

ФІЛОСОФІЯ
НАУКОВИХ ТЕОРІЙ

О.М. ГАБОВИЧ, В.І. КУЗНЕЦОВ

ФІЛОСОФІЯ **НАУКОВИХ ТЕОРІЙ**

НАРИС ПЕРШИЙ:
назви та реалії

О.М. ГАБОВИЧ, В.І. КУЗНЕЦОВ

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ФІЛОСОФІЇ ім. Г. С. СКОВОРОДИ

О. М. ГАБОВИЧ, В. І. КУЗНЕЦОВ

ФІЛОСОФІЯ
НАУКОВИХ ТЕОРІЙ.
Нарис перший:
назви та реалії

КИЇВ • НАУКОВА ДУМКА • 2023

У монографії викладене оригінальне та узагальнювальне змістовне бачення філософії науки через призму детального аналізу полісистемної будови наукових теорій. Теорії розглядаються, по-перше, як складні спеціалізовані форми розвиненого наукового мислення про досліджувані природознавством реалії, по-друге, як постійно удосконалювані інструменти продукування нового знання у взаємодії з експериментальними дослідженнями, по-третє, як носії упорядкованого та перевіреного знання. Акцент робиться на їхні називні та онтичні підсистеми.

У монографії розвинуто особні та спільні дослідження авторів (фізика-теоретика та філософа), досвід викладання філософії фізики в НаУКМА, філософії науки у Вищій школі філософії при Інституті філософії ім. Г. С. Сковороди НАН України та теоретичної фізики в Національному технічному університеті «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Дослідження спирається на велику джерельну базу, представлену працями сучасних західних дослідників у галузі природознавства та філософії науки.

Для студентів, викладачів та науковців, які цікавляться проблемами сучасної філософії науки і володіють певним обсягом наукових знань, а також стане у нагоді школярам старших класів, які мріють бути науковцями.

Відповідальний редактор д-р філософських наук *Т. В. Гардашук*

Р е ц е н з е н т и:

В. П. Загороднюк, д-р філос. наук,
В. О. Зажигалов, член-кор. НАН України, д-р хім. наук,
В. Д. Литвинов, д-р філос. наук, *Я. В. Любимий*, д-р філос. наук,
В. І. Менжулін, д-р філос. наук,
А. Г. Нікітін, член-кор. НАН України, д-р фіз.-мат. наук,
М. Т. Шишкіна, д-р пед. наук, *Я. В. Шрамко*, д-р філос. наук

*Затверджено до друку вченою радою
Інституту філософії імені Г.С. Сковороди НАН України
(протокол № 7 від 28.06.2022 р.)*

Науково-видавничий відділ фізико-математичної
та технічної літератури

Редактори *А. Я. Бельдій*, *В. В. Вероцька*

© О. М. Габович, В. І. Кузнєцов, 2023

© НВП «Видавництво “Наукова думка”
НАН України», дизайн, 2023

З М І С Т

Подяки	8
------------------	---

Ч А С Т И Н А I. ВСТУП

1.1. Замість передмови	11
1.2. У чому специфіка нашої розвідки?	13
1.3. Кому цікава й корисна наша книжка?	16
1.4. Деякі суб'єктивні міркування щодо викладання філософії студентам і аспірантам	19
1.5. Філософія як сукупність загальних та науко-центрованих філософських наук	21
1.6. Джерело єдності конкретних наук та відповідних філософій	23
1.7. Предметні галузі філософій конкретних наук	24
1.8. Фізичні теорії як члени родини з назвою «теоретична фізика»	25
1.9. Фізична <i>lingua franca</i> як спільна мова теоретичної фізики	29
1.10. Гнучкість практичних теорій	31
1.11. Наука та метанауки про неї	32
1.12. Завойована наукою територія та передній край наукових досліджень	34
1.13. Що таке об'єктивність природничої науки та як вона пов'язана з матеріальністю світу?	36
1.14. Складниково-атрибутивне занурення в наукову частину третього світу	40
1.15. Філософія науки крізь призму філософсько-культурологічних категорій	42
1.16. Бібліографія та коментарі	44

Ч А С Т И Н А II. СИСТЕМИ ЯК РЕКОНСТРУКЦІЇ ТЕОРІЙ

2.1. Наукові теорії та їх моделювання	52
2.2. Мета науки та мета її філософії	55
2.3. Змістове уявлення про моделі	59
2.4. Системи як моделі наукових теорій	66
2.5. Системи як відображення складності світу та будь-якої його частини	69
2.6. Від системності теорій до моделювання їх як полісистем	70
2.7. Про системність наукового знання	71

Зміст

2.8. Системи та їхні різновиди й змістове уявлення про множини	81
2.9. Неформальне уявлення про системи	83
2.9.1. Однорідні та неоднорідні системи	85
2.9.2. Неорганічні та органічні системи	86
2.9.3. Відкриті й закриті системи	87
2.9.4. Статичні, сталі, динамічні та змінювані системи	87
2.9.4.1. Адаптивні системи	88
2.9.5. Полісистеми	89
2.9.6. Ієрархічні системи	90
2.9.7. Загальна схема побудови ієрархічної системи	92
2.9.8. Універсальні ознаки систем	94
2.9.9. Відносність моделювання реалій як систем	95
2.10. Системність наукового знання	95
2.10.1. Підсистеми наукової теорії як системи	98
2.10.1.1. Онтична підсистема	100
2.10.1.2. Називна підсистема	101
2.10.1.3. Модельно-репрезентативна підсистема	101
2.10.1.4. Мовна підсистема	103
2.10.1.5. Номічна підсистема	103
2.10.1.6. Уявлення про решту підсистем	103
2.11. Наукові теорії в соціумі	104
2.12. Бібліографія та коментарі	112

Ч А С Т И Н А ІІІ. ОГЛЯД ДЕЯКИХ ПРОТОТИПНИХ ТЕОРІЙ

3.1. Поняття та теорії, поняття теорії та теорія понять	131
3.2. Геометрія Евкліда	133
3.3. Класична механіка у викладі Ньютона	141
3.4. Небесна механіка	148
3.4.1. Мовні засоби небесної механіки	154
3.4.2. Моделі небесної механіки	155
3.4.3. Методи небесної механіки	156
3.4.4. Проблеми небесної механіки	157
3.4.5. Деякі історико-епістемологічні питання	160
3.5. Бібліографія та коментарі	162

Ч А С Т И Н А ІV. НАЗВИ

4.1. Вступ	168
4.2. Наука як визначальна частина сучасної культури	171
4.3. Назви та названі сутності	173
4.4. Чим насамперед оперує мислення науковця?	176
4.5. Багатоликий електрон	176
4.6. Різні картини досліджуваних предметів	178
4.7. Деякі види назв реалій, їх складників та атрибутів	180
4.8. Наукові та буденні назви	181

Зміст

4.9. Різні словесні назви, але однакові символічні позначення	183
4.10. Окрема назва як тригер інших назв та ментальних дій із ними . . .	184
4.11. Походження деяких назв	185
4.12. Мінімальні вимоги до наукових назв	186
4.13. Ототожнення наукових назв з позначеними реаліями	188
4.14. Типи наукових назв	189
4.15. Що раніше: назва або позначений елемент системи знання?	191
4.16. Розмаїття називних підсистем називної підсистеми системи наукового знання	191
4.17. Деякі тлумачення назв	193
4.18. Необхідність, але недостатність назв реалій предметної галузі для виконання системою наукового знання її пізнавальних функцій	194
4.19. Метаморфози філософських розумінь відношення назв до позначених реалій	195
4.20. Назви елементів системи наукового знання як умова її існування	201
4.21. Типи назв в називних підсистемах систем наукового знання	202
4.22. Мова вимірювань	203
4.23. Типи онтичних назв реалій	206
4.24. Онтично-називні підсистеми систем хімічного знання	207
4.24.1. Дії з назвами залежать від їх типу	211
4.24.2. Склад і будова загальної онтично-називної системи хімії	213
4.24.3. Персоніфіковані назви (епоніми)	214
4.24.4. Фізично та хімічно обумовлені назви	215
4.24.5. Вимога інформативності назв	216
4.24.6. Назви на ґрунті періодичної системи	217
4.24.7. Структурні назви хімічних сполук	219
4.24.8. Проблематика назв органічних речовин	220
4.24.9. Просторові багатомірні назви	222
4.24.10. Валентні та орбітальні назви	223
4.24.11. Однобічність деяких складних назв	224
4.24.12. Динамічні назви	225
4.24.13. Назви номенклатурного походження	227
4.24.14. Модельно-називні та операційно-називні (або комп'ютерно-називні) підсистеми	228
4.24.15. Деякі висновки щодо хімічних назв	230
4.24.16. Попереднє резюме щодо функцій назв у системах природничого знання	230
4.25. Кількісні результати спостереження або експериментального дослідження — верховні судді істинності тверджень систем природничого знання	232
4.26. Репрезентативні та формальні моделі онтичних реалій та назви . . .	234
4.27. Презумпція матеріальності фізичних реалій та їх атрибутів	237
4.28. Роль назв у математиці як утворенні чистого розуму	239
4.28.1. Зауваження щодо використаних назв	241
4.28.2. Чи завжди мають рацію висловлювання видатних математиків про їх науку?	242

Зміст

4.28.3. Самокритичні застереження математиків	246
4.28.4. Гасла та досягнення програми аксіоматизації практичних наукових теорій	250
4.28.5. Абрис функціональної дискурсивної реконструкції систем наукового знання	252
4.28.6. Типи дискурсу в науці	253
4.28.7. Уявна інтерпретація предметних галузей систем математичного знання	254
4.28.8. Чи є прості числа «простими»?	256
4.28.9. Переваги та вади ототожнення чисел з їх назвами	260
4.28.10. Роль назв чисел у розвитку уявлень про числа	262
4.28.11. Предметні галузі систем математичного знання	266
4.28.12. Деякі тлумачення взятих окремо математичних реалій	268
4.28.13. Математичні реалії та їхні назви	271
4.28.14. Матеріальність назв та ментальність позначених ними математичних реалій	272
4.28.15. Щодо пізнання суто математичних реалій	273
4.28.16. Оперування свідомості з назвами як спосіб отримання знання про позначені ними реалії	274
4.28.17. Залежність уявлень про математичні реалії та їх назв від систем математичного знання та їх розвитку	277
4.28.18. Різновиди математики	279
4.28.19. Сценарії математизації науки	280
4.28.20. Три основні онтично-називні підсистеми систем математичного знання	284
4.28.21. Підсумковий погляд на онтично-називну систему математичного знання	285
4.28.22. Значення опанування назвами для вивчення математики	290
4.28.23. Декілька побіжних зауважень стосовно онтичної проблематики на рівні систем знання з різних наук	291
4.29. Бібліографія та коментарі	295

ЧАСТИНА V. РЕАЛІЇ

5.1. Предметна спрямованість свідомості та знання	344
5.2. Стоячи на плечах попередників	352
5.3. Візуальна репрезентація реалій деяких предметних галузей сучасної науки	355
5.4. Довіра до науки та дії, які її підривають	357
5.5. Непорушні онтичні положення сучасної науки	358
5.6. Часові параметри предметної галузі сучасної науки	363
5.7. Від відкриття реалій до виокремлення та дослідження їх атрибутів	366
5.8. Типи атрибутів	377
5.9. Зауваження про відносність онтичного протиставлення реалій та відношень між ними	382

Зміст

5.10. Моделювання атрибутів абстрактними властивостями	383
5.11. Атрибути різних порядків	389
5.12. Монадні (одномісні) та багатомісні атрибути	391
5.13. Одномірні та багатомірні атрибути	394
5.14. Елементарність та складеність як відносні атрибути реалій	394
5.15. Атрибутивний цикл переходу від елементарного до складеного . . .	397
5.16. Деякі філософські та методологічні проблеми циклу «елементарність/цілісність-складеність»	399
5.17. Визначення онтичної підсистеми	406
5.18. Чи виправдане уявлення про постнекласичну науку?	408
5.19. Реалії/атрибути versus їх назви	408
5.20. Програми вивчення предметної галузі	410
5.21. Бібліографія та коментарі	414

Ч А С Т И Н А VI. ІСТОРИКО-ФІЛОСОФСЬКИЙ АНАЛІЗ ДЕЯКИХ НАУКОВИХ І НЕНАУКОВИХ АСПЕКТІВ РОЗВИТКУ ФІЗИКИ В РАМКАХ ПОЛІСИСТЕМНОЇ РЕКОНСТРУКЦІЇ НАУКОВИХ ТЕОРІЙ

6.1. Політика, космологія та плазма	460
6.2. Конкретність істини: важливість доречних апроксимацій	463
6.3. Неминучість помилок при застосуванні моделей за межами сфери їх придатності	466
6.4. Нестабільність як характерна риса складних явищ	472
6.5. Політичне підґрунтя наукової критики в тоталітарній державі	475
6.6. Сучасні порушення наукового етосу	480
6.7. Деякі висновки	482
6.8. Бібліографія та коментарі	483

ПІСЛЯМОВА. ПРО ДЕЯКІ ПЕРЕВАГИ ПОЛІСИСТЕМНОЇ РЕКОНСТРУКЦІЇ НАУКОВИХ ТЕОРІЙ	505
--	-----

ІМЕННИЙ ПОКАЖЧИК	508
----------------------------	-----

ПОДЯКИ

Однією з необхідних умов успішного просування нашої країни у цивілізований світ є розвиток науки, без якого неможлива якісна освіта, розбудова модерного суспільства та його ефективний і надійний захист. Наука як суспільний інститут і складник культури виробляє нове знання і пропонує шляхи його практичного застосування в межах чинних міжнародних, соціальних, культурних, політичних, економічних, військових ціннісних умов і традицій. Наша попередня книга у співавторстві з *Надією Семеновою (Українська фундаментальна наука і європейські цінності, 2015, 2016)* була присвячена критичному наукознавчому та філософсько-правовому аналізу успадкованої від радянських часів організації вітчизняної академічної науки.

Ця книга написана з метанауковим переконанням, що одним з чинників успішного розвитку науки є розуміння державною елітою, керівниками наукових і освітянських інституцій та їхніми працівниками того, як отримується нове знання в сучасних умовах. Мета книги — продемонструвати визначальну роль наукових теорій у цьому складному процесі. На жаль, навіть у професійних спільнотах природознавців та філософів науки панують спрощені уявлення про наукову теорію як відносно просту за будовою системою. Зведення реальної теорії як складної та змінюваної полісистеми до якогось одного чи двох-трьох її ізольованих типів складників або навіть підсистем ускладнює реалізацію її пізнавальних функцій, створює зайві труднощі для її опанування студентами, формує неадекватне бачення пізнавального прогресу, взаємовпливів та зв'язків теорій як в межах окремої науки, так і в міжнаукових зв'язках.

Ця книга аж ніяк не претендує на всеохопну повноту висвітлення всіх функцій та аспектів будови, удосконалення та застосування теорій у науці та поза нею. Деякі інші (завідомо не всі!) мовні, модельні, оцінні та інші аспекти теорій ми сподіваємося розглянути в наступних нарисах.

Подяки

Висловивши викладені в цьому нарисі погляди, автори, як і має бути в науці, залишаються відкритими для об'єктивної критики. Наші аргументи й міркування звернені до всіх наукових працівників, яким небайдужа доля науки і країни, а також до представників молодшої шкільної та студентської генерації, які мріють стати науковцями.

* * *

Автори вдячні своїм колегам з Інституту філософії ім. Г. С. Сковороди, Інституту фізики НАН України, Національного центру «Мала академія наук (МАН)», кафедри фізико-математичних дисциплін НаУКМА та кафедри загальної фізики й фізики твердого тіла Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», зокрема їхнім колишнім та нинішнім керівникам: академікам *Антоніні Прихотько*, *Мирославу Поповичу*, *Володимиру Шинкаруку*, членам-кореспондентам *Михайлу Бондарю*, *Анатолію Єрмоленку*, докторам фізико-математичних наук *Петру Голоду*, *Юрію Резнікову*, *Василію Назаренку*, докторам філософських наук *Надії Депенчук*, *Петру Дишлевою* та *Тетяні Гардашук*, кандидатам фізико-математичних наук *Юлії Бернацькій* та *Руслану Мельнику*, кандидату філософських наук *Петру Йолону* за надану можливість займатися надзвичайно цікавою, принаймні для авторів, але досить незвичною за наших умов міждисциплінарною працею фізика та філософа у рамках філософії фізики як важливого складника філософії науки.

Особлива подяка магістрам з теоретичної фізики та математики вищезгаданих кафедр, адже без жвавої участі в обговоренні проблем філософії фізики книга була б занадто абстрактною.

Не можна не згадати керівників наших дипломних праць — доктора фізико-математичних наук *Віктора Тартаковського* та академіка *Остана Парасюка*, а також кандидатських дисертацій — доктора фізико-математичних наук *Ернеста Пашицького* та доктора філософських наук *Петра Дишлевого*, яким ми завдячуємо своєю університетською та науковою професіоналізацією.

Наші персональні подяки рецензентам, членам-кореспондентам НАНУ доктору хімічних наук *Валерію Зажигалову*, доктору фізико-математичних наук *Анатолію Нікітіну*, докторам філософських наук *Валерію Загороднюку*, *Володимиру Литвинову*, *Ярославу Любівому*, *Вадиму Менжуліну*, *Ярославу Шрамку* та доктору педагогічних наук *Марії Шишкіній*, а також *Наталії Вельбовець* за плідні критичні обговорення порушених у книзі питань.

Подяки

Автори висловлюють вдячність керівництву Малої академії наук, зокрема кандидату філософських наук *Оксену Лісовому* за часткове фінансування проєкту, з якого виросла наша книга. На жаль, його здійснення потребувало значно більшого часу, ніж сподівався він та й самі автори. Проте в книзі вдалося охопити значно ширше коло читачів, ніж було задумано на початку реалізації проєкту: науковців, учителів та університетських викладачів, а також школярів старших класів, які бажають стати науковцями.

Ми визнаємо, що ця книга навряд чи була би написана без фінансової підтримки західними фондами та організаціями наших попередніх дослідницьких проєктів — для *Габовича*: Polish Academy of Science, Max Planck Institute; для *Кузнєцова*: Deutscher Akademischer Austauschdienst, the Secretariat for Cultural Exchange Programs of Norway, Fulbright Program in Ukraine, Foreign Office and the Union of Ukrainian Students in the Great Britain, CEU Commissions, Wittgenstein Society, а також без гостинності дослідницьких установ, університетів та їхніх співробітників — для *Габовича*: Warsaw Institute of Physics, Hiroshima University, Bristol University, Boston North-Eastern University, Liege University, Dresden Institute of Complex Systems, особливо Professors *James Annett*, *Marcel Ausloos*, *Serguei Brazovskii*, *Toshikazu Ekino*, *Mai Suan Li*, *Natasha Kirova*, *Robert Markiewicz*, *Marek Pe̋kala*, *Henryk Szymczak*, *Akira Sugimoto*; для *Кузнєцова*: the Institute of Philosophy, Logic and Theory of Science at Munich University; Centre for the Study of the Sciences and the Humanities of Bergen University, the Netherlands Institute for Advanced Studies in the Humanities and Social Sciences, the Birkbeck College of London University, Colorado School of Mines; School of Law of University of Michigan, особливо Professors *Evandro Agazzi*, *Wolfgang Balzer*, *Martha Bohachevsky-Chomiak*, *Ragnar Fjelland*, *William Gleason*, *Jaakko Hintikka*, *Elena Mamchur*, *Carlos-Ulises Moulines*, *Gunnar Skirbekk*, *Joseph Sneed*, *Wolfgang Stegmüller* та Doctor *Adolf Hübner*.

Перелічені фонди й установи надали нам неможливий у радянські часи шанс долучитися до сучасного стану філософії фізики і ознайомитися з відсутньою в Україні фаховою літературою, а також плідно спілкуватися зі згаданими західними й далекосхідними колегами у приватних бесідах і під час обговорення наших доповідей та лекцій. Наша щира подяка академіку *Ярославу Яцківу* за підтримку цього видання. Зрозуміло, що всі згадані особи та установи не несуть жодної відповідальності за наші можливі помилки в непростому аналізі реальних наукових теорій.

ЧАСТИНА І

ВСТУП

1.1. ЗАМІСТЬ ПЕРЕДМОВИ

Для того щоб майбутній читач одразу збагнув мету, зміст та спрямованість нашої книги, почнемо її з перефразування відомого вислову знаного біолога¹ про роль еволюційного вчення в біологічній науці². «Ніщо у біології не має сенсу, крім як у світлі еволюції». На наше переконання «ніщо у філософії науки не має сенсу, крім як у світлі реконструкції наукових теорій, їхнього розвитку та взаємозв'язків».

Наші нариси є певним віддзеркаленням полісистемної складності наукової теорії та «сплутаності» її підсистем. Опис кожної підсистеми неможливий без посилань на інші підсистеми і без розуміння теорії в цілому. Справді, як можна описати реалії предметної галузі теорії, не застосовуючи їхні назви? Або коли йдеться про назви, то виникає необхідність посилання на їхні неперожені референти, що стосуються не лише реалій, а й усіх їхніх атрибутів і відповідних компонентів теорій. Обговорювати проблеми, не торкаючись методів їхнього розв'язку, не варто, бо це може призвести до неповноти розгляду та хибних висновків. Водночас, якщо не розрізнити підсистеми, то не вдається знаходити те спільне, що об'єднує теорії тих наук, які вийшли за межі емпіриального емпіричного розвитку. Тому в філософії науки при вивченні наукових теорій треба йти на компроміси, межі яких заляжуть від авторів, які взялися за цю невдячну справу. Саме тому філософія науки залишається вельми суб'єктивною попри те, що досліджує вона створену та змінювану, проте об'єктивною реальність, яка існує поза свідомістю її творців та авторів, які намагаються її досліджувати. Сподіваємось, що це дослідження буде цікавим для читачів, якщо, певна річ, вони бажають дізнатися, що таке *наука* і що таке *карго-культ*, яким часто-густо науку підмінюють, інколи навіть не помічаючи цього.

Поширені реконструкції теорій, які тлумачать теорії або як системи понять, або як системи дедуктивно упорядкованих тверджень, мають певні вади. Головною причиною цих вад є те, що «виробник» (творець) теорії не вважає за необхідне занурюватись у структуру свого продукту. Іноді це відбувається внаслідок певного снобізму (мабуть таки виправданого) успішних дослідників, а іноді через іншу просту річ. Щойно створену теорію, особливо глибоку й нетривіальну, не завжди здатен зрозуміти навіть її автор. Як же йому (їй, їм) проаналізувати те, що ще не встигло викристалізуватись? Там не тільки складові, а й сенс головної ідеї ледь проблискує вдалині. Яскравим прикладом є введення 1900 року *Максом Планком* квантування енергії теплового електромагнітного випромінювання. Хіба він (а тим паче хтось інший) міг на той час розкласти все по полицках? Як слушно зауважував *Джон Займан*, наукове знання можна розглядати як своєрідну мапу, де шлях до отриманих відповідей може бути багатомірним, хоча оригінальний результат здебільшого здобувався одномірним рухом вздовж певного маршруту³. Тому й реконструкція системи знання має бути побудована як складна мережа з вертикальними й горизонтальними зв'язками, а не як заздалегідь заготовлена й автоматично впроваджена універсальна ієрархічна структура на кшталт збройних сил найпотужніших країн часів Другої світової війни (зараз і збройні сили побудовані в інший, складніший спосіб).

Необхідність створення подібної карти, якщо продовжити застосування метафори Займана, потребує залучення фахівців, які звикли до подібних умоглядних зусиль. Отже, аналізувати структуру теорій доводиться людям, які самі жодної теорії не створили, будучи професійними філософами науки. Серед них зустрічається чимало мудрих і обізнаних людей, але вони, з огляду на власний фах, схильні гіперболізувати певний аспект проблеми, певний атрибут наукової теорії, певну її підсистему, бо філософія за своєю суттю спрямована на пошук головного стрижня проблеми, а тому, повторюючи варіації однієї мелодії, інколи втрачає здатність вийти за її межі. Натомість дослідник-природознавець мусить розв'язати *реальну проблему*, яку перед ним ставить життя. Для нього будь-який нюанс може виявитися вирішальним. Тому його теоретизування з необхідністю є максимально широким, щоб не втратити бодай найменший шанс на успіх. Його розмите

1.2. У чому специфіка нашої розвідки?

та розмаїте сприйняття дійсності сприяє розв'язанню проблеми, залишаючи осторонь філософський бік справи. Тому ми намагаємось у цій праці пройти між Сциллою та Харибдою, наближаючи філософський аналіз до буденних потреб наукової теорії як загального засобу пізнання природи. Кожний наш нарис є спробою поглянути на теорію наче з позиції її певної окремої підсистеми, але позаяк теорія є нерозривним поєднанням своїх підсистем, то ми неминуче залучаємо і деякі поняття, притаманні іншим підсистемам. Таким чином виклад набуває цілісності, а приклади з природничих наук надають загальним твердженням конкретики, необхідної для доказу нашого перебування поза схоластикою безпідставних узагальнень. Стрижнем для всіх наших нарисів є намагання перейти від загальних наративів про науку до моделювання її наукових теорій.

1.2. У ЧОМУ СПЕЦИФІКА НАШОЇ РОЗВІДКИ?

У кожній науково розвиненій країні видають монографії та підручники⁴, до назв яких входить майже сакральне словосполучення «філософія науки». З'явилися навіть праці з історії філософії науки⁵. Деякі з них є перекладами, що свідчить про інтернаціоналізацію науки та намагання наукової еліти країни, де вона з'являється, бодай у такий спосіб увійти до світової наукової спільноти. Проте більшість цих праць пишуть громадяни тих країн, де їх публікують рідними мовами. В Україні певною компенсацією за відсутність українських перекладів сучасних західних філософів науки є наявність багатьох вітчизняних філософсько-наукових праць та методичних рекомендацій стосовно викладання філософії науки, які належать університетським викладачам кафедр філософії, філософії та теології, філософії та культури тощо⁶. Ці праці різняться рівнем обізнаності їхніх авторів у науці й філософії, ступенем розуміння їхньої природи та проблем, обсягом проаналізованого (принаймні номінально згаданого в списку літератури) матеріалу й глибиною його подання, мірою доступності та якістю наукової підготовки можливих читачів. Якщо передивитися цитовану в них літературу, то можна дійти висновку, що деякі автори вважають вершиною сучасної філософії праці російських авторів⁷, які зазвичай відомі лише в пострадянських країнах. Можна висловити припущення, що така надмірна увага до

творчості сусідів-агресорів спричинена не стільки спільним минулим і совковими вподобаннями, скільки катастрофічним незнанням не лише сучасних монографій та підручників, а й жваво обговорюваних статей з провідних англомовних, німецьких, французьких та італійських часописів з філософії науки.

Незалежно від країни походження та попри всі відмінності індивідуальні або колективні праці з філософії науки поєднують обов'язкову наявність розділів, присвячених науковим теоріям. Але зазвичай теорії розглядаються після аналізу понять, ідей, законів, гіпотез, моделей, проблем тощо. Таким чином, робиться припущення, що в сучасній науці ці форми знання та пізнання немовби існують і функціонують поза науковими теоріями. Останні фактично тлумачать як таку собі завершальну прикрасу, кінцевий результат розвитку науки, як своєрідну віньєтку, без якої сучасна наука втратила б небагато.

Навіть більше, в деяких працях, присвячених так званій природі науки (*Nature of Science*, скорочено *NOS*), одним з чинників позірної суб'єктивності науки вважаються побудовані в ній теорії. «Наукові знання, завдяки *теоретичним* (курсив — *ОГ, ВК*) зобов'язанням, переконанням, попереднім знанням, підготовці, досвіду та очікуванням вчених, неминує є суб'єктивними»⁸.

Погоджуючись із принциповою важливістю досліджень з *NOS* для педагогіки та викладання наук у школах і університетах, наведемо думку *Льюїса Волперта*, що «для вчених визначення природи науки становить лише незначний інтерес, оскільки воно не впливає на їх повсякденну діяльність. Для філософів науки й для деяких соціологів, навпаки, природа науки і достовірність наукового знання є центральними проблемами. Ці спостерігачі вважають природу науки загадковою, а деякі навіть сумніваються, чи є наука, зрештою, особливою і привілейованою формою знання — «привілейованою», оскільки вона забезпечує найнадійніший засіб розуміння того, як працює світ. Вони не становлять реальної загрози науці і стали дедалі голоснішою групою, з прикритим впливом на вивчення науки та її історії»⁹.

Певною «неповагою» до наукових теорій є відсутність їх розгляду у присвяченій філософії фізики монографії¹⁰. Намагаючись дати стислий огляд філософії фізики, автор примудрився зосередитися лише на викладі деяких її положень та уявлень про фізичний світ, не звертаючи увагу на роль теорій у висуванні відповідних концепцій. Автор багато сотень разів згадує конкретні фізичні

1.2. У чому специфіка нашої розвідки?

теорії та схвально їх оцінює, але не розкриває чим же є теорія як складний ефективний інструмент здобуття нового знання про досліджувані конкретні реалії.

Специфіка нашого підходу до філософії науки ґрунтується на визнанні того, що наукові теорії є ефективно працюючим нетривіальним синтезом та неподільним комплексом усіх інших наукових форм знання та пізнання, які зазвичай розглядаються окремо. Об'єднання цих форм та їхнє наповнення конкретним змістом у межах певної теорії враховує специфіку її предметної галузі, а встановлення їх нетривіальних та продуктивних зв'язків надає їм нової якості, що й уможливорює отримання нового знання. Теорії є складними формоутвореннями, які визначають характер наукової діяльності та сприяють її поступу. Вони зумовлюють її диференціацію та спеціалізацію, що, своєю чергою, породжує потяг дослідників до об'єднання і міждисциплінарних запозичень (згадаймо хоча б синергетику!).

Метафорично кажучи, теорії — це кров будь-якої сучасної науки, яка омиває та живить всі її складники (органи) і без якої вона перетворюється на імітацію справжньої науки, на не здатний до змін її муляж, або опудало.

Викладене аж ніяк не означає пониження експерименту і його ролі в науці. Просто він має сенс і значення лише за наявності теорій, хай навіть примітивних, не оформлених математично. З одного боку, теорії мають описати та пояснити результати дослідів, а з іншого — неочікувані результати експериментів є поштовхом для подальшого розвитку теорій. У цьому сенсі сучасні науки є *теоретизованими*, але їх пізнавальна діяльність не є повністю теоретичною, не зводиться до теорій, тому що включає домінуючу експериментальну складову, яка здійснює зв'язок між теоріями та досліджуваними реаліями.

З виникненням сучасної науки створення, існування, застосування та розвиток її теорій надали нової якості науковій діяльності. Це можна порівняти із ситуацією в промисловому (аграрному) виробництві, яке вийшло на новий, вищий рівень розвитку з винаходом, удосконаленням та масовим застосуванням машин і механізмів. Так само машини і механізми науки має хтось створювати, вдосконалювати й ремонтувати. Зрозуміло, що ефективно їх використовувати здатні лише спеціально підготовлені фахівці.

У монографії йтиметься не про науку взагалі, починаючи з її античних зародків, а про зрілу науку, в якій теорії відіграють роль

головного чинника її функціонування та розвитку. Ось чому наш розгляд питань філософії науки відбувається саме крізь призму моделювання наукових теорій, які виявляються значно складнішими, ніж їх зазвичай описують у відомій нам фаховій літературі. Майже не досліджені в літературі різні типи складності теорій змушують нас збільшити обсяг нашого аналізу. Можливо, це буде серія книг. У цій першій із запланованої серії зосередимося на дослідженні полісистемного характеру наукових теорій, на найбільш загальних уявленнях про їх предметні галузі, а також на значенні та функціях різного роду назв, притаманних цим теоріям. У наступних нарисах розбиратимемося з мовами і моделями, операціями й оцінками, проблемами і методами як складниками теорій.

Такі плани зумовлюють назву книги: «Філософія наукових теорій. Нарис перший: назви та реалії». Слово «нарис» підкреслює, що наше дослідження не претендує на остаточні повноту та завершеність, оскільки передбачити й описати всі зв'язки і провести повну класифікацію неможливо внаслідок самої природи предмету дослідження. В цьому, зокрема, колись переконався великий французький учений *Андре-Марі Ампер*, який мав на меті класифікувати науки.

1.3. КОМУ ЦІКАВА Й КОРИСНА НАША КНИЖКА?

Ми рекомендували б її кільком групам наших майбутніх читачів.

Перша група — виробники нового наукового знання, тобто науковці, які отримують нове знання в різноманітних сферах своєї професійної діяльності. Сподіваємося, що книга розширить і поглибить їхні уявлення про те, що та як вони виробляють емпіричним шляхом (це не закид, а комплімент!). Маємо на увазі представників усіх наук. Зокрема, очікуємо, що, хоча у книзі розповідається про наукові теорії переважно у сфері природознавства, дослідники, які працюють у галузях соціальних, гуманітарних, технічних і медичних наук, теж знайдуть для себе щось близьке, принаймні на рівні аналогій. Перифразуючи відомий вислів про особливе значення математики для науки, насмілимося стверджувати, що в кожній сучасній науці стільки науки, скільки в ній міститься теоретичного компонента. Ми намагаємося розповісти про те, які форми та структури мають теорії на сьогодні-

1.3. Кому цікава й корисна наша книжка?

ному шаблі розвитку фізики і не тільки фізики. Ми шукаємо те спільне, завдяки чому всі дослідники-природознавці носять горде ім'я науковців.

Друга група — це, на нашу думку, викладачі наукових дисциплін в університетах. Переконані, що знання структури наукових теорій допоможе їм організувати викладання навчальних дисциплін з урахуванням викладеної нами інформації щодо реальної структури теорій. Усвідомлення полісистемної будови теорій відкриває можливості багатьох варіантів ознайомлення зі змістом відповідних наук.

Третя група — історики науки. Якщо історію будь-якої науки не зводити до суто описової інформації про відкриття та їхніх авторів, а враховувати те, на яких засадах, у яких формах і за яких умов ці відкриття були зроблені, то не можна оминати теоретичний супровід цих відкриттів та породжені ними зміни в наявних теоріях.

Четверта група — представники когнітивних наук, для яких принципово важливе значення має метазнання про знання як кінцевий продукт когнітивних процесів.

П'ята група — фахівці в галузі керування наукою. Насправді, керування наукою — це створення й запровадження сприятливих матеріальних, освітніх, навчальних, інформаційних і кадрових умов для отримання нового знання та його практичного застосування. Це в жодному разі не бюрократичні директивні накази, що та як робити науковцям, і не принизливий контроль пізнавальної діяльності науковців, у якій «контролери» нічого не тямлять.

Як казав відомий фізик та радянський популяризатор науки *Сергій Капиця*, «керувати — це означає не заважати хорошим людям працювати». Додамо, що, по-перше, потрібно визначити критерії хорошого науковця (застосування наукометричних показників не вичерпує проблему¹¹), по-друге, неухильно їх дотримуватися в кадровій політиці та, по-третє, створювати за можливості найкращі умови для продуктивної праці відданих науковій діяльності дослідників. Найважливішого значення тут набувають оцінки результатів наукової праці. Відповідна аксіологія має ґрунтуватися на оцінках наукових теорій та їх складників.

Шоста група — це філософи, зокрема філософи науки. Завжди цікаво мати альтернативи до усталених переконань. Хай як поставляться наші колеги до запропонованого нами бачення філософії *теоретизованої* науки, сподіваємося, що критичне сприй-

няття наших аргументів буде корисно для розвитку їх уявлень про філософію науки. Більшість із них втілює власне бачення науки, так би мовити, з висоти пташиного польоту, ми ж намагаємося реалізувати бачення науки на «приземленому» рівні виробництва нею нового знання. А це неможливо без занурення у всі приховані тонкощі та особливості реальних наукових теорій, завдяки яким і виникає нове знання.

Багато написаного досі про теорії можна порівняти з відомостями про атоми до відкриття електронів, атомних ядер та їх складників. Відомо, що розуміння атомної структури привело не лише до відкриття того підґрунтя матеріального світу, яке має назви «мікросвіт» і «квантовий світ», а й до значної трансформації уявлень про решту рівнів матеріального світу, починаючи від космологічного й закінчуючи молекулярно-біологічним. Маємо надію, що такі самі радикальні зміни відбуватимуться і в тій частині філософії науки, яка критично залежить від уявлень про внутрішню побудову наукових теорій.

Сьому, найбільш численну групу, від якої залежить майбутнє науки та й людства в цілому, становлять школярі старших класів і студенти, які бажають дізнатися, що таке наука, і мріють стати науковцями. Для розуміння школярами змісту книги, крім бажання та наполегливості, достатньо володіння певними мінімальними початковими знаннями про омріяні наукові дисципліни. Що стосується складнішої інформації, про яку ми теж пишемо і яка вимагає знань конкретних наукових теорій, то про неї у нинішню епоху легко дізнатися з сайтів Інтернету різного рівня складності. Головна проблема навчання полягає наразі не у відсутності об'єктивної інформації, а у складності відсіювання хибних джерел і помилкових тверджень.

Студентам радимо ще раз подивитися на ті теорії, які вони вивчають чи буцімто вивчили раніше, і зробити це з точки зору запропонованої у книзі реконструкції наукових теорій. Вона показує, що у кожній науці залишається безліч ділянок для власної творчості, яка вимагає неабиякої наснаги й обіцяє інтелектуальне задоволення в разі успіху на важкому шляху пізнання. Оскільки високого рівня матеріального забезпечення науковці не досягали ніде й ніколи, то в нашій країні цього не слід очікувати і поготів аж доти, доки керівна еліта не зміниться з компрадорської та неосвіченої на освічену й патріотичну.

1.4. ДЕЯКІ СУБ'ЄКТИВНІ МІРКУВАННЯ ЩОДО ВИКЛАДАННЯ ФІЛОСОФІЇ СТУДЕНТАМ І АСПІРАНТАМ

Треба визнати, що переважна більшість дипломованих українців, які знайомилися з філософією під час її обов'язкового вивчення у вищих навчальних закладах, ставляться до неї відверто критично або навіть зневажливо. Це стосується не тільки старшого покоління, якому викладали її кастровану компартійними догмами версію, що претендувала на єдиний дороговказ¹² для суспільства взагалі і науки зокрема¹³. На жаль, і молодому поколінню «не філософів» за останнє слово сучасної філософії нерідко видають її постмодерністські, постнекласичні та постістинні перекручення¹⁴ в модному дусі абсолютних нісенітниць, висловлених шанованими псевдоавторитетами¹⁵. Більше того, філософська освіта, яку пропонують сучасному поколінню, обмежена нормативними вимогами МОНу. В них ми практично не бачимо філософських питань, які виникають на межі між знанням та незнанням у будь-якій галузі сучасної фундаментальної та прикладної науки: біології, медицини, математики, фізики, історії, економіки, хімії, технології тощо¹⁶. Ці питання, якщо й згадуються, то лише побічно. Загалом для стороннього, але зацікавленого українського спостерігача філософія виглядає як чужорідний бюрократичний додаток, який за інерцією комуністичної доби ще сяк-так викладають у численних українських університетах. Особливо жалюгідним є стан так званої соціальної філософії, яку викладають на університетському рівні. Справа в тому, що головні функціонери визнаного державними інституціями філософського прошарку «творчо» переробили свої колишні праці з історичного матеріалізму, наукового атеїзму та комунізму на «інноваційні» доробки немовби сучасного світового рівня. Вони так і не полишили керівних позицій у системі вищої освіти, а зараз передають цей адміністративний спадок своїм політичним, а подекуди й біологічним нащадкам. Тому в свідомості залишків освічених верств населення панує розуміння філософії як сукупності абстрактних туманних міркувань, далеких від наукових і повсякденних проблем, із якими стикається Україна.

Дійсно, якщо звернутися до підготовки майбутніх дослідників із НАНУ до кандидатського іспиту з філософії, то впадає в око наступне. По-перше, як і майже вся університетська філософська

професура, викладацький склад Центру гуманітарної освіти НАН України (ЦГО) не має публікацій у провідних міжнародних фахових журналах. Висунуті ними твердження позірної оригінальності та сумнівної цінності ніколи не проходять апробацію світової філософської спільноти. Остання теж аж ніяк не складається з новочасних геніїв рівня *Френсиса Бекона*¹⁷ або *Умберто Еко*¹⁸, але вони, принаймні, працюють за умов дарвінівського добору. Цього не скажеш ані про зашкарублених вітчизняних філософів, ані про їх російських колег, яких вони досі рясно цитують, бо тільки їх і здатні прочитати (а інколи й переписати, переклавши за допомогою Гугла, бо плагіат на наших теренах є ледь не національною традицією, визнаною наразі й Президентом держави). Отже, наші достойники переважно цитують російських важковаговиків та переклади іноземних праць, виданих багато десятиліть тому¹⁹. Через це в рекомендованих для вивчення аспірантами вітчизняних працях важко знайти інформацію про актуальні філософські проблеми, які жваво обговорюються у світовій філософській літературі.

По-друге, як показує перелік рекомендованих для вивчення джерел, філософські курси, запропоновані у ЦГО для здобувачів вчених ступенів, майже не мають зв'язку з їхніми науковими галузями. Ці навчальні матеріали радше орієнтовані на підготовку майбутніх філософів до викладання філософії і торкаються лише загальних рис та закономірностей деяких обраних невідомо на якій підставі фрагментів історії та застарілих відомостей щодо світової філософії. Як наслідок, зміст викладених курсів не має тісного й необхідного зв'язку з конкретними пізнавальними обставинами майбутнього професійного буття молодих науковців. Українські викладачі таких курсів, як правило, не звертають увагу на те, що філософія існує як сукупність окремих філософських наук і що допитливі аспіранти мають можливість обрати й заглибитися в ту окрему філософську науку, яка опікується філософськими та методологічними засадами рідної для них галузі науки. Один з авторів (*В.К*) був шокований, коли дізнався, що групу майбутніх *математиків* певний час готував до іспиту випускник *історичного* факультету. Годі й говорити про те, яке він має уявлення про *історію, сучасний стан та філософські проблеми математики* та яке може бути ставлення майбутніх математиків до його міркувань щодо математики та її філософії.

1.5. ФІЛОСОФІЯ ЯК СУКУПНІСТЬ ЗАГАЛЬНИХ ТА НАУКО-ЦЕНТРОВАНИХ ФІЛОСОФСЬКИХ НАУК

Сучасна професійна філософія є сукупністю окремих та взаємопов'язаних філософських наук. У цьому сенсі вона не відрізняється від інших згрупованих сучасних наук, об'єднаних такими загальними назвами, як біологія, екологія, хімія, математика або фізика. Кожна з цих груп поєднує постійно зростаючу та змінювану мережу відповідно біологічних, екологічних, хімічних, математичних і фізичних наук. Мало хто, не будучи знавцем цих наук, наслідують фахово оцінювати стан, тенденції, досягнення та пізнавальну й практичну користь цих наук. Однак майже кожна особа з дипломом про вищу освіту, як і пересічна людина у тому, що стосується футболу, вважає себе знавцем філософії, маючи про неї спотворену інформацію або взагалі нічого про неї не знаючи.

Зазвичай у філософії виокремлюють *загальні* філософські науки на кшталт онтології (метафізики), теорії пізнання (гносеології або епістемології), історії філософії, філософії моралі (етики), філософії свідомості тощо. З певною модифікацією уявлення цих наук застосовують, уточнюють та розвивають так звані *науко-центровані* філософські науки типу філософії права, філософії філософії, філософії історії, філософії економіки, філософії біології, філософії медицини, філософії математики, філософії фізики, філософії космології, філософії хімії, філософії техніки, філософії екології, філософії інформатики тощо. Понад те має місце диференціювання майже кожної з них на ще більше спеціалізовані *науко-центровані* підфілософії. Прикладом цього є виокремлення у філософії біології філософії системної біології, філософії клітинної біології, філософії молекулярної біології, філософії еволюціонізму тощо.

Деякі представники цих наук концептуально усвідомлюють якісно різні аспекти природного, суспільного та індивідуального буття з урахуванням принципів і методів загальних філософських наук і окремих конкретних наук, які вивчають ці аспекти. Як правило, назви останніх входять у найменування відповідних науко-центрованих філософських наук. Крім того, кожна загальна або науко-центрована філософська наука фактично об'єднує безліч версій, напрямків та шкіл, які самовизначаються в різний спосіб: починаючи від імені засновника й аж до географічної локалізації. Прикладом першого може слугувати кантівська теорія

пізнання, а другого — київська школа логіки та методології науки. На додаток до засвоєння змісту й методів загальних філософських наук дослідницька праця в межах науко-центрованих філософських наук потребує досить ґрунтовних фахових наукових знань про досліджувані аспекти наукового буття. Ці знання, звісно, здобувають конкретні науки, скажімо, право, історія, економіка, мовознавство, біологія, медицина, математика, фізика, хімія, геологічні, технічні науки тощо.

Поділ філософії на загальні та науко-центровані філософські науки не є єдиною можливою таксономією. В літературі поширені інші її розгалуження: історична періодизація (антична філософія, філософія Нового часу тощо); географічне виокремлення (європейська, східна тощо філософії); національно-етнічна класифікація (німецька, британська, українська тощо філософії); персональна систематизація (платонівська, кантівська тощо філософії); теоретична та практична філософії тощо. Хоча всі ці поділи за бажанням можна застосувати до деталізації науко-центрованих філософій, але вони не мають безпосереднього відношення до того розуміння філософії науки, яке запропоновано в цій книзі.

Ми прагнемо відсторонюватися від певної, аж надто популярної позиції, яка так уперто занурює науку в соціально-культурні й політичні обставини продукування нового знання, що від його об'єктивного змісту, реальних формоутворень, структур і функцій мало що залишається²⁰. Не сумніваючись щодо важливості та навіть необхідності такого альтернативного погляду²¹, вважаємо, що реалізація й розвиток його численних варіантів — це парафія не філософії науки, а інших метанаук про науку, як-от історії науки, соціології науки, культурології науки, психології науки, економіки науки, права науки, етики науки тощо.

Зауважимо, що поширена теза про вплив соціально-культурних та політичних чинників на науку є однобічною. Вона протиставляє науку культурі, хоча наука є необхідним породженням культури, її ваговитим складником, значення якого тільки зростає з розвитком цивілізації²². Своєю чергою, сучасну культуру просто неможливо уявити без науки та практичного втілення її результатів. Згадана теза також не враховує вплив науки на ті частини культури, які не є наукою, але сприяють її поширенню. Наприклад, всі технічні засоби сучасних ЗМІ є втіленням знань, отриманих в таких галузях науки, як електродинаміка, квантова механіка, інформатика, фізика конденсованих середовищ, статистична фізика тощо.

1.6. ДЖЕРЕЛО ЄДНОСТІ КОНКРЕТНИХ НАУК ТА ВІДПОВІДНИХ ФІЛОСОФІЙ

Незважаючи на суттєві відмінності аспектів буття або предметних галузей, які досліджують конкретні науки, їх (науки) об'єднує спільна мета — отримання достовірного знання про відповідні предметні галузі. За своєю будовою таке знання є нейтральним щодо будь-яких позанаукових умов його отримання в тому сенсі, що ці умови не є присутніми в його об'єктивному змісті. Нашим важливим припущенням є теза, що теоретичне знання, незалежно від його предметної галузі, містить однотипні та універсальні складники і структури. Насправді не всі вони в різних науках перебувають на однаковому рівні розвитку, а тому їх не завжди помічає й визнає науковий загал.

Після виникнення нового знання воно набуває відносно самостійного існування, а його подальший прогрес відбувається завдяки новим поглибленим дослідженням його предметної галузі. Так, об'єктивний зміст, наприклад, арифметики (теорії чисел), геометрії та квантової механіки не залежить від їх невідомих (коли йдеться про таблицю множення і перші астрономічні спостереження) або відомих творців (зокрема, *Евкліда*, *П'єра Ферма* чи *Вернера Гайзенберга*, *Ервіна Шрьодінгера*, *Поля Дирака*). Хоча часто буває, що вперше висунуті ними гіпотези, принципи, моделі та рівняння і відкриті явища носять їхні прізвища.

Фактично сучасне викладання будь-якої природничої чи математичної науки відбувається з нехтуванням соціально-історичними обставинами. Останні якщо й згадують, то лише у формі прізвищ науковців, які відкрили певне явище або сформулювали певний закон. Це свідчить про майже повну елімінацію соціально-культурних чинників з освіти майбутніх науковців. Тільки деякі з них цікавляться історією своєї науки та позанауковими обставинами її виникнення й розвитку. Компенсаторами такого антиісторичного бачення науки студентами й аспірантами може слугувати викладання курсу історії науки, який мав би об'єднувати важливі відомості щодо історії науки в цілому й конкретних наук, у царині яких вони працюватимуть. Варто наголосити, що історія науки та сутність наукових питань тісно взаємопов'язані, бо в найбільш опуклий спосіб відображають наукові явища саме творці науки про них. Головним чином це теоретики; втім, видатні експериментатори також породжують концепції й сприяють з'ясуванню

найважливіших деталей. Тому читати і вивчати оригінальні праці класиків науки є не тільки задоволенням, а й корисною справою для молодого покоління і літніх досвідчених професорів²³. Останнім це надає можливість перевірити власну пам'ять і позбавитись різних упереджень.

Отже, першочерговим завданням філософії науки є необхідність з'ясувати, що таке наукове знання та як воно отримується²⁴. Здавалося б, що на відповідне запитання переконливу відповідь можна дати, використовуючи усталену й перевірену багатьма поколіннями філософів відповідь на більш загальне питання: що таке знання? На жаль, спрощених відповідей більше ніж одна, а, отже, насправді однозначної відповіді не існує, як не існує відповіді на значно простіше запитання: «що таке електрон?». Філософія науки має побудувати динамічну картину наукового знання у нерозривній єдності з процесами його утворення, розвитку та застосування. Тому і відповідь має бути не одновимірною і базуватися на прикладах, як зазвичай і роблять у фізиці, де приклади і задачі є провідним способом навчання наукових новобранців.

1.7. ПРЕДМЕТНІ ГАЛУЗІ ФІЛОСОФІЙ КОНКРЕТНИХ НАУК

Розглянемо філософії різних конкретних наук як *науко-центровані філософські науки*. Їх науковий вимір потребує, по-перше, характеристики того, що вони досліджують, тобто їх предметної галузі, і, по-друге, вимагає застосування при її дослідженні наукових засобів та методів. Не існує наук, які не мали б відповідної предметної галузі й не використовували би при її пізнанні загальних та специфічних наукових засобів і методів. Своєю чергою, *філософський* вимір науко-центрованої філософії науки диктує тлумачення її предметної галузі як такої, що складається з формулювання відповідного сучасного наукового знання і процесів його отримання.

Поряд з науко-центрованими філософіями й конкретними науками існує також *загальна філософія науки*. Зазвичай припускають, що вона на сучасному «науковому емпіричному» матеріалі уточнює та поглиблює традиційні, надто загальні філософські уявлення про знання та пізнання взагалі. Однак неможливо сподіватися, що якийсь супергеніальний науковець здатен компетентно розглядати й оцінювати науку як весь комплекс конкрет-

1.8. Фізичні теорії як члени родини назвою «теоретична фізика»

них предметних наук. Фактично філософи науки, які висловлюються від імені загальної філософії, досліджують певну, найбільш відому їм конкретну науку як свого роду зразок і поширюють результати її філософського аналізу на решту наук. Намагаючись не претендувати на таку роль, автори так чи так теж змушені взяти за подібний зразок фізику, точніше ті фізичні науки, з якими вони ознайомилися під час навчання на фізичному факультеті Київського державного університету імені Т. Г. Шевченка, випускниками якого вони стали у 1969 році, вирушивши після цього до лав радянської армії. Подальше навчання відбувалося та відбувається під час професійної праці одного з них в галузі теоретичної фізики в Інституті фізики, а другого — в галузі філософії науки в Інституті філософії НАН України.

Як ми вже згадували, наразі численні дослідники запропонували багато нових досліджень сутності наукових теорій²⁵, серед яких, проте, немає загальновизнаного. Що ж до авторів цієї праці, то ми спиратимемось на *модифіковану версію структурно-номінативної реконструкції* наукових теорій (МСНР). Назва цієї реконструкції пояснюється тим, що в ній компоненти (структури) теорії аналізують як такі, що мають певні назви (у широкому розумінні). Формальні та неформальні версії теорії іменованих множин²⁶ забезпечують формальний та неформальний апарат для такого аналізу²⁷. Надалі ця версія йменуватиметься полісистемною реконструкцією, тому що в ній акцент робиться на змістовному виокремленні та неформальному описі підсистем теорій, а не на їх строгому описі методами теорії іменованих множин.

Усі відомі нам реконструкції теорій виходять з їх системної природи. Проте на відміну від інших, відомих нам реконструкцій, полісистемна реконструкція (ПСР), як і її попередниця — *структурно-номінативна реконструкція* (СНР), ґрунтується на визнанні полісистемності теорій, тобто на тлумаченні їх як підсистем нелінійного синтезу.

1.8. ФІЗИЧНІ ТЕОРІЇ ЯК ЧЛЕНИ РОДИНИ З НАЗВОЮ «ТЕОРЕТИЧНА ФІЗИКА»

Спільним припущенням більшості реконструкцій наукових теорій є розгляд теорій ізольовано, тобто як свого роду *Робінзонів* світу наукового знання. Це зумовлює певну обмеженість подібних реконструкцій, яку, на жаль, не усвідомлюють ані їх автори

й прихильники, ані їх критики. Один із недоліків наявних поглядів полягає в тому, що предметом аналізу стають не теорії, які на правду використовуються в освіті та науці, а певні уявлення про те, якими ці теорії мають бути²⁸. Покажемо це на прикладі теоретичної фізики.

З висоти «пташиного польоту» видно, що теоретична фізика — це галузь творчого продуктивного теоретизування, яке постійно перевіряється на внутрішнє самоузгодження та зовнішнє дослідне підтвердження. Щоб отримувати та перевіряти нові знання, теоретики роблять значно більше, ніж застосовують і розробляють наявні фізичні теорії. Вони також створюють нові, гіпотетично корисні теорії. Матеріалом для них є, крім абсолютно нових ідей, модифікації компонентів уже прийнятих спільнотою і навіть відкинутих нею теорій²⁹. Варто усвідомлювати, що теоретичне узагальнення в фізиці, як і в будь-якій іншій науці, яка досягла зрілого, тобто математизованого, рівня, є необхідною умовою належного поступу, навіть якщо теорія є дещо примітивною внаслідок недорозвиненості відповідної галузі.

На практиці величезна сукупність відомостей, отриманих багатьма дослідниками за відсутності теоретичного узагальнення, є купою мотлоху, де часом губляться справжні скарби. Тільки теорія дає можливість упорядкувати набуте і дбайливо відчистити коштовності від брудних нашарувань (наприклад, термодинаміку від застарілих понять на кшталт теплецю та флогістону³⁰). Тільки тоді теоретично обґрунтована й оброблена галузь науки стає загальноприйнятною і загальнодоступною³¹. Ясна річ, що існування номенклатури назв та їх адекватність реаліям є необхідними умовами вироблення бодай часткового консенсусу дослідників, а отже, й подальшого прогресу.

Фізичні теорії, мережа яких формує теоретичну фізику, перебувають у стані постійного розвитку. З огляду на це має сенс розрізнити *абстрактну* базову фізичну теорію, як систематизоване та стабільне сховище обґрунтованих знань про її предметну галузь у найширшому сенсі, та *практичну* часткову теорію локального значення, як мінливий і обов'язковий компонент пізнавальних процесів отримання нових знань про певний сегмент предметної галузі теорії. Наприклад, електродинаміка *Джеймса Кларка Максвелла* або термодинаміка *Рудольфа Клаузіуса* — *лорда Кельвіна* — *Джозайі Гіббса*, або кінетична теорія газів *Людвіга Больцмана* — *Джеймса Кларка Максвелла* — всі ці теорії після їх підтвердження

1.8. Фізичні теорії як члени родини назвою «теоретична фізика»

та зручного математичного формулювання можна вважати такими базовими теоріями. В межах своєї застосовності вони такими залишаються назавжди. Можна ще додати, що абстрактна теорія функціонує як екстенсивно зростаюча, але структурно незмінна інформаційна система. До неї постійно додаються нові знання про її предметну галузь, а відповіді на запитання про те, звідкіля та яким чином їх отримують, зводиться до виведення їх з незмінних у цьому колі питань загальних наукових законів. Водночас практична часткова теорія функціонує як структурно змінюваний інструмент отримання нового знання, який створюється, вдосконалюється або спростовується в ході досліджень.

Треба враховувати, що студенти вивчають певну теорію не як цілком замкнену систему знань та понять, а як невід'ємну частину всієї теоретичної фізики. Будь-який розділ теоретичної фізики не існує без інших розділів, інколи навіть позірно далеких від нього. Наприклад, квантова теорія виросла та збагатилася на тлі класичної механіки, електродинаміки та статистичної фізики. Недаремно багато результатів квантової механіки перевіряють на правильність, знаходячи класичну межу, спрямовуючи сталу *Планка* до нуля і порівнюючи отриманий результат з раніше відомим, первісно класичним.

Те саме стосується й навчання квантовій теорії, яке ґрунтується на знанні класичної фізики та великого обсягу відомостей щодо корисного математичного апарату, розробленого в межах різних математичних теорій. Суворо реальність вивчення природничих та й навіть математичних наук така, що жоден студент не вивчає класичну чи квантову механіку, генетичну теорію чи теорію валентності, теорію чисел чи математичний аналіз як абстрактні теорії, що будуються відповідно до деяких апіорічних принципів.

У пошуках розв'язання теоретичних або практичних проблем жоден активний науковець не звертається до аксіоматичних або логічних реконструкцій теорій, велику кількість яких пропонує філософія науки. Його не турбують проблеми, якими вельми опікуються прибічники таких реконструкцій: повнота, чіткість доказу тверджень теорії тощо. Такі реконструкції спираються на неявне припущення, що наукові теорії є завершеними логічними та математичними конструкціями, до вивчення яких ідеально пасують формальні методи логіки та математики.

Сферою текстового існування практичних теорій є їх численні виклади в підручниках, монографіях і наукових статтях. Як ознака

розвитку будь-якої науки, щороку з'являється багато різних текстових варіантів майже будь-якої наукової теорії. Якщо вони не є примітивною компіляцією або (борони Боже!) свідомим плагиатом раніше відомих текстів, то їх автори намагаються не лише надати своїм творам нового мовного вигляду, а й викласти власне бачення ситуації та місця цього матеріалу серед інших теорій і розповісти також про нові наукові досягнення, які досі не потрапляли на шпальти текстів такого роду. Внаслідок таких безперервних модифікацій корпусу науково-методичних публікацій нові покоління науковців починають свої дослідження, спираючись на відносно нові теоретичні досягнення. Проміжок між створенням нової теорії та її появою в підручниках або монографіях постійно скорочується. На власному досвіді автори пересвідчилися, що більшість підручників, за якими вони вчили фізичні та математичні теорії, радикально відрізняються поданням матеріалу, акцентами, головними темами, методологією, обсягом та прикладами — від теорій з тими ж назвами, які вивчали їхні діти — студент фізичного факультету та студентка механіко-математичного факультету Київського національного університету ім. Т. Г. Шевченка.

Зауважимо, що факт існування різних текстів, які мають однакові назви і за припущенням є версіями теорії з цією назвою, дає змогу виокремити два значення поняття практичної теорії. З погляду теорії множин загальна практична теорія є множиною, елементами якої є її окремі текстові виклади. З іншого боку, конкретну практичну теорію розглядають як член цієї множини. Позначимо теорію в першому значенні як T , а теорії в другому значенні як T_1, T_2, T_3, \dots , тоді маємо в першому наближенні змістовий теоретико-множинний опис розглянутої ситуації:

$$T = \{T_1, T_2, T_3, \dots\}.$$

Якщо взяти за T квантову теорію, то в ролі елементів відповідної множини функціонують її різні версії, особливе місце серед яких посідає колись стандартна копенгагенська інтерпретація квантової теорії, яка відіграє роль заученої напам'ять давньої молитви, первісний сенс якої давно втрачений. Як будемо обговорювати далі, різні інтерпретації квантової механіки відрізняються переважно уявленнями про її предметну галузь та наданням математичним конструкціям на кшталт хвильової функції онтичного статусу, тоді як в їх онтичних підсистемах йдеться про явища типу надпровідності та реалії типу атомів, ядер і елементарних части-

1.9. Фізична *lingua franca* як спільна мова теоретичної фізики

нок, властивості яких і процеси в яких описуються хвильовою функцією та її релятивістськими узагальненнями — квантованими полями. Там, де справа доходить до розв'язання проблем кількісного опису квантових явищ, розрахунки, ґрунтовані на майже будь-якій інтерпретації, приводять до тотожних результатів. Новітні варіанти змісту квантової теорії здебільшого не прагнуть сприяти отриманню нових знань, але мають за мету спростити отримання знань уже відомих, що важливо з педагогічної точки зору, або розширюють сферу застосування, не змінюючи основ фізичної теорії (наприклад, квантова механіка, сформульована на базі інтегралів по траєкторіях).

Теоретична фізика є природним середовищем існування практичних теорій. У цьому середовищі конкретна теорія, з одного боку, не існує без використання деяких інших теорій, а з іншого — конкурує з теоріями з тією ж сферою застосовності. Наприклад, існує низка теорій гравітації.

Здається, що більшість філософів фізики аналізують не практичні теорії, а певні формальні чи змістові реконструкції їх (теорій) фрагментів, відібраних на підставі якихось аксіоматичних, логічних, лінгвістичних, прагматичних, естетичних чи інших подібних уподобань. Ці реконструкції є апіорними у тому сенсі, що ніяк не враховують функціонування практичних теорій теоретичної фізики. Подібні абстрактні теоретичні конструкції розглядають як статичні та ізольовані системи. Таким чином, чимало філософів науки не приділяють достатньої уваги реконструкції практичних теорій як неідеальних, мінливих і взаємозалежних систем.

1.9. ФІЗИЧНА *LINGUA FRANCA* ЯК СПІЛЬНА МОВА ТЕОРЕТИЧНОЇ ФІЗИКИ

Як відомо, термін *lingua franca* позначає спрощену спільну мову, якою спілкуються в певних обмежених соціальних контекстах носії різних національних мов, для кожного з яких є незрозумілою рідна мова їх співрозмовників³². У теоретичній фізиці можливість спілкування та взаєморозуміння між фізиками (як теоретиками, так і експериментаторами), які володіють різними фізичними теоріями, а також навчання майбутніх фізиків забезпечені аналогом буденної *lingua franca*, яку природно назвати спільною *фізичною lingua franca*³³. Вона має багато діалектів.

Скажімо, впродовж вісімнадцятого століття всі фізики оволоділи (як пізніше з'ясувалося, не універсальним для всієї фізики) історично першим діалектом *lingua franca*, в ролі якого виступала мова класичної механіки. Головними творцями її нових підмов та мовознавцями тут виступили *Айзек Ньютон*, *Леонард Ейлер*, *Жозеф-Луї Лагранж* та *Жан Ле Рон д'Аламбер*. Для сучасних фізиків, які опікуються вивченням мікросвіту, діалектом є мова квантової механіки, хоча мову класичної механіки ніхто не забув і не забуде. Проте, незважаючи на всі принципові відмінності цих мов, представники різних фізичних наук здатні зрозуміти один одного хоча б на «побутовому» рівні.

Забезпечується це застосуванням та однаковим розумінням спільного термінологічного словника. В кожній фізичній теорії терміни цієї мови мають однакові референти загального вжитку, але різні референти, притаманні саме цій теорії. Проте фізики розуміють про що йдеться, навіть якщо їм розповідають про теорію, знавцями якої вони не є. Зрозуміло, що в кожній національній мові для назви цих термінів використовуються слова цієї мови. Так, слова «модель» та «model» є позначеннями українськими, англійськими, німецькими, французькими словами одного й того самого терміну. Різниця між національними позначеннями термінів зникає, коли для них є міжнародно прийняті символи. Прикладом є символ *m* для позначення маси. Таким чином, спільна наукова мова засвоюється під час вивчення на молодших курсах обов'язкової (*колись!*) для всіх студентів загальної фізики. Надалі студенти спеціалізуються та вивчають практичні теорії, пов'язані з їхнім майбутнім фахом.

До спільної фізичної *lingua franca* входять, зокрема, такі терміни, як об'єкт (предмет, реалія, галузь) дослідження, властивості та фізичні величини на кшталт маси, електричного заряду, дипольного електричного або/та магнітного моменту тощо, відношення (рух тощо), характеристики властивостей (діамагнітна, парамагнітна; діелектрична, металічна тощо), стани (стаціонарний, динамічний тощо), що стосуються об'єкта. Є й більш загальні терміни філософського походження: причина, наслідок, час, простір, матерія, оцінка, модель, операція тощо.

Не буде перебільшенням стверджувати, що теоретична фізика розвивається та вивчається з моменту її створення на підставі спільної фізичної *lingua franca*, що розгортатиметься одночасно з самою фізичною наукою та її теоріями. До модерної фізич-

1.10. Гнучкість практичних теорій

ної *lingua franca* входять такі терміни як динамічний хаос, самоорганізація, сплутаність, ренормалізація тощо. Без наявності фрагментів (слів) *lingua franca* неможливий обмін новою інформацією. Цю мову застосовують як у монографіях, так і в журнальних наукових публікаціях. Терміни цієї мови також використовують для опису досліджуваних реалій і відповідних теорій. Для українського фізика легше прочитати та зрозуміти статтю, де досліджується його улюблена теорія, написана італійською, ніж симулякри наукових праць, якими рясніють вітчизняні так звані мурзилки, де нічого не досліджується і де між рядків можна легко прочитати слова: «гроші давай!».

Значимо, що для філософської реконструкції та розуміння практичних теорій значно краще пасує фізична *lingua franca*, ніж так звана *фізикалістська мова*³⁴. Її запропонували логічні позитивісти, які ультимативно вимагали, щоб саме за її допомогою продукувалася фізика та відбувався її філософський аналіз. Додатково зауважимо, що філософський аналіз наукових теорій фізикалістською мовою та її різними діалектами не знайшов підтримки фізичної спільноти. Зокрема, у відомій нам професійній фізичній літературі відсутні посилання на результати такого аналізу.

1.10. ГНУЧКІСТЬ ПРАКТИЧНИХ ТЕОРІЙ

Щоб компоненти практичної теорії були змінними та залежними від інших теорій, вони мають мати внутрішньотеоретичну та зовнішньотеоретичну гнучкості. Своєю чергою, у першій можливо виокремити інтра-підсистемну та інтер-підсистемну гнучкості. Зміна компонентів теорії, наприклад її моделей, може бути спричинена бажанням узагальнити модель або розширити її сферу застосування. У цьому випадку може проявитися як інтра-підсистемна, так й інтер-підсистемна гнучкість. Перша полягає в змінах деяких інших компонентів теорії, а друга — в зміні інших моделей. Наприклад, інтра-підсистемна революція в механіці полягала в тому, що після релятивізації кінематики частинки *Альбертом Айнштайном* відбулася релятивізація динаміки, яку розробили сам Айнштайн і *Макс Планк*. Натомість прикладом інтер-підсистемної гнучкості можна вважати створення засад релятивістської термодинаміки, до речі досі незакінченої³⁵.

Зовнішньотеоретична гнучкість проявляється, коли зміна теорії спричинена застосуванням до неї іншої теорії. Наприклад, успіш-

не використання нової математичної теорії практичною теорією часто радикально розширює область теорії й веде до розв'язання раніше невіршених задач та формулювання нових. Так, залучення нелінійних рівнянь *Кортевега-Де Фріза* та інших подібних рівнянь у теорію хвиль створило нову галузь математичної фізики: теорію нелінійних хвиль, яку згодом опанували не тільки гідродинаміка, а й фізика плазми, оптика та біофізика.

Розглядаючи фрагменти математичних теорій, які використовуються класичною механікою як складники багатьох її підсистем, можна пов'язати зміни теоретичного арсеналу цієї науки із включенням низки нових математичних понять до первісної математичної мови. Прикладами можуть служити диференціальне та інтегральне числення, диференціальні рівняння, фазові потоки, групи Лі та алгебри Лі, конструкції симплектичної геометрії та ергодичної теорії³⁶. Кожне з цих залучень спонукало до побудови нових моделей, в межах яких були поставлені нові проблеми та запропоновані нові методи їх вирішення. Все це завдяки переходу до використання більш абстрактної математики щоразу розширювало сферу класичної механіки.

1.11. НАУКА ТА МЕТАНАУКИ ПРО НЕЇ

Науку як надскладний соціальний інститут досліджують багато наук. Для їх розрізнення та щоб не плутати їхні предметні галузі з предметними галузями самої науки називатимемо ці науки *метанауками*. Крім філософії науки до метанаук відносимо історію науки, соціологію науки, етику науки, психологію науки, економіку науки, менеджмент науки (науку про керування та організацію науки), прагматику науки (науку про практичне застосування науки) тощо. Створення адекватної картини практичних наукових теорій закладає міцні й надійні підвалини для досягнення численних цілей і метанаук про науку. Серед цілей цих наук — виявлення та опис загальних закономірностей розвитку науки; аналіз характеристик та видів наукової творчості; дослідження колективного та комунікативного характеру наукової діяльності; вивчення механізмів взаємодії суспільства та науки; визначення критеріїв економічного забезпечення науки та норм її ефективності; вивчення взаємозв'язку як між різними науками, так і між наукою і технікою; дослідження взаємовпливу культури

1.11. Наука та метанауки про неї

та науки. Слід підкреслити, що фахівці з цих метанаук, як правило, не досліджують свої проблематики з точки зору абстрактних теорій. Вони аналізують їх крізь призму практичних теорій.

Запропонований нами підхід потребує від самого початку зафіксувати, який аспект науки як складного соціального інституту утворює предметну галузь філософії науки. На нашу думку, цим аспектом науки є виробництво нового наукового знання. Аналізом класифікації та організації отриманого знання з метою його зручного для користувачів упорядкування та розповсюдження займаються так звані бібліотечні та інформаційні науки (*library and information sciences*)³⁷.

Зазначимо, що виокремлення згаданого аспекту взагалі не є оригінальним. Його знаходимо у багатьох авторів, які працюють як у самій науці, тобто в її предметних дисциплінах, так і у згаданих вище метанауках про науку. Проте, наскільки нам відомо, жоден з них не поглянув на продукування нового знання як на рису, що визначає предметну галузь філософії науки.

У вітчизняній та закордонній літературі запропоновано багато тлумачень філософії науки. Переповідання історії та сучасного стану будь-якого з цих тлумачень неминуче потягло б за собою окреме ретельне дослідження. Деякі з них, провідні на нашу думку, будуть розглянуті після викладення та обґрунтування авторського бачення філософії науки як однієї з метанаук про науку. Розроблення нашого підходу уможливить єдину репрезентацію цих тлумачень як окремих рис нового наукового знання та його виробництва. Стисло кажучи, філософія науки буде тлумачитися як метанаука, предметною галуззю якої є не наука як соціально-культурна інституція, а наука як *мережа систем знання, що забезпечує приріст знання, тобто породження нового знання*. Такий підхід висуває на авансцену запитання про те, як та за допомогою яких засобів його (знання) отримують?

На нашу думку, головною особливістю та здобутком сучасної науки є наявність у ній теорій. Таким чином, на певному достатньо високому рівні розвитку будь-яку науку, принаймні природознавчу, можна розглядати як мережу постійно змінюваних, позірно самостійних, подібних за своєю будовою теорій. В кожній окремій науці є притаманна їй мережа теорій, а вся наука в цілому виглядає як мережа мереж теорій.

Ми намагаємося відповісти як на сформульовані, так і на ще не сформульовані запитання філософії науки, з'ясовуючи склад і

будову певної практичної наукової теорії, щоразу наводячи низку прикладів. Сукупність таких теорій утворює невичерпний океан знання. Більше того, скільки не вичерпуй, він парадоксальним чином стає дедалі глибшим. У ньому, якщо озброїтись біноклями науко-центрованих філософій, вимальовуються підводні структури здобутих знань, химерним чином розмиті глибинними й поверхневими течіями.

1.12. ЗАВОЙОВАНА НАУКОЮ ТЕРИТОРІЯ ТА ПЕРЕДНІЙ КРАЙ ДОСЛІДЖЕНЬ

У світовій літературі наявна величезна кількість праць, які намагаються дати відповідь на запитання, що таке знання взагалі, як його створюють і які його види й форми існують. На цьому тлі майже не помітні дослідження, в центрі яких поставлені аналогічні питання щодо наукового знання. Головна мета цієї книги — спроба посприяти усвідомленню небайдужими або дотичними до науки особами того, як побудоване наукове знання на рівні його практичних теорій, як воно створюється, розвивається та застосовується. Відомі авторам цієї книги нечисленні відповіді на такі запитання не є, на нашу думку, достатньо обґрунтованими та повними.

Настав час, коли, відповідаючи на ці запитання, маємо брати за вихідний «емпіричний» матеріал не уявлення видатних персон про буденне знання, а наукові теорії, розроблені світовою науковою спільнотою (тобто створені «мертвими білими чоловіками» — *dead white males*, яких люто ненавидить ліва академічна верхівка західних соціально-гуманітарних наук та яких дуже цінуємо ми)³⁸. Існує принципова різниця між *буденним знанням* про світ, адекватність якого допомагала людині виграти міжвидову боротьбу з іншими тваринами за виживання, та *науковим знанням* про світ. Намагання відповісти на поставлені запитання на підставі донauкових уявлень або буденного знання про світ, суспільство й людину нічим не кращі за спроби побудувати літак і пояснити можливість його руху в повітрі, спираючись на давньогрецькі натурфілософські ідеї. Як відомо, стародавні греки постулювали складеність почуттєвих речей із чотирьох фізичних стихій та притаманність кожній із них прагнення дістатися до її призначеного природою місця. Якщо уявляти світ у такий спосіб, то пояснити рух у повітрі тіла, важчого за повітря, з крилами, не схожими за будовою та

1.12. Завойована наукою територія та передній край досліджень

діями на крила птахів і рукокрилих ссавців, можливо було лише завдяки припущенню про втручання надприродних сил. Згадаймо хоча б міфічне та вельми поетичне пояснення пересування Сонця небом завдяки руху колісниці давньогрецького бога *Геліоса*.

Поставивши перед собою зазначене вище завдання, зосереджуємося на аналізі обґрунтованих та практично чинних теорій, у корисності (сполученої з відносною істинністю) яких при застосуванні до їх предметних галузей зараз немає підстав сумніватися. В юриспруденції давно визнано, що абсолютних доказів щодо здійснення більшості злочинів, як правило, не існує. Тому в більшості випадків судові рішення приймають на підставі доведення за відсутністю обґрунтованих сумнівів (*beyond reasonable doubt*).

Варто підкреслити, що оцінка наукових досягнень має походити від колег, які розуміють предмет досліджень, хоча й вони, певна річ, можуть помилятися. Суспільство як сукупність громадян із різною освітою та світосприйняттям при оцінці науковців та наукової сфери взагалі можуть покладатися лише на зовнішні ознаки успіху чи неуспіху³⁹. Наприклад, в Україні можновладці різних каденцій та різного політичного забарвлення вперто, мов віслюки, повторюють мантру про те, що «спочатку Нобелівські премії, а потім належне фінансування». Це все одно, що вимагати від авторів нової моделі автомобілів спочатку побудувати її десь в орендованому гаражі, як-то кажуть у залізі, а лише потім фінансувати автозавод.

Але в зв'язку з вимаганням Нобелівської премії людьми, які математичну задачу для третього класу не здатні розв'язати, виникає філософське питання: «А що є первинним, премія (або інша оцінка результатів) чи самі результати?» І чи володар заслуженої премії після її отримання створюватиме шедевр за шедевром?

Розглянемо цікавий історичний приклад, пов'язаний з великим ученим *Айнштайном*. Після підтвердження астрономами⁴⁰ передбачень його загальної теорії відносності щодо відхилення світла під дією сили тяжіння він здобув всесвітню славу. Тому кожна його, на жаль невдала, спроба побудувати єдину теорію поля спричиняла галас у пресі й сенсаційні заголовки статей⁴¹. Їх писали журналісти, що зеленого поняття не мали, що таке єдина теорія поля⁴². Натомість статті на цю тему (теж без суттєвих досягнень), які писали інші, часто дуже мудрі люди, не викликали жодних збурень у суспільстві.

Проте діалектика ситуації полягала в тому, що позірні невдачі Айнштайна згодом спонукали інших теоретиків із залученням зовсім інших міркувань і математичного апарату створити так звану стандартну модель фізики елементарних частинок⁴³. Гравітаційну взаємодію наразі доєднати до електромагнітної, слабкої та сильної не вдалося, але започаткована Айнштайном програма надихає нові й нові генерації теоретиків. Так що насправді його «хибні» праці в підсумку виявилися плідними. Цікаво, що ці наукові події супроводжувалися заявами в ЗМІ про сенсаційні досягнення, які швидко зникали зі шпальт та вмить змінювалися іншими сенсаціями для задоволення цікавості пересічних громадян. Філософи ж науки отримали певний урок непередбачуваності. Йдеться про майбутні напрями і досягнення наукових досліджень, а отже, вимагає від науковців належної скромності при формулюванні своїх тверджень, тієї скромності, яка притаманна великим дослідникам природи⁴⁴.

Вказане нами протиріччя між величною будівлею наукового знання та примітивним сприйняттям наукових досягнень навіть у розвинених країнах спонукає нас поставити запитання руба: «А чи потрібна плебсу наука як така, чи він хоче мати від неї лише переваги вільного, здорового заможного життя, а саму науку послати подальше?». Виявляється, що другий варіант багато філософів та соціологів вважають цілком прийнятним, принаймні для так званих «тубільців» (*indigenous people*), тобто для представників тих народів, які впродовж віків ще не встигли докластися до науки⁴⁵. Якщо розлогіше, то, згідно з процитованими вище авторами, які позиціонують себе захисниками та провідниками цих народів, скажімо, зулусів або маорі⁴⁶, тим «тубільцям» теоретичне знання взагалі й дихотомія «об'єктивне-суб'єктивне» зокрема непритаманні й нецікаві. Оскільки нам, європейцям, прогресивними мудрагелями «дозволено» цією дихотомією цікавитися, то спробуємо це зробити.

1.13. ЩО ТАКЕ ОБ'ЄКТИВНІСТЬ ПРИРОДНИЧОЇ НАУКИ ТА ЯК ВОНА ПОВ'ЯЗАНА З МАТЕРІАЛЬНІСТЮ СВІТУ?

Ясна річ, що розмови про наявність об'єктивного складника в пізнанні мають сенс лише в разі матеріальності досліджуваного світу. Інакше ми скочуємось до соліпсизму⁴⁷, всі взаємовідносини між суб'єктами пізнання (дослідниками) стають ілюзорними,

1.13. Що таке об'єктивність природничої науки ...

а про природознавство варто забути раз і назавжди. Проте проблема взаємодії між дослідником як особою, озброєною органами почуттів та величезним арсеналом приладів, з одного боку, та зовнішнім світом, з іншого, не зникає і є вельми суттєвою для науки як такої. Пошуку місця для теорії в цій проблемі, починаючи від примітивного аналізу і закінчуючи новітніми складними фізичними конструкціями, на кшталт теорії струн⁴⁸, також не уникнути. Справді, аналіз навіть найпростіших результатів спостережень і дослідів (зображень різного ґатунку: рисунків, креслень, діаграм, фотографій, мікрофотографій, рентгенограм, оптичних спектрів) поза сумнівом вимагає не лише суб'єктивного внеску спостерігача і дослідника, а й супутньої теоретичної інтерпретації. Скажімо, для оптичних спектрів кожна лінія чи смуга відповідає певним електронним, коливальним, обертовим збудженням атомів, молекул або конденсованих систем⁴⁹. Без відповідного ототожнення, попри свій насправді наукоподібний вигляд, спектрограми залишаться абстрактними картинками, своєрідними зразками карго-культу.

Аналіз співвідношення між об'єктивним і суб'єктивним при інтерпретації результатів наукових досліджень викладено у важливій і змістовній монографії⁵⁰ американських істориків і філософів науки *Лорейн Дастон* й *Пітера Галісона*. Там само йдеться про не менш важливі супутні речі. Спираючись на наведені там відомості, обговоримо об'єктивність наукових досліджень, щоб захистити науку від постмодернізму, який зводить цю об'єктивність нарівень своєю улюбленою тезою «яка різниця?»⁵¹.

Головна умова, якої має дотримуватися будь-який дослідник, приступаючи до експерименту, це неупередженість. Якщо він очікує певного результату, про неминучість якого свідчать усі його теоретичні міркування, і якщо цей результат не збігається з очікуваннями, то тим гірше для очікувань, а не для результату. З цього приводу *Дастон* і *Галісон* наводять приклад упередженого бачення англійським експериментатором *Артуром Вортингтоном*, який спостерігав сплески води, спричинені падінням крапель на поверхню, а потім записував по пам'яті, яку картинку відбивала сітківка його очей. Оскільки він передбачав, що сплески мають бути симетричними, то саме такі рисунки й містилися в його статтях, які він друкував у поважних британських журналах. Несиметричними картинками він підсвідомо нехтував. Так тривало 20 років (із 1875 по 1895 роки). А потім *Вортингтон* став фіксувати форму сплесків не оком, а фотоапаратом зі спалахом. Тоді він побачив,

що помилявся, бо форма сплесків була б і симетричною, і несиметричною. Автор чесно зізнався в помилці й запропонував читачам забути про раніше опубліковані неправильні (краще сказати, неповні) дані і користуватися його правильними «об'єктивними» даними, отриманими з допомогою незаангажованого приладу⁵².

Які філософські висновки (є ще суто фізичні висновки, які зараз не обговорюватимемо) маємо зробити з цієї історії? По-перше, вона підтверджує наше застереження щодо небезпеки упередженості. По-друге, показує, що для дотримання об'єктивності досліджень потрібно залучати складні, ефективні, хоча й позбавлені розумових здібностей прилади. Другий висновок не є таким тривіальним, оскільки використання сучасної могутньої комп'ютерної техніки уможливило свідомі або несвідомі маніпуляції з даними спостережень⁵³. Це й не дивно, оскільки *Вортингтон* працював із фотокамерою, а нинішні експериментатори працюють із комп'ютером-посередником, який фіксує дані різних приладів, у тому числі й фотоапаратів та знімальних камер з великою частотою зміни кадрів⁵⁴. Тому для максимізації об'єктивності найкращим виходом є суб'єктивний контроль над об'єктивними приладами, бездоганна наукова добросовісність та належне розуміння межі між теоретичною інтерпретацією побаченого (дослідженого, виміряного) й самим побаченим (дослідженим, виміряним).

Чи є фотографії сплесків, отримані камерою, абсолютно об'єктивними щодо опису гідродинамічних явищ, які *Вортингтон* мав намір вивчати? З точки зору відсутності фальсифікації з боку дослідника — так. Але згадаймо, що й попередні «симетризовані» дані, записані по пам'яті, теж не були сфальсифікованими. Але ж вони суттєво відрізняються від даних нової серії спостережень. Так що справа не в фальсифікації, а в об'єктивному існуванні суб'єктивного компонента досліджень. У даному випадку це і ракурс (у первісному значенні цього терміна як перспективи зображення), і роздільна здатність зерна фотопластинки (фотоплівки), і характер спектра випромінювання лампи-спалаху, і особливості поліграфічного друку світлин. Коротко кажучи, те, що ми з вами бачимо в надрукованих статтях *Вортингтона*, не є бажаною об'єктивною істиною, а сумішшю рис досліджуваного явища та використаних для дослідження засобів.

Проте ми ще нічого не говорили про теоретичне підґрунтя обговорюваних експериментів. Адже *Вортингтон* спирався на отримані задовго до нього відомості про розсіяння світла видимого ді-

1.13. Що таке об'єктивність природничої науки ...

апазону макроскопічними об'єктами⁵⁵. А якби він узяв джерело ультрафіолетового випромінювання? Тоді ми нічого б не побачили неозброєним оком, і треба було б додатково застосувати прилади, які або перетворили б картинку, «намальовану» краплинами в ультрафіолеті, на картинку у видимому діапазоні, або створили якусь таблицю даних, що вимагало б додаткової, певною мірою суб'єктивної інтерпретації. А якби він узяв джерело рентгенівських променів, то дифракційна картина розсіяння⁵⁶ водною поверхнею та краплями нічого спільного не мала б з оптичною картинкою, яку ми маємо приємність і досі спостерігати на пожовклому папері статей, що вийшли з друкарні Британського Королівського товариства, або на екрані комп'ютера, де відображено скановані сторінки цих статей. До речі, якраз на них ми й дивилися, коли писали ці рядки. Так що вибір хвиль оптичного діапазону британським академіком *Вортингтоном*, а отже, й результати його досліджень містили елементи фізичної теорії, хоча й в опосередкованому вигляді.

Якщо слідом за *Дастоном* і *Галісоном* зануритися в історію європейського природознавства, то побачимо численні спроби «виправляти» природу на свій копил. Зокрема, це стосується фундатора біологічної таксономії шведського біолога *Карла Ліннея*⁵⁷. Він, як і багато його послідовників, створював атласи (колекції зображень рослин, тварин, тваринних і рослинних тканин тощо), долучаючи туди свої думки, уподобання та переконання, певний того, що така «обробка» сирого матеріалу лише наближає його до істинної відповідності Матінки-Природи (*truth-to-nature*)⁵⁸. Відтоді погляди на об'єктивність вивчення природи та філософські шляхи матеріалістичної (сказати б стихійно або підсвідомо матеріалістичної) більшості природознавців і філософськи налаштованих ідеалістів (серед яких теж були видатні вчені, наприклад, великий математик *Анрі Пуанкаре*⁵⁹) розійшлися. Перші щосили намагалися зменшити суб'єктивність у науці, другі ж у розпачі вирішили розглядати тільки відношення між елементами теорій (структурну об'єктивність), залишаючи матеріальність елементів Всесвіту за дужками. Таким чином, теорія зводилася сама до себе, врешті, до думок своїх творців, а не відображала фізичну реальність. Ми неухильно стоїмо на матеріалістичній точці зору, тому якщо серед читачів є такі, які вважають фізику наукою про абстрактні структури, подібну до математики, але не тотожну їй, то їм варто звернутися до інших джерел, яких хоч греблю гати, але рекламувати яких ми не збираємось.

1.14. СКЛАДНИКОВО-АТРИБУТИВНЕ ЗАНУРЕННЯ В НАУКОВУ ЧАСТИНУ ТРЕТЬОГО СВІТУ

Дороговказом на шляху дослідження того, як виробляється нове наукове знання шляхом трансформацій наукових теорій, для нас слугуватиме розроблений у природничих науках складниково-атрибутивний підхід до будови і властивостей досліджуваних цими науками зовнішніх реалій. Він полягає у виокремленні їхніх компонентів (складників) і знаходженні й дослідженні атрибутів цих складників. Складниково-атрибутивні тлумачення замінили традиційні (до виникнення сучасного природознавства) сутнісні підходи⁶⁰ в термінах незмінної абсолютної та остаточної сутності цих реалій. Зауважимо, що в соціальних та гуманітарних науках також поширені структурно-функціональні тлумачення, які вимагають при дослідженні відповідних реалій пояснювати їх через функції їхніх структур. Такі тлумачення можна розглядати як окремих тип складниково-атрибутивних підходів, якщо структури розглядати як складники, а функції — як атрибути структур.

До речі, сутнісні підходи й досі переважають у суспільно-гуманітарних науках, які мають справу з незрівнянно складнішими реаліями, ніж ті, що їх досліджує природознавство. Можливо, завдяки цій значній складності, одним із проявів якої є велика кількість зовнішніх та внутрішніх параметрів, успішний у природничих науках підхід не спрацьовує в соціально-гуманітарних науках. Автори не ризикують висловлювати твердження щодо достеменних причин вказаної безплідності, але не відкривають Америки, якщо звернуть увагу на безплідність буквального та бездумного переносу успішних підходів природознавства на соціально-гуманітарну сферу. Йдеться, зокрема, про голізм та синергетизм. Надто часто справжній аналіз суспільних і культурних явищ, який має створювати реальні знання про них, підмінюють рясною синергетичною, нелінійною, голістичною, інноваційною, дискурсивною, наративною та іншими новомодними термінологіями. За цими спробами передусім стоїть бажання бути оригінальним та фінансованим, а не здобути істину.

Ми намагатимемося застосовувати складниково-атрибутивний підхід до пошуку відповідей на те, як побудовані наукові теорії. Без конкретних відповідей на ці запитання стають практично неможливими обґрунтовані відповіді на запитання про функції наукових теорій, про взаємодію теорій, про закономірності їхньо-

го розвитку, про процеси втілення в техніку, матеріальне і культурне виробництво та побутування отриманих з їх допомогою наукових знань.

Як відомо, британський філософ *Карл Поппер* увів концепцію трьох світів: перший світ — матеріальний, незалежний від людини; другий — світ суб'єктивних думок, психологічних станів та уявлень; третій — світ об'єктивного знання⁶¹. На жаль, у своїх численних працях він обмежився лише загальним описом третього світу. Предметною галуззю нашого дослідження буде та його частина, яку утворюють мережі наукових теорій.

Починаючи із Всесвіту й закінчуючи елементарними частинками, дослідження об'єктів та явищ природи зводиться до дослідження їх складників. При цьому відкритими залишаються міркування про те, чи є спостережуваний Всесвіт складником якоїсь більшої реалії (Мультиверсуму) та чи існують складники кварків. Навіть якщо з'ясується, що відповідь на подібні запитання буде негативною, можливість ставити їх при дослідженні реалій від Всесвіту до елементарних частинок є виправданою. Як цей тип запитань трансформується при вивченні будови наукової складової світу об'єктивного знання, будемо розглядати далі. Зауважимо, що це відкриває можливості для відповідей на численні питання, які виникають в науках, точніше, в метанауках, що досліджують науку.

Історія філософії науки, якщо її початок датувати появою словосполучення *philosophy of science* у назві праці *Вільяма Вевелла*⁶², налічує майже два століття. Проте будова та складники наукових теорій як носіїв наукового знання та інструментів його продукування все ще недостатньо усвідомлені науковцями та філософами науки.

Невелику пізнавальну вартість мають спроби фізиків розв'язувати свої проблеми апеляцією до філософських категорій. Проте такий напрям думок є популярним у російській філософії науки, коли на запитання про природу науки замість дослідження будови практичних наукових теорій намагаються відповісти посиланням на деяке тлумачення філософських засад науки. Фактично воно є перефразуванням догми марксистсько-ленінської філософії, яка претендувала в часи свого панування в СРСР на визнання себе єдиною можливою методологічною основою науки.

1.15. ФІЛОСОФІЯ НАУКИ КРІЗЬ ПРИЗМУ ФІЛОСОФСЬКО-КУЛЬТУРОЛОГІЧНИХ КАТЕГОРІЙ

У літературі присутнє також розуміння філософії науки (філософсько-методологічного аналізу науки) як запровадження для ненауковців перекладу змісту науки мовою філософсько-культурологічних категорій. Наприклад, пошанований і в середовищі українських колег провідний російський філософ науки академік Російської академії наук, іноземний член Національної академії наук Білорусі та іноземний член НАН України *В'ячеслав Стьопин* характеризував завдання філософії науки як своєрідне вбрання змісту науки у філософські шати, що їх розглядають як особливий складник тіла науки. Для того щоб нав'язати науці таку побудову, він постулює поряд із наукою окреме існування її засад⁶³:

«Зрозуміло, що самі по собі евристичний та прогностичний потенціали філософії не знімають проблеми практичного застосування в науці її ідей. Таке застосування передбачає особливий тип досліджень, в рамках яких вироблені філософією категоріальні структури адаптуються до проблем науки. Цей процес пов'язаний з особливою конкретизацією категорій, з їх трансформацією в ідеї та принципи наукової картини світу і в методологічні принципи, які відображають ідеали і норми тієї чи іншої науки»⁶⁴.

Як це не дивно, такий загальнофілософський аналіз науки, який не зачіпає суті науки як мережі наукових теорій з виробництва нового знання, має багато прихильників на пострадянських теренах. Особливе здивування викликає декларування концепції постнекласичного періоду розвитку науки⁶⁵. Згідно з нею одна з особливостей постнекласичної науки полягає в зростанні активності суб'єкта пізнання. Те, що з розвитком науки змінюються та вдосконалюються види наукової активності, не викликає сумніву, але протиставлення попередньої та сучасної науки по лінії пасивність-активність не має сенсу, тому що попередня наука теж була активною в розумінні дій, які висували та розвивали тодішні науковці.

Усе в науці (від відкриття нових реалій до побудови математичних моделей і оцінок успішності розв'язків наукових проблем) стає можливим та існує лише завдяки різним видам творчої наукової діяльності (експериментальної, теоретичної, оцінної тощо). Незаперечним фактом є постійне ускладнення з розвитком науки інструментів та засобів її реалізації. Однак характер наукової ді-

1.15. Філософія науки крізь призму філософсько-культурологічних ...

ральності не завжди усвідомлюють творці науки, що вже говорити про звичайних людей, які сприймають наукові відкриття як випадкові знахідки коштовних перлів у старому мотлоху.

По суті, ніяких принципових змін у типах складників наукових теорій не відбулося після створення *Ньютоном* (використовуваного й зараз) наукового методу та розроблення на його підмурку класичної механіки. Інша річ, що відбувається об'єктивно ускладнення нових досліджуваних реалій, а також уже відомих реалій, які тимчасово вважалися простими (згадаймо хоча б рух планет у Сонячній системі). Цьому процесові відповідає ускладнення релевантних типів складників, у тому числі дій з ними, які конституюють саму наукову діяльність і в цьому сенсі є необхідними для її функціонування та прогресу. Безперервно відбуваються поступові зміни в науковій картині світу, підсумок яких через деякий час здається радикальним, ми пізнаємо значно складніші реалії, явища та процеси, переосмислюємо саму наукову діяльність, її засоби, методи, категоріальні та концептуальні засади. Але, як і у часи Ньютона, науковець *будує, вдосконалює, перевіряє та застосовує моделі*; намагається в їхніх термінах *дати пояснення та описати* дані, які дедалі рясніше постачає йому спланований згідно з теоретичними гіпотезами експеримент. *Науковець оцінює* кожний складник теорії за загальнонауковими та специфічними для неї критеріями. Тому несправедливим було б приписувати вченим різних часів пасивне сприйняття науки.

Таким чином, в аспекті функціонування наукові теорії залишаються однотипними, що в XVII, що в XXI століттях. Тому діяльнісна суть науки не дає надійного ґрунту для її періодизації. Натомість позірність очевидності та безперечності такої періодизації зумовлена двома чинниками. Перший — це досить поверхове бачення науки на ґрунті загальних розмов про наукові теорії із софістичним застосуванням квітчастого філософського жаргону. Другий — волюнтаристське приписування науковцям думок, які вони не висловлювали.

В яких працях Ньютона та його численних послідовників, аж до з'яви теорії відносності та квантової теорії, можна знайти такі нібито його твердження, що «суб'єкт, дистанційований від об'єкта, ніби збоку пізнає світ» і «що умовою об'єктивно істинного знання [класичний період науки. — *ОГ, ВК*] є елімінація з пояснення та опису всього, що стосується суб'єкта і засобів його діяльності»? Це зовсім не те, що турбувало Ньютона, і не те, що він

робив як науковець, коли моделював рух Місяця як рух матеріальної точки, що пересувається згідно з особливостями його динаміки та відповідно до закону всесвітнього тяжіння. Але саме таку характеристику типу раціональності, притаманної начебто класичній науці, дає, наприклад, Стьопин⁶⁶.

Справді, в працях з *філософського* осмислення науки деяких видатних вчених минулого століття можна знайти речення, що в їхньому вільному перекладі на філософський діалект буденної мови буцімто стверджують, що «умовою отримання істинного знання про реалії, які досліджують квантова та релятивістська фізики, є *експлікація* засобів і операцій діяльності» і «має місце відносність об'єкта щодо цих засобів і операцій». Проте не може «експлікація, тобто *прояснення* засобів і операцій», бути неодмінною «умовою отримання істинного знання про реалії», тому що багато своїх пізнавальних, особливо новаторських дій вчені, які працювали впродовж різних століть, здійснювали без їх усвідомлення. Не експлікація, а розробка нових і оригінальне використання нових і старих засобів та операцій насправді є однією з умов отримання нового знання, що наближається до істини, ніколи її не досягаючи у повному обсязі.

1.16. БІБЛІОГРАФІЯ ТА КОМЕНТАРІ

¹ До речі, Добжанський був студентом кафедри зоології Київського університету (1917—1921), одночасно працівником Зоологічного музею ВУАН та спочатку асистентом, а згодом і лектором Київського сільськогосподарського інституту Київського політехнічного інституту (зараз Національний університет біоресурсів і природокористування України) (1917—1923). https://uk.wikipedia.org/wiki/Добжанський_Феодосій_Григорович.

² T. Dobzhansky, *Nothing in biology makes sense except in the light of evolution*. The American Biology Teacher, **35** (3), 125—129 (1973).

³ J. M. Ziman, *Reliable Knowledge* (Cambridge University Press, Cambridge, 1991), p. 83—84.

⁴ Посилання на далеко не всі джерела див.: О. Габович, В. Кузнецов. *Огляд сучасної філософії науки. Частина перша*. Філософська думка, 1, 115—133 (2022). <https://doi.org/10.15407/fd2022.01.115>; *Частина друга*. Філософська думка, 2, 137—154 (2022). <https://doi.org/10.15407/fd2022.02.137>.

⁵ M. Heidelberger, F. Stadler (eds.), *History of Philosophy of Science. New Trends and Perspectives* (Springer, Dordrecht, 2002); J. Losee, *A Historical Introduction to the Philosophy of Science*. 4th ed. (Oxford University Press, Oxford, 2001); J. Losee, *The Golden Age of Philosophy of Science 1945 to 2000. Logical Reconstructionism, Descriptivism, Normative Naturalism, and Foundationalism* (Bloomsbury Academic, London, 2018); C. U. Moulines, *Die Entwicklung der modernen Wissenschaftstheorie*

1.16. Бібліографія та коментарі

(1890—2000). *Eine historische Einführung* (Lit Verlag, Münster, 2008). Варто зазначити, що існує The International Society for the History of Philosophy of Science (HOPOS), яке «присвячене сприянню науковим дослідженням історії філософії науки. Ми розглядаємо цю тему розлого, включно з історією суміжних дисциплін і з використанням різноманітних методологій. Прагнемо популяризувати історичну роботу в різний спосіб, але особливо через заохочення обміну науковцями через зустрічі, публікації та електронні ЗМІ». <http://hopos.org>.

⁶ Див., наприклад, Л. О. Алексеєва, Р. О. Додонов, Р. О. Муза, *Філософія науки і техніки. Видання третє, виправлене і доповнене* (ДонНТУ, Донецьк, 2010); Т. М. Білоус, І. С. Добронравова (ред.), О. М. Комар, *Новітня філософія науки* (Логос, Київ, 2009); В. В. Будко, *Філософія науки*, друге видання (ХНУГХ ім. А. Н. Бекетова, Харків 2016); М. В. Галіченко, І. Є. Поліщук, *Хрестоматія з історії та філософії науки* (ХДУ, Херсон, 2018); І. М. Гоян, І. С. Матвієнко, С. В. Сторожук (ред.), *Філософія науки* (Симфонія форте, Івано-Франківськ, 2016); І. С. Добронравова (ред.), *Практична філософія науки* (Університетська книга, Суми, 2017); І. С. Добронравова (ред.), Л. І. Сидоренко, В. Л. Чуйко та інші, *Філософія науки* (ВПЦ «Київський університет», Київ, 2018); В. П. Кисляков, О. М. Дрожанова, О. П. Ступак, *Вступ до філософії науки* (НУК, Миколаїв, 2011); В. П. Мельник, *Філософія. Наука. Техніка. Методолого-світоглядний аналіз* (Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, Львів 2010); В. С. Ратніков, *Основи філософії науки і філософії техніки* (ВНТУ, Вінниця 2012); М. М. Самардак, *Філософія науки: напрями, теми, концепції* (Парапан, Київ, 2011); В. М. Свириденко, *Теорія пізнання та філософія науки* (Центр гуманітарної освіти НАН України, Київ, 1997); Е. П. Семенюк, В. П. Мельник, *Філософія сучасної науки і техніки* (Світ, Львів, 2006); В. И. Штанько, *Філософія и методология науки* (ХНУРЭ, Харків, 2002).

⁷ З варіантами поглядів російських філософів на філософію науки можна ознайомитися на шпальтах журналів *Вопросы философии*, *Філософія науки*, *Філософія науки и техники*, *Эпистемология и философия науки*, матеріалів численних конференцій з філософії науки. Див., напр.: Філософія науки: проблеми и перспективы (матеріали «круглого стола»). Учасували: В. А. Лекторский, И. Т. Касавин, Б. И. Пружинин, М. А. Розов, В. П. Филатов, А. П. Огурцов, В. И. Аршинов, В. Л. Рабинович, С. А. Лебедев, В. Н. Порус, Е. А. Мамчур, Л. А. Микешина; Наши интервью: Философия науки: проблемы исследования и преподавания. Беседа главного редактора журнала «Вопросы философии» академика В. Л. Лекторского с академиком В. С. Степиным, *Вопросы философии* 10, 3—54 (2006) та Т. А. Шиян (отв. ред), *Філософія и наука: проблемы соотношения. Алёшинские чтения—2016*: Материалы международной конференции, Москва, 7—9 декабря 2016 г. (РГГУ, Москва, 2016). Проте незаперечним фактом є те, що майже жоден з авторів перерахованих журналів — учасників круглого столу та цієї конференції — не згадується у наявних західних працях з історії й філософії науки. До речі, там немає згадок і про представників української філософії науки.

⁸ N. G. Lederman, S. A. Bartos, J. S. Lederman, *The development, use, and interpretation of nature of science assessments*. In M. R. Matthews (ed.), *International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching* (Springer, Dordrecht, 2014), p. 976.

⁹ L. Wolpert, *The Unnatural Nature of Science* (Harvard University Press, Cambridge, MA, 1993), p. 101.

¹⁰ D. Wallace, *Philosophy of Physics. A Very Short Introduction* (Oxford University Press, New York, 2021).

¹¹ M. Randić, *Citations versus limitations of citations: beyond Hirsch index*, *Scientometrics*, **80** (3), 809—818 (2009).

¹² В. В. Денисов, *Исторический материализм как методология познания и преобразования общественной жизни* (Наука, Москва, 1987).

¹³ Див.: В. Кузнецов, Українські аналітичні дослідження науки в пошуках смислу свого існування. В М. Попович (ред.), *Теорія смислу в гуманітарних дослідженнях та інтенціональні моделі в точних науках* (Наукова думка, Київ, 2012), с. 116—168.

¹⁴ О. Габович, В. Кузнецов, *Джерела та наслідки псевдонаукової поведінки*. Дзеркало тижня, № 43—44, с. 12. 18—25 листопада 2017 р. https://dt.ua/SCIENCE/dzherela-ta-naslidki-psevdonaukovoyi-poveni-260559_.html; О. Габович, В. Кузнецов, *Що таке істина в науці і філософії?* Дзеркало тижня, № 1, с. 12. Субота, 13—19 січня 2018 р. https://dt.ua/SCIENCE/scho-take-istina-v-nauci-i-filosofiyi-265950_.html.

¹⁵ A. D. Sokal, J. Bricmont, *Intellectual Impostures. Postmodern Philosophers' Abuse of Science*. 2nd ed. (Profile Books, London, 2003).

¹⁶ Наказ Міністерства освіти і науки України № 370 від 04.03.2020. *Про затвердження стандарту вищої освіти за спеціальністю 033 «Філософія» (бакалаврського) рівня вищої освіти*. <https://mon.gov.ua/storage/app/media/vishcha-osvita/zatverdzeni%20standarty/2020/03/033-filosofy-V.pdf>.

¹⁷ S. Gaukroger, *Francis Bacon and the Transformation of Early-Modern Philosophy* (Cambridge University Press, Cambridge, 2004).

¹⁸ S. G. Beardsworth, R. E. Auxier (Eds.), *The Philosophy of Umberto Eco* (Open Court, Chicago, 2017).

¹⁹ Напр., грубезний фоліант авторства директора цього Центру під претензійною назвою не містить жодного посилання на сучасні західні дослідження понять. Див. В. А. Рижко. *Неоконцептологія* (Логос, Київ, 2016).

²⁰ Див., напр.: P. D. Omodeo, *Political Epistemology. The Problem of Ideology in Science Studies* (Springer, Cham, 2019); Б. Г. Юдин. Методологическая и социокультурная определенность научного знания. В кн. М. А. Ельяшевич, В. А. Лекторский, С. Р. Микулинский, В. С. Стёпин, И. Т. Фролов (ред.). *Идеалы и нормы научного исследования*. Научный совет при Президиуме АН СССР по философским и социальным проблемам науки и техники, Советское национальное объединение истории и философии естествознания и техники (Белорусское отделение), кафедра марксистско-ленинской философии гуманитарных факультетов Белорусского государственного университета им. В. И. Ленина (Изд-во БГУ, Минск, 1981), с. 120—158; *Социокультурная обусловленность знания* (принимают участие: Н. С. Автономова, С. Б. Крымский, В. С. Степин, Е. А. Мамчур, Б. И. Пружинин). *Философские науки*, 7, 60—73 (1989); Б. И. Пружинин, *Ratio serviens? Контуры культурно-исторической эпистемологии* (РОССПЭН, Москва, 2009); В. С. Степин, *Научное познание в социальном контексте. Избранные труды*. (Изд. БГУ, Минск, 2012); В. С. Степин, *Человеческое познание и культура* (Санкт-Петербургский

1.16. Бібліографія та коментарі

Гуманитарний університет профсоюзов, Санкт-Петербург, 2013); И. Т. Касавин, *Социальная эпистемология. Фундаментальные и прикладные проблемы* (Альфа-М, Москва, 2013).

²¹ Див., напр.: J. A. Labinger, H. Collins (eds.), *The One Culture. Conversations About Science* (The University of Chicago Press, Chicago and London, 2001); A. Sokal, *Beyond the Hoax Science, Philosophy and Culture* (Oxford University Press, Oxford, 2008); S. Gaukroger, *Emergence of a Scientific Culture. Science and the Shaping of Modernity, 1210—1685* (Clarendon Press, Oxford, 2006); P. Jaroszyński, *Science in Culture* (Rodopi, Amsterdam, 2007); М. Коул, С. Скрибнер. *Культура и мышление. Психологический очерк* (Прогресс, Москва, 1977); С. Хантингтон, Л. Гаррисон Л. (ред.). *Культура имеет значение. Каким образом ценности способствуют общественному прогрессу*. Антология. (Московская школа политических исследований, Москва, 2002).

²² I. Galili, *Scientific Knowledge as a Culture. The Pleasure of Understanding* (Springer, Cham, 2021).

²³ Г. М. Голин, *Классики физической науки. Краткие творческие портреты* (Высшая школа, Минск, 1981); Г. М. Голин, С. Р. Филонович, *Классики физической науки (с древнейших времен до начала 20 века). Справочное пособие* (Высшая школа, Москва, 1989); Р. Н. Шербаков, *Великие физики как педагоги: от научных исследований к просвещению общества* (БИНОМ. Лаборатория базовых знаний, Москва, 2015); S. G. Brush, N. S. Hall, *The Kinetic Theory of Gases. An Anthology of Classic Papers with Historical Commentary* (Imperial College Press, London, 2003).

²⁴ Деякі відповіді сучасних авторів на питання «Що таке наукове знання» див.: К. McCain, К. Kampourakis (eds.). *What Is Scientific Knowledge. An Introduction to Contemporary Epistemology of Science* (Routledge, Routledge, New York and London, 2019).

²⁵ Див.: огляд наявних реконструкцій наукових теорій у S. French, *There Are No Such Things as Theories* (Oxford University Press, Oxford, 2020). Автор має рацію в тому сенсі, що наукові теорії, як їх моделюють численні реконструкції, дійсно не існують у науці, точніше так, як не існують у біологічному світі організми, які мають лише або геном, або скелет, або серце, або засоби локомоції тощо.

²⁶ M. Burgin, *The Theory of Named Sets* (Nova Science Publishers, New York, 2011).

²⁷ М. Бургин, В. Кузнецов, *Номологические структуры научных теорий* (Наукова думка, Киев, 1993); М. Бургин, В. Кузнецов, *Аксиологические аспекты научных теорий* (Наукова думка, Киев, 1994); М. Бургин, В. Кузнецов, *Введение в современную точную методологию науки. Структуры систем знания* (Аспект Пресс, Москва, 1994); M. Burgin, V. Kuznetsov, *Scientific problems and questions from a logical point of view*. *Synthese* 1994, **100** (1), 1—28 (1994).

²⁸ M. L. Dalia Chiara, G. T. di Francia, *Le Teorie fisiche. Un'analisi formale* (Boringhieri, Torino, 1981).

²⁹ О. Габович, В. Кузнецов, Теоретична фізика. *Велика Українська енциклопедія*. URL <<https://vue.gov.ua/>>. Accessed January 2023.

³⁰ J. V. Conant (ed.), *The Overthrow of the Phlogiston Theory. The Chemical Revolution of 1775—1789* (Harvard University Press, Cambridge, MA, 1964).

- ³¹ J. M. Ziman, *Reliable Knowledge* (Cambridge University Press, Cambridge, 1991), p. 98.
- ³² Лінгва франка, https://uk.wikipedia.org/wiki/Лінгва_франка; Lingua franca, https://en.wikipedia.org/wiki/Lingua_franca.
- ³³ V. Kuznetsov, *Modified structure-nominative reconstruction of practical physical theories as a frame for the philosophy of physics*. Епістемологічні дослідження в філософії, соціальних і політичних науках, **4** (1), 20–28 (2021). doi.org/10.15421/342103. <https://visnukpfs.dp.ua/index.php/PFS/issue/view/38>.
- ³⁴ T. Uebel, *Vienna Circle*. <https://plato.stanford.edu/entries/vienna-circle/>.
- ³⁵ C. Farias, V. A. Pinto, P. S. Мoя, *What is the Temperature of a Moving Body?* Sci. Reports, **7** (12), 17657 (2017).
- ³⁶ В. Арнольд, *Математические методы классической механики* (Наука, Москва, 1989).
- ³⁷ J. D. McDonald, M. Levine-Clark (eds.), *Encyclopedia of Library and Information Sciences*. 4th ed. In 7th vols. (CRC Press, Boca Raton, London, New York, 2017).
- ³⁸ О. Габович, В. Кузнецов, *Упослідження західної науки як симптом занепаду всієї цивілізації*. *Sensor Electronics and Microsystem Technologies*, **18** (2), 33–46 (2021).
- ³⁹ В. Кузнецов, *Комунікація як чинник розвитку науки*, В. Т. Гардашук (ред.), *Комунікативні трансформації в сучасній науці* (Інститут філософії імені Г. С. Сковороди НАН України, Київ, 2022), с. 11–67.
- ⁴⁰ E. W. Dyson, A. S. Eddington, C. Davidson, *A determination of the deflection of light by the sun's gravitational field, from observations made at the total eclipse of May 29, 1919*. Mem. Roy. Astron. Soc., **62**, 291–333 (1923).
- ⁴¹ P. Halpern, *Celebrity physicist: how the press sensationalized Einstein's search for a unified field theory*, Phys. Perspect., **20** (3), 254–271 (2018); P. Halpern, *Albert Einstein, Celebrity physicist*, Phys. Today, **72** (4), 38–45 (2019).
- ⁴² В. П. Визгин, *Единые теории поля в первой трети XX века* (Наука, Москва, 1985).
- ⁴³ W. Schmitz, *Particles, Fields and Forces. A Conceptual Guide to Quantum Field Theory and the Standard Model* (Springer, Cham, 2019).
- ⁴⁴ M. A. Schwartz, *The importance of stupidity in scientific research*. Journal of Cell Science, **121** (11), 1771. <https://doi.org/10.1242/jcs.033340>.
- ⁴⁵ G. S. Aikenhead, *Objectivity: the Opiate of the Academic?* *Cult. Stud. of Sci. Educ.*, **3** (3), 581–585 (2008).
- ⁴⁶ Об'єднання таких різних людей, як маорі й зулуси, в одну групу в соціальних науках та публіцистиці є ознакою остаточної перемоги системного расизму (під вивіскою «антирасизму») в головах лівого (іншого вже практично не залишилось) Західного істеблішменту. Див.: О. Габович, В. Кузнецов, Меланократія замість меритократії? *День*, 02–03 квітня 2021 року.
- ⁴⁷ Дж. Беркли, *Сочинения* (Мысль, Москва, 1978); W. Todd, *Analytical Solipsism* (Martinus Nijhoff, The Hague, 1968).
- ⁴⁸ Б. Грин, *Элегантная Вселенная. Суперструны, скрытые размерности и поиски окончательной теории*, Издание второе (УРСС, Москва, 2005); Л. Саскинд, *Космический ландшафт. Теория струн и иллюзия разумного замысла Вселенной* (Питер, СПб, 2015); L. Smolin, *The Trouble with Physics. The Rise of String*

1.16. Бібліографія та коментарі

Theory, the Fall of a Science, and What Comes Next (Houghton Mifflin Company, Boston, 2006).

⁴⁹ Д. Браун, А. Флойд, М. Сейнзбери, *Спектроскопия органических веществ* (Мир, Москва, 1992); В. Л. Броуде, Э. И. Рашба, Е. Ф. Шека, *Спектроскопия молекулярных экситонов* (Энергоиздат, Москва, 1981); Г. Герцберг, *Спектры и строение двухатомных молекул* (ИЛ, Москва, 1949); Г. Герцберг, *Электронные спектры и строение многоатомных молекул* (ИЛ, Москва, 1969); М. А. Ельяшевич, *Атомная и молекулярная спектроскопия* (Физматгиз, Москва, 1962); А. Н. Зайдель, *Основы спектрального анализа* (Наука, Москва, 1965); А. Н. Зайдель, Г. В. Островская, Ю. И. Островский, *Техника и практика спектроскопии* (Наука, Москва, 1972); И. И. Сובельман, *Введение в теорию атомных спектров* (Наука, Москва, 1977); М. М. Сушинский, *Спектры комбинационного рассеяния молекул и кристаллов* (Наука, Москва, 1969); С. Э. Фриш, *Оптические спектры атомов* (Физматгиз, Москва, 1963); J. V. Hearnshaw, *The Analysis of Starlight: Two Centuries of Astronomical Spectroscopy* (Cambridge University, New York, 2014); G. Hertzberg, *Atomic spectra and atomic structure* (dover, new york, 1944); G. Hertzberg, *Molecular spectra and molecular structure. I. Spectra of diatomic molecules. second edition* (Van Nostrand, Princeton, 1950); G. Hertzberg, *Molecular spectra and molecular structure. II infrared and raman spectra of polyatomic molecules* (Van Nostrand, Princeton, 1944).

⁵⁰ L. J. Daston, P. Galison, *Objectivity* (Zone Books, New York, 2007).

⁵¹ У цитованій книжці Дастона й Галісона розглянута також лінгвістично-філософська проблема про походження та значення терміну «об’єктивний» («objective»). Див. також: J. H. Muirhead, *Coleridge as Philosopher* (Routledge, London, 2007).

⁵² A. M. Worthington, *V. Impact with a liquid surface, studied by the aid of instantaneous photography. Paper I*, Phil. Trans. Roy. Soc., A. **189** (0), 137—148 (1897); A. M. Worthington, *IV. Impact with a liquid surface studied by the aid of instantaneous photography. Paper II*, Phil. Trans. Roy. Soc., A. **194** (252—261), 175—199 (1900).

⁵³ J. G. D’Angelo, *Ethics in Science. Ethical Misconduct in Scientific Research*. 2nd ed. (CRC Press, Boca Raton, 2019); E. S. Reich, *Plastic Fantastic. How the Biggest Fraud in Physics Shook the Scientific World* (Palgrave Macmillan, New York, 2009); W. Stroebe, T. Postmes, R. Spears, *Scientific misconduct and the myth of self-correction in science*, Persp. Psychol. Sci., 7 (6), 670—688 (2012); M. Zhang, M. L. Grieneisen, *The impact of misconduct on the published medical and non-medical literature, and the news media*, Scientometrics, **96** (2), 573—587 (2013). Тут багато матеріалів, які свідчать, що плагиат і фальсифікація даних стали нормою у величезній кількості імітаторів, які харчуються із суспільних фондів, виділених на науку в різних країнах.

⁵⁴ A water drop filmed in ultra-slow-motion at 2000 frames per second. <https://www.youtube.com/watch?v=rTQ9CDuXKW8>.

⁵⁵ С. А. Ахманов, С. Ю. Никитин, *Физическая оптика* (МГУ, Москва, 2004); М. Борн, Э. Вольф, *Основы оптики* (Наука, Москва, 1970); Е. И. Бутиков, *Оптика. Издание третье, дополненное* (Лань, Санкт-Петербург, 2013); Р. Вуд, *Физическая оптика* (ОНТИ, Ленинград—Москва, 1936); Р. Дитчберн, *Физическая оптика* (Наука, Москва, 1965); Ф. Крауфорд, *Волны, Издание вто-*

рое, стереотипное (Наука, Москва, 1976); Л. Фелсен, Н. Маркувиц, *Излучение и рассеяние волн*. Том 1 (Мир, Москва, 1978); Л. Фелсен, Н. Маркувиц, *Излучение и рассеяние волн*. Том 2 (Мир, Москва, 1978).

⁵⁶ М. А. Блохин, *Физика рентгеновских лучей* (Гостехиздат, Москва, 1957); Дж. Каули, *Физика дифракции* (Мир, Москва, 1979); З. Г. Пинскер, *Динамическое рассеяние рентгеновских лучей в идеальных кристаллах* (Наука, Москва, 1974).

⁵⁷ Е. Г. Бобров, *Карл Линней (1707—1778)* (Наука, Москва, 1970).

⁵⁸ L. J. Daston, P. Galison, *Objectivity* (Zone Books, New York, 2007), p. 58—67.

⁵⁹ А. Пуанкаре, *О науке* (Наука, Москва, 1983); Ю. Сажере, Ж. Адамар, Л. де Бройль, *Апри Пуанкаре* (РХД, Москва—Ижевск, 2001).

⁶⁰ Див. різні значення терміна «есенційний» *Філософський енциклопедичний словник* (Абрис, Київ, 2002), с. 246; 258; 499; 622; 623; 665; 667; 719; 722); Див. також «эссенциальный (essentiell) — существенный, относящийся к сущности вещи», с. 537. Противоположность/антоним: «акцидентальный (akzidentiell; от лат. accidens — «случайность») — акцидентальный (akzidental), случайный, несущественный, второстепенный»; «акциденцией является несущественное свойство вещи», с. 17. *Философский словарь*. Основан Г. Шмидтом. 22-е, новое, переработ. изд. под ред. Г. Шишкоффа / Пер. с нем. Общ. ред. В. А. Малинина (Республика, Москва, 2003).

⁶¹ «Світ мови, домислів, теорій та аргументів — коротше, всесвіт об'єктивного знання — є одним із найважливіших із цих створених людиною, але в той же час значною мірою автономних всесвітів»: К. Р. Поппер, *Objective Knowledge. An Evolutionary Approach* (Clarendon Press, Oxford, 1979), p. 118.

⁶² W. Whewell, *The Philosophy of the Inductive Sciences, Founded Upon Their History*, in two volumes (John W. Parker, London, 1840).

⁶³ Дійсно, термін «*foundations of science/основания науки*» іноді зустрічається в західній філософії науки. Навіть існує декілька праць і журналів, у назву яких входить термін «*foundations*», однак відсутнє більш-менш його усталене тлумачення. Так що його застосування вимагає від автора дати принаймні його змістовний опис, а не вводити його як термін, очевидний для всіх, принаймні для філософів науки. Про, образно кажучи, незрілість та метафоричність цього терміну свідчить відсутність окремих статей на цю тему в провідних західних енциклопедичних загальних філософських та науко-центрованих філософських джерелах. Див., напр., деякі джерела з фізики (S. Flügge (ed.), *Encyclopedia of Physics* (Springer, Berlin 1955—1984); D. Greenberger, K. Hentschel, F. Weinert (eds.), *Compendium of Quantum Physics. Concepts, Experiments, History and Philosophy* (Springer, Heidelberg, 2009); J. Gribbin, *Q is for Quantum. An Encyclopedia of Particle Physics* (The Free Press, New York, 1998); J.-P. Francoise, G. L. Naber, T. S. Tsun (eds.), (2006). *Encyclopedia of Mathematical Physics* (Elsevier, Amsterdam, 2006); R.A. Meyers (ed.), *Encyclopedia of Physical Science and Technology* (Academic Press, San Diego, 2001); А. М. Прохоров (ред.), *Физическая энциклопедия* (Советская энциклопедия, Большая Российская энциклопедия, Москва, 1989—1998) та з загальної філософії науки (J. Butterfield, J. Earman (eds.), *The Handbook of Philosophy of Science. Philosophy of Physics: Parts A and B* (Elsevier, Amsterdam, 2007); S. French, J. Saatsi (eds.), *The Continuum Companion to the Philosophy of Science* (Continuum, London, 2011), W. H. New-

1.16. Бібліографія та коментарі

ton-Smith (ed.), *A Companion to the Philosophy of Science* (Wiley-Blackwell, Oxford, 2001); Sarkar S., Pfeifer, J. (eds.). *The Philosophy of Science. An Encyclopedia* (Routledge, New York, 2006). Будувати якусь оригінальну концепцію філософії науки за допомогою такого нечіткого багатозначного терміну є, принаймні, суб'єктивістським та необґрунтованим. Свого часу один з авторів захистив кандидатську дисертацію (1974) та надрукував за її матеріалами книжку (1977) під назвою *Філософський аналіз оснований фізики елементарних частиц* (Наукова думка, Київ). У ній під засадами розумілися тогочасні теорії та їхній експериментальний базис, а під філософським аналізом — виявлення дотичних філософських категорій. З цієї точки зору, введення засад до фізики як її особливого складника є зайвим та безпідставним. Стьопінські «засади» не існують у самій науці та є артефактом радянського та пострадянського розуміння філософії та її взаємодії з наукою.

⁶⁴ В. С. Степин, Основания науки и их социокультурная размерность. *Научные и вненаучные формы мышления*. Симпозиум. Москва, 4—9 апреля 1995 г. (Москва—Киль, 1996).

⁶⁵ Див. розділ «Чи виправдане у світлі модифікованої структурно-номінативної реконструкції наукової теорії виокремлення постнекласичної науки» (с. 37—41) у статті В. Кузнецова, *Трансформації наукових теорій як умова та чинник розвитку науки*. Філософські діалоги'2018 (Інститут філософії ім. Г. С. Сковороди НАН України Київ, 2018), с. 30—48. https://www.filosof.com.ua/Filos_dialogy/Vup_15_16.pdf.

⁶⁶ В. Степин, Наука. В. И. Касавин (ред.). *Энциклопедия эпистемологии и философии науки* («Канон+» РООИ «Реабилитация», Москва, 2009), с. 565—566.

ЧАСТИНА ІІ

СИСТЕМИ ЯК РЕКОНСТРУКЦІЇ ТЕОРІЇ

2.1. НАУКОВІ ТЕОРІЇ ТА ЇХ МОДЕЛЮВАННЯ

Наше розуміння науки і філософії науки ґрунтується на визнанні ключової ролі практично значущих теорій у першій та метамоделях (реконструкції)¹ цих теорій — у другій. Важко зазначити краще важливість теорій та їх моделювання, ніж це зробили *Марио Бунге*² та *Фредерик Саппе*³. «Особливістю науки ХХ століття [і, безперечно, наступних століть — *ОГ, ВК*] є те, що найважливіша наукова діяльність — найглибша і найбільш плідна — зосереджена навколо теорій, а не навколо невизначених питань, даних, класифікацій чи безглузвих домислів. Постають проблеми і збираються дані в світлі теорій і з надією на висунення нових гіпотез, які, своєю чергою, можуть бути розгорнуті чи синтезовані в теорії; спостереження, вимірювання та експерименти проводять не лише для збирання інформації та формування гіпотез, а й для перевірки теорій і встановлення їхньої сфери істинності; самі ж зусилля, залежно від ступеня продуманості, все більше здійснюються на підставі теорії — задля блага чи всупереч йому. Коротко кажучи, наголос на системі — фактично на теорії, яку можна емпірично перевірити, а не на необробленому досліді — це те, що характеризує сучасну науку. Наукову теорію можна вивчати або як діяльність, або як завершений, хоча й не остаточний, продукт цієї діяльності. Проте без знання, що таке власне теорія, безперспективно намагатися зрозуміти динаміку її побудови»⁴.

Тому не дивно, що центральне місце у філософії науки ХХ століття належить різним концепціям наукових теорій. Півстоліття тому Ф. Саппе підкреслив: «Твердження, що філософія науки — це не що інше, як аналіз теорій та їх ролі в науковій діяльності, є лише невеликим перебільшенням. Отже, наріжним каменем філософії науки є аналіз структури теорій; і якщо цей ана-

2.1. Наукові теорії та їх моделювання

ліз виявиться неадекватним, то ця неадекватність, ймовірно, поширюватиметься на відповідне трактування решти наукової діяльності та знань, які вона продукує. Принаймні, вона вимагає переоцінки всього розуміння наукових знань»⁵. Слід, проте, зазначити, що через 30 років після висунання цієї тези він надав пріоритет у розвитку науки не теоріям, а моделям. Його слова: «Не вірте ані на мить! [процитованим вище його твердженням. — *ОГ, ВК*] Сьогодні велика частина науки, як і тоді, є поза теорією. <...> Експериментальна та спостережна наука — дедалі більше моделює дані, адже інтенсивність обчислень в науці зростає. Сьогодні моделі — це головний інструмент отримання наукових знань»⁶.

Зауважимо, однак, що цей філософ усе ж вказує на засадничу роль наукових теорій, ототожнюючи їх із системами моделей: «теорії є сукупностями моделей». Згідно з його тогочасним (1999) варіантом семантичного розуміння, «наукові теорії — це причинно-можливі сукупності моделей, здатних до змін, для яких існує теорема репрезентації»⁷, тобто «доведена» можливість побудови, опису й аналізу моделей мовою теорії.

Визнаючи право дослідника змінювати наукові погляди під тиском незаперечних фактів і в жодному разі не бажаючи виглядати ретроgrадами, все ж таки залишаємося прихильниками первісної точки зору Саппе. Понад те, зауважуємо, що ототожнення теорії з певною сукупністю моделей все ж виходить з факту визнання значення теорій. Можна стверджувати, що якби певна окрема модель виконувала всі функції теорії як сукупності моделей, то, спираючись на так зване лезо *Оккама*, не було б і потреби в існуванні теорії. Проте теорії існують і їх застосування ширяться. Там, де вони наявні, конкретна наука прогресує. Там, де їх немає або є лише профанація, яку видають за теорію⁸, там наука перебуває у стані стагнації або летаргії.

Однією з цілей цієї книги є саме демонстрація обмеженості навіть запропонованої Саппе «модельної» реконструкції теорій, яка редукує їх до однієї з їх підсистем. Уведення уявлень про ці підсистеми не суперечить згаданому принципу Оккама, тому що кожна з підсистем має специфічні риси і функції. Лише поєднання підсистем забезпечує виконання теорією належних функцій.

Після оприлюднення поглядів М. Бунге та Ф. Саппе було запропоновано багато нових філософських аналітичних підходів до наукових теорій. Однак жоден з них не отримав загального визнання. Несподіваним підсумком багаторічних суперечок стала ради-

кальна позиція, яка взагалі ставить під сумнів існування наукових теорій⁹. Епатажну безглуздість такого підходу можна легко побачити, звернувшись до історії космології. Адже в силу специфіки цієї науки експеримент у ній неможливий, а спостереження завжди обмежені. Однак були розроблені ґрунтовні космологічні теорії, які зробили цю науку не тільки математично і естетично досконалою, але й здатною на блискучі передбачення¹⁰.

Окрім того, виникає закономірне запитання: чому багаторічний філософський аналіз сутності й будови наукових теорій не вплинув на праці сучасних науковців. Так, у лексиконі фізиків одним з найуживаніших є термін «теорія». Проте у фізичних енциклопедіях взагалі відсутні спеціальні статті про нього й немає жодних посилань на результати аналізу наукових теорій філософами¹¹.

За іронією долі численні педагогічно-дидактичні праці про природу науки (*nature of science — NOS*)¹² також практично не пов'язують *NOS* з природою наукових теорій (*nature of scientific theories — NOST*). Те саме можна сказати і про дослідження викладання наукових дисциплін, які принаймні не дуже часто використовують філософський аналіз теорій філософією науки¹³. Своєю чергою, автори праць із філософсько-наукового аналізу взагалі не посилаються на дослідження того, як розуміють *NOS* та *NOST* учні, студенти, науковці та й самі філософи науки¹⁴.

Тому багато філософів науки шукають нові аргументи на користь філософії для науки¹⁵. На жаль, ці аргументи стосуються здебільшого поодиноких епізодів з історії науки, в яких видатні вчені засвідчують важливість того, що вони вважають філософією, у просуванні наукових ідей, які їх прославили. Наскільки відомо авторам, у літературі не наведено переконливих аргументів щодо виявлення та аналізу сукупності універсальних властивостей будь-яких наукових теорій незалежно від їхньої предметної галузі. Йдеться не стільки про їх очевидні тривіальні ознаки типу системності, знакової природи, впорядкованості та текстового подання, скільки про суттєвіші ознаки, пов'язані зі складом та функціями наукових теорій.

На наше переконання, філософія науки як частина *філософії* має спрямовувати зусилля на вивчення того, як саме сучасна наука отримує знання про світ. Для розв'язання цієї задачі треба з'ясувати будову та функції, що їх виконують наукові теорії. Як наука філософія науки має використовувати для дослідження

2.2. Мета науки та мета її філософії

своєї предметної галузі, тобто наукового знання та процесів його отримання, певні моделі цієї галузі та відповідних процесів. Щоб не плутати розуміння моделей як моделей реалій з предметних галузей конкретних наук з моделями реалій з предметної галузі філософії науки, будемо називати останні *реконструкціями* або *метамоделями*.

2.2. МЕТА НАУКИ ТА МЕТА ЇЇ ФІЛОСОФІЇ

Яка ж мета філософсько-наукових реконструкцій теорій? Щоб відповісти на це запитання, доцільно розмежувати завдання власне науки й філософії науки як однієї з метанаук про науку. В нашому розумінні метанауки — це науки про науку. Кожна з метанаук зосереджується на вивченні характерних для неї рис науки як сукупності окремих наук, що мають специфічні для них предметні галузі.

Головною метою науковців є вивчення певних предметних галузей на підставі наявних теорій і отримання нових перевірених знань не взагалі, а саме про ці галузі. Такі знання є необхідною умовою для адекватного опису і пояснення відомих явищ, а також для передбачення невідомих явищ у відповідних галузях.

На нашу думку, аналогічну мету отримання достовірного знання мають ставити перед собою й філософи науки, але у них інша предметна галузь, досліджуючи яку вони стають науковцями або намагаються ними бути. Якщо об'єктом дослідження природознавців є певні реалії з відповідних предметних галузей, так би мовити, первинна матерія (*materia prima*), то у філософів — це створене природознавцями наукове знання, тобто свого роду штучна матерія (*materia secunda*). Дивним чином за першою визнають її неперервну змінність, тоді як другу зазвичай вважають незмінною, принаймні після досягнення науковцями певного «істинного знання». Ось чому головною метою філософів науки має бути отримання достатньо адекватного і водночас здатного до оцінки змінного у часі метазнання про склад наукових теорій, їх типи, властивості, функції, взаємозв'язки, застосування; закономірності виникнення, вдосконалення та зникнення з переднього краю науки.

Однак каменем спотикання у філософії науки є низка запропонованих реконструкцій теорій. Якщо не брати до уваги розбіжності у вихідних загальних філософських позиціях (ідеалістичних, ма-

теріалістичних, метафізичних, діалектичних, позитивістських, прагматичних, герменевтичних тощо), то саме ця неузгодженість реконструкцій є головним чинником появи різних шкіл філософії науки.

Метазнання про наукові знання не є очевидним, як свідчить Монблан книжок і статей з аналізу наукових теорій. Утім, переважна більшість авторів цих публікацій схожа на богословів, які міркують про створення світу й людини надприродною особою, але сором'язливо оминають питання про спосіб дій цього вигаданого персонажа (або чинника), прикриваючись відмовкою про несповідимі шляхи господні.

Фрагментарність набутих студентами метазнань про теорії доводить і педагогічний досвід авторів. Навіть магістри, які спеціалізуються в царині теоретичної фізики, мають вельми поверхові уявлення про складникову будову теорій, які вони вивчають. Крім того, з'ясування природи метазнання про знання взагалі та наукове знання зокрема має велике культурно-освітнє та гносеологічне значення для освіченого прошарку сучасного суспільства, від якого великою мірою залежить і рівень життя посполитих. Адже будь-яка розумова діяльність просувається вперед краще, якщо особа, яка нею переймається, адекватно оцінює можливості інструментів, які застосовує.

Тому здається, що засвоєння належного метазнання про теорії не було би марним як для студентів, так і для науковців. Перші вивчають, а другі створюють інтелектуальний продукт, що містить знання, подані в теоретичній формі. Очевидно, що свідоме метазнання про теорії допомагає краще виробляти та засвоювати нове наукове знання, ніж неявне й інтуїтивне. Адже саме створення наукових теорій вказує на принципову пізнавальну обмеженість безпосереднього сенсорного сприйняття навіть почуттєвих реалій, не кажучи вже про неспостережувані неозброєним оком реалії на кшталт генів і молекул, скупчень галактик та чорних дир.

Багато прагматично налаштованих науковців, зокрема фізиків, вважають, що ідеї та напрацювання філософів науки аж ніяк не сприяють конкретним науковим дослідженням. Серед дослідників такий погляд поділяли, скажімо, першокласні фізики *Лев Ландау*¹⁶, *Річард Фейнман*¹⁷ і *Стівен Вайнберг*¹⁸. Натомість такі видатні вчені, як *Альберт Айнштайн*¹⁹, *Нільс Бор*²⁰, *Френк Вільчек*²¹, *Вернер Гайзенберг*²², *Віталій Гінзбург*²³ та *Анрі Пуанкаре*²⁴ визнавали й визнають евристичне значення рефлексій щодо теорій, які вони використовували у наукових дослідженнях.

2.2. Мета науки та мета її філософії

Створення адекватної візії структури наукових теорій закладає певні основи для досягнення цілей інших метанаук про науку (наприклад, історії та соціології науки). Власне, головне завдання метанаук про науку полягає в тому, щоб виявити та описати закономірності її розвитку, дослідити колективний та комунікативний характер наукової діяльності, взаємодію суспільства й науки, визначити критерії економічної та соціальної доцільності існування науки як інституції з виробництва знання та його практичного застосування, пов'язавши різні науки між собою, а також з технікою, практичною медициною та захистом довкілля. Слід зазначити, що фахівці з цих метанаук, як правило, не спираються у своїй діяльності на наявні філософські реконструкції теорій. Вони аналізують власну проблематику з позиції власного розуміння теорій, які вони переймають у пізнавальній науковій діяльності, що не так уже й погано, якщо володіти ними, але недостатньо, оскільки подібним частковим підходам бракує необхідного для цих проблем узагальнення, що спростило б завдання і прискорило отримання правильних відповідей.

Отже, однією з ознак сучасної філософії науки є наявність багатьох варіантів філософського аналізу наукових теорій, кожен з яких, на нашу думку, варто розглядати окремо. У нашій книзі йдеться про *полісистемну (структурно-номінативну) реконструкцію наукових теорій*, головні положення якої стисло викладені в попередніх публікаціях авторів^{25, 26}. Складена назва цієї реконструкції пояснюється тим, що в ній компоненти (структури) теорії аналізуються як такі, що мають певні *назви (nomina — лат.)* в широкому розумінні цього слова. Формальні та неформальні версії теорії іменованих множин²⁷ забезпечують формальний та неформальний апарат для такого аналізу²⁸.

Первинний варіант (1) розподіляє різні форми наукового знання (моделі, проблеми, операції, оцінки тощо) між п'ятьма неоднорідними підсистемами теорій; (2) виявляє нетривіальні зв'язки між цими формами та відповідними підсистемами; (3) сприяє дефрагментованому розумінню теорії, в межах якої її підсистеми та компоненти знаходять своє природне місце²⁹.

Перерахуємо засадничі ідеї полісистемної реконструкції. Вона (1) ідентифікує в теорії, що розглядається як система, однорідні підсистеми, (2) враховує скоординовані перетворення підсистем та їхніх компонентів, (3) відкриває перспективи для послідовного вивчення розвитку теорії з позиції зміни її складників, на рівнях окремих підсистем або їхніх компонентів, (4) створює пе-

редумови для критичного розгляду поширених уявлень про науку та її розвиток. Прикладами є спрощені уявлення *Карла Поппера*³⁰ або нечіткі соціологічні й історичні концепції на кшталт тих, які висловив *Томас Кун*³¹. Ці автори не розглядають науку на належному рівні, на якому, власне, і створюється нове знання, тобто оминають аналіз ролі наукових теорій у створенні нового знання. *Поппер* взагалі спростовує можливість філософії науки (за його термінологією, логіки наукового пізнання) вивчати процеси відкриття, орієнтуючи її на дослідження процесів обґрунтування отриманого знання. Тим, хто розцінить останнє твердження як необґрунтований і непоштивий напад на священних корів сучасної філософії науки, автори пропонують знайти в корпусі праць цих авторитетів бодай одну притомну розгорнуту експлікацію їхнього розуміння наукових теорій.

У цьому сенсі фізики-практики високого рівня розуміють необхідність містків між природознавством та філософією науки і вміють ці містки побудувати. Приємно, що в критиці поверхового підходу історика та соціолога науки *Куна* маємо сильних союзників, наприклад, в особі видатного вченого-фізика *Віталія Гінзбурга*, який розгледів за гучним терміном *парадигма* ідейну та фактичну порожнечу³². Іншим яскравим прикладом таких прозорливих науковців є видатний сучасний британсько-американський фізик *Ентоні Легgett*³³. Він, зокрема, піддав нищівній критиці³⁴ *Куна* за його доволі примітивний поділ науки на «нормальну» та «революційну». *Поппер*, про якого розмірковує *Легgett*, теж частково поділяв цю занадто категоричну й схильну до надмірних узагальнень точку зору. Особливо корисними виявилися наведені *Леггеттом* приклади з фізики конденсованого стану, яку філософи й деякі фізики, що займаються теорією елементарних частинок, зневажливо оцінюють як «похідну» від «фундаментальної» квантової механіки атомів. Так, *Легgett* вказав на нетривіальний здогад³⁵ *Ландау* про можливість описувати явища в твердих тілах і квантових рідинах на підставі розгляду так званих «квазічастинок»³⁶ та свідомого нехтування (на певному рівні моделювання!) дослідженням мікроскопічних підвалин будови цих середовищ (сукупностей атомів або молекул, які взаємодіють між собою). Можемо до цього додати введення в обіг менш фундаментального, але теж дуже плідного поняття *псевдопотенціалу*³⁷, завдяки чому вдалося в простий спосіб описати вплив атомних остовів з їхнім сингулярним кулонівським потенціалом на поведінку вільних носіїв заряду (електричного струму).

2.3. ЗМІСТОВЕ УЯВЛЕННЯ ПРО МОДЕЛІ

Використовуючи термін «модель», маємо на увазі таке. В найзагальнішому сенсі модель об'єкта (реалії, яку моделюють) — це значно простіший, а тому й доступніший для вивчення образ об'єкта, який частково зображує вихідний об'єкт. Тому успішну модель часто називають карикатурою. Адже карикатура відомої людини іноді значно краще розкриває її характерні риси, ніж навіть портрет, написаний видатним художником-реалістом³⁸. Модель, яку використовують у науці, дає можливість у стислій, доступній для аналізу, а якщо пощастить, і в наочній формі віднаходити, кількісно описувати та якісно пояснювати властивості й відношення (атрибути) об'єкта.

Чудово схарактеризував фізичні моделі англійський фізик *Джон Займан*, який працював у царині фізики твердого тіла: «За визначенням, модель — неповне й достовірне відображення реальності. Це не більше, ніж аналогія чи метафора. Вона передбачає структуру логічних і математичних співвідношень, яка має багато подібного з тим, що вона має на меті пояснити, але не може бути з ним повністю ототожнена. Мудрий теоретик не стверджує і не намагається довести необхідну обґрунтованість чи правдивість своєї моделі; вона має бути підтверджена подальшим досвідом. Він [теоретик. — *ОГ, ВК*] каже (часто саме такими словами): «Припустимо, ми думаємо про це таким чином: що далі?» «... За своєю сутністю модель є не більше, ніж дороговказ до думки або підмурок для математичної інтерпретації незрозумілих явищ. Не завжди усвідомлюється, що модель, почерпнута з іншої галузі знань, ніж та, до якої її застосовують, несе в собі певну частку наявного раніше розуміння своїх властивостей. Картина про атом як планетарну систему електронів на орбіті навколо ядра зобов'язана своєю силою не тільки ключовим принципам класичної фізики, а й нашому знайомству саме з такими системами в астрономії. Знання, передане такою метафорою, йде набагато далі, ніж техніка розв'язування кількох диференціальних рівнянь; воно містить великий елемент експериментального та інтуїтивного розуміння»³⁹.

Іноді у не причетних до практичної наукової діяльності, але допитливих людей виникає логічне запитання, на яке данський фізик *Пер Бак* уже дав слушну відповідь: «Чому ми моделюємо просту систему надмірно спрощених маятників замість реалістичної моделі чогось, що насправді відбувається в природі? Чому б

нам не зробити розрахунки щодо реальної речі? Відповідь проста: не існує такої речі, як розрахунки реальної речі. Не можна вкласти жабу в комп'ютер і моделювати її, щоб вивчати біологію. Незалежно від того, обчислюємо ми орбіту Меркурія, який обертається навколо Сонця, квантову механіку молекули, погоду чи що завгодно, комп'ютер робить обчислення лише для математичної абстракції, яка виникає в голові науковця. Ми творимо картини світу. Деякі зображення є більш реалістичними, ніж інші. Іноді ми відчуваємо, що наше моделювання світу є настільки якісним, що виникає спокуса повірити в комп'ютерну копію реального світу, а отже, реальні експерименти чи спостереження є зайвими. Я потрапив у цю пастку, коли занадто довго сидів перед екраном комп'ютера»⁴⁰.

Тобто не можна ототожнювати модель з реальністю, хоча моделі й створюються *для опису реальності*.

У 2006 році одного з авторів (ОГ) на конференції в Римі спитали (цитуються по пам'яті): «От Ви описуєте взаємодію хвиль зарядової густини та надпровідності в деякій простій моделі. А як насправді?». Його відповідь була в дусі того, про що писав *Бак*: «Реальність віддзеркалюють лише експериментальні дані, та й ті створюють відповідне зображення опосередковано. Тільки сукупність даних дає більш-менш повну картину того, що відбувається всередині надпровідника з хвилями зарядової густини»⁴¹. Підкреслимо тут, що лише розумні голови провідних фізиків можуть осягнути та інтерпретувати весь обсяг інформації. Їхнє модельне бачення убезпечує від помилкових трактувань. Адже один науковець може помилитися, а колективний розум врешті-решт знаходить правильну концепцію реальності. Саме тому колективний за суттю й формою⁴² науковий поступ є безперервним і нестримним.

Модель, завжди залишаючись лише моделлю, не може відтворювати всі атрибути об'єкта. Вона його, по-перше, спрощує, по-друге, виокремлює ті його атрибути, які є важливими саме в певній пізнавальній ситуації. Втім, вдало побудована модель дає можливість одержати, шляхом аналізу її наслідків, твердження про деякі інші атрибути модельованого об'єкта, в тому числі й ті, які були невідомі на час створення моделі. В цьому й полягає евристичність успішних моделей. Класичним прикладом⁴³, коли різні моделі, на перший погляд зовсім протилежні щодо використуваних при їх побудові гіпотез, виявляються успішними та отримують у тому самому науковому середовищі пошану й повагу,

2.3. Змістове уявлення про моделі

можна вважати моделі атомного ядра⁴⁴ як краплі та як сукупність ядерних оболонок (за останню американка *Марія Геннерт-Маєр*⁴⁵ і німець *Ганс Енсен*⁴⁶ навіть отримали Нобелівську премію).

Прикладом формально вельми успішної моделі на підставі хибних припущень є геоцентрична модель Сонячної системи, яку висунув античний учений *Клавдій Птоломей*⁴⁷. Згідно з цією моделлю в центрі Сонячної системи розташована Земля, навколо якої обертаються Сонце, Місяць і п'ять (відомих на той час) планет. Ця модель відображає кількість видимих неозброєним оком небесних тіл і деяку специфіку їхніх спостережуваних пересувань по небесній сфері. Упродовж багатьох століть модель *Птоломея* була здатна, потроху видозмінюючись, описувати і певним чином пояснювати щодалі зростаючу сукупність астрономічних спостережень. На її підставі астрономи провели чимало розрахунків, унаслідок чого, наприклад, зробили підтверджені спостереженнями передбачення сонячних і місячних затемнень. Однак з вдосконаленням астрономічних приладів накопичувалось дедалі більше кількісних спостережень, які не могли бути несуперечливо пояснені в рамках геоцентричного підходу.

Як альтернативу геоцентричній моделі була запропонована спочатку модель данського астронома *Тихо Браге*⁴⁸ а потім геліоцентрична модель польського вченого *Миколая Коперника*⁴⁹. Остання стала першою, якщо не вважати моделі давньогрецького провидця *Аристарха Самоського*⁵⁰, в послідовності низки моделей, згідно з якими центром планетної системи є Сонце, навколо якого обертаються інші планети, в тому числі й Земля. Цей тип моделей не тільки краще описував астрономічні спостереження, а й з ідейного погляду був простішим, оскільки потребував менше додаткових припущень⁵¹.

Німецький учений *Йоганн Кеплер*⁵², який працював на зламі епох, математично досліджуючи результати астрономічних спостережень, зробив припущення: рух планет можна з досить великою точністю описати трьома законами (законами *Кеплера*). Згодом *Ньютон* показав, що ці емпіричні закони, а також рухи планет у цілому чудово описуються законами механіки *Ньютона* і відкритим ним же законом всесвітнього тяжіння⁵³.

У наші дні механічні моделі Сонячної системи, певна річ, залишаються геліоцентричними, але для точних розрахунків, які є конче необхідними з огляду на практичні потреби споживачів наукового знання, ці моделі треба узагальнювати⁵⁴, зважаю-

чи на ефекти спеціальної та загальної теорій відносності (див. наступний розділ). Узагальнені моделі уможливають передбачення руху планет з точністю до сантиметра.

Тисячолітня цікава історія моделей Сонячної системи та відповідних теорій планетного руху є свідченням спрощеності підходу *Poppera* до так званих можливостей верифікації та спростування (*verifiability* та *falsifiability*) фізичних теорій. Попри всі вельми розумні застереження, *Popper* стояв на позиції можливості одним експериментом спростувати будь-яку теорію. Проте в реальній історії науки геоцентричний погляд *Птолемея* на Сонячну систему та кінематику планетного руху не було скасовано навіть тисячами спостережень, що їм суперечили! Версія *Коперника* й динамічні закони *Ньютона* довели доцільність свого сприйняття науковою спільнотою поступово, значно пізніше цих спостережень, оскільки науковці та споживачі науки отримали інші «милиці», на які можна було спиратися у своїх міркуваннях. Відбулося не спростування чи верифікація, а побудова нової теорії та її поступове визнання⁵⁵.

Понад те, й «парадигма» *a la* *Кун* теж не змінилася зненацька. Наукові революції «відбуваються раптово» тільки в шкільних підручниках, написаних через десятиліття після перших симптомів появи нової системи поглядів. Скажімо, дуже повільно відбувався розвиток квантової теорії⁵⁶. Та й досі іноді є педагогічно доцільним міркувати про фотон-кульку (явно спрощена модель світла), хоча робити це необхідно дуже обережно, аби не суперечити фактам, які намагаєшся пояснити⁵⁷. При цьому інші факти сумнівна кулька аж ніяк пояснити не може! І такі недоліки досі задовольняють викладачів фізики, так само як влаштовують їх уявлення про електронні орбіти, яких у природі немає, хоча в багатьох моделях вони продовжують існувати й допомагати у викладанні фізики й хімії⁵⁸. Де тут верифікація і де тут зміни парадигми?

Утім, поступові зміни наших поглядів на певні фізичні явища, розділи науки та їх значущість порівняно з іншими розділами відбуваються повсякчасно, інколи навіть по колу з поверненням до вихідної точки. Пояснімо цю тезу прикладами з фізики.

По-перше, зазначимо, що фізична картина світу, яку професійна спільнота визнає дороговказом⁵⁹, змінюється як цілісна сукупність навіть тоді, коли впродовж деякого часового проміжку за рахунок природного розвитку суттєво змінюється лише певна галузь науки (фізики, хімії або матеріалознавства). Наприклад, після періоду бурхливого революційного піднесення в теоретичних і,

2.3. Змістове уявлення про моделі

що не менш важливо, в експериментальних дослідженнях фізики атома⁶⁰ та фізики атомного ядра⁶¹ концептуальний центр доклада зусиль і центр загального інтересу змістився в бік фізики конденсованих середовищ⁶² і нерівноважних процесів⁶³. Зокрема, розквітло нове сімейство наук, яке назвали синергетикою⁶⁴. Одним із його гасел стали слова американця *Філа Андерсона*: «*More is different*» («*Більше означає інакше*»)^{65–67}. Але згодом принципові проблеми квантової механіки (на межі філософії) знову вийшли на перший план. Виявилось, що там ще є доволі багато питань, над якими варто попрацювати⁶⁸ (див. також нижче).

При цім, осмислення нібито залишених осторонь сфер теж змінювалось, оскільки суб'єкти осмислення належали до тієї самої спільноти, а іноді були тими самими дослідниками. Крім того, моделі, розроблені в фізиці конденсованих середовищ, застосовують у квантовій теорії поля, фізиці елементарних частинок та космології⁶⁹. Наприклад, це відбулося зі славнозвісною моделлю *Гінзбурга—Ландау*⁷⁰. Титани теоретичної фізики, які розробили квантову теорію поля, водночас суттєво вплинули і на фізику конденсованого стану, «поділившись» своїми методами та поглядами⁷¹. Тому єдність фізики, яка, зокрема, оприявнюється в усупільненні моделей, пронизує всю цю науку.

Отже, вище ми навели характеристику моделі з огляду на атрибути об'єкта, який вона має відтворити. Але модель може бути схарактеризована і в інших термінах, пов'язаних із засобами її конструювання. В такому разі ми визначимо її як таку сукупність положень і тверджень, з якої можна одержувати нові твердження про властивості об'єкта, який вона відтворює і які не були від самого початку включені в опис моделі.

Зауважимо, що різні моделі відповідають на різні типи запитань і їхнім наслідком є різні види тверджень. Ми в цьому вже пересвідчилися, коли згадали про моделі атомного ядра. Більше того, ця неоднозначність стає буденністю, коли ми розглядаємо винятково квантові об'єкти. Те саме світло можна розглядати як класичне електромагнітне поле і як так званий когерентний стан, сформований як певний набір елементарних квантових станів. Який саме набір — це залежить від конкретної ситуації⁷².

Моделлю одного об'єкта називається інший об'єкт, властивості якого подібні визначеним атрибутам першого об'єкта й атрибути якого більш доступні розумовому (маються на увазі абстрактні моделі, що побудовані засобами теорії та стають її складниками)

вивченню, ніж властивості першого. Якщо на підставі нашого подальшого (після первинного формулювання змісту моделі) наукового дослідження дійдемо висновку, що частково, приблизно (неповно) модель відображає теоретично та експериментально обґрунтоване знання про обраний об'єкт, то зазвичай ототожнюємо цей об'єкт із відповідною моделлю чи з нашим знанням про нього, отриманим з аналізу на підставі обраної моделі. Насправді ж після виконаних процедур одержуємо лише деякі підстави для тимчасового ототожнення моделі з певним аспектом об'єкта, який вивчається за певних експериментальних умов та який вона відтворює. Дослідивши модель і спираючись на подібність атрибутів моделі й об'єкта, переносимо отриману нами інформацію про модель на об'єкт, який моделюємо.

Основні риси методу моделювання добре відомі з практики, хоча, як правило, їх не артикулюють. Отже, на початку моделювання доступними нам засобами виділяємо один чи декілька взаємозалежних атрибутів модельованого об'єкта. Ясно, що побудова моделі потребує творчих зусиль — модель віддзеркалює ту або іншу властивість об'єкта, наприклад, кілька характерних атрибутів. Але сам обраний атрибут чи їх сукупність не визначають те, якою має бути модель і як її будувати. Саме тому окремо проста логіка не може забезпечити науковий поступ, а залучення творчості в побудові моделей означає примат фахової інтуїції⁷³, тобто сконцентрованого розумового досвіду науковця. Якщо обрана модель є відповідною певним рисам природного об'єкта, то на її основі згодом розв'язуватиметься багато задач щодо властивостей об'єкта дослідження. Як підкреслював фізик *Аркадій Мігдал*⁷⁴, науковцю, який претендує на створення нового знання, не треба боятися висунути «невірогідну» ідею, опублікувати «невірогідну» статтю, яка може згодом виявитися перлиною та початком нової, досі невідомої галузі науки⁷⁵.

Звісно, в процесі поглиблення нашого знання про об'єкт, отриманого на підставі розрахунків із використанням попередніх моделей, рано чи пізно виникає потреба їх удосконалення. І, врешті-решт, коли модель починає працювати як швейцарський годинник, видаючи на-гора купу корисних відомостей, які експериментально перевіряються, саме тоді ми (звісно, помилково та занадто самовпевнено) схильні ототожнювати модель і об'єкт, що може призвести до великих неприємностей.

Цей крах свідомості особливо притаманний контр-інтуїтивним задачам сучасної квантової теорії, коли існує безліч інтер-

2.3. Змістове уявлення про моделі

претацій (моделей), які їхні адепти вважають єдино правильними. Якщо для простих задач результат не залежить від способів інтерпретації, то для складних проблем, скажімо, із заплутаністю квантових станів (*entanglement*), однозначність зникає, а впевненість полишає дослідників. Це означає, що фізики ще недостатньо розуміють глибинний смисл квантової теорії⁷⁶. А це й не дивно, оскільки навіть засадниче рівняння австрійського фізика *Ервіна Шрьодінгера* не було виведене, а виникло внаслідок його геніальної інтуїції⁷⁷.

У науковця, який свідомо або несвідомо ототожнює модель і модельований об'єкт, виробляється так зване модельно-тунельне бачення об'єкта. Справді, можливих моделей може бути кілька, а дослідник, як правило, впродовж багатьох років розробляє ту саму модель. Ця психологічна пастка деякою мірою пояснює затятий характер дискусій про природу наукових теорій, зокрема квантової, про що зазначено вище. Дискутанти спираються на різні теоретичні моделі, що базуються на різних властивостях об'єктів дослідження, які, втім, не існують без зв'язку з іншими властивостями. Тому, ототожнюючи теорію з використовуваною ними її реконструкцією, філософи науки часто не можуть дійти єдиного висновку стосовно того, чим є теорії. А отже, на даний час існує й висувається багато різних реконструкцій. Об'єктивно вони віддзеркалюють багатоаспектність і складність поняття «теорія». Основні з цих реконструкцій розглянуті далі.

Наперед варто зазначити, що між цими реконструкціями існують різні «взаємини». Будь-яка реконструкція теорії зазнає критики з боку прихильників інших реконструкцій, що слугує одним із імпульсів її вдосконалення і розвитку. Між реконструкціями існують відношення узагальнення, відповідності, додатковості, заперечення тощо.

Висування нових реконструкцій теорії мотивоване не лише необхідністю поглиблення знань про якусь теорію, побудовану в визначений історичний період, а й потребою в осмисленні нових ознак теорій, які поступово з'являються внаслідок розвитку різних наук. Наприклад, у зв'язку із застосуванням комп'ютерних методів значного розвитку набули операційні та процедурні підсистеми сучасних фізичних теорій. Знавець комп'ютерних технологій та програмування *Стівен Вольфрам* навіть висуває проєкт побудови єдиної фундаментальної фізичної теорії⁷⁸. При цьому він фактично редукує її до операційної та процедурної підсистем.

У певному сенсі його намагання аналогічні до спроб редукування наукових теорій до їхніх суто дедуктивних частин, які об'єднують деякі компоненти дефініційної, називної, мовної, номічної, операційної та процедурної підсистем (див. далі).

2.4. СИСТЕМИ ЯК МОДЕЛІ НАУКОВИХ ТЕОРІЙ

При розгляді наукових теорій як систем не обійтися без їх моделювання. Виправданість наголошення на такій, начебто тривіальній думці підтверджує те, що, використовуючи теорії, науковці майже ніколи не посилаються на концептуальний апарат опису систем. Тому рефлексії про системність наукових теорій фактично стосуються їхнього моделювання. Моделювання наукових теорій як систем сприяє належному виокремленню в них їх універсальних складників. Наявність останніх не завжди усвідомлюється як науковцями, так і студентами.

Аналогією необхідності запровадженого нами розумового розтину систем, які моделюють теорії, може слугувати біологічний аналіз складної будови людського тіла. Знання пересічної людини в цій царині є вельми поверховими. Звісно, що потреба у повнішому знанні виникає в лікарів, завданням яких є лікування людини, щоб вона назавжди або бодай тимчасово позбулася хвороб. Системи (краще було б назвати їх «підсистемами», зарезервувавши термін «система» за всім багатоклітинним організмом), наприклад імунна і респіраторна, які виокремлюються в сучасній медицині, на популярному рівні описані в англomовній серії «*Your Body. How It Works*»⁷⁹. Відсутність будь-якої з них унеможлиблює існування людського організму взагалі, а неправильне функціонування є причиною характерних для цієї системи захворювань. Системи живої істоти не функціонують незалежно одна від одної, а тісно взаємопов'язані. Проте причини більшості хвороб спочатку виникають і діагностуються в якійсь одній системі. Під час сучасної ковідної пандемії головну увагу лікарі надають саме двом згаданим системам та методам приведення їх до нормального стану.

Не буде перебільшенням стверджувати, що без наявності й належного рівня розвитку аналогічних підсистем не може функціонувати практична наукова теорія. В метафоричному сенсі, коли теорія стикається із труднощами її застосування, ефективно подолання відповідної хвороби потребує ґрунтового знання *анато-*

2.4. Системи як моделі наукових теорій

мії теорії, її структури на різних рівнях організації компонентів, їх функцій та зв'язків.

Якщо не зводити філософсько-науковий, тобто в межах філософії науки, аналіз наукових теорій до перекладання їхнього змісту філософськими мовами або до спрощеного їх викладу задля популяризації науки і вважати наукою філософію науки⁸⁰, то за прикладом конкретних наук та їх теорій при дослідженні останніх необхідно використовувати вже розроблені моделі та/або реконструкції. Автори не відкривають Америки, коли стверджують, що майже універсальним загальним реконструюванням наукових теорій є моделювання їх як систем¹. Але якщо перейти до конкретизації систем, то з'ясується, що наявні системні реконструкції теорій розрізняються передусім за виокремлюваними в них елементами та їхніми відношеннями.

Перерахуємо найпоширеніші системні реконструкції наукових теорій. Зокрема, маємо концептуальну, стандартну, структуралістську, семантичну, інструменталістську та проблемну/еротетичну реконструкції. Підкреслимо, що всім цим реконструкціям притаманне вищезгадане «тунельне» бачення, коли все, що вони стверджують про наукові теорії, їх взаємозв'язки та зміни, вони намагаються висловити в термінах виокремлюваних складників та їхніх зв'язків.

Згідно з *концептуальною* реконструкцією⁸¹ теорію розглядають як систему понять та відношень між ними.

Стандартна реконструкція (*received view/standard conception/propositional or sentential view*) існує у багатьох варіантах⁸². Після її формулювання в 1930-х роках представниками Віденського гуртка вона зазнала багатьох змін через активну критику опонентів. Ця реконструкція моделює теорію як систему дедуктивно упорядкованих тверджень, що їх з допомогою інтерпретації (правил кореспонденції) зіставляють із твердженнями про результати емпіричних досліджень реалій з предметної галузі теорії². Наразі стан-

¹ Останнім часом набуває популярності моделювання їх як мереж, що є певним узагальненням моделювання їх як систем. Кожна мережа є системою, але не всі системи є мережами. Для цілей цієї книги обмежимося першим типом моделювання.

² Багато математично освічених філософів науки стверджують, що традиційне уявлення про наукову теорію моделює її як «дедуктивно замкнену систему емпіричних тверджень» Z. Domotor, *Philosophy of science, mathematical models*, In R. A. Meyers (ed.), *Encyclopedia of Complexity and Systems Science* (Springer, New York, 2014), p. 2178.

дартна реконструкція вже не перебуває в центрі розмірковувань над науковими теоріями філософів науки. Її місце зайняли декілька конкуруючих реконструкцій.

Відповідно до *структуралістської реконструкції*⁸³ теорію розглядають як систему взаємопов'язаних множин моделей різного типу (включно з потенційними, частковими потенційними і повними моделями або законами) та множин застосувань (аплікацій) теорії до опису й пояснення експериментальних дій з реаліями з її предметної галузі. Між цими множинами існують певні відношення, прикладом яких є редукція потенційних моделей до часткових потенційних моделей.

Згідно з *семантичною реконструкцією*⁸⁴ наукова теорія як система аналізується в нерозривному зв'язку з її мовним представленням, але не редукується до нього. Головними її складниками є моделі досліджуваних явищ у формі конфігураційних просторів їх станів⁸⁵.

Інструменталістська реконструкція тлумачить теорію як сукупність виконуваних у ній операцій. Її лаконічним формулюванням є відомий вислів одного з її фундаторів американського фізика-експериментатора і філософа *Персі Бріджмена*⁸⁶: «будь-яка теорія є те, що вона насправді робить, а не те, що, як вона стверджує (промовляє), треба робити, або те, що приписує їй автор, оскільки ці речі насправді є дуже різними»⁸⁷. Зрозуміло, що цей вислів є метафорою, оскільки сама теорія нічого з собою не робить і нічого не говорить, а дії з нею виконують науковці, які її застосовують.

Згідно з *проблемною/еротетичною реконструкцією* теорія моделюється як система проблем (питань), які формулюються та розв'язуються за її допомогою⁸⁸.

Ці реконструкції також розрізняються за *характером мовних засобів*, які використовуються при створенні, описі та аналізі реконструкцій. Спектр засобів є надзвичайно широким — від суто описово вербальних до формально математичних. З точки зору полісистемної реконструкції перелічені вище реконструкції надмірно спрощують системи, за допомогою яких вони моделюють теорії, і не звертають увагу на ті складники теорії, які не покладені в основу реконструкції.

Як слушно зауважив італійський філософ *Джамбатіста Віко*, «кожен, хто критикує чужі системи, зобов'язаний замінити їх

2.5. Системи як відображення складності світу та будь-якої його частини

власною альтернативою, яка містить принципи, що забезпечують краще пояснення всієї сукупності ефектів»⁸⁹.

Щоб виконати цей «обов'язок», продовжимо міркування про системи як моделі теорій. Для цього розглянемо деякі наявні в сучасній літературі уявлення про системи та системність, зважаючи на складність, притаманну науковим теоріям, та відповідно пропонуючи моделювання їх як складних та змінюваних систем.

2.5. СИСТЕМИ ЯК ВІДОБРАЖЕННЯ СКЛАДНОСТІ СВІТУ ТА БУДЬ-ЯКОЇ ЙОГО ЧАСТИНИ

Американський економіст і психолог *Герберт Саймон* виокремлює як ознаку системи її діапазон, під яким розуміє кількість підсистем, на які її (систему) можна поділити⁹⁰. Зауважимо, що уявлення про «діапазон» залежать від знань про реалію, яку дослідник моделює як систему, та його (дослідника) роздільної здатності. Остання залежить як від мети деталізації системи, так і від використовуваних засобів та наявних ресурсів (кадрових, обчислювальних, фінансових, часових тощо). Щодо характеру вказаної залежності слушно висловився американський фізик-теоретик *Маррі Гелл-Ман*⁹¹. Якщо взяти до уваги, що одним з носіїв такого атрибута, як складність, є системи, то те, що дослідник стверджує про інформативну складність, також майже без застережень стосується систем.

У першому наближенні наведені Саймоном та Гелл-Маном поняття діапазону та деталізації характеризують роздільну здатність репрезентації модельованої реалії. Цю здатність можна проілюструвати на прикладі вивчення такої базової фізичної теорії, як класична механіка. Її способи викладання в звичайній чи фізико-математичній школі, гуманітарному, педагогічному, інженерному, дослідницькому університетах вирізняються специфічними поєднаннями характерних ознак механіки як системи (з наголосом на тих або інших її підсистемах і варіантах репрезентації), а також різними ступенями повноти та строгості опису. Результатом вибору конкретного способу викладання механіки є різні ступені знання цієї теорії та вміння її застосовувати у розв'язанні конкретних світоглядних, інженерних, освітянських або дослідницьких завдань. Саме через ступінь такої здатності доречно характеризувати й реконструкції наукових теорій.

2.6. ВІД СИСТЕМНОСТІ ТЕОРІЙ ДО МОДЕЛЮВАННЯ ЇХ ЯК ПОЛІСИСТЕМ

Неодмінною рисою теорій є системність, система ж в контексті нашого нарису — це модель теорії. Зауважимо, що розмова про системність є лише першим кроком на шляху моделювання теорій як систем. Проблема вибору такої системи полягає у виокремленні конкретних елементів та відношень між ними. Аналогічне розгалуження має місце, коли розглядається така загальна ознака природних реалій, як матеріальність. Представників природничих наук цікавлять, насамперед, які види матеріальності, тобто форми самодиференціації матерії, можуть існувати і насправді існують. До речі, згідно із сучасними уявленнями ці форми є різними в різних куточках Всесвіту та на різних стадіях його еволюції².

Важливо підкреслити, що саме введення в науковий обіг поняття «система» припускає, що включені до неї складники (компоненти, структури й підсистеми різного рівня) та відношення між ними є для неї конститутивними. Видалення якогось із них або «знищує» систему або перетворює її на системного «інваліда», який не здатен виконувати функції, які від неї очікують. У цьому сенсі всі складники системи існують одночасно, як і утворення різних рівнів (екологічного, опорного, органного, тканинного, клітинного, субклітинного, мітохондріального, генетичного тощо) живої істоти³.

А отже, моделювання наукової теорії як полісистеми, «автоматично» враховує не лише складну будову теорії, а й те, що її складники тільки всі разом та у взаємодії здатні виконувати функції, заради яких науковці й створюють теорії. Неврахування, нехтування чи відкидання деяких із них при побудові системної моделі теорії призводить до спотвореної, однобічної чи неповної моделі теорії. Наприклад, невключення до складу практичної наукової теорії проблем, які формуються та вирішуються з її до-

³ «...організми існують одночасно на декількох рівнях — молекулярному, клітинному, організменному тощо, кожен з яких характеризується властивостями, відсутніми на інших рівнях. Це призводить до того, що жодна з наук про життя не може домінувати над іншими, хоча деякі з них можуть тимчасово користуватися сильнішою підтримкою через хибну (редукціоністську) філософію біології. Ця наука є системою, так що, коли будь-який її компонент слабшає, страждають всі інші. Якщо стисло, то генетизм, різновид радикального редукціонізму, мав свій день слави, але тепер зрозуміло, що все слід вивчати на всіх рівнях». Див.: M. Bunge, *Evaluating Philosophies* (Springer, Dordrecht, 2012), p. 31–32.

2.7. Про системність наукового знання

помогою, перетворює її на незмінне вмістище незрозуміло яким чином і навіть отриманих раніше та зараз упорядкованих знань без надійної перспективи їхнього розширення, уточнення та поглиблення. Додатковою до завдання моделювання теорії як полісистеми є необхідність зв'язування її підсистем та їх складників в єдине ціле. Для цього філософи науки мають виокремити та вивчити відношення складників всередині підсистем та відношення між самими підсистемами.

2.7. ПРО СИСТЕМНІСТЬ НАУКОВОГО ЗНАННЯ

Отже, перейдемо до оголошеної вище теми — системності наукового знання⁹³. Як стверджують філософи, ця системність є головною ознакою, за якою воно відрізняється від знання повсякденного⁹⁴. В деяких сучасних працях з філософії науки системність розглядається як відмітна ознака не будь-яких конкретних систем наукового знання, а науки взагалі. Результатом є досить хаотичний перелік рис, кожна з яких є окремим проявом системності науки, що відрізняє її від буденного знання. Наприклад, німецький дослідник науки *Пол Хойнінген-Хюене* перераховує наступні елементи втілення системності в науці. Це «описи, пояснення, передбачення, захист обґрунтування тверджень, що претендують на висловлювання знання, критичний дискурс, епістемічна пов'язаність, ідеал повноти, генерування знань та представлення знань»⁹⁵.

Здається, що факт системності наукового знання є настільки очевидним для багатьох дослідників, що вони не вважають за необхідне приділяти йому бодай якусь увагу. Мабуть підсвідома переконаність в її очевидності призвела до відсутності відповідного аналізу як в працях класиків науки⁴, так і в доступних авторам підручниках, наукових статтях і монографіях з природничих наук. Проте дослідження системності наукових теорій відкриває для філософів науки перспективи усвідомлення універсальної будови теорій, відношень між теоріями, певних загальних тенденцій та можливостей їх удосконалення і розвитку⁹⁶.

⁴ Наприклад, у працях А. Айнштейна і Н. Бора, які ввійшли до зібрань їхніх творів, багаторазово в різних контекстах використовується термін «система», проте жодного разу не вживано спорідненого терміна «системність». Цікаво, що при цьому засновники сучасної фізики не потурбувалися уточнити, а що ж мається на увазі під «системою», вважаючи це поняття простим та інтуїтивно зрозумілим.

Зауважимо, що цілком аналогічно більшість членів наукової спільноти (аж ніяк не всі, прикладом є автор книги, в якій заперечується матеріальність квантових явищ⁹⁷) не розглядає матеріальність об'єктів та явищ, що вони їх вивчають, як особливий предмет своїх досліджень. Тобто незалежність існування цих об'єктів і явищ від існування самих дослідників вважається самоочевидною та незаперечною, а дослідження різного роду матеріальних сутностей не означає, що студіюється матеріальність як така. Водночас навіть підсвідоме визнання матеріальності як невід'ємного атрибута досліджуваних природних явищ є необхідною умовою плідності їх пізнання.

Системність (разом із писемною знаковістю та породженою нею текстуальністю) є такою ж фундаментальною рисою наукового знання, як і матеріальність — щодо природних об'єктів і явищ. За відсутності системності втрачають сенс будь-які міркування про решту характеристик знання. Насправді, обґрунтованість, послідовність, несуперечливість, точність, можливість перевірки, об'єктивність і складність знання передбачають його системність. Хаотичний набір відомостей неможливо ані обґрунтувати, ані порівняти з реальністю, а притаманна цьому набору складність має неконструктивний та безплідний (не евристичний) характер.

Саме в такому стані перебувала на межі XIX та XX століть сукупність відомих з фізичних та хімічних досліджень фактів, які, як згодом виявилось, не можуть бути інтерпретовані й поєднані на підставі класичних законів⁹⁸. Серед них можна зазначити лінійчасті атомні спектри, частотний розподіл випромінювання розжареного тіла, фотоэффект, залежність теплоємності твердих тіл від температури, періодичні властивості хімічних елементів згідно з таблицею *Дмитра Менделєєва* тощо. Наявність такого нагромадження не пояснених навіть якісно фактів спричинила страшну кризу в фізиці, яка непокоїла кращих тогочасних учених. Кризу було подолано лише з появою та розвитком квантової теорії. Таким чином, системність була досягнута завдяки розвитку науки (зокрема, фізики), а не, скажімо, спробами формального розкладання по окремих, не пов'язаних між собою шухлядках.

А уявіть собі, що поява квантової теорії забарилася б на кілька десятиліть? Що можна було б зробити з окресленим вище набором розрізнених відомостей? Єдине, що спадає на думку зараз, і, мабуть, спало б на думку фахівцям в цій гіпотетичній ситуації у минулому, це формалізувати та аксіоматизувати набір відо-

2.7. Про системність наукового знання

мостей, чим у багатьох інших випадках і займаються деякі філософи та логіки науки. Вони замінюють вибрані ними ізольовані фрагменти та структури знань відповідними символами та оперують із ними за формально-логічними правилами, тобто конструюють різні формальні числення. На жаль, нам невідомі успішні спроби використання подібних числень для аналізу та розуміння реальних систем наукового знання. Наразі автори подібних символічних відображень обмежуються зіставленням своїх числень з іншими численнями, отриманими їх колегами. Так, автор статті⁹⁹ вбачає своє завдання в побудові «аксіоматичної теорії позначень (найменувань)», яка «є прикладним численням відносно чистого числення символічних виразів».

Вражаючим прикладом формальної спроби (вельми невдалої!) впорядкування знання на підставі випадково обраних ознак може слугувати класифікація тваринного світу згідно з однією китайською енциклопедією. Там написано, що «тварини поділяються на а) тих, хто належить Імператорові, б) забальзамованих, в) приручених, г) молочних поросят, ґ) сирен, д) казкових, е) бродячих псів, є) тих, яких внесено до даної класифікації, ж) тих, які бешкетують, ніби божевільні, з) незлічених, и) намальованих дуже тонким пензликом із верблюжої вовни, і) та інших, ї) тих, хто щойно розбив глечик, й) тих, які здалеку здаються мухами. Межа для нашого мислення — тобто повна неможливість мислити таким чином — ось що відразу відкривається нашому погляду, захопленому подібною таксономією»¹⁰⁰.

Ясна річ, що наукова діяльність передбачає зовсім інший спосіб мислення про предметні галузі конкретних наук. Такий спосіб реалізується в межах та на підставі систем знань, які вже існують. При цьому відбувається виділення, перетворення та вдосконалення їх елементів та структур, а також встановлення зв'язків між ними. Це уможлиблює в опосередкованій абстрактній, проте не в остаточній формі відображення властивостей досліджуваних реалій та відношень між ними. Тому системність наукового знання є, на перший погляд, абетковою істиною для більшості науковців. Однак більш прискіпливий аналіз показує, що, по-перше, ця істина не є такою простою, як здається, а по-друге, її неоднаково розуміють і тлумачать різні представники філософсько-наукового загалу.

Отже, варто вийти за межі міркувань про системність наукового знання в цілому та проаналізувати її не як далеку від науко-

вої діяльності характеристику наукового знання *взагалі*. Натомість досліджувана системність має бути віддзеркаленням тієї безперечної, притаманної науці обставини, що наукове знання існує не як нерозчленована невпорядкована мішанина, а як знання, структуроване у вигляді конкретних систем, вищою формою яких є наукові теорії.

В чому ж полягає *системність наукових теорій*? Спробуємо це з'ясувати, хоча таке словосполучення певною мірою виглядає як тавтологія на кшталт «масляне масло». Будемо виходити з того, що аналогічно розчленуванню (доволі умовному і приблизному!) всього матеріального світу на «підсвіти», тобто «мікросвіт», «макросвіт» та «мегасвіт»¹⁰¹, заради успішності аналізу треба структурувати і знання, або, за бажанням, світ наукового знання.

Зазначимо, що в сучасній науці оперують зі значно більшою кількістю «світів» (масштабів): космологічним, галактичним, планетарним, молекулярним, атомним, субатомним, ядерним, суб'ядерним, кварковим, гіпотетичним струнним тощо. Кожен із них, своєю чергою, об'єднує низку окремих класів різних матеріальних об'єктів і явищ. Класифікацію змінюють разом із розвитком науки, який в останні десятиліття є особливо помітним в астрономії завдяки новим приладам і методам спостережень та появі сміливих і плідних теоретичних концепцій¹⁰².

Системи знання, як продукт творчості науковців, теж постійно змінюються, розділяються або об'єднуються залежно від поточних потреб науки, тобто дослідники постійно породжують нові системи. Попри всю умовність розчленування на підрозділи, всі поділи відображують деякі об'єктивні риси матеріального світу й обмежуються рівнем наших знань про нього на момент його поділу. Власне, з огляду на консервативність людської природи систематизація завжди запізнюється відносно стану передової науки на час існування чергового «розкладання по шухлядках». Як приклад можна вказати на традиційний, «шкільний», поділ фізики на механіку, молекулярну фізику, електродинаміку, оптику, атомну фізику та фізику ядра й елементарних частинок. Уже давно виникла потреба запровадити в школі й вищих навчальних закладах або в монографіях та підручниках інший поділ на окремі курси та змінити порядок викладання, щоб він відповідав сучасній системі фізичних знань. Такі спроби давно робляться (див., наприклад, курс^{103–105}), але наразі застаріла система ще не повністю здала позиції. Поступово втілюється в життя зумовлений сучасним розвит-

2.7. Про системність наукового знання

ком фізики й астрономії такий поділ фізичного курсу (не фізики як такої, бо там до усталеності ще далеко): 1) вивчення законів, яким підпорядковані окремі частинки (тіла), тобто механіка, електродинаміка, квантова механіка; 2) статистичні закони, тобто закони поведінки систем, складених з багатьох частинок, зокрема рівноважна статистична фізика і термодинаміка, нерівноважна статистична фізика і термодинаміка (включно з так званою синергетикою), фізика конденсованих середовищ.

Незважаючи на повсякчасне емпіричне застосування систем у повсякденній науковій праці, з філософського погляду, скільки б разів не повторювати, що досліджуваному науковому знанню властива системність і складається воно з окремих наукових теорій, нам не вдасться просунутися ані на крок, не з'ясувавши, які саме елементи притаманні теоріям як системам знань, які властивості мають ці елементи, які зв'язки утворюються між ними та які структури містяться всередині подібних систем, як структурно побудовані ці системи? Зауважимо, що зазвичай у філософії науки йдеться про системи знань, утворених однотипними (однорідними) елементами. Фактично у ній панують або уявлення про моно-системність, або в кращому випадку про подвійну (бінарну) системність наукових теорій.

Якщо звернутися до наявної літератури, то найчастіше як однорідні елементи наукових теорій розглядають істинні твердження (висловлювання), що мають форму оповідних речень, та поняття. Наприклад, російський логік *Владімір Васюков* вважає теорії вищими ступенями розвитку систем наукового знання: «теорія — це система пов'язаних між собою понять і висловлювань, що відносяться до певної предметної галузі»¹⁰⁶. Російський філософ науки *Сергій Лебедєв* також виокремлює в теорії лише поняття та твердження: «Наукова теорія — це логічно взаємозалежна система понять і тверджень про властивості, відношення і закони деякої множини ідеалізованих об'єктів (точка, число, матеріальна точка, інерція, абсолютно чорне тіло, ідеальний газ, актуальна нескінченність, суспільно-економічна формація, свідомість тощо)»¹⁰⁷. Наголос на твердження як на конструктивні елементи систем знання роблять філософи науки, які як інструменти аналізу означеної проблеми використовують методи й засоби логіки та лінгвістики. Натомість поняття висувають на чільне місце ті філософи науки, які намагаються аналізувати системи наукового знання, спираючись на суто філософські методи й засоби.

Не заперечуючи часткової виправданості таких одномірних або двомірних підходів у пошуку відповіді на питання стосовно складу наукових теорій, все ж зазначимо, що вони дають про них далеко не повне уявлення. Насправді, як буде продемонстровано нижче, теорії містять велику кількість елементів *різного ґатунку*.

Щоб пояснити, про що йдеться, порівняймо реальну систему наукового знання з живим організмом, скажімо, організмом ссавця. Дослідник може, наприклад, узяти за основу своєї класифікації кістяк та, абстрагувавшись від м'яких тканин, розглядати тварину як систему, що складається з кісток та їх зчленування. Проте будь-якій людині, яка має здоровий глузд та ще й обізнана в елементарній анатомії, яку с'як-так вивчають у загальноосвітній школі, зрозуміло, що крім кістяка в організмі тварини є м'язи, нерви, залози, жирові відкладення, хрящі, шлунок, кишківник тощо. Об'єднуючи різні елементи тіла за їх функціональним призначенням, біологи виокремлюють різні органи, наприклад органи внутрішньої секреції, розмноження, травлення, сечовипускання тощо¹⁰⁸. В результаті виявляється, що багатоклітинний організм має винятково складну будову навіть на рівні тканин і органів, не кажучи вже про більш глибокі рівні, де аналіз треба робити в термінах біохімічних процесів та експресії генів¹⁰⁹.

Ясно, що розібратися в живому організмі ой як непросто, проте він принаймні є доступним для лабораторних досліджень. Але у світі галактик не лише розібратися не просто, до них і дістатися неможливо, так що всі відомості про ці у гравітаційний спосіб пов'язані системи, що містять зорі, планети, міжзоряну речовину і ще багато чого, зокрема темну матерію, яку вчені наразі ще не розгадали¹¹⁰, доходять до нас винятково у вигляді електромагнітних хвиль різної частоти¹¹¹. Тому класифікація галактик, яка починалася з урахування суто зовнішніх характеристик, весь час удосконалюється та ускладнюється, включно з новими елементами, відкритими внаслідок спостережень або «на вістрі (теоретичного) пера». Отже, розрізнення галактик за морфологічними ознаками більше не влаштовує астрономів.

Так само виокремлення в наукових теоріях тверджень і понять потрібно розглядати хіба що як перше наближення до (мінливої) істини, яке, однак, не дає скласти про них повне й завершене уявлення. Не буде перебільшенням стверджувати, що наукові теорії існують у різних вимірах своєї організації — системному, полісистемному, підсистемному, рівневому, структурному, компонентно-

2.7. Про системність наукового знання

му/елементному. Кожний вимір має свої властивості та функції, відсутні в інших вимірах. Утім, вони тісно пов'язані між собою і не існують одна без одної.

Прибічники редукованих підходів до розгляду наукових теорій часто намагаються пояснити невідоме «х», апелюючи до настільки ж невідомого «у». Але моделювання теорій як систем понять передбачає принаймні наявність чітких уявлень про те, що воно таке — «поняття». Слід визнати, що, попри багаторічні дослідження цього слова, загальноприйнятого принаймні у науці, уявлення про те, що воно означає, досі немає. Все, що існує з цього приводу, це різноманітні конкурентні погляди на природу та властивості звичайних і наукових понять (див. наприклад^{112–121}). Тому не може не дивувати відмова деяких філософів від уточнення їхнього розуміння понять на підставі того, що поняття «поняття» є абетковою істиною. Загалом у міркуваннях про науку такі філософи не спираються на уявлення про наукове знання та системи знання, опрацьовані останніми роками у філософії науки. Ці теоретики вважають остаточними погляди на неї, сформовані в 60-ті роки минулого століття¹²².

Щодо уявлень про поняття, які панують у змістовій логіці^{123, 124}, то вони доволі опосередковано стосуються структур реальних систем наукового знання, які самі дослідники називають поняттями. Можна навести такі приклади наукових понять, як «матеріальна точка», «сила», «гравітація», «енергія», «простір», «квант», «ентропія», «хімічний елемент», «ген», «галактика», «планета» тощо. Зауважимо, що представники так званої формальної логіки взагалі виключають поняття «поняття» (*concept*) із об'єктів, які мають підлягати наступному аналізу, і не відносять його до групи «головних понять». Так, в завершальному одинадцятому томі колективної праці провідних логіків з історії логіки від її зародження до сучасності розділ про поняття «поняття» відсутній. І зазначена лакуна зіяє в цьому лексиконі попри вживання терміну «поняття» на практично кожній його сторінці¹²⁵!

Представники змістової логіки асоціюють із «поняттям» обсяг і зміст. Під обсягом вони мають на увазі множину об'єктів, про які міркують, застосовуючи поняття, а під змістом — сукупність властивостей розглядуваних об'єктів. Незважаючи на позірну «очевидність» та багатовікову традиційність такого аналізу, стосовно нього можна зробити низку зауважень.

Одне з них впливає з нерозрізнення реалій та їх відображень в системах знання. Річ у тім, що прихильники змістової логіки не

завжди чітко відрізняють *обсяг і зміст*, як певні зовнішні відносно поняття реалії, від *обсягу і змісту*, як ознак поняття. В останньому випадку йдеться про розумові, тобто абстрактні, знакові або уявні сутності.

Типові приклади понять, якими рясніють праці з логіки, беруть з повсякденного досвіду (знання), коли майже завжди ясно з контексту, що йдеться про реалії як такі або про поняття про них. Наприклад, аналізують поняття на кшталт «сsaveць», «людина», «трикутник», «парне число», «киянин» тощо. У сукупності таких понять немає всіх тих невизначеностей (*ambiguities*), усіх тих нехарактерних для звичайного здорового глузду (*common sense*) специфічних тонкощів (абстракцій, ідеалізацій, припущень, обмежень, можливостей, операцій, проблем), які притаманні поняттям в наукових теоріях. На жаль, різницю між поняттями як знаковими або ментальними образами та відповідними реаліями здебільшого не враховують.

Про це свідчить, наприклад, дискусія, яка точиться десятиліттями й досі не вщухає, про статус ключового поняття квантової механіки «хвильова функція» (квантову механіку раніше не дарма називали хвильовою механікою¹²⁶). Одні поважні фізики вважають це поняття абстракцією, яка дає можливість певним чином описувати реалії та явища мікросвіту¹²⁷. Інші, так само шановані в науковій спільноті, з не меншим завзяттям захищають тезу про те, що хвильова функція є незаперечною реалією мікросвіту¹²⁸, іноді навіть заявляючи про хибність¹²⁹ альтернативного у квантовій механіці поняття «частинки», начебто похідного від поняття «поле», тому що частинки є квантами полів¹³⁰.

Прийнятий в межах змістової логіки однаковий підхід до повсякденних і наукових знань не зважає на особливості «буття» наукових понять у наукових теоріях як системах знання. Його слід вважати не остаточним словом, а лише вихідним пунктом у їх вивченні. Подібне моделювання не спрямовує дослідників на виявлення й аналіз місця й функцій наукових понять і на врахування метаморфоз, які відбуваються з повсякденними поняттями, коли вони «занурюються» у мінливий світ наукового знання¹³¹.

Зокрема, поза увагою залишається питання про те, як і завдяки яким мовним (включно з математичними) засобам фігурують у системах наукових знань поняття обсягу і змісту понять. У підході, про який ідеться, не з'ясовано, які зв'язки (крім порівнянності, сумісності, тотожності, субпідрядності, суперечності, протилежності та перетину) існують між поняттями та іншими структурами

2.7. Про системність наукового знання

цих систем; які операції (крім визначення, обмеження, узагальнення, розподілу, об'єднання та класифікації) виконуються над поняттями. Існує також ціла низка інших упущень (це коло питань докладно розглянуто в різних джерелах^{132–134}). Підхід до наукових понять у межах змістової логіки можна порівняти з поглядом гіпотетичного біолога, який виявив, що всі органи й тканини ссавця побудовані з клітин, а відтак відмовився від детального дослідження будови, функцій та взаємозв'язку клітин різного виду.

Зауважимо також, що багато філософів науки, які мають авторитет у фаховому середовищі для ілюстрації того, що, на їхню думку, можна вважати науковою теорією, а також для опису того, як остання розвивається, вдосконалюється і застосовується, часто сповідують край спрощені погляди на неї або ж ототожнюють з нею окремі вилучені з системи фрагменти. Потім вони без жодного вагання переносять результати аналізу попередньо отриманих карикатур на реальні системи знання.

Подібний спосіб аналізу наукових систем, до якого схильні деякі корифеї філософії науки, викликає у справжніх науковців, які проводять конкретні наукові дослідження, цілком обґрунтований спротив, іноді не позбавлений саркастичного забарвлення. Скажімо, російський фізик *Дмитрій Манін* щодо стилю аналізу фізики, якого дотримувався доволі популярний угорський, а згодом англійський філософ науки *Імре Лакатос*, вважає, що останній замість аналізу реальних випадків, що трапляються на шляху наукового поступу, вигадує ситуації уявні й практично неможливі. Таким чином, сутність науки спотворюється, бо «філософ науки відверто не розуміє предмета свого дослідження»¹³⁵.

Аналогічна критика поглядів інших авторитетів, що висловлюються стосовно наукових теорій, належить знаному еволюціоністу *Люїсу Волперту*. «Філософ *Віллард Квайн* [у корпусі його праць відсутній конкретний аналіз жодної наукової теорії — *ОГ, ВК*], наприклад, стверджує — всупереч досвіду вчених, що наукові теорії ніколи не є наданими логічно, завжди, в принципі, є альтернативні теорії, які більш-менш адекватно пасують до даних. Він також стверджує, що будь-яку теорію можна врятувати від фальсифікації, змінивши критерії, які використовуються для визначення того, що вважається хорошою теорією. Відповідно до цієї точки зору, широко поширеної серед філософів, будь-який набір емпіричних спостережень завжди можна пояснити нескінченною кількістю гіпотез. Ця точка зору справедлива лише в тому випад-

ку, якщо гіпотези відрізняються дуже незначним чином, наприклад, різницею між двома числами в третьому знаку після коми. На практиці вчених не хвилюють такі дрібні відмінності, за винятком випадків, коли вони матимуть реальний вплив на їхні теорії та передбачення. Вчених турбує не абсолютна істина, а теорії, які дають змогу зрозуміти відповідні явища. ... Здається, ті, хто дійсно вірить, що існує нескінченна кількість теорій, могли би продемонструвати це, надаючи задовільні альтернативи класичній механіці *Ньютона* або генетичній теорії. Поки що жодної з них немає, і кожен, хто спробував побудувати навіть просту кількісну теорію, щоб пояснити деякі спостереження, знає, наскільки важко навіть змусити одну модель працювати».

Не залишає *Волперт* поза критикою, яка ґрунтується на його плідній пізнавальній діяльності, результати якої визнані фаховими науковими спільнотами, й погляди іншого гуру сучасної історії, філософії та соціології науки *Т. Куна*.

«Погляди *Куна* на несумірність, з його акцентом на соціальних процесах, що визначають прийняття теорії ..., можуть привести до релятивістського погляду на науку. Бо якщо насправді не існує раціонального способу вибору між конкуруючими теоріями, для вибору між однією парадигмою чи теорією та іншою, то здається, що наука може бути просто соціальною конструкцією і що вибір наукових теорій стає схожим на моду, справою смаку. Якби це було дійсно так, то наукові ідеї були б лише відображенням певного набору соціальних і культурних умов, а наука не могла б заслужувати на так зване привілейоване становище, яке їй приписують. Але такий висновок неправомірний. Хоча соціальні процеси відіграють певну роль у науці, вчені змінюють теорії, тому що нові краще відповідають дійсності; тому що, як і теорія еволюції *Дарвіна*, вони дають краще пояснення світу. Хоча початкові етапи прийняття тієї чи іншої конкуруючої теорії можуть мати сильний соціальний аспект, який включає моду, угруповання влади тощо, головним критерієм зрештою буде те, наскільки добре теорія пояснює ці явища»¹³⁶.

Проте невдачі при створенні загальної теорії систем наукового знання та її застосувань пов'язані не лише з браком знань про предмет дослідження, а й з об'єктивними труднощами, які випливають із складності задачі *per se*. Наприклад, навіть для позірно нескладної системи однотипних елементів — планет Сонячної системи — знадобилися цілі століття, щоб знайти зв'язки

2.8. Системи та їхні різновиди й змістове уявлення про множини

між ними та закономірності, яким підкоряються їхні взаємодії, та врешті-решт сформулювати відповідні закони¹³⁷. Тому не слід очікувати, що з'ясування природи практичних наукових теорій та їх елементного складу потребуватиме менше зусиль.

Насправді *практичні* наукові теорії мають складнішу будову, ніж явно чи неявно вважає більшість філософів та істориків науки, не кажучи вже про соціологів науки, які переважно досліджують не самі теорії, а опінії про теорії деяких науковців та інших соціологів, істориків та філософів науки. Складність цих теорій полягає в наявності в них різних конструктивних елементів, урахування яких уможливило новий погляд на системність наукового знання. До таких елементів відносимо, наприклад, символи, різні математичні мови, фрагменти знань із раніше апробованих та сформованих систем знання, знакові моделі, різного роду операції зі знаковими структурами, задачі та способи їх постановки й розв'язку, евристика тощо. Зазвичай ці конструктивні елементи об'єднують загальним словом *поняття*.

Існування цих елементів аж ніяк не є секретом. Проте філософи науки розглядають їх окремо, без притаманної кожному з них специфіки (атрибутів, завдань і функцій), типу системності та їх взаємозв'язку і взаємовпливу. Тому, виходячи зі згаданого припущення, зупинимось детальніше на особливостях елементів. Однак перед цим варто приділити більше уваги аналізу того, що таке система та її елементи, які бувають системи і як вони можуть змінюватися.

2.8. СИСТЕМИ ТА ЇХНІ РІЗНОВИДИ Й ЗМІСТОВЕ УЯВЛЕННЯ ПРО МНОЖИНИ

Спочатку зазначимо, що в науковому обігу використовують багато термінів, похідних від грецького слова «система»¹³⁸: підсистема, надсистема, гіперсистема, полісистема, мультисистема, ієрархічна система тощо. Вони вказують на щось реальне або ідеальне (яке мається на увазі саме по собі або подане в знаковій формі), те, що насправді існує або може існувати як матеріальна річ. Утім, так чи так їх об'єднує наша здатність у будь-якій системі виділити множини елементів, як тотожних, так і різних. Міркуючи про множину, завжди маємо на увазі також елементи, що входять у неї. Наведемо змістове визначення множини та конкретні приклади множин.

Визначення. Множина — це сукупність елементів, що мають спільну характерну для її виокремлення ознаку.

Множина може бути природною в тому розумінні, що її елементи мають якусь спільну не випадкову рису/властивість, що й спричинює включення їх до відповідної множини. А може статися протилежне: вибір елементів не залежить від спільних рис, тому така множина є певною мірою «випадковою».

Прикладом природних систем є Сонячна, її елементами є всі небесні тіла, що рухаються навколо Сонця завдяки його гравітації. Натомість прикладом випадкової системи можна вважати сукупність речей, яка знаходиться на вашому письмовому столі, адже склад цієї сукупності цілком залежить від ваших потреб і вашого бажання. Іншими прикладами множин є сукупність домашніх меблів, особиста бібліотека, множина атомів Всесвіту, множина цілих чисел, множина всіх можливих трикутників.

Першим виокремив множини як окремий об'єкт дослідження німецький математик *Георг Кантор*, згідно з яким «*під множиною ми розуміємо об'єднання в деяке ціле M певних предметів нашого споглядання або нашого мислення, які добре розрізняються (вони називатимуться "елементами множини M ")*»¹³⁹.

З наведеного визначення можна зробити два висновки.

Перший: елементи множини є різними, бо якби вони були однаковими, то їх було б неможливо «добре розрізнити». В цьому сенсі елементарні частинки не можна перераховувати та об'єднувати в множину так просто, як, скажімо, зернятка, хоча зернятка «складаються» з елементарних частинок. Елементарні частинки певного сорту є тотожними, так що їх неможливо позначати різними номерами. Лише за певних умов, коли частинок мало, можна стверджувати, скільки їх є в даному об'ємі. Проблеми квантової статистики доволі розмаїті і заслуговують окремого аналізу^{140, 141}.

Другий: стосовно будь-якої сутності в матеріальному або уявному світі можна однозначно стверджувати належить вона чи ні до певної множини. Наприклад, нещодавно відкриті планети, які обертаються навколо інших, ніж наше Сонце, зір, не належать до множини, яку утворюють небесні тіла, що обертаються навколо нашого світила. Комп'ютери читачів не належать до множини комп'ютерів, якими володіють автори цього тексту.

У результаті відмови від якогось із цих припущень отримуємо *мультимножини*, що містять тотожні елементи, та *нечіткі множини*, в яких належність елементів до множини має різні ступе-

2.9. Неформальне уявлення про системи

ні. Про це йтиметься далі, коли розглядатимемо деякі точні методи філософії науки.

Звернімо увагу на важливе поняття порожньої множини, тобто множини, яка не містить жодних елементів. У зв'язку з цим варто навести розлогу цитату з книги російського математика *Владіміра Успенського*: «Однією з математичних абстракцій є порожня множина. Саме поняття “множина”, подібно поняттю “натуральне число”, є одним з первинних, невизначених математичних понять, пізнаваних із прикладів. Синонімом математичного терміна множина є слово “сукупність”; об'єкти, що входять у будь-яку сукупність, вона ж множина, називаються її елементами. Слово “множина” може навести на думку, що в множині має бути багато елементів — тим більше, що головне загальнономовне значення цього слова справді виражає цю думку, як, наприклад, у фразі “можна вказати множину причин ...”. Ця помилкова думка руйнується вже тією заявою, що «множина» (в математичному сенсі) і “сукупність” суть синоніми: адже кількість елементів у сукупності може бути і малою. Зауважимо, до речі, що переклади терміна “множина” на французьку мову (*ensemble*) і на англійську мову (*set*) не містять ідеї “багато”. Задаймося питанням, чи може сукупність складатися з одного елемента. Математик відповідь категоричним “так”. Для гуманітарія ж мінімально можлива кількість елементів сукупності — це два. Але математики вільно оперують і порожньою множиною, яка зовсім не містить елементів. На заняттях з математики гуманітарії швидко засвоюють це поняття (зокрема, погоджуються, що порожня множина одна: порожня множина крокодилів і порожня множина планет — це одна і та сама множина)»¹⁴².

2.9. НЕФОРМАЛЬНЕ УЯВЛЕННЯ ПРО СИСТЕМИ

Різні формальні та неформальні математичні теорії неоднакового типу *множин* не стосуються типу зв'язків між їхніми елементами. Теорії звичайних дихотомічних (чітких) множин не стосуються фізичних, хімічних, біологічних, соціальних атрибутів (властивостей та відношень) елементів множин. Єдина їхня ознака, що є суттєвою в цьому контексті, це дихотомічна (бінарна) властивість приналежності до множини, яка має лише два значення: «елемент належить до множини» й «елемент до множини не належить».

Навпаки, коли йдеться про *систему*, то крім включення або не включення до неї елементів принципове значення мають їх атрибути. Зокрема, відношення (зв'язки) виконують роль своєрідного клею, що скріплює елементи в одне ціле.

Деякі прихильники так званої науки про системи стверджують: її відмінність від усіх інших наук полягає в тому, що вона має досліджувати тільки відношення між елементами, абстрагуючись від їхньої природи. Вони стверджують, що в цій науці «системні аспекти проблем можна вивчати і вирішувати незалежно від їхніх предметних (змістових) аспектів здебільшого так само, як ми вивчаємо й використовуємо арифметику, незалежно від сфери її застосування. В обох випадках абстрагування від властивостей предмета корисне. Таким чином уможливорюється розроблення методів із широкою міждисциплінарною застосовністю. Ці методи дають можливість отримувати відповіді на запитання, що стосуються властивостей системності, незалежно від природи речей, у термінах якої вони сформульовані. Наслідки добре розробленої методології систем є далекосяжними, але не такими легкими для сприйняття, як роль арифметики у нашому повсякденному житті»¹⁴³.

На жаль, таке реляціоністське тлумачення систем не враховує того, що метазнання про складники практичних наукових теорій є невіддільним від метазнання про їх атрибути. Які складники, такі й їх атрибути (властивості та відношення). Це віддзеркалює той факт, що предметні галузі наукових теорій складаються з сутностей, які виокремлюються завдяки їх властивостям (атрибутам). А саме їх моделювання засобами теорії полягає в знаходженні й дослідженні певних атрибутів цих сутностей. Це моделювання звичайно відбувається паралельно із знаходженням і дослідженням як зв'язків між сутностями (властивостями сутностей), тобто відношень між ними, так і взаємодій між сутностями, тобто знову ж таки відношень. Науковець, який обмежився б вивченням лише відношень між досліджуваними ним сутностями без знання їх властивостей, навряд чи міг би перевіряти експериментально свої твердження про сутності. Тому будемо виходити з більш наближеного до наукової практики тлумачення системи, додаючи до властивостей відношень між сутностями ще деякі властивості, які враховують характер сутностей, відношення між якими досліджуються.

2.9. Неформальне уявлення про системи

Висловлені думки аж ніяк не означають, що відношення, відкриті між сутностями однієї природи, не можуть існувати між сутностями різної природи. Наприклад, універсальна гравітаційна взаємодія спричинює не лише падіння стиглого яблука на земну поверхню, а й забезпечує обертання Місяця навколо Землі й визначає великомасштабну структуру спостережуваного Всесвіту, складеного із галактик та метагалактик, що взаємодіють¹⁴⁴. Ця універсальність, яку вперше збагнув *Ньютон*¹⁴⁵ і яка притаманна не лише гравітації, а й багатьом іншим взаємодіям і властивостям досліджуваних природних реалій, забезпечує можливість наукових досліджень та їхню практичну цінність.

Визначення: *Системою є цілісна сукупність реалій, зв'язки між якими є більш органічними, міцними, тривалими й стійкими, ніж зв'язки з елементами, які не входять до цієї сукупності.*

2.9.1. Однорідні та неоднорідні системи

У першому наближенні можна виокремити однорідні (гомогенні) та неоднорідні (гетерогенні) системи. Однорідні елементи мають однакові атрибути й утворюють однорідні системи. Їх елементи є однаковими, перебувають в однакових відношеннях один з одним і виконують однакові функції. Прикладом однорідних систем є обмежений об'єм газу, рідини чи твердого тіла або ідеальна (не досяжна на практиці) правова система демократичної країни, в якій її громадяни мають однакові юридичні права та обов'язки.

Неоднорідні системи складаються з елементів різної природи, які мають різні властивості й перебувають у різних взаємних відношеннях. Як приклад наведемо Сонячну систему, в центрі якої розташоване Сонце, що гравітаційно домінує та переважно визначає астрофізичні властивості решти небесних тіл. Іншим прикладом може слугувати будь-який армійський підрозділ ідеальної армії ідеальної країни, де є командир, який керує його діями, та підлеглі, які неухильно виконують його накази.

Якщо звернутися до практичних теорій, розроблених у межах будь-якої науки, то можна побачити, що теорії є неоднорідними, бо містять різні елементи з різними властивостями та функціями.

Серед неоднорідних систем можна виділити багаторівневі, тобто системи, в яких існують певні рівні, що утворюють ієрархічну структуру. На кожному з них «розташовані» специфічні для

нього однакові елементи, виокремлені завдяки конститутивному для цього рівня атрибуту. Але елементи одного рівня вирізняються значеннями цього атрибуту. Наприклад, багаторівневою системою є колектив певного університету, в якому бачимо допоміжних робітників, студентів, професорсько-викладацький колектив та управлінський апарат. Студенти «розташовані» на студентському рівні, але вирізняються, зокрема, прізвищами, роками навчання, статтю, академічною успішністю, іспитовими балами тощо. Це призводить до розщеплення рівня на підрівні, підпідрівні тощо. Різні відношення підпорядкування в університеті утворюють багаторівневу ієрархічну систему. На її верхньому щаблі міститься управлінський апарат, який теж є багаторівневою ієрархічною системою. Всі інші співробітники є підлеглими щодо цього апарату.

Неоднорідною ієрархічною впорядкованою системою можна вважати кожний зразок кристалічного твердого тіла. Так, молекулярний кристал гексанітробензолу містить відповідні молекули, що складаються з бензольного ядра та нітрогруп¹⁴⁶. Ці елементи, своєю чергою, складаються з атомів, а атоми з ядер та електронних оболонок.

Наведені приклади показують, що залежно від обставин, завдань і глибини занурення в досліджуваний об'єкт його можна моделювати системами різного штибу. В будь-якому разі наукові теорії є багаторівневими ієрархічними системами.

2.9.2. Неорганічні та органічні системи

Залежно від типу зв'язків та елементної бази системи можна поділити на неорганічні та органічні. Прикладом неорганічних систем є побудовані людиною машини. Органічними системами є насамперед живі істоти. Два класи систем, які ми тут виокремили, вирізняються за багатьма параметрами; їх не будемо детально обговорювати. Зробімо лише декілька зауважень.

Взаємодія елементів органічних живих систем має багаторівневий і багатогранний (скажімо, гуморальний і нервовий¹⁴⁷) характер зі зворотним зв'язком, коли зміни одного елемента індукують зміни інших елементів. Існування та функціонування окремих елементів залежить від існування інших. Можна ще додати, що при вилученні якогось елемента з органічної системи у переважній більшості випадків він втрачає суттєву частину властивос-

2.9. Неформальне уявлення про системи

тей, які були притаманні йому в системі. Сама ж органічна система іноді перебудовується, щоб компенсувати відсутність такого елемента. Органічні системи, як правило, є адаптивними в тому сенсі, що вони пристосовуються до змін довкілля.

Слід зазначити, що поділ природи на живі організми та неживу матерію є практично корисним і теоретично обґрунтованим, але все ж умовним. Йдеться про віруси, які ніби поєднують риси двох природних сукупностей¹⁴⁸. Те, що важливе саме по собі та з позиції теорії еволюції існування вірусів, є, однак, несуттєвим у цьому контексті, а тому тут не бралось до уваги.

2.9.3. Відкриті й закриті системи

Розрізняють також відкриті й закриті системи. У відкритих системах відбувається обмін інформацією або/та речовиною з оточенням¹⁴⁹. Прикладом закритої системи є група обертань тіла навколо осі у тривимірному просторі¹⁵⁰. В ній є виняткове відношення між заздалегідь визначеними елементами. Якщо існує тільки наш спостережуваний Всесвіт, його теж доцільно вважати закритою системою. На нашу думку, аналізуючи науку, в багатьох важливих випадках наукові теорії адекватніше моделюються як відкриті адаптивні системи.

2.9.4. Статичні, сталі, динамічні та змінювані системи

Статичні системи — це системи, в яких незмінними є як складники, так й їх атрибути. Прикладом є будинок. Як правило, статичні системи є впродовж певного часу сталими з побутового погляду. Насправді, як учить нас класична фізика, не кажучи вже про її квантову сестру, будь-яка статична система не є сталою, оскільки всередині системи постійно тривають певні процеси, хоча й не завжди доступні нашим органам чуття.

Справді, навіть у межах явищ, які вивчають фундаментальна дисципліна «Опір матеріалів», теоретична та будівельна механіка¹⁵¹, статичні споруди постійно перебувають під впливом сил пружності. Тому навіть якщо помістити їх під скляний ковпак, де повітря постійно зберігає сприятливу температуру й вологість, вони через деякий час зруйнуються. Здебільшого це відбувається внаслідок впливу дефектів, що завжди існують в макроскопічних тілах.

Але навіть в ідеальному зразку твердого тіла, який ви покладете на лабораторний стіл, відбуваються динамічні процеси. Наприклад, розпадаються ядра атомів радіоактивних ізотопів, космічні промені вибивають електрони, а іноді й атоми зі своїх місць у кристалічній ґратці. Зрештою навіть за температури абсолютного нуля відбуваються так звані нульові коливання атомів. Формальною (тільки формальною, бо ситуація значно складніша) причиною нульових коливань є взаємозв'язок деяких властивостей атома, що його формулює принцип невизначеності *Гайзенберга*. Згідно з ним добуток невизначеності положення атома в ґратці та його імпульсу (а отже, й кінетичної енергії) не може бути нескінченно малим¹⁵². Це означає, що просторова нерухомість атома захищена квантовими законами!

Натомість динамічні системи з точки зору спостерігача або дослідника відрізняються від статичних. Їх існування визначає змінюваність їх складників. Прикладами є живі організми, хоча й не тільки вони. Наприклад, яскравою динамічною системою є узбережжя морів, де спостерігаємо припливи, зумовлені впливом Місяця і Сонця¹⁵³. Прецінь, зворотним впливом руху водних мас Землі на ці небесні тіла можна спокійно нехтувати й не вважати Місяць і Сонце частиною водної системи, яка періодично наступає та відступає від берегів. Вони є періодичними в часі, але їхні коливальні процеси залишаються досить сталими впродовж десятиліть.

У змінюваних системах через різні обставини їх складники не залишаються тотожними, що й спричиняє їх трансформації у часі. До змінюваних систем належать і соціальні спільноти, і наукові теорії.

2.9.4.1. Адаптивні системи

Важливим видом змінюваних та відкритих систем є системи, трансформації яких призводять до «найкращого» виконання їх функцій або/та пристосування до оточення. Зразком адаптації є біологічна еволюція, яка відбувається на рівні не окремих організмів, а їх популяцій. Як правило, вона здійснюється шляхом накопичення випадкових генетичних мутацій, відбору, виживання найбільш пристосованих до середовища організмів, які мають більше нащадків, ніж конкуренти, що залишилися незмінними. Причому в геологічному масштабі змінюється й середовище.

2.9. Неформальне уявлення про системи

Якщо звернутися до систем наукового знання, то їхні адаптивні зміни здійснюються завдяки творчим діям науковців. На жаль, не всі такі дії приводять до вдосконалення наявних систем знання — «виживають» лише деякі з них.

У першому наближенні чинниками адаптаційних змін систем наукового знання можуть бути або внутрішні причини (наприклад, бажання дослідників усунути внутрішні суперечності системи), або зовнішні причини (наприклад, бажанням, залишаючись у системі, пояснити нові експериментальні факти)¹⁵⁴.

2.9.5. Полісистеми

Визначення. Полісистема — це система, деякі або всі елементи якої є системами.

Типовою полісистемою є будь-який живий організм — від бактерій до ссавців. Дійсно, елементами людського організму зазвичай вважаємо органи, що мають певну форму, посідають певне місце і виконують, як правило, кілька функцій. Кожен з них — це складна система, утворена чотирма різновидами тканин: епітеліальною, сполучною, м'язовою та нервовою. Будь-яка тканина також складається з великої кількості клітин і міжклітинної речовини, тобто є системою.

Своєю чергою, органи, що постійно виконують якісь спільні функції, можуть бути об'єднані в системи вищого рівня. Відповідно до цього критерію говорять про нервову, опорно-рухову, кровоносну, дихальну, статеву, травну тощо системи органів. Важливо зазначити, що один і той самий орган, завдяки тому, що він зазвичай виконує кілька функцій, може розглядатися як підсистема систем різних органів. Крім того, для досягнення більшої ефективності роботи часто відбувається тимчасове об'єднання органів та їх систем у так звані функціональні системи, тобто системи вищого (ніж самі органи) рівня. Прикладом є функціональна система, яка утворюється у спортсменів під час змагань.

Іншими прикладами полісистем можна вважати суспільство, мову, міське господарство, збройні сили тощо.

Визначення. Система А, що є елементом іншої системи В, називається підсистемою А системи В.

Визначення. Система А, до якої входить система С, називається надсистемою А системи С.

Має сенс розглядати будь-яку окрему науку або її галузь, або напрям як певну надсистему, яка включає різні системи. Напри-

клад, до надсистеми «фізика» входять теорії, фізики-теоретики, які створюють, удосконалюють та застосовують теорії, експериментальне обладнання, фірми, що його виробляють, та фізики-експериментатори, які працюють на ньому, законодавство, яке регулює діяльність фізиків та фізичних закладів, університети, які готують фізиків, фізичні журнали та книги, бібліотеки, фізичні конференції, органи, що фінансують фізичні дослідження, допоміжний персонал, приміщення тощо. Висловимо також припущення, з яким, мабуть, не погодиться більшість фізиків, що до цієї надсистеми має сенс додати також філософів, істориків і соціологів фізики, а також деяких фізиків, схильних до рефлексії. З фізичної надсистемою перетинається математична, інженерна, економічна, промислова, політична, військова та інші надсистеми.

Зауважимо, що в цих нарисах ми обмежимося лише деякими аспектами такої підсистеми фізичної надсистеми, яку можна вважати текстовим поданням теоретичної фізики. Остання, своєю чергою, є динамічною мережею фізичних теорій. У центрі нашої уваги знаходяться ті аспекти, які пов'язані з процесами породження нового знання.

2.9.6. Ієрархічні системи

Важливим класом полісистем є ієрархічні системи, про які вже йшлося як про певний різновид систем.

Визначення. В ієрархічних системах елементи розподілені по рівнях, між якими існує певне підпорядкування. Коли є підстави для розгляду елементів як систем, то йдеться про ієрархічні полісистеми.

Ієрархічними системами є, скажімо, наукові колективи або природні об'єкти, якщо їх розглядати з точки зору об'єднання певних об'єктів у більші об'єкти-комплекси. У перших маємо відношення адміністративного, а в других — відношення складеності, що наближено існує між багатьма формами диференціації матерії, якщо знехтувати дефектом маси (енергією зв'язку). Останнє особливо важливо на рівнях атомного ядра, елементарних частинок та субчастинок¹⁵⁵.

У першому прикладі окремі члени наукового колективу розподіляються по рівнях відповідно до того, для кого вони є підлеглими, а для кого — керівниками. Так, директорів інституту підлеглими є не тільки співробітники його відділу, а й усі завідувачі інших відділів та колективи цих відділів. Проблема багатьох наукових інститутів радянського зразка (вони досі існують в постра-

2.9. Неформальне уявлення про системи

дянських країнах, зокрема в Україні) полягає в тому, що в них адміністративні рівні не збігаються з фактичним науковим авторитетом того чи іншого співробітника. Останній, у принципі, мав би забезпечувати цілком інше підпорядкування. Тобто справжні наукові лідери майже ніколи не є формальними (адміністративними) лідерами. На жаль, ситуація в цьому плані в українській науці з часом лише погіршується.

Щодо другого прикладу, то, згідно з сучасними уявленнями, диференційована матерія також розподілена по так званих матеріальних рівнях. Так, будь-яке макротіло складається з молекул, молекули — з атомів, атоми — з ядер і електронних оболонок, ядро — з адронів, адрони — з кварків. Чи продовжиться ця ієрархія вглиб, є дискусійним питанням, бо коли дефект маси стає порівняним із масами складових частинок, саме поняття «складається з» втрачає сенс.

Ієрархічну будову має й мова як система. Звуки усної мови складаються з фонем, зі звуків утворюються вимовні слова, які поєднуються у фрази, що утворюють складніші об'єднання. Те саме стосується й писемної мови. Будь-який писемний знак конструється з найпростіших геометричних фігур або їхніх частин. Завдяки таким знакам ми записуємо слова, слова є вихідним матеріалом для речень. Із речень складаються тексти. Цікаво, що сучасна цивілізація обслуговується досить невеликою кількістю писемних систем, бо побудова кожної з них є важким заняттям, з яким впоралося лише кілька цивілізацій^{156–161}.

Ієрархічна організація забезпечує своєрідний «розподіл праці» між рівнями системи. Функціонування нижчих рівнів створює передумови для функціонування вищих, у той час як вищі певною мірою координують діяльність нижчих. Разом із тим кожному рівню властивий певний ступінь автономності, що проявляється в особливих закономірностях, притаманних кожному рівню, і можливостях самоорганізації на ньому.

Ієрархія рівнів сприяє поширенню в деяких навколонаукових колах думки про справедливність так званої нумерології. Тобто, виходячи з відношень між числами, роблять висновки щодо фізичного світу (йдеться, власне, про природу). Підставою для такого умовиводу адепти нумерології вважають те, що практично будь-яка природознавча теорія використовує числа та відношення між ними, розташовані на найнижчих рівнях її ієрархії. Проте означений підхід є хибним, бо ґрунтується на приписуванні нижчим рів-

ням ієрархії тих функцій, які притаманні лише вищим. Тільки на базі останніх можна з допомогою чисел та відношень між ними робити певні розумні висновки про природу в цілому.

Різновидом нумерології слід вважати безпорадні спроби побудувати так звану квантову теорію свідомості. Згідно з цією «теорією» феномен свідомості намагаються пояснити й описати, спираючись на уявлення про особливості найпростіших квантових об'єктів і використовуючи такі гіпотетичні атрибути, як «свобода волі елементарних частинок».

Уведення рівнів, «населених» однотипними елементами, дає можливість розглядати систему не тільки як таку, що складається з елементів, а й як таку, що утворена рівнями. При останньому способі розгляду система розщеплюється насамперед на рівні, а не на елементи. Ясно, однак, що таке розшарування системи є умовним, оскільки самі рівні можна розглядати як певні елементи і навіть як системи.

2.9.7. Загальна схема побудови ієрархічної системи

У першому наближенні в ієрархічній системі виокремлюють конститутивні та допоміжні рівні.

Визначення. Конститутивний рівень системи — це рівень, який доцільно за певних умов розглядати як існуючий автономно.

Скажімо, армію, яку розглядають як систему, асоціюють з такими конститутивними рівнями, як відділення, чота (взвод), рота, батальйон, бригада, полк, дивізія тощо. Конститутивні рівні мови, як системи, асоційовані з літерами (абетковий рівень), зі словами (словниковий рівень), зі сталими висловами цієї мови (ідіоматичний рівень), з текстами — текстовий рівень.

Схематично це зображено на рис. 2.1:



Рис. 2.1. Конститутивні рівні системи

2.9. Неформальне уявлення про системи

Зауважимо, що за статичного бачення наукової теорії, коли вона подана як певний завершений та досконалий текст, самі науковці та філософи науки виокремлюють в ній лише конститутивні рівні. Її ж розгляд як емерджентної, тобто як такої, що існувала не завжди, а виникла завдяки розумовій праці науковців, потребує введення також допоміжних рівнів. У цьому розумінні системи наукового знання не відрізняються від інших ієрархічних систем.

Справді, більшість ієрархічних систем виникає та змінюється з часом, зокрема в них заміщуються елементи певних рівнів, додаються нові рівні тощо. Ці зміни відбуваються не хаотично, а внаслідок існування певних закономірних процесів, які, своєю чергою, здійснюються за певними правилами чи процедурами. Але ці процеси та процедури не завжди усвідомлені, а якщо й визнані, то не завжди мають прозорий аналітичний вигляд.

Деякі рівні є дуже консервативними щодо змін. Так, у звичайній мові практично неможливо змінювати її абетковий рівень. Значно легше втілюються в життя зміни мовних засобів наукових теорій. До їхніх абеток час від часу додаються нові елементи. Так, до абетки теоретичної фізики майже непомітно й досить поступово увійшли стала Планка h (та споріднена константа $\hbar = h/2\pi$) або псі-функція ψ ^{162, 163}. Ясно, що це були не просто літери, а, як завжди має місце в природничих науках, — це символи нових понять, без яких подальший поступ утвореної в муках квантово-механічної науки мав би зупинитися. Цікаво, що тією ж таки літерою h (латинської та грецької абеток явно бракує для всебічного опису природних і абстрактно-наукових реалій) позначений важливий показник сучасної формальної теорії оцінювання наукових доробків — індекс *Гірша*¹⁶⁴. Водночас інші елементарні «псевдолітери» можуть зникати. Прикладом є символ флогістону Π ¹⁶⁵.

Важко також вигадати й запровадити у мовну практику нове слово або науковий термін, ще важче примусити громаду його систематично вживати. Втім, кожний з нас, вимовляючи або записуючи нове речення, робить свій скромний внесок у зміну текстового рівня.

Речення утворюються зі слів. Його складання є наслідком виконання процедур і базується на певних правилах граматики та стилістики. У разі порушення цих правил вас ніхто не зрозуміє й замість корисного обміну думками ви будете даремно витратити сили, псувати папір або захарашувати соціальні мережі. Тут мають значення не лише слова, а й належні розділові знаки — коми, крапки, дужки тощо. Прикладом їх важливості є відомий сумний жарт: «Помилувати не можна стратити».

Як відомо, й мова математичних формул теж потребує застосування певних правил перетворення та інтерпретації.

Таким чином, якщо уважніше подивитися на ієрархічні системи з ракурсу їх виникнення та змін, то вказана обставина свідчить про необхідність розглядати не лише їхні конститутивні, а й деякі допоміжні рівні.

Нехай маємо конститутивний рівень KP_m . З ним можна асоціювати такі допоміжні щодо нього рівні.

Конструктивно-процесуальний — складається з процесів утворення конститутивного рівня.

Конструктивно-процедурний — складається з правил функціонування процесів утворення конститутивного рівня.

Трансформаційно-процесуальний — відповідає процесам перетворення елементів конститутивного рівня.

Трансформаційно-процедурний — складається з правил, яким підкоряються процеси перетворення елементів конститутивного рівня.

З кожним із цих рівнів можна асоціювати ще аксіологічний, тобто рівень, який складається з оцінок відповідного конструктивного чи допоміжного рівня.

Отже, приходимо до такої схеми.

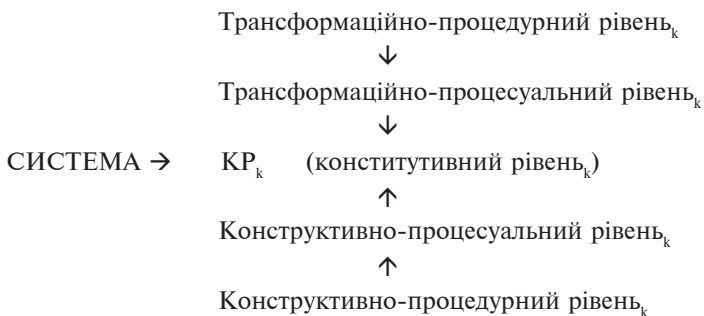


Рис. 2.2. Допоміжні рівні конститутивного рівня KP_k

2.9.8. Універсальні ознаки систем

Наведемо деякі властивості, притаманні більшості систем. Система, як правило, *панує* над своїми елементами та частинами. Також наслідком додавання чи усунення елементів із системи здебільшого є її певна реструктуризація або навіть виникнення нової системи, тобто перебудова системи.

Отже, «під системою слід розуміти єдине ціле, що домінує над своїми частинами і складається з елементів і відношень, які

2.10. Системність наукового знання

пов'язують елементи. Сукупність відношень між елементами системи утворює її структуру. Тому правомірно говорити про структуру системи. Сукупність структури й елементів складає систему»¹⁶⁶.

Системи, як правило, мають властивості, відсутні в їхніх елементах. Властивість тіла «бути здатним літати в повітрі» має літак, як дуже складна механічна система, а не як сукупність його окремих конструкцій. Властивість «бути здатним думати» має людина, а не якийсь її окремий орган¹⁶⁷.

2.9.9. Відносність моделювання реалій як систем

Розгляд об'єкта з точки зору його моделювання не є однозначним, бо залежно від обставин дослідження та його мети реалію можна вважати простою або складною системою, підсистемою, надсистемою чи полісистемою. Все залежить від дослідницьких проблем, для розв'язання яких застосовують той чи інший підхід і «підручні» засоби, які має науковець у своєму розпорядженні.

2.10. СИСТЕМНІСТЬ НАУКОВОГО ЗНАННЯ

Отже, читач вже має певні уявлення про *системи, полісистеми, підсистеми, надсистеми, елементи, рівні* й такі системні властивості, як *ієрархічність*. Є всі підстави вважати, що наукове знання обов'язково існує у вигляді окремих його систем, а наукові теорії приймають їх найбільш розвинену, тобто ієрархічну форму.

Світосприйняття людини багато в чому визначене попередніми, нагромадженими в її свідомості уявленнями. Це стосується і розуміння системності знань. Опанувавши деяку їх систему, людина зазвичай не схильна її міняти, а прагне інтерпретувати нову інформацію в рамках наявної системи. Особливо яскраво про це свідчать досліди з розпізнавання зображень при короткочасному їх демонструванні. Так, в одному з експериментів учасникам показували гральні карти, на яких масті мали звичайні кольори (знак піки — чорний, знак чирви — червоний і т. ін.) Більшість учасників навіть при короткочасному пред'явленні карт практично не робило помилок у їхньому розпізнаванні. Однак якщо карти були незвичайними (наприклад, чирви були чорними), то ці карти помилково ототожнювалися зі стандартними. Наприклад, чорна дев'ятка чирв розпізнавалася або як дев'ятка пік, або як

дев'ятка чирв¹⁶⁸. Це свідчить про те, що нова інформація часто тлумачиться свідомістю людини в душі вже наявного знання.

Аналогічні ситуації неодноразово зустрічаються і в науці. Їх фізичним прикладом є інтерпретація *Резерфордом* відкритої складної будови атома в термінах будови Сонячної системи. Яскравим математичним прикладом є історія з доведенням п'ятого постулату *Евкліда* (III ст. до н. е.) про паралельні прямі. Цей постулат стверджує, що на площині через точку поза прямою можна провести тільки одну пряму, яка не перетинає першу.

Багато сторіч математики намагалися цей постулат довести або спростувати. Одним із них був італієць *Джироламо Саккері*. Використовуючи метод доведення від супротивного, він фактично побудував деякий варіант неевклідової геометрії, так і не одержавши очікуваного ним протиріччя. Однак його переконаність у неможливості інших геометрій перешкодила йому це усвідомити. «Отримані ним теореми здалися йому такими огидними, що він їх відкинув»¹⁶⁹. До речі, така естетично негативна «характеристика», як «огіда», може слугувати для оцінки інших складників системи наукового знання. Проте в історії науки та філософії науки значно досліджуванішою є її протилежність — «краса».

У природничих науках, де експеримент вважають загально-визнаним, повновладним та безапеляційним суддею щодо запропонованих теорій, навіть численні експериментальні дані, які суперечать тій чи тій теорії, самі по собі ніколи не зумовлюють її виведення з наукового обігу. Така теорія «живе» і використовується доти, доки в цій царині не постане інша, досконаліша й цілісніша теорія, яка пояснить не витлумачені доти факти.

Так, добре відомо, що результати дослідів американців *Альберта Майкельсона* й *Едварда Морлі* з вимірювання швидкості світла в різних напрямках відносно руху Землі по орбіті¹⁷⁰ не узгоджувалися з законами класичної механіки *Ньютона—Галілея*, зокрема з її законом додавання швидкостей. Проте доти, доки не була побудована спеціальна теорія відносності, використання класичної механіки навіть для тіл, що рухаються зі швидкістю порядку швидкості світла, продовжувало вважатися цілком можливим¹⁷¹. Тут, мабуть, знову доречна аналогія між теоріями й живими організмами. Однією з необхідних умов існування будь-якого виду тварин є наявність у довкіллі достатньої кількості поживної для нього їжі. Для наукової теорії аналогом їжі можна вважати її застосування, або аплікації. При цьому ми розуміємо застосування теорії ширшим, ніж це зазвичай прийнято. Адже природно вважати, що по-

2.10. Системність наукового знання

яснення експериментальних фактів з допомогою теорії, висування нової ідеї або гіпотези на підставі цієї теорії, розв'язання певної проблеми засобами теорії, розроблення методу або навіть пристрою — все це буде застосуванням цієї теорії. В такому випадку факти, що суперечать теорії, можна порівняти з появою в сфері її використання, тобто в предметній галузі, певної неістинної для неї їжі (поряд з істинною — «зручними», поясненими фактами).

Коли «істинної їжі» не бракує, теорія продовжує більш-менш пристойно функціонувати. І тільки тоді, коли постає нова теорія, краще пристосована до споживання всієї «їжі», як істинної, так і неістинної для старої теорії, відбувається «відмирання» старої й перемога нової теорії в очах користувачів.

Та якщо підґрунтя старої теорії було міцним, а сфера її застосування широкою, стара теорія не відмирає остаточно. Найчастіше теорії «ділять» між собою наявні ресурси. Наприклад, спеціальна теорія відносності лише обмежила сферу застосування класичної механіки. У класі механічних явищ, породжуваних системами макроскопічних тіл, за умови, що швидкості всіх тіл значно менше швидкості світла, класична механіка залишається цілком придатною і навіть зручнішою для застосування, ніж її молодша конкурентка.

Таким чином, часто-густо системи наукового знання чинять відчайдушний опір зовнішнім впливам, які прагнуть їх знищити. Навіть більше, нерідко обсерваційні та експериментальні дані, що суперечать загально визнаній теорії, вчені взагалі відкидають. Так, багато сучасників *Галілея* заперечували існування відкритих ним плям на Сонці, тому що це суперечило їхній умоглядній теорії про ідеальність небесних тіл¹⁷². Вони вважали, що ці плями породжені недосконалістю використовованого *Галілеєм* телескопа. У двадцятому столітті багато відомих хіміків і біологів заперечували існування періодичних автокаталітичних хімічних реакцій, які вони бачили навч, тільки тому, що подібні процеси не вкладалися в межі існуючих теорій, згідно з якими хімічні реакції за відсутності зовнішнього впливу мають протікати монотонно в часі¹⁷³.

Немає сумніву, що й наша реконструкція наукових теорій теж буде заперечуватися з різних причин багатьма науковцями та філософами науки. Для деяких науковців це буде тому, що вона не є практичним інструментом вирішення їхніх нерозв'язаних проблем. Для деяких філософів науки це буде тому, що вона надто складна та її опанування потребує детальніших і глибоких знань реальних наукових теорій або вони не побачать її потенціалу в уточненні та

навіть спростуванні традиційних псевдопроблем на кшталт сумнозвісної проблеми несумірності класичної та квантової теорій.

Наведемо приклад із власного досвіду одного з авторів. Захищається його аспірантка, яка застосовувала одну з перших версій структурно-номінативної реконструкції для пояснення розвитку хімії. Її звинуватили в тому, що уявлення про хімічну теорію, якого вона дотримувалася, не збігається з тлумаченням теорій у філософських словниках. Вона відповіла, що її погляд добре узгоджується з реальними хімічними теоріями, які вона досліджувала. Захистилася!

Усі розглянуті вище властивості систем є корисними для аналізу наукових теорій, які доцільно реконструювати як складені, відкриті, адаптивні, ієрархічно побудовані, змінювані полісистеми. Вони, як сподіваємося показати нижче, виконують значно більше функцій, ніж їм зазвичай приписують. Для реалізації їх, на нашу думку, теорія має містити значно більше складників, ніж досі вважалося.

2.10.1. Підсистеми наукової теорії як системи

Наведемо попередній опис підсистем теорії, яку реконструюємо як полісистему¹⁷⁴. Однак унаслідок вже згаданого переплетіння підсистем, характеризуючи будь-яку з них, також використовуватимемо інші концепції, які аналізуватимемо детальніше в наступних частинах цієї книги, присвяченої всього двом підсистемам, та майбутніх нарисах, де розглядатимемо решту підсистем.

Отже, в рамках теорії пропонуємо такий перелік підсистем¹⁷⁵.

- Онтична
- Дефініційна
- Називна
- Формально-модельна
- Модельно-репрезентативна
- Мовна
- Логістична
- ↗ Номічна
- Теорія як система → ↘ Апроксимаційна
- ↘ Проблемна
- Операційна
- Процедурна
- Оцінкова
- Евристична
- Гіпотезна
- Єднальна/сполучна

Рис. 2.3. Підсистеми теорії

2.10. Системність наукового знання

Майже всі ці підсистеми побіжно згадувалися на попередніх сторінках цієї книги.

Метафорично кожна підсистема є образним відтворенням усієї теорії. *Центральними* в кожній підсистемі є її *основні* компоненти. Її *допоміжні* компоненти функціонують як «сировина» для основних.

Наприклад, моделі є допоміжними для проблемної підсистеми, оскільки багато її основних компонентів сформульовано, виходячи з позиції модельованих реалій. Своєю чергою, певні проблеми можна вважати допоміжними для модельної підсистеми, оскільки вони сприяють аналізу наявних моделей та спонукають до побудови нових.

Зокрема, проблема пояснення явища надпровідності, відкритого¹⁷⁶ голландським фізиком та інженером *Гейке Камерлінг-Оннесом*¹⁷⁷, була розв'язана завдяки створенню нової теоретичної моделі¹⁷⁸. Цю модель сформулювали саме із зазначеною метою американські фізики *Джон Бардін*¹⁷⁹, *Леон Купер*¹⁸⁰ і *Джон Роберт Шриффер*¹⁸¹. Відтоді її використовують в різних розділах теорії твердого тіла¹⁸², в теорії елементарних частинок¹⁸³, теорії атомного ядра¹⁸⁴ та в астрофізиці¹⁸⁵. Власне, вона стала неодмінним елементом культури фізиків-теоретиків і сприймається як незаперечна істина, принаймні в теоретичних дослідженнях традиційних надпровідників — металів і сплавів. Справді, вона залишається дуже корисною, але все ж таки моделлю, яка, певна річ, не підлягає наївній процедурі підтвердження та спростування, запропонованій *Поппером*, але є корисним дороговказом при аналізі експериментальних даних для будь-яких надпровідників¹⁸⁶.

Теорії можна розрізняти, зокрема, за ступенем досконалості розроблення їх підсистем. Наприклад, наразі модельні та проблемні підсистеми всіх теорій струн є недостатньо розвиненими з точки зору їхніх онтичних підсистем. Річ у тім, що в термінах запропонованих моделей ще не сформульовані проблеми, розв'язання яких мало б наслідки, які можна було б перевірити з використанням наявного або можливого в недалекому майбутньому експериментального обладнання. Проблеми, якими зараз опікуються теоретики, що розвивають теорію струн, є внутрішніми для неї, тобто стосуються проблем розвитку та узгодження її підсистем¹⁸⁷.

Зміни компонентів будь-якої з підсистем теорії можуть дати поштовх для розвитку інших її підсистем. Так само поява нової

теорії може розпочатися з утворення початкової та недосконалої версії будь-якої з її майбутніх підсистем. Історія розвитку кожної науки повна прикладів таких процесів. Наприклад, небесна механіка почалась із спостережень *Тихо Браге*, які обробив *Йоганн Кеплер*. Тоді виникли зародки її *онтичної* та *називної* підсистем. А потім прийшов *Ньютон*.

Підсистеми мають багаторівневу ієрархічну структуру. Наприклад, конкретна мова є складником мовної підсистеми. Як ми вже зазначали, у першому наближенні мова має базовий абетковий, словниковий, фразеологічний (ідіоматичний) та текстовий конститутивні рівні. Існують також супутні рівні, що відповідають діям побудови, об'єднання, перетворення та оцінки складників мовної підсистеми. Ці рівні включають правила та процедури виконання згаданих дій. Образно кажучи, рівнева побудова підсистем досі залишається справжньою темною матерією для більшості реконструкцій наукових теорій.

Незважаючи на те, що теорії мають полісистемний склад, наявні їх реконструкції, як правило, зосереджуються на одній або декількох підсистемах і, що є особливо прикритим, ототожнюють її/їх з цілою теорією. Оскільки такі реконструкції не враховують зв'язки вибраних підсистем із рештою підсистем, вони створюють неповні або часткові відображення навіть вибраних підсистем. Це стосується, зокрема, зведення теорії до сукупності моделей, чого явно не достатньо для належного аналізу всієї структури теорії.

Додаймо кілька слів про окремі підсистеми.

2.10.1.1. Онтична підсистема

Кожна практична теорія має свою сферу застосування. У будь-який момент історичного розвитку теорії її *онтична підсистема* включає поняття припущених реалій предметної галузі та поняття їх атрибутів (властивостей, відношень, зв'язків, станів та процесів). Зміст цієї підсистеми (тобто описової картини предметної галузі) змінюється в результаті експериментального та теоретичного дослідження галузі. Ці зміни спричиняють відповідні перетворення інших підсистем теорії.

Наприклад, предметна галузь теорії елементарних частинок швидко змінювалась із відкриттям нових частинок та їх нових атрибутів. Одним із пускових механізмів прогресу цієї теорії була побудова оригінальних моделей елементарних частинок, що вклю-

2.10. Системність наукового знання

чали нові компоненти моделей, які спричинили зміни в інших компонентах цієї теорії. Одночасно спостерігаємо вплив внутрішніх змін теорії на її онтичну підсистему, наприклад, за рахунок підтвердження попередніх передбачень внаслідок відкриття нових об'єктів і явищ. Сама можливість прогнозування виникла як результат певних змін компонентів практичної теорії. Зрозуміло, що теорія елементарних частинок¹⁸⁸ є лише одним типовим випадком розвитку теорії у взаємозв'язку з експериментом.

2.10.1.2. Називна підсистема

Розмірковуючи про досліджувані реалії та їх атрибути, теоретики творять і використовують різні класи їхніх імен. Так, онтична підсистема називної підсистеми теорії містить різноманітні класи назв (символи, позначення, абрєвіатури, терміни, схеми, діаграми, таблиці тощо), які представляють у теорії реалії її галузі. Онтичні назви розглядуваних реалій та їх атрибутів запозичуються з національних повсякденних мов та інтернаціональної фізичної *lingua franca*.

Теоретична підсистема називної підсистеми містить аналогічні засоби іменування складників теорії. Іноді одна й та сама назва позначає як реалію або атрибут, так і відповідний компонент теорії. Прикладом може служити символ *F*, який позначає як реальну фізичну силу, спрямовану в певному напрямку, так і відповідну векторну функцію в теоретичній механіці.

2.10.1.3. Модельно-репрезентативна підсистема

Основними компонентами цієї підсистеми є *репрезентативні* моделі. Вони відображають бачення досліджуваної сукупності реалій автором моделі та її користувачами, причому часто-густо різні користувачі (теоретики та експериментатори) по-різному розуміють сенс цих моделей. Наприклад, по-різному оцінюють походження і сутність важливого дисипативного параметра Γ , який входить в модель *Дайнса*¹⁸⁹ для щільності електронних станів надпровідника, хоча формально відповідний математичний вираз є однаковим у більшості праць. Ї вибір інтерпретації не є якимось незначним нюансом, а впливає на подальші дії з моделлю, оскільки, скажімо, можливі значення безрозмірного відношення величини Γ до величини енергетичної щільності Δ залежать від тлумачення моделі. Якщо ж відмовитись від бодай якоїсь мікроско-

пічної інтерпретації вказаного параметра, то теорія стає повністю феноменологічною, а значення відношення Γ/Δ — параметром математичної підгонки, що також є можливим способом дій теоретика, коли бракує глибшого розуміння проблеми.

Базуючись на моделях, науковці проводять подальші дослідження, обчислюючи та вимірюючи значення атрибутів реалій, для дослідження яких і була запропонована певна модель. Моделі — це «магічні лінзи», за допомоги яких дослідники, використовуючи теорію, «дивляться» на реалії та їх атрибути з галузі теорії. У першому наближенні можна розрізнити словесні, візуальні, емпірично інформативні та дескриптивні (описові) математичні моделі, які об'єднуються у відповідні підсистеми *модельно-репрезентативної* підсистеми.

Словесні та візуальні моделі містять описи реалій та їх атрибутів з точки зору онтичних назв. Наприклад, словесна модель *Коперника* геліоцентричного Всесвіту використовує індивідуальні та колективні онтичні імена реалій («Сонце», «Земля», «планета», «зоря» тощо) й імена атрибутів реалій («центральне розташування Сонця», «планети, які обертаються навколо Сонця», «кругові форми планетарних орбіт» тощо). Емпірично інформативні моделі містять і впорядковують кількісні результати спостережень та/або вимірювань атрибутів, зроблених спостерігачами та/або експериментаторами.

Математичні моделі реалій поєднують математичні моделі деяких їх атрибутів¹⁹⁰ засобами математики, зокрема у вигляді математичних рівнянь. Наприклад, другий (основний) закон динаміки Ньютона був сформульований у вигляді звичайного диференціального рівняння другого роду, який зв'язує такі математичні моделі атрибутів матеріальних тіл, як сила й прискорення (описуються векторними функціями) і маса (представлена як скалярна константа). Аргументом рівняння є час, а часткове та повне інтегрування дає швидкість матеріальної точки (або тіла) і траєкторію як векторні функції аргументу. Певна річ, що сучасна теоретична механіка¹⁹¹ містить багато узагальнень другого закону *Ньютона* і дає багато корисних розв'язків, але головна ідея, що відрізняє фізику *Ньютона* від фізики *Аристотеля*, залишається незмінною.

Зауважимо, що моделі мають власні внутрішні теоретичні назви.

Корисність моделей та їх достовірність у природознавстві, особливо у фізиці, зумовлені не тільки можливістю щось обрахувати та порівняти з експериментом (підтвердити або спростувати,

2.10. Системність наукового знання

за *Поппером*), хоча й це є вельми важливим. Тобто цінуємо моделі не лише за це, а й за проникнення в глибину модельованого явища (славнозвісний інсайт — *insight*). Прочитуємо принагідно *Ентоні Леггетта*: «Але в такому випадку не можна, звісно, вірити моделі *завдяки* обчисленням, навпаки, *принаймні* згідно з моїм досвідом, людина не вірить або не довіряє розрахункам, якщо і доти, доки в неї не спалахне прозріння й вона не побачить результат завдяки створеній моделі»¹⁹².

2.10.1.4. Мовна підсистема

Мовна підсистема об'єднує та впорядковує мови, які використовує практична теорія. На відміну від поширеного міфу про існування єдиної мови науки кожна підсистема практичної теорії вживає багато спеціальних мов, які описують її основні та допоміжні компоненти. Деякі з цих мов є описовими, інші — математичними. Деякі мови є дихотомічними, інші — нечіткими. Математичні мови будь-якої фізичної теорії запозичуються з різних математичних теорій. У будь-якому випадку використання математики в фізичній теорії не перетворює її на математичну хоча б тому, що математика в фізиці відіграє службову роль інструмента. Якщо ж фізик отримує нові математичні результати (а таке буває доволі часто¹⁹³), то він, як цар *Іван IV* у п'єсі *Михайла Булгакова*¹⁹⁴, змінює професію і стає на деякий час математиком.

2.10.1.5. Номічна підсистема

Ця підсистема містить формулювання законів, аксіом і постулатів, що репрезентують у теорії атрибути й закономірності реалій з її предметної галузі, а також принципи організації та зміни самої теорії.

2.10.1.6. Уявлення про решту підсистем

Сподіваємось, що наші неформальні описи допоможуть отримати початкове знання про склад та функції решти підсистем. Це *дефініційна* (визначення різного стибу); *логістична* (дедуктивний, індуктивний, абдуктивний, таксономічний та подібні засоби упорядкування інших підсистем); *проблемна* (проблеми, питання та завдання, які формулюються та вирішуються з допомогою теорії); *операційна* (операції як із компонентами, так і з самою тео-

рією); *процедурна* (процедури як правила виконання дій); *оцінкова* (оцінки компонентів і теорії); *гіпотезна* (правдоподібні гіпотези, що приймаються теорією); *евристична* (корисні, але недостатньо обгрунтовані міркування); *апроксимаційна* (наближення теорії та її компонентів до предметної сфери) і *сполучна* (зв'язки між підсистемами та їх внутрішніми компонентами) підсистеми.

Зазначимо, що в цій книзі у фокусі розгляду будуть насамперед називна (Назви) та онтична (Реалії) підсистеми.

2.11. НАУКОВІ ТЕОРІЇ В СОЦІУМІ

Моделюючи наукові теорії, розроблені для дослідження природних явищ, ми здебільшого повністю абстрагуємось від суспільства, в якому живуть і працюють розробники цих теорій. Натомість наукові теорії в суспільних та гуманітарних науках завжди «прив'язують» до суспільно-політичних та історичних обставин¹⁹⁵. З останнім не можна не погодитись, бо, скажімо, погляд на давню історію, прецінь, залежить від системи поглядів і філософських та інших переконань історика або філософа, який ці погляди висловлює у своїх творах. Це особливо стосується ситуацій, коли відсутня аргументована критика нахабної й відвертої фальсифікації історичних даних або поглядів історичних діячів. Коли ж фальсифікують геть усе, включно з кількістю танків, гармат і літаків¹⁹⁶, то справжня наука випаровується, а в осаді залишаються «радянські суспільно-гуманітарні науки», якими нас підгодовували в школі та університеті.

На жаль, свідомо та ідеологічно обгрунтована фальсифікація науки притаманна не лише одіозному Радянському Союзу та нацистському Третьому Райху, які вже зникли з географічних мап. Останнім часом так звані прогресисти Заходу, а насправді ліві фальсифікатори всіх наук намагаються переписати історію, причому не тільки суспільну, а й історію природознавства. Більше того, вони висувають маніакальні ідеї, нібито існує інша фізика, інша хімія, інша біологія, створені не тими, хто їх створив насправді (наприклад, *Айзеком Ньютоном*, *Джеоном Дальтоном* і *Чарльзом Дарвіном*, яких вони під впливом расистських ментальних наркотиків називають не інакше, як *dead white males*¹⁹⁷), а іншими нікому не відомими персонажами знову ж таки ідеологічно правильної раси і статі.

Проте залишимо осторонь новітню расистську маячню і поставимо собі запитання, чи впливає на структуру та об'єктивний

2.11. Наукові теорії в соціумі

зміст наукових теорій — насамперед у царині природознавства й математики — суспільство, члени якого є творцями наукового знання? Ясно, що ми не перші торкнулися цієї проблеми. Тому коротко розглянемо її, спираючись на попередників (славнозвісні «плечі велетнів»).

Якщо на початку ХХ століття окремі науковці та нечисленні наукові колективи виглядали, як острови посеред суспільного моря, ментально далекого від науки, то за нової доби кількість науковців швидко зростала, а зв'язки між ними, в тому числі міжнародні, міцнішали. Врешті-решт, після Другої світової війни була створена так звана «республіка науковців», яка все менше зважала на кордони між державами¹⁹⁸. Поступово зникала й різниця в методах і вподобаннях між науковими школами, втім, попри перетикання ідей суспільне докільля продовжувало впливати на наукові спільноти в кожній країні, де розвивалася наука. Саме тому і суспільне процвітання, і суспільний занепад, і його духовні хвороби відбиваються на науці не лише в безпосередньо фінансовий спосіб, а й опосередковано, через науковців як суб'єктів пізнання. Тому поширеність певних поглядів, сутність і форма наукових теорій змінюються повсякчасно й радикально, так що жодна впроваджена таксономія теоретичного природничого знання¹⁹⁹ не здатна наздогнати швидкоплинне переформатування матеріалу, який вона прагне охопити. Розуміючи це, ми воліємо радше надати ескіз стрижневих рис наукових теорій, аніж побудувати повну картину, яка застаріє в процесі створення.

У соціальному сенсі головними проблемами науки як суспільного явища є наступні: 1) у вирішення яких проблем вкладати державні кошти? 2) як оцінювати певні наукові ідеї та досягнення? Тут наукові спільноти та державні інституції мають працювати разом, а вибір, як вже зазначалося вище, є частково забарвленим у національні кольори.

Для науковців варто усвідомлювати, що їхню улюблену науку «не науковці» сприймають як одну із забавок людства поряд із художньою літературою, мистецтвом і спортом. Те, що наука є ще величезною креативною силою, яка забезпечує неухильне підвищення якості життя кожної людини, пересічні громадяни не знають або заплющують на це очі, коли треба додати бодай цент, пенні або копійку на *науку* та *освіту*. Про допитливість годі й казати. Це первісні люди (як і сучасні мешканці джунглів²⁰⁰, пустель²⁰¹ або арктичного простору²⁰²) були дуже допитливими,

бо інакше швидко програли б у внутрішньовидовій і міжвидовій конкурентній боротьбі. Нинішня людина у великому місті (в якому її незрівнянно більш цікавить секс, ніж наука) розвиненої країни може проіснувати на середньому рівні, нічого не роблячи взагалі або мінімально витрачаючи сили та час. Але вона має право голосу («на жаль», скажемо ми, наражаючись на відчайдушні зойки лівого істеблїшменту). Тому навіть освічені політики на догоду недоосвіченій масі часто гноблять науку в різний спосіб.

Але все-таки якісь державні кошти на науку виділяють. А як відокремити ту науку, яка справді є наукою і яку доцільно фінансувати, від нікчемного словоблуддя та свідомо чи несвідомо помилкових тверджень? Для цього необхідно, хоча іноді це буває обтяжливо, рекламувати свою науку, пояснювати її широкому загалу, вести постійну копітку просвітницьку роботу²⁰³. Треба проводити її так, щоб наука стала цікавою для необізнаної людини. Громадянин має знати, що науковець здійснює дослідження не лише заради отримання утилітарних результатів, а й заради наближення до «остаточної» «чистої» істини, що завжди сяє на обрії, але залишається недосяжною, позаяк обсяг знання є безмежним²⁰⁴. Як слушно сформулював *Займан*: «Для філософа наука цікава своїми абстрактними теоріями; людина з вулиці цінує науку за практичні досягнення; але для науковця єдність теорії та практики є тим, що він найбільше цінує і підкреслює у своєму викладанні»²⁰⁵.

У західному світі існують часописи, які всю увагу приділяють практичним результатам науки та пропаганді її новітніх досягнень²⁰⁶. На жаль, потреба у таких джерелах інформації про науку досі не усвідомлена нашою політичною, навіть науковою елітою, не кажучи вже про решту суспільства.

Але людське оточення не тільки споживає науку. Воно також і формує її, тим паче, що предмети досліджень часто бувають дуже дражливими. Наприклад, соціально значущими є, на перший погляд, академічні дослідження з еволюційної теорії в біології або генетиці²⁰⁷, навіть досягнення космології у вивченні еволюції Всесвіту як такі, що стосуються місця людини у Всесвіті та релігійних поглядів людства загалом²⁰⁸.

Наукові теорії зазвичай розглядають як ознаку чи символ елітарності, яку інколи називають *фундаментальністю* (*basic research*)²⁰⁹. Власне, без наукової теорії або її зародка (тобто без власного погляду на явище або предмет дослідження) саме досліджен-

2.12. Бібліографія та коментарі

ня стає безглуздом, оскільки втрачає мету. І все ж таки сутність природознавства полягає в тому, що ці теорії дослідник має порівнювати з об'єктом зовнішнього світу, а тому вони є, бодай частково, прикладними, практичними. Навіть коли сам дослідник не думає про прикладні аспекти своїх наукових праць, його допитливість, як риса, притаманна живій істоті класу ссавців, поєднує його з природою взагалі та з людським суспільством як «зіпсованою частиною природи» зокрема.

2.12. БІБЛІОГРАФІЯ ТА КОМЕНТАРІ

¹ Прочитуємо одного з видатних фізиків сучасності Філа Андерсона: «Цей процес “побудови моделі”, по суті, відкидання всього, крім найнеобхіднішого, та зосередження на моделі, доволі простій для виконання роботи, але не надто складній, щоб побачити шлях до кінця, є, можливо, найменш зрозумілою — а часто найнебезпечнішою — із всіх функцій фізика-теоретика... Я сказав про безпеку, і сенс, згідно з яким це є так, полягає в тому, що закладається пастка для більшості колег, які занадто буквально розуміють або необхідність, або реальність процесу побудови моделі. Дійсно, добре побудована модель часто може набути великої ваги, якщо її використовувати розумно, але вона ніколи не витримає, якщо її тлумачити буквально». P. W. Anderson, *More and Different. Notes from a Thoughtful Curmudgeons* (World Scientific, Singapore, 2011), p. 38.

² M. Mahner, Mario Bunge (1919–2020): *Conjoining Philosophy of Science and Scientific Philosophy*. J. Gen. Philos. Sci. **52** (1), 3–23 (2021).

³ https://en.wikipedia.org/wiki/Frederick_Suppe.

⁴ M. Bunge, *Philosophy of Science. From Problem to Theory, Vol. 1* (Routledge Transaction, London, 2017), p. 433.

⁵ F. Suppe, *The search for philosophical understanding of scientific theories*, In F. Suppe (ed.). *The Structure of Scientific Theories*. Second edition (University of Illinois Press, Urbana, IL, 1977), p. 3.

⁶ F. Suppe, *Understanding scientific theories. An assessment of developments, 1969–1998*, In *Philosophy of Science. Supplement. 2000, Proceedings of the 1998 Biennial Meetings of the Philosophy of Science Association. Part II: Symposia Papers*, 67, p. S109.

⁷ F. Suppe, *Understanding scientific theories. An assessment of developments, 1969–1998*, In *Philosophy of Science. Supplement. 2000, Proceedings of the 1998 Biennial Meetings of the Philosophy of Science Association, Part II: Symposia Papers*, 67, p. S111.

⁸ Наприклад, до такої категорії можна віднести більшість текстів, що претендують на науковість, та в назві яких є слово «теорія». Такі позбавлені конкретики й сенсу тексти, зокрема, продукуються представниками академічної педагогіки сучасної України.

⁹ S. French, *There Are No Such Things as Theories* (Oxford University Press, Oxford, 2020).

¹⁰ P. J. E. Peebles, *Anomalies in physical cosmology*, Ann. Phys., **447** (Part 1), 169159 (2022); P. J. E. Peebles, *The Whole Truth. A Cosmologist's Reflections on the Search for Objective Reality* (Princeton University Press, Princeton, 2022).

¹¹ S. Flügge, (ed.), *Encyclopedia of Physics* (Springer, Berlin 1955—1984); D. Greenberger, K. Hentschel, F. Weinert (eds.), *Compendium of Quantum Physics. Concepts, Experiments, History and Philosophy* (Springer, Heidelberg, 2009); J. Gribbin, *Q is for Quantum. An Encyclopedia of Particle Physics* (The Free Press, New York, 1998); J.-P. Francoise, G. L. Naber, T. S. Tsun (eds.), (2006). *Encyclopedia of Mathematical Physics* (Elsevier, Amsterdam, 2006); R.A. Meyers (ed.), *Encyclopedia of Physical Science and Technology* (Academic Press, San Diego, 2001); А. М. Прохоров (ред.), *Физическая энциклопедия* (Советская энциклопедия, Большая Российская энциклопедия, Москва, 1989—1998).

¹² S. K. Abell, N. G. Lederman (eds.), *Handbook of Research on Science Education* (Lawrence Erlbaum Associates, Mahwah, NJ, 2007); S. Erduran, Z. R. Dagher, *Reconceptualising the Nature of Science for Science Education: Scientific Knowledge, Practices and Other Family Categories* (Springer, Dordrecht, 2014); M. R. Matthews (ed.), *International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching* (Springer, Dordrecht, 2014).

¹³ M. R. Matthews (ed.), *Science Teaching. The Contribution of History and Philosophy of Science. 20th Anniversary Revised and Expanded Edition* (Routledge, New York, 2014); W. F. McComas (ed.), *Nature of Science in Science Instruction. Rationales and Strategies* (Springer, Cham, 2020).

¹⁴ Див., зокрема: М. Aydeniz, K. Bilican, *What do scientists know about the nature of science? A case study of novice scientists' views of NOS*. Int. J. Sci. Math. Educ., **12** (5), 1083—1115 (2014); R. Schwarz, N. Lederman, *What scientists say: Scientists' views of nature science and relation to science context*. Int. J. Sci. Educ. **30** (6), 727—771 (2008); L. D. Yore, B. M. Hand, M. K. Florence, *Scientists' views of science, models of writing, and science writing practices*. J. Res. Sci. Teach., **41** (4), 338—369 (2004).

¹⁵ L. Boschiero, *Why history and philosophy of science matters*. Metascience, **29** (1), 1—4 (2020); S. De Haro, *Science and Philosophy: A Love—Hate Relationship*. Found. Sci., **25** (2), 297—314 (2020); L. Laplane, P. Mantovani, R. Adolphs, H. Chang, A. Mantovani, M. McFall-Ngai, C. Rovelli, E. Sober, and T. Pradeu, *Opinion: Why science needs philosophy*. Proc. Natl. Acad. Sci. (USA), **116** (10), 3948—3952 (2019); C. Rovelli, *Physics Needs Philosophy. Philosophy Needs Physics*. Found. Phys., **48** (5), 481—491 (2018).

¹⁶ Б. С. Горобец, *Круг Ландау. Жизнь гения, Часть первая, Издание второе, исправленное и дополненное* (УРСС, Москва, 2008).

¹⁷ Д. Гриббин, М. Гриббин, *Ричард Фейнман. Жизнь в науке* (Институт компьютерных исследований, Москва — Ижевск, 2002).

¹⁸ S. Weinberg, *Third Thoughts* (The Belknap Press, Cambridge, MA, 2018).

¹⁹ Д. Хоффман, Р. Шульман, *Альберт Эйнштейн (1879—1955)* (РХД, Москва—Ижевск, 2009).

²⁰ Е. М. Кляус, У. И. Франкфурт, А. М. Френк, *Нильс Бор (1885—1962)* (Наука, Москва, 1977).

²¹ F. Wilczek, https://en.wikipedia.org/wiki/Frank_Wilczek.

²² D. C. Cassidy, *Beyond Uncertainty. Heisenberg, Quantum Physics, and The Bomb* (Bellevue Literary Press, New York, 2009).

2.12. Бібліографія та коментарі

²³ Ю. М. Брук (составитель), *Виталий Гинзбург в воспоминаниях друзей и современников* (Физматлит, Москва, 2011).

²⁴ Ю. Сажере, Ж. Адамар, Л. де Бройль, *Анри Пуанкаре* (РХД, Москва—Ижевск, 2001).

²⁵ В. Кузнецов, Від вивчення теоретичної фізики до філософського моделювання наукових понять і теорій: під впливом Павла Копніна та його школи. В *Філософські діалоги* 2016. Історія та сучасність в наукових роздумах Інституту філософії (Інститут філософії ім. Г. С. Сковороди НАН України, Київ, 2017), с. 62—92.

²⁶ A. Gabovich, V. Kuznetsov, *Towards Periodizations of Science in the History of Science*. In F. Seroglou, V. Koulountzos (eds.), *Conference Book of Proceedings of 15th International Conference «History, Philosophy, and Science Teaching, Re-Introducing Science: Sculpting the Image of Science for Education and Media in Its Historical and Philosophical Background» July 15th—July 19th, 2019* (Thessaloniki, Greece, 2019). P. 585—594.

²⁷ M. Burgin, *The Theory of Named Sets* (Nova Science Publishers, New York, 2011).

²⁸ М. Бургин, В. Кузнецов, *Аксиологические аспекты научных теорий* (Наукова думка, Київ, 1991); М. Бургин, В. Кузнецов, *Гомологические структуры научных теорий* (Наукова думка, Київ, 1994); М. Бургин, В. Кузнецов, *Введение в современную точную методологию науки. Структуры систем знания* (Аспект, Москва, 1994).

²⁹ M. Burgin, V. Kuznetsov, *Scientific problems and questions from a logical point of view*. *Synthese*, **100** (1), 1—28 (1994).

³⁰ К. Поппер, *Логика и рост научного знания* (Прогресс, Москва, 1983).

³¹ Т. Кун, *Структура научных революций* (АСЕ, Москва, 2003).

³² В. Л. Гинзбург, *О физике и астрофизике, Издание второе, переработанное и дополненное* (Наука, Москва, 1992). С. 185—207. Віталій Лазарович Гінзбург висловлює в цій статті, яка заслуговує на прочитання, багато слухних конкретних зауважень, але сутність його розвінчання книги Куна пов'язана з трьома основними вадами кунівської філософії (див. с. 189—190): «позиція Т. Куна має деякі недоліки фундаментального характеру, про які цікаво поговорити і посперечатися. Ці недоліки: (1) нерозуміння принципу відповідності і, конкретно, відношення між старими і новими теоріями принципового значення; (2) відсутність у низці випадків справжнього історизму або, якщо загодно, нерозуміння неоднорідності розвитку науки; (3) відсутність того розуміння сьогодення й устремління в майбутнє, якого ми мали би очікувати від глибоких досліджень в царині загальної історії та методології науки».

³³ M. Angadi, M. M. Koganuramath, B. S. Kademan, B. D. Kumbar, S. Jange, *Nobel Laureate Anthony J Leggett: A scientometric portrait*. *Ann. Library Informat. Studies*, **53** (4), 203—212 (2006).

³⁴ A. J. Leggett, *On the nature of research in condensed-state physics*. *Found. Phys.*, **22** (2), 221—233 (1992).

³⁵ Л. Д. Ландау, *Теория Ферми-жидкости*. *ЖЭТФ*, **30** (6), 1058—1064 (1956); *Колебания в Ферми-жидкости*. *ЖЭТФ*, **32** (1), 59—66 (1957); *К теории Ферми-жидкости*. *ЖЭТФ* **35** (1), 97—103 (1959).

³⁶ Про квазічастинки можна прочитати в багатьох текстах різної склад-

ності: Н. Б. Брандт, В. А. Кульбачинский, *Квазичастицы в физике конденсированного состояния* (Физматлит, Москва, 2005); М. И. Каганов, *Электроны, фононы, магноны* (Наука, Москва, 1979); М. И. Каганов, В. Я. Френкель, *Вехи истории физики твердого тела* (Знание, Москва, 1981); М. И. Каганов, *Микро... и макро...* (Знание, Москва, 1986); М. И. Каганов, И. М. Лифшиц, *Квазичастицы. Идеи и принципы квантовой физики твердого тела, Издание второе, исправленное и дополненное* (Наука, Москва, 1989); А. Крэкнелл, К. Уонг, *Поверхность Ферми. Понятие поверхности Ферми, её определение и использование в физике металлов* (Атомиздат, Москва, 1978); И. М. Лифшиц, М. Я. Азбель, М. И. Каганов, *Электронная теория металлов* (Наука, Москва, 1971); G. E. Brown, Landau, Brueckner-Bethe, and Migdal Theories of Fermi Systems. *Rev. Mod. Phys.*, **43** (1), 1—14 (1971); Editorial, *The quasiparticle zoo*. *Nat. Phys.*, **12** (12), 1085—1089 (2016); A. J. Leggett, *Quantum Liquids: Bose Condensation and Cooper Pairing in Condensed-Matter Systems* (Oxford University Press, Oxford, 2006); A. J. Leggett, *Liquid ^3He : a strongly correlated but well understood Fermi liquid*. *Rep. Prog. Phys.*, **79** (5), 977—1116 (2016); J. Voit, *One-dimensional Fermi liquids*. *Rep. Prog. Phys.* **57** (9), 977—1116 (1994); P. Wölfle, *One-dimensional Fermi liquids*. *Rep. Prog. Phys.*, **81** (3), 032501 (2018).

³⁷ J. C. Phillips, L. Kleinman, *New method for calculating wave functions in crystals and molecules*. *Phys. Rev.*, **116** (2), 287—294 (1959). Дивись також вклад ідеї та застосування методу в джерелах: Дж. Займан (ред.), *Физика металлов. Том 1, Электроны* (Мир, Москва, 1972); Дж. Займан, *Вычисление блоховских функций* (Мир, Москва, 1973); А. А. Кацнельсон, Л. И. Ястребов, *Псевдопотенциальная теория кристаллических структур* (МГУ, Москва, 1981); А. А. Кацнельсон, В. С. Степанюк, О. Ф. Фарберович, А. Сас, *Электронная теория конденсированных сред* (МГУ, Москва, 1990); У. Харрисон, *Псевдопотенциалы в теории металлов* (Мир, Москва, 1968); У. Харрисон, *Электронная структура и свойства твердых тел. Физика химической связи, Том 1* (Мир, Москва, 1983); У. Харрисон, *Электронная структура и свойства твердых тел. Физика химической связи, Том 2* (Мир, Москва, 1983); В. Хейне, М. Коэн, Д. Уэйр, *Теория псевдопотенциала* (Мир, Москва, 1973); Л. И. Ястребов, А. А. Кацнельсон, *Основы одноэлектронной теории твердого тела* (Наука, Москва, 1981); W. A. Harrison, *Elementary Electronic Structure* (World Scientific, Singapore, 1999).

³⁸ E. H. Gombrich, *Art and Illusion* (Princeton University Press, Princeton, 1984).

³⁹ J. Ziman, *Reliable Knowledge. An Exploration of the Grounds for Belief in Science* (Cambridge University Press, Cambridge, 1978), p. 23.

⁴⁰ P. Bak, *How Nature Works: The Science of Self-Organized Criticality* (Springer, New York, 1996), p. 41.

⁴¹ A. M. Gabovich, A. I. Voitenko, M. Ausloos, *Charge-density waves and spin-density waves in existing superconductors: competition between Cooper pairing and Peierls or excitonic instabilities*. *Phys. Rep.*, **367** (6), 583—709 (2002).

⁴² J. Adams, *The fourth age of research*. *Nature*, **497** (4751), 557—560 (2013); S. Albert, D. Flournoy, R. LeBrasseur, *Networked Communities. Strategies for Digital Collaboration* (Information Science Reference, Hershey, New York, 2008); J. Dussal, J. J. W. Powell, *Benefits, motivations, and challenges of international collaborative research: A Sociology of Science Case Study*. *Sci. Publ. Policy*, **48** (2), 235—245

2.12. Бібліографія та коментарі

(2021); B. Bozeman, C. Boardman, *Research Collaboration and Team Science. A State-of-the-Art Review and Agenda* (Springer, Cham, 2014); N. Kock, *Encyclopedia of E-collaboration* (Information Science Reference, Hershey, New York, 2007); C. Koschtial, Th. Köhler, C. Felden, *e-Science. Open, Social and Virtual Technology for Research Collaboration* (Springer, Cham, 2021); S. H. Koslow, M. F. Huerta, *Electronic Collaboration in Science* (Lawrence Erlbaum Associates, Mahwah NJ, 2000); J. Liu, K. Ding, F. Wang, Y. Bu, G. J. Mays, *The structure and evolution of scientific collaboration from the perspective of symbiosis*. Malays. J. Libr. Inform. Sci., **24** (1), 59–73 (2019); K. Mathiesen, Introduction to Special Issue of *Social Epistemology* on «Collective Knowledge and Collective Knowers». Social Epistemol., **21** (3), 209–216 (2007); R. Negi, P. Srigan, *Atmosphere of Collaboration: Air Pollution Science, Politics and Ecopreneurship in Delhi* (Routledge, London, 2021); S. Smith, J. Adams, 'The Fourth Age of Research': implications and actions for global universities Professor Sir Steve Smith and Dr Jonathan Adams, British Council in Tokyo, 9 December 2014; https://www.britishcouncil.jp/sites/default/files/pro-he-international_collaboration_and_research_strength-presentation_mr_jonathan_adams-feb17.pdf; W. Shrum, J. Genuth, I. Chompalov, *Structures of Scientific Collaboration* (The MIT Press, Cambridge, MA, 2007); M. L. Stevens, C. Miller-Idriss, S. Sham, *Seeing the World. How US Universities Make Knowledge in a Global Era* (Princeton University Press, Princeton, 2018); C. S. Wagner, *The Collaborative Era in Science. Governing the Network* (Palgrave Macmillan, Cham, 2018).

⁴³ J. Ziman, *Reliable Knowledge. An Exploration of the Grounds for Belief in Science* (Cambridge University Press, Cambridge, 1978), p. 37.

⁴⁴ И. Айзенберг, В. Грайнер, *Модели ядер. Коллективные и одночастичные явления* (Атомиздат, Москва, 1975).

⁴⁵ J. P. Ferry, *Maria Goepfert Mayer. Physicist* (Chelsea House Publications, Philadelphia, (2003).

⁴⁶ https://en.wikipedia.org/wiki/J._Hans_D._Jensen.

⁴⁷ В. А. Бронштэн, *Клавдий Птолемей. II век Н. Э.* (Наука, Москва, 1988).

⁴⁸ Ю. А. Белый, *Тихо Браге (1546—1601)* (Наука, Москва, 1982).

⁴⁹ И. Н. Веселовский, Ю. А. Белый, *Николай Коперник (1473—1543)* (Наука, Москва, 1974).

⁵⁰ T. L. Heath, *Aristarchus of Samos, the Ancient Copernicus* (Dover Publications, Mineola, NY, 2004).

⁵¹ Про реальний рух планет Сонячної системи, який не є таким простим, як навчають у загальноосвітній школі, можна прочитати в багатьох джерелах: В. В. Белецкий, *Очерки о движении космических тел* (Наука, Москва, 1977); В. Г. Демин, *Судьба Солнечной системы. Популярные очерки о небесной механике* (Наука, Москва, 1969); М. Я. Маров, *Планеты Солнечной системы* (Наука, Москва, 1986); А. А. Михайлов, *Земля и ее вращение* (Наука, Москва, 1984); Ф. Л. Уипл, *Семья Солнца. Планеты и спутники Солнечной системы* (Мир, Москва, 1984).

⁵² Ю. А. Белый, *Иоганн Кеплер (1571—1630)* (Наука, Москва, 1971).

⁵³ В. Е. Белонучкин, *Кеплер, Ньютон и все-все-все...* (Наука, Москва, 1990); К. Зигель, *Лекции по небесной механике* (ИЛ, Москва, 1959); Н. И. Идельсон, *Этюды по истории небесной механики* (Наука, Москва, 1975); Ю. А. Рябов, *Движения небесных тел* (Наука, Москва, 1977).

⁵⁴ В. А. Брумберг, *Релятивистская небесная механика* (Наука, Москва, 1972); V. A. Brumberg, *Essential Relativistic Celestial Mechanics* (Hilger, Bristol, 1991); R. Fitzpatrick, *An Introduction to Celestial Mechanics* (Cambridge University Press, Cambridge, 2012).

⁵⁵ Видатний американський фізик Філ Андерсон, на думки якого ми неодноразово посилаємось, так висловився про справедливість у науці та її підтвердження [P. W. Anderson, *More and Different. Notes from a Thoughtful Curmudgeons* (World Scientific, Singapore, 2011), p. 152]: «І все ж третьою формою справедливості може бути: (3) багатозв'язна схема, яка лежить в основі нашої системи сучасної науки, а також нашого розуміння реального світу навколо нас, де відбувається величезне стиснення багатьох скорельованих фактів. Там ми можемо перевірити справедливість будь-якої нової теорії (яку [Наомі] Орескес неправильно називає «моделлю»), застосовуючи бритву Оккама: чи стискає вона опис реальності чи розширює його? Від «духів природи» первісної людини до невмілого теоретика, який додає один параметр на факт, завжди було легко відрізнити справжні теорії від невдач. Це те, що я люблю називати «безшовною павутиною» науки, й це є неймовірно потужним критерієм істини, якого «філософи» науки ще не оцінили».

⁵⁶ М. Джеммер, *Эволюция понятий квантовой механики* (Наука, Москва, 1985); Ф. Хунд, *История квантовой теории* (Наукова думка, Київ, 1980); A. Duncan, M. Janssen, *Constructing Quantum Mechanics. Volume 1. The Scaffold 1900—1923* (Oxford University Press, New York, 2019).

⁵⁷ О. М. Габович, Н. О. Габович, *Як у загальноосвітній школі викладати сучасну фізику* (Основа, Харків, 2008); А. М. Gabovich, N. A. Gabovich, *How to explain the non-zero mass of electromagnetic radiation consisting of zero-mass photons*. Eur. J. Phys., **28** (4), 649—655 (2007).

⁵⁸ Г. Эйринг, Д. Уолтер, Д. Кимбалл, *Квантовая химия* (ИЛ, Москва, 1948).

⁵⁹ С. В. Вонсовский, *Современная естественно-научная картина мира*. Дополнение В. Ю. Ирхина, М. И. Кацнельсона, *Естественно-научный и гуманитарный подходы к современному мировоззрению* (РХД, Москва—Ижевск, 2006); В. Л. Гинзбург, *Какие проблемы физики и астрофизики представляются особенно важными и интересными в начале XXI века*, В книге: В. Л. Гинзбург, *О науке, о себе и о других. Статьи и выступления. Издание второе, расширенное* (Физматлит, Москва, 2001), с. 9—66; Л. Э. Гуревич, А. Д. Чернин, *Общая теория относительности в физической картине мира* (Знание, Москва, 1970); П. Девис, *Пространство и время в современной картине Вселенной* (Мир, Москва, 1979); П. Девис, *Случайная Вселенная* (Мир, Москва, 1985); П. Девис, *Суперсила. Поиски единой теории Природы* (Мир, Москва, 1989); М. Планк, *Единство физической картины мира* (Наука, Москва, 1966); И. Л. Розенталь, *Элементарные частицы и структура Вселенной* (Наука, Москва, 1984); И. Л. Розенталь, *Проблемы начала и конца Метагалактики* (Знание, Москва, 1985); И. Л. Розенталь, И. В. Архангельская, *Геометрия, динамика, Вселенная. Издание второе, существенно переработанное* (УРСС, Москва, 2003); И. Л. Розенталь, *Вселенная и частицы* (Знание, Москва, 1990); Д. Томсон, *Дух науки* (Знание, Москва, 1970); Я. И. Френкель, *На заре новой физики. Сборник избранных научно-популярных работ* (Наука, Москва, 1970); J. D. Barrow,

2.12. Бібліографія та коментарі

The Infinite Book. A Short Guide to the Boundless, Timeless and Endless (Pantheon Books, New York, 2005); J. D. Barrow, *The Artful Universe Expanded* (Oxford University Press, Oxford, 2005); J. D. Barrow, *New Theories of Everything. The Quest for Ultimate Explanation* (Oxford University Press, Oxford, 2007); J. Ziman, *Reliable Knowledge. An Exploration of the Grounds for Belief in Science* (Cambridge University Press, Cambridge, 1978); J. Ziman, *The Bernal Lecture, 1983 — The collectivization of science*. Proc. Roy. Soc., B. **219** (1214), 1—19 (1983); J. Ziman, *Comment. Getting scientists to think about what they are doing*. Sci. Engineer. Ethics, **7** (2), 165—176 (2001); J. Ziman, *Non-instrumental roles of science*. Sci. Engineer. Ethics, **9** (1), 17—27 (2003); J. Ziman, *Emerging out of nature into history: the plurality of the sciences*. Phil. Trans. R. Soc. Lond., A **361** (1809), 1617—1633 (2003).

⁶⁰ Ю. А. Бережной, *Удивительный квантовый мир* (Мастер-класс, Киев, 2007); М. Борн, *Лекции по атомной механике. Том первый* (Гостехтеориздат, Харьков—Киев, 1934); Л. Бриллюэн, *Атом Бора* (Гостехтеориздат, Ленинград—Москва, 1935); Д. Данин, *Неизбежность странного мира* (Молодая гвардия, Москва, 1962); Д. Данин, *Вероятностный мир* (Знание, Москва, 1981); М. Джеммер, *Эволюция понятий квантовой механики* (Наука, Москва, 1985); А. Зоммерфельд, *Строение атома и спектры. Том первый* (Гостехтеориздат, Москва, 1956); А. Б. Мигдал, *Как рождаются физические теории* (Педагогика, Москва, 1984); А. Б. Мигдал, *Квантовая физика и Нильс Бор* (Знание, Москва, 1987); А. Б. Мигдал, *Квантовая физика для больших и маленьких* (Наука, Москва, 1989); Ф. Хунд, *История квантовой теории* (Наукова Думка, Киев, 1980); Э. В. Шпольский, *Атомная физика. Том первый. Введение в атомную физику. Издание шестое, исправленное* (Наука, Москва, 1974); G. Auletta, *Foundations and Interpretation of Quantum Mechanics In the Light of a Critical-Historical Analysis of the Problems and of a Synthesis of the Results* (World Scientific, Singapore, 2001).

⁶¹ А. И. Абрамов, *История ядерной физики. Издание второе* (УРСС, Москва, 2006); Г. Гамов, *Строение атомного ядра. Радиоактивность* (Гостехтеориздат, Москва, 1932); Д. Данин, *Неизбежность странного мира* (Молодая гвардия, Москва, 1962); Ф. Кедров, *Эрнест Резерфорд. Рождение ядерной физики* (Знание, Москва, 1980); Э. Коттон, *Семья Кюри и радиоактивность* (Атомиздат, Москва, 1964); Ю. И. Лисневский, *Атомные веса и возникновение ядерной физики* (Наука, Москва, 1984); Ф. Содди, *История атомной энергии* (Атомиздат, Москва, 1979); О. А. Старосельская-Никитина, *История радиоактивности и возникновения ядерной физики* (Изд-во АН СССР, Москва, 1963); G. T. Seaborg, *Man-Made Transuranium Elements* (Prentice Hall, Hoboken, NJ, 1963).

⁶² А. А. Абрикосов, *Основы теории металлов* (Наука, Москва, 1987); В. Гетце, *Фазовые переходы жидкость—стекло* (Наука, Москва, 1992); П. Де Жен, *Физика жидких кристаллов* (Мир, Москва, 1977); М. И. Каганов, *Электронны, фононы, магноны* (Наука, Москва, 1979); М. И. Каганов, В. Я. Френкель, *Вехи истории физики твердого тела* (Знание, Москва, 1981); М. И. Каганов, *Микро... и макро...* (Знание, Москва, 1986); М. И. Каганов, И. М. Лифшиц, *Квазичастицы. Идеи и принципы квантовой физики твердого тела, Издание второе, исправленное и дополненное* (Наука, Москва, 1989); А. Крэкнелл, К. Уонг, *Поверхность Ферми. Понятие поверхности Ферми, её определение и использование в физике металлов* (Атомиздат, Москва, 1978); Я. И. Френкель, *Кинетическая теория жидкостей* (Наука, Москва, 1975); P. W. Anderson, *Basic*

Notions of Condensed Matter Physics (Benjamin, Menlo Park, 1984); P. W. Anderson, *A Career in Theoretical Physics* (World Scientific, Singapore, 1994); P. W. Anderson, *More and Different. Notes from a Thoughtful Curmudgeons* (World Scientific, Singapore, 2011); J. F. Annett, *Superconductivity, Superfluids and Condensates* (Oxford University Press, Oxford, 2004); L. M. Blinov, *Structure and Properties of Liquid Crystals* (Springer, Dordrecht, 2011); P.-G. de Gennes, *Introduction to Polymer Dynamics* (Cambridge University Press, Cambridge, 1990); W. R. Fawcett, *Liquids, Solutions, and Interfaces. From Classical Macroscopic Descriptions to Modern Microscopic Details* (Oxford University Press, Oxford, 2004); W. A. Harrison, *Elementary Electronic Structure* (World Scientific, Singapore, 1999); A. Jakli, A. Saupe, *One- and Two-dimensional Fluids. Properties of Smectic, Lamellar and Columnar Liquid Crystals* (CRC Press, Boca Raton, 2006); A. J. Leggett, *Quantum Liquids: Bose Condensation and Cooper Pairing in Condensed-Matter Systems* (Oxford University Press, Oxford, 2006).

⁶³ Дж. Кайзер, *Статистическая термодинамика неравновесных процессов* (Мир, Москва, 1990); Ю. Л. Климонтович, *Турбулентное движение и структура хаоса. Новый подход к статистической теории открытых систем* (Наука, Москва, 1990); Г. Николис, И. Пригожин, *Самоорганизация в неравновесных системах. От диссипативных структур к неупорядоченности через флуктуации* (Мир, Москва, 1979); Л. С. Полак, А. С. Михайлов, *Самоорганизация в неравновесных физико-химических системах* (Наука, Москва, 1983); И. Пригожин, *Неравновесная статистическая механика* (Мир, Москва, 1964); M. Cross, H. Greenside, *Pattern Formation and Dynamics in Nonequilibrium Systems* (Cambridge University Press, Cambridge, 2009).

⁶⁴ С. П. Капица, С. П. Курдюмов, Г. Г. Малинецкий, *Синергетика и прогнозы будущего. Издание третье* (УРСС, Москва, 2003); А. Ю. Лоскутов, А. С. Михайлов, *Введение в синергетику* (Наука, Москва, 1990); А. И. Олемской, А. А. Кацнельсон, *Синергетика конденсированной среды* (УРСС, Москва, 2003); А. И. Олемской, *Синергетика сложных систем. Феноменология и статистическая теория* (УРСС, Москва, 2009); Д. И. Трубецков, Е. С. Мчедлова, Л. В. Красичков, *Введение в самоорганизацию открытых систем* (Физматлит, Москва, 2005); Д. И. Трубецков, *Наука о сложности в лицах, датах и судьбах. Как закладывались основы синергетики. Пиршество духа и драма идей* (УРСС, Москва, 2012).

⁶⁵ P. W. Anderson, *More is different*. Science, **177** (4047), 393—396 (1972); P. W. Anderson, *More and Different. Notes from a Thoughtful Curmudgeons* (World Scientific, Singapore, 2011).

⁶⁶ Взагалі кажучи, в науці, зокрема, в фізиці, в діалектичній єдності існують дві проблеми, дві тенденції: (1) редукціонізму, тобто намагання спростити ситуацію та звести складні явища та об'єкти до мінімально можливих форм, до фундаментальної сутності (сутностей) речей; та (2) виникнення, творінню, породженню (*emergence*), коли накопичення навіть однакових складових (у квантовій механіці, принципово однакових) приводить до появи нових властивостей складеного об'єкту. Той же Андерсон вказує на неминучий зв'язок між цими тенденціями: «На рівні, коли квантова теорія перетинає теорію звичайної матерії — тобто фізику, яку стали називати фізикою конденсованої речовини, концепція порушеної симетрії набуває найважливішого

2.12. Бібліографія та коментарі

значення: вона проявляється знову і знову в виникненні явищ кристалічності, надплинності та надпровідності, магнетизму й більш складних конденсованих фаз, таких, як рідкі кристали. Саме створення нашого класичного світу з мікроскопічного квантового світу є прикладом творіння: поля квантової теорії поля стають об'єктами, які можна розрізнити, або класичними рідинами, і ми отримуємо здатність вимірювати такі загальноновизнані величини, як простір, час, і орієнтація, лише внаслідок того, що макроскопічні колективи атомів порушують квантові симетрії й стають класичними об'єктами. Таким чином, ідеї виникнення та редукціонізму є з філософської точки зору просто двома сторонами однієї медалі. Але очевидно, що в наступному столітті домінуватиме перша сторона, оскільки програма редукціонізму майже завершена та оскільки більшість цікавих проблем лежить на складеному боці ієрархій». P. W. Anderson, *More and Different. Notes from a Thoughtful Curmudgeons* (World Scientific, Singapore, 2011), p. 108—109.

⁶⁷ Хибність, або принаймні, недостатність редукціонізму в природознавстві, зокрема в фізиці та біології, підкреслював відомий данський фізик Пер Бак [М. Н. Jensen, Obituary. Per Bak (1947—2002) // *Nature* **410** (6913) 284 (2002)]. Свою відому книгу P. Bak, *How Nature Works: The Science of Self-Organized Criticality* (Springer, New York, 1996) почав наступним чином: «Як Всесвіт може початися з кількох типів елементарних частинок під час Великого Вибуху, а закінчитися життям, історією, економікою та літературою? Питання волає про те, що на нього треба відповісти, але його навіть зрідка задають. Чому Великий Вибух не утворює простого газу частинок або не конденсується в один великий кристал? Ми так часто бачимо довкола складні явища, що сприймаємо їх як належне, не шукаючи подальших пояснень. Насправді, до недавнього часу дуже мало наукових зусиль приділялося розумінню того, що Природа складна.», P. 1.

⁶⁸ Д. Баумейстр, А. Экерт, А. Цайлингер, *Физика квантовой информации* (Постмаркет, Москва, 2002); L. E. Ballentine, *Quantum Mechanics. A Modern Development* (World Scientific, Singapore, 1998); A. Becker, *What is Real? The Unfinished Quest for the Meaning of Quantum Physics* (Basic Books, New York, 2018); J. S. Bell, *Speakable and Unsayable in Quantum Mechanics* (Cambridge University Press, Cambridge, 1987); V. Just, *Quantum Computing Compact. Spooky Action at a Distance and Teleporation Easy to Understand* (Springer, Heidelberg, 2022).

⁶⁹ Д. А. Киржниц, *Труды по теоретической физике и воспоминания в двух томах. Том первый: Теория поля, физика элементарных частиц, ядерная физика, воспоминания* (Физматлит, Москва, 2001); Д. А. Киржниц, *Труды по теоретической физике и воспоминания в двух томах. Том второй: Статистическая модель вещества, сверхпроводимость и сверхтекучесть, космология и астрофизика* (Физматлит, Москва, 2001); Д. А. Киржниц, *Лекции по физике* (Наука, Москва, 2006); М. Клеман, О. Д. Лаврентович, *Основы физики частично упорядоченных сред: жидкие кристаллы, коллоиды, фрактальные структуры, полимеры и биологические объекты* (Физматлит, Москва, 2007); М. В. Курик, О. Д. Лаврентович, *Дефекты в жидких кристаллах: гомотопическая теория и экспериментальные исследования*. Успехи. физ. наук, **154** (3), 381—431 (1988); А. Д. Линде, *Физика элементарных частиц и инфляционная космология* (Наука, Москва, 1990); F. Englert, *Nobel Lecture: The BEH mechanism and its scalar boson*. Rev. Mod. Phys.,

86 (3), 843—850 (2014); M. Levin, X.-G. Wen, *Colloquium: Photons and electrons as emergent phenomena*. Rev. Mod. Phys., 77 (3), 871—879 (2005); Y. Nambu, *Nobel Lecture: Spontaneous symmetry breaking in particle physics: A case of cross fertilization*. Rev. Mod. Phys., 81 (3), 1015—1018 (2009); G. E. Volovik, *Superfluid analogies of cosmological phenomena*. Phys. Rep., 351 (4), 195—348 (2001); G. Volovik, *The Universe in a Helium Droplet* (Clarendon Press, Oxford, 2003).

⁷⁰ В. Л. Гинзбург, Л. Д. Ландау, *К теории сверхпроводимости*. ЖЭТФ, 20 (12), 1064—1082 (1950).

⁷¹ А. А. Абрикосов, Л. П. Горьков, И. Е. Дзялошинский, *Методы квантовой теории поля в статистической физике* (Физматгиз, Москва, 1962); Н. Б. Брандт, В. А. Кульбачинский, *Квазичастицы в физике конденсированного состояния* (Физматлит, Москва, 2005); С. Гирвин, *Квантовый эффект Холла. Необычные возбуждения и нарушенные симметрии* (Институт компьютерных исследований, Москва—Ижевск, 2003); Л. С. Левитов, А. В. Шитов, *Функции Грина. Задачи и решения* (Физматлит, Москва, 2003); М. В. Садовский, *Диаграмматика. Лекции по избранным задачам теории конденсированного состояния* (Институт компьютерных исследований, Москва—Ижевск, 2004); А. М. Цвелик, *Квантовая теория поля в физике конденсированного состояния* (Физматлит, Москва, 2002); Дж. Шриффер, *Теория сверхпроводимости* (Наука, Москва, 1970); P. W. Anderson, *More and Different. Notes from a Thoughtful Curmudgeon* (World Scientific, Singapore, 2011); H. Fröhlich, *Electrons in lattice fields*. Adv. Phys., 3 (11), 325—361 (1954).

⁷² С. Я. Килин, *Квантовая оптика. Поля и их детектирование, Издание второе стереотипное* (УРСС, Москва, 2003); Дж. Клаудер, Э. Сударшан, *Основы квантовой оптики* (Мир, Москва, 1970); Р. Лоудон, *Квантовая теория света* (Мир, Москва, 1976); Л. Мандель, Э. Вольф, *Оптическая когерентность и квантовая оптика* (Физматлит, Москва, 2000).

⁷³ Ж. Адамар, *Исследование психологии процесса изобретения в области математики* (Советское Радио, Москва, 1970); В. Босс, *Интуиция и математика. Издание пятое* (ЛЕНАНД, Москва, 2015); М. Бунге, *Интуиция и наука* (Прогресс, Москва, 1967); М. Уилсон, *Американские ученые и изобретатели* (Знание, Москва, 1975); А. Б. Мигдал, *Поиски истины* (Молодая гвардия, Москва, 1983); Е. Л. Фейнберг, *Две культуры. Интуиция и логика в искусстве и науке* (Век-2, Фрязино, 2004); В. Я. Френкель, Б. Е. Явелов, *Эйнштейн: изобретения и эксперимент, Издание второе, переработанное и дополненное* (Наука, Москва, 1990); S. Hotta, *Mathematical Physical Chemistry. Practical and Intuitive Methodology* (Springer, Singapore, 2018); P. V. Medawar, *Induction and Intuition in Scientific Thought* (Methuen, London, 1970).

⁷⁴ *Воспоминания об академике А. Б. Мигдале* (Физматлит, Москва, 2003).

⁷⁵ А. Б. Мигдал, *Поиски истины* (Молодая гвардия, Москва, 1983), С. 90.

⁷⁶ A. L. Aczel, *Entanglement. The Greatest Mystery in Physics* (Four Walls Eight Windows, New York, 2002); G. Auletta, *Foundations and Interpretation of Quantum Mechanics. In the Light of a Critical-Historical Analysis of the Problems and of a Synthesis of the Results* (World Science, Singapore, 2001); Y. Aharonov, D. Rohrlich, *Quantum paradoxes. Quantum theory for the perplexed* (Wiley-VCH, Weinheim, 2005); J. Baggott, *Quantum Reality. The Quest for the Real Meaning of Quantum Mechanics. A Game of Theories* (Oxford University Press, Oxford, 2020); J.-D. Ban-

2.12. Бібліографія та коментарі

cal, *On the Device-Independent Approach to Quantum Physics. Advances in Quantum Nonlocality and Multipartite Entanglement Detection* (Springer, Cham, 2014); A. Bokulich, G. Jaeger (eds.), *Philosophy of Quantum Information and Entanglement* (Cambridge University Press, Cambridge, 2010); J. Brody, *Quantum Entanglement* (The MIT Press, Cambridge, London, 2020); D. J. Griffiths, D. F. Schroeter, *Introduction to Quantum Mechanics. Third edition* (Cambridge University Press, Cambridge, 2018); B. Clegg, *The God Effect. Quantum Entanglement, Science's Strangest Phenomenon* (St. Martin's Griffin, New York, 2009); R. Clifton, *Quantum Entanglements* (Oxford University Press, Oxford, 2004); A. Cordero (ed.), *Philosophers Look at Quantum Mechanics* (Springer, Cham, 2019); J. G. Cramer, *The Quantum Handshake. Entanglement, Nonlocality and Transactions* (Springer, Cham, 2017); D. Dürr, S. Goldstein, N. Zanghi, *Quantum Physics Without Quantum Philosophy* (Springer, Heidelberg, 2013); A. Hobson, *Tales of the Quantum. Understanding Physics' Most Fundamental Theory* (Oxford University Press, Oxford, 2017); L. Ruetsche, *Interpreting Quantum Theories. The Art of the Possible* (Oxford University Press, New York, 2011); A. Zeilinger, *Dance of the Photons. From Einstein to Quantum Teleportation* (Farrar, New York, 2010).

⁷⁷ Э. Шредингер, *Избранные труды по квантовой механике* (Наука, Москва, 1976).

⁷⁸ S. Wolfram, *A Project to Find the Fundamental Theory of Physics* (Wolfram Media, Friesens, 2020).

⁷⁹ F. F. Evans-Martin, D. A. Cooley, *The Nervous System* (Chelsea House Publications, Philadelphia, 2005); R. W. Krohmer, D. A. Cooley, *The Reproductive System* (Chelsea House Publications, Philadelphia, 2004); D. Light, D. A. Cooley, *Cells, Tissues and Skin* (Chelsea House Publications, Philadelphia, 2004); D. B. Light, D. A. Cooley, *The Senses* (Chelsea House Publications, Philadelphia, 2004); L. Rushton, D. A. Cooley, *Endocrine System* (Chelsea House Publications, Philadelphia, 2004); G. Stewart, D. A. Cooley, *The Immune System* (Chelsea House Publications, Philadelphia, 2004); G. Stewart, D. A. Cooley, *The Skeletal and Muscular Systems* (Chelsea House Publications, Philadelphia, 2004); R. J. Sullivan, D. A. Cooley, *Digestion and Nutrition* (Chelsea House Publications, Philadelphia, 2004); S. Whittemore, D. A. Cooley, *The Circulatory System* (Chelsea House Publications, Philadelphia, 2004); T. Zerucha, D. A. Cooley, *Human Development* (Chelsea House Publications, Philadelphia, 2004). Зробимо два зауваження до цих надзвичайно корисних та цікавих книжок. По-перше, в деяких з них фактично описують підсистеми систем, назви яких винесені в їхні назви. По-друге, гарним доповнення до цієї серії є книжка M. W. Dubin, *How the Brain Works* (Wiley-Blackwell, Malden, Massachusetts, 2002).

⁸⁰ V. Kuznetsov, *Is the philosophy of science a science? From a view of the Ukrainian philosopher of science*. В А. М. Єрмоленко (ред.). *Філософські діалоги*, вип. 17—18, *Філософія в Академії: досягнення, проблеми, перспективи* (до 100-річчя НАН України), р. 162—183 (2018).

⁸¹ С. А. Лебедев. Научная теория, В С. А. Лебедев. *Философия науки: Краткая энциклопедия. (Основные направления, концепции, категории)* (Академический проект, Москва, 2008), с. 458; С. Тулмин. *Человеческое понимание* (Прогресс, Москва, 1984); S. Korner. *Conceptual Thinking. A Logical Inquiry* (Dover Publications, New York, 1959).

⁸² F. Suppe, *The search for philosophic understanding of scientific theories*, In F. Suppe (ed.): *The Structure of Scientific Theories* (University of Illinois Press, Chicago, 1974).

⁸³ W. Balzer, C. U. Moulines, J. D. Sneed, *The Architectonic for Science. The Structuralist Program*. (Reidel, Dordrecht, 1987); В. Бальцер, Дж. Снід, *Новий структуралізм*. Філософська і соціологічна думка, № 10, с. 93—95 (1989).

⁸⁴ F. Suppe, *The Semantic Conception of Theories and Scientific Realism* (University of Illinois Press, Urbana, 1998); F. Suppe, *Scientific Theories*, In *Routledge Encyclopedia of Philosophy*. Version 1.0 (Routledge, London, 1998), p. 8539—8551.

⁸⁵ Нагадаємо, що у фізиці конфігураційним простором називається абстрактний багатомірний простір, у якому система у певному своєму стані в деякий момент часу репрезентується точкою цього простору. Моделювання досліджуваної системи полягає у встановленні динамічного зв'язку між точками цього простору.

⁸⁶ D. M. Newitt, *Percy Williams Bridgman. 1882—1961*. Biogr. Memoirs Fellows Roy. Soc., 8, 27—40 (1962).

⁸⁷ «... any theory is what it actually does, not what it says it does or what its author thinks it does, for these are often very different things indeed», згідно з P. W. Bridgman, *The Nature of Physical Theory* (Princeton University Press, Princeton, NJ, 1936), p. 5—15.

⁸⁸ S. Bromberger, *Why-Questions*, In A. Baruch, *Readings in the Philosophy of Science* (Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1966). P. 66—84; J. Hintikka, *Socratic Epistemology. Explorations of Knowledge Seeking by Questioning* (Cambridge University Press, Cambridge, 2007); A. Koura, *An Approach to Why-Questions*. Synthese, 74 (2), 191—206 (1988); N. Sanitt, *Science as a Questioning Process* (Institute of Physics Publishing, Bristol, 1996).

⁸⁹ G. Vico, *The First New Science. Edited and translated by Leon Pompa* (Cambridge University Press, Cambridge, 2002), p. 57.

⁹⁰ H. A. Simon, *The architecture of complexity*. Proc. Amer. Philos. Soc., 6, 469 (1962).

⁹¹ «Потрібна була б велика кількість величин, визначених по-різному, щоб охопити всі наші інтуїтивні уявлення про значення складності та її протилежності — простоти. Крім того, кожна величина буде дещо залежати від контексту. Іншими словами, складність, як би вона не була визначена, не є повністю внутрішньою властивістю описаної сутності; це також певною мірою залежить від того, як робиться опис. ... ми повинні розуміти, що складність залежатиме від рівня деталізації, на якому описується сутність, від того, що ми називаємо у фізиці грубим зерном. Крім того, використовувана мова вплине на мінімальну довжину опису. Ця мінімальна довжина також залежатиме від знань і розуміння світу, що передбачається: опис носорога можна скоротити, якщо вже відомо, що таке ссавець. Перерахувавши ці різні види контекстної залежності, ми можемо сконцентруватися на головній особливості «сирої» складності, яка стосується довжини найкоротшого повідомлення. ...». See: M. Gell-Mann, *The simple and the complex*, In D. S. Alberts, A. S. Czerwinski (eds.), *Complexity, Global Politics, and National Security* (Washington, National Defense University, 1997), p. 2—3.

⁹² Ф. Адамс, Г. Лафлін, *Пять возрастов Вселенной: в глубинах физики вечности* (РХД, Москва, 2006); Ф. Адамс, *Наши живой мультиверс. Книга*

2.12. Бібліографія та коментарі

бытия в 0 + 7 главах (РХД, Москва, 2006); С. Вайнберг, *Первые три минуты. Современный взгляд на происхождение Вселенной* (Энергоиздат, Москва, 1981); Я. М. Крамаровский, В. П. Чечев, *Синтез элементов во Вселенной* (Наука, Москва, 1987); И. К. Розгачева, *Самоорганизующиеся системы во Вселенной* (Знание, Москва, 1989); J. D. Barrow, *New Theories of Everything* (Oxford University Press, Oxford, 2007); V. E. Fortov, *Extreme States of Matter on Earth and in the Cosmos* (Springer, Berlin, 2011); M. S. Longair, *Galaxy Formation. Second Edition* (Springer, Berlin, 2008); M. M. Woolfson, *Materials, Matter and Particles. A Brief History* (Imperial College Press, London, 2010); M. M. Woolfson, *The Formation of the Solar System. Theories Old and New. Second Edition* (Imperial College Press, London, 2015).

⁹³ Іноді системність науки розглядається мовби з пташиного польоту, без занурення в тлумачення окремої науки як мережі наукових теорій. Наприклад, знаний ентузіаст застосування системного підходу до аналізу суспільства Ніклас Луманн присвятив науці як підсистемі суспільства цілу книгу (N. Luhmann, *Die Wissenschaft Der Gesellschaft* (Suhrkamp, Baden-Baden, 1982)). Вона містить майже на кожній сторінці слова з коренем «теор». Проте відсутність навіть змістовних описів того, що він називає теоріями, робить надто нечіткими його твердження про науку та припускає безліч інтерпретацій його розлогих міркувань про науки. В цій книзі він називає теоріями різні формоутворення знання та пізнання: від тих, про які існує консенсус, що вони є теоріями (математичні, фізичні та біологічні теорії), до тих, щодо яких застосування цієї назви є або метафоричним, або традиційним, або проблематичним (теорії пізнання, теорії науки, теорії сучасного суспільства, теорії автопоетичних систем тощо). Причому в останніх випадках так звані теорії вочевидь не мають ту будову та не виконують ті функції, які зазвичай асоціюють з першими випадками. Надання статусу теорії дискусійним думкам, доктринам та вченням з метою приписування їм ілюзії завершеності та доведеності вводить в оману читача та схоже на мало обґрунтоване з наукової точки зору маніпулювання погано та неохайно продуманою термінологією. Міркування цього автора про науку рясніють посиланнями на класиків філософії та модних володарів думок 60–80 років минулого століття, які зараз вже зникли з обговорення в наукових та філософських спільнотах. У його праці немає жодних намагань розглянути науку як соціальний інститут по виробництву нового знання. Хотілося би вірити, що в його аналізі інших підсистем суспільства він коректніше вводить та переконливіше застосовує потрібну для цього термінологію.

⁹⁴ П. Йолон, *Системність наукових знань і дійсність. Проблема системного аналізу наукових знань і поняття теоретичної системи* (АН УРСР, Інститут філософії, Київ, 1967).

⁹⁵ P. Hoeningen-Huene. *Systematicity. The Nature of Science* (Oxford University Press, Oxford, 2013), p. 27.

⁹⁶ Попри часте застосування слова «теорія» в працях щодо системного підходу їх автори, як правило, не аналізують типи системності наукових теорій; див., напр.: И. К. Лисеев, В. Н. Садовский (ред). *Системный подход к современной науке (к 100-летию Н.Л. фон Бергаланфи)*. (Прогресс, Москва, 2004).

ЧАСТИНА II. Системи як реконструкції теорій

⁹⁷ М. Б. Менский, *Человек и квантовый мир. Странности квантового мира и тайна сознания* (Век-2, Москва, 2005).

⁹⁸ М. Джеммер, *Эволюция понятий квантовой механики* (Наука, Москва, 1985); М. Jammer, *The Philosophy of Quantum Mechanics. The Interpretations of Quantum Mechanics in Historical Perspective* (John Wiley and Sons, New York, 1974).

⁹⁹ С. Павлов, *Аксиоматическая теория обозначения и онтология Лесневского*. Вестник Российского университета дружбы народов. Серия Философия 4, 35—46 (2013).

¹⁰⁰ М. Фуко. *Слова и вещи. Археология гуманитарных наук* (Прогресс, Москва, 1977), с. 28.

¹⁰¹ Yu. A. Berezhtnoy, *The Quantum World of Nuclear Physics* (World Scientific, Singapore, 2005).

¹⁰² В. Г. Сурдин (ред.), *Галактики*, (Физматлит, Москва, 2013).

¹⁰³ Е. И. Бутиков, А. С. Кондратьев, *Физика для углубленного изучения. Том первый. Механика* (Физматлит, Москва, 2000).

¹⁰⁴ Е. И. Бутиков, А. С. Кондратьев, *Физика для углубленного изучения. Том второй. Электродинамика. Оптика* (Физматлит, Москва, 2000).

¹⁰⁵ Е. И. Бутиков, А. С. Кондратьев, В. М. Уздин, *Физика для углубленного изучения. Том третий. Строение и свойства вещества* (Физматлит, Москва, 2000).

¹⁰⁶ В. Л. Васюков, *Теория*, В. И. Касавин (ред.), *Энциклопедия философии и эпистемологии науки* (Канон+, Москва, 2009), с. 976.

¹⁰⁷ С. А. Лебедев, *Философия науки: краткая энциклопедия (основные направления, концепции, категории)* (Академический проект, Москва, 2008), с. 458.

¹⁰⁸ К. Доннер, *Тайны анатомии* (Мир, Москва, 1988).

¹⁰⁹ В. Эллиот, Д. Эллиот, *Биохимия и молекулярная биология* (МАИК, Москва, 2002).

¹¹⁰ A. Mazure, V. Le Brun, *Matter, Dark Matter, and Anti-Matter. In Search of the Hidden Universe* (Springer, NY, 2012).

¹¹¹ В. Г. Сурдин (ред.), *Небо и телескоп* (Физматлит, Москва, 2008).

¹¹² P. Achinstein, *Concepts of Science. A Philosophical Analysis* (The John Hopkins Press, Baltimore, 1968).

¹¹³ L. Komatsu, *Recent views of conceptual structure*. Psychological Bulletin, **112** (3), 500—526 (1992).

¹¹⁴ С. Peacocke, *A Study of Concepts* (MIT, Cambridge, MA, 1992).

¹¹⁵ В. Кузнецов, *Понятие и его структуры. Методологический анализ* (Институт философии НАНУ, Киев, 1997).

¹¹⁶ G. Rey, *Concepts*, In *Routledge Encyclopedia of Philosophy* (Routledge, London 1998), p. 1446—1459.

¹¹⁷ J. Fodor, *Concepts. Where Cognitive Science Went Wrong* (Oxford University press, Oxford, 1998).

¹¹⁸ Van P. Loocke (ed.), *The Nature of Concepts. Evolution, Structure and Representation* (Routledge, London, 1999).

¹¹⁹ S. Margolis, S. Laurence (eds.), *Concepts: Core Readings* (MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1999).

2.12. Бібліографія та коментарі

¹²⁰ E. Margolis, S. Laurence, *The Conceptual Mind. New Directions in the Study of Concepts* (The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 2015).

¹²¹ G. Murphy, *The Big Book of Concepts* (A Bradford Book, Cambridge, 2002).

¹²² Наприклад, у праці: Ю. Хабермас, *Техніка і наука як ідеологія* (Праксис, Москва 2007) приблизно 100 разів використовуються слова з коренем «теор», але немає роз'яснення того, що розуміється під теорією. Це уможливує його використання стосовно вельми різних утворень людського розуму — від критичної теорії духовності до фізичних теорій. Прихильники цього автора, щоб надати вагу його твердженням про науку, підкреслюють, що на початку 60-х років минулого століття він вивчав тогочасну філософію науки та соціальні науки. Але цим вони визнають, що всі його міркування про науку базуються на уявленнях, які принаймні дуже застаріли. J. В. Thompson, D. Held (eds.). *Editors' Introduction*. In *Habermas. Critical Debates* (MacMillan Press, London, 1982), p. 6—7.

Не торкаючись питань впливу на Габермаса соціальних наук, якими вони були на початку 60-х років, коротенько зупинимось лише на пов'язаних з філософією науки засадах вчення цього німецького філософа, найпопулярнішого серед колишніх фахівців з діалектичного та історичного матеріалізму.

(1) Уявлення Габермаса про філософію науки, а отже, й про науку взагалі формувалися в 60-ті роки минулого століття, в часи панування логічного позитивізму та неопозитивізму. Офіційним стислим філософсько-науковим формулюванням цих уявлень стала стандартна концепція наукової теорії як розвинутої форми систем наукового знання. Не сумніваючись у тому, що пан Габермас був старанним дослідником, зауважимо, що картина науки, яка впливала з указаної концепції, виявилася, м'яко кажучи, неадекватною. В цьому сенсі її критика Габермасом була схожа на боротьбу відомого персонажу Сервантеса з неправильно сприйнятими вітряками. В подальшому, аналізуючи наукові теорії, він посилався на її спрощені концепції науки, притаманні поглядам Т. Куна і К. Поппера.

(2) Теза про неможливість «чистого знання» спростовується, крім відомих з античних часів логіки і математики, ще й теоретичною фізикою та «чистою теорією права».

(3) Не може бути конструктивним фреймом для побудови *критичної теорії* висування альтернативи неадекватному уявленню про математичні та природничі теорії, тому що заперечення хибної й однобічної точки зору не стає автоматично повною істиною.

(4) Переконання Габермаса та його численних прихильників, інтерпретаторів і адептів у тому, що *критична теорія* не може будуватися за зразком теорій, запозичених із природничих наук, ґрунтується на хибних уявленнях про такі теорії.

(5) Твердження, що позитивізм як філософія науки викидав зі своєї картини науки аспекти рефлексії над нею, не означає, що саморефлексія та самоусвідомлення не були притаманні майже всім творцям сучасної науки від Галілея і Ньютона до Айнштайна і Бора.

(6) Притаманний Канту спосіб епістемологічної рефлексії, коли розглядаються умови можливості знання, не є єдино можливим і ефективним у численних спробах осмислення сучасного наукового знання. Принаймні деякі

ЧАСТИНА ІІ. Системи як реконструкції теорій

напрями сучасної філософії науки переважно опікуються не аналізом можливості знання взагалі, а конкретними дослідженнями реальних систем наукового знання. У світлі цього звернімо увагу на те, що в працях з критичної теорії відсутні вказівки на її склад та структури. Є критична теорія і баста.

(7) Замість розробки адекватної концепції конкретних систем наукового знання Габермас критикує поширені явно неадекватні уявлення про науку взагалі.

(8) Справді, такі уявлення можна знайти у деяких філософів і вчених. Він є всього лише одним із таких філософів, чиї уявлення про науку небагато вартують, адже вони не мають достатніх фахових знань про сучасну науку. Щодо науковців, то корисно мати на увазі максимум римських юристів, що ніхто не може бути суддею у власній справі. І ті, й інші висловлюють багато цікавих і важливих несистематичних думок про науку та системи наукового знання, але посилання на них не може слугувати заміною більш глибокого систематичного розуміння науки, яке, на жаль, відсутнє у численних працях Габермаса.

(9) Протиставлення наявної за Габермасом єдиної моделі науки та кількох форм наукових досліджень, кожне з яких відбувалося за певних особливих обставин, не є достатньо обґрунтованим. З одного боку, всі науки об'єднує спільний пізнавальний інтерес, а розрізняються вони перш за все тим, які сфери реальності вони досліджують. З іншого боку, вигадування якихось ненаукових форм пізнання, альтернативних до науки, відкриває шлях для трактування ненаукових форм ставлення до світу як рівноправних з наукою способів його пізнання.

(10) Наука виникла та розвивається не в соціально-культурному вакуумі, а в соціальному світі, який уже давно не може існувати без науки і практичного втілення її пізнавальних результатів. Науки якраз і слід розглядати як соціально зумовлене втілення введених Габермасом типів інтересів, які він трактує як фундаментальні, тобто первинні щодо науки характеристики. На даний час сперечатися, що є первинним, а що вторинним — це повторювати відомий безплідний спір про курку та яйце, не маючи наукової картини історії розвитку біологічних організмів. Сучасний соціальний світ, такий, яким він є, неможливий без наук, тому додавання до нього нових вимірів нічого не додає до його розуміння і є, по суті, зайвим.

(11) Не розрізняючи фундаментальну та прикладну науки, Габермас робить хибний висновок, що наукове знання як знання не є чистим та незаплямованим продуктом об'єктивного дослідження. Однак і фундаментальне знання про природний і соціальний світи, тобто про притаманні ним форми диференціації, їх атрибути, закономірності існування та розвитку, як і прикладне знання про те, як використовувати отримане завдяки пізнавальному інтересу фундаментальне знання не лише для реалізації інших інтересів, а й для створення нових, безперечно є необхідними умовами для реалізації процесів відтворення соціального світу.

¹²³ Е. К. Войшвилло, *Понятие как форма мышления. Логико-гносеологический анализ* (МГУ, Москва, 1989).

¹²⁴ А. Е. Конверский, *Логика традиционная и современная* (Идея-Пресс, Москва, 2010).

2.12. Бібліографія та коментарі

¹²⁵ D. V. Gabay, F. G. Pelletier and J. Woods (eds.), *Logic: A History of Its Central Concepts. Handbook of the History of Logic*. Vol. 11. Ed. by (Elsevier, Dordrecht, 2012).

¹²⁶ W. Heitler, *Elementary Wave Mechanics* (Clarendon Press, Oxford, 1956).

¹²⁷ F. Laloë, *Do we really understand quantum mechanics?* (Cambridge University Press, Cambridge, 2012).

¹²⁸ A. Ney and D. Z. Albert (eds.), *The Wave Function. Essays on the Metaphysics of Quantum Mechanics* (Oxford University Press, Oxford, 2013).

¹²⁹ A. Hobson, *There are no particles, there are only fields*. *Amer. J. Phys.*, **81** (3), 211–223 (2013).

¹³⁰ Ось що стверджує відомий американський учений С. Вайнберг: «З чого створений світ? Це питання, мабуть, найглибше і найдавніше у всій науці. Греки задавали це питання за сто років до часів Сократа. На той час, коли я став аспірантом, відповідь, мабуть, була надана. Світ створений не з води, землі, повітря або вогню, а з полів. Існує електромагнітне поле, яке при застосуванні до нього квантової механіки проявляється у вигляді пучків енергії, імпульсу — частинок, які називаються фотонами. Існує електронне поле, яке подібно до квантування виглядає як частинки, названі електронами. А є й інші сфери, про які ми наприкінці 1950-х знали, що ще не знали. Слабкі та сильні взаємодії були досить загадковими. Було зрозуміло, що не повинно бути просто електронів і фотонів. Але ми з нетерпінням чекали опису природи, яка в основному складається з полів, як складових всього»: S. Weinberg, *On the development of effective field theories*. *Eur. Phys. J.*, Н **46** (1), p. 6 (2021).

¹³¹ V. Kuznetsov, *Theories and Concept Metamorphoses*. In C. Hubig and H. Poser (Hrsg), *Cogita humana — Dynamik des Wissens und der Werte*. XVII Deutscher Kongreß für Philosophie. Workshop-Beiträge. Band 1. (Allgemeine Gesellschaft für Philosophie in Deutschland und Institut für Philosophie der Universität: Leipzig, 1996), p. 568–575.

¹³² V. Kuznetsov, *On the triplet frame for concept analysis*. *Theoria*, **14**, 1, 39–62 (1999).

¹³³ V. Kuznetsov, *The Triplet Modeling of Concept Connections*. In A. Rojszczak, J. Sachro and G. Kurczewski (eds.), *Philosophical Dimensions of Logic and Science. Selected Contributed Papers from the Eleventh International Congress of Logic, Methodology, and Philosophy of Science* (Kluwer, Dordrecht, 2003), p. 317–330.

¹³⁴ В. Кузнецов, *Поняття як формоутворення систем наукового знання*. В М. Попович (ред.), *Проблеми теорії ментальності*, (Наукова думка, Київ, 2006), с. 163.

¹³⁵ Д. Ю. Манин, *Наука в кривом зеркале: Лакатос, Фейєрабенд, Кун. В зашиту науки*. Бюллетень № 3. (Комиссия РАН по борьбе с лженаукой, Москва, 2008), с. 48.

¹³⁶ L. Wolpert, *The Unnatural Nature of Science* (Harvard University Press, Cambridge, MA, 1993). P. 103.

¹³⁷ T. Hockey, J. L. Bartlett, D. C. Voise, *Solar System. Between Fire and Ice* (CRC Press, Boca Raton, 2022).

¹³⁸ L. von Bertalanffy, *General system theory — A Critical Review*, *General systems*, 1962, 7, 1: 1–20.

¹³⁹ Г. Кантор, *Работы по теории множеств* (Наука, Москва, 1985), с. 173.

¹⁴⁰ М. М. Боголюбов, *Лекції з квантової статистики. Питання статистичної механіки квантових систем* (Радянська школа, Київ, 1949).

¹⁴¹ А. Я. Хинчин, *Математические основания квантовой статистики* (Гостехтеориздат, Москва—Ленинград, 1951).

¹⁴² В. А. Успенский, *Математическое и гуманитарное: преодоление барьера* (Издательство МЦНМО, Москва, 2012), с. 33.

¹⁴³ G. J. Klir, *Facets of Systems Science* (Springer Science, New York, 2001), p. 90.

¹⁴⁴ Л. Э. Гуревич, А. Д. Чернин, *Происхождение галактик и звезд. Издание второе* (Наука, Москва, 1987); Ю. Н. Ефремов, *Вглубь Вселенной. Звезды, галактики и мироздание* (УРСС, Москва, 2003); Ю. Н. Ефремов, *Звездные острова. Галактики звезд и Вселенная галактик* (Век 2, Фрязино, 2005); И. Л. Розенталь, *Проблемы начала и конца Метагалактики* (Знание, Москва, 1985); В. Г. Сурдин (ред.), *Галактики* (Физматлит, Москва, 2013); А. А. Сучков, *Галактики закомые и загадочные* (Наука, Москва, 1988); M. S. Longair, *Galaxy Formation* (Springer, Berlin, 2008); L. S. Sparke, J. S. Gallagher III, *Galaxies in the Universe: An Introduction. 2nd ed.* (Cambridge University Press, Cambridge, 2007).

¹⁴⁵ И. С. Дмитриев, *Неизвестный Ньютон. Силуэт на фоне эпохи* (АЛЕТЕ-ЙЯ, Санкт-Петербург, 1999); И. Ю. Кобзарев, *Ньютон и его время* (Знание, Москва, 1978); И. Ньютон, *Математические начала натуральной философии* (Наука, Москва, 1989); J. Z. Buchwald, M. Feingold, *Newton and the Origin of Civilization* (Princeton University Press, Princeton, 2012); N. Guicciardini, *Reading the Principia. The Debate on Newton's Mathematical Methods for Natural Philosophy from 1687 to 1736* (Cambridge University Press, Cambridge, 2003); R. S. Westfall, *Never at Rest. A Biography of Isaac Newton* (Cambridge University Press, Cambridge, 1980).

¹⁴⁶ А. И. Китайгородский, *Молекулярные кристаллы* (Наука, Москва, 1971).

¹⁴⁷ К. Вилли, *Биология* (Мир, Москва, 1966).

¹⁴⁸ F. Dyson, *Origins of Life* (Cambridge University Press, Cambridge, 2004).

¹⁴⁹ Д. И. Трубецков, Е. С. Мчедлова, Л. В. Красичков, *Введение в самоорганизацию открытых систем* (Физматлит, Москва, 2005).

¹⁵⁰ Дж. Эллиот, П. Добер, *Симметрия в физике. Том первый: Основные принципы и простые приложения* (Мир, Москва, 1983).

¹⁵¹ А. Е. Саргсян, *Строительная механика. Механика инженерных конструкций* (Высшая школа, Москва, 2004); С. П. Тимошенко, *Прочность и колебания элементов конструкций* (Наука, Москва, 1975); С. П. Тимошенко, Д. Х. Янг, У. Уйвер, *Колебания в инженерном деле* (Машиностроение, Москва, 1985).

¹⁵² E. D. Commins, *Quantum Mechanics. An Experimentalist's Approach* (Cambridge University Press, Cambridge, 2014); F. Giustino, *Electron-phonon interactions from first principles*. Rev. Mod. Phys., **89** (1), 015003 (2017); E. H. Lieb, R. Seiringer, *The Stability of Matter in Quantum Mechanics* (Cambridge University Press, Cambridge, 2010); N. Prokof'ev, *What makes a crystal supersolid?* Adv. Phys., **56** (2), 381—402 (2007).

¹⁵³ Дж. Г. Дарвин, *Приливы и родственные им явления в Солнечной системе, Издание второе* (Наука, Москва, 1965); С. Картер, *Королевство приливов* (Гидрометеоздат, Ленинград, 1977); П. Мельхиор, *Земные приливы* (Мир, Москва, 1968).

¹⁵⁴ Про нетривіальний вплив поєднання цих двох типів причин на розвиток системи космологічного знання дивись, наприклад, P. J. E. Peebles, *Anomalies in physical cosmology*, Ann. Phys., **447** (Part 1), 169159 (2022).

2.12. Бібліографія та коментарі

- ¹⁵⁵ Ю. А. Бережной, *Удивительный квантовый мир* (Мастер-класс, Киев, 2007).
- ¹⁵⁶ Ч. Лоукотка, *Развитие письма* (ИЛ, Москва, 1950).
- ¹⁵⁷ Ю. Кнорозов. *Система письма древних майя* (Изд-во АН СССР, Москва, 1955).
- ¹⁵⁸ И. Фридрих, *История письма* (Наука, 1979).
- ¹⁵⁹ Ю. Кнорозов (ред.), *Древние системы письма. Этническая семиотика* (Наука, Москва, 1986).
- ¹⁶⁰ Ю. Кнорозов (ред.), *Вопросы этнической семиотики. Забытые системы письма* (Наука, Москва, 1999).
- ¹⁶¹ Д. Даймонд, *Ружья, микробы и сталь* (АСТ, Москва, 2010).
- ¹⁶² Н. П. Клепиков (ред.) *Квантовая механика. Терминология*, (Наука, Москва, 1985).
- ¹⁶³ К. А. Томилин, *Фундаментальные физические постоянные в историческом и методологическом аспектах* (Физматлит, Москва, 2006).
- ¹⁶⁴ J. E. Hirsch, *An index to quantify an individual's scientific research output*. Proc. Natl. Acad. Sci. (USA), **102** (46), 16569—16572 (2005).
- ¹⁶⁵ L. V. Woodcock. *Phlogiston theory and chemical revolutions*. Bull. Hist. Chem., 30, 2: 63—69 (2005).
- ¹⁶⁶ Ю. С. Степанов, *Альтернативный мир, Дискурс, Факт и принцип Причинности, Язык и наука конца 20 века* (Наука, Москва, 1995), с. 35.
- ¹⁶⁷ L. Pessoa, *The Entangled Brain. How Perception, Cognition, and Emotion Are Woven Together* (The MIT Press, Cambridge, MA, 2022)
- ¹⁶⁸ J. S. Bruner and L. Postman, *On the perception of incongruity. A paradigm*. J. Personality, **18** (2), 206—223 (1949).
- ¹⁶⁹ А. Даан-Дальмедико, Ж. Пейффер, *Пути и лабиринты. Очерки по истории математики* (Мир, Москва, 1986), с. 211.
- ¹⁷⁰ А. А. Michelson, *The relative motion of the Earth and of the luminiferous ether*. Amer. J. Sci., s. 3—22 (128), 120—129 (1881).
- ¹⁷¹ У. И. Франкфурт, А. М. Френк, *Оптика движущихся тел* (Москва, Наука, 1972).
- ¹⁷² A. Lightman, *Searching for Stars on an Island in Maine* (Pantheon Books, New York, 2018).
- ¹⁷³ А. М. Жаботинский, *Концентрационные автоколебания* (Москва, Наука, 1974).
- ¹⁷⁴ Деякі автори, розглядаючи практичні наукові теорії або навіть проекти їх конструювання, так само, як і ми, приходять до висновку про необхідність виокремлення в них різних складників, але не звертають уваги на відповідні підсистеми. Наприклад, фахівці у такій, здавалося би, далекій від теоретичної фізики науки як екологія розрізняють багато компонентів її теорій. [S. T. A. Pickett, J. Kolasa, C. G. Jones, *Ecological Understanding, The Nature of Theory and the Theory of Nature*. 2nd ed. (Academic Press, Burlington, 2007), p. 63]. Деякі з них явно входять у запропоновані нами підсистеми полісистемної реконструкції: визначення, закони та підтвержені узагальнення; моделі (у тому числі факти як описи явищ); гіпотези; процедури; рамки — як одна зі структур логістичної підсистеми. Інші можуть бути залучені туди опосередковано. Наприклад, домен — предметна галузь не може входити до теорії.

рії, але має бути представленою в її онтичній підсистемі. Частина компонентів, розглянутих у цитованій вище праці, може бути долучена до нашої схеми частково. Скажімо, поняття закономірностей досліджуваних явищ є підмножиною множини понять складників теорії та явищ з її предметної галузі; припущення як умови або структури необхідні для побудови підсистем теорії, мають бути запозичені з джерел поза теорією. Таке виокремлення стало фактично золотим стандартом міркувань про природу наявних та можливих теорій в екології. Дивись, зокрема: S. M. Scheiner, M. R. Willig (eds.), *The Theory of Ecology* (University of Chicago Press, Chicago, 2011) та В. Travassos-Britto, R. Pardini, C. N. El-Hani, P.I. Prado, *Towards a pragmatic view of theories in ecology*. *Oikos*, **130** (6), 821—830 (2021).

Проте цитовані автори не розглядають багато інших, описаних вище, складників теорії та не розрізняють їх типи (зокрема, мови, операції та оцінки). Вони правильно вказують на важливість узгодженості та незалежності виокремлених ними компонентів, але роблять лише перші кроки в розкритті характеру цих ознак системності теорій. Тим не менш, навіть така часткова реконструкція теорій дає змогу говорити про зміну та «покращення» теорії, відповідно, внаслідок отримання нових фактів та/або її внутрішніх удосконалень.

¹⁷⁵ V. Kuznetsov, *Modified structure-nominative reconstruction of practical physical theories as a frame for the philosophy of physics*. Епістемологічні дослідження в філософії, соціальних і політичних науках, **4** (1), 20—28 (2021).

¹⁷⁶ J. de Nobel, *The discovery of superconductivity*. *Phys. Today*, **49** (9), 40—42 (1996); H. Kamerlingh Onnes, *Further experiments with liquid helium*. *C. On the change of electric resistance of pure metals at very low temperatures etc. IV. The resistance of pure mercury at helium temperatures*. *Communs Phys. Lab. Univ. Leiden* **120**, p. 3—5 (1911); D. van Delft, P. Kes, *The discovery of superconductivity*. *Phys. Today*, **63** (9), 38—43 (2010).

¹⁷⁷ S. Reif-Achermann, *Heike Kamerlingh-Onnes: Master of experimental technique and quantitative research*. *Phys. Perspect.*, **6** (2), 197—223 (2004); D. van Delft, *Freezing Physics. Heike Kamerlingh-Onnes and the Quest for Cold* (Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen, Amsterdam, 2007).

¹⁷⁸ J. Bardeen, L. N. Cooper, J. R. Schrieffer, *Theory of superconductivity*. *Phys. Rev.*, **108** (5), 1175—1204 (1957). Аналіз сутності цієї моделі та її різновидів можна знайти в наступних джерелах: R. Anglani, R. Casalbuoni, M. Ciminale, N. Ippolito, R. Gatto, M. Mannarelli, M. Ruggieri, *Crystalline color superconductors*. *Rev. Mod. Phys.*, **86** (2), 509—561 (2014); M. de Llano, J. F. Annett, *Generalized Cooper pairing in superconductors*. *Int. J. Mod. Phys.*, **B 21** (21), 3657—3686 (2007); A. M. Gabovich, V. I. Kuznetsov, *What do we mean when using the acronym ‘BCS’? The Bardeen—Cooper—Schrieffer theory of superconductivity*. *Eur. J. Phys.*, **34** (2), 371—382 (2013); C. Kallin, J. Berlinsky, *Chiral superconductors*. *Rep. Progr. Phys.*, **79** (5), 054502 (2016); V. Z. Kresin, S. A. Wolf, *Electron-lattice interaction and its impact on high T_c superconductivity*. *Rev. Mod. Phys.*, **81** (2), 481—501 (2009); A. J. Leggett, *A theoretical description of the new phases of liquid ^3He* . *Rev. Mod. Phys.*, **47** (2), 331—414 (1975); A. J. Leggett, *Some thoughts about two dimensionalities and cuprate superconductivity*. *J. Supercond. Novel Magn.* **19** (3—5), 187—192 (2006).

¹⁷⁹ L. Hoddeson, V. Daitch, *True Genius. The Life and Science of John Bardeen* (Joseph Henry Press, Washington, DC, 2002).

2.12. Бібліографія та коментарі

¹⁸⁰ M. Niaz, S. Klassen, B. McMillan, D. Metz, *Leon Cooper's Perspective on Teaching Science: An Interview Study*. Sci. & Educ., **19** (1), 39–54 (2010).

¹⁸¹ D. J. Scalapino, *In honor of J. Robert Schrieffer's 70th birthday*. J. Supercond. Novel Magn., **14** (4), 461–463 (2001).

¹⁸² В. Л. Гинзбург, Д. А. Киржниц (Ред.), *Проблема высокотемпературной сверхпроводимости* (Наука, Москва, 1977); Ю. В. Копаев, *К теории взаимосвязи электронных и структурных превращений и сверхпроводимости*, В Н. Г. Басов (ред.), Труды ФИАН, Том 86, *Некоторые вопросы сверхпроводимости* (Наука, Москва, 1975), стр. 3–100; R. Casalbuoni, G. Nardulli, *Inhomogeneous superconductivity in condensed matter and QCD*. Rev. Mod. Phys., **76** (1), 263–320 (2004); C-W. Chen, J. Choe, E. Morosan, *Charge density waves in strongly correlated electron systems*. Rep. Progr. Phys., **79** (8), 084505 (2016); G. Grüner, *Density Waves in Solids* (Addison-Wesley, Reading, MA, 1994); B. I. Halperin, T. M. Rice, *The excitonic state at the semiconductor-semimetal transition*. Solid State Phys., **21**, 115–192 (1968).

¹⁸³ M. G. Alford, A. Schmitt, K. Rajagopal, T. Schäfer, *Color superconductivity in dense quark matter*. Rev. Mod. Phys., **80** (4), 1455–1515 (2008); R. Casalbuoni, G. Nardulli, *Inhomogeneous superconductivity in condensed matter and QCD*. Rev. Mod. Phys., **76** (1), 263–320 (2004); K. Fukushima, T. Hatsuda, *The phase diagram of dense QCD*. Rep. Progr. Phys., **74** (1), 014001 (2010).

¹⁸⁴ О. Г. Ситенко, В. К. Тартаковский, *Теорія ядра* (Львів, Київ, 2000); R. Casalbuoni, G. Nardulli, *Inhomogeneous superconductivity in condensed matter and QCD*. Rev. Mod. Phys., **76** (1), 263–320 (2004).

¹⁸⁵ M. G. Alford, A. Schmitt, K. Rajagopal, T. Schäfer, *Color superconductivity in dense quark matter*. Rev. Mod. Phys., **80** (4), 1455–1515 (2008); R. Casalbuoni, G. Nardulli, *Inhomogeneous superconductivity in condensed matter and QCD*. Rev. Mod. Phys., **76** (1), 263–320 (2004).

¹⁸⁶ Про філософське значення цієї моделі Філ Андерсон висловив думку, хоча й в притаманній йому афористично-туманній формі: «Спочатку я хотів би згадати величезні наслідки прориву БКШ до розуміння квантової теорії, а отже, погляду на весь Всесвіт. Хвильова функція БКШ поступово сприймається як зразок цілком Нової Речі: спонтанного порушення симетрії. Це був ключовий крок — або, принаймні, один із них — інтелектуальне звільнення розуму фізиків від сильного детермінізму мислення Ньютона і Декарта. Реальний світ виникає з фундаментальних законів, але аж ніяк не в очевидний спосіб чи при збереженні категорій і понять цих законів. Безліч Нобелівських премій — аж до найбільш нещодавньої для Намбу, які походять з БКШ, є лише слабким віддзеркаленням спричиненої нею [БКШ] інтелектуальної революції»: P. W. Anderson, *More and Different. Notes from a Thoughtful Curmudgeons* (World Scientific, Singapore, 2011), p. 48.

¹⁸⁷ Про розподіл проблем теорії на внутрішні та зовнішні дивись: О. Габович, В. Кузнецов, *Проблеми як внутрішні структури систем наукового знання*. В Філософські діалоги 2015. До 85-річчя академіка Мирослава Поповича. Філософія. Культура. Суспільство (Інститут філософії, Київ., 2015), с. 132–154.

¹⁸⁸ А. И. Ахиезер, Ю. П. Степановский, *От квантов света до цветных кварков* (Наукова Думка, Київ, 1993); И. Ю. Кобзарёв, Ю. И. Манин, *Элементарные частицы. Диалоги физика и математика* (Фазис, Москва, 1997);

К. Н. Мухин, *Экспериментальная ядерная физика в двух книгах. Книга вторая. Физика элементарных частиц. Издание пятое, переработанное и дополненное* (Энергоатомиздат, Москва, 1993); Л. Б. Окунь, *Элементарное введение в физику элементарных частиц. Второе издание, исправленное и дополненное* (Физматлит, Москва, 2006); Р. Фейнман, С. Вайнберг, *Элементарные частицы и законы физики* (Мир, Москва, 2000); D. J. Griffiths, *Introduction to Elementary Particles*. 2nd rev. ed. (Wiley-VCH, Weinheim, 2008); V. Shiltsev, F. Zimmermann, *Modern and future colliders*. Rev. Mod. Phys., **93** (1), 015006 (2021).

¹⁸⁹ R. C. Dynes, V. Narayanamurti, J. P. Garno, *Direct measurement of quasi-particle-lifetime broadening in a strong-coupled superconductor*. Phys. Rev. Lett., **41** (21), 1509—1512 (1978); R. C. Dynes, J. P. Garno, G. B. Hertel, T. P. Orlando, *Tunneling study of superconductivity near the metal-insulator transition*. Phys. Rev. Lett., **53** (25), 2437—2440 (1984); F. Herman, R. Hlubina, *Microscopic interpretation of the Dynes formula for the tunneling density of states*. Phys. Rev., B **94** (14), 144508 (2016); J. P. Pekola, V. F. Maisi, S. Kafanov, N. Chekurov, A. Kempinen, Yu. A. Pashkin, O.-P. Saira, M. Möttönen, J. S. Tsai, *Environment-assisted tunneling as an origin of the Dynes density of state*. Phys. Rev. Lett., **105** (2), 026803 (2010).

¹⁹⁰ M. Burgin, V. Kuznetsov, *Properties in science and their modelling*. Qual. Quant., **27** (4), 371—382 (1993).

¹⁹¹ В. И. Арнольд, *Математические методы классической механики, Издание третье, переработанное и дополненное* (Наука, Москва, 1989); М. И. Бать, Г. Ю. Джанелидзе, А. С. Кельзон, *Теоретическая механика в примерах и задачах, Том первый. Статика и кинематика. Издание двенадцатое, стереотипное* (Лань, Санкт-Петербург, 2013); М. И. Бать, Г. Ю. Джанелидзе, А. С. Кельзон, *Теоретическая механика в примерах и задачах, Том второй. Динамика. Издание десятое, стереотипное* (Лань, Санкт-Петербург, 2013); М. И. Бать, Г. Ю. Джанелидзе, А. С. Кельзон, *Теоретическая механика в примерах и задачах, Том третий. Специальные главы механики* (Наука, Москва, 1973); Ф. Р. Гантмахер, *Лекции по аналитической механике. Издание третье* (Физматлит, Москва, 2005); Г. Голдстейн, *Классическая механика* (Наука, Москва, 1975); Л. Г. Лойцянский, А. И. Лурье, *Курс теоретической механики. Том первый. Статика и кинематика, Издание восьмое, переработанное и дополненное* (Наука, Москва, 1982); Л. Г. Лойцянский, А. И. Лурье, *Курс теоретической механики. Том второй. Динамика, Издание шестое, переработанное и дополненное* (Наука, Москва, 1983); D. Kleppner, R. J. Kolenkow, *An Introduction to Mechanics* (McGraw-Hill, Boston, 1973).

¹⁹² A. J. Leggett, *On the nature of research in condensed-state physics*. Found. Phys., **22** (2), 221—233 (1992), P. 228.

¹⁹³ Yu. N. Ovchinnikov, *Zeros of Riemann's zeta functions in the line $z = 1/2 + it0$* . J. Supercond. Novel Magn., **32** (11), 3363—3368 (2019); Ю. Н. Овчинников, *Нули дзета-функции Римана на линии $z = 1/2 + it0$ II*. ЖЭТФ, **159** (3), 569—572 (2021).

¹⁹⁴ М. Булгаков, *Драмы и комедии: Дни Турбиных. Бег. Кабала святош (Мольер). Полоумный Журден. Последние дни (Пушкин). Иван Васильевич. Дон Кихот* (Искусство, Москва, 1965).

¹⁹⁵ Н. Яковенко, *Вступ до історії* (Критика, Київ, 2007).

2.12. Бібліографія та коментарі

¹⁹⁶ М. Солонин, *22 июня, или Когда началась Великая Отечественная война?* (Яуза-Эксмо, Москва, 2008); М. Солонин, *На мирно спящих аэродромах... 22 июня 1941 года* (Яуза-Эксмо, Москва, 2008).

¹⁹⁷ S. Flynn, M. Hardman, *The use of interactive fiction to promote conceptual change in science. A forceful adventure*. Sci. & Educ., **28** (1–2), 127–152 (2019); P. Horwath, *The ‘dead white male’s canon’ under attack at American universities: Traditionalist perceptions*. Hist. Eur. Ideas, **19** (1–3), 553–560 (1994).

¹⁹⁸ M. Polanyi, *The republic of science. Its political and economic theory*. Minerva, **1** (1), 54–73 (1962); M. Polanyi, *The growth of science in society*. Minerva, **5** (4), 533–545 (1967); J. Ziman, *Solidarity within the Republic of Science*. Minerva, **16** (1), 4–19 (1978); J. Ziman, *The Bernal Lecture, 1983 — The Collectivization of Science*. Proc. Roy. Soc., B **219** (1214), 1–19 (1983).

¹⁹⁹ Л. Д. Белькинд, *Андре-Мари Ампер* (Наука, Москва, 1968).

²⁰⁰ Г. Бутце, *В сумраке тропического леса. Природа, люди, хозяйство* (Географгиз, Москва, 1956); Г. Даль, *Последняя река. Двадцать лет в джунглях Колумбии* (Мысль, Москва, 1972).

²⁰¹ Й. Бьерре, *Затерянный мир Калахари* (Географгиз, Москва, 1963).

²⁰² Л. А. Файнберг, *Охотники Американского Севера (индейцы и эскимосы)* (Наука, Москва, 1991).

²⁰³ J. Ziman, *Reliable Knowledge. An Exploration of the Grounds for Belief in Science* (Cambridge University Press, Cambridge, 1978), p. 105–107.

²⁰⁴ J. Ziman, *Comment. Getting scientists to think about what they are doing*. Sci. Engineer. Ethics **7** (2), 165–176 (2001); J. Ziman, *The continuing need for disinterested research*. Sci. Engineer. Ethics, **8** (3), 397–399 (2002); J. Ziman, *Non-instrumental roles of science*. Sci. Engineer. Ethics, **9** (1), 17–27 (2003).

²⁰⁵ J. Ziman, *Reliable Knowledge. An Exploration of the Grounds for Belief in Science* (Cambridge University Press, Cambridge, 1978), p. 127.

²⁰⁶ Наприклад, *Public Understanding of Science*. <https://journals.sagepub.com/home/pus>; *Science and Public Policy* <https://academic.oup.com/spp>.

²⁰⁷ Ю. Н. Вавилов, *В долгом поиске. Книга о братьях Николае и Сергее Вавиловых, Издание второе, дополненное и переработанное* (ФИАН, Москва, 2008); Н. Н. Воронцов, *Развитие эволюционных идей в биологии* (УНЦ ДО МГУ, Москва, 1999); А. Е. Гайсинович, *Зарождение и развитие генетики* (Наука, Москва, 1988); В. Д. Есаков, *Николай Вавилов* (Наука, Москва, 2008); А. А. Любищев, *О монополии Т. Д. Лысенко в биологии* (Памятники исторической мысли, Москва, 2006); А. Марков, *Эволюция человека. Книга первая. Обезьяны, кости и гены* (Астрель-Сорбус, Москва, 2011); А. Марков, *Эволюция человека. Книга вторая. Обезьяны, нейроны и душа* (Астрель-Сорбус, Москва, 2011); М. Поповский, *Дело академика Вавилова* (Книга, Москва, 1991); Л. П. Татаринов, *Эволюция и креационизм* (Знание, Москва, 1988); Д. Уотсон, *Избегайте занудства. Уроки жизни, прожитой в науке* (Астрель, Москва, 2010); B. G. Charlton, *Editorial. First a hero of science and now a martyr to science: The James Watson Affair — Political correctness crushes free scientific communication*. Med. Hypoth., **70** (6), 1077–1080 (2008); I. Hargittai, *The DNA Doctor. Candid Conversations with James D. Watson* (World Scientific, 2007); H. Longino, *Science as Social Knowledge* (Princeton University Press, Princeton, 1990); J. Malloy, *Editorial. James Watson tells the inconvenient truth: Faces the consequences*. Med. Hypoth.,

70 (6), 1081—1091 (2008); V. K. McElheny, *Watson and DNA* (Basic Books, New York, 2011).

²⁰⁸ Г. Бонди, *Гипотезы и мифы в физической теории* (Мир, Москва, 1972); Л. В. Лесков, *Космос: наука и мифы* (Знание, Москва, 1991); J. D. Barrow, F. J. Tipler, *The Anthropic Cosmological Principle* (Clarendon Press, Oxford, 1986); J. D. Barrow, *Impossibility. The Limits of Science and the Science of Limits* (Oxford University Press, Oxford, 1998); J. D. Barrow, *The Infinite Book. A Short Guide to the Boundless, Timeless and Endless* (Pantheon Books, New York, 2005); J. D. Barrow, *New Theories of Everything. The Quest for Ultimate Explanation* (Oxford University Press, Oxford, 2007); J. D. Barrow, S. C. Morris, S. J. Freeland, C. L. Harper, Jr. (Eds.) *Fitness of the Cosmos for Life. Biochemistry and Fine-Tuning* (Cambridge University Press, Cambridge, 2008); H. S. Kragh, *Matter and Spirit in the Universe. Scientific and Religious Preludes to Modern Cosmology* (Imperial College Press, London, 2004); H. S. Kragh, *Conceptions of Cosmos. From Myths to the Accelerating Universe: A History of Cosmology* (Oxford University Press, Oxford, 2007). H. S. Kragh, *Entropic Creation. Religious Contexts of Thermodynamics and Cosmology* (Ashgate, Aldershot, 2008).

²⁰⁹ J. Ziman, *Basically, it's purely academic*. Interdiscipl. Sci. Rev., **23** (2), 161—168 (1998).

ЧАСТИНА ІІІ

ОГЛЯД ДЕЯКИХ ПРОТОТИПНИХ ТЕОРІЙ

3.1. ПОНЯТТЯ ТА ТЕОРІЇ, ПОНЯТТЯ ТЕОРІЇ ТА ТЕОРІЯ ПОНЯТЬ

У читача може виникнути цілком слушне запитання: а чи існує в конкретних, тобто застосовуваних у пізнавальній практиці наукових теоріях, достатньо будівельного матеріалу для кристалізації та виокремлення різного типу однорідних підсистем зі спільного середовища материнської теорії? Найімовірніше, він або вона неодноразово чув (чула) або читав (читала) в численних посібниках, словниках та енциклопедіях, що таким матеріалом є ідеї (закони). Наведемо для ілюстрації лише одну цитату: «Теорія — це система основних наукових ідей (законів) у певній галузі знань, що узагальнює дослідні дані та відображає об'єктивні закономірності природних явищ»¹. Враховуючи те, що ідеї майже завжди, але хибно, ототожнюються с поняттями, науковці, педагоги та філософи науки нерідко приходять до висновку, що система знань є сукупністю понять або, як часто кажуть, понятійною (концептуальною) системою.

Але детальніше дослідження контекстів застосування терміну «поняття» засвідчує його двозначність (щонайменше!).

По-перше, цей термін може використовуватися як загальне ім'я для позначення фактично будь-якого елемента (компонента) системи наукового знання. В такому випадку окремими типами понять є моделі, формули, проблеми, операції тощо. З цієї точки зору всі підсистеми системи наукових знань й насправді є понятійними або концептуальними, а розрізняються за типом понять (елементів), із яких вони складаються.

По-друге, термін «поняття» функціонує як загальне ім'я певного більш-менш систематизованого різнорідного та складного фрагменту знання (точніше, метазнання). Означений фрагмент може стосуватися як деякої сутності з предметної галузі системи знання (поняття людини, поняття ссавця, поняття атома тощо), так і моделі (поняття класової моделі суспільства, поняття дарвіністської

моделі еволюції, поняття атомної моделі *Н. Бора* тощо), формули (поняття рівняння *Е. Шрьодінгера* тощо), проблеми (поняття проблеми теплової смерті Всесвіту тощо), операції (поняття операції інтегрування тощо), які входять до самої системи знання. Коли в цьому сенсі кажуть, наприклад, про поняття фізичного простору, притаманного онтичній підсистемі ньютонівської фізики, то йдеться про властивості простору (порожнеча, абсолютність, нескінченність, тривимірність, однорідність, ізотропність тощо) та його відношення до макроскопічних тіл. Такий простір розглядають як пасивне середовище, в якому відбуваються явища та процеси з макроскопічними тілами, що не впливають на нього. Щодо поняття ньютонівської моделі фізичного простору як математичного евклідового тривимірного математичного простору, то йдеться про її математичні властивості та її відношення до реального фізичного простору, який моделюється, тощо².

На нашу думку, розрізнення цих двох різних референтів терміну «поняття» допомагає позбутися певних огріхів та хиб при аналізі систем наукового знання. Більше того, щоб позбутися зайвих неоднозначності та складнощів, уникатимемо його систематичного вживання.

Повертаючись до елементів наукового знання, зазначимо, що немає кращого способу продемонструвати різноманіття елементів у конкретних системах знання, ніж звернутися до дослідження окресленої загальної проблеми в науковій та навчальній літературі, які стосуються конкретних наук (систем знання). Тому насамперед наведемо деякі відомі корисні визначення та пояснення термінів, які використовуватимуться в цій книжці (це нібито давно відомі речі, які ми запозичили як синоніси із підручника американського математика *Річарда Россі*³).

Визначення 1.1.1. Індуктивне розмірковування — це метод розмірковувань, який ґрунтується на висновках із спостережень.

Визначення 1.1.2. Дедуктивне розмірковування — це метод розмірковувань, коли висновок досягається за допомогою логічних аргументів на підставі сукупності вихідних припущень.

Складниками сучасної аксіоматичної математичної системи є аксіоми, визначення, здогади (припущення), докази, теореми, наслідки, леми та контрприкладі. Основними компонентами, на яких побудована математична структура, є аксіоми та визначення.

Визначення 1.2.1. Аксіома або постулат — це математичне твердження, яке вважається (для певної групи математиків — *ОГ*, *ВК*) очевидною істиною без доказів (оцінка — *ОГ*, *ВК*).

3.2. Геометрія Евкліда

Визначення 1.2.2. Математичне визначення — це твердження, яке надає (для певної групи математиків — *ОГ, ВК*) точне значення (оцінка — *ОГ, ВК*) математичному поняттю/терміну чи слову.

Визначення 1.2.3. Здогад (припущення) — це будь-яке математичне твердження, яке ще не було доведено чи спростоване (оцінка — *ОГ, ВК*).

Визначення 1.2.4. Доведення математичного результату — це послідовність строгих математичних аргументів, які подаються чітко та стисло та які переконливо (для певної групи математиків — *ОГ, ВК*) демонструють істинність (оцінка — *ОГ, ВК*) даного результату.

Визначення 1.2.5. Теорема — це будь-яке математичне твердження, істинність (оцінка — *ОГ, ВК*) якого може бути доведена з використанням прийнятних (певною групою математиків — *ОГ, ВК*) логічних і математичних аргументів.

Наведемо цитату з підручника *Росси*⁴. «У математичних текстах часто корисно писати математичні речення, використовуючи символи, а не слова. Причиною цього є те, що це полегшує читання, скорочує текст при передаванні всієї інформації, і по суті створює мову математики. Ефективно передавати математичні ідеї — це все одно, що писати есе; для цього потрібні добре складені речення, абзаци та правильна математична граматики. Часто математичний нарис пишеться з використанням великої кількості математичних скорочень, і, отже, для читання сучасної математики знадобляться знання символічної мови математики. Протягом багатьох років математики створювали власну мову на основі стандартних математичних скорочень (тобто символів, що використовуються для стиснення математичних повідомлень)».

3.2. ГЕОМЕТРІЯ ЕВКЛІДА

Почнемо з найстарішої математичної теорії, для якої збереглося її текстове подання, — геометрії *Евкліда*, яка й зараз слугує своєрідним каноном для викладання будь-яких наукових теорій⁵. Евклідова геометрія є системою послідовно викладених знань про такі уявні математичні об'єкти, як ідеалізовані точки, які не мають розмірів; лінії, які не мають товщини; площини, які необмежені та абсолютно гладкі; простори, які не мають меж, і різні геометричні пласкі та об'ємні фігури на кшталт трикутників, кубів, сфер, конусів, додекаєдрів тощо. Зауважимо, що предметною га-

лузю геометрії не є почуттєві речі, форма яких вважається подібною до форм геометричних фігур. Окрім того, не всі геометричні об'єкти мають чуттєві прообрази. Наприклад, наша візуальна інтуїція не містить уявлень про нескінченні прямі, довершені трикутники, нескінченні площини тощо. Світ почуттєвих речей був джерелом натхнення для математиків при конструюванні геометричних об'єктів, але він не заселений цими абстрактними об'єктами! Іншими словами, математики створили та продовжують створювати власний світ.

Якщо виходити із традиційних уявлень, то геометрична система математичного знання вважається одним із класичних зразків дедуктивної теорії, тобто теорії в сенсі стандартного підходу, прийнятому в науці та філософії науки. Отже, мається на увазі, що вся геометрія *Евкліда* зводиться до системи визначень геометричних об'єктів та їх властивостей; аксіом (постулатів), тобто тверджень про властивості та відношення геометричних об'єктів, істинність яких вважається очевидною; правил висновку, тобто правил перетворення аксіом і виведених з них допоміжних лем та теорем (пропозицій), які мають бути істинними твердженнями. Це дає підстави для реконструкції (моделювання) геометрії *Евкліда* як дедуктивної системи⁶.

Нагадаємо деякі з компонентів, які містяться в теорії *Евкліда*.
Визначення.

1. Точка є те, що не має частин.
2. Лінія — довжина без ширини.
3. Кінці лінії — точки.
4. Прямою лінією є та, яка однаково розташована відносно точок над нею.
5. Поверхня є те, що має тільки довжину й ширину.
6. Кінці поверхні — лінії.
7. Пласкою поверхнею є така, яка однаково розташована відносно до прямих на ній.

...

23. Паралельні прямі — це такі прямі, які, знаходячись в одній площині та необмежено продовжені в обидві сторони, ні з того, ні з іншого «боку» не зустрічаються між собою.

Постулати.

Припустімо:

1. Від будь-якої точки до будь-якої точки <можна> провести пряму лінію.

3.2. Геометрія Евкліда

2. Ї обмежену пряму <можна> в неперервний спосіб продовжувати по прямій.

3. Ї з будь-якого центра та будь-яким розхилом <може бути> описане коло.

4. Ї всі прямі кути рівні між собою.

5. Ї якщо пряма, яка падає на дві прямі, утворює внутрішні, розташовані по один бік кути, які є меншими, ніж два прямих, то продовжені необмежено ці дві прямі зустрінуться з того боку, де кути менші, ніж два прямі.

Аксіоми.

1. Рівні одному і тому ж рівні й між собою.

2. Ї якщо до рівних додати рівні, то й цілі будуть рівними.

3. Ї якщо від рівних відняти рівні, то й залишки будуть рівними.

4. Ї якщо до нерівних додати рівні, то й цілі не будуть рівними.

Пропозиція.

На даній обмеженій прямій побудувати рівнобічний трикутник⁷.

Значимо, що в цій теорії є значно більше таких засадничих компонентів, на які зазвичай не звертають уваги. Але без них неможливо існування (формування) згаданих вище елементів, тому що перші виступають як «матеріал» для побудови других.

Насправді, геометрії *Евкліда* (в сучасних позначеннях) притаманна специфічна для неї мова найменування й опису таких її основних елементів, як точка, пряма, відрізок, площа, відстань між точками, фігури тощо, а також їх властивостей та відношень. Наприклад, точки позначаються великими латинськими літерами (A, B, C, \dots); прямі — малими латинськими літерами (a, b, c, \dots); кути та площини — малими грецькими літерами ($\alpha, \beta, \gamma, \dots$); кути також позначають особливою комбінацією символу \angle та літер AOB , де O позначає вершину кута, а OA та OB — сторони кута.

Деякі імена фігур запозичені з грецької мови. В ній, наприклад, термін «трапеція» був іменем певного виду столу з нахиленими ніжками. Цікаво, що первісне слово «трапеца» перекладається з давньогрецької не тільки як «страва», а й як «стіл». А в сучасній грецькій мові «трапеца» означає ще й «банк», що легко зрозуміти з точки зору етимології.

Крім того, в геометрії суттєво використовуються мовні засоби іншої древньої системи математичного знання — арифметики. Нагадаємо, що для найменування деяких геометричних фігур застосовується мова теорії цілих чисел (*трикутник, октаедр,*

п'ятикутник тощо), тоді як для найменування кількісних значень властивостей та відношень фігур — мова теорії дійсних чисел (значення лінійних розмірів, відстані, площини, об'єму геометричних фігур тощо).

Хоча вибір імен є доволі важливим під час початкового вивчення шкільної геометрії, але на вищому рівні її розвитку, який пов'язується з аксіоматизацією, вибір імен може бути довільним без шкоди для наукового змісту. Головне, щоб елементи, які позначаються такими іменами, мали ті властивості та знаходилися в тих відношеннях, які зафіксовані аксіомами геометрії. Як висловився німецький математик *Давид Гільберт*, один з засновників та пропагандистів аксіоматичної побудови систем математичного знання: «треба, щоб такі слова, як «точка», «пряма», «площина», в усіх пропозиціях геометрії можна було б замінити, наприклад, словами «стіл», «стілець», «пивна кружка»⁸.

Легко бачити, що в геометрії існують численні та різноманітні моделі геометричних об'єктів. Такі моделі зображуються за допомогою креслень або рисунків (багато таких рисунків іноді з художньою витонченістю містить книга⁹), а останнім часом це робиться за допомогою комп'ютерної техніки¹⁰.

На прикладі геометрії стає особливо очевидною єдність її мовних та модельних компонентів (елементів). Правда, тут слід урахувати, що зазвичай говорять не про модельні компоненти геометрії, а про пов'язану з нею просторову уяву, маючи на увазі під цим почуттєві образи (тобто моделі) реальності, яку створила геометрія та які в ній використовуються.

У тісному зв'язку цих компонентів геометричної науки багато хто навіть вбачає своєрідність геометрії, що виокремлює її з інших систем наукового знання. Вона полягає в «безперервному, органічному поєднанні живої уяви з суворю логікою. У своїй сутності й основі геометрія і є просторовою уявою, пронизаною та організованою суворю логікою. В ній завжди присутні ці два нерозривно пов'язаних елемента: наочна картина і точне формулювання та строгий логічний висновок. Там, де бракує однієї з цих сторін, немає й справжньої геометрії»¹¹.

Зауважимо, що геометрична уява або візуальна (зорова) інтуїція не є щось притаманне кожній людині від народження. Вона формується та поглиблюється в результаті засвоєння геометрії як системи математичного знання в школі, коледжі, в університеті, під час дослідницької, інженерної, конструкторської, дизайнерської, мистецької тощо праці. Засвоївши ріманову геометрію або

3.2. Геометрія Евкліда

багатовимірну геометрію, студент університету опановує більш розвинуту геометричну інтуїцію, ніж випускник школи.

Сама назва геометрії свідчить про те, що вона зародилася як система знання з розв'язання задач, націлених на розподіл та вимірювання земельних ділянок. Тому не дивно, що будь-який спосіб викладання геометрії, починаючи з *Початків* Евкліда, містить велику кількість задач, асоційованих із знаходженням властивостей геометричних фігур, їх порівнянням, перетворенням, а також різних алгоритмів, процедур, методів їх розв'язання.

Геометричні задачі поділяються на три класи¹²: задачі на побудову¹³, задачі на доказ і задачі на обчислення. Кожному класу відповідають свої, особливі методи їх розв'язання. Серед задач на побудову найбільш відомі три знамениті задачі стародавності: подвоєння об'єму куба, трисекція кута й квадратури кола.

З першою з них пов'язана цікава давньогрецька легенда, яка збереглася в багатьох варіантах. Отже, в Афінах лютувала жорстока епідемія чуми. Всі спроби мешканців впоратися з нею виявилися марними. В таких випадках давні греки зверталися за порадою до оракулів. Жителі направили своїх посланців у місто Дельфи, що було відомо оракулом, який давав відповідь на будь-яке запитання. Звернувшись до нього, афіняни отримали від оракула наступну відповідь. Місто буде врятоване від епідемії, якщо вони зможуть удвічі збільшити об'єм жертовника, що мав форму куба, тобто вони мали знайти грань куба, який би за об'ємом був в два рази більший, ніж їхній жертовник. У деяких варіантах цієї легенди стверджується, що завдання мало бути виконаним з використанням лише циркуля і лінійки.

Ця задача подвоєння куба сторіччями цікавила математиків. Однак численні спроби, обмежуючись циркулем і лінійкою, знайти її розв'язок, виявилися безуспішними. Та все-таки від них була певна користь, оскільки в ході цих спроб було висунуто багато цікавих конструктивних ідей. Неможливість загального рішення цієї задачі за допомогою виключно циркуля й лінійки довів через багато років (в 1837 році) французький математик *П'єр Лоран Ванцель*.

Іншими важливими елементами систем геометричного знання є гіпотези. Найзнаменитішою з тих, які належать до евклідової геометрії як системи знання, було припущення про виводимість п'ятого постулату Евкліда з попередніх чотирьох.

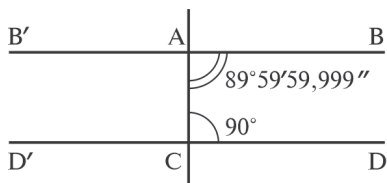


Рис. 3.1

Нагадаємо одне з його сучасних формулювань. «Якщо пряма падає на дві прямі й утворює внутрішні односторонні кути, в сумі менші двох прямих (кути BAC и DCA на рис. 3.1), то за необмеженого продовження цих двох прямих вони перетнуться з того боку, де кути менші двох прямих». Цей

постулат важко назвати очевидним — він є достатньо складним як за формою, так і по суті, оскільки в ньому йдеться про властивості нескінчених прямих, стосовно яких наша інтуїція нічого не спроможна підказати¹⁴.

Далі цитована вище *Енциклопедія* додає наступні міркування: «Необхідність цього постулату для побудови геометрії не видається беззаперечною: сам Евклід доводить низку теорем, не спираючись на V постулат, і абсолютно неясно, чому до цієї низки не можуть бути включені всі без винятку теореми евклідової геометрії. Особлива роль V постулату, його більша складність та менша наочність (порівняно з іншими аксіомами) привели до того, що математики наступних століть намагалися довести постулат як теорему. Деякі з них намагалися вивести цей постулат із решти аксіом Евкліда, не додаючи до них нових тверджень; інші ж відверто заміняли V постулат іншою аксіомою, яку вони вважали більш простою та наочною. Певна річ, що нова аксіома містила твердження, рівнозначне V постулату. Але й аналіз тих доведень, у яких V постулат не замінявся іншою аксіомою відверто, показує, що тут також використовувалися твердження, рівнозначні V постулату, однак це робилося неявно, непомітно для автора доведення»¹⁵.

Тільки в XIX столітті вдалося довести незалежність п'ятого постулату від інших постулатів. Відбулося це шляхом конкретної побудови низки неевклідових геометрій, в яких цей постулат не виконується, а самі такі геометрії тим не менш є несуперечливими¹⁶. Таким чином була спростована гіпотеза про можливість його виведення з інших постулатів.

До найвідоміших оцінок, пов'язаних з евклідовою геометрією, належать *істинність, доведеність і рівносильність* її тверджень; *очевидність і несуперечливість* її аксіом; *повнота* системи аксіом; *можливість* розв'язання задач певного типу; *універсальність*,

3.2. Геометрія Евкліда

ефективність, конструктивність і придатність методів; *точність* геометричних побудов, їх *реалізація* наперед визначеними інструментами тощо.

У геометрії *Евкліда* можна знайти найрізноманітніші операції й процедури. Це й правила доведення геометричних тверджень, і методи побудови різних геометричних фігур, і операції симетрії, паралельного переносу, подоби тощо.

Явне виокремлення компонентів, які фактично містяться в цій системі геометричного знання, дає змогу усвідомленіше ставитися до історії виникнення останньої, а також зрозуміти причини існування різних підходів до її побудови, текстового подання та викладання.

Як відомо, у стародавності в різних країнах існували свої уявлення про геометрію^{17, 18}. Так, у Древньому Вавилоні геометрія розглядалася з точки зору задач, які вона мала розв'язувати, та методів їх розв'язання, тоді як у Древній Греції найбільший розвиток одержала саме дедуктивна організація геометрії. Індійська математика робила основний наголос у геометрії на моделях, тому що для неї найважливішим способом аргументації було звертання до креслень, тобто до наочних моделей геометричних об'єктів.

У наш час також запропоновано багато підходів до побудови геометрії *Евкліда*. Їх можна класифікувати на підставі того, які елементи вони беруть як вихідні.

Традиційний підхід самого *Евкліда* та його численних послідовників, у тому числі й таких відомих, як *Давид Гільберт*¹⁹, ставив у центр геометрії такі важливі для її дедуктивного упорядкування елементи як визначення, аксіоми, правила виведення та теореми. При цьому особлива увага зверталася на формулювання деяких вихідних тверджень (аксіом) про базисні властивості й співвідношення геометричних об'єктів, на підґрунті яких прагнутимуть вивести твердження (теореми) про інші властивості й співвідношення.

Разом з тим існує і інший напрямок у побудові геометрії, який бере початок ще в математиці Древнього Єгипту й Вавилону. Він знайшов сучасне відображення у відомій *Ерлангенській програмі Фелікса Клейна*²⁰, яка головну роль відводить операціям над геометричними структурами, коли перші зберігають деякі властивості других. Нагадаємо, що відповідно до цієї програми геометрія задається групою допустимих в ній інваріантних (собітотожних) перетворень геометричних структур. Із геометрією *Евкліда* асо-

ціюється інваріантна група перетворень, яка містить сукупність усіх поворотів, паралельних перенесень і перетворень подоби цих структур. Таким чином, у центрі цього підходу перебуває вивчення таких перетворень, які залишають інваріантними деякі властивості геометричних об'єктів.

У сучасній літературі представлений і більш формальний підхід до геометрії, для якого центральними елементами вважаються числові моделі. У ньому предметною галуззю геометрії вважається довільна множина, елементи якої називаються точками. «1) Геометрія розгортається в деякому просторі, який складається з точок P, Q, \dots 2). Згідно з методом аналітичної геометрії в цьому просторі можна ввести декартові координати. Введення декартових координат в просторі означає, що кожній точці простору поставлений у відповідність набір дійсних чисел x^1, \dots, x^n , які називають *координатами* простору (тобто кожна точка простору, що розглядається, моделюється певним набором дійсних чисел — OG, BK). При цьому мають виконуватися наступні властивості: а) різним точкам простору відповідають різні набори координат; це означає, що дві точки P і Q з координатами $(x^1, \dots, x^n), (y^1, \dots, y^n)$ збігаються в тому й тільки в тому випадку, якщо $x^i = y^i, i = 1, 2, \dots, n$; б) навпаки, кожному набору (x^1, \dots, x^n) , де x^i — будь-які дійсні числа, має відповідати якась точка P простору, що вивчається»²¹.

Отже, порівнюючи різні варіанти побудови та викладу геометрії, можна зробити наступний висновок: «нинішня шкільна, тобто давньогрецька, математика вивчала різні метричні властивості найпростіших геометричних фігур. Основні задачі, які вона розв'язувала, — знаходження співвідношень між довжинами та кутами трикутників і багатокутників. Крім того, на базі цього були обчислені площі поверхонь і об'єми деяких тіл. Центральні поняття шкільної геометрії, на підставі яких вона будувалася, — це довжина відрізка прямої (або кривої для випадку кола), а також кут між двома лініями (прямими або кривими), які перетинаються.

Із наведеного випливає, що в межах сучасного розуміння шкільної геометрії головним об'єктом є відстань між двома точками, тобто деяка модель елементарного геометричного об'єкта — пари геометричних точок у вигляді певного числа, що трактується як відстань між точками»²². Таким чином, у цьому підході основний наголос робиться на числових моделях геометричних структур.

Ми дуже радимо читачеві взяти будь-який виклад знайомої йому системи математичного знання та перевірити, чи є в ній ті сорти елементів, про які йшлося вище в нашому загальному розгляді систем знань та при аналізі геометрії як прикладу. Йдеться про символи, мови, моделі, основні та виведені положення або твердження, завдання, методи та оцінки. Більш підготовлений читач може ознайомитися з виокремленням в одному з варіантів теорії чисел п'яти її підсистем²³.

3.3. КЛАСИЧНА МЕХАНІКА У ВИКЛАДІ НЬЮТОНА

Незважаючи на очевидні та постійно наголошувані відмінності між системами математичного й фізичного знання, можна очікувати, що будь-яка система фізичного знання включає компоненти такого ж штибу, як і системи математичного знання. Насамперед головне, що на наше переконання забезпечує їх подібність — це те, що вони відображають притаманними ним засобами власні предметні галузі, незалежно від їх природи. В зв'язку з цим наведемо дві аналогії: механічну та біологічну.

Отже, перша. Всі штучні засоби пересування мають на меті доставити людей або вантажі з одного місця на інше. Тому, незважаючи на різні відмінності між велосипедом, автомобілем, водним судном або літаком, у всіх них має бути двигун і джерело живлення, а також пристрої, які забезпечують та контролюють їх рух.

Тепер інша аналогія. Як відомо, риби й люди, як і всі хребетні, мають давнього спільного предка^{24, 25}. Незважаючи на всі анатомічні розбіжності, нас об'єднує наявність нервової системи, центральним органом якої є мозок. Він дозволяє нам та їм жити, виживати та розмножуватися в дуже різних середовищах. Це було би неможливим, якщо би мозок свідомо або несвідомо не мав б уявлення про особливості останніх, які забезпечують існування відповідного організму, та не скеровував би дії цього організму, байдуже риб'ячий він чи людський. «Риб'ячий мозок відрізняється від людського за формою, але всі частини у них практично ті ж самі. Мозок риби і мозок людини різняться приблизно як два автомобілі — існують явні відмінності, але в обох автомобілях є колеса, двигун, гальма тощо. Той факт, що людина має більшу інтелектуальну міць, пояснюється великими розмірами кори в людини, але не тим, що в риби її зовсім немає. По-друге, робо-

та мозку — це дуже складний процес, який неможливо втиснути в рамки простої моделі. Сьогодні ми знаємо, що мозок складається з численних вузькоспеціалізованих скупчень клітин і що його функціонування залежить від взаємозв'язків цих центрів один з одним. Це поняття нерідко передається виразом «спільність розуму»²⁶.

Покажемо, що очікування про спільну компонентну будову математичних та фізичних теорій справджуються. З цією метою звернемося до конкретних систем фізичного знання, обмежуючись, як і раніше, виокремленням наявних у них конструктивних елементів.

Почнемо з класичної механіки — однієї з найбільш відомих систем фізичного знання, яка, як і геометрія Евкліда в математиці, слугувала прототипом для наступних фізичних теорій, свого роду теоретичного аналога біологічного LUCA (*The Last Universal Common Ancestor/Останній універсальний спільний предок*). Існує чимало її версій: від спрощеної «шкільної» (яка в сучасну славу епоху експоненціального розвитку природничих наук потраху сходить нанівець, що мало б зацікавити небайдужих соціологів) до розрахованих на майбутніх науковців та інженерів «університетських» варіантів. Зокрема, варто розрізнити технічну «теоретичну механіку»^{27, 28} та «класичну механіку»²⁹ як невід'ємну базову частину теоретичної фізики. Але ми так далеко не зануримося³⁰, а натомість повернемося до витоків.

Отже, розглянемо стислий виклад тогочасної класичної механіки, написаний *Ньютоном*³¹ та озаглавлений на старовинний лад: «Математичні засади натуральної філософії»³². В цій праці підсумовуються накопичені на той час та узагальнені Ньютоном уявлення про предметну галузь (яка репрезентована в онтичній підсистемі, див. частину IV) механіки, тобто висувуються певні «очевидні» та «незаперечні» твердження (оцінки — *ОГ, ВК*) про об'єктивне існування природних тіл, рух який підпорядкований залежностям, які ця наука формулює у вигляді її законів.

Побудована Ньютоном система фізичного знання ґрунтується на припущенні, що властивості тіл не залежать від того, в якому місці, коли та ким вони досліджуються. Воно фактично є онтичною гіпотезою про будову Всесвіту, експериментальне спростування якої виходить за межі будь-яких практичних дій людства. Переконавання в її істинності ґрунтується на наслідках її застосування у природничих науках Нового часу, які досі підтверджува-

3.3. Класична механіка у викладі Ньютона

ли величну картину єдності Всесвіту, яку заповідав нам *Ньютон*. До речі, вона суперечить догмату християнства про унікальність Землі з розташованим на ній людством, догмату, в який можливо вірував і сам *Ньютон*³³.

«Властивості тіл осягаються не інакше, як випробовуванням; отже, за загальні властивості слід приймати ті, які постійно на досліді виявляються та які не підлягають зменшенню і не можуть бути усунені. Зрозуміло, що всупереч низці дослідів не слід вигадувати навмання яку-небудь маячню, не слід також ухилятися від спорідненості в природі, бо природа завжди і проста, і завжди сама з собою узгоджена». До таких властивостей належать «протяжність, твердість, непроникність, рухомість і інертність цілого тіла, які впливають із протяжності, твердості, непроникності, рухомості й інерції частин, звідси робимо висновок, що всі найменші частинки всіх тіл протяжні, тверді, непроникні, рухомі й мають властивість інерції. Такі підвалини всієї фізики». «Нарешті, як дослідями, так і астрономічними спостереженнями встановлюється, що всі тіла по сусідству із Землею тяжіють до Землі й при цьому пропорційно кількості матерії кожного з них»³⁴.

Спираючись на багатовікові дані астрономічних спостережень і вимірювань, *Ньютон* виділяє в предметній області механіки явища, які можуть нею пояснюватися. Зазначимо, що до предметної області механіки належать не тільки констатація факту існування тіл та явищ, ними породжених, а й отримані із спостережень і вимірювань кількісні (математичні) характеристики цих явищ. Звернімо увагу на те, що при описі цих явищ використовуються не лише слова побутової мови (Сонце, Меркурій, зоря, пробігати, обертання тощо), а й терміни евклідової та декартової геометрій (центр, еліпс, радіус, площа, тощо), а також арифметики (пропорція, напівкубічне відношення тощо). Наведемо опис деяких цих явищ самим *Ньютоном*.

«I. Супутники Юпітера описують радіусами, проведеними до його центра, площі, пропорційні часам, і часи їх обертань стосовно нерухомих зір знаходяться в напівкубічному відношенні їх відстаней до того ж центра (с. 504) ... II. Супутники Сатурна описують радіусами, проведеними до його центра, площі, пропорційні часам, і часи їх обертань стосовно нерухомих зір знаходяться в напівкубічному відношенні їх відстаней до того ж центра (с. 507) ... III. П'ять головних планет: Меркурій, Венера, Марс, Юпітер і Сатурн — охоплюють своїми орбітами Сонце (с. 508) ... VI. Зоряні

часи обертів п'яти головних планет, а також Сонця навколо Землі або Землі навколо Сонця знаходяться в напівкубічному відношенні їх середніх відстаней від Сонця (с. 508) ... V. Головні планети радіусами, проведеними до Землі, описують площі, зовсім не пропорційні часу, радіуси ж, проведені до Сонця, пробігають площі, пропорційні часові ... VI. Місяць описує радіусом, проведеним до центра Землі, площі, пропорційні часу (с. 509)». Отже, маємо сукупність астрономічних явищ, які пояснюються ньютонівською механікою.

Перший розділ «Визначення» книги *Ньютона* починається із введення назв та визначень її основних елементів, які тлумачаться за допомогою інших імен та лінгвістичних виразів. До їх числа відносяться терміни, якими визначаються маса, механічний рух, сила та її різновиди, прискорення, кількість руху, інерція тощо. Окремо розглядаються та визначаються уявлення про простір, місце, час й рух. Навіть великий *Ньютон* не розрізняє абстракції й те, чому вони відповідають у природі.

Далі, в розділі «Аксиоми або закони руху» формулюються основні закони механіки, які в перекладі їхнього словесного формулювання *Ньютоном* виглядають наступним чином:

«1. Всяке тіло продовжує утримуватися в своєму стані покою або рівномірного та прямолінійного руху, поки й оскільки воно не примушується прикладеними силами змінювати цей стан ... 2. Зміна кількості руху пропорційна прикладеній рушійній силі й відбувається в напрямку тієї прямої, вздовж якої ця сила діє (с. 40) ... 3. Дії завжди існує рівна й протилежна протидія, інакше — взаємодії двох тіл одного на інше між собою рівні та спрямовані в протилежні боки (с. 41).

Для розгортання механічних законів у грандіозну замкнену систему необхідно використовувати належні мови. *Ньютон* широко користувався своєю неперевершеною геометричною інтуїцією, яка ґрунтується на геометрії *Евкліда*, про яку йшлося вище, а також іншими спеціальними мовами науки. Серед них чільне місце й досі займають мови створених *Ньютоном* та незалежно німецьким філософом і природознавцем *Готфрідом Лейбніцем* (*Ляйбніцем*) диференційного та інтегрального числень^{35, 36}. Проте цього, певна річ, не досить. Треба також мати символічні знакові засоби подання системних елементів та встановити їх зв'язки з іменами і структурами використовуваних математичних систем знання. Потім можна сформулювати наслідки з аксіом, тобто вивести за-

кони механіки та застосувати їх для розв'язку актуальних практичних задач.

Наступний розділ *Засад* присвячений методу «перших і останніх (оцінки — *ОГ*, *ВК*) відношень, за допомогою якого доводиться наступне». Тут з'являються такі елементи системи механічного знання, як методи. Багато інших методів можуть бути знайдені й в інших місцях *Засад*. Привертає увагу наявність особливого розділу «Правила умовиводів у фізиці», які аж ніяк не зводяться до правил логічного висновку, що й не дивно, бо нове знання не зводиться до відтворення відомого доробку попередників. На жаль, останнім незаперечним висновком дуже часто нехтують у педагогічній діяльності.

Є в праці Ньютона й багато задач (завдань) для самостійного опрацювання. Частина з них була сформульована й розв'язана його попередниками, пріоритет у розв'язанні інших належить йому, треті вперше були поставлені й розв'язані саме ним, а четверті він тільки сформулював. Більше того, цілі розділи його праці називаються відповідно до методів розв'язку певних задач. Приклади таких назв: «про знаходження доцентрових сил», «про знаходження орбіт, коли не заданий жодний фокус», «про визначення руху по заданих орбітах» тощо. При цьому одні пропозиції його трактату називаються теоремами, а інші — задачами.

Широко відомі негативні висловлення Ньютона з приводу методу гіпотез. «Причину ж цих властивостей сили тяжіння я досі не міг вивести з явищ, гіпотез же я не вигадую. Все, що не виводиться з явищ, має називатися гіпотезою, гіпотезам же метафізичним, фізичним, механічним, прихованим властивостям не місце в експериментальній філософії»³⁷.

Згідно з його явно висловленим переконанням в теорію, а тим самим у науку в цілому, повинні входити тільки ті (істинні в даній системі знання) твердження про явища, які підтверджені їхнім експериментальним дослідженням. Незважаючи на це, навіть у його найзавершенішій за формою й стилем праці «Математичні засади натуральної філософії», не говорячи вже про книгу «Оптика або Трактат про відбиття, заломлення, вигини та кольори світла»³⁸, читач може легко знайти чимало не доведених експериментально гіпотез. Прикладом є гіпотеза про корпускулярну природу світла³⁹. Багато гіпотез він висуває про простір і час, стверджуючи, що простір є абсолютним та незмінним, а час на додачу ще й рівномірним. Оцінюючи висловлене обережне ставлення велико-

го вченого до породження гіпотез, можна з впевненістю констатувати, що стосується це насамперед зайвих (за певних конкретних умов) або передчасних гіпотез, без яких можна якось обійтись. Тут варто пригадати міркування його співвітчизника, філософа *Вільяма Окама* про лезо, яке повинно відсікати необов'язкові сутності⁴⁰.

Але насправді навіть основні закони або аксіоми механіки, які ввійшли до своєрідного «кодексу» *Ньютона*, доцільніше розглядати як гіпотези, які підтверджуються в природі чи на досліді лише за певних умов. Дійсно, як було встановлено в ХХ столітті, ці гіпотези слухні тільки у випадку макроскопічних процесів, сумірних із характерними розмірами людини. Вони не виконуються як у світі мікрочастинок, так і при намаганні опису Всесвіту в цілому.

Багато міститься в *Засадах* і різноманітних оцінок. Зокрема, у механіці використовуються такі оцінки, як вірогідність причин і достатність їх для пояснення явищ. Твердження можуть бути справедливими достеменно або приблизно.

Революційний внесок у науку, підсумований у *Засадах*, пов'язаний із впровадженням у науку великого класу механічних моделей, що виявилось вельми плідним. Наприклад, у механіці речовини тіла розглядаються або як «найменші неподільні частинки», моделями яких є масивні математичні точки (матеріальні точки), які не мають просторових розмірів, або системи матеріальних точок. Траєкторії матеріальних точок моделюються як геометричні одновимірні криві, періодичні процеси — як коливання маятника. Рухові механічних систем ставляться у відповідність диференціальні рівняння й їх системи як добре допасовані математичні моделі.

Після виходу з друку *Засад* пройшло понад трьох століть. За цей час була запропонована величезна кількість фізичних теорій загального або досить локального штибу. Проте всі вони виявилися структурно подібними до ньютонівської механіки. Звичайно, специфіка предметних галузей цих теорій не могла не знайти віддзеркалення в їх апараті, ступені абстрактності їхніх мовних засобів, характеристиках моделей досліджуваних явищ, сформульованих і розв'язаних задачах, запропонованих методах і оцінках. Але за великим рахунком будова цих теорій однакова. Розрізняються вони лише ступенем прояву, розвиненості та змісту їх компонентів. Наприклад, у всіх фізичних теоріях *моделі* залишаються *моделями, атрибутами* — *атрибутами*, але йдеться про різні моделі та різні атрибути досліджуваних цими теоріями *різних реалій*.

3.3. Класична механіка у викладі Ньютона

Отже, розглянуті «з висоти пташиного польоту» конкретні системи наукового знання виявляють набагато більшу кількість структурних елементів, ніж це передбачається кожним із відомих з літератури їх тлумачень. Нижче покажемо, що всі ці елементи утворюють різні, особливим чином упорядковані підсистеми будь-якої достатньо зрілої й розвиненої наукової теорії. Зазначимо, що більшість методологів звертає увагу лише на дедуктивну впорядкованість таких елементів, як «твердження». Насправді власні типи впорядкованості притаманні й решті підсистем системи наукового знання.

Структурованість теорій не має викликати жодного здивування, оскільки сама природа є структурованою, про що повідомляють усі підручники з природничих дисциплін, хоча цей факт не завжди підкреслюється. При цьому слід зазначити⁴¹, що (1) структури є динамічними, виходячи з «тремтячої» («непосидячої», бо працює принцип невизначеності *Гайзенберга*) сутності мікроскопічних об'єктів, як у нерелятивістській квантовій механіці, так і в квантовій теорії поля⁴², та (2) містять структурні компоненти різного масштабу. В конденсованих середовищах і живих організмах неоднорідні структури можуть бути фрактальними⁴³ або ієрархічними⁴⁴, причому біологічним системам здебільшого притаманний другий варіант. Впродовж останніх десятиліть доволі нова наука «біоміметика» використовує аналогії з біологічними структурами, щоб у різний спосіб створювати ієрархічні структури з елементами різного масштабу для використання в технології⁴⁵. Так-от, структура наукових теорій є радше ієрархічною, ніж фрактальною, й так само, як і в природних або штучних ієрархічних системах, містить зв'язки між рівнями та структурними елементами, які не зводяться до простого ієрархічного дерева. Однак, з іншого боку, певні ознаки фрактальності в світі наукових теорій можна побачити в тому, що окрема теорія, яка є частковою похідною від загальної теорії, зберігає значну частину змісту компонентів останньої, але пристосовуючи їх до деталей реалій із своєї підгалузі галузі загальної теорії. Так, похідними від квантової теорії теоріями є теорія атома та теорія ядра. Їхні моделі атомів і ядер конкретизують загальні моделі квантової теорії в застосуванні до будови атомів та ядер.

Розглянемо тепер детальніше небесну механіку як похідну від ньютонівської механіки.

3.4. НЕБЕСНА МЕХАНІКА

Небесна механіка — це система наукового знання, яка є своєрідною складовою сучасної фізики та водночас астрономії^{46, 47}. Ця система є природним продовженням іншої системи наукового знання — класичної механіки. Тому до неї входять усі ті елементи класичної механіки, про які йшлося вище. До предметної галузі сучасної небесної механіки належать рухи будь-яких небесних тіл, тобто матеріальних об'єктів, які знаходяться поза Землею: від метеоритів до скупчень галактик, від штучних супутників небесних тіл до комет⁴⁸. Інші властивості цих тіл (елементний склад, внутрішні фізико-хімічні процеси, які проходять в їх товщі та на поверхні тощо), походження та еволюція астрономічних об'єктів небесною механікою не розглядаються. Все, що залишається поза увагою небесної механіки, розглядається астрофізикою⁴⁹ (яка сама поділяється на великі підрозділи), наукою про планети (планетологією)⁵⁰ та космологією⁵¹.

Природно, що небесна механіка в першу чергу почала вивчати рухи тіл Сонячної системи — обертання планет навколо Сонця, супутників навколо планет, рух комет та інших малих небесних тіл. Тоді як видимі переміщення далеких зір (не пов'язані з добовим та річним обертанням Землі) вдається помітити, у кращому разі спостерігаючи за ними впродовж десятиліть та століть, рух планет Сонячної системи відбувається буквально на очах — за години уважних нічних спостережень і навіть за хвилини під час сонячних затемнень.

Багатовікові дослідження руху планет Сонячної системи та їхніх природних супутників накопичили багато кількісних даних. Вони й стали емпіричним підґрунтям небесної механіки, засади якої були закладені німецьким ученим *Йоганном Кеплером* і *Ньютоном*. *Кеплер* уперше виявив емпірично визначені закономірності планетного руху^{52, 53}. *Ньютон* згодом показав, що закони *Кеплера* справедливі, якщо взаємодія небесних тіл підпорядкована закону всесвітнього тяжіння, сформульованому *Ньютоном* саме в зв'язку з цим. Коли *Ньютон* переконався в справедливості цього закону, то почав його використовувати в межах теоретичної схеми своєї механіки для розв'язання інших небесно-механічних проблем, які не мали до законів *Кеплера* безпосереднього відношення. Міркування *Ньютона* не були простими та містили неточності, що не дивно, зважаючи на грандіозність задачі та необхідність

мандрувати непротоптаними стежками. Більш-менш простий підхід до переходу від емпірики до теорії в небесній механіці можна знайти в чудових книгах^{54, 55}.

Розглянемо проблему руху небесних тіл по орбітах більш докладно. Отже, *Кеплер*, проаналізувавши сукупність спостережень планетарного руху, отриману данським астрономом *Тихо Браге*, сформулював три закони руху планет, які з того часу носять ім'я *Кеплера*. Закони ці ґрунтуються на тому факті, що два взаємодіючих (за законом всесвітнього тяжіння, як потім з'ясував *Ньютон*!) тіла рухаються в одній площині, тобто рух плоский. Це означає, що й сила гравітації завжди лежить у тій же площині. Саме тому математичний аналіз задачі двох тіл відносно простий.

Перший емпіричний закон *Кеплера* (*закон еліпсів*) стверджує, що планети Сонячної системи рухаються по еліпсах, в одному з фокусів яких перебуває Сонце. Фактично цей закон справедливий тільки для системи із двох тіл, наприклад для подвійної зорі, яка знаходиться далеко від інших зір. Але й у Сонячній системі він виконується досить точно, оскільки на рух кожної планети в основному впливає лише масивне Сонце, а всі інші тіла діють незрівнянно слабкіше, так що їх вплив можна враховувати за теорією збурень, тому характер руху якісно не спотворюється. Коли ми переходимо до задачі трьох тіл, то вся «кеплерівська» простота зникає, а рух тіл може стати навіть хаотичним⁵⁶.

Якщо відслідковувати не тільки місце знаходження планети, а й момент часу, коли планета знаходиться в цьому місці на своїй орбіті, то можна визначити не лише форму орбіти, а й динаміку руху планети вздовж неї. При цьому виконується так званий другий закон *Кеплера*, згідно з яким лінія, що з'єднує Сонце й планету, за рівні інтервали часу «замітає» рівні площини (*закон площин*).

Куби довжин a великих півосей еліптичних орбіт планет пропорційні квадратам їх періодів обертання T (*гармонійний закон*). Його називають гармонійним законом, оскільки схильний до містики *Кеплер* вважав цей зв'язок проявом «небесної гармонії». Гармонійний закон стверджує, що період обертання планети залежить тільки від її відстані від Сонця й не залежить від її маси. Тривіальним наслідком закону є те, що всі тіла, які рухаються по одній орбіті, мають однакову швидкість.

За точності спостережень, яка була досягнута на той час, закони *Кеплера* могли поза сумнівом вважатися точними. Однак і

сьогодні їх можна розглядати як дуже гарне наближення до дійсності. Вони справедливі не лише для планет Сонячної системи, а й для супутників, які обертаються навколо своїх планет. Певна річ, що закони *Кеплера* стають неточними, коли будова механічних планетарних систем стає складною. Наприклад, це трапляється, якщо розглядають рух супутників несферичних планет, коли орбіти є достатньо наближеними до планетної поверхні. Однак і тоді закони *Кеплера* можна використовувати, принаймні, як перше наближення.

Фактично, закони *Кеплера* дають окремих розв'язок гравітаційної задачі n тіл для випадку, коли тіла можна вважати матеріальними точками, а маси всіх тіл, крім одного (центрального), є настільки малими, що їхнім взаємним притяганням можна знехтувати порівняно з силою тяжіння з боку центрального тіла великої маси. Як впливає з астрономічних спостережень, Сонячна планетна система й всі системи супутники — планета задовольняють ці умови.

Як зазначалося вище, крім загальних законів ньютонівської механіки головним чинником, який визначає рух небесних тіл, є гравітаційна взаємодія. За часів *Ньютона* вона описувалася (і добре описувалася!) статичним (на кшталт кулонівського закону в електростатиці) законом всесвітнього тяжіння. Відхилення від нього, про які йтиметься трохи згодом, були помічені лише в ХІХ столітті і були пояснені лише загальною теорією відносності, яку створив *Альберт Айнштейн* в 1915 році⁵⁷. Проте загальна теорія відносності (більш досконала теорія гравітації) включає в себе теорію *Ньютона* як чудове перше наближення для багатьох практично важливих випадків. У чому ж полягає сутність ньютонівського закону всесвітнього тяжіння?

Аналізуючи закони *Кеплера* й наявні дані про рух Місяця, *Ньютон* сформулював новий закон наступним чином: кожна частинка речовини притягається до будь-якої іншої частинки уздовж прямої, яка їх з'єднує, із силою, прямо пропорційною добутку їх мас і обернено пропорційному квадрату відстані між ними. Це загальний закон; він не обмежується описом впливу Сонця на планети. Він так само успішно кореспондує із взаємодією двох зір, або планети та її супутників, Землі й метеорита, Сонця й комети, Чумацького шляху та туманності Андромеди (найближчої до нас іншої галактики). Вся речовина у Всесвіті підкоряється цьому закону, тому його називають законом всесвітнього тяжіння

(про темну енергію з її від'ємним тиском, якою пронизаний увесь Всесвіт та яка прискорює його розширення, не будемо зазначати в цьому контексті, хоча її частка у Всесвіті більша, ніж звичайної речовини).

Загальність закону тяжіння доповнюється його унікальністю. По-перше, як показують елементарні математичні розрахунки, планетні орбіти мають вигляд еліпсів, у фокусі яких перебуває Сонце, тільки у випадку, коли гравітація змінюється обернено пропорційно квадрату відстані, тіла рухаються по замкнених орбітах і маса одного з тіл дуже мала порівняно з масою іншого. Ці умови роблять аналіз гранично простим, але вони зовсім не обов'язкові для застосування законів руху й гравітації. Наприклад, можна показати, що орбіта може бути не тільки еліпсом (окремий випадок якого коло), але також параболою або гіперболою. Всі ці криві називають «конічними перетинами», оскільки вони є наслідком перетину прямого кругового конуса площиною. Коло й еліпс — замкнені криві; парабола й гіпербола — незамкнені. Супутник, що рухається по замкненій орбіті, робить однакові оберти знову й знову, а супутник, що рухається по незамкненій кривій, наближається до головного тіла з нескінченно далекої відстані й, пролетівши поблизу нього, знову віддаляється на нескінченність.

Щодо гармонійного закону, то легко показати, що «стала» величина a^3/T^2 кількісно дорівнює сумі мас двох тіл, які взаємодіють. Якщо a виражено у відстанях Землі від Сонця (в астрономічних одиницях), T — у періодах обертання Землі навколо Сонця (у роках), то маса є сумою мас Землі й Сонця. Оскільки в Сонячній системі маса будь-якої планети не перевершує тисячної частки маси Сонця, величини a^3/T^2 для всіх планет розрізняються не більше ніж на 0,1 %. Якби планети були масивнішими, Кеплер не зміг би віднайти свій гармонійний закон. Отже, у загальному вигляді цей закон можна записати так:

$$T_1^2(M + m_1) / T_2^2(M + m_2) = a_1^3 / a_2^3,$$

де M , m_1 та m_2 — маси компонентів системи, наприклад Сонця (M), Землі (m_1) й Марса (m_2). Усі значення величин у цій формулі мають бути виражені в єдиній системі одиниць. Наприклад: астрономічна одиниця, рік, маса Сонця. Наближений закон Кеплера астрономи використовують для знаходження мас різних космічних об'єктів.

З наведеного випливає, що закони *Кеплера* не є (навіть в рамках механічного ньютонівського світу) абсолютно точним відзеркаленням закономірностей руху небесних тіл. Вони отримані лише на підставі певної моделі Сонячної системи. А саме, Сонячна система моделюється таким чином, що в ній планети взаємодіють лише з Сонцем і не взаємодіють між собою.

Після *Ньютона* прогрес у небесній механіці в основному полягав у розвитку математичних методів для розв'язку рівнянь планетного руху, які отримані на підставі законів динаміки *Ньютона* та закону всесвітнього тяжіння. Отже, принципи небесної механіки — це «класика» у тому розумінні, що й сьогодні вони залишаються такими самими, як у часи їх засновника.

Але не класикою єдиною живуть науковці. Ньютонівська механіка з її абсолютним простором (вмістилищем) та абсолютним часом була застосована *Ньютоном* при формулюванні засадничих законів не тому, що «абсолютні» поняття здавалися йому природними, єдино можливими та непорушними, а тому що експериментальних підстав для виходу за межі обраного підходу тоді не було. Їх не було ще довго, але логічна неповноцінність класичного підходу бентежила деяких далекоглядних науковців. Серед них був, зокрема, фізик та філософ науки австрієць *Ернст Мах*⁵⁸.

Саме невдоволеність концептуальним підґрунтям теорії, а не експериментальні негаразди виявилася тим чинником, яким об'єднав простір та час, підкресливши їхню відносність стосовно систем відліку. Так було створено у 1905 році спеціальну теорію відносності, автор якої *Айнштайн*.

Варто підкреслити, що ньютонівське трактування руху небесних тіл зазнало змін не лише завдяки використанню спеціальної теорії відносності, яка замінила перетворення *Галілея* часу й простору при переході до іншої системи відліку на перетворення⁵⁹, названі на честь нідерландського фізика *Гендріка Антона Лоренца*⁶⁰. В цьому випадку вирішальну роль з чисто технічної точки зору відіграє скінченність швидкості світла, яка в механіці *Ньютона* взагалі не відіграє жодної ролі. До змін приводить також викривлення простору біля масивних тіл (у Сонячній системі це, насамперед, саме Сонце), тобто перехід від евклідової геометрії до більш загальної — ріманової (створеної німецьким математиком *Бернгардом Ріманом*⁶¹), притаманної загальній теорії відносності *Айнштайна*⁶². Слід зауважити, що скінченна швидкість розповсюдження гравітаційного поля (вона збігається зі швидкістю світла в вакуумі) теж важлива при розрахунку ефектів загальної теорії від-

3.4. Небесна механіка

носності, бо остання включає спеціальну теорію відносності як своєрідну складову^{63, 64}.

Поступова релятивізація небесної механіки почалася із загальних світоглядних міркувань внаслідок ретельного аналізу понять простору й часу такими виданими фізиками, як *Лоренц*, *Мах*, *Айнштайн*, та французьким математиком *Анрі Пуанкаре*⁶⁵. Створені спеціальна та загальна теорії відносності як нові системи знань оновили небесну механіку та надали їй здатність до більш точних розрахунків руху небесних тіл. Спостереження руху Меркурія — маленької планети поблизу Сонця, які до того часу демонстрували відхилення від теорії *Ньютона*, увійшли в гармонію з теорією *Айнштайна*. Але справжній її триумф з точки зору прикладної науки був ще далеко попереду.

В останні роки у зв'язку з поступовим підвищенням точності результатів оптичних спостережень небесних тіл, розвитком нових методів спостережень (доплерівська спектроскопія, радіо- і лазерна локація тощо) і можливістю проведення експериментів у небесній механіці за допомогою ракет і супутників все більшого значення набувають технології з урахуванням релятивістських ефектів. Зв'язок, зокрема військовий зв'язок, розвідувальна діяльність, наведення ракет на цілі нині неможливі без урахування релятивістських поправок до руху великих і малих об'єктів. Отже, не тільки сучасна небесна механіка, як наука про рух небесних тіл у гравітаційних полях, стала релятивістською, а й «приземлені» задачі потребують свідомого використання спеціальної та загальної теорій відносності⁶⁶.

До речі, це означає необхідність докорінної зміни ставлення освітян до вивчення фізики в загальноосвітній школі. А саме, теорія відносності та квантова механіка, створені сто років тому, мають сприйматися як необхідні елементи шкільної освіти, а не як щось нове і занадто складне.

Слід зазначити, що термін «релятивістська небесна механіка» не є цілком однозначним. Протягом останніх десятиліть поряд із загальною теорією відносності розроблений ряд інших конкуруючих теорій тяжіння⁶⁷. Вони визнають певні спільні засади, притаманні фізичному простору-часу загальної теорії відносності, властивості якого тісно пов'язані з рухом і розподілом мас. Однак за конкретною формою втілення базових принципів ці теорії відрізняються від загальної теорії відносності і суперечать їй, у тому числі в сенсі конкретних передбачень. Із класу таких теорій найбільшу популярність набули скалярно-тензорні теорії тяжіння⁶⁸. У цих теоріях, крім метричного тензора, який описує геометричні

просторово-тимчасові властивості, вводиться ще деяка скалярна величина. Вона відповідає певному скалярному полю й обумовлює, зокрема, змінність гравітаційної сталої. З метою перевірки та відбору релятивістських теорій тяжіння проводяться точні спостереження за рухом небесних тіл, щоб порівняти теоретичні передбачення з результатами спостережень за допомогою сучасних телескопів, які розташовані на штучних супутниках.

З цього короткого огляду можна зробити висновок, що й в ньютонівській, і в айнштайнівських іпостасях небесна механіка спирається на обґрунтовані онтичні припущення про існування природних і штучних небесних тіл, їх об'єктивні властивості та взаємодії, а вивчає, насамперед, їхні механічні рухи. Зауважимо, що небесна механіка досягла такого рівня досконалості, що з'явилися можливості вивчення еволюції сукупностей небесних тіл, наприклад зоряних скупчень. Застосування сучасної небесної механіки поступово поширюється на системи небесних тіл будь-якого розміру, розташовані в будь-якому місці Всесвіту⁶⁹.

3.4.1. Мовні засоби небесної механіки

Небесна механіка використовує як мови, запозичені з попередніх систем знання, так і розроблені в ній оригінальні мови. Традиційні математичні мови — це добре відомі засоби таких математичних теорій як арифметика, сферична тригонометрія, алгебра, диференціальне та інтегральне числення, теорія диференціальних рівнянь в повних та часткових похідних тощо.

Російський математик *Володимир Арнольд* за життя уславився парадоксальними судженнями про науку як таку та про науку як суспільну інституцію^{70, 71}. Стосовно наукових мов, зокрема математичних «діалектів», він теж висловлювався. Наведемо характерні фрагменти спогадів математика *Олександра Кирилова* з цього приводу⁷². «Вся діяльність Арнольда була пов'язана з тим, що «математика — це слуга наук, і вона повинна пояснити кожній науці, що насправді ця наука робить». Це вона має зробити через формулювання в математичних термінах того, що виробляє наука. І це, насправді, дуже часто прояснює ситуацію. Наприклад, механіки, класичні механіки, вони самі все придумали, але тільки після того, як це було викладено мовою симплектичної геометрії, стало зрозуміло, що насправді було зроблено. Була винайдена *нова мова* (курсив — *ОГ, ВК*), була винайдена нова форма викладу, і тепер класичні роботи з механіки стало можливо викласти в двох сло-

3.4. Небесна механіка

вах — що раніше займало томи, тепер можна викласти коротко. Звичайно, це було прийнято не відразу, а з великим опором. Арнольд читав курс механіки на мехматі (механіко-математичному факультеті Московського державного університету — *ОГ, ВК*), і старі механіки були дуже проти і говорили, що «це — профанація науки, це заміщує словесною еквілібристикою такі класичні поняття» і т. д. Але, врешті-решт, все владналося і зараз підручники Арнольда^{73, 74} вважаються канонічними підручниками з механіки».

Логічне впорядкування небесної механіки відбувається за тією ж схемою, як і у випадку класичної механіки, і полягає у виокремленні основних законів або принципів, з яких за певних умов виводяться похідні закони.

3.4.2. Моделі небесної механіки

У небесній механіці можна виокремити два типи моделей рухомих небесних тіл. Моделі небесних тіл першого типу розглядаються як матеріальні точки або як тверді матеріальні тіла. Другий тип моделей враховує деформації небесних тіл. Це, зокрема, важливо при аналізі припливних сил у зоряних скупченнях. Моделі небесних тіл, що взаємодіють, репрезентують їх як матеріальні точки, що взаємодіють, або тверді тіла, що взаємодіють.

Якщо небесні тіла розглядаються як матеріальні точки, то їх характеристиками є лише маси, траєкторії, швидкості й прискорення. Якщо небесні тіла розглядаються як тверді тіла, то до їхніх властивостей, які необхідно враховувати, належать нерівномірність розподілу маси, просторова форма, такі особливості обертання навколо осі, як відхилення від осі обертання, нерівномірність обертання, лібрація¹, нутація² тощо.

¹ «Лібрація (від лат. *libra* — баланс або ваги, лат. *libro* — розгойдую) — повільне коливання одного астрономічного об'єкта відносно іншого, навколо якого він обертається. Термін вживається також щодо циклічних коливань довжини орбіти й деяких інших елементів орбіт через взаємні резонанси небесних тіл (наприклад у кількох великих супутників Сатурна). Розрізняють оптичну та фізичну лібрацію. Оптична або геометрична лібрація пов'язана з тією чи іншою зміною положення спостерігача і самого об'єкта, у той час як фізична спричинена збуреннями під дією припливних сил під час руху астрономічного об'єкта» // uk.wikipedia.org/wiki/Лібрація.

² «Нутація (лат. *nutation* — коливання) — рух твердого тіла, що обертається, який відбувається одночасно з прецесією і під час якого змінюється кут між віссю власного обертання тіла і віссю, навколо якої відбувається прецесія; цей кут називається кутом нутації» // uk.wikipedia.org/wiki/Нутація; «Пре-

Сучасна небесна механіка враховує вплив на рух тіл не тільки гравітаційних, а й електромагнітних взаємодій та взаємодій з космічними матеріальними об'єктами на кшталт пилу, окремих атомів та молекул.

3.4.3. Методи небесної механіки

Залежно від поставленої задачі та наявних даних спостереження рухи небесних тіл доцільно описувати як класичною механікою, так і більш точними теоріями відносності. Для розв'язання поставлених задач небесна механіка розробляє та використовує багато різних як аналітичних, так і обчислювальних методів⁷⁵. За перші розуміються такі методи розв'язання систем диференціальних рівнянь, які приводять до розв'язків у вигляді відомих функцій. Очевидно, що це вдається зробити лише в першому або, в крайньому випадку, в другому порядку теорії збурень, що для сучасних задач не досить актуально. Натомість чисельні розрахунки, самі по собі дуже корисні а, часто-густо єдино можливі, не завжди дають можливість проаналізувати роль того чи іншого чинника. Більше того, розв'язки задач небесної механіки, де вивчається взаємодія трьох або більше тіл, можуть мати стохастичний характер в силу їх нелінійності⁷⁶. Треба мати на увазі, що стохастичність траєкторій на фазовій площині аж ніяк не означає ергодичності за *Больцманом*⁷⁷. Важливим дороговказом при цьому можуть бути якісні методи аналізу диференціальних рівнянь.

Певна річ, що обчислювальні методи застосовуються не тільки у разі аналізу руху супутників навколо планет або еволюції планетних орбіт, але і при дослідженні процесів утворення подвійних зірок і динаміки зоряних скупчень⁷⁸. Сучасні потужні комп'ютери уможливили швидкий розв'язок складних небесно-механічних задач із високою точністю. Вперше для таких розрахунків був використаний комп'ютер SSEC фірми IBM розміром з житлову кімнату. Для обчислення положень Юпітера, Сатурна, Урана, Нептуна й Плутона з інтервалом в 40 діб з 1653 по 2060 роки йому знадобилося 140 годин. Сьогодні стандартний комп'ютер робить це за кілька секунд. Зараз за допомогою наймогутніших обчислювальних машин стало можливо розв'язувати такі задачі, які були зо-

цесія — повільне (порівняно з періодом обертання тіла) зміщення осі обертання по конусу» // uk.wikipedia.org/wiki/Прецесія.

всім не доступні класичній небесній механіці. Наприклад, можна відтворити еволюцію протягом мільярдів років зоряного скупчення, яке складається із сотень тисяч зір, та детально розрахувати, як зміниться форма двох галактик, що зіштовхуються.

3.4.4. Проблеми небесної механіки

Небесна механіка з часів її виникнення настільки розрослася, що можна виділити низку проблем за тематикою та методами розв'язку. Серед них, зокрема, зазначимо такі:

Комплекс проблем кількісного опису руху великих планет Сонячної системи.

Класична небесна механіка вивчає рух великих планет, моделюючи їх як матеріальні точки, які притягаються одна до одної та до Сонця за законом всесвітнього тяжіння. В рамках цього комплексу задач видатним досягненням стало теоретичне передбачення в 1845 році існування доти невідомої планети Нептун англійським астрономом *Джоном Адамсом* і французьким астрономом *Урбеном Левер'є*⁷⁹. У сучасну епоху практика космічних польотів істотно підвищила вимоги до точності розрахунків руху планет. Це зумовило появу фундаментальної проблематики, присвяченої їх уточненню.

Комплекс проблем кількісного опису руху малих планет (астероїдів), в якому виділяють два перспективних напрями.

Перший — це побудова уточнених індивідуальних моделей руху окремих астероїдів у зв'язку із практичними задачами освоєння космічного простору. Зокрема, в США функціонує служба відстеження небезпечних астероїдів, які можуть зіштовхнутися із Землею. Другий напрям — це побудова глобальних моделей, які описують і пояснюють існуючий розподіл орбіт астероїдів.

Комплекс проблем опису руху комет, зокрема в зв'язку з перспективами космічних польотів до них.

Комплекс проблем опису руху природних супутників планет. Останні моделюються як матеріальні тіла з нерівномірною густиною.

Комплекс проблем трьох тіл — важливі модельні задачі про рух трьох матеріальних точок, що взаємно притягаються.

Прикладами є рух космічного апарата в системі Земля — Місяць, або астероїда в системі Сонце — Юпітер, або трьох зір із різним співвідношенням мас⁸⁰. Системою трьох тіл із певною ієрархією мас є система Земля — Місяць — Сонце. Але тут трьома тілами можна обмежитися лише в першому наближенні до дійсності.

Для точного обчислення орбіти Місяця доводиться враховувати також вплив інших планет (особливо Юпітера й Сатурна), вплив сплюснутості Землі й навіть зворотній вплив припливів, які Місяць зумовлює в океанах Землі. Окремий інтерес становлять задачі дослідження руху певного тіла в полях тяжіння двох інших тіл через їх важливість для практики космічних польотів.

Комплекс проблем стійкості Сонячної системи.

Постановка проблеми й перші результати належать французьким ученим *П'єру Симуону Лапласу* й *Жозефу-Луї Лагранжу*.

Комплекс проблем небесної механіки, пов'язаних із явищем резонансу.

Часто рухи планет досить точно задовольняють деяким резонансним співвідношенням між частотами їх обертання навколо Сонця (найбільш відомий резонанс $5 : 2$ для Юпітера й Сатурна)⁸¹. Відомі й резонансні співвідношення між середніми рухами природних супутників планет. Осьове обертання Місяця (і багатьох інших природних супутників планет) перебуває у відношенні $1 : 1$ з орбітальним рухом. Осьове обертання Меркурія має з орбітальним рухом сумірність $3 : 2$. Наявність подібних фактів свідчить, що тенденція до резонансу між рухом різних небесних тіл об'єктивно існує. Висунення моделей, які пояснюють ці факти у всій їх повноті, й досі становлять актуальну проблему.

Комплекс проблем опису й пояснень зоряної динаміки й історії великих скупчень зір.

Прикладом слугують задачі опису кульових скупчень. Кульові скупчення — це компактні зоряні системи, які містять велику кількість зір та мають відповідну форму. Зараз у нашому Чумацькому шляху відомо близько 120 кульових скупчень, однак на підставі вивчення кількості таких скупчень, які належать сусіднім галактикам, можна припустити, що насправді їх існує порядку 1000. В цій царині увагу дослідників привертають наступні задачі: а) розподіл зір усередині кульового скупчення й типи їх орбіт; б) можливий вихід із кульового скупчення й захоплення таким скупченням окремих зір; в) стійкість зоряної системи такого розміру. Відомо багато різноманітних методів (у деяких випадках таких, які доповнюють один одного), що допомагають розібратися в цьому цікавому класі динамічних задач.

Велика кількість проблем небесної механіки стимулює розробку їх класифікації. Ряд класифікацій пропонують самі астрономи. Дві можливі класифікації навів шотландський дослідник

3.4. Небесна механіка

*Арчибальд Рой*⁸². Він виходив із того, що орбітальний рух, зумовлений в основному гравітаційними силами, є характерним для всієї спостережуваної частини Всесвіту.

Проблеми, які виникають при аналізі цього руху, зручно класифікувати в такий спосіб:

1) задачі в наближенні матеріальних точок, тобто скінченність розмірів тіл не береться до уваги (наприклад, при аналізі системи Сонце-Юпітер-Астероїди).

2) задачі з урахуванням протяжності тіл — явно розглядаються скінченні розміри принаймні одного з тіл (наприклад, орбіта близького штучного супутника, який рухається навколо сплюснутої Землі, або взаємна дія компонентів подвійної зоряної системи, якщо відстань між ними мала).

Для упорядкування задач іншого типу доцільно використовувати іншу класифікацію:

1) задача двох тіл — два тіла притягаються одне до одного відповідно до всесвітнього закону тяжіння. Ця задача має точне аналітичне рішення. Прикладом такої задачі може служити ізольована подвійна система, в якій компоненти розташовані на відстані, що суттєво перевищує їхні лінійні розміри.

2) задача декількох тіл — кількість тіл більше двох, але занадто мала для застосування статистичних методів. Ця задача, як ми вже зазначали, не має загального розв'язку. Прикладом може служити задача визначення орбіт планет Сонячної системи впродовж усього часу її існування.

3) задача багатьох тіл — можуть застосовуватися статистичні методи, які дають змогу знайти рух не кожного конкретного тіла, а всієї системи в цілому. Такий підхід до рішення задачі можна назвати статистичним. Прикладом може служити задача про кульове зоряне скупчення.

Наведені класифікації стосуються проблем, які безпосередньо пов'язані з дослідженнями предметної галузі небесної механіки. Сама небесна механіка як система знання є складною та містить в собі багато різних типів елементів. Власно кажучи, її розвиток відбувається завдяки різного роду вдосконалень її наявних складників та встановленню між ними раніше невідомих зв'язків. Все це сприяє виникненню низки нових внутрішніх проблем небесної механіки. Наприклад, виникає необхідність розробки новітніх, більш точних та загальних методів, побудова більш адекватних моделей явищ, які досліджуються, пристосування нових

математичних мов до внутрішніх та зовнішніх потреб небесної механіці тощо.

Ураховуючи ці обставини, задачі небесної механіки можна поділяти на зовнішні (прикладні) й внутрішні. Якщо ж звернути увагу на відношення між небесною механікою та її предметною галуззю, то можна виокремити інші класи задач.

Інноваційні задачі можна асоціювати, скажімо, з відкриттям нових раніше невідомих типів небесних тіл та й наразі незрозумілих явищ і властивостей (наприклад, так званих темних матерії та енергії). *Задачі феноменологічного гатунку* полягають у ретельному описі небесних явищ без їхнього пояснення на більш глибокому рівні, а *номологічні* — в описі явищ на підставі відомих та гіпотетичних закономірностей. Розв'язання *герменевтичних* задач полягає в поясненні й розумінні явищ, які досліджуються.

Часто передумовою розв'язання таких задач є побудова ефективних моделей та залучення інших систем знання. Наприклад, пояснення розподілу галактик спирається на різні космологічні системи знання на кшталт тих, які стосуються характеристик перших моментів виникнення Всесвіту внаслідок Великого вибуху.

Як задачі різного стибу, так і моделі й методи небесної механіки, як і будь-якої іншої системи знання, тим чи іншим пов'язані між собою. Сукупність цих елементів становить сутність цієї науки. Вони є оригінальними, пристосованими до предметної галузі, але водночас мають риси загального характеру, спільні для різних систем знання. Наприклад, статистичний підхід до зоряних скупчень є аналогом статистичного підходу до сукупності молекул газу, хоча об'єкти, певна річ, є дуже різними, якщо на них дивитися з точки зору внутрішньої будови та розмірів. Саме та обставина, що різні речі можна досліджувати, керуючись спільними підходами, є однією з причин успіху науки як такої, про що здогадувалися ще стародавні люди, які зрозуміли, що яблука та корів можна рахувати на основі тієї самої абстрактної арифметики.

3.4.5. Деякі історико-епістемологічні питання

Ми не робимо спробу в цьому розділі, який присвячений деяким конкретним науковим теоріям, детально розглянути всю сукупність історико-епістемологічних питань, у тому числі тих, які пов'язані з виникненням та розвитком, скажімо, класичної механіки або інших розділів фізики, які виникли пізніше. Але декотрих із цих питань варто торкнутися, бодай побіжно.

3.4. Небесна механіка

Спочатку звернімо увагу на болючі питання про пріоритет, але не в скандальному сенсі, який сповідують прихильники дутих сенсацій, брехливих перебільшень і прямих наклепів⁸³. Натомість ми хочемо спертися на тих дослідників⁸⁴ (науковців-професіоналів, істориків або філософів науки), які прагнули розібратися в тому, що можна вважати фактом відкриття (подією відкриття) та кого слід вважати його автором (авторами). Звісно, при цьому виникають і питання, а чому хтось *не відкрив* щось, хоча над цим працював і був близьким до відкриття⁸⁵. Чому він (вона, вони) не опублікували результати вимірювань, які здавалися їм некоректними або незначущими? Чому він (вона, вони) відкидали отримані ними теоретичні формули, які потім уславили інших? Таким чином створюється історія науки, яка є невід'ємною частиною історії людства, входить до останньої як важлива складова частина. Так само, як і загальна історія, історія науки залежить від поглядів істориків, а тому ніколи не буває повністю об'єктивною та остаточно з'ясованою.

Дійсно, оскільки історію пишуть зацікавлені та завжди упереджені учасники подій або нащадки, які є не менш упередженими, але знають про події ще менше, ніж прямі свідки, то «загально прийнятна» історія химерно змінює вигляд у процесі появи нових поколінь істориків. Тому, скажімо, «засаднича типологічність середньовічного історіописання, себто повторюваність мовних та оцінкових штампів, призводила до того, що імператорів і королів, описуючи їхні діяння, зображали не такими, якими вони були насправді, а такими, якими мусили бути згідно зі своїм статусом»⁸⁶. Так само, постмодерніст не може погодитися з тим, що існує бодай якась істина в науці, до якої можна наближатись, а отже, його перо перетворює історію науки в повний хаос⁸⁷. Проте наукову й філософську істину практично ніколи не можна розуміти, як окремий простий факт. Здебільшого істиною в природознавстві виявляється сукупність взаємопов'язаних тверджень щодо об'єкта або явища природи, здобута в межах системи поглядів, яку й слід називати науковою теорією. Ця система тверджень змінюється з плином часу, відображаючи процес наближення до істини. Остання, певна річ, залишається недосяжною в повному обсязі. Якщо когось це бентежить, то це справа його (її) смаку, а людство наближення до істини тішить, бо робить його (людство) могутнішим та більш обізнаним.

3.5. БІБЛІОГРАФІЯ ТА КОМЕНТАРІ

¹ Г. Дяченко, Р. Петрова, О. Свечнікова, В. Янчук. *Новий довідник: Математика. Фізика, друге видання, виправлене й доповнене* (Казка, Київ, 2007), с. 350.

² О. Darrigol, *Geometry, mechanics, and experience: a historico-philosophical musing*. Eur. J. Philos. Sci., **12** (4), 1—36 (2022).

³ R. J. Rossi, *Theorems, Corollaries, Lemmas, and Methods of Proof* (Wiley, Hoboken, 2006), pp. 2—10.

⁴ R. J. Rossi, *Theorems, Corollaries, Lemmas, and Methods of Proof* (Wiley, Hoboken, 2006), p. 10.

⁵ D. Berlinski, *The King of Infinite Space. Euclid and His Elements* (Basic Books, New York, 2013).

⁶ *Начала Евклида*. Перевод с греческого и комментарии В. В. Мордухай-Болтовского (ОГИЗ, Москва—Ленинград, 1948).

⁷ *Начала Евклида*.

⁸ Г. Вейль, *Математическое мышление* (Наука, Москва, 1989), с. 237.

⁹ А. Т. Фоменко. *Наглядная геометрия и топология. Математические образы в реальном мире* (МГУ, Москва, 1998).

¹⁰ Е. А. Никулин. *Компьютерная геометрия и алгоритмы машинной графики* (БХВ-Петербург, СПб, 2003).

¹¹ К. Е. Левитин, *Геометрическая распада* (Камерон, Москва, 2004), с. 4.

¹² В. В. Прасолов. *Три классические задачи на построение: удвоение куба, трисекция угла, квадратура круга* (Наука, Москва, 1992).

¹³ Ю. И. Манин. *О разрешимости задач на построение с помощью циркуля и линейки*. В Энциклопедия элементарной математики. Книга четвертая. Геометрия (ГИФМЛ, Москва, 1962), с. 206—228.

¹⁴ Б. А. Розенфельд, И. М. Яглом, *Неевклидовы геометрии*. В Энциклопедия элементарной математики. Книга пятая. Геометрия (ГИФМЛ, Москва, 1962), с. 394.

¹⁵ Б. А. Розенфельд, И. М. Яглом, *Неевклидовы геометрии*. В Энциклопедия элементарной математики. Книга пятая. Геометрия (ГИФМЛ, Москва, 1962), с. 395.

¹⁶ А. Ливанова, *Три судьбы. Повесть о великом открытии, Издание третье, дополненное* (Знание, Москва 1975).

¹⁷ Б. Л. ван дер Варден, *Пробуждающаяся наука. Математика древнего Египта, Вавилона и Греции* (ГИФМЛ, Москва, 1959).

¹⁸ А. П. Юшкевич, *История математики с древнейших времен до начала XIX столетия. Том первый. История математики с древнейших времен до начала нового времени* (Наука, Москва, 1970).

¹⁹ К. Рид, *Гильберт* (Наука, Москва, 1977).

²⁰ Ф. Клейн, *Сравнительное обозрение новейших геометрических исследований («Эрлангенская программа»)*, В книге: А. П. Норден (ред.), *Об основаниях геометрии* (ГТТИ, Москва, 1956).

²¹ Б. А. Дубровин, С. П. Новиков, А. Т. Фоменко, *Современная геометрия. Методы и приложения. Том 1. Геометрия поверхностей, групп преобразований и полей* (Эдиториал УРСС, Москва, 1998), с. 12.

3.5. Бібліографія та коментарі

²² *Ibid*, с. 12.

²³ М. Бургин, В. Кузнецов, *Гомологические структуры научных теорий* (Наукова думка, Киев, 1993), с. 14–23.

²⁴ Більше того, сучасна еволюційна біологія припускає існування спільного предка для всіх організмів, так званого LUCA (Last Universal Common Ancestor). Дивись, наприклад: М. С. Weiss, М. Preiner, J. C. Xavier, V. Zimorski, W. F. Martin, *The last universal common ancestor between ancient Earth chemistry and the onset of genetics*. PLoS Genet, **14** (8), e1007518 (2018).

²⁵ N. Lane, *The Vital Question. Why Is Life the Way It Is* (Profile Books, London, 2015).

²⁶ Д. Трефіл, *200 законов мироздания* (Гелеос, Москва, 2002), с. 423.

²⁷ Н. Н. Бухгольц, *Основной курс теоретической механики. Часть первая. Кинематика. Статика. Динамика материальной точки*, Издание шестое, переработанное и дополненное С. М. Таргом (Наука, Москва, 1965).

²⁸ Н. Н. Бухгольц, *Основной курс теоретической механики. Часть вторая. Динамика системы материальных точек*, Издание четвертое, переработанное и дополненное С. М. Таргом (Наука, Москва, 1966).

²⁹ Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц, *Теоретическая физика. Том 1. Механика, Издание третье, исправленное и дополненное* (Наука, Москва, 1973).

³⁰ Зацікавленому школяру та студенту ми порадили б ознайомитися з книгою J. Schwichtenberg, *No-Nonsense. Classical mechanics. A Student-Friendly Introduction* (No-Nonsense, 2019). На додаток до основних понять Ньютонівської версії класичної механіки в ній викладаються також її Лагранжева та Гамільтонова версії.

³¹ Ньютона створила Західна цивілізація, а він віддячив їй тим, що дав величезний поштовх подальшому розвитку науки, культури та підприємництва: С. И. Вавилов, *Исаак Ньютон (1643–1727). 4-е издание, дополненное* (Наука, Москва, 1989); J. Z. Buchwald, M. Feingold, *Newton and the Origin of Civilization* (Princeton University Press, Princeton, 2012); E. Dolnick, *The Clockwork Universe. Isaac Newton, the Royal Society, and the Birth of the Modern World* (Harper Collins e-books, 2011); P. Fara, *Life After Gravity. Isaac Newton's London Career* (Oxford University Press, Oxford, 2021); W. L. Harper, *Isaac Newton's Scientific Method. Turning Data into Evidence about Gravity and Cosmology* (Oxford University Press, Oxford, 2014); K. L. Hollihan, *Isaac Newton and Physics for Kids. His Life and Ideas with 21 Activities* (Chicago Review Press, Chicago, 2009); A. Janiak, *Newton* (John Wiley & Sons, Chichester, 2015); F. E. Manuel, *A Portrait of Isaac Newton* (Frederick Muller, London, 1980); R. S. Westfall, *The Life of Isaac Newton* (Cambridge University Press, Cambridge, 1993).

³² И. НЬЮТОН, *Математические основания натуральной философии* (Наука, Москва, 1989); N. Guicciardini, *Reading the Principia. The Debate on Newton's Mathematical Methods for Natural Philosophy from 1687 to 1736* (Cambridge University Press, Cambridge, 2003); J. Herivel, *The Background to Newton's Principia* (Oxford University Press, Oxford, 1965); C. Pask, *Magnificent Principia. Exploring Isaac Newton's Masterpiece* (Prometheus Books, Amherst, NY, 2013).

³³ Про складну матерію релігійних поглядів великого мислителя написано багато. Слід прочитати бодай одну невелику книгу: F. E. Manuel, *Religion of Isaac Newton* (Clarendon Press, Oxford, 1974), аби переконатися, що Ньютон був

віруючим християнином, вірував у могутність Господа та його бажання надати людству можливість пізнавати Божі наміри. Тоді були такі часи й такі домінуючі думки в суспільстві. Варто прислухатись до думки автора вказаної книги, що Ньютон був цілісною особистістю, а тому його релігійні, суспільно-політичні, історико-хронологічні, алхімічні та наукові погляди треба розглядати в сукупності. Прецінь, на сторінці 31 тієї ж книги підкреслюється, що слово Бог (God) у першому виданні славнозвісного твору Ньютона *Principia* згадувалось один раз! Натомість, сучасні вітчизняні науковці релігійного штибу згадують Бога всує десятки разів, не маючи зеленого поняття про зміст та сутність християнського віровчення, яке досліджував сер Айзек у власних теологічних творах.

³⁴ І. Ньютон, *Математические основания натуральной философии* (Наука, Москва, 1989), с. 504.

³⁵ В. А. Никифоровский, Л. С. Фрейман, *Рождение новой математики* (Наука, Москва, 1976).

³⁶ В. А. Никифоровский, *Путь к интегралу* (Наука, Москва, 1985).

³⁷ І. Ньютон, *Математические основания натуральной философии* (Наука, Москва, 1989), с. 662.

³⁸ І. Ньютон, *Оптика или Трактат об отражениях, преломлениях, изгибаниях и цветах света* (Государственное издательство технико-теоретической литературы, Москва, 1954).

³⁹ P. Achinstein, *Particles and Waves. Historical Essays in the Philosophy of Science* (Oxford University Press, Oxford, 1991).

⁴⁰ F. Copleston, *A History of Philosophy, Vol. 3, Ockham to Suárez* (Burns & Oates, Wellwood, 1953).

⁴¹ R. F. Hendry, *Structure, scale and emergence*. Stud. Hist. Philos. Sci., **85**, 44—53 (2021).

⁴² I. J. R. Aitchison, *Nothing's plenty the vacuum in modern quantum field theory*. Contemp. Phys., **26** (4), 333—391 (1985); W. E. Lamb, Jr., *Anomalous fine structure of hydrogen and singly ionized helium*. Rep. Prog. Phys., **14** (1), 19—63 (1951); P. W. Milonni, *The Quantum Vacuum. An Introduction to Quantum Electrodynamics* (Academic Press, San Diego, CA, 1993).

⁴³ A. L. Barabási, H. E. Stanley, *Fractal Concepts in Surface Growth* (Cambridge University Press, Cambridge, 1995); A. Bunde, S. Havlin (Eds.), *Fractals and Disordered Systems. Second Revised and Enlarged Edition* (Springer, Berlin, 1996); T. S. Chow, *Mesosopic Physics of Complex Materials* (Springer, New York, 2000).

⁴⁴ M. J. Buehler, S. Keten, T. Ackbarow, *Theoretical and computational hierarchical nanomechanics of protein materials: Deformation and fracture*. Progr. Mater. Sci., **53** (8), 1101—1241 (2008); A. McDougal, B. Miller, M. Singh, M. Kolle, *Biological growth and synthetic fabrication of structurally colored materials*. J. Opt., **21** (7), 073001 (2019); M. Nosonovsky, B. Bhushan, *Why re-entrant surface topography is needed for robust oleophobicity*. Phil. Trans. R. Soc. Lond., **A 374** (2073), 20160185 (2016); T. A. Vilgis, *Soft matter food physics — the physics of food and cooking*. Rep. Prog. Phys., **78** (12), 124602 (2015); K. Zhao, T. G. Mason, *Assembly of colloidal particles in solution*. Rep. Prog. Phys., **81** (12), 126601 (2018).

⁴⁵ B. Bhushan, *Biomimetics. Bioinspired Hierarchical-Structured Surfaces for Green Science and Technology*. 3rd ed. (Springer, Berlin, 2018); D. Brodoceanu,

3.5. Бібліографія та коментарі

C. T. Bauer, E. Kroner, E. Arzt, T. Kraus, *Hierarchical bioinspired adhesive surfaces — a review*. *Bioinspir. Biomim.*, **11** (5), 051001 (2016); A. M. Gabovich, V. F. Semeniuk, N. I. Semeniuk, *Effect of trampoline sputtering on surface morphology and coatings properties*. *J. Phys. D: Appl. Phys.*, **54** (25), 255301 (2021); J. Gao, Z. Xian, G. Zhou, J.-M. Liu, K. Kempa, *Nature-inspired metallic networks for transparent electrodes*. *Adv. Funct. Mater.*, **28** (24), 1705023 (2018); Z. Han, Z. Jiao, S. Niu, L. Ren, *Ascendant bioinspired antireflective materials: Opportunities and challenges coexist*. *Progr. Mater. Sci.*, **103**, 1–68 (2019); A. McDougal, B. Miller, M. Singh, M. Kolle, *Biological growth and synthetic fabrication of structurally colored materials*. *J. Opt.*, **21** (7), 073001 (2019).

⁴⁶ Е. А. Гребенников, Ю. А. Рябов, *Поиски и открытия планет, Издание второе, переработанное и дополненное* (Наука, Москва, 1984).

⁴⁷ Е. Bannikova, M. Saracchioli, *Foundations of Celestial Mechanics* (Springer, Cham, 2022).

⁴⁸ У часи Ньютона були відомі лише реалії, не всі (!) Сонячної системи — саме Сонце, п'ять планет та деякі їхні супутники.

⁴⁹ M. Harwit, *Astrophysical Concepts, Fourth Edition* (Springer, New York, 2006).

⁵⁰ P. J. Armitage, *Astrophysics of Planet Formation* (Cambridge University Press, Cambridge, 2020); G. Faure, T. M. Mensing, *Introduction to Planetary Science* (Springer, Dordrecht, 2007).

⁵¹ В. Приц, В. Кузнецов. *Головні риси космологічної картини світу*. *Філософська думка*, **2**, 86–101 (2020); G. F. R. Ellis, R. Maartens, M. A. H. MacCallum, *Relativistic Cosmology* (Cambridge University Press, Cambridge, 2012).

⁵² J. Kepler, *Harmonies of the World* (Forgotten books, 2011).

⁵³ Ю. А. Белый, *Йоганн Кеплер, 1571—1630* (Наука, Москва, 1971).

⁵⁴ В. Е. Белонучкин, *Кеплер, Ньютон и все-все-все...* (Наука, Москва, 1990).

⁵⁵ Д. В. Аносов, *От Ньютона к Кеплеру* (МЦНМО, Москва, 2006).

⁵⁶ A. Morbidelli, *Modern Celestial Mechanics. Aspects of Solar System Dynamics* (Taylor & Francis, London, 2002).

⁵⁷ А. Пайс, *Научная деятельность и жизнь Альберта Эйнштейна* (Наука, Москва, 1989).

⁵⁸ Э. Мах, *Механика. Историко-критический очерк ее развития* (Регулярная и хаотическая динамика, Ижевск, 2000).

⁵⁹ В. А. Угаров, *Специальная теория относительности, Издание второе, переработанное и дополненное* (Наука, Москва, 1977).

⁶⁰ Е. М. Кляус, У. И. Франкфурт, А. М. Френк, *Гендрик Антон Лоренц (1853—1928)* (Наука, Москва, 1974).

⁶¹ М. И. Монастырский, *Бернхард Риман. Топология. Физика* (ЯНУС-К, Москва, 1999).

⁶² П. К. Рашевский, *Риманова геометрия и тензорный анализ, Издание третье* (Наука, Москва, 1967); M. P. Hobson, G. P. Efstathiou, A. N. Lasenby, *General Relativity. An Introduction for Physicists* (Cambridge University Press, Cambridge, 2006).

⁶³ В. А. Брумберг, *Релятивистская небесная механика* (Наука, Москва, 1972).

⁶⁴ Н. Т. Роузвер, *Перигелий Меркурия от Леверье до Эйнштейна* (Мир, Москва, 1985).

- ⁶⁵ Ю. Сажере, Ж. Адамар, Л. де Бройль, *Анри Пуанкаре* (Регулярная и хаотическая динамика), Москва—Ижевск, 2001).
- ⁶⁶ С. М. Will, *Theory and Experiment in Gravitational Physics*. 2nd ed. (Cambridge University Press, Cambridge, 2018).
- ⁶⁷ S. Capozziello, V. Faraoni, *Beyond Einstein Gravity. A Survey of Gravitational Theories for Cosmology and Astrophysics* (Springer, Dordrecht, 2011).
- ⁶⁸ Y. Fujii, K-i. Maeda, *The Scalar—Tensor Theory of Gravitation* (Cambridge University Press, Cambridge, 2004).
- ⁶⁹ В. Г. Сурдин (Ред.), *Галактики* (Физматлит, Москва, 2013).
- ⁷⁰ В. И. Арнольд, *Жесткие и «мягкие» математические модели* (МЦНМО, Москва, 2000).
- ⁷¹ В. И. Арнольд, *Нужна ли в школе математика* (МЦНМО, Москва, 2001).
- ⁷² А. А. Кириллов, *Как я не стал летчиком, а стал математиком*, Троицкий вариант, **129**, 6 (2013).
- ⁷³ В. И. Арнольд, *Математические методы классической механики* (Наука, Москва, 1989).
- ⁷⁴ В. И. Арнольд, В. В. Козлов, А. И. Нейштадт, *Математические аспекты классической и небесной механики* (ВИНИТИ, Москва, 1985).
- ⁷⁵ Г. А. Чеботарев, *Аналитические и численные методы небесной механики* (Наука, Москва, 1965).
- ⁷⁶ Z. E. Musielak, V. Quarles, *Review Article. The three-body problem*. Rep. Prog. Phys., **77** (6), 065901 (2014).
- ⁷⁷ Дж. Майер, М. Гепперт-Майер, *Статистическая механика, Издание второе, переработанное* (Мир, Москва, 1980).
- ⁷⁸ Ю. Н. Ефремов, *Звездные острова. Галактики звезд и Вселенная галактик* (Век 2, Фрязино, 2005).
- ⁷⁹ J. Gaillard, *By how much did Le Verrier err on the position of Neptune?* J. Hist. Astron., **46** (1), 48—65 (2015).
- ⁸⁰ M. Valtonen, H. Karttunen, *The Three-Body Problem* (Cambridge University Press, Cambridge, 2006).
- ⁸¹ C. D. Murray, *Dynamics of the Solar System*, In Solar and Extra-Solar Planetary Systems (Springer, Berlin, 2001), p. 91.
- ⁸² А. Рой, *Движение по орбитам* (Мир, Москва, 1981).
- ⁸³ А. А. Логунов, М. А. Мествершвили, В. А. Петров, *Как были открыты уравнения Гильберта-Эйнштейна? Успехи физических наук*, **174** (6), 663—678 (2004); А. А. Рухадзе, *События и люди. Издание пятое, исправленное и дополненное* (Научтехлитиздат, Москва, 2010); А. А. Тяпкин, *Выражение общих свойств физических процессов в пространственно-временной метрике специальной теории относительности*. Успехи физических наук, **106** (4), 617—659 (1972); Телевізійна афера з приводу нібито відкриття ліків проти раку: <https://www.youtube.com/watch?v=W1swGff1NO0>; A. P. French, *The strange case of Emil Rupp*. Phys. perspect., **1** (1), 3—21 (1999); E. S. Reich, *Plastic Fantastic. How the Biggest Fraud in Physics Shook the Scientific World* (Palgrave Macmillan, New York, 2009).
- ⁸⁴ В. П. Визгин, *Об открытии уравнений гравитационного поля Эйнштейном и Гильбертом (новые материалы)*. Успехи физических наук, **171** (12), 1347—

3.5. Бібліографія та коментарі

1363 (2001); В. Л. Гинзбург, *О теории относительности. Сборник статей* (Наука, Москва, 1979); В. Л. Гинзбург, *О некоторых горе-историках физики*. Трибуна Успехов физических наук, № 7 (2000): https://ufn.ru/tribune/article_5.pdf; В. Л. Гинзбург, *О некоторых горе-историках физики*. ВИЕТ, № 4, с. 5—14 (2000); Б. Б. Кадомцев, Л. В. Келдыш, И. Ю. Кобзарев, Р. З. Сагдеев, По поводу статьи А. А. Тяпкина «Выражение общих свойств физических процессов в пространственно-временной метрике специальной теории относительности». Успехи физических наук, **106** (4), 660—662 (1972); Д. Джонсон, *Десять самых красивых экспериментов в истории науки* (Колибри, Москва, 2009); Г. Липсон, *Великие эксперименты в физике* (Мир, Москва, 1972); Дж. Тригг, *Решающие эксперименты в современной физике* (Мир, Москва, 1974); Дж. Тригг, *Физика XX века. Ключевые эксперименты* (Мир, Москва, 1978); P. Ball, *No result, no problem?* Phys. World, **29** (5), 38—41 (2016); D. Bertoloni Meli, *Equivalence and Priority. Newton versus Leibniz. Including Leibniz's Unpublished Manuscripts on the Principia* (Oxford University Press, Oxford, 1997); L. Corry, J. Renn, J. Stachel, *Belated decision in the Hilbert-Einstein priority dispute*. Science, **278** (5341), 1270—1273 (1997); T. Sonar, *The History of the Priority Dispute between Newton and Leibniz. Mathematics in History and Culture* (Birkhäuser, Cham, 2018); P. Steinhardt, *The Second Kind of Impossible. The Extraordinary Quest for a New Form of Matter* (Simon & Schuster, New York, 2019); С. М. Уилл, *Henry Cavendish, Johann von Soldner, and the deflection of light*. Amer. J. Phys., **56** (5), 413—415 (1988).

⁸⁵ Ми колись побіжно торкалися питання про пріоритет як історико-філософську проблему: М. С. Бургін, О. М. Габолич, *Чому не було зроблене відкриття?* Вісник НАН України, **3—4**, с. 55—60 (1997).

⁸⁶ Н. Яковенко, *Вступ до історії* (Критика, Київ, 2007).

⁸⁷ О. Габолич, В. Кузнецов, *Що таке істина в науці і філософії*. Дзеркало тижня № 1 (13 січня—19 січня) (2018).

ЧАСТИНА ІV

НАЗВИ

Ніхто не має побоюватися,
що спостереження за знаками відведе
нас від речей, навпаки воно приводить
нас до їхньої сутності.

Готфрід Ляйбніц (G. W. Leibniz).

Я вже дуже рано зрозумів різницю між тим,
що ти знаєш, як щось називається, та
знанням про це «щось».

Річард Фейнман (R. P. Feynman)

Речі є такими, тому що їх так називають

Чжуан-цзи (Chuang Tzu)

Треба назвати проблему, щоби її розв'язати

Кайл Рудік (C. Kyle Rudick)

Я називаю імена, тому що так працює наука

Пол Ромер (P. Romer)

4.1. ВСТУП

Текстовий виклад будь-якої просунутої системи знання з царини сучасних математичних або природничих наук, крім слів, здавна притаманних рідній мові або запозичених з іноземних мов, містить ще багато спеціальних знаків, символів, індексів, акронімів, позначень, найменувань, графіків, таблиць, діаграм, схем, малюнків. У деяких системах гуманітарного та соціального знання, наприклад в археології, антропології, музикознавстві, архітектурі (як науці проєктування будівництва споруд різного призначення та їх систем), у ролі природних і штучних позначок використовуються також матеріальні фрагменти, світлини, декорації, макети, ноти тощо. Вони виконують роль назв, тобто різного штибу іменувань (імен) позначених ними сутностей. Походження таких символів є надзвичайно цікавим і занурює дослідників у соціальну історію людства¹ та, навіть, у біологічну його передісторію².

У більшості систем гуманітарного та соціального знання для репрезентації досліджуваних ними реалій здебільшого використовуються назви, які запозичені зі звичайної мови. Іноді до них для надання позірної науковості додаються відповідні синоніми, які походять з іноземних мов. Раніше переважали латинізми, зараз

4.1. Вступ

англіцизми, а у філософських працях, орієнтованих на континентальну філософію, часто-густо трапляються германізми та галліцизми. Навколо їхнього адекватного перекладу українською досі тривають жваві обговорення. Певним паліативом є «фонетичний переклад» цих запозичень, як це відбулося з такими назвами як «парадигма», «деконструкція» та «пастиш».

Представники сучасної філософії науки та семіотики звертають увагу переважно на ті назви, які згодом іменують реалії (об'єкти з предметної галузі науки та їх атрибути), зовнішні до системи знання. Ці назви несуть потенційне онтичне навантаження й у цьому сенсі не вважаються пустими. Проте, як легко переконатися, звернувшись до публікацій з математичних та природничих наук, такими назвами та їхніми знаковими еквівалентами (наприклад, назва «маса» замінюється на знак «*m*», а назва «електрон» — на знак «*e*») не вичерпується називний резервуар, з якого запозичує матеріал індивідуальний або колективний автор чи-то користувач, які діють у межах будь-якої релевантної системи наукового знання.

Не буде перебільшенням стверджувати, що чим вище ступінь розвитку системи знання, тим більше в ній з'являється елементів, структур і підсистем та відповідно їхніх назв, які їх позначають. Виникають природні запитання щодо функціональних характеристик назв, які не мають прямого онтологічного навантаження. Спочатку вони виникли у межах неопозитивістської філософії науки³ при розгляді систем наукового знання у зв'язку з проблемою так званих *теоретичних* термінів (понять), які позначають те, що не спостерігається. Чи є такі назви тимчасовим артефактом або необхідним чинником розвитку та застосування систем знання? Для обґрунтованих відповідей на ці питання бажано мати розгорнуту та детальну реконструкцію побудови систем наукового знання. Зрозуміло, що, якщо деякі зі складників системи знання нерепрезентовані в її реконструкції, то це автоматично означає відсутність у ній їх назв. Більш того, у відносно повній та деталізованій реконструкції бажано фіксувати не лише загальний тип складників (наприклад, понять проблем або моделей), а й розрізняти їх підтипи (наприклад, поняття досліджуваних реалій, поняття їх атрибутів, поняття процесів, які відбуваються з реаліями тощо).

Потрібно також розглядати наукові назви не самі по собі, а як елементи систем наукового знання, що пов'язані з іншими їхні-

ми елементами. Зауважимо, що самі по собі фонemi або літери абетки буденної мови є матеріалом для утворення слів як її мінімально значимих одиниць і в різних мовах вони на свій копил виконують функції конструювання цих одиниць. Ми тут абстрагуємося від того, що кожна природна мова використовує різні фонemi, внаслідок чого навіть однакові за формою літери звучать по-різному в різних мовах. Це стосується не тільки «визнаних» мов, а й діалектів. Аналогічно, наукові назви є субстанцією для утворення значимих та продуктивних структур систем наукового знання. Вони, до речі, теж можуть сприйматися по-різному в різних системах знання, або при їхньому неоднаковому тлумаченні (таким чином можуть виникати різні «діалекти», які інколи утворюють «мови»⁴). В будь-якому разі філософський аналіз функцій та ознак наукових назв має їх тлумачити через їхню роль у системах наукового знання. Це вчергове пояснює необхідність розгляду будови систем наукового знання.

На підставі полісистемної реконструкції⁵ просунутих систем наукового знання¹ подамо розгорнуту типологію їх складників і відповідних назв та виокремимо функції, які назви в них виконують. У першому наближенні обсяг поняття «назва» включає поняття «знак» як цілісне, атомарне утворення. Кожний знак потенційно є назвою, тоді як не кожна назва є знаком. Проте багато того, що семіотика зазначає про знаки, може бути *cum grano salis* застосовано й до назв. Це спонукає дати стислий огляд тих напрацювань семіотики, які, на нашу думку, є релевантними до аналізу місця, типів та функцій назв у системах наукового знання.

Один із засновників семіотики *Чарльз Пірс*⁶, хімік за освітою, виокремив три головних типи знаків: *ікона*, *індекс*, *символ*. Однак, як зазначають мовознавці, які проаналізували його головні праці, запропонованій ним термінології притаманна багатозначність. Вона полягає в тому, що в різних його працях подано різ-

¹ У літературі з філософії та історії науки за найбільш розгорнутими системами наукового знання закріпилася також назва «наукові теорії». З погляду полісистемної реконструкції у філософії науки під науковими теоріями переважно розуміють лише окремі неповні фрагменти розвинутих наукових теорій. Тому називатимемо останні системами наукового знання. Зауважимо, що тлумачення фрагмента наукової теорії як адекватного репрезентанта теорії в цілому зумовлене не лише мірою знання реальних теорій тим, хто їх обговорює, а й засобами, які він використовує при експлікації. Таким чином, усі реальні теорії є системами знання, але не всі системи знання досягають рівня розвитку реальних теорій.

4.2. Наука як визначальна частина сучасної культури

не тлумачення відповідних понять і що ці тлумачення змінювались під час його наукового життя². Тому ми вирішили вживати слово «назва» як максимально узагальнювальний термін, вважаючи, що його ознакою є припущення — він щось позначає. Залежно від того, яка лінгвістична природа (окрема літера, комбінація літер, слово, словосполучення, речення, текст тощо) назви та до яких мов (природних/буденних, візуальних, математичних, конкретно-наукових тощо) вона належить, має сенс виокремлювати різні типи назв.

4.2. НАУКА ЯК ВИЗНАЧАЛЬНА ЧАСТИНА СУЧАСНОЇ КУЛЬТУРИ

Наука, як соціальний інститут, метою якого є отримання нового знання про людину та її оточення із наступним його застосуванням для задоволення індивідуальних і суспільних потреб, виникає на певному рівні розвитку культури⁷. Тому зазвичай висловлюється цілком справедлива думка, що сприятливі соціально-культурні та політичні чинники позитивно впливають на науку та її розвиток. Натомість, несприятливе оточення здатне придушити науку або суттєво її обмежити, що видно, скажімо, на прикладі націонал-соціалістичної Німеччини⁸ та тоталітарного псевдоінтернаціонального Радянського Союзу⁹. Проте варто звернути увагу й на зворотній зв'язок, тобто вплив виникаючої та прогресуючої науки на культуру й побут суспільства, яке її виробляє. Цей вплив є неминучим і дуже потужним. Більше того, він зростає з часом, так що, наприклад, фізика та пов'язані з нею аспекти життя розвинених країн Заходу з XVI по XVIII століття змінилися незрівнянно менше, ніж за першу половину XX століття.

Отже, наука виникає лише за певних сприятливих соціальних умов. Але й наука вростає в культуру, створюючи для неї світоглядне та економічне підґрунтя, стаючи її невід'ємною частиною. Сучасна культура настільки пронизана наукою, що неможливо уявити існування модерного суспільства без новітніх наукових досягнень та заснованих на них високотехнологічних засобів, машин і гаджетів. Наука безпосередньо впливає на всі сфери культури. Наприклад, технічні засоби всіх сучасних ЗМІ є матеріаль-

² З основними поняттями семіотики Пірса можна познайомитись тут: <https://iling.spb.ru/pdf/nl/basic.html>

ним втіленням електродинаміки, оптики, квантової механіки, інформатики, фізики конденсованих середовищ, теорії відносності тощо. Водночас і сама наука змінюється під впливом розвитку власної ідейно-матеріальної бази: полегшуються, прискорюються та покращуються обмін, засвоєння та обговорення новітньої інформації, долаються комунікаційні бар'єри між науковцями, стає традиційним організація дистанційного навчання та дистанційних конференцій, суттєво зменшується час, грошові, матеріальні та фізіологічні ресурси, необхідні для технічної підготовки наукових публікацій¹⁰ тощо. В даному контексті слід зазначити, що всі ці інтелектуальні наукові та інженерно-технічні досягнення уможливились через використання різних знакових систем, дослідження яких вважається завданням семіотики. В певному сенсі ступінь розвитку знакових систем є необхідною умовою прогресу та індикатором зрілості науки і цивілізації в цілому.

При всій великій кількості сучасних культурологічних, антропологічних, філософських, логічних та лінгвістичних праць, присвячених історії та сучасному стану семіотики¹¹, відносно нечисленними є праці, які аналізують семіотичні аспекти окремих наук¹². На цьому тлі виділяється низка публікацій з біосеміотики та зоосеміотики¹³. Проте практично всі науково-центровані праці з семіотики розглядають окремі науки переважно із загальної точки зору, не занурюючись у функціонування назв в їх системах знання. В тих нечастих випадках, коли це має місце, автори виходять з вельми обмежених уявлень про системи наукового знання, що не дає можливості виокремити всі типи назв, які використовуються в реальних системах наукового знання (див. далі). Саме останні й утворюють простір, у якому назви виконують свою визначальну функцію — створювати репрезентативні та комунікаційні умови для отримання нового знання про відповідні предметні галузі.

У тих працях, де ці питання ставляться та обговорюються, пошук відповідей обмежується загальними уявленнями про специфіку різних наук та майже ніколи не ґрунтується на аналізі розроблених в них конкретних систем знання. Однак саме останні є природним середовищем для виникнення, існування, еволюції та удосконалення вельми різних за типами та призначеннями систем знаків і назв. Їноколи навіть здається, що вживання різного штибу назв та знаків настільки притаманне математичним та природничим наукам (принаймні), що на нього не звертають увагу точ-

4.3. Назви та названі сутності

нісінько так, як за нормальних атмосферних умов людина не замислюється про те, що вона дихає повітрям, насиченим киснем.

Якщо звернутися до такого головного продукту науки як знання, то у філософії науки чільна увага приділяється його логічному, організаційному, концептуальному, категоріальному, граматичному, прагматичному та семантичному аспектам. Між тим будь-який з них не може бути реалізованим без різноманітних назв, зокрема знаків. Вони виступають як своєрідні неподільні почуттєві атоми наукового знання, комбінування та перетворення яких є необхідною умовою його існування, своєрідною почуттєвою субстанцією, за допомогою якої утворюється, проявляється та фіксується знання про будь-який об'єкт. Ця називна субстанція у всіх її різновидах є єдиною, яка здатна репрезентувати інтерсуб'єктний та об'єктивний зміст і сенс наукового знання і зробити його доступним ментальній обробці мисленням не тільки його творців, а й їхніх колег.

4.3. НАЗВИ ТА НАЗВАНІ СУТНОСТІ

У попередніх працях зі структурно-номінативного підходу та його полісистемної версії на низці прикладів реальних систем наукового знання з математичних, природничих та суспільних наук (евклідової геометрії, теорії чисел, класичної та небесної механік, квантової теорії поля, систем правового знання тощо) було продемонстровано, що ці системи містять однакові за типами універсальні елементи. До подібних універсалій майже всі філософи науки переважно зараховують екзистенційні поняття. Тобто мають на увазі поняття про реалії, які досліджуються за допомогою системи знання та існування яких постулюється її онтичною підсистемою, а також твердження про розраховані в цій системі значення атрибутів цих реалій. Проте, як показує дослідження реальних систем знання, репрезентованих у відповідних текстах (наукових статтях, монографіях, доповідях на конференціях і лекціях, підручниках і посібниках), такими поняттями та твердженнями не вичерпується загально вживаний набір універсальних знарядь у межах вказаних систем. У кожній системі знання присутнє також розмаїття типів понять і тверджень, тобто інші типи універсалій. Це уможливило виокремлення в будь-якій системі наукового знання її певних підсистем, центрованих навколо кожної окремої універсалії. Як уже зазначалося, в процесі розвитку полісистемного підходу спочат-

ку виокремлювались дві неоднорідні підсистеми¹⁴, потім п'ять неоднорідних систем¹⁵, а в його останній версії — аж шістнадцять однорідних підсистем¹⁶. Справжня теоретична скринька Пандори!

Зауважимо, що самі предметні галузі систем наукового знання також доцільно розглядати як системні утворення, які складаються, як правило, з компонентів різних сортів. Наприклад, у предметній галузі тієї сукупності систем наукового знання, яка називається астрономією, варто виділяти планети, природні та штучні супутники, комети, астероїди, космічний пил, міжгалактичний газ, електромагнітне випромінювання різного частотного діапазону, потоки елементарних частинок, зорі, зоряні скупчення, галактики, скупчення галактик та Всесвіт. Звісно, поділ є неоднозначним (згадаймо хоча б нескінченну та захоплюючу сагу зі зміною у часі атрибуції Плутона (планета або астероїд?)) внаслідок поглиблення наших астрономічних знань!¹⁷

У предметну галузь квантової хромодинаміки входять особливий вакуум¹⁸ та низка різних кварків і глюонів, які є переносниками так званої «кольорової» взаємодії між кварками¹⁹. Предметна галузь елементарної геометрії утворена різними уявними (ідеальними) геометричними фігурами з певними властивостями, відношеннями, можливостями взаємних перетворень тощо. А за предметну галузь, яка складається з фізичних та споріднених хімічних властивостей різноманітних речовин, «змагаються» три формально різні науки: фізика твердого тіла, фізика конденсованих середовищ та матеріалознавство²⁰.

Не заперечуючи можливості холистичного (цілісного) бачення предметної галузі системи наукового знання як специфічної унікальної та єдиної сутності, зазначимо, що досі найбільші успіхи науки пов'язані з так би мовити інгредієнтним (складниковим) підходом. Він реалізується через виокремлення в предметній галузі відносно самостійних і неподільних (лише в певному відношенні!) предметів (реалій)³ та їхньому ретельному окремому вивченні. Зазначене не виключає, що на певному етапі розвитку окремих наук їхні предметні галузі можуть почати перетинатися та зливатися в одну, сприяючи об'єднанню наук. Так сталося, скажімо, з хімічною термодинамікою, яка певним чином об'єднала споріднені розділи фізики й хімії²¹. Іншим характерним прикладом мож-

³ У подальшому будемо використовувати слова «предмет» та «реалія» як синоніми. Також як синоніми застосовуватимуться слова «складник» та «інгредієнт».

4.3. Назви та названі сутності

на вважати об'єднання низки наук в так звану синергетику²², де об'єднувальним чинником були однакові математичні методи та спільний погляд на самоорганізацію великих колективів «частинок» чи систем у природничих або соціальних сферах²³.

Надалі, щоб не виникало плутанини із застосуванням багатозначного слова «елемент», вживатимемо його лише для характеристики складу систем наукового знання. Натомість складники предметної галузі будемо позначати словом «предмети» (або «реалії»), а коли йтиметься про складену побудову окремого предмета, то вживатимемо термін «інгредієнт» для позначення його складників. Отже, предмет (реалія) за певних умов його дослідження вважається таким, що складається з інгредієнтів. Ситуація може бути іншою у випадку деяких математичних реалій, атрибути яких вивчають не декомпозицією на їх інгредієнти, а, навпаки, дослідженням як елементів відповідних множин.

Зауважимо, що протиставлення предметів та їх інгредієнтів (які, як правило, теж є реаліями для наступного етапу розвитку відповідної науки чи для нової науки) не є абсолютним, а залежить від вибору системи наукового знання, мети та наявних засобів дослідження²⁴. А саме, те, що тлумачиться як інгредієнт (або предмет) стосовно однієї сукупності зазначених чинників може вважатися предметом (інгредієнтом) відносно іншої сукупності. Так, атомне ядро є предметом із предметної галузі ядерної фізики та інгредієнтом із предметної галузі атомної фізики, тобто одним зі складників атомів. Органічні клітини є предметами для клітинної біології та інгредієнтами для біології органів багатоклітинних тварин.

Взагалі, як повсякденне, так і наукове мислення, яке ставить за мету описати та пояснити певний зовнішній матеріальний предмет²⁵, його атрибути (властивості й взаємодію з оточенням) та закономірності його поведінки, оперує безпосередньо не з ним самим, а з його різноманітними назвами, позначеннями або образами. Однією з необхідних та принципових рис наукового мислення є те, що воно оперує також з назвами самих назв. У позитивному сенсі до подібної операції схильні й поети з їхньою метафоричною мовою, яка допомагає звернути увагу на знайомі реалії з незвичного ракурсу. В негативному сенсі використанням цієї операції часто зловживають філософи. Наприклад, нічим не обґрунтована при описі, скажімо, процесів розвитку заміна діалектичної термінології на синергетичну.

4.4. ЧИМ НАСАМПЕРЕД ОПЕРУЄ МИСЛЕННЯ НАУКОВЦЯ?

Переважна більшість філософів без будь-яких докорів сумління стверджує, що мислення має справу не з самим предметом, а з поняттям про нього. Але, на превеликий жаль, у світовій філософській літературі відсутні праці, які б розкривали специфіку, субстрат, форму та особливості конкретних процесів мисленого оперування *науковими* поняттями як елементами систем наукового знання. Натомість, в наявних літературних джерелах описуються передбачувані у формі понять результати цих процесів без занурення в механізми їх дії²⁶. Тобто фактично мислення тлумачиться як чорний ящик, на вході якого подається інформація в понятійному вигляді, яка після її обробки з'являється на виході в такому ж, але переробленому вигляді. Крім того, аналіз понять обмежується наведенням прикладів буденних понять почуттєвих речей²⁷ та їхнім логічним моделюванням за допомогою конструкції логічних предикатів або конкретних уявлень про зміст та обсяг понять²⁸. Деякі автори навіть «наводять» аргументи на користь надлишковості виокремлення та використання в психології, філософії та науці такої форми мислення як «поняття»²⁹.

Як наслідок, загальною рисою наявної літератури про поняття є свідоме або несвідоме застосування таких моделей понять, які мало пов'язані з практичною, хоча й, на сторонній погляд, абстрактною, науковою діяльністю³⁰. Ретельно проаналізувавши відповідні запропоновані уявлення про поняття, неважко помітити, що воно виглядає як справжній оксюморон. Дійсно, поняттю, як мисленому утворенню, приписуються риси (скажімо, обсяг — сукупність предметів, або зміст — суттєві властивості предметів), які у випадку природничо-наукових понять не належать до мислення (свідомості) дослідників.

4.5. БАГАТОЛИКИЙ ЕЛЕКТРОН

Розглянемо, наприклад, тлумачення засадничого фізичного поняття «електрон» через такі його характеристики, як маса, просторовий розмір (зауважимо, що його так званий «класичний радіус» не є радіусом, отриманим із традиційних вимірювань або шляхом таких же традиційних класичних міркувань³¹), електричний заряд, які за традиційним логічним тлумаченням понять утво-

4.5. Багатоликий електрон

рюють його зміст (сукупність суттєвих властивостей електрона як елементарної частинки). В будь-якому разі такі ознаки є фактично атрибутами електрона як природного об'єкта (предмета), а не поняття «електрон». Натомість, із останнім асоціюються професійні фізичні назви вказаних ознак електронів. Саме в категоріях цих назв та пов'язаних із ними елементів відповідних систем фізичного знання мислить фізик-теоретик, коли він розмірковує про електрон або, як зазвичай кажуть, використовує поняття «електрон». Ці назви позначають певні абстрактні моделі електрона та його атрибутів, визначають проблеми, які конструюються за допомогою цих моделей, штовхають дослідника на використання відомих або створення нових інструментів із розв'язання проблем тощо.

Зауважимо також, що для елементарних частинок, згідно з сучасною теорією, дещо наївні з нинішньої точки зору класичні уявлення про їх просторовий розмір та певні скінченні значення деяких їх характеристик (на кшталт електричного заряду) ставляться під сумнів. Йдеться про наступне. (1) Внаслідок співвідношення невизначеностей, яким завдячуємо *Гайзенбергу*³², на маленьких відстанях від збуджувального заряду довільно обраного окремого електрона відбувається флуктуаційна генерація (виникнення та зникнення) віртуальних електрон-позитронних пар (насправді саме через це втрачає сенс поняття «окремого» електрона, так що доводиться вести розрахунки та міркувати в термінах поняття «електрон-позитронного поля»³³). (2) Крім того, «прямі» електродинамічні обчислення приводять до нескінченної величини кулонівської енергії точкової зарядженої частинки³⁴, тоді як (3) обмеження, які накладає спеціальна теорія відносності, заперечують неточковість електрона³⁵. Таким чином, сучасна фізика вказує не просто на окремі ознаки електрона, а й на їхній нетривіальний взаємозв'язок, який за великим рахунком спростовує класичні уявлення про його характеристики як окремої елементарної частинки.

Отже, поняття «електрон» не є однозначним та універсальним, попри позірну «простоту» та відносну «елементарність» електрона³⁶, якщо, наприклад, порівняти його з протоном³⁷. Воно при переході до більш складних фізичних систем знання (класична електродинаміка → квантова електродинаміка → теорія електрослабких взаємодій → ...) змінюється, збагачується та в явний спосіб демонструє дослідникам свою загадковість, яка зазвичай внаслідок імпринтингу шкільних догм викарбовується в уяві студентів

на застиглий (до того ж і неправильний!) образ електрона як маленької зарядженої кульки³⁸. Поняття «електрон» (як і будь-яке інше фундаментальне поняття природознавства), є різним в різних системах знань, знаходячи належне місце в сукупності інших понять, притаманних кожній даній системі, та набуваючи певні, іноді суттєво інші, характеристики.

Водночас електрон у природі є цілком конкретним фізичним об'єктом неklasичного стибу. Його властивості, які виявляються в різних експериментах, не збігаються між собою не тому, що щось негаразд із наукою, а тому що кожен експеримент націлено на отримання конкретного знання стосовно певної риси досліджуваного об'єкта. Лише осмислення сукупності експериментів дає досить розмитий з класичного погляду, але з погляду закоханих у природу дослідників дуже привабливий портрет основоположної елементарної частинки, простота якої є оманливою. Розвиток дослідної техніки приводить до розширення вказаної сукупності експериментів, що поступово змушує науковців з розвитком експериментальних можливостей надавати поняттю «електрон» інший сенс.

4.6. РІЗНІ КАРТИНИ ДОСЛІДЖУВАНИХ ПРЕДМЕТІВ

Таким чином, фізики, застосовуючи різні наявні системи знання та вживаючи поняття «електрон» при інтерпретації дослідних даних, мають на увазі «різні електрони». Але внаслідок об'єктивного характеру фізичних досліджень ці «електрони» доволі добре описують природну реалію «електрон» за різних умов її експериментального вивчення. В зв'язку з існуванням різних аспектів «електронного буття» варто навести наступну побутову аналогію. Отже, світлини пана читача або пані читачки зберігають та віддзеркалюють його (або її) ідентичність та унікальність як багаточастинкової багаторівневої ієрархічної живої системи впродовж багатьох років. Водночас вони також фіксують об'єктивні зміни зовнішності в часі під впливом внутрішніх процесів у організмі та зовнішніх життєвих обставин. На жаль, процеси, які відбуваються всередині кожної людської істоти, є незворотними, тоді як елементарні частинки, з електронами включно, є повністю ідентичними та собітотожними. Втім, теоретичні описи результатів поведінки електронів є дуже складними та доволі різняться.

4.6. Різні картини досліджуваних предметів

Проте вони є об'єктивними, а тому з успіхом використовуються щодня в побутовій електриці та у гаджетах, тобто ці описи є корисними з практичної точки зору, ще раз доводячи, що практика є одним із критеріїв істини⁴.

Вказана неоднозначність, внутрішньо властива науковим поняттям, зміст та форма яких змінюються з поглибленням та поширенням досліджень відповідних реалій, є занадто складною для уяви пересічних людей, при звичаєних власним життєвим досвідом до простих об'єктів і простих рішень (часто дуже хибних!). Саме тому фальшиві псевдонауковці, наприклад, астрологи³⁹, які харчуються з невігластва, ніколи не заморочуються явищами, подібними до електронної інтерференції. Натомість вони одразу переходять до удаваних зв'язків далеких планет із людськими долями, спрощуючи дискурс до нестями, бо перевірити магічні передбачення в царині міфічних стосунків нікому жодним чином не вдасться.

Однак у царині справжніх природничих наук науковці-експериментатори виконують певні конкретні практичні дії (засобами та методами фізики, хімії, біології, геології тощо) з досліджуваними об'єктами. Вони їх розрізають, нагрівають, заморожують, стискають, розчиняють, очищують, занурюють у зовнішні електричні та магнітні поля, зіштовхують з різними відносними швидкостями, вмикають в електричне коло, опромінюють радіацією різного стибу, використовують радіоактивне датування для визначення віку артефактів тощо. Досліди проводять, намагаючись дотримуватись певних контрольованих умов, які дозволяють виокремити/визначити атрибути реалій та кореляції як між цими атрибутами, так і між окремими різними реаліями. Необхідною умовою оприлюднення інформації про отримане нове знання є такий його опис у публікаціях, який дозволяє іншим дослідникам відтворити або спростувати результати дослідів.

На жаль, така мовби тривіальна для природознавців вимога не виконується в більшості досліджень у царині соціальних та

⁴ Зазначимо, що іноді хибні, тобто оперті на неправильні припущення, дії приводять до бажаних для їх ініціаторів, скажімо політиків, результатів. Так, Адольф Гітлер гадки не мав, наскільки могутньою з технічної точки зору була Червона армія, а тому розпочав війну з танкетками проти танків Т-34. Але завдяки іншим чинникам йому вдалося здобути величезні військові перемоги протягом початкової фази війни. Див.: М. Солонин, *Как Советский Союз победил в войне* (Яуза-Каталог, Москва, 2018).

гуманітарних наук, наприклад в психології, де, як стверджується, результати до 70 % психологічних експериментів не відтворюються⁴⁰. Головна епістемологічна проблема полягає у тім, що на ґрунті таких «експериментів» будуються різні «теорії», які слугують як дороговказ для певних практичних дій. У її світлі актуалізується старе питання про обґрунтування теоретичних побудов у тих соціальних та гуманітарних науках, де експеримент заборонений із етичних міркувань або взагалі неможливий. Не менш цікавим є те, що відтворюваність результатів наукових експериментів є лише необхідною, проте не достатньою умовою їхньої істинності в репрезентації досліджуваної предметної галузі⁴¹. Принципові ускладнення виникають навіть у спробах теоретичних пояснень результатів однотипних соціологічних досліджень. Максимум на що можна сподіватися, так це на більш-менш вірогідні передбачення того, що може відбутися за аналогічних умов⁴².

Пояснити таку відмінність соціальних наук від природознавства дуже легко (хоча виправити становище дуже важко). А саме, об'єкти, які досліджує фізик або хімік, незрівнянно простіші⁴³, ніж навіть прості комірочки людського суспільства. До речі, тому й медичні науки залишаються у більшості мистецтвом, хоча й використовують сучасну біологію, фізику та хімію. Навіть ефективні ліки по-різному діють на різних людей. І це пов'язано не лише із соматичними відмінностями людських особин, що, в принципі, можна було би врахувати, а й з психологічними відмінностями. Класичним прикладом принципового порушення причинно-наслідкових ланцюжків у медицині (подібних до таких, які чудово відтворюються, скажімо, в фізиці) є ефект плацебо⁴⁴. Годі й сподіватися, що ми його так само раціонально пояснимо, як рух кульки на похилій площині. А про вірогідний науковий аналіз того, що коїться в голові виборця, варто взагалі забути. Можна лише писати есеї на цю тему⁴⁵.

4.7. ДЕЯКІ ВИДИ НАЗВ РЕАЛІЙ, ЇХ СКЛАДНИКІВ ТА АТРИБУТІВ

Оскільки в сучасних природничих науках досліджувані предмети та явища експериментально вивчаються за допомогою каліброваних вимірювальних приладів⁴⁶, існує можливість не тільки робити якісний опис експериментів, а й знаходити кількісні значення атрибутів реалій. При цьому їх назви дослідники змуше-

4.8. Наукові та буденні назви

ні спочатку запозичувати зі слів повсякденної мови, спираючись на конкретні мовні традиції країни, де працює дослідник. Часто, згідно із середньовічною традицією, яка збереглася аж до сьогодні, замість рідної мови першовідкривачів (італійців, французів, німців, англійців, шотландців, американців, шведів, голландців, данців) використовуються терміни, коріння яких походить із давньогрецької або латинської мов («мертвих» на сьогодні), щоб якось відокремити словник науковця від словника пересічної необізнаної людини та водночас уніфікувати термінологію, уникаючи розпаду світової науки на національно-орієнтовані фрагменти. Сьогодні нагальна необхідність міжнародної уніфікації назв у вірусології та генетиці зумовлена потребами спільної боротьби проти сучасної пандемії коронавірусу SARS-CoV-2^{47, 48}. Зазначимо, що спроби відокремити власну наукову мову від світової мовної скарбниці німецькими націоналістами Третього Райху та російськими шовіністами сталінської доби «блискуче» провалилися^{49, 50}.

Усталені наукові назви, байдуже якого походження, зберігаються й тоді, коли об'єкт професійного дослідження або технічний продукт повсякденного вжитку під впливом розвитку науки радикально змінюється чи навіть трансформується аж до перетворення у зовсім новий об'єкт, ніяк не схожий на побутовий прототип, через який означений продукт отримав свою назву. Скажімо, сучасна комп'ютерна миша (*mouse*) вже позбулася «хвоста», так що втратила схожість із біологічною мишею, але назва збереглася. Або розглянемо фотознімок, який колись був картонним чи паперовим аркушем, верхній шар якого містив пласке відображення якогось предмета, отримане трохи раніше за допомогою фотокамери та перетворене спочатку на приховане зображення на плівці. У сучасну технічну епоху фотознімком можна було би назвати хіба що певний розподіл електричних зарядів у матрицях із зарядовим зв'язком (*charge-coupled device, CCD*), утворений дією світла, що падає, хоча зазвичай такої назви уникають⁵¹.

4.8. НАУКОВІ ТА БУДЕННІ НАЗВИ

Розглянуті назви, в принципі, не є достатніми щодо оперування ними в межах системи наукового знання. Вони лише позначають реалії та їх складники, але комбінування подібних назв (звісно, згідно із граматичними правилами буденної мови) не здатне створити нового знання. Які б походження та структура не були б

у назв, які складають науковий текст, в популярних викладах різного рівня вживається, насамперед, буденна мова. Лише таким чином удається більш-менш повноцінне інформування широкого загалу та зваблення охочих до наукових глибин. При цьому, щоб там не казати про електрон у широкому контексті, спираючись на повсякденні асоціації, використання назви «електрон» у межах буденного дискурсу ні на йоту не наближає слухачів або читачів до опанування сучасної науки про електрони та пов'язані з ними явища⁵².

Натомість, у літературній творчості, зокрема в поезії, за наявності певного хисту майстерність використання звичайних слів, притаманного цій царині, генерує нову інформацію мистецького змісту. Тому пізнання дійсності наукою та мистецтвом мають суттєві відмінності, хоча спільним знаменником цих видів творчої діяльності залишається зв'язок із природою та людським суспільством⁵³. Цікаво, що видатний англійський поет *Семьюел Тейлор Колрідж*⁵⁴, який вважав літературу та мистецтво вищими за науку (хоча йому пощастило жити з 1772 по 1834 рік у передовій країні, де як раз і народжувалося сучасне природознавство, зокрема, хімія!), надавав велике значення символам у науці, твердячи, що «вся справжня наука міститься в царині символів та співвідношень» (*all true science is contained in the Lore of Symbols & Correspondences*)⁵⁵.

Апріорно здається, що немає різниці, яка назва надана предмету дослідження. Про це немовби свідчить той факт, що кожна окрема національна мова має власні назви предметів і явищ, хоча б і запозичені з інших мов та пристосовані до власної. Проте, як стверджують когнітивні психологи, наше ставлення до реальної події залежить від слова, яким вона позначається⁵⁶. Але якщо існує певна система наукового знання, в предметну галузь якої входить досліджувана реалія, то елементи (та побудовані з них структури) цієї системи використовуються як її ефективні назви. Симптоматично, що, взявши за назви символи та формули розвинутої системи наукового знання, легко помітити їх тотожність (з точністю до несуттєвих граматичних нюансів) при користуванні різними національними мовами.

Але з точки розвитку абстрактного мислення принциповим є володіння, принаймні, двома мовами⁵⁷. Згідно зі слушним зауваженням *Уільяма Мак-Ніла*, володіння двома мовами відкриває можливість іменування однієї реалії словами з різних мов. Це за-

4.9. Різні словесні назви, але однакові символічні позначення

побігає звичайному для одномовного мислення подвійному ототожненню слова з реалією та слова з її поняттям. У свою чергу, таке ототожнення дало би (а часто-густо і дає) підґрунтя для ототожнення реалії з її поняттям. Як наслідок, усвідомлення умовності цих ототожнень сприяє розвитку абстрактного мислення, яке не ототожнює абстракцію та її прообраз⁵⁸. Проте варто застерігати користувачів, що бездумне (автоматичне та неусвідомлене) застосування іншомовних термінів позбавляє дослідника (або студента) інтуїції, яка укорінена в рідномовних синонімах. Тому перед неангломовними дослідниками виникає важлива та актуальна проблема знаходження в їхніх рідних мовах таких перекладів нових англомовних термінів, які б «запалювали» інтуїцію співвітчизників. Треба щиро визнати, що це можливо не завжди. У такому випадку потрібно робити все, аби з новим іноземним терміном асоціювалися візуальні образи та практичні дії, як це відбулося з терміном «гаджет»⁵⁹.

4.9. РІЗНІ СЛОВЕСНІ НАЗВИ, АЛЕ ОДНАКОВІ СИМВОЛІЧНІ ПОЗНАЧЕННЯ

Наприклад, елементарна частинка, заряд якої вважається елементарним та про яку ми вже говорили, українською називається «електрон», англійською — «electron», німецькою — «Elektron», італійською — «elettrone», турецькою — «elektron» тощо. При цьому в абсолютній більшості наукових праць та підручників, написаних різними мовами, електрон (та/або елементарний заряд) позначається символом *e*. Це й не дивно, бо фізика як система наукового знання виникла в Західній Європі, яка становила культурну спільноту задовго до сумнозвісної глобалізації. Остання, на жаль, символізується аж ніяк не електроном, а радше нафтовими свердловинами, агресивними ідеологіями та автоматом *Калашнікова* (сконструйованого насправді німцем *Гуго Шмайсером*).

Наскільки нам відомо, назви у вигляді формул, якими записують другий закон *Ньютон*⁶⁰ « $F = ma$ » та хвильове рівняння *Шрьодінгера* « $H\psi = E\psi$ », є також однаковими у всіх європейських мовах та навіть у географічно та лінгвістично далекій японській мові. Використання притаманного квантовій механіці мовного виразу «хвильова функція електрона» або символів « $\psi(e)$ » означає фактично присвоєння поняттю «електрон» такої додаткової характеристики (назви), як « ψ », що є вирішальним кроком на шляху

отримання нетривіального знання про електрон в межах квантової механіки як системи наукового знання. Аналіз фізичного сенсу хвильової функції з наголосом на атрибутах електрона можна знайти в наступних джерелах⁶¹, в яких трактування не є тотожними внаслідок складності та неостаточного вирішення питання, не зважаючи на ретельні дослідження впродовж десятиліть реалій мікросвіту на базі хвильової функції та її різних математичних модифікацій. Слід зазначити, що фізичні тлумачення хвильової функції ферміонів із скінченною масою та хвильової функції фотона (частинки з нульовою масою та бозона з точки зору симетрії) майже збігаються. Проте для фотонної хвильової функції є своя специфіка, зупинятися на якій тут не варто, оскільки це можна зробити лише на професійному теоретико-фізичному рівні⁶².

4.10. ОКРЕМА НАЗВА ЯК ТРИГЕР ІНШИХ НАЗВ ТА МЕНТАЛЬНИХ ДІЙ ІЗ НИМИ

Аналізуючи експериментальну інформацію про предмет дослідження в межах якоїсь системи наукового знання (поза нею це неможливо!), науковці насправді виконують ментальні дії не з ним, а з його та спорідненими назвами, зокрема з назвами отриманих експериментальних даних. Наявність системи наукового знання про відповідні реалії дає можливість, використовуючи деякі її елементи як назви предметів, отримати опис та пояснення знайдених експериментальних властивостей та зв'язків між ними. Це досягається завдяки складному процесу, який для неосвіченого спостерігача виглядає як незрозуміле маніпулювання з елементами-назвами за невідомими йому, але дозволеними системою знання ментальними діями та правилами їхнього виконання. На додачу до синтаксичних та семантичних правил буденної мови кожна окрема система наукового знання накладає певні обмеження на формулювання тверджень, що містять назви предметів. Крім того, вона відкриває нові, неможливі в буденній мові можливості для створення й корисного перетворення змістовних текстів із цими назвами. Це стає можливим за умови використання різних математичних мов, функцій яких аж ніяк не редукуються до перейменування досліджуваних реалій. Ці мови застосовуються також для побудови нетривіальних і ненаочних моделей досліджуваних реалій та для розв'язання проблем вивчення реалій у термінах їх моделей.

Скажімо, зі словом «функція» можна будувати різні змістовні речення буденної мови на кшталт «прилад добре виконує свої

4.11. Походженні деяких назв

функції» або «однією з функцій парламенту є розроблення, обговорення, прийняття законів та відстеження їх реальної дії у суспільстві, а також внесення в них за необхідності певних корекцій». Але якщо перейти до мови математичних символів, то вона, використовуючи позначення цього слова літерою « f », дозволяє вживати введений символ у різних конструкціях, які можна вважати за речення різних математичних мов. Так, можна застосовувати до елемента « f » оператори (дії) диференціювання, інтегрування, згортки, усереднення тощо. Ці оператори також є елементами системи знання, які позначаються власними символами.

Отже, маємо просту схему, наведену на рис. 4.1.

Слово «функція» → символ « f » → оператори диференціювання
та інтегрування → символні назви операторів d і
→ складні символи d/dx та
 dx → речення $df(x)/dx$ і
 $f(x)dx$

Рис. 4.1. Приклад ланцюга позначень при створенні речень математичної мови

Навіть останні найпростіші математичні речення важко передати звичайною мовою людського спілкування. Проте нічого дивного тут немає, адже переклад якогось наукового чи художнього тексту іншою мовою також є складною процедурою, через яку повна автентичність неодмінно втрачається. Більш складні математичні конструкції взагалі не допускають буденного словесного тлумачення. Годі вже сподіватися на їхнє адекватне візуальне подання⁶³.

4.11. ПОХОДЖЕННЯ ДЕЯКИХ НАЗВ

У математиці символом $f(x)$, про який йшлося вище, позначають відповідності між математичними величинами, які належать множинам значень та визначень, відповідно⁶⁴. Конкретне наповнення цієї математичної форми залежить від наукової царини та віддзеркалює залежність між певними величинами з цієї царини. Ці величини відповідають або безпосередньому спостереженню, або мають абстрактний допоміжний характер⁶⁵, але врешті-решт виходять на спостережні в експерименті явища (інакше це не буде фізичною наукою, тобто дослідженням природи).

Проте символ f , запозичений із латинської абетки, може означати будь-які атрибути (величини) фізичних об'єктів або абстракт-

тні величини, які є похідними від спостережуваних величин. Залежність від якогось (якихось) аргументів певна річ існує, але може й не зазначатися. Символічна мова назв у фізичній науці дуже часто походить від звичайної людської мови (латинської, давньогрецької, англійської, німецької). Наприклад, «*f*» може означати не тільки *function* (функція), а й *force* (сила) або *frequency* (частота). Проте іноді ця зручна мнемоніка зникає в процесі розвитку науки, а може навіть увести в оману.

Дійсно, візьмімо квантово-механічні позначення атомних станів *S*, *P*, *D*,... із значенням моменту орбітального руху $L = 0, 1, 2, \dots$ ⁶⁶. Їхнє походження пов'язане з виглядом певних серій атомних спектрів, які першовідкривачі за формальною ознакою називали *Sharp*, *Principal*, *Diffuse*, відповідно⁶⁷. Але первісне значення термінів давно забуте й взагалі втратило будь-який практичний сенс. У такий спосіб назви систем наукового знання залишають «мовну» колицу та стають «самостійною» абстрактною сукупністю, походження назви якої відомі переважно історикам культури та науки.

З погляду невтаємничених спостерігачів ситуація виглядає так, ніби те, що науковець-теоретик робить з наявною системою наукового знання, намагаючись пояснити та розрахувати отриману науковцем-експериментатором інформацію про предмет дослідження, зводиться до нагромодження та переінакшення його різних назв. Про це з гумором іноді кажуть самі науковці⁶⁸. Для стороннього спостерігача такі дії дуже нагадують незрозумілу йому гру в бісер⁶⁹. Проте взаємні зв'язки між назвами (символами) не є довільними, а диктуються поточним станом обраної дослідником системи наукового знання⁷⁰.

4.12. МІНІМАЛЬНІ ВИМОГИ ДО НАУКОВИХ НАЗВ

Отже, щоб в науковий спосіб міркувати про певний предмет, потрібно не просто його «охрестити», надати йому якісь назви та позначення, а й вибрати їх таким чином, аби мислення могло їх відносно легко та системно обробляти (зараз вимоги щодо цього стали ще суворішими, бо рутинна частина *processing*'у проводиться автоматично за допомогою обчислювальної техніки, яка може працювати лише згідно з певними, однозначно визначеними алгоритмами та без жодної помилки!). Обробка інформації відбувається із використанням або комбінації звичайних писемних мов та їх штучних (математичних) аналогів (літери, символи, склади,

слова, тексти, програми), або візуальних символічних мов іншого штибу (графіки, малюнки, схеми, таблиці, ієрогліфи, піктограми, діаграми, відео).

Насправді, в будь-якій достатньо великій статті з царини природничих наук можна зустріти безліч символів різного характеру, які створюють специфічний продукт, незрозумілий необізнаним особам, хоча окремі елементи нагадують їм відомі речі, притаманні побутовій мові та елементарній математиці, запозиченій у стародавніх греків та італійських вдосконалювачів часів Ренесансу. Структура такого наукового тексту нагадує еклектичне поєднання російської та французької мов у романі *Льва Толстого* «Війна і мир»⁷¹, лише значно складніша за формою (не будемо сперечатися про глибину та обсяг інформації, яка припадає на один символ, бо доведеться частково зануритися у сферу суб'єктивного)⁷².

Цікавим та вельми важливим елементом справжньої наукової статті є посилання. Зміст праць, на які посилається кожний науковець, перелік їх авторів, «свіжість» та мови статей, які цитуються, утворюють такий фрагмент статті, який сам по собі є «текстом», написаним особливою мовою — мовою посилань^{73, 74}. За неправильне з погляду тодішньої влади вживання цієї мови сталінська Росія жорстоко карала авторів, тавруючи їх «безрідними космополітами» та вимагаючи від них посилання на міфічне російське первородство з його вигаданим дяком *Крякутним* та невизнаним у світі енциклопедичним генієм *Михайлом Ломоносовим*^{75–77}. Навіть після смерті Сталіна мова посилань піддавалася цензурі, пов'язаною здебільшого із забороною посилатися на радянських учених, які в партизанський спосіб не повернулися із подорожей на (умовний) Захід, або офіційно подали документи до належних інстанцій на виїзд туди⁷⁸.

Деякі «звичайні» мови народів світу теж користуються «сумішшю» різного типу назв. Це стосується японської мови, де дві складові абетки поєднані з китайськими ієрогліфами⁷⁹ понад те, в сучасній японській мові почали широко використовувати англійську мову, особливо в наукових текстах. Одному з авторів (*О. Г.*) довелося бути присутнім на захисті японської дисертації, присвяченій ефекту *Джозефсона* в надпровідності⁸⁰. Так-от, відслідковуючи англійські слова, написані, певна річ, латинським шрифтом, та роздивляючись графіки, *ОГ* практично все зрозумів та навіть, на прохання гостинних господарів надав усну оцінку праці (як читач легко зрозуміє, англійською, без японських домішок).

4.13. ОТОТОЖНЕННЯ НАУКОВИХ НАЗВ З ПОЗНАЧЕНИМИ РЕАЛІЯМИ

Зазначимо, що як у повсякденних, так і в наукових міркуваннях часто-густо відбувається автоматична взаємозаміна та інколи навіть ототожнення предметів та їх назв. Слова звичайної людської мови, які використовуються для позначення предметів, які оточують людину та пізнаються за допомогою органів почуттів, належним чином пристосовані для опису цих предметів, їх властивостей і взаємовідношень. У мовах різних народів, за винятком суто міфологічних та релігійних фрагментів, майже відсутні назви, позбавлені сенсорного змісту, тобто назви, які не позначають безпосередньо конкретний предмет із довкілля. Але системи наукового знання за потреби містять багато назв, які прямо не позначають реалії або інгредієнти реалій з їхніх предметних галузей. Інакше кажучи, природничі науки, спираючись на своє математичне підґрунтя, широко використовують абстрактні поняття, які, утім, є необхідними засобами наукового мислення⁸¹.

Парадоксальним чином гуманітарним наукам абстрактність мислення ще більш притаманна, але наявна в цих науках незнищена в процесі розвитку суб'єктивність звільняє науковців від надання аж занадто точного сенсу своїм твердженням. Тому різні мислителі співвідносять ті самі слова з різними речами, працюючи в просторі абстрактних понять. Це робить гуманітарні тексти дуже привабливими та розмаїтими, але позбавляє нас можливості вилучати з них однозначні зіставлення термінів з предметами реального світу. В справжнього натхненного гуманітарія не тільки слова «справедливість» або «впевненість» означають у кожного щось своє, але навіть слово «Місяць» описує дещо інше, ніж небесне тіло астронома. Натомість астрономи з різних лабораторій завжди мають на увазі той самий «Місяць», який обертається навколо Землі.

Щодо науковців-природознавців та філософів науки, то вони іноді та почасти несвідомо вдаються до протилежних крайнощів. А саме, деякі з них вважають, що система наукового знання має містити лише предметно (онтично) непусті назви, а тому піддаються спокусі трактувати абстрактне як конкретне, ототожнюючи ту чи іншу назву предмета з самим предметом. Яскравим прикладом цього хибного тренду є намагання деяких фізиків та філософів приписати елементам квантової теорії, які позначаються

4.14. Типи наукових назв

як «хвильова функція» або « ψ », реальне існування в її предметній галузі⁸².

Для уникнення подібних ототожнень іменуватимемо позначення елементів та предметів «назвами» (або «термінами», коли йдеться саме про наукові назви) і намагатимемось послідовно відрізнити реалії та їх складники від відповідних їм назв. Оскільки вважаємо назви реалій також елементами певної системи знання, а саме, її називної підсистеми, то прискіпливий читач може закинути авторам, що виникає регрес у нескінченність, коли для оперування з будь-якою назвою потрібно залучати для обговорення назву цієї назви⁸³.

Розв'язати цей парадокс можна, якщо звернутися до реальних систем наукового знання, які виконують функцію отримання нового знання без занурення у згаданий регрес. Аналогічним чином для пояснення поведінки окремої особи у більшості випадків не потрібно звертатися до поведінки кожного з її пращурів із відповідного практично нескінченного ланцюга. В реальних системах наукового знання доцільно виокремити у першому наближенні два типи назв.

4.14. ТИПИ НАУКОВИХ НАЗВ

Перший тип назв утворюють так звані примітивні, первинні стосовно конкретної системи знання назви, які постулюються та не визначаються в її межах. Такі назви підпорядковуються переважно правилам буденної мови. Другий тип — похідні назви, які конструюються за допомогою примітивних назв. Для граматично правильної побудови тверджень з ними потрібно спиратися на відповідні системи наукового знання. Прикладами перших є «атом» в атомній фізиці, «планета» в небесній механіці, «точка» в елементарній евклідовій геометрії, «клітина» та «ген» в біології тощо. Зауважимо, що назва «примітивні» аж ніяк не означає сутнісної елементарності названих елементів або предметів чи їхніх інгредієнтів.

Прикладами назв другого типу є, відповідно, «атом кисню», «мала планета», «відстань між точками», «ядро клітини» та «побудова гену». Слід зазначити, що в літературі з філософії науки вживають термін «примітивні поняття», проте без необхідного уточнення, що взагалі означає «наукове поняття». Це робить подібні твердження нечіткими й веде до ототожнення назви поняття з самим

ЧАСТИНА ІV. Назви

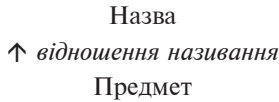


Рис. 4.2. Загальна схема ізольованого позначення

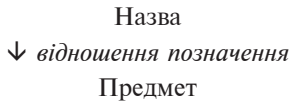


Рис. 4.3. Загальна схема ізольованого називання

поняттям. Розглядаючи ситуацію ізольованого позначення предметів (як, зазвичай, має місце на практиці), кореляцію між предметом та назвою можна схематично відобразити, як на рис. 4.2, 4.3.

Урахування використовуваних специфічних мовних засобів та систем знання дає складніше, але реалістичніше відображення стосунків між предметом наукового дослідження та його назвою. А саме, відношення між предметом та його позначенням є ланцюжком низки відношень: відношення відповідності між предметом та мовними засобами (не всіма мовними засобами можна або доцільно позначити певний предмет), відношення мовного подання системи знання наявними мовними засобами (квантова теорія може бути сформульована за допомогою матричної мови⁸⁴, мови хвильових рівнянь⁸⁵, символічної бракет мови Дірака⁸⁶, мови інтегралів по траєкторіях⁸⁷) та відношення приналежності назви певній системі знання. Деякі фізики при дослідженні квантових об'єктів часом не виправдано надають їх характеристикам назви, запозичені з психології, на кшталт «свідомість» або «суб'єктивність» (рис. 4.4).

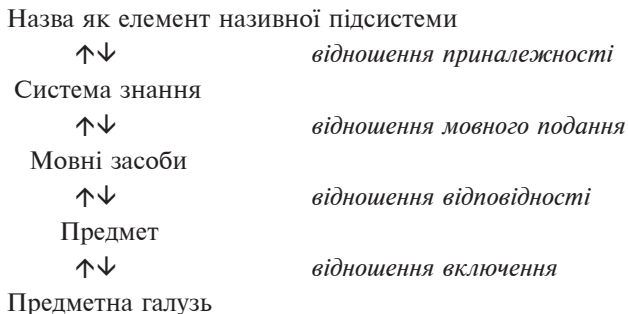


Рис. 4.4. Загальна схема наукового позначення

4.15. ЩО РАНІШЕ: НАЗВА АБО ПОЗНАЧЕНИЙ ЕЛЕМЕНТ СИСТЕМИ ЗНАННЯ?

Якщо обмежитися свідомим або несвідомим зведенням системи наукового знання до її називної підсистеми, то стає небезглуздим уявлення про зворотний вплив нової назви на розвиток науки. Дійсно, в багатьох історичних ситуаціях наукового поступу відбувається вплив на наявну систему наукового знання нової назви, яка з часом вводить у обіг раніше відсутній елемент системи знання. Саме його або щойно відкритий предмет її предметної галузі нова назва згодом і позначатиме. Це можна тлумачити, як певний поштовх, що сприятиме розвитку предметної галузі та, можливо, стимулюватиме виникненню нової системи знання. Тут маємо своєрідний зворотний зв'язок між системою знання та її називною підсистемою.

Прикладом першого сценарію є усвідомлення *Полем Діраком* необхідності використання в теоретичній фізиці так званої дельта-функції та введення для неї символу δ . Дельта-функція виявилася представником нового класу узагальнених функцій, теорія яких була досить швидко розроблена математиками⁸⁸. Другий сценарій виникнення нової науки — квантової механіки розпочався із запровадження *Максом Планком* назви «квант» як мінімальної порції енергії, якою можуть обмінюватися мікроскопічні реалії^{89, 90}.

4.16. РОЗМАЇТТЯ НАЗИВНИХ ПІДСИСТЕМ НАЗИВНОЇ ПІДСИСТЕМИ СИСТЕМИ НАУКОВОГО ЗНАННЯ

Сукупність назв утворює складну називну (тобто складену з назв та зв'язків між ними) підсистему системи наукового знання. В кожній із підсистем останньої міститься властива саме їй називна підпідсистема, яку утворюють відповідні типи назв. Перелік називних підпідсистем наведений на рис. 4.5. Певна річ, що представлений варіант не є повним і остаточним, але можна сподіватися, що скелет структури має достатньо універсальний характер, аби слугувати основою для інших можливих варіантів класифікації. Більш детально підпідсистеми розглядатимуться нижче.

Ці застереження та сподівання стосуються також і решти класифікаційних ієрархічних «дерев» для тих систем знання, які розглядатимуться нижче. Засновником такого методу, застосованого

ЧАСТИНА ІV. Назви

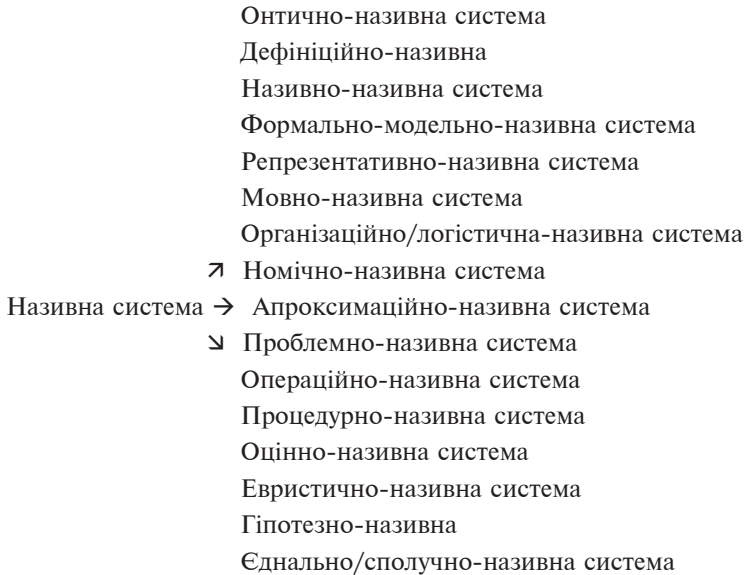


Рис. 4.5. Називні підсистеми називної підсистеми системи наукового знання

для класифікації відомих на той час наук, можна вважати великого французького фізика *Андре-Марі Ампера*, який на світанку індустріальної ери запропонував перший ескіз класифікації наукового знання^{91, 92}. Звісно, зараз його підхід та результати в цій царині становлять здебільшого історичний інтерес. Проте саме ці дослідження виявилися зародком кібернетики (наука управління), засади якої в XX столітті розробив видатний американський математик *Норберт Вінер*⁹³.

На цьому місці варто зупинитися та зробити кілька зауважень. Наскільки нам відомо, в світовій літературі з філософії науки в явному вигляді переважно розглядаються назви реалій та їх інгредієнтів, а також атрибутів (властивостей і відношень) цих сутностей з предметної галузі системи наукового знання. Натомість, назви елементів та утворених із них структур з називних підсистем систем наукового знання не є популярними об'єктами філософської рефлексії. Скажімо, аналізуючи квантову механіку, і фізики, і філософи фізики зосереджуються на такій загальній назві квантових об'єктів як «квантова система». Але при цьому не звертають увагу на той факт, що в квантовій механіці розроблена низка абстрактних моделей квантових систем. Кожна з цих моде-

лей має окрему індивідуальну назву, які й утворюють формально-модельно-називну підсистему та репрезентативно-називну підсистему називної підсистеми квантової системи знання. Подібна «називна нечутливість/сліпота» притаманна і осмисленню речей називних підсистем та їх елементів.

Крім того, в літературі зустрічається так звана називна редукція, тобто зведення систем наукового знання до їхніх називних підсистем⁹⁴. За великим рахунком, це означає ототожнення знання про предмет зі знанням його «правильної» назви⁹⁵. На жаль, незважаючи на поширеність такого ототожнення, воно нічого корисного не повідомляє про властивості та відношення названого предмета навіть у разі використання тавтологічної назви «атом», яка з давньогрецької перекладається як «неподільний».

4.17. ДЕЯКІ ТЛУМАЧЕННЯ НАЗВ

Наведемо приклади, які, на нашу думку, свідчать про існування такого некоректного та неплідного ототожнення, коли предмети досліджень плутають із їх назвами, тобто впроваджують називну редукцію. А саме, математик *Юрій Манін* стверджував, що «понятійну основу будь-якої науки становить складна мережа імен речей, імен ідей та імен імен. Вона еволюціонує сама і змінюється її проекція на реальність»⁹⁶. Згадуючи «імена речей», згідно з запропонованою нами термінологією, він має на увазі назви предметів (реалій), а під рештою неупорядкованих за підсистемами імен — «назви елементів» та «назви назв».

Іншого варіанта називної редукції дотримуються *Юлій Шреyder* та *Олександр Шаров*, коли розглядають наукові теорії як окремий випадок систем наукового знання. Вони вважають, що «теорія — це перелік назв відношень і властивостей цих відношень»⁹⁷. На відміну від *Маніна* ці автори не згадують про речі, а говорять про назви їх атрибутів, тобто відношень та їх властивостей.

На жаль, фактично, таке розуміння теорії залишає без відповіді принципів для аналізу наукових теорій питання про онтичний статус відношень і властивостей та про їхні носії. Чи є згадані відношення і властивості елементами теорії або атрибутами її предметної галузі, тобто теж її реаліями, так би мовити, другого порядку? Якщо вони є окремими предметами, то чи є вони самодостатніми? Не дивно, що таке поширене серед дослідників спрощене розуміння системи наукового знання (зокрема наукової тео-

рії як окремого випадку системи наукового знання) призводить до того, що деякі російські фахівці з філософської теорії пізнання тлумачать наукові відкриття як вигадування «оригінальних» назв та термінів їх відкривачами⁹⁸.

Отже, якщо звернутися до наявної літератури з філософії науки, то увагу більшості авторів привертають головним чином назви предметів з предметної галузі, тобто елементи з онтично-називної підсистеми системи наукового знання (див. рис. 4.5). Як наслідок, залишаються поза аналізом назви елементів з інших підсистем системи знання, тобто відповідні їм називні підсистеми.

4.18. НЕОБХІДНІСТЬ, АЛЕ НЕДОСТАТНІСТЬ НАЗВ РЕАЛІЙ ПРЕДМЕТНОЇ ГАЛУЗІ ДЛЯ ВИКОНАННЯ СИСТЕМОЮ НАУКОВОГО ЗНАННЯ ЇЇ ПІЗНАВАЛЬНИХ ФУНКЦІЙ

Отже, мінімальною вимогою для того, щоб система знання була знанням про відповідну предметну галузь, є наявність в ній «правильних» назв для її реалій (об'єктів, явищ, процесів, станів тощо), їх атрибутів (ознак, аспектів, відношень, зв'язків, взаємодій). Було би дуже дивно, якби, досліджуючи будову атома, фізики замість назви «електрон» вживали, наприклад, назву «муха». Хоча з метою візуального змістовного моделювання можна було б (але, як на авторів, то не варто) порівняти атомне ядро з плошкою меду, а електрони, які обертаються навколо ядра, з роєм бджіл. Тому система наукового знання має включати певні засоби та структури, які виконують функції позначення, іменування досліджуваних предметів.

Проте правильне позначення досліджуваних сутностей річ необхідна, але не достатня⁹⁹. Справа в тім, що система знання як засіб пізнання, тобто отримання нового знання, потрібна не лише для того, щоб більш-менш однозначно позначати предмети з її предметної галузі. Необхідно також встановлювати зв'язок між предметами та їх «правильними» назвами. При цьому оцінка правильності не є простою та незаперечною. Наявність звичайних «правильних, точних та зручних» предметних назв є тільки обов'язковою, проте недостатньою умовою, тобто не вичерпним засобом одержання доступного експериментальній перевірці нового знання про відповідні предмети та їх атрибути. Реаліза-

ція цього складного завдання неможлива й без «правильного» позначення елементів решти підсистем системи наукового знання (опису дій з виокремлення реалій та їх атрибутів, моделей реалій та їх атрибутів, проблем дослідження реалій та їх атрибутів тощо). До речі, за реаліями спостерігають або з ними експериментують, а на довершення вимірюють значення їх атрибутів.

4.19. МЕТАМОРФОЗИ ФІЛОСОФСЬКИХ РОЗУМІНЬ ВІДНОШЕННЯ НАЗВ ДО ПОЗНАЧЕНИХ РЕАЛІЙ

У платонівському діалозі «*Кратил*»¹⁰⁰ обговорюється питання про обумовленість іменування речей або їх природою, або певними історичними обставинами та лінгвістичними домовленостями. Дискусія відбувається переважно на фонетичному рівні, коли відповідність між назвою річчю та її назвою розглядається через фонемний склад останньої. Н. Рудюю¹⁰¹ слушно зауважено: «у ході лінгвістичної суперечки Платон проводить численні, хоча й позбавлені науковості, етимологізації, які мають на меті виявити зв'язок між звучанням слів та суттю позначуваних ними об'єктів».

Відсилаючи читача до фахового історико-філософського філологічного аналізу цього діалогу¹⁰², зауважимо, що це питання обговорювалося багатьма відомими філософами. Зупинимось стисло лише на декількох, найбільш виразних позиціях, які знаходять відгук у сучасній теоретичній фізиці.

Так, розглядаючи це питання, філософ і науковець *Готфрід Ляйбніц*¹⁰³ звертається до геометрії та арифметики. На їх прикладі він показує, що назви реалій з їхніх предметних галузей (геометричні фігури та числа) дійсно є довільними та випадковими в тому сенсі, що належать до різних буденних мов. Проте твердження цих викладених різними національними мовами систем знання про відповідні однакові реалії є тотожними, що є однією з необхідних ознак їх істинності. Пояснюючи цей феномен, він підкреслює, що «Навіть якщо б знаки і були довільними, все ж їх вживання і їх взаємне пов'язування включає в собі щось таке, що не є довільним, а саме якусь пропорцію між знаками і речами, а також взаємні відносини різних знаків, що відображають ті самі речі. Й ця пропорція, або відношення, є фундаментом істини. Адже виходить так, що чи застосовуємо ми ці або інші знаки, результат в будь-якому випадку буде або тим самим, або еквіва-

лентним, або пропорційним. Нехай навіть завжди було б необхідно для мислення вживати будь-які інші знаки¹⁰⁴.

З позицією Ляйбніца перегукується точка зору філософа *Людвіга Вітгенштейна*¹⁰⁵, який вважав, що окремий символ набуває смисл лише в пов'язаній з ним системі, причому це не означає розуміння того, що він позначає. Для демонстрації цієї думки він також посилається на математику. «Людина володіє вродженою здатністю будувати символи, за допомогою яких можна виразити певний сенс, не маючи ані найменшого уявлення про те, що означає кожне слово. Найкращим прикладом цього є математика, бо людина донедавна використовувала символи для чисел, не знаючи, що вони означають, або те, що вони нічого не означають»¹⁰⁶.

Аналогічні міркування висував щодо математики й математик *Давид Гільберт*, один із засновників та пропагандистів аксіоматичної побудови систем математичного знання: «треба, щоб такі слова, як «точка», «пряма», «площина», в усіх пропозиціях геометрії можна було б замінити, наприклад, словами «стіл», «стілець», «пивна кружка»¹⁰⁷. Головне, щоб зберігалися відношення між реаліями, що позначаються різними назвами. (А як це перевірити?)

Таке слушне наочне твердження *Гільберта*, на перший погляд, має еквівалент, висловлений видатним математиком з країни, де улюбленим напоєм є не пиво, а вино. Йдеться про твердження *Анрі Пуанкаре*, що «математики вивчають не предмети, а лише відношення між ними; ось чому для них байдуже, чи будуть одні предмети замінені іншими, чи ні, за умови збереження їхніх відношень»¹⁰⁸. Але якщо проводити різницю між системою наукового знання та реаліями з її предметної галузі, то німецький математик каже про заміну назв реалій, що вивчає математика. Тоді як його французький сучасник говорить про заміну реалій. Дійсно, виходячи з інтуїтивного розуміння різниці між предметами та їх відношеннями, він від імені математики стверджує, що заміни предметів за умови збереження відношень між ними не впливають на істинність її тверджень.

Ситуація стає ще цікавішою, якщо врахувати те, що в математиці, як і у кожній науці, реалії з предметної галузі будь-якої системи відповідного знання репрезентуються своїми назвами. Зазвичай назва не несе інформації про те, що вона позначає: предмети чи відношення між ними. Абсолютизація думки *Пуанкаре* спричиняє «елімінацію» з предметної галузі математики й відношень, коли вони стають особливими предметами до-

слідження під час аналізу їх властивостей. Наприклад, виокремлюють рефлексивні та симетричні відношення, відношення між відношеннями тощо.

Зауважимо, що сам поділ предметної галузі на реалії та їх відношення (атрибути) є відносним і з позиції фізики. Її історія демонструє, що те, що розумілося на певному етапі її розвитку як відношення, може з часом ставати окремим предметом дослідження. Наприклад, тяжіння за ньютонівською картиною світу, що базується на принципі далекодії, вважалося відношенням, тоді як згідно з загально-релятивістською картиною, що базується на принципі близькодії, воно є предметом, тому що его носієм є «матеріальні» гравітаційні хвилі. Інша річ, що в загальній теорії відносності матерія стає невіддільною від часопростору, відсуваючи на маргінес вимушено введені в обіг *Ньютоном* абсолютні час і простір, незалежність яких постулювалась від матерії.

Залишаючись у межах ототожнення системи наукового знання з її поданням у вигляді системи суджень і виходячи з розгляду понять як термінів, тобто імен (знаків), німецький філософ *Моріц Шлік* вважав, що поняття як знаки репрезентують окремі реалії, але судження (пропозиції) є знаками, які репрезентують відношення між реаліями¹⁰⁹. Цю точку зору критикував його співвітчизник *Ернст Кассіпер*, вказуючи на те, що думка, точніше відповідне судження, яке складається з понять як знаків, не здатне репрезентувати реалії. «Шлік не здатний зрозуміти, що думка, яка складається з простих фікцій, тобто понять, винятково утлумачених як знаки, не може сформулювати або утворити реальність»¹¹⁰. У межах розвиненої ним філософії символічних форм Кассіпер трактує знак наступним чином: «Бо знак є не просто випадковим покривом ідеї, а є її необхідним і важливим органом. Він служить не просто для передачі повного та заданого мисленого змісту, а є інструментом, за допомогою якого цей зміст розвивається та повністю визначає себе»¹¹¹.

З цього короткого огляду поглядів на відношення назв та позначених ними реалій можна зробити декілька попередніх висновків. Хоча їх автори іноді й посилаються на науку, переважно математику, жоден з них конкретно не досліджував під кутом застосованих назв тогочасні системи наукового знання. Джерелом їх міркувань про назви є буденна мова та донаукові уявлення про світ. Їх думки спираються на побудовані ними загальні філософські системи, а не на виокремлення та філософський аналіз тих систем

наукового знання, які вже існували в їх часи. В розроблених ними філософських доктринах вони постулюють такі ментальні моделі розуміння дійсності та її пізнання як інтелектуальну інтуїцію *Декарта*, наперед встановлену гармонію *Ляйбніца*, апріорні форми сприйняття *Канта* тощо. Через призму цих моделей вони порізному тлумачать відношення назв та позначених ними речей. Ці філософи, а також чимало науковців (див. наприклад¹¹²) використовували науковий матеріал для ілюстрації власних уподобань, замість того, щоб з'ясувати як реальні системи наукового знання здатні отримувати нове знання про досліджувані ними реалії. Раціональна зернина їх студій полягає в тому, що тлумачення співвідношення назв та реалій є слушним не на рівні окремих «самостійних» назв, а при їхньому розгляді як елементів системи, яка складається з назв різних типів. Майже всі назви присутні в буденному пізнанні, але повний свій пізнавальний потенціал вони виявили в межах сформованих та повсякчасно змінюваних систем наукового знання. Наприклад, часто згадувані філософами апріорні форми споглядання або інтелектуальна інтуїція, мовби притаманна великим вченим, трансформувалася в науці в модельне бачення предметної галузі, а правила звичайної мови перетворилися на процедури, дотримання яких є необхідним чинником під час застосування систем наукового знання заради отримання нового знання.

Проте переважна більшість фізиків¹¹³ та філософів фізики, аналізуючи проблему співвідношення назв та реалій, останні розуміють як реалії лише з предметної галузі системи фізичного знання. Причому виокремлюються матеріальні реалії, які є спостережуваними, як-то молекули й атоми¹¹⁴, та реалії, які згідно зі сучасними уявленнями є принципово неспостережуваними, наприклад кварки¹¹⁵. Натомість, з поля зору цих дослідників повністю зникають назви внутрішніх структур самої системи знання типу назв моделей та операцій. Прикладом є позиція, висловлена в праці¹¹⁶. Хоча там і вводиться слушне уявлення про так звану валентність символів, але вважається, що остання має лише два значення. Перше асоціюється з горизонтальною кореляцією, яка фіксує відношення окремого символу з символами інших складників системи фізичного знання, друге — з вертикальною кореляцією, тобто з реаліями з її предметної галузі. В цитованій праці автор називає складники системи знання іноді елементами, іноді поняттями (визначення, рівняння, абстрактні атрибути, моделі тощо), не

розрізняючи їх типи та не виокремлюючи назви реалій, поняття реалій, моделі реалій та назви понять реалій і понять моделей. На нашу думку, якщо врахувати ці розрізнення, то має сенс казати про більше ніж два горизонтальні значення валентності окремого символу. Про це свідчить коментар автора на с. 41: «Рівняння *Максвелла* зв'язують символи електричного та магнітного полів, їх зміни в просторі та часі, густини заряду тощо. Зміна в часі магнітного поля, наприклад, прирівнюється до комбінації змін електричного поля вздовж просторових напрямків. Це є горизонтальними кореляціями в нашій термінології. Магнітне поле саме по собі може походити від магніту, й зміна поля в певній точці може виникнути шляхом переміщення магніту. Так само електричне поле буде рухати заряди (як впливає з горизонтальних кореляцій) і зумовлювати струм у проводі. Струми і магніти входять безпосередньо в експериментальне обладнання або в спостереження за природою: їх можна визначити дією на інші тіла, які виконують роль зондів. Безумовно, кожна ланка вертикального ланцюга (магніти, голки, струми) знову визначається за допомогою символів, які є у мережі теорії (але зазвичай їх можна визначити більш загально як нижчу ланку ланцюга, на якому вони діють: наприклад, нам не потрібні повні рівняння *Максвелла* для введення магнітів). Однак очевидно, що в кінці ланцюга діє щось, що передре символам і що змушує нас змінювати символи та їх співвідношення, якщо вони не відповідають спостереженням. Через це ми розглядаємо два типи кореляцій (горизонтальний та вертикальний) як різні».

Але вказаний автор не згадує багато назв або символів для інших складників класичної електродинаміки, про наявність яких свідчать стандартні підручники¹⁷. Дійсно, розв'язки рівнянь *Максвелла* для різних граничних умов демонструють вражаючу різноманітність. Це й не дивно, бо до диференціальних рівнянь *Максвелла* входять так звані матеріальні «сталі»: діелектрична проникність ϵ , магнітна проникність μ та питома провідність σ . Насправді, це ніякі не сталі, а функції багатьох параметрів, що характеризують середовища, де відбуваються електромагнітні процеси. А це — всі середовища, які відомі людству: гази, іонізовані гази (електрична плазма) та конденсовані середовища. До того ж величини ϵ , μ , σ можуть залежати (а в деяких так званих нелінійних середовищах і залежать!) від електричного і магнітного полів \mathbf{E} та \mathbf{H} , відповідно. Нелінійність рівнянь породжує купу розв'язків

рівнянь, та, як показав дослід, і експериментальних явищ, про які засновник теорії не міг і помислити. Власне, вся фізика, яка пов'язана з проявами електромагнітної взаємодії, зосереджена в рівняннях *Максвелла*, що свідчить про геніальну далекоглядність британського ученого¹¹⁸, яку в царині фізики можна порівняти хіба що з прозорливістю великого *Ньютона*, одного з засновників наукового методу.

Дії з рівняннями *Максвелла* вводять в обіг низку теоретичних підходів, операцій, процедур, наприклад, теоретико-груповий підхід¹¹⁹, метод функцій *Гріна*¹²⁰, метод дзеркальних зображень¹²¹. Потік досліджень у цій царині не зменшується, байдуже, що принципи лишаються непохитними (в межах своєї застосовності!). В другій половині ХХ століття до цього додалися дослідження з урахуванням просторової дисперсії діелектричної проникності¹²², зародилася концепція від'ємної діелектричної проникності, яка була згодом продемонстрована на експерименті¹²³. І, насамкінець, необхідно підкреслити, що після відкриття метаматеріалів із наперед заданими фантастично багатообіцяючими властивостями щодо їх взаємодії з електромагнітними полями електродинаміка відчула новий приплив молодості та бадьорості¹²⁴. Зауважте, що ні про яку зміну мікроскопічної фізики, про заміну фундаменту фізичної науки тут не йдеться. А сутності в електродинаміці *Фарадея*—*Максвелла* примножуються, попри цілком слухні, взагалі кажучи, застереження *Оккама*¹²⁵. На цьому тлі занадто куцими здаються бінарні міркування на кшталт горизонтальне-вертикальне або *інь-янь*.

Метафорично аналіз функції та валентності окремого символу поза мережею інших символів конкретної системи наукового знання є таким же недоречним спрощенням, як і дослідження функціонування якось органу тварини поза її тілом без гуморального та нервового впливу оточення.

Як ще одну ілюстрацію багатовалентності символу розглянемо символ електрона «*e*» в квантовій електродинаміці. З ним пов'язані символи квантового поля електрона, символи його атрибутів (заряду, енергії, спіну тощо), рівнянь, які описують його взаємодію з електромагнітними полями тощо.

Через те, що фізики не завжди здатні побудувати візуальні макроскопічні образи мікроскопічних реалій, не впливає, що цих реалій не існує або що їх створює свідомість фізиків. Підтвердженням адекватності фізичних теорій щодо опису явищ та

4.20. Назви елементів системи наукового знання як умова її існування

об'єктів із відповідних предметних галузей поза сумнівом можна вважати узгодження зроблених розрахунків значень атрибутів цих реалій, з одного боку, та тих значень, які дають вимірювальні прилади, з іншого. Проте для досягнення такого підтвердження потрібно використовувати всі типи назв елементів системи знання та, головне, вміло, творчо і правильно оперувати цими елементами.

Значимо, що втрата візуальної наочності спіткала не лише фізику. Вона зачепила навіть банківську сферу, в якій велику роль відігравала фізична присутність певної особи або документа, який засвідчував персональні дані цієї особи, наприклад внутрішнього паспорта з відповідною світлиною. Наразі, для того, щоб переконатися в фізичному існуванні та платоспроможності якогось чесного клієнта, банківському працівнику не обов'язково знати його фізичний вигляд — можна обмежитися перевіркою його кредитної картки. Правда, при цьому шахраї можуть надурити наївно чесного банкіра, але й фальсифікатори дослідних даних інколи жорстко дурять наукову громадськість¹²⁶.

4.20. НАЗВИ ЕЛЕМЕНТІВ СИСТЕМИ НАУКОВОГО ЗНАННЯ ЯК УМОВА ЇЇ ІСНУВАННЯ

Тому варто виокремити в називній системі її підсистеми, які містять назви для елементів інших підсистем системи наукового знання. Всі ці підсистеми пов'язані між собою, тому в них часто використовують омонімічні назви, які проте мають різні значення та виконують різні функції.

Наприклад, назва «Земля» позначає як певну планету Сонячної системи, так і входить в назву моделі небесної механіки (модель Землі як матеріальної точки), яка використовується для пояснення та опису руху Землі. В такий спосіб і назва «кварк» позначає як деяку запропоновану складову певного класу елементарних частинок (адронів), так і їхню абстрактну модель із певних систем фізичного знання, в межах яких досліджується мікросвіт. У першому випадку назви «Земля» та «кварк» застосовуються для позначення реалій, які вивчаються за допомогою систем, відповідно, астрономічного, геологічного та фізичного знання. У другому — вони позначають внутрішні компоненти моделей та структури самих цих систем знання.

4.21. ТИПИ НАЗВ В НАЗИВНИХ ПІДСИСТЕМАХ СИСТЕМ НАУКОВОГО ЗНАННЯ¹²⁷

Наслідуючи традиції сучасної філософії науки, коротко розповімо про склад та будову онтично-називної підсистеми системи наукового знання, тобто підсистеми, елементи якої є назвами реалій, їх атрибутів та інгредієнтів у відповідній предметній царині. Розгляд означеної підсистеми також сприятиме розвінчанню міфу про існування якоїсь єдиної мови науки¹²⁸, яка редукує мовні засоби науки до мови логіки висловлювань або до мови логіки предикатів першого чи вищих порядків. Виявляється, що звернувшись до реальних систем наукового знання, а не до їх спрощених уявлень, які набули характер забобонів, легко переконатися в тому, що кожна система наукового знання використовує багато мов, у тому числі мов різних математичних теорій: евклідової, неевклідових, ріманової та симплектичної геометрій, теорій груп різного типу, топологічних та алгебраїчних теорій тощо. Очевидним свідченням справедливості цієї тези може слугувати наявність у їхніх онтично-називних підсистемах різних абеток та слів, побудованих за допомогою взятих із різних абеток літер (знаків).

Наприклад, рівняння, які носять епонім *Джеймса Клерка Максвелла* та про які вже йшлося, самим першовідкривачем записувалися мовою диференційних співвідношень у координатному представленні¹²⁹. Згодом досі недооцінений британський фізик *Олівер Хевісайд* записав рівняння *Максвелла* в компактному векторному вигляді¹³⁰. На цьому історія не закінчується, бо німецький математик та фізик *Герман Мінковський*¹³¹ після створення *Айнштайном*¹³² спеціальної теорії відносності¹³³ представив рівняння *Максвелла* в чотиривимірному коваріантному вигляді¹³⁴. Якщо до цього додати, що будь-який з цих еквівалентних підходів можна сформулювати і в інтегральному варіанті за допомогою теорем для дивергенції та ротора векторів¹³⁵, які були отримані німецьким математиком *Карлом Фрідріхом Гаусом*¹³⁶ та британським математиком і фізиком *Джорджом Габріелем Стоксом*¹³⁷, відповідно, то «багатомовність» виступить у всій своїй методичній неминучості й доцільності та разом з тим естетичній привабливості.

Деякі конкретні подання рівнянь *Максвелла* за допомогою символів різних мов можна побачити у Вікіпедії¹³⁸. Зауважимо, що широко відому думку *Г. Герца* («Теорія Максвелла — це рівняння Максвелла») та аналогічну, але менш відому думку нашого

4.22. Мова вимірювань

сучасника, голландського фізика *Герарда 'т Гофта*¹³⁹ не варто розуміти буквально — як ототожнення фізичної теорії з системою її основних рівнянь. Вище зазначено, що теорія розвивається, розгалужується, застосовується до нових об'єктів досліджень, поповнюється новими моделями, а тому аж ніяк не зводиться до урочистого оголошення та тлумачення її засад. Тобто теорія електромагнітних явищ не зводиться до рівнянь *Максвелла*, класична механіка — до законів *Ньютона*, а квантова механіка — до рівняння *Шрьодінгера*. Британський фахівець з молекулярної біології та теорії еволюції *Льюїс Волперт* слушно зауважив: «Наука намагається зрозуміти, як різноманітність фізичного та природного світу можна пояснити обмеженою кількістю законів. Явища, які необхідно пояснити, є набагато складнішими, ніж самі закони. Закони руху Ньютона, наприклад, досить прості в порівнянні з величезною різноманітністю рухів, які вони можуть пояснити. Важливо усвідомлювати, що знання законів не означає, що поведінку системи можна описати. Наприклад, можна записати рівняння руху трьох тіл, які притягуються один до одного за допомогою сили гравітації, але розв'язати ці рівняння так, щоб можна було насправді описати їх рух, надзвичайно складно, і цього ще треба досягти»¹⁴⁰.

4.22. МОВА ВИМІРЮВАНЬ

Із класичною електродинамікою пов'язане ще одне «мовне» питання. Як відомо, природничі науки ґрунтуються на можливості виокремлення досліджуваних ними реалій та вимірювання кількісних значень їхніх атрибутів. Тому для них «існувати» врешті-решт означає «вимірювати», бо «*вимірювання є мовою науки*»⁵ (див. також^{141, 142}). Але вимірювання як спільна діяльність науковців неможлива без загальноприйнятої однозначної системи одиниць, що охоплює всі фізичні величини, як основні, так і похідні^{143, 144}. «Гарною ілюстрацією цього положення служить майже анекдотичне свідчення *Гельмгольца*¹⁴⁵ про те, що тільки після декількох років роботи він виявив, що термін «вебер», який він уживав, позначав у Англії величину, в десять разів більшу, [ніж він вважав]»¹⁴⁶.

⁵ Зробімо два уточнення. Перше: вимірювання — це не мова, а системна послідовність певних практичних (дослідних) дій науковця, яка спрямована на отримання кількісних значень атрибутів досліджуваних предметів. Друге: якщо йдеться про мовні засоби, за допомогою яких репрезентуються результати вимірювання, та про те, що вважати їх мовою, то це не єдина мова науки.

Це справедливо також для решти величин, якщо вони виникають як специфічні для інших природничих наук (дивись, наприклад, еволюцію одиниць вимірювання в радіаційній дозиметрії¹⁴⁷). При цьому, певна річ, можлива безліч різних систем одиниць, які містять основні та похідні одиниці, що забезпечують вимірювання всіх актуальних для даної галузі науки величин. Власне, принципової різниці обирати за одиницю довжини «лікоть» (звісно, з чітким еталоном «ліктя»), «фут» або «метр» немає. В цьому сенсі важливі «лише» міркування про зручність та точність, але тут не про це йдеться, а тому відсилаємо читача до відповідних джерел^{148–152}. Водночас розгорнутому аналізу філософсько-методологічних питань наукових вимірювань теж присвячено багато праць¹⁵³.

Коли виникла потреба у вимірюванні щойно відкритих (або запропонованих із теоретичних міркувань) магнітних та електричних явищ, одиниці для їх вимірювання були обрані окремо для кожної із цих груп, але згодом з'ясувалося, що магнетизм та електрика тісно пов'язані між собою, причому кількісно. Мусили узгоджувати одиниці. Тоді й створили гаусівську абсолютну систему одиниць, якою й досі користуються фізики, хоча згодом інженери домоглися свого і зробили обов'язковою у всіх країнах світу так звану міжнародну систему одиниць SI, де струм вимірюється в амперах, напруга у вольтгах, а заряд в кулонах, тобто у визнаних практиками одиницях. Абсолютна гаусівська система побудована так, що електростатичні величини вимірюються, виходячи із закону *Кулона*¹⁵⁴, а магнітні — із законів *Ампера* та *Біо*¹⁵⁵-*Савара*¹⁵⁶-*Лапласа*¹⁵⁷. Вони пов'язані між собою розмірною сталою «*c*», яка чисельно збігається зі швидкістю розповсюдження світла у вакуумі. Це й привело потім *Максвелла* до висновку, що оптика є, за великим рахунком, особливою частиною електродинаміки. Система SI, натомість, виходить із так званої «раціоналізованої» системи рівнянь *Максвелла*, з якої вилучено коефіцієнт 4π (який відображає тривимірність простору) та згадану вище сталу «*c*».

«Зазначимо, що залежно від предметної галузі застосування системи рівнянь *Максвелла* спостерігаються значні метаморфози її символічного представлення, тобто її назви¹⁵⁸. Наприклад, в галузі теорії елементарних частинок замість традиційного представлення цієї системи використовується її значно більш «економна» презентація¹⁵⁹.

В чому ж полягають хиби SI і чому науковці та викладачі фізики так відчайдушно, хоча й безнадійно, «чіпляються» за гау-

сівську систему? Відповідь на це питання становить інтерес з методичної точки зору, бо, на перший погляд, системи, які правильно описують експеримент (а так воно й є!) мають бути еквівалентними. Один із недоліків системи *SI* полягає в тому, що на догоду формальним уподобанням розробників та бажанню інженерів зберегти милі їх серцю вольт, ампер і ом, із сукупності *всіх* рівнянь електродинаміки зникає стала «*c*», яка має фізичний сенс, а її місце займають суто формальні діелектрична (ϵ_0) та магнітна (μ_0) проникності (сталі) вакууму. До речі, ці величини не мають нічого спільного з реальними атрибутами (властивостями) фізичного (в даному разі електродинамічного) вакууму, який поляризується електричним або (та) магнітним полем, що приводить, зокрема, до виникнення сил *Казимира*¹⁶⁰, завдяки яким маленькі тіла притягаються між собою¹⁶¹, та зсуву атомних рівнів¹⁶², який вперше спостерігав американський фізик *Вільям Лем [Лемб, Lamb]*¹⁶³. Іншим недоліком обговорюваної системи одиниць є те, що не тільки розмірність електричного й магнітного полів різна (що суперечить певній відносності поділу електромагнітного поля на електричну та магнітну компоненти при переході до рухомої системи відліку), а й розмірності електричної **D** та магнітної **B** індукцій відрізняються від розмірностей полів **E** та **H**, відповідно.

Причина методичних негараздів корениться в ілюзіях інженерів початку ХХ століття¹⁶⁴, що вакуум є чимось на зразок ефіру (з припущенням про його існування тоді вже було покінчено після дослідів¹⁶⁵ *Майкельсона*¹⁶⁶ й *Морлі*¹⁶⁷ та створення теорії відносності), який може мати доступні спостереженню, відмінні від одиниці, діелектричні та магнітні проникності. Саме тому поява величин ϵ_0 та μ_0 і не викликала ані подиву, ані спротиву.

Існує ще одна тонкість, яка полягає в тому, що роль силового вектора в магнетизмі, на відміну від ситуації в електростатиці, виконує вектор **B**, який з історичних причин¹⁶⁸ називається вектором індукції, а не вектором магнітного поля. А тому виникла ідея змінити навзаєм назви обох векторів **B** та **H**^{169, 170}, що за наявності сотень впливових підручників із історичними назвами може призводити до деякої плутанини. Цей розлогий екскурс до царини електродинаміки наочно показує, яке важливе значення має називна підсистема систем наукового знання не лише для формулювання задач та класифікації предметів із предметної галузі, а й для правильного розуміння сутності відповідної науки.

4.23. ТИПИ ОНТИЧНИХ НАЗВ РЕАЛІЙ

В онтично-називних підсистемах можна виявити декілька типів та підтипів екзистенціальних назв предметів, тобто таких назв, використання яких передбачає обґрунтовану впевненість в існуванні в предметній галузі тих реалій та їх атрибутів, які позначаються цими назвами. Серед них можна виокремити вихідні назви, які індивідуалізують реалії, складені та структурно-складені назви (рис. 4.6). Ці назви позначають, відповідно, реалії та їх інгредієнти, атрибути, тобто властивості реалій та їх інгредієнтів і відношення (між реаліями, між інгредієнтами, між реаліями та їх інгредієнтами), об'єктивне існування яких постулюється онтичною підсистемою системи наукового знання¹⁷¹.

Вихідні назви індивідуалізують реалії, інгредієнти та їх атрибути й реєструють *by default* «факт» їхнього об'єктивного існування. Прикладами із царини небесної механіки є «Сонце», «Земля», «пояс Койпера» та «Сонячна система». Аналогічно в атомній фізиці такими назвами є «атоми», «атоми заліза», «ядра атомів заліза». Для цих же розділів фізики за приклади назв властивостей (одномісних атрибутів) предметів можна взяти вихідні назви «маса», «відстань від Землі до Сонця», «швидкість обертання навколо осі» та «терм», «валентність», «магнітний момент атома», відповідно. Для назв відношень прикладами візьмімо «гравітаційний потенціал», «обмін гравітонами» в першому випадку та «сили Ван-дер-Ваальса», «кулонівська взаємодія», «ядерні сили» в другому випадку. Ця сукупність назв фіксує як визнані в межах сучасної фізичної картини світу факти існування Сонячної системи разом із усіма небесними тілами, які її складають, так і відповідні властивості та відношення між реаліями цієї предметної галузі. Аналогічне твердження справедливе і для атомної фізики.

Складені назви вказують на окремі інгредієнти, які можна виділити в предметах дослідження. Скажімо, «Сонячна система складається із Сонця, планет та малих небесних тіл» або «атом складається з ядра та електронної оболонки».

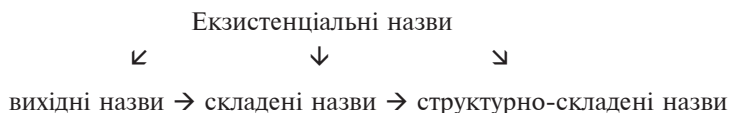


Рис. 4.6. Деякі типи екзистенціальних назв

4.24. Онтично-називні підсистеми систем хімічного знання

Структурно-складені назви стисло описують комбінації (точніше композиції) властивостей та відношень, наприклад «сила гравітації між двома небесними тілами пропорційна їх масам та обернено пропорційна квадрату відстані між ними», «взаємодія між інгредієнтами ядра (протонами й нейтронами) має обмінний характер», «тверді тіла не розпадаються завдяки квантово-механічним властивостям руху складових частинок»¹⁷², «молекули в молекулярних кристалах тримаються купи завдяки вандерваальсовим силам притягання».

Зведення всіх назв, які містяться в системі знань, до екзистенціальних (онтичних) спричиняє дві ілюзії. Перша полягає в тому, що знання про реалії та їх інгредієнти, які позначаються означеними назвами, не залежать від систем знання. Друга породжує впевненість, що реалії (їх інгредієнти та атрибути) і наші уявлення про них є тотожними. Коли в процесі розвитку певної галузі науки ці уявлення змінюються, то дослідники, які залишаються в полоні цієї ілюзії¹⁷³, інтерпретують процес змін як «доказ» нематеріальної природи якщо не досліджуваних предметів, то принаймні їх інгредієнтів. Такі, схильні до філософствувань науковці стикаються з нерозв'язною проблемою: як, визнавши матеріальність реалії, пояснити нематеріальність її інгредієнтів, або, навпаки, як, припускаючи нематеріальність інгредієнтів, перейти до матеріальних реалій. Врешті-решт, ці дослідники вимушені логікою міркувань перейти до табору відвертого ідеалізму^{174, 175} (що робить їх позицію принаймні чесною та послідовною) в дусі незабутнього й блискучого єпископа *Джорджа Берклі*^{176, 177}.

4.24. ОНТИЧНО-НАЗИВНІ ПІДСИСТЕМИ СИСТЕМ ХІМІЧНОГО ЗНАННЯ

Розглянемо системи хімічного знання як зручне та повчальне поле для конкретного семіотичного аналізу. Вони особливо цікаві принаймні з двох причин. Перша полягає у проблематичності безпосереднього застосування запропонованого *Чарльзом Пірсом*¹⁷⁸ загальноприйнятого, «сакрального» виокремлення іконічних, символічних та індексних знаків. Дійсно, ця процедура добре пристосована до аналізу буденних назв. Але в сучасних науках складні назви реалій із їх предметних галузей, як правило, утворюються з декількох простіших назв. При цьому деякі з них

позначають не досліджувані реалії, а дотичні до них. Ілюзія, що кожна окрема назва має безпосередньо позначати певну реалію поза системою назв, виникла на ґрунті осмислення мовних засобів буденного життя. Вона зникає під час спроб її застосування до семіотичного аналізу реальних систем наукового знання. Метафорично кажучи, типами виокремлених *Пірсом* знаків не вичерпуються всі типи назв, аналогічно тому, як натуральними числами не обмежуються всі види чисел (додатні, від'ємні, раціональні, ірраціональні, комплексні тощо). Те, що всі «ненатуральні» числа можуть бути зображені через відношення натуральних чисел або через скінченні чи нескінченні послідовності натуральних чисел, або через упорядковані пари згадуваних чисел, не ставить під сумнів їхнє окреме, хоча й уявне, існування та наявність у них атрибутів, відсутніх у натуральних чисел.

Дослідник реальних систем хімічного знання *Йохім Шуммер* також стверджує, що застосування пірсової класифікації для їх семіотичного аналізу не враховує складної багаторівневої специфіки хімічних онтичних назв, тобто назв хімічних сполук, які досліджує сучасна хімія¹⁷⁹. Це, звісно, справедливо й для решти систем наукового знання, але як раз на прикладі хімії вказана обставина стає наочною. Інша справа, що навіть процитований дослідник звертає головну увагу на назви, які містяться в онтичних підсистемах цих систем. Поза полем семіотичного аналізу він залишає назви елементів та структур із решти підсистем, зокрема з операційної підсистеми. Це викликає подив, оскільки семіотичні вимоги до хімічних назв мають переважно прагматичний характер. «Хімік завжди насамперед стурбований зручністю власних інформаційних та комунікаційних інструментів, ніж їхньою відповідністю синтаксичним та семантичним правилам»¹⁸⁰. Тому, намагаючись проаналізувати реальну семіотику систем наукового знання, ми теж змушені не ставати «святішими» за хіміків.

Друга причина цікавої особливості хімічних наук є історико-науковою. Вочевидь у більш близьких авторам системах фізичного знання також є розгорнуті онтично-називні підсистеми, які, однак, в силу історичного розвитку фізики, яка на початках складалася з окремих слабо пов'язаних між собою наук (механіка, термодинаміка, електрика, магнетизм, акустика тощо), є певною мірою «прихованими». Вони переважно розглядалися, а іноді й досі розглядаються ізолювано від інших підсистем та представляються

хаотично підбраною сукупністю окремих назв різного походження та різного часу виникнення^{181, 182}. Якщо трохи відволіктися в бік фізики, то варто зазначити, що, попри давнє формування вказаних вище окремих наук фізичного спрямування з їх особливою термінологією тенденції до об'єднання фізичних поглядів і наукових підрозділів завжди існували та поступово поширювались.

Значну об'єднувальну роль відіграв відкритий в першій половині XIX століття універсальний закон збереження та перетворення енергії¹⁸³. Але, на наш погляд, головним провідником ідеї про єдність світу виявився британський фізик і хімік *Майкл Фарадей*¹⁸⁴. Це він, на підставі своїх ідей про існування зв'язків між різними явищами матеріального світу, відкрив закон електромагнітної індукції, зв'язавши електрику й магнетизм та долучивши до цього обертання площини поляризації світла під дією магнітного поля (ефект *Фарадея*), створивши таким чином місток між оптичними та магнітними властивостями речовини¹⁸⁵. До речі, *Фарадею* вдалося також поєднати фізику й хімію дослідженнями електролізу¹⁸⁶. Тим самим він проторував шлях, головний етап якого завершився відкриттям англійським фізиком *Гері Мозлі*¹⁸⁷ зв'язку між частотою характеристичного рентгенівського випромінювання елементів (фізика) та порядковим номером елемента в періодичній таблиці *Дмитра Менделєєва*¹⁸⁸ (хімія). Так поступово зусиллями кращих умів Європи та Північної Америки будувалася «єдність фізичної картини світу», якою пишався першовідкривач квантової фізики *Макс Планк*¹⁸⁹.

Повертаючись знову до хімії¹⁹⁰, зазначимо, що в системах хімічного знання онтично-називні підсистеми існують в усвідомленому та явному вигляді через те, що хіміки мають однозначно описувати величезну кількість таксонів, тобто конкретних класифікаційних груп реалій систем хімічного знання, взятих із їх предметних галузей. Важливою конкретно-науковою проблемою хімії є не лише експериментальне та теоретичне дослідження цих предметів (різноманітних речовин та сполук), а й вибір відповідних ефективних та однозначних позначень. Ясно, що вибір позначень не однозначний, а тому є різні їхні номенклатури, зручність та доцільність яких залежить від конкретного завдання, яке поставлене перед дослідниками. Треба враховувати, що уніфікації назв досягти не вдається не тільки серед різномовних хіміків, а й між хіміками Сполучених Штатів та Великобританії¹⁹¹.

Як і решта науковців, хіміки відчувають потребу в максимально однозначних назвах, зокрема назвах сполук, щоб обмінюватися з колегами інформацією про результати досліджень. Окрім того, необхідно так конструювати назви складних сполук, щоб вони вказували (принаймні для фахівців) не лише на їх склад, а й на деталі структури. Тому важливими для розвитку хімії є не лише польові, тобто експериментальні дослідження цих сполук, їх «кабінетний» опис, розробка промислових технологій виробництва тих речовин, які виявляються корисними на даний час, а й ефективна номенклатура. Бажано, аби ця номенклатура була сталою, попри можливі зміни способу використання сполуки. Наприклад, спочатку ліки «талідомід» широко вживали як снодійне, потім їх заборонили через жахливі побічні ефекти, а згодом знову почали використовувати як засіб від прокази¹⁹².

З метою конкретизувати згадану вище різноманітність класифікацій (називних підсистем) звернемося до сучасного німецького філософа науки, який дає наступну загальну характеристику фактично онтично-називної підсистеми системи хімічного знання¹⁹³. «В хімії існує проблема величезної кількості хімічних сполук: на грудень 2012 року хімічна галузь охоплює понад 69 мільйонів окремих органічних та неорганічних речовин, включаючи сплави, координаційні сполуки, мінерали, суміші, полімери та солі ... Звісно, тільки деякі з них мають традиційні імена як-то: вода, поварена сіль або кофеїн, але кожну треба бодай якось назвати, щоб обговорювати у подальшому в межах наукового спілкування. Одна, примітивна, але, з іншого боку, однозначно універсальна процедура полягає в присвоєнні номерів усім сполукам та послідовностям. Ці номери називаються «CAS Registry Numbers» [розтлумачити їх можна як реєстраційні номери хімічних сполук служби реферування відповідних (суттєвих) публікацій із хімії, тобто Chemical Abstracts Service, яка є підрозділом American Chemical Society — Американського хімічного товариства — *ОГ, ВК*] ... CAS registry number є унікальним чисельним ідентифікатором, який позначає одну сполуку, але не має жодного мнемонічного присмаку ...

Певна річ, що це не єдина система назв у хімії. Для хімічних сполук є додаткові способи найменування згідно з емпіричними формулами, структурними формулами, систематичними назвами та тривіальними назвами. Вони використовуються в різних кон-

текстах. ... Емпірична формула подає інформацію про те, які атоми містяться в сполуці та в якій пропорції. Скажімо, емпіричною формулою для повареної солі (хлориду натрію) є NaCl . Ця формула містить інформацію, що поварена сіль складається з рівної кількості атомів натрію (Na) та атомів хлору (Cl). Такий спосіб позначення речовин є корисним, якщо головним є опис тих аспектів хімічних реакцій, коли зберігаються атомні складові реагуювальних речовин» ... [Такі назви характеризують також як літерно-цифрові. Однак емпіричні або літерно-цифрові формули нічого не кажуть про специфічні просторові впорядкування атомів у сполуці, яке, поряд зі складом речовини, визначає її атрибути. Для цього були винайдені структурні формули, які однозначно описують сполуку разом із типом хімічного зв'язку в ній¹⁹⁴ — *ОГ, ВК*].

«Нарешті, існує номенклатурна система для сполук, розроблена Міжнародним союзом чистої та прикладної хімії (International Union of Pure and Applied Chemistry, IUPAC). Ідея цієї класифікації полягає у створенні назви, яка однозначно характеризує сполуку та одночасно із регулярністю кодує її склад і структуру. Проте чим більше інформації містить номенклатура, тим довшою стає назва. Наприклад, якщо емпірична формула для кофеїну $\text{C}_8\text{H}_{10}\text{N}_4\text{O}_2$ порівняно коротка, то його назва згідно з IUPAC 1,3,7-trimethylpurine-2,6-dione (існують також і довші версії)». Такі назви також іменують номенклатурними¹⁹⁵.

4.24.1. Дії з назвами залежать від їх типу

Підкреслимо, що кожний тип назв має певні, характерні для нього, можливості оперування з відповідними йому елементами та структурами систем знання задля отримання нового знання про реалію, яка відповідає назві. Наприклад, звична хімічна формула молекули води H_2O , з якою автори доволі давно познайомилися в тодішній школі (де тодішню хімію вивчали на досить високому рівні), явно демонструє свій склад із кисню та водню. Виходячи з цієї формули, можна записати реакцію дисоціації на складники, визначити відносну валентність складників і, долучивши інші відомості про елементи та сполуки, визначити й абсолютну валентність¹⁹⁶. Якщо врахувати додаткові дослідні дані, то на основі тієї ж формули можна розрахувати, скажімо, частку маси кожного складника (елемента) у воді. Проте ця назва не каже нічого про фізичні та хімічні властивості води як сукупності

молекул, тобто як речовини. Звідси аж ніяк не можна визначити такий атрибут речовини H_2O , як її аномально велику діелектричну проникність, що забезпечує високу ефективність води як розчинника, тощо.

Навіть зараз хіміки та фізики, спираючись на більш глибокі розгорнуті назви води, не в змозі лише на їх основі пояснити всі її хімічні та фізичні атрибути¹⁹⁷, тому що будова молекули не забезпечує повне знання про поведінку макроскопічних обсягів речовини в різних фазових станах, оскільки «більше означає інше» («more is different»), як свого часу підкреслив американський фізик Філ Андерсон¹⁹⁸ у пророчій статті 1972 року¹⁹⁹.

Описати воду більш-менш докладно можна лише, залучивши дані великої кількості експериментів. До цього треба додати певні тлумачення, моделювання властивостей і процесів методом молекулярної динаміки. Тут на авансцену виступають не окремі назви, а їхні великі набори, які репрезентуються у вигляді формул, таблиць, графіків, спектрограм тощо.

За допомогою сучасної оптичної, рентгенівської та комп'ютерної техніки можна отримати динамічну картину (це теж є назвою) перебігу в часі хімічних реакцій з найменшими інтервалами порядку 10^{-18} с²⁰⁰. До розробки цієї техніки хіміки більшість експериментально досліджуваних ними реакцій розглядали лише як чорний ящик із відомими входом та виходом, тобто хімічними компонентами до й після реакції. Вони тоді не мали можливості корегувати свої абстрактні моделі протікання реакцій на ґрунті власних спостережень.

Для справжнього розуміння та практичного оволодіння цими реакціями потрібні побудова та творче застосування моделей як складників модельних підсистем систем хімічного знання. Моделі сполук та реакцій по суті теж є їх назвами, які реалізовані у формі не простих назв, а у вигляді особливо структурованих текстів, базовими елементами яких є прості назви. Типові репрезентативні моделі містять назви реалій та їх атрибутів, зокрема назви відношень між атрибутами та кількісні значення останніх. Найпростішими серед таких моделей є структурні формули або структурні назви простих і складних сполук.

Розібравшись у першому наближенні із можливостями й обмеженнями класифікації, спробуємо піти трохи далі та навести детальніший опис онтично-називних підсистем систем хімічного знання, розглянувши, зокрема, ієрархічність цих підсистем²⁰¹.

4.24.2. Склад і будова загальної онтично-називної системи хімії

Обговоримо склад і будову спільної для всіх хімічних наук онтично-називної підсистеми системи хімічного знання, елементи якої позначають реалії предметної галузі хімії. Їхнє існування постулюється онтичною підсистемою. Спільність означає те, що єдина онтично-називна підсистема червоною ниткою проходить через усі конкретні розділи величезної науки «хімія»²⁰², попри те, що вона бурхливо розвивається й постійно розгалужується. Заради стислості надалі опускатимемо термін «хімічний» та, враховуючи запроваджену вище термінологію «елемент», «предмет», «інгредієнт», тимчасово введемо скорочення «хімелемент», яким будемо позначати найпростіші з хімічної точки зору реалії предметних галузей. Для розмежування цих реалій використовуватимемо назви «хімелемент», «сполука» та «реакція» («перетворення»). Вони позначають три конститутивних рівня онтично-називної підсистеми, для кожного з яких ці загальні назви конкретизуються.

Зазначимо, що алхіміки ще не розрізняли хімелементи та сполуки^{203, 204}, найменші частинки яких (молекули), як з'ясувалося після праць засновника сучасного атомізму, британського вченого *Джона Дальтона*²⁰⁵, складаються з атомів хімелементів²⁰⁶. Але запропоновані алхіміками назви, ставши «історичними», не вийшли з ужитку та забарвлюють містичною чарівністю підручники початкової хімії²⁰⁷. Ці назви утворюють традиційну частину онтично-називної підсистеми системи хімічного знання. Прикладами можуть слугувати відомі терміни: «водяна баня», «тигель», «ректифікація», «сіль», «царська вода» (*aqua regia*), «амальгамування».

На даному етапі розвитку науки «хімелемент» означає клас предметів (речовин), які складаються з атомів одного типу^{208, 209}. Відповідно з цим різновиди хімелементів розрізняють, насамперед, за допомогою їх традиційних назв: «сірка», «залізо», «мідь», «срібло», «олово» тощо. Такі назви входять до традиційної частини першого конститутивного рівня називної системи, яка розглядається.

Традиційну частину назв її другого рівня складають назви здавна відомих хімічних сполук, як-то «поварена сіль», «вода», «сечовина», «купоросне масло», «сірчана кислота», «лимонна кис-

лота», «поташ», «гашене вапно», «негашене вапно» тощо. Треба мати на увазі, що навіть для порівняно недавно відкритих (синтезованих) речовин інтернаціональні за формою назви в різних мовах можуть не збігатися. Це часто пов'язано з прагненням певних фірм «застовпити» назву за собою. Прикладом може слугувати капрон, він же нейлон і перлон. Такі «фірмові» назви не рідкість і в інших сферах людського життя. Скажімо, назва «унітаз», яка позначає винайдений англійцями пристрій, який стоїть у туалетах усього світу, походить від назви іспанської фірми «*Unitas*»²¹⁰. Натомість, англійською мовою більш уживаною є назва: «*toilet*». Іншими прикладами можна вважати запозичений у Польщі та Галичині термін «ровер», що означає велосипед і походить від славнозвісної англійської фірми минулого «*Rover*»²¹¹, та назву «тремпель» замість «плічка», яку вживають²¹² на Харківщині, Полтавщині, а ще й на Білгородщині, відторгнутій Росією від України в ХХ столітті.

Традиційну частину назв третього рівня утворюють (частково застарілі) назви великих класів хімічних перетворень, відомих ще із часів античності: «дистиляція», «сублімація», «сепарація», «розчинення», «нагрівання», «горіння», «змішування», «подрібнення», «топлення» тощо. Цими назвами алхіміки позначали свої дії з речовинами під час марних спроб отримати філософський камінь для виробництва золота або еліксиру безсмертя. Згідно із сучасними поглядами ці назви позначають операції, які можуть спонукати різномірні хімічні реакції. Серед останніх виокремлюють різні класи, які називаються «дисоціація», «асоціація», «синтез», «полімеризація», «ізомеризація» тощо. Конкретні реакції, які входять до одного з великих класів, нерідко (й цілком заслужено!) отримують імена першовідкривачів або успішних дослідників.

4.24.3. Персоніфіковані назви (епоніми)

Одним із рекордсменів зі згадування в розшуковнику *Scholar Google* (до двадцяти тисяч) є сукупність споріднених реакцій у розчинах певних органічних речовин зі спільною назвою «реакція *Бориса Белоусова — Анатолія Жаботинського*»²¹³. Це перша реакція, в якій існування періодичних автокаталітичних процесів було достеменно доведено для гомогенних систем (для гетерогенних систем такі явища спостерігалися раніше і їхнє існування сумнівів не викликало²¹⁴), хоча ще раніше в реакції розпаду перекису вод-

ню H_2O_2 під впливом йоду спостерігалися осциляції концентрацій реагентів та швидкості перебігу реакції²¹⁵.

Історія відкриття цього класу явищ вельми цікава. Для знайомства з нею можна порекомендувати популярний нарис у книзі²¹⁶, де відтворюється епоха, коли доля відкриття (*Белюсовим*) вирішувалася декретами наукових начальників. Цікаво, що теоретики задовго до експериментального відкриття передбачали можливість осцилювальних процесів у нелінійних системах різного типу^{217–219}, включаючи сукупність взаємопов'язаних біологічних популяцій (хижак—жертва)²²⁰ та сукупність органів і речовин в живих організмах, які забезпечують необхідні для життя періодичні біологічні процеси (біологічний годинник)²²¹. Можна назвати багато назв подібних «іменних» реакцій, прочитавши які хімік-дослідник одразу уявляє образи (очевидно, доволі індивідуалізовані) певних молекул та характер їх взаємодії. Натомість історик науки поряд із цими молекулами та реакціями (інакше він не буде справжнім істориком) уявляє першовідкривачів, тобто конкретних осіб^{222–224}.

4.24.4. Фізично та хімічно обумовлені назви

Спільні назви класів хімічних реакцій іноді пов'язують із фізичними процесами, які неодмінно супроводжують хімічні реакції (наприклад, усі процеси з термодинамічної точки зору можна поділяти на ендотермічні та екзотермічні, тобто ті, в яких виділяється або поглинається тепло), бо розділити фізику та хімію в будь-яких конкретних випадках і загальних міркуваннях неможливо в принципі (рис. 4.7). Саме тому й існують науки «фізична хімія»²²⁵ та «хімічна фізика»²²⁶, точні визначення яких дати практично неможливо, але інтуїтивні й досить суб'єктивні думки щодо сутності цих наук безумовно існують і мають право на існування та на певні трансформації в процесі наукового поступу.

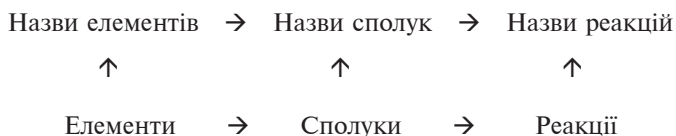


Рис. 4.7. Конститутивні рівні предметної галузі й відповідної онтично-називної системи хімії

4.24.5. Вимога інформативності назв

Поряд із традиційними та «персоніфікованими» найменуваннями сполук і реакцій широко вживаються більш нові назви, які виникли в процесі накопичення знань у царинах атомної й молекулярної фізики, а, головне, самої хімії в її різних іпостасях. Існують різні причини зміни системи назв із традиційних на новітні — «науково обґрунтовані».

По-перше, синтез сотень тисяч сполук зробив неможливим надавати новим об'єктам бодай якісь мнемонічні назви. Слів повсякденного вжитку та їх комбінацій просто не вистачить. Навіть латина вкупі з давньогрецькою не впорається. Окрім того, давати певні, цілком різні, традиційним чином вмотивовані назви сполукам, які, наприклад, відрізняються лише низкою однаково доданих бензольних кілець²²⁷, якимось нелогічно.

Другою суттєвою вадою (вона, власне, тісно пов'язана з першою) традиційних назв є те, що вони не розкривають тип, склад і структуру реалій, які позначають, тобто не дають можливості з першого погляду на назву визначити хімічний склад та можливі реакції певної сполуки з іншими. Наприклад, із назви «поварена сіль» ніяк не впливає, що молекула цієї сполуки утворена із атомів, які називаються атоми «натрію» і «хлору». Звісно, в процесі навчання школяр, студент або науковець запам'ятовує кореляцію між традиційною назвою та складом реалії, а також шляхи можливих реакцій, на які «здатна» відповідна сполука. Але, як ми вказували вище, йдеться про сотні тисяч варіантів, а тому виникає нагальна потреба в розробці більш інформативної, легкої для запам'ятовування та зручної в користуванні системи назв.

Через це позначення більшості сполук та реакцій, відкритих протягом останніх двохсот років, ґрунтуються на тих знаннях про них, які отримані фізичними та хімічними методами. Але навіть у такому модернізованому вигляді традиційна частина онтично-називної підсистеми є достатньо невпорядкованою, оскільки в ній відсутні правила переходу від назв хімеlementів до назв сполук, а від останніх — до назв реакцій, в яких беруть участь ці елементи та сполуки. Непрактичність та безсистемність традиційних назв робить ще менш зрозумілими назви ланцюгів реакцій або хімічних циклів, які є основою хімічних процесів у промисловому виробництві²²⁸ або в живих організмах (біохімія²²⁹).

4.24.6. Назви на ґрунті періодичної системи

Отже, виникає необхідність у створенні сучасних онтично-називних підсистем систем хімічного знання. Вони будуються за допомогою символічної мови, яка виникла поступово в алхіміків, а потім зусиллями *Джона Дальтона*²³⁰ та шведського хіміка *Єнса Якоба Берцеліуса*²³¹ отримала сучасний вигляд. Остаточно мова хімічних символів сформувалася після відкриття *Дмитром Менделєєвим* Періодичної системи елементів, яку можна представити у вигляді таблиці²³². «Літери» цієї мови знаходяться в клітинках таблиці. Вони складаються з однієї або двох звичайних латинських літер, причому за пропозицією Берцеліуса ці латинські літери є початковими літерами латинських назв відповідних хімеlementів²³³. Кожен символ хімічної мови позначає один і тільки один хімеlement.

Таким чином, латинські символи, наприклад, O (*Oxygen*), Fe (*Ferrum*), Au (*Aurum*) співіснують із традиційними «кисень» («*oxygen*», Eng.), «залізо» («*iron*», Eng.), «золото» («*gold*», Eng.). Певна річ, що відкриті за останні століття хімеlementи взагалі не мали назв у повсякденній мові народів цивілізованого світу. Отже, довелося запроваджувати похідні від імен давньоримських богів («нептуній», символ Np, «уран», символ U), прізвищ видатних учених («кюрій», символ Cm; «ейнштейній», символ Es; «нобелій», символ No), назв географічних об'єктів різного гатунку, зокрема, назв міст та місцин, де хімеlementи були вперше синтезовані («берклій», символ Bk; «каліфорній», символ Cf).

Але такими іменами не вичерпується «населення» першого конститутивного рівня сучасної онтично-називної підсистеми систем хімічного знання. Спираючись на зазначену вище традицію позначення елементів латинськими літерами та беручи до уваги відкриті в ХХ столітті властивості атомів та їх ядер, учені розробили більш інформативні (на жаль і більш громіздкі) позначки для атомів хімеlementів та молекул утворених із них сполук. Ці позначення не тільки йменують предмети атомно-молекулярного світу, а й наочно демонструють фундаментальні знання про їхні електронно-ядерні характеристики. Наведемо декілька прикладів складених найменувань.

Як відомо, всі ізотопи кисню позначаються символом O. Заряд будь-якого ядра кисню дорівнює восьми, бо воно містить 8 протонів. Оскільки атом в основному стані є електронейтральним, то електронна оболонка атома O складається з 8 електронів.

Число нейтронів у ядрі може змінюватися від 4 до 16. Водночас природний кисень містить лише три ізотопи ^{16}O , ^{17}O , ^{18}O , стабільні відносно ядерних перетворень у звичайних умовах²³⁴.

Більш складними, але й більш інформативними є розширені назви хімеlementів у сучасних версіях таблиці Менделєєва. Використання таких імен та знання їх розташування в ній дає змогу «автоматично» відслідковувати низку спільних властивостей хімеlementів та групувати схожі хімеlementи в дусі здогаду Менделєєва.

Наведемо приклад «повної» назви хімеlementа, який повсякденною мовою називається «рубідій» (рис. 4.8). Він отримав таку назву через колір найхарактерніших червоних ліній його спектра (від латинської *rubidus* — червоний, темно-червоний)²³⁵. Для нього, як і для його сусідів по таблиці Менделєєва, символічні складені назви хімеlementів, а точніше їх атомів, утворюють ту частину першого конститутивного рівня онтично-називної підсистеми хімії, яка побудована на підставі сукупності сучасних наукових даних.

<i>Символ елемента</i>			
	↓ 37 ←	<i>Номер</i>	
	Rb	1	
<i>Назва</i> →	рубідій	8	← <i>Розподіл</i>
	85,468 18	8	<i>електронів</i>
<i>Відносна</i> ↗		8	<i>по рівнях (шарах)</i>
<i>маса</i>		2	

Рис. 4.8. «Повна» назва рубідію

Зауважимо, що у «повній» назві рубідію маса атома природного рубідію є природним середнім, яке враховує існування в природі різних ізотопів рубідію та різної їх частки серед усіх атомів цього елемента. Тому число 85,468 аж ніяк не є близьким до цілого. Точним цілим в одинцях атомних мас воно не буде й для окремого ізотопу, але тоді відмінність від цілого числа буде дуже маленькою²³⁶.

Ясно, що крім окремих хімеlementів, яких на даний момент існує в природі та синтезовано менше, ніж сто двадцять²³⁷, до предметних галузей різних розділів хімії належать неорганічні та органічні сполуки, утворені з атомів хімеlementів, а також

різні перетворення хімеlementів та сполук, тобто хімічні реакції. Отже, сучасна частина другого конститутивного рівня спільної хімічної онтично-називної системи містить хімічні формули, тобто символічні складені назви хімічних сполук, які відображають їх атомний склад. Наприклад, молекулярною формою азотної кислоти є HNO_3 .

4.24.7. Структурні назви хімічних сполук

Властивості навіть найпростіших хімічних сполук залежать не тільки від їх атомного складу, а й від порядку, в якому з'єднані атоми. Понад те, важливими є кути між внутрішньо-молекулярними зв'язками. Тому складні сполуки з однаковою кількістю атомів кожного типу можуть бути зовсім по-різному побудовані та мати різні хімічні атрибути. Ці «варіанти», які утворюють у просторі різні структури, називаються стереоізомерами^{238, 239}. Для символічного відображення цієї принципової обставини були винайдені різного штибу просторові (тривимірні) структурні формули, які є структурно-складеними стереохімічними назвами^{240, 241}. В цю галузь хімії зробили видатні внески кілька блискучих учених, серед яких голландець *Якоб Гендрік Вант-Гоф*²⁴² та француз *Луї Пастер*²⁴³.

Стандартний вигляд структурних формул у підході валентних зв'язків²⁴⁴ базується на заміні ковалентних зв'язків²⁴⁵ між атомами (тобто згущень хвиль імовірності знаходження усупільнених електронних пар в цьому місці) на риси. Кожна риска означає одну одиницю валентності, замінюючи одну неподільну електронну пару. Риски з'єднують саме ті атоми, між якими існує хімічний зв'язок. Наприклад, структурна формула молекули сірчаної кислоти (H_2SO_4) має вигляд, наведений на рис. 4.9.

Структурна формула показує не лише кількість атомів кожного елемента, які входять до складу молекули, а й спосіб, в який вони з'єднані між собою. Із наведеної структурної формули видно, що сірка в молекулі H_2SO_4 шестивалентна (з атома S вихо-

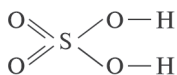


Рис. 4.9. Структурна формула молекули сірчаної кислоти

дять 6 рисок!), кисень *O* — двовалентний, а водень *H* — одновалентний. Формула також демонструє, що атом сірки всіма валентними зв'язками з'єднаний лише з атомами кисню. Атоми кисню, так само, як і атоми водню, не зв'язані між собою. Два атоми кисню обома зв'язками «зачепилися» за атом сірки, а інші два кисневі атоми однією валентною рисою зв'язані з атомом сірки, а другою — з атомом водню. Атоми водню зв'язані з атомом сірки через атоми кисню.

Мова структурних формул більш наочна та містить значно більше інформації, ніж мова звичайних формул, які є виразниками «бухгалтерського» підходу, який, якщо задуматися, відображає (1) закон збереження маси (закон *Антуана Лавуазьє*²⁴⁶) та (2) неможливість у хімічних реакціях переходу атомів одного типу в атоми іншого типу, тобто крах алхімічних мрій²⁴⁷. Лише «новітня алхімія» радіоактивних перетворень, засновниками яких були британці *Ернест Резерфорд*²⁴⁸ і *Фредерік Содді*²⁴⁹ та французько-польське подружжя *П'єра й Марії Кюрі*²⁵⁰, надала можливість руйнувати молекули «зсередини», починаючи з атомних ядер, тобто без будь-якої хімічної реакції. Така можливість є наслідком зміни масштабу енергій, задіяних в ядерних процесах²⁵¹.

У багатьох випадках структурні формули як такі дають можливість пояснити низку властивостей певних речовин навіть без дослідження хімічних реакцій за участю останніх. Зауважимо, що структурні формули таких відносно простих неорганічних сполук, як згадана вище сірчана кислота, є значно простішими, ніж формули для речовин, які вивчає органічна хімія. Об'єкти останньої (такі як білки чи полімери) можуть об'єднувати десятки, а іноді і тисячі атомів²⁵². Саме в цій хімічній дисципліні структурні формули грають домінуючу роль, так що уникнути їх використання неможливо.

4.24.8. Проблематика назв органічних речовин

Оскільки органічні речовини мають складну будову та складаються із багатьох атомів, то для якогось якісного аналізу, зокрема для теоретичних досліджень, ці формульні назви варто спростити, а певні молекулярні блоки вважати цілісними компонентами²⁵³. Наочне представлення компактними зображеннями має

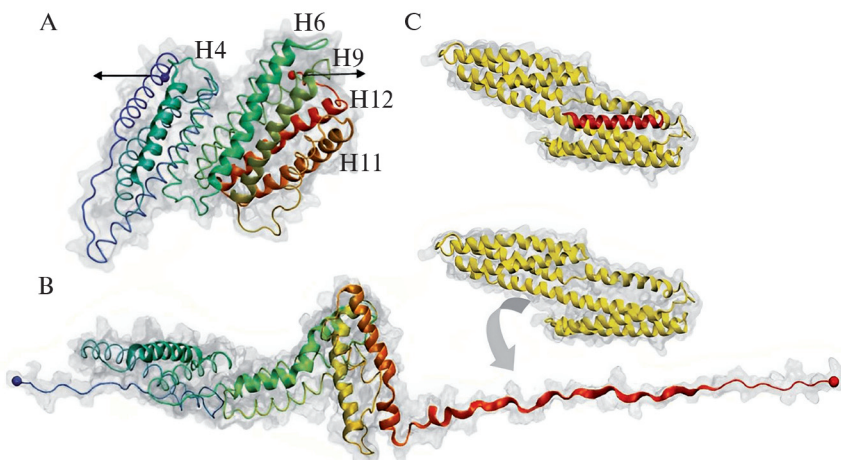


Рис. 4.10. Деякі спіральні фрагменти білків таліну та вінкуліну²⁶¹

свої витoki ще в працях німецького хіміка *Фрідріха Августа Кекуле*²⁵⁴, який запропонував так звані «скелетні формули». Мова скелетних формул є своєрідною стенограмою звичайних структурних формул. Вона будується на підставі певних скорочень запису лінійних, плоских або тривимірних структур²⁵⁵, які не завдають шкоди сприйняттю за умови наявності в читача-дослідника або читача-студента деякого досвіду.

Для величезних білкових молекул, які притаманні живим організмам та ефективно досліджуються сьогодні, мова хімічних «скорочень» з необхідністю є ще грубішою. Треба мати на увазі, що в натуральному (досить таки «теплому», тобто при близькості характерних енергій взаємодії між білковими фрагментами та теплової енергії вічного молекулярного руху $k_B T$ ²⁵⁶, де k_B — константа, яка названа іменем австрійського фізика *Людвіга Больцмана*²⁵⁷) середовищі білкові молекули складаються у первинні, вторинні та третинні структури в неспинній боротьбі сил взаємодії між складовими молекулами та ентропійним безладом^{258–260}.

Приклад фрагментів скорочених структурних формул цитоплазматичних білків²⁶¹ наведено на рис. 4.10.

Іншим прикладом, також пов'язаним із життям у його мікроскопічному підґрунті, є схематичне зображення (тобто своєрід-

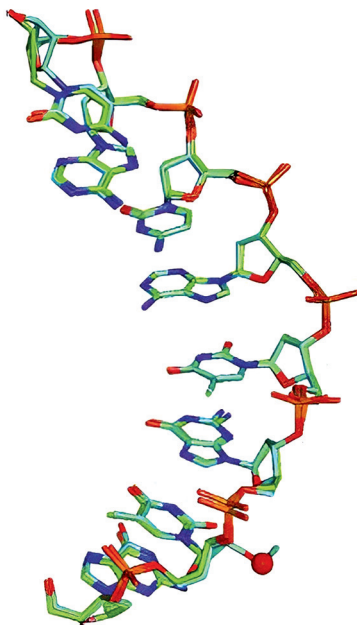


Рис. 4.11. Скелетна формула фрагмента ДНК²⁶⁴

на графічна назва!) славнозвісної структури дезоксирибонуклеїнової кислоти (ДНК), відкритою біологами, американцем *Джеймсом Уотсоном*²⁶² та англійцем *Френсісом Кріком*²⁶³ (рис. 4.11). ДНК є носієм спадкової інформації даного організму, яка за наявності енергії вмикає механізми (реакції), що регулюють синтез та працю білків на благо цього організму.

4.24.9. Просторові багатомірні назви

Ясно, що візуальне представлення («назва») навіть простої молекули азотної кислоти (рис. 4.12) є аж занадто спрощеним. Можна утворити низку структурно-складених назв у вигляді структурних формул різного роду для кожної вибраної сполуки. Якщо обмежитися одним прикладом та зосередитися на тій же молекулі азотної кислоти, то варто навести символічну картинку, яка показує тривимірне розташування атомів на площині (рис. 4.12).

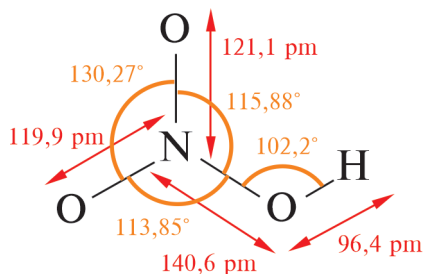


Рис. 4.12. Структурно-просторова формула молекули азотної кислоти

Отже, в онтично-називних підсистемах систем хімічного знання можна вирізнити не тільки лінійні, а й двовимірні та тривимірні структурно-складені назви сполук. Побудова таких назв стала можливою лише за допомогою мов планіметрії та стереометрії²⁶⁵.

Слід зазначити, що система назв хімічних зв'язків, про яку досі йшлося та яка відображає хімічну (вона ж і фізична) реальність, виходила з того, що в молекулі або речовині в конденсованому стані існують окремі атоми, які об'єднуються в молекули завдяки усупільненню електронів. При цьому взаємодія завжди електромагнітна, але різного штибу, тобто вандерваальсова, диполь-дипольна, кулонівська, залежно від властивостей складових. Більше того, взаємодія, що породжує нові глибинні структури, завжди є наслідком квантово-механічної природи мікроскопічних процесів, бо ніяка суто *статична* система зарядів не може існувати в межах справедливості класичної фізики (вказана вище теорема Ірншоу²⁶⁶).

4.24.10. Валентні та орбітальні назви

Те, що ми щойно стверджували, є справедливим, якщо визнавати сучасну картину світу в тій її частині, яка стосується хімічних явищ. Проте викладені вище міркування відображають лише частину справжнього стану речей. Хімія ХХ століття з'ясувала, що згідно з теорією валентного зв'язку^{267–270} вихідними є атомні компоненти майбутньої молекули. Паралельно з розвитком цієї теорії виникла теорія молекулярних орбіталей²⁷¹, згідно з якою при розгляді властивостей молекул необхідно вважати первинними саме електронні стани кожної конкретної молекули з позитив-

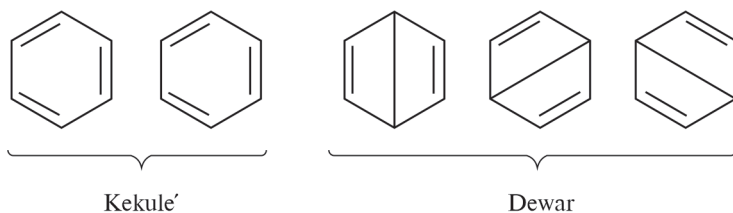


Рис. 4.13. Можливі структурні формули бензолу

ними, лише частково екранованими внутрішніми електронними оболонками, ядрами «колишніх» атомів-складових, що слугують кулонівськими центрами, навколо яких гуртується електронна підсистема. Вважається, що електрони внутрішніх замкнених оболонок не беруть участі в хімічних взаємодіях. Такий підхід ідеологічно близький до теорії функціоналу електронної густини (для колективізованих, тобто англійською *itinerant* — мандрівних електронів) з урахуванням псевдопотенціалів атомних «залишків», яка широко застосовується як в атомно-молекулярній царині, так і в галузі фізики твердого тіла^{272, 273}. Ясно, що метод валентного зв'язку та метод молекулярних орбіталей є різними мовами, які мають правильно описувати ту саму реальність. Тобто, якщо їх належним чином застосовувати, результати мають бути тотожними, чого хіміки-теоретики (в межах наявної в їх методах точності) вже досягли.

Хімічні сполуки, які ми досі описували за допомогою картинок (назв) різного типу, вважаються статичними. Водночас сама структура відповідних картинок припускає (власне вимагає!) кілька варіантів для тієї ж речовини. Насправді, подивімося на славнозвісний бензол, структуру якого розшифрував *Кекуле*. Для нього можливі зображені на рис. 4.13 традиційні структурні скелетні формули (за *Кекуле* та британсько-американським дослідником *Майклом Дьюаром*^{274, 275}).

4.24.11. Однобічність деяких складних назв

Хвильова функція молекули бензолу може бути представлена через суперпозицію хвильових функцій (рис. 4.13) її складників (враховуючи характер нашого дослідження, не будемо наводити ці прості, але громіздкі формули), а енергія зв'язку молекули враховує внески від усіх діаграм, хоча внески *Кекуле* домінують. Тоб-

4.24. Онтично-називні підсистеми систем хімічного знання

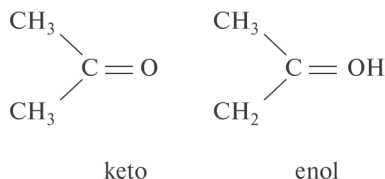


Рис. 4.14. Таутомери ацетону

то застосування так званого квантово-механічного резонансу, який став популярним, здебільшого завдячуючи настирливості американського хіміка *Лайнуса Полінга*²⁷⁶, проти якого (резонансу) так несамовито боролися затяті «більшовики»^{277–279}, є необхідним, щоб адекватно описати експеримент.

Проте поміркуємо, чи існують насправді об'єкти, яким відповідають наведені вище структурні формули, чи ці картинки є лише способом наочної демонстрації та каталогізації робочих формул, як, скажімо, діаграми видатного американського фізика *Ричарда Фейнмана*²⁸⁰. Висновки після цих міркувань є дуже простими та диктуються експериментом. А саме, будь-які насправді проведені та *Gedanken* (уявні) досліди показують, що в «особистій справі» бензолної молекули окремі елементи з рис. 4.13 є не фотографіями, а карикатурами, кожна з яких відображає певні «риси обличчя». Ані увімкнення якихось зовнішніх впливів, ані швидкі зондування молекулярної структури за допомогою лазерів²⁸¹ не можуть виділити одну з означених структур в чистому чи бодай переважному вигляді. Отже, накреслені структурні формули не є таутомерами, тобто двома або більше окремо наявними формами, які мають різні фізичні та хімічні властивості (інша річ, чи вдається практично розділити таутомери для якоїсь сполуки). За приклад таутомерів можна взяти кетонну та енольну форми ацетону (рис. 4.14).

Обидві форми на рис. 4.14 відрізняються відповідною енергією зв'язку та можуть існувати окремо, а можуть спільно, переходячи одна в іншу, так що за певних умов частка будь-якої форми визначається умовами статистичної рівноваги.

4.24.12. Динамічні назви

Отже, структурні хімічні формули традиційного вигляду можуть увести в оману, особливо щодо органічних сполук. Насправді, стан молекули бензолу є квантово-механічним середнім від

повного набору картинок типу зображених на рис. 4.13, який, взагалі кажучи, треба визначати за допомогою матриці густини для змішаних станів²⁸². Сукупність складових, які визначають цей стан, може певною мірою вважатися аналогом суми членів, кожен із яких описується якоюсь діаграмою (наприклад, діаграмою *Фейнмана* або якоюсь іншою²⁸³).

Дуже важливо зрозуміти, що у випадку таутомерів аналіз *динаміки* переходу між формами молекул має сенс, а для резонансу *Полінга* (скажімо, у випадку бензолу) картина є статичною, так що будь-яке врахування динамічності процесів є недоречним. Натомість необхідність враховувати динамічний характер (i) переходів у реальному часі між конформаціями великих молекул (наприклад білкових)²⁸⁴ та (ii) перебігу хімічних реакцій^{285–287} не викликає сумніву. Характерний масштаб для таких процесів становить фемтосекунди (10^{-15} с) та досліджується, наприклад, за допомогою лазерної фемтосекундної спектроскопії²⁸⁸.

Слід зазначити, що необхідність вивчення та дослідження динаміки фізичних і хімічних процесів, якою пронизана вся класична фізика, втрачає наочність, а інколи й доцільність, коли об'єкти дослідження стають мікроскопічними, тобто переходимо до царини квантової фізики, де діють співвідношення невизначеності *Гайзенберга* між парами імпульс-координата та енергія-час²⁸⁹. З'ясувалося, що змінна, яку називаємо «час», не може бути²⁹⁰ представлена самоспряженим лінійним оператором²⁹¹, отже, не може вважатися фізичною спостережуваною величиною (*observable*), яка в квантовій механіці обов'язково з таким оператором пов'язана²⁹². Певна річ, що ситуація не краща в квантовій електродинаміці²⁹³ та релятивістській квантовій теорії поля^{294, 295}. Тому фізики зазвичай воліли навіть процеси розсіяння²⁹⁶, не кажучи вже про суттєво квантові процеси тунелювання^{297–299}, описувати, уникаючи прямого аналізу часового перебігу мікроскопічних подій та обмежуючись описом початкового і кінцевого станів.

Проте подібні спроби самообмеження аж ніяк не вирішують фізичні динамічні проблеми в квантовій механіці, оскільки нестационарні та перехідні процеси зустрічаються у фізиці «на кожному кроці», а наші намагання дослідити перебіг хімічних реакцій і керувати процесами руху атомів та їхньої взаємодії (здебільшого, певна річ, на поверхні твердих тіл^{300, 301}) неминуче приводять до залучення часу як змінної в теорію та аналіз вимірювань. Тому останні десятиліття ознаменувалися збільшенням уваги до часових ас-

пектів процесів на кшталт атомних (молекулярних) зіткнень та тунельних явищ³⁰². Виявилося, що (i) часову спостережувану величину все ж-таки можна ввести в квантово-механічну теорію в межах певних наближень, (ii) часовий підхід є плідним і без нього обійтися не можна. Але розбіжності між дослідниками щодо розв'язку відповідних фізичних задач та інтерпретації означеного кола питань і досі зберігаються, що вимагає повернення до витоків теорії, оскільки, як ми добре знаємо, саме рівняння *Шрьодінгера* не «виводиться дедуктивно з якогось більш загального постулату чи принципу», а є узагальненням дослідних фактів³⁰³. Попутно виникло дуже важливе питання про парадоксальну можливість надсвітлових швидкостей при тунелюванні, яке теж далеко від остаточного розв'язання^{304–306}.

4.24.13. Назви номенклатурного походження

Усі порушені вище «семіотично-фізичні» питання є дуже важливими для хімії та, зокрема, онтично-називної підсистеми системи хімічного знання, але тут варто поставити логічну крапку (ліпше три крапки) та наголосити на існуванні третього конститутивного рівня цієї підсистеми. Його утворюють хімічні рівняння, які відповідають різним хімічним реакціям. Розмаїття типів реакцій для неорганічних³⁰⁷, а особливо для органічних³⁰⁸ речовин вражає й заслуговує на окремий розгляд.

Наведені вище приклади показують, що хіміки, розробляючи різні хімічні номенклатури, намагаються упорядкувати назви сполук та типи реакцій таким чином, щоб утворилася всеохоплююча, несуперечлива та універсальна система. На практиці з багатьох проєктів замість єдиної системи в результаті використання виживають декілька, найбільш пристосованих до поточного рівня науки. В цих онтично-називних підсистемах існують специфічні правила й процедури утворення назв нових відкритих сполук із назв їх інгредієнтів, а також правила й процедури формування назв хімічних реакцій із назв перших двох рівнів номенклатури.

Як стверджують американські хіміки *Роберт Кан* і *Отіс Дермер*, «розробка номенклатури — процес безперервний, його не можна зупинити раз і назавжди якимось зведенням правил, удосконалення номенклатури має відбуватися постійно»³⁰⁹. Таким чином, ідеалом для належної хімічної номенклатури є така конструкція назв сполук, яка дозволяє однозначно записати їх фор-

мульті назви та забезпечує однозначну інтерпретацію формульних назв більш складною мовою на латино-грецькій основі. До ідеалу, як у будь-якій справі, дійти не вдається, але сучасна онтично-називна підсистема хімічної системи знання є доволі успішною у виконанні своїх функцій позначення хімічних речовин та в комунікації хіміків.

4.24.14. Модельно-називні та операційно-називні (або комп'ютерно-називні) підсистеми³¹⁰

Переробка онтично-називних назв із зовнішньої називної підсистеми систем загального хімічного знання за допомогою її мов (природного, геометричного, арифметичного, «менделєєвського» та інших видів) і допустимих у їх межах перетворень не дає змоги описати й пояснити мікроскопічну сутність хімічних явищ, простежити перебіг реакцій, зрозуміти, що їх породжує. На вказаній підставі не вдається також визначити можливості і способи створення сполук із необхідними властивостями, передбачити нові властивості відомих речовин, робити кількісні розрахунки параметрів систем, пояснити механізм хімічного зв'язку тощо.

Ці та багато інших реальних проблем вдається вирішити в рамках численних систем знання, які утворюють квантову хімію³¹¹. «Вона дозволяє різноманітні хімічні явища інтерпретувати з єдиної точки зору — з точки зору квантової механіки, науки, яка у даний час найбільш повно і вірогідно описує різноманітні явища мікросвіту на атомному і молекулярному рівнях»³¹². Ця наука служить постійно зростаючим арсеналом модельних назв для досліджуваних хімією реалій.

Як правило, модельні назви із називних підсистем систем квантового хімічного знання є складними і складаються з двох фрагментів. Однією їх частиною є онтично-називні назви інгредієнтів хімічних реалій, а другу частину утворюють назви квантово-механічних моделей, за допомогою яких якісно пояснюються, кількісно описуються та передбачаються атрибути й значення атрибутів інгредієнтів хімічних реалій. Прикладом є складна назва «модель *Гайтлера—Лондона* молекули водню»³¹³. Важливо підкреслити, що модель, на яку вказує ця назва, не пояснює всі відомі властивості водню, а отримані на її основі кількісні результати аж ніяк не є точними³¹⁴. Проте проведені на основі цієї моделі розрахунки виявляються дуже важливими і значно розширюють

уявлення про молекули водню, такого всім відомого, але не повністю вивченого нами складника не лише води, а й Сонця, яке забезпечує енергією життя на Землі.

Зокрема, розрахунки на підставі моделі *Гайтлера—Лондона* встановлюють залежність енергії молекули водню від відстані між ядрами атомів водню, обґрунтовують виділення нової складової частини енергії зв'язку молекули, яка пов'язана з необхідністю врахування квантово-механічного принципу *Паулі*. Водночас ця модель не враховує низку додаткових реальних фізичних чинників (інгредієнтів предметної галузі системи квантово-механічного знання про молекулу водню). Маються на увазі ефект взаємного екранування ядер і електронів, ефект взаємодії електронів, іонності зв'язку в молекулі тощо. Ці та інші ефекти враховуються узагальненою моделлю *Гайтлера—Лондона*³¹⁵ та сучасною квантово-хімічною теорією молекулярних орбіталей у застосуванні до молекули водню, які приводять до нових складених назв молекули водню³¹⁶. В принципі можна йти ще далі в узагальненні та вдосконаленні простої первісної моделі *Гайтлера—Лондона*, бо жодна з наявних моделей *не є точною* навіть у межах нерелятивістської квантової механіки з урахуванням спіну електрона. На рівні назв це означає, що одній спільній онтично-називній назві відповідає сукупність модельних назв.

Кожна модель молекули водню використовує різні наближення, що наочно свідчить про наявність у системах квантового хімічного знання також оцінної та апроксимаційної підсистем. До них входять відповідні називні підпідсистеми, елементами яких є різні оцінки та огрубіння, які необхідні при конструюванні будь-якої абстрактної моделі. Це конструювання є творчим, але не хаотичним («аномічним»), як вважав *Поль Фейрабенд*³¹⁷, і реалізується за допомогою засобів мовної та операційних підсистем систем наукового знання за умови виконання вимог оцінної підсистеми.

Зауважимо, що в системах знання піднауки квантової хімії — обчислювальної квантової хімії³¹⁸, яка зараз стрімко розвивається, комп'ютерні назви складаються з трьох компонентів. Вони мають такий вигляд: «онтична назва інгредієнта + назва квантової моделі інгредієнта + назва конкретної комп'ютерної програми, яка написана на основі квантової моделі, що використовується»³¹⁹. Комп'ютерна реалізація таких програм дає можливість отримувати про ці інгредієнти раніше не відомі якісні та кількісні знання. Причому прогрес обчислювальної техніки та відповідних програм

дає змогу у тисячі (!) разів покращити точність передбачень порівняно з недалеким минулим³²⁰.

Отримані за допомогою комп'ютерної квантової хімії описи атрибутів хімічних реалій перевіряються шляхом їх зіставлення з кількісними результатами так званого спектроскопічного, тобто експериментального дослідження³²¹. Ці результати подаються у вигляді так званих спектрограм³²². Вони утворюють специфічні не тільки для хімії та молекулярної біології, а й для атомної та ядерної фізики назви досліджуваних ними реалій. Декодування спектрограм потребує від дослідників справного володіння як моделями відповідних реалій, так і теоретичними й дослідними методами.

4.24.15. Деякі висновки щодо хімічних назв

Здійснений у першому наближенні семіотичний аналіз систем хімічного знання уможливорює зробити кілька висновків.

1. Семіотичний арсенал хімії є значно різноманітніший, ніж у фізиці.

2. Ця різноманітність пояснюється принаймні двома чинниками: діапазоном різноманітності реалій та акцентами на їх перетворення. Кількість хімічних реалій (хімелементів та сполук) в обігу дослідників багатша за розмаїття фізичних реалій (підкреслимо, що ми порівнюємо системи знання, а не багатство природи, яка на фізику та хімію не поділяється!). У хімії більший наголос робиться на реакції (тобто перетворення її реалій), ніж у фізиці.

3. Хімічний світ є, так би мовити, своєрідним посередником фізичного та біологічного світів. Тому хімічні назви значно частіше вживаються і використовуються в біології, ніж суто фізичні, зокрема у таких її піднауках як біохімія, біофізика та молекулярна біологія.

4.24.16. Попереднє резюме щодо функцій назв у системах природничого знання

Розгляд конкретних систем природничого знання виявив, що наявні в них назви можна приблизно поділити на три класи/типи: онтичні назви, які позначають зовнішні до систем реалії або їх атрибути; внутрішньосистемні назви, які іменують системні складники або їх атрибути, та дуальні назви, які одночасно маркують як перші, так і інші сутності, тобто мають подвійну референцію.

Цей поділ є нечітким, оскільки під час розвитку певної системи знання відповідні назви можуть «переходити» з одного до іншого класу чи взагалі зникати з визнаних систем наукового знання. Прикладом є мандри назв типу «флогістон»³²³ або «ефір»³²⁴.

Без онтичних назв зовнішніх реалій система знання втрачає свою предметну спрямованість та набуває беззмістовної натурфілософської загальності, яка не піддається бодай якійсь перевірці. Натомість без внутрішньосистемних назв системних складників стає незрозумілим, як за допомогою внутрішніх трансформацій системи знання отримуються потенційно нові знання про реалії з її предметної галузі. Ці знання в такому разі з'являються немовби *deus ex machine* (помахом чарівної палички). Щодо подібних зненацька виниклих інновацій, то науковцям залишається зайнятися лише пошуками їхньої окремої верифікації або фальсифікації. За лаштунками залишається вся складна багатогранна пізнавальна діяльність із продукування нового знання за допомогою наявної системи знання. Нарешті, відсутність дуальних назв з подвійною референцією призвела би до неможливості встановлення зв'язків між системою знання та її предметною галуззю.

Наскільки відомо з доступних авторам філософсько-наукових джерел, лише полісистемна реконструкція *явно* виокремлює, розрізняє та об'єднує в одну підсистему назви внутрішніх складників системи знання. Ці взяті окремо назви «сором'язливо» репрезентуються в інших реконструкціях (концептуальна — назви понять, стандартна — назви тверджень, структуралістська — назви моделей, проблемно-еротетична — назви проблем, питань та завдань, інструменталістська — назви операцій, аксіологічна — назви оцінок тощо) систем природничого знання. Проте навіть в обмеженій стандартній логістичній реконструкції *неявно* визнається, що в системі природничого знання присутні не лише назви досліджуваних реалій, а й назви її внутрішньосистемних складників: «примітивних» понять, тобто понять, які явним чином не визначаються; вихідних принципів; використовуваних правил виведення результатів; отриманих тверджень; оцінок правильності виконання дозволених перетворень складників тощо.

У цьому розділі також проведено розмежування текстового та ментального видів існування систем наукового природничого знання. «Наукові відкриття» зароджуються (досі невідомо як³²⁵!!!) у свідомості науковців, себто у сфері ментального існування таких систем, та лише після цього закріплюються в текстовому ви-

гляді. Відтак, текстові уречевлення оприлюднюються, стаючи відкритими або для визнання, подальшого розвитку й використання, або для критики аж до повного заперечення іншими колегами, або взагалі залишаються поза увагою. Зауважимо, що переважна більшість наукових статей, надрукованих навіть у провідних фахових журналах, не цитується зовсім, тобто не сприймається науковою спільнотою³²⁶. У випадку експериментального підтвердження та «природного» вкладання відкриттів у відповідну систему природничого знання вони набувають статус нових перевірених тверджень про досліджувані реалії та входять у систему знання, зумовлюючи її зміни (СНЗ → СНЗ*) (рис. 4.15).

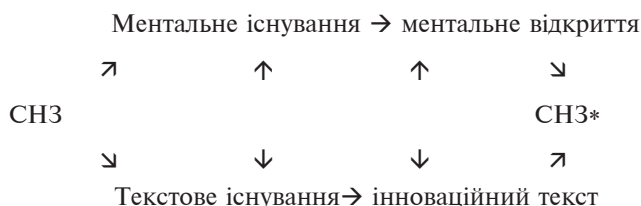


Рис. 4.15. Екзистенціальна декомпозиція системи наукового знання та її зміна внаслідок залучення нового знання

4.25. КІЛЬКІСНІ РЕЗУЛЬТАТИ СПОСТЕРЕЖЕННЯ АБО ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ — ВЕРХОВНІ СУДДІ ІСТИННОСТІ ТВЕРДЖЕНЬ СИСТЕМ ПРИРОДНИЧОГО ЗНАННЯ

Традиційне тлумачення експерименту як контрольованого науковцем вивчення досліджуваних реалій за допомогою інших матеріальних реалій, тобто спеціально побудованого обладнання та вимірювальних приборів, не враховує декілька принципових моментів. По-перше, кожний експеримент створює притаманні йому умови, в яких досліджувана реалія розкриває себе не повністю, а з певного боку³²⁷. Наприклад, певний час атоми вважалися неподільними, тому що не було засобів виокремлення їхніх складників. Проте уявлення про їх неподільність стало однією з експериментальних засад атомно-молекулярної кінетичної теорії матерії. Це уявлення працює й зараз у тій частині сучасної хімії, яка не торкається трансмутації хімічних елементів.

4.25. Кількісні результати спостереження ...

Конструювання Експеримент

СНЗ → Інновація → Реалія

Рис. 4.16. Експериментальна перевірка інновації

По-друге, покращення точності методів спостереження та вимірювання спричиняє удосконалення уявлень про атрибути досліджуваних реалій. Наприклад, спостереження за допомогою сучасних телескопів суттєво змінюють попередні уявлення про будову та еволюцію Всесвіту³²⁸. Врешті-решт, у цьому розділі встановлено, що для визнання онтично гіпотетичної інновації як нового обґрунтованого знання про досліджувані реалії її мають зіставляти з експериментальними даними про них. Для систем природничого знання єдиним відомим з часів *Г. Галілея* засобом цього зіставлення є порівняння розрахованих у межах системи знання кількісних значень атрибутів реалій із їхніми кількісними значеннями, які отримані внаслідок вимірювання значень експериментально виокремлених атрибутів реалій (рис. 4.16). Проте, ця перевірка не є остаточною та зазвичай уточнює або навіть спростовує нову точку зору внаслідок застосування точніших вимірювань.

Для досягнення стадії, на якій можлива «перевірка теорії експериментом», має бути виконаний великий обсяг творчих дій з наявними складниками системи знання. Йдеться про уточнення наявних або побудову нових моделей реалій, формулювання та розв'язання в їх термінах старих і нових проблем, застосування наявних у системі знання математичних мов, запозичення з арсеналу математики вже в ній існуючих мов або навіть конструювання нових мов, тощо.

Іноді вдається шляхом так званої «консервативної»³²⁹ модифікації наявної системи наукового знання усунути розбіжності між результатами проведених розрахунків у системі знання та кількісними емпіричними даними. Останні безперервно породжуються завдяки вдосконаленню обсерваційно-вимірювальної (нові телескопи різного діапазону в астрономії та космології) та експериментально-вимірювальної (нові прискорювачі елементарних частинок, електронні мікроскопи, фемтолазери тощо) апаратури.

Іноді всі спроби консервативної модифікації наявної системи знання виявляються марними. Розв'язання проблеми розбіжності розрахованих та вимірюваних значень атрибутів стає з плином часу можливим лише в межах побудови радикально нової систе-

ми знання принаймні із законами, непритаманними старій системі знання. Однак, як показує історія науки, навіть після визнання нової системи більшістю наукової спільноти час від часу висувуються спроби розв'язання проблеми усунування розбіжностей у межах старої системи.

Так, знову й знову повторюються марні спроби «скасувати» спеціальну теорію відносності (про загальну теорію відносності годі й казати) та пояснити отримані людством дані в рамках механіки *Галілея—Ньютона*. Хоча причини невдач таких спроб давно з'ясовані³³⁰, недостатньо освічені люди, часто аутсайтери в даній царині, не можуть погодитись із крахом концепцій, які є частиною застарілої, сприйнятої ними в молоді роки картини світу, запровадженої геніями в далекі часи для опису ситуації, обмеженою маленькими швидкостями тодішніх засобів пересування (тодішні астрономічні явища все одно потребували для пояснення принаймні спеціальної теорії відносності, а тому залишалися загадковими³³¹).

Проте, як правило, й успішній модифікації наявної системи знання й створенню успішної радикально нової системи передують численні спроби побудови різних гіпотетичних альтернатив наявній системі знання. Яка з нових альтернатив буде більш відповідати усталеним та новим знанням про її предметну галузь, врешті-решт, вирішує експеримент. Версії, які програли, в кращому випадку залишаються наготові для опису інших, як полюбляють казати деякі логіки, можливих світів, а не нашого, спостережуваного світу.

4.26. РЕПРЕЗЕНТАТИВНІ ТА ФОРМАЛЬНІ МОДЕЛІ ОНТИЧНИХ РЕАЛІЙ ТА НАЗВИ

Зауважимо, що у першому наближенні, як складники систем природничого знання, репрезентативні моделі фіксують існування реалій, деяких їх атрибутів та зв'язків між останніми. Прикладами є змістовні геоцентрична та геліоцентрична моделі Сонячної системи; планетарна модель атома Резерфорда; модель стаціонарних електронних орбіт атома Бора; кольорова модель кварків тощо. Формальні, як правило, математичні моделі не лише описують репрезентативні моделі, а й надають можливість передбачення кількісних значень атрибутів модельованих реалій.

4.26. Репрезентативні та формальні моделі онтичних реалій та назви

Прикладами є, відповідно, птолемеєвська модель руху планет у формі таблиць, так званих ефемерид³³²; ньютонівська модель руху невзаємодіючих планет у полі центральної сили під впливом сонячної гравітації у формі диференціального рівняння; електродинамічна модель руху електронів навколо ядра у формі диференціальних рівнянь у часткових похідних; модель руху електронів за різних умов у формі рівняння *Шрьодінгера*; стандартна модель взаємодій елементарних частинок у формі системи інтегрально-диференціальних рівнянь³³³ тощо. Проте як раз репрезентативні моделі надають фізичного сенсу математичним моделям, тобто співвідносять їх з модельованими реаліями (рис. 4.17).

Математичні моделі \leftrightarrow репрезентативні моделі \leftrightarrow модельована реалія

Рис. 4.17. Посередництво репрезентативних моделей між реаліями та математичними моделями

У системах наукового знання нові онтичні назви гіпотетичних реалій вводяться не тому, що назви чомусь подобаються їхнім творцям, а завдяки певним об'єктивним чинникам розвитку відповідних систем знання. Зупинимось на тому чиннику, який пов'язаний із конструюванням певних формальних моделей, побудованих для пояснення та кількісного опису незрозумілої «поведінки» реалій, для яких вже запропоновані репрезентативні та формальні моделі.

Відмінність формальних і репрезентативних моделей продемонструємо на двох передбаченнях, одне з яких було підтверджено відкриттям реалії із запропонованою назвою, а друге — ні. Ці «пророцтва», здійснені в межах небесної механіки, про те, що в Сонячній системі існує гіпотетична планета з абстрактною назвою «Х», яка отримала потім конкретну назву «Нептун», та інша гіпотетична планета з конкретною назвою «Вулкан». В обох випадках припущення про існування цих планет були висунути на ґрунті неспроможності наявних на той час формальних моделей руху відомих планет Сонячної системи пояснити розбіжність розрахованих за допомогою відомих моделей просторових траєкторій певних планет та даних астрономічних спостережень за їх рухом. У випадку планети Х ішлося про невідповідності між розрахованим та спостереженим рухом планети Уран^{334, 335}, а у випадку планети Вулкан — про аналогічні невідповідності розрахованих значень руху планети Меркурій (так званий зсув її пе-

ригелію)^{336, 337} обсерваційним даним. Було здійснено багато спроб пояснити відсутність збігу модифікаціями небесної механіки різного ступеню консервативності. Але всі вони призводили до таких кількісних значень, які суперечили даним астрономічних спостережень. Крім того, ці спроби не відповідали результатам інших астрономічних спостережень та необґрунтовано спотворювали наявну картину світу.

Висловлену вище тезу можна схематично репрезентувати таким чином. Позначимо систему наукового знання як *SKS*, її онтично-називну підсистему як *ONS(SKS)*. У певний момент часу t остання містить лише непусті онтичні назви, тобто назви, які позначають реалії, що вважаються безсумнівно наявними. Для кожній із цих реалій побудовані взаємозв'язані репрезентативні та формальні/математичні моделі. Під впливом нових уточнених кількісних спостережень, які суперечать попереднім розрахункам прогнозованої поведінки реалій, відбувається «змушений» розвиток *SKS* з метою подолати протиріччя, що виникло. Він призводить у момент часу t^* до конструювання формальної моделі, якій, за припущенням, має відповідати репрезентативна модель невідомої реалії. Але назва реалії, яку репрезентує остання модель, є онтично пустою — вона не позначає жодної відомої на той час реалії. Ця назва перестає бути пустою в момент часу t^{**} , коли обсерваційним або експериментальним шляхом відкривається реалія, яку «природно» позначали раніше онтично пустою назвою. Втім при цьому, зазвичай, моделювання відкритої реалії породжує зміни *SKS*, спричинені необхідністю включення репрезентативної моделі цієї реалії до репрезентативної моделі всієї предметної галузі. Коли був відкритий Нептун, то змінилася репрезентативна модель Сонячної системи. З відкриттям бозона Хіггса була завершена онтична підсистема стандартної моделі елементарних частинок. Фактично йдеться про їхню стандартну теорію, яку часто через історичні обставини називають моделлю. Відкриття якихось нових частинок, для яких у межах такої теорії відсутні репрезентативні та формальні моделі, буде означати появу необхідності створення нової теорії.

У випадку консервативного розвитку *SKS* відбувається її модифікація, а у випадку радикального розвитку — конструювання нової *SKS* *. Як відомо, розв'язання проблемної ситуації з поясненням перигелію Меркурія було досягнуто у межах створеної

4.27. Презумпція матеріальності фізичних реалій та їхніх атрибутів

Айнштайном загальної теорії відносності. Всі спроби її розв'язання у межах ньютонівської небесної механіки були марними. Не є переконливими й сучасні альтернативи до загальної теорії відносності³³⁸.

У контексті цього розділу важливо зафіксувати, що, незалежно від консервативного чи радикального розвитку *SKS*, у ній будується модель нової реалії. З урахуванням цієї обставини відношення між назвами та позначеними реаліями опосередковуються моделями реалій. Це відношення зображено на рис. 4.18.

модельовання реалії засобами SKS *обсерваційні/експериментальні дії*
пуста назва → модель реалії → відкриття модельованої реалії

Рис. 4.18. Траєкторія «назва-реалія-модель»

4.27. ПРЕЗУМПЦІЯ МАТЕРІАЛЬНОСТІ ФІЗИЧНИХ РЕАЛІЙ ТА ЇХ АТРИБУТІВ

Майже всіх фізиків об'єднує обґрунтоване тлумачення матеріального світу як системи різних відносно сталих та взаємодіючих форм його самодиференціації (... елементарні частинки, атоми, макроскопічні тіла, планети, зорі, галактики ...). Відповідні онтичні назви цих форм присутні в системах знання, до предметних галузей яких вони входять. Причому фізики визнають зміну уявлень про ці форми в процесі поступу їхньої науки. Тлумачення фізичних реалій та їх атрибутів як матеріальних, тобто незалежних від дослідників, є безсумнівною передумовою, тому жодна система фізичного знання не містить назву «матеріальний» при описі фізичних реалій та їх атрибутів. У цьому сенсі назва «матеріальний» вказує на реалії з предметної галузі системи фізичного знання та присутня в ній так би мовити в прихованій формі за замовчуванням.

Важко не погодитися зі слушною думкою *Льюїса Волперта*, що традиційне філософське тлумачення проблеми існування досліджуваних наукою реалій не цікаве для натуралістів: «Багато проблем, пов'язаних з філософією науки, мають своє коріння у філософії загалом і не властиві науці. Це проблеми, що стосуються, наприклад, природи реальності та істини. Існування та природу звичайних предметів, таких як столи і стільці, деякі філософи вважають проблематичною. Деякі філософи визнають

їх існування як реальне, деякі заперечують їхнє реальне існування, а інші стверджують, що вони відображають лише зовнішні впливи на наші почуття. Таким чином, філософи поділяються на школи думки, чії описи — матеріалізм, метафізичний реалізм, об'єктивізм тощо — натякають на перевагу саме цих шкіл. Але це є проблемою філософів, і ми не повинні збиватися з пантелику через їхню нездатність задовільно розібратися з природою реальності та з тим, чи існує реальний світ»³³⁹.

Навіть, коли йдеться про існування теоретично передбачених реалій, щодо існування яких поки що немає переконливих експериментальних свідчень, більшість фізиків не сумнівається в їхній матеріальності, як це раніше сталося з бозоном *Higgsa*. Експериментальні свідчення про його існування з'явилися майже через півстоліття в 2012 році після його теоретичного передбачення в 1964 році. Іноді теоретики, схильні до метафор, надають передбаченим реаліям назви, які для нефахівців виглядають як свідчення нематеріальності цих реалій. Так, лауреат премії Нобеля, фахівець з фізики елементарних частинок *Леон Ледерман* назвав бозон *Хігса* частинкою Бога (*God particle*)³⁴⁰. Можливо ця невдала назва підштовхнула одну сумнозвісну особу без природничої та філософської освіти (ім'я її не варто наводити, аби не посприяти її геростратовій славі³⁴¹) на висування дивної гіпотези про лептонну природу Бога, яка суперечить одночасно і теологічним засадам, і фізиці. Проте ця «наукова новизна» не завадила їй отримати диплом доктора філософських наук та очолити кафедру філософії в одному зі столичних університетів України.

Упевненість у матеріальності досліджуваних природничих реалій притаманна як експериментаторам, так і теоретикам, хоча результати роботи останніх — системи фізичного знання — є зафіксованими в мовних текстах. Вони створені знавцями, які обізнані в наявних системах знання та спираються на них. Призначенням цих штучних утворень є пояснення та тлумачення того, що роблять та отримують експериментатори, а також прояснення фізичних світоглядних підвалин. Причому кожний з двох видів фізики — теоретичної³⁴² та експериментальної — розщеплюється на багато дисциплін відповідно до дослідження конкретних форм диференціації матерії та породжуваних ними явищ і процесів.

4.28. РОЛЬ НАЗВ У МАТЕМАТИЦІ ЯК УТВОРЕННІ ЧИСТОГО РОЗУМУ

*Жити в суспільстві та бути незалежним
від нього неможливо*

(Арістотель та Ленін)

Автори вже майже забули, з якими труднощами вони стикалися при вивченні елементарної математики в школі та під час засвоєння різних розділів так званої вищої математики на фізичному факультеті Київського університету (1964—1969 роки). Але вони добре пам'ятають, що вивчення цих фрагментів величезної, химерно орнаментованої будівлі математичного знання починалося із запам'ятовування назв найпростіших і водночас найфундаментальніших математичних реалій (англійською обидва поняття зливаються в одне — *basic*). Можна з приємністю згадати терміни «ціле число», «дріб», «трикутник», «трапеція», «функція», «похідна», «диференціальне рівняння», «матриця», «лінійний простір», «інтеграл» тощо. Вони вкарбувалися в свідомості та згодом автоматично вигулькували звідти, коли вчителі або університетські викладачі³⁴³ розповідали про їх застосування в фізиці для теоретичного подання або моделювання різновидів та атрибутів досліджуваних реалій.

Далі автори в своїй науковій діяльності (1971 — досі) застосовували математичні реалії (з точки зору професійних математиків на недостатньо строгому рівні³⁴⁴), які не мають прямої фізичної або візуальної інтерпретації, тобто безпосереднього прямого відношення до сформованих у тих же авторів уявлень про форми диференціації матерії та відповідні явища на кшталт надпровідності (*ОГ*) та форми диференціації наукового знання й пізнання (*ВК*), але які були конче потрібні для їх наукової праці. Тому вони скептично ставилися до відомого визначення математики *Фрідріхом Енгельсом*. Він, як добре було відомо всім радянським математикам та фахівцям з її філософських питань, стверджував, що «чиста математика має своїм об'єктом просторові форми та кількісні відношення дійсного світу»³⁴⁵. Автори, певна річ, були знайомі з цим широко розповсюдженим формулюванням, але не критикували його, хоча їм під час навчання в університеті були відомі об'єкти вивчення математики, які, поза сумнівом, не вкладалися в прокрустове ложе енгельсівського трактування. Прикладів без-

ліч, відтак назвемо лише кілька: нескінченні ряди, невласні інтеграли, функції Гріна та абстрактні багатовимірні простори.

«Виправданням» їхньої невиправданої мовчанки можна вважати те, що за радянських часів згадане трактування було де-факто офіційною та єдино можливою точкою зору на математику, її природу та відношення до нематематичних світів. Певною мірою воно навіть залишало певний простір для власної математичної та філософської думки. Відомо, що математики творчо використовували тоді цю можливість, про що свідчить доволі високий рівень математики в СРСР³⁴⁶. Були також деякі, обмежені правлячою ідеологією можливості й для розвитку філософії математики. Так, трактуючи ці форми та відношення як онтичний базис філософських категорій в їхньому діалектико-матеріалістичному розумінні, певні автори намагалися пояснити універсальність філософського та математичного мислення³⁴⁷. Зокрема, стверджувалось, що перше осмислює категорії якісно, тоді як друге — кількісно. Зрозуміло, що зараз, спираючись на розроблені уявлення про будову будь-яких систем знання, подібна праця на тему відношення математики та філософії мала б бути зовсім іншою³⁴⁸.

Варто додати, що, чесно кажучи, принаймні в університеті та в подальшій науковій роботі автори даного тексту не переймалися питаннями про онтичний статус потрібних їм математичних реалій (про які писав *Енгельс*), розглядаючи їх переважно як знаряддя для розв'язання проблем кількісного моделювання фізичних явищ (*ОГ*) та якісного моделювання понять і наукових теорій (*ВК*). Зауважимо, що й їх викладачі з математики та автори книг із математики, які самотужки засвоювали *ОГ* та *ВК*, майже не торкалися питань онтичного статусу математичних реалій. Математичні дисципліни викладалися навіть фізикам-теоретикам суцього ефективного, але формального інструменту для розв'язку фізичних завдань. Ситуація покращилася з послабленням ідеологічного тиску в останнє десятиліття радянської влади, коли стали перекладатися праці західних математиків та фахівців з історії й філософії математики, погляди яких були альтернативними радянському канону, що бездумно спирався на застарілу енгельсівську точку зору³⁴⁹.

Зараз багато інформації про різні філософські позиції щодо математики можна знайти в західній літературі, яка доступна в Інтернеті. Введення в пошукову стрічку *Google* словосполучення «philosophy of mathematics» відгукується більше, ніж двома міль-

4.28. Роль назв у математиці як утворенні чистого розуму

йонами посилань. Навіть побіжний критичний аналіз наявних точок зору потребує окремого ретельного аналізу, реалізація якого виходить за межі даного розділу. Проте автори визнають, що їх аналіз проблематики назв математичних реалій здійснювався під впливом цієї літератури, з якою вони ознайомилися та яку намагалися осмислити в світлі виокремлення називних підсистем систем математичного знання.

Таким чином, не будучи професійними математиками, ми не бажаємо глибоко занурюватися в онтичні та методологічні математичні «війни», але будемо намагатися оперувати тим матеріалом, щодо важливості та необхідності якого серед математиків існує єдність. Мається на увазі, що які б різні погляди на математику, її природу та специфіку не розділяли математиків, які б протилежні філософські позиції вони не займали щодо існування математичних реалій, першим та необхідним кроком у формуванні уявлень про ці реалії є їхнє іменування, тобто надання їм певних назв. Важливість назв математичних реалій дала *Анрі Пуанкаре*³⁵⁰ підстави для його визначення математики, як «мистецтва давати ту ж саму назву різним речам»³⁵¹.

Перш, ніж зробити подальші конкретні кроки, слід визначити специфіку нашого підходу, яка полягає у розгляді ролі та функцій назв математичних реалій як елементів називних підсистем систем математичного знання. Цим реаліям, ясна річ, відповідають певні предметні галузі (рис. 4.19).

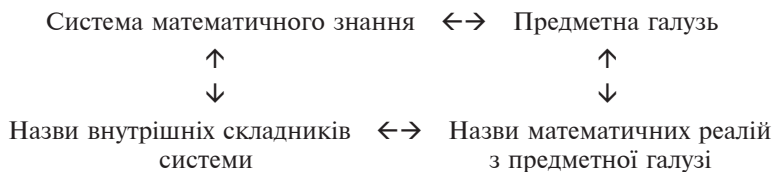


Рис. 4.19. Взаємозв'язки назв внутрішніх складників системи математичного знання та математичних реалій

4.28.1. Зауваження щодо використаних назв

Згідно з метою даного розділу якимось чином потрібно стисло назвати той продукт, який створюють і вивчають математики. На жаль, для цього предмету досліджень у літературі немає усталеної загальної назви. До вже запропонованих назв належать математич-

ні: «ідеї», «поняття», «форми», «концепти», «конструкції», «конструкти», «об'єкти», «структури», «множини» тощо. На тлі цього різноманіття є безліч назв, які йменують окремі частини загального математичного об'єкта. Це такі назви, як «числа», «геометричні фігури», «математичний аналіз», «рівняння», «функції», «простори», «числення», «алгебри», «групи», «кільця», «категорії» тощо.

Надалі використовуватимемо загальну назву «*математичні реалії*» для позначення того, що вивчають математики та що є тією платформою, користуючись якою вони створюють нове знання. Мотивацією такого вибору можна вважати дві причини. По-перше, для математиків вони є *реальними* предметами пізнання, які створені їх розумом та які постійно змінюються в процесі подальшого їхнього уточнення та пізнання. По-друге, *математичні реалії* вивчають саме *математики*. Певні математичні реалії є складниками предметної галузі відповідної системи математичного знання. В цьому сенсі такі системи є предметно-специфічними (*domain-specific*). Так, різного типу числа є складниками предметних галузей різних версій теорії чисел, а одновимірні, двовимірні та тривимірні геометричні фігури належать до предметної галузі геометрії, яка була викладена ще в *Початках Евкліда*. Зазвичай припускається, що в першому наближенні у предметній галузі має сенс виокремити математичні реалії самі по собі (*per se*). В такому ж наближенні в предметну галузь атомної фізики входять лише атоми самі по собі. Тим не менш у подальшому аналізі з'ясовується, що нічого змістовного неможливо сказати про окрему математичну реалію без залучення її атрибутів, зокрема враховуючи її відношення до інших однотипних реалій.

Але якщо від назв математичних реалій перейти до самих реалій, то, як правило, про них доречно висувати твердження, враховуючи відношення між ними. Наприклад, багато чого можна додати про конкретне натуральне число, проаналізувавши його як елемент множини натуральних чисел, а про певний трикутник — як елемент множини всіх трикутників.

4.28.2. Чи завжди мають рацію висловлювання видатних математиків про їх науку?

Представники природничих наук вивчають зовнішні матеріальні реалії й перевіряють експериментальним шляхом твердження про них, отримані за допомогою систем природничого знання. Поза сумнівом, їх думки про творчі процеси дослідження цих

4.28. Роль назв у математиці як утворенні чистого розуму

реалій є цікавими з точки зору психології, культурології, історії, викладання науки і виховання молодих науковців. Певна річ, що напрочуд цікавими та вельми важливими є й міркування видатних математиків про їхню професійну діяльність та математику взагалі^{352, 353}. Але такі міркування, на жаль, практично не торкаються проблеми математичних реалій, які вони досліджують.

Відмінність тверджень математиків та природознавців про предмети їх дослідження³⁵⁴ полягає в тому, що внаслідок невизначеності онтичного статусу того, що вивчають математики, їх думки про математичну творчість є більш різноманітними та менш визначеними (парадокс, бо математика справедливо претендує на найбільшу точність серед усіх видів людської діяльності!), ніж у природознавців. Треба підкреслити, що там, де математики переходять до математичного трактування задач природничих наук (здебільшого фізики) або інженерних застосувань, вони чітко зазначають предмет дослідження та модельний характер математичного підходу до опису цього предмета³⁵⁵. Проте тоді вони звертають із «шляхетного» шляху математики на манівці прикладних проблем, де їх чекає успіх та неабияка слава, але за рахунок утрати «чистоти риз». У цьому зв'язку необхідно заперечити думці³⁵⁶, висловленій відомим російським викладачем фізики *Віленом Бронфманом* у його чудовій книзі: «З іншого боку, найбільш абстрактні, загальні властивості часопростору вивчає математика. Математиками розроблено потужний апарат, який дозволяє поіншому підходити до моделей, які пропонують фізики. Цей математичний апарат дає можливість глибоко аналізувати моделі та в багатьох випадках приводить до нетривіальних результатів». Насправді, математичний апарат вивчає властивості часу й простору лише остільки, оскільки сформульована фізична задача. Фізики відповідальні за фізичний зміст моделей незалежно від того, чи є використаний ними математичний апарат складним або простим. Ускладнення математики, необхідне для належного дослідження «нової» фізики, не змінює взаємостосунки між фізикою та математикою. Для фізиків математика є лише знаряддям (*a tool, an instrument*). Якщо ж математик будує фізичні моделі, то в цей момент він змінює професію на суміжну. А якщо фізик під час теоретичних досліджень починає, скажімо, проводити абстрактні дослідження властивостей спеціальних функцій, то він неминуче стає математиком. Висока кваліфікація, яку, починаючи з ХІХ століття, мали й мають і фізики, й математики, дозволяє їм,

як булгаковському царю *Івану Васильовичу*³⁵⁷, «змінювати професію» (згідно з дотепною інтерпретацією п'єси режисером *Леонідом Гайдаєм*, який разом із драматургом *Владленом Бахновим* написав чудовий сценарій відповідного фільму).

У цьому сенсі математичний апарат виконує для фізика-теоретика службову, допоміжну роль, як і навіть найсучасніше, найкраще технічне обладнання для фізика-експериментатора. Ані без першого, ані без другого неможливо обійтися. Математика, яку використовує теоретик, концентрує в собі величезну працю поколінь видатних математиків так само, як вакуумний насос або тунельний мікроскоп є творінням думки й золотих рук сотень фізиків, хіміків, матеріалознавців і інженерів. Але для інших науковців-користувачів і насос, і теорія груп є лише засобами для фізичних досліджень. Мусимо підкреслити ще раз: коли теоретик/експериментатор полишає (звісно, на певний проміжок часу) фізику й створює новий математичний апарат/нове матеріальне устаткування для досліджень, то в першому випадку він стає математиком, а в другому — фізиком та інженером у іншій галузі фізичної науки. Яскравим прикладом видатного ученого, який впродовж блискучої кар'єри поступово перейшов від «чистого» математика до лідера славетної мюнхенської школи фізиків-теоретиків, був німецький дослідник *Арнольд Зоммерфельд*³⁵⁸.

Цікаво зазначити, що плутанина із розмежуванням фізики та математики дуже яскраво виявляється в названій елементарною, але дуже непростої з ідеологічної точки зору галузі «шкільної» математики, а саме, складанні рівнянь³⁵⁹. Якщо уважно подивитися на ці задачі здебільшого побутового змісту, то легко побачити, що вони зачіпають і логіку, і фізику, і хімію. Певна річ, що після того, як рівняння або система рівнянь складено (складені), настає «зірковий час» математики, аби розв'язати ці рівняння. Але весь аналіз результатів (адже трапляються навіть і так звані «нефізичні» розв'язки!) обов'язково містить і міркування, які виходять за межі математики як такої. Тому й кажуть добрі люди про природничо-математичний склад мислення та створюють фізико-математичні ліцеї. Математика й фізика завжди ідуть поруч, хоча й залишаються різними царинами людської діяльності.

Те, що ми зараз підкреслили, торкнувшись елементарної математики з її арифметичним та алгебраїчним рівнем обчислень, справедливо й для «вищої», так званої «прикладної математики»³⁶⁰, яку ще зачепимо згодом. Предметною галуззю для неї може

4.28. Роль назв у математиці як утворенні чистого розуму

бути, наприклад, сукупність машин і механізмів, створених людством, тоді вона називається «теоретичною механікою»³⁶¹, «будівельною механікою»³⁶², «опором матеріалів»³⁶³ тощо. Іншим предметом досліджень є властивості (атрибути) об'єктів природи, наприклад, плинність рідин і газів. Тоді прикладна математика називається «аеродинамікою»³⁶⁴ або «гідродинамікою»³⁶⁵. Коли предметом досліджень стають інші різноманітні властивості неживої природи, прикладна математика відкидає нав'язану їй традицією сором'язливість і приймає більш притаманну їй назву «теоретична фізика». «Вища» прикладна математика відрізняється від своєї елементарної сестри, яку вивчають у середній школі, насамперед тим, що засобами досліджень замість алгебраїчних стають звичайні диференціальні рівняння³⁶⁶, диференціальні рівняння в часткових похідних³⁶⁷, інтегральні рівняння³⁶⁸ тощо. Але принциповою спільною рисою цих розгалужень прикладної математики можна вважати те, що не абстрактні об'єкти «чистої» математики, а предмети й матеріали, які нас оточують та існують поза нашою свідомістю, є предметною галуззю досліджень. Робочим методом вказаної науки є складання рівнянь: алгебраїчних, диференціальних, інтегральних, матричних. Розв'язування цих рівнянь теж не є інтелектуальною працею з абстракціями, а на кожному кроці розв'язки порівнюються з експериментом, всі наближення перевіряються на предмет збереження фізичного сенсу відповідей на запитання, поставлені при складанні вихідних рівнянь.

Прикрим фактом є те, що в своїх метависловлюваннях про математику як науку та її предметну галузь видатні математики не демонструють доказовість та переконливість, яка їм притаманна у професійних конкретних атрибутивних твердженнях про математичні реалії. Така невизначеність стає зрозумілою, якщо взяти до уваги нескінченність математичної науки, яка стрімко розвивається, особливо в наш час, коли кількість математиків зростає, а комп'ютеризація дуже допомагає математикам створювати нові галузі математики. Крім того, поступово виникає розуміння математичною спільнотою того, що підвалини їх улюбленої науки не є міцними брилами, а становлять ажурну конструкцію, коливання якої час від часу призводять до неймовірних струсів у інтелектуальному сприйнятті проблеми обґрунтування математики³⁶⁹. Те, що деякі визнані математичні авторитети кажуть про так звану математичну інтуїцію³⁷⁰, може бути поширено й на їхні роздуми про математику. Такі свідчення неможливо перевірити, як

і психоаналітичні припущення про існування у свідомості *ід, его* та *суперего*³⁷¹. Вони мають пояснювальну силу лише для тих, хто в них вірує.

Багатомісячні суперечки стосовно того, що та як вивчають математики, досі не закінчилися формуванням єдиної точки зору. Відсутні також якісь об'єктивні засоби дослідження процесів, які відбуваються в свідомості математиків (або споживачів математики) під час виготовлення згідно з певним алгоритмом нового знання в цій царині або застосування старого знання з метою проведення необхідних операцій (наприклад, обчислень)³⁷². За цих умов інтроспективні думки математиків, як і природознавців, мають суто суб'єктивний характер. Він визначається не лише їх освітою, професійним досвідом, філософськими позиціями, а й їхнім визнанням колегами оригінальним внеском в ту чи іншу математичну науку та уявленнями про системи математичного знання.

4.28.3. Самокритичні застереження математиків

Математики часто супроводжують свої думки про математику взагалі та про те, що вони досліджують та/або змінюють, застереженнями типу «вірю», «вважаю», «думаю». Проте чим більш визнаним математичною спільнотою є внесок дослідника в його галузь, тим вірогідніше його думки стосовно математики у цілому сприймаються його колегами та невтаємниченою публікою як незаперечні істини. Утім, догматизації цих висловлювань перешкоджає низка обставин.

Розгляньмо деякі з них. Якщо брати до уваги сучасних математиків, то вони працюють за умов диференціації математики на безліч вузьких дисциплін, що робить їх висловлювання загального характеру доволі обмеженими. Як не дивно, але *сучасні* нечисленні універсали з досягненнями в різних математичних дисциплінах практично не висловлюються про математику в загальному сенсі, залишаючи робити це філософам математики, які знають складну математику сьогодення доволі поверхово. Можливо через свої надзвичайно широкі інтереси універсалам не вистачає часу на оригінальне розмірковування щодо математики, й вони обмежуються традиційними загальними зауваженнями про значення математики як частини культури, що саме по собі не викликає жодних заперечень. Зокрема, вони вказують на подібність математики до класичної музики та на її роль як постачальника

різних мов для інших наук³⁷³. Крім того, не сприяє визнанню якоїсь авторитетної позиції як остаточної абсолютної істини те, що практично завжди знаходяться не менш видатні математики, які критикують уявлення про математику і стиль мислення інших колег та подеколи навіть ставлять його під сумнів цілком.

Прикладом є сприйняття способів отримання *Анрі Пуанкаре* нових оригінальних результатів з боку групи французьких математиків, відомих під псевдонімом *Н. Бурбакі*. Її представники є прихильниками формально строгого доведення математичних тверджень, у той час, як, на їх думку, багато (істинних, що справдилося лише згодом!) тверджень *Пуанкаре* були зроблені за допомогою його розвиненої інтуїції. Наприклад, *Жан Дьедонне*, один із засновників цієї групи, аналізуючи піонерську працю *Пуанкаре Analysis Situs*, в якій закладені засади алгебраїчної топології, писав наступне: «У ній, як і в багатьох інших працях, *Пуанкаре* дав волю своїй могутній уяві й своїй надзвичайній «інтуїції», яка лише дуже зрідка зводила його з належного шляху; майже в кожному її розділі є оригінальна ідея. Але нам не слід шукати точних визначень, і, інтерпретуючи контекст, часто доводиться здогадуватися, що він мав на увазі. Для багатьох результатів він просто не дав жодних доказів, і коли він намагався навести докази, навряд чи хоча б один аргумент не викликає сумнівів. Стаття справді є планом майбутнього розвитку абсолютно нових ідей, кожна з яких вимагала створення нової техніки, яка б поставила її на міцну основу»³⁷⁴. Ось чому інший відомий математик американець *Маршал Стоун* казав із сарказмом, що «для *Бурбакі Пуанкаре* був втіленням диявола. Для дослідників хаосу та фракталів *Пуанкаре*, звичайно, є богом на Землі»³⁷⁵.

Цей приклад показує доцільність міркувань про математику не «взагалі», а з урахуванням її об'єктивної диференціації на конкретні системи математичного знання. Дійсно, по-перше, *Дьедонне* висловлюється не про математику в цілому, а про окрему математичну дисципліну (алгебраїчну топологію), неявно припускаючи існування ще двох інших дисциплін (алгебри та топології), кожна з яких є сукупністю субдисциплін зі своїми системами алгебраїчного та топологічного знання. По-друге, він звертається до запропонованої *Пуанкаре* системи математичного знання — початкового варіанта системи алгебраїчно-топологічного знання. По-третє, він виокремлює принаймні такі її складники, як засади, ідеї, визначення, аргументи, доведення як вид техніки,

тобто сукупність визнаних та ефективних дій, операцій, методів і процедур. Навіть цих зауважень досить, аби усвідомити, що лише перехід від загальних розмислів про математику до розгляду окремих систем математичного знання дає можливість конкретно міркувати саме про ці системи, як про фрагмент величезного масиву математичних знань.

Підкреслимо, що самі форми наявного та нового математичного знання не зводяться до формулювання тверджень про атрибути математичних реалій³⁷⁶. Ці твердження не можуть бути сформульовані без гіпотез про ці реалії, їх моделі, проблеми в термінах цих моделей, методи вирішення цих проблем тощо. Нове математичне знання теж здобувається в межах наявних форм, яким згодом надається раніше невідомий сенс. Процеси породження нового знання у формі нових онтичних тверджень відбуваються таким чином за допомоги змістовної трансформації вже існуючих складників наявної системи наукового знання. Це тим паче стосується й отримання нового знання у межах нової системи знання, яка формується. Тлумачення цих процесів у вигляді дедукції нових тверджень із відомих аксіом за сталими правилами виводу чи із узагальнення індуктивних спостережень є таким же наївним спрощенням, як і погляд на людський організм, обмежуючись виключно його скелетною основою.

Іншими словами, нові твердження про предметну галузь системи математичного знання не виникають випадково, у відриві від цієї системи наукового знання. Згадаймо, що *Ньютон* вказував на те, що стояв на плечах попередників. Отже й знання про природу досліджуваних предметних галузей отримується у межах та за допомогою вже наявних систем знання та їх трансформацій³⁷⁷ або впродовж процесів формування нових систем знання. Ці міркування та висновки підкріплюються результатами проведеного вище аналізу функціонування і розвитку систем фізичного й хімічного знання у ході отримання нового знання в цих царинах. Підкреслимо, що майже «непомітну», але незамінну та необхідну роль у цих процесах відіграють назви реалій з відповідних предметних галузей і назви складників систем наукового знання.

Авторам могли би дорікнути, що вони виходять із апріорного існування систем наукового знання та оминають важливі питання щодо їх виникнення. На це можна відповісти вимушеною «скромністю» авторів, оскільки, на їхню думку, на ці питання, як і на питання про виникнення Всесвіту («Всесвітів?»), життя, лю-

4.28. Роль назв у математиці як утворенні чистого розуму

дини, мислення тощо, на даний час у людства не існує переконливих, обґрунтованих та загально визнаних відповідей³⁷⁸.

Надії деяких радянських та пострадянських філософів науки на те, що синергетичний підхід, який у домінуючому дискурсі частини номенклатурних філософів замінив позірну діалектичну демагогію, риторику та фразеологію, допоможе у вирішенні зазначених питань, виявилися марними. Численні спроби їх розв'язання перетворилися на жонглювання синергетичною термінологією на традиційні теми індуктивно-дедуктивних або діалектико-схоластичних розмов без якогось змістовного та глибокого просування в предмет аналізу заради з'ясування чинників та обставин виникнення систем наукового знання. Зараз такі безплідні теревені фактично зникли із «західного» філософсько-наукового простору, мовби їх і не було. Натомість їхня шалена популярність у пострадянському філософському середовищі свідчить про вторинне та поверхнєве знайомство їх adeptів із конкретними галузями науки, які вони намагаються інтерпретувати учнівськими міркуваннями³⁷⁹.

Ось чому автори поставили перед собою значно скромніше завдання аналізу вже наявних систем наукового знання. В межах полісистемної реконструкції йдеться лише про дослідження їх будови, змін і взаємозв'язків. Уважаючи математику наукою, *точніше розгалуженою та постійно зростаючою мережею взаємно проникаючих математичних наук* (всупереч думці Фейнмана³⁸⁰), ми далі припускаємо, що системи математичного знання є системами наукового знання, отже, побудовані так само, як інші системи наукового знання. Як і решта таких систем, системи математичного знання мають відповідні предметні галузі, в межах яких вони, точніше науковці, які опанували системи знання, отримують нові результати. При цьому зміни системи знання приводять до зміни уявлень про її предметну галузь та навпаки. Як і завжди для наукових систем, важливу роль у царині математики відіграють навивні підсистеми.

Якщо підсумувати викладене вище про математику з точки зору називних підсистем її теорій, то можна стверджувати, що специфіка математичної діяльності полягає у тому, що її творці не тільки вигадують назви математичних реалій, а й конструюють уявлення про ці реалії, тобто будують те, що називається математичною реальністю. Наведемо розлогу цитату: «математик створює те, що можна назвати *інструментами мислення* з метою до-

слідження математичної реальності [яку він сам у співпраці з іншими математиками побудував та досліджує — курсив О. Г, В. К]. Їх не слід плутати з самою математичною реальністю. Десяткова система, наприклад, є знайомим інструментом мислення, але було би неправильно надавати [особливе — ОГ, ВК] значення цифрам, які з'являються в числі... Серед багатьох методів, що є в розпорядженні математика для вивчення математичної реальності, я особливо думаю про аксіоматизацію. Це дозволяє ставити задачі класифікації для математичних об'єктів, визначених дуже простими умовами. Таким чином відомо, наприклад, як точно визначити список усіх скінченних полів. Скінченне поле — це скінченна множина, забезпечена законом додавання та множення таким чином, що кожне ненульове число має зворотне. Правила додавання і множення такі ж, як і звичайні для додавання і множення раціональних чи дійсних чисел. Можна показати, що для кожного простого числа p і кожного цілого числа n існує одне і лише одне скінченне поле, яке має p^n елементів, і що будь-яке скінченне поле належить до цього списку. Теорема такого роду дає впевненість, що певна галузь математики була досліджена в найвіддаленіших куточках принаймні, що стосується переліку об'єктів — повністю досліджена, без матеріальної підтримки»³⁸¹. Не ставлячи під сумнів значення аксіоматичного методу для аналізу сформованих математичних систем знання, все ж зауважимо, що він не є досить ефективним для дослідження процесів їх виникнення й розвитку.

4.28.4. Гасла та досягнення програми аксіоматизації практичних наукових теорій

Квінтесенцією стандартних уявлень математиків та філософів математики є погляд на математичні науки як на царства аксіоматичних систем знання³⁸². Його прийняття призводить до надзвичайно обмеженого бачення математики як науки, яку створюють і вивчають математики-професіонали. Воно нав'язує універсальне дедуктивне розуміння математичних систем знання, що базується на системах аксіом. Таке тлумачення не враховує специфіку окремих предметних галузей математичних наук.

Запропонована багато десятиліть тому програма аксіоматизації реальних систем математичного знання поки що не реалізована в повному обсязі і скоріш за все є недосяжним ідеалом упоряд-

4.28. Роль назв у математиці як утворенні чистого розуму

кування, втілення якого в життя є спробою наблизити динамічні, змінювані системи з доволі невизначеними межами застосування — статичними, незмінними утвореннями. Весь поступ математики в аксіоматичному освітленні приймає дивний відтінок консервативного розмотування переплутаного клубка сталого сукупного математичного знання. В цьому занадто спрощеному вигляді прогрес математики постає як нескінченне рутинне виведення нових, раніше невідомих, але імпліцитно притаманних системі тверджень, виходячи з аксіомної (аналогом якої у природничих теоріях є їхні номічні частини) підсистеми аксіоматично-дедуктивної системи знання.

З поля зору прихильників програми аксіоматизації зникають всі творчі аспекти та реальні перипетії процесів породження нового математичного знання. Мабуть тому плідно працюючі математики залишають проблему аксіоматизації створених ними систем математичного знання, принаймні в її імперативній формі, на майбутнє. Адже це завдання до вподоби тим їх колегам, які намагаються, спираючись на величезний авторитет талановитих засновників математичних (і не тільки!) галузей, втілити програму аксіоматизації в життя.

Полісистемна реконструкція є більш адекватним епістемологічним відображенням систем математичного знання, ніж типове для значної частини математичної та філософсько-математичної спільнот моделювання будь-якої системи математичного знання як аксіоматично-дедуктивної. Останнє значно спрощує системи математичного знання порівняно з тим, яку структуру вони мають у реальних математичних дисциплінах та субдисциплінах. Зокрема, аксіоматично-дедуктивне моделювання відкидає або приховує ті складники цих систем, без яких вони неспроможні продукувати нове та раніше непередбачене знання. Підкреслимо, що на змістовному рівні згідно з полісистемною реконструкцією мають враховуватись усі, а не лише аксіоматично-дедуктивні складники системи математичного знання. Але ці системи можуть містити багато непомічених, свого роду «темних», складників, без яких неможливе існування та вдосконалення наявних систем знання. Такі складники деякою мірою аналогічні до невидимої темної матерії, яка визначає існування та еволюцію спостережуваного Всесвіту³⁸³. Крім того, програма аксіоматизації математики спрямована на побудову «остаточної», закостенілої конструкції математики, тоді як полісистемна реконструкція орієнтована

на відображення й аналіз систем математичного знання в тому вигляді, як вони репрезентовані в їх текстових версіях та з часом удосконалюються і розвиваються. Метою останніх є отримання нового математичного знання, а не «правильне» обґрунтування недосконалих з точки зору програми аксіоматизації наявних систем. Спроби виконати цю програму притаманні не лише систематизаторам математичного знання³⁸⁴. Різними варіантами³⁸⁵ програми аксіоматизації рясніє наукова література, як з математики, так і з дотичної до неї філософії³⁸⁶. Поза сумнівом, «аксіоматизатори» демонструють високу ерудицію та неабияке володіння математичною логікою, але їх творчість мало що додає до розуміння сутності та прогресу практики досліджуваної досі загадкової науки — математики³⁸⁷.

4.28.5. Абрис функціональної дискурсивної реконструкції систем наукового знання

Полісистемна реконструкція виділяє складники реальної «живої» системи наукового знання, яка знаходиться у стані перманентних змін. Метою реконструкції є опис та пояснення отримання нового знання про відповідну предметну галузь, а тому вона характеризує атрибути складників; відкриває простір для розгляду розвитку систем через призму взаємопов'язаних узгоджених змін її складників. Ця реконструкція дає можливість розгляду у термінах складників таких традиційних функцій систем наукового знання як опис, пояснення, розуміння та передбачення явищ, процесів і станів, які асоціюються з реаліями, взятими з її предметної галузі.

Крім того, зазначена реконструкція відкриває можливість інтерпретації систем наукового знання не лише як засобів опису та пояснення їхніх предметних галузей, а й також як потужних технологій мислення про їхні предметні галузі. З'ясовується, що форми буденного мислення, на вивчення яких претендують деякі напрями змістовної логіки, не вичерпуються всі можливі форми наукового мислення. Саме неефективність буденних форм мислення в сфері наукового знання породила застосування математичної мови в системах природничого знання. Якщо вважати поняття форми мислення, то в науковому пізнанні використовуються такі типи понять як поняття моделі, поняття проблеми, поняття процедури тощо. Таким чином, у науковому пізнанні як наукові поняття використовуються всі конститутивні складники системи наукового знання, назви яких входять у назви її підсистем.

4.28. Роль назв у математиці як утворенні чистого розуму

З цього ракурсу кожна система наукового знання виглядає розвиненою мережею узгоджених способів мислення про реалії з її предметної галузі. Наприклад, людина, яка опанували предмети, що вивчаються в загальноосвітній школі, міркує про наочні кількісні атрибути почуттєвих реалій оточення за допомогою чисел з елементарних (так званих «елементарних»!³⁸⁸) систем знання, а про просторові атрибути почуттєвих реалій — в термінах геометричних конструкцій з евклідової геометрії. Якісні відмінності між різними предметними галузями, скажімо, макроскопічними та мікроскопічними формами диференціації неживої матерії чи таксономічними формами біологічного світу, спричиняють виникнення та розвиток адекватних ним систем мислення з гомологічними складниками, які, однак, мають різні змістовні наповнення.

4.28.6. Типи дискурсу в науці

Доцільно виокремити два типи наукового дискурсу в термінах систем наукового знання. Перший — це розроблений у певній системі дискурс про її «власну» предметну галузь. Якщо звернутися до систем наукового знання, то про рух планет у Сонячній системі мислять у поняттях небесної механіки, про спектри атомів — у поняттях результатів оптичних вимірювань та термінах розв'язків квантово-механічних рівнянь, про кварки та лептони — в поняттях сучасних моделей елементарних частинок та їх взаємодій. Причому кожна з цих систем наукового знання використовує відповідні системи математичного знання з притаманними ним формами мислення. В такому сенсі науковий дискурс є предметно-орієнтованим використанням дискурсу залучених систем математичного знання. З епістемологічної точки зору кожна система наукового знання задає певне бачення і засоби мислення про її предметну галузь. В літературі з математичного дискурсу та пов'язаного з ним навчання школярів і студентів перевага надається дослідженням цього типу дискурсу³⁸⁹.

Другий тип дискурсу пов'язаний із мисленням про якісь предметні галузі за допомогою системи наукового знання, яка має іншу, власну предметну галузь. Прикладами втілення такого «змішаного» дискурсу є системи наукового знання з математичної фізики, математичної лінгвістики, фізичної хімії, біологічної фізики, фізичної географії тощо. Його реалізує мислення за допомогою систем математичного та фізичного знання про інші предметні галузі.

4.28.7. Уявна інтерпретація предметних галузей систем математичного знання

Якщо системи природничого знання є системами мислення про матеріальні реалії з їхніх предметних галузей, то про які об'єкти міркують за допомогою систем математичного знання? Що є предметною галуззю (або галузями) математики? Де знаходиться предмет дослідження математика, коли про нього ніхто не думає?

Отже, маємо певне розгалуження. Форми мислення можна або застосовувати для пізнання зовнішніх реалій або за їх допомогою можна досліджувати інші форми мислення. Саме математика виокремлюється на тлі інших наук [якщо ми за східноєвропейською традицією вважаємо її за науку (science) та порівнюємо з іншими науками] тим, що вона розробляє саме нові потенційні форми мислення для решти наук. Вони після визнання їх легітимності математичною спільнотою самі стають предметами дослідження за допомогою інших нових форм математичного мислення.

Тобто, кожна наявна система математичного знання може бути розглянута з двох боків. З одного боку, вона є системою створених раніше форм мислення, які досліджують інші форми мислення (уявні об'єкти), що складають відповідну предметну галузь. З другого боку, ця система є предметною галуззю для іншої системи математичного знання. Найрозвинутішими системами знання, які досліджують математичне знання, є метаматематичні системи знання. Останні, як відомо, не претендують на строгий розгляд всієї математики, а обмежуються математичним моделюванням і аналізом деяких «базових» систем математичного знання у вигляді формальних систем.

Таким чином, сучасна метаматематика орієнтована виключно на вивчення тих аспектів математики, які пов'язані з організацією й обґрунтуванням усталеного математичного знання та доведенням деяких метаматематичних тверджень про математику. Остання розщеплена на безліч предметних систем математики знання (від арифметики до симплектичної геометрії, від теорії чисел до топології), кожна з яких зазвичай організована як мережа систем математичного знання. Аби подолати дурну нескінченність, фахівці з метаматематики, по-перше, відволікаються від розвитку цих систем та, по-друге, не досліджують кожен з них окремо. Вони дотримуються метагіпотези про можливість ви-

4.28. Роль назв у математиці як утворенні чистого розуму

окремлення в будь-якій системі математичного знання її кістяка в формі статичної формальної системи³⁹⁰. В такому дусі вивчаються арифметика, теорія множин, алгебра чи геометрія. На цьому ґрунті сформульовані деякі загальні метаматематичні твердження про формальні системи (наприклад, теореми *Геделя*³⁹¹) і введена в математику проблематика її засад; виникли уявлення про несуперечливість та повноту математичних теорій тощо³⁹². Як інструменти дослідження формальних систем у метаматематиці найчастіше застосовують математичну логіку та теорію математичних категорій.

Серед відомих нам відповідей на природу математичних реалій, на нашу думку, найбільш природною є тлумачення чисел (число є найважливішою математичною реалією та, мабуть, однією з найперших) як форм мислення, запропонованого видатним німецьким математиком *Ріхардом Дедекіндом*: «Числа є вільними творіннями людського духу і слугують засобом простішого та яснішого розуміння різниці між речами»³⁹³. Якщо стисло, то всі математичні реалії є формами потенційного мислення про відомі, а також принципово можливі речі. До цього розуміння ми намагаємося додати роль та значення назв чисел для конструювання як самих чисел, так і майже всіх інших математичних реалій, принаймні тих, які нам відомі наразі. Тоді система математичного знання з її епістемологічного боку стає системою мислення про математичні реалії з її предметної галузі, спираючись на їх назви.

Таке розуміння чисел не конкретизує об'єкти, про які мислять у термінах чисел, і в цьому сенсі числа є формами математичного мислення про об'єкти, для яких числа є адекватними характеристиками. Використовуючи слушну метафору американського математика й фізика *Юджина Вігнера*³⁹⁴ про ключі та замки, які відкриваються лише за допомогою підходящих ключів, можна стверджувати, що за допомогою певних загальних форм мислення та форм математичного мислення, зокрема, можна мислити лише про *адекватні* ним нематематичні реалії.

Коли з'являються чи конструюються нові об'єкти пізнання в природничих науках, то можливі дві ситуації. Або для нових об'єктів математики вже заздалегідь розробили адекватні математичні форми мислення про них, або перед математиками встає завдання створити для цих об'єктів раніше не відомі математичні форми мислення. Яскравим прикладом першої ситуації є застосування теорії представлень груп³⁹⁵ для опису молекулярних спектрів³⁹⁶ та спектрів енергетичних рівнів у атомних ядрах³⁹⁷. При-

кладом другої ситуації є відкриття³⁹⁸ *Вернером Гайзенбергом*³⁹⁹ матричної форми квантової механіки⁴⁰⁰, яка фактично ґрунтується на математичній теорії матриць⁴⁰¹. Цікаво, що насправді остання була розроблена в середині XIX століття, задовго до часу створення Гайзенбергом своєї великої теорії, але дізнався він про це⁴⁰² від свого наукового керівника *Макса Борна*⁴⁰³ тільки після самостійного отримання результатів, про які йдеться.

Тлумачення математичних реалій (предметів математичного дослідження) як форм мислення дає певну відповідь на онтичне питання про існування перших. Якщо вони є формами мислення, то вони існують лише тоді, коли вони виникають у свідомості тих, хто їх використовує. Але вивчити форми математичного мислення, як і будь-які інші, можливо лише через аналіз відповідних текстів, які репрезентують ці форми. Покажемо це на прикладі форм математичного мислення, пов'язаних з числами.

4.28.8. Чи є прості числа «простими»?

Досліджуючи історію виникнення та розвитку такої математичної реалії як числа, когнітивний фахівець у царині археології *Каренлі А. Оверманн*⁴⁰⁴ стверджує, що в певному сенсі числа є *матеріальними*. Мається на увазі, що їх назвами та засобами маніпулювання з ними були та залишаються окремі матеріальні речі: розподілені об'єкти, пальці, одно- та двовимірні форми, такі як камінчики чи абаки, а також письмові позначення у вигляді абеткових літер, слів і, зрештою, знайомі всім нам індійсько-арабські цифри. Під час шкільного вивчення елементарних уявлень про числа учні за допомогою вчителів фактично так тлумачать числа. Більшість учнів розуміє під числами їх цифрові подання. Причому в історії математики деякі дотичні до неї філософи ототожнювали відомі ним числа з їхніми матеріальними назвами та на цьому ґрунті заперечували можливість існування нових типів чисел. Прикладами можуть слугувати абсолютизація представлення чисел довжиною матеріальних стрижнів. Виходячи з цього, *Рене Декарт* вважав негативні числа фальшивими числами, а *Готфрід Ляйбніц* запитував, як розуміти негативну довжину?⁴⁰⁵ Про заперечення математичної легітимності уявних чисел *Леонардом Ейлером* дивись далі.

Як би там не було, відомості про числа належать до перших знань, яким навчають у школі. Проте початкове знайомство з чис-

лами формує у дітлахів вкрай поверхневе, фрагментарне, вузько утилітарне та обмежене знання про них. Тому більшість дорослих людей впродовж всього життя переконана в тому, що вивчення назв чисел, десяткової позиційної системи їхнього найменування, таблиці множення, операцій з цілими числами та дробами і практичний досвід дій з множинами речей чи їх частинами є достатнім для адекватного уявлення про те, чим є числа та які вони мають атрибути. В цілому шкільні рудиментарні відомості про числа (більшість яких до того ж швидко забувається!), породжують навіть у формально освіченої особи, яка не є професіональним математиком, ілюзію простоти понять, пов'язаних із числами.

Дійсно, числа є історично первинними математичними сутностями (реаліями), які люди виокремили, стали вивчати та застосовувати ще у сиву давнину⁴⁰⁶. Не випадково й те, що без певних знань про числа неможливо опанувати решту розділів навіть «елементарної» математики (арифметику, геометрію, тригонометрію, найпростіші алгебраїчні рівняння). Однак давність науки про числа не означає, що поняття про числа є елементарними й простими. Подібні уявлення дуже хибні та практично шкідливі.

Натомість справжня захоплююча, але, на жаль, мало відома широкому загалу історія вчення про числа та зміни уявлень про них супроводжувалася і супроводжуватиметься розширенням і поглибленням отриманих у дитинстві уявлень про числа й усвідомленням різноманітності та складності теорії чисел⁴⁰⁷ (не плутати з нумерологією^{408!}). Історія науки про числа переконливо показує, що є багато різновидів чисел, кожен із них є складним, між ними існують нетривіальні зв'язки, більшість яких відкривається людству лише поступово, а сам поступ теорії чисел є нескінченним. Тому створені впродовж віків системи знання про числа безперервно змінюються, відкриваючи нові горизонти для досліджень.

Парадоксальним чином головні ознаки будь-яких предметних галузей систем математичного знання, зокрема їх складність, простіше визначати як раз на прикладі чисел. Лапідарним розглядом цього прикладу ми й обмежимося, залишаючи за лаштунками можливість застосування отриманих результатів міркувань до інших математичних реалій. Це, мабуть, є правильним, оскільки елементарні дослідження чисел є в певному сенсі такими ж *початками* математики, як і геометрія *Евкліда*. Про доцільність традиційного вивчення арифметики (тобто чисел) як першого розді-

лу шкільної математики свідчать невдалі спроби оперти вивчення останньої на теорію множин⁴⁰⁹.

Ілюзія простоти науки про числа аналогічна розгляду (до створення потужних телескопів) галактик лише як ледве помітних незброєному оку небесних туманних цяточок. Тлумачення галактик як безструктурних астрономічних реалій було зумовлено не їх справжньою природою, а недостатньою роздільною здатністю інструментів їхнього спостереження⁴¹⁰. Функції телескопів при аналізі систем знання виконують різні їх реконструкції, які теж різняться за своєю здатністю «побачити» та розрізнити складники систем знання. Полісистемне бачення чисел у системі знання про них відрізняється від інших бачень тим, що воно не лише розкриває складність чисел як об'єктів дослідження й систем знання про числа, а й вказує на складники систем знання про числа.

Ми використовуємо цю реконструкцію систем наукового знання, зокрема їхніх називних підсистем, як інструмент дослідження і самих систем математичного знання (зокрема теорії чисел), і нерозривно пов'язаних з ними предметних галузей (в даному разі чисел)⁴¹¹. Фактично, вона відіграє роль своєрідного потужного методологічного телескопа, який дає змогу виокремити в системах математичного знання більше складників, ніж звичайно. Їх не помічають через спрощеність підходів та в кращому випадку тлумачать кожний окремо, не пов'язуючи між собою. В процесі розгляду на основі нашого підходу з'ясовується також, що в конкретному випадку чисел (як об'єкта дослідження) можна зробити певні висновки, лише аналізуючи розвиток систем знання про них з точки зору їх назв.

Особлива важливість назв для глибшого розуміння того, чим є числа та інші математичні реалії, пояснюється тим, що в природознавстві можна оперувати з уявленнями про деякі реалії, використовуючи їхні різні імена («атом», «неподільна частинка речовини», «атом Резерфорда») або навіть застосовуючи «хибні» імена (на кшталт «кришталевих сфер», по яких рухаються планети, «флогістону», «ефіру» тощо). Проте в математиці такого ступеня розумової свободи не існує. Навпаки, нічого змістовного, точного й конкретного не можна сказати про числа, абстрагуючись від їх назв, які відповідають самій суті об'єктів, хоча первісний вибір назв є досить довільним. Але після цього вибору назви немовби таврують числа, що забезпечує саму можливість формулювання тверджень про числа за допомогою їх назв. Часто-густо це має

4.28. Роль назв у математиці як утворенні чистого розуму

наслідком ототожнення чисел з їх назвами. Натомість у випадку матеріального світу предмети існують поза нашою свідомістю, а їх існування не залежить від наявності або відсутності спостереження та наданих їм назв. Саме тому математика не є наукою в сенсі *science*, тобто природничою наукою, що досліджує зовнішні по відношенню до людини матеріальні реалії. Математичні теорії подібні теоріям у природознавстві завдяки наявності в них моделей, які досліджуються за допомогою решти складників теорій. Однак моделі природознавчих теорій мають як модельовані реалії зовнішні матеріальні предмети, а математичні теорії — побудовані математиками «за образом і подобою» моделей уявні модельовані реалії. Іншими словами, натуралісти конструюють моделі, спираючись на інформацію про модельовані реалії та їх атрибути, а математики, навпаки, будують модельовані реалії, виходячи з їх моделей та атрибутів моделей. Свобода побудови і трансформації моделей природознавчих теорій обмежена умовами експериментального дослідження природи модельованих реалій, а свобода побудови та трансформації математичних реалій обмежена їх моделями та припустимими перетвореннями цих моделей.

Найпереконливішим свідченням справедливості цього висновку є ототожнення індійсько-арабських десяткових назв, тобто цифр, із самими числами. Як не дивно, але це не виправдане ототожнення, яке довело погляди непрофесійної спільноти на науку до повного примітиву, сприяло та сприяє всебічному практичному використанню чисел у всіх сферах суспільного життя. Ясна річ, що традиційна система назв чисел, яка ґрунтується на десятковій системі числення з індійсько-арабськими цифрами, не є єдино можливою. Адже всі успіхи сучасних інформаційних технологій ґрунтуються на іншій, бінарній системі числення. Але назви в бінарній системі зазвичай інтерпретуються не як первісні та адекватні назви чисел, а як зручні для комп'ютерної обробки синоніми цифрових назв чисел у десятковій системі.

Стосовно доцільності або недоцільності ототожнення об'єктів та їх назв, то вчергове наголосимо, що в природничих науках це неприпустимо ані по суті, ані з практичної точки зору. Насправді, хіба ми ототожнюємо галактики з їхніми зображеннями, отриманими за допомогою телескопів? Ці візуальні зображення та їх риси є не об'єктом, а наслідком досліджень, але виступають як емпіричний матеріал для його інтерпретації в термінах існуючих систем астрономічного знання. Без них науковці не мали б на-

лежних уявлень про те, що таке галактики, але в них ніколи не виникає сумнів щодо різниці між картинками та сукупністю зір, існування яких дає астрономам можливість отримати ці картинки. А ось математичні реалії часто-густо ототожнюються з їх назвами. Розглянемо більш докладно прояви цієї викладацько-суспільної практики на прикладі чисел.

4.28.9. Переваги та вади ототожнення чисел з їх назвами

«Необережне» поводження з різними назвами чисел іноді приховує не лише для широкого загалу, а й для самих математиків те, що числа, позначені одним загальним терміном «число», відрізняються ступенем наочності, наявністю чи відсутністю прообразів у почуттєвій та матеріальній дійсності, а також інтуїтивністю, простотою розуміння та дій з ними; складністю будови, ступенями ідеалізації та абстрактності, видами запису; сферами застосування (від фінансово-банківської справи до космології) тощо.

Наприклад, звернімося до нехтуванням різниці між числами та їх символічними назвами. У посібнику з математики, авторами якого є досвідчені викладачі вищої математики для студентів одного з найкращих вищих навчальних закладів колишнього СРСР — Московського фізико-технічного інституту зазначено: «2. Раціональні числа та їх властивості. Поняття раціонального числа та основні [точніше було б назвати найпростіші — *ОГ, ВК*] властивості раціональних чисел відомі [в дуже обмеженому обсязі — *ОГ, ВК*] з курсу математики для середньої школи. Раціональне число можна записати [назву раціонального числа !!! — *ОГ, ВК*] у вигляді p/q , де p — ціле [назва цілого числа !!! — *ОГ, ВК*], а q — натуральне число [назва натурального числа!!! — *ОГ, ВК*]. Зокрема, будь-яке ціле число можна записати у вигляді $p = p/1$. Наприклад, $0 = 0/1$, $1 = 1/1$ »⁴¹². Натомість треба було би вказати, що назву раціонального числа можливо записати у вигляді p/q , де p — назва деякого цілого числа, а q — назва деякого натурального числа.

Тут із самого початку числа ототожнюються з їхніми символічними записами. За рекомендацію *Джона Россера*⁴¹³, щоби не плутати числа та їх назви, доречно назви чисел брати в лапки. Проте, як не дивно, таке впровадження в практику утруднювало б виконання навіть простіших дії з числами. Коротше кажучи, прагматика перемогла (звісно, ми не впевнені, що автори вказано-

4.28. Роль назв у математиці як утворенні чистого розуму

го вище підручника розуміли, що вони спрощують ситуацію і за-тьмарюють розуміння студентами свого предмета) та приховує онтологічне питання про те, де та як існують числа. Відповідь: «на папері» означала б ототожнення чисел із послідовністю друкарських чи рукописних знаків, як це й стверджують деякі математики та філософи математики.

Аналогічне ототожнення в масовій свідомості чисел з їх назвами в формі скінчених чи нескінчених комбінацій арабських/індійських десяти цифр має майже універсальний характер. Викладаючи багато років філософію фізики для магістрів НаУКМА, майбутніх фізиків-теоретиків, один із авторів (ВК) провокативно просив слухачів, які достатньо глибоко вивчали різні розділи математики, написати в зошитах будь-яке число. Переважна більшість писала певну комбінацію цифр. Хоча після демонстрації певного здивування на чолі викладача та нетривалого обговорення всі приходили до висновку, що числа та їхні цифрові назви пов'язані, але все ж-таки є різними речами. Проте все, що відомо про числа, їх атрибути, різновиди та перетворення, отримується допустимими маніпуляціями з цифровими назвами (позначками) чисел.

Ототожнення чисел з їх цифровим записом пояснюється малою (фактично ніякою!) цінністю для працюючих математиків та дотичних до вживання математики нематематиків онтичного знання про те, що таке числа самі по собі в разі застосування чисел як інструментів для виконання певних практичних дій з числами. Йдеться про прагматичну зручність проведення арифметичних дій, якщо числа задані через свої записи у десятковій системі числення. Натомість використання римської системи запису чисел (яка досі залишається застарілою, але вишуканою альтернативою, відомою вузькому колу інтелектуалів) робить вкрай складними найпростіші операції з великими числами, не кажучи вже про операції типу добування кореня.

Як відомо, сучасну «цифрово-символічну» абетку для найменування чисел і дій з ними утворюють цифри 0, 1, ..., 9, деякі символічні знаки «,», «/», « $\sqrt{\quad}$ », « \rightarrow » тощо, індивідуальні символічні назви типу « π » та « e » тощо. Підмножиною цієї абетки є цифрова абетка, яка складається лише з десяти індійсько-арабських цифр. Застосування абетки регулюється конвенціями на кшталт використання горизонтальних і скісних рисок або індексів для іменування дробових та різноманітних особливих чисел.

Одним із правил побудови слів мови, якою йменують числа, є наступне. Якщо A — вираз, який іменує деяке, відмінне від нуля число, і a є елементом цифрової абетки, то вирази Aa й aA також іменують певні числа. Крім того, кожна з літер цифрово-символічної абетки іменує деяке число. Тобто тут постулюється однозначна взаємна відповідність між числами та їхніми цифрово-символічними назвами. Кожному дійсному числу відповідає його однозначна назва у формі його скінченого чи нескінченого цифрового десяткового запису, а кожному такому запису однозначно відповідає певне дійсне число.

Зазначимо, що з цифрових назв цілих чисел очевидні лише деякі їх властивості типу парності та непарності. Спираючись на такі назви, теорія чисел намагається визначити інші закономірності, яким підлягає розподіл чисел. Найвідомішою з таких закономірностей є гіпотеза про кількість простих чисел, менших заданого цілого числа, яку сформулював німецький математик *Бернгард Ріман*⁴¹⁴. Зауважимо, що алгоритмічне та автоматичне, ефективне з точки зору виконання дій з дійсними числами (включно з цілими, дробовими, раціональними та ірраціональними), а радше, дій з їх назвами у вигляді послідовностей цифр, робить обговорювання онтичного статусу чисел зайвим з практичної точки зору. Це стосується як математиків, так і не математиків, які ані крихти не нервуються з приводу осмислення філософських підвалин процесів розв'язку задач або отримання ними нового знання в цій царині. Тому ці користувачі зі зневагою ставляться до філософів математики, які намагаються залучити їх до глибшого розуміння свого предмета⁴¹⁵.

Дуже поширеною тенденцією є також ототожнення інших, значно складніших математичних реалій з їх назвами або безплідні, на наш погляд, пошуки місця⁴¹⁶, де реалії існують, незалежно від свідомості, текстів та комунікацій людини, тобто поза створеним людством третім світом об'єктивного знання⁴¹⁷. Такі пошуки є такими ж недоречними, як пошуки в матеріальному світі незалежного від людини та мови існування слів буденної мови, за допомогою яких описується на донауковому рівні наш Всесвіт.

4.27.10. Роль назв чисел у розвитку уявлень про числа

Як відомо, цілі числа та деякі операції з ними мали й мають (але не зводяться до!) наочні речові аналоги, що допомагає за своїти математику в початковій школі. Операції додавання цілих

4.28. Роль назв у математиці як утворенні чистого розуму

чисел відповідають практичному об'єднанню предметів, які можуть бути кількісно позначені цілими числами. В реальному світі можна ділити на частини деякі почуттєві речі, що асоціюється з операцією ділення якогось цілого числа. Це в природний спосіб впроваджує в обіг дробові числа. Але вже при застосуванні операції віднімання виникають від'ємні числа, які спочатку не мали інтерпретації в світі почуттєвих реалій⁴¹⁸. Вона з'явилася, коли від'ємні числа стали тлумачитися як борг, який можна відобразити цілими та дробовими числами. Раціональні числа мали прообразами результати вимірювання розмірів (довжини, площі та об'єму) почуттєвих речей. Останнім типом числа, який можна було асоціювати з почуттєвими речами та діями з ними, були ірраціональні числа, уявлення про які виникло під час спроб розрахувати довжину гіпотенузи прямокутного трикутника. Виникнення уявлень про нові види чисел було пов'язане зі застосуванням до назв старих чисел операцій, що породжували назви, яким не було відповідників у світі цих старих чисел. З плином часу математики робили висновки, що потрібно додавати до числового світу нові й нові типи чисел. Таким чином, нові числа конструювалися (як часто кажуть, «відкривалися», використовуючи не зовсім правильну аналогію з відкриттям матеріальних реалій) за допомогою розширення відомих операцій зі старими числами.

Підсумуємо викладене вище. Результат виконання операції додавання цілих чисел має результатом «нові» цілі числа, тоді як виконання операцій віднімання призводить до конструювання «нових» негативних чисел⁴¹⁹; результат виконання операції ділення приводить до конструювання «нових» раціональних чисел; результат операції добування кореня з позитивних чисел — до «нових» ірраціональних чисел, а кореня з негативних чисел — до «нових» комплексних чисел. Спочатку перелічені операції, за винятком першої, трактувалися лише як безглузді дії з назвами натуральних чисел й лише з часом символи, отриманні внаслідок виконання з ними вказаних операцій, стали тлумачитися як позначення, відповідно, негативних раціональних, ірраціональних та комплексних чисел⁴²⁰. Із введенням нових операцій над назвами чисел, що визнаються на певному етапі розвитку математики як назви легітимних математичних реалій, відбувається конструювання із вже «звичних» назв чисел нових назв, які з часом починають тлумачитися як позначки нових типів чисел, що мають з точки зору сучасників процесу пізнання більш абстрактний характер, ніж попере-

дні «звичайні» числа. Якщо почати з позитивних цілих (натуральних) чисел, то маємо такий ланцюжок, який породжується маніпуляціями зі «старими» числами за допомогою введення нових операцій з ними. На цих видах чисел та операцій з ними, як відомо, не закінчилася побудова світу чисел. Можна згадати хоча би введення нескінченних множин та операцій з ними⁴²¹.

Чим більшою кількістю операцій із раніше відомими числами володіє особа, тим глибшим та більш деталізованим є її уявлення про числа, тобто про її числовий всесвіт. Історія математики яскраво свідчить про труднощі, з якими неминуче стикалися математики в своїх іноді плідних, а іноді невдалих спробах розширення цього універсуму. За приклад можуть слугувати дискусії стосовно залучення як легітимних членів всього числового всесвіту таких кандидатур, як ірраціональні й комплексні числа, кватерніони, нескінченно малі та нескінченно великі (трансфінітні) числа⁴²². Навіть великий швейцарський математик *Леонард Ейлер*⁴²³ не вважав уявні (та пов'язані з ними комплексні) числа за легітимний вид чисел, не знаходячи їм місце на числовій осі: «І оскільки всі числа, які можливо уявити, є більшими або меншими за 0, або дорівнюють нулеві, то очевидно, що ми не можемо розташувати квадратний корінь із від'ємного числа серед можливих чисел, а тому ми маємо сказати, що це неможлива величина. Таким чином, ми прийшли до ідеї чисел, які за їх природою є неможливими; і тому їх зазвичай називають уявними величинами, оскільки вони існують лише в уяві. Усі такі вирази, як $\sqrt{-1}$, $\sqrt{-2}$, $\sqrt{-3}$, $\sqrt{-4}$ тощо, є неможливими або уявними числами, оскільки вони представляють корені від'ємних величин; і щодо таких чисел можемо насправді стверджувати, що вони не є нічим, ні «більшим за ніщо», ні «меншим за ніщо»; це з впевненістю робить їх уявними або неможливими»⁴²⁴.

Сарказм долі полягає в тому, що всі числа є «уявними» в ейлерівському сенсі. Хоча, як показав розвиток природничих наук, уявні числа теж можна пов'язати з нематематичними реаліями⁴²⁵ (рис. 4.20).

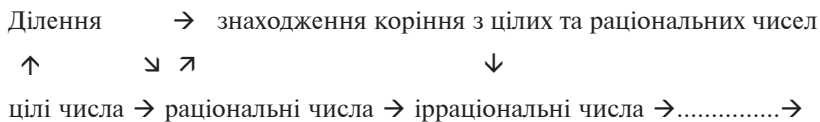


Рис. 4.20. Діаграма продукування «нових» чисел зі «старих»

4.28. Роль назв у математиці як утворенні чистого розуму

Читачу, обізнаному з комплексними числами, пропонується побудувати аналогічну діаграму, яка відображає процес порожнення уявлень про комплексні числа. В світлі зазначеного можна навіть стверджувати, що первинні уявлення про нові числа виникають як наслідок оперування за допомогою визнаних легітимними дій із назвами відомих чисел. Зауважимо, що системи знань про числа можна вивчати на базі інших систем математичного знання, як це має місце у метаматематиці, яка розглядається як окрема математична наука. Своєю чергою, спроби деяких натуралістів аналізувати їх системи наукового знання подібним чином оцінюються більшістю їх колег як марна та некорисна для самої науки філософська справа. Дійсно, з одного боку, неможливо дослідження певної системи біологічного знання методами іншої системи біологічного знання, тобто методами самої біології. З іншого боку, відсутність адекватних уявлень про філософію науки, їх неякісне абстрактне викладання не дає змоги науковцям розглядати філософію науки як арсенал усвідомлення засобів та методів систем знання, які вони будують, удосконалюють та застосовують.

Певним чином організовані ланцюжки назв математичних реалій, з яких складається текстове подання системи математичного знання, слугують своєрідними люстерками, які дають уявлення про ефемерне, але об'єктивне у сенсі інтерсуб'єктивності, ментальне існування математичних реалій, які позначаються цією сукупністю назв. Приблизно в такий же спосіб, перебуваючи в театрі, ми сприймаємо акторів не як певних реальних осіб, а (за умови справжньої акторської майстерності) як описаних у текстовому сценарії персонажів⁴²⁶. Справжній витвір мистецтва «змушує» нас ставитися до «закодованої» в ньому реальності як такої, що існує поруч з матеріальною дійсністю, та, головне, несе нам заздалегідь приготовану, глибоко продуману інформацію про ту сферу дійсності, яку хотіли репрезентувати драматург і режисер. У певному сенсі деякі персонажі видатних літературних творів відомі нам (лише тим, хто читає книжки) значно краще⁴²⁷, ніж оточуючі нас живі особистості, які, навпаки, дуже часто приховують свої справжні наміри та характери. Досягається це завдяки розкриттю письменником внутрішнього світу його героїв і внутрішніх мотивів їх поведінки. Натомість ми судимо про знайомих нам людей переважно на підставі їх дій та власних слів, які можуть легко ввести в оману. Наприклад, так зазвичай діють брехливі політики.

Аналогічно «алхімія» застосування математичних реалій при описі матеріальних предметів дає нам можливість заглянути за «лаштунки» відомих нам емпіричних проявів матеріальних предметів. У цьому сенсі математика необхідна науці та культурі⁴²⁸ аналогічно тому, як мистецтво вибудовує фундамент загальної культури суспільства.

4.28.11. Предметні галузі систем математичного знання

Кожна окрема система математичного знання має відповідну для неї предметну галузь, про яку ця система, точніше математики, які опанували цю систему, формулюють твердження. Формами існування предметної галузі (або підмножини математичного всесвіту⁴²⁹) певної системи математичного знання є, як правило, сукупність математичних реалій⁴³⁰. Вони є реальними для математиків (!!!) у тому ж сенсі, в якому для читача або літературознавця існують персонажі художнього твору. Вигадані персонажі мешкають не в людському довкіллі, а у створеному талановитим митцем культурному світі, який має лише опосередковане відношення до конкретних людей та обставин їхнього буття. Для «оживлення» персонажів у свідомості читача інформація про них має бути передана в якійсь текстовій формі — записаному міфі, оповіданні чи романі. Проте обмірковування людиною оповідань про цей придуманий світ може допомогти їй дізнатися більше про себе, суспільне буття та його історію, породжує своєрідні стереотипні форми мислення про себе та інших людей. Яскравим прикладом грандіозного впливу літературних творів та їх героїв на мільйони живих людей слугують міфи Стародавньої Греції, Старий і Новий Заповіти, Коран, із яких черпають натхнення і оригінальні письменники впродовж тисячоліть⁴³¹.

Очевидно, що персонажі, з одного боку, не існують поза читання, запам'ятовування та усвідомлення сторінок відповідних художніх творів, а з іншого, після текстового оприлюднення творів продовжують «жити» на цих сторінках навіть після фізичної кончини авторів, які вигадали персонажів силою своєї уяви. Але є ще третій аспект проблеми, який полягає в тому, що для «життя-буття» персонажів на додаток до письменника, видавця та друкаря необхідна ще наявність третіх осіб, які читають та занурюються в ці твори. Відомо, що після їх оприлюднення зміст та частина персонажів «репрезентуються» в інший спосіб: у театральних ви-

4.28. Роль назв у математиці як утворенні чистого розуму

ставах, кінематографічних та телевізійних стрічках, навіть на багаторічній сцені. Вони стають своєрідними мемами суспільної свідомості, які вбачаються художнім утіленням певних (найчастіше бажаних) рис реальних людей, зразками для їх поведінки. Існує і зворотна тенденція, коли про «візуальні» персонажі в народі виникають літературні тексти різного стилю, наприклад анекдоти, що особливо притаманно недемократичним суспільствам, де підпис під коментарями становить небезпеку для життя і здоров'я⁴³².

Є ще декілька схожих рис художнього твору та системи математичного знання. Хоча деякі літературні перлини на кшталт «*Наодинці з собою*» Марка Аврелія⁴³³ чи «*Сповіді*» Августина⁴³⁴ описують думки та почуття їх авторів, внутрішні мотиви їхньої поведінки, але водночас вони торкаються й зовнішніх обставин життя героїв, людського оточення, політичних і військових подій у країнах, де мешкали або мандрували автори. Аналогічним чином повне «розкриття» математичних реалій можливо лише у відповідній системі математичного знання із залученням їх зв'язку з іншими складниками системи. Можна навіть стверджувати, що математичні реалії зупиняють своє повнокровне буття, коли їх назви витягують із системи математичного знання та їх самих розглядають за межами їхньої предметної галузі. В такому разі математичні реалії стають своїми своєрідними муляжами, про які переважна більшість нематематиків в найкращому випадку лише чула їх назви та має деякі уривчасті, рудиментарні, не систематизовані, а часом і неправильні відомості. Зокрема, це стосується теорії ймовірності, в побуті часто-густо міфологізованої та перекрученої⁴³⁵.

Існує й певна відмінність художніх творів від систем математичного знання з точки зору зворотного впливу користувачів на споживану творчість. Вона полягає в тому, що, за замовчуванням, читач не може втручатися в перебіг життя літературних персонажів, тоді як побудована одним математиком чи їх групою система математичного знання ніби відверто закликає до «втручання» в неї інших колег. Як вже зазначалось, до «переробки» аж до невпізнанності сюжетів здатні також у випадку переробки літературних творів для сцени та кінематографа, але тоді втрачаються певні смисли, чого з математикою статися не може, якщо інтерес споживача є пов'язаним саме з математикою, а не з іншими, далекими від систем знань речами. Інакше відбувається пряме знущання над системами математичного знання, що інколи виконують провладні та кон'юнктурні філософи⁴³⁶.

З нашої точки зору, математичні реалії є умовними в тому ж сенсі, в якому є вигаданими персонажі літературних творів. Але варто зазначити, що персонажі не існують без літературних праць, де вони «виникли». Деякі персонажі мають життєві прототипи, так що їх опис має підкорюватися певним закономірностям, як писав французький поет та літературознавець *Нікола Буало*⁴³⁷. Вигадані герої можуть відтіняти, підкреслювати та пояснювати дії реальних осіб і навіть впроваджуватись у суспільство як зразки поведінки та приклади для наслідування (король *Артур*⁴³⁸ та *Павло Корчагін*⁴³⁹). Але звідти аж ніяк не випливає, що вони існують у тому ж світі, що й матеріальні реалії, які досліджують природничі науки. Тут і з'являється досить очевидна, хоча, як завжди має місце при запровадженні порівнянь⁴⁴⁰, неповна аналогія між літературною та математичною творчістю.

Постановка питання про існування матеріальних реалій поза системами природничого знання про них має сенс, але знання про них теж існує лише у відповідних системах знання. Проте постановка питання про існування певної математичної реалії поза системами знання про неї є принаймні дискусійною. Відтак, міркування про якість окреме існування цієї реалії поза системою знання теж є дискусійним та не може бути підтверджено експериментальним шляхом. Ось чому це питання можна трансформувати в питання про те, як і де існують системи математичного знання? Які їхні складники? Яка їх роль у змінах систем математичного знання, тобто у змінах уявлень про математичні реалії? Коротше, слід визначити, як і де існують системи математичного знання.

4.28.12. Деякі тлумачення взятих окремо математичних реалій

Щодо існування математичних реалій є дві полярні точки зору: (1) реалії існують незалежно від математиків, які їх відкривають, (2) вони не існують без математиків та споживачів математики, які їх, відповідно, створюють та використовують у пізнавальній діяльності. Автори дотримуються другої точки зору й намагаються аргументувати на її користь, звернувши увагу на роль математичних назв у конституюванні позначених ними реалій. Висловлюючись афористично та в дусі Апокаліпсису (Апокаліпсисів⁴⁴¹), вважаємо, що деякі вироби матеріальної культури за-

лишаться, якщо зникне людство або воно забуде їх назви. З математичними реаліями станеться не так. Вони зникнуть не лише з можливою загибеллю людства (не буде кому мислити та застосовувати побудовані математиками форми мислення), а й у разі зникнення його освіченої частини з елітним ядром математиків. Тільки члени кількісно невеликої спільноти, яка завдяки своїй професійній діяльності знає ці назви та використовує їх як позначення вигаданих математиками форм мислення, є втаємниченими та здатними до подальшого використання цих форм у пізнавальній та практичній діяльності. Однак далеко не всі вигадані математичні форми мислення застосовуються у мисленні про світ, суспільство та людину. А ті форми, які би були ефективними при пізнанні суспільства та людини, мабуть, ще не створені. Питання про створення нашої математики позаземним розумом або про абстрактну можливість побудови зовсім іншої, ніж наша математика, залишаємо відкритим. Щоб там не було, але фактом залишається те, що у математиків відсутня загальноприйнята точка зору на онтичний статус того матеріалу, який вони досліджують. Це так, хоча на перший погляд можна було б очікувати, що вони, будучи науковцями із непереборним потягом до побудови точних та строгих систем знання, мають узгодити і виробити спільне розуміння того, що саме вони вивчають та про що йдеться в створених ними системах знання.

Запропоновано принаймні десять відповідей на таким чином сформульоване онтичне запитання, кожна з яких має аспекти, які викликають несприйняття та критичні зауваження з боку прихильників альтернативних відповідей. Перерахуємо їх⁴⁴².

Математичні реалії (математичні об'єкти у термінології італійського філософа *Карло Целуччі*) — це:

- Самостійно існуючі сутності
- Абстракції
- Логічні конструкції
- Спрощення
- Ментальні конструкції
- Структури
- Вигадки
- Ідеалізації почуттєвих речей
- Ідеалізації операцій

Целуччі вказує на деякі недоліки цих відповідей та пропонує в межах стандартного формулювання онтичного питання евристичне розуміння математичних реалій як гіпотез, корисних для ма-

тематики та її розвитку, а також для застосування поза математи-кою. Але варто зауважити, що згідно із запропонованим ним евристичним розумінням науки, взагалі, та математики⁴⁴³, зокрема, впливає, що при виникненні гіпотези теж не існують автономно від їх творця та стають відомими іншим математикам лише після свого текстового оприлюднення.

Незважаючи на різне розуміння онтичного статусу математичних реалій, засновники та адепти окремих відповідей здатні формулювати твердження про ці реалії та їх атрибути. Ці твердження отримуються в межах відповідних систем знання про ці реалії. Тому є сенс розглядати онтичне питання, спираючись на системи математичного знання, а не на філософські вподобання авторів різних відповідей на нього.

Осмислюючи статус математичних об'єктів дослідження, мусимо визнати, що в цьому разі ми стоїмо на хиткому ґрунті, не маючи можливості спертися на експеримент, на практику, на відміну від ситуації з філософією природознавства. Направду, коли натуралісти досліджують природні реалії, вони апіорі визнають їхнє об'єктивне існування та не переймаються питанням про модус цього існування. Хіба що зараз, унаслідок виникнення концепції мультисвіту (*Multiverse*) стала осмисленою проблема можливого існування в інших, ніж наш, світах природних реалій з невідомими нам атрибутами⁴⁴⁴. Більше того, якщо справдиться гіпотеза про зміну з часом фізичних констант⁴⁴⁵, від чого радикально зміниться весь Всесвіт (згадаймо, хоча б, антропний принцип!⁴⁴⁶), то філософія природничих наук буде змушена якимось проінтерпретувати й цю руйнацію підвалин. Натомість в царині математики, надаючи різні відповіді на запитання про модус існування чисел, матриць, функцій тощо, математики вже досить давно стикнулися з можливістю існування різних математичних світів або універсумів.

Утім, математичні твердження як складники наукових текстів, написаних адептом однієї із наведених вище відповідей, зазвичай визнаються як обґрунтовані математичні істини також прибічниками інших відповідей. Чому це можливо? Чи не свідчить подібний онтичний плюралізм щодо предмета вивчення математикою про непринциповість або надмірність онтичного питання для математики, її розвитку та усвідомлення? Чи не був правий тоді ще молодий, а згодом всесвітньо відомий англійський математик і філософ *Бертран Расселл*⁴⁴⁷, який стверджував, що «математику можна визначити як предмет, в якому ми ніколи не знаємо про

що йдеться та чи правдою є те, про що ми так кажемо»⁴⁴⁸. Фактично він розв'язав онтологічне питання твердженням про його безглуздість на кшталт того, як великий розбишака *Олександр Македонський* розв'язав Гордіїв вузол, просто розрубавши його⁴⁴⁹.

Але скажімо відверто, що висловлене *Расселлом* твердження про те, що математики нічого не тямлять у своїй науці, а про існування предметних галузей сконструйованих ними систем математичного знання нічого не можна стверджувати, суперечить нашій освіті та досвіду. Дійсно, майже п'ятдесят років ми без вагань, але не без успіхів, використовуємо побудовані математиками конструкції в таких різних науках як теоретична фізика (це стосується, наприклад, математичного аналізу, теорії диференціальних і інтегральних рівнянь) та філософія науки (переважно логічні структури та різні теорії множин). Доводиться визнати, що це виглядає як *argumentum ad hominem*, але всі інші відомі нам відповіді ґрунтуються на такій же крихкій основі, причому їх автори критично не розглядають підстави для своїх відповідей, трактуючи останні як остаточні та безсумнівні.

4.28.13. Математичні реалії та їх назви

В контексті нашого дискурсу важливим та принциповим є проводити розрізнення між реаліями та їх назвами. Воно свідомо чи несвідомо не враховується і залишається непомітним, як ми зазначали вище, навіть авторам університетських підручників з математики, не кажучи вже про широкий загал. Парадоксальним чином неусвідомленість цієї різниці дає можливість достатньо ефективно та швидко використовувати математичні реалії в інших науках, техніці та буденному житті, не замислюючись над їхнім онтичним статусом. Мовні, тобто у вигляді знаків, реалізованих на певних матеріальних носіях, або ментальні, тобто у формі гіпотетичних когнітивних структур свідомості, назви математичних реалій немовби нерозривно приклеюються до уявних математичних реалій. Це дає змогу оперувати з назвами останніх за узгодженими професійною спільнотою правилами, а потім вважати, що отримані результати стосуються й самих реалій, які позначаються теж назвами, але новими⁴⁵⁰.

Щодо почуттєвих речових реалій буденного життя та непочуттєвих матеріальних реалій, які досліджують природничі науки, то в межах реалістичного (матеріалістичного) підходу їх існуван-

ня відбувається поза людиною та її свідомістю. Людина має пристосовуватися до цієї «сірої» дійсності, прикрої для деяких прихильників ідеалістичних безплідних вивертів, згідно з якими електрон, з одного боку, є дуже розумним, а з другого — зникає, коли його не досліджують (грубо кажучи, коли не дивляться на нього). Якщо дослідник не зважає на існування реальних речей, то він у своїх діях буде нездатним до їх використання для потреб людства, а особисто може потрапити в скрутну ситуацію⁴⁵¹. Тому справжній науковець свідомо чи підсвідомо ніколи не буде плутати досліджувану реалію з її назвою. Як ми бачимо та як підкреслювалось у наведеному вище аналізі, в математиці це не так, але на диво не надто перешкоджає практичній діяльності математиків та впровадженні математичної науки в життя, в практику. Проте з методологічної точки зору питання про онтичний статус математичних реалій є важливим.

4.28.14. Матеріальність назв та ментальність позначених ними математичних реалій

Якщо зосередитись та замислитись, то стане ясным, що назви математичних реалій та їх описи існують саме в матеріальному світі, хоча й у текстовій формі або в іншій знаковій формі на матеріальних носіях інформації. Назви є почуттєвими посередниками між свідомістю людей, точніше свідомістю спеціально навчених осіб, та математичними реаліями, які описуються системами математичного знання. Загальними усталеними та мовби «природними» назвами математичних реалій (чисел, геометричних плоских та багатовимірних фігур, рівнянь, функцій, множин, багатовимірних просторів, інтегралів, рядів, матриць, тензорів тощо) є «математичні об'єкти». Зазвичай для позначення математичних реалій використовують їх назви в лапках. Так, числа як математичні реалії позначаються однойменною назвою «число». Самі системи математичного знання мають всі підсистеми систем наукового знання, які теж представлені в текстовій формі.

Ця лінгвістична конвенція, коли заради зручності розуміння у тексті, який інформує про числа та їх атрибути, усуваються лапки, має певні далекосяжні онтичні наслідки. Математичні реалії або ототожнюються зі своїми назвами (математичний номіналізм⁴⁵²), або постулюється їхнє незалежне існування поза матеріальним світом (математичний реалізм чи платонізм⁴⁵³), або в ство-

реному людиною штучному соціальному текстовому світі (математичний конструктивізм⁴⁵⁴), або, взагалі, відкидається питання про онтичний статус математичних реалій, які тлумачаться як зручні інструменти (математичний інструменталізм⁴⁵⁵) чи продукти людської інтуїції⁴⁵⁶.

Ми чесно визнаємо, що наше розуміння онтичної сутності математичних реалій є певним синтезом перерахованих вище позицій. Від математичного номіналізму ми взяли підкреслення ролі назв математичних реалій, не ототожнюючи при цьому реалії та їх назви; від математичного реалізму — ідею існування математичних реалій у так званому «третьому світі», тобто у текстах, які складаються з назв математичних реалій та назв інших складників систем математичного знання; від математичного конструктивізму — уявлення про існування математичних реалій у створеному саме людством текстовому світі; від математичного інструменталізму — бачення математичних реалій у нерозривному зв'язку з відповідними операціями з їх назвами, які підлягають специфічним для кожного типу математичних реалій правилам та процедурам їхньої трансформації, та від математичного інтуїціонізму — визнання ролі творчості при конструюванні математичних реалій.

4.28.15. Щодо пізнання суто математичних реалій

На нашу думку, специфіка математичних реалій (структур, об'єктів, операцій, множин, функцій тощо) полягає в тому, що освічена та підготовлена людина здатна не лише їх позначати, трактуючи як зовнішні предмети, а й оперувати ними в своїй свідомості, ототожнюючи назви та математичні реалії. Назви репрезентуються в текстах, які складаються з назв самих математичних реалій і назв їх атрибутів, а також операцій із ними та правил виконання операцій, які теж представлені у вигляді своїх назв. Математичне мислення полягає в складанні цих назв у «повнокровну» математичну реалію і відбувається в свідомості математика, який знає, розробляє та використовує відповідну систему математичного знання. Для потреб нефахівців можливим є формування лише спрощеного утилітарного уявлення про цю реалію.

Транслюючи текст, який містить назви самої математичної реалії та її атрибутів і відповідні споріднені назви, в свою свідомість, інший математик здатний подумки та не завжди свідомо обробляти назви математичних предметів, складати в своєму мозку власне тлумачення реалії, критикувати запропоновані раніше атрибути

та твердження про них. На підставі засвоєного знання він може створювати інші назви та встановлювати раніше невідомі математичній спільноті закономірності математичного світу. Перероблену таким чином інформацію він теж може зробити доступною у вигляді текстів.

4.28.16. Оперування свідомості з назвами як спосіб отримання знання про позначені ними реалії

Знання математичних реалій, насамперед, полягає у вмінні оперувати з їх назвами. З позицій застосування математики в інших науках опанування математичними реаліями також означає оволодіння «правильними» діями з їх назвами. Це відображається в поширеному в середовищі фізиків-теоретиків розрізненні математичного апарата та його фізичної інтерпретації⁴⁵⁷, що взагалі є цілком слушним поглядом на стан речей. Але таке загальне, немовби з пташиного польоту розрізнення залишає за лаштунками теорії різноманіття математичних реалій та відповідних мов, спрощує взаємовідношення між ними.

Цікавою обставиною, на яку майже не звертають увагу математики, філософи математики та користувачі математики, є те, що математичний апарат будь-якої системи наукового знання є еkleктичною, але надзвичайно ефективною у розв'язанні наукових проблем сумішшю фрагментів різних математичних систем знання. Тому не бачимо доцільності розглядати його як окрему систему математичного знання та застосовувати до нього ті самі вимоги строгості, послідовності та несуперечливості, яким мають підлягати «чисті» системи математичного знання.

Якщо повернутися до матеріального світу, з яким ми впродовж нашого викладу постійно порівнюємо світ математичних реалій, то варто вкотре зазначити, що дії з матеріальними предметами мають матеріально-практичний характер та можливі лише з використанням інших матеріальних предметів. Ті та інші існують незалежно від дій з ними, хоча, маніпулюючи предметами, можна їх змінювати та після належної переробки «примушувати» слугувати людству. Змінювати матеріальні предмети або виконувати з ними певні дії поза власним тілом силою думки можливо лише в науковій фантастиці або в псевдонаукових містифікаціях.

Мозкові процеси мислення супроводжуються електричною активністю, яка локалізується у різних місцях мозку, що дозво-

4.28. Роль назв у математиці як утворенні чистого розуму

ляє в певному сенсі розрізняти ці процеси за змістом, зокрема, ті, які відповідають за моторику людських кінцівок⁴⁵⁸. Нейробіологи в співпраці з фахівцями з електротехніки та програмістами створюють датчики і програми, які здатні перетворювати «хаос» дуже слабких електромагнітних імпульсів в інструкції для «штучних» кінцівок виконувати рухи, на які нездатні паралізовані природні кінцівки інвалідів.

Метафорично кажучи, «сила» думки не розповсюджується безпосередньо на світ матеріальних предметів, але вони їй підкоряються опосередковано за допомогою умоглядних предметів, у тому числі назв математичних реалій, внаслідок їх перетворень. Чим більше матеріальні предмети виходять за межі можливості їхнього сенсорного сприйняття, тим більше при їх пізнанні стає необхідною потреба у використанні певних математичних реалій. Тобто математичні реалії використовуються не як засоби матеріально-практичного оперування з матеріальними предметами, а як засоби умоглядного, але за певними строгими та точними правилами оперування з назвами цих предметів. Тому відсутня необхідність розглядати відношення між матеріальними та математичними реаліями через призму відображення другими перших.

З аналогічної причини не має сенсу розглядати подібні репрезентативні відношення між сучасним високотехнологічним виробом, наприклад комп'ютером, та тими устаткуванням і технологіями, за допомогою яких його було створено. Для користувача важливо лише те, наскільки успішно й швидко комп'ютер допомагає розв'язувати практичні та наукові завдання. Слід також підкреслити, що так само, як і при виробництві сучасного смартфона, коли використовується вся міць передових технологій, так і при науковому тлумаченні певного матеріального предмета, зокрема так званих гаджетів, використовується велика кількість математичних реалій⁴⁵⁹. На цю обставину зазвичай не звертають увагу.

Ясно, що безпосередньо оперувати з математичними реаліями не можливо за допомогою матеріальних предметів. Але за допомогою матеріальних реалій можливо оперувати з матеріальними знаковими позначеннями математичних реалій, як це відбувається, скажімо, коли проводять обчислення або за допомогою ручки та паперу, або за комп'ютерними програмами⁴⁶⁰. Таким чином, у певному сенсі зі специфічними матеріальними назвами математичних предметів зараз успішно працюють комп'ютери, в яких ці назви репрезентуються за допомогою різних мов програмування.

З іншого боку, оперування з назвами математичних реалій відбувається за допомогою особливих умоглядних дій, яким навчаються під час вивчення різних систем математичного знання.

Тексти та назви, що містяться в них, спрямовують мислення та утворюють його певні форми. Нова форма мислення виникає, коли пов'язані з нею назви засновують відносно стабільну в часі конструкцію, яка опанована не лише науковцем-автором тексту, а й іншими його колегами. Звісно, для цього необхідними є наявність певних розумових здібностей та попередніх знань про цю науку та споріднені галузі знань. Кожен має право залучитися до науки, але не кожен здатний долучитися до неї. «Багато званих та мало обраних». Процес формування нової системи мислення безумовно є творчим і, якщо брати науку в цілому, то він ніколи не закінчується в свідомості науковців — творців нового знання. Якщо загострити, то це означає, що немає навіть уявного існування математичних реалій без існування певних математичних текстів, які побудовані за відповідними правилами.

Дискусійний з часів *Платона* онтичний статус математичних реалій у сенсі їхнього попереднього апріорного існування не може затьмарити того тривіального факту, що вони вперше якимось чудом виникають у свідомості певного окремого математика. Але в обіг вони входять лише після появи текстового (в широкому сенсі тлумачення терміну «текст») опису, тобто оприлюднення назв та описів цих реалій або тверджень про їх існування. Джерелом відомостей можуть бути передсмертні записки (*Еварист Галуа*⁴⁶¹), поля книги (*П'єр Ферма*⁴⁶²), приватні листи (*Карл Гаусс*⁴⁶³), статті у фахових журналах, монографії, праці конференцій тощо. Тільки після цього їх можуть подумки обмірковувати, уточнювати, класифікувати та розщеплювати на фрагменти. А відтак отримані результати знову викладаються у текстовій формі самими авторами або їх колегами — професійними дослідниками.

Аналогічно літературним персонажам математичні реалії немовби існують в нашій свідомості через їх назви. Таке розуміння математичних реалій природно пояснює існування багатьох різних тлумачень їхньої природи — їх прибічники спираються на різні текстові варіанти, які дають різне текстуальне оточення синонімічних назв конкретної математичної реалії.

У певному сенсі шлях пізнання багатьох, особливо новонароджених, математичних реалій є протилежним шляху пізнання матеріальних предметів, який переважно йде від самих предметів до

4.28. Роль назв у математиці як утворенні чистого розуму

утворення їх назв. Матеріальні реалії, принаймні почуттєві, пізнаються шляхом збору та аналізу інформації про їх почуттєві та/або емпіричні прояви. Натомість пізнання математичних реалій найчастіше відбувається через початкове умоглядне конструювання нових назв із вже існуючих назв інших математичних реалій та ментального конструювання нових математичних реалій для цих нових назв.

Один із можливих формальних описів мало дослідженого та цілком імовірно нескінченного процесу конструювання одних математичних реалій на базі назв інших реалій дає узагальнення⁴⁶⁴ шкали множин Бурбаки⁴⁶⁵ або суперструктур і нестандартного універсуму⁴⁶⁶. Тут, до речі, використане уявлення про своєрідний сценарій побудови нових математичних реалій. Такі сценарії конструюються на основі вже існуючих назв та правил побудови з них нових назв. У разі майстерно та вдало створеного сценарію його втілення в життя призводить до утворення нових назв, які з часом починають тлумачитись як назви нових математичних предметів. Нові назви мовби створюють нові математичні реалії, витягаючи їх із небуття. Новий сценарій має бути узгодженим із вже наявними та визнаними більшістю математиків сценаріями, написаними за допомогою вже відомих назв математичних предметів. Ідеться про конструювання такої математичної реалії, яка має відповідати новій введеній в обіг назві, тобто мати ті атрибути, які «впливають» зі способу її побудови з попередньо відомих математичних реалій. На відміну від кінематографічного сценарію, втілення якого припускає майже безмежний спектр режисерських творчих фантазій, втілення справжнього математичного сценарію, хоча й не є однозначно детермінованим, обмежено жорсткими умовами та правилами, притаманними самій математиці як певній галузі людської діяльності.

4.28.17. Залежність уявлень про математичні реалії та їх назв від систем математичного знання та їх розвитку

Переводячи подих, зосередимо увагу на відношенні назв до позначених ними реалій. Виділити та досліджувати ці відношення в математиці заважають декілька обставин. Перша — це розгляд математиками та відповідними філософами математичної науки в цілому, без виокремлення систем математичного знання та

з'ясування їх будови. Друга — це укорінене змалку переконання, що за своєю суттю математика має справу із зовсім іншими інтерсуб'єктивними реаліями вивчення, ніж природничі науки. Це так і є для «чистої» математики, тобто із застереженнями, які ми навели вище, але із цього факту часто робиться висновок, що системи математичного знання мають бути побудовані інакше, ніж системи природничого знання. Третя — це інша, прямо протилежна, розповсюджена в свідомості натуралістів та філософів науки думка, що саме будова систем математичного знання має слугувати зразком для систем природничого знання. Одним з наслідків прийняття за основу останньої думки є відкидання при звертанні до систем наукового знання тих їх складників, які не вкладаються в аксіоматичне прокрустове ложе. Ці укорінені в свідомості натуралістів та математиків, не кажучи вже про пересічних громадян, погляди не враховують, що системи природничого знання є завжди відкритими до змін та не можуть інтерпретуватися як моделі у сенсі метаматематики формалізованих систем математичного знання⁴⁶⁷.

Американський фізик *Річард Фейнман* писав: «Отже, вчені звикли мати справу з сумнівами та невизначеністю. Всі наукові знання є невизначеними. Цей досвід сумнівів та невизначеності є важливим та має велику цінність і не лише наукову. Я вважаю, що для вирішення будь-якої проблеми, яка ніколи раніше не вирішувалась, вам потрібно залишити трошки відчиненими двері. Ви повинні припустити можливість того, що зроблене вами не обов'язково є правильним. І для досягнення прогресу надзвичайно важливо, щоб ми погодилися із цим незнанням та цим сумнівом. Оскільки ми сумніваємось, то тоді пропонуємо шукати нові напрямки для нових ідей. Отже, те, що ми сьогодні називаємо науковим знанням, є сукупністю тверджень різного ступеня вірогідності. Деякі з них є найбільш невизначеними; деякі з них є майже визначеними; але жодні не є абсолютно визначеними. Науковці до цього звикли. Сумнів безумовно є цінністю в науках»⁴⁶⁸. З певною засторогою можна навіть стверджувати, що абсолютна строгість, безумовно цінна для математики, значною мірою втрачає свою вагу у разі застосування до природничих наук, а самі істини природознавства стають відносними та умовними, утім не втрачаючи свою велич.

Поза усвідомленням багатьох математиків та філософів досі залишається принципова обставина, що зміна та удосконалення

систем математичного знання, як і аналогічні процеси з системами природничого знання, породжують також зміни уявлень про математичні реалії. З часів появи назви «математика» уявлення математиків про то, що вивчає їх наука, еволюціонували не менше, ніж уявлення фізиків про фізичний світ або біологів про біологічний світ, хоча загальні назви конкретних наук залишилися незмінними.

4.28.18. Різновиди математики

У математиці вихід за межі стандартних уявлень про неї сприймається як створення нового виду математики, яка «породжує» нові, раніше непередбачувані математичні реалії. Так сталося з формуванням так званої інтуїціоністської математики. Її прихильники, зокрема, відмовляються від визнання закону виключного третього, за яким кожне математичне твердження може бути або істинним, або хибним⁴⁶⁹. Зустрічаються в математичній науці також різні сценарії з позірно синонімічними назвами, проте (як з'ясовується згодом) все ж-таки відмінних математичних реалій і відповідних математичних універсумів. Прикладом може слугувати вже згаданий нестандартний аналіз.

Іншим яскравим прикладом «нової» математики є спроба побудувати її на ґрунті так званих нечітких множин⁴⁷⁰. Засновник звичайної теорії множин німецький математик *Георг Кантор*⁴⁷¹ фактично визначав певну множину через задання її характеристичної функції, тобто функції приналежності будь-яких елементів з деякого заздалегідь фіксованого універсуму (предметної галузі) до певної їх множини. Ця функція приймає значення 1 для елементів, які входять до неї, та значення 0 для решти елементів, які до неї не входять. Засновник теорії нечітких множин американський математик *Лотфі Заде* змінив форму характеристичної функції для нечіткої множини та став тлумачити її як характеристику *ступеня* приналежності елементу множини. Тобто припускається, що елементи входять до нечіткої множини з різним ступенем імовірності⁴⁷². Легко збагнути, що звичайні множини (в дусі *Кантора*) є окремим (граничним) випадком нечітких множин. Прикладом звичайної множини є сукупність студентів, яка прослухала курс лекцій з деякої дисципліни, а прикладом нечіткої множини — множина студентів, яка зрозуміла їх зміст чи бодай якісь фрагменти лекцій. Ступінь приналежності студентів до такої нечіткої множини може вимірюватися оцінками, отриманими під час іспиту.

Важливість теорії множин та її різних формальних варіантів полягає в тому, що значна кількість математиків розуміє множини (точніше їх назви) як будівельні цеглинки для конструювання інших математичних реалій (точніше їх назв). Тому виникнення і визнання теорії нечітких множин та її різновидів як легітимних математичних дисциплін є цікавим із точки зору перспектив розвитку різних видів математики. Виникнення та розвиток теорії іменованих множин⁴⁷³ теж відкриває нові можливості для зміни правил побудови нових математичних реалій, принаймні в плані узагальнення запропонованих раніше теорій множин⁴⁷⁴.

Таким чином, є підстави вважати, що математичні реалії існують як уявні денотати назв, якими згідно з існуючими правилами оперують математики. Тобто математичні реалії існують лише для тих, хто знає та виконує певні, загальні для всієї математики і специфічні для її окремих систем знання, правила дій із їх назвами. Навіть більше: вони існують, поки ними оперує свідомість математиків та долучені спільноти, коли вони замислюються про ці реалії.

Математичні реалії в цьому сенсі (цією аналогією аж ніяк не варто зловживати!) подібні до фізіологічних процесів мислення, які ми можемо досліджувати, головним чином лише спостерігаючи за їх результатами, представленими у вигляді думок. Головна відмінність між цими процесами та процесами математичного мислення полягає в тому, що математики, принаймні, можуть свідомо оперувати з текстами про математичні реалії та оприлюднювати ці операції й їх результати, тоді як фізіологічні процеси мислення здійснюються поза нашою свідомістю та поки що (?) знаходяться за межами свідомого контролю і традиційного емпіричного наукового дослідження. Варто зауважити, що здатність мислити має певне генетичне підґрунтя, але якість мислення залежить від уроджених здібностей як суто генетичного чинника⁴⁷⁵ та від умов соціалізації людини, зокрема від якості отриманої освіти.

4.28.19. Сценарії математизації науки

Отже, розробка специфічних онтично-називних підсистем була й залишається важливим завданням для систем знання будь-якої науки. Проте часто ці підсистеми ховаються під іншими назвами (іменами). Як показано вище, особливу цікавість у цьому сенсі становить математика, яка є окремим розділом наукового

4.28. Роль назв у математиці як утворенні чистого розуму

знання загального користування. Він знаходиться поза природничими науками, але є невід'ємною частиною їх теоретичного апарата⁴⁷⁶. До того ж частиною (або специфічним видом) математики є вже згадувана вище «прикладна математика»⁴⁷⁷, під якою часто розуміють як інженерні науки (наприклад, опір матеріалів⁴⁷⁸ чи гідравліку⁴⁷⁹, які є відгалуженнями теоретичної механіки⁴⁸⁰), так і певні обчислювальні науки⁴⁸¹, що знайшли своє місце в царині власне фізики.

Ясна річ, що вихідні положення цих наук та перевірка правильності застосовуваних моделей⁴⁸² (запропонованих у сиву давнину чи нещодавно) були зумовлені експериментом, тобто природними (фізичними) властивостями матеріального середовища. Розв'язуючи складні задачі, математики іноді відволікаються від витоків і перетворюють цілі розділи фізики на окремі математичні науки. Тому з точки зору зв'язку з природою ці науки можна було б навіть вважати квазіфізичними та квазіматематичними. Звісно, зміна атрибуції в цьому випадку аж ніяк не впливає на сутність справи, залежачи переважно від смаку науковців та їх базової освіти. Тобто достеменно визначити, що якийсь фрагмент діяльності належить до фізики, а якийсь — до математики, буває доволі важко⁴⁸³.

Автори цього тексту, керуючись «фізичним» (або, ліпше сказати — природничим) шовінізмом тяжіють до думки, що будь-який ухил математики у бік фізики означає «перетворення» математичної дисципліни на розділ фізики. Натомість існує інша, дуже поширена точка зору, що саме математика торує шляхи до фізичних відкриттів⁴⁸⁴, про що ми вже писали вище. Насправді, це є емоційним перебільшенням, пов'язаним, зокрема, з напівсвідомим ототожненням явищ та предметів матеріального світу із математичними реаліями, за допомогою яких останній намагаються описати⁴⁸⁵. Звісно, наше твердження зовсім не скероване проти математиків, які беруться за розв'язок складних фізичних задач, а, отже, заслуговують на всіляку повагу та шанування.

Прикладом того, як «невідкриття» певної фізичної теорії (в даному випадку спеціальної теорії відносності) було наслідком нехтування суто фізичним поглядом на часопростір, можна вважати відсутність вирішального успіху в цій царині у *Пуанкаре*. Різні інтерпретації цієї суперечливої історії, де називна підсистема неодноразово змінювалася залежно від розуміння проблеми, можна знайти в багатьох джерелах⁴⁸⁶.

Ще одним важливим аспектом «взаємодії» математики та навколишнього світу, включаючи як природу, так і людське суспільство, є вплив цього суспільства на *вибір* задач, а, отже, на *вибір* напрямів розвитку математики⁴⁸⁷. Тому зворотний зв'язок суспільного гатунку завжди в той чи інший спосіб корегує математичний поступ, а математики є частиною освіченої верстви населення цивілізованих країн. Водночас при розв'язуванні конкретних математичних чи фізичних задач науковець має здійснювати зворотний зв'язок методом самоконтролю з урахуванням необхідності задовольнити граничні умови.

Предметні галузі системи природознавчого знання є об'єктивними та матеріальними в тому сенсі, що реалії, які до них входять, існують незалежно від дослідників. Натомість предметні галузі численних систем математичного знання є творінням людського розуму. Незважаючи на цю різницю, онтично-називні підсистеми математики мають таку ж багаторівневу будову, що й онтично-називні підсистеми природничих наук. Зазначимо, що незалежні від дослідника (спостерігача) предмети можуть бути пізнані лише за допомогою розуму цієї людської особи. Пізнання це, в свою чергу, неминуче спиратиметься на кількісні дані про властивості та співвідношення, отримані під час експерименту чи спостереження⁴⁸⁸.

Створені математичним мисленням реалії (структури) так само не є довільними продуктами творчої фантазії, як і фізичні, тобто природні реалії. Після «народження», точніше текстового оприлюднення вони стають об'єктивними в плані їх перетворення в реалії, маючи до того ж потенціальну здатність до виходу за межі буденного розуму, бо позбавлені логічних суперечностей і утворюють певні, не порожні сукупності з цікавими (спочатку лише для авторів, а згодом і для колег) атрибутами. Дуже важливо усвідомлювати, що попри абстрактність математичних реалій вони з часом знаходять безпосереднє застосування у фізиці, в якій безперервно виникає потреба в більш складному апараті математичного аналізу. Це не дивно, бо людський розум є розум істоти, яка виникла в природі та є частиною природи, а тому «надзвичайна ефективність математики» при розгляді проблем природничих наук⁴⁸⁹ стає зрозумілою, принаймні, із загально-філософської точки зору.

Аби уникнути неправильного тлумачення зазначимо наступне. Й фізичне, й математичне знання про відповідні реалії поступово отримується та накопичується науковцями. Але тут існує

певна принципова різниця. Під час розвитку галузі природничого нематематичного знання змінюються й наукові уявлення про досліджувані предмети. Проте факт еволюції системи науково-природничих знань та уявлень про предмети дослідження аж ніяк не означає, що об'єктивне існування предметів ставиться під сумнів. Це не так щодо математичних реалій, хоч умоглядні уявлення про них теж змінюються зі зміною систем знання про них. Це так само може оцінюватися як аргумент на користь умоглядності математичних реалій. Ступінь відмінності математичних поглядів на числа античних греків та сучасних математиків⁴⁹⁰ не менша, ніж ступінь розбіжностей у поглядах на атоми тих же давньогрецьких матеріалістів⁴⁹¹ та сучасних фізиків⁴⁹².

Більш сучасним прикладом трансформації уявлень про складну математичні реалію, точніше систему взаємопов'язаних реалій, є числення⁴⁹³. Проте зміна поглядів на математичні реалії означає перебудову цих реалій або створення поряд з ними інших реалій, у назвах яких застосовуються назви старих реалій. Колись геометрія ототожнювалася з евклідовою геометрією, потім були побудовані неевклідові геометрії, за якими «з'явилися» ніби з небуття ріманова геометрія, симплектична геометрія, фінслерова геометрія тощо. Дана обставина свідчить про умоглядність математичних реалій та їх залежність від умов їх реалізації та від свідомості їхніх творців.

На нашу думку, було б гносеологічною похибкою надавати математичним реаліям непідвласний людині онтологічний статус, який не залежить від рівня розвитку математики. Математичний світ, який конструювали античні греки, відрізняється від математичного світу, який будують сучасні математики, а майбутній світ відрізнятиметься від сучасного. Наприклад, для видатного старогрецького математика *Піфагора*⁴⁹⁴ та його учнів математичний світ складався з двох незалежних підсвітів — світу чисел та світу плоских і тривимірних геометричних фігур. Відкриття уявних чисел та багатовимірних геометричних фігур суттєво змінили кожний із вказаних підсвітів, які до арифметизації геометричного світу французьким математиком і філософом *Рене Декартом*⁴⁹⁵ вважались незалежними один від одного. З того часу було створено велику кількість математичних реалій, які були невідомі ані *Піфагору*, ані *Декарту*, змінився опис цих реалій, були встановлені нетривіальні зв'язки між ними, побудовані справжні математичні матерії та продовжують будуватися нові.

Уявлення про математичні реалії, які існують і поза матеріальним світом, і поза свідомістю науковців у незмінній формі на так званих платонівських небесах, спростовуються розвитком математики й різними картинами математичного світу. Його мапи, складені в різні часи видатними математиками, суттєво різняться між собою. Відтак, важко повірити в те, що вони є мапами того самого незмінного математичного світу. Скоріш за все, вони є мапами уявлень творців математичного знання про свою науку та її розвиток, притаманними свідомості кожної залученої до картографічної діяльності особи. Зацікавленому читачеві радимо порівняти три такі мапи, запропоновані сучасними математиками⁴⁹⁶, кожний із яких переконаний, що розповідає про математичний світ *per se*.

Водночас як у природничих, так і в математичних науках простежується тенденція перейти від назв, які мають чуттєві прообрази, до більш абстрактних назв, які зрозумілі лише фахівцям. Це свідчить про перехід природознавців і математиків до досліджень предметних галузей, які не містять матеріал чуттєвої наочності, навіть якщо терміни позичені із повсякденної мови. Прикладами з фізики можуть слугувати так звані «кольори» кварків⁴⁹⁷, а з математики — кільця, тори, перетини, околиці, границі, межі, близькість, гладкість, кривизна, групи тощо⁴⁹⁸.

4.28.20. Три основні онтично-називні підсистеми систем математичного знання

Повернімося до радикальних змін онтично-називної підсистеми математики в цілому. Дослідники розвитку математики⁴⁹⁹ фактично виокремлюють впровадження впродовж її історії трьох основних онтично-називних підсистем: *риторичної*, *синкопної* (від старогрецького слова «синкопа», що означає скорочення, обрубок) і *символічної*.

Риторичний або словесний рід онтично-називної підсистеми використовує для позначення математичних реалій, які створює та досліджує математика, слова повсякденної мови та їх комбінації. Наприклад, терміни «точка», «лінія», «кількість», «додавання», «простір», «перетворення», «рівність» тощо.

Синкопний рід цієї підсистеми позначає ці структури окремими літерами або скороченнями звичайних слів, якими йменують ці структури. Вона, зокрема, характерна для елементарної ге-

4.28. Роль назв у математиці як утворенні чистого розуму

ометрії⁵⁰⁰. В цьому сенсі синкопною є й запропонована видатним шведським хіміком *Якобом Берцеліусом*⁵⁰¹ система назв хімічних елементів.

Символічний рід онтично-називної підсистеми використовує символи у вигляді окремих літер із абеток природних або штучних мов та спеціально винайдені символи на кшталт символів, якими позначають арифметичні операції додавання (+) та множення (×) чисел. Основи цієї системи заклав видатний французький математик XVI століття *Франсуа Вієт*⁵⁰². Сучасна математика користується всіма трьома системами, в чому дуже просто пересвідчитися, занурившись до будь-якого шкільного або університетського підручника з математики.

4.28.21. Підсумковий погляд на онтично-називну систему математичного знання

У даному розділі математичні реалії розглядалися як складники предметних галузей відповідних систем математичного знання. Ми вважаємо, що у своїй ментальній іпостасі ці системи за допомогою наявних та нових назв реалізують специфічне мислення про позначені назвами умоглядні математичні реалії. В деяких «щасливих», але не в усіх випадках ці реалії визнають інші математики, які починають досліджувати їх та уточнювати знання про них. Тобто ці умоглядні реалії з початком їх дослідження набувають ознаки існування, визнаного всією математичною спільнотою, або її частиною. В цьому сенсі математика схожа на середньовічну демонологію, яка «успішно» досліджувала вигаданих істот⁵⁰³. Але оскільки математика є важкою для сприйняття неосвіченими та не занадто здібними особами, ті талановиті люди, які мали хист займатися нею фахово, завжди зупинялися в належних місцях, не втрачаючи стримувальний зв'язок струнких вигаданих мислених систем із здоровим глуздом.

Дійсно, впродовж віків виникали перші системи математичного знання, які ставилися до описуваних ними математичних реалій як до абстракцій від кількості почуттєвих речей (числа) та їх атрибутів (плоскі або просторові фігури). Проте сучасній математиці більш притаманне конструювання нових математичних реалій через посередництво назв вже наявних реалій та їх атрибутів. Певним аналогом експериментування природознавців із матеріальними реаліями в математиці є дії з назвами математичних реалій та їх

атрибутів. «Вживають» лише ті гіпотетичні реалії, нові дії з якими узагальнюють раніше відомий спектр дій з попередніми реаліями та створюють нове коло реалій, що розширює математичний світ. Прикладом є дії з комплексними числами, які дають змогу робити з числами раніше неприпустимі дії. Нагородою за це часто-густо є виникнення практичних застосувань, про які на початку досліджень навіть і не мріялось. Але інколи геніальні люди створювали цілі нові математичні галузі «під практику». Тоді математичні химерні побудови виявлялися наслідком суто практичних потреб, що, звісно, не зменшувало їх наукову та естетичну цінність.

Такою родзинкою «оберненого процесу» створення математичного апарата, виходячи з практики, було винайдення англійським фізиком і інженером *Олівером Гевісайдом*⁵⁰⁴ операційного числення⁵⁰⁵. До речі, *Гевісайд* вважав математику експериментальною наукою, яку треба викладати, саме виходячи з цього. Таким чином, він намагався звести всю математику до прикладної (про яку ми міркували вище). Це, певна річ, є перебільшенням, але трагічні обставини життя вченого, коли операційне числення відкидали через брак обґрунтування, значною мірою виправдовують гіркоту його висловів щодо опонентів. З цього приводу значимо, що операційне числення *Гевісайда*, спонукане практикою розв'язування диференціальних рівнянь теоретичної електротехніки, з'явилося спочатку як математична реалія в його світлій голові, а лише трохи згодом стало основою багатотомних текстів.

Таким чином, нові математичні реалії є породженням систем математичного знання, створених математиками раніше, які, в свою чергу, мають таку ж складну та тривалу історію⁵⁰⁶. Вони не з'являються як *Афіна Паллада* з голови *Зевса* та, на нашу думку, не відкриваються в такий же спосіб, як планети або атоми, а є уможлядними продуктами розумової діяльності багатьох поколінь математиків. Ці продукти постійно удосконалюються різними спільнотами математиків, які змінюють одна одну ідеологічно та суто біологічно. Ось чому уявлення сучасних математиків про числа або геометричні реалії відрізняються від уявлень великих стародавніх греків *Піфагора* та *Евкліда*⁵⁰⁷. Може саме через швидкоплинні зміни навколо природи математичних реалій ось вже більше двох тисячоліть продовжуються запеклі суперечки, коли вони тлумачаться іноді з протилежних світоглядних позицій самими математиками, філософами науки й математики, теологами, діячами культури й освітянами⁵⁰⁸.

4.28. Роль назв у математиці як утворенні чистого розуму

Крім того, й серед сучасних математиків та філософів математики є різні відповіді на сакраментальні запитання: «Що таке число?»^{509–514} або «Що таке геометрія?». Розбіжності у відповідях пояснюються різною освітою, різними національними та персональними науковими школами, філософськими переконаннями, спектром математичних, природничих та практичних завдань, які вирішуються за допомогою конкретної системи математичного знання тощо. Наприклад, вельми здатний до створення нових систем математичного знання німецько-американський математик *Герман Вейль* стверджував, що «людина є субстанційною істотою; слова нашої мови мають значення зі змінними тонкими нюансами; тони наших музичних композицій мають свої чуттєві якості. Але числа не мають ні суті, ні значення, ні якостей. Вони ні що інше, як знаки, і все, що є в них, ми вклали в них за допомогою простого правила прямої послідовності»⁵¹⁵. На нашу думку, він ототожнив числа з певною множиною їх назв, що дало йому можливість уникнути відповідь на питання про онтичний статус чисел. Останні й насправді у всьому світові позначаються за допомогою цифр, а у випадку важливих з певної точки зору чисел — за допомогою окремих індивідуальних назв типу π .

Фактично *Вейль* редукує системи математичного знання до їх називних та операційних підсистем логічного гатунку. Помітний крок у цьому напрямі формалізації математичного знання було зроблено британськими математиками *Альфредом Вайтхедом* та *Бертраном Расселом* в їх епохальній праці *Principia Mathematica*⁵¹⁶. Побудована ними формальна система складається «виключно з символів [назвами, які нічого не позначають, крім самих себе — *OG, BK*], аксіоми складаються з рядків цих символів, а застосована логіка складається з точних правил маніпулювання цими символами, щоби створити нові рядки символів. Ці нові рядки є теоремами системи без жодного значення. До речі, завдяки цій прихильності до надзвичайно абстрактної строгості знадобилося кілька сотень сторінок такої маніпуляції символами, щоби дійти висновку, який є еквівалентом “ $1 + 1 = 2$ ”, де кожен термін у рівнянні є лише символом або рядком символів»⁵¹⁷.

Не маючи достатньої компетенції для професійного оцінювання змісту та обґрунтованості полеміки у фаховому математичному середовищі щодо можливостей та наслідків сучасних версій різних програм формалізації та аксіоматизації математики, зауважимо, що в цій полеміці стверджується, що за програмою аксіо-

матизації математики *Н. Бурбакі* кількість сторінок, яка потрібна для доведення цієї рівності, є значно більшою.

«Згідно з полемічною статтею *Адріана Матіаса*⁵¹⁸ *Роберт Соловей* показав, що визначення *Бурбакі* числа 1 написано з використанням формалізму у виданні *Theorie des Ensembles* 1970 року, вимагає 2, 409, 875, 496, 393, 137, 472, 149, 767, 527, 877, 436, 912, 979, 508, 338, 752, 092, 897 $\approx 2,4 \times 10^{54}$ символів і 871, 880, 233, 733, 949, 069, 946, 182, 804, 910, 912, 227, 472, 430, 953, 034, 182, 177 $\approx 8,7 \times 10^{53}$ сполучних ланок, які використовуються при обробці зв'язаних змінних. *Матіас* зазначає, що у разі 80 символів на рядок, 50 рядків на сторінці, 1000 сторінок на книгу це визначення заповнило би 6×10^{47} книг. Якби кожна книга важила кілограм, маса цих книг була б приблизно в 200 000 разів більше за масу Чумацького Шляху. Він припускає, що “доказ *Бурбакі* $1 + 1 = 2$ ”, написаний на папері, не поміститься у спостережуваному Всесвіті»⁵¹⁹.

Цитуємо далі: «Ці розрахунки були здійснені *Хосе Грімом*; див.[⁵²⁰], а також[⁵²¹]. За однією з версій оригінального формалізму *Грім* отримує:

16420314314806459564661629306079999627642979365493156625 $\approx 1,6 \times 10^{55}$... Розбіжність із числом *Соловея*, ймовірно, пов'язана з якоюсь тонкою різницею в інтерпретації деяких деталей. Зауважте, що англійський переклад *Бурбакі* вносить деякі “невеликі” зміни, і *Грім* отримує зовсім інше значення: 5733067044017980337582376403672241161543539419681476659296689 $\approx 5,7 \times 10^{60}$ »⁵²².

Ошелешені таким станом речей у «хімічно чистих» математиків, ми з полегшення можемо перейти до їх практично налаштованих колег. Отже, інші відомі математики, сфера діяльності яких включала не лише розвиток систем математичного знання, а й їхнє практичне застосування в системах природничого знання (згадаймо *Гевісайда!*), висловлюють еретичну для математичних формалістів думку про важливість експериментальних методів у математиці⁵²³. Ясна річ, що подібні методи не могли би застосовуватись для аналізу чисел та побудованих на їх основі інших математичних реалій, якщо числа були би лише знаками, тобто якимись малюнками на папері.

Виокремлюючи системи математичного знання, ми вважали об'єкти з їхніх предметних галузей реальними в такому вищезгаданому сенсі, в якому реальними для читача роману або глядача театральної вистави є їх персонажі. Тому ми й називаємо їх мате-

4.28. Роль назв у математиці як утворенні чистого розуму

матичними реаліями. Ще раз підкреслимо, що, на відміну від читача художнього твору, слухача симфонії чи глядача театральної вистави, які не мають можливості втручатися в те, що вони читають, слухають та бачать, інші математики після ознайомлення з текстом математичного трактату здатні його корегувати, удосконалювати, застосовувати, розвивати та навіть ідейно «знищувати». Яскравим прикладом цього є знаходження суперечностей у побудованій *Кантором* змістовній, «наївній» теорії множин⁵²⁴.

Для того щоб результати такого активного втручання в системи математичного знання стали відомими іншим математикам, вони мають бути оприлюднені в текстовому вигляді або в аудіо-чи відеозаписі. Можна навіть стверджувати, що аналогічно правовій максимі про те, що закон набуває юридичної сили лише після свого оприлюднення (промульгації), створена одним професіоналом математична реалія починає своє текстове та ментальне існування для інших математиків лише тоді, коли її опис стає їм відомим.

Цей розділ обмежений розглядом деякої інформації щодо систем засадничого математичного знання про числа під кутом зору їхньої загальної онтично-називної підсистеми. Проте розуміння того, чим є числа, визначає тлумачення інших, значно складніших математичних реалій. Несподівано виявлено, що система елементарної «арифметичної» теорії чисел дуже подібна за будовою до систем природничого знання⁵²⁵. Ця обставина відкриває нові перспективи щодо розгляду вічних філософських питань про математику та її природу, види, будову, функції та взаємозв'язки математичних реалій і відповідних систем математичного і нематематичного знання. Тобто, незважаючи на те, що за своїм онтичним статусом реалії, які вивчають природничі науки, відрізняються від реалій, які досліджують математики, відповідні системи знання мають подібну структуру.

Кожна з математичних реалій, мережа яких утворює предметну галузь відповідних систем математичного знання, вважається такою, що її початковий аналіз може здійснюватися за припущення її автономності. Це дає змогу, принаймні, спочатку досліджувати її атрибути та їх зв'язки незалежно від інших реалій. Для чисел, наприклад, це складеність з одиниць (так звані цілі числа) та відношення «більше, ніж», «менше, ніж» та «дорівнює». Для плоских замкнутих багатокутників, наприклад, це кількість сторін та відношення подібності й конгруентності.

З часом з'ясовуються важливі, заздалегідь не передбачені атрибути в раніше відомих реалій, зокрема їхні спільні риси, які можуть стимулювати поглиблення знання про відповідні первісні реалії та встановити між ними нетривіальні зв'язки⁵²⁶. Для чисел це означає, скажімо, виокремлення серед цілих чисел парних чисел, тобто таких цілих чисел, що без залишку діляться на два. Для трикутників це може бути залежність величини їх площини від значень довжин їх сторін⁵²⁷.

Складнішим прикладом пошуків важливих нетривіальних відношень не лише у межах однієї математичної галузі, а й між галузями, які вважаються різними, є запропонована американсько-канадським математиком *Робертом Ленглендсом* програма встановлення зв'язків між представленнями, автоморфними формами та групами *Галуа*⁵²⁸.

Знайдені атрибути первісних математичних реалій і відношення між ними можуть конституюватися як нові математичні реалії, що приводить до безупинного якісного та кількісного зростання універсуму математичних реалій. У випадку цілих чисел прикладом може слугувати утворення раціональних чисел за допомогою ділення цілих чисел, а у випадку геометричних фігур — конструювання замкнутих тривимірних фігур з певних плоских геометричних фігур. Найвідомішими з цих тривимірних фігур є правильні опуклі багатогранники максимально можливої симетрії. Тобто всі їх грані є рівними правильними многокутниками, а всі вершини є рівновіддаленими від деякої точки, яку називають центром⁵²⁹. Це — правильний тетраедр (чотиригранник), куб (шестигранник), октаедр (восьмигранник), правильний додекаедр (дванадцятигранник), ікосаедр (двадцятигранник). Їх також називають платоновими тілами, тому що *Платон* надавав їм онтичний статус, асоціюючи їх з «мікроскопічною» будовою фізичних стихій давньогрецької натурфілософії. Щодо кубів, як складників такої фізичної стихії як Земля, то внаслідок фрагментації твердих порід домінуючою формою фрагментів в тривимірному випадку є саме кубоїдна форма⁵³⁰.

4.28.22. Значення опанування назвами для вивчення математики

Наприкінці цього розділу звернемо увагу читачів, зокрема викладачів математики в загальноосвітній школі та у ЗВО, на численні педагогіко-дидактичні дослідження з питань викладання

елементарної та вищої математики⁵³¹. Ці розвідки асоціюють не-малу частину труднощів вивчення математики з опануванням назв її реалій та шукають шляхи їх подолання на ґрунті емпіричних досліджень процесів математичної освіти учнів. Сферою цих досліджень є західна філософія математичної освіти, яка, на нашу думку, має мало спільного з філософією освіти в її українській версії⁵³².

4.28.23. Декілька побіжних зауважень стосовно онтичної проблематики на рівні систем знання з різних наук

З необхідністю з'ясування онтичного та пізнавального статусу реалій, які позначаються певними назвами складників систем наукового знання та про які висловлюються за допомогою цих систем, стикаються не лише математики та філософи математики. Аналогічна проблематика виникає в природничих і суспільних науках при спробах перейти від змістовного буденного опису досліджуваних феноменів до їхнього розуміння, інструментами якого є системи знання, розвиненою формою яких слід вважати наукові теорії. Їхня пізнавальна цінність визначається передусім їх складниками, подібно до того, як споживчі якості автомобіля залежать від якості, надійності, корисності й зручності його частин і взаємодій між ними.

Як приклад стисло розглянемо під кутом онтичного статусу складники спочатку природничих, а потім юридичних наук. Останні не лише досліджують правові суб'єкти, інституції та відношення у суспільстві, але мають розробляти правові засоби покращення останнього, тобто його прогнозованого реформування.

Пізнавальною метою створення будь-якої природничої наукової теорії є опис, пояснення, розуміння та передбачення атрибутів, станів і закономірностей матеріальних реалій конкретної предметної галузі за фіксації умов її дослідження. Отримане знання про ці реалії рано чи пізно використовується й з практичною ціллю — для конструювання раніше відсутніх у природі артефактів, тобто так би мовити, реалій спеціального призначення, які задовольняють нові суспільні потреби.

Деякі теорії у фізиці, хімії та біології досягають цієї пізнавальної мети завдяки залученню до свого складу назв складників, які з пізнавальної точки зору є формами здобуття нового знання про

досліджувані реалії. Причому онтичний статус низки внутрішньосистемних складників, як і у математичних теоріях, є принаймні дискусійним. Прикладами є складники: «хвильова функція» у квантовій механіці, «орбіталь» у хімії та «еволюція» у біології. Такі назви дещо відрізняються від онтичних назв реалій з предметних галузей відповідних наук. У фізиці це такі назви, як «ядро» та «елементарна частинка», у хімії — «хімелемент», «молекула», у біології — «організм», «клітина» та «ген». У науковців немає сумніву в існуванні позначених цими назвами реалій. Проте, оперуючи саме зі складниками системи знання, позначеними переліченими вище внутрішньосистемними назвами, вчені здатні переконливо пояснити й описати реалії з відповідних предметних галузей. Тому й не дивно, що у філософії природничих наук жваво обговорюється проблема статусу в їх системах знання так званих теоретичних (непостережуваних) сутностей (понять, величин), яким нічого безпосередньо не відповідає в експериментальній та спостережуваній сфері^{533–537}.

Ще більш конструктивними, творчими є справжні суспільні та гуманітарні науки. Якщо використовувати термінологію *Ф. Ніцше*, то вони одночасно є й *аполлонівськими* та *діонісійськими*⁵³⁸. Перша їх ознака реалізується, коли вони намагаються досліджувати історичні та сучасні сфери суспільного й індивідуального буття людини та утворюють відповідні системи переважно описового знання про них. Їх часто теж називають теоріями, вважаючи зайвим уточнення того, чим є теорії. Друга ознака проявляється, коли на підставі отриманого соціального та гуманітарного знання владні еліти ці сфери переформатовують. Трагічним прикладом такого вкрай невдалого переформатування є революційна перебудова людини й суспільства на засадах марксистської теорії класового суспільства та вічної непримиренної боротьби з метою фізичного знищення ворожих, начебто паразитичних класів. Альтернативою такій насильницькій метаморфозі є покрокова еволюція з ретельним, всебічним об'єктивним осмисленням результатів попередніх кроків та економічно й соціально обґрунтованим прогнозуванням позитивних і негативних наслідків чергового запланованого кроку^{539, 540}.

Особливо важливу роль у цій еволюції займають право як соціальна інституція та юриспруденція як система правових наук. Юриспруденція може аналізуватися з різних боків та з різною метою. Зокрема *Роско Паунд* запропонував її тлумачення як науки

про соціальну інженерію: «Я запропонував розмірковувати про юриспруденцію як про науку соціальної інженерії, яка стосується тієї частини всієї сфери соціального контролю, яка може бути досягнута шляхом коригування людських відносин і впорядкування людської поведінки через дії політично організованого суспільства. *Право є організованим корпусом [систем! — ОГ, ВК] знань [курсів теж наш — ОГ, ВК]* щодо засобів задоволення людських вимог і очікувань, забезпечення інтересів шляхом виконання вимог чи бажань з найменшими тертями та марнотратством, наскільки це може бути здійснено правовим порядком; завдяки чому засоби задоволення/сатисфакції можуть бути спрямовані якомога далі. Завдання соціальних наук полягає в тому, щоб зробити цей процес задоволення людських вимог і очікувань, здійснення людських бажань постійно менш марнотратним. Вони прагнуть з'ясувати, як змусити цей процес протікати з меншим тертям і ефективніше задовольнити більшу сукупність запитів людини. Як одна із суспільних наук, юриспруденція має в своїй галузі з'ясувати, яка частина цього завдання може бути досягнута або перевищена правовим порядком і яким чином. Філософські юристи ХІХ століття зовсім не помилялися, думаючи про завдання примирення чи гармонізації. Справді, ця концепція є не останнім внеском *Канта* в науку права. Але вони не думали про процес. Вони прагнули до універсального абстрактного узгодження чи гармонізації, де сьогодні ми розуміємо процес, що дає не більше ніж компроміси чи корективи, правильні (оскільки ефективні) для певного часу й місця»⁵⁴¹.

Розгляд юриспруденції як знання з урахуванням його диференціації на взаємопов'язані специфічні системи знання дає можливість говорити про використовувані ними назви як їх складники. Не всі з них мають почуттєві кореляти у буденному сприйнятті соціального буття пересічною людиною.

З проблемою онтичного статусу деяких правових реалій, назви яких є у текстах законів, стикнувся засновник утилітаризму *Джеремі Бентам*. Розмірковуючи про те, що позначають правові назви на кшталт «юридичної особи» та «правової норми», він вважав їх референти/кореляти свого роду фіктивними/вигаданими (*fictitious*) сутностями, що не існують незалежно від правової системи, до якої вони вводяться. Під терміном *фікція* (*fiction*) він мав на увазі: «...один із тих видів об'єктів, про які в кожній мові для цілей дискурсу треба говорити як про існуючі, — говорити про них так само, як і про об'єкти, які насправді існують

і про існування яких серйозно йдеться, але без будь-якої небезпеки створення будь-якого переконання в тому, що вони мають, кожен для себе, будь-яке окреме або, строго кажучи, будь-яке реальне існування»⁵⁴².

Можливо однією з причин складності засвоєння систем правового знання громадянами, як і інших систем наукового знання, є застосування у них назв, які не мають безпосередніх відповідників у соціальному бутті. Нам невідомі спроби переформатування систем математичного та природничого знання з метою усунення з них складників, які є назвами реальій з сумнівним для пересічної людини онтичним статусом. Автори не мають тут на увазі популярне, вкрай потрібне подання таких систем, яке має просвітницьке значення, але не спроможне забезпечувати справжні пізнавальні функції отримання нового знання.

Проте щодо систем правового знання одна така спроба переробки з метою його наближення до сприйняття нефахівцями була зроблена в соціалістичній Польщі. Ось що пише відомий правник та філософ права *Лон Фуллер* про розмову з колишньою міністеркою юстиції. Вона розповіла, що «на початку комуністичного режиму докладалися серйозні та наполегливі зусилля для розробки законів, досить ясних, щоб їх могли зрозуміти робітники та селяни. Проте незабаром виявилось, що такої зрозумілості можна досягти лише ціною втрати тих системних елементів правової системи, які впорядковують її норми в одне зв'язане ціле й роблять їх придатними до послідовного застосування судами. Інакше кажучи, було виявлено, що надання законам форми, легко зрозумілої громадянам, має зворотній бік, а саме, робить їх застосування судами більш свавільним і менш передбачуваним»⁵⁴³.

Представники українських правничих наук беруть активну участь у розробці проектів так званого писаного права⁵⁴⁴. Після їх прийняття Верховною Радою України та оприлюднення вони стають частинами чинного законодавства. Розглянуті з точки зору їхнього текстового подання закони стають важливими чинниками не лише унормування, а й перетворення майже всіх сфер суспільного буття. В текстах юридичних законів, як і в математичних та природничих теоріях неминуче присутні назви, онтичний статус яких є дискусійним та які зрозумілі лише особам зі справжньою (а не фіктивною) освітою. Спроби позбавитися таких назв з метою зробити право більш зрозумілим широкому загалу були би безуспішними та марними, як це й відбулося свого часу в Польщі.

4.29. Бібліографія та коментарі

Отже, професійні назви відіграють настільки суттєву роль у наукових системах знань, що є невід'ємною їх частиною. В природничих науках відмінність називного корпусу від сукупності буденних термінів викликає в невтаємничених громадян лише роздратування та позіхання. Натомість в юриспруденції термінологічна нечіткість може цілком імовірно призвести до соціальних негараздів.

4.29. БІБЛІОГРАФІЯ ТА КОМЕНТАРІ

¹ S. Webb, *Clash of Symbols. A Ride Through the Riches of Glyphs* (Springer, Cham, 2018).

² Е. Н. Панов, *Знаки, символи, язики* (Знання, Москва, 1983).

³ F. Suppe, *The Search for Philosophic Understanding of Scientific Theories*. In F. Suppe (ed.), *The Structure of Scientific Theories* (University of Illinois Press, Chicago, 1974), p. 51—52.

⁴ Поняття, якими послуговуються фізики, не є чіткими й однозначними [V. Kuznetsov, E. Kuznetsova, *Types of concept fuzziness*. *Fuzzy Sets and Systems*, **96** (2), 129—138 (1998)], що зумовлено природою речей та неможливістю простим чином описати багатофакторну дійсність. Тому «фізична мова» різних дослідників і різних шкіл відрізняється концептуальними акцентами та словниковим запасом. Певна річ, що й назви як неодмінна частина «мовної культури» фізиків відзеркалюють неминучі відмінності в сприйнятті дійсності (реалій). Зауважимо, що об'єднувальним чинником для фізиків усєї планети є математичне формулювання проблем, тобто використання універсальної мови природничих наук. Якими би розмитими не були описові діалекти фізичної мови, їх математичне представлення уніфікує та цементує науку, утім, не долаючи наявних розбіжностей у фізичному тлумаченні. Ситуація певною мірою аналогічна уніфікаційній ролі китайських ієрогліфів у об'єднанні різних мов синтетичного китайського народу: https://en.wikipedia.org/wiki/Chinese_language.

⁵ A. Gabovich, V. Kuznetsov, *Towards Periodizations of Science in the History of Science*. In F. Seroglou, V. Koulountzos (eds.), *Proceedings of 15th International Conference «History, Philosophy, and Science Teaching», ReIntroducing Science: Sculpting the Image of Science for Education and Media in Its Historical and Philosophical Background*, Thessaloniki, Greece, July 15th—July 19th, 2019, p. 585—594; V. Kuznetsov, *Is the Philosophy of Science a Science? From a View of the Ukrainian Philosopher of Science*. В *Філософські діалоги* 2018. Київ: Інститут філософії ім. Г. С. Сковороди НАНУ, 2019.

⁶ G. Deledalle, *C. S. Peirce. An Intellectual Biography* (John Benjamins, Amsterdam, 1990).

⁷ G. Sarton, *Introduction to the History of Science. From Homer to Omar Khayyam*. Volume 1. (Carnegie Institution, Washington; 1962); C. A. Ronan, *The Cambridge Illustrated History of Science* (Cambridge University Press, Cambridge, 1983); G. B. Ferngren, E.J. Larson, D.W. Amundsen, A.-M. E. Nakhla (eds.), *History of*

Science and Religion in the Western Tradition. An Encyclopedia (Garland, New York and London, 2000); R. M. Lawson, *Science in the Ancient World. An Encyclopedia* (ABC CLIO, Santa Barbara, California; Denver, Colorado; Oxford, England, 2004); A. Eisen, G. Laderman (eds.), *Science, Religion, and Society. An Encyclopedia of History, Culture, and Controversy*. In two volumes (M. E. Sharpe, Armonk, New York; London, England, 2007). D. C. Lindberg, R. L. Numbers (General eds.), *The Cambridge History of Science*. In 8 volumes (Cambridge University Press, New York, 2002—2018).

⁸ A. D. Beyerchen, *Scientists under Hitler. Politics and the Physics Community in the Third Reich* (Yale University Press, New Haven, 1977); Editorial, *Uncomfortable truths*. *Nature*, **434** (7034), 681 (2005); G. Fraser, *Science in a dictatorship*. *Physics World*, **25** (3), 46—47 (2012); V. R. Remmert, *In the service of the Reich: Aspects of Copernicus and Galileo in Nazi Germany's historiographical and political discourse*. *Science in Context*, **14** (3), 333—359 (2001); R. Siegmund-Schultze, *Mathematicians Fleeing from Nazi Germany. Individual Fates and Global Impact* (Princeton University Press, Princeton, 2009); M. Walker, *Nazi Science. Myth, Truth, and the German Atomic Bomb* (Springer, New York, 1995).

⁹ Ю. Н. Вавилов, *В долгом поиске. Книга о братьях Николае и Сергее Вавиловых. Издание второе, дополненное и переработанное* (ФИАН, Москва, 2008); А. А. Любищев, *О монополии Т. Д. Лысенко в биологии* (Памятники исторической мысли, Москва, 2006); М. Поповский, *Дело академика Вавилова* (Книга, Москва, 1991); А. С. Сонин, *Физический идеализм. История одной идеологической кампании* (Наука, Москва, 1994); G. E. Gorelik, V. Ya. Frenkel, *Matvei Petrovich Bronstein and Soviet Theoretical Physics in the Thirties* (Birkhäuser, Basel, 1994); A. B. Kojevnikov, *Stalin's Great Science. The Times and Adventures of Soviet Physicists* (Imperial College Press, London, 2004); L. J. Reinders, *The Life, Science and Times of Lev Vasilevich Shubnikov. Pioneer of Soviet Cryogenics* (Springer, Cham, 2018).

¹⁰ В. Кузнецов, *Наукова комунікація як чинник розвитку науки*. В Т. Гардашук (ред.). *Комунікативні трансформації в сучасній науці* (Інститут філософії ім. Г. С Сковороди НАН України, Київ, 2021).

¹¹ Н. Д. Арутюнова, Т. Е. Янко, Н. К. Рябцева (ред.), *Логический анализ языка. Языки этики* (Языки русской культуры, Москва, 2000); А. Вежицкая, *Понимание культур через посредство ключевых слов* (Языки славянской культуры, Москва, 2001); В. Л. Звегинцев, *Язык и лингвистическая теория* (Эдиториал УРСС, Москва, 2001); Р. Карнап, *Метод отношения именованя*. В Р. Карнап, *Значение и необходимость. Исследование по семантике и модальной логике* (ИЛ, Москва, 1959), с. 157—219; С. Кузнецов, *Краткая экскурсия по тропам, или Несколко способов взглянуть на корабль*. <https://discours.io/articles/culture/kratkaaya-ekskursiya-po-tropam-ili-neskolko-sposobov-vzglyanut-na-korabl>; Ю. М. Лотман, *Внутри мыслящих миров. Человек — текст — семиосфера — история* (Языки русской культуры, Москва, 1996); Ю. М. Лотман, *Семиосфера* (Искусство, СПб, 2000); М. Мерло-Понти, *Знаки* (Искусство, Москва, 2001); М. К. Петров, *Язык. Знак. Культура* (УРСС, Москва, 2004); Платон, *Кратил*. В Платон, *Сочинения в четырех томах*. Т. 1 (Изд-во С.-Петербурга. ун-та; Изд-во Олега Абышко, 2006), с. 421—502; Ю. С. Степанов, *Семиотика. Антология* (Академический проект, Москва; Деловая кни-

4.29. Бібліографія та коментарі

га, Екатеринбург, 2001); Ю. А. Шрейдер, *Логика знаковых систем (элементы семиотики)* (Знание, Москва, 1974); P. Bains, *The Primacy of Semiosis. An Ontology of Relations* (University of Toronto Press, Toronto, 2006); K. Bankov, P. Copley (eds.), *Semiotics and Its Masters. Volume 1.* (Walter de Gruyter Mouton, Boston and Berlin, 2017); M. Bunge, *Semiotic Systems.* In G. Altmann, W. A. Koch (eds.) *Systems. New Paradigms for the Human Sciences* (Walter de Gruyter, Berlin, New York, 1998), p. 337–349; K. K. Cetina, *Epistemic Cultures. How the Sciences Make Knowledge* (Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, 1999); Chu-Ren Huang, N. Calzolari, A. Gangemi, A. Lenci, A. Oltramari, L. Prévot, *Ontology and the Lexicon. A Natural Language Processing Perspective* (Cambridge University Press, New York, 2010); V. M. Colapietro, *Glossary of Semiotics* (Paragon House, New York, 1993); D. Chandler, *Semiotics. The Basics.* 3rd ed. (Routledge, London and New York, 2017); D. Favareau, P. Copley, K. Kull, *A More Developed Sign. Interpreting the Work of Jesper Hoffmeyer* (Tartu University Press, Tartu, 2012); M. L. Foster, L. Botscharow (eds.), *The Life of Symbols* (Westview Press, Boulder, 1990); D. Harris, *Society of Signs?* (Routledge, London, 1996); T. Hawkes, *Structuralism and Semiotics* (Routledge, London and New York, 2003); R. Hodge, G. Kress, *Social Semiotics* (Cornell University Press, Ithaca, 1988); C. J. R. Higuera, T.J. Bennett (eds.), *Concepts for Semiotics* (University of Tartu Press, Tartu, 2016); J. Hoffmeyer, *Signs of Meaning in the Universe* (Indiana University Press, Bloomington, 1996); R. E. Innis (ed.), *Semiotics. An Introductory Anthology* (Indiana University Press, Bloomington, 1985); M. Krampen, K. Oehler, R. Posner, T. von Uexkiil (eds.), *Classics of Semiotics* (Springer Science, New York, 1987); B. Martin, F. Ringham, *Dictionary of Semiotics* (Cassell, London and New York, 2000); B. Martin, F. Ringham, *Key Terms in Semiotics* (Continuum, London, 2006); G. McCulloch, *The Game of the Name. Introducing Logic, Language and Mind* (Oxford University Press, Oxford, 1989); Ch. Morris, *Symbolism and Reality. A Study in the Nature of Mind* (John Benjamins Publishing Company, Amsterdam, 1993); Yu. M. Lotman, *Universe of the Mind. A Semiotic Theory of Culture* (Tauris, London and New York, 1990); W. Nöth, *Handbook of Semiotics* (Indiana University Press, Bloomington and Indianapolis, 1990); A. Olteanu, A. Stables, D. Borjun, *Meanings & Co. The Interdisciplinarity of Communication, Semiotics and Multimodality* (Springer International Publishing, Cham, 2019); A. Pablé, C. Hutton, *Signs, Meaning and Experience. Integrational Approaches to Linguistics and Semiotics* (De Gruyter Mouton, Boston—Berlin, 2015); P. Perron, F. Collins (eds.), *Paris School Semiotics. Theory*, Volume I. (John Benjamins, Amsterdam, 1989); P. Perron, F. Collins (eds.), *Paris School Semiotics. Practice*, Volume II. (John Benjamins, Amsterdam, 1989); S. Petrilli, *Signifying and Understanding. Reading the Works of Victoria Welby and the Significant Movement* (De Gruyter Mouton, the Hague, 2009); R. Pfau, M. Steinbach, B. Woll, *Sign Language. An International Handbook* (De Gruyter Mouton, the Hague, Berlin—Boston, 2012); S. Pinker, J. Mehler J. (eds.), *Connections and Symbols* (The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1988); D. Piotrowski, *Morphogenesis of the Sign* (Springer International Publishing, Cham, 2017); R. V. Sainsbury, *Reference without Referents* (Clarendon Press, Oxford, 2007); T. Sebeok, *A Sign is Just a Sign. Advances in Semiotics* (Indiana University Press, Bloomington and Indianapolis, 1991); T. A. Sebeok, M. Danesi, *The Forms of Meaning. Modeling Systems Theory and Semiotic Analysis* (De Gruyter

Mouton, Berlin and New York, 2000); I. Semetsky, A. Stables (eds.), *Pedagogy and Edusemiotics. Theoretical Challenges/Practical Opportunities* (Sense Publishers, Rotterdam, 2014); S. Shaumyan, *A Semiotic Theory of Language* (Indiana University Press, Bloomington and Indianapolis, 1987); C. W. Spinks, *Peirce and Triadomania. A Walk in the Semiotic Wilderness* (Mouton de Gruyter, Berlin and New York, 1991); T. Thellefsen, B. Sorensen (eds.), *Charles Sanders Peirce in His Own Words. 100 Years of Semiotics, Communication and Cognition* (De Gruyter Mouton, Boston—Berlin, 2014); Y. Tobin, *Semiotics and Linguistics* (Longman, London and New York, 1990); P. P. Trifonas (ed.), *International Handbook of Semiotics* (Springer, Dordrecht, 2015).

¹² В. В. КИМ, *Семиотика и научное познание. Философско-методологический анализ* (Издательство Уральского университета, Екатеринбург, 2008); Д. С. Лотте, *Основы построения научно-технической терминологии. Вопросы теории и методики* (Издательство АН СССР, Москва, 1961); J. Bertin, *Semiology of Graphics. Diagrams, Networks, Maps* (Esri Press, Redlands, California, 2011); J. Burwell, *Quantum Language and the Migration of Scientific Concepts. Quantum Physics, Nuclear Discourse, and the Cultural Migration of Scientific Concepts* (MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 2018); T. W. Deacon, *The Symbolic Species. The Co-Evolution of Language and the Brain* (W. W. Norton & Company, New York, 1997); M. A. K. Halliday, *The Language of Science*, In J. J. Webster (ed.), *The Collected Works of M.A.K. Halliday*. Vol. 5. Ed. by J. J. Webster (Continuum, London and New York, 1993/2004); S. B. Heard, *Charles Darwin's Barnacle and David Bowie's Spider. How Scientific Names Celebrate Adventurers, Heroes, and Even a Few Scoundrels* (Yale University Press, New Haven, CT, 2020); J. Hoffmeyer (ed.), *A Legacy for Living Systems. Gregory Bateson as Precursor to Biosemiotics* (Springer, 2008); J. Lemke, *Talking Science. Language, Learning, and Values* (Ablex, Norwood, NJ, 1980); M. Ohl, *The Art of Naming* (Cambridge University Press, Cambridge MA, 2018); G. Palsky, *La Sémiologie graphique de Jacques Bertin a cinquante ans! Visionscarto* <https://visionscarto.net/la-semiologie-graphique-a-50-ans>; H. H. Pattee, J. Rączaszek-Leonardi, *Laws, Language and Life. Howard Pattee's Classic Papers on the Physics of Symbols with Contemporary Commentary* (Springer, Dordrecht, 2012); A. J. Roche, *Image and Reality. Kekulé, Kopp and the Scientific Imagination* (University of Chicago Press, Chicago, 2010).

¹³ M. Barbieri (ed.), *Introduction to Biosemiotics. The New Biological Synthesis* (Springer, Dordrecht, 2007); M. Barbieri (ed.), *The Codes of Life. The Rules of Macroevolution* (Springer Science, 2008); C. Brentari, J. von Uexküll. *The Discovery of the Umwelt between Biosemiotics and Theoretical Biology* (Springer, Dordrecht, 2015); F. Cimatti, *A Biosemiotic Ontology: The Philosophy of Giorgio Prodi* (Springer Nature Switzerland, 2018); P. Cogley, *Cultural Implications of Biosemiotics* (Springer, Dordrecht, 2016); P. Delahaye, *A Semiotic Methodology for Animal Studies* (Springer Nature, Switzerland AG, 2019); D. Favareau (ed.), *Essential Readings in Biosemiotics. Anthology and Commentary* (Springer, Netherlands, 2009); D. Martinelli, *A Critical Companion to Zoosemiotics. People, Paths, Ideas* (Springer, Dordrecht, 2010); A. Markoš, F. Grygar, L. Hajnal, K. Kleisner, Z. Kratochvíl, Z. Neubauer, *Life as Its Own Designer. Darwin's Origin and Western Thought* (Springer, Dordrecht, 2009); H. H. Pattee, K. Kull, *A biosemiotic conversation. Between physics and semiotics*. *Sign Systems Studies*, 37 (1/2), 311—331 (2009);

4.29. Бібліографія та коментарі

T. Schilhab, F. Stjernfelt, T. Deacon (eds.), *The Symbolic Species Evolved* (Springer Science, Dordrecht, 2012); L. Swan (ed.), *Origins of Mind* (Springer, Dordrecht, 2013); E. Velmezova, K. Kull, S. J. Cowley (eds.), *Biosemiotc Perspectives on Language and Linguistics* (Springer, Cham, 2015); W. Wheeler, *The Whole Creature. Complexity, Biosemiotics and the Evolution of Culture* (Lawrence and Wishart, London, 2006).

¹⁴ М. Бургин, В. Кузнецов, *Проблема единого понимания логико-математических реконструкций научных теорий*. В М. Попович (ред.), *Доказательство и понимание* (Наукова думка, Киев, 1986), с. 244—296.

¹⁵ М. Бургин, В. Кузнецов, *Введение в современную точную методологию науки. Структуры систем знания* (Аспект, Москва, 1994); М. Бургин, В. Кузнецов, *Структурно-номинативное направление методологии науки* (1984—1991). В И. Ладенко (ред.), *Методологические концепции и школы в СССР (1951—1991)*. Том 2. (Институт философии и права СО РАН, Новосибирск, 1994), с. 111—130); М. Burgin, V. Kuznetsov, *Scientific problems and questions from a logical point of view*. *Synthese*, **100** (1), 1—28 (1994).

¹⁶ О. Габович, В. Кузнецов, *Проблеми як внутрішні структури систем наукового знання*. Філософські діалоги'2015 (Інститут філософії НАНУ, Київ, 2015), с. 132—154; В. Кузнецов, *Від вивчення теоретичної фізики до філософського моделювання наукових понять і теорій: під впливом Павла Копніна та його школи*. Філософські діалоги'2016 (Інститут філософії НАНУ, Київ, 2017), с. 62—92.

¹⁷ В. Г. Сурдин, *Неуловимая планета* (Век-2, Фрязино, 2006); В. Г. Сурдин (Ред.), *Солнечная система* (Физматлит, Москва, 2008); В. Г. Сурдин, А. И. Первушин, Е. П. Левитан, Н. В. Мамуна, *Космос. Прошлое, настоящее, будущее* (АСТ, Москва, 2018); У. Кауфман, *Планеты и луны* (Мир, Москва, 1982); D. Brewer, *The Outer Planets Uranus, Neptune, Pluto* (New York, Marshall Cavendish Corporation, 1992); S. Soter, *What is a planet?* *Scientific American*, **296** (1), 34—41 (2007); S. A. Stern, W. M. Grundy, W. B. McKinnon, H. A. Weaver, L. A. Young, *The Pluto System After New Horizons*. *Annu. Rev. Astron. Astrophys.*, **56**, 357—392 (2018).

¹⁸ E. V. Shuryak, *Applying the many-body theory to quarks and gluons*. *Phys. Rep.*, **391** (3—6), 381—428 (2004).

¹⁹ Л. Б. Окунь, *Элементарное введение в физику элементарных частиц. Второе издание, исправленное и дополненное* (Физматлит, Москва, 2006).

²⁰ J. D. Martin, *What's in a Name Change? Solid State Physics, Condensed Matter Physics, and Materials Science*. *Phys. Perspect.*, **17** (1), 3—32 (2015).

²¹ И. Пригожин, Р. Дефэй, *Химическая термодинамика* (Наука, Москва, 1966).

²² Г. Хакен, *Синергетика. Иерархия неустойчивостей в самоорганизующихся системах и устройствах* (Мир, Москва, 1985).

²³ С. П. Капица, С. П. Курдюмов, Г. Г. Малинецкий, *Синергетика и прогнозы будущего* (УРСС, Москва, 2003); Д. И. Трубецков, *Наука о сложностях в лицах, датах и судьбах. Как закладывались основы синергетики. Пиршество духа и драма идей* (УРСС, Москва, 2012); Г. Хакен, М. Хакен-Крелль, *Тайны восприятия. Синергетика как ключ к мозгу* (Институт компьютерных исследований, Москва, 2002); A. Ludu, *Boundaries of a Complex World* (Springer, Heidelberg, 2016).

²⁴ В. Кузнецов, *Особенности эксперимента и развитие теоретических средств физики элементарных частиц*. В: Н. Депенчук, Е. Мамчур, Ю. Сачков, Н. Степанов (ред.), *Теоретическое и эмпирическое в современном научном познании* (Наука, Москва, 1984), с. 271—289.

²⁵ Велика кількість цікавих філософських питань виникає стосовно існування предметів, які вивчає математика. Є також багато різних відповідей на ці питання. Ми виходимо з того, що буденна мова є спадком багатьох людських поколінь, який допомагає людині орієнтуватися та виживати в її природному та соціальному оточенні, що з фізичної точки зору має макроскопічний характер (власне, притаманний людському тілу масштаб, і визначає макроскопічність як фізичне поняття). Однак можливості буденної мови є обмеженими при спробах з'ясувати природу мікроскопічних складників та процесів, які з ними відбуваються, зрозуміти їх атрибути та функціонування. Виникнення математики із самого початку було пов'язано з намаганням точно описати просторові речі з людського оточення та визначити їхню кількість. Автори дотримуються тут точки зору так званого математичного конструктивізму, за яким математики вивчають створені ними самими реалії. Після свого виникнення ці реалії починають «жити та розвиватися» за певними об'єктивними законами, специфіка яких залежить від властивостей побудованих реалій. У цьому розумінні маємо ідейну підтримку одного з видатних сучасних математиків *Григорія Перельмана*. Він стверджує, що «особливості сучасної математики полягають у тім, що вона вивчає штучно вигадані об'єкти. Немає у природі багатомірних просторів, немає груп, полів та кілець, які інтенсивно вивчають математики». Хоча він каже про сучасну математику, на нашу думку це стосується всієї математики по досягненні нею певного рівня абстракції та системності. Див.: *Перельман признался, что умеет управлять Вселенной*. http://my-disain.ru/perelman-priznalsya-chto-umeet-upravlyat-vselennoj/?_utl_t=fb.

Цікаво, що аналогічну думку про певну самостійність вигаданих ними персонажів висловлювали багато письменників. До речі, один з традиційних критичних зауважень літературних критиків полягає у вказівках на невмотивованість дій вигаданих персонажів. Натомість схвальним терміном у мистецтві є так звана «органічність» — відповідність мистецького відображення внутрішній сутності певного явища (предмета). У цьому сенсі коректна математична задача завжди органічна. Така відмінність пов'язана з простотою математики порівняно з мистецтвом або літературою.

²⁶ Див.: В. Кузнецов, *Понятия как формообразование систем научного знания*. В М. Попович (ред.), *Вимір раціональності як чинник європейської інтеграції України* (Наукова думка, Київ, 2014), с. 174—235.

²⁷ G. L. Murphy, *The Big Book of Concepts* (A Bradford Book, The MIT Press, Cambridge, MA, 2002).

²⁸ Е. К. Войшвилло, *Понятие как форма мышления. Логико-гносеологический анализ*. (Издательство МГУ, Москва, 1989); Д. В. Зайцев, *Релевантная логика понятий*. Логические исследования, **10**, 1—11 (2006). <http://logic.ru/ru/node/207>; Р. Materna, *Concepts and Objects*. Acta Philosophica Fennica, **63**, 1—177 (1998); Р. Materna, *Conceptual Systems* (Logos, Berlin, 2004); Р. Materna, *Concepts and recipes*. Acta Analytica, **24** (1), 69—90 (2009).

4.29. Бібліографія та коментарі

²⁹ E. Machery, *Doing Without Concepts* (Oxford University Press, Oxford, 2009).

³⁰ Однією з найцікавіших рис філософсько-наукових та історико-наукових досліджень метапонять про наукові поняття є, по-перше, відсутність у них авторських експлікацій загального розуміння понять, і, по-друге, те, що претензії на аналіз їх виникнення та розвитку дослідники, зазвичай, супроводжують намаганням втиснути результати у прокрустове ложе логічних уявлень про поняття. Див., наприклад: Н. Andersen, Р. Barker, Х. Chen, *The Cognitive Structure of Scientific Revolutions* (Cambridge University Press, Cambridge, 2006) та N. J. Nersessian, *Creating Scientific Concepts* (A Bradford Book, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 2008).

³¹ Д. В. Сивухин, *Общий курс физики. Том третий. Электричество*. Издание четвертое, стереотипное (Физматлит, Москва, 2004); V. F. Weisskopf, *Recent developments in the theory of the electron*. Rev. Mod. Phys., **21** (2), 305–315 (1949).

³² В. Гейзенберг, *Избранные труды* (УРСС, Москва, 2001).

³³ В. Б. Берестецкий, Е. М. Лифшиц, Л. П. Питаевский, *Теоретическая физика. Том 4. Квантовая электродинамика*. Издание четвертое, исправленное (Наука, Москва, 2002).

³⁴ Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц, *Теоретическая физика. Том 2. Теория поля*. Издание восьмое, стереотипное (Физматлит, Москва, 2003).

³⁵ Д. В. Сивухин, *Общий курс физики. Том третий. Электричество*. Издание четвертое, стереотипное (Физматлит, Москва, 2004).

³⁶ З погляду сучасної фізики електрон позбавлений будь-якої структури.

³⁷ Yu. A. Bereznoi, *The Quantum World of Nuclear Physics* (World Scientific, Singapore, 2005).

³⁸ Зазначимо, що зашкарубла освітня традиція не лише електрон, а й фотон розглядає як кульку, тільки нейтральну: О. М. Габович, Н. О. Габович, *Як у загальноосвітній школі викладати сучасну фізику* (Основа, Харків, 2008).

³⁹ В. Г. Сурдин, *Астрология и наука* (Век 2, Фрязино, 2007).

⁴⁰ D. Randall, C. Welsch, *The Irreproducibility Crisis of Modern Science. Causes, Consequences, and the Road to Reform* (The National Association of Scholars, New York, 2018); D. J. Simons, *The Value of Direct Replication*. Perspectives on Psychological Science, **9** (1), 76–80 (2014); Replication crisis https://en.wikipedia.org/wiki/Replication_crisis.

⁴¹ B. Devezer, L. G. Nardin, B. Baumgaertner, E. O. Buzbas. *Scientific discovery in a model-centric framework: Reproducibility, innovation, and epistemic diversity*. PLOS ONE, **14** (5), 1–23 (2019).

⁴² S. Eklund-Olson, J. P. Gibbs, *Science and Sociology. Predictive Power is the Name of the Game* (Routledge, New York and London, 2018).

⁴³ Як відомо, в нелінійних дисипативних системах, зокрема, в атмосфері або інших далеких від рівноваги гідродинамічних об'єктах, можуть реалізуватися так звані «дивні атрактори» (*strange attractors*), тобто хаотична сукупність станів, до яких прямує система. В цьому хаосі передбачити конкретну поведінку системи в певний проміжок часу чи в певній ділянці простору неможливо. Але хаотична поведінка «в цілому» є закономірною, зумовленою заданими зовнішніми умовами. Читач може згадати, як тече струмок води в режимі турбулентності, обтікаючи якусь перешкоду. Певні просторові структури неперед-

бачуваним чином виникають і зникають, але якщо прийти наступного дня, то поведінка течії в цьому місці залишається в цілому подібною. Див.: В. С. Анищенко, *Сложные колебания в простых системах. Механизмы возникновения, структура и свойства динамического хаоса в радиофизических системах* (Наука, Москва, 1990); П. Берже, И. Помо, К. Видаль, *Порядок в хаосе. О детерминистском подходе к турбулентности* (Мир, Москва, 1991); Г. М. Заславский, Р. З. Сагдеев, *Введение в нелинейную физику. От маятника до турбулентности и хаоса* (Наука, Москва, 1988); С. П. Кузнецов, *Динамический хаос (курс лекций)* (Физматлит, Москва, 2001); Д. И. Трубецков, *Введение в синергетику. Хаос и структуры*. Издание второе, исправленное и дополненное (УРСС, Москва, 2004); Г. Хакен, *Синергетика. Иерархия неустойчивостей в самоорганизующихся системах и устройствах* (Мир, Москва, 1985); Г. Шустер, *Детерминированный хаос. Введение* (Мир, Москва, 1988); М. Cross, Н. Greenside, *Pattern Formation and Dynamics in Nonequilibrium Systems* (Cambridge University Press, Cambridge, 2009); J. Piquet, *Turbulent Flows. Models and Physics* (Springer, Berlin, 1999). Отже, навіть для відносно простої системи висновки якоїсь молекулярної Кассандри [А. Н. Горбань, Р. Г. Хлебопрос, *Демон Дарвина. Идея оптимальности и естественный отбор* (Наука, Москва, 1988); С. Н. Bennett, *Demons, engines, and the second law*. Scientific American, **257** (5), 108—116 (1987); J. Earman, J. D. Norton, *Exorcist XIV: The wrath of Maxwell's demon. Part I. From Maxwell to Szilard*. Studies in History and Philosophy of Modern Physics, **29** (4), 435—471 (1998); J. Earman, J. D. Norton, *Exorcist XIV: The wrath of Maxwell's demon. Part II. From Szilard to Landauer and beyond*. Studies in History and Philosophy of Modern Physics, **30** (1), 1—40 (1999)] були би вельми неточними.

⁴⁴ А. П. Слободяник, *Психотерапия, внушение, гипноз* (Здоровье, Киев, 1977); R. Kradin, *The Placebo Response and the Power of Unconscious Healing* (Routledge, New York, 2008); D. E. Moerman, *Meaning, Medicine and the «Placebo Effect»* (Cambridge University Press, Cambridge, 2002).

⁴⁵ E. D. Hersh, *Hacking the Electorate. How Campaigns Perceive Voters* (Cambridge University Press, Cambridge, 2015); D. G. Saari, *Decisions and Elections. Explaining the Unexpected* (Cambridge University Press, Cambridge, 2001).

⁴⁶ J. Mattingly, *Information & Experimental Knowledge* (University of Chicago Press, Chicago and London, 2021).

⁴⁷ S. G. Siddell, P. J Walker, E. J. Lefkowitz, A. R. Mushegian, B E. Dutilh, B. Harrach, R. L. Harrison, S. Junglen, N. J. Knowles, A. M. Kropinski, M. Krupovic, J. H. Kuhn, M. L. Nibert, L. Rubino, S. Sabanadzovic, P. Simmonds, A. Varsani, F. M. Zerbini, A. J. Davison, *Binomial nomenclature for virus species: a consultation*. Arch. Virol., **165** (2), 519—525 (2020).

⁴⁸ E. Holmes, «Очевидно, слід мати стандартизовану схему класифікації для іменування видів вірусів, оскільки наявна «система» є цілком хаотичною та слугує головним джерелом розчарування для тих, хто регулярно ідентифікує нові віруси». Цитується за S. Mallapaty, *Should virus naming rules change during a pandemic? The question divides virologists*. <https://www.nature.com/articles/d41586-020-02243-2>.

⁴⁹ В. Померанцев, *Доктор Эшке* (Молодая гвардия, Москва, 1980). У цій, написаній езоповою мовою, сатиричній книзі, вістря якої, попри псевдонімецькі реалії, було спрямоване саме проти радянсько-російського мрако-

4.29. Бібліографія та коментарі

бісся, були доведені до абсурду обскурантистські виверти. Наприклад, антигерой книги називає носовичок «сморкательным рожком», аби задовольнити потяг до «крові й ґрунту».

⁵⁰ В. Сойфер, *Власть и наука* (ЧеРо, Вашингтон, 2001). У цій книжці політичні аспекти термінологічного питання обговорюються на прикладі біології. Наприклад, Президент ВАСХНІЛ академік *Трохим Лисенко* ввів термін «наука колхозно-совхозных полей» замість «биологическая наука».

⁵¹ G. E. Smith, *Nobel Lecture: The invention and early history of the CCD*. Rev. Mod. Phys., **82** (3), 2307–2312 (2010).

⁵² Власне, з електронами можна було б асоціювати все довкілля та нас самих, але лише на рівні прихованого підґрунтя, бо макроскопічний зарядово-нейтральний світ нашого довкілля не потребує повсякчасного звернення до мікроскопічного рівня елементарних частинок, де електрони виступають у всій своїй красі та могутності. Тому мірошнику або слюсарю достатньо володіння елементарною механікою Ньютона, щоби добре виконувати свою роботу. Електричні явища увійшли в їхнє професійне та приватне життя хіба що після спалаху лампочки Едісона.

⁵³ Е. Л. Фейнберг, *Две культуры. Интуиция и логика в искусстве и науке* (Век-2, Фрязино, 2004).

⁵⁴ S. T. Coleridge, *Verses and Prose* (Прогресс, Москва, 1981).

⁵⁵ T. Levere, S. T. Coleridge: *A poet's view of science*. Ann. Sci., **35** (1), 33–44 (1978).

⁵⁶ E. F. Loftus, J. C. Palmer, *Reconstruction of automobile destruction. An example of the interaction between language and memory*. J. Verbal Learn. Verbal Behav., **13** (5), 585–589 (1974).

⁵⁷ В Європі вікторіанських часів навчання одразу багатьом мовам (включено з класичними «мертвими») в гімназіях як раз і слугувало інтелектуальному розвитку, в тому числі й логічному мисленню. Філологічні вправи не тільки сприяли загальнокультурній освіті учнів, а й допомагали вивченню математики та природознавства, оскільки це (1) збагачувало інтуїцію та (2) забезпечувало доступ до наукових текстів усіх часів і народів. Варто назвати двох видатних фізиків минулого, кожен із яких знав багато мов, зі стародавніми включно, а свої наукові праці писали чудово, незалежно від мови, якою в той момент користувались. Це *Маріан Смолуховський* [див.: А. Габович, *Маріан Смолуховський и броуновское движение (к 130-летию со дня рождения)*. Квант, **6**, 2–9 (2002); Б. И. Давыдов (ред.), *Броуновское движение. А. Эйнштейн, М. Смолуховский. Сборник статей* (ОНТИ, Москва, 1936); S. Ulam, *Marian Smoluchowski and the theory of probabilities in physics*. Amer. J. Phys., **25** (7), 475–481 (1957)] та Ервін Шрєдінґер (Erwin Schrödinger) [див.: Д. Хоффман, *Эрвин Шредингер* (Мир, Москва, 1987); Э. Шредингер, *Новые пути в физике* (Наука, Москва, 1971); Э. Шредингер, *Наука и гуманизм. Физика в наше время* (Регулярная и хаотическая динамика, Москва—Ижевск, 2001); Э. Шредингер, *Природа и греки* (Регулярная и хаотическая динамика, Москва—Ижевск, 2001)].

⁵⁸ W. H. McNeill, *The Rise of the West. A History of the Human Community; with a Retrospective Essay* (Chicago, University of Chicago Press., 1992), p. 136: «Повсюдно поширена двомовність, імовірно, мала далекосяжні наслідки для

інтелектуального розвитку Месопотамії. В порівнянні, наприклад, з мовою єгиптян, в письмових джерелах Месопотамії на диво мало місць, пов'язаних з чарами слова. Для грамотних жителів Месопотамії, які знали принаймні дві абсолютно несхожих мови, було досить природно робити різницю між словом і поняттям, а також між словом і предметом; схильність до абстрактного мислення, яка випливає із цього, могла бути однією з передумов їх чудових математичних досягнень».

⁵⁹ Гаджет: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Гаджет>.

⁶⁰ С. И. Вавилов, *Исаак Ньютон*. Издание четвертое, дополненное (Наука, Москва, 1989); И. С. Дмитриев, *Неизвестный Ньютон. Силуэт на фоне эпохи* (Алетейя, Санкт-Петербург, 1999); R. S. Westfall, *Never at Rest. A Biography of Isaac Newton* (Cambridge University Press, Cambridge, 1980).

⁶¹ Б. Б. Кадомцев, М. Б. Кадомцев, *Коллапсы волновых функций*. Усп. физ. наук, **166** (6), 651—659 (1996); S. Gao, *The Meaning of the Wave Function. In Search of the Ontology of Quantum Mechanics* (Cambridge University Press, Cambridge, 2017); A. Ney, D. Z. Albert (eds.), *The Wave Function. Essays on the Metaphysics of Quantum Mechanics*. (Oxford University Press, Oxford, 2013); M. G. Raymer, *Measuring the quantum mechanical wave function*. Cont. Phys., **38** (5), 343—355 (1997).

⁶² А. И. Ахиезер, В. Б. Берестецкий, *Квантовая электродинамика*. Издание четвертое, переработанное (Наука, Москва, 1981); О. М. Габович, Н. О. Габович, *Як у загальноосвітній школі викладати сучасну фізику* (Основа, Харків, 2008); В. J. Smith, M. G. Raymer, *Photon wave functions, wave-packet quantization of light, and coherence theory*. New J. Phys., **9** (11), 414 (2007); I. Białynicki-Birula, Z. Białynicki-Birula, *Photon wave functions, wave-packet quantization of light, and coherence theory*. Phys. Rev. A, **79** (3), 032112 (2009).

⁶³ Зауважимо, що є спроби візуального подання елементарних математичних понять. Дивись, зокрема, S. Kalajdziewski, *An Illustrated Introduction to Topology and Homotopy* (CRC, CRC Press, Boca Raton, 2015); Z. Sardar, J. Ravetz, B. Van Loon, *Introducing Mathematics, A Graphic Guide* (Icon Books, London, 2012).

⁶⁴ Я. Б. Зельдович, *Высшая математика для начинающих и ее приложения к физике. Издание второе, переработанное и дополненное* (ГИФМЛ, Москва, 1963); Я. Б. Зельдович, И. М. Яглом, *Высшая математика для начинающих физиков и техников* (Наука, Москва, 1982); Я. Б. Зельдович, А. Д. Мьшкис, *Элементы прикладной математики. Издание третье, переработанное и дополненное* (Наука, Москва, 1972); Я. Б. Зельдович, А. Д. Мьшкис, *Элементы математической физики. Среда из невзаимодействующих частиц* (Наука, Москва, 1973).

⁶⁵ Цікавим прикладом, коли допоміжні явища з розвитком фізики постають «більш звичайними», опосередковано вимірюваними, є сага про векторний потенціал \mathbf{A} , що раніше вважався допоміжною величиною, математично пов'язаною з магнітним полем \mathbf{H} . А саме, теоретики Якір Ааронов і Девід Бом запропонували експеримент, де електрон «відчуває» векторний електромагнітний потенціал \mathbf{A} у тій просторовій області, де магнітне поле \mathbf{H} з великою точністю дорівнює нулеві. Наступний реальний експеримент блискуче підтвердив теоретичні міркування, а ефект Ааронова—Бома увійшов до

4.29. Бібліографія та коментарі

повсякденного арсеналу фізиків. Дивись: Y. Aharonov, D. Bohm, *Significance of electromagnetic potentials in the quantum theory*, Phys. Rev., **115** (3), 485—491 (1959); M. Peshkin, A. Tonomura, *The Aharonov-Bohm Effect* (Springer, Berlin, 1989).

⁶⁶ Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц, *Теоретическая физика. Том 3. Квантовая механика. Нерелятивистская теория. Издание четвертое, исправленное при участии Л. П. Питаевского* (Наука, Москва, 1989).

⁶⁷ А. Зоммерфельд, *Строение атома и спектры. Том первый* (Гостехтеориздат, Москва, 1956).

⁶⁸ «У тридцять років під деморалізуючим впливом квантовомеханічної теорії збурень, потреба фізика-теоретика в математичних знаннях звелася до рудиментарного володіння латинською та грецькою абетками»: Р. Йост, Р. Стритер, А. С. Вайтман, *PCT, спин, статистика и все такое* (Наука, Москва, 1966), с. 50.

⁶⁹ Г. Гессе, *Игра в бисер*, (Москва, Астрель, 2014).

⁷⁰ Історію деяких математичних назв та символів див.: А. В. Жуков, *Вездесущее число «пи»* (УРСС, Москва, 2004); Ф. Кымпан, *История числа π* (Наука, Москва, 1971); F. Sajori, *A History of Mathematical Notations* (Dover Publications, New York, 1993); L. Graham, J.-M. Kantor, *Naming Infinity. A True Story of Religious Mysticism and Mathematical Creativity* (Oxford University Press, Oxford, 2009); R. Kaplan, *The Nothing That Is. A Natural History of Zero* (Oxford University Press, Oxford, 1999); E. Maor, *e: The Story of a Number* (Princeton University Press, Princeton, 1994); J. Mazur, *Enlightening Symbols. A Short History of Mathematical Notation and Its Hidden Powers* (Princeton University Press, Princeton, 2014); K. Menninger, *Number Words and Number Symbols. A Cultural History of Numbers* (Dover Publications, New York, 2011); P. J. Nahin, *An Imaginary Tale. The Story of $\sqrt{-1}$* (Princeton University Press, Princeton, 1998); D. Perkins, *Φ, Π, e, and i* (MAA Press, Providence, Rhode Island, 2018).

⁷¹ Л. Н. Толстой, *Собрание сочинений в двадцати двух томах. Война и мир*, Тома 4—7 (Художественная литература, Москва, 1979).

⁷² А. М. Яглом, И. М. Яглом, *Вероятность и информация. Издание третье, переработанное и дополненное* (Наука, Москва, 1973).

⁷³ В. В. Налимов, З. М. Мульченко, *Наукометрия. Изучение развития науки как информационного процесса* (Наука, Москва, 1969).

⁷⁴ Yu. V. Granovsky, *Is it possible to measure science? V. V. Nalimov's research in scientometrics*. Scientometrics, **52** (2), 127—150 (2001).

⁷⁵ В. Д. Есаков, Е. С. Левина, *Сталинские суды чести. Дело КР* (Наука, Москва, 2005).

⁷⁶ А. С. Сонин, *Физический идеализм. История одной идеологической кампании* (Наука, Москва, 1994).

⁷⁷ А. В. Андреев, *Физики не шутят. Страницы социальной истории научно-исследовательского Института физики при МГУ (1922—1954)* (Прогресс-традиция, Москва, 2000).

⁷⁸ Тут можна послатися на власний досвід авторів. Існували цілі списки авторів, на яких не можна було посилатися. Списки розширювалися з часом, але завжди залишалися секретними. Тобто від кожного науковця «органи» вимагали здійснювати власну цензуру, відслідковуючи, хто вже поїхав, або

ще не поїхав, але подав документи й застряг на переправі. Якщо ти знехтував роботою цензора-аматора і подав статтю до так званого «Головліту» (в Києві ця установа була розташована біля обкому КПУ, де нині знаходиться Міністерство закордонних справ України), то ймовірність не потрапити під лещата цензури буда досить висока, бо ледачі «лицарі плаща та кинджала» свої списки як слід не читали. Проте після публікації, де містилося хоча б одне посилання на «крамольного» автора, будь-який донос міг призвести до великих неприємностей.

⁷⁹ https://uk.wikipedia.org/wiki/японська_мова.

⁸⁰ А. Бароне, Дж. Патерно, *Эффект Джозефсона. Физика и применения* (Мир, Москва, 1984).

⁸¹ М. И. Каганов, Г. Я. Любарский, *Абстракция в математике и физике* (Физматлит, Москва, 2005).

⁸² Огляд наявних у літературі точок зору на онтичний статус хвильової функції дивись: A. Ney, D. Z. Albert (eds.), *The Wave Function. Essays on the Metaphysics of Quantum Mechanics*. (Oxford University Press, Oxford, 2013). Зауважимо, що досить поширена серед філософів позиція, згідно з якою хвильова функція тлумачиться не як складник квантової механіки, а як реалія з її предметної галузі, називається «реалізм хвильової функції («wave function realism»).

⁸³ А. И. Уемов, *Аналогия в практике научного исследования. Из истории физико-математических наук* (Наука, Москва, 1970).

⁸⁴ Х. Грин, *Матричная квантовая механика* (Мир, Москва, 1966).

⁸⁵ Г. Бете, Э. Солпитер, *Квантовая механика атомов с одним и двумя электронами* (Физматгиз, Москва, 1960).

⁸⁶ П. Дирак, *Принципы квантовой механики. Издание второе* (Наука, Москва, 1979).

⁸⁷ Р. Фейнман, А. Хибс, *Квантовая механика и интегралы по траекториям* (Мир, Москва, 1968).

⁸⁸ И. М. Гельфанд, Г. Е. Шилов, *Обобщенные функции и действия над ними* (ГИФМЛ, Москва, 1958).

⁸⁹ М. Планк, *Избранные труды. Термодинамика. Теория излучения и квантовая теория. Теория относительности. Статьи и речи* (Наука, Москва, 1975).

⁹⁰ I. M. Duck, E. C. Sudarshan. *100 Years of Planck's Quantum* (Singapore, World Scientific, 2000).

⁹¹ Л. Д. Белькинд, *Андре-Мари Ампер* (Наука, Москва, 1968).

⁹² Навіть видається науковий часопис, присвячений погляду на проблеми організації та класифікації знання. Див.: «Knowledge Organization is a forum for all those interested in the organization of knowledge on a universal or a domain-specific scale, using concept-analytical or concept-synthetical approaches, as well as quantitative and qualitative methodologies. Knowledge Organization also addresses the intellectual and automatic compilation and use of classification systems and thesauri in all fields of knowledge, with special attention being given to the problems of terminology». <https://www.nomos.de/en/journals/ko/>.

⁹³ Н. Винер, *Кибернетика или управление и связь в животном и машине* (Советское радио, Москва, 1968).

4.29. Бібліографія та коментарі

⁹⁴ Н. G. Dosch, V. F. Müller, N. Sieroka, *Quantum Field Theory in a Semiotic Perspective* (Springer, Berlin, 2005).

⁹⁵ Це ототожнення є певною мірою зворотним щодо традицій пошуку справжніх назв бога (богів) та заборони на їх вживання. Дивись: Д. Д. Фрэзер, *Золотая ветвь. Исследование магии и религии. Издание второе* (Политиздат, Москва, 1986); Д. Д. Фрэзер, *Фольклор в Ветхом Завете* (Политиздат, Москва, 1985); Д. Д. Фрэзер, *Золотая ветвь. Новые плоды (исследование магии и религии)* (Академический проект, Москва, 2014).

⁹⁶ Ю. И. Манин, *Доказуемое и недоказуемое* (Советское радио, Москва, 1979), с. 15.

⁹⁷ Ю. А. Шрейдер, А. А. Шаров, *Системы и модели* (Советское радио, Москва, 1982), с. 29.

⁹⁸ Наприклад, стверджується, що «в 1975 році Герхард Фоллмер запропонував термін «мезокосм» (mesocosm) — і це є його головною заслугою у галузі еволюційної епістемології (курс. — *ОГ, ВК*), щоб охарактеризувати особу когнітивну нішу людини» Дивись: Е. Н. Князева, *Эволюционная эпистемология: современный вид*. В В. А. Лекторский (ред.), *Эпистемология: перспективы развития* (Канон+РОИИ «Реабилитация», Москва, 2012), с. 81. Таке ж гіпертрофоване значення надає термінам і інший автор цієї колективної праці, яка претендує на фундаментальність, коли пише, що «як відомо, термін “важка проблема свідомості” запропонував Д. Чалмерс у 1994 році на Тусанській конференції» і, як пише В. В. Васильев, це «забезпечило йому «миттєву славу», «світову відомість». Дивись: Д. И. Дубровский, *Субъективная реальность и мозг. К вопросу о полувековом опыте разработки «трудной проблемы сознания» в аналитической философии*. Ор. cit., с. 232. Тут варто зауважити, що сам В. В. Васильев пов'язує свідомість Чалмерса не з вигаданням ним терміну «важка проблема свідомості», а з виокремленням на тлі «легких проблем свідомості» так званої «важкої проблеми» («Його тусанський виступ, в якому він розрізнув «легкі» та «важку» проблеми свідомості, забезпечило йому миттєву славу. В. В. Васильев, *Трудная проблема сознания* (Прогресс-Традиция, Москва. 2009), с. 152.

Ми згодні, що без назв різного штибу не можливе існування будь-якої системи наукового знання, а тому й відповідної науки, але зведення головного внеску вчених до введення в обіг навіть дуже вдалих назв (термінів), на нашу думку, спирається на поширену й почасти несвідому редукцію системи наукового знання до її недиференційованої називної підсистеми.

Прикладом створення невдалої назви, яка стала виступати як універсальний інструмент пояснення будь-якої науки та її історії, а також її сприйняття відповідною спільнотою дослідників, є, на нашу думку, впровадження Т. Куном мему «парадигма».

⁹⁹ Зауважимо, що вимога правильного іменування речей висувалася в релігійних текстах ще три тисячоліття тому. Наприклад, у Біблії йдеться про правильне найменування як Богом, так і Адамом природних і біологічних об'єктів: «5. І Бог назвав світло: День, а темряву назвав: Ніч. І був вечір, і був ранок, день перший. ... 8. І назвав Бог твердь Небо. І був вечір, і був ранок день другий. ... 10. І назвав Бог суходіл: Земля, а місце зібрання води назвав: Море. І Бог побачив, що добре воно. (Буття 1)... 20. І назвав Адам іме-

на всій худобі, і птаству небесному, і всій польовій звірині. Але Адамові помочі Він не знайшов, щоб подібна до нього була (Буття 2 : 20) ... 20. І назвав Адам ім'я своїй жінці: Єва, бо вона була мати всього живого. (Буття 3 : 20) тощо. Див. Біблія онлайн. Український переклад І. Огієнка. <http://www.bibleonline.ru/bible/ukr/>.

Китайський мудрець *Конфуцій* підкреслював, що правильне іменування речей є надзвичайно важливим, тому що є передумовою їх пізнання та на цій підставі — цілеспрямованих дій з ними. «Цзилу сказав: «Вейський володар жде Вас для справ правління. З чого Ви почнете?» Учитель відповів: «Треба виправити імена». «Ви так вважаєте? — заперечив Цзилу. — Це надто заузно. Навіщо їх виправляти?» Учитель відповів: «Який ти неосвічений, Ю! Чеснотливий муж, напевно, промовчав би, почувши те, чого не розуміє. Адже якщо не підходить ім'я, то недоречно його тлумачення; якщо ж недоречно тлумачення, не може бути успіху в справі; а без успіху в справі не квітнуть ритуал і музика; але якщо ритуал і музика не квітнуть, то покарання б'ють мимо цілі; а коли покарання б'ють мимо цілі, народ бентежиться. Тому все, що називає чеснотливий муж, завжди можна розтлумачити, а що він тлумачить, завжди можна виконати. Чеснотливий муж лише уникає в тлумаченні недбалості». (*Конфуцій. Вислови*. Серія «Істини». Переклад укр. (Фоліо, Харків, 2018), с.122—123).

¹⁰⁰ Платон, *Кратил*. В Платон. *Сочинения в четырех томах. Том I*. (Изд-во С.-Петербур. ун-та; Изд-во Олега Абышко, СПб, 2006), с. 421—502.

¹⁰¹ Н. В. Руда, *Кратил, або про правильність імен*, В кн.: Л. Л. Звонська (ред.), *Енциклопедичний словник класичних мов. Друге видання, виправлене і доповнене* (ВПЦ «Київський університет», Київ, 2017). С. 280.

¹⁰² R. Barney, *Names and Nature in Plato's Cratylus* (Routledge, New York & London, 2001).

¹⁰³ И. Б. Погребыский, *Готфрид Вильгельм Лейбниц* (Наука, Москва, 1971).

¹⁰⁴ Г. В. Лейбниц, *Диалог* (Dialogic de connexione inter res et verba et veritatis realitate). В Г. В. Лейбниц, *Сочинения в 4 т: Т. 3*. (Мысль, Москва, 1984), с. 407—408.

¹⁰⁵ A. C. Grayling, *Wittgenstein. A Very Short Introduction* (Oxford University Press, New York, 2001).

¹⁰⁶ Л. Витгенштейн, *Дневники 1914—1916* («Канон+» РООИ «Реабилитация», Москва), с. 226; L. Wittgenstein, *Notebooks, 1914—1916* (Blackwell, Oxford, 1961), p. 95—96.

¹⁰⁷ Цит. за Г. Вейль, *Математическое мышление* (Наука, Москва, 1989), с. 237.

¹⁰⁸ А. Пуанкаре, *О науке* (Наука, Москва, 1990), с. 26.

¹⁰⁹ M. Schlick, *General Theory of Knowledge* (Springer, New York, Wien, 1985), p. 340: «Висновки утворюються поєднанням суджень, а судження є знаками фактів, відношень між об'єктами. Особливістю знаків відношень є те, що коли вони поєднуються, результат завжди простіший, ніж сукупність знаків, складених разом. Таким чином, ситуація тут інша, ніж у випадку понять, які є знаками об'єктів чи речей».

¹¹⁰ E. Cassirer, *Symbol, Technik, Sprache. Aufsätze aus den Jahren 1927—1933*. E. W. Orth, J. M. Krois (eds.), (Meiner, Hamburg, 1985), S. 138. Цитується за

4.29. Бібліографія та коментарі

M. Ferrari, *Sources for the History of the Concept of Symbol from Leibniz to Cassirer*. In M. Ferrari, I. O. Stamatescu (eds.), *Symbol and Physical Knowledge. On the Conceptual Structure of Physics* (Springer, Heidelberg, 2002), p. 24.

¹¹¹ E. Cassirer, *The Philosophy of Symbolic Forms. In Three Volumes. Vol. 1. Language* (Yale University Press, New Haven, 1980), p. 85–86.

¹¹² Наприклад, видатний німецький фізик *Герріх Герц* стверджував наступне: «Це наступне і, в певному сенсі, найважливіше завдання нашого свідомого пізнання природи, яке дає змогу нам передбачити майбутній досвід, щоб ми могли організувати свої теперішні дії на підставі цього передбачення. Як основу для вирішення цього завдання знань ми використовуємо попередній досвід, набутий за будь-яких обставин випадковими спостереженнями або за допомогою навмисних дій. Але процедура, яку ми завжди використовуємо для отримання майбутнього з минулого і, таким чином, для здійснення передбачення, до якого ми прагнемо, полягає в наступному: ми створюємо внутрішні ілюзії або символи зовнішніх предметів і робимо їх такими, які притаманні думці. Слідкуйте за малюнками знову і знову, бо природно і з необхідністю фотографії є відображенням відповідних предметів. Аби ця вимога взагалі могла бути виконана, між природою та нашим духом повинні бути певні відповідності. Досвід вчить, що ця вимога може бути виконана і що такі відповідності насправді існують. Після того, як нам вдалося отримати зображення потрібної якості з накопиченого попереднього досвіду, ми можемо за короткий час отримати з них наслідки як із моделей, які внаслідок власного втручання у зовнішній світ можна отримати лише через значно довший час. Таким чином, ми можемо випереджувати факти та приймати наші поточні рішення відповідно до отриманого нами розуміння. Картини, про які ми говоримо, є нашими уявленнями про речі; вони задовольняють одну суттєву відповідність речам, яка полягає у виконанні вищезазначеної вимоги. Проте щодо них не існує необхідності мати в подальшому будь-який зв'язок із речами. Насправді, ми також не знаємо й не маємо засобів з'ясувати, чи узгоджуються наші уявлення про речі з тим, що є іншим, ніж лише тільки фундаментальне співвідношення». Н. Hertz, *Die Prinzipien der Mechanik in neuem Zusammenhänge dargestellt* (Johann Ambrosius Barth (Arthur Meiner), Leipzig, 1984), S. 1–2.

¹¹³ Так, один з перших дослідників фізичних теорій як окремої реалії, *П'єр Дюгем* стверджував, що вони мають символічну природу. Але в його розумінні символи позначають лише зовнішні до теорій реалії: речі, властивості та структури. Як і більшість філософів, він вважав, що немає якогось природного зв'язку між символом та позначеною реалією, що символи є елементами системи, де головну роль відіграють не вони, а відношення між ними, що символи обираються з міркувань зручності дій з ними. Див. P. Duhem, *The Aim and Structure of Physical Theory* (Atheneum, New York, 1962).

¹¹⁴ F. J. Giessibl, *Advances in atomic force microscopy*. Rev. Mod. Phys., **75** (3), 949–983 (2003); F. J. Giessibl, *AFM's path to atomic resolution*. Mater. Today, **8** (5), 32–41 (2005); F. J. Giessibl, *AFM's path to atomic resolution*. Phys. Today, **59** (12), 44–50 (2006).

¹¹⁵ Л. Б. Окунь, *Элементарное введение в физику элементарных частиц*. Второе издание, исправленное и дополненное (Физматлит, Москва, 2006);

E. V. Shuryak, *Applying the many-body theory to quarks and gluons*. Phys. Rep., **391** (3–6), 381–428 (2004).

¹¹⁶ I.-O. Stamatescu, *On the Use and Character of Symbols in Modern Physical Theories*. In M. Ferrari, I. O. Stamatescu (eds.), *Symbol and Physical Knowledge. On the Conceptual Structure of Physics* (Springer, Heidelberg, 2002), p. 40.

¹¹⁷ Дж. Джексон, *Классическая электродинамика* (Мир, Москва, 1965); Д. В. Сивухин, *Общий курс физики. Том третий. Электричество*. Издание четвертое, стереотипное (Физматлит, Москва, 2004); Э. Парселл, *Электричество и магнетизм, Берклеевский курс физики, Том второй*. Издание второе, исправленное (Наука, Москва, 1975); И. Е. Тамм, *Основы теории электричества*. Издание девятое, исправленное (Наука, Москва, 1976).

¹¹⁸ Вл. Карцев, *Максвелл* (Молодая гвардия, Москва, 1976); Дж. К. Максвелл, *Статьи и речи* (Наука, Москва, 1968); Л. С. Полак (ред.), *Максвелл и развитие физики XIX–XX веков* (Наука, Москва, 1985).

¹¹⁹ В. И. Фушич, А. Г. Никитин, *Симметрия уравнений Максвелла* (Наукова думка, Киев, 1983).

¹²⁰ Дж. Джексон, *Классическая электродинамика* (Мир, Москва, 1965). Функції Гріна для диференціальних рівнянь були введені англійським математиком-фізиком *Джорджем Гріном*, людиною з вельми цікавою біографією: Ю. А. Любимов, *Джордж Грин: життєвий шлях і творчість (к 200-летию со дня рождения)*. Усп. физ. наук, **164** (1), 105–117 (1994); D. M. Cannell, N. J. Lord, *George Green, Mathematician and Physicist 1793–1841*. Math. Gazette, **77** (478), 26–51 (1993); D. M. Cannell, *George Green: An Enigmatic Mathematician*. Amer. Math. Monthly, **106** (2), 136–151 (1999); D. M. Cannell, *George Green. Mathematician and Physicist 1793–1841. The Background to His Life and Work* (Society for Industrial Mathematics, Philadelphia, 2001).

¹²¹ W. Thomson, *The Cambridge and Dublin Mathematical Journal, Volume III* (Macmillan, Barclay, and Macmillan, Cambridge, 1848), p. 141–148; A. M. Gabovich, A. I. Voitenko, *Electrostatic image force energy for charges in three-layer structures: exact formulas and their approximations*. J. Phys. Condens. Matter, **33** (20), 205002 (2021).

¹²² В. М. Агранович, В. Л. Гинзбург, *Кристаллооптика с учетом пространственной дисперсии и теория экситонов*. Издание второе, переработанное и дополненное (Наука, Москва, 1979); М. А. Воротынцев, А. А. Корнышев, *Электростатика сред с пространственной дисперсией* (Наука, Москва, 1993).

¹²³ Д. А. Киржниц, *Общие свойства электромагнитных функций отклика*. Усп. физ. наук, **152** (3), 399–422 (1987).

¹²⁴ В. М. Агранович, Ю. Н. Гаргштейн, *Пространственная дисперсия и отрицательное преломление света*. Усп. физ. наук, **176** (10), 1051–1068 (2006); M. McCall, *Transformation optics and cloaking*. Contemp. Phys., **54** (6), 273–286 (2013); J. B. Pendry, *Negative refraction makes a perfect lens*. Phys. Rev. Lett., **85** (18), 3966–3969 (2000); D. R. Smith, W. J. Padilla, D. C. Vier, S. C. Nemat-Nasser, S. Schultz, *Composite medium with simultaneously negative permeability and permittivity*. Phys. Rev. Lett., **84** (18), 4184–4187 (2000).

¹²⁵ У. Оккам, *Избранное* (Едиториал УРСС, Москва, 2002).

¹²⁶ Класичним прикладом подібної наукової афери є масштабна фальсифікація дослідних даних німецьким фізиком *Шеном* (*Schön*), який працював

4.29. Бібліографія та коментарі

тоді в Сполучених Штатах: E. S. Reich, *Plastic Fantastic: How the Biggest Fraud in Physics Shook the Scientific World* (Palgrave Macmillan, New York, 2009).

¹²⁷ Для тих, кого насамперед цікавить історія виникнення різних конкретних наукових назв, можна порекомендувати наступні джерела: С. Е. Whitmore, *The language of science*. Sci. Monthly, **80** (3), 185—191 (1955); A. L. Caso, *The production of new scientific terms*. Amer. Speech, **55** (2), 101—111 (1980); Н. Kragh, *A terminological history of early elementary particle physics*. Arch. Hist. Exact. Sci., **77** (1), 73—120 (2023).

¹²⁸ М. Попович, *О философском анализе языка науки* (Київ, Наукова думка, 1966): Джерелом цього міфу є фактично натурфілософська теза Рудольфа Карнапа, що «наука є єдністю, яка ґрунтується на тому, що всі емпіричні твердження можна репрезентувати засобами однієї мови, що всі стани речей є одного роду та пізнаються однаковим методом». R. Carnap, *The Unity of Science* (Kegan, London 1934; Reprint by Thoemmes Press, Bristol, 1995), p. 32. Спростування цієї тези стає беззаперечним, якщо від загальних уявлень про науку та їхньої абсолютизації звернутися до конкретних систем наукового знання. А саме, їх розгляд демонструє, що єдність науки полягає в тому, що всі її дисципліни, незважаючи на корінні відмінності їхніх предметних галузей та ступенів розвитку, складаються з мережі відповідних систем знання, яким притаманна універсальна полісистемна побудова. Інша справа, що не у всіх системах наукового знання існування їх підсистем усвідомлюється самими науковцями та філософами науки. Читачу, критично налаштованому до гіпотези про універсальну полісистемну будову будь-яких реальних систем наукового знання, пропонуємо навести приклади таких систем знання, які не використовують моделі досліджуваних реалій, які не формулюють дослідницькі проблеми в термінах цих моделей, які не використовують загальні та специфічні методи розв'язання і експериментальної перевірки отриманих рішень, які не користуються різними оцінками методів тощо.

¹²⁹ Дж. К. Максвелл, *Трактат об електричестві. В двух томах* (Наука, Москва, 1989).

¹³⁰ Б. М. Болотовский, *Оливер Хевисайд* (Наука, Москва, 1985).

¹³¹ L. Corry, *David Hilbert and the axiomatization of physics (1894—1905)*. Arch. Hist. Exact Sci., **51** (2), 83—198 (1997).

¹³² J. Mehra, *Einstein, Physics and Reality* (World Scientific, Singapore, 1999).

¹³³ В. Л. Гинзбург, *О теории относительности. Сборник статей* (Наука, Москва, 1979).

¹³⁴ М.-А. Тоннела, *Основы электромагнетизма и теории относительности* (ИЛ, Москва, 1962).

¹³⁵ Э. Парселл, *Электричество и магнетизм, Берклевский курс физики, Том второй*. Издание второе, исправленное (Наука, Москва, 1975).

¹³⁶ В. Бюлер, *Гаусс. Биографическое исследование* (Наука, Москва, 1989).

¹³⁷ J. Larmor (eds.), *Memoir and Scientific Correspondence of the Late Sir George Gabriel Stokes, Bart., Selected and Arranged by Joseph Larmor*, Vol. 1 (Cambridge University Press, Cambridge, 2010).

¹³⁸ Наприклад. Дивись статтю «Рівняння Максвелла». https://uk.wikipedia.org/wiki/Рівняння_Максвелла.

¹³⁹ Г. 'т Гофт розглядає системи диференціальних рівнянь у часткових похідних та стверджує, що їх можна вважати успішними фізичними теорі-

ями, «якщо ці диференціальні рівняння (правильно) прогнозують поведінку величин, що беруть участь у широкому наборі обставин. Зараз диференціальні рівняння у часткових похідних добре вивчені в математичній літературі. В багатьох випадках можна показати, що розв'язки (за певних граничних умов) є унікальними й можуть бути обчислені з довільною точністю. Такі добрі властивості, зазвичай, зумовлені існуванням певного поняття певної позитивної «енергії». Експериментально можна було би перевірити, що багато з цих систем є насправді успішними теоріями». G. 't Hooft, *Quantum field theory for elementary particles. Is quantum field theory a theory?* Phys. Rep., **104** (2—4), 129—142 (1984).

¹⁴⁰ L. Wolpert, *The Unnatural Nature of Science* (Harvard University Press, Cambridge, MA, 1992), p. 173—174.

¹⁴¹ I. M. Mills, *The language of science*. Metrologia, **34** (1), 101—109 (1997).

¹⁴² L. Mari, *Review article. Evolution of 30 years of the International Vocabulary of Metrology (VIM)*. Metrologia, **52** (1), R1—R10 (2015).

¹⁴³ Л. А. Сена, *Единицы физических величин и их размерности*. Издание второе, переработанное и дополненное (Наука, Москва, 1977).

¹⁴⁴ М. С. Самарин, *Вольт, ампер, ом и другие. Единицы физических величин в технике связи* (Радио и связь, Москва, 1988).

¹⁴⁵ Герман Гельмгольц — видатний німецький фізик, фізіолог, психолог. [А. В. Лебединский, У. И. Франкфурт, А. М. Френк, *Гельмгольц* (Наука, Москва, 1966)].

¹⁴⁶ Д. С. Лотте, *Основы построения научно-технической терминологии. Вопросы теории и методики* (Издательство АН СССР, Москва, 1961), С. 19.

¹⁴⁷ W. A. Jennings, *Evolution over the past century of quantities and units in radiation dosimetry*. J. Radiol. Prot., **27** (1), 5—16 (2007).

¹⁴⁸ J. L. Flowers, B. W. Petley, *Progress in our knowledge of the fundamental constants of physics*. Rep. Prog. Phys., **64** (10), 1191—1246 (2001).

¹⁴⁹ P. Becker, *History and progress in the accurate determination of the Avogadro constant*. Rep. Prog. Phys., **64** (12), 1945—2008 (2001).

¹⁵⁰ J. Valdes, *Features and Future of the International System of Units (SI)*. Adv. Imaging Electron Phys., **138**, 251—320 (2005).

¹⁵¹ M. Gläser, M. Borys, *Precision mass measurements*. Rep. Prog. Phys., **72** (12), 126101 (2009).

¹⁵² R. Steiner, *History and progress on accurate measurements of the Planck constant*. Rep. Prog. Phys. **76** (1), 016101 (2013).

¹⁵³ Дивись, зокрема: К. Берка, *Измерения: понятия, теории, проблемы* (Прогресс, Москва, 1987); D. H. Krantz, R. D. Luce, P. Suppes, A. Tvesky, *Foundations of Measurement*. Vol. I. *Additive and Polynomial Representations* (Academic Press, New York, 1971); P. Suppes, D. H. Krantz, R. D. Luce, A. Tversky, *Foundations of Measurement*. Vol. II. *Geometrical, Threshold, and Probabilistic Representations* (Academic Press, New York, 1989); R. D. Luce, D. H. Krantz, P. Suppes, A. Tversky, *Foundations of Measurement*. Vol. III. *Representation, Axiomatization, and Invariance* (Academic Press, New York, 1990); N. Cartwright, *Nature's Capacities and their Measurement* (Clarendon Press, Oxford, 1989); L. Mari, *Epistemology of measurement*. Measurement, **34** (1), 17—30 (2003); H. Chang, *Inventing Temperature. Measurement and Scientific Progress* (Oxford University Press, Oxford, 2004); J. M. Henshaw, *Does Measurement Measure Up? How Numbers Reveal and Conceal the Truth* (The

4.29. Бібліографія та коментарі

Johns Hopkins University Press, Baltimore, 2006); O. Schlaudt, L. Huber (eds.), *Standardization in Measurement. Philosophical, Historical and Sociological Issues* (Pickering & Chatto, London, 2015); A. Burton-Jones, A. S. Lee, *Thinking About Measures and Measurement. A Proposal for Refocusing on Fundamentals*. Information Systems Research, **28** (3), 451–467 (2017).

¹⁵⁴ Шарль Кулон — французький фізик та інженер. Див. С. Р. Филонович, *Шарль Кулон* (Просвещение, Москва, 1988).

¹⁵⁵ Жан-Батист Біо — французький фізик. Див. E. Frankel, *Career-Making in Post-Revolutionary France: the Case of Jean-Baptiste Biot*. Brit. J. Hist. Sci., **11** (1), 36–48 (1978).

¹⁵⁶ Фелікс Савар — французький фізик. Див. https://uk.wikipedia.org/wiki/Фелікс_Савар, а також Э. Уиттекер, *История теории эфира и электричества. Классические теории* (Регулярная и хаотическая динамика, Ижевск, 2001).

¹⁵⁷ П'єр-Сімон Лаплас — французький фізик і математик. Див. Б. А. Воронцов-Вельяминов, *Лаплас*. Издание второе, переработанное и дополненное (Наука, Москва, 1985).

¹⁵⁸ Див. https://uk.wikipedia.org/wiki/Рівняння_Максвелла.

¹⁵⁹ P. Roman, *Theory of Elementary Particles* (North Holland, Amsterdam, 1961), p. 107.

¹⁶⁰ Хендрик Казимір — голландський фізик. Див. H. B. G. Casimir, *Haphazard Reality. Half a Century of Science* (Amsterdam University Press, Amsterdam, 2010).

¹⁶¹ G. L. Klimchitskaya, U. Mohideen, and V. M. Mostepanenko, *The Casimir force between real materials: Experiment and theory*. Rev. Mod. Phys., **81** (4), 1827–1885 (2009).

¹⁶² Д. Д. Иваненко (ред.), *Сдвиг уровней атомных электронов и дополнительный магнитный момент электрона согласно новейшей квантовой электродинамике* (ИЛ, Москва, 1950).

¹⁶³ M. Durrani, *Willis Lamb: 1913–2008*. Phys. World, **21** (7), 13 (2008).

¹⁶⁴ O. Darrigol, *Electrodynamics from Ampère to Einstein* (Oxford University Press, Oxford, 2000); N. J. Nersessian, *Aether/or: the creation of scientific concepts*. Stud. Hist. Philos. Sci. A, **15** (3), 175–212 (1984); K. F. Schaffner, *Nineteenth-Century Aether Theories* (Pergamon Press, Oxford, 1972).

¹⁶⁵ R. S. Shankland. *Michelson-Morley experiment*. Amer. J. Phys., **32** (1), 16–35 (1964).

¹⁶⁶ Альберт Майкельсон — американський фізик. Див. A. E. Moyer, *Michelson in 1887*. Phys. Today, **40** (5), 50–56 (1987).

¹⁶⁷ Едвард Вільямс Морлі — американський фізик. Див. R. R. Hamerla, *An American Scientist on the Research Frontier. Edward Morley, Community, and Radical Ideas in Nineteenth-Century Science* (Springer, Dordrecht 2006).

¹⁶⁸ М. А. Леонтович, *О системах мер. В связи с введением «Международной системы единиц» как стандарта*. Вестник АН СССР, **6**, 123–126 (1964).

¹⁶⁹ Я. И. Френкель, *Электродинамика, Том второй (Макроскопическая электродинамика материальных тел)* (ОНТИ, Ленинград, 1935).

¹⁷⁰ A. Zangwill, *Modern Electrodynamics* (Cambridge University Press, Cambridge, 2012).

¹⁷¹ У деяких сучасних системах наукового знання можна виділити ще й генеративні (модельні й процедурні) назви, але їх введення пов'язано із наяв-

ністю в системі знання розвинутої модельної та процедурної підсистем. Тому ці назви доцільно розглядати в нашому наступному дослідженні, присвяченому модельній і процедурній підсистемам.

¹⁷² Якби складові були класичними частинками, то, попри нейтральність системи в цілому та наявність кулонівських сил притягання між частинками, система обов'язково розвалилася б унаслідок внутрішньо притаманної нестійкості відносно неминучих малих флуктуацій навколо рівноважних положень [теорема Ірншоу: S. Earnshaw, *On the nature of the molecular forces which regulate the constitution of the luminiferous ether*. *Transact. Cambridge Philosoph. Soc.* 7, p. 97—112 (1842)].

¹⁷³ Д. Сонг, *Луна Ейнштейна*. Усп. физ. наук, **182** (9), 1013—1014 (2012). Критику цієї еkleктичної та плутаної позиції див. у дискусії: А. Габович, В. Кузнецов, *Существует ли g-н Сонг, которого мы не наблюдаем?* Трибуна УФН. <http://ufn.ru/tribune/trib122c.pdf> та в супутніх статтях.

¹⁷⁴ М. Б. Менский, *Квантовые измерения, феномен жизни и стрела времени: связи между «тремя великими проблемами» по терминологии Гинзбурга*. Усп. физ. наук, **177** (4), 415—425 (2007).

¹⁷⁵ М. Б. Менский, *Человек и квантовый мир. Странности квантового мира и тайна сознания* (Век-2, Фрязино, 2005).

¹⁷⁶ Дж. Беркли, *Сочинения* (Мысль, Москва, 1978).

¹⁷⁷ П. Стретерн, *Беркли за 90 минут* (АСТ: Астрель, Москва, 2005).

¹⁷⁸ R. P. Crease, *Charles Sanders Peirce and the first absolute measurement standard*. *Phys. Today*, **62** (12), 39—44 (2009); G. Deledalle, C. S. Peirce, *An Intellectual Biography* (John Benjamins, Amsterdam, 1990).

¹⁷⁹ J. Schummer, *The philosophy of chemistry. From Infancy Toward Maturity*. In D. Baird, E. Scerri, L. McIntyre (eds.), *Philosophy of Chemistry. Synthesis of a New Discipline* (Springer, Dordrecht, 2006). P. 19—39.

¹⁸⁰ D. Hellwinkel, *Semiotische Aspekte der Chemie*. In R. Posner, K. Robering, T. A. Sebeok (eds.), *Semiotik / Semiotics. Ein Handbuch zu den zeichentheoretischen Grundlagen von Natur und Kultur, Teilband 3* (Walter de Gruyter, Berlin, New York, 2003). S. 2607.

¹⁸¹ Дивись: Серии: Сборники рекомендуемых терминов и Сборники научно-нормативных терминов (АН СССР). Наприклад: *Теоретическая механика. Терминология. Буквенные обозначения величин: Сборник рекомендуемых терминов, Выпуск 102* (Наука, Москва, 1984); *Физика атомного ядра и элементарных частиц. Терминология, Выпуск 110* (Наука, Москва, 1989); *Квантовая механика. Терминология, Выпуск 104* (Наука, Москва, 1985); *Квантовая теория твердого тела. Терминология, Выпуск 105* (Наука, Москва, 1985).

¹⁸² А. Азимов, *Слова в науке. История происхождения научных терминов* (Центрполиграф, Москва, 2006).

¹⁸³ В. М. Бродянский, *Вечный двигатель прежде и теперь. От утопии к науке. От науки к утопии* (Физматлит, Москва, 2001); Я. М. Гельфер, *Законы сохранения* (Наука, Москва, 1967); Я. М. Гельфер, *История и методология термодинамики и статистической физики*. Издание второе, переработанное и дополненное (Высшая школа, Москва, 1981); А. Орд-Хьюм, *Вечное движение. История одной навязчивой идеи* (Знание, Москва, 1980); У. И. Франкфурт, *Закон сохранения и превращения энергии* (Наука, Москва, 1978).

4.29. Бібліографія та коментарі

¹⁸⁴ П. С. Кудрявцев, *Фарадей* (Просвещение, Москва, 1969); Д. Мак-Дональд, *Фарадей, Максвелл и Кельвин* (Атомиздат, Москва, 1967); N. Forbes, B. Mahon, *Faraday, Maxwell, and the Electromagnetic Field. How Two Men Revolutionized Physics* (Prometheus Books, Amherst, 2014); A. Hirshfeld, *The Electric Life of Michael Faraday* (Walker & Company, New York, 2006).

¹⁸⁵ Г. С. Ландсберг, *Оптика. Издание пятое, переработанное и дополненное* (Наука, Москва, 1976); Ф. Ф. Сизов, Ю. И. Уханов, *Магнетооптические эффекты Фарадея и Фогта в применении к полупроводникам* (Наукова думка, Киев, 1979); A. K. Zvezdin, V. A. Kotov, *Modern Magnetooptics and Magnetooptical Materials* (IOP Publishing, Bristol, 1997).

¹⁸⁶ А. И. Бродский, *Физическая химия. Том второй. Растворы. Электрохимия. Химическая кинетика. Фотохимия. Издание шестое, переработанное и дополненное* (Госхимиздат, Москва—Ленинград, 1948); Ф. Миомандр, С. Садки, П. Одебер, Р. Меалле-Рено, *Электрохимия* (Техносфера, Москва, 2008).

¹⁸⁷ R. G. Egdell, E. Bruton, *Henry Moseley, X-ray spectroscopy and the periodic table*. Phil. Trans. R. Soc., A **378** (2180), 20190302 (2020); J. L. Heilbron, *The Work of H. G. J. Moseley*. ISIS, **57** (3), 336—364 (1966).

¹⁸⁸ Н. А. Фигуровский, *Дмитрий Иванович Менделеев. Издание второе, исправленное и дополненное* (Наука, Москва, 1983); P. P. Edwards, R. G. Egdell, D. Fenske, V. Yao, *The periodic law of the chemical elements: «The new system of atomic weights which renders evident the analogies which exist between bodies» [1]*. Phil. Trans. R. Soc., A **378** (2180), 20190537 (2020).

¹⁸⁹ М. Планк, *Единство физической картины мира* (Наука, Москва, 1966).

¹⁹⁰ Власне, ми від хімії далеко не відходили, бо сучасні хімія та фізика нерозривно взаємопов'язані, хоча звести хімію до фізики неможливо, а ототожнювати теоретичну хімію та квантову механіку атомів і молекул неправильно з точки зору методів, підходів та світосприйняття, і, врешті, недоцільно, з точки зору подальшого ефективного поступу: A. Drago, *A new definition of reduction between two scientific theories: no reduction of chemistry to quantum mechanics*. Found. Chem., **22** (3), 421—445 (2020).

¹⁹¹ Р. Кан, О. Дермер, *Введение в химическую номенклатуру* (Химия, Москва, 1983).

¹⁹² Талідомід: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Талідомід>.

¹⁹³ P. Hoyningen-Huene, *Systematicity. The Nature of Science* (Oxford University press, Oxford, 2012), p. 144.

¹⁹⁴ Цим займається структурна хімія: L. Pauling, *The Nature of the Chemical Bond and the Structure of Molecules and Crystals: An Introduction to Modern Structural Chemistry, Third Edition*. (Cornell University Press, Ithaca, New York, 1960); M. V. Putz, F. Cimpoesu, M. Ferbinteanu, *Structural Chemistry. Principles, Methods, and Case Studies* (Springer, Cham, 2018).

¹⁹⁵ D. Hellwinkel, *Systematic Nomenclature of Organic Chemistry. A Directory to Comprehension and Application of its Basic Principles* (Springer, Berlin, 2001).

¹⁹⁶ Э. Картмелл, Г. В. А. Фулс, *Валентность и строение молекул* (Химия, Москва, 1979); Дж. Мартел, С. Кеттл, Дж. Теддер, *Теория валентности* (Мир, Москва, 1968); Я. К. Сыркин, М. Е. Дяткина, *Химическая связь и строение молекул* (Госхимиздат, Москва—Ленинград, 1946); S. Shaik, P. C. Hiberty, *A Chemist's Guide to Valence Bond Theory* (John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey,

2008); F. Weinhold, C. R. Landis, *Valency and Bonding. A Natural Bond Orbital Donor—Acceptor Perspective* (Cambridge University Press, Cambridge, 2005).

¹⁹⁷ Г. Н. Зацепина, *Физические свойства и структура воды. Издание второе, переработанное* (МГУ, Москва, 1987); Л. А. Кульский, В. В. Даль, Л. Г. Ленчина, *Вода знакомая и загадочная* (Радянська школа, Киев, 1982); А. М. Кутепов (отв. ред.), *Вода. структура, состояние, сольватация. Достижения последних лет* (Наука, Москва, 2003); В. В. Туров, В. М. Гунько, *Кластеризованная вода и её использование* (Наукова думка, Киев, 2011); H. Chang, *Is Water H₂O? Evidence, Realism and Pluralism* (Springer, Dordrecht, 2012); F. Franks, *Water: A Matrix of Life, Second Edition*. (The Royal Society of Chemistry, Cambridge, 2000); C. Perez, M. T. Muckle, D. P. Zaleski, N. A. Seifert, V. Temelso, G. C. Shields, Z. Kisiel, B. H. Pate, *Structures of cage, prism, and book isomers of water hexamer from broadband rotational spectroscopy*. *Science*, **336** (6083), 897—901 (2012).

¹⁹⁸ P. W. Anderson, *Personal history of my engagement with cuprate superconductivity, 1986—2010*. *Int. J. Mod. Phys. B*, **25** (1), 1—39 (2011); W. F. Brinkman, N. P. Ong, P. A. Lee, *Philip Warren Anderson*. *Phys. Today*, **73** (6), 59 (2020); A. Zhang, A. Zangwill, *Four Facts Everyone Ought to Know about Science: The Two-Culture Concerns of Philip W. Anderson*. *Phys. Perspect.*, **20** (4), 342—369 (2018).

¹⁹⁹ P. W. Anderson, *More is different*. *Science*, **177** (4047), 393—396 (1972). Дивись також: P. W. Anderson, *Is complexity physics? Is it science? What is it?* *Phys. Today*, **44** (7), 9—10 (1991); P. W. Anderson, *Rise of complexity, 1953—2002*. *Ann. Henri Poincaré*, **4** (Suppl. 1), S1—S8 (2003).

²⁰⁰ P. Peng, C. Marceau, D. M. T. Villeneuve, *Attosecond imaging of molecules using high harmonic spectroscopy*. *Nat. Rev. Phys.*, **1** (2), 144—155 (2019); T. Pfeifer, C. Spielmann, G. Gerber, *Femtosecond x-ray science*. *Rep. Prog. Phys.*, **69** (2), 443—505 (2006).

²⁰¹ Дослідники семіотичних аспектів систем хімічного знання справедливо вказують, що дослідження етимології хімічних назв є безумовно цікавими з історико-наукової та історико-мовної точок зору, але мало що додають до розуміння специфіки утворення та функціонування назв у сучасній хімії. Див., зокрема, J. Schummer, *Zur Semiotik der chemischen Zeichensprache: Die Repräsentation dynamischer Verhältnisse mit statischen Mitteln*. In P. Janich, N. Psarros (eds.). *Die Sprache der Chemie* (Königshausen & Neumann, Würzburg, 1996), S. 113—126; J. Schummer, *The philosophy of chemistry. From infancy toward maturity*. In: D. Baird, E. Scerri, L. McIntyre (eds.), *Philosophy of Chemistry. Synthesis of a New Discipline* (Springer, Dordrecht, 2006), p. 19—39.

²⁰² Див., наприклад, Б. В. Некрасов *Основы общей химии. В двух томах* (Химия, Москва, 1973); Н. Л. Глинка, *Общая химия*, (Химия, Москва, 1985); P. Atkins, L. Jones, *Chemical Principles. The Quest for Insight* (Freeman, New York, 1999).

²⁰³ В. Л. Рабинович, *Алхимия как феномен Средневековой культуры* (Наука, Москва, 1979); В. Л. Рабинович, *Образ мира в зеркале алхимии. От стихий и атомов древних до элементов Бойля* (Энергоиздат, Москва, 1981); В. Рабинович, *Алхимия* (Издательство Ивана Лимбаха, Санкт-Петербург, 2012).

²⁰⁴ M. S. Morriison, *Modern Alchemy. Occultism and the Emergence of Atomic Theory* (Oxford University Press, Oxford, 2007); J. Read, *From Alchemy to Chemistry* (Dover Publications, New York, 1995).

4.29. Бібліографія та коментарі

²⁰⁵ В. А. Крицман, *Роберт Бойль, Джон Дальтон, Амедео Авогадро. Створили атомно-молекулярного учения в химии* (Просвещение, Москва, 1976).

²⁰⁶ Тут треба зробити два зауваження. По-перше, «складається» можна вживати лише тому, що енергією зв'язку атомів у молекулі можна знехтувати порівняно з енергією спокою кожного атома. На щастя теоретиків у хімії ця нерівність виконується з великим запасом, чого не можна сказати про ядерну фізику, де енергія зв'язку для відповідних реакцій дуже помітна (див., наприклад: Yu. A. Bereznoi, *The Quantum World of Nuclear Physics* (World Scientific, Singapore, 2005)). По-друге, говорити про молекули в конденсованому стані можна лише тоді, коли маємо справу з чистим молекулярним (атомним) кристалом, де молекули (атоми) слабо зв'язані між собою, наприклад, силами *Ван-дер-Ваальса* (А. И. Китайгородский, *Молекулярные кристаллы* (Наука, Москва, 1971)). Натомість для іонних кристалів у випадку розчину молекули дисоціюють завдяки екрануванню міжатомних сил диполями розчинника, а тому ніяких молекул NaCl у розчині немає, про що інколи забувають популяризатори (А. А. Веденов, *Физика растворов* (Наука, Москва, 1984)). Термін «складається» тут є недоречним. Більше того, іонний кристал NaCl, на відміну від молекулярного, в твердому вигляді є тривимірною ґраткою Na-Cl, де кожний Na однаково притягується всіма найближчими сусідніми Cl та однаково відштовхується всіма найближчими сусідніми Na (В. Ф. Ухов, Р. М. Кобелева, Г. В. Дедков, А. И. Темроков, *Электронно-статистическая теория металлов и ионных кристаллов* (Наука, Москва, 1982)).

²⁰⁷ Більше того, покрите патиною слово *алхімія* проникло в культурний простір, далекий від справжньої науки, та стало метафорою, вживаною людьми, які ані хімією, ані певна річ, почилою в старих фоліантах алхімією не володіють. Дивись наприклад: В. Рабинович, *Алхимия* (Издательство Ивана Лимбаха, Санкт-Петербург, 2012); S. Fraleigh, *Butoh. Metamorphic Dance and Global Alchemy* (University of Illinois Press, Urbana, 2010); В. Marsh, *Plagiarism. Alchemy and Remedy in Higher Education* (State University of New York Press, Albany, 2007); Н. S. Redgrove, *Alchemy. Ancient and Modern* (<http://www.Abika.com>).

²⁰⁸ Дж. Эмсли, *Элементы* (Мир, Москва, 1993); Р. Ball, *The Elements. A Very Short Introduction* (Oxford University Press, Oxford, 2002).

²⁰⁹ Це аж ніяк не означає *моноатомність* молекул відповідної речовини. Наприклад, атмосфера Землі містить кисень і азот переважно у формі двоатомних молекул O₂ та N₂, відповідно. Дивись: Л. В. Тарасов, *Ветры и грозы в атмосфере Земли. Учебное пособие* (Интеллект, Долгопрудный, 2011); Л. В. Тарасов, *Атмосфера нашей планеты* (Физматлит, Москва, 2012).

²¹⁰ <https://ru.wikipedia.org/wiki/Унітаз>.

²¹¹ https://ru.wikipedia.org/wiki/Rover_Company.

²¹² Як розповідали авторам, місцеві мешканці пов'язують цю назву з фірмою власника з прізвищем «Тремпель» (Див. також: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Плічка>). Проте достеменно це не відомо. Є й інші версії. Див.: <https://ru.wiktionary.org/wiki/тремпель> та <https://uk.wiktionary.org/wiki/тремпель>.

²¹³ А. М. Жаботинский, *Концентрационные автоколебания* (Наука, Москва, 1974); Л. С. Полак, А. С. Михайлов, *Самоорганизация в неравновесных физико-химических системах* (Наука, Москва, 1983).

- ²¹⁴ В. Вольтерра, *Математическая теория борьбы за существование* (Наука, Москва, 1976).
- ²¹⁵ W. C. Bray, *A periodic reaction in homogeneous solution and its relation to catalysis*. J. Amer. Chem. Soc., **43** (6), 1262—1267 (1921).
- ²¹⁶ В. Полищук, *Мастеровые науки* (Наука, Москва, 1989).
- ²¹⁷ Д. А. Франк-Каменецкий, *Диффузия и теплопередача в химической кинетике*. Издание третье, исправленное и дополненное (Наука, Москва, 1987).
- ²¹⁸ Р. Филд, М. Бургер (ред.), *Колебания и бегущие волны в химических системах* (Мир, Москва, 1988).
- ²¹⁹ Г. Николис, И. Пригожин, *Самоорганизация в неравновесных системах. От диссипативных структур к неупорядоченности через флуктуации* (Мир, Москва, 1979).
- ²²⁰ Ю. М. Свиричев, *Нелинейные волны, диссипативные структуры и катастрофы в экологии* (Наука, Москва, 1987).
- ²²¹ А. Т. Уинфри, *Время по биологическим часам* (Мир, Москва, 1990).
- ²²² В. Полищук, *Краткий миг торжества. О том, как делаются научные открытия* (Наука, Москва, 1989).
- ²²³ И. Харгиттай, *Откровенная наука. Беседы со знаменитыми химиками-I* (УРСС, Москва, 2003).
- ²²⁴ И. Харгиттай, *Откровенная наука. Беседы с корифеями биохимии и медицинской химии-II* (УРСС, Москва, 2006).
- ²²⁵ П. Эткинс, *Физическая химия*, Тома 1 и 2 (Мир, Москва, 1980).
- ²²⁶ S. Larsson, *Chemical physics. Electrons and Excitations* (CRC Press, Boca Raton, Florida, USA, 2012).
- ²²⁷ Бензольне кільце є конче важливим структурним елементом органічної хімії (науки про органічні речовини, тобто складні сполуки атомів вуглецю з іншими атомами). Дивись: А. J. Rocke, *Image and Reality. Kekulé, Kopp, and the Scientific Imagination* (The University of Chicago Press, Chicago and London, 2010); Э. Илиел, С. Вайлен, М. Дойл, *Основы органической стереохимии* (БИНОМ, Москва, 2007).
- ²²⁸ Дж. Теддер, А. Нехватал, А. Джубб, *Промышленная органическая химия* (Мир, Москва, 1977); P. J. Chenier, *Survey of Industrial Chemistry. Third edition* (Kluwer, New York, 2002); F. S. Taylor, *A History of Industrial Chemistry* (Heinemann, Melbourne, 1972); F. Ullmann, M. Bohnet (eds.), *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry* (Wiley-VCH, Weinheim, 2005).
- ²²⁹ В. Эллиот, Д. Эллиот, *Биохимия и молекулярная биология* (МАИК «Наука/Интерпериодика», Москва, 2002).
- ²³⁰ Дальтон використовував систему позначень, яка не стала загальноприйнятною. Наприклад, він позначав кисень кружечком, а водень — кружечком з точкою в центрі.
- ²³¹ Ю. И. Соловьев, В. И. Куринной, *Якоб Берцелиус* (Наука, Москва, 1980).
- ²³² E. R. Scerri, *The Periodic Table. Its Story and Its Significance* (Oxford University Press, Oxford, 2007); E. Scerri, G. Restrepo (eds.), *Mendeleev to Oganesson. A Multidisciplinary Perspective on the Periodic Table* (Oxford University Press, New York, 2018); M. Weinstein, *The periodic table and the model of emerging truth*. Foundations of Chemistry, **18** (3), 195—212 (2016).

4.29. Бібліографія та коментарі

²³³ На прикладі пропозиції *Берцеліуса* однозначно називати кожний хімічний елемент комбінацією двох латинських літер можна побачити надлишковість такого іменування. Кількість літер латинської абетки дорівнює за різними її версіями 25 чи 26 літерам (див. https://uk.wikipedia.org/wiki/Латинська_абетка), тому обмежена й кількість комбінацій з двох літер. Проте з фізичної точки зору майже неможливо практичне (достатньо тривале для аналізу) існування більш ніж 150 хімічних елементів (К. Шарман, *The transuranic elements and the island of stability*. Phil. Trans. R. Soc. A, **378** (2180), 20190535 (2020)). Тому більшість можливих двоелітерних назв залишиться онтологічно пустою, тобто їм нічого не відповідає у природі.

²³⁴ Для того, щоб розрізнити ізотопи для будь-якого елемента, використовується лівий верхній індекс, який вказує на число нуклонів (число протонів + число нейтронів у ядрі), в даному випадку кисню.

²³⁵ <https://uk.wikipedia.org/wiki/Рубідій>.

²³⁶ Ю. А. Бережной, *Квантовый мир атомной и ядерной физики. Учебное пособие* (ХНУ имени В. Н. Каразина, Харьков, 2010); Yu. A. Berezhnoi, *The Quantum World of Nuclear Physics* (World Scientific, Singapore, 2005).

²³⁷ М. Poliakoff, S. Tang, *Periodic table: icon and inspiration*. Phil. Trans. R. Soc., A **373** (2037), 20140211 (2015); E. Scerri, G. Restrepo, *Mendeleev to Oganesson. A Multidisciplinary Perspective on the Periodic Table* (Oxford University Press, New York, 2018).

²³⁸ В. А. Потапов, *Стереохимия*. Второе издание (Химия, Москва, 1988).

²³⁹ М. А. Кузнецов, Б. Л. Мильман, С. М. Шевченко, *Облик молекулы* (Химия, Москва, 1989).

²⁴⁰ С. М. Шевченко, *Молекула в пространстве* (Химия, Москва, 1986).

²⁴¹ Н.-J. Zhu, *Organic Stereochemistry. Experimental and Computational Methods* (Wiley-VCH, Weinheim, 2015).

²⁴² Р. Б. Добротин, Ю. И. Соловьев, *Вант-Гофф* (Наука, Москва, 1977).

²⁴³ М. Яновская, *Пастер* (Молодая гвардия, Москва, 1960).

²⁴⁴ L. Pauling, *The Nature of the Chemical Bond and the Structure of Molecules and Crystals: An Introduction to Modern Structural Chemistry*, 3rd ed. (Cornell University Press, Ithaca, New York, 1960).

²⁴⁵ Заради узагальнення хіміки розглядають чисто електростатичний іонний зв'язок як окремий граничний випадок ковалентного зв'язку. Власне, будь-який хімічний зв'язок має частково іонний характер, тобто йдеться про кількісні відмінності: Ч. Коулсон, *Валентность* (Мир, Москва, 1965); Е. М. Шусторович, *Химическая связь* (Наука, Москва, 1973).

²⁴⁶ Я. Г. Дорфман, *Лавуазье*, Издание второе, переработанное (Наука, Москва, 1962).

²⁴⁷ S. Martin, *Alchemy and Alchemists* (Pocket Essentials, Harpenden, Herts, 2006).

²⁴⁸ О. А. Старосельская-Никитина, *Резерфорд* (Наука, Москва, 1967).

²⁴⁹ А. Н. Кривомазов, *Фредерик Содди* (Наука, Москва, 1978).

²⁵⁰ И. М. Франк (ред.), *Мария Кюри. Пьер Кюри* (Наука, Москва, 1968).

²⁵¹ Ю. А. Бережной, *Квантовый мир атомной и ядерной физики. Учебное пособие* (ХНУ имени В. Н. Каразина, Харьков, 2010).

²⁵² F. A. Carey, R. J. Sundberg, *Advanced Organic Chemistry, Part A. Structure and Mechanisms*. Fourth Edition. (Kluwer Academic, New York, 2000); F. A. Ca-

rey, R. J. Sundberg, *Advanced Organic Chemistry. Part B. Reactions and Synthesis*. Fourth Edition. (Kluwer Academic, New York, 2000); M. B. Smith, *March's Advanced Organic Chemistry: Reactions, Mechanisms, and Structure*. Eighth Edition. (Wiley, Hoboken, 2020).

²⁵³ M. B. Smith, *Biochemistry. An Organic Chemistry Approach* (CRC, Boca Raton, 2020).

²⁵⁴ Г. В. БЫКОВ, *Август Кекуле. Очерк жизни и деятельности* (Наука, Москва, 1964); W. Göbel, *Friedrich August Kekulé* (BSB V. G. Teubner Verlagsgesellschaft, Leipzig, 1984).

²⁵⁵ K. S. Berry, S. A. Rice, J. Ross, *Physical Chemistry.*, 2nd ed. (Oxford University Press, New York, 2000); M. V. Putz, F. Cimpoesu, M. Ferbinteanu, *Structural Chemistry. Principles, Methods, and Case Studies* (Springer, Cham, 2018).

²⁵⁶ И. Пригожин, Д. Кондепуди, *Современная термодинамика. От тепловых двигателей до диссипативных структур* (Мир, Москва, 2002).

²⁵⁷ Л. Больцман, *Избранные труды. Молекулярно-кинетическая теория газов, термодинамика, статистическая механика, теория излучения. Общие вопросы физики* (Наука, Москва, 1984); Л. С. Полак, *Людвиг Больцман* (Наука, Москва, 1987).

²⁵⁸ М. В. Волькенштейн, *Молекулярная биофизика* (Наука, Москва, 1975).

²⁵⁹ A. R. Dunn, A. Price, *Energetics and forces in living cells*. *Phys. Today*, **68** (2), 27–32 (2015).

²⁶⁰ J. R. Banavar, A. Maritan, *Physics of proteins*. *Annu. Rev. Biophys. Biomol. Struct.*, **36**, 261–280 (2007).

²⁶¹ A. del Rio, R. Perez-Jimenez, R. Liu, P. Roca-Cusachs, J. M. Fernandez, M. P. Sheetz, *Stretching single talin rod molecules activates vinculin binding*. *Science*, **323** (5914), 638–641 (2009).

²⁶² Д. Уотсон, *Избегайте занудства. Уроки жизни, прожитой в науке* (Астрель, Москва, 2010).

²⁶³ Ф. Крик, *Безумный поиск. Личный взгляд на научное открытие* (Институт компьютерных исследований, Москва—Ижевск, 2004).

²⁶⁴ C. Fan (ed.), *DNA Nanotechnology. From Structure to Function* (Springer, Heidelberg, 2013), p. 36.

²⁶⁵ Д. Гильберт, С. Кон-Фоссен, *Наглядная геометрия. Издание третье* (Наука, Москва, 1981); А. В. Погорелов, *Элементарная геометрия. Планиметрия* (Наука, Москва, 1969); А. В. Погорелов, *Элементарная геометрия. Стереометрия* (Наука, Москва, 1970).

²⁶⁶ S. Earnshaw, *On the nature of the molecular forces which regulate the constitution of the luminiferous ether*. *Transact. Cambridge Philosoph. Soc.*, **7**, 97–112 (1842); J. H. Jeans, *The Mathematical Theory of Electricity and Magnetism* (Cambridge University Press, Cambridge, 1908).

²⁶⁷ Дж. Мартел, С. Кеттл, Дж. Теддер, *Теория валентности* (Мир, Москва, 1968).

²⁶⁸ Э. Картмелл, Г. В. А. Фоулс, *Валентность и строение молекул* (Химия, Москва, 1979).

²⁶⁹ F. Weinhold, C. R. Landis, *Valency and Bonding. A Natural Bond Orbital Donor—Acceptor Perspective* (Cambridge University Press, Cambridge, 2005).

²⁷⁰ S. Shaik, P. C. Hiberty, *A Chemist's Guide to Valence Bond Theory* (John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2008).

4.29. Бібліографія та коментарі

- ²⁷¹ Р. Вудворд, Р. Хоффман, *Сохранение орбитальной симметрии* (Мир, Москва, 1971); М. Орчин, Г. Джаффе, *Разрыхляющие орбитали* (Мир, Москва, 1969); Т. А. Albright, J. K. Burdett, M.-H. Whangbo, *Orbital Interactions in Chemistry*. 2nd ed. (John Wiley & Sons, Hoboken, NJ, 2013); R. S. Mulliken, *Chemical bonding*. *Ann. Rev. Phys. Chem.*, **29**, 1–30 (1978).
- ²⁷² S. Baroni, S. de Gironcoli, A. Dal Corso, P. Giannozzi, *Phonons and related crystal properties from density-functional perturbation theory*. *Rev. Mod Phys.*, **73** (2), 515–562 (2001).
- ²⁷³ V. Sahni, *Quantal Density Functional Theory* (Springer, New York, 2004).
- ²⁷⁴ https://en.wikipedia.org/wiki/Michael_J._S._Dewar.
- ²⁷⁵ M. J. S. Dewar, R. C. Dougherty, *The PMO Theory of Organic Chemistry* (Springer, New York, 1975).
- ²⁷⁶ Я. К. Сыркин, М. Е. Дяткина, *Химическая связь и строение молекул* (Госхимиздат, Москва—Ленинград, 1946).
- ²⁷⁷ О. Ю. Охлобыстин, *Жизнь и смерть химических идей* (Наука, Москва, 1989).
- ²⁷⁸ Н. М. Сергеев, *Дискуссия о резонансе*. *Химия и жизнь*, **9**, 66–71 (1988).
- ²⁷⁹ А. А. Касьян (ред.), *Дискуссии советских ученых середины XX века* (Прогресс-Традиция, Москва, 2008).
- ²⁸⁰ Р. Фейнман, *КЭД. Странная теория света и вещества* (Наука, Москва, 1988); M. Daniels, *Particles, Feynman Diagrams and All That*. *Phys. Educ.*, **41** (2), 119–129 (2006); D. Kaiser, *Drawing Theories Apart. The Dispersion of Feynman Diagrams in Postwar Physics* (University of Chicago Press, Chicago, 2005); A. Wüthrich, *Genesis of Feynman Diagrams* (Dordrecht, Springer, 2010). Ці діаграми є наочними та мнемонічними назвами процесів взаємодій елементарних частинок, що дають змогу виконувати за певними процедурами розрахунки кількісних характеристик різних процесів. Ми розповідали про них у параграфі 4.24. Онтично-називні підсистеми систем хімічного знання.
- ²⁸¹ A. H. Zewail, *4D ultrafast electron diffraction, crystallography, and microscopy*. *Annu. Rev. Phys. Chem.*, **57**, 65–103 (2006).
- ²⁸² К. Блум, *Теория матрицы плотности и ее приложения* (Мир, Москва, 1983).
- ²⁸³ Дж. Майер, М. Гепперт-Майер, *Статистическая механика. Издание второе, переработанное* (Мир, Москва, 1980).
- ²⁸⁴ K. Henzler-Wildman, D. Kern, *Dynamic personalities of proteins*. *Nature*, **450** (7172), 963–972 (2007).
- ²⁸⁵ В. П. Жданов, *Скорость химической реакции* (Наука, Москва, 1986).
- ²⁸⁶ В. П. Жданов, *Элементарные физико-химические процессы на поверхности* (Наука, Москва, 1988).
- ²⁸⁷ P. Hockett, C. Z. Bisgaard, O. J. Clarkin, A. Stolow, *Time-resolved imaging of purely valence-electron dynamics during a chemical reaction*. *Nat. Phys.*, **7** (4), 612–615 (2011).
- ²⁸⁸ G. W. Tumbic, M. Y. Hossan, M. C. Thielges, *Protein dynamics by two-dimensional infrared spectroscopy*. *Annu. Rev. Analyt. Chem.*, **14**, 299–321 (2021).
- ²⁸⁹ Ю. А. Бережной, *Квантовый мир атомной и ядерной физики. Учебное пособие* (ХНУ имени В. Н. Каразина, Харьков, 2010); В. Гейзенберг, *Избранные труды* (УРСС, Москва, 2001); G. Auletta, *Foundations and Interpretation of*

Quantum Mechanics in the Light of a Critical-Historical Analysis of the Problems and of a Synthesis of the Results (World Scientific, Singapore, 2001); Yu. A. Bereznoi, *The quantum world of nuclear physics* (World Scientific, Singapore, 2005).

²⁹⁰ В. Паули, *Труды по квантовой теории. Квантовая теория. Общие принципы волновой механики. Статьи 1928—1958* (Наука, Москва, 1975).

²⁹¹ Б. М. Левитан, И. С. Саргсян, *Введение в спектральную теорию (самосопряженные обыкновенные дифференциальные операторы)* (Наука, Москва, 1970).

²⁹² Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц, *Теоретическая физика. Том 3. Квантовая механика. Нерелятивистская теория*. Издание четвертое, исправленное при участии Л. П. Питаевского (Наука, Москва, 1989).

²⁹³ В. Б. Берестецкий, Е. М. Лифшиц, Л. П. Питаевский, *Теоретическая физика. Том 4. Квантовая электродинамика*. Издание четвертое, исправленное (Наука, Москва, 2002).

²⁹⁴ С. Вайнберг, *Квантовая теория поля. Т. 1. Общая теория* (Физматлит, Москва, 2003).

²⁹⁵ С. Вайнберг, *Квантовая теория поля. Т. 2. Современные приложения* (Физматлит, Москва, 2003).

²⁹⁶ Т. Ю. Ву, Т. Омура, *Квантовая теория рассеяния* (Наука, Москва, 1969).

²⁹⁷ M. Razavy, *Quantum Theory of Tunneling* (World Scientific, Singapore, 2003).

²⁹⁸ J. Ankerhold, *Quantum Tunneling in Complex Systems. The Semiclassical Approach* (Springer, Berlin, 2007).

²⁹⁹ H. Nakamura, G. Mil'nikov, *Quantum Mechanical Tunneling in Chemical Physics* (CRC Press, Boca Raton, 2013).

³⁰⁰ J. Miller, *Surface chemistry experiments speed up*. Phys. Today, **66** (10), 15—16 (2013).

³⁰¹ M. Wilson, *A femtosecond laser pulse makes molecular bonds*. Phys. Today, **68** (8), 19—21 (2015).

³⁰² V. Olkhovsky, *Time as a Quantum Observable* (Lambert, Saarbrucken, 2012).

³⁰³ А. Зоммерфельд, *Строение атома и спектры. Том первый* (Гостехтеориздат, Москва, 1956); Э. В. Шпольский, *Атомная физика. Том первый. Введение в атомную физику. Издание шестое, исправленное* (Наука, Москва, 1974); Э. В. Шпольский, *Атомная физика. Том второй. Основы квантовой механики и строение электронной оболочки атома, Издание четвертое, переработанное* (Наука, Москва, 1974).

³⁰⁴ В. С. Ольховский, *О многократных внутренних отражениях туннелирующих частиц и фотонов в одномерном, двумерном и трехмерном туннелировании*. Усп. физ. наук, **184** (11), 1255—1264 (2014).

³⁰⁵ G. Nimtz, A. Haibel, *Tunneleffekt — Räume ohne Zeit. Vom Urknall zum Wurmloch. Mit einem Geleitwort des Astronauten Prof. Ulrich Walter* (WILEY-VCH, Weinheim, 2004).

³⁰⁶ G. V. Malykin, E. A. Romanets, *Superluminal motion (Review)*. Optics and Spectroscopy, **112** (6), 920—934 (2012).

³⁰⁷ G. L. Miessler, P. J. Fischer, D. A. Tarr, *Inorganic Chemistry*. 5th ed. (Pearson, Boston, 2014).

³⁰⁸ R. J. Ouellette, J. D. Rawn, *Principles of Organic Chemistry* (Elsevier, Amsterdam, 2015).

4.29. Бібліографія та коментарі

³⁰⁹ Р. Кан, О. Дермер, *Введение в химическую номенклатуру* (Химия, Москва, 1983), с. 15.

³¹⁰ В. Кузнецов, *Языковые средства физической теории и проблема представления реальности*. Логико-методологический анализ языка науки и проблема представления знания. Філософські діалоги 2014. Випуск 8. Київ: Інститут філософії НАНУ, с. 39—60.

³¹¹ Р. Фларри, *Квантовая химия. Введение* (Мир, Москва, 1985); R. Carbó-Dorca, T. Chakraborty (eds.), *Theoretical and Quantum Chemistry at the Dawn of the 21st Century* (Apple Academic Press, Oakville, 2018), K. Gavroglu, A. Simxes, *Neither Physics nor Chemistry. A History of Quantum Chemistry* (MIT Press Cambridge, 2012); Y. A. Wang, M. Thachuk, R. Krems, J. Maruani (eds.), *Concepts, Methods and Applications of Quantum Systems in Chemistry and Physics* (Springer, Cham, 2018); M. J. Wójcik, Hiroshi Nakatsuji, B. Kirtman, Yukihiro Ozaki (eds.), *Frontiers of Quantum Chemistry* (Springer, Singapore, 2018).

³¹² С. В. Зеленцов, *Введение в современную квантовую химию* (Издательство ННГУ, Нижний Новгород, 2006). С. 5.

³¹³ О. К. Давтян, *Квантовая химия* (курс лекций, прочитанных в Одесском государственном университете) (Высшая школа, Москва, 1962).

³¹⁴ Основним джерелом експериментальних даних про властивості водню та інших інгредієнтів предметної галузі квантової хімії є спектроскопічні дослідження. Дивись, наприклад: T. Engel, *Quantum Chemistry & Spectroscopy* (Pearson, Boston, 2013).

³¹⁵ A. C. Hurley, J. Lennard-Jones, J. A. Pople, *The molecular orbital theory of chemical valency. XVI. A theory of paired-electrons in polyatomic molecules*. Proc. R. Soc. Lond. A, **220** (1143), 446—455 (1953).

³¹⁶ Р. Фларри, *Квантовая химия. Введение* (Мир, Москва, 1985); T. A. Albright, J. K. Burdett, M.-H. Whangbo, *Orbital Interactions in Chemistry*. 2nd ed. (John Wiley & Sons, Hoboken, NJ, 2013); R. Carbó-Dorca, T. Chakraborty (eds.), *Theoretical and Quantum Chemistry at the Dawn of the 21st Century* (Apple Academic Press, Oakville, 2018), K. Gavroglu, A. Simxes, *Neither Physics nor Chemistry. A History of Quantum Chemistry* (MIT Press Cambridge, 2012); Y. A. Wang, M. Thachuk, R. Krems, J. Maruani (eds.), *Concepts, Methods and Applications of Quantum Systems in Chemistry and Physics* (Springer, Cham, 2018); I. N. Levine, *Quantum Chemistry. Fifth Edition* (Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, 2000); R. S. Mulliken, *Chemical bonding*. Ann. Rev. Phys. Chem. **29**, 1—30 (1978); L. Piela, *Ideas of Quantum Chemistry* (Elsevier, Amsterdam, 2007); Y. A. Wang, M. Thachuk, R. Krems, J. Maruani (eds.), *Concepts, Methods and Applications of Quantum Systems in Chemistry and Physics* (Springer, Cham, 2018); M. J. Wójcik, Hiroshi Nakatsuji, B. Kirtman, Yukihiro Ozaki (eds.), *Frontiers of Quantum Chemistry* (Springer, Singapore, 2018).

³¹⁷ П. Фейерабэнд, *Против метода. Очерк анархистской теории познания* (Хранитель, Москва, 2007); П. Фейерабэнд, *Прощай, разум* (Акт, Астрель, Москва, 2010); P. Feyerabend, *The Tyranny of Science* (Polity Press, Cambridge, 2011); M. Niaz, *Feyerabend's Epistemological Anarchism. Contemporary Trends and Issues in Science Education* (Springer, Cham, 2020).

³¹⁸ P. V. R. Schleyer (ed.), *The Encyclopedia of Computational Chemistry*. In 5 Volumes (Wiley, Weinheim, 1998).

³¹⁹ D. B. Cook, *Handbook of Computational Quantum Chemistry* (Oxford University Press, Oxford, 1998); E. G. Lewars, *Computational Chemistry. Introduction to the Theory and Applications of Molecular and Quantum Mechanics* (Springer, Dordrecht, 2011).

³²⁰ Дивись, наприклад: J. S. Sims, S. A. Hagstrom, *Hylleraas-configuration-interaction nonrelativistic energies for the 1S ground states of the beryllium isoelectronic sequence*. *J. Chem Phys.*, **140** (22), 224312 (2014).

³²¹ T. Buckup, J. Léonard (eds.), *Multidimensional Time-Resolved Spectroscopy* (Springer, Cham, 2019); M. Hesse, H. Meier, B. Zeeh, *Spektroskopische Methoden in der organischen Chemie*, 8 Auflage (Thieme, Stuttgart, 2012); A. Kolezyński, M. Król (eds.), *Molecular Spectroscopy. Experiment and Theory. From Molecules to Functional Materials* (Springer, Switzerland, 2019).

³²² J. M. Hollas, *Modern spectroscopy*. 4th ed. (Wiley, Chichester 2004); D. L. Pavia, G. M. Lampman, G. S. Kriz, J. R. Vyvyan, *Introduction to Spectroscopy. Fifth edition* (Cengage Learning, Singapore, 2015).

³²³ J. B. Conant (Ed.) *The Overthrow of the Phlogiston Theory. The Chemical Revolution of 1775–1789* (Harvard University Press, Cambridge MA, 1964).

³²⁴ K. F. Schaffner, *Nineteenth-Century Aether Theories* (Pergamon Press, Oxford, 1972); J. C. H. Spence, *Lightspeed. The Ghostly Aether and the Race to Measure the Speed of Light* (Oxford University Press, Oxford, 2020).

³²⁵ Ж. Адамар, *Исследование психологии процесса изобретения в области математики* (Советское радио, Москва, 1970); М. С. Бургін, О. М. Габович, *Чому не було зроблене відкриття?* Вісник НАН України, **3–4**, 55–60 (1997); В. Я. Френкель, Б. Е. Явелов, *Эйнштейн: изобретения и эксперимент*. Издание второе, переработанное и дополненное (Наука, Москва, 1990).

³²⁶ Це аж ніяк не означає, що по суті права спільнота, а не авторські колективи проігнорованих праць. Про це свідчать так звані «сплячі красуні», тобто статті, які спочатку здавалися не дуже цікавими, а згодом (іноді через багато десятиліть!) викликали шквал цитувань та обговорень. Дивись: M. Cardona, W. Marx, *Vitaly L. Ginzburg — A bibliometric study*. *J. Supercond. Novel Magn.*, **19** (3–5), 459–466 (2006); M. Cardona, R. V. Chamberlin, W. Marx, *The history of the stretched exponential function*. *Ann. Physik*, **16** (12), 842–845 (2007); M. Cardona, W. Marx, *Max Born and his legacy to condensed matter physics*. *Ann. Physik*, **17** (7), 497–518 (2008); W. Marx, M. Cardona, D. J. Lockwood, *Rutherford's scientific impact from a bibliometric perspective*. *Austral. Phys.*, **48** (3), 78–83 (2011). Тут цікавим є й те, що цілі найважливіші концепції, запропоновані великими вченими минулого, практично миттєво сприймаються та надалі вважаються тривіальними. Іноді вони залишаються у вигляді непрямих цитувань на кшталт «закони Ньютона», «рівняння Максвелла», «розсіяння Резерфорда», а іноді ім'я першовідкривача не виступає явно. Стосовно творця ядерної фізики та ядерної хімії *Резерфорда*, то на це як раз і звернули увагу автори останньої прочитаної тут статті.

³²⁷ В. Кузнецов, Структура физического эксперимента и концепция относительности к средствам наблюдения. В: Н. Депенчук, Л. Озадовская (ред.), *Материалистическая диалектика и структура естественнонаучного знания* (Наукова думка, Київ, 1980), с. 313–334.

³²⁸ В. Пріц, В. Кузнецов, *Головні риси космологічної картини світу*. Філософська думка, 2020, **2**, с. 86–101.

4.29. Бібліографія та коментарі

³²⁹ Консервативна модифікація не зачіпає номічну підсистему системи знання, тобто ґрунтується на припущенні про незмінність/сталість її законів. V. Kuznetsov, *Conservative and non-conservative development of a scientific theory*. VIII Міжнародна науково-практична конференція «Викладання логіки та перспективи її розвитку». (11–12 травня 2018 року). Матеріали доповідей та виступів, Київ: КНУТШ, 2018. С. 33–34.

³³⁰ В. Л. Гинзбург, *О теории относительности*. Сборник статей (Наука, Москва, 1979).

³³¹ У. И. Франкфурт, А. М. Френк, *Оптика движущихся тел* (Наука, Москва, 1972).

³³² <https://uk.wikipedia.org/wiki/Ефемериди>.

³³³ F. Wilczek, *A Beautiful Question. Finding Nature's Deep Design* (Penguin Press, New York, 2015).

³³⁴ [https://uk.wikipedia.org/wiki/Нептун_\(планета\)](https://uk.wikipedia.org/wiki/Нептун_(планета)).

³³⁵ W. Sheehan, *Secret Documents Rewrite the Discovery of Neptune*. Sky and Telescope, July 23, 2003. <http://www.skyandtelescope.org/astronomy-news/secret-documents-rewrite-the-discovery-of-neptune/>.

³³⁶ https://uk.wikipedia.org/wiki/Зсув_перигелію_Меркурія.

³³⁷ Н. Т. Роузвер, *Перигелий Меркурия от Леверье до Эйнштейна* (Мир, Москва, 1985); Т. Levenson, *The Hunt for Vulcan. And How Albert Einstein Destroyed a Planet, Discovered Relativity, and Deciphered the Universe* (Random House, New York, 2015).

³³⁸ А. А. Логунов, *Лекции по теории относительности и гравитации. Современный анализ проблемы* (Наука, Москва, 1987); P. G. Ferreira, *The Perfect Theory. A Century of Geniuses and the Battle over General Relativity* (Houghton, Boston, 2014); J. Ovalle, R. Casadio, *Beyond Einstein Gravity. The Minimal Geometric Deformation Approach in the Brane-World* (Springer, Cham, 2020); E. Poisson, C. M. Will, *Gravity: Newtonian, Post-Newtonian, Relativistic* (Cambridge University Press, Cambridge, 2014).

³³⁹ L. Wolpert, *The Unnatural Nature of Science: Why Science Does Not Make (Common) Sense*. (Faber & Faber, London, 1992), p. 105–106.

³⁴⁰ L. M. Lederman, C. T. Hill, *Beyond the God Particle* (Prometheus Books, New York, 2013).

³⁴¹ Г. Горин, *Забуть Герострата* (п'єса).

³⁴² О. Габович, В. Кузнецов, Теоретична фізика. *Велика українська енциклопедія*. URL: <https://vue.gov.ua/>.

³⁴³ Зокрема, необхідно з подякою згадати світлої пам'яті Якова Гавриловича Гая, https://uk.wikipedia.org/wiki/Гай_Яків_Гаврилович.

³⁴⁴ Що таке строгий рівень, неможливо визначити, оскільки те, що одні математики вважають строгим, інші зневажають як надто вульгаризоване та спрощене. Натомість із точки зору користувачів строгість є достатньою, якщо отримані таким чином результати приводять до правильних висновків та є самоузгодженими. На цю тему варто прочитати принаймні декілька джерел: И. В. Андрианов, Р. Г. Баранцев, Л. И. Маневич, *Асимптотическая математика и синергетика. Путь к целостной простоте* (УРСС, Москва, 2004); В. И. Арнольд, *Жесткие и «мягкие» математические модели* (МЦНМО, Москва, 2000); В. И. Арнольд, *Нужна ли в школе математика?* (МЦНМО, Москва, 2001); В. И. Арнольд, *Экспериментальная математика* (Фазис, Москва,

2005); В. И. Арнольд, *Экспериментальное наблюдение математических фактов* (МЦНМО, Москва, 2006); В. И. Арнольд, *Математическое понимание природы* (МЦНМО, Москва, 2009); И. И. Блехман, А. Д. Мышкис, Я. Г. Пановко, *Механика и прикладная математика. Логика и особенности приложений математики* (Наука, Москва, 1983); Я. Б. Зельдович, *Высшая математика для начинающих и ее приложения к физике. Издание второе, переработанное и дополненное* (ГИФМЛ, Москва, 1963); Я. Б. Зельдович, А. Д. Мышкис, *Элементы прикладной математики. Издание третье, переработанное и дополненное* (Наука, Москва, 1972); Я. Б. Зельдович, А. Д. Мышкис, *Элементы математической физики. Среда из взаимодействующих частиц* (Наука, Москва, 1973); Я. Б. Зельдович, И. М. Яглом, *Высшая математика для начинающих физиков и техников* (Наука, Москва, 1982); А. Д. Мышкис, *Элементы теории математических моделей* (УРСС, Москва, 2007); А. Х. Найфэ, *Введение в методы возмущений* (Мир, Москва, 1984); Р. В. Хемминг, *Численные методы* (Наука, Москва, 1968).

³⁴⁵ Ф. Энгельс, *Анти-Дюринг*. <https://www.marxists.org/russkij/marx/1877/anti-duhring.pdf>, с. 23.

³⁴⁶ Б. В. Гнеденко, *Беседы о математике, математиках и механико-математическом факультете МГУ. Издание второе, исправленное* (УРСС, Москва, 2010); А. Д. Мышкис, *Советские математики: Мои воспоминания* (УРСС, Москва, 2007); В. М. Тихомиров, *Андрей Николаевич Колмогоров* (Наука, Москва, 2006).

³⁴⁷ В. И. Шинкарук, В. И. Кузнецов, *О мировоззренческих основаниях математического отражения действительности*. В: А. Мороз, Н. Киселев (ред.), *Гносеологический анализ математизации науки* (Наукова думка, Киев, 1985), с. 4—13.

³⁴⁸ В. Кузнецов, Тридцять п'ять років по тому. До нового прочитання статті про засади єдності філософії та математики. В А. Є. Конверський (гол. ред.), *Читання пам'яті Івана Бойченка-2020. Людина. Історія. Категорії (23-го жовтня 2020 р.)*. (Знання України, Київ, 2020).

³⁴⁹ Г. Вейль, *Математическое мышление* (Наука, Москва, 1989); М. Клайн, *Математика. Утрата определённости* (Мир, Москва, 1984); М. Клайн, *Математика. Поиски истины* (Мир, Москва, 1988).

³⁵⁰ Ю. Сажере, Ж. Адамар, Л. де Бройль, *Анри Пуанкаре* (Регулярная и хаотическая динамика, Москва—Ижевск, 2001).

³⁵¹ А. Пуанкаре, *О науке* (Наука, Москва, 1990), с. 388.

³⁵² Ж. Адамар, *Исследование психологии процесса изобретения в области математики* (Советское Радио, Москва, 1970); Д. В. Аносов, *Взгляд на математику и нечто из нее* (МЦНМО, Москва, 2000); В. И. Арнольд, *Нужна ли в школе математика?* (МЦНМО, Москва, 2001); В. И. Арнольд, *Экспериментальное наблюдение математических фактов* (МЦНМО, Москва, 2006); Г. Биркгофф, *Математика и психология* (Советское радио, Москва, 1977); А. Н. Колмогоров, *Математика — наука и профессия* (Наука, Москва, 1988); И. М. Яглом, *Математика и реальный мир. Издание второе* (УРСС, Москва, 2006).

³⁵³ Автори із сумом визнають, що навіть свідоме використання ними доволі розроблених уявлень про системи математичного знання не є гарантією адекватності їхніх думок про математику та про те, що саме вона вивчає.

³⁵⁴ Маємо на увазі думки переважної більшості природознавців, за винятком висловлювань, які мають рекламний або свідомо епатажний характер.

4.29. Бібліографія та коментарі

³⁵⁵ В. И. Арнольд, *Математическое понимание природы* (МЦНМО, Москва, 2009); Н. Я. Виленкин, *Функции в природе и технике* (Просвещение, Москва, 1985); М. В. Лурье, Б. И. Александров, *Задачи на составление уравнений. Издание третье, переработанное* (Наука, Москва, 1990); Ю. И. Манин, *Математика как метафора* (МЦНМО, Москва, 2008); А. Д. Мышкис, *Элементы теории математических моделей* (УРСС, Москва, 2007); И. М. Яглом, *Математика и реальный мир. Издание второе* (УРСС, Москва, 2006).

³⁵⁶ В. В. Бронфман, *Пространство, время, взаимодействия* (Физматлит, Москва, 2009), с. 8.

³⁵⁷ М. Булгаков, *Драмы и комедии: Дни Турбиных. Бег. Кабала святош (Мольер). Полоумный Журден. Последние дни (Пушкин). Иван Васильевич. Дон Кихот* (Искусство, Москва, 1965).

³⁵⁸ А. Зоммерфельд, *Дифференциальные уравнения в частных производных физики* (ИЛ, Москва, 1950); А. Зоммерфельд, *Пути познания в физике* (Наука, Москва, 1973); А. Зоммерфельд, *Строение атома и спектры. Том первый* (Гостехтеориздат, Москва, 1956); А. Зоммерфельд, *Строение атома и спектры. Том второй* (Гостехтеориздат, Москва, 1956).

³⁵⁹ М. В. Лурье, Б. И. Александров, *Задачи на составление уравнений. Издание третье, переработанное* (Наука, Москва, 1990).

³⁶⁰ И. И. Блехман, А. Д. Мышкис, Я. Г. Пановко, *Механика и прикладная математика. Логика и особенности приложений математики* (Наука, Москва, 1983); Е. С. Вентцель, Л. А. Овчаров, *Прикладные задачи теории вероятностей* (Радио и связь, Москва, 1983); Я. Б. Зельдович, А. Д. Мышкис, *Элементы прикладной математики. Издание третье, переработанное и дополненное* (Наука, Москва, 1972); Х. Карслоу, Д. Егер, *Операционные методы в прикладной математике* (ИЛ, Москва, 1948); К. Ланцош, *Практические методы прикладного анализа. Справочное руководство* (ГИФМЛ, Москва, 1961); Р. В. Хемминг, *Численные методы* (Наука, Москва, 1968); А. Goriely, *Applied Mathematics. A Very Short Introduction* (Oxford University Press, Oxford, 2018).

³⁶¹ М. И. Бать, Г. Ю. Джанелидзе, А. С. Кельзон, *Теоретическая механика в примерах и задачах, Том первый. Статика и кинематика. Издание двенадцатое, стереотипное* (Лань, Санкт-Петербург, 2013); М. И. Бать, Г. Ю. Джанелидзе, А. С. Кельзон, *Теоретическая механика в примерах и задачах, Том второй. Динамика. Издание десятое, стереотипное* (Лань, Санкт-Петербург, 2013); Л. Г. Лойцянский, А. И. Лурье, *Курс теоретической механики. Том первый. Статика и кинематика. Издание восьмое, переработанное и дополненное* (Наука, Москва, 1982); Л. Г. Лойцянский, А. И. Лурье, *Курс теоретической механики. Том второй. Динамика. Издание шестое, переработанное и дополненное* (Наука, Москва, 1983); С. М. Тарг, *Краткий курс теоретической механики. Издание десятое, переработанное и дополненное* (Высшая школа, Москва, 1986).

³⁶² А. В. Дарков, Н. Н. Шапошников, *Строительная механика* (Высшая школа, Москва, 1986); А. Е. Саргсян, *Строительная механика. Механика инженерных конструкций* (Высшая школа, Москва, 2004).

³⁶³ С. П. Тимошенко, *Сопроотивление материалов, Том первый. Элементарная теория и задачи* (Наука, Москва, 1965); С. П. Тимошенко, *Сопроотивление материалов, Том второй. Элементарная теория и задачи* (Наука, Москва, 1965); С. П. Тимошенко, *Прочность и колебания элементов конструкций* (Наука, Москва, 1975); С. П. Тимошенко, *История науки о сопроотивлении материалов* (УРСС, Москва, 2006).

³⁶⁴ В. П. Казневский, *Аэродинамика в природе и в технике. Издание третье, дополненное и переработанное* (Просвещение, Москва, 1985); Т. фон Карман, *Аэродинамика. Избранные темы в их историческом развитии* (Регулярная и хаотическая динамика, Ижевск, 2001).

³⁶⁵ Г. Биркгоф, *Гидродинамика. Методы. Факты. Подобие* (ИЛ, Москва, 1963); Б. Н. Иванов, *Мир физической гидродинамики. От проблем турбулентности до физики космоса* (УРСС, Москва, 2002); Г. Ламб, *Гидродинамика* (Гостехиздат, Москва, 1947); Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц, *Теоретическая физика. Том VI. Гидродинамика. Издание четвертое, стереотипное* (Наука, Москва, 1988); G. I. Varenblatt, *Scaling Phenomena in Fluid Mechanics* (Cambridge University Press, Cambridge, 1994).

³⁶⁶ Н. П. Еругин, *Книга для чтения по общему курсу дифференциальных уравнений. Издание третье, переработанное и дополненное* (Наука и техника, Минск, 1979); Э. А. Коддингтон, Н. Левинсон, *Теория обыкновенных дифференциальных уравнений* (ИЛ, Москва, 1958); Н. М. Матвеев, *Методы интегрирования обыкновенных дифференциальных уравнений. Издание второе, переработанное* (Высшая школа, Москва, 1963); В. В. Степанов, *Курс дифференциальных уравнений. Издание восьмое, стереотипное* (ГИФМЛ, Москва, 1959).

³⁶⁷ А. Зоммерфельд, *Дифференциальные уравнения в частных производных физики* (ИЛ, Москва, 1950); С. Фарлоу, *Уравнения с частными производными для научных работников и инженеров* (Мир, Москва, 1985).

³⁶⁸ С. Г. Михлин, Х. Л. Смолицкий, *Приближенные методы решения дифференциальных и интегральных уравнений* (Наука, Москва, 1965); И. Г. Петровский, *Лекции по теории интегральных уравнений. Издание четвертое, исправленное* (Издательство МГУ, Москва, 1984); Л. Я. Цлаф, *Вариационное исчисление и интегральные уравнения. Справочное руководство. Издание второе, переработанное* (Наука, Москва, 1970).

³⁶⁹ М. Клайн, *Математика. Утрата определённости* (Мир, Москва, 1984); В. В. Налимов, *Облик науки* (МБА, СПб, 2010); В. А. Успенский, *Теорема Геделя о неполноте* (Наука, Москва, 1982).

³⁷⁰ «Складність полягає в тому, що те, що математик називає «інтуїцією», є для нього цілком особистим психологічним досвідом, який навряд чи можна поширити; і є всі підстави думати, що «інтуїції» двох математиків часто є дуже різними» J. Dieudonne, *Mathematics — The Music of Reason* (Springer, Berlin, 1998), p. 17.

³⁷¹ Г. Скирбекк, Н. Гилье, *История философии* (Владос, Москва, 2000), с. 638—644.

³⁷² Один з кроків на шляху вивчення того, що відбувається в свідомості математиків і студентів, які вивчають математику, є виокремлення предметно-орієнтованих способів (арифметичних, геометричних, алгебраїчних тощо) міркувань. Дивись: А. Hjelte, М. Schindler, Р. Nilsson, *Kinds of Mathematical Reasoning Addressed in Empirical Research in Mathematics Education. A Systematic Review*. Education Sciences, **10** (10), 289 (2020).

³⁷³ I. M. Gelfand, *Mathematics as an adequate language*. In P. Etingof, V. Retakh, I. M. Singer (eds.), *The Unity of Mathematics. In Honor of the Ninetieth Birthday of I. M. Gelfand* (Birkhäuser, Boston, 2006), p. XV—XXII.

³⁷⁴ J. Dieudonne, *A History of Algebraic and Differential Topology, 1900—1960* (Birkhäuser, Boston, 1989), p. 17.

4.29. Бібліографія та коментарі

³⁷⁵ Цитовано за D. MacHale, *Comic Sections* (Boole Press, Dublin, 1993).

³⁷⁶ P. Ernest, *Forms of knowledge in mathematics and mathematics education: philosophical and rhetorical perspectives*. In D. Tirosh (ed.), *Forms of Mathematical Knowledge* (Springer, Dordrecht, 1999), p. 67–83.

³⁷⁷ A. Gabovich, V. Kuznetsov, *Towards Periodizations of Science in the History of Science*. In F. Seroglou, V. Koulountzos (eds.), *Proceedings of 15th International Conference «History, Philosophy, and Science Teaching, Reintroducing Science: Sculpting the Image of Science for Education and Media in Its Historical and Philosophical Backgrounds»* (Thessaloniki, Greece, July 15th–July 19th, 2019), p. 585–594.

³⁷⁸ S. Carroll, *Something Deeply Hidden. Quantum Worlds and the Emergence of Spacetime* (Oneworld Publications, London, 2019); P. Clayton, *Mind and Emergence. From Quantum to Consciousness* (Oxford University Press, Oxford, 2005); P. Clayton, P. Davies (ed.), *The Re-Emergence of Emergence. The Emergentist Hypothesis from Science to Religion* (Oxford University Press, New York, 2006); L. Q. English, *There Is No Theory of Everything. A Physics Perspective on Emergence* (Springer, Cham, 2017); D. Helbing (ed.), *Social Self-Organization. Agent-Based Simulations and Experiments to Study Emergent Social Behavior* (Springer, Berlin, 2012); R. K. Logan, *The Extended Mind. The Emergence of Language, the Human Mind, and Culture* (University of Toronto Press, Toronto, 2007); P. Ulmschneider, *Intelligent Life in the Universe. Principles and Requirements Behind Its Emergence* (Springer, Berlin, 2006); T. van Holten, *The Atomic World Spooky? It Ain't Necessarily So! Emergent Quantum Mechanics, How the Classical Laws of Nature Can Conspire to Cause Quantum-Like Behaviour* (Atlantis, 2017).

³⁷⁹ Е. Н. Князева, С. П. Курдюмов, *Основания синергетики. Режимы с обострением, самоорганизация, темпомыры* (УРСС, Москва, 2005); Е. Н. Князева, С. П. Курдюмов, *Синергетика: нелинейность времени и ландшафты коэволюции* (УРСС, Москва, 2007).

³⁸⁰ Д. Гриббин, М. Гриббин, *Ричард Фейнман. Жизнь в науке* (Институт компьютерных исследований, Москва—Ижевск, 2002); R. Feynman, R. B. Leighton, M. Sands, *The Feynman Lectures on Physics, Volume 1. Mainly Mechanics, Radiation, and Heat* (Addison-Wesley, Boston, 1977); J. Mehra, *The Beat of a Different Drum. The Life and Science of Richard Feynman* (Clarendon Press, Oxford, 1994).

³⁸¹ J.-P. Changeux, A. Connes, *Conversations on Mind, Matter, and Mathematics* (Princeton University Press, Princeton, New Jersey, 1995), p. 13.

³⁸² D. Hilbert, *Axiomatic thought*. In W. B. Ewald (ed.), *From Kant to Hilbert. A Source Book in the Foundations of Mathematics*, Volume 2 (Oxford University Press, Oxford, 1996), p. 1105–1114; C. Franks, *The Autonomy of Mathematical Knowledge. Hilbert's Program Revisited* (Cambridge University Press, Cambridge, 2009).

³⁸³ M. Bauer, T. Plehn, *Yet Another Introduction to Dark Matter. The Particle Physics Approach* (Springer, Cham, 2019); B. Clegg, *Dark Matter and Dark Energy. The Hidden 95% of the Universe* (Icon Books, London, 2019); D. Majumdar, *Dark Matter. An Introduction* (CRC Press, Boca Raton, 2015); A. Mazure, V. Le Brun, *Matter, Dark Matter, and Anti-Matter. In Search of the Hidden Universe* (Springer, NY, 2012).

³⁸⁴ Програму аксіоматизації також намагались реалізувати як багатобіжчий спосіб отримання нового знання у межах деяких систем природ-

ничого (біологічного та фізичного) знання. Але ці спроби мають недоліки, аналогічні видам аксіоматизації в математиці, та поступово втрачають первісну привабливість. Див.: Н. Н. Боголюбов, А. А. Логунов, И. Т. Тодоров, *Основы аксиоматического подхода в квантовой теории поля* (Наука, Москва, 1969); С. П. Ковалев, Б. Г. Кузнецов (ред.), *Развитие современной физики* (Наука, Москва, 1964); А. В. Родин, *Аксиоматический метод в современной науке и технике: прагматические аспекты*. Эпистемология и философия науки, **47** (1), 153—169 (2016); Esanu A. *Evolutionary biology and the axiomatic method revisited*. The Romanian Journal of Analytic Philosophy, **7** (1), 19—41 (2013); L. Henkin, P. Suppes, A. Tarski (eds.), *The Axiomatic Method. With Special Reference to Geometry and Physics* (North-Holland Publishing Company, Amsterdam, 1959); L. Pogliani, M. N. Berberan-Santos, *Constantin Carathéodory and the axiomatic thermodynamics*. Journal of Mathematical Chemistry, **28** (1—3), 313—324 (2020); M. Rizzotti, A. Zanardo, *Axiomatization of Genetics. 1. Biological meaning*. Journal of Theoretical Biology, **118** (1), 61—71 (1986); J. H. Woodger, *Biology and Language. An Introduction to the Methodology of the Biological Sciences, Including Medicine* (Cambridge University Press, Cambridge, 1952); A. Zanardo, M. Rizzotti, *Axiomatization of genetics. 2. Formal development*. Journal of Theoretical Biology, **118** (2), 145—152 (1986).

³⁸⁵ Те, що варіанти «остаточної» аксіоматизованої науки виявляються не тотожними, є ще одним доказом неоднозначності кожної із запропонованих процедур. Насправді, будь-яка наукова систематизація і супутня аксіоматизація є творіннями людської діяльності, а не якимись вигаданими законами, які існують одвічно та притаманні природі або якомусь вигаданому абстрактному вищому розуму. Відомими прикладами, є (1) неперервне вдосконалення молекулярної біології, де запропоновані раніше «догми» постійно змінюються або навіть замінюються (К. Уилсон, Дж. Волкер (ред.) *Принципы и методы биохимии и молекулярной биологии* (БИНОМ. Лаборатория знаний, Москва, 2015). В. Эллиот, Д. Эллиот, *Биохимия и молекулярная биология* (МАИК, Москва, 2002); В. Alberts, A. Johnson, J. Lewis, D. Morgan, M. Raff, K. Roberts, P. Walter, *Molecular Biology of the Cell. Sixth Edition* (Garland Science, New York, 2015); J. A. Shapiro, *Revisiting the Central Dogma in the 21st Century*. Ann. N.Y. Acad. Sci., **1178** (1), 6—28 (2009)), і (2) систематика біологічних видів, яка очевидно є суб'єктивною та змінною в часі, оскільки біосфера не є сталою (Э. Майр, *Зоологический вид и эволюция* (Мир, Москва, 1968); W. J. Bock, *Ernst Walter Mayr, 5 July 1904—3 February 2005*. Biogr. Mems Fell. R. Soc., **52**, 167—187 (2006); J. Hey, W. M. Fitch, F. J. Ayala (eds.) *Systematics and the Origin of Species. On Ernst Mayr's 100th Anniversary* (National Academy of Sciences, Washington, 2005); E. Mayr, *The Growth of Biological Thought. Diversity, Evolution, and Inheritance* (Belknap press, Cambridge, MA, 2003)).

³⁸⁶ P. Maddy, *Defending the Axioms. On the Philosophical Foundations of Set Theory* (Oxford University Press, Oxford, 2011); A. Rodin, *Axiomatic Method and Category Theory* (Springer, Cham, 2014).

³⁸⁷ J. Azzouni, *Metaphysical Myths, Mathematical Practice. The Ontology and Epistemology of the Exact Sciences* (Cambridge University Press, Cambridge, 1994); A. Borovik, *Mathematics Under the Microscope. Note on Cognitive Aspects of Mathematical Practice* (Creative Commons, Manchester, 2006); A. Gelfert, *Mathematical formalisms in scientific practice. From denotation to model-based representation*. Studies

4.29. Бібліографія та коментарі

in *History and Philosophy of Science*, 42 (2), 272–286 (2011); B. V. Kerkhove, J. P. van Bendegem (eds.), *Perspectives on Mathematical Practices. Bringing Together Philosophy of Mathematics, Sociology of Mathematics, and Mathematics Education* (Springer, Dordrecht, 2007); P. Mancosu (ed.), *Philosophy of Mathematical Practice* (Oxford University Press, Oxford, 2008); R. Wagner, *Making and Breaking Mathematical Sense. Histories and Philosophies of Mathematical Practice* (Princeton University Press, Princeton, 2017).

³⁸⁸ П. С. Александров, А. И. Маркушевич, А. Я. Хинчин (ред.), *Энциклопедия элементарной математики. Книга первая. Арифметика* (Гостехтеориздат, Москва, 1951); П. С. Александров, А. И. Маркушевич, А. Я. Хинчин (ред.), *Энциклопедия элементарной математики. Книга вторая. Алгебра* (Гостехтеориздат, Москва, 1951); П. С. Александров, А. И. Маркушевич, А. Я. Хинчин (ред.), *Энциклопедия элементарной математики. Книга третья. Функции и пределы (основы анализа)* (ГИФМЛ, Москва, 1961); П. С. Александров, А. И. Маркушевич, А. Я. Хинчин (ред.), *Энциклопедия элементарной математики. Книга четвертая. Геометрия* (ГИФМЛ, Москва, 1963); П. С. Александров, А. И. Маркушевич, А. Я. Хинчин (ред.), *Энциклопедия элементарной математики. Книга пятая. Геометрия* (Наука, Москва, 1966).

³⁸⁹ K. L. O'Halloran, *Mathematical Discourse. Language, Symbolism and Visual Images* (Continuum, London, 2005); S. Hariki, *Analysis of Mathematical Discourse. Multiple Perspectives* (University of Southampton, Southampton, 1992); C. Kieran, E. Forman, A. Sward (eds.), *Learning Discourse. Discursive Approaches to Research In Mathematics Education* (Kluwer, New York, 2003); G. Link (ed.), *Formalism and Beyond. On the Nature of Mathematical Discourse* (De Gruyter, Boston, 2014); C. Morgan, *Writing Mathematically. The Discourse of Investigation* (Falmer Press, London, 1998); A. Sfard, *Thinking as Communicating: Human Development, the Growth of Discourses and Mathematizing* (Cambridge University Press, Cambridge, 2008); C. Wells, *Handbook of Mathematical Discourse* (Infinity Publishing, 2013).

³⁹⁰ В. Кузнецов, *Взаємовплив історії науки та філософії науки як метанаук про науку*. В XXIV Всеукраїнська конференція молодих істориків науки, техніки і освіти та спеціалістів за темою «Наука як феномен національної культури» (НАН України та інші, Київ, 2019), с. 106–109.

³⁹¹ K. Gödel, *Collected Works*. In V Vols. (Clarendon Press, Oxford, 1986–2003); E. Nagel, J. R. Newman, *Gödel's Proof* (Routledge, London, 1971); Buechner, *Gödel, Putnam, and Functionalism, A New Reading of Representation and Reality* (The MIT Press, A Bradford Book, Cambridge, MA, 2007); L. Horsten, P. Welch, *Gödel's Disjunction. The Scope and Limits of Mathematical Knowledge* (Oxford University Press, Oxford, 2016); Г. Крайзель, *Биография Курта Геделя* (Регулярная и хаотическая динамика, Москва—Ижевск, 2003).

³⁹² <https://uk.wikipedia.org/wiki/Метаматематика>.

³⁹³ R. Dedekind, *Was sind und was sollen die Zahlen?* (Friedrich Vieweg, Braunschweig, 1893), S. VII.

³⁹⁴ Е. Вигнер, Непостижимая эффективность математики в естественных науках. В Е. Вигнер, *Этюды о симметрии* (Мир, Москва, 1971), с. 182–198.

³⁹⁵ Теорія представлень груп лінійними перетвореннями була створена декількома видатними математиками на зламі XIX та XX століть. Дивись: Г. Вейль, *Классические группы, их инварианты и представления* (ИЛ, Москва, 1947).

- ³⁹⁶ М. А. Ельяшевич, *Атомная и молекулярная спектроскопия* (Физматгиз, Москва, 1962).
- ³⁹⁷ Б. Ф. Бейман, *Лекции по применению теории групп в ядерной спектроскопии* (ГИФМЛ, Москва, 1961).
- ³⁹⁸ В. Гейзенберг, *Избранные труды* (УРСС, Москва, 2001).
- ³⁹⁹ N. Mott, R. E. Peierls, *Werner Heisenberg. 5 December 1901— 1 February 1976*. Biogr. Mem. Fellows Roy. Soc., **23**, 213—251 (1977).
- ⁴⁰⁰ Х. Грин, *Матричная квантовая механика* (Мир, Москва, 1966).
- ⁴⁰¹ Ф. Р. Гантмахер, *Теория матриц*. Издание второе, дополненное (Наука, Москва, 1966).
- ⁴⁰² М. Джеммер, *Эволюция понятий квантовой механики* (Наука, Москва, 1985); А. И. Ансельм, *Очерки развития физической теории в первой трети XX века* (Наука, Москва, 1986).
- ⁴⁰³ N. Kemmer, R. Schlapp, *Max Born. 1882—1970*. Biogr. Mem. Fellows Roy. Soc., **17**, 17—52 (1971).
- ⁴⁰⁴ K. A. Overmann, *Constructing a Concept of Number*. J. Numer. Cognit., **4** (2), 464—493 (2018); K. A. Overmann, *The Material Origin of Numbers. Insights from the Archaeology of the Ancient Near* (East-Gorgias Press, Piscataway, NJ, 2019); K. A. Overmann, *The Materiality of Numbers: Emergence and Elaboration from Prehistory to Present* (Cambridge University Press, 2023).
- ⁴⁰⁵ D. D. Spalt, *Die Analysis im Wandel und im Widerstreit — Eine Formierungsgeschichte ihrer Grundbegriffe* (Karl Alber, Freiburg, 2015), S. 137. Дивись також: D. D. Spalt, *A Brief History of Analysis. With Emphasis on Philosophy, Concepts, and Numbers, Including Weierstraß' Real Numbers* (Springer, Cham, 2022).
- ⁴⁰⁶ I. Adler, L. Hess, *Mathematics. The Story of Numbers, Symbols, and Space* (Golden Press, New York, 1961).
- ⁴⁰⁷ H.-D. Ebbinghaus, H. Hermes, F. Hirzebruch, M. Koecher, K. Mainzer, J. Neukirch, A. Prestel, R. Remmert, *Numbers* (Springer, New York, 1995); G. Ifrah, *The Universal History of Numbers. From Prehistory to the Invention of the Computer* (Wiley, New York, 2000).
- ⁴⁰⁸ Д. Джордан, *Классическая нумерология* (София, Москва, 2005).
- ⁴⁰⁹ M. Kline, *Why Johnny Can't Add. The Failure of the New Math* (St. Martin's Press, New York, 1973).
- ⁴¹⁰ P. Léna, *Astronomy's Quest for Sharp Images: From Blurred Pictures to the Very Large Telescope* (Springer, New York, 2020).
- ⁴¹¹ У метафоричній формі важливість і первісність чисел для математики та побудови решти систем математичного знання підкреслив німецький математик *Леопольд Кронекер*. Він писав, що «Милостивий Бог створив цілі числа, решту — людина»: L. Kronecker, *Ueber den Zahlbegriff*. Journal für die reine und angewandte Mathematik, **101**, 19 (1887).
- ⁴¹² А. М. Тер-Крикоров, М. И. Шабунин *Курс математического анализа*. Третье издание, исправленное (Физматлит, Москва, 2001), с. 7.
- ⁴¹³ J. V. Rosser, *Logic for Mathematicians* (McGraw-Hill, New York, 1953). Див. зокрема Chapter III: *The use of names*, p. 49—53.
- ⁴¹⁴ Д. Дербишир, *Простая одержимость. Бернхард Риман и величайшая нерешенная проблема в математике* (Астрель, Москва, 2010); М. И. Монастырский, *Бернхард Риман. Топология. Физика* (ПАИМС, Москва, 1995); М. P. Jaggi, *The visionary ideas of Bernhard Riemann*. Phys. Today, **20** (12), 42—45.

4.29. Бібліографія та коментарі

⁴¹⁵ Англійський філософ *Джон Лок* навіть наводив аргументи на користь того, що питання про існування математичних реалій не має для математиків жодного сенсу: «Звідси реальність математичних знань. Я не сумніваюся, але це буде легко гарантувати, що знання про математичні істини є не тільки надійним, а й реальним знанням; а не оголеним порожнім баченням марних, незначних химер мозку: і все ж, якщо ми роздивимось, ми виявимо, що це лише наші власні уявлення. Математик розглядає істину та властивості, що належать до прямокутника чи кола, лише такими, якими вони є в його уяві. Бо можливо, він ніколи не виявить жодного з них існуючим математично, тобто насправді істинним, у своєму житті. Але тим не менше знання, які в нього є про будь-які істини чи властивості, що належать до кола, або будь-якої іншої математичної фігури, є утім істинними і надійними навіть щодо реальних речей, які існують: оскільки реальні речі більше не розглядаються і не мають на увазі будь-якими пропозиціями, ніж речі, які насправді узгоджуються з тими архетипами в його розумінні. Чи є істинним для ідеї трикутника, що три його кути дорівнюють двом прямим? Це справедливо для будь-якого трикутника, де б він насправді не існував... Усі дискурси математиків щодо квадратури кола, кінчних перерізів або будь-якої іншої частини математики стосуються не існування жодної з цих фігур: але їх демонстрації, які залежать від їх ідей, залишаються такими ж, незалежно від того, чи існує будь-який квадрат чи коло в світі, чи ні.» (J. Locke, *An Essay Concerning Human Understanding* (Penguin Classics, London, 1998), p. 757–758).

⁴¹⁶ L. A. White, *The Locus of Mathematical Reality: An Anthropological Footnote*. In: R. Hersh (ed.), *18 Unconventional Essays on the Nature of Mathematics* (Springer, New York, 2006), p. 304–319.

⁴¹⁷ Дивись: К. Р. Поппер, *Objective Knowledge. An Evolutionary Approach* (Clarendon Press, Oxford, 1979), p. 118.

⁴¹⁸ Декарт про фальшивість/неправильність негативних чисел.

⁴¹⁹ D. D. Spalt, *A Brief History of Analysis With Emphasis on Philosophy, Concepts, and Numbers, Including Weierstraß' Real Numbers* (Birkhäuser, Berlin, 2022).

⁴²⁰ Дивись: М. Burgin, V. Kuznetsov, *The structure and development of mathematical theories*. *Modern Logic*, 2 (1), 3–28 (1991).

⁴²¹ M. Aka, M. Einsiedler, T. Ward, *A Journey Through the Realm of Numbers. From Quadratic Equations to Quadratic Reciprocity* (Springer, Cham, 2020).

⁴²² Л. С. Понтрягин, *Обобщения чисел*. Второе, исправленное издание (УРСС, Москва, 2003).

⁴²³ Р. Тиле, *Леонард Эйлер* (Вища школа, Киев, 1983).

⁴²⁴ L. Euler, *Elements of Algebra* (Springer, New York, 1992), p. 43.

⁴²⁵ В. М. Радыгин, О. В. Голубева, *Применение функций комплексного переменного в задачах физики и техники* (Высшая школа, Москва, 1983).

⁴²⁶ Більше того, в японському театрі «Кабукі» чоловіки в жіночих масках видають себе за жіночих персонажів, і в глядачів складається належне враження.

⁴²⁷ Згодом вигадані персонажі перетворюються на легендарних осіб, які нібито існували в реальному житті. Згадаємо хоча б *Дон Кихота* (М. Сервантес, *Хитроумный идальго Дон Кихот Ламанчский* (Киргизстан, Фрунзе, 1979)), *Шерлока Холмса* (А. Конан-Дойл, *Собрание сочинений в восьми томах. Тома*

1—3 (Правда, Москва, 1966)), або *Йозефа Швейка* (Я. Гашек, *Похождения бравого солдата Швейка* (Правда, Москва, 1958)).

⁴²⁸ А. J. Bishop, *Mathematical Enculturation. A Cultural Perspective on Mathematics Education* (Kluwer, Dordrecht, 1988).

⁴²⁹ У літературі також використовується назва «універсум» (Universe). Деякі автори позначають цією назвою все створене математиками разом з ними самими: W. Dunham, *The Mathematical Universe. An Alphabetical Journey Through the Great Proofs, Problems, and Personalities* (Wiley, New York, 1994). Інші філософи стверджують, що насправді на найбільш глибокому рівні організації субстанцією, з якої утворений матеріальний світ, є те, що вивчають математики. Дивись: M. Tegmark, *Our Mathematical Universe. My Quest for the Ultimate Nature of Reality* (Knopf, New Your, 2014).

⁴³⁰ До предметних галузей теорій чисел входять множини різних чисел, до предметної галузі елементарної геометрії входять різні геометричні фігури, до предметної галузі теорії функцій комплексних змінних входять множини відповідних функцій тощо.

⁴³¹ Наприклад: Я. Голосовкер, *Мифы Древней Греции. Сказания о титанах* (Кристалл, Санкт-Петербург, 2001); Э. Ренан, *Жизнь Иисуса. Апостолы* (Советский писатель, Москва, 1991); И. Ш. Шифман, *Ветхий завет и его мир* (Политиздат, Москва, 1987).

⁴³² Дивись, наприклад: Ю. Борев, *Фарисея. После сталинская история в преданиях и анекдотах* (Конец века, Москва, 1992). У цьому зв'язку цікаво проаналізувати цикл розповідей про «кінематографічного» Василя Івановича Чапаєва, який мав мало спільного з реальним учасником Громадянської війни 1918—1920 років у Росії Василем Чапаєвим.

⁴³³ Марк Аврелий, *Наедине с собой* (РПЦ Реал, Киев—Черкасы, 1993).

⁴³⁴ Августин Блаженный, *Исповедь* (РИПОЛ классик, Москва, 2019).

⁴³⁵ Э. М. Борель, *Вероятность и достоверность* (ГИФМЛ, Москва, 1961); Э. М. Борель, Р. Дельгейль, Р. Юрон, *Вероятности, ошибки* (Статистика, Москва, 1972); Е. Вентцель, *Теория вероятностей* (Наука, Москва, 1969); Б. В. Гнеденко, А. Я. Хинчин, *Элементарное введение в теорию вероятностей. Издание девятое* (Наука, Москва, 1982); Р. Мизес, *Вероятность и статистика. Издание второе* (УРСС, Москва, 2006); Г. Секей, *Парадоксы в теории вероятностей и математической статистике* (Мир, Москва, 1990); А. М. Яглом, И. М. Яглом, *Вероятность и информация. Издание третье, переработанное и дополненное* (Наука, Москва, 1973).

⁴³⁶ Яскравим прикладом такого ідеологічного перекручення праці математиків (а згодом і їхніх персональних доль!) була діяльність гітлерівських націонал-соціалістів та радянських комуністів. Дивись, наприклад: Б. В. Гнеденко, *О математике* (УРСС, Москва, 2000); Б. В. Гнеденко, *Беседы о математике, математиках и механико-математическом факультете МГУ. Издание второе, исправленное* (УРСС, Москва, 2010); А. Д. Мышкис, *Советские математики: Мои воспоминания* (УРСС, Москва, 2007); А. Н. Ширяев (ред.), *Колмогоров в воспоминаниях* (Физико-математическая литература, Москва, 1993); R. Siegmund-Schultze, *Mathematicians Fleeing from Nazi Germany. Individual Fates and Global Impact* (Princeton University Press, Princeton, 2009).

⁴³⁷ Н. Буало, *Мистецтво поетичне* (Мистецтво, Київ, 1967).

4.29. Бібліографія та коментарі

⁴³⁸ М. Твен, *Янкi з Коннектикуту при дворi короля Артура* (Дніпро, Київ, 1985).

⁴³⁹ М. Островський, *Як гартувалася сталь* (Молодий більшовик, Київ, 1935).

⁴⁴⁰ Г. Ольсон, *Динамические аналогии* (ИЛ, Москва, 1947); А. И. Уемов, *Аналогия в практике научного исследования. Из истории физико-математических наук* (Наука, Москва, 1970); О. Darrigol, *From c-Numbers to q-Numbers. The Classical Analogy in the History of Quantum Theory* (University of California Press, Berkeley, 1993); М. Dragoman, D. Dragoman, *Quantum-Classical analogies* (Springer, Berlin, 2004); D. Fraser, A. Koberinski, *The Higgs mechanism and superconductivity: A case study of formal analogies*. Stud. Hist. Philosoph. Mod. Phys., **55**, 72—91 (2016); М. В. Hesse, *Models and Analogies in Science* (University of Notre Dame Press, Notre Dame, 1970); D. Hofstadter, E. Sander, *Surfaces and Essences Analogy as the Fuel and Fire of Thinking* (Basic Books, New York, 2013); С. Pask, *Mathematics and the science of analogies*. Amer. J. Phys., **71** (6), 526—534 (2003); G. E. Volovik, *Superfluid analogies of cosmological phenomena*. Phys. Rep., **351** (4), 195—348 (2001); F. Wilczek, *Why are there analogies between condensed matter and particle theory?* Phys. Today, **51** (1), 11—12 (1998).

⁴⁴¹ М. Г. Витковская, В. Е. Витковский (сост.), *Апокрифические апокалипсисы* (Алетейя, Санкт-Петербург, 2001).

⁴⁴² С. Cellucci, *The nature of mathematical objects*. In В. Sriraman (ed.), *Handbook of the History and Philosophy of Mathematical Practice* (Springer, Cham, 2020); Див. також: С. Cellucci, *Filosofia e Matematica* (Laterza, Roma—Bari, 2003).

⁴⁴³ С. Cellucci, *Rethinking Knowledge. The Heuristic View* (Springer, Cham, 2017).

⁴⁴⁴ Ф. Адамс, *Наши живой мультиверс. Книга бытия в 0 + 7 главах* (Регулярная и хаотическая динамика, Ижевск, 2006); В. Carr (ed.), *Universe or Multiverse* (Cambridge University Press, Cambridge, 2007); J. Gribbin, *In Search of the Multiverse* (J. Wiley, Hoboken, 2009); М.-J. Rubenstein, *Worlds Without End. The Many Lives of the Multiverse* (Columbia University Press New York, 2014); Т. Siegfried, *The Number of the Heavens. A History of the Multiverse and the Quest to Understand the Cosmos* (Harvard University Press, Boston, 2019).

⁴⁴⁵ J. D. Barrow, *The Constants of Nature. From Alpha to Omega — the Numbers That Encode the Deepest Secrets of the Universe* (Pantheon Books, New York, 2002); С. J. A. P. Martins, *The status of varying constants: a review of the physics, searches and implications*. Rep. Prog. Phys., **80** (12), 126902 (2017).

⁴⁴⁶ J. D. Barrow, F. J. Tipler, *The Anthropic Cosmological Principle* (Clarendon Press, Oxford, 1986); J. D. Barrow, *The Constants of Nature. From Alpha to Omega — the Numbers That Encode the Deepest Secrets of the Universe* (Pantheon Books, New York, 2002); В. Carr (ed.), *Universe or Multiverse* (Cambridge University Press, Cambridge, 2007); Т. Siegfried, *The Number of the Heavens. A History of the Multiverse and the Quest to Understand the Cosmos* (Harvard University Press, Boston, 2019).

⁴⁴⁷ G. Kreisel, *Bertrand Arthur William Russell, Earl Russell, 1872—1970*. Biogr. Mem. Fell. R. Soc., **19**, 583—620 (1973).

⁴⁴⁸ В. Russell, *Mysticism and Logic and Other Essays* (George Allen & Unwin Ltd, London, 1918), Page 75.

⁴⁴⁹ Ф. Шахермайр, *Александр Македонский* (Наука, Москва, 1984).

⁴⁵⁰ С. Cellucci, *The role of notations in mathematics*. Philosophia, **48** (4), 1397—1412 (2020). Пропонуючи певні типології назв математичних реалій у межах

недиференційованих уявлень про математику, *Целуччі* не розрізняє назви реалій та назви дотичних до них складників систем математичного знання.

⁴⁵¹ Наведемо російський переклад анонімної англомовної епіграми на цю філософську тему, зроблений видатним російським поетом і перекладачем *Самуїлом Маршаком* (Бенедикт Сарнов, *Самуил Маршак. Очерк поэзии* (Художественная литература, Москва, 1968); Б. Е. Галанов, А. И. Маршак, З. С. Паперный (сост.), *Я думал, чувствовал, я жил. Воспоминания о Маршаке. Сборник* (Советский писатель, Москва, 1988)).

Про одного философа

«Мир, — учил он, — моё представление!»

А когда ему в стул под сидение

Сын булавку воткнул,

Он вскричал: «Караул!

Как ужасно мое представление!»

(Самуил Маршак, *Сочинения в четырех томах. Том третий. Избранные переводы* (Государственное издательство художественной литературы, Москва, 1957), с. 598).

⁴⁵² J. Azzouni, *Deflating Existential Consequence. A Case for Nominalism* (Oxford University Press, Oxford, 2004); J. Burgess, G. Rosen, *A Subject with No Object. Strategies for Nominalistic Interpretation of Mathematics* (Clarendon Press, Oxford, 1997); H. Field, *Science Without Numbers. A Defense of Nominalism. Second Edition*. (Oxford University Press, Oxford, 2016).

⁴⁵³ M. Balaguer, *Platonism and Anti-Platonism in Mathematics* (Oxford University Press, New York, 1998); J. R. Brown, *Platonism, Naturalism, and Mathematical Knowledge* (Routledge, New York 2012); H. H. Field, *Realism, Mathematics, and Modality* (Blackwell, Cornwall, 1989); P. Maddy, *Realism in Mathematics* (Oxford University Press, Oxford, 2003); B. Mazur, *Mathematical Platonism and Its Opposites*. *Europ. Math. Soc. Newsletter*, **68**, 19–21 (2008); M. Panza, A. Sereni *Plato's Problem. An Introduction to Mathematical Platonism* (Palgrave Macmillan, New York, 2013); R. Penrose, *The Emperor's New Mind* (Oxford University Press, Oxford, 1989).

⁴⁵⁴ P. Ernest, *Social Constructivism as a Philosophy of Mathematics* (State University of New York Press, New York, 1998); E. von Glasersfeld (ed.), *Radical Constructivism in Mathematics Education* (Kluwer, New York, 2002).

⁴⁵⁵ M. Detlefsen, *Hilbert's Program. An Essay on Mathematical Instrumentalism* (Springer, Dordrecht, 1986).

⁴⁵⁶ L. E. J. Brouwer, *Collected Works, Philosophy and Foundations of Mathematics* (North-Holland, Amsterdam, 1975); M. van Atten, P. Boldini, M. Bourdeau, G. Heinzmann (eds.), *One Hundred Years of Intuitionism (1907–2007)* (Birkhäuser, Basel, 2008); D. van Dalen, *L. E. J. Brouwer, Topologist, Intuitionist, Philosopher. How Mathematics Is Rooted in Life* (Springer, London, 2013). S. Lindström, E. Palmgren, K. Segerberg, V. Stoltenberg-Hansen (eds.), *Logicism, Intuitionism, and Formalism. What has Become of Them?* (Springer, 2009); R. L. Tieszen, *Mathematical Intuition. Phenomenology and Mathematical Knowledge* (Springer, Dordrecht, 1989); А. Гейтинг, *Интуиционизм. Введение* (Мир, Москва, 1965); А. Г. Драгалін, *Математический интуиционизм. Введение в теорию доказательств* (Наука, Москва, 1979).

4.29. Бібліографія та коментарі

⁴⁵⁷ Л. И. Мандельштам, *Лекции по оптике, и теории относительности и квантовой механике* (Наука, Москва, 1972), с. 326—327: «Якою є структура кожної фізичної теорії, будь-якої фізичної побудови взагалі? Трохи схематично (як завжди) можна сказати, що будь-яка фізична теорія складається з двох частин, які доповнюють одна одну. Я почну з того, що можна вважати другою частиною. Це рівняння теорії — рівняння Максвелла, рівняння Ньютона, рівняння Шррьодінгера тощо. Рівняння — це просто математичний апарат. До цих рівнянь входять деякі символи: x , y , z і t , вектори \mathbf{E} і \mathbf{H} тощо. На цьому друга частина закінчується. Тут ще немає жодної фізичної теорії. Це математика, а не природнича наука. Першу ж частину фізичної теорії становить зв'язок цих символів (величин) з фізичними об'єктами, зв'язок, здійснюваний за конкретними рецептами (конкретні речі як еталони й конкретні вимірювальні процеси — визначення координати, часу тощо за допомогою твердих масштабів, годинників тощо). Перша частина вчить, як раціональним способом віднести до об'єктів природи певні величини — здебільшого у вигляді чисел. Друга частина встановлює математичні співвідношення між цими величинами. У такий спосіб, зважаючи на зв'язок цих величин з реальними об'єктами, формулюються співвідношення і між цими останніми, що й є кінцевою метою теорії. Без першої частини теорія ілюзорна, порожня. Без другої взагалі немає теорії. Тільки сукупність двох зазначених частин дає фізичну теорію.» Таке навмисно схематичне подання місця й значення математичного апарата фізичної теорії не містить багатьох додаткових складників теорії, а саме, не задуваються математичне формулювання досліджуваних проблем, математичні методи розв'язання цих проблем тощо. Насправді, до математичного апарата потрібно зарахувати не лише вказані типи математичний реалій, задані відповідними символами, а й низку інших символів.

⁴⁵⁸ Б. Баарс, Н. Гейдж, *Мозг, познание, разум. Введение в когнитивные нейронауки, Том 1* (Бином. Лаборатория знаний, Москва, 2014); Б. Баарс, Н. Гейдж, *Мозг, познание, разум. Введение в когнитивные нейронауки, Том 2* (Бином. Лаборатория знаний, Москва, 2014); Х. Дельгадо, *Мозг и сознание* (Мир, Москва, 1971); Г. Р. Иваницкий, *Нейроинформатика и мозг* (Знание, Москва, 1991); П. В. Симонов (ред.), *Мозг* (Мир, Москва, 1982); R. D. Fields, *Electric Brain* (BenBella Books, Dallas, 2019); Н. Haken, *Brain Dynamics. An Introduction to Models and Simulations* (Springer, Berlin, 2008).

⁴⁵⁹ Зауважимо, що з мобільним телефоном як характерним елементом сучасної цивілізації асоціюється купа цікавих онтичних питань. Див.: F. Maurizio. *Ontology of the Cell Phone. Where are You?* (Fordham University Press, New York, 2014).

⁴⁶⁰ К. Меннингер, *История цифр. Числа, символы, слова* (Центрполиграф, Москва, 2011).

⁴⁶¹ *Еварист Галуа* — французький математик. Э. Галуа, *Сочинения* (Объединенное научно-техническое издательство НКТП СССР. Главная редакция общетехнической и техно-теоретической литературы, Москва—Ленинград, 1936); А. Дальма, *Эварист Галуа, революционер и математик* (Наука, Москва, 1984); Л. Инфельд, *Эварист Галуа. Избранник богов* (Молодая гвардия, Москва, 1965).

⁴⁶² *П'єр Ферма* — французький математик і юрист. Л. Ф. А. Альварец, *Самая сложная задача в мире. Ферма. Великая теорема Ферма* (Де Агостини, Мо-

сква, 2015); А. Виолант-и-Хольц, *Загадка Ферма. Трехвековой вызов математике* (Де Агостини, Москва, 2014); M. S. Mahoney, *The Mathematical Career of Pierre de Fermat, 1601–1665. Second revised edition* (Princeton University Press, Princeton, 1994).

⁴⁶³ Німецький математик *Карл Гаусс*. В. Бюлер, *Гаусс. Биографическое исследование* (Наука, Москва, 1989).

⁴⁶⁴ М. Бургин, В. Кузнецов. *Аксиологические аспекты научных теорий* (Наукова думка, Киев, 1991), с. 15–16.

⁴⁶⁵ Н. Бурбаки, *Теория множеств* (Мир, Москва, 1965).

⁴⁶⁶ М. Девис, *Прикладной нестандартный анализ* (Мир, Москва, 1980).

⁴⁶⁷ Дивись, наприклад: Г. Кейслер, Ч. Чэн, *Теория моделей* (Мир, Москва, 1977); Дж. Шенфилд, *Математическая логика* (Наука, Москва, 1975).

⁴⁶⁸ R. Feynman, *The Meaning of It All. Thoughts of a Citizen Scientist* (Perseus Books, Reading, 1998), p. 26–28.

⁴⁶⁹ Деякі з них навіть стверджують, що інтуїціоністська математика пропонує адекватніше розуміння часу, ніж класична математика. Див.: N. Gisin, *Mathematical languages shape our understanding of time in physics*. Nature Physics, **16** (2), 114–116 (2020).

⁴⁷⁰ L. Zadeh, *Fuzzy Sets. Information and Control*, **8**, 338–353 (1965).

⁴⁷¹ Г. Кантор, *Труды по теории множеств* (Наука, Москва, 1985); Г. Э. Пинейро, *Кантор. Бесконечность в математике. Бесчисленное поддается подсчету* (Москва, Де Агостини, 2015); Г. И. Синкевич, *Георг Кантор & Польская школа теории множеств* (СПбГАС, Санкт-Петербург, 2012).

⁴⁷² Л. Заде, *Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию нечетких решений* (Мир, Москва, 1976).

⁴⁷³ М. Бургин, Л. Калужнин, *Именованные множества и их подмножества*. В VI Всесоюзная конференция по математической логике (Мецниереба, Тбилиси, 1982), с. 25; М. Бургин, *Операции над именованными множествами*. В Упорядоченные множества и решетки (Саратовский государственный университет, Саратов, 1986), с. 5–12; М. Бургин, В. Кузнецов, *Расширения научных теорий и именованных множеств*. В X Всесоюзная конференция по математической логике (Гылым, Алма-Ата, 1990), с. 31; M. Burgin, *Theory of Named Sets* (Nova Science Publishers, New York, 2011).

⁴⁷⁴ M. Burgin, V. Kuznetsov, *Fuzzy sets as named sets*. Fuzzy Sets and Systems, **46** (2), 189–192 (1992).

⁴⁷⁵ Деякі математики від народження мали й мають надзвичайні математичні здібності, які чекають лише умов виявлення за певних культурних умов. Найбільш відомим прикладом геніального математика-самоучки є індійський математик *Срїніваса Айєнгар Рамануджан* (1887–1920), який зробив видатний внесок у математику (математичний аналіз, теорію чисел, теорію числових рядів та теорію неперервних дробів). Див.: Г. Г. Харди, *Апология математика* (Регулярная и хаотическая динамика, Ижевск, 2000); G. H. Hardy, *Ramanujan. Twelve Lectures on Subjects Suggested by His Life and Work* (Cambridge University Press, Cambridge, 1940); R. Kanigel, *The Man Who Knew Infinity. A Life of the Genius Ramanujan* (Washington Square Press, New York, 1991); M. Ram Murty, V. Kumar Murty, *The Mathematical Legacy of Srinivasa Ramanujan* (Springer, New Delhi, 2012).

⁴⁷⁶ Р. Фейнман, Р. Лейтон, М. Сэндс, *Фейнмановские лекции по физике. Выпуск 1. Современная наука о природе. Законы механики* (Мир, Москва, 1965);

4.29. Бібліографія та коментарі

Г. Штейнгауз, *Математика — посредник между духом и материей* (Бином, Москва, 2005).

⁴⁷⁷ И. И. Блехман, А. Д. Мышкис, Я. Г. Пановко, *Механика и прикладная математика. Логика и особенности приложений математики* (Наука, Москва, 1983); Я. Б. Зельдович, А. Д. Мышкис, *Элементы прикладной математики. Издание третье, переработанное и дополненное* (Наука, Москва, 1972); К. Ланцош, *Практические методы прикладного анализа. Справочное руководство* (ГИФМЛ, Москва, 1961); Р. В. Хемминг, *Численные методы* (Наука, Москва, 1968).

⁴⁷⁸ С. П. Тимошенко, *Сопротивление материалов, Том первый. Элементарная теория и задачи* (Наука, Москва, 1965); С. П. Тимошенко, *Сопротивление материалов, Том второй. Элементарная теория и задачи* (Наука, Москва, 1965).

⁴⁷⁹ Д. В. Штеренлихт, *Гидравлика* (Энергоатомиздат, Москва, 1984).

⁴⁸⁰ Л. Г. Лойцянский, А. И. Лурье, *Курс теоретической механики. Том первый. Статика и кинематика. Издание восьмое, переработанное и дополненное* (Наука, Москва, 1982); Л. Г. Лойцянский, А. И. Лурье, *Курс теоретической механики. Том второй. Динамика. Издание шестое, переработанное и дополненное* (Наука, Москва, 1983).

⁴⁸¹ Д. Поттер, *Вычислительные методы в физике* (Мир, Москва, 1975);

П. Роуч, *Вычислительная гидродинамика* (Мир, Москва, 1980).

⁴⁸² А. Д. Мышкис, *Элементы теории математических моделей* (УРСС, Москва, 2007).

⁴⁸³ Г. Дж. Чайтин, *Беседы с математиком. Математика, искусство, наука и пределы разума* (Сигнатура, Нижний Новгород, 2009).

⁴⁸⁴ М. Клайн, *Математика. Поиски истины* (Мир, Москва, 1988).

⁴⁸⁵ Ю. И. Манин, *Математика как метафора* (МЦНМО, Москва, 2008); М. Tegmark, *Our Mathematical Universe. My Quest for the Ultimate Nature of Reality* (Knopf, New York, 2014).

⁴⁸⁶ С. Lehner, J. Renn, M. Schemmel (eds.), *Einstein and the Changing Worldviews of Physics*, (Springer, New York, 2012); J. Mehra, *Einstein, Physics and Reality* (World Scientific, Singapore, 1999); В. А. Угаров, *Специальная теория относительности. Издание второе, переработанное и дополненное* (Наука, Москва, 1977); В. К. Фредерикс, Д. Д. Иваненко (ред.), *Принцип относительности* (ОНТИ, Главная редакция общетехнической литературы, Ленинград, 1935).

⁴⁸⁷ Б. В. Гнеденко, *Математика и научное познание* (Знание, Москва, 1983).

⁴⁸⁸ Без спостережень не обійтися там, де експеримент неможливий, скажімо, в астрономії, хоча астрономічні об'єкти можна (й треба!) експериментально моделювати: G. E. Volovik, *The Universe in a Helium Droplet* (Clarendon Press, Oxford, 2003).

⁴⁸⁹ Е. Вигнер, *Непостижимая эффективность математики в естественных наука*, Усп. физ. наук, **94** (3), 535—546 (1968); J. McDonnell, *The Pythagorean World. Why Mathematics is Unreasonably Effective in Physics* (Palgrave Macmillan, Cham, 2017).

⁴⁹⁰ А. П. Юшкевич (ред.), *История математики с древнейших времен до начала XIX столетия. Том первый. С древнейших времен до начала Нового времени* (Наука, Москва, 1970); P. Roquette, *Contributions to the History of Number Theory in the 20th Century* (European Mathematical Society Publishing House, Zürich, 2013).

- ⁴⁹¹ С. Bailey, *The Greek Atomists and Epicurus* (Russell & Russell, New York, 1964).
- ⁴⁹² Д. Будкер, Д. Кимбелл, Д. ДеМилль, *Атомная физика. Освоение через задачи* (Физматлит, Москва, 2010).
- ⁴⁹³ D. M. Bressoud, *Calculus Reordered. A History of the Big Ideas* (Princeton University Press, Princeton, 2019).
- ⁴⁹⁴ А. В. Волошинов, *Пифагор: союз истины, добра и красоты* (УРСС, Москва, 2007); J. McDonnell, *The Pythagorean World. Why Mathematics is Unreasonably Effective in Physics* (Palgrave Macmillan, Cham, 2017).
- ⁴⁹⁵ Я. А. Ляткер, *Декарт* (Мысль, Москва, 1975); Г. П. Матвиевская, *Рене Декарт (1596—1650)* (Наука, Москва, 1976).
- ⁴⁹⁶ J. A. Dieudonné, *A Panorama of Pure Mathematics (as seen by N. Bourbaki)* (Academic Press, New York, 1982); S. MacLane, *Mathematics. Form and Function* (Springer, New York, 1986); M. Tegmark, *Our Mathematical Universe. My Quest for the Ultimate Nature of Reality* (Knopf, New York, 2014).
- ⁴⁹⁷ А. И. Ахиезер, Ю. П. Степановский, *От квантов света до цветных кварков* (Наукова думка, Киев, 1993); Е. Намбу, *Кварки* (Мир, Москва, 1984); Ю. Г. Чирков, *Охота за кварками. Издание второе, исправленное* (УРСС, Москва, 2011); M. G. Alford, A. Schmitt, K. Rajagopal, T. Schäfer, *Color superconductivity in dense quark matter*. Rev. Mod. Phys., **80** (4), 1455—1515 (2008); A. J. Buras, J. Gierbach, *Towards the identification of new physics through quark flavour violating processes*. Rep. Prog. Phys., **77** (8), 086201 (2014); M. Chaichian, H. P. Rojas, A. Tureanu, *Basic Concepts in Physics. From the Cosmos to Quarks* (Springer, Berlin, 2014); N. D. Mermin, *Why Quark Rhymes with Pork and Other Scientific Diversions* (Cambridge University Press, Cambridge, 2016).
- ⁴⁹⁸ Н. В. Александрова, *История математических терминов, понятий, обозначений. Словарь-справочник. Издание третье, исправленное* (URSS, Москва, 2008); Г. Е. Воловик, В. П. Минеев, *Физика и топология* (Знание, Москва, 1980); К. Меннингер, *История цифр. Числа, символы, слова* (Центрполиграф, Москва, 2011); М. А. Наймарк, *Нормированные кольца. Издание второе, переработанное* (Наука, Москва, 1965); D. Downing, *Dictionary of Mathematics Terms. Third edition* (Barrons, New York, 2009); F. W. K. Firk, *Introduction to Groups, Invariants, and Particles* (Orange Grove Texts Plus, Yale, 2009); S. Schwartzman, *The Words of Mathematics. An Etymological Dictionary of Mathematical Terms Used in English* (The Mathematical Association of America, Washington, 1994).
- ⁴⁹⁹ H. W. Turnbull, *The Great Mathematicians*, In R. Newman (ed.), *The World of Mathematic*. Volume 1 (Simon and Schuster, New York, 1956), p. 115.
- ⁵⁰⁰ В. Г. Болтянский, И. М. Яглом (ред.) *Энциклопедия элементарной математики. Книга четвертая — геометрия* (ГИФМЛ, Москва, 1963).
- ⁵⁰¹ Ю. И. Соловьев, В. И. Куриной, *Якоб Берцелиус. Жизнь и деятельность. Издание второе, исправленное и дополненное* (Наука, Москва, 1980).
- ⁵⁰² F. Viète, *The Analytic Art* (Dover, Mineola, 1983).
- ⁵⁰³ R. Cavendish, *The Black Arts* (Capricorn Books, New York, 1968).
- ⁵⁰⁴ Б. М. Болотовский, *Оливер Хевисайд. 1850—1925* (Наука, Москва, 1985); Л. А. Применко, *Оливер Хевисайд. Жизнь и творчество, 1850—1925 гг.* (Абетка, Каменец-Подольский, 2004).

4.29. Бібліографія та коментарі

⁵⁰⁵ В. А. Диткин, А. П. Прудников, *Операционное исчисление* (Высшая школа, Москва, 1966); Я. Микусинский, *Операторное исчисление* (ИЛ, Москва, 1956).

⁵⁰⁶ D. Berlinski, *Infinite Ascent. A Short History of Mathematics* (Modern Library, New York, 2008).

⁵⁰⁷ Див. зокрема: S. Stahl, *Geometry from Euclid to Knots* (Dover, Mineola, New York, 2010).

⁵⁰⁸ Стислий, але, на жаль, неповний перелік точок зору на предметну гаузу математики дивись: Г. Лолли, *Философия математики: наследие двадцатого столетия* (Издательство Нижегородского госуниверситета, Нижний Новгород, 2012).

⁵⁰⁹ P. Benacerraf, *What numbers could not be*. *Philosophical Review*, **74**, 47–73 (1965).

⁵¹⁰ R. Hersh, *What kind of thing is a number? A talk with Reuben Hersh* 2.10.97. https://www.edge.org/conversation/reuben_hersh-what-kind-of-thing-is-a-number.

⁵¹¹ K. Hossack, *Knowledge and the Philosophy of Number. What Numbers are and How They Are Known* (Bloomsbury Academic, London, 2020).

⁵¹² J. Kim, *What are numbers?* *Synthese*, **190** (6), 1099–1112 (2013).

⁵¹³ W. V. Quine, *Ontological reduction and the world of numbers*. In W. V. Quine, *The Ways of Paradox and Other Essays*, (Random House, New York, 1966), p. 199–207.

⁵¹⁴ R. Tubbs, *What is a Number? Mathematical Concepts and Their Origins* (The Johns Hopkins University Press, Baltimore, 2008).

⁵¹⁵ H. Weyl, *Mathematics and the laws of nature*. In H. Weyl, *Riemanns geometrische Ideen, ihre Auswirkung und ihre Verknüpfung mit der Gruppentheorie* (Springer, Berlin, 1988), p. 44.

⁵¹⁶ А. Н. Уайтхед, Б. Рассел, *Основания математики в трех томах. Том первый* (Издательство Самарский Университет, Самара. 2005); А. Н. Уайтхед, Б. Рассел, *Основания математики в трех томах. Том второй* (Издательство Самарский Университет, Самара. 2006); А. Н. Уайтхед, Б. Рассел, *Основания математики в трех томах. Том третий* (Издательство Самарский Университет, Самара. 2006).

⁵¹⁷ M. Singham, *The Great Paradox of Science. Why Its Conclusions Can Be Relied Upon Even Though They Cannot Be Proven* (Oxford University Press, Oxford, 2020), p. 286.

⁵¹⁸ A. R. D. Mathias, *A term of length 4,523,659,424,929*. <https://www.dpmms.cam.ac.uk/~ardm/ineff.pdf>.

⁵¹⁹ J. Baez, *Bourbaki's definition of the number 1*. <https://mathoverflow.net/questions/357498/bourbakis-definition-of-the-number-1#:~:text=According%20to%20a%20polemical%20article,%E2%89%88%202.4%20%E2%8B%85%201054>.

⁵²⁰ J. Grimm, *Implementation of Bourbaki's Elements of Mathematics in Coq: Part One, Theory of Sets*. *Journal of Formalized Reasoning*, **3** (1), 79–126 (2010).

⁵²¹ J. Grimm, *Implementation of Bourbaki's Elements of Mathematics in Coq: Part Two; Ordered Sets, Cardinals, Integers*. *Journal of Formalized Reasoning*, **9** (2), 1–52 (2016).

⁵²² J. Baez, *Bourbaki's definition of the number 1* <https://mathoverflow.net/questions/357498/bourbakis-definition-of-the-number-1#:~:text=According%20to%20a%20polemical%20article,%E2%89%88%202.4%20%E2%8B%85%201054>.

⁵²³ В. И. Арнольд, *Избранное-60* (Фазис, Москва, 1997).

⁵²⁴ Г. Кантор, *Труды по теории множеств* (Наука, Москва, 1985); Г. Э. Пинеиро, *Кантор. Бесконечность в математике. Бесчисленное поддается подсчету* (Москва, Де Агостини, 2015).

⁵²⁵ М. Бургин, В. Кузнецов. *Номологические структуры научных теорий, в частности § 1.2. Структурно-номинативный анализ теории чисел и арифметики* (Наукова думка, Киев, 1993), с. 14—24.

⁵²⁶ F. Patras, *The Essence of Numbers* (Springer, Cham, 2020).

⁵²⁷ Площина плоского трикутника може бути розрахована різними способами, якщо знати числові значення довжини деяких його атрибутів. Якщо відомі значення його основи b і висоти h , то значення площини S дорівнює половині добутку їхніх значень: $S = \frac{1}{2} bh$. Якщо відомі значення довжин сторін a , b та c , то значення його площини S обчислюється за формулою давньогрецького вченого *Герона Олександрійського*, яка має декілька рівнозначних записів. Один з них має такий вигляд: $S = \frac{1}{4}[(a+b-c)(a-b+c)(-a+b+c)(a+b+c)]^{1/2}$, тобто значення площини трикутника дорівнює одній четвертій квадратного кореня з чотирьох добутків. Три з них утворені з можливих комбінацій двох позитивних значень довжин та одного негативного значення довжини кожної сторони, а четверта утворена з позитивних значень довжин всіх сторін.

⁵²⁸ Langlands program. https://en.wikipedia.org/wiki/Langlands_program#CITEREFLanglands1967.

⁵²⁹ Г. П. Бевз, В. Г. Бевз, Н. Г. Владімірова, *Геометрія 10—11 клас* (Вежа, Київ, 2002), с. 103.

⁵³⁰ G. Domokos, D. J. Jerolmack, F. Kun, J. Török, *Plato's cube and the natural geometry of fragmentation*. Proc. Nat. Acad. Sci., **117** (31), 18178—18185 (2020).

⁵³¹ Див.: А. Arcavi, *Symbol sense. Informal sense-making in formal mathematics*. For the Learning of Mathematics, **14** (3), 24—35 (1994); R. Duval, *Understanding the Mathematical Way of Thinking. The Registers of Semiotic Representations* (Springer, Cham, 2017); E. R. Grosholz, *Representation and Productive Ambiguity in Mathematics and the Sciences* (Oxford University Press, Oxford, 2007); M. H. G. Hoffmann, J. Lenhard, F. Seeger (eds.), *Activity and Sign. Grounding Mathematics Education* (Springer, New York, 2005); D. Pimm, *Symbols and Meanings in School Mathematics* (Routledge, London, 2005); P. Stekeler-Weithofer, *Semiotische Aspekte der Mathematik*, In R. Posner, K. Robering, T. A. Sebeok (eds.), *Semiotik/Semiotics. Ein Handbuch zu den zeichentheoretischen Grundlagen von Natur und Kultur. A Handbook on the Sign-Theoretic Foundations of Nature and Culture*. Volume 3 (Walter de Gruyter, Berlin, 2003), Seite 2569—2687; N. Presmeg, L. Radford, W.-M. Roth, G. Kadunz G. (eds.), *Signs of Signification. Semiotics in Mathematics Education Research* (Springer, Cham, 2018); B. Rotman, *Mathematics as Sign. Writing, Imaging, Counting* (Stanford University Press, Stanford, 2000); A. Saenz-Ludlow, G. Kadunz (eds.), *Semiotics as a Tool for Learning Mathematics. How to Describe the Construction, Visualisation and Communication of Mathematical Concepts* (Sense Publishers, Rotterdam, 2016). У перелічених книгах також міститься багато посилань на інші праці щодо значення та ролі назв у математичній освіті та інформація про наукові часописи, які друкують статті на ці теми.

⁵³² М. V. Popovich, L. A. Shashkova, *Philosophy and education. Life and vocation*. Альманах. Філософські проблеми гуманітарних наук, **26**, 4—9 (2017).

4.29. Бібліографія та коментарі

⁵³³ W. Balzer, C. U. Moulines, *On theoreticity*. *Synthese*, **44** (3), 467—494 (1980); W. Balzer, *On a new definition of theoreticity*. *Dialectica*, **39** (2), 127—145 (1985); W. Balzer, *Theoretical terms. A new perspective*. *The Journal of Philosophy*, **83** (2), 71—90 (1986).

⁵³⁴ U. Gähde. *T-Theoretizität and Holismus* (Peter Lang, Frankfurt/Main, 1983).

⁵³⁵ G. Schurz, *Paradoxical consequences of Balzer's and Gähde's criteria of theoreticity. Results of an application to ten scientific theories*. *Erkenntnis*, **32** (2), 161—214 (1990).

⁵³⁶ W. Stegmüller, *Probleme und Resultate der Wissenschaftstheorie und Analytischen Philosophie. Band II. Theorie und Erfahrung. Teil G. Strukturspecies. T-Theoretizität. Holismus. Approximation. Verallgemeinerte intertheoretische Relationen. Inkommensurabilität* (Springer, Berlin, 1986).

⁵³⁷ М. Бургин, В. Кузнецов, *Эволюция понимания теоретичности в методологии науки*. В *Философские проблемы истории логики и методологии науки*. Часть II. (Институт философии АН СССР, Москва, 1986), с. 89—92; М. Бургин, В. Кузнецов, *Теоретичность, конструктивность и структурность как свойства элементов научных теорий*. В *Теория, логика познания: Препринты докладов советских ученых к Восемнадцатому Всемирному философскому конгрессу «Философское понимание человека»*. Великобритания, Брайтон, 21—27 августа 1988 г. (Институт философии АН СССР, Москва, 1988), с. 46—52.

⁵³⁸ Фракійський культ бога природи *Діоніса*, згодом асимільований греками, можна вважати уособленням примітивності первісного сприйняття світу. Навпаки, *Аполлон* вважався релігійним «патроном» наук та вищого мистецтва: Дж. Дж. Фрєзер, *Золотая ветвь. Исследование магии и религии*. Издание второе (Политиздат, Москва, 1986). *Фрідріх Ніцше* дав своє тлумачення взаємостосункам між цими богами, трактуючи як сучасну йому культуру, так і «вихідну», давньогрецьку: F. Mac Góráin, *Apollo and Dionysus in Virgil*. *Incontri di filologia classica*, **12**, 191—238 (2012—2013).

⁵³⁹ R. Pound, *An Introduction to the Philosophy of Law* (Yale University Press, New Haven, 1922).

⁵⁴⁰ К. Поппер, *Злиденність історизму* (Абрис, Київ, 1994).

⁵⁴¹ R. Pound. *The Ideal Element in Law* (Indianapolis, Indiana Liberty Fond, 2002), p. 234.

⁵⁴² J. Bentham, *A Fragment on Ontology*, In *Works of Jeremy Bentham*, Vol. 8. (The Chrestomathic Day School, London, 1816/1841), p. 195—211.

⁵⁴³ Л. Л. Фуллер, *Мораль права* (Сфера, Київ, 1999), с. 49.

⁵⁴⁴ В. Кузнецов. *Філософія права. Історія та сьогодення* (Стилос, Київ, 2003).

ЧАСТИНА V

РЕАЛІЇ

5.1. ПРЕДМЕТНА СПРЯМОВАНІСТЬ СВІДОМОСТІ ТА ЗНАННЯ

Неодмінною ознакою людської свідомості є її спрямованість на щось. Це «щось» може знаходитись як поза нею, так і (у випадку рефлексії та інтроспекції) збігатися із самою свідомістю чи бути тотожним якимось її компонентам, підсистемам, аспектам або функціям. Наразі людство володіє значно більшим обсягом достовірної інформації (знань) про те, що знаходиться поза індивідуальною свідомістю, ніж власне про неї. Насправді природничі науки виявилися найбільш ефективним соціальним інститутом «несвідомого» використання індивідуальної свідомості для отримання, перевірки та обґрунтування знання стосовно світу, зовнішнього до носія свідомості.

Не занурюючись у запеклі дискусії навколо свідомості, які виникли ще за часів античності¹, обмежимося тлумаченням знання як одного з продуктів свідомості. Водночас воно, поряд із емоціями та сприйняттям, є важливим засобом формування самої свідомості, суттєво трансформує останню й значно підсилює творчу пізнавальну здатність окремої людини та людства в цілому. Попри різні, наявні та можливі тлумачення свідомості всі вони стверджують, що знання як такий її продукт, який не існує поза нею, також має універсальну ознаку спрямованості^{2, 3}. Якщо же людина свідомо або несвідомо (імпліцитно або експліцитно) надає знанню окреме самостійне існування поза свідомістю, то воно також стає тією сутністю, на яку спрямована її свідомість. Відразу зазначимо, що йдеться про існування знання у матеріальному, зокрема, текстовому, писемному або електронному поданні. Прикладами слугують будь-які абстракції (ідеї, поняття, теорії тощо)⁴. Деякі з них, як-от математичні конструкції, є корисними для процесу пізнання, інші виконують певні, хоча й не завжди доречні з науково-центричної точки зору, суспільні функції. Скажімо, це міфи, ле-

5.1. Предметна спрямованість свідомості та знання

генди та створені людською уявою потойбічні істоти: боги, чорти, ангели, кентаври, відьми, ельфи, гноми та безліч їх різноманітних родичів⁵. У такому разі звісно виникає потреба в отриманні знання, точніше метазнання, про таке знання.

Саме поняття «знання» має неоднаковий характер для суб'єктів із різною освітньою підготовкою щодо абстрактного мислення. Справді, коли пересічна людина, яка не є науковцем, стверджує, що опанувала якесь буденне знання, то й вона припускає, що воно є знанням про «щось», незалежно від того, яка природа цього «щось». Проте якщо її спитати, чому вона так вважає, то вона не завжди здатна пояснити характер та походження її знань навіть про реалії, які знаходяться поруч, не кажучи вже про ті об'єкти, які знаходяться поза її почуттєвим сприйняттям. Типовим для такої людини є посилання на те, чому її відповідним чином навчили в родині, школі чи церкві, або на повідомлення в ЗМІ чи твердження знайомих.

Більш ґрунтовну відповідь на це запитання має дати науковець, який опанував системи знання, тобто перетворив їх на формоутворення власної свідомості та форми пізнання, які він використовує для спостереження, усвідомлення й дослідження зовнішніх реалій та отримання про них нового знання. Він може повідомити, як було отримане певне знання, як воно співвідноситься з реаліями життя та про те, що це власне за реалії. Науковець оперує знанням, структурованим в окремі системи знання або наукові теорії, яким притаманні специфічні типи систематизації та ознаки системності, про що ми зазначали в розділі 1.2.

Наукові системи знання мають складну побудову, можуть бути поділені на низку підсистем, пов'язаних ієрархічною багаторівневою організацією. Наукове знання, взагалі, та його окремі системи є різновидами сукупностей знань, накопичених людством, а тому успадковують таку їх ознаку, як спрямованість. Те, на що спрямована кожна конкретна система знання, ми раніше вже назвали її предметною галуззю. В процесі розвитку науки системи знання та уявлення про їхні предметні галузі еволюціонують одночасно, тобто зміни в кожній із них породжують відповідні зміни в іншій. Наприклад, впровадження в систему знання нової верифікованої моделі потребує уточнення уявлень про модельований предмет і тим самим про відповідну предметну галузь або навіть передбачає існування в ній чогось нового. Натомість відкриття певної реалії або її атрибутів у предметній галузі,

непередбачені поточною системою знання, стимулюють швидкий розвиток цієї системи або у випадку неможливості їх тлумачення в межах навіть оновленої системи знання знаходять належну інтерпретацію поза предметною галуззю цієї системи. Врешті-решт означена колізія спонукає створення нових систем знання.

Так, несподіване та попри великий спротив усвідомлене відкриття американським хіміком *Вільямом Бреєм* осцилювальних хімічних реакцій у *гомогенних* середовищах⁶ започаткувало створення нового розділу хімії⁷ та виявилось поштовхом до виникнення взагалі нової науки — *синергетики*, тобто науки про самоорганізацію в нерівноважних, нелінійних фізичних, хімічних, біологічних та навіть соціальних системах^{8–18}.

Якщо трохи відволіктися та подивитися на зазначене відкриття з історичної та водночас філософської точок зору, то виникне вельми цікава картина, яка пролле світло на подвійну роль інтуїції в пізнанні, а також на «виховну та формативну роль» розвитку наук щодо людської свідомості. Дійсно, відкриття *Бреєм* коливань у часі концентрації йоду при його взаємодії з пероксидом водню в об'ємі рідкої фази було в 1921 році донесене до хімічної спільноти публікацією англійською мовою в престижному журналі. Проте, сам факт, уже байдуже як інтерпретований, викликав спротив у колег, бо вони вважали на підставі загальноновизнаних інтуїтивних міркувань, що хімічні реакції в однорідному середовищі мають відбуватися монотонно з накопиченням кінцевих продуктів та вичерпанням початкових. Така типова поведінка спостерігалася раніше для всіх відомих реакцій, а тому в свідомості науковців виникло явище, схоже на імпринтинг, тобто раніше відкриті та досліджені монотонні залежності концентрацій реагентів стали вважатися єдино можливими. Таким чином, існування результатів *Брея* як віддзеркалення істинної сутності хімічної взаємодії заперечувалось на підставі інтуїції, яка сама, врешті решт, є наслідком попереднього досвіду людства¹⁹.

На працю *Бориса Белоусова*, який відкрив іншу гомогенну реакцію з осцилювальним перебігом і вражаючою періодичною зміною кольору суміші реагентів^{20, 21}, відгук наукової спільноти виявився навіть більш негативним. Його скромну працю, де він описував нове, надзвичайно цікаве явище, взагалі відмовилися публікувати в престижному радянському (власне, російському) науковому журналі. Причина полягала в тій же консервативній «інтуїції» рецензентів, які вважали, що несумісність їх погля-

5.1. Предметна спрямованість свідомості та знання

дів з експериментом ставить під сумнів ... незаперечні результати експерименту. Ця абсолютно антинаукова позиція відтермінувала оприлюднення відомостей про відкриття нового явища на 8 років, причому навіть запізніла публікація вийшла в маловідомому збірнику праць, де рецензію не вимагали. До речі, відмови в публікації видатних досягнень через їхню радикальну новизну не є рідкістю в історії науки.

Сучасна «інтуїція» науковців-хіміків включає уявлення про коливні хімічні реакції вже як її складову частину. Те, що сто років тому здавалося неможливим, стає догмою. Свідомість змінила гнів на ласку під впливом переможних реалій. Симптоматично, що під час боротьби *Белоусова* з ворожістю рецензентів, англійський учений *Алан Тюрінг*²² уже передбачив можливості існування реакцій немонотонного характеру в однорідному середовищі при врахуванні дифузії, яка вводить у гру нелокальність процесів²³. У такий спосіб *Тюрінг* зміг якісно пояснити морфогенез у живих організмів (дивися також книгу²⁴).

Іншим прикладом спротиву первісної інтуїції стосовно результатів нової науки є класична механіка *Галілея-Ньютона*²⁵, яку повсюдно починають вивчати ще в загальноосвітній школі, проте на диво погано засвоюють як у ідейному, так і практичному плані і після отримання технічної освіти²⁶. Як з'ясували педагоги та психологи, погляди древньогрецького генія *Арістотеля*²⁷ повертаються в обіг для кожного нового покоління учнів і студентів ВНЗ. Нам це аж ніяк не здається дивним, бо спостереження та експерименти, які вимірюють характеристики руху в середовищах, відмінних від вакууму (тобто *всіх*, з якими стикається пересічна людина), нібито свідчать про справедливість уявлень *Арістотеля*, а не *Ньютона*, про механічний рух звичайних предметів. Наприклад, той факт, що для пересування якогось предмета ми маємо прикладати певне зусилля, свідчить про те, що рух можливий лише в тому разі, коли на тіло діє сила. Натомість принцип інерції *Галілея*, тобто перший закон механіки *Ньютона*, стверджує, що існують такі системи відліку (так звані інерційні системи), в яких тіло, на яке не діє жодна сила, завжди зберігатиме стан рівномірного руху або спокою. Лише геніальний *Ньютон* зумів абстрагуватися від цих невідпорних нібито очевидних фактів і збагнути, які феномени є визначальними. Так постала класична механіка. Кожній юній або молодій людині доводиться *особисто* долати шлях від *Арістотеля* до *Ньютона*, при цьому не маючи можли-

вості спиратися на геніальність першого або другого. До речі, уявлення *Арістотеля* про дію сили, як чинник сталого руху, є адекватними для опису тіла у рідині, наприклад у воді²⁸.

Інтуїцію, яка дає змогу розв'язувати задачі класичної механіки, необхідно постійно плекати в собі, залучаючи підтримку від експериментальних фактів, скажімо від астрономічних спостережень. Саме тому англієць *Ньютон*²⁹ вважав, що побудував класичну механіку, стоячи на плечах гігантів, серед яких головними можна вважати італійця *Галілея*³⁰ та німця *Кеплера*³¹.

У зв'язку із запровадженням концепції систем знання природно з'являється запитання: що під час розвитку науки виникає раніше — система знання або уявлення про її предметну галузь? Звернення до історії науки показує, що у природничих науках уявлення про деякі реалії предметної галузі, як правило, передують виникненню відповідної системи знання. Тобто ще до остаточно усвідомленого формування уявлень про предметну галузь та відповідної системи знання у науковців, зазвичай, виникають певні уявлення про предмети, які згодом, після створення предметної галузі, ввійдуть до неї. Це можна пояснити тим, що усвідомлення відкриттів *нових* предметів відбувається на підставі уявлень про предметні галузі, які вже існували на той час³². Але саме трактування деяких предметів як нових вказує на можливу неспроможність наявних систем знання включити їх в свої предметні галузі. Нова система знання, тобто така, яка раніше не існувала, виникає як відповідь на нездатність «старих» систем знання пояснити та описати віднайдені нові сутності та явища, тобто як відповідь на неможливість у межах наявних систем знання розв'язати сформульовані в них проблеми опису та пояснення нових експериментальних даних про нещодавно відкриті або давно спостережені, але щойно усвідомлені явища.

Зворотна ситуація є типовою для сучасних просунутих математичних наук, системи знання яких мають уявні предметні галузі: топологічні простори, нескінченні множини тощо. Спроби (часто дуже успішні, дивись оглядову статтю та відомості про присуджені нобелівські премії за відкриття нових топологічних фаз двовимірної матерії³³) їх застосування в природничих науках загалом полягають у знаходженні реальних предметних галузей для деяких наявних математичних систем знання. В цьому сенсі створення науковцями систем математичного знання часто передують знаходженню природних предметних галузей, для опису та пояснення яких ці системи застосовуватимуться.

5.1. Предметна спрямованість свідомості та знання

Якась виокремлена система наукового знання є сукупністю пов'язаних знань про деяке «щось», яке утворює відповідну системі предметну галузь. Вважатимемо, що предметна галузь складається з певних реалій, які є зовнішніми відносно відповідної системи знання. Достатньою та необхідною ознакою для пов'язування реалій із певною системою знання є можливість досліджування реалій методами, які притаманні саме цій системі. Предметна галузь може складатися з однієї реалії, як у випадку геології та географії, фізики Сонця або спостережуваного Всесвіту (при цьому фізичний об'єм або складність структури реалії можуть бути як завгодно великими), скінченної (як у випадку певної групи елементарних частинок) або нескінченної сукупності (як у випадку станів динамічної фізичної системи чи множини натуральних чисел) реалій. Часто спільна назва цих реалій або характерна назва їх спільної риси входить у назву системи знання, за допомогою якої досліджуються ці реалії або їх спільні риси.

Важко згадати у природі, людському суспільстві, історії або розумовій та практичній діяльності сьогодення щось таке, яке б не досліджувалося якоюсь сучасною наукою. Сукупність усіх можливих наук часто називають «наукою» в загальному розумінні цього слова. Як постійно зростаюча мережа окремих дисциплін наука в загальному сенсі виробляє знання як про природні, так і штучні, як про матеріальні, так і ідеальні реалії, як про реалії, які існували до людини, так і про створені нею реалії, які зникнуть одночасно із людством при його неминучій загибелі, принаймні на планеті Земля³⁴.

Отже, коли кажуть про конкретну систему наукового знання, то потрібно мати на увазі, що вона містить знання про певні зовнішні до неї реалії. Ці знання в першому наближенні можна поділити на два типи.

Перший тип — знання про реалії, відомі ще до виникнення відповідної системи знання. Так, існування атомів, як неподільних (за певних умов дослідження) форм диференціації матерії, передбачалося задовго до виникнення атомної фізики як мережі систем знань про атоми³⁵, яку можна вважати однією з конкретних реалізацій уявлень про цю неподільність. Досліди *Грегора Менделя*³⁶ свідчили про об'єктивне існування механізмів спадковості за багато десятиліть до створення генетичної теорії^{37–44}. Таке попереднє знання містить припущення про об'єктивне існування реалій (та

деяких їх ознак або атрибутів), які після побудови системи знання утворюють її предметну галузь.

Другий тип знання — знання, отримане завдяки створенню, функціонуванню та розвитку самої системи знання. Так, ґрунтуючись на експериментальних дослідженнях атомів і використовуючи для їхнього осмислення квантову теорію⁴⁵, фізики розробили такі розвинені та розгалужені системи знання про атоми⁴⁶, які, аж ніяк не заперечуючи існування останніх, суттєво змінили початкові примітивні уявлення про ці мовби неподільні мікроскопічні об'єкти. Аналогічно біологи розробляють синтетичну теорію еволюції^{47–64}, яка включає як складові і генетику, і теорію природного добору⁶⁵ *Чарльза Дарвіна*. Ця теорія настільки могутня й так потужно підкріплена практикою, що її не змогли би навіть відразу розпізнати попередники *Мендель* та *Дарвін*, бо одна складова синтетичної теорії еволюції — сучасна молекулярна генетика є мікроскопічною біохімічною наукою⁶⁶, а друга складова — видоутворення⁶⁷ увібрала в себе багато результатів плідного стоп'ятдесятилітнього розвитку. Ясна річ, що рівень науки в часи *Дарвіна-Менделя* був недостатнім для виконання відповідних експериментальних і теоретичних досліджень на такому рівні. Тим більшої поваги заслуговують генії! Слід зазначити, що еволюційний погляд на Всесвіт, Сонячну систему, Землю формувався поступово^{68–70} ще до біологічних теорій *Чарльза Дарвіна* та *Альфреда Воллеса*^{71–74}. Вирішальна роль тут належить геологу *Чарльзу Лайеллу/Лайеллу*^{75, 76}. Зауважимо, що накопиченню знань про геологічну історію Землі та про біологічну еволюцію живих організмів дуже сприяли буденні соціально-економічні справи — будівництво залізниць та вугільних шахт у Великій Британії, яке пов'язано з великим обсягом земляних робіт та, як наслідок, із знаходженням різних свідoctв геологічних змін та біологічної еволюції у вигляді викопних скам'янілостей^{77, 78}.

Наразі людство повністю усвідомило всеосяжність неорганічної та органічної еволюції й скромне в масштабах Всесвіту місце людини в цих вічних, непереборних та безупинних процесах⁷⁹. Натомість у менших, планетарних масштабах людство може суттєво впливати на довкілля. Деякі науковці звинувачують промислову та побутову діяльність в створенні умов, несприятливих для самого існування людини як біологічного виду на Землі, не кажучи вже про катастрофічне вимирання інших, більш вразливих видів тварин і рослин. Серед цих чинників найчастіше називають

5.1. Предметна спрямованість свідомості та знання

підвищення середньої температури на Землі завдяки парниковому ефекту, зумовленому діяльністю людини (інші причини також можуть мати місце)⁸⁰. Таке підвищення може призвести до танення льодовиків, а, отже, й підвищення рівня води океану та затоплення прибережних територій. Іншим шкідливим наслідком діяльності людства стало забруднення природи відходами його життєдіяльності та промисловості⁸¹. На жаль, наявний невисокий рівень екологічних знань ставить майбутнє людської цивілізації в залежність від політичних рішень і дій малоосвічених світових лідерів.

Таким чином, перший тип знання, який розглядається з точки зору певної системи знання, є заздальгідним знанням про те, що є відомим до її створення. Водночас знання другого типу отримується за допомогою системи знання, яка вже є, функціонує та описує властивості реалій, що існували споконвіку або були відкриті чи навіть створені на основі цієї системи знання. Нове знання постійно розвивається та удосконалюється. Взагалі, виникнувши, майже кожна система продовжує безупинно прогресувати, що легко побачити на прикладі таких доволі старих галузей науки, як теорія чисел^{82, 83} або класична механіка^{84, 85}.

З цих міркувань випливає, що система знання певною мірою ґрунтується на деяких уявленнях про її предметну галузь, які їй передують. Виходячи з виокремлення доаналітичної та аналітичної стадій формування системи знання, яке розглядалося в літературі⁸⁶, можна стверджувати, що на доаналітичній стадії створюється певне попереднє бачення предметної галузі системи знання, яка конструюється. На наступній аналітичній стадії, коли вже з'являється перший працюючий ескіз цієї системи, постає можливість постановки точних запитань стосовно особливостей, зв'язків та властивостей досліджуваних реалій. Тобто для конструювання нової системи знання потрібні певні попередні, «апріорні» щодо неї знання. Ці заздальгідні базисні знання, які теж потрібно уточнювати, а інколи навіть радикально змінювати, й утворюють онтичну підсистему системи наукового знання.

Так, для біології її онтичною системою можна вважати знання про існування живих організмів та їх види⁸⁷, для хімії — про хімічні елементи та їх сполуки, для фізики — про атоми та їх типи, для астрофізики — про космічні тіла та їхні класи тощо.

5.2. СТОЯЧИ НА ПЛЕЧАХ ПОПЕРЕДНИКІВ

На підставі викладеного вище маємо зробити висновок, що однією із принципових особливостей наукової діяльності є при-таманна їй тяглість, через що учасники процесу пізнання не починають свої дослідження з чистого аркуша, хоча їх попередники можуть бути навіть просто майстерними ремісниками, спостережливими селянами або зацікавленими в (у збереженні існуючої північної верхівки?) суспільному прогресі жрецьями. Науковці завжди спираються на вже перевірені та обґрунтовані системи знання й відповідні уявлення про їхню предметну галузь. Сучасні дослідники не починають свою пізнавальну діяльність із чистого аркуша або, як казали давні римляни, *ab ovo*. Така діяльність полягає або в деталізації попередніх уявлень та в уточненні знань про відповідні реалії, або в спробах розширити межі предметної галузі за рахунок включення до неї нових реалій, частина яких була прихована від попередніх досліджень недостатнім розвитком системи знань. Уявлення про ці реалії створюється цими науковцями під час їх оригінальної пізнавальної діяльності. Бачимо також, що наука й винахідництво не відділені непорушною стіною, а плавно переходять одне в одне. Таким чином, фахова підготовка майбутнього науковця має включати як опанування наявних систем знання, так і формування певних поглядів на склад їхніх предметних галузей.

Зауважимо, що прогрес науки полягає не лише у відкритті того, що існує, але не було відоме попередній науці. Особливою важливою задачею наукових досліджень є формулювання в системах наукового знання так званих принципів заборони, які є узагальненням дослідних даних, як і решта теоретичних принципів, і вказують на ті явища, існування яких є неможливими з точки зору цих систем. Загалом роль обмежувальних принципів у царині своєї застосовності виконують всі підтвержені практикою наукові закони. Наприклад, закони збереження енергії, імпульсу, моменту імпульсу, електричного заряду забороняють існування процесів, які могли би їх порушити. Роль принципу заборони відіграє й постулат про неможливість будь-яких рухів матеріальних об'єктів (включно з елементарними частинками) та сигналів зі швидкістю, більшою за швидкість світла⁸⁸. Часто формулюють і такі принципи заборони, які безпосередньо та однозначно вказують на неможливість існування певних явищ. До них можна віднести, скажімо, принцип заборони *Вольфганга Паулі*, який

5.2. Стоячи на плечах попередників

стверджує неможливість існування двох ідентичних квантово-механічних об'єктів в одному стані, тобто з однаковими квантовими числами⁸⁹.

Звернімо увагу на значну різницю в сприйнятті предметних галузей в межах буденного знання та систем наукового знання. З розвитком науки відкриті та досліджувані нею реалії стають все більш і більш віддаленими від реалій, які здатна сприймати в своєму докільлі незброєна сучасним складним науковим інструментарієм пересічна людина. При цьому буденні уявлення про кількісні ознаки спостережуваних реалій є менш чіткими, менш точними, ніж наукові уявлення про реалії, які знаходяться за межами почуттєвого сприйняття. Але це пов'язано не тільки з труднощами вимірювання й інтерпретації отриманих результатів, а ще й з тим, що об'єкти, які нас цікавлять, є складними з точки зору їх побудови, далекими від еталонних, елементарних об'єктів найбільш точних наук — фізики та хімії.

Наприклад, стосовно будь-якого дерева можемо лише приблизно визначити його вагу та висоту, тоді як заряд чи маса електрона відомі фізикам із великою точністю⁹⁰. Останні достеменно знають, що електронна маса $m_e = 9,1093826(16) \times 10^{-31}$ кг, а електричний заряд $e = 1,602\ 176\ 487(40) \times 10^{-19}$ Кл, тобто вони відомі до сьомого та дев'ятого знаків після коми, відповідно. Для порівняння зазначимо, що вага більшості харчових продуктів у магазинах та на ринках вимірюється з точністю 1—2 %, тобто з точністю до третього знаку після коми. Але не варто й надмірно сумувати з цього приводу. Для побутових цілей такої точності достатньо, тим більше, що харчі в процесі зберігання можуть висохнути або, навпаки, увібрати вологу. Натомість, коли людині треба достатньо точно визначити своє положення на земній поверхні (скажімо, для виконання військових завдань), використовуються *побутові* прилади глобальної системи навігації та позиціонування (GPS)⁹¹, які для досягнення належної точності залучають навіть загальну теорію відносності⁹²! Тому не слід не тільки ототожнювати, а й беззастережно протиставляти буденне й наукове знання.

Ясна річ, що буденним знанням, навіть із залученням певних примітивних відомостей шкільного штибу про неорганічний та фізичний світ навколо нас, у сучасному житті обмежуватися не можна. Наприклад, вивчення так званої загальної фізики на молодших курсах фізичних та інших природничих факультетів університетів формує у майбутніх дослідників обґрунтовані з сучас-

ної наукової точки зору уявлення про будову елементарних частинок, конденсованих середовищ, ближнього Космосу та Всесвіту. Це не виключає необхідності постійного подальшого вдосконалення раніше розроблених науковою спільнотою уявлень, що, однак, не зумовлює сумнів стосовно об'єктивного існування реалій, які описуються цими уявленнями. Разом із тим визнання існування досліджуваної реалії є лише першим кроком на довгому тернистому шляху її справжнього пізнання. Дійсно, яку би реалію сучасної науки не взяти, її експериментальне та теоретичне дослідження неминуче породжує щодо неї купу поки ще не розв'язаних цікавих та складних проблем.

Отже, необхідною передумовою ефективної пізнавальної діяльності дослідників є засвоєння ними розроблених попередниками вірогідних (*узгоджених із експериментом або спостереженнями*) уявлень про досліджувані реалії. В цей спосіб формується переконання в об'єктивності та істинності зазначених уявлень. Наслідком усвідомленого таким чином фрагмента єдиної наукової картини світу⁹³ є наявність у кожній із численних сучасних наук певних беззаперечних тверджень, відмова від яких означала б відмову в цілому від відповідних наук з усіма їх досягненнями, методами та засобами дослідження⁹⁴. Жоден науковець у царині природничих наук не сумнівається в тому, що молекула води складається з атому кисню та двох атомів водню, що складні багатоклітинні біологічні істоти мають розвинену систему спеціалізованих органів, що носієм спадкової інформації є геном, що Венера знаходиться ближче до Сонця, ніж Земля, що Чумацький шлях містить сотні мільярдів зірок тощо.

Незважаючи на велику увагу, яку не тільки філософи загального профілю, а й деякі філософи науки та науковці, схильні до філософствування, надають питанню про проблематичність існування матеріальних реалій, які досліджує зокрема фізика, ми підтримуємо точку зору *Луїса Волперта*⁹⁵ про некомпетентність втручання філософів в обговорення того, що існує чи існує з погляду сучасної фізики. Немає сумніву, що з часом вчені будуть уточнювати знання про досліджувані ними реалії, для сумнівів в матеріальне існування яких немає жодних наукових підстав. Проте припущення про їхнє залежне від людини та людства існування є досить фантастичним. Інша справа, що сучасна фізика оперує не лише дихотомією актуального та можливого (потенційного) існування, а й дихотомією дійсного та віртуального існування⁹⁶.

Останнє є поки що малодослідженим внеском квантової теорії у філософську проблему існування. На нашу думку, для її науково обґрунтованого розгляду потрібно було спиратися на з'ясування ролі та функцій концепції віртуальності в сучасній фізиці, зокрема в космології. Це бажано було би робити в рамках детальних уявлень про будову теорій взагалі та квантових теорій зокрема.

5.3. ВІЗУАЛЬНА РЕПРЕЗЕНТАЦІЯ РЕАЛІЙ ДЕЯКИХ ПРЕДМЕТНИХ ГАЛУЗЕЙ СУЧАСНОЇ НАУКИ

Зрозуміло, що візуальні образи навіть почуттєвих реалій не є їх дзеркальним відображенням. Вони формуються в поки що недостатньо дослідженому складному процесі обробки людським мозком (свідомістю) оптичної інформації, яка поступає до наших очей⁹⁷. Цей процес називають об'єктивізацією, або опредметненням, або уречевленням.

Не занурюючись у деталі, зазначимо, що сучасні дослідники анатомії мозку та свідомості виокремлюють два паралельних та взаємодіючих шляхи обробки зорової інформації: вентральний та дорсальний⁹⁸. Перший відповідає за формування уявлень про те, чим є реалії зорового сприйняття, другий — про їхнє просторове розташування. З певною долею умовності можна стверджувати, що візуальна репрезентація реалій наукового дослідження у формі наочних рисунків є реалізацією синтезу інформації, отриманою цими двома шляхами. Рисунки репрезентують реалії, яким надані певні назви, а розміщення рисунків на шкалі просторових масштабів вказує на характерні для описуваних реалій просторові розміри або часові інтервали.

Фахівці з когнітивних наук, які вивчають процеси формування людських знань про їх оточення, стверджують, що опредметнення потоку даних сенсорного зорового сприйняття навколишньої дійсності, тобто її фрагментація та перетворення отриманих фрагментів у стабільні предмети сприйняття або думки, «є важливим компонентом людського мислення». Наведемо далі продовження цієї цитати із вже згаданої вище книги *Т. Баарса та Н. Гейдж*: «Поряд із тим люди постійно роблять логічну помилку уречевлення (*reification*), перетворюючи абстрактні поняття, наприклад «демократія», на нібито реальні сутності. Такий процес іноді є корисним, але може ввести в оману. Також ми постійно заморожуємо динамічні події, такі як аспекти економіки, біоло-

гії й фізики, поводитися з якими слід акуратніше за допомогою математичних методів для швидко змінних об'єктів. Розрахунки *Ньютона* розроблені суто для опису динамічних явищ, які можна маркувати словами тільки в першому наближенні. Завдяки численним математичним розробкам стало можливим вимірювати та описувати динамічні системи (наприклад головний мозок) із високою точністю. Однак людська мова й наше сприйняття не встигли за темпом математичних удосконалень. Ми, як і раніше, говоримо про «економіку» та «головний мозок», використовуючи по суті статичні поняття.

Можна припустити, що як мінімум така надлишкова логічна помилка уречевлення віддзеркалює стиль сприйняття й мислення нашої свідомості щодо навколишнього світу. Ми біологічно приречені до «мислення вентральним потоком», хоча наша математика й може мати справу з динамічнішим світом, ніж той, з яким більшість із нас стикається щоденно»⁹⁹.

Таким чином, опредметнення є актом свідомості, який поряд із філософськи-науковою має конче важливу біологічну складову, бо мозок науковця є матеріальним об'єктом, що забезпечує виконання зазначеного акту. Ясна річ, що предметом природничого наукового дослідження може виступати будь-яка природна реалія, або їх сукупність, або побудована зі взаємодіючих реалій система. Іншими словами, результатом опредметнення можуть бути не лише відносно статичні реалії дійсності (матеріальні об'єкти), сприйняття яких відбувається в традиційний спосіб для притаманного людині буденного пізнання, а й складніші, проте неспостережувані неозброєним оком реалії, опредметнення яких відбувається за допомогою штучних приладів — від мікроскопів до телескопів. Зокрема, матеріальні об'єкти традиційного типу бачення знаходять своє відображення в назвах відповідних наук на кшталт *зоряної астрономії, молекулярної фізики, хімії поверхні, анатомії тварин* або *клітинної біології*.

Заради повнішого засвоєння викладених вище тверджень, доцільним є урізноманітнити підходи до поставлених питань. Тому, пам'ятаючи китайське прислів'я, що малюнок вартий тисячі слів (недаремно в них і досі зберіглася ієрогліфічна писемність), подаємо спочатку складене бачення предметних галузей систем сучасного природознавства в піктографічній (рисунковій) формі, а потім застосуємо дескриптивний (мовно-описовий) спосіб аналізу цих галузей¹⁰⁰.

5.4. Довіра до науки та дії, які її підривають

Незважаючи на досить поширені в філософському середовищі твердження про неможливість наочного представлення багатьох досліджуваних сучасною наукою реалій, зокрема квантових явищ, в ній існує потужна тенденція до реалізації та застосування наочності¹⁰¹. Її доповнюють та посилюють сучасні дослідження надскладних процесів зорової обробки почуттєвої інформації та формування зорових образів (моделей) реальності¹⁰². Цікавим, але маловивченим фактом є застосування у науці та її осмисленні назв (багатьма мовами), пов'язаних з очима, процесом їх використання та його результатом (*наочність, кругозір, бачення, світобачення, світогляд* тощо).

5.4. ДОВІРА ДО НАУКИ ТА ДІЇ, ЯКІ ЇЇ ПІДРИВАЮТЬ

Одним із чинників, який згуртовує науковців у спільноту та забезпечує уже протягом декількох століть неухильний прогрес науки, є довіра до результатів досліджень, отриманих іншими колегами. Йдеться про обґрунтовану довіру, яка включає можливість перевірки та уточнення результатів і подальший розвиток відповідного дослідницького напрямку, а не сліпа догматична віра в справедливості чужих даних. Тому не дивує обурення наукової спільноти, спричинене навіть поодинокими фактами фальсифікації¹⁰³. Такі випадки, на жаль, останнім часом почастишали внаслідок залучення до науки представників верств населення, для яких поняття наукової доброчесності нічого не означає, а також бюрократичними вимогами великої кількості публікацій в найпрестижніших журналах, байдуже якої якості. Такі явища псують і репутацію журналів, і репутацію самої науки як інституції. В певному сенсі фальсифікація є ще гіршим злом, ніж плагіат¹⁰⁴, тому що підриває саму можливість існування науки як сфери не лише синхронічної, а й діахронічної колективної та узгодженої пізнавальної діяльності.

Попри наявність порівняно незначної кількості фальсифікаторів і «ширих» невігласів, нинішня самоузгоджена система науки як інституції дуже швидко відторгає ненаукові погляди, так що поступ наукового прогресу є сталим і непоборним. Тому, довіряючи сучасним науковим знанням про реалії, звернімо увагу на деякі аспекти складеного сучасного наукового бачення світу, які наразі вважаються доведеними, достатньо обґрунтованими, взаємозалежними та в різний спосіб пов'язаними між собою¹⁰⁵. Заперечення надбань науки, яке час від часу починає нуртувати в

суспільній думці, означає відмову від усіх її досягнень і фактично пропонує людству повернутися до часів первісного суспільства з його міфологічним і магічним підґрунтям¹⁰⁶, або християнського Середньовіччя¹⁰⁷, яке нещодавно дивним чином відродилося в ще жажливішій ісламській іпостасі, де від наукових досягнень вимагають хіба що зброї для джихаду¹⁰⁸.

Навряд чи з поверненням до прадавніх способів мислення та суспільної практики погодяться навіть палкі супротивники сучасної науки, тому що в такому разі вони, якщо би були послідовними у зятятості, мали б відмовитися від всіх наукових і технічних досягнень, без яких неможлива модерна цивілізація з усіма її благами від розвиненої медицини й засобів комунікації до комп'ютерів і центрального опалення (а всім цим благам трохи більше ніж 100 років!). В цій книзі ми звертаємося виключно до науковців, до молоді, яка бажає займатися науковою діяльністю, та прихильників науки. А тому не доцільно витратити час та зусилля на переконання обскурантів і невігласів, які виявилися неспроможними засвоїти (кілька разів спрощену в Україні впродовж останніх десятиліть!) програму загальноосвітньої школи та залишилися бранцями антинаукових фантазій.

5.5. НЕПОРУШНІ ОНТИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ СУЧАСНОЇ НАУКИ

Отже, почнемо з дайджесту деяких суттєвих сучасних наукових уявлень про природу¹⁰⁹. Ми переконані, що фундаментальними та незаперечними положеннями правильного складеного бачення природи є наступні.

По-перше, природа є ієрархічною системою різних співіснуючих та взаємодіючих матеріальних реалій (формоутворень), які не залежать у своєму бутті від того, чи їх досліджують науковці, зокрема, чи людство, в цілому¹¹⁰. Інакше кажучи, в повній відповідності з точкою зору *Айнітайна* Місяць існує незалежно від того, дивимися ми на нього чи ні. Ніяка квантова механіка цього положення не спростовує¹¹¹, хоча будь-який зонд (певна матеріальна реалія як засіб експериментального дослідження) і насправді взаємодіє з об'єктом, у тому числі з мікроскопічним, причому в останньому випадку ця взаємодія суттєво впливає на рух мікроскопічної частинки, тобто змінює кількісне значення одного з її атрибутів¹¹². Протилежні твердження про матерію як про сукуп-

ність результатів наших вимірювань і спостережень є старим, але не добрим, а хибним, суб'єктивним ідеалізмом¹¹³.

По-друге, не має жодних підстав апелювати до надприродних (нематеріальних) чинників, сутностей та істот при описі, поясненні та дослідженні природних матеріальних формоутворень. Природа або Всесвіт, за висловлюванням *Спінози*¹¹⁴, є причиною самої себе. Протилежні твердження про миттєві або неодноразові спонтанні акти творення природних об'єктів та керування ними «зі сторони» є іншою іпостассю об'єктивного ідеалізму¹¹⁵. Висловлена нами критика ідеалістичних поглядів не є даниною моді або нашим довільним необов'язковим вибором світоглядної позиції, а є наслідком тисячолітньої наукової практики людства: як «простих людей», так і геніальних науковців.

По-третє, після так званого планківського періоду еволюції Всесвіту всі ці формоутворення є емерджентними, тобто виникають на певному її етапі¹¹⁶. Причому формоутворення попередніх етапів стають умовами виникнення формоутворень наступних етапів. Цими питаннями, зокрема, займаються космологія з космогонією¹¹⁷, астрофізика зір¹¹⁸ та планетологія¹¹⁹. Причому формування будови галактик з їх ядрами та гало відбуваються в режимі відсутності зіткнень, тобто за умов релаксації під впливом самоузгодженого гравітаційного поля¹²⁰, коли справедливі кінетичні рівняння типу рівняння *Власова*¹²¹ для класичної плазми з електромагнітними вбудованими полями. Деталізація опису та пояснення причин і характеру структурування космосу залишаються актуальними й зараз, будучи важливими й для аналізу минулого та майбутнього життя на Землі включно з долею людства й у зв'язку з антропним принципом¹²².

По-четверте, наука ніколи не надаватиме відповіді на *всі змістовні* питання стосовно побудови Всесвіту та його формоутворень. Але з розвитком науки постійно зростатимуть як коло питань, на які вона буде здатною надавати обґрунтовані відповіді, так і практична значущість цих відповідей.

Найчастіше в свідомості науковців і філософів науки переважає просторове складене бачення формоутворень природи (форм самодиференціації матерії), які ми також називаємо природними реаліями або, скорочено, *реаліями*. Згідно з зазначеним баченням реалії розглядаються як такі, що характеризуються відносно самостійним буттям, мають певні сталі або не занадто швидкоплинні просторові координати й зберігають ідентичність упродовж певного часу. Це бачення є корисним для початкового змістовно-

го наочного опису побудови матеріального світу. Зрозуміло, що при цьому простір розглядається як просте вмістилище для матерії, що притаманно ньютонівській фізиці¹²³ (сам *Ньютон* внаслідок глибоких роздумів та аналізу праць попередників зрозумів умовність такого бачення, але на тому рівні розвитку науки не мав іншого вибору¹²⁴), проте замінюється на більш складні конструкції спеціальної¹²⁵ та загальної теорій відносності¹²⁶ *Айнштейна*. Намагаючись зберегти наочність подальшого викладу, на кількох наступних шпальтах обмежимося класичним поглядом на простір, пам'ятаючи про наближеність і принципіальні вади такого підходу.

Отже, щодо науки в цілому, то в просторовому вимірі вона вивчає реалії¹²⁷, характерні розміри яких приблизно сягають від 10^{-13} см до 10^{28} см. Найменші із відомих наявних реалій — кварки та глюони, якими вони обмінюються¹²⁸, досліджують фізики за допомогою великого колайдера в ЦЕРНі та інших прискорювачів елементарних частинок. Найбільшу доступну людству реалію — спостережуваний Всесвіт вивчають космологи, озброєні сучасними земними та космічними телескопами на кшталт телескопів: *Габбл*, *Планк*, *Чандра*, *Спітцер*, *Кеплер* та *Вебб*¹²⁹. Сучасна наука в принципі не виключає існування як просторово менших, ніж кварки, так і більших, ніж спостережуваний Всесвіт, реалій. Але наразі міркування про такі екзоти мають переважно недоказовий характер, а тому не будемо далі детально розглядати ці цікаві гіпотетичні об'єкти. На рис. 5.1 зображена шкала просторових розмірів та

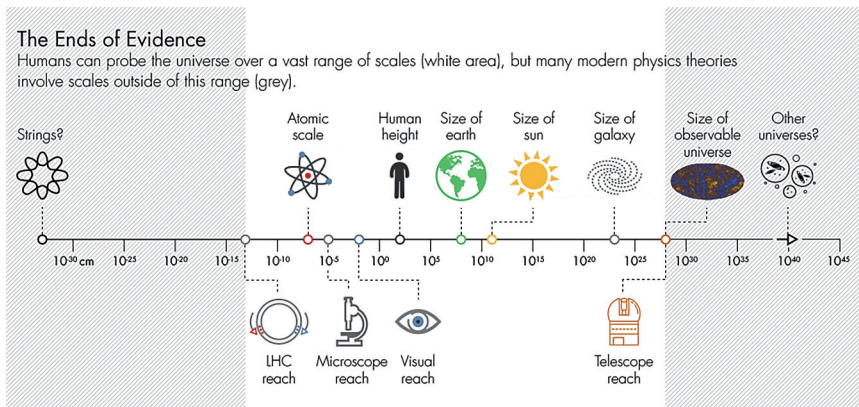


Рис. 5.1. Просторова шкала сучасного бачення природи та піктограми типових для її різних просторових масштабів реалій¹³⁰

5.5. Непорушні оптичні положення сучасної науки

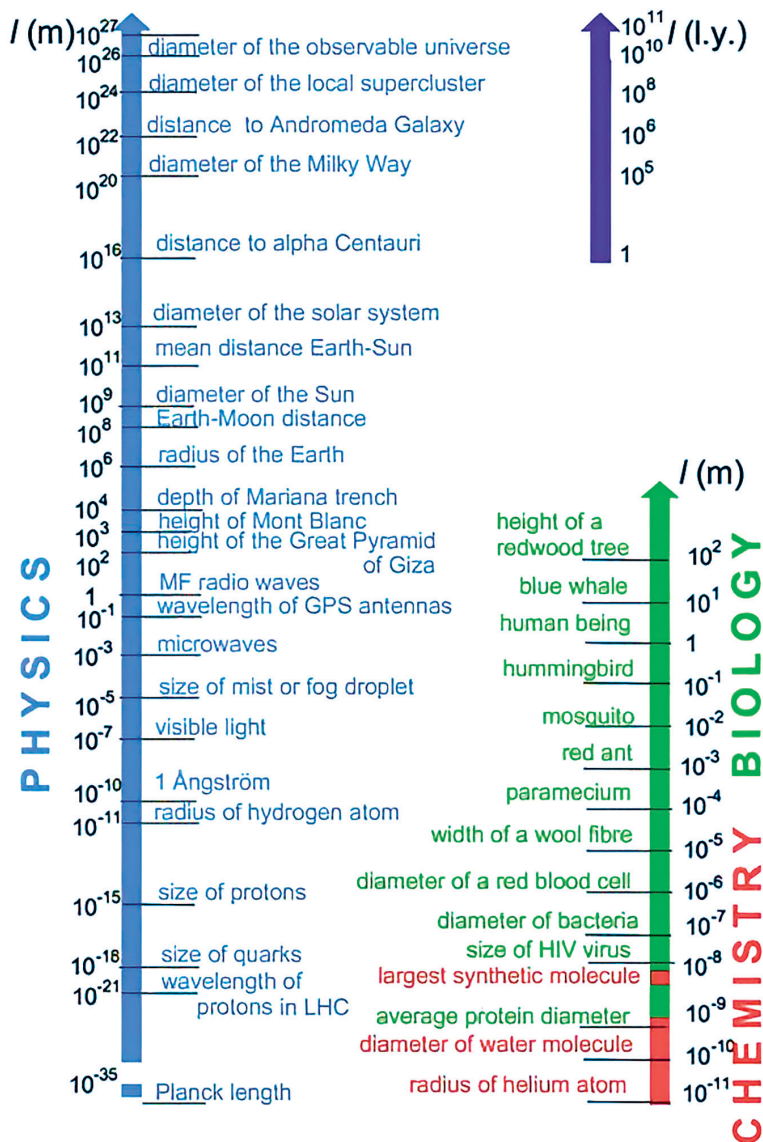


Рис. 5.2. Лінійка розмірів фізики, починаючи з планківської довжини $1,616252 \times 10^{-35}$ м, менше за яку втрачає сенс саме поняття довжини, та закінчуючи наявною оцінкою діаметра Всесвіту (приблизно $13,8 \times 10^9$ світлових років). Вибрані довжини подано в логарифмічній шкалі, яка містить 60 порядків величини. Праворуч показані відібрані суттєві довжини з царин хімії та біології¹³¹

вказані типи для деяких її відрізків реалії. Сірим кольором зазначені гіпотетичні екзотичні реалії та відповідні до них просторові масштаби. Ми же в цьому розділі зосередимося на більш конкретних, спільних для більшості природничих наук форм існування притаманних цим наукам реалій. Змістовне та формально математичне моделювання таких форм надає можливість конструювати достовірні та доступні перевірки знання щодо відповідних реалій.

Рисунок 5.2 має більш деталізований характер, вказуючи на просторові розміри окремих наукових реалій. Праворуч наведені характеристики реалій, які вивчаються сучасною фізикою та космологією, а ліворуч — хімією та біологією. Зверніть увагу, що на відміну від рис. 5.1 одиницею вимірювання зліва та внизу праворуч є метр, а не сантиметр, а вгорі праворуч — світловий рік (тобто відстань, яке світло пробігає за астрономічний рік).

Наведемо також стисло просторове бачення реалій, що утворюють живий мікрокосм, який вивчають сучасні біологічні науки (рис. 5.3).

Нанорозмір включає білки, але виключає прості атоми, які занадто малі, і клітини, які занадто великі. Серед технологічно найважливіших наночастинок — вуглецеві нанотрубки, які складаються з одного або декількох графітових листів, згорнутих в циліндри. Діаметри таких циліндрів (і ілюстрованого фрагменту ДНК) мають наномасштаб, хоча довжина цих наночастинок значно перевищує нанорозмір¹³².

Наприкінці продемонструємо схематичне уявлення про біологічну клітину еукаріотів (рис. 5.4), яка є універсальним будівель-

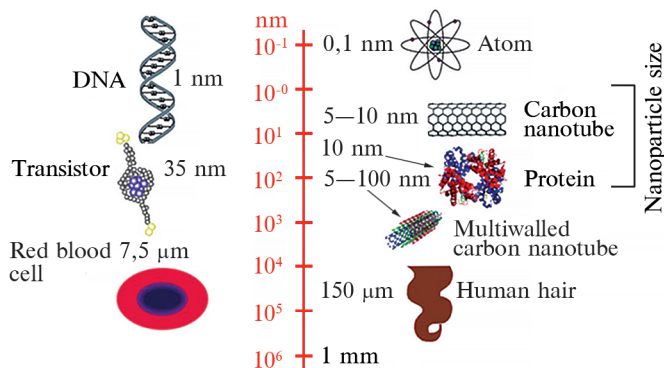


Рис. 5.3. Мікрокосм¹³²

5.6. Часові параметри предметної галузі сучасної науки

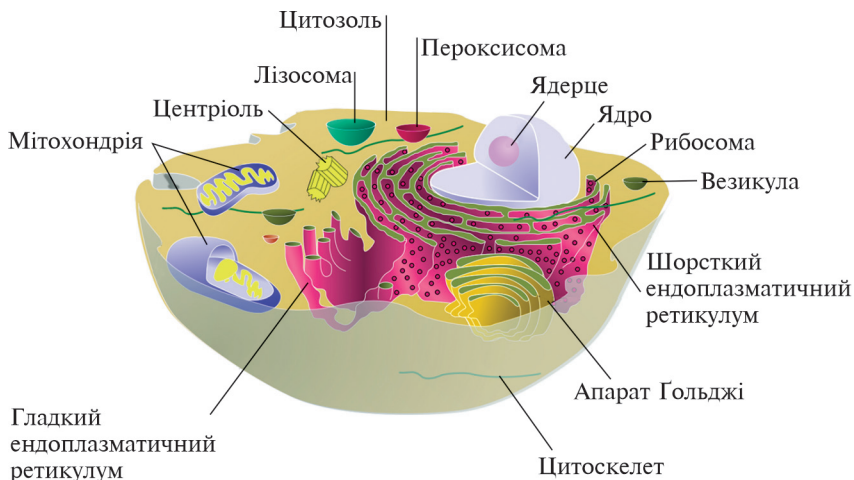


Рис. 5.4. Клітина еукаріотів¹³³

ним «атомом» всіх високоорганізованих живих істот від водоростей до тварин.

Професійні опис та пояснення клітинних структур, зображених на рис. 5.4, можна знайти в книзі¹³³.

5.6. ЧАСОВІ ПАРАМЕТРИ ПРЕДМЕТНОЇ ГАЛУЗІ СУЧАСНОЇ НАУКИ

Поряд із просторовим баченням предметної галузі сучасного природознавства дуже важливим є її вивчення в часовому вимірі, бо реалії не залишаються незмінними, а процеси, які є причинами або наслідками цих змін, мають різну тривалість (рис. 5.5). Якщо тривалість процесів космічного масштабу пізнається нами опосередковано, тобто за допомогою еволюційних сценаріїв, які базуються на астрономічних, геологічних, палеонтологічних спостереженнях¹³⁴, то швидкі (з побутової точки зору) процеси, характерні, наприклад, для хімічних реакцій, сучасна наука почала досліджувати безпосередньо¹³⁵. При цьому треба мати на увазі, що абсолютний час *Ньютона*, як і його абсолютний простір, є, певною мірою, абстрактними характеристиками¹³⁶. Відносність часу виявляє себе, зокрема, в суттєвій зміні часу життя мікрочастинок¹³⁷, які в нашій системі відліку рухаються зі швидкостями, близькими до граничної швидкості — швидкості світла у вакуумі.

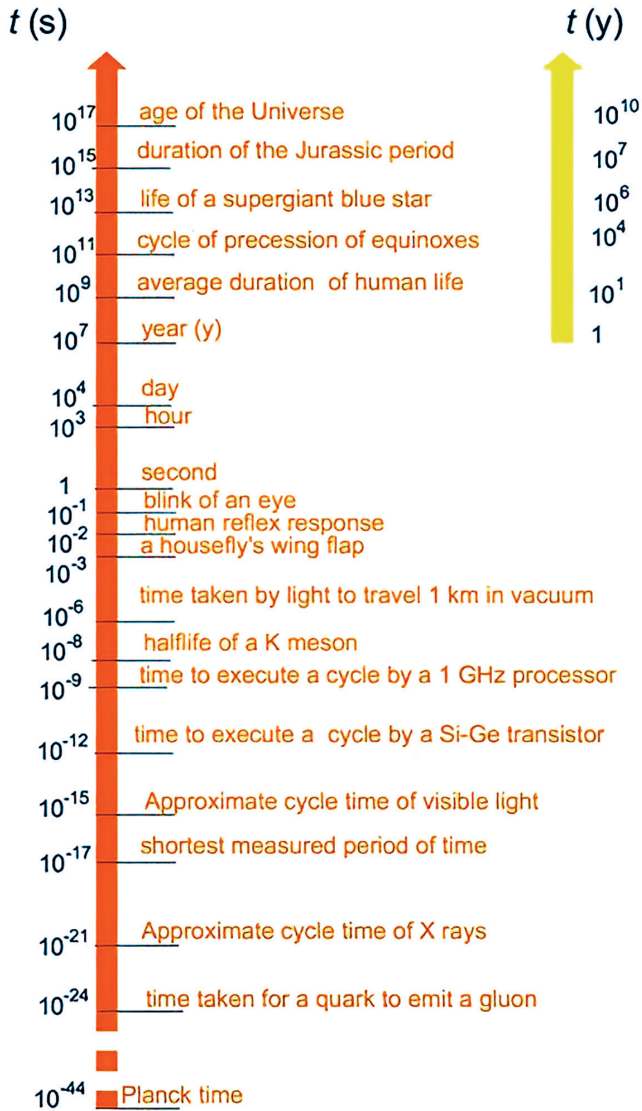


Рис. 5.5. Часова шкала фізичних явищ, починаючи від планківського часу, тобто часу, який потребує світло, аби пролетіти у вакуумі планківську відстань, до часу існування Всесвіту ($13,8 \times 10^9$ років, який варто порівняти з 7000 роками стародавніх біблійних знавців). Вибрані часові проміжки в секундах (праворуч і в світових роках для більш тривалих проміжків) у логарифмічному масштабі простягаються на більш ніж 60 порядків величини¹³⁸

5.6. Часові параметри предметної галузі сучасної науки

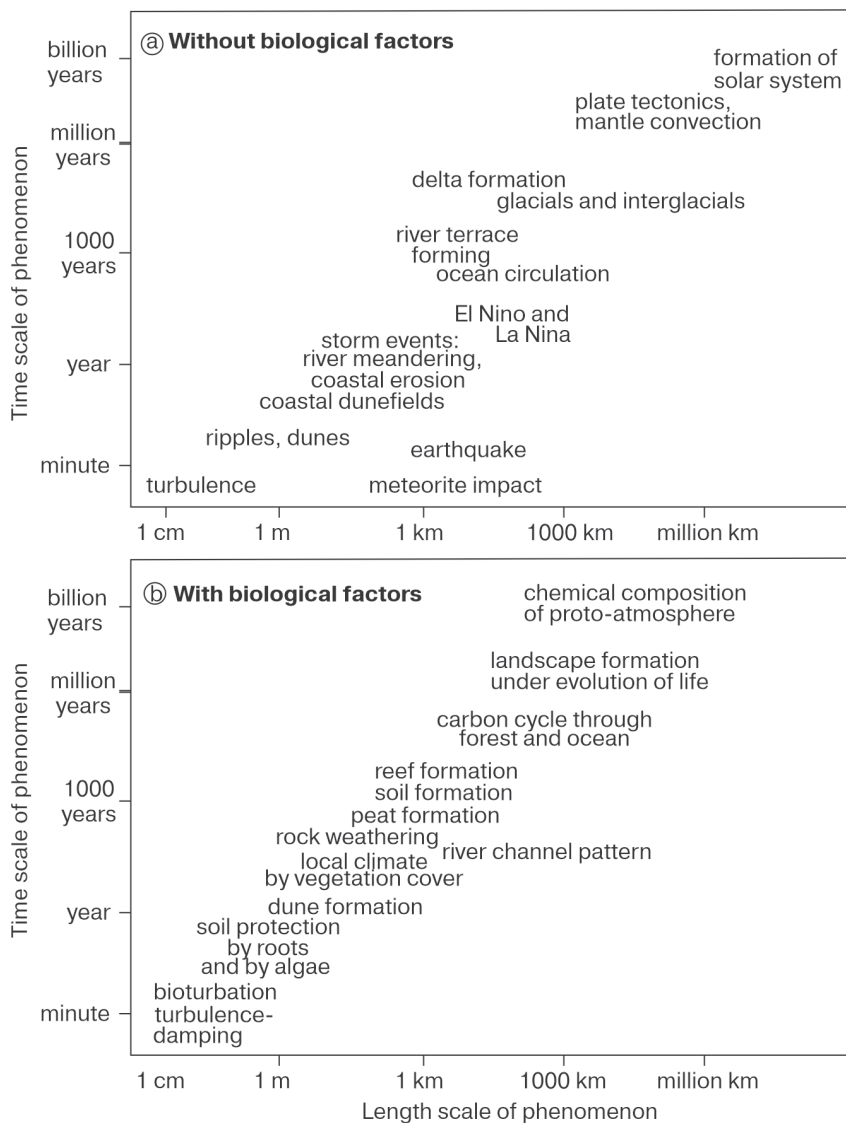


Рис. 5.6. Кореляція часових та просторових масштабів земних природних явищ: а — частина, де біологічні чинники не важливі; б — частина, де вони важливі. Кореляція зумовлена обмеженістю енергії, яка може виділятися на земній поверхні. Два важливі додаткових джерела становлять землетруси, виверження вулканів і падіння метеоритів. Перше споживає енергію з глибин планети, а друге привносить позаземну кінетичну енергію¹³⁹

Кореляція просторових та часових характеристик реалій, які вивчаються геологічними науками, зображена на рис. 5.6. Ця кореляція зумовлена обмеженою кількістю земної енергії, яка може виділитись у конкретних геологічних процесах, тобто під час змін та перетворень відповідних земних реалій. Частина а на рис. 5.6 дає уявлення про «чисто» геологічні реалії, а частина б вказує на їх залежність від біологічних чинників, вплив яких швидко збільшується із часом.

5.7. ВІД ВІДКРИТТЯ РЕАЛІЙ ДО ВИОКРЕМЛЕННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЇХ АТРИБУТІВ

Наведені вище рисунки репрезентували досліджені природознавцями реалії з точки зору важливості кількісних значень їх просторових розмірів і (або) типових для їх виникнення чи існування часових інтервалів. Але ця інформація є лише першим кроком у разі отримання наукового знання про реалії, існування яких згідно із сучасними матеріалістичними поглядами є незаперечним.

Для того щоби з'ясувати, про що йдеться, звернімося до наступної аналогії. Світлина окремої людини, її вага, зріст і відбитки пальців несуть достатньо інформації для того, аби ідентифікувати особу та відрізнити її від інших людей. Але така інформація не дає відомостей про її чесноти й вади, її вчинки й наміри, унеможливорює передбачити її поведінку за тих чи інших обставин у стосунках з іншими людьми. Для отримання про людину більш детальної та суттєвої інформації потрібно звернутися до різноманітних джерел та виконати певні дії. Серед іншого слід зібрати відомості про її походження, родину, освіту, знайомих, ставлення до неї інших осіб, провести персональне спілкування, тестування на поліграфі тощо.

Отримання, обробка та фіксація зазначеної інформації складає підґрунтя для створення певної біологічної й соціально-психологічної моделі певної людини та прогнозування її майбутньої імовірної поведінки за різних обставин. Параметризація цієї моделі містить відомості про біологічні якості людини, зокрема про її фізичну силу, витривалість, стан здоров'я та імунітет, про її ментальні якості, як-то розум, пам'ять, винахідливість і здатність до абстрактного мислення, а також про її соціальні характеристики, включаючи мужність (боязуство), чесність, відповідальність, толерантність, емпатію, гуманність (жорстокість) і солідарність. Більшість цих якостей не можна ідентифікувати або оцінити безпосе-

редньо, тобто за допомогою простих спостережень із використанням сенсорних органів інших людей. Якості проявляються лише опосередковано, коли людина діє за певних обставин. Тоді можна навіть певною мірою кількісно оцінити здатності. Проте і після побудови розгорнутої соціально-психологічної моделі людини сучасні соціально-гуманітарні науки не спроможні стверджувати, що вони знають все про досліджувану людину й в змозі повністю пояснити й описати її попередні та передбачити майбутні вчинки.

Аналогічно у природознавстві для пояснення й опису природних реалій майже завжди апелюють до їх «прихованих», тобто чуттєво недосяжних (несенсорних) атрибутів та зв'язків між ними. Натуралістам дуже допомагає те, що дослідження природних реалій є простішим, ніж вивчення людських особистостей, принаймні в чотирьох аспектах.

По-перше, натуралісти здебільшого досліджують найпростіші базові матеріальні реалії, вибрані в певний розумний спосіб, обумовлений уже набутих у даній науці досвідом, із їхньої практично необмеженої сукупності, яка включає також складені й дуже складні реалії. Не має значення, який саме атом вуглецю чи протон є об'єктом досліджень, бо сучасна квантова фізика стверджує, що всі елементарні об'єкти є тотожними¹⁴⁰. Натомість, якщо певний, навіть «маленький» (мікроскопічний) із точки зору макроскопічного спостерігача шматочок речовини складається із відносно великого числа елементарних тотожних складових, то він набуває індивідуальність у повній згоді з діалектичним законом переходу кількості в якість¹⁴¹, у чому можна пересвідчитися вже для так званих квантових точок (*quantum dots*)¹⁴². (Цю проблему ще обговоримо дещо згодом.) Ясна річ, що окрема людина є унікальною та неповторною і при цьому змінюється впродовж свого життя, так що одні її якості поступово зникають, а інші — виникають.

По-друге, для формування систем знань про природні реалії потрібно дослідження значно меншої кількості якостей, ніж у випадку представників *homo sapiens*. Наприклад, кількість параметрів (так званих зарядів або квантових чисел), які повністю характеризують певну елементарну частинку, згідно із сучасними уявленнями є порядку десяти¹⁴³. Частинки розрізняються комбінацією числових значень цих параметрів. Але з мірою того, як природознавці просуваються у пізнанні від фізики елементарних частинок до фізики й хімії матеріалів, а згодом — до біологічних реалій, невинно зростає кількість характеристик, які необхідно

виокремлювати, описувати, експериментально вивчати та вимірювати для створення достатньо повного уявлення про предмет дослідження.

По-третє, якості природних реалій, як правило, мають кількісний вимір і, таким чином, уможлиблюється математичне моделювання структур і процесів, які відбуваються за участі цих реалій. Навіть більше. Аналогія між різними явищами, яка проявляється в тотожності математичних рівнянь, що описують ці явища, може суттєво, а часом і радикально полегшити дослідження того явища, яке важче дослідити експериментально. На один такий важливий випадок вказував британський учений *Едвард Мілн*¹⁴⁴. А саме, інші британці *Алан Гріффіт* та *Джефрі Тейлор* разом помітили, що деформація металічної плити під дією певної напруги описується тими ж диференціальними рівняннями, що й стан плівки з мильних бульбашок із заданою межею¹⁴⁵. Спостерігаючи, скажімо, інтерференційні кільця *Ньютона*¹⁴⁶, в останній можна було відтворити невидиму картину розподілу деформацій у плиті. Іншим прикладом використання аналогій для дослідження реалій, доступ до яких є обмеженим за визначенням, може слугувати пара космологія — надплинність¹⁴⁷, де об'єднувальним чинником є подібність між набуванням та втратою симетрії в обох випадках.

По-четверте, кількісний вимір якостей природних реалій відкриває простір можливостей як для обчислення, так і для вимірювання їх значень у ході експериментування з ними. Над природними реаліями можна робити скільки завгодно експериментів за повторюваних контрольованих умов. Натомість будь-яке експериментування над людиною є неприпустимим з етичних міркувань. Але якщо б його дозволили проводити, то повторні вимірювання в однакових умовах аж ніяк не мали б давати ідентичні результати, бо на відміну від дослідження електронів та навіть макроскопічних твердотільних зразків дотримання однакових умов при вивченні людської особи неможливо, оскільки кожна людина унікальна та швидко змінює свої «властивості» з часом.

Для підкреслення специфіки природних реалій будемо називати їх якості атрибутами. Зауважимо, що у фізиці для позначення частини атрибутів традиційно використовується назва «фізична величина — *physical quantity*». Але ця назва зазвичай не застосовується до таких атрибутів реалій, як їх склад, стан та структура. В цьому сенсі назва «атрибут» є більш загальною, ніж «фізична величина».

5.7. Від відкриття реалій до виокремлення та дослідження їх атрибутів

Зазвичай широкий загал асоціює прогрес науки з відкриттям раніше невідомих реалій та пов'язаних із ними процесів й явищ: найбільш віддалених галактик, нових елементарних частинок на кшталт бозону Хіггса, генів, які «відповідають» за певні вади й переваги організмів, незвичайних метаматеріалів¹⁴⁸, парадоксальних явищ, які вважаються такими з усталеної (яку іноді неточно називають *класичною*) точки зору, на кшталт надплинності й надпровідності¹⁴⁹ або (надпровідної чи магнітної) левітації¹⁵⁰. Причому наразі, через високий рівень розвитку сучасної науки та її глибоке проникнення в нетрі світобудови, безпосередньо вимірюються не самі реалії, а деякі їхні опосередковані прояви в штучно створених експериментальних умовах, як це відбувається, наприклад, у чернівському колайдері. Так само, як палеонтологи по викопних кістках встановлюють вид динозавра та його спосіб життя, фізики, спираючись на конкретні теоретичні моделі, за показниками вимірювальних приладів (а ще частіше, дивлячись на дисплей комп'ютера) реконструюють атрибути нових елементарних частинок. Лише після багатьох перевірок та теоретичної обробки результатів науковці, які проводять дослідження, роблять висновки, що отримані дані й насправді відповідають певним реаліям із певними атрибутами та їх значеннями. Зазначимо ще раз, що в наші часи визначні відкриття відбуваються переважно не випадково, а як цілком очікуваний результат їх передбачення на підставі існуючих наукових теорій.

Звісно, що шлях до встановлення сучасних уявлень про наразі відомі наукові реалії не був прямим та легким. Етапами наукового поступу щодо їх формування були періоди, коли вчені висували, як їм здавалося, обґрунтовані припущення про класифікацію реалій, керуючись порівнянням їх певних атрибутів. Прикладом застарілості таких уявлень можуть слугувати погляди на елементну будову Всесвіту одного із засновників сучасної хімії *Антуана Лавуазьє*¹⁵¹.

З плином часу деякі з попередніх тверджень спростовуються. Так було з повідомленнями про однорідність космічного випромінювання в космології, про марсіанські канали в астрофізиці, про лamarкiстський механiзм спадкування набутих ознак у біології, про флогістон у хімії, про варітроні у фізиці елементарних частинок.

Порівнюючи деякі епізоди історії науки з дослідженнями поверхні Землі після епохи великих географічних відкриттів, звер-

німося до «картографічного» тлумачення фундаментальної науки. Як слушно зауважує *Юрій Єфремов*, «наука як раз і буде картою місцевості — з часом детальнішу та таку, яка стосується більш далеких областей, але аж ніяк не перетворює ландшафт»¹⁵². Однак для вивчення такого ландшафту потрібно не просто його пасивне спостереження, яке проводиться за допомогою аерофотознімання, а активне експериментальне втручання в нього, що буде обговорюватися нижче.

Після того, як європейці побудували більш-менш повну мапу земної поверхні, вони почали детальніше вивчати наявні в кожному із позначених на ній географічних регіонів специфічні флору та фауну, кліматичні, геологічні, культурні, етнографічні та інші аспекти. Відкриття дрейфу континентів¹⁵³ дало можливість підійти з історичної точки зору до особливостей цих регіонів та їх різноманітних «рослинних та тваринних світів». Аналогічно після відкриття видів реалій, характерних для різних просторово-часових масштабів, у сучасній науці виникає величезна сукупність завдань з точнішого та детальнішого дослідження загальних, особливих та індивідуальних атрибутів, притаманних цим реаліям. Наприклад, явище надпровідності було відкрито більше ніж століття тому, а й зараз його експериментально й теоретично досліджують з великим успіхом для фундаментальної науки та прикладних застосувань¹⁵⁴.

Зрозуміло, що запропонована аналогія є неповною. Однією із головних відмінностей ситуації в сучасній науці від епохи після великих географічних відкриттів є значно потужніше інтелектуальне та інструментальне озброєння вчених. Йдеться про те, що сучасні природознавці вже створили обґрунтовані та підтвержені на досліді наукові теорії, які досі доволі успішно використовуються для дослідження відповідних реалій. Принципові положення цих систем не викликають сумніву, хоча їх конкретне застосування стикалося й завжди стикатиметься з великими труднощами. Долати їх вдається за допомогою потужного дослідницького арсеналу, зокрема прецизійними пристроями спостереження на кшталт електронних мікроскопів, та експериментальному обладнанню на кшталт фемтолазерів та магнітних спектрометрів.

Але так само, як і відкриття європейцями Америки, яке стало лише першим кроком в дослідженні її антропології, фауни, флори та геології, так і відкриття наукою зазначених реалій є лише початком їх дослідження. Справа в тому, що якою би не була конкретна реалія, її подальше наукове пізнання полягає в знаходжен-

5.7. Від відкриття реалій до виокремлення та дослідження їх атрибутів

ні якомога більшої кількості її атрибутів та їх значень. Таке дослідження поступово перетворює реалію із *речі в собі*, щодо якої доведений факт її існування, в *річ для нас*, щодо якої науковці володіють великою кількістю знань (але, ясна річ, не всіма!). Отже, реалія, як носій певних атрибутів у певних умовах її вивчення, набуває опуклого характеру, бо характеризується з різних боків. При цьому може виявитися, що одні притаманні даній реалії атрибути нібито суперечать іншим, так само достовірно знайденим. Це вочевидь є наслідком неповноти картини Світу, з якої виходять дослідники, оцінюючи сукупність атрибутів дослідженої реалії. Наприклад, природа рентгенівських променів (відкритих *Вільгельмом Рентгеном*¹⁵⁵), які, як тепер добре відомо, є електромагнітним випромінюванням (таким же, в принципі, як їх довгохвильові аналоги в світловому або радіодіапазонах), була охарактеризована здатністю дифрагувати на твердотільних кристалічних ґратницях, що визначило довжини хвиль як атрибут рентгенівських променів¹⁵⁶. Пізніше американський фізик *Артур Комптон*¹⁵⁷ відкрив квантові властивості рентгенівського випромінювання. З огляду на це останньому приписали також атрибути частинки (яку ще задовго до того теоретично «породив» *Айнштайн*¹⁵⁸). З точки зору доквантової ери виникло протиріччя. Насправді частинкові та хвильові атрибути електромагнітного випромінювання з будь-якою частотою (довжиною хвилі) взаємно доповнюють одне одного, а не є взаємовиключними¹⁵⁹. Тобто порівняння та узгодження знайдених атрибутів посприяло створенню сучаснішої моделі Світу, яка, безумовно, також не є остаточною.

У філософії науки частіше за все звертають увагу на те, що атрибути слугують як ототожненню реалій, тобто їх об'єднанню в одному класі, так і їхньому розрізненню, тобто включенню до різних класів¹⁶⁰. Крім того, одним із типових питань, яке вже впродовж багатьох століть жваво обговорювали філософи, є питання про те, чи існують атрибути незалежно від реалій, які є їх носіями.

Деякі філософи, виходячи з того, що виокремлення та дослідження багатьох атрибутів вимагає більшої долі абстрактності, ніж виокремлення відповідних реалій, вважають, що атрибути — це щось на кшталт або платонівських вічних та потойбічних ідей, які існують поза матеріальним світом реалій, або умоглядних конструкцій у свідомості науковців. Відсилаючи читача до незавершених дискусій¹⁶¹, будемо надалі підтримувати та пояснювати наступну думку: атрибут також є реалією, яка визначається стосовно

певної реалії як її невід’ємна риса за деяких умов, у яких цю реалію (атрибут) має сенс розглядати як об’єкт, що самостійно існує.

На нашу думку, відповідь на запитання, чи можливо самостійне існування в подібний спосіб визначеного атрибуту, докорінно залежить як від нього самого, так і від його реалії-носія. Проте стандартною ситуацією в природничих науках є така, коли атрибут є радше властивістю, ніж окремим матеріальним об’єктом, отже, не існує окремо від об’єкта на кшталт посмішки Чеширського kota¹⁶². Якщо звернутися до фізичних прикладів, то із сучасної точки зору електричний заряд є атрибутом, який не існує окремо від його елементарного носія, скажімо, електрона або кварка. Натомість в конденсованих системах, де індивідуальність окремих атомів, молекул і електронів стає умовною, а на авансцену виходять різного роду квазічастинки, заряд стає атрибутом якоїсь квазічастинки, яка є збудженням конденсованої системи, брижами на тлі вируючого басейну первісних мікрооб’єктів, що сильно взаємодіють¹⁶³. У цьому випадку атрибут «заряд» може навіть втратити цілочисельність (зауважимо, що *справжня* нецілочисельність притаманна зарядам кварків¹⁶⁴), як, наприклад, спостерігається в дробовому ефекті *Голла*, де він становить 1/3 від заряду електрона¹⁶⁵. Певна річ, ніякого повалення основ не відбувається, бо спостерігається саме заряд квазічастинки, яка є результатом взаємодії багатьох взаємодіючих мікрочастинок (насправді старих добрих електронів). Але префікс «квазі» аж ніяк не означає, що квазічастинка є якимось неповноцінним об’єктом. Вона цілком матеріальна, її існування підтверджується експериментом.

У той ж час одним із атрибутів атома доцільно розглядати не ядро, а його *наявність*, вважаючи ядро не атрибутом, а складовою атомної структури. При цім в певному наближенні дослідження властивостей ядра в царині високих енергій зондуючих частинок доречно тлумачити як вивчення окремої фізичної реалії з притаманними їй атрибутами на кшталт позитивного електричного заряду та кількості нуклонів¹⁶⁶.

«Завжди актуальною» науковою проблемою (поряд із питанням про можливість самостійного існування деякого атрибуту певної реалії) є також питання про теоретичне та/або експериментальне знаходження кількісних значень виокремлених атрибутів та відношень між ними. Від цих кількісних значень залежить, зокрема, класифікація реалій, які характеризуються відповідними атрибутами. Виокремлення атрибутів та встановлення зв’язків між ними

5.7. Від відкриття реалій до виокремлення та дослідження їх атрибутів

становить суттєву частину знання про реалії, формує належне розуміння їх природи. Воно уможлиблює пояснення та передбачення їх поведінки за різних початкових та зовнішніх умов. Наприклад, в аристотелівській фізиці атрибутом чуттєвих реалій вважалося нібито притаманне їм прагнення до певного природного місця. Для «важких» реалій типу каменів таким природним центром притягання вважалася Земля, а для «легких» — на кшталт полум'я або пари — Небо. Це «пояснявало» явища падіння перших вниз аж до зупинки на земній поверхні та піднімання інших вгору до тоді ще безтурботно порожніх небес¹⁶⁷.

Атрибутами, які пов'язує та вивчає класична механіка, є кінематичні просторово-часові локалізації та траєкторії, а також динамічні характеристики (маса, енергія, імпульс, кутовий момент) реалій. Головне завдання механіки полягає у виявленні сталих зв'язків між цими атрибутами та знаходження їхніх кількісних значень для кожної реалії із предметної галузі класичної механіки. В ідеальному (на жаль недосяжному¹⁶⁸) випадку це дало би можливість, виходячи зі знання деяких кількісних значень атрибутів в певний момент часу, розрахувати та емпірично перевірити розраховані значення в будь-який інший момент часу в минулому чи майбутньому. Причому точність вимірювання значень параметрів, наприклад положення Місяця, в сімдесятих роках минулого століття була порядку 40 см¹⁶⁹, а зараз зменшилася до декількох міліметрів¹⁷⁰.

У класичній механіці найпростішою теоретичною системою, яка здатна описувати зв'язки між атрибутами руху макроскопічних макротіл, є механіка *Ньютона* з її трьома явно сформульованими законами та низкою інших припущень, про які англійський учений ніколи не забував¹⁷¹ та які автори шкільних чи університетських підручників часто не беруть до уваги. Але в наступних, більш просунутих версіях класичної механіки, які є зручними для опису рухів механічних систем високої складності, використовують інші схеми, наприклад рівняння *Лагранжа* першого або другого роду. Такі підходи, будучи еквівалентними з ідейного боку, тим не менш вводять у механіку нові уявлення та мають справу з абстрактнішими атрибутами на кшталт узагальнених координат та їх значень¹⁷².

Для реалій, які досліджуються класичною електродинамікою, їх неодмінними атрибутами залишаються електричний заряд та вектори електромагнітного поля (в загальному випадку чотири

вектори **E**, **D**, **B**, **H**). Рівняння *Максвелла* зв'язують ці атрибути. Окремими випадками законів електродинаміки Максвелла є раніше відкриті закони *Кулона*, електромагнітної індукції *Фарадея*, *Біо—Савара—Лапласа* та *Ампера*. Оскільки класична електродинаміка застосовується до конденсованих середовищ, то виникає необхідність залучення відповідних атрибутів, як-то електрична провідність, діелектрична та магнітна сприйнятливості тощо. Слід зазначити, що, попри математичну завершеність та досконалість теорії *Максвелла—Герца—Гевісайда*¹⁷³ теорія продовжує розвиватись, поповнюючись новими атрибутами¹⁷⁴. Для реалій, які вивчає квантова механіка, можна виділити наступні атрибути: спин та пов'язані з ним явища, тунельний ефект, наявність квантової дискретності енергетичних зв'язаних станів, обмінного характеру певних взаємодій, співвідношень *Гайзенберга* тощо. Співвідношення невизначеності *Гайзенберга* «забороняють» одночасне точне експериментальне визначення деяких пар атрибутів макроскопічних об'єктів класичної фізики, наприклад просторової координати та імпульсу, енергії та часу. Це не означає, що квантові мікрооб'єкти знаходяться поза фізичним простором, в якому існують складені з них макрооб'єкти. Йдеться, з одного боку, про додатковий, відсутній у класичній механіці, зв'язок просторових та імпульсних, енергетичних та часових значень координат мікрооб'єктів (квантових реалій). З іншого боку, приписування квантовим реаліям класичної поведінки просторово-часових атрибутів макроскопічних реалій утруднює опис та пояснення експериментальних проявів квантових реалій, який людський мозок намагається втиснути в прокрустове ложе звичних уявлень. Як наслідок, експеримент не підтверджує класичну інтерпретацію квантових реалій. Натомість дослідники спостерігають розмаїту картину некласичного руху й статистики квантових об'єктів¹⁷⁵. Ані дивуватися, ані сумувати з цього приводу не варто, бо Світ є саме таким, яким він є, й пізнавати його слід, не нав'язуючи йому свої уподобання, а знаходячи закони й кореляції, притаманні квантовому світу, який нас оточує. Адже насправді те, що ми вважаємо суто класичним, є суттєво квантовим. Наприклад, саме існування конденсованих середовищ є проявом їхньої квантовості, оскільки за теоремою *Ірншоу*¹⁷⁶ нейтральна сукупність позитивних і негативних зарядів (об'єднаних в атоми й молекули, які, своєю чергою, за певних умов конденсуються в рідини та тверді тіла) є нестійкою відносно будь-яких флуктуацій їх розташування.

Цікавим та малодослідженим атрибутом майже всіх реалій, відомих сучасній науці, є їх «протееподібна» природа. Нагадаємо, що згідно з давньогрецькою міфологією¹⁷⁷ *Протей* був істотою, яка була здатна перетворюватися в різних тварин і навіть у різноманітні речі. За деякими тлумаченнями він приймав обличчя залежно від обставин та людей, з якими зустрічався. Коли йдеться про дослідження макроскопічних реалій на кшталт такого геологічного утворення, як конкретна велика гора, то ми сприймаємо без подиву різні її світлини, отримані з різної відстані та під різними кутами зору, як світлини *тієї самої* гори. Не бентежать нас і різні геологічні малюнки та стратиграфічні схеми, які демонструють внутрішню будову гори, причому в різних масштабах. Фактично подібне сприйняття має місце при дослідженні реалій мікросвіту на кшталт атомів, атомних ядер та елементарних частинок. Вони виявляють різний склад, будову й поведінку залежно від засобів та умов їхнього експериментального дослідження. Певним узагальненням цієї ситуації є концепція щодо відносності сутності досліджуваних реалій. Згідно з нею залежно від засобів та умов їх дослідження реалії демонструють різні прояви своєї сутності, вивчення яких є необхідним для формування адекватних уявлень про атрибути відповідних реалій, актуалізовані за цих умов¹⁷⁸.

Найбільш відомим проявом відносності сутності є різні агрегатні стани якоїсь речовини. Так, в земних умовах така звичайна й дуже важлива речовина, як вода, буває й парою, й рідиною, й льодом залежно від температури, атмосферного тиску, концентрації домішок тощо¹⁷⁹. Інший прояв цієї відносності можна асоціювати з добре відомою реалією, назвою якої є «атом». Дійсно, атом відповідно до своєї назви (грецькою слово *atomos* означає «нездатний бути розділеним») є неподільним за його участі в хімічних реакціях, тобто для енергій менших або порядку декількох електрон-вольт¹⁸⁰. Хоча при цьому стан атома трохи змінюється, але це стосується лише зовнішніх електронів, які теж далеко від рідного ядра не відходять (власне, чи це «той самий» електрон або його товариш, то не має жодного значення, бо, як ми вже зазначали вище, всі вони тотожні). Але (в чистому вигляді це можна спостерігати для вільних атомів) подальше збільшення енергії збудника може перевищити енергію зв'язку зовнішніх електронів, так що відбувається іонізація атома, тобто його перетворення на іон і один чи кілька вільних електронів. Та й це втручання не призводить до ка-

гастрофи, оскільки іони й електрони швидко рекомбінують, повертаючись у попередній стан. Інша річ, коли йдеться про *мегаелектронвольти*¹⁸¹. Тоді збуджується або розпадається саме ядро атома. В результаті атом змінює свою специфіку, стає «іншим». Про неподільність у цій ситуації годі й говорити.

Як і раніше, реаліями вважаємо будь-що природне, існування чого вважається доведеним із сучасної точки зору. Прикладами реалій є кварки, атоми, біологічні клітини, планети тощо. Визнавши незалежне об'єктивне існування певних реалій, науковці також визнають об'єктивне існування їх атрибутів. Наведемо ще декілька прикладів атрибутів. Для кварків такими є колір і аромат, для атомів — електричний заряд ядра, для клітин — наявність мітохондрій, для планет — відстань від центральної зірки. Зазначимо, що підґрунтям для виокремлення певних систем наукового знання можуть бути не лише реалії їх предметних галузей, а й спільні атрибути, які притаманні реаліям із цих предметних галузей.

Прикладом виокремлення першого типу є сучасна атомна фізика як система знання про такі реалії, як атоми. В ній існують як загальні системи знання, які розглядають атоми всіх елементів, так і специфічні системи знання, які обмежені дослідженнями окремих типів атомів. У випадку виокремлення атрибутів досліджуваних реалій результатом опредметнення є їх спільні атрибути. Наприклад, небесна механіка розглядає небесні тіла лише з точки зору їх *механічних рухів*, трактуючи ці тіла або як матеріальні точки, або як об'ємні тіла певної форми, які взаємодіють виключно через гравітаційне поле¹⁸². Ще раз зазначимо, що сучасна небесна механіка включає дослідження не тільки регулярних рухів, а й враховує неминучі нестійкості траєкторій небесних тіл за умов, коли їх більше, ніж два¹⁸³. Такий підхід абстрагується від решти фізичних атрибутів небесних тіл та супутніх електромагнітних полів. Вивченням цих атрибутів займаються інші науки, які виникли набагато пізніше небесної механіки¹⁸⁴. Отже, опредметненню тут піддаються деякі «відірвані» від своїх носіїв і в цьому сенсі абстрактні атрибути небесних тіл, які розглядаються як матеріальні точки або системи матеріальних точок. Ясна річ, що в межах такого підходу можна отримати лише певне наближення до реальних зір¹⁸⁵, планет¹⁸⁶ і комет¹⁸⁷.

Прикладом царини, яка виникає внаслідок виокремлення атрибутів, може слугувати й квантова фізика як загальний підхід

5.8. Типи атрибутів

до навколишнього світу. Взагалі вона як мережа систем знання є більш загальною, ніж атомна фізика, принаймні у двох аспектах. По-перше, до квантової фізики входять системи фізичного знання не лише про атоми, а й про атомні ядра, елементарні частинки, квантові гази¹⁸⁸ та квантові конденсовані системи¹⁸⁹. По-друге, в тій мірі, в якій квантова фізика включає до своєї розгалуженої предметної галузі різні реалії, її предметну галузь доцільно розглядати як таку, що, насамперед, досліджує певні спільні атрибути мікрооб'єктів або деяких макрооб'єктів різної специфічної природи. Скажімо, досліджуючи певні прості або навіть дуже складні *моделі металів*¹⁹⁰, ми цілеспрямовано обмежуємо себе, нехтуючи несуттєвими в даному сенсі (аж ніяк не завжди несуттєвими!) особливостями металів Au або Na. Власне, дослідження таких моделей є певною мірою вивченням атрибутів, наприклад, щодо металів; це може бути наявність вільних електронів, плазмових коливань, сильні кулонівські кореляції між носіями струму тощо. Це твердження має загальний характер і може бути так само застосоване до інших наук. Наприклад, досліджуючи таксон «кішки» в зоології, біолог може відволіктися від особливостей оцелота або лева, зосереджуючись на спільних рисах котятих, тобто виокремлюючи спільні атрибути цього сімейства¹⁹¹.

Отже, само по собі припущення, підтвержене сучасною теоретично-експериментальною точкою зору, про об'єктивне існування реалій є лише першим кроком їх наукового пізнання. «Відкрити» щось наявне в природі або суспільстві ще не означає його «пізнати». Тому що незалежно від того, чи тлумачиться знайдена *реалія* або як елементарність, або як складеність, або як атрибут, її наукове вивчення полягає, насамперед, у виокремленні та ретельному дослідженні відповідних *атрибутів*.

5.8. ТИПИ АТРИБУТІВ

Перейдемо до класифікації найпоширеніших типів атрибутів, які є предметами вивчення сучасних природничих наук. У першому наближенні можна виокремити примітивні (прості) та комплексні (складні) атрибути, які формуються за допомогою примітивних складових.

До примітивних атрибутів слід віднести ті властивості та відношення, які на рівні сучасних наукових знань неможливо звести до інших атрибутів (рис. 5.7).

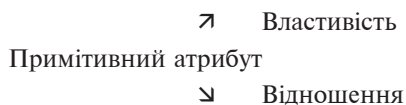


Рис. 5.7. Види примітивних атрибутів

Інваріантними властивостями певної реалії, насамперед, вважають атрибути, значення яких з тією або іншою точністю залишаються постійними при зміні оточення та умов існування реалії. Наприклад, такими інваріантними властивостями у фізиці можуть вважатися *скалярні величини*, які не залежать від системи відліку. Для електрона такими величинами є електричний заряд та маса. При цьому під масою слід розуміти виключно масу спокою, оскільки поняття залежної від швидкості релятивістської маси є хибним і потроху вичавлюється із сучасної фізики попри довгу шкідливу традицію¹⁹². Водночас електромагнітне поле, яке оточує електрон, є векторною величиною, а тому його компоненти суттєво залежать від системи відліку¹⁹³, а також від екранувальних властивостей довкілля¹⁹⁴.

У випадку відношень результатом опредметнення та автономного аналізу виступають зв'язки між природними реаліями, як у фізичних теоріях фундаментальних взаємодій елементарних частинок¹⁹⁵, або між уявними реаліями, як у математичній теорії відношень¹⁹⁶, або між суспільно значущими символами, як у соціологічних теоріях людських взаємин¹⁹⁷, або між державами, як у теоріях міжнародних відношень¹⁹⁸ тощо. В певному сенсі прикладом такого опредметнення можна вважати перетворення координат при переході до іншої системи відліку, як це робиться в спеціальній та загальній теорії відносності. Цікаво, що спеціальна теорія акцентує увагу на реляційному характері деяких властивостей фізичних об'єктів, а загальна теорія є своєрідним синтезом реляційного й абсолютного. Саме тому досі точаться суперечки щодо фізичного сенсу величної математичної будівлі загальної теорії відносності, хоча основні експериментальні передбачення теорії справилися й не викликають заперечень як факти¹⁹⁹.

Наведемо деякі прості приклади. Очевидно, що розташування в просторі макроскопічної реалії є відношенням між нею та системою відліку, тобто є примітивним відношенням. Натомість швидкість макроскопічної реалії є її комплексним атрибутом, який конструюється з таких її примітивних атрибутів, як зміна її

5.8. Типи атрибутів

	↗	Складеність
	↖	Стан
Комплексний атрибут	→	Процес
	↘	Структура

Рис. 5.8. Види комплексних атрибутів

положення в просторі та відповідний часовий інтервал, за який відбувається ця зміна.

Комплексними атрибутами є складеність, різні стани та структури реалій, а також пов'язані з ними процеси (рис. 5.8). Слід зазначити, що процеси за визначенням відбуваються в часі, а тому можуть бути атрибутами тільки певної сукупності реалій, з урахуванням до того ж умов існування цих реалій, тобто додаткових зовнішніх реалій (за аналогією з термостатом у рівноважній термодинаміці²⁰⁰, який здійснює цілком реальні дії в досить-таки примарний неявний спосіб).

Складеність означає обгрунтоване з експериментальної та/або теоретичної точки зору виокремлення складників реалії. Деякі складники можуть фізично існувати також і поза відповідною реалією (вільні протони та нейтрони, половина останніх у вільному стані розпадається приблизно за 15 хвилин²⁰¹), деякі — ні (кварки як складники адронів). Стосовно кварків зазвичай кажуть про конфайнмент (запирання, *confinement*) кварків у адронах²⁰².

Термін «стан» означає або так звані агрегатні стани²⁰³, або певні виокремлені фізичні реалії. В другому значенні цього терміну «стан» визначається як сукупність значень примітивних атрибутів окремої реалії або їх сукупностей у певний момент часу^{204—206}. Цей стан змінюється або завдяки зовнішній дії на реалію, або внаслідок притаманних їй внутрішніх закономірностей. Наприклад, у ньютонівській механіці кінематичний стан матеріальної точки визначається її просторовою і часовою координатами та швидкістю (або імпульсом). Динамічний стан додатково характеризується силами, які діють на матеріальну точку²⁰⁷. Згідно із нерелятивістською квантовою механікою стан квантової реалії повністю визначається її хвильовою функцією для чистих станів або матрицею густини для змішаних станів²⁰⁸.

Стани, зокрема, вивчаються також феноменологічною рівноважною термодинамікою (фактично *термостатикою*), яка описує загальні атрибути макроскопічних кількостей речовинних реалій

при зміні зовнішнього тиску, температури та хімічного складу²⁰⁹. При цім вдається досліджувати різноманіття реалій, виходячи із кількох параметрів та рівнянь стану, які характеризують індивідуальні атрибути кожної речовини. Рівноважну термодинаміку можна узагальнити на ті випадки, коли число макроскопічних термодинамічних параметрів зростає завдяки додатковим специфічним властивостям системи²¹⁰, наприклад для магнетиків²¹¹, надпровідників²¹², сегнетоелектриків²¹³. Власне, це додаткове узагальнення (ускладнення) з'являється лише тоді, коли спостерігається спонтанна втрата симетрії об'єкта, яка відбувається нижче певної критичної температури фазового переходу. Внаслідок цього виникає нова макроскопічна термодинамічна величина (атрибут стану)— параметр порядку²¹⁴.

Термодинаміка на відміну від свого мікроскопічного підґрунтя — статистичної фізики²¹⁵ не цікавиться окремими мікроскопічними складниками речовини, тобто атомами, молекулами, вільними електронами. Натомість вона має справу з такими універсальними атрибутами реальності, як термодинамічні потенціали: внутрішня енергія, ентальпія, вільні енергії Гібса та Гельмгольца²¹⁶. Визначальним атрибутом макроскопічних властивостей речовини, крім внутрішньої енергії, яка визначається законом взаємодії мікрочастинок, є ентропія, яка в термодинаміці є функцією стану системи та мірою необоротності термодинамічних процесів²¹⁷. Якщо ж вийти за межі феноменологічного підходу та скористатися принципами і здобутками статистичної фізики й теорії інформації, то ентропія отримує інше, більш глибоке тлумачення²¹⁸. А саме, ентропія виявляється пропорційною логарифму числа мікроскопічних конфігурацій, коли система знаходиться у певному стані.

Підкреслимо, що в системах, де постійно діють значні зовнішні впливи-потоки, система може перебудуватися і перейти в стаціонарний стан, який нічого спільного не має з рівноважним і може бути неоднорідним у просторі та змінним у часі, як зазначалось вище при обговоренні хімічних коливань. Сукупність явищ у подібних станах, де відбувається спонтанна самоорганізація, вивчає міждисциплінарна наука синергетика²¹⁹, яка розповсюджує свої напрацьовані математичні схеми розв'язання складних нелінійних рівнянь²²⁰ на фізичні, хімічні, біологічні та навіть соціальні науки. Ясно, що більшість реалій, про які йшлося, не є сталими в часі, а змінюються за притаманними їм законами та під впливом

5.8. Типи атрибутів

інших реалій і обставин. На ці виклики неживої й живої природи науковці відповідають побудовою уявлень про атрибути, які можна назвати процесуальними або динамічними.

Результатами опредметнення, отриманими під час дослідження атрибутів, можуть бути процеси, які, по-перше, є певною мірою абстрагованими від природи реалій, що беруть участь у цих процесах, та, по-друге, відображають зміну стану реалій. Можливі два варіанти. В одному є справедливим припущення, що процеси, які відбуваються, не змінюють сутність відповідних предметів або їх атрибутів, але змінюють значення останніх. Така ситуація віддзеркалюється у назвах «кінематика матеріальної точки» чи «механічний рух по орбіті». В іншому впродовж перебігу процесів відбувається зміна реалій. Назвами відповідних систем знання є, наприклад, «динаміка зоряних скупчень», «теорія хімічних реакцій», «еволюція організмів», «історія суспільства» тощо.

Процес можна визначити як закономірну або хаотичну зміну значень деяких примітивних або комплексних атрибутів з часом, тобто як перехід системи від одного стану до іншого під впливом внутрішніх та/або зовнішніх чинників. Цікаво, що деякі практично значущі результати можна отримувати, уникаючи розгляду саме процесів, тобто в певний інший спосіб, розглядаючи можливі варіанти та їх імовірність у випадку неоднозначності відповіді, скажімо, в квантовій механіці²²¹. Натомість можна розглядати ці ж ситуації в часі, тобто розв'язуючи залежне від часу (нестационарне) рівняння *Шрьодінгера*²²². Тоді виникають принципові ускладнення, які жваво обговорюються в сучасній науці²²³. Звісно в межах справедливості нерелятивістської квантової теорії результати не мають залежати від уживаного підходу.

Стан системи, що складається з великої кількості об'єктів, є функціоналом від розподілу значень атрибутів²²⁴. При цьому імовірності кожного мікростану визначаються статистикою, якій підпорядковуються мікроскладники системи. Реалії, які описуються в такий спосіб, можуть складатися з однотипних компонентів, або з сукупності компонентів різного типу. Наприклад, це може бути певний об'єм кисню, а може бути такий же об'єм повітря, що складається з азоту, кисню, водяної пари, аргону, вуглекислого газу тощо. З'ясування складу складеної реалії як форми диференціації матеріального світу потребує проведення досліджень такого комплексного атрибуту даної реалії, як її структура, тобто системи відношень між складниками реалії. Якщо структура вва-

жається статичною (що, звісно, завжди є наближенням), то вона може бути описана в термінах зафіксованих відношень, суттєвих в даному контексті. Зміна структури з часом описується як наслідок закономірних та/або випадкових змін цих відношень, зумовлених внутрішніми та/або зовнішніми чинниками.

5.9. ЗАУВАЖЕННЯ ПРО ВІДНОСНІСТЬ ОНТИЧНОГО ПРОТИСТАВЛЕННЯ РЕАЛІЙ ТА ВІДНОШЕНЬ МІЖ НИМИ

У західній філософській літературі, яка присвячена поняттю властивості (*property*) та історії його формування, іноді висловлюється явно або приховано думка про мовби різний онтичний статус реалій та їх властивостей²²⁵. Тому варто зробити декілька зауважень про цей статус, спираючись на так звану обмінну природу відношень між фізичними реаліями.

Згідно із сучасною фізикою Всесвіт поділяється на окремі, відносно самостійні та взаємопов'язані реалії: масштаби розподілу знаходяться у величезному проміжку від космологічних до мікроскопічних. У природі мають місце базові (від галактик до кварків) та посередницькі реалії (посередники), якими обмінюються базові реалії. Це забезпечує як відносну окремішність останніх, так і єдність Всесвіту в цілому. «Обмін» різного штибу здійснюється внаслідок існування фізичних взаємодій (сил), які, поза сумнівом, теж є матеріальними²²⁶. Незаперечним онтичним наслідком цієї матеріальності є матеріальність всіх інших «похідних» фізичних реалій та взаємодій.

Зокрема, *гравітаційна* взаємодія забезпечує цілісність і диференційованість Всесвіту в його космічному вимірі та існування багатьох почуттєвих земних феноменів. *Сильна* взаємодія відповідає за стабільність елементарних частинок та побудованих із них «вищих» матеріальних рівнів (від протонів, атомних ядер, атомів, молекул, макротіл та аж до космологічних утворень на кшталт галактик). *Слабка* взаємодія спричиняє розпад нестабільних частинок та робить Сонце джерелом енергії для виникнення й існування життя на Землі.

Носями цих взаємодій між елементарними частинками також є частинки, що робить, принаймні на цьому рівні, відносним протиставлення реалій та відношень між ними за типом існування. Ті

й інші є формами самодиференціації матерії. Проте всі відношення реалій у формі взаємодій між ними мають обмінну природу. Так, електромагнітна взаємодія між електрично зарядженими частинками здійснюється через процеси обміну фотонами, а гравітаційну взаємодію між космічними реаліями забезпечує обмін квантами гравітаційних полів. Нещодавно експеримент підтвердив існування гравітаційних хвиль²²⁷ (аналогів електромагнітних хвиль *Максвелла—Герца—Гевісайда*) у формі, передбаченій *Айнштайном*. Водночас квантування цих хвиль, тобто існування елементарних частинок-гравітонів²²⁸, поки що емпірично не доведено.

5.10. МОДЕЛЮВАННЯ АТРИБУТІВ АБСТРАКТНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ

Просторові та часові характеристики є найвідомішими атрибутами, але крім них сучасна наука оперує й іншими атрибутами досліджуваних нею реалій. Виокремлення та ідентифікація атрибутів є неминучим кроком на шляху дослідження материнських реалій. Умовою наукового пізнання предметів є також припущення про існування між їх атрибутами певних сталих або змінюваних зв'язків, тобто природних або соціальних регулярностей, які відображаються в системі знання її законами. Останні є насправді *наближеним* описом (карикатурою), яким дослідники намагаються описувати природні²²⁹ (чи соціальні) реалії²³⁰, що існують незалежно від нашого мистецтва формулювати закони. Наступні пізнавальні кроки пов'язані із встановленням кількісних зв'язків між атрибутами та математичним моделюванням поведінки атрибутів і зв'язків між ними. Визначальною ознакою атрибутів досліджуваних реалій принаймні в царині природничих наук є те, що ці атрибути, як правило, мають притаманні ним кількісні міри або значення, які знаходяться в експерименті. Виокремлення для реалій їх атрибутів має мало сенсу, якщо воно не доповнюється способами знаходження значень таких атрибутів, виходячи як із наявної системи знання про ці реалії, так і з вимірювання значень їх атрибутів у процесі експериментування над реаліями.

Зміцнімо ці міркування посиленням на думку засновника класичної електродинаміки *Максвелла*: «Перший етап розвитку фізичної науки полягає у відшуканні системи величин, щодо яких можна припустити, що від них залежать явища, які розглядаються цією наукою. Другим щаблем є відшукання математичної форми

співвідношень між цими величинами. Після цього можна розглядати цю науку як математичну науку. А перевірка її законів здійснюється шляхом теоретичного дослідження умов, якими можуть бути можливо більш точно виміряні деякі величини, а також через подальше експериментальне відтворення цих умов і дійсного вимірювання цих величин»²³¹. Якщо проводити доречно, на нашу думку, розрізнення між первісними реаліями та їх атрибутами, то легко побачити те, що *Максвелл* називає «величинами», є те, що в нашій термінології називається атрибутами.

Можна навіть висунути гіпотезу, що виокремлені ним етапи розвитку досліджень певної фізичної науки відтворюються при експериментальному відкритті або теоретичному передбаченні нових реалій. Так було з відкриттям атомів, атомного ядра, елементарних частинок, з передбаченням кварків і глюонів як складників частинок та нещодавніми підтвердженнями існування гравітаційних хвиль і бозону *Хіггса*. Мабуть, так буде й у майбутньому, оскільки цей традиційний процес пізнання є цілком природним і вельми результативним.

Таким чином, для побудови системи наукового знання недостатньо з'ясувати, із яких реалій складається її предметна галузь. Не допомагає також і (взагалі кажучи, необхідне) пропонування різних назв реалій — від міфологічних до математичних. Скажімо, таким відомим із древності реаліям, як планети, стародавні греки й римляни надавали імена античних богів. Приписуючи планетам і сузір'ям деякі освячені міфологічною традицією атрибути богів і героїв та більш буденних об'єктів навколишнього світу²³², астрологія намагалася «обґрунтувати» вплив планет і знаків Зодіаку, під якими народилася дитина, на все її подальше життя²³³. Наприклад, народжений під знаком *Марса*, на думку міфотворців, мав виявляти войовничий характер.

Знання кількості реалій із кожної конкретної предметної галузі (якщо їх скінченне число) є конче важливим, але все ж-таки недостатнім для конструювання системи знання про ці реалії. Скажімо, відкриття планети *Нептун* збагатило уявлення про складну будову Сонячної системи та створило умови для її точнішого та деталізованішого опису. Але ще більшого значення набуло це відкриття як підтвердження того факту, що Нептун має низку таких же атрибутів, що й інші планети, а також того, що ці атрибути підпорядковуються тим же законам, що й атрибути інших, рані-

ше відомих планет. Отже знання з планетології підтвердили свою прогностичну цінність.

Таким чином, умовою змістовного наукового дослідження будь-яких природних реалій є виокремлення та подальше дослідження їхніх атрибутів, без яких під час проведення дослідження неможливо уявити наявну реалію. Важливо зазначити, що в нашому розумінні кожний атрибут набуває сенс лише як ознака певної реалії за конкретних умов її дослідження.

Наприклад, завдяки особливостям нашого сенсорного сприйняття ми розуміємо «колір» як атрибут почуттєвих об'єктів. Але ми не здатні визначити «колір» речей занадто малих або занадто великих. Який колір мають атоми? Який колір має Всесвіт? Зрозуміло, що приписування кваркам певного кольору, про який ми згадуємо на цих сторінках, має метафоричний характер. Цей «колір» не має нічого спільного із «кольором» макроскопічних речей навколо нас. Іншим прикладом певної відносності атрибутів може слугувати, скажімо, атрибут «вага», добре відомий кожній людині, яка проживає на поверхні нашої планети. Він є притаманним усім предметам, з якими ми маємо справу в повсякденному житті. Наявність цього атрибуту в земних умовах визначає також надзвичайно важливе явище у фізиці та техніці — силу *Архімеда*. При цьому значення атрибуту «вага» не абсолютне, бо воно змінюється, наприклад, при піднятті на гору²³⁴. Більше того, той же предмет всередині космічного корабля й зовсім втрачає «вагу». Зникає там і сила *Архімеда*, тому й рідини поводять себе зовсім інакше, ніж на Землі²³⁵.

Довгий час неодмінним атрибутом природних реалій вважалася їх маса, яка сприймалася ознакою їх матеріальності. Наразі відома, принаймні, одна елементарна частинка з нульовою масою — фотон²³⁶. Таку ж властивість імовірно мають також деякі інші частинки²³⁷. Щодо *матеріальності* квантів світла, то вона не ставиться під сумнів, починаючи з важливих дослідів фізика *Петра Лебедева* з вимірювання тиску світла²³⁸. В даному контексті аж ніяк не важливо, чи світло має корпускулярну, чи хвильову природу. Насправді його природа (як і решти матеріальних об'єктів) складна, бо поєднує хвильові й корпускулярні властивості²³⁹. Але з якого боку не аналізувати, маса кожного кванта світла, яку б частоту він не «представляв», залишається нульовою. Водночас теоретики вже тривалий час широко досліджують можливі механізми²⁴⁰ походження маси переважної більшості елемен-

тарних частинок внаслідок фазових переходів із втратою симетрії, які відбулися за певних фізичних умов, що існували на початку нашого Всесвіту.

Як переконливо демонструють історія та сучасний стан природничих наук, «виживають» та підтверджуються гіпотези про існування лише тих атрибутів, для яких існують процедури знаходження (обчислення та вимірювання) їх значень та обчислені й вимірювані значення врешті-решт узгоджуються. Якщо попри всі зусилля науковців із розвитком відповідної науки такі процедури не з'являються або обчислені та вимірювані значення не збігаються, то з тезаурусу цієї науки, а отже, і з її поточного змісту зникають реалії, які раніше серйозно розглядалися, проте були позбавлені «процедурних» атрибутів. Наприклад, так відбулося на межі ХІХ—ХХ століть з ефіром, коли з'ясувалося, що вимірювані значення безпідставно приписаних йому атрибутів не збіглися із теоретично передбаченими значеннями²⁴¹.

Евристичною формальною моделлю атрибута є конструкція абстрактної властивості, запропонована *Марком Бургінім*²⁴². Абстрактність властивості підкреслює те, що атрибути є відносними щодо відповідних реалій. Скажімо, електричний заряд може характеризувати елементарну частинку, а може — макроскопічний об'єкт. Окрім того, абстрактна властивість фіксує, що можливі значення конкретного атрибута є не довільними, а приймають значення з певної множини — його так званої шкали. Зміна шкали віддзеркалює, як правило, уточнення знання про атрибут. Іноді введення нової шкали є результатом відкриття реалій, які відрізняються від раніше відомих значеннями відповідного атрибута. Так, значення електричного заряду для елементарних частинок зазвичай можна представити як невеликі додатні чи від'ємні цілі числа, якщо приймати абсолютне значення заряду електрона $|e|$ (елементарний заряд) за одиницю. В процесі відкриття кварків було показано, що їх електричний заряд слід вимірювати в одиницях елементарного заряду електрона: $n|e|/3$, де n — ціле число.

Крім атрибутів, значення яких репрезентують числами, є атрибути, значення яких репрезентують складнішими математичними структурами. Прикладом є прискорення тіла — макроскопічної реалії класичної механіки. Значеннями прискорення є вектори у тривимірному евклідовому просторі. Векторами називається сукупність величин, яка певним чином змінюється при перетворенні системи координат²⁴³. Векторами характеризуються також атри-

бути електромагнітного поля, такі як напруженості електричного та магнітного полів²⁴⁴.

Значимо, що розглядаючи структуру як атрибут реалій, ми можемо зіставити їй декілька змістовних шкал, значеннями яких є певні лінгвістичні конструкції. Це часто використовують фахівці для конкретизації досліджуваних структур. Наприклад, відповідними дихотомічними шкалами є множини {стійка, нестійка} або {стабільна, нестабільна}. Крім дихотомічних має сенс розглядати й інші шкали, такі як {елементарна, проста, складна, багаторівнева}. Оскільки лінгвістичні конструкції в природознавстві мають відображати властивості матеріального світу, то всі ці шкали (класифікації) набувають конкретного змісту, якщо застосувати їх до реальних об'єктів. Хрестоматійним прикладом такого уречевлення є застосування геометричної теорії просторового впорядкування абстрактних об'єктів²⁴⁵ у разі аналізу властивостей реальних кристалів, квазікристалів, колоїдних структур тощо²⁴⁶.

Ясна річ, що значення атрибуту для кожної окремої реалії не «викарбовано» на ній заздалегідь та навечно. Для його знаходження треба попрацювати, виконавши певні дії або з самою реалією, або з її знаковою (тобто конкретною теоретичною) моделлю. В першому випадку йдеться про належним чином сплановані експерименти, в яких вимірюються значення атрибутів. У другому — про певні символічні або математичні дії зі знаковою моделлю реалії, які мають на меті отримання обчисленого значення атрибуту та його зіставлення з вимірним значенням.

Ці дії не обов'язково покладаються на величезні можливості точних вимірювань, які притаманні сучасній науці, коли точність сягає багатьох знаків після коми²⁴⁷. Наприклад, значення такого атрибуту, як твердість мінералів, «визначається шляхом дряпання мінералу, що досліджується, гострими краями еталонних мінералів (пасивна твердість) або дряпання еталонних мінералів досліджуваним зразком (активна твердість). Еталонами [тобто значеннями за шкалою твердості — *Авт.*] є: 1 — тальк, 2 — гіпс, 3 — кальцит, 4 — флюорит, 5 — апатит, 6 — ортоклаз, 7 — кварц, 8 — топаз, 9 — корунд, 10 — алмаз»²⁴⁸.

У стислій та узагальненій формі можна вважати, що абстрактну властивість репрезентує впорядкована трійка $A = (D, \mu, S)$, де D — множина реалій [точніше множина їх назв, див. п. 1.3 «**Назви та названі сутності**»], яка згідно з обґрунтованими припущеннями є базою (носієм) цього атрибута, множина S — шкала його зна-

чень, а μ є описом дій зі зіставлення елементам, які позначаються назвами із множини D , відповідних значень атрибута із множини S . Скажімо, візьмімо абстрактну властивість, яка моделює такий атрибут макроскопічних фізичних реалій, як електричний опір²⁴⁹. Множина D складається з усіх таких реалій — матеріалів. Дії μ часто (далеко не завжди!) виконуються за допомогою приладу, який має назву «омметр»; ним користуються згідно з певними правилами. Значення електричного опору (одиницею його вимірювання в системі SI є «ом») приймають числові значення із множини дійсних чисел.

Цими реаліями можуть бути різні матеріали, природні та штучні, які безперервно створюються хіміками та матеріалознавцями. Серед них виділяють два великих класи — метали та напівпровідники (діелектрики) залежно від температурного ходу електричного опору. Певна річ, що такий простий поділ не вичерпує всі можливості, які демонструє величезне різноманіття відомих матеріалів, а тому залежності опору від температури в широкому їх діапазоні, поряд із оптичними характеристиками, зазвичай використовуються для попереднього визначення класу кожного матеріалу. Значення опору залежать не тільки від температури, а й від інших фізичних чинників, наприклад, від освітленості, величини струму, ступеню упорядкованості структури зразка, присутності сторонніх домішок тощо²⁵⁰. Більше того, дослідження більшості (немагнітних) металів і сплавів при температурах, близьких до абсолютного нуля, призвело до відкриття явища надпровідності, коли значення електричного опору при зменшенні температури стрибком падає до нуля. Такі речовини, про які ми вже мали нагоду згадати раніше, називають надпровідниками²⁵¹.

Наведемо ще декілька змістовних прикладів атрибутів для реалій різного ґатунку. Почнемо із сукупності небесних тіл у Сонячній системі. Всім їм приписується (і цілком слушно!) такий атрибут, як маса. Значення маси належать до множини дійсних чисел, які характеризують у відповідних одиницях значення атрибутів для кожного відомого небесного тіла, яке знаходиться в Сонячній системі. Більш того, астрономи переконані, що навіть ще не відкриті небесні тіла теж будуть мати певне значення маси. На відміну від предметів у нашому оточенні планети не можливо зважувати на якихось навіть дуже великих терезах. Тому астрономи не мають змоги для безпосереднього вимірювання значень їх маси. Але, використовуючи закони небесної механіки та спираючись на

5.11. Атрибути різних порядків

накопичені раніше дані кількісних спостережень за рухом планет, учені обчислюють масу планет та передбачають (з певною точністю і вірогідністю, ясна річ!) їх майбутні траєкторії. Передбачені значення зазвичай підтверджуються або уточнюються після порівняння з наступними спостереженнями за рухами планет. Збіг обчислених та вимірених значень свідчатиме про те, що (1) засади небесної механіки справедливі та (2) значення мас планет розраховані правильно.

На перший погляд, лише великий розмір та значна маса (у порівнянні, наприклад, з астероїдами, яких у Сонячній системі хоч греблю гати²⁵²) є підставою для виділення класу планет серед небесних тіл, які тримаються гравітацією Сонця в його околі. Але цікаво зазначити, що тут у гру вступають певні міжнародні домовленості. Так, у 2006 році Міжнародний астрономічний союз ухвалив змістовне визначення терміну «планета»²⁵³: «небесне тіло, що (а) обертається навколо Сонця, (б) має достатню масу для того, щоб його власна гравітація переборола сили зчеплення, а це зумовлює рівноважну (майже круглясту) гідростатичну форму планети, та (в) має «вчищену [від небесних тіл того ж розміру — *ОГ*, *ВК*] «околицю» на своїй орбіті». «Карликова планета» не є супутником іншої планети та задовольняє двом першим умовам, але не третій. Всі інші тіла, які знаходяться в Сонячній системі, за винятком штучних супутників, є «малими тілами сонячної системи». Наслідком цього нового визначення стало зниження планетарного статусу *Плутона*, який почали тлумачити як карликову планету²⁵⁴.

Іншими атрибутами небесних тіл є їх положення в просторі та шляхи пересування в ньому або траєкторії. В такому випадку однією зі шкал для таких атрибутів є тривимірний евклідов простір. Дослідження цих атрибутів стали джерелом для формулювання *Йоганном Кеплером*²⁵⁵ трьох емпіричних законів, які розглядали у п. 3.4.

5.11. АТРИБУТИ РІЗНИХ ПОРЯДКІВ

Можлива така конструкція абстрактної властивості, яка відкриває перспективу побудови низки змістовних класифікацій атрибутів. Розглянемо деякі з них.

Атрибути різного порядку відносно зафіксованої множини D однакових або однотипних реалій $d \in D$ моделюються абстрактними властивостями, які вводяться індуктивним шляхом. Атри-

бутом нульового порядку відносно реалії $d \in D$ є сама реалія d . Він моделюється наступною абстрактною властивістю ${}^0A(d) = (D, {}^0\mu, {}^0S = D)$, де ${}^0\mu$ зіставляє кожний елемент $d \in D$ з ним самим. Змістовно це означає, що реалія d невіддільна від самої себе, що відповідає неформальному розумінню атрибуту як невіддільного від відповідної реалії.

Атрибут першого порядку реалії d моделюється абстрактною властивістю ${}^1A(d) = (D, {}^1\mu, {}^1S)$. Атрибут $n + 1$ -го порядку реалії d моделюється абстрактною властивістю ${}^{n+1}A(d) = ({}^nA(d), {}^{n+1}\mu, {}^{n+1}S)$, де ${}^nA(d)$ відповідає атрибуту n -го порядку реалії d , позначка ${}^{n+1}\mu$ означає опис дій із зіставлення елементам, які позначаються назвами з множини ${}^nA(d)$, відповідних значень атрибута з ${}^{n+1}S$, а ${}^{n+1}S$ — є шкалою атрибута ${}^{n+1}A(d)$ $n + 1$ -го порядку щодо реалії d .

Таке моделювання атрибутів різного порядку відповідає науковій практиці, в якій деякі атрибути можуть розглядатися як реалії, які досліджуються за допомогою власних атрибутів, тобто атрибутів атрибутів або атрибутів другого порядку відносно вихідної реалії. Наведемо декілька прикладів атрибутів різних порядків.

Атрибутами першого порядку фіксованої складеної реалії є її складеність з інших реалій (складників або інгредієнтів), тип зв'язків між складниками, процеси, які протікають всередині складеної реалії, взаємодії, які забезпечують її існування тощо. Скажімо, атрибутами першого порядку стосовно такої реалії, як атомні ядра, є їх побудова з нуклонів та наявність специфічної сильної ядерної взаємодії між останніми, яку в першому наближенні можна розглядати як обмін π -мезонами. Іншим атрибутом першого порядку відносно якогось атомного ядра є його здатність припинити своє існування завдяки α -, β - або більш екзотичним способам розпаду (включаючи спонтанне ділення на менш масивні дочірні ядра). Атрибутами другого порядку щодо ядер є атрибути їх складників, тобто нуклонів. Прикладом є поділ нуклонів на протони та нейтрони і складеність самих нуклонів із кварків²⁵⁶. Атрибутами другого порядку є характеристики процесів розпаду, зокрема, середній час життя певного типу ядер²⁵⁷ або параметри потенціального бар'єра, який треба подолати частинці, що вилітає з материнського ядра. Цікаво, що, як з'ясувалося ще на початку досліджень у царині ядерної фізики, ці атрибути визначають лише властивості *сукупності* однакових (тотожних) ядер, оскільки процеси ядерних перетворень мають імовірнісний характер²⁵⁸.

5.12. Монадні (одномісні) та багатомісні атрибути

Атрибутами другого порядку відносно реалій є атрибути відношень між реаліями, зокрема тип відношень, механізми, які забезпечують існування відношень тощо. Атрибутами другого порядку реалій, як було зазначено вище, є також такі атрибути їх станів (атрибутів першого порядку) як стабільність (нестабільність) та тривалість існування.

Конче важливими для природничих наук атрибутами різних реалій є притаманна ним симетрія²⁵⁹. Для реалій різного гатунку симетрії мають різний характер²⁶⁰. Наприклад, для неперервних симетрій та за відсутності дисипації атрибути симетрії можна пов'язати із певними законами збереження (теорема німецької математикині *Еммі Нетер*²⁶¹).

5.12. МОНАДНІ (ОДНОМІСНІ) ТА БАГАТОМІСНІ АТРИБУТИ

Множина реалій D може складатися як із індивідуальних реалій, так і з їх пар, трійок тощо. В першому випадку атрибути є монадними або одномісними, у другому — діадними, тріадними тощо (багатомісними). Так, у фізиці елементарних частинок взагалі вважають масу реалії одномісним атрибутом, хоча *походження маси* може бути пов'язаним (так воно скоріше за все й є) із втраченою симетрії, яка відбувається внаслідок багаточастинкових взаємодій у рамках квантової теорії поля²⁶². Цікаво, що неодномісний характер атрибуту «маса» передбачав більше ніж століття тому видатний австрійський фізик і філософ *Ернст Мах*, який вважав, що маса окремої фізичної реалії якимось чином пов'язана зі Всесвітом, тобто є багатомісним атрибутом²⁶³.

Варто навести подальші приклади, пов'язані з основними поняттями сучасної фізики. В нерелятивістському наближенні для будь-якої матеріальної реалії можна виокремити енергію спокою, значення якої обчислюється за відомою айнштайнівською формулою $E_{\text{rest}} = mc^2$, де m є (скалярною) масою спокою, а c — швидкістю світла у вакуумі, та кінетичну енергію, значення якої залежить від системи відліку²⁶⁴. Енергія спокою — це монадний (одномісний) атрибут, а кінетична енергія — двомісний.

У фізиці адронів та кварків розрізняють власну масу та додаткову складову масу окремого кварка в адроні (елементарна частинка, яка бере участь у так званій сильній взаємодії²⁶⁵). Якщо перша є одномісним атрибутом, то друга — ні. Складову масу

кварка в адроні розраховують як результат його взаємодії з іншими кварками завдяки обміну глюонами. В цьому сенсі цю частину маси кварка можна тлумачити як багатомісний атрибут²⁶⁶.

Розглянемо найпростіше моделювання двомісних атрибутів за допомогою наступної абстрактної властивості. А саме, якщо у випадку монадних атрибутів множини D складаються з окремих реалій, то для діадних (двомісних) атрибутів множина D є декартовим добутком двох множин реалій. Між елементами цих складових множин існує суттєвий зв'язок, який має певний (фізичний) сенс. Наприклад, діадним атрибутом у світі елементарних частинок є інтенсивність різних взаємодій між ними. Для умов у Всесвіті, що наразі склалися, можна виокремити гравітаційну, слабку, електромагнітну та сильну взаємодії, інтенсивності яких відносяться як $1: 10^{25}: 10^{36}: 10^{38}$ (²⁶⁷). Для опису будь-якої із цих взаємодій потрібно розглянути множину реалій D , яка складається з декартового добутку двох множин, що складаються з елементарних частинок.

У класичній фізиці, де можливість вимірювального приладу впливати на результати вимірювання повністю нехтували, були підстави в процесі знаходження значень атрибутів класичних реалій абстрагуватися від цих приладів, тобто вважати, що множина D утворюється виключно досліджуваними фізичними реаліями. Це означає, що атрибути класичних реалій переважно тлумачилися як монадні щодо приладів. Натомість у квантовій фізиці (фізиці мікросвіту) вимірювальний прилад може суттєво змінити поведінку досліджуваної реалії. Отже, значення квантового атрибута залежать не лише від реалії, а й від вимірювального приладу та вибору процесу вимірювання²⁶⁸. Тому взагалі має сенс репрезентувати носій D як декартів добуток множини квантових реалій на множину вимірювальних приладів. У такому випадку атрибути квантових реалій репрезентуються діадними абстрактними властивостями.

Вже майже століття дебатується принципове питання стосовно онтичних наслідків двомісності (діадності) атрибутів квантових реалій. Чи можна визнавати існування квантових реалій, яке не залежить від дослідника та його втручання в квантовий світ? Прихильники традиційної копенгагенської інтерпретації квантової механіки та інших численних підходів вважають, що ні — не можна²⁶⁹! Незважаючи на те, що адептами цієї ідеалістичної точки зору на світ є переважна більшість фізиків та філософів фізики,

5.12. Монадні (одномісні) та багатомісні атрибути

подекуди не перевелися й прихильники протилежної точки зору, до яких належать і автори зазначеного тексту. Згідно з цією спільною для представників філософської меншості (попри деякі менш суттєві розбіжності між ними) думкою, квантові реалії, так само, як і класичні, існують незалежно від дослідників та їх приладів²⁷⁰. Їх ж дивна, з класичної точки зору, поведінка пояснюється специфікою відповідних атрибутів, що є наслідком квантової природи реальних природних тіл та явищ.

Яскравим проявом «некласичності» з точки зору відпрацьованого еволюцією здорового глузду людини (який аж ніяк не збігається із «нездоровим глуздом» допитливого науковця) можна повною мірою вважати інтерференційні явища, відкриті ще англійцем *Томасом Янгом* (*Thomas Young*, його зазвичай, нехтуючи правилами передачі іншомовних прізвищ, називають *Юнгом*)²⁷¹. Його експерименти із проходження світла крізь дві щілини показали, що амплітуда складеного сигналу не дорівнює сумі амплітуд складових, тобто «два світла» в протифазі дають «темряву». Через століття квантова (хвильова) фізика показала, що такі ж властивості демонструють мікрочастинки скінченої маси (наприклад, електрони)²⁷². Цікаво, що на інтерференцію електронів може вплинути й такий, на перший погляд суто математичний чинник, як вектор-потенціал статичного магнітного поля **A**, хоча в тій просторовій області, де рухаються електрони, інтерференцію яких ми спостерігаємо, «справжнє» магнітне поле **H** нескіченно мале. Фізики одразу зрозуміють, що йдеться про славнозвісний ефект *Якіра Ааронова* та *Девіда Бома*, інтерпретація якого далека від остаточної²⁷³. Для нас важливо, що позірна парадоксальність явища не має затьмарити наше розуміння того, що інтерферують не математичні символи, а *реальні* природні об'єкти. Якщо вони не виконують наші забаганки та не відповідають нашим упередженим передбаченням, то це не заперечує їх реальність та існування поза нашою увагою.

Природа «не зобов'язана» вести себе, як сукупність класичних об'єктів. Водночас квантові реалії Природи, які можуть бути досить великими за розміром (наприклад надпровідники, електрони яких складають єдину, суттєво квантову систему із певною фазою, в чому можна пересвідчитись, спостерігаючи так званий струм *Джозефсона*²⁷⁴), існують об'єктивно, поза нашою свідомістю та аж ніяк не зникають у небуття, якщо експериментатор раптом відволічеться та відвернеться від приладів²⁷⁵.

5.13. ОДНОМІРНІ ТА БАГАТОМІРНІ АТРИБУТИ

Якщо шкала S є множиною дійсних чисел \mathfrak{R} , то відповідна абстрактна властивість моделює одинірні або скалярні атрибути. Прикладами є маса, енергія, електричний заряд, електричний опір, густина тощо.

Але у фізиці використовуються також уявлення про векторні, спірорні, тензорні тощо атрибути досліджуваних реалій. Прикладами векторних атрибутів є швидкість, прискорення, сила, напруженість електричного та магнітного полів, дипольні електричні та магнітні моменти тощо. Деякі з них моделюються шкалами, які можна представити як декартів добуток множин дійсних чисел. Кількість членів такого добутку визначає мірність відповідного атрибуту. Наприклад, у класичній механіці такий атрибут матеріальних реалій, як положення у просторі, є тримірним, оскільки його значеннями є вектори у тримірному векторному просторі, що репрезентується структурою $\mathfrak{R} \times \mathfrak{R} \times \mathfrak{R}$. Але у релятивістській механіці положення є чотиримірним атрибутом, тому що його значення є чотиримірними векторами у чотиримірному просторі $\mathfrak{R} \times \mathfrak{R} \times \mathfrak{R} \times \mathfrak{R}$, який моделює єдиний простір-час спеціальної теорії відносності. Звісно в природознавстві, зокрема в фізичних теоріях, існують також тензорні атрибути різного рангу, які відображають складну симетрію фізичних величин та явищ²⁷⁶.

5.14. ЕЛЕМЕНТАРНІСТЬ ТА СКЛАДЕНІСТЬ ЯК ВІДНОСНІ АТРИБУТИ РЕАЛІЙ

На початкових етапах пізнання відповідних реалій відбувається їх опредметнення як специфічних елементарних, тобто безструктурних, як правило, просторово охарактеризованих сутностей, що відрізняються від інших наявністю притаманних лише ним деяких атрибутів.

Так, античні звiздарі відрізняли планети (*грец. $\pi\lambda\alpha\nu\eta\tau\eta\varsigma$* — той, що блукає) від зір завдяки їх видимому переміщенню відносно сталих сузір'їв. І планети й зорі вважалися небесними тілами, яким притаманні такі атрибути як відмінні від земних окремі закони руху, світна природа, однакова відстань від спостерігача, розміщення на небесній сфері, яка рухається навколо Землі, точкові розміри тощо. Започаткована *Ньютоном* небесна механіка

5.14. Елементарність/простота та складеність як відносні атрибути реалій

при описі та поясненні руху планет також розглядала планети як цілісні реалії, не занурюючись в їх внутрішню будову. З античних часів до виникнення сучасної фізики атомам приписували атрибути неподільності, незмінності та просторового руху. Лише з відкриттям *Ернестом Резерфордом* та його колегами на початку ХХ століття складеної будови атомів як універсальних складників всіх макротіл²⁷⁷ повстало завдання пояснити відносну незруйновність атомів на ґрунті їх складеності з атомного ядра та електронної оболонки.

Узагальнюючи ці та інші ситуації з історії науки, можна висунути припущення, що при поглибленні наукового пізнання досліджуваних реалій відбувається перехід від розгляду їх як елементарних об'єктів до вивчення їх як складених сутностей. Останнє потребує виокремлення складників початкової елементарної реалії та відношень між ними. Ці складники певний час розглядаються як нові елементарні цілісні реалії. Відкриття та дослідження їх атрибутів слугує підґрунтям для пояснення деяких, але не всіх, атрибутів вихідної цілісної реалії. Своєю чергою, як демонструє історія науки, пояснення атрибутів складників потребує з'ясування їх складеної природи, тобто виокремлення складників первісних складників.

Важливими атрибутами, на які ми неявно посилалися при описі предметних галузей деяких сучасних природничих наук, були елементарність та складеність реалій. Розглянемо, як можна схематично репрезентувати онтичні уявлення про реалії в термінах цих атрибутів (рис. 5.9).

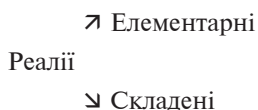


Рис. 5.9. Види реалій

По-перше, історія природничих наук демонструє, що розподіл реалій на елементарні або складені не є абсолютним, а залежить як від наявних засобів обсерваційного та/або експериментального дослідження реалій, так і від пізнавальних завдань, які розв'язуються. Можна зазначити, що будь-яка природна реалія обґрунтовано вважається елементарною, доки невідомі засоби знаходження її складників або доки не з'являються нездоланні протиріччя в системі знання, що припускає її елементарність.

Так, до побудови в 1789 році найбільшого на той час телескопа так звані зоряні туманності розглядалися як певні елементарні реалії. Їх спостереження за його допомогою дали підстави для висунення розробником телескопа англійським астрономом *Вільямом Гершелем*²⁷⁸ припущення, що насправді туманності є складеними реаліями, які утворюються з зірок, подібно до Чумацького шляху. Сучасним втіленням елементарної реалії космічного масштабу є так звані чорні діри, які характеризуються масою, горизонтом подій та гравітаційним радіусом²⁷⁹. Принаймні зараз наука не передбачає існування якихось їх складників.

Інтерпретація таких реалій мікросвіту, як елементарні частинки, як елементарних або складених, залежить від енергії, яку має зонд дослідження²⁸⁰. На даний час елементарними реаліями вважаються лептони й кварки (складники частинок які сильно взаємодіють — адронів).

Виходячи з поставлених завдань, має сенс розглядати як елементарні навіть ті реалії, про які відомо, що вони є складеними. Наприклад, хоча зараз достеменно встановлено, що атоми хімічних елементів є складеними реаліями, але для переважної більшості завдань, які вирішує сучасні неорганічна та органічна хімії, ці атоми доречно тлумачити як елементарні реалії. В теорії еволюції також елементарною одиницею природного добору є популяція, яка насправді складається з окремих живих істот.

Почнемо з атрибутивного представлення елементарної реалії. Воно полягає, по-перше, у виокремленні її атрибутів як елементарної без занурення в її внутрішню структуру та, по-друге, у встановленні зв'язків між цими атрибутами. Такі зв'язки утворюють своєрідну «зовнішню» атрибутивну структуру елементарної реалії (рис. 5.10).

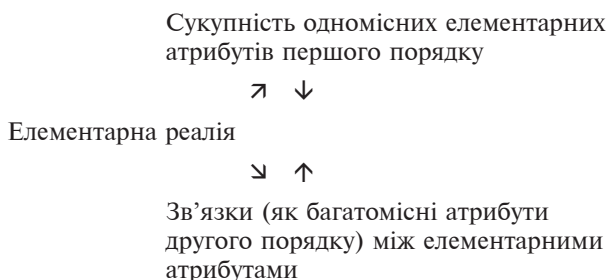


Рис. 5.10. «Зовнішня» атрибутивна структура елементарної реалії

5.15. Атрибутивний цикл переходу від елементарного до складеного

Відкриття складеності реалії, яка раніше вважалася елементарною, ставить завдання, з одного боку, знайти атрибути її складників та зв'язки між ними, а, з іншого, встановити зв'язки між її атрибутами як елементарної реалії та атрибутами її складників.

В історії філософії прообразом цього завдання була проблема співвідношення так званих первинних та вторинних якостей²⁸¹. У XVII столітті успіхи класичної фізики привели *Джона Лока* до усвідомлення проблеми зведення сенсорних атрибутів буденних реалій до постульованих фізикою атрибутів макрооб'єктів. Первинними вважалися атрибути (просторові та енергетичні параметри, маси, сили), які за класичною фізикою, мали макроскопічні реалії, а вторинними — атрибути, які були почуттєвими (смак, колір, звук, запах тощо). Незважаючи на гігантський прогрес природничих наук, все ще залишається майже бездонна прірва між атрибутами реалій сучасної фізики та атрибутами сенсорних речей. Спроби побудувати, наприклад, квантове пояснення атрибутів сенсорних речей поки²⁸² ще не отримали розуміння та підтримки з боку дослідників психології сенсорного сприймання.

5.15. АТРИБУТИВНИЙ ЦИКЛ ПЕРЕХОДУ ВІД ЕЛЕМЕНТАРНОГО ДО СКЛАДЕНОГО

Спіраючись на історію природничих наук, можна встановити деякі закономірності, які полягають у наявності певних циклів пізнання складених реалій. А саме, в процесі їх пізнання відбуваються переходи від початкового (як правило, більш примітивного) рівня сприйняття матерії, де певні реалії вважаються елементарними, до наступного (як правило, більш складного) рівня, коли ці ж реалії тлумачать як складені. Хоча у кожному такому пізнавальному циклі використовуються специфічні засоби і методи, при їх розгляді з точки зору атрибутивних властивостей з'ясовується структурна подібність циклів між собою.

Насправді в першому наближенні в кожному циклі можна виокремити чотири етапи. На першому етапі складена реалія розглядається як елементарний об'єкт, якому притаманні певні атрибути, які знаходяться та досліджуються (рис. 5.11). Отже, виконується така ж програма виокремлення та дослідження атрибутів складеної реалії, як і при дослідженні елементарної реалії. При цьому дослідник часто для спрощення аналізу абстрагується від складеності реалії, свідомо йдучи на це, бо на цьому етапі спрощення не шкодить пізнанню.

Сукупність елементарних атрибутів
першого порядку складеної реалії

↗ ↓

Складена реалія як елементарний об'єкт

↘ ↑

Зв'язки (як багатомісні атрибути другого
порядку) між елементарними атрибутами

Рис. 5.11. Атрибутивно-зовнішня декомпозиція елементарного об'єкта

На другому етапі з'ясовується, з яких складників побудована складена реалія та які зв'язки існують між ними (рис. 5.12).

Сукупність складників складеної реалії

↗ ↓

Складена реалія

↘ ↑

Сукупність зв'язків між складниками
складеної реалії («внутрішня»
структура складеної реалії)

Рис. 5.12. Складникова декомпозиція складеної реалії

На третьому етапі виокремлюються та досліджуються атрибути складників (рис. 5.13).

Сукупність елементарних атрибутів
першого порядку складника

↗ ↓

Складник як елементарна реалія

↘ ↑

Зв'язки (як багатомісні атрибути другого
порядку) між елементарними атрибутами
складника

Рис. 5.13. Атрибутивна декомпозиція складника складеної реалії

На четвертому етапі ставиться та розв'язується завдання з'ясування зв'язків між одномісними та багатомісними атрибутами досліджуваної реалії як елементарного об'єкта та одномісних

5.15. Атрибутивний цикл переходу від елементарного до складеного

ми і багатомісними атрибутами її складників як підпорядкованих елементарних об'єктів (рис. 5.14).

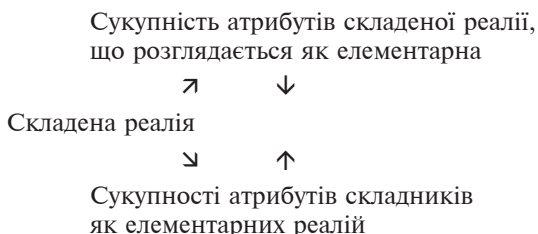


Рис. 5.14. Зв'язки атрибутів складеної реалії та її складників

У разі відкриття складеності складників цикл повторюється. Зрозуміло, що цей формально визначений цикл не віддзеркалює всієї специфіки та складнощів розробки, побудови та застосування систем знання, які претендують на опис та пояснення як самих реалій, так й їх складників. У багатьох випадках атрибути складників тлумачать як підстави для пояснення атрибутів складеної реалії. Але ми вже зазначали раніше, що не завжди атрибути складеної реалії можна онтично редукувати до атрибутів її складників. При утворенні складеної реалії дуже часто виникають такі її атрибути, які, принаймні, впродовж певного часу не вдається пояснити, посилячись на властивості атрибутів її складників. У випадках, коли не вдається пояснити деякі атрибути реалії як елементарного об'єкта посиланням на атрибути її складників, кажуть про так звані емерджентні атрибути складеної реалії²⁸³.

Чи буде цей пізнавальний цикл «цілісність-складеність» нескінченно відтворюватися — це відкрите конкретно-наукове питання, яке вирішується в різних наукових системах знання по-різному. Саме відсутність однозначної відповіді на таким чином поставлене питання відбиває загадковість, привабливість та чарівність науки. Як слушно зауважив письменник і популяризатор науки *Айзек Азімов*: «Незалежно від того, наскільки впевненими є науковці, в природі є спосіб їх здивувати»²⁸⁴.

5.16. ДЕЯКІ ФІЛОСОФСЬКІ ТА МЕТОДОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ЦИКЛУ «ЕЛЕМЕНТАРНІСТЬ/ЦІЛІСНІСТЬ-СКЛАДЕНІСТЬ»

У випадку наявності складників реалії розглядаються з точки зору їх складеності із інших реалій. Останні вважаються такими, що самостійно існують, та здебільшого просторово розділеними. Власне, так міркували перші атомісти або їх колеги-натурфілософи²⁸⁵, які вважали, що в основі світу лежить кілька стихій (у цьому сенсі байдуже скільки їх «насправді»)²⁸⁶. З розвитком науки з'ясувалося, що формула «складається з» є, принаймні, неточною, оскільки не враховує дефект маси²⁸⁷, який, у свою чергу, є наслідком еквівалентності маси та енергії ($E = mc^2$ — славнозвісна формула *Айнштейна*) в нерухомій системі відліку²⁸⁸. Тобто, не зважаючи на те, що фізичні дослідження свідчать про певну, притаманну кожному об'єктові складеність: атомарну²⁸⁹, молекулярну²⁹⁰, ядерну²⁹¹ та нуклонну²⁹², вона не зводиться до простої суми компонентів. Тому *складене* бачення світу є важливим, але має бути доповненим додатковими підходами до досліджуваних реалій.

Наприклад, згідно із сучасною фізичною теорією «кольорового конфайнменту»²⁹³, кварки як складники адронів неможливо спостерігати поза адронами. Але вивчення властивостей кварків відбувається при моделюванні їх як реалій, які ідентифікуються як незалежні одна від одної. Причому ці реалії постійно переходять одна в одну, залишаючись при цьому кварками. Це схоже на функціонування триликого індуїстського бога Брахми-Вішну-Шиви. Кожний його лик відповідає за його певну функцію: Брахма відповідає за створення, Вішну — за підтримку, а Шива — за руйнування світу²⁹⁴.

Іншою важливою обставиною, тісно пов'язаною з незвідністю складеної фізичної, хімічної або біологічної реалії до простої суми її складників, є поява індивідуальності мезоскопічних²⁹⁵ та макроскопічних тіл, попри принципову тотожність мікрочастинок та неможливість їх розрізнити²⁹⁶. Ця індивідуальність зразків, які містять достатню велику кількість атомів, зумовлена відсутністю ідеальності складу та структури, тобто наявністю дефектів і (або) домішок, які існують протягом деякого часу, що перевищує час спостереження або дослідження об'єкта експериментатором. Натомість ідеальний нескінченний кристал, скажімо, NaCl, який складений із двох підгратниць Na і Cl, не відрізнявся б від іншого такого ж кристала. Проте в дійсності таких абстрактних ідеаль-

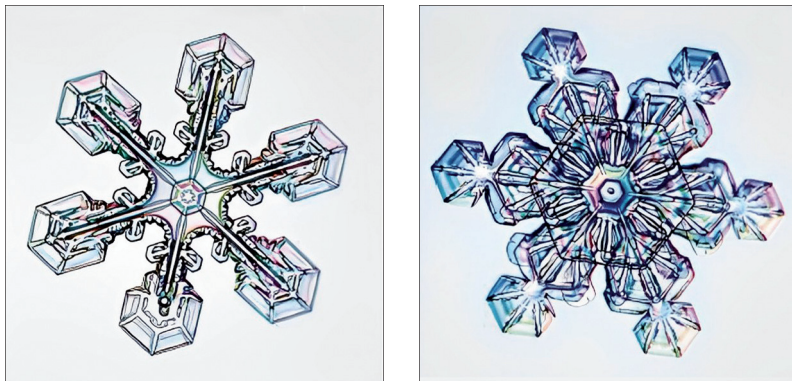


Рис. 5.15. Снігові кристали: яскраво проявляється випадкове на тлі закономірного³⁰²

них кристалів не існує²⁹⁷, хоча їхні складові атоми Na і Cl однакові. Це можна зрозуміти хоча б із такого незаперечного факту, що всі кристалічні зразки, з якими ми маємо справу, навіть за умов ідеальності структури в об'ємі є просторово обмеженими, тобто мають поверхню. Остання, очевидно, не є ідеальним об'єктом, оскільки її властивості залежать від орієнтації, релаксації, реконструкції, сегрегації та адсорбції ззовні²⁹⁸.

Наведемо ще один приклад, коли погляд на об'єкт дослідження з точки зору складеності має бути доповнений додатковими міркуваннями. А саме, розглянемо відомі всім снігові кристали — сніжинки²⁹⁹ (рис. 5.15). Вони зовсім різні, в чому легко переконається навіть неозброєним оком, хоча всі кристали, які мають однакову симетрію шестикутника, під час одного снігопаду виростають приблизно за однакових умов. Відрізняються вони формою самоподібних фрактальних дендритів, які виникли при зростанні кристалів³⁰⁰. А кожен дендрит має власну неповторну красу, бо зародження та зростання кристалів хоча й є закономірним явищем, зумовленим різницею термодинамічних потенціалів рідкого та кристалічного станів, але відбувається завдяки випадковим флуктуаційним процесам³⁰¹.

Щойно ми навели кілька прикладів, які ясно показують, що, навіть виходячи з одного або двох елементів та з'єднавши їх між собою за допомогою певної взаємодії, яку (у звичній для нинішніх науковців традиції спиратися на теоретичний апарат) називаємо «законом взаємодії» та описуємо відповідною компактною ма-

тематичною формулою, можемо отримати багато дуже відмінних між собою макроскопічних об'єктів. Це явище не є випадким. *Філіп Андерсон* звернув увагу на те, що хибним є апіорний конструктивістський підхід, коли (до реального досліджування всіх інших матеріальних рівнів) на основі фундаментальних законів взаємодії елементарних частинок прагнуть побудувати ієрархічну картину Всесвіту³⁰³. Причина полягає в тому, що симетрія, яка притаманна елементам нижчого, більш фундаментального, мікроскопічного рівня, може порушуватись та обов'язково порушується при переході до вищого рівня. *Андерсон* на цій підставі афористично стверджує, що «*більше є іншим*». Він підтверджує свій висновок на прикладі з електричним дипольним моментом. А саме, внаслідок виконання закону збереження просторової парності³⁰⁴, який має місце лише за відсутності слабкої взаємодії³⁰⁵, елементарна частинка не може мати дипольного моменту³⁰⁶. Водночас певні кристали (піроелектричні та сегнетоелектричні) мають електричний дипольний момент у кожній елементарній комірці своєї кристалічної ґратниці³⁰⁷. Таким чином, фундаментальна симетрія втрачається в кристалі. Це явище, в принципі, подібне до виникнення різноманіття сніжинок із однакових молекул води. Важливо, однак, що виникнення поляризації певного знаку в зазначених кристалах супроводжується появою поляризації протилежного знаку в інших кристалах, так що «в середньому» фундаментальна симетрія мікрорівня зберігається. Так само, якщо би ми складанням сукупності кристалів у вежу «усереднили» всі можливі чудові кристали, на кшталт зображених на рис. 5.15, то їх індивідуальність була би втрачена. Отже, складене бачення на кожному рівні об'єднання складових елементів має враховувати набуття іншої якості в повній згоді із відомим законом діалектики³⁰⁸.

Більше того, уявлення про частинки як елементарні цеглинки реалій вищого рівня є завжди лише більш або менш справедливою абстракцією. Насправді навіть у такому простому випадку, коли розглядаються механічно сполучені гранулярні структури³⁰⁹, строго говорити про окремі складові не доводиться. Купа піску не є сукупністю окремих піщинок, оскільки кожна піддається пружним силам з боку сусідів. Виникає колективна поведінка купи. Ясна річ, що для мікрочастинок зміни від гуртування в макроскопічний колектив є ще більш разючими. Так, електрони в твердому тілі перетворюються на квазічастинки із іншою масою (іноді на порядки більшою або значно меншою, ніж маса вільного електро-

на, а іноді й з іншим знаком — так звані «дірки»³¹⁰. Окрім того, від електрон-діркового квазічастинкового континуума твердотільної плазми метала або виродженого напівпровідника відбруньковується гілка колективного спектра плазмових коливань³¹¹, тобто на тлі первісних ферміонів утворюються бозонні збудження!

Коли ж метал стає надпровідним, то елементарні збудження, перенормовані внаслідок куперівського спарювання (дивись нижче), взагалі поєднують у собі властивості електронів і дірок³¹², хоча дослідники з повною підставою вважають саме явище надпровідності наслідком спарювання вихідних вироджених електронів за рахунок обміну віртуальними квантами коливань кристалічної ґратниці.

Надпровідність є чудовим прикладом до справедливості андерсонівського афоризму. Насправді, основний стан надпровідника не може бути побудований за допомогою теорії збурень, хоча *малий параметр* — константа електрон-фононої взаємодії — існує принаймні для надпровідників із малою критичною температурою, T_c , коли справедлива канонічна теорія видатних американських учених *Джона Бардіна*, *Леона Купера* й *Роберта Шріфера* (*БКШ*). Тобто формули для критичної температури та енергетичної щільності, яка пропорційна T_c , залежать від зазначеної константи не ступеневим, а експоненціальним чином. Це означає, що трохи нижче T_c не тільки елементарні збудження, а й весь стан металу докорінно змінюється, попри ті ж, майже незаймані, первісні складові: іони й електрони.

Такий примхливий характер надпровідності проявляється, зокрема, в непередбачуваності появи надпровідності в різних сполуках, сплавах і структурах. Наведемо лише два приклади, які проілюструють тезу *Андерсона*, який, до речі, був одним із визнаних апостолів надпровідності³¹³. Отже, паладій є металом, в якому спостерігаються значні магнітні флуктуації, які є антагоністом спін-синглетного куперівського спарювання — підґрунтя теорії *БКШ*. З іншого боку, паладій, мов губка, всмоктує водень (*не* надпровідник у твердому стані та навіть не метал за нормального тиску), який означені флуктуації придушує та робить Pd діаманетиком. Польський фізик *Тадеуш Скошкевич* зважив на це й провів дослідження, що продемонстрували перехід зразків PdH у надпровідний стан із доволі високою критичною температурою³¹⁴. Наступні дослідження в різних лабораторіях світу показали, що сплави PdCu, PdAg і PdAu, які є діаманетичними *не* надпровідни-

ками, всмоктуючи водень, стають надпровідниками із ще вищою температурою, ніж PdH³¹⁵. Тобто поєднання двох або трьох елементів, які в надпровідний стан не переходять, сприяє надпровідності. Наявність цього факту підтверджує нашу методичну позицію, але сам він, на жаль, досі залишився не поясненим із суто фізичної точки зору.

Цікавим фактом, коли нова реалія, створена з відомих елементів, демонструє зовсім неочікувані властивості, є поява надпровідності та феромагнетизму на межі розподілу між діелектричними немагнітними оксидами LaAlO₃ і SrTiO₃³¹⁶. Наявність кожного з цих станів у цьому місці стало несподіванкою, але їх співіснування теж вразило дослідників, оскільки прикладів, коли речовина є одночасно феромагнетиком та надпровідником, дуже мало³¹⁷, бо, як ми зазначали вище, впорядкування спінів руйнує синглетні куперівські пари, які складаються з електронів із протилежними спінами й магнітними моментами³¹⁸.

Наведені застереження аж ніяк не заперечують твердження про існування ієрархічних структур, де вищий рівень будується за рахунок об'єднання елементів нижчого рівня. Власне, саме такий погляд на конденсовані середовища і становить основу складеного бачення реалій. Штучні структури подібного ґтибу є основою технічного прогресу та невпинно продукуються^{319–321}, особливо починаючи з другої половини XX століття, коли шаленими темпами розвивалася електроніка³²², а згодом ще й спінтроніка³²³. Симптоматично, що сучасні методи створення матеріалів шляхом пошарового осадження дали можливість поєднати в єдині гібридні комплекси речовини зовсім різного походження³²⁴. Існують і природні матеріали такої побудови³²⁵. Щодо Всесвіту, то структура кластерів галактик, галактик та менших сукупностей зір скоріш за все також є ієрархічною³²⁶ (рис. 5.16).

Зауважимо, що незаперечне існування таких астрономічних реалій, як галактики, було доведено лише в першій третині минулого століття³²⁷. Їхнє відкриття за своїм світоглядним значенням порівнюють з побудовою *Коперником* геліоцентричної системи світу. «Повна зміна точки зору, спричинена космологічними відкриттями 20-х років XX століття, часто забувається. Але подібно до того, як коперніканська революція звільнила розум людини від віри у центральне положення Землі, так і відкриття справжньої природи позагалактичних туманностей як окремих «острів-

5.16. Деякі філософські та методологічні проблеми циклу ...

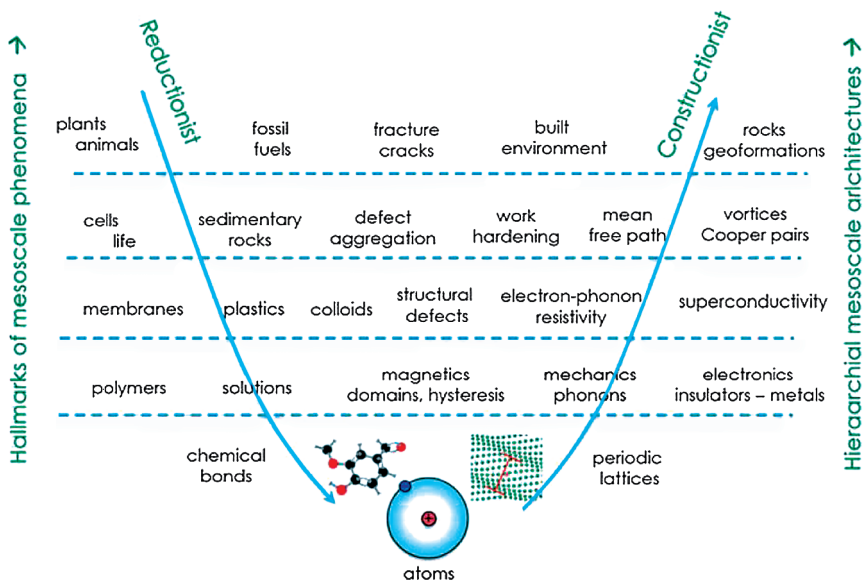


Рис. 5.16. Схематичне подання еволюції від редукціоністського до конструктивістських підходів, що є певною характеристикою мезонауки³²⁹

них всесвітів» започаткувало останній фронт астрономічної подорожі до величезних регіонів космосу»³²⁸ (рис. 5.17).

Цікаво, що фазові переходи в конденсованих системах, де окіл фазового переходу характеризується нескінченним (у атомних масштабах) радіусом кореляції флуктуацій, можна розглядати, базуючись на так званій масштабній інваріантності, запропонованій американським фізиком *Лео Каданоффим*, що передбачає нескінченну ієрархію блокових перетворень. А саме, поблизу фазового переходу (скажімо, магнітного) об'єднання кожної вибраної достатньо маленької сукупності елементів кристалічної ґратниці (спіни розташовані в її вузлах) в блок не повинно міняти характер переходу. Повторюючи процес об'єднання, можна знаходити так звані критичні індекси, які описують поведінку параметра порядку залежно від температури та зовнішнього поля (магнітного — у випадку спінів). Більше того, ґрунтуючись на ідеях *Каданоффа*, американський учений *Кеннет Вільсон* побудував теорію фазових переходів (згодом він отримав за це Нобелівську премію) із залученням уже відомого на той час з теорії квантових полів ме-

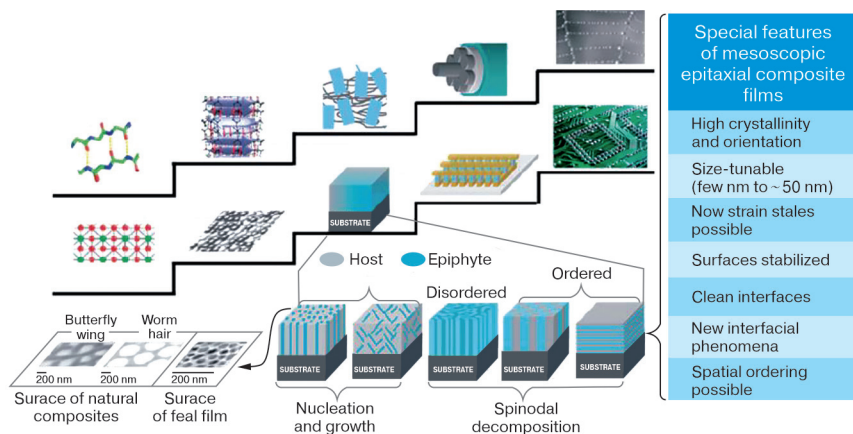


Рис. 5.17. Мезомасштабні сходи, що порівнюють павутину з епітаксійними композитними плівками з оксиду (верхні сходи, зліва направо). Павутиння самозбирається з (1) амінокислот до (2) агломерації кристалічних нанолістів, до (3) зшивання листів гнучкими аморфними ланцюгами, до (4) волокон, що утворюють будівельні блоки (5) павутини (нижні сходи, зліва направо). Паралельні мезомасштабні сходи епітаксiально спрямованих, самостійно зібраних оксидних композитних плівок, де (1) енергійні фрагменти в паровому шлейфі (2) конденсуються на монокристалічній підкладці (3). Зародження кристалітів відбувається з елементарних атомів у разі високого перенасичення з наступним зростанням кристалітів у фазово розділених областях. (4) Пристрої, утворені візерунковими контактами металізації, (5) з наступною інтеграцією цих пристроїв та інших пристроїв у мікросхему (знизу праворуч). Фактичні композитні оксидні плівкові структури (знизу ліворуч). Порівняння поверхонь природних конструкцій з фактичною поверхнею композитної плівки³³⁰

тоту ренормалізаційної групи, що дало змогу знаходити для конкретних систем точки фазового переходу та його характер (рід переходу)³³¹. Їєрархічна структура в даному випадку є результатом серії однакових перетворень, що нагадує поведінку згаданих вище фрактальних реалій³³².

5.17. ВИЗНАЧЕННЯ ОНТИЧНОЇ ПІДСИСТЕМИ

Викладене вище робить обґрунтованим виокремлення у системі наукового знання підсистеми, яка містить достовірні з поточної наукової точки зору змістовні погляди на побудову її предметної галузі й притаманні їй реалії та їх атрибути. Вони достовірні в

тому ж сенсі, як є незаперечними факти незалежного від людини та людства існування атомів, ссавців, зір та Всесвіту. Щодо фізиків, то погляди на те, яким є природний світ, формуються в них під час вивчення загальних курсів фізики. Далі відбувається, залежно від обраної фізичної спеціальності, поглиблене опанування необхідних для професіоналізації систем теоретичного знання. Підкреслимо, що з розвитком фізичної науки змінюються та уточнюються деталі попередніх уявлень про будову матеріального світу, додаються доведені та незаперечні знання про об'єктивне існування раніше невідомих фізичних реалій. Наприклад, під час навчання авторів у кінці 1960-х років ще тільки починала швидко розвиватися квантова хімія³³³ (стрімкому розвитку якої сприяло становлення комп'ютерних технологій), ще не було доведено існування кварків та чорних дір, які зараз сприймаються новими поколіннями фізиків як незаперечні реалії сучасної фізичної картини світу.

Для іменування анонсованої вище підсистеми системи наукового знання пропонуємо термін «онтична», який є похідним від давньогрецького слова *όντος* (сущє те, що існує)^{334, 335}. На нашу думку, тут є недоречним термін «онтологічна», тому що він зазвичай пов'язується з *онтологією* як філософським вченням (*λογος*) про універсальні риси буття³³⁶. В нашому випадку йдеться про ті спільні та особливі атрибути, які притаманні тим ареалам буття, які досліджують сучасні природничі науки. Тут можна було б вживати складений термін «конкретно-наукова онтологія», але це, з одного боку, ускладнювало б текст, а, з іншого, асоціювало б його з філософським застосуванням терміну «онтологія».

Таким чином, онтична підсистема — це система уявлень, постульованих як адекватні, про склад реалій та атрибути предметної галузі відповідної окремої системи наукового знання. Ці уявлення на даному етапі наукового розвитку обґрунтовано вважаються такими, яким відповідають наявні реалії. Йдеться про об'єктивне розчленування предметної галузі на певні реалії та їх тлумачення як носіїв притаманних ним атрибутів.

Онтична система відповідає на змістовні світоглядні питання: Що існує у предметній галузі системи наукового знання? Які воно має атрибути? Частковими випадками питання про атрибути реалій є такі питання: Який їх склад? Яка побудова реалії? Як вона змінюється? Як вона взаємодіє з іншими предметами? При загальній характеристиці онтичної системи сучасного природо-

знавства доцільно використовувати загальні філософські категорії³³⁷ на кшталт категорій світу в цілому, абсолюту, єдності, самодостатності, субстанції у сенсі *Спінози*, монадності у розумінні Ляйбніца, тоді як для конкретнішого опису онтичних підсистем конкретних систем наукового знання та взаємозв'язків між ними більш пасує їх опис у термінах реалій та їх атрибутів³³⁸.

5.18. ЧИ ВИПРАВДАНЕ УЯВЛЕННЯ ПРО ПОСТНЕКЛАСИЧНУ НАУКУ?

Як це не дивно, але стосовно специфіки спільних природних формоутворень або об'єктивних форм самодиференціації матерії не тільки у філософському, а й у конкретно-науковому середовищі існує безліч нечітких думок і формулювань, старих та нових міфів, непорозумінь, хибних думок та необґрунтованих суджень, які набули характер незаперечних догм. Наприклад, вигадання так званої постнекласичної фізики не у розумінні її гіпотетичного виникнення після некласичної фізики (теорії відносності та квантової механіки), а у розумінні знаходження вигаданих суб'єктивних, опосередкованих людською свідомістю реалій та їх атрибутів, які були відсутні у попередній фізиці. Серед них деякі автори вказують на уявну нерозривну єдність та неподільність дослідника і форм буття реалії, які він вивчає³³⁹. Ця єдність характеризує предмети, які в просторовому відношенні буцімто близькі до лівої сірої зони сучасної науки (див. рис. 5.1). Далі відбувається необґрунтоване з наукової точки зору поширення уявлень про специфіку такої «постнекласичної фізики» на всі сучасні науки³⁴⁰. На нашу думку, на підтвердження якої наведемо досить переконливі аргументи, йтиметься не про ліквідацію межі між дослідником та формами буття досліджуваного предмета, а про відкриття незвичайних навіть для некласичної науки форм буття нових предметів та специфіку отримання про них вірогідного знання.

5.19. РЕАЛІЇ/АТРИБУТИ *VERSUS* ЇХ НАЗВИ

Чим «далі» досліджувані предмети від сфери почуттєвих реалій, які сприймаються неозброєними органами чуття, тем більше шансів тлумачити реалії та їх атрибути як елементи систем знання про відповідні предмети. Відбувається переплутування онтич-

них атрибутів реалії та репрезентацій атрибутів у системі знання про неї.

У п. 1.4. **Назви** було обґрунтовано необхідність розрізнення при аналізі конкретних систем наукового знання реалій та їх назв. Варто поширити таке розрізнення на опис реалій та їх атрибутів.

Отже, будемо символічно представляти реалію r та її атрибут $a(r)$ у вигляді $r/a(r)$, а їх назви у вигляді $r/a(r)$. За допомогою такого розрізнення можна будувати вислови на кшталт « $r/a(r)$ є назвою реалії/атрибуту $r/a(r)$ ». З урахуванням цього розрізнення стандартними представленнями атрибутів слугуватимуть різні за формою, але тотожні за змістом лінгвістичні вирази « $a(r)$ є атрибутом r », або « r має атрибут $a(r)$ », або « r є носієм атрибута $a(r)$ », «назва $a(r)$ позначає атрибут $a(r)$ предмета r , який має назву r » тощо.

Використовуючи мову неформальної теорії множин для представлення певного атрибута реалій, його зазвичай моделюють як множину реалій, які мають цей атрибут. Скажімо, атрибут деяких фізичних реалій «бути червоними» моделюється як множина всіх реалій, які є червоними. При цьому абстрагуються від способів та методів виокремлення атрибутів, емпіричного та обчисленого визначення їх значень, їх зіставлення, побудови композицій одних атрибутів з інших атрибутів, від ролі, яку вони відіграють у конструюванні моделей реалій, формулюванні проблем щодо цих моделей тощо. Пропонуючи теоретично-множинне моделювання атрибутів, деякі філософи науки фактично не розрізняють реалії/атрибути та їх назви. Оперуючи у мисленні з назвами, вони мають на увазі дії з реаліями/атрибутами, які позначаються цими назвами. Іншими словами, експериментальні дії з реаліями несвідомо підмінюються лінгвістичними абстрактними діями з їх назвами.

Дійсно, традиційна теоретично-множинна модель деякого атрибута певних реалій конструюється з його назви та назв реалій, які за припущенням мають цей атрибут. Модель має такий вигляд: $a(r) = \{.., r_i, ..\}$, де r_i є іменем реалії r_i , яка має атрибут $a(r)$. Фактично, використовуючи таку модель, філософи науки як семантику системи наукового знання змістовно розглядають не її предметну галузь, яка складається з реалій та їх атрибутів, а називну підсистему цієї системи наукового знання. Як наслідок, суто математичні відношення та перетворення назв реалій та їх атрибутів безпідставно тлумачать як практичні дії з реаліями і атрибутиками, які позначаються цими назвами.

Крім того, за допомогою такого ототожнення назв з тими об'єктами, які вони позначають, відбувається моделювання не атрибута $a(r)$ досліджуваних предметів вигляду r , а іншого дихотомічного атрибута $d(a(r))$, назвою якого є «мати атрибут $a(r)$ ». Таке моделювання поділяє всі існуючі реалії на два класи — члени першого класу мають атрибут $a(r)$, а предмети другого класу його не мають. Таким чином, традиційне теоретично-множинне моделювання атрибутів вказує лише на наявність чи відсутність певного атрибута $a(r)$ у всіх наявних предметів. Воно не є евристичним для аналізу предметних галузей систем наукового знання, тому що не розкриває специфіку атрибутів відповідних предметів, залишає осторонь проблему знаходження кількісних значень атрибутів, їх зв'язків та кількісних значень зв'язків. Отже, для вказаного моделювання немає принципової різниці між моделюваннями такого атрибута $a(r)$ реалій класичної фізики, як їх просторове положення, та такого атрибута реалій квантової фізики, як імовірність знаходження квантових об'єктів в певному просторовому об'ємі. В кожному з цих випадків відповідні атрибути моделюються як множини, до яких входять назви, відповідно, класичних об'єктів та квантових об'єктів, причому втрачається специфіка атрибутів цих, принципово відмінних одна від одної реалій.

5.20. ПРОГРАМИ ВИВЧЕННЯ ПРЕДМЕТНОЇ ГАЛУЗІ

Система наукового знання завжди предметно спрямована та повинна розглядатися в поєднанні з відповідною предметною галузю. Наприклад, атомна фізика як мережа окремих систем знання продукує, диференціює та систематизує впродовж понад ста років обґрунтоване знання про властивості та закономірності світу атомів, а не про планети Сонячної системи. Зрозуміло, що предметна галузь окремої системи знання атомної фізики (наприклад, самоузгодженої квазікласичної статистичної теорії багатоелектронних атомів³⁴¹) відрізняється від предметної галузі іншої окремої системи знання (наприклад, теорії руху Місяця³⁴²) небесної механіки, не кажучи вже про її відмінності від предметної галузі окремої системи (наприклад, теорії еволюції) сучасної біології. Але за всіма очевидними та суттєвими відмінностями різних предметних галузей приховані певні спільні закономірності процесів їх пізнання.

5.20. Програми вивчення предметної галузі

Припустімо, що конкретна предметна галузь складається із сукупності однотипних реалій, які слід тлумачити як незалежні від дослідників матеріальні феномени, що зазвичай називаються загальними словами: «фізична/хімічна/біологічна система/об'єкт/організм/реалія», «явище», «подія»; «властивість», «ознака»; «процес»; «стан» тощо та їх конкретизаціями різної загальності: «атом», «молекула», «сполука», «клітина», «сsaveць», «капілярність»; «маса», «заряд», «валентність», «хижак»; «розпад», «синтез», «смерть»; «рівноважний», «несталий», «вироджений» тощо. Надалі будемо розуміти предметну галузь як складену з відносно самостійних реалій, що є носіями невіддільних від них атрибутів.

З метою знаходження закономірностей розвитку загальних уявлень про предметні галузі систем наукового знання виокремимо в першому наближенні три програми дослідження цих галузей: *інгредієнтну*, *холістичну* та *варіативну*. Згідно з першою досліджується реалія вивчається шляхом відтворення її внутрішньої будови як складеної з (встановлених або гіпотетичних) сталих інгредієнтів, які можна «витягти» з неї. Згідно з другою реалія моделюється як носій невіддільних від неї сталих атрибутів без занурення в її будову. Згідно з третьою реалія аналізується з точки зору змінюваності її інгредієнтів та атрибутів. Згідно з *інгредієнтною* програмою будь-які природні (фізичні, хімічні, біологічні тощо) реалії, які локалізовані у просторі та існують протягом певного часового проміжку, нагадують нестандартні мотрійки, всередині яких знаходиться не одна, а декілька різних ляльок, які, в свою чергу, теж можуть містити декілька менших за них незбіжних ляльок.

Спробуємо уточнити викладене вище. Нехай змінна m ($m = 0, 1, 2, \dots$) означає кількість реалій з відповідної множини, а n ($n = 0, 1, 2, \dots$) — порядок реалії, який визначається наступним чином. Досліджувані однотипні реалії мають нульовий порядок, а їх інгредієнти — перший порядок. Далі порядки визначаються за індукцією. Для реалії n -го порядку його інгредієнти мають $(n + 1)$ -й порядок. Таким чином на множині реалій вводиться сукупність відношень порядку «складатися з».

Абстрагуючись від фізичної реалізації цих відношень, тобто практичного розподілу реалії n -го порядку на $m(n)$ його інгредієнтів $(n + 1)$ -го порядку маємо два можливих варіанти інгредієнтної програми. За «нескінченим» варіантом для будь якої реалії n -го порядку завжди існують принаймні дві реалії $(n + 1)$ -го порядку. За «скінченим» варіантом для певної реалії k -го поряд-

ку вже не можливо надати самостійне існування її інгредієнтам $(k + 1)$ -го порядку.

При цім згідно із сучасним уявленням про світ елементарних частинок є певні підстави вважати, що інгредієнти $(k + 1)$ -го порядку існують всередині реалій k -го порядку, тобто в природі реалізується як раз «скінченний» варіант інгредієнтної програми. Йдеться про вже згаданий вище так званий *конфайнмент* кварків, коли з адронів, які згідно з сучасним уявленням складаються з кварків, фізично неможливо виділити кварки у статусі незалежно існуючих. До речі, якщо розглядати спостережуваний *Всесвіт* як реалію s -го порядку, то часто-густо його тлумачать як один із інгредієнтів більшої реалії $(s - 1)$ -го порядку, назвою якої є *Мультисвіт*.

Друга, *холістична* програма передбачає декомпозицію досліджуваної реалії не на її окремі інгредієнти, а на сукупність її атрибутів, між якими з поглибленням пізнання асоціюються атрибути вищих порядків, зокрема атрибути атрибутів та зв'язки між атрибутами. В межах цієї програми також має сенс розрізнати різні атрибути, які зручно впорядкувати по рангах. Самій реалії присвоюється нульовий ранг (образно кажучи, реалія невіддільна від себе). Перший ранг мають атрибути самої реалії, другий ранг — атрибути атрибутів першого порядку тощо. Інтерпретована таким чином досліджувана реалія репрезентується як ієрархічна система її атрибутів.

Зауважимо, що принципове значення в сучасній науці має не тільки експериментальне дослідження атрибутів, а й знаходження їх значень за допомогою як вимірювань, так і обчислювань у межах відповідних систем знання. Досі сучасна наука обмежується розглядом значень атрибутів не дуже високого рангу, хоча це обмеження не є принциповим.

Третя, *варіативна* програма торкається взаємозв'язку «статичного» та «динамічного» варіантів розуміння світу і виділених в ньому реалій, їх інгредієнтів та атрибутів. У певному сенсі вона може тлумачитися як конкретизація та науковий синтез двох натурфілософських поглядів на природу: метафізичного та діалектичного. Згідно з варіативною програмою кожний предмет дослідження репрезентується своїми як статичними, так і динамічними атрибутами. Наприклад, сучасне розуміння світу елементарних частинок характеризується так званими фізичними константами (заряд і маса електрона, гравітаційна стала, стала Планка, швидкість

5.20. Програми вивчення предметної галузі

світла у вакуумі тощо) і законами взаємодії, тобто взаємних перетворень елементарних частинок.

Ці програми задають своєрідну систему відліку, за допомогою якої можна класифікувати епізоди та періоди розвитку й взаємозв'язку предметних галузей конкретних наук³⁴³. Наприклад, виникнення атомної фізики почалося з виділення атомів як особливих предметів дослідження. Далі відбувалося знаходження їх певних атрибутів (розмір, маса, місце в періодичній таблиці елементів, валентність тощо), встановлення їх будови з атомного ядра та електронів, з'ясування того, що рух електронів суперечить класичній електродинаміці, відкриття спіну як їхнього некласичного атрибуту тощо. Зараз атоми вивчаються як складені системи, властивості яких описуються класичними механічними (маса), електродинамічними (заряд) і суто квантовими (спін) атрибутами їх інгредієнтів. Ці програми, з одного боку, репрезентують головні взаємопов'язані аспекти наукового бачення природи, а, з іншого, змушують розробляти для їх осмислення належні засоби (поняття, моделі, операції, оцінки тощо) у відповідних системах знання.

Якщо уважно проаналізувати наведену вище інформацію про просторові та часові характеристики предметної галузі сучасної науки, то можна прийти до наступного висновку. Як спільна предметна галузь науки в цілому, так і предметна галузь конкретної природничої науки об'єктивно диференціюються на окремі особливі реалії. Ці реалії об'єднуються в специфічні класи, критерієм входження до яких є певні спільні атрибути реалій. Деякі з класів мають доволі малу кількість членів, наприклад планет Сонячної системи. За останніми даними їх налічують вісім. Навпаки, деякі класи мають дуже велику кількість членів. Наприклад, у спостережуваному Всесвіті налічується близько 10^{80} атомів. Зрозуміло, що дослідити всі члени більшості відомих класів неможливо та й не доцільно з практичної й фундаментальної точок зору. Тому науковці часто припускають, що для отримання знання про всі реалії обраного класу достатньо вивчати тільки їх одиничних або типових представників.

Цікаво зазначити, що просування у бік все менших просторових та часових інтервалів виявляє у відповідних реалій втрату їх індивідуальності. Умовна межа між класами повністю тотожних реалій та класами індивідуалізованих реалій проходить між так званими мікросвітом і макросвітом. Скажімо, всі молекули одно-

го структурно-формульного складу та конформації повністю то-
тожні, тоді як різні цеглини, вироблені на одному обладнанні, не-
одмінно більше чи менше різняться.

5.21. БІБЛІОГРАФІЯ ТА КОМЕНТАРІ

¹ Сукупність сучасних когнітивних наук намагається запровадити такий науковий підхід до вивчення свідомості, який не обмежується лише персональною інтроспекцією, звітами про аналогічний досвід інших осіб та суто філософськими міркуваннями. Дивись, наприклад, R. L. Gregory (ed.), *The Oxford Companion to the Mind* (Oxford University Press, Oxford, 1987); R. A. Wilson, F. C. Keil (eds.), *The MIT Encyclopedia of the Cognitive sciences* (MIT, Cambridge, 1999); W. Bechtel, G. Graham (eds.), *A Companion to Cognitive Science* (Wiley-Blackwell, 1999); A. Freeman, *Consciousness: A Guide to the Debates* (ABC-CLIO, 2003); L. Nadel (ed.), *Encyclopedia of Cognitive Science* (Wiley, 2003); W. P. Banks, *Encyclopedia of Consciousness* (Academic Press, 2009); D. Zahavi, D. Schmicking, S. Gallagher (eds.), *Handbook of Phenomenology and Cognitive Science* (Springer Netherlands, 2010); K. Frankish, W. Ramsey, *The Cambridge Handbook of Cognitive Science* (Cambridge University Press, Cambridge, 2012); E. Irvine, *Consciousness as a Scientific Concept. A Philosophy of Science Perspective* (Springer Netherlands, 2013); A. E. Cavanna, A. Nani, H. Blumenfeld, S. Laureys (eds.), *Neuroimaging of Consciousness* (Springer, Berlin, 2013); A. E. Cavanna, A. Nani, *Consciousness Theories in Neuroscience and Philosophy of Mind* (Springer, Berlin, 2014); Th. Natsoulas, *The Conceptual Representation of Consciousness* (Cambridge University Press, 2015); U. Kriegel, *The Varieties of Consciousness* (Oxford University Press, Oxford, 2015); W. Seager, *Theories of Consciousness. An Introduction and Assessment* (Routledge, New York, 2016); S. Schneider, M. Velmans, *The Blackwell Companion to Consciousness. 2nd ed.* (Wiley Blackwell, Malden, 2017); S. Blackmore, E. T. Troscianko, *Consciousness. An Introduction. 3rd ed.* (Taylor & Francis, Oxon, 2018); T. E. Feinberg, J. M. Mallatt, *Consciousness Demystified* (MIT Press, Cambridge, MA, 2018); R. J. Gennaro, *The Routledge Handbook of Consciousness* (Routledge, New York and London, 2018); M. Massimini, G. Tononi, *Sizing Up Consciousness. Towards an Objective Measure of the Capacity for Experience* (Oxford University Press, Oxford, 2018); J. O. Chimakonam, U. O. Egbai, S. T. Segun, A. D. Attoe, *New Conversations on the Problems of Identity, Consciousness and Mind* (Springer, Cham, 2019); M. Overgaard, J. Mogensen, A. Kirkeby-Hinrup (eds.), *Beyond Neural Correlates of Consciousness* (Routledge, London and New York, 2020); M. Tye, *Vagueness and the Evolution of Consciousness. Through the Looking Glass* (Oxford University Press, Oxford, 2021).

² Зауважимо, що слід розрізняти «живе (активне, діюче)» знання, що сформоване свідомістю, існує в ній і є підґрунтям для породження нового знання, та «зафіксоване» (пасивне) знання у вигляді текстових чи електронних репрезентацій, зовнішніх відносно свідомості.

³ Використовуючи термін середньовічної схоластики, Едмунд Гуссерль, засновник феноменологічної філософії, назвав спрямованість інтенціональністю. Ось яке її визначення дає сучасне авторитетне філософське джере-

5.21. Бібліографія та коментарі

ло: «Інтенціональність — це здатність розуму бути/висловлюватися про речі, властивості та стан речей, репрезентувати або представляти їх». <http://plato.stanford.edu/entries/intentionality>.

⁴ М. И. Каганов, Г. Я. Любарский, *Абстракция в математике и физике* (Физматлит, Москва, 2005); P Damerow, *Abstraction and Representation. Essays on the Cultural Evolution of Thinking* (Springer, Dordrecht, 1996); R. В. Maddox, *A Transition to Abstract Mathematics. Mathematical Thinking and Writing. Second Edition* (Elsevier, Burlington, 2009).

⁵ *Античная мифология. Энциклопедия* (ЭКСМО, Москва, 2004); Аполлодор, *Мифологическая библиотека* (Наука, Москва, 1972); Ф. Арський, *В країні міфів* (Веселка, Київ, 1971); Т. Булфинч, *Мифы и легенды рыцарской эпохи* (Центр-полиграф, Москва, 2009); Я. Э. Голосовкер, *Избранное. Логика мифа* (Центр гуманитарных инициатив, Москва, 2010); К. Королев, *Энциклопедия сверхъестественных существ* (ЭКСМО, Москва, 2005); В. Я. Пропп, *Фольклор и действительность. Избранные статьи* (Наука, Москва, 1976); К. Саган, *Мир, полный демонов. Наука — как свеча во тьме* (Альпина Паблишер, Москва, 2014); С. О. Шмидт, *Феномен Фоменко* (Наука, Москва, 2005).

⁶ W. С. Bray, *A periodic reaction in homogeneous solution and its relation to catalysis*. J. Chem. Soc., **43** (6), 1262—1267 (1921); Б. П. Белоусов, *Периодически действующая реакция и ее механизм*. В Сборник рефератов по радиационной медицине за 1958 год (Медгиз, Москва, 1959), с. 145.

⁷ R. J. Field, M. Burger, *Oscillations and Travelling Waves in Chemical Systems* (John Wiley and Sons, New York, 1985).

⁸ H. Haken, *Synergetics. An Introduction. Nonequilibrium Phase Transitions and Self-Organization in Physics, Chemistry and Biology* (Springer, Berlin, 1977).

⁹ H. Haken, *Advanced Synergetics. Instability Hierarchies of Self-Organizing Systems and Devices* (Springer, Berlin, 1983).

¹⁰ H. Haken, *Synergetics. Introduction and Advanced Topics* (Springer, Berlin, 2004).

¹¹ H. Haken, *Information and Self-Organization. A Macroscopic Approach to Complex Systems. Third Enlarged Edition* (Springer, Berlin, 2006).

¹² A. Hutt, H. Haken (eds.), *Synergetics. A Volume in the Encyclopedie of Complexity and Systems Science. Second Edition* (Springer, New York, 2020).

¹³ Y. Oono, *The Nonlinear World. Conceptual Analysis and Phenomenology* (Springer, Tokyo, 2013).

¹⁴ L. N. Lupichev, A. V. Savin, V. N. Kadantsev, *Synergetics of Molecular Systems* (Springer, Cham, 2015).

¹⁵ S. C. Müller, G. Rodons, P. J. Plath, A. Fuchs (eds.), *Complexity and Synergetics* (Springer, Cham, 2018).

¹⁶ А. Ю. Лоскутов, А. С. Михайлов, *Введение в синергетику* (Наука, Москва, 1990).

¹⁷ Д. С. Чернавский, *Синергетика и информация. Динамическая теория информации. Издание второе, исправленное и дополненное* (УРСС, Москва, 2004).

¹⁸ С. П. Капица, С. П. Курдюмов, Г. Г. Малинецкий, *Синергетика и прогнозы будущего. Издание третье* (УРСС, Москва, 2003).

¹⁹ Е. Л. Фейнберг, *Две культуры. Интуиция и логика в искусстве и науке* (Век-2, Фрязино, 2004).

- ²⁰ В. Полищук, *Мастеровые науки* (Наука, Москва, 1989).
- ²¹ С. Э. Шноль, *Герои, злодеи, конформисты российской науки* (УРСС, Москва, 2010).
- ²² Н. Henderson, *Alan Turing. Computing Genius and Wartime Code Breaker* (Chelsea House, New York, 2011).
- ²³ А. М. Turing, *The chemical basis of morphogenesis*. Phil. Trans. R. Soc. London. Series B, **237** (641), 37—72 (1952).
- ²⁴ Б. Н. Белинцев, *Физические основы биологического формообразования* (Наука, Москва, 1991).
- ²⁵ Г. Голдстейн, *Классическая механика* (Наука, Москва, 1975).
- ²⁶ М. Мак-Клоски, *Интуитивная физика*. В мире науки, 1983, № 6, 90—98; D. M. Watts, *A study of schoolchildren's alternative frameworks of the concept of force*. Eur. J. Sci. Educ., **5** (2), 217—230 (1983); D. E. Brown, *Students' concept of force. The importance of understanding Newton's third law*. Phys. Educ., **24** (6), 353—358 (1989); R. Driver, E. Guesne, A. Tiberghien (eds.), *Children's Ideas in Science* (Wiley-Blackwell, Philadelphia, 1999); M. G. Ebison, *Newtonian in mind but Aristotelian at Heart*. Sci. & Educ., **2** (4), 345—362 (1993); W. W. Hackborn, *On motion in a resisting medium. A historical perspective*. Amer. J. Phys., **84** (2), 127—134 (2016).
- ²⁷ Аристотель, *Физика*. В Аристотель, *Сочинения*. В 4-х т. Т. 3 (Мысль, Москва 1981); Аристотель, *Метафизика*. Переводы. Комментарии. Толкования (Алетейя/Эльга, Санкт-Петербург, Киев, 2002); И. Д. Рожанский. *Понятие «природа» у древних греков*. Природа, 1974, № 3, 78—83; А. Чанышев, *Аристотель* (Мысль, Москва, 1987); В. П. Зубов, *Аристотель* (Эдиториал УРСС, Москва, 2000); М. Адлер, *Аристотель для всех. Сложные философские идеи простыми словами* (Манн, Иванов и Фербер, Москва, 2015); J. Sachs, *Aristotle's Physics. A Guided Study Masterworks of Discovery* (Rutgers University Press, New Brunswick and London, 1995); H. S. Lang, *The Order of Nature in Aristotle's Physics* (Cambridge University Press, New York, 1998); A. Falcon, *Aristotle and the Science of Nature. Unity Without Uniformity* (Cambridge University Press, New York, 2005); M. Leunissen (ed.), *Aristotle's Physics: A Critical Guide* (Cambridge University Press, Cambridge, 2015).
- ²⁸ В. М. Casper, *Galileo and the fall of Aristotle: A case of historical injustice?* Amer. J. Phys., **45** (4), 325—330 (1977); W. W. Hackborn, *On motion in a resisting medium: A historical perspective*. Amer. J. Phys., **84** (2), 127—134 (2016); C. Rovelli, *Aristotle's physics: A physicist's look*. J. Amer. Philosoph. Associat., **1** (1), 23—40 (2015); A. Stinner, *The story of force: from Aristotle to Einstein*, Phys. Educ., **29** (2), 77—85 (1994).
- ²⁹ *Ньютон* був творцем фізики як науки, засновником теоретичної механіки, оптики, теоретичної астрономії, творцем диференціального та інтегрального числень. И. Ньютон, *Математические начала натуральной философии* (Москва, Наука, 1989); И. Ньютон, *Лекции по оптике* (Издательство АН СССР, Москва, 1946); С. И. Вавилов, *Исаак Ньютон*. Издание четвертое, дополненное (Наука, Москва, 1989); И. С. Дмитриев, *Неизвестный Ньютон. Силуэт на фоне эпохи* (Алетейя, Санкт-Петербург, 1999); А. Дюран Гарденно, *Ньютон. Закон всемирного тяготения*. Наука. Величайшие теории 9 (Де Агостини, Москва, 2015); I. B. Cohen, G. E. Smith, *The Cambridge Companion*

5.21. Бібліографія та коментарі

to Newton (Cambridge University Press, Cambridge, 2004); J. Weir, *Isaac Newton and the Laws of the Universe* (Teacher Created Materials Publishing, Huntington Beach, 2008); N. Guicciardini, *Isaac Newton on Mathematical Certainty and Method* (The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 2009); W. Rankin, *Introducing Newton. A Graphic Guide* (Icon Books, London, 2012); C. Mooney, *Isaac Newton. Genius Mathematician and Physicist* (ABDO Publishing, North Mankato, Minnesota, 2014).

³⁰ Галілей був одним із засновників сучасної науки та наукового мислення. Г. Галілей, *Избранные труды в двух томах* (Наука, Москва, 1964); Б. Г. Кузнецов, *Галилей* (Наука, Москва, 1964); Э. Шмутцер, В. Шютц, *Галилео Галилей* (Москва, Мир, 1987); И. С. Дмитриев, *Упрямый Галилей* (Новое литературное обозрение, Москва, 2015); Р. Ц. Оррит, *Галилей. Научный метод. Природа описывается формулами*. Наука. Величайшие теории 9 (Де Агостини, Москва, 2015); M. A. Finocchiaro, *Galileo and the Art of Reasoning: Rhetorical Foundations of Logic and Scientific Method* (Reidel, Dordrecht, 1980); J. MacLachlan, *Galileo Galilei. First Physicist* (Oxford University Press, Oxford, 1997); P. Machamer, *The Cambridge Companion to Galileo* (Cambridge, Cambridge University Press, 1998); J. Lévy, *From Galileo to Lorentz... and Beyond. Principles of a Fundamental Theory of Space and Time* (Apeiron, Montreal, 2003); A. Naess, *Galileo Galilei. When the World Stood Still* (Springer, Berlin, 2007); M. Bersanelli, M. Gargantini, *From Galileo to Gell-Mann. The Wonder that Inspired the Greatest Scientists of all Time in their own Words* (Templeton Press, West Conshohocken, 2009); D. Boccaletti, *Galileo and the Equations of Motion* (Springer, Cham, 2016).

³¹ И. Кеплер, *О шестиугольных снежинках* (Москва, Наука, 1983); J. Kepler, *The harmony of the world*. American Philosophical Society, 209, 1997; Ю. А. Бельгий, *Иоганн Кеплер* (Наука, Москва, 1971); В. Е. Белонучкин, *Кеплер, Ньютон и все-все-все ...* (Наука, Москва, 1990); Д. В. Аносов, *От Ньютона к Кеплеру* (МЦНМО, Москва, 2006); Е. Б. Лопез, *Кеплер. Движение планет. Танцы со звездами*. Наука. Величайшие теории 4 (Де Агостини, Москва, 2015).

³² Певна річ, що не кожне відкриття нового явища в природничій царині одразу усвідомлюється як нове, досі не вивчене, або взагалі помічається на тлі безперервного потоку експериментальних відомостей, які «постачаються» експериментаторами, а то й кмітливими аматорами. Наприклад, рентгєнівські промені виникають у кожній достатньо відкачаній газорозрядній трубці внаслідок бомбардування електронами анода. Проте помітив нові на той час промені та усвідомив їх новизну лише Вільгельм Рєнтген. Див.: А. Комптон, С. Алісон, *Рєнтгєновские лучи. Теория и эксперимент* (ОГИЗ, Ленинград—Москва, 1941). Необхідно зазначити, що хід думок та наступні експерименти Рєнтгена з вивчення властивостей цих променів були аж ніяк не тривіальні: L. W. Alvarez, *Berkeley: A Lab Like No Other*. Eur. J. Phys., **9** (3), 195—199 (1988).

³³ X-L. Qi, S-C. Zhang, *Topological insulators and superconductors*. Review of Modern Physycs, **83** (4), 1057—1110 (2011). Нобєлівську премію за 2016 рік із фізики дали трьом американським ученим британського походження Майклу Костєрлітцу, Дєйвиду Таулєсу та Данкену Холдєйну, див.: E. Gibney, D. Castelvecchi, Nobel for 2D exotic matter. *Physics award goes to theorists who used topology to explain strange phenomena*. Nature, **538** (7623), 18.

³⁴ M. A. Garlick, *The Story of the Solar System* (Cambridge University Press, Cambridge, 2002); M. A. Seeds, D. E. Backman, *The Solar System. Seventh Edition* (Brooks/Cole, Boston, MA, USA 2011).

- ³⁵ В. П. Зубов, *Развитие атомистических представлений до начала XIX века* (Наука, Москва, 1965).
- ³⁶ Г. Мендель, *Опыты над растительными гибридами* (Наука, Москва, 1965).
- ³⁷ T. Dobzhansky, *Genetics and the Origin of Species. Third Revised Edition* (Columbia University Press, New York, London, 1951).
- ³⁸ J.-P. Gaudillie, H. J. Rheinberger, *From Molecular Genetics to Genomics. The Mapping Cultures of Twentieth Century Genetics* (Routledge, London, 2004).
- ³⁹ E. Jablonka, M. J. Lamb, *Evolution in Four Dimensions. Genetic, Epigenetic, Behavioral, and Symbolic Variation in the History of Life* (The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 2005).
- ⁴⁰ R. Falk, *Genetic Analysis. A History of Genetic Thinking* (Cambridge University Press, Cambridge, 2009).
- ⁴¹ P. Griffiths, K. Stotz, *Genetics and Philosophy. An Introduction* (Cambridge University Press, Cambridge, 2013).
- ⁴² J. C. Avise, *Sketches of Nature. A Geneticist's Look at the Biological World During a Golden Era of Molecular Evolution* (Elsevier, Academic Press. Amsterdam, 2016).
- ⁴³ Н. В. Тимофеев-Ресовский, *Генетика, эволюция, значение методологии в естествознании. Лекции, прочитанные в Свердловске в 1964 году* (Токмас-пресс, Екатеринбург, 2009).
- ⁴⁴ А. Е. Гайсинович, *Зарождение и развитие генетики* (Наука, Москва, 1988).
- ⁴⁵ Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц, *Теоретическая физика. Том третий. Квантовая механика, нерелятивистская теория. Издание четвертое, исправленное при участии Л. П. Питаевского* (Наука, Москва, 1989).
- ⁴⁶ Д. В. Сивухин, *Общий курс физики. Том пятый: атомная и ядерная физика. Часть первая. Атомная физика* (Наука, Москва, 1986).
- ⁴⁷ M. Pagel (ed.), *Encyclopedia of Evolution. In two volumes* (Oxford University Press, Oxford, 2002).
- ⁴⁸ C. Mills, *The Theory of Evolution. What It Is, Where it Came From, and Why It Works* (Wiley, Hoboken, 2004).
- ⁴⁹ *Evolution. A Scientific American Reader* (The University of Chicago Press, Chicago, 2006).
- ⁵⁰ D. J. Larson, *Evolution. The Remarkable History of a Scientific Theory* (Modern Library, New York, 2006).
- ⁵¹ M. A. Nowak, *Evolutionary Dynamics. Exploring the Equations of Life* (Belknap Press of Harvard University Press, Harvard, 2006).
- ⁵² M. Ruse, J. Travis (eds.). *Evolution. The First Four Billion Years* (The Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge, MA, London, 2009).
- ⁵³ M. Pigliucci, G. B. Müller (eds.), *Evolution. The Extended Synthesis* (The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 2010).
- ⁵⁴ D. A. Roff, *Modeling Evolution. An Introduction to Numerical Methods* (Oxford University Press, Oxford, 2010).
- ⁵⁵ H. Meyer-Ortmanns, S. Thurner (eds.), *Principles of Evolution. From the Planck Epoch to Complex Multicellular Life* (Springer, Berlin, 2011).
- ⁵⁶ J. A. Shapiro, *Evolution. A View from the 21st Century* (FT Press Science, Upper Saddle River, New Jersey, 2011).

5.21. Бібліографія та коментарі

- ⁵⁷ E. V. Koonin, *The Logic of Chance. The Nature and Origin of Biological Evolution* (FT Press Science, Upper Saddle River, New Jersey, 2012).
- ⁵⁸ M. Nei, *Mutation-Driven Evolution* (Oxford University Press, Oxford, 2013).
- ⁵⁹ J. B. Losos (ed.), *The Princeton Guide to Evolution* (Princeton University Press, Princeton, New Jersey, 2014).
- ⁶⁰ R. M. Kliman (ed.), *Encyclopedia of Evolutionary Biology. In Four Volumes* (Academic Press, Amsterdam, 2016).
- ⁶¹ J. H. Langdon, *The Science of Human Evolution. Getting it Right* (Springer, Cham, 2016).
- ⁶² K. E. van Holde, J. Zlatanova, *The Evolution of Molecular Biology. The Search for the Secrets of Life* (Academic Press, London, 2018).
- ⁶³ R. G. Delisle, *Charles Darwin's Incomplete Revolution. The Origin of Species and the Static Worldview* (Springer, Cham, 2019).
- ⁶⁴ Т. Юнкер, У. Хоссфельд, *Открытие эволюции* (Изд. Санкт-Петербургского университета, Санкт-Петербург, 2007).
- ⁶⁵ Ч. Дарвин, *Происхождение видов путем естественного отбора* (Просвещение, Москва, 1987).
- ⁶⁶ В. Эллиотт, Д. Эллиотт, *Биохимия и молекулярная биология* (МАИК, Москва, 2002).
- ⁶⁷ E. Mayr, *What Evolution is?* (Phoenix, London, 2002).
- ⁶⁸ S. E. Kesler, H. Ohmoto (ed.), *Evolution of Early Earth's Atmosphere, Hydrosphere, and Biosphere — Constraints from Ore Deposits (Geological Society of America Memoir 198)* (Geological Society of America, 2006).
- ⁶⁹ R. Wicander, J. S. Monroe, *Historical Geology. Evolution of Earth and Life Through Time. Sixth Edition* (Brooks/Cole, Belmont, 2010).
- ⁷⁰ J. D. Archibald, *Aristotle's Ladder, Darwin's Tree. The Evolution of Visual Metaphors for Biological Order* (Columbia University Press, Chichester, 2014).
- ⁷¹ S. Knapp, *What, Where, and When?* *Science*, **341** (6151), 1182—1184 (2013).
- ⁷² A. Berry, *Evolution's red-hot radical*. *Nature*, **496** (7444), 162—164 (2013).
- ⁷³ J. Vetter, *The unmaking of an anthropologist. Wallace returns from the field, 1862—70*. *Notes Rec. R. Soc.*, **64** (1), 25—42 (2009).
- ⁷⁴ M. Shermer, *In Darwin's Shadow. The Life and Science of Alfred Russel Wallace. A Biographical Study on the Psychology of History* (Oxford University Press, Oxford, 2002).
- ⁷⁵ C. Lyell, *Principles of Geology, Being an Attempt to Explain the Former Changes of the Earth's Surface, By Reference to Causes Now in Operation. In Three Volumes* (John Murray, London, 1830—1833). <http://darwin-online.org.uk/content/framest?viewtype=text&itemID=A505.1&pageseq=1>.
- ⁷⁶ А. И. Равикович, *Чарльз Лайель* (Наука, Москва, 1976).
- ⁷⁷ M. Bjonnerud, *Timefulness. How Thinking Like a Geologist Can Help Save the World* (Princeton University Press, Princeton, 2018).
- ⁷⁸ C. Gamble, *Making Deep History. Zeal, Perseverance, and the Time Revolution of 1859* (Oxford University Press, Oxford, 2021).
- ⁷⁹ J. D. Archibald, *Aristotle's Ladder, Darwin's Tree. The Evolution of Visual Metaphors for Biological Order* (Columbia University Press, Chichester, 2014); Ф. Адамс, Г. Лафлин, *Пять возрастов Вселенной: в глубинах физики вечности* (РХД, Москва, 2006); Ф. Адамс, *Наш живой мультиверс. Книга бытия в 0 +*

7 главах (РХД, Москва, 2006); J. D. Barrow, F. J. Tipler, *The Anthropic Cosmological Principle* (Clarendon Press, Oxford, 1986); Daniel C. Dennett, *Darwin's Dangerous Idea. Evolution and the Meanings of Life* (Penguin Books, London, 1996); Г. С. Бисноватый-Коган, *Релятивистская астрофизика и физическая космология* (УРСС, Москва, 2011); G. G. Byrd, A. D. Chernin, M. J. Valtonen, *Cosmology: Foundations and Frontiers* (URSS, Moscow, 2007); H. S. Kragh, *Conceptions of Cosmos. From Myths to the Accelerating Universe: A History of Cosmology* (Oxford University Press, Oxford, 2007); R. Penrose, *Cycles of Time. An Extraordinary New View of the Universe* (The Bodley Head, London, 2010); И. Пригожин, *Конец определенности. Время, хаос и новые законы Природы* (РХД, Москва, 2001); И. Л. Розенталь, И. В. Архангельская, *Геометрия, динамика, Вселенная. Издание второе, существенно переработанное* (УРСС, Москва, 2003); В. П. Визгин, *Идея множественности миров: Очерки истории. Издание второе* (УРСС, Москва, 2007).

⁸⁰ F. W. Taylor, *The greenhouse effect and climate change revisited*. Rep. Prog. Phys., **65** (1), 1–25 (2002); J. Houghton, *Global warming*. Rep. Prog. Phys., **68** (6), 1343–1403 (2005); J. Houghton, *Global Warming. The Complete Briefing*. 3rd ed. (Cambridge University Press, Cambridge, 2004); R. G. Watts, *Global Warming and the Future of the Earth* (Morgan & Claypool, San Rafael, 2007).

⁸¹ M. N. Rao, H. V. N. Rao, *Air Pollution* (Tat McGraw-Hill, New Delhi, 2007); L. C. Batty, K. B. Hallberg (ed.), *Ecology of Industrial Pollution* (Cambridge University Press, Cambridge, 2010).

⁸² А. А. Бухштаб, *Теория чисел. Издание второе, исправленное* (Просвещение, Москва, 1966).

⁸³ Г. И. Синкевич, *История понятия числа и непрерывности в математическом анализе XVII—XIX вв.* (СПб. гос. архит.-строит. ун-т., СПб., 2016); C. C. Clawson, *The Mathematical Traveler Exploring the Grand History of Numbers* (Springer, 1994); S. Dehaene, *The Number Sense. How the Mind Creates Mathematics, Revised and Updated Edition* (Oxford University Press, Oxford, 2011); L. E. Dickson, *History of the Theory of Numbers. Volume I. Divisibility and Primality* (Chelsea, New York, 1952); L. E. Dickson, *History of the Theory of Numbers. Volume II. Diophantine Analysis* (Chelsea, New York, 1971); L. E. Dickson, *History of the Theory of Numbers. Volume III. Quadratic and Higher Forms* (Chelsea, New York, 1992); N. Graves-Gregory, *Historical Changes in the Concepts of Number, Mathematics and Number Theory*. Proc. Alternat. Natural Philos. Association, **34**, 25–52 (2014). <https://arxiv.org/abs/1705.02386>; G. Ifrah, *The Universal History of Numbers* (John Wiley, New York, 2000); Z. Karabell, *The Leading Indicators. A Short History of the Numbers That Rule Our World* (Simon & Schuster, New York, 2014); D.C. Marshall, E. S. Odell, M.P. Starbird, *Number Theory Through Inquiry* (Mathematical Association of America, Washington, 2007); J. McLeish, *The Story of Numbers. How Mathematics Has Shaped Civilization* (Fawcett Columbine, New York, 1994); O. Ore, *Number Theory and Its History* (McGraw-Hill, New York, 1948).

⁸⁴ Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц, *Теоретическая физика. Том первый. Механика. Издание четвертое, исправленное* (Наука, Москва, 1988).

⁸⁵ И. Н. Веселовский, *Очерки по истории теоретической механики* (УРСС, Москва, 2010); А. Т. Григорьян, *Механика от античности до наших дней* (Наука, Москва, 1974); А. Т. Григорьян, И. Б. Погребыский (ред.), *История меха-*

5.21. Бібліографія та коментарі

ники с древнейших времен до конца XVIII века (Наука, Москва, 1971); R. Dugas, *A History of Mechanics* (Routledge and Kegan Paul, London, 1955); C. Truesdell, *Essays in the History of Mechanics* (Springer, New York, 1968); E. Stein (ed.), *The History of Theoretical, Material and Computational Mechanics. Mathematics Meets Mechanics and Engineering* (Springer, Berlin, 2014).

⁸⁶ «На практиці дослідження завжди починається з вивчення робіт попередників. Але припустимо, що ми почали з нуля. Які наші перші кроки? Очевидно, для того щоб поставити перед собою яку-небудь проблему, ми повинні перш за все мати перед очима певний набір пов'язаних явищ, що представляють собою гідний об'єкт для дослідження. Іншими словами, аналітичній роботі повинен передувати преаналітичний акт пізнання, що постає матеріалом для аналізу. У цій книзі такий преаналітичний акт пізнання ми називаємо «баченням» [побудовою змістовних моделей — ОГ, ВК]. Цікаво, що таке бачення не тільки історично передує будь-якій аналітичній роботі, а й може долучитися до історії вже сформованої науки. Це відбувається тоді, коли хто-небудь вчить «бачити» [модельює — ОГ, ВК] речі в новому світлі, що не зумовлено фактами, методами і результатами, характерними для попередньої стадії розвитку науки. Дивись: J. A. Schumpeter, *History of Economic Analysis* (Routledge, London, 1981), p. 38—39.

⁸⁷ У сучасній біології навіть виникла особлива галузь «онтологія генів», яка має на меті систематизувати та сприяти виникненню знань (у тому числі за допомогою комп'ютерів) про те, які гени існують та які мають властивості. Дивись, наприклад, C. Dessimoz, N. Škunca (eds.), *The Gene Ontology Handbook* (Springer, New York, 2017), p. 3: «Оскільки молекулярна біологія все більше стає дисципліною, яка вимагає багато даних, онтології з'явилися як важливий обчислювальний інструмент, який допомагає в організації, описі та аналізі даних. Онтології описують і класифікують об'єкти, які становлять інтерес у науковій галузі та є доступними для обчислень, так що навколо них можна розробляти алгоритми і інструменти. Технологія, яка лежить в основі онтологій, має свої коріння в штучному інтелекті на основі логіки, що дає змогу робити складні автоматизовані висновки та виявляти помилки».

⁸⁸ N. Brunner, V. Scarani, M. Wegmüller, M. Legré, N. Gisin, *Direct measurement of superluminal group velocity and signal velocity in an optical fiber*. Phys. Rev. Lett., **93** (20), 203902 (2004); A. Kuzmich, A. Dogariu, L. J. Wang, P. W. Milonni, R. Y. Chiao, *Signal velocity, causality, and quantum noise in superluminal light pulse propagation*. Phys. Rev. Lett., **86** (18), 3925—3929 (2001); P. Robles, *Exploring superluminal transmission of electromagnetic waves through dielectric barriers and causality: a pedagogical insight*. Eur. J. Phys., **35** (6), 065022 (2014). Варто зазначити, що навіть це, підкріплене принципом причинності, твердження про існування граничної швидкості c (швидкості світла в вакуумі), яка обов'язково перевищує швидкість розповсюдження сигналу в будь-якому середовищі, тим не менш час від часу піддається спробам ревізії, особливо в царині тунельних явищ, коли сигнали переносяться згасаючими хвилями (*evanescent waves*): H. Aichmann, G. Nimtz, *On the traversal time of barriers*. Found. Phys., **44** (6), 678—688 (2014).

⁸⁹ Л. Б. Окунь, *О проверке закона сохранения электрического заряда и принципа Паули*. Успехи физ. наук, **158** (2), 293—301 (1989); M. Massimi, *Pauli's*

Exclusion Principle. The Origin and Validation of a Scientific Principle (Cambridge University Press, Cambridge, 2005).

⁹⁰ P. J. Mohr, D. B. Newell, B. N. Taylor, *CODATA recommended values of the fundamental physical constants: 2014*. Rev. Mod. Phys., **88** (3), 035009 (2016).

⁹¹ К. Одуан, Б. Гино, *Измерение времени. Основы GPS* (Техносфера, Москва, 2002).

⁹² С. Вейнберг, *Гравитация и космология. Принципы и приложения общей теории относительности* (Мир, Москва, 1975).

⁹³ М. Планк, *Единство физической картины мира* (Наука, Москва, 1966); С. Крымский, В. Кузнецов, *Мировоззренческие категории в современном естествознании* (Наукова думка, Киев, 1983); С. В. Вонсовский, *Современная естественно-научная картина мира* (РХД, Москва—Ижевск, 2006).

⁹⁴ «Нас запитують: звідки ви знаєте, що це завідомо неможливо? Та тому що наука під час розвитку набуває скелет жорстких обмежень і правил. Закон збереження енергії, речовини. Закон збереження кутового моменту. Якщо вони порушуються, ми можемо зі стовідсотковою впевненістю сказати, що тут робити нічого. Зі стовідсотковою впевненістю та обґрунтованістю до такого роду абсолютно жорстких обмежень можна віднести й сучасні наукові уявлення про виникнення та еволюцію Всесвіту, про еволюційне дерево живих організмів, ДНК, тектонічні плити, хімічні елементи, частинки та кварки. Немає сумнівів у тому, що відбуватиметься уточнення цих уявлень, але поки буде існувати людська культура й наука як її істотна частина, ніколи не буде заперечення існуванню цих предметів». І. Полторац, *Интервью Евгения Александрова журналу Patron (часть 1). Дырка от бублика большой науки. Часть 1*. <http://klnran.ru/2015/04/alexandrov1/>. Див. також «Багато наукових теорій настільки добре встановлені, що ніякі нові докази не можуть істотно змінити їх. Наприклад, жодні нові докази не продемонструють, що Земля не обертається навколо Сонця (геліоцентрична теорія), або що живі істоти не складаються з клітин (клітинна теорія), що матерія не складається з атомів або що поверхня Землі не розділена на тверді плити, які рухалися за геологічні часові масштаби (теорія тектоніки плит)... Однією з найкорисніших властивостей наукових теорій є те, що їх можна використовувати для передбачення природних подій або явищ, які ще не спостерігалися» — *Science, Evolution, and Creationism* (National Academy of Sciences, 1999, http://www.nap.edu/openbook.php?record_id=11876&page=11). Оскільки знання від одного науковця до іншого або до студентів передаються за допомогою процесів обміну текстами, то виникає купа цікавих проблем щодо довіри до цих текстів і слів, які їх утворюють. Дивись: В. К. Matilal, A. Chakrabarti (eds.), *Knowing From Words* (Springer, Dordrecht, 1994); J. Lackey, *Learning from Word. Testimony as a Source of Knowledge* (Oxford, Oxford University Press, 2008); A. Keren, *Epistemic Authority, Testimony and the Transmission of Knowledge*. Episteme, **4** (3), 368—381 (2007); S. Wright, *Knowledge Transmission* (Routledge, London, 2019).

⁹⁵ L. Wolpert, *The Unnatural Nature of Science* (Harvard University Press, Cambridge, MA, 1992), p. 101—123.

⁹⁶ Н. Н. Боголюбов, Д. В. Ширков, *Введение в теорию квантованных полей. Издание четвертое, исправленное* (Наука, Физмат, Москва, 1984), с. 432—435; Д. В. Ширков (ред.), *Физика микромира. Маленькая энциклопедия* (Со-

5.21. Бібліографія та коментарі

ветская энциклопедия, Москва, 1980); G. Kane, *Are virtual particles really constantly popping in and out of existence? Or are they merely a mathematical book-keeping device for quantum mechanics?* Scientific American, 2006, October <https://www.scientificamerican.com/article/are-virtual-particles-real/>; S. Battersby, *It's confirmed. Matter is merely vacuum fluctuations.* New Scientist, 2008. <https://www.newscientist.com/article/dn16095-its-confirmed-matter-is-merely-vacuum-fluctuations/>; D. Lincoln, *Quantum foam.* https://www.fnal.gov/pub/today/archive/archive_2013/today13-02-01_NutshellReadmore.html.

⁹⁷ М. Фаликман, *Парадоксы зрительного внимания. Эффекты перцептивных задач* (Языки славянских культур, Москва, 2018).

⁹⁸ В. Baars, N. Gage, *Cognition, Brain, and Consciousness. Introduction to Cognitive Neuroscience. Second Edition* (Elsevier, Amsterdam, 2010), p. 167–171.

⁹⁹ В. Baars, N. Gage, *Cognition, Brain, and Consciousness. Introduction to Cognitive Neuroscience. Second Edition* (Elsevier, Amsterdam, 2010), p. 294.

¹⁰⁰ Власне, прийнята в більшості країн світу абеткова писемність має свої витоки в ієрогліфічному способі передачі відомостей. Як відбулася трансформація, див., наприклад, Ч. Лоукотка, *Развитие письма* (ИЛ, Москва, 1950).

¹⁰¹ B. Thaller, *Advanced Visual Quantum Mechanics* (Springer, USA, 2005); G.-P. Bonneau, T. Ertl, G. M. Nielson (eds.), *Scientific Visualization: The Visual Extraction of Knowledge From Data* (Springer, Berlin, 2006); K. Hentschel, *Visual Cultures in Science and Technology. A Comparative History* (Oxford University Press, Oxford, 2014); M. I. Richter, *Scientific Visualisation. Epistemic Weight and Surpluses* (Peter Lang, Frankfurt am Main, 2014); M. Zaumanis, *Research Data Visualization and Scientific Graphics for Papers, Presentations and Proposals* (Kindle Direct Publishing, 2021); B. E. Hollister, A. Pang, *A Concise Introduction to Scientific Visualization. Past, Present, and Future* (Springer, Cham, 2022).

¹⁰² П. Линдсей, Д. Норман, *Переработка информации у человека (Введение в психологию)* (Мир, Москва, 1974); В. Е. Демидов, *Как мы видим то, что видим* (Знание, Москва, 1979); Д. Марр, *Зрение. Информационный подход к изучению представления и обработки зрительных образов* (Радио и связь, Москва, 1987); Р. Л. Грегори, *Разумный глаз. Издание второе* (УРСС, Москва, 2003); D. H. Hubel, *Eye, Brain, and Vision. Second Edition* (Freeman, New York, Scientific American Library, 1995); D. H. Hubel, T. N. Wiesel, *Brain and Visual Perception. The Story of a 25-Year Collaboration* (Oxford University Press, Oxford, 2005).

¹⁰³ W. Broad, N. Wade, *Betrayers of the Truth* (Simon and Schuster, New York, 1982); R. L. Park, *Voodoo Science. The Road from Foolishness to Fraud* (Oxford University Press, Oxford, 2000); J. Grant, *Corrupted Science: Fraud, Ideology and Politics in Science* (Facts, Figures & Fun, Church Farm House, 2007); E. S. Reich, *Plastic Fantastic: How the Biggest Fraud in Physics Shook the Scientific World* (Palgrave Macmillan, New York, 2009); D. Goodstein, *On Fact and Fraud. Cautionary Tales from the Front Lines of Science* (Princeton University Press, Princeton, 2010); D. Weber-Wulff, *False Feathers. A Perspective on Academic Plagiarism* (Springer, Heidelberg, 2014); K. L. Feder, *Frauds, Myths, and Mysteries. Science and Pseudoscience in Archaeology. Eighth Edition* (McGraw-Hill, New York, 2014); T. Bretag (ed.), *Handbook of Academic Integrity* (Springer Science+Business Media, Singapore, 2016).

¹⁰⁴ B. Francis, *Are You Misusing Other People's Words?* (Enslow Publishers, Inc., Berkeley Heights, 2014); P. Brennecke, *Academic Integrity at MIT. A Hand-*

book for Students (MIT, Boston, 2016); Н. Williams (ed.), *Plagiarism* (Greenhaven Press, Detroit, 2008); Т. Bretag (ed.), *Handbook of Academic Integrity* (Springer, Singapore, 2016).

¹⁰⁵ «Тим часом розвиток істинної науки послідовно скорочує простір для фантазій щодо майбутніх відкриттів. Будь-які нові ідеї та відкриття повинні неухильно вписуватися в каркас, утворений вже накопиченими, достовірно встановленими співвідношеннями, фактами, величинами. З розвитком науки її каркас проростає все новими зв'язками і стає все жорсткішим. (На жаль, популярні джерела і навіть навчальні курси не дають змоги скласти правильне уявлення про грандіозні масштаби доказової бази основних наукових законів, часто породжуючи ілюзію їхньої хиткості.) Тому, коли мова йде про такі фундаментальні поняття, як нові поля і сили, фізика накладає суворі обмеження на їх можливі величини та область дії. Наприклад, розглядаючи нову гіпотетичну взаємодію, необхідно перевіряти, чи сумісна вона з досконально вивченою небесною механікою, із законами збереження, з даними про час життя елементарних частинок, елементів, Землі і небесних тіл, чи не порушить вона перевірену з величезною точністю рівність інерційної і гравітаційної мас тощо». Див.: Е. Александров. *Теневая наука*. http://razumru.ru/ginzburg/10_2.htm (Наука и жизнь 1991, № 1, с. 56 — 60).

¹⁰⁶ Е. М. Мелетинский, *Поэтика мифа* (Наука, Москва, 1976); Д. Д. Фрэзер, *Золотая ветвь. Исследование магии и религии. Издание второе* (Политиздат, Москва, 1986); Я. Э. Голосовкер, *Логика мифа* (Наука, Москва, 1987); Ф. Ницше, З. Фрейд, Э. Фромм, А. Камю, Ж. П. Сартр, *Сумерки богов. Сборник* (Политиздат, Москва, 1990); Р. Walter, *Christian Mythology. Revelation of Pagan Origins* (Inner Traditions, Rochester, 2014); Б. Малиновский, *Магия, наука, религия* (Академический проект, Москва, 2015).

¹⁰⁷ Н. Будур, *История инквизиции. Или гении и злодеи* (Олма-Пресс, Москва, 2006); Р. Walter, *Christian Mythology. Revelation of Pagan Origins* (Inner Traditions, Rochester, 2014); К. Madigan, *Medieval Christianity. A New History* (Yale University Press, New Haven, 2015).

¹⁰⁸ Л. С. Васильев, *История религий Востока. Издание второе, переработанное и дополненное* (Высшая школа, Москва, 1988); Р. Hoodbhoj, *Religious Orthodoxy and The Battle for Rationality* (Zed Books, London, 1991); М. Iqbal, *Science and Islam* (Greenwood Press, Westport, 2007); J. L. Esposito, *Unholy War. Terror in the Name of Islam* (Oxford University Press, Oxford, 2002).

¹⁰⁹ Дивись також: Ф. Вільчек, *10 ключів до реальності* (Лабораторія, Київ, 2021).

¹¹⁰ Дивись: Е. В. Davies, *Why Beliefs Matter. Reflections on the Nature of Science* (Oxford University Press, Oxford, 2010).

¹¹¹ Д. Бом, *Квантовая теория. Издание второе, исправленное* (Наука, Москва, 1965); D. R. Griffin (ed.), *Physics and the Ultimate Significance of Time. Bohm, Prigogine, and Process Philosophy* (State University of New York Press, Albany, 1986); F. Selleri, *Quantum Paradoxes and Physical Reality* (Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 1990); О. Freire, Jr., *The Quantum Dissidents. Rebuilding the Foundations of Quantum Mechanics (1950—1990)* (Springer, Heidelberg, 2015); J. Bricmont, *Making Sense of Quantum Mechanics* (Springer International Publishing, Switzerland, 2016); S. Hassani, *Commentary: The dangerous growth of pseudophysics*. Phys. Today, **69** (5), 10—11 (2016).

5.21. Бібліографія та коментарі

¹¹² Д. Бом, *Квантовая теория. Издание второе, исправленное* (Наука, Москва, 1965); Э. В. Шпольский, *Атомная физика. Том первый. Введение в атомную физику. Издание шестое, исправленное* (Наука, Москва, 1974); Э. Вихман, *Квантовая физика (Берклевский курс физики. Том четвертый). Издание второе, стереотипное* (Наука, Москва, 1977); Дж. Гринштейн, А. Зайонц, *Квантовый вызов. Современные исследования оснований квантовой механики* (Интеллект, Долгопрудный, 2008); S. Brandt, H. D. Dahmen, *The Picture Book of Quantum Mechanics. Fourth Edition* (Springer Science+Business Media, New York, 2012).

¹¹³ G. Dicker, *Berkeley's Idealism. A Critical Examination* (Oxford University Press, Oxford, 2011); Дж. Беркли, *Сочинения* (Мысль, Москва, 1978); Э. Мах, *Познание и заблуждение. Очерки по психологии исследования* (БИНОМ, Москва, 2003); М. Б. Менский, *Человек и квантовый мир. Странности квантового мира и тайна сознания* (Век-2, Фрязино, 2005).

¹¹⁴ К. Фишер, *История новой философии: Бенедикт Спиноза* (АСТ: Транзиткнига, Москва, 2005); Б. Спиноза, *Этика* (Харвест, Минск, 2001).

¹¹⁵ В. Гейзенберг, *Физика и философия. Часть и целое* (Наука, Москва, 1989); Платон, *Диалоги* (Мысль, Москва, 1986); В. Асмус, *Платон* (Мысль, Москва, 1975); J. Jeans, *Physics and Philosophy* (Cambridge University Press, Cambridge, 2009).

¹¹⁶ J. Louis, *Mit der Stringtheorie zum Urknall* (Springer, Wiesbaden, 2021).

¹¹⁷ В. J. T. Jones, *The origin of galaxies: A review of recent theoretical developments and their confrontation with observation*. Rev. Mod. Phys., **48** (1), 107—149 (1976); Л. Э. Гуревич, А. Д. Чернин, *Введение в космогноию. Происхождение крупномасштабной структуры Вселенной* (Наука, Москва, 1978); Р. Дж. Тейлер, *Галактики. Строение и эволюция* (Мир, Москва, 1981); И. Л. Розенталь, *Проблемы начала и конца Метагалактики* (Знание, Москва, 1985); Л. Э. Гуревич, А. Д. Чернин, *Происхождение галактик и звезд. Издание второе* (Наука, Москва, 1987); А. Д. Долгов, Я. Б. Зельдович, М. В. Сажин, *Космология ранней Вселенной* (МГУ, Москва, 1988); И. Л. Розенталь, *Вселенная и частицы* (Знание, Москва, 1990); А. Д. Линде, *Физика элементарных частиц и инфляционная космология* (Наука, Москва, 1990); П. Ходж, *Галактики* (Наука, Москва, 1992); М. В. Сажин, *Современная космология в популярном изложении* (УРСС, Москва, 2002); J. D. Barrow, *The Book of Nothing. Vacuum, Voids, and the Latest Ideas about the Origins of the Universe* (Vintage Books, New York, 2002); И. Л. Розенталь, И. В. Архангельская, *Геометрия, динамика, Вселенная. Издание второе, существенно переработанное* (УРСС, Москва, 2003); Ю. Н. Ефремов, *Вглубь Вселенной. Звезды, галактики и мироздание* (УРСС, Москва, 2003); А. Д. Чернин, *Космология: большой взрыв* (ВЕК 2, Фрязино, 2005); И. В. Архангельская, И. Л. Розенталь, А. Д. Чернин, *Космология и физический вакуум* (УРСС, Москва, 2006); Д. С. Горбунов, В. А. Рубаков, *Введение в теорию ранней Вселенной. Теория горячего Большого Взрыва* (УРСС, Москва, 2008); Д. С. Горбунов, В. А. Рубаков, *Введение в теорию ранней Вселенной: Космологические возмущения. Инфляционная теория* (УРСС, Москва, 2010); J. Jeans, *Astronomy and Cosmogony* (Cambridge University Press, Cambridge, 2009); J. Jeans, *Problems of Cosmology and Stellar Dynamics* (Cambridge University Press, Cambridge, 2009); Г. С. Бисноватый-Коган, *Релятивистская астрофизика и физическая космология* (УРСС, Москва, 2011); С. Вайнберг, *Космология* (УРСС, Москва, 2013).

¹¹⁸ Я. Б. Зельдович, С. И. Блинников, Н. И. Шакура, *Физические основы строения и эволюции звезд* (МГУ, Москва, 1981); С. Шапиро, С. Тьюколски, *Черные дыры, белые карлики и нейтронные звезды. Физика компактных объектов* (Мир, Москва, 1985); Г. С. Бисноватый-Коган, *Физические вопросы теории звездной эволюции* (Наука, Москва, 1989); В. Г. Сурдин, *Рождение звезд. Издание третье, существенно переработанное и дополненное* (УРСС, Москва, 2001); Ю. Н. Ефремов, *Вглубь Вселенной. Звезды, галактики и мироздание* (УРСС, Москва, 2003); А. Д. Чернин, *Звезды и физика. Издание второе, исправленное и дополненное* (УРСС, Москва, 2004); В. Г. Сурдин (ред.), *Звёзды* (Физматлит, Москва, 2009).

¹¹⁹ М. Я. Маров, *Планеты Солнечной системы* (Наука, Москва, 1986); S. Eales, *Planets and Planetary Systems* (John Wiley & Sons, Oxford, 2009); У. Кауфман, *Планеты и луны* (Мир, Москва, 1982); Ф. Л. Уипл, *Семья Солнца. Планеты и спутники Солнечной системы* (Мир, Москва, 1984); А. В. Бялко, *Наша планета — Земля. Издание второе, переработанное и дополненное* (Наука, Москва, 1989); В. Г. Сурдин (ред.), *Солнечная система* (Физматлит, Москва, 2008).

¹²⁰ В. J. T. Jones, *The origin of galaxies: A review of recent theoretical developments and their confrontation with observation*. Rev. Mod. Phys., **48** (1), 107—149 (1976); Л. Э. Гуревич, А. Д. Чернин, *Введение в космогноию. Происхождение крупномасштабной структуры Вселенной* (Наука, Москва, 1978); Т. Padmanabhan, *Statistical mechanics of gravitating systems*. Phys. Rep., **188** (5), 285—362 (1990); L. Herrera, N. O. Santos, *Local anisotropy in self-gravitating systems*. Phys. Rep., **286** (2), 53—130 (1997); В. J. T. Jones, V. J. Martinez, E. Saar, V. Trimble, *Scaling laws in the distribution of galaxies*. Rev. Mod. Phys., **76** (4), 1211—1266 (2004); A. Campa, T. Dauxois, S. Ruffo, *Statistical mechanics and dynamics of solvable models with long-range interactions*. Phys. Rep., **480** (3—6), 57—159 (2009); Y. Levin, R. Pakter, F. B. Rizzato, T. N. Teles, F. P. C. Benetti, *Nonequilibrium statistical mechanics of systems with long-range interactions*. Phys. Rep., **535** (1), 1—60 (2014).

¹²¹ Рівнянням Власова (російський дослідник Анатолій Власов опублікував це рівняння в 1938 році) у фізиці плазми називається кінетичне рівняння для функції розподілу частинок по енергіях (швидкостях) і просторових координатах із самоузгодженим урахуванням електромагнітного поля, утвореного колективом заряджених частинок. Див.: В. П. Силин, А. А. Рухадзе, *Электромагнитные свойства плазмы и плазмopodobных сред* (Госатомиздат, Москва, 1961); Ю. Л. Климонтович, *Кинетическая теория электромагнитных процессов* (Наука, Москва, 1980); M. R. Feix, P. Bertrand, *A universal model: The Vlasov equation*. Transp. Theory Statist. Phys., **34** (1—2), 7—62 (2005); A. Campa, T. Dauxois, S. Ruffo, *Statistical mechanics and dynamics of solvable models with long-range interactions*. Phys. Rep., **480** (3—6), 57—159 (2009). Насправді, подібне рівняння було вперше написано в 1915 році видатним англійським фізиком Джеймсом Джинсом [А. В. Козенко, *Джеймс Хопвуд Джинс* (Наука, Москва, 1985)] для системи частинок із гравітаційним (теж далекодіючим, як і кулонівське!) полем. Див.: M. Hénon, *Vlasov equation?* Astron. Astrophys., **114** (1), 211—212 (1982). Тому з точки зору історичної справедливості його варто було би називати рівнянням Джинса. Ім'я Власова, здібного фізика, було,

5.21. Бібліографія та коментарі

на жаль, використано реакційними очільниками радянської російської науки сталінських часів для шельмування й цькування інших науковців, які не догодили радянському керівництву. Див.: А. С. Сонин, *Физический идеализм. История одной идеологической кампании* (Наука, Москва, 1994) та розділ 6 цієї книги.

¹²² С. Крымский, В. Кузнецов, *Мировоззренческие категории в современном естествознании* (Наукова думка, Киев, 1983); И. Л. Розенталь, *Проблемы начала и конца Метагалактики* (Знание, Москва, 1985); J. D. Barrow, F. J. Tipler, *The Anthropic Cosmological Principle* (Clarendon Press, Oxford, 1986); И. Л. Розенталь, *Вселенная и частицы* (Знание, Москва, 1990); J. D. Barrow, *The Constants of Nature. From Alpha to Omega — the Numbers That Encode the Deepest Secrets of the Universe* (Pantheon Books, New York, 2002); И. В. Архангельская, И. Л. Розенталь, А. Д. Чернин, *Космология и физический вакуум* (УРСС, Москва, 2006).

¹²³ С. Э. Хайкин, *Физические основы механики* (ГИФМЛ, Москва, 1962); К. Ланцош, *Вариационные принципы механики* (Мир, Москва, 1965); С. Э. Хайкин, *Силы инерции и невесомость* (Наука, Москва, 1967); Ч. Киттель, У. Найт, М. Рудерман, *Механика, Берклевский курс физики. Том первый. Издание второе, стереотипное* (Наука, Москва, 1975); А. Ю. Ишлинский, *Классическая механика и силы инерции* (Наука, Москва, 1987); Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц, *Теоретическая физика. Том 1. Механика. Издание четвертое, исправленное* (Наука, Москва, 1988); И. Ньютон, *Математические начала натуральной философии* (Наука, Москва, 1989); Д. В. Сивухин, *Общий курс физики. Том первый. Механика. Издание третье, исправленное и дополненное* (Наука, Москва, 1989); W. Nolting, *Theoretical Physics. 1. Classical Mechanics* (Springer International Publishing, Switzerland, 2016).

¹²⁴ J. E. McGuire, *Existence, actuality and necessity: Newton on space and time*. *Annals Sci.*, **35** (5), 463—508 (1978); И. Ньютон, *Математические начала натуральной философии* (Наука, Москва, 1989); С. И. Вавилов, *Исаак Ньютон. Издание четвертое, дополненное* (Наука, Москва, 1989); J. V. Barbour, *The Discovery of Dynamics. A Study from a Machian Point of View of the Discovery and the Structure of Dynamical Theories* (Oxford University Press, Oxford, 2001).

¹²⁵ Д. Бом, *Специальная теория относительности* (Мир, Москва, 1967); Э. Тэйлор, Дж. Уилер, *Физика пространства-времени. Издание второе, дополненное* (Мир, Москва, 1971); В. А. Угаров, *Специальная теория относительности. Издание второе, переработанное и дополненное* (Наука, Москва, 1977); В. Паули, *Теория относительности* (Наука, Москва, 1983); Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц, *Теоретическая физика. Том 2. Теория поля. Издание седьмое, исправленное* (Наука, Москва, 1988); А. А. Сазанов, *Четырехмерная модель мира по Минковскому* (УРСС, Москва, 2008); L. V. Okun, *Energy and Mass in Relativity Theory* (World Scientific, Singapore, 2009).

¹²⁶ Э. Тэйлор, Дж. Уилер, *Физика пространства-времен. Издание второе, дополненное* (Мир, Москва, 1971); С. Вейнберг, *Гравитация и космология. Принципы и приложения общей теории относительности* (Мир, Москва, 1975); В. Паули, *Теория относительности* (Наука, Москва, 1983); Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц, *Теоретическая физика. Том 2. Теория поля. Издание седьмое, исправленное* (Наука, Москва, 1988); L. V. Okun, *Energy and Mass in Relativity Theory* (World Scientific, Singapore, 2009).

¹²⁷ Див. N. Wolchover, *A fight for the soul of science*. <https://www.quantamagazine.org/20151216-physicists-and-philosophers-debate-the-boundaries-of-science>. Ми радимо читачеві подивитися цікаве відео, яке дає уяву про головні реалії, які відкриті та досліджуються сучасною наукою. <http://micro.magnet.fsu.edu/primer/java/scienceopticsu/powersof10/>. Дивіться також: F. Wilczek, *Physics in 100 years*. *Physics Today*, **69** (4), 32 (2016).

¹²⁸ Сучасна фізика показала, що кварки не існують як окремі вільні реалії поза елементарними частинками, які з них складаються (як ми підкреслюємо в різних місцях книги, термін «складається» справедливий із точністю до дефекту маси, згідно з формулою Айнштайна $E = mc^2$). Див.: J. M. Campbell, J. W. Huston, W. J. Stirling, *Hard interactions of quarks and gluons: a primer for LHC physics*. *Rep. Prog. Phys.*, **70** (1), 89—193 (2007); K. Fukushima, *Evolution to the quark-gluon plasma*. *Rep. Prog. Phys.*, **80** (2), 022301 (2017); А. И. Ахиезер, М. П. Рекало, *Элементарные частицы* (Наука, Москва, 1986), Л. Б. Окунь, *Лептоны и кварки. Издание второе, переработанное и дополненное* (Наука, Москва, 1986); А. И. Ахиезер, Ю. П. Степановский, *От квантов света до цветных кварков* (Наукова думка, Киев, 1993); J. Letessier, J. Rafelski, *Hadrons and Quark-Gluon Plasma* (Cambridge University Press, Cambridge, 2004); Л. Б. Окунь, *Элементарное введение в физику элементарных частиц. Издание второе, исправленное и дополненное* (Физматлит, Москва, 2006); Ю. Г. Чирков, *Охота за кварками. Издание второе, исправленное* (УРСС, Москва, 2011); E. N. Economou, *A Short Journey from Quarks to the Universe. Selected Solutions* (Springer, Heidelberg, 2011). Цим кварковий рівень матерії відрізняється від ядерного та атомного, оскільки існування вільних нуклонів, ядер та електронів цілком можливе. Тому дослідження кварків відбувається опосередковано, тобто за допомогою дослідження результатів взаємодій елементарних частинок (баріонів і мезонів), які складаються із кварків. Наскільки складно робити висновки щодо кварків із таких досліджень, можна зрозуміти, уявивши гіпотетичну ситуацію, коли перед спостерігачем поставлено завдання визначити форму статуї, яка знаходиться за ширмою. При цій статуї обливають струменем води зі шлангу, який також знаходиться за ширмою. Від статуї відскакують у різних напрямках краплини води. Спостерігачі, не бачачи самої статуї і фіксуючи лише напрямки та швидкість краплин, які відлітають від неї, мають виконати задачу. Дивись: A. Salam, *Symmetry concepts and the fundamental theory of matter*. In *Scientific Thought: Some Underlying Concepts, Methods and Procedures*, UNESCO, Paris (1972), p. 83. <http://unesdoc.unesco.org/images/0000/000022/002251leo.pdf>.

¹²⁹ Десять найбільших телескопів // <https://naked-science.ru/article/top/10-largest-telescopes>; Найбільші та найпотужніші телескопи в світі // http://kosmoved.ru/sam_teslask.shtml; Найбільші космічні телескопи // <http://who-yougle.ru/texts/largest-space-telescopes/>; C. R. Kitchin, *Telescopes and Techniques. Third Edition* (Springer, New York, 2013); В. Г. Сурдин (ред.), *Небо и телескоп* (Физматлит, Москва, 2008).

¹³⁰ Див. N. Wolchover, *A fight for the soul of science*. <https://www.quantamagazine.org/20151216-physicists-and-philosophers-debate-the-boundaries-of-science/>.

¹³¹ R. Barrett, P.P. Delsanto, A. Tartaglia, *Physics. The Ultimate Adventure* (Springer, Berlin, 2016), p. 3.

5.21. Бібліографія та коментарі

¹³² R. Sturm, *Inhaled nanoparticles*. *Physics Today*, **69** (5), 70 (2016).

¹³³ М. А. Никитин, *Происхождение жизни. От туманности до клетки* (Альпина нон-фикшн, Москва, 2016).

¹³⁴ Я. Б. Зельдович, И. Д. Новиков, *Теория тяготения и эволюция звезд* (Наука, Москва, 1971); Я. Б. Зельдович, И. Д. Новиков, *Строение и эволюция Вселенной* (Наука, Москва, 1975); Я. Б. Зельдович, С. И. Блинников, Н. И. Шакура, *Физические основы строения и эволюции звезд* (МГУ, Москва, 1981); Г. С. Бисноватый-Коган, *Физические вопросы теории звездной эволюции* (Наука, Москва, 1989); И. Д. Новиков, *Эволюция Вселенной* (Наука, Москва, 1990); Э. Майр, *Популяции, виды и эволюция* (Мир, Москва, 1974); E. Mayr, *What Evolution is?* (Phoenix, London, 2002); H. Meyer-Ortmanns, S. Thurner (ed.), *Principles of Evolution. From the Planck Epoch to Complex Multicellular Life* (Springer, Berlin, 2011); S. E. Kesler, H. Ohmoto (ed.), *Evolution of Early Earth's Atmosphere, Hydrosphere, and Biosphere — Constraints from Ore Deposits (Geological Society of America Memoir 198)* (Geological Society of America, 2006); R. Wicander, J. S. Monroe, *Historical Geology. Evolution of Earth and Life Through Time. Sixth Edition* (Brooks/Cole, Belmont, 2010); J. D. Archibald, *Aristotle's Ladder, Darwin's Tree. The Evolution of Visual Metaphors for Biological Order* (Columbia University Press, Chichester, 2014); Л. В. Тарасов, *Закономерности окружающего мира. Книга 3. Эволюция естественнонаучного знания* (Физматлит, Москва, 2004); Н. Н. Воронцов, *Теория эволюции: истоки, постулаты, проблемы* (Знание, Москва, 1984); Н. Н. Воронцов, *Развитие эволюционных идей в биологии* (УНЦ ДЮ МГУ, Москва, 1999); Е. В. Кунин, *Логика случая. О природе и происхождении биологической эволюции* (Центрполиграф, Москва, 2014); А. Марков, *Рождение сложности. Эволюционная биология сегодня: Неожиданные открытия и новые вопросы* (Астрель-Согрус, Москва, 2010); А. Марков, *Эволюция человека. Книга первая. Обезьяны, кости и гены* (Астрель-Согрус, Москва, 2011); А. Марков, *Эволюция человека. Книга вторая. Обезьяны, нейроны и душа* (Астрель-Согрус, Москва, 2011); О. Г. Сорохтин, Дж. В. Чилингар, Н. О. Сорохтин, *Теория развития Земли: происхождение, эволюция и трагическое будущее* (РХД, Москва, 2010); Л. П. Татаринев, *Палеонтология и эволюционное учение* (Знание, Москва, 1985); Л. П. Татаринев, *Эволюция и креационизм* (Знание, Москва, 1988).

¹³⁵ M. Gruebele, A. H. Zewai, *Ultrafast reaction dynamics*. *Physics Today*, **43** (5), 24–33 (1990); M. Dantus, V. V. Lozovoy, *Experimental coherent laser control of physicochemical processes*. *Chem. Rev.*, **104** (11), 1813–1859; R. E. Carley, E. Heesel, H. N. Fielding, *Femtosecond lasers in gas phase chemistry*. *Chem. Soc. Rev.*, **34** (11), 949–969; F. Krausz, M. Ivanov, *Attosecond physics*. *Rev. Mod. Phys.*, **81** (1), 163–234 (2009).

¹³⁶ И. Пригожин, *От существующего к возникающему. Время и сложность в физических науках* (Наука, Москва, 1985); И. Пригожин, И. Стенгерс, *Время, хаос, квант. К решению парадокса времени* (УРСС, Москва, 2000); А. Д. Чернин, *Физика времени* (Наука, Москва, 1987); И. Новиков, *Куда течет река времени* (Молодая гвардия, Москва, 1990); К. Торн, *Черные дыры и складки времени. Дерзкое наследие Эйнштейна* (Физматлит, Москва, 2007); Дж. Уитроу, *Естественная философия времени* (УРСС, Москва, 2003); Г. Рейхенбах, *Направление времени* (УРСС, Москва, 2003); L. Mersini-Houghton, R. Vaas (ed.), *The Arrows of Time. A Debate in Cosmology* (Springer, Heidelberg, 2012).

- ¹³⁷ D. H. Frisch, J. H. Smith, *Measurement of the relativistic time dilation using μ -mesons*. Amer. J. Phys., **31** (5), 342—355 (2016).
- ¹³⁸ R. Barrett, P.P. Delsanto, A. Tartaglia, *Physics. The Ultimate Adventure*, (Springer, Berlin, 2016), p. 4.
- ¹³⁹ M. G. Kleinhans, Ch. J.J. Buskes, W. de Regt, *Philosophy of Earth science*. In F. Allhoff (ed.), *Philosophies of the Sciences. A Guide* (Wiley-Blackwell, Oxford, 2010), p. 222.
- ¹⁴⁰ Я. М. Гельфер, В. Л. Любошиц, М. И. Подгорецкий, *Парадокс Гиббса и тождественность частиц в квантовой механике* (Наука, Москва, 1975); R. C. Hilborn, C. L. Yuca, *Identical particles in quantum mechanics revisited*. Brit. J. Phil. Sci., **53** (3), 355—389 (2002); D. Krause, S. French, *A formal framework for quantum non-individuality*. Synthese, **102** (1), 195—214 (1995).
- ¹⁴¹ А. Б. Мигдал, *Нильс Бор и квантовая физика*. Успехи физ. наук, **147** (2), 303—342 (1985).
- ¹⁴² Y. Alhassid, *The statistical theory of quantum dots*. Rev. Mod. Phys., **72** (4), 895—968 (2000).
- ¹⁴³ Tanabashi M. et al., *The review of particle properties*. Phys. Rev., D **98** (3), 030001 (2018); *Particle Data Group, Review of Particle Properties*. <https://pdg.lbl.gov/rpp-archive/files>; J. Iliopoulos, T. N. Tomaras, *Elementary Particle Physics. The Standard Theory* (Oxford University Press, Oxford, 2021).
- ¹⁴⁴ S. Rebsdorf, H. Kragh, *Edward Arthur Milne — The relations of mathematics to science*. Stud. Hist. Phil. Mod. Phys., **33** (1), 51—64 (2002).
- ¹⁴⁵ A. A. Griffith, G. I. Taylor, *The use of soap films in solving torsion problems*. Proc. Inst. Mech. Eng., **93** (1), 755—789 (1917).
- ¹⁴⁶ Р. Дитчберн, *Физическая оптика* (Наука, Москва, 1965).
- ¹⁴⁷ G. E. Volovik, *Superfluid analogies of cosmological phenomena*. Phys. Rep. **351** (4), 195—348 (2001).
- ¹⁴⁸ F. Monticone, A. Alù, *Metamaterial, plasmonic and nanophotonic devices*. Rep. Prog. Phys., **80** (3), 036401 (2017). Метаматеріали дають змогу розв'язати купу практичних задач, зокрема, задачу створення «невидимих» об'єктів, про які колись мріяв видатний британський письменник *Герберт Велс*. Див.: Герберт Уэллс, *Собрание сочинений в пятнадцати томах. Том 1* (Правда, Москва, 1964).
- ¹⁴⁹ В. Л. Гинзбург, *О сверхпроводимости и о сверхтекучести. Автобиография: Сборник статей и выступлений* (Физматлит, Москва, 2006).
- ¹⁵⁰ M. M. J. French, *The wonders of levitation*. Phys. Educ., **45** (1), 37—41 (2010); B. V. Jayawant, *Electromagnetic suspension and levitation techniques*. Proc. Roy. Soc., A **416** (1851), 245—320 (1988); V. Koudelkova, *How to simply demonstrate diamagnetic levitation with pencil lead*. Phys. Educ., **51** (1), 014001 (2016).
- ¹⁵¹ Я. Г. Дорфман, *Лавуазье. Издание второе, переработанное* (Наука, Москва, 1962). Наведемо цікаву цитату щодо поглядів Лавуазьє: «Коли в другій половині XVIII століття Лавуазьє презентував список елементів, з яких складається світ, то він розділив їх на 4 групи. До першої групи входили метали, такі як свинець і залізо (всього 17), до другої — «земельні»: кремній, магній, кальцій і алюміній, до третьої — елементи, що утворюють кислоти, такі як сірка, фосфор і вуглець, і нарешті четверта група складалася з кисню, азоту і водню. Крім того, окремо виділялися речовини, які не мали

5.21. Бібліографія та коментарі

маси (невагомі) — світло, теплород, ефір (субстанція, що заповнює простір та дає змогу світлу мандрувати по ньому), електричний і магнітний флюїди. Ці п'ять речовин залишалися загадковими, двоїстими і недосяжними до самого XIX століття». «Невагомі тепло, електрика й кохання володіють світом», — писав у 1858 році *Олівер Венделл Голмс старший*, американський лікар, який мав тонке почуття гумору. Див.: М. А. Сабаделл, *Магнетизм високого напруження. Максвелл. Електромагнітний синтез* (Де Агостини, Москва, 2015), с. 7.

¹⁵² В. Ефремов, *Пределы научного знания*, В книге: *В защиту науки*, **13—14** (Наука, Москва), с. 238.

¹⁵³ О. Г. Сорохтин, Дж. В. Чилингар, Н. О. Сорохтин, *Теория развития Земли: происхождение, эволюция и трагическое будущее* (РХД, Москва, 2010).

¹⁵⁴ А. М. Gabovich, V. I. Kuznetsov, *What do we mean when using the acronym 'BCS'? The Bardeen—Cooper—Schrieffer theory of superconductivity*. *Eur. J. Phys.*, **34** (2), 371—382 (2013).

¹⁵⁵ А. Зоммерфельд, *Строение атома и спектры. Том первый* (Гостехтеориздат, Москва, 1956); Л. В. Бобров, *Тени невидимого света* (Атомиздат, Москва, 1964); Э. В. Шпольский, *Атомная физика. Том первый. Введение в атомную физику. Издание шестое, исправленное* (Наука, Москва, 1974).

¹⁵⁶ А. Зоммерфельд, *Строение атома и спектры. Том первый* (Гостехтеориздат, Москва, 1956); Я. С. Уманский, Ю. А. Скаков, А. Н. Иванов, Л. Н. Рас-торгуев, *Кристаллография, рентгенография и электронная микроскопия* (Металлургия, Москва, 1982).

¹⁵⁷ А. Зоммерфельд, *Строение атома и спектры. Том первый* (Гостехтеориздат, Москва, 1956); Э. В. Шпольский, *Атомная физика. Том первый. Введение в атомную физику. Издание шестое, исправленное* (Наука, Москва, 1974); И. Ю. Кобзарёв (ред.), *Эйнштейновский сборник 1986—1990* (Наука, Москва, 1990).

¹⁵⁸ Э. В. Шпольский, *Атомная физика. Том первый. Введение в атомную физику. Издание шестое, исправленное* (Наука, Москва, 1974); Д. В. Сивухин, *Общий курс физики. Том пятый. Атомная и ядерная физика. Часть первая. Атомная физика* (Наука, Москва, 1986); Ф. Хунд, *История квантовой теории* (Наукова думка, Киев, 1980).

¹⁵⁹ Э. В. Шпольский, *Атомная физика. Том первый. Введение в атомную физику. Издание шестое, исправленное* (Наука, Москва, 1974); Э. В. Шпольский, *Атомная физика. Том второй. Основы квантовой механики и строение электронной оболочки атома. Издание четвертое, переработанное* (Наука, Москва, 1974); G. Auletta, *Foundations and Interpretation of Quantum Mechanics in the Light of a Critical-Historical Analysis of the Problems and of a Synthesis of the Results* (World Scientific, Singapore, 2001); Y. Aharonov, D. Rohrlich, *Quantum Paradoxes. Quantum Theory for the Perplexed* (Wiley-VCH, Weinheim, 2005).

¹⁶⁰ В. Кузнецов, *Проблема «универсалий» в физическом познании* (Наукова думка, Киев, 1987).

¹⁶¹ D. M. Armstrong, *Four Disputes About Properties*. *Synthese*, **144** (3), 309—320 (2005); A. Bird, *Properties Nature's Metaphysics. Laws and Properties* (Oxford, Clarendon Press, 2007); A. Bird, B. Ellis, H. Sankey (eds.). *Properties, Powers and Structures. Issues in the Metaphysics of Realism* (Routledge, London and New York, 2012); S. R. Allen, *A Critical Introduction to Properties* (Bloomsbury, London, 2016); V. Livianos. *Science in Metaphysics. Exploring the Metaphysics of*

Properties and Laws (Springer, Cham, 2017); J. Giannotti, *The Dual Nature of Properties. The Powerful Qualities View Reconsidered*. PhD thesis. 2019. <https://theses.gla.ac.uk/41142/>.

¹⁶² Льюис Кэрролл, *Приключения Алисы в стране чудес. Алиса в Зазеркалье* (Правда, Москва, 1985).

¹⁶³ М. И. Каганов, И. М. Лифшиц, *Квазичастицы. Идеи и принципы квантовой физики твердого тела. Издание второе, исправленное и дополненное* (Наука, Москва, 1989); Н. Б. Брандт, В. А. Кульбачинский, *Квазичастицы в физике конденсированного состояния* (Физматлит, Москва, 2005); Editorial, *The quasiparticle zoo*. *Nat. Phys.*, **12** (12), 1085—1089 (2016).

¹⁶⁴ А. И. Ахиезер, Ю. П. Степановский, *От квантов света до цветных кварков* (Наукова думка, 1993); Ю. Г. Чирков, *Охота за кварками. Издание второе, исправленное* (УРСС, Москва, 2011); М. Chaichian, Н. Р. Rojas, А. Tureanu, *Basic Concepts in Physics. From the Cosmos to Quarks* (Springer, Berlin, 2014).

¹⁶⁵ С. Гирвин, *Квантовый эффект Холла. Необычные возбуждения и нарушенные симметрии* (Институт компьютерных исследований, Москва—Ижевск, 2003); Н. Б. Брандт, В. А. Кульбачинский, *Квазичастицы в физике конденсированного состояния* (Физматлит, Москва, 2005).

¹⁶⁶ К. Н. Мухин, *Экспериментальная ядерная физика в двух книгах. Книга первая. Физика атомного ядра. Часть первая. Свойства нуклонов, ядер и радиоактивных излучений. Издание пятое, переработанное и дополненное* (Энергоатомиздат, Москва, 1993); Ю. А. Бережной, *Квантовый мир атомной и ядерной физики*. (ХНУ имени В. Н. Каразина, Харьков, 2010).

¹⁶⁷ Аристотель, *Физика. Сочинения. В четырех томах. Том 3* (АН СССР, Москва, 1981), с. 336—337: «Крім того, природний рух частин і всієї Землі спрямований до центру Всесвіту, тому що Земля знаходиться насправді в центрі. При необхідності вони, безсумнівно, повинні рухатися до центру Всесвіту, тому що легкі [тіла] і вогонь, рух яких протилежний до напрямку руху сили тяжіння, рухаються до краю [не Землі, а] навколишнього центру простору».

¹⁶⁸ Насправді, «вічні» динамічні замкнені пласкі траєкторії двох тіл, які взаємодіють за законом Ньютона, є рідкісним окремим випадком. Реальні траєкторії планет, комет або зір відхиляються під дією маленьких збурень-флуктуацій, є нестійкими, так що класична механіка сьогодення має дещо інший характер, ніж уважав *П'єр Лаплас*. Більш-менш сучасні погляди на класичну механіку можна прочитати в джерелах: А. Лихтенберг, М. Либерман, *Регулярная и стохастическая динамика* (Мир, Москва, 1984); В. И. Арнольд, В. В. Козлов, А. И. Нейштадт, *Математические аспекты классической и небесной механики* (ВИНИТИ, Москва, 1985); G. M. Zaslavsky, *The Physics of Chaos in Hamiltonian Systems. Second Edition* (Imperial College Press, London, 2007); R. Fitzpatrick, *An Introduction to Celestial Mechanics* (Cambridge University Press, Cambridge, 2012).

¹⁶⁹ В. Бронштэн, *Как движется Луна?* (Наука, Москва, 1990), с. 187.

¹⁷⁰ https://en.wikipedia.org/wiki/Apache_Point_Observatory_Lunar_Laser-ranging_Operation.

¹⁷¹ S. Chandrasekhar, *Newton's Principia for the Common Reader* (Clarendon Press, Oxford, 1995); С. Pask, *Magnificent Principia. Exploring Isaac Newton's Masterpiece* (Prometheus Books, Amherst, New York, 2013).

5.21. Бібліографія та коментарі

¹⁷² А. Зоммерфельд, *Механика* (ИЛ, Москва, 1947); Э. Уиттекер, *Аналитическая динамика* (РХД, Ижевск, 1999); Ф. Р. Гантмахер, *Лекции по аналитической механике. Издание второе, исправленное* (Физматгиз, Москва, 1966).

¹⁷³ Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц, *Теоретическая физика. Том VIII. Электродинамика сплошных сред. Издание второе, переработанное и дополненное* Е. М. Лифшицем и Л. П. Питаевским (Наука, Москва, 1982); В. В. Батыгин, И. Н. Топтыгин, *Современная электродинамика. Часть 1: Микроскопическая теория. Издание второе, исправленное* (РХД, Москва, 2005); И. Н. Топтыгин, *Современная электродинамика. Часть 2: Теория электромагнитных явлений в веществе* (РХД, Москва, 2005); В. Л. Гинзбург, *Теоретическая физика и астрофизика. Дополнительные главы. Издание третье, исправленное и дополненное* (Наука, Москва, 1987); О. Darrigol, *Electrodynamics from Ampere to Einstein* (Oxford University Press, Oxford, 2000); J. D. Jackson, *Classical Electrodynamics. Third Edition* (John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey, 1999); Е. А. Памятных, Е. А. Туров, *Основы электродинамики материальных сред в переменных и неоднородных полях* (Физматлит, Москва, 2000).

¹⁷⁴ Наприклад, можна вказати на просторову й часову дисперсію діелектричної проникності: В. М. Агранович, В. Л. Гинзбург, *Кристаллооптика с учетом пространственной дисперсии и теория экситонов. Издание второе, переработанное и дополненное* (Наука, Москва, 1979); А. И. Ахиезер (ред.), *Электродинамика плазмы* (Наука, Москва, 1974); В. Л. Гинзбург, *Теоретическая физика и астрофизика. Дополнительные главы. Издание третье, исправленное и дополненное* (Наука, Москва, 1987); В. П. Силин, А. А. Рухадзе, *Электромагнитные свойства плазмы и плазмоподобных сред* (Госатомиздат, Москва, 1961).

¹⁷⁵ G. Auletta, *Foundations and Interpretation of Quantum Mechanics in the Light of a Critical-Historical Analysis of the Problems and of a Synthesis of the Results* (World Scientific, Singapore, 2001); Y. Aharonov, D. Rohrlich, *Quantum paradoxes. Quantum theory for the perplexed* (Wiley-VCH, Weinheim, 2005); В. В. Белокурова, О. Д. Тимофеевская, О. А. Хрусталева, *Квантовая телепортация — обыкновенное чудо* (РХД, Москва—Ижевск, 2000); А. В. Белинский, *Квантовые измерения* (БИНОМ, Москва, 2008); Ю. А. Бережной, *Удивительный квантовый мир* (Мастер-класс, Киев, 2007); S. Brandt, H. D. Dahlen, *The Picture Book of Quantum Mechanics. Fourth Edition* (Springer, NY, 2012); М. О. Скалли, М. С. Зубайри, *Квантовая оптика* (Физматлит, Москва, 2003).

¹⁷⁶ S. Earnshaw, *On the nature of the molecular forces which regulate the constitution of the luminiferous ether*. *Transact. Cambridge Philosoph. Soc.*, 7, 97—112.

¹⁷⁷ Ф. Любкер, *Реальный словарь классических древностей* в трех томах. Том третий (Олма-Пресс: Москва, 2001), с. 165.

¹⁷⁸ Дивись: В. Кузнецов, *Структура физического эксперимента и концепция относительности к средствам наблюдения*, В. Н. Депенчук, Л. Озадовская (ред.), *Материалистическая диалектика и структура естественнонаучного знания* (Наукова думка, Киев, 1980), с. 313—334; С. Крымский, В. Кузнецов, *Мировоззренческие категории в современном естествознании* (Наукова думка, Киев, 1982).

¹⁷⁹ Д. Е. Джирард, *Основы химии окружающей среды* (Физматлит, Москва, 2008); Л. В. Тарасов, *Атмосфера нашей планеты* (Физматлит, Москва, 2012).

¹⁸⁰ В. Штиллер, *Уравнение Аррениуса и неравновесная кинетика* (Мир, Москва, 2000); Р. Atkins, J. De Paula, *Atkins' Physical Chemistry. Eighth Edition* (Oxford University Press, Oxford, 2006).

¹⁸¹ К. Н. Мухин, *Экспериментальная ядерная физика в двух книгах. Книга первая. Физика атомного ядра. Часть первая. Свойства нуклонов, ядер и радиоактивных излучений. Издание пятое, переработанное и дополненное* (Энергоатомиздат, Москва, 1993).

¹⁸² Ю. А. Рябов, *Движения небесных тел. Издание третье, переработанное* (Наука, Москва, 1977); S. Kopeikin, M. Efroimsky, G. Kaplan, *Relativistic Celestial Mechanics of the Solar System* (Wiley-VCH, Weinheim, 2011).

¹⁸³ A. Celletti, *Stability and Chaos in Celestial Mechanics* (Praxis, Chichester, 2010).

¹⁸⁴ А. В. Засов, К. А. Постнов, *Общая астрофизика* (Век2, Фрязино, 2006).

¹⁸⁵ В. Г. Сурдин (ред.), *Звёзды* (Физматлит, Москва, 2009).

¹⁸⁶ М. Я. Маров, *Планеты Солнечной системы* (Наука, Москва, 1986); У. Кауфман, *Планеты и луны* (Мир, Москва, 1982); Ф. Л. Уипл, *Семья Солнца. Планеты и спутники Солнечной системы* (Мир, Москва, 1984); S. Eales, *Planets and Planetary Systems* (John Wiley & Sons, Oxford, 2009).

¹⁸⁷ К. И. Чурюмов, *Кометы и их наблюдения* (Наука, Москва, 1980); K. S. Krishna Swamy, *Physics of Comets* (World Scientific, Singapore, 2010).

¹⁸⁸ I. Bloch, J. Dalibard, W. Zwerger, *Many-body physics with ultracold gases*. Rev. Mod. Phys., **80** (3), 885–964 (2008); D. M. Stamper-Kurn, M. Ueda, *Spinor Bose gases: Symmetries, magnetism, and quantum dynamics*. Rev. Mod. Phys., **85** (3), 1191–1244 (2013).

¹⁸⁹ A. D. V. Woods, *Structure and excitations of liquid helium*. Rep. Prog. Phys., **36** (9), 1135–1231 (1973); P. Wölfle, *Low-temperature properties of liquid ³He*. Rep. Prog. Phys., **42** (2), 269–346 (1979); M. Boninsegni and N. V. Prokof'ev, *Supersolids: What and where are they?* Rev. Mod. Phys., **84** (2), 759–776 (2012).

¹⁹⁰ И. М. Лифшиц, М. Я. Азбель, М. И. Каганов, *Электронная теория металлов* (Наука, Москва, 1971); А. А. Абрикосов, *Основы теории металлов* (Наука, Москва, 1987); J. Wosnitza, *Fermi Surfaces of Low-Dimensional Organic Metals and Superconductors* (Springer, Berlin, 1996); А. М. Цвеллик, *Квантовая теория поля в физике конденсированного состояния* (Физматлит, Москва, 2002); Н. Б. Брандт, В. А. Кульбачинский, *Квазичастицы в физике конденсированного состояния* (Физматлит, Москва, 2005); S. Roth, D. Carrol, *One-Dimensional Metals. Conjugated Polymers, Organic Crystals, Carbon Nanotubes* (Wiley-VCH, Weinheim, 2004).

¹⁹¹ Э. Майр, *Зоологический вид и эволюция* (Мир, Москва, 1968); А. Turner, M. Anton, *The Big Cats and Their Fossil Relatives. An Illustrated Guide to Their Evolution and Natural History* (Columbia University Press, New York, 1997).

¹⁹² В. А. Угаров, *Специальная теория относительности. Издание второе, переработанное и дополненное* (Наука, Москва, 1977); E. F. Taylor, J. A. Wheeler, *Spacetime Physics. Introduction to Special Relativity. Second Edition* (W. H. Freeman and Company, New York, 1992); C. G. Adler, *Does mass really depend on velocity, dad?* Amer. J. Phys., **55** (8), 739–743 (1987); L. В. Okun, *The concept of mass*. Phys. Today, **42** (6), 31–36 (1989); Л. Б. Окунь, *Понятие массы (масса, энергия, относительность)*. Успехи физ. наук, **158** (2), 293–301 (1989); А. М. Gabovich,

5.21. Бібліографія та коментарі

N. A. Gabovich, *How to explain the non-zero mass of electromagnetic radiation consisting of zero-mass photon*. Eur. J. Phys., **28** (4), 649–655 (2007); О. М. Габович, Н. О. Габович. *Як у загальноосвітній школі викладати сучасну фізику* (Основа, Харків, 2008); L. V. Okun, *Mass versus relativistic and rest masses*. Amer. J. Phys. **77** (5), 430–431 (2009).

¹⁹³ В. В. Батыгин, И. Н. Топтыгин, *Современная электродинамика. Часть I: Микроскопическая теория. Издание второе, исправленное* (РХД, Москва, 2005); Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц, *Теоретическая физика. Том II. Теория поля. Издание седьмое, исправленное* (Наука, Москва, 1988). Зокрема, у власній системі відліку навколо електрона знаходиться тільки кулонівське електростатичне поле. Натомість, у рухомій системі відліку з'являється також магнітне поле.

¹⁹⁴ Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц, *Теоретическая физика. Том VIII. Электродинамика сплошных сред. Издание второе, переработанное и дополненное* Е. М. Лифшицем и Л. П. Питаевским (Наука, Москва, 1982); Е. А. Памятных, Е. А. Туров, *Основы электродинамики материальных сред в переменных и неоднородных полях* (Физматлит, Москва, 2000); О. V. Dolgov, D. A. Kirzhnits, E. G. Maksimov, *On an admissible sign of the static dielectric function of matter*. Rev. Mod. Phys., **53** (1), 81–93 (1981).

¹⁹⁵ M. Gell-Mann, *The Eightfold Way. A Theory of Strong Interaction Symmetry* (Pasadena, California Institute of Technology, 1961); M. Böhm, A. Denner, H. Joos, *Gauge Theories of the Strong and Electroweak Interaction* (Teubner, Stuttgart, 2001); F. Schleck, *Electroweak and Strong Interactions: Phenomenology, Concepts, Models* (Springer, Berlin, 2012); Ch. Quigg, *Gauge Theories of the Strong, Weak, and Electromagnetic Interactions: Second Edition* (Princeton University Press, Princeton, 2013).

¹⁹⁶ R. Franssè, *Theory of relations. Revised Edition* (Amsterdam, Elsevier, 2000).

¹⁹⁷ H. Blumer, *Symbolic Interactionism. Perspective and Method* (University of California Press, Berkeley and Los Angeles, 1969); P. Rock, *The Making of Symbolic Interactionism* (The Macmillan Press, London, 1979); J. Turner, *A Theory of Social Interaction* (Stanford University Press, Stanford, 1988); N. Denzin, *Symbolic Interactionism and Cultural Studies: The Politics of Interpretation* (Blackwell, Malden, MA, 1992); P. Atkinson, W. Housley, *Interactionism. An Essay in Sociological Amnesia* (Sage, London, 2003); N. Denzin, L. H. Athens, T. Faust (eds.), *Blue Ribbon Papers. Interactionism: The Emerging Landscape* (Emerald, Bingley, 2011); L. H. Athens, T. Faust (eds.), *Radical Interactionism on the Rise* (Emerald, Bingley, 2013); Дж. Ритцер, *Современные социологические теории. Пятое издание*, (Санкт-Петербург: Питер, 2002); Дж. Г. Мид, *Избранное* (ИНИОН РАН, Москва, 2009); Д. В. Ефременко (отв. ред.), *Интеракционизм в американской социологии и социальной психологии первой половины XX века. Сборник переводов* (ИНИОН РАН, Москва, 2010).

¹⁹⁸ E. van de Haar, *Classical Liberalism and International Relations Theory: Hume, Smith, Mises, and Hayek* (Palgrave Macmillan, New York, 2009); R. N. Lebow, *A Cultural Theory of International Relations* (Cambridge University Press, Cambridge, 2009); P. Sharp, *Diplomatic Theory of International Relations* (Cambridge University Press, Cambridge, 2009).

¹⁹⁹ В. А. Угаров, *Специальная теория относительности. Издание второе, переработанное и дополненное* (Наука, Москва, 1977); С. М. Will, *Theory*

and Experiment in Gravitational Physics. Rev. ed. (Cambridge University Press, Cambridge, 1993); А. А. Сазанов, *Четырехмерная модель мира по Минковскому* (УРСС, Москва, 2008); J. Mehra, *Einstein, Physics and Reality* (World Scientific, Singapore, 1999); С. Вайнберг, *Космология* (УРСС, Москва, 2013).

²⁰⁰ К. Б. Толпыго, *Термодинамика и статистическая физика* (КГУ, Киев, 1966); Д. В. Сивухин, *Общий курс физики. Том второй. Термодинамика и статистическая физика. Издание третье, исправленное и дополненное* (Наука, Москва, 1990); Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц, *Теоретическая физика. Том V. Статистическая физика. Часть первая. Издание третье, дополненное Е. М. Лифшицем и Л. П. Питаевским* (Наука, Москва, 1976).

²⁰¹ Д. В. Сивухин, *Общий курс физики. Том пятый. Атомная и ядерная физика. Часть вторая. Ядерная физика* (Наука, Москва, 1989).

²⁰² А. И. Ахиезер, Ю. П. Степановский, *От квантов света до цветных кварков* (Наукова думка, Киев, 1993); Ю. А. Бережной, *Квантовый мир атомной и ядерной физики*. (Харьковский национальный университет имени В. Н. Каразина, Харьков, 2010); Ю. Г. Чирков, *Охота за кварками. Издание второе, исправленное* (УРСС, Москва, 2011); M. Chaichian, H. P. Rojas, A. Tureanu, *Basic Concepts in Physics. From the Cosmos to Quarks* (Springer, Berlin, 2014).

²⁰³ Колись під агрегатними станами розуміли тверде тіло, рідину та газ (пару). Потім до цього додалася газорозрідна плазма, а згодом кількість можливих різних станів речовини суттєво збільшилася. Тому прийнято говорити вже не про агрегатні стани, а про стани матерії (*states of matter*). До них можна віднести, зокрема, рідкі кристали, магнітні впорядковані стани, стекла, металічні стекла, квазікристали, кварк-глюонну плазму, матерію нейтронних зір, бозе-ейнштейнівський конденсат, темну матерію тощо. Дивись: А. Б. Мигдал, *Теория конечных ферми-систем и свойства атомных ядер. Издание второе, переработанное и дополненное* (Наука, Москва, 1983); P. W. Anderson, *Basic Notions of Condensed Matter Physics* (Benjamin, Menlo Park, 1984); D. L. Goodstein, *States of Matter* (Dover Publications, Inc. Mineola, New York, 2002); J. F. Annett, *Superconductivity, Superfluids and Condensates* (Oxford University Press, Oxford, 2004); Д. А. Киржниц, *Лекции по физике* (Наука, Москва, 2006); J. A. Angelo, Jr., *Quantifying Matter* (Facts On File, Inc., New York, 2011); J. A. Angelo, Jr., *Solid Matter* (Facts On File, Inc., New York, 2011); J. A. Angelo, Jr., *Energy of Matter* (Facts On File, Inc., New York, 2011); H. Satz, *Extreme States of Matter in Strong Interaction Physics. An Introduction* (Springer, Heidelberg, 2012); B. Svistunov, E. Babaev, N. Prokof'ev, *Superfluid States of Matter* (CRC Press, Boca Raton, 2015); V. E. Fortov, *Extreme States of Matter. High Energy Density Physics. Second Edition* (Springer International Publishing, Switzerland, 2016).

²⁰⁴ Г. А. Свешников, *Причинность и связь состояний в физике* (Наука, Москва, 1971).

²⁰⁵ Г. Я. Мякишев, *Общая структура фундаментальных физических теорий и понятие состояния*. В *Физическая теория* (Наука, Москва, 1980), с. 420—436.

²⁰⁶ Деякі філософи навіть пропонують тлумачити поняття «стану» як віддзеркалення найбільш фундаментальних складників світу. Дивись, наприклад, D. M. Armstrong, *A World of States of Affairs* (Cambridge University Press, Cambridge, 1997).

5.21. Бібліографія та коментарі

²⁰⁷ Л. Г. Лойцянский, А. И. Лурье, *Курс теоретической механики. Том первый. Статика и кинематика. Издание восьмое, переработанное и дополненное* (Наука, Москва, 1982); Л. Г. Лойцянский, А. И. Лурье, *Курс теоретической механики. Том второй. Динамика. Издание шестое, переработанное и дополненное* (Наука, Москва, 1983).

²⁰⁸ К. Блум, *Теория матрицы плотности и ее приложения* (Мир, Москва, 1983).

²⁰⁹ Ю. Б. Румер, М. Ш. Рывкин, *Термодинамика, статистическая физика и кинетика. Издание второе, исправленное и дополненное* (Наука, Москва, 1977); А. А. Гухман, *Об обоснованиях термодинамики* (Энергоатомиздат, Москва, 1986); Р. Кубо, *Термодинамика* (Мир, Москва, 1970); М. А. Леонтович, *Введение в термодинамику. Статистическая физика* (Наука, Москва, 1983); И. Пригожин, Д. Кондепуди, *Современная термодинамика* (Мир, Москва, 2002); Д. В. Сивухин, *Общий курс физики. Том второй: термодинамика и статистическая физика* (Наука, Москва, 1990); В. В. Сычѐв, *Дифференциальные уравнения термодинамики. Третье издание, переработанное* (МЭИ, Москва, 2010); S. Chandra, *Energy, Entropy and Engines. An Introduction to Thermodynamics* (John Wiley & Sons, Chichester, 2016); I. Granet, M. Bluestein, *Thermodynamics and Heat Power* (CRC Press, Boca Raton, 2015); J. M. Honig, *Thermodynamics. Principles Characterizing Physical and Chemical Processes. Fourth Edition* (Elsevier, Oxford, 2014); C. Borgnakke, R. E. Sonntag, *Fundamentals of Thermodynamics* (John Wiley & Sons, Hoboken, 2013); N. D. H. Dass, *The Principles of Thermodynamics* (CRC Press, Boca Raton, 2014); B. Poirier, *A Conceptual Guide to Thermodynamics* (John Wiley & Sons, Chichester, 2014); R. F. Sekerka, *Thermal Physics. Thermodynamics and Statistical Mechanics for Scientists and Engineers* (Elsevier, Amsterdam, 2015); L. E. Reichl, *A Modern Course in Statistical Physics. Second Edition* (John Wiley & Sons, New York, 1998).

²¹⁰ В. В. Сычѐв, *Сложные термодинамические системы. Третье издание, переработанное* (Наука, Москва, 1986); M. J. de Oliveira, *Equilibrium Thermodynamics* (Springer, Berlin, 2013).

²¹¹ В. Г. Барьяхтар, Б. А. Иванов, *Магнетизм. Что это?* (Наукова думка, Киев, 1981); В. Г. Барьяхтар, Б. А. Иванов, *В мире магнитных доменов* (Наукова думка, Киев, 1986); Е. С. Боровик, В. В. Еременко, А. С. Мильнер, *Лекции по магнетизму* (Физматлит, Москва, 2005); С. В. Вонсовский, *Магнетизм* (Наука, Москва, 1971); Ю. А. Изюмов, М. И. Кашнельсон, Ю. Н. Скрыбин, *Магнетизм коллективизированных электронов* (Физматлит, Москва, 1994); Т. Мория, *Спиновые флуктуации в магнетиках с коллективизированными электронами* (Мир, Москва, 1988); J. M. D. Coey, *Magnetism and Magnetic Materials* (Cambridge University Press, Cambridge, 2009); D. C. Mattis, *The Theory of Magnetism Made Simple. An Introduction to Physical Concepts and to Some Useful Mathematical Methods* (World Scientific, Singapore, 2006); R. M. White, *Quantum Theory of Magnetism. Magnetic Properties of Materials. Third, Completely Revised Edition* (Springer, Berlin, 2007); P. Mohn, *Magnetism in the Solid State. An Introduction* (Springer, Berlin, 2006).

²¹² W. Buckel, R. Kleiner, *Superconductivity. Fundamentals and Applications. Second, Revised and Enlarged Edition* (Wiley-VCH, Weinheim, 2004); V. L. Ginsburg, *On Superconductivity and Superfluidity. A Scientific Autobiography* (Springer, Berlin, 2009); M. Tinkham, *Introduction to Superconductivity. Second Edition*

(McGraw-Hill, Inc., New York, 1996); J. F. Annett, *Superconductivity, Superfluids and Condensates* (Oxford University Press, Oxford, 2004); S. Blundell, *Superconductivity. A Very Short Introduction* (Oxford University Press, Oxford, 2009).

²¹³ М. Е. Lines, А. М. Glass, *Principles and Applications of Ferroelectrics and Related Materials* (Clarendon Press, Oxford, 1977); Б. А. Струков, *Сегнетоэлектричество* (Наука, Москва, 1979); Б. А. Струков, А. П. Леванюк, *Физические основы сегнетоэлектрических явлений в кристаллах* (Наука, Москва, 1983); А. S. Sidorkin, *Domain Structure in Ferroelectrics and Related Materials* (Cambridge International Science Publishing, Cambridge, 2006); J. A. Gonzalo, *Effective Field Approach to Phase Transitions and Some Applications to Ferroelectrics. Second Edition*. (World Scientific, Singapore, 2006).

²¹⁴ Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц, *Теоретическая физика. Том пятый. Статистическая физика. Часть первая. Издание пятое, стереотипное* (Физматлит, Москва, 2002); P. W. Anderson, *Basic Notions of Condensed Matter Physics* (The Benjamin/Cummings Publishing Company, Menlo Park, 1984); M. J. de Oliveira, *Equilibrium Thermodynamics* (Springer, Berlin, 2013); J. M. Honig, *Thermodynamics. Principles Characterizing Physical and Chemical Processes*. 4th ed. (Elsevier, Oxford, 2014); N. D. H. Dass, *The Principles of Thermodynamics* (CRC Press, Boca Raton, 2014).

²¹⁵ Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц, *Теоретическая физика. Том пятый. Статистическая физика. Часть первая. Издание пятое, стереотипное* (Физматлит, Москва, 2002); Ч. Киттель, *Элементарная статистическая физика* (Наука, Москва, 1960); Ч. Киттель, *Статистическая термодинамика* (Наука, Москва, 1977); Ю. Л. Климонтович, *Статистическая физика* (Наука, Москва, 1982); Р. Кубо, *Статистическая механика* (Мир, Москва, 1967); Б. Лавенда, *Статистическая физика. Вероятностный подход* (Мир, Москва, 1999); М. А. Леонтович, *Введение в термодинамику. Статистическая физика* (Наука, Москва, 1983); Д. В. Сивухин, *Общий курс физики. Том второй: термодинамика и статистическая физика* (Наука, Москва, 1990); Дж. Майер, М. Гепперт-Майер, *Статистическая механика. Издание второе, переработанное* (Мир, Москва, 1980); Ф. Рейф, *Статистическая физика. Берклевский курс физики. Том пятый. Издание второе, стереотипное* (Наука, Москва, 1977); Ю. Б. Румер, М. Ш. Рывкин, *Термодинамика, статистическая физика и кинетика. Издание второе, исправленное и дополненное* (Наука, Москва, 1977); L. E. Reichl, *A Modern Course in Statistical Physics. Second Edition* (John Wiley & Sons, New York, 1998); R. F. Sekerka, *Thermal Physics. Thermodynamics and Statistical Mechanics for Scientists and Engineers* (Elsevier, Amsterdam, 2015); I. Ford, *Statistical Physics. An Entropic Approach* (John Wiley & Sons, Chichester, 2013); А. С. Компанец, *Курс теоретической физики. Статистические законы. Том второй* (Просвещение, Москва, 1975).

²¹⁶ D. Kondepudi, I. Prigogine, *Modern Thermodynamics. From Heat Engines to Dissipative Structures* (Wiley, Chichester, 1998); I. Müller, *A History of Thermodynamics. The Doctrine of Energy and Entropy* (Springer, Berlin, 2007); R. T. Hanlon, *The Historical and Theoretical Foundations of Thermodynamics* (Oxford University Press, Oxford, 2020); K. Stierstadt, *Temperatur und Wärme — was ist das wirklich? Ein Überblick über die Definitionen in der Thermodynamik* (Springer-Spektrum, Wiesbaden, 2020); S. M. Mussett, *Entropic Philosophy. Chaos, Breakdown, and*

5.21. Бібліографія та коментарі

Creation (Rowman & Littlefield Publishers, London, 2022); С. Деменюк, *Просто энтропия* (Страта, СПб., 2020).

²¹⁷ Дж. Фен, *Машины, энергия, энтропия* (Мир, Москва, 1986); П. Шамбадаль, *Развитие и приложение понятия энтропии* (Наука, Москва, 1967); I. Aoki, *Entropy Principle for the Development of Complex Biotic Systems. Organisms, Ecosystems, the Earth* (Elsevier, London, 2012); D. S. Lemons, *A Student's Guide to Entropy* (Cambridge University Press, Cambridge, 2013); S. Chandra, *Energy, Entropy and Engines. An Introduction to Thermodynamics* (John Wiley & Sons, Chichester, 2016).

²¹⁸ М. В. Волькенштейн, *Энтропия и информация* (Наука, Москва, 1986); Л. Бриллюэн, *Наука и теория информации* (Физматгиз, Москва, 1960); Л. Бриллюэн, *Научная неопределенность и информация* (Мир, Москва, 1966); А. М. Яглом, И. М. Яглом, *Вероятность и информация. Издание третье, переработанное и дополненное* (Наука, Москва, 1973); W. T. Grandy, Jr., *Entropy and the Time Evolution of Macroscopic Systems* (Oxford, Oxford University Press, 2008); D. S. Lemons, *A Student's Guide to Entropy* (Cambridge University Press, Cambridge, 2013); V. P. Singh, *Entropy. Theory and its Application in Environmental and Water Engineering* (Wiley-Blackwell, Oxford, 2013); V. P. Singh, *Introduction to Tsallis Entropy Theory in Water Engineering* (CRC Press, Boca Raton, 2016); К. Maruyama, F. Nori, V. Vedral, *Colloquium: The physics of Maxwell's demon and information*. Rev. Mod. Phys., **81** (1), 1–23 (2009).

²¹⁹ Г. Николис, И. Пригожин, *Самоорганизация в неравновесных системах. От диссипативных структур к неупорядоченности через флуктуации* (Мир, Москва, 1979); А. Т. Уинфри, *Время по биологическим часам* (Мир, Москва, 1990); А. Ю. Лоскутов, А. С. Михайлов, *Введение в синергетику* (Наука, Москва, 1990); Г. Хакен, *Информация и самоорганизация. Макроскопический подход к сложным системам* (Мир, Москва, 1991); С. П. Капица, С. П. Курдюмов, Г. Г. Малинецкий, *Синергетика и прогнозы будущего. Издание третье* (УРСС, Москва, 2003); Д. С. Чернавский, *Синергетика и информация. Динамическая теория информации. Издание второе, исправленное и дополненное* (УРСС, Москва, 2004); Д. И. Трубецков, *Введение в синергетику. Колебания и волны. Издание второе, исправленное и дополненное* (УРСС, Москва, 2003); Д. И. Трубецков, *Введение в синергетику. Хаос и структуры. Издание второе, исправленное и дополненное* (УРСС, Москва, 2004); Д. И. Трубецков, *Наука о сложностях в лицах, датах и судьбах. Как закладывались основы синергетики. Пиршество духа и драма идей* (УРСС, Москва, 2012);

²²⁰ P. Glendinning, *Stability, Instability and Chaos: An Introduction to the Theory of Nonlinear Differential Equations* (Cambridge University Press, Cambridge, 1994); Г. Г. Малинецкий, *Математические основы синергетики. Хаос, структуры, вычислительный эксперимент. Издание четвертое, существенно переработанное и дополненное* (УРСС, Москва, 2005); V. Benci, D. Fortunato, *Variational Methods in Nonlinear Field Equations. Solitary Waves, Hylomorphic Solitons and Vortices* (Springer, Cham, 2014).

²²¹ А. Зоммерфельд, *Строение атома и спектры. Том второй* (Гостехтеориздат, Москва, 1956); Г. Бете, Э. Солпитер, *Квантовая механика атомов с одним и двумя электронами* (Физматгиз, Москва, 1960); Г. Бете, *Квантовая механика* (Мир, Москва, 1965); Э. В. Шпольский, *Атомная физика. Том второй*.

Основы квантовой механики и строение электронной оболочки атома. Издание четвертое, переработанное (Наука, Москва, 1974).

²²² А. И. Базь, Я. Б. Зельдович, А. М. Переломов, *Рассеяние, реакции и распады в нерелятивистской квантовой механике. Издание второе, переработанное и дополненное* (Наука, Москва, 1971); G. Auletta, *Foundations and Interpretation of Quantum Mechanics In the Light of a Critical-Historical Analysis of the Problems and of a Synthesis of the Results* (World Scientific, Singapore, 2001); О. І. Ахизер, Ю. А. Бережной, *Теорія ядерних реакцій* (Видавництво Харківського державного університету, Харків, 2011); V. Olkhovsky, *Time as a quantum observable* (Lambert, Saarbrucken, 2012); В. С. Ольховский, *О времени как квантовой наблюдаемой, канонически сопряженной энергии*. Успехи физ. наук, **181** (8), 859—866 (2011); В. С. Ольховский, *О многократных внутренних отражениях туннелирующих частиц и фотонов в одномерном, двухмерном и трёхмерном туннелировании*. Успехи физ. наук, **184** (11), 1255—1264 (2014).

²²³ G. Auletta, *Foundations and Interpretation of Quantum Mechanics. In the Light of a Critical-Historical Analysis of the Problems and of a Synthesis of the Results* (World Scientific, Singapore, 2001); Y. Aharonov, D. Rohrlich, *Quantum paradoxes. Quantum Theory for the Perplexed* (Wiley-VCH, Weinheim, 2005); V. Olkhovsky, *Time as a quantum observable* (Lambert, Saarbrucken, 2012); G. Nimtz, *On superluminal tunneling*. Prog. Quant. Electron., **27** (6), 417—450 (2003); R. Y. Chiao, A. M. Steinberg, *Quantum optical studies of tunneling and other superluminal phenomena*. Phys. Scripta, **T76**, 61—66 (1998); H. G. Winful, *Tunneling time, the Hartman effect, and superluminality: A proposed resolution of an old paradox*. Phys. Rep., **436** (1—2), 1—69 (2006). Нещодавно було висловлено цілком слушну тезу, що оператор часу в квантовій механіці можна запровадити лише перейшовши до релятивістської теорії Дірака. Внаслідок цього співвідношення невизначеності Гайзенберга для часу й енергії (на відміну від більш відомого співвідношення для імпульсу й просторові координати) набуває сенсу саме в релятивістському підході. Деталі дивіться в працях: M. Bauer, *A dynamical time operator in Dirac's relativistic quantum mechanics*. Int. J. Mod. Phys., A **29** (6), 1450036 (2014); M. Bauer, *On the problem of time in quantum mechanics*. Eur. J. Phys., **38** (3), 035402 (2017).

²²⁴ Можна навести як приклад атомарний або молекулярний газ у посудині. Його рівноважний стан характеризується розподілом Максвелла по швидкостях (або енергіях). Але якщо створити процеси молекулярної теплопровідності та конвективного перенесення тепла між стінками через об'єм газу, то стан газу стає нерівноважним, а розподіл по швидкостях і енергіях уже не відповідає закону Максвелла. Див.: Дж. Робертс, *Теплота и термодинамика* (Гостехтеориздат, Москва—Ленинград, 1950); L.-S. Wang, *A Treatise of Heat and Energy* (Springer, Cham, 2020); M. W. Zemansky, R. H. Dittman, *Heat and Thermodynamics* (McGraw Hill, New York, 1997).

²²⁵ F. Orilia, M. P. Paoletti, *Properties*, In: E. N. Zalta (ed.), *Stanford Encyclopedia of Philosophy*, 2020. <https://plato.stanford.edu/entries/properties/>.

²²⁶ А. И. Ахизер, М. П. Рекало, *Элементарные частицы* (Наука, Москва, 1986); А. И. Ахизер, Ю. П. Степановский, *От квантов света до цветных кварков* (Наукова думка, Киев, 1993); А. И. Ахизер, С. В. Пелетминский, *Теория фундаментальных взаимодействий* (Наукова думка, Киев, 1993); Ю. А. Бе-

5.21. Бібліографія та коментарі

режної, *Як розповісти школяреві про атоми та фундаментальні взаємодії* (Основа, Харків, 2009); Ю. А. Бережної, *Квантовый мир атомной и ядерной физики. Учебное пособие* (Издательство Харьковского национального университета имени В. Н. Каразина, Харьков, 2020); Ю. А. Бережной, Н. М. Бичкова, *Як розповісти школяреві про атомні ядра* (Основа, Харків, 2011); В. И. Григорьев, Г. Я. Мякишев, *Силы в природе. Издание седьмое, исправленное и дополненное* (Наука, Москва, 1988); Р. Фейнман, *Характер физических законов* (Мир, Москва, 1968); K. Huang, *Fundamental Forces of Nature* (World Scientific, Singapore, 2007).

²²⁷ M. C. Miller, N. Yunes, *The new frontier of gravitational waves*. *Nature*, **568** (7753), 469—476 (2019).

²²⁸ C. de Rham, J. T. Deskins, A. J. Tolley, S.-Y. Zhou, *Graviton mass bounds*. *Rev. Mod. Phys.*, **89** (2), 025004 (2017); B. R. Holstein, *Graviton physics*. *Amer. J. Phys.*, **74** (11), 1002—1011.

²²⁹ Р. Фейнман, *Характер физических законов* (Мир, Москва, 1968).

²³⁰ М. Бурґін, В. Кузнецов, *Теоретико-номологічні структури соціального знання*, В. І. Бойченко (ред.). *Суспільні закони та їх дія* (Наукова думка, Київ, 1995), с. 142—154.

²³¹ Дж. К. Максвелл, *О математической классификации физических величин*. В: Дж. К. Максвелл, *Статьи и речи* (Наука, Москва, 1968), с. 37.

²³² І. А. Климишин, *Перлини зоряного неба* (Радянська школа, Київ, 1981); Ф. Ю. Зигель, *Сокровища звездного неба. Путеводитель по созвездиям и луне. Издание пятое* (Наука, Москва, 1986); Н. А. Федоров, П. В. Щеглов (ред.), *Небо, наука, поэзия. Античные авторы о небесных светилах, об их именах, восходах, заходах и приметах погоды* (МГУ, Москва, 1992); А. Волков, В. Г. Сурдин, *Что Есть Что. Планеты* (Слово, Москва, 2000).

²³³ О. В. Михайлов, *Блеск и нищета астрологии* (УРСС, Москва, 2005); В. Г. Сурдин, *Астрология и наука* (Век 2, Фрязино, 2007); R. Beck, *A Brief History of Ancient Astrology* (Blackwell Publishing, Malden, MA, 2007).

²³⁴ J. Walker, D. Halliday, R. Resnick, *Fundamentals of Physics. Tenth Edition* (John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, NJ, 2013).

²³⁵ E. T. Benedikt (ed), *Weightlessness. Physical Phenomena and Biological Effects* (Springer Science+Business Media, New York, 1961).

²³⁶ А. И. Ахиезер, В. Б. Берестецкий, *Квантовая электродинамика. Издание четвертое, переработанное* (Наука, Москва, 1981); А. И. Ахиезер, М. П. Рекало, *Элементарные частицы* (Наука, Москва, 1986); Л. Б. Окунь, *Элементарное введение в физику элементарных частиц. Второе издание, исправленное и дополненное* (Физматлит, Москва, 2006); L. V. Okun, *Photons, clocks, gravity and the concept of mass*. *Nucl. Phys. B* (Proc. Suppl), **110** (2), 151—155 (2002).

²³⁷ А. И. Ахиезер, М. П. Рекало, *Элементарные частицы* (Наука, Москва, 1986); К. Н. Мухин, *Экспериментальная ядерная физика в двух книгах. Книга вторая. Физика элементарных частиц. Издание пятое, переработанное и дополненное* (Энергоатомиздат, Москва, 1993); Л. Б. Окунь, *Элементарное введение в физику элементарных частиц. Второе издание, исправленное и дополненное* (Физматлит, Москва, 2006);

²³⁸ Е. И. Бутиков, *Оптика* (Высшая школа, Москва, 1986); И. Радунская, *Петр Николаевич Лебедев* (Знание, Москва, 1991).

²³⁹ I. Carusotto, C. Ciuti, *Quantum fluids of light*. Rev. Mod. Phys., **85** (1), 299—366 (2013); V. P. Belavkin, *Quantum causality, stochastics, trajectories and information*. Rep. Prog. Phys., **65** (3), 353—420 (2002); C. Roychoudhuri, A. F. Kracklauer, K. Creath (eds.), *The Nature of Light. What Is a Photon?* (CRC Press, Boca Raton, 2008).

²⁴⁰ А. Д. Линде, *Физика элементарных частиц и инфляционная космология* (Наука, Москва, 1990); Д. А. Киржниц, *Труды по теоретической физике и воспоминания в двух томах. Том первый: Теория поля, физика элементарных частиц, ядерная физика, воспоминания* (Физматлит, Москва, 2001); Д. А. Киржниц, *Труды по теоретической физике и воспоминания в двух томах. Том второй: Статистическая модель вещества, сверхпроводимость и сверхтекучесть, космология и астрофизика* (Физматлит, Москва, 2001); Г. Кейн, *Загадки массы*. В мире науки, **10**, 26—33 (2005); А. Левин, *За пределами стандартной модели элементарных частиц* // <http://www.popmech.ru/science/13636-bolshe-chem-simmetriya/>.

²⁴¹ В. Л. Гинзбург, Б. Г. Кузнецов (ред.), *Эйнштейновский сборник 1978—1979* (Наука, Москва, 1983); В. Л. Гинзбург, *О теории относительности. Сборник статей* (Наука, Москва, 1979); Б. Джефф, *Майкельсон и скорость света* (ИЛ, Москва, 1963); В. Н. Дубровский, Я. А. Смородинский, Е. Л. Сурков, *Релятивистский мир* (Наука, Москва, 1984); С. Lehner, J. Renn, M. Schemmel (eds.), *Einstein and the Changing Worldviews of Physics* (Springer, New York, 2012); Л. И. Мандельштам, *Лекции по оптике, теории относительности и квантовой механике* (Наука, Москва, 1972); Ю. Б. Румер, М. С. Рывкин, *Теория относительности* (Учпедгиз, Москва, 1960); Дж. Тригг, *Физика XX века. Ключевые эксперименты* (Мир, Москва, 1978); В. А. Угаров, *Специальная теория относительности. Издание второе, переработанное и дополненное* (Наука, Москва, 1977); С. Р. Филонович, *Самая большая скорость* (Наука, Москва, 1983); У. И. Франкфурт, А. М. Френк, *Оптика движущихся тел* (Наука, Москва, 1972); У. И. Франкфурт, *Специальная и общая теория относительности. Исторические очерки* (Наука, Москва, 1968).

²⁴² М. Бургин, *Абстрактная теория свойств*. В Неклассические логики (Институт философии АН СССР: Москва, 1985), с. 109—118.

²⁴³ Н. Е. Кочин, *Векторное исчисление и начала тензорного исчисления. Издание девятое* (Наука, Москва, 1965).

²⁴⁴ А. И. Ахиезер, *Общая физика. Электрические и магнитные явления. Справочное пособие* (Наукова думка, Киев, 1981); Дж. Джексон, *Классическая электродинамика* (Мир, Москва, 1965). Насправді, і електричне, і магнітне поле є компонентами єдиного спільного електромагнітного тензора, а вся класична електродинаміка ефективно й компактно описується спеціальною теорією відносності Айнштейна. Крім цитованої вище книги Джексона, про електродинаміку в «релятивістському вбранні» можна прочитати в таких джерелах: М. М. Бредов, В. В. Румянцев, И. Н. Топтыгин, *Классическая электродинамика* (Наука, Москва, 1985); Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц, *Теоретическая физика. Том 2. Теория поля. Издание седьмое, исправленное* (Наука, Москва, 1988); В. Новаку, *Введение в электродинамику* (ИЛ, Москва, 1963); М.-А. Тоннела, *Основы электромагнетизма и теории относительности* (ИЛ, Москва, 1962).

5.21. Бібліографія та коментарі

²⁴⁵ Е. С. Федоров, *Симметрия и структура кристаллов. Основные работы* (Издательство АН СССР, Москва, 1949); Е. С. Федоров, *Начала учения о фигурах* (Издательство АН СССР, Москва, 1953); Е. С. Федоров, *Правильное деление плоскости и пространства* (Издательство АН СССР, Ленинград, 1979); Р. Ж. Гаюи, *Структура кристаллов. Избранные труды* (Издательство АН СССР, Москва, 1962); А. В. Гадолин, *Вывод всех кристаллографических систем и их подразделений из одного общего начала* (Издательство АН СССР, Москва, 1954); A. Schoenflies, *Einführung in die analytische Geometrie der Ebene und des Raumes* (Springer, Berlin, 1931); C. J. Bradley, A. P. Cracknell, *The Mathematical Theory of Symmetry in Solids. Representation Theory for Point Groups and Space Groups* (Clarendon Press, Oxford, 1972); О. Браве, *Избранные научные труды. Кристаллографические этюды* (Наука, Москва, 1973); У. Вустер, *Применение тензоров и теории групп для описания физических свойств кристаллов* (Мир, Москва, 1977); Ю. И. Сиротин, М. П. Шаскольская, *Основы кристаллофизики. Издание второе, переработанное* (Наука, Москва, 1979); R. Penrose, *Set of tiles for covering a surface*. USA Patent 4133152 A (1979); T. Janssen, G. Chapius, M. Deboissieu, *Aperiodic Crystals. From Modulated Phases to Quasicrystals* (University Press, Oxford, 2007); T. Aste, D. Weaire, *The Pursuit of Perfect Packing. Second Edition* (CRC Press, Boca Raton, 2008); Э. Э. Лорд, А. П. Маккей, С. Ранганатан, *Новая геометрия для новых материалов* (Физматлит, Москва, 2010). Хочеться звернути увагу читачів на ту обставину, що абстрактні властивості кристалічних структур розглядалися засновниками кристаллографії як періодичні послідовності елементарних складових — атомів. На той час атоми самі по собі були гіпотетичними об'єктами. Лише після праць видатних теоретиків Альберта Айнштейна й поляка Мар'яна Смолуховського та чудових експериментів шведа Теодора Сведберга й французького Жана Перрена в царині броунівського руху атомів і молекул існування атомів було визнано світовою науковою спільнотою на початку ХХ століття. А кристалічну структуру вперше «побачив» ще пізніше видатний німецький учений Макс фон Лауе за допомогою дифракції рентгенівських променів. Отже, абстрактні атрибути абстрактних об'єктів із часом стали вважатися (в рамках тієї ж наукової системи знань) конкретними атрибутами реальних об'єктів, що можна з впевненістю вважати тріумфом математичного й фізичного генію декількох прозорливих дослідників. Аналогічно видатний британський учений Роджер Пенроуз побудував теорію квазікристалів до їх відкриття Даніелем Шехтманом. Власне, вся новітня кристаллографія зусиллями блискучих дослідників різного фаху, зокрема британця Алана Маккея, відійшла від (відносно!) простої теорії періодичного заповнення простору та досліджує ефекти ближнього порядку, ієрархічні структури, кластери та інші цікаві речі, які спостерігаються в природі та штучних матеріалах.

²⁴⁶ Р. Нокс, А. Голд, *Симметрия в твердом теле* (Наука, Москва, 1970); Ч. Киттель, *Введение в физику твердого тела. Перевод четвертого издания* (Наука, Москва, 1978); Г. Джонс, *Теория зон Бриллюэна и электронные состояния в кристаллах* (Мир, Москва, 1968); Ю. И. Сиротин, М. П. Шаскольская, *Основы кристаллофизики. Издание второе, переработанное* (Наука, Москва, 1979); И. С. Желудев, *Физика кристаллов и симметрия* (Наука, Москва, 1987); D. Shechtman, I. Blech, D. Gratias, J. W. Cahn, *Metallic phase with long-range*

orientational order and no translational symmetry. Phys. Rev. Lett., **53** (20), 1951—1953 (1984); J.-M. Dubois, *Useful Quasicrystals* (World Scientific, Singapore, 2005); A. С. Сонин, *Курс макроскопической кристаллофизики* (Физматлит, Москва, 2006); T. Aste, D. Weaire, *The Pursuit of Perfect Packing. Second Edition* (CRC Press, Boca Raton, 2008).

²⁴⁷ На жаль, навіть найсучасніша наука не завжди суттєво підвищує точність вимірювання відповідних атрибутів у порівнянні з нашими славетними попередниками. Така ситуація, зокрема, досі має місце щодо гравітаційної ньютонівської сталої, яку вперше виміряв ще у XVII столітті британський фізик *Генрі Кевендіш*: S. Ducheyne, *The Cavendish experiment as a tool for historical understanding of science*. Sci. & Educ., **21**(1), 87—108 (2012); R. McCormach, *The Personality of Henry Cavendish — A Great Scientist with Extraordinary Peculiarities* (Springer, Cham, 2014). Так-от, суттєво підвищити точність не вдається із-за своєрідної та дуже складної специфіки проблеми: С. Speake, T. Quinn, *The search for Newton's constant*. Phys. Today, **67** (7), 27—33 (2014).

²⁴⁸ https://uk.wikipedia.org/wiki/Шкала_Мооса; A. Szymański, J. M. Szymański, *Hardness Estimation of Minerals, Rocks and Ceramic Materials* (PWN, Warszawa, 1989); J. J. Gilman, *Chemistry and Physics of Mechanical Hardness* (John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, NJ, 2009).

²⁴⁹ Варто зауважити, що поняття «електричний опір» є вторинним відносно поняття «електричний струм», яке, в свою чергу, виникло лише на початку XIX століття завдяки працям великого французького фізика *Андре-Мари Ампера*. Див. Л. Д. Белькінд, *Андре-Мари Ампер* (Наука, Москва, 1968); С. Blondel, A. Benségir, *The key role of Oersted's and Ampère's 1820 electromagnetic experiments in the construction of the concept of electric current*. Amer. J. Phys., **85** (5), 369—380 (2017).

²⁵⁰ А. Лидьярд, *Ионная проводимость кристаллов* (ИЛ, Москва, 1962); Ф. Блатт, *Теория подвижности электронов в твердых телах* (Физматгиз, Москва, 1963); А. Роуз, *Основы теории фотопроводимости* (Мир, Москва, 1966); В. Б. Фикс, *Ионная проводимость в металлах и полупроводниках (электроперенос)* (Наука, Москва, 1969); Ф. Блатт, *Физика электронной проводимости в твердых телах* (Мир, Москва, 1971); М. И. Каганов, В. С. Эдельман (ред.), *Электроны проводимости* (Наука, Москва, 1985); Э. Р. Блайт, Д. Блур, *Электрические свойства полимеров* (Физматлит, Москва, 2008); В. Б. Квасков, *Полупроводниковые приборы с биполярной проводимостью* (Энергоатомиздат, Москва, 1988); В. Ф. Гантмахер, *Электроны в неупорядоченных средах* (Физматлит, Москва, 2003); K. W. Boer, *Introduction to Space Charge Effects in Semiconductors* (Springer, Heidelberg, 2010); H. Kontani, *Transport Phenomena in Strongly Correlated Fermi Liquids* (Springer, Berlin, 2013).

²⁵¹ W. Buckel, R. Kleiner, *Superconductivity. Fundamentals and Applications*. 2nd rev. and enl. ed. (Wiley-VCH, Weinheim, 2004); V. L. Ginzburg, *On Superconductivity and Superfluidity. A Scientific Autobiography* (Springer, Berlin, 2009); M. Tinkham, *Introduction to Superconductivity. Second Edition* (McGraw-Hill, New York, 1996); J. F. Annett, *Superconductivity, Superfluids and Condensates* (Oxford University Press, Oxford, 2004); S. Blundell, *Superconductivity. A Very Short Introduction* (Oxford University Press, Oxford, 2009).

²⁵² А. Н. Симоненко, *Астероиды или тернистые пути исследований* (Наука, Москва, 1985); С. Cunningham, *Early Investigations of Ceres and the Discovery*

5.21. Бібліографія та коментарі

of *Pallas*. *Historical Studies in Asteroid Research. Second Edition* (Springer, Switzerland, 2016).

²⁵³ *Resolution b5 Definition of a Planet in the Solar System*. http://www.iau.org/static/resolutions/Resolution_GA26-5-6.pdf.

²⁵⁴ М. Н. Slater, *Pluto and the platypus: An odd ball and an odd duck — On classificatory norms*. *Stud. Hist. Philos. Sci.*, **61**, 1—10 (2017).

²⁵⁵ Ю. А. Белый, *Иоганн Кеплер* (Наука, Москва, 1971).

²⁵⁶ Дж. Блатт, В. Вайскопф, *Теоретическая ядерная физика* (ИЛ, Москва, 1954); И. Айзенберг, В. Грайнер, *Модели ядер. Коллективные и одночастичные явления* (Атомиздат, Москва, 1975); И. Айзенберг, В. Грайнер, *Микроскопическая теория ядра* (Атомиздат, Москва, 1976); Д. В. Сивухин, *Общий курс физики. Том пятый. Атомная и ядерная физика. Часть вторая. Ядерная физика* (Наука, Москва, 1989); К. Н. Мухин, *Экспериментальная ядерная физика в двух книгах. Книга первая. Физика атомного ядра. Часть первая. Свойства нуклонов, ядер и радиоактивных излучений. Издание пятое, переработанное и дополненное* (Энергоатомиздат, Москва, 1993); К. Н. Мухин, *Экспериментальная ядерная физика в двух книгах. Книга первая. Физика атомного ядра. Часть вторая. Ядерные взаимодействия. Издание пятое, переработанное и дополненное* (Энергоатомиздат, Москва, 1993); Ю. А. Бережной, *Квантовый мир атомной и ядерной физики* (Харьковский национальный университет имени В. Н. Каразина, Харьков, 2010); А. И. Абрамов, *История ядерной физики*. Издание второе (УРСС, Москва, 2006).

²⁵⁷ Насправді, в ядерній фізиці завжди виникає питання: а чи є відповідні константи якогось ядерного процесу атрибутами ядра як такого чи атома в цілому? Іншими словами, чи залежить перебіг та результати ядерних процесів від електричного або хімічного стану атому? А якщо залежить, то чи можуть різні умови, створені в різних куточках Всесвіту природою або в окремій лабораторії експериментаторами, вплинути на поведінку ядер? Таке питання було поставлене в [E. Rutherford, F. Soddy, *XXXIII. The radioactivity of thorium compounds. I. An investigation of the radioactive emanation*. *J. Chem. Soc., Trans.*, **81**, 321—350 (1902)] ще при зародженні ядерної фізики її творцями *Ернестом Резерфордом* [О. А. Старосельская-Никитина, *Эрнест Резерфорд* (Наука, Москва, 1967); J. L. Heilbron, *Ernest Rutherford and the Explosion of Atoms* (Oxford University Press, Oxford, 2003)] та *Фредериком Содді* [А. Н. Кривомазов, *Фредерик Содди* (Наука, Москва, 1978)]. Врешті виявилось, що стан атомних облонок може вплинути на ядерні процеси та ще й неабияк [D. Atanasov et al., *Between atomic and nuclear physics: radioactive decays of highly-charged ions*. *J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys.*, **48** (14), 144024 (2015)]. Наприклад, повністю іонізоване ядро $^{163}\text{Dy}^{66+}$ розпадається завдяки β -процесам за приблизно 50 днів, у той час як нейтральний атом ^{163}Dy є стабільним.

²⁵⁸ О. А. Старосельская-Никитина, *История радиоактивности и возникновения ядерной физики* (Издательство АН СССР, Москва, 1963); А. И. Абрамов, *История ядерной физики*. Издание второе (УРСС, Москва, 2006).

²⁵⁹ Л. В. Тарасов, *Этот удивительно симметричный мир* (Просвещение, Москва, 1982); И. С. Желудев, *Симметрия и ее приложения. Издание второе, переработанное и дополненное* (Энергоатомиздат, Москва, 1983); В. А. Кизель, *Физические причины диссимметрии живых систем* (Наука, Москва, 1985);

А. С. Сонин, *Постижение совершенства. Симметрия, асимметрия, дисимметрия, антисимметрия* (Знание, Москва, 1987); С. В. Петухов, *Геометрии живой природы и алгоритмы самоорганизации* (Знание, Москва, 1988); Э. Иллиел, С. Вайлен, М. Дойл, *Основы органической стереохимии* (Бином, Москва, 2007); И. Стюарт, *Истина и красота: Всемирная история симметрии* (Астрель, Москва, 2010).

²⁶⁰ М. С. Бургин, В. И. Кузнецов, *Типы симметрий в физической теории*. В М. А. Марков (ред.), *Теоретико-групповые методы в физике: Труды третьего семинара, Юрмала, 22—24 мая 1985 г. Том 2.* (Физический институт АН СССР им. П. Н. Лебедева, Наука, Москва, 1986), с. 362—371.

²⁶¹ Y. Kosmann-Schwarzbach, *The Noether Theorems. Invariance and Conservation Laws in the Twentieth Century* (Springer, New York, 2011).

²⁶² Д. А. Киржниц, *Труды по теоретической физике и воспоминания в двух томах. Том первый: Теория поля, физика элементарных частиц, ядерная физика, воспоминания* (Физматлит, Москва, 2001); Д. А. Киржниц, *Лекции по физике* (Наука РАН, Москва, 2006); М. В. Садовский, *Лекции по квантовой теории поля* (Институт компьютерных исследований, Москва—Ижевск, 2003).

²⁶³ Э. Мах, *Механика. Историко-критический очерк ее развития* (РХД: Ижевск, 2000), с. 393: «І дійсно, природознавство одним вивченням одиничного нічого досягти не може, якщо воно часом не звертається до великого. Згадаймо, як і закони падіння тіл Галілея, і принцип живих сил Гюйгенса, і принцип можливих переміщень і навіть поняття маси могли бути отримані лише тим, що вивчалися наперемінно то одиничне, то ціле в процесах природи. Коли ми відтворюємо механічні процеси природи у наших думках, можна виходити з властивостей окремих мас (з елементарних законів) і потім скласти образ всього процесу. Але можна також триматися властивостей усієї системи (інтегральних законів). Але оскільки у властивостях однієї маси завжди містяться вже ті чи інші відношення до інших мас, наприклад, у швидкості та прискоренні містяться вже відношення до часу, а отже, до всього світу, то звідси зрозуміло, що чистих елементарних законів, власне, зовсім немає. Було б тому непослідовно, якби хтось захотів цей необхідний погляд на ціле, на більш загальні властивості зовсім виключити як менш надійний. Нам залишається лише одне: чим загальнішим є новий принцип і чим більше його значення, тим кращої його перевірки ми мусимо вимагати, беручи до уваги можливість помилок». Власне, ці міркування Маха в узагальненому вигляді приводять до так званого «принципу Маха», який полягає в тому, аби всі інертні властивості матерії визначалися розподілом матерії у всьому Всесвіті. Зрозуміло, що в такому формулюванні принцип Маха суперечить встановленому експериментальному факту скінченності швидкості розповсюдження будь-якого сигналу, в тому числі гравітаційного поля. Ідеї Маха викликали жваву, досі не згаслу дискусію, що широко відображено в науковій літературі: Х. Цзю, В. Гоффман (ред.), *Гравитация и относительность* (Мир, Москва, 1965); J. B. Barbour, H. Pfister (ed.), *Mach's Principle: From Newton's Bucket to Quantum Gravity* (Birkhäuser, Boston, 1995).

²⁶⁴ О. М. Габович, Н. О. Габович, *Як у загальноосвітній школі викладати сучасну фізику* (Основа, Харків, 2008); В. А. Угаров, *Специальная теория относительности. Издание второе, переработанное и дополненное* (Наука,

5.21. Бібліографія та коментарі

Москва, 1977); E. F. Taylor, J. A. Wheeler, *Spacetime Physics. Introduction to Special Relativity. Second Edition* (W. H. Freeman and Company, New York, 1992); L. V. Okun, *The concept of mass*. Phys. Today, **42** (6), 31–36 (1989); Л. В. Окунь, *Поняття маси (маса, енергія, відносительність)*. Успехи физ. наук, **158** (2), 293–301 (1989); L. V. Okun, *Mass versus relativistic and rest masses*. Amer. J. Phys., **77** (5), 430–431 (2009).

²⁶⁵ Д. А. Киржниц, *Труды по теоретической физике и воспоминания в двух томах. Том первый: Теория поля, физика элементарных частиц, ядерная физика, воспоминания* (Физматлит, Москва, 2001); Д. А. Киржниц, *Лекции по физике* (Наука РАН, Москва, 2006); М. В. Садовский, *Лекции по квантовой теории поля* (Институт компьютерных исследований, Москва—Ижевск, 2003); Yu. A. Berezhnoi, *The quantum world of nuclear physics* (World Scientific, Singapore, 2005); Ю. А. Бережной, Н. М. Бичкова, *Як розповісти школяреві про атомні ядра* (Основа, Харьков, 2011); В. М. Емельянов, *Стандартная модель и ее расширения* (Физматлит, Москва, 2007); К. Н. Мухин, *Экспериментальная ядерная физика в двух книгах. Книга первая. Физика атомного ядра. Часть вторая. Ядерные взаимодействия. Издание пятое, переработанное и дополненное* (Энергоатомиздат, Москва, 1993); К. Н. Мухин, *Экспериментальная ядерная физика в двух книгах. Книга вторая. Физика элементарных частиц. Издание пятое, переработанное и дополненное* (Энергоатомиздат, Москва, 1993); О. Г. Ситенко, В. К. Тартаковский, *Теория ядра* (Либідь, Київ, 2000); В. К. Тартаковский, *Субатомна фізика* (Київський університет, Київ, 2006).

²⁶⁶ «Дві різні маси розуміють при посиланнях на масу кварка: поточна маса кварка — маса самого кварка, в той час як складова маса кварка — маса кварка разом з масою глюонів, що його оточують. Ці маси загалом мають різні значення. Більша частина маси адронів походить від глюонів, які пов'язують кварки в адрони, а не від самих кварків. У той час як глюони за своєю суттю є безмасовими частинками, вони мають енергію, яка вносить такий великий внесок у загальну масу адрона. Наприклад, протон має масу приблизно $938 \text{ MeV}/c^2$, з якої маса трьох валентних кварків становить близько $9 \text{ MeV}/c^2$; більша частина залишку спричинена енергією глюонного поля. Стандартна модель стверджує, що елементарні частинки отримують свою масу від механізму Хігса, який пов'язаний з бозоном Хігса». <https://uk.wikipedia.org/wiki/Кварк>.

²⁶⁷ B. Schumm, *Deep Down Things. The Breathtaking Beauty of Particle Physics* (Johns Hopkins University Press, Baltimore, 2004).

²⁶⁸ J. A. Wheeler, W. H. Zurek (ed.), *Quantum Theory and Measurement* (Princeton University Press, Princeton, 1983); V. B. Braginsky, F. Ya. Khalili, *Quantum Measurement* (Cambridge University Press, Cambridge, 1992); J. Bub, *The Interpretation of Quantum Mechanics* (Reidel, Dordrecht, 1974); J. Bub, *Interpreting the Quantum World* (Cambridge University Press, Cambridge, 1997); В. В. Белокуров, О. Д. Тимофеевская, О. А. Хрусталева, *Квантовая телепортация — обыкновенное чудо* (РХД, Москва—Ижевск, 2000); А. В. Белинский, *Квантовые измерения* (БИНОМ, Москва, 2008); Дж. Гринштейн, А. Зайонц, *Квантовый вызов. Современные исследования оснований квантовой механики* (Интеллект, Долгопрудный, 2008); S. Saunders, J. Barrett, A. Kent, D. Wallace (eds.), *Many Worlds? Everett, Quantum Theory, and Reality* (Oxford University Press, Oxford, 2010);

M. R. Pahlavani (ed.), *Measurements in Quantum Mechanics* (InTech, Rijeka, 2012); W. H. Zurek, *Decoherence, einselection, and the quantum origins of the classical*. Rev. Mod. Phys., **75** (3), 715—775 (2003).

²⁶⁹ Н. Бор, *Атомная физика и человеческое познание* (ИЛ, Москва, 1961); М. Б. Менский, *Квантовые измерения и декогеренция* (Наука, Москва, 2001); М. Б. Менский, *Человек и квантовый мир. Странности квантового мира и тайна сознания* (Век-2, Фрязино, 2005); A. J. Leggett, *Realism and the physical world*. Rep. Prog. Phys., **71** (2), 022001 (2008); Д. Сонг, *Луна Эйнштейна*. Успехи физ. наук, **182** (9), 1013—1014 (2012).

²⁷⁰ S. Saunders, *Many worlds? An introduction*. In S. Saunders, J. Barrett, A. Kent, D. Wallace (eds.), *Many Worlds? Everett, Quantum Theory, and Reality* (Oxford University Press, Oxford, 2010), p. 1—49; R. B. Griffiths, *Consistent Quantum Theory* (Cambridge University Press, Cambridge, 2002); R. E. Kastner, *The Transactional Interpretation of Quantum Mechanics. The Reality of Possibility* (Cambridge University Press, Cambridge, 2013); A. Hobson, *Response to «The real scandal of quantum mechanics» by R. C. Henry*. Amer. J. Phys., **77** (10), 870—871 (2009). У багатьох інших працях провідних фізиків, які працюють у царині обґрунтування квантової механіки, матеріалістична точка зору фактично підтримується, хоча й в неявній, сором'язливій формі. Тільки «матеріалізм» вони називають «реалізмом», мабуть, з огляду на дискредитацію матеріалізму філософськими невігласами радянської доби в колишньому СРСР. Не будемо більш детально торкатися політичної складової домінування ідеалістичних трактувань квантово-механічних особливостей природи, які спостерігаються здебільшого для малих порівняно з побутовим масштабів досліджуваних об'єктів. Щодо суто наукового боку проблеми, то він, на нашу думку, полягає в тому, що факти, які не вкладаються у прокрустове ложе «класичної» фізики, вважаються не ознакою складності фізики мікрооб'єктів, а свідченням того, що сама реальність формується спостерігачем. Мається на увазі та обставина, що результати досліду залежать від постановки експерименту. Скажімо, досить точно вимірюючи положення електрона, ми «шттовхаємо» його так, що стає невизначеним імпульс частинки (внаслідок співвідношення Гайзенберга). З цим фактом годі й сперечатися. Саме співвідношення Гайзенберга має витоки в нібито класичній (насправді це не так!) поведінці електромагнітних хвиль. Див.: Г. С. Горелик, *Колебания и волны. Введение в акустику, радиофизику и оптику. Издание второе* (ГИФМЛ, Москва, 1959). Але для того, аби спостерігати цей вплив кванта світла на електрон у досліді, треба обов'язково мати електрон, бо інакше не буде чого шттовхати! А те, що електрон поводить себе не так, як дробинка, так це тому, що всі інтерференційні члени, пов'язані з додаванням амплітуд хвильових функцій Ψ_i електронів свинцевої кульки, скоротилися при усередненні. Залишилися лише члени типу $|\Psi_1|^2 + |\Psi_2|^2 + \dots$. У даному випадку додаються амплітуди ймовірності для руху різних частинок, із яких складається дробинка. Так і має бути для *макроскопічного* об'єкта! Цікаво, що «усереднений», майже класичний підхід (квантова механіка входила в гру лише в квазікласичному наближенні, оскільки враховувалася статистика *Фермі—Дірака* для електронів замість класичної статистики *Больцмана*) при обчисленні електропровідності металів панував десятки років. Див.: Г. Бете, А. Зоммерфельд, *Электронная*

5.21. Бібліографія та коментарі

теория металлов (ОНТИ, Ленинград—Москва, 1938); Ф. Блатт, *Физика электронной проводимости в твердых телах* (Мир, Москва, 1971). Це відбувалося у повній згоді з експериментом, попри те, що квазічастинки-електрони в металі є квантовими утвореннями! Див.: М. И. Каганов, *Электроны, фононы, магноны* (Наука, Москва, 1979); М. И. Каганов, И. М. Лифшиц, *Квази-частицы. Идеи и принципы квантовой физики твердого тела. Издание второе, исправленное и дополненное* (Наука, Москва, 1989); Н. Б. Брандт, В. А. Кульбачинский, *Квази-частицы в физике конденсированного состояния* (Физматлит, Москва, 2005). Але згодом у теоретиків виникла ідея, що в розупорядкованих низькорозмірних (плівки або дротики) і так званих мезоскопічних зразках інтерференція електронних хвиль на атомах домішок або дефектах не повністю усереднюється, так що до класичного виразу для електропровідності додаються квантові поправки. Власне, вони існують і в тривимірних зразках, але є надто маленькими для виявлення. Ідея блискуче підтвердилася на експерименті. Див.: Й. Имри, *Введение в мезоскопическую физику* (Физматлит, Москва, 2002); В. Ф. Гантмахер, *Электроны в неупорядоченных средах* (Физматлит, Москва, 2003); E. Akkermans, G. Montambaux, *Mesoscopic Physics of Electrons and Photons* (Cambridge University Press, Cambridge, 2007). На щастя, в середовищі дослідників твєдого тіла якоїсь ідеалістичної реакції на наявність квантових поправок не було. Можливо навіть запеклим ідеалістам недоречним здавалося би твердження про «неіснування» добрячого шматка твердого тіла за відсутності вимірювального приладу та спостерігача за його стрілкою.

²⁷¹ D. G. C. Jones, *Two slit interference-classical and quantum pictures*. Eur. J. Phys., **15** (4), 170—178 (1993); F. Louradour, F. Reynaud, B. Colombeau, C. Froehly, *On the statistical aspect of electron interference phenomena*. Amer. J. Phys., **61** (3), 242—245 (1993); A. Robinson, *The Last Man Who Knew Everything. Thomas Young, The Anonymous Polymath Who Proved Newton Wrong, Explained How We See, Cured the Sick, and Deciphered the Rosetta Stone, Among Other Feats of Genius* (Oneworld Publications, Oxford, 2006).

²⁷² P. G. Merli, G. F. Missiroli, G. Pozzi, *On the statistical aspect of electron interference phenomena*. Amer. J. Phys., **44** (3), 306—307 (1976); R. Rosa, *The Merli-Missiroli-Pozzi two-slit electron-interference experiment*. Phys. Perspect., **14** (2), 178—195 (2012); M. P. Silverman, *And Yet It Moves: Strange Systems and Subtle Questions in Physics* (Cambridge University Press, Cambridge, 1993); M. P. Silverman, *More Than One Mystery. Explorations in Quantum Interference* (Springer, New York, 1995); M. P. Silverman, *A Universe of Atoms. An Atom in the Universe* (Springer, New York, 2002); M. P. Silverman, *Quantum Superposition. Counterintuitive Consequences of Coherence, Entanglement, and Interference* (Springer, Berlin, 2008).

²⁷³ M. Peshkin, A. Tonomura: *The Aharonov—Bohm Effect* (Springer, Berlin, 1989); E. Shech, *Idealizations, essential self-adjointness, and minimal model explanation in the Aharonov—Bohm effect*. Synthese, **195** (11), 4839—4863 (2018); M. P. Silverman, *And Yet It Moves: Strange Systems and Subtle Questions in Physics* (Cambridge University Press, Cambridge, 1993); M. P. Silverman, *More Than One Mystery. Explorations in Quantum Interference* (Springer, New York, 1995); M. P. Silverman, *Quantum Superposition. Counterintuitive Consequences of Coherence, Entanglement, and Interference* (Springer, Berlin, 2008).

²⁷⁴ А. Бароне, Дж. Патерно, *Эффект Джозефсона. Физика и применение* (Мир, Москва, 1984); К. К. Лихарев, *Введение в динамику джозефсонов-*

ских переходов (Наука, Москва, 1985); G. Goll, *Unconventional Superconductors. Experimental Investigation of the Order-Parameter Symmetry* (Springer, Berlin, 2006); А. Н. Омелянчук, Е. В. Ильичев, С. Н. Шевченко, *Квантовые когерентные явления в джозефсоновских кубитах* (Киев, Наукова думка, 2013).

²⁷⁵ А. М. Габович, В. И. Кузнецов, *Существует ли g-н Сонг, которого мы не наблюдаем?* Трибуна Успех. физ. наук, **120** (2012—2013).

²⁷⁶ У. Вустер, *Применение тензоров и теории групп для описания физических свойств кристаллов* (Мир, Москва, 1977); Н. Е. Кочин, *Векторное исчисление и начала тензорного исчисления. Издание девятое* (Наука, Москва, 1965); Дж. Най, *Физические свойства кристаллов и их описание при помощи тензоров и матриц* (Мир, Москва, 1967).

²⁷⁷ А. И. Абрамов, *История ядерной физики. Издание второе* (УРСС, Москва, 2006); О. А. Старосельская-Никитина, *История радиоактивности и возникновения ядерной физики* (Издательство АН СССР, Москва, 1963).

²⁷⁸ М. Hoskin, *William and Caroline Herschel. Pioneers in Late 18th-Century Astronomy* (Springer, Dordrecht, 2014); М. Hoskin, *The Construction of the Heavens. William Herschel's Cosmology* (Cambridge University Press, Cambridge, 2012).

²⁷⁹ Дж. Нарликар, *От черных облаков к черным дырам* (Энергоатомиздат, Москва, 1989); И. Николсон, *Тяготение, черные дыры и Вселенная* (Мир, Москва, 1983); И. Новиков, *Черные дыры и Вселенная* (Молодая гвардия, Москва, 1985); И. Новиков, *Энергетика черных дыр* (Знание, Москва, 1986); И. Д. Новиков, В. П. Фролов, *Физика черных дыр* (Наука, Москва, 1986); К. Торн, *Черные дыры и складки времени. Дерзкое наследие Эйнштейна* (Физматлит, Москва, 2007); С. Чандрасекар, *Математическая теория черных дыр. Том 1* (Мир, Москва, 1986); С. Чандрасекар, *Математическая теория черных дыр. Том 2* (Мир, Москва, 1986); А. М. Черепашук, А. Д. Чернин, *Вселенная, жизнь, черные дыры* (ВЕК 2, Фрязино, 2004); А. М. Черепашук, *Черные дыры во Вселенной* (ВЕК 2, Фрязино, 2005); С. Шапиро, С. Тьюколски, *Черные дыры, белые карлики и нейтронные звезды. Физика компактных объектов* (Мир, Москва, 1985).

²⁸⁰ U. Amaldi, *Particle Accelerators. From Big Bang Physics to Hadron Therapy* (Springer, Cham, 2015); S. Tazzari, M. Ferrario, *Trends in high energy particle accelerators*. Rep. Prog. Phys., **66** (6), 1045—1094 (2003).

²⁸¹ Джон Локк, *Опыт о человеческом разумении*. Книга 4: Дж. Локк, *Сочинения*: В трех томах, том 2 (Мысль: Москва, 1985), с. 23. «Що розміри, форма та рух одного тіла можуть викликати зміни у розмірах, формі та русі іншого тіла, це не виходить за межі нашого розуміння. Роз'єднання частинок одного тіла від проникнення в нього іншого, перехід від спокою до руху після поштовху тощо здаються нам такими, що мають деякий взаємний зв'язок. І якби ми знали ці первинні якості тіл, ми мали б підставу сподіватися, що ми можемо знати набагато більше про їх вплив один на одного. Але оскільки наш розум не може виявити жодного зв'язку між цими первинними якостями тіл і відчуттями, які вони в нас викликають, то ми ніколи не в змозі встановити певні та безперечні правила послідовності чи спільного існування вторинних якостей, хоча б ми могли знайти розміри, форму або рух тих невидимих частинок, які виробляють їх. Ми так далеко від знання того, яка форма,

5.21. Бібліографія та коментарі

які розміри або рух частинок виробляють жовтий колір, солодкий смак або різкий звук, що ніяк не можемо уявити, яким чином будь-які розміри, форма або рух частинок здатні викликати в нас ідею якогось кольору, смаку».

²⁸² Дивись, наприклад, J. Busemeyer, P. Bruza P., *Quantum Models of Cognition and Decision*. (Cambridge University Press, Cambridge, 2012).

²⁸³ Формально простим (хоча й дуже складним по суті!) прикладом може слугувати температура. Атрибут «температура» притаманний об'єктам, які знаходяться в рівноважному стані та складаються із багатьох елементарних складових, хоча жоден із останніх (наприклад, молекула) не характеризується температурою. Я. А. Смородинский, *Температура. Издание третье* (Бюро Квантум, Москва, 2007); А. А. Гухман, *Об обоснованиях термодинамики* (Энергоатомиздат, Москва, 1986); Д. В. Сивухин, *Общий курс физики. Том второй. Термодинамика и статистическая физика. Издание третье, исправленное и дополненное* (Наука, Москва, 1990); E. A. Guggenheim, *Thermodynamics. An Advanced Treatment for Chemists and Physicists* (North-Holland, Amsterdam, 1967); И. Пригожин, Д. Кондепуди, *Современная термодинамика. От тепловых двигателей до диссипативных структур* (Мир, Москва, 2002).

²⁸⁴ I. Asimov, *Nemesis* (Spectra, 1990), p. 293.

²⁸⁵ Див.: Г. Скирбекк, Н. Гилье, *История философии* (Владос, Москва, 2000), с. 19—43.

²⁸⁶ В. П. Зубов, *Развитие атомистических представлений до начала XIX века* (Наука, Москва, 1965); L. L. Whyte, *Essay on Atomism: From Democritus to 1960* (Wesleyan University Press, Middletown, 1961); C. Bailey, *The Greek Atomists and Epicurus* (Russell & Russell, New York, 1964).

²⁸⁷ Yu. A. Bereznoi, *The Quantum World of Nuclear Physics* (World Scientific, Singapore, 2005); Ю. А. Бережной, *Квантовый мир атомной и ядерной физики* (ХНУ имени В. Н. Каразина, Харьков, 2010); Дж. Блатт, В. Вайскопф, *Теоретическая ядерная физика* (ИЛ, Москва, 1954); Ю. И. Лисневский, *Атомные веса и возникновение ядерной физики* (Наука, Москва, 1984); К. Н. Мухин, *Экспериментальная ядерная физика в двух книгах. Книга первая. Физика атомного ядра. Часть первая. Свойства нуклонов, ядер и радиоактивных излучений. Издание пятое, переработанное и дополненное* (Энергоатомиздат, Москва, 1993); Д. В. Сивухин, *Общий курс физики. Том пятый. Атомная и ядерная физика. Часть вторая. Ядерная физика* (Наука, Москва, 1989); А. Г. Ситенко, В. К. Тартаковский, *Теория ядра* (Либідь, Київ, 2000).

²⁸⁸ О. М. Габович, Н. О. Габович, *Як у загальноосвітній школі викладають сучасну фізику* (Основа, Харків, 2008); В. А. Угаров, *Специальная теория относительности. Издание второе, переработанное и дополненное* (Наука, Москва, 1977); E. F. Taylor, J. A. Wheeler, *Spacetime Physics. Introduction to Special Relativity. Second Edition* (W. H. Freeman and Company, New York, 1992); C. G. Adler, *Does mass really depend on velocity, dad?* Amer. J. Phys., **55** (8), 739—743 (1987); L. V. Okun, *The concept of mass*. Phys. Today, **42** (6), 31—36 (1989); Л. Б. Окунь, *Понятие массы (масса, энергия, относительность)*. Успехи физ. наук, **158** (2), 293—301 (1989); L. V. Okun, *Mass versus relativistic and rest masses*. Amer. J. Phys., **77** (5), 430—431 (2009); A. M. Gabovich, N. A. Gabovich, *How to explain the non-zero mass of electromagnetic radiation consisting of zero-mass photon*. Eur. J. Phys., **28** (4), 649—655 (2007).

²⁸⁹ М. Борн, *Атомная физика* (Мир, Москва, 1965); Д. Будкер, Д. Кимбелл, Д. ДеМилль, *Атомная физика. Освоение через задачи* (Физматлит, Москва, 2010); G. Hertzberg, *Atomic spectra and atomic structure* (Dover, New York, 1944); М. А. Ельяшевич, *Атомная и молекулярная спектроскопия* (Физматгиз, Москва, 1962); Е. Кондон, Г. Шортли, *Теория атомных спектров* (ИЛ, Москва, 1949); В. Н. Кондратьев, *Структура атомов и молекул. Издание второе, переработанное* (ГИФМЛ, Москва, 1959); Д. В. Сивухин, *Общий курс физики. Том пятый. Атомная и ядерная физика. Часть первая. Атомная физика* (Наука, Москва, 1986); И. И. Собельман, *Введение в теорию атомных спектров* (Наука, Москва, 1977); Э. В. Шпольский, *Атомная физика. Том первый. Введение в атомную физику. Издание шестое, исправленное* (Наука, Москва, 1974); Э. В. Шпольский, *Атомная физика. Том второй. Основы квантовой механики и строение электронной оболочки атома. Издание четвертое, переработанное* (Наука, Москва, 1974); У. Фано, А. Фано, *Физика атомов и молекул* (Наука, Москва, 1980); С. Э. Фриш, *Оптические спектры атомов* (Физматгиз, Москва, 1963).

²⁹⁰ Г. Герцберг, *Спектры и строение двухатомных молекул* (ИЛ, Москва, 1949); М. А. Ельяшевич, *Атомная и молекулярная спектроскопия* (Физматгиз, Москва, 1962); В. Н. Кондратьев, *Структура атомов и молекул. Издание второе, переработанное* (ГИФМЛ, Москва, 1959); Ф. Банкер, *Симметрия молекул и молекулярная спектроскопия* (Мир, Москва, 1981); М. В. Волькенштейн, Л. А. Грибов, М. А. Ельяшевич, Б. И. Степанов, *Колебания молекул. Издание второе, переработанное* (Наука, Москва, 1972); У. Фано, А. Фано, *Физика атомов и молекул* (Наука, Москва, 1980); P. Atkins, R. Friedman, *Molecular Quantum Mechanics, Fourth Edition* (Oxford University Press, Oxford, 2005).

²⁹¹ К. Н. Мухин, *Экспериментальная ядерная физика в двух книгах. Книга первая. Физика атомного ядра. Часть первая. Свойства нуклонов, ядер и радиоактивных излучений. Издание пятое, переработанное и дополненное* (Энергоатомиздат, Москва, 1993); Д. В. Сивухин, *Общий курс физики. Том пятый. Атомная и ядерная физика. Часть вторая. Ядерная физика* (Наука, Москва, 1989); А. Г. Ситенко, В. К. Тартаковский, *Теория ядра* (Либидь, Київ, 2000); И. Айзенберг, В. Грайнер, *Модели ядер. Коллективные и одночастичные явления* (Атомиздат, Москва, 1975); A. Kamal, *Nuclear Physics* (Springer, Berlin, 2014).

²⁹² А. И. Ахиезер, М. П. Рекало, *Элементарные частицы* (Наука, Москва, 1986); А. И. Ахиезер, Ю. П. Степановский, *От квантов света до цветных кварков* (Наукова думка, Киев, 1993); К. Н. Мухин, *Экспериментальная ядерная физика в двух книгах. Книга вторая. Физика элементарных частиц. Издание пятое, переработанное и дополненное* (Энергоатомиздат, Москва, 1993); Е. Намбу, *Кварки* (Мир, Москва, 1984); Т. П. Ченг, Л. Ф. Ли, *Калибровочные теории в физике элементарных частиц* (Мир, Москва, 1986); Ю. Г. Чирков, *Охота за кварками. Издание второе, исправленное* (УРСС, Москва, 2011); H. Fritzsche, *Elementary Particles. Building Blocks of Matter* (World Scientific, Singapore, 2005); A. W. Thomas, W. Weise, *The Structure of the Nucleon* (Wiley-VCH, Berlin, 2001).

²⁹³ Л. Б. Окунь, *Лептоны и кварки. Издание второе, переработанное и дополненное* (Наука, Москва, 1990); Л. Б. Окунь, *Элементарное введение в физику*

5.21. Бібліографія та коментарі

ку элементарных частиц, Второе издание, исправленное и дополненное (Физматлит, Москва, 2006).

²⁹⁴ Автори широко вдячні докторові філософських наук Юрію Завгородньому за надану консультацію щодо індуїстського пантеону.

²⁹⁵ Мезоскопічними називаються такі твердітільні частинки, які містять сотні або тисячі атомів (чим вони відрізняються від *мікроскопічних* частинок), але водночас їхні характерні розміри L є меншими за довжину L_0 непружної релаксації фази ϕ . Величина L_0 є граничною відстанню, на яку може розповсюджуватися носій заряду (електрон, дірка) без збою фази своєї хвильової функції. Таким чином, можна очікувати квантовий характер електропровідності та інші властивості мезоскопічних зразків речовини, що й спостерігається на експерименті, де квантові ефекти мають місце, якщо розміри L в середньому не перевищують 10^{-4} см. Термодинаміка таких зразків не є самоусередненою на відміну від *макроскопічних* частинок, тобто мезоскопічні зразки, взяті з однієї партії, мають власну індивідуальність, яка може визначатися одним чи кількома атомами домішки або дефектами. Мезоскопічні явища інтерференції електронних хвиль у кристалах є ознакою можливості слабкої локалізації носіїв струму. Коли локалізація стає сильною, відбувається перехід у так званий андерсонівський діелектричний стан, який був теоретично відкритий *Філіпом Андерсоном*, про інші здобутки якого йтиметься в основному тексті. Див.: В. L. Altshuler, P. A. Lee, R. A. Webb, *Mesoscopic Phenomena in Solids* (North-Holland, Amsterdam, 1991); А. А. Абрикосов, *Основы теории металлов* (Наука, Москва, 1987); Й. Имри, *Введение в мезоскопическую физику* (Физматлит, Москва, 2002); В. Ф. Гантмахер, *Электроны в неупорядоченных средах* (Физматлит, Москва, 2003); Y. Murayama, *Mesoscopic Systems. Fundamentals and Applications* (Wiley-VCH, Berlin, 2004); P. Sheng, *Introduction to Wave Scattering, Localization and Mesoscopic Phenomena. Second Edition* (Springer, Berlin, 2006); S. V. Kravchenko, M. P. Sarachik, *Metal-insulator transition in two-dimensional electron systems*. Rep. Prog. Phys., **67** (1), 1–44 (2004); T. J. Thornton, *Mesoscopic devices*. Rep. Prog. Phys., **57** (3), 311–364 (1994).

²⁹⁶ Я. М. Гельфер, В. Л. Любошиц, М. И. Подгорецкий, *Парадокс Гиббса и тождественность частиц в квантовой механике* (Наука, Москва, 1975); С. Д. Хайтун, *История парадокса Гиббса* (Наука, Москва, 1986); M. A. M. Versteegh, D. Dieks, *The Gibbs paradox and the distinguishability of identical particles*. Amer. J. Phys., **79** (7), 741–746 (2011); D. S. Corti, *Comment on «The Gibbs paradox and the distinguishability of identical particles», by M. A. M. Versteegh and D. Dieks* (Am. J. Phys. **79**, 741–746 (2011)). Amer. J. Phys., **80** (2), 170–173 (2012); K. Maruyama, F. Nori, V. Vedral, *Colloquium: The physics of Maxwell's demon and information*. Rev. Mod. Phys., **81** (1), 1–23 (2009).

²⁹⁷ Кристал, за винятком спеціально вирощених маленьких віскерів, не є ідеальним. Більше того, його рівноважний стан *обов'язково* передбачає певну кількість дефектів. Саме тому ідеалізований теоретичний підхід, коли відмінність між, скажімо, рідким та твердим станами речовини вважається «абсолютною» та принциповою, є вкращі неточним і з практичної, і з принципової точок зору. Дивись: Дж. Займан, *Модели беспорядка. Теоретическая физика однородно неупорядоченных систем* (Мир, Москва, 1982); А. Р. Уббеллоде, *Расплав-*

ленное состояние вещества (Металлургия, Москва, 1982); Я. И. Френкель, *Кинетическая теория жидкостей* (Наука, Москва, 1975).

²⁹⁸ A. Kiejna, K. F. Wojciechowski, *Metal Surface Electron Physics* (Pergamon Press, Oxford, 1996).

²⁹⁹ И. Кеплер, *О шестигольных снежинках* (Наука, Москва, 1983); K. Libbrecht, *Snowflakes* (Voyageur Press, Minneapolis, 2008); E. Ben-Jacob, *From snowflake formation to growth of bacterial colonies I: Diffusive patterning in non-living systems*. Cont. Phys., **34** (5), 247—273 (1993); E. Ben-Jacob, *From snowflake formation to growth of bacterial colonies II: Cooperative formation of complex colonial pattern*. Cont. Phys., **38** (3), 205—241 (1997).

³⁰⁰ K. G. Libbrecht, *The physics of snow crystals*. Rep. Prog. Phys., **68** (4), 855—895 (2005); T. Bartels-Rausch, V. Bergeron, J. H. E. Cartwright, R. Escribano, J. L. Finney, H. Grothe, P. J. Gutiérrez, J. Haapala, W. F. Kuhs, J. B.C. Pettersson, S. D. Price, C. I. Sainz-Diaz, D. J. Stokes, G. Strazzulla, E. S. Thomson, H. Trinks, N. Uras-Aytemiz, *Ice structures, patterns, and processes: A view across the icefields*. Rev. Mod. Phys., **84** (2), 885—944 (2012).

³⁰¹ F. F. Abraham, *Homogeneous Nucleation Theory. The Pretransition Theory of Vapor Condensation. Supplement. Advances in Theoretical Chemistry* (Academic Press, New York, 1974); I. V. Markov, *Crystal Growth for Beginners. Fundamentals of Nucleation, Crystal Growth and Epitaxy* (World Scientific, Singapore, 1996); G. Nicolis, D. Maes, *Kinetics and Thermodynamics of Multistep Nucleation and Self-Assembly in Nanoscale Materials* (John Wiley and Sons, Hoboken, 2012); V. G. Dubrovskii, *Nucleation Theory and Growth of Nanostructures* (Springer, Berlin, 2014); V. I. Kalikmanov, *Nucleation Theory* (Springer, Dordrecht, 2013); D. Kashchiev, *Nucleation. Basic Theory with Applications* (Butterworth-Heinemann, Oxford, 2000); И. М. Фишман, *Стационарное и нестационарное зарождение новой фазы при фазовом переходе I рода*. Успехи физ. наук, **155** (2), 329—355 (1988); Д. В. Александров, П. К. Галенко, *Дендритный рост с вынужденной конвекцией: метода анализа и экспериментальные тесты*. Успехи физ. наук, **184** (8), 833—850 (2014).

³⁰² K. Libbrecht, *Snowflakes* (Voyageur Press, Minneapolis, 2008).

³⁰³ P. W. Anderson, *More is different*. Science, **177** (4047), 393—396 (1972); P. W. Anderson, *More and Different. Notes from a Thoughtful Curmudgeon* (Singapore, World Scientific, 2011); B. Falkenburg, M. Morrison (ed.), *Why More Is Different. Philosophical Issues in Condensed Matter Physics and Complex Systems* (Springer, Berlin, 2015).

³⁰⁴ Просторова парність є властивістю системи зберігати свій знак або змінювати його на протилежний при зміні знаків просторових координат, тобто у разі перетворення парності P (у декартовій системі це означає $x \rightarrow -x$, $y \rightarrow -y$, $z \rightarrow -z$). Для електромагнітних, гравітаційних та сильних взаємодій парність зберігається під дією перетворення (оператора) P , а для слабких — порушується. Електричний дипольний момент \mathbf{d} для пари зарядів дорівнює Zer , де $\pm Ze$ — заряди компонент диполя, e — елементарний заряд, а вектор \mathbf{r} спрямований від негативного до позитивного заряду. Зрозуміло, що перетворення P змінить знак \mathbf{r} , отже, і знак \mathbf{d} . Таким чином, якщо б елементарна частинка мала якийсь певний дипольний момент \mathbf{d}_{el} , то він би теж змінювався при од-

5.21. Бібліографія та коментарі

ночасній інверсії просторових координат. Але ж він є *характеристикою* частинки, а тому повинен залишатися тотожним при переході до іншої системи координат, тобто $\mathbf{d}_{el} = -\mathbf{d}_{el}$, що означає $|\mathbf{d}_{el}| = 0$.

³⁰⁵ Л. В. Тарасов, *Этот удивительно симметричный мир* (Просвещение, Москва, 1982); В. Н. Bransden, С. J. Joachain, *Physics of Atoms and Molecules* (Longman Scientific & Technical, Burnt Mill, 1983); М. S. Sozzi, *Discrete Symmetries and CP Violation. From Experiment to Theory* (Oxford University Press, Oxford, 2008); I. I. Bigi, A. I. Sanda, *CP Violation* (Cambridge University Press, Cambridge, 2009).

³⁰⁶ М. S. Sozzi, *Discrete Symmetries and CP Violation. From Experiment to Theory* (Oxford University Press, Oxford, 2008).

³⁰⁷ М. E. Lines, А. M. Glass, *Principles and Applications of Ferroelectrics and Related Materials* (Clarendon Press, Oxford, 1977); Б. А. Струков, *Сегнетоэлектричество* (Наука, Москва, 1979).

³⁰⁸ Ф. Энгельс, *Диалектика природы*, В. К. Маркс, Ф. Энгельс, *Сочинения. Том 20*. Издание второе (Госполитиздат, Москва, 1961). «Перехід кількості в якість» у випадку збільшення кількості атомів N у твердотільних зразках спостерігається, власне, двічі. Спочатку, коли існують лише окремі атоми або маленькі молекули (у великих можливі різні конформації!), ці окремі є тотожними без ознак індивідуальності. Сполучаючи їх у мезоскопічні зразки, експериментатор надає кожному із них неповторної індивідуальності. Коли зразки стають великими з характерним розміром, що значно переважає будь-яку характерну довжину, яка характеризує можливі фізичні процеси, індивідуальність знову зникає під тиском усереднення, переходячи усередині зразків. Залишки індивідуальності залишаються у зразка лише на його поверхні, проте для досить великого об'єму поверхневими атомами в першому наближенні можна знехтувати, оскільки їхня частка становитиме $\sim N^{-2/3}$. Ситуація нагадує історію із втратою симетрії та появою дипольного моменту, про яку писав *Андерсон*.

³⁰⁹ В. Abeles, P Sheng, M. D. Coutts, Y. Arie, *Structural and electrical properties of granular metal films*. Adv. Phys., **24** (3), 407—461 (1975); Н. М. Jaeger, S. R. Nagel, R. P. Behringer, *Granular solids, liquids, and gases*. Rev. Mod. Phys., **68** (4), 1259—1273 (1996); L. P. Kadanoff, *Built upon sand: Theoretical ideas inspired by granular flows*. Rev. Mod. Phys., **71** (1), 435—444 (1999); I. S. Aranson, L. S. Tsimring, *Patterns and collective behavior in granular media: Theoretical concepts*. Rev. Mod. Phys., **78** (2), 641—692 (2006); I. S. Beloborodov, A. V. Lopatin, V. M. Vinokur, K. V. Efetov, *Granular electronic systems*, Rev. Mod. Phys., **79** (2), 469—518 (2007); В. Ф. Гантмахер, *Электроны в неупорядоченных средах* (Физматлит, Москва, 2003).

³¹⁰ А. И. Ансельм, *Введение в теорию полупроводников* (Наука, Москва, 1978); В. Л. Бонч-Бруевич, С. Г. Калашников, *Физика полупроводников. Издание второе, переработанное и дополненное* (Наука, Москва, 1990); Н. Б. Брандт, В. А. Кульбачинский, *Квазичастицы в физике конденсированного состояния* (Физматлит, Москва, 2005); И. М. Лифшиц, М. Я. Азбель, М. И. Каганов, *Электронная теория металлов* (Наука, Москва, 1971); М. И. Каганов, И. М. Лифшиц, *Квазичастицы. Идеи и принципы квантовой физики твердого тела. Издание второе, исправленное и дополненное* (Наука, Москва, 1989); М. И. Каганов, *Микро... и макро...* (Знание, Москва, 1986).

³¹¹ Д. Пайнс, *Элементарные возбуждения в твердых телах* (Мир, Москва, 1965); Ф. Платцман, П. Вольф, *Волны и взаимодействия в плазме твердого тела* (Мир, Москва, 1975).

³¹² J. F. Annett, *Superconductivity, Superfluids and Condensates* (Oxford University Press, Oxford, 2004); M. Tinkham, *Introduction to Superconductivity* (McGraw-Hill, Inc., New York, 1996).

³¹³ P. W. Anderson, *The Theory of Superconductivity in the High- T_c Cuprates* (Princeton University Press, Princeton, 1997); P. W. Anderson, *Theory of dirty superconductors*. J. Phys. Chem. Sol., **11** (1–2), 26–30 (1959); P. W. Anderson, *Physics of the pseudogap phase of high T_c cuprates, or, RVB meets umklapp*. J. Phys. Chem. Sol., **63** (12), 2145–2148 (2002); P. W. Anderson, *BCS: the scientific «love of my life»*. Int. J. Mod. Phys. B, **24** (20–21), 3983–3998 (2010); P. W. Anderson, *Personal history of my engagement with cuprate superconductivity, 1986–2010*. Int. J. Mod. Phys. B, **25** (1), 1–39 (2011).

³¹⁴ T. Skośkiewicz, *Superconductivity in the palladium–hydrogen and palladium–nickel–hydrogen systems*. Phys. Stat. Sol. (a), **11** (2), K123–K126 (1972).

³¹⁵ B. Stritzker, *High superconducting transition temperatures in the palladium–noble metal–hydrogen system*. Zeit. Physik, **268** (2), 261–264 (1974).

³¹⁶ J. A. Bert, B. Kalisky, C. Bell, M. Kim, Y. Hikita, H. Y. Hwang, K. A. Moler, *Direct imaging of the coexistence of ferromagnetism and superconductivity at the $\text{LaAlO}_3/\text{SrTiO}_3$ interface*. Nature Phys., **7** (10), 767–771 (2011); L. Li, C. Richter, J. Mannhart, R. C. Ashoori, *Coexistence of magnetic order and two-dimensional superconductivity at $\text{LaAlO}_3/\text{SrTiO}_3$ interfaces*. Nature Phys., **7** (10), 762–766 (2011); J. Chakhalian, J. W. Freeland, A. J. Millis, C. Panagopoulos, J. M. Rondinelli, *Colloquium: Emergent properties in plane view: Strong correlations at oxide interfaces*. Rev. Mod. Phys., **86** (4), 1189–1202 (2014).

³¹⁷ M. B. Maple, O. Fischer (ed.), *Superconductivity in Ternary Compounds [II], Superconductivity and Magnetism. Topics in Current Physics. Volume 34* (Springer, Berlin, 1982); L. N. Bulaevskii, A. I. Buzdin, M. L. Kulić, S. V. Panjukov, *Coexistence of superconductivity and magnetism. Theoretical predictions and experimental results*. Adv. Phys., **34** (2), 175–261 (1985); L. C. Gupta, *Superconductivity and magnetism and their interplay in quaternary borocarbides $\text{RNi}_2\text{B}_2\text{C}$* . Adv. Phys., **34** (2), 175–261 (1985); P. Fulde, J. Keller, G. Zwicknagl, *Theory of heavy fermion systems*. Solid State Phys., **41**, 1–150 (1988); A. Amato, *Heavy-fermion systems studied by μSR technique*. Rev. Mod. Phys., **69** (4), 1119–1179 (1997); C. Pfleiderer, *Superconducting phases of f -electron compounds*. Rev. Mod. Phys., **81** (4), 1551–1624 (2009); G. R. Stewart, *Superconductivity in iron compounds*. Rev. Mod. Phys., **83** (4), 1589–1652 (2011); F. Steglich, S. Wirth, *Foundations of heavy-fermion superconductivity: lattice Kondo effect and Mott physics*. Rep. Prog. Phys., **79** (8), 084502 (2016).

³¹⁸ B. S. Chandrasekhar, *A note on the maximum critical field of high-field superconductor*. Appl. Phys. Lett., **1** (1), 7–8 (1962); A. M. Clogston, *Upper limit for the critical field in hard superconductors*. Phys. Rev. Lett., **9** (6), 266–267 (1962); G. Sarma, *On the influence of a uniform exchange field acting on the spins of the conduction electrons in superconductors*. J. Phys. Chem. Sol., **24** (8), 1029–1032 (1963); P. Fulde, *High field superconductivity in thin films*. Adv. Phys., **22** (6), 667–719 (1973); R. Meservey, P. M. Tedrow, *Spin-polarized electron tunneling*. Phys. Rep., **238** (4), 173–243 (1994).

5.21. Бібліографія та коментарі

³¹⁹ L. Gorbatikh, B. L. Wardle, S. V. Lomov, *Hierarchical lightweight composite materials for structural applications*. MRS Bull., **41** (9), 672–679 (2016); D. Sidorenko, P. Loginov, E. Levashov, L. Mishnaevsky, Jr., *Hierarchical machining materials and their performance*. MRS Bull., **41** (9), 678–682 (2016).

³²⁰ На додачу до притаманного науці редукціоністського підходу, коли властивості матеріалів та зроблених із них об'єктів пояснюються їх мікроскопічною будовою, виник конструктивістський підхід, який поставив іншу, нетрадиційну задачу. А саме, взявши за основу природні мікроблоки речовини, матеріалознавство, комбінуючи їх у неприродний спосіб, почало створювати нові матеріали, отримуючи попутно нові структури на проміжному, мезоскопічному рівні. J. L. Sargaо, G. W. Crabtree, *Progress in mesoscale science*. MRS Bull., **40** (11), 919–922 (2015).

³²¹ J. L. MacManus-Driscoll, A. Suardi, H. Wang, *Composite epitaxial thin films: A new platform for tuning, probing, and exploiting mesoscale oxides*. MRS Bull., **40** (11), 933–942 (2015).

³²² Л. Н. Добрецов, М. В. Гомоюнова, *Эмиссионная электроника* (Наука, Москва, 1966); К. А. Валиев, *Микроэлектроника: достижения и пути развития* (Наука, Москва, 1986); А. Модинос, *Авто-, термо-, и вторично-электронная эмиссионная спектроскопия* (Наука, Москва, 1990); А. Н. Игнагов, Н. Е. Фадеева, В. Л. Савиных, *Классическая электроника и наноэлектроника*. (Наука-Флинта, Москва, 2009); K. L. Jensen, *Advances in Imaging and Electron Physics, Vol. 149. Electron Emission Physics* (Academic Press, Amsterdam, 2007); G. Fursey, *Field Emission in Vacuum Microelectronics* (Kluwer, New York, 2005); T. Heinzl, *Mesoscopic Electronics in Solid State Nanostructures*. 2nd comp. rev. and enl. ed. (Wiley-VCH, Weinheim, 2007).

³²³ S. Bandyopadhyay, M. Cahay, *Introduction to Spintronics* (CRC Press, Boca Raton, 2008); Y. Xu, D. D. Awschalom, J. Nitta (ed.), *Handbook of Spintronics* (Springer, Dordrecht, 2016); I. Žutić, J. Fabian, S. Das Sarma, *Spintronics: Fundamentals and applications*. Rev. Mod. Phys., **76** (2), 323–410 (2004); T. Jungwirth, J. Wunderlich, V. Novák, K. Olejník, B. L. Gallagher, R. P. Campion, K. W. Edmonds, A. W. Rushforth, A. J. Ferguson, P. Němec, *Spin-dependent phenomena and device concepts explored in (Ga,Mn)As*. Rev. Mod. Phys., **86** (3), 855–896 (2014); P. D. Johnson, *Spin-polarized photoemission*. Rep. Prog. Phys., **60** (11), 1217–1304 (1997); G-X. Miao, M. Münzenberg, J. S. Moodera, *Tunneling path toward spintronics*. Rep. Prog. Phys., **74** (3), 036501 (2011); M. Eschrig, *Spin-polarized supercurrents for spintronics: a review of current progress*. Rep. Prog. Phys., **78** (10), 104501 (2015).

³²⁴ K. Gregorczyk, M. Knez, *Hybrid nanomaterials through molecular and atomic layer deposition: Top down, bottom up, and in-between approaches to new materials*. Prog. Materials Sci., **75**, 1–37 (2016).

³²⁵ P. Fratzl, R. Weinkamer, *Nature's hierarchical materials*. Prog. Materials Sci., **52** (8), 1263–1334 (2008).

³²⁶ B. J. T. Jones, V. J. Martinez, E. Saar, V. Trimble, *Scaling laws in the distribution of galaxies*. Rev. Mod. Phys., **76** (4), 1211–1266 (2004).

³²⁷ E. Hubble, *The Realm of the Nebulae* (Oxford University Press, London, 1936); E. Hubble, *The Observational Approach to Cosmology* (Oxford University Press, London, 1937).

³²⁸ A. Sandage. Цитовано за М. D'Onofrio, R. Rampazzo, S. Zaggia (eds.), *From the Realm of the Nebulae to Populations of Galaxies. Dialogues on a Century of Research* (Springer, Switzerland, 2016), p. xi.

³²⁹ J. L. Sarrao, G. W. Crabtree, *Progress in mesoscale science*. MRS Bull., **40** (11), 919—922 (2015), p. 920.

³³⁰ J. L. MacManus-Driscoll, A. Suwardi, H. Wang, *Composite epitaxial thin films: A new platform for tuning, probing, and exploiting mesoscale oxides*. MRS Bull., **40** (11), 933—942 (2015), p. 934.

³³¹ L. P. Kadanoff, *Innovations in Statistical Physics*. Annu. Rev. Condens. Matter Phys. **6**, 1—14 (2004); L. P. Kadanoff, *Relating theories via renormalization*. Stud. Hist. Phil. Mod. Phys., **44** (1), 22—39 (2013); L. P. Kadanoff, *Kenneth Geddes Wilson, 1936—2013, An Appreciation*. J. Stat. Mech. **10**, P10016 (2013); К. Вильсон, Дж. Когут, *Ренормализационная группа и ϵ -разложение*, (Мир, Москва, 1975); Ш. Ма, *Современная теория критических явлений* (Мир, Москва, 1980); А. З. Паташинский, В. Л. Покровский, *Флуктуационная теория фазовых переходов*. Издание второе, переработанное (Наука, Москва, 1982); Ю. М. Иванченко, А. А. Лисянский, А. Э. Филиппов, *Флуктуационные эффекты в системах с конкурирующими взаимодействиями* (Наукова думка, Киев, 1989); М. Гиттерман, В. Хэлперн, *Фазовые превращения. Краткое изложение и современные приложения* (РХД, Москва—Ижевск, 2006).

³³² Е. Федер, *Фракталы* (Мир, Москва, 1991); Б. М. Смирнов, *Физика фрактальных кластеров* (Наука, Москва, 1991); Х-О. Пайтген, П. Х. Рихтер, *Красота фракталов. Образы комплексных динамических систем* (Мир, Москва, 1993); Б. Мандельброт, *Фрактальная геометрия природы* (Институт компьютерных исследований, Москва—Ижевск, 2002); М. Шредер, *Фракталы, хаос, степенные законы. Миниатюры из бесконечного рая* (РХД, Москва, 2005); М. Клеман, О. Д. Лаврентович, *Основы физики частично упорядоченных сред: жидкие кристаллы, коллоиды, фрактальные структуры, полимеры и биологические объекты* (Физматлит, Москва, 2007).

³³³ https://uk.wikipedia.org/wiki/Квантова_хімія.

³³⁴ <https://uk.wikipedia.org/wiki/Онтологія>.

³³⁵ From Greek *ont-*, the present participle stem of *einai*, «to be.» Ultimately from an Indo-European base that is also the ancestor of English *AM*, *IS*, and *ENTITY*. *Microsoft Encarta World English Dictionary, 2001*.

³³⁶ A. Bird, *Nature's Metaphysics. Laws and Properties* (Clarendon Press, Oxford, 2007).

³³⁷ С. Крымский, В. Кузнецов, *Мировоззренческие категории в современном естествознании* (Наукова думка, Киев, 1982).

³³⁸ В. Кузнецов, *Три програми дослідження предметної галузі системи наукового знання*. В Матеріали 14-ї Всеукраїнської наукової конференції «Актуальні питання історії науки і техніки». 8—10 жовтня 2015 року (Центр пам'яткознавства НАНУ і УТОПІК, Львів), с. 232—235.

³³⁹ М. Б. Менский, *Сознание и квантовый мир* (Век2, Фрязино, 2005).

³⁴⁰ В. Степин. *Наука*. В И. Касавин. (гл. ред.). *Энциклопедия эпистемологии и философии науки* («Канон+» РООИ «Реабилитация», Москва, 2009), с. 565—566.

5.21. Бібліографія та коментарі

³⁴¹ Д. А. Киржниц, Ю. Е. Лозовик, Г. В. Шпатаковская, *Статистическая модель вещества*. Успехи физ. наук, **117** (1) 3—47 (1975); Г. В. Шпатаковская, *Квазиклассический метод анализа и оценки орбитальных энергий связи в много-электронных атомах и ионах*. Успехи физ. наук, **189** (2), 195—206 (2019).

³⁴² В. Бронштэн, *Как движется Луна?* (Наука, Москва, 1990); З. Копал (ред.), *Физика и астрономия Луны* (Мир, Москва, 1973); L. T. Elkins-Tanton, *The Earth and the Moon* (Chelsea House, New York, 2006).

³⁴³ Зауважимо, що коли час від часу практичні реалізації цих стратегій стикаються з серйозними труднощами, в певних навіть наукових колах стають модними їхні ненаукові альтернативи. Незважаючи на всі відмінності, їх поєднує догматичне введення надприродних засад існування та пояснення природи. Прикладами є емпірично необґрунтоване прийняття постулату про існування якихось надприродних реалій на кшталт всевітнього Логосу, окремих незалежних світів платонівських ідей або математичних структур, універсумів комп'ютерних обчислень або божественних деміургів, а також «знаходження» людської свідомості у природі. Дивись, наприклад, цитовану раніше працю Менського.

ЧАСТИНА VI

ІСТОРИКО-ФІЛОСОФСЬКИЙ АНАЛІЗ ДЕЯКИХ НАУКОВИХ І НЕНАУКОВИХ АСПЕКТІВ РОЗВИТКУ ФІЗИКИ В РАМКАХ ПОЛІСИСТЕМНОЇ РЕКОНСТРУКЦІЇ НАУКОВИХ ТЕОРІЙ

6.1. ПОЛІТИКА, КОСМОЛОГІЯ ТА ПЛАЗМА

Про те, як складно розібратися в історії науки, претензіях на першість і зустрічних претензіях свідчить цікаве переплетіння подій, пов'язаних з так званими рівняннями *Власова*¹ в фізиці плазми². З суто філософської точки зору ця проблема є вельми цікавою, оскільки показує, що історія науки є невіддільною від сутності останньої. Через це не можна досліджувати формальний бік справи окремо від найдрібніших деталей самої фізики (біології, хімії тощо). Тому філософ науки мусить мати неабияку ерудицію в природознавстві як такому. Є ще один урок-застереження, який маємо винести з цієї нескінченної історії. А саме, він ще раз підтверджує явище, добре відоме історикам науки (не тільки їм, а й скажімо, географам, якщо згадати, на чю честь названо континент у західній півкулі Землі): дуже часто відкриття або закон називають не іменем першовідкривача, а якоїсь іншої людини, так чи інакше дотичної до цього³.

Отже, розглянемо декілька фрагментів цієї історії на ґрунті полісистемної реконструкції наукових теорій з посиланням майже на всі виокремлені в ній їх складники (2.10.1. Підсистеми наукової теорії як системи). Без цих складників ця історія дуже втратила би щодо загальної значущості. Наукова, ідейна та політична боротьба, яка опукло проглядається крізь історичні деталі, показує, чому недостатньо аналізувати системи наукового знання в термінах *Томаса Куна* (парадигма, міждисциплінарна матриця, несумірність тощо) та *Карла Поппера* (теорія як загальне твердження, контексти відкриття та обґрунтування, процедури фальсифікації та верифікації тощо).

Далі йдеться про спробу полісистемного *case study* одночасно в царинах філософії науки, історії науки, історії тоталітаризму,

соціології науки, фізики плазми, статистичної фізики та фізики конденсованих середовищ.

Фізика плазми, яку започаткував⁴ американський учений *Ірвінг Ленгмюр*⁵ (він займався саме газорозрядною плазмою⁶, бо є ще плазма рідких розчинів електролітів⁷, твердих електролітів⁸ та квантових рідин, основним представником яких є колективізована електронна рідина металів⁹, нейтралізована тлом іонів кристалічної ґратниці), характеризується далекосяжними кулонівськими силами (електричними полями), які самі по собі, тобто без урахування екранування, спадають в просторі як R^{-2} , де R є відстанню від електричного заряду — джерела поля. Для подальшого важливо, що закон спадання збігається із законом гравітаційного тяжіння, відкритого *Ньютоном*, про що вже було зазначено.

Для дослідження моделі кінетичних властивостей класичної електрон-іонної плазми та колективних коливань у ній, треба виходити із запропонованого австрійським фізиком *Людвігом Больцманом*¹⁰ в XIX столітті кінетичного рівняння¹¹ для електрично-нейтральних газів. Рівняння описує функції розподілу $f(\mathbf{v}, \mathbf{r})$ по швидкостях \mathbf{v} та координатах \mathbf{r} і названо іменем автора — *Больцмана*. Згодом математиком і фізиком *Миколою Боголюбовим*¹² було показано, що це рівняння є першим наближенням для ланцюжка рівнянь, отриманим для достатньо розріджених газів¹³. Записати рівняння Больцмана для плазми (квазінейтральної, але складеної з заряджених іонів та електронів) було складно, тому що в ній присутні електромагнітні поля, які самі залежать від функції f . Крім того, член, який описує зіткнення між частинками (попарні для досить розрідженої плазми), теж модифікується кулонівською взаємодією¹⁴.

Успіх та велике значення внеску *Анатолія Власова* полягали в тому, що він знехтував зіткненнями та записав систему рівнянь для функції розподілу і рівнянь *Максвелла* для електромагнітного поля, де заряд і струм, а, отже, й електричне та магнітне поля залежали від $f(\mathbf{v}, \mathbf{r})$. *Тобто ця система була самоузгодженою*. Якщо плазма настільки розріджена, що нехтування зіткненнями є слушним, система рівнянь *Власова*, де головну роль грали колективні процеси, виявилася дуже важливою та плідною, оскільки уможлилювала розв'язання багатьох задач. З цим не варто було й сперечатися, а, отже, ніхто й не сперечався.

Але *Власов* пішов далі, що є цілком зрозумілим, адже кожен теоретик воліє довести свої розрахунки до такого рівня, коли

можна зробити конкретні передбачення. Після лінеаризації та за відсутності зіткнень (розріджена плазма!) він розрахував спектр власних коливань системи. Виявилось, що в цьому наближенні можуть існувати як поперечні, так і повздовжні електромагнітні хвилі, дисперсію (залежність частоти від хвильового вектора) яких також знайшов *Власов*¹⁵. При цьому він (цілком правильно!) довів, що й у виродженому електронному газі, де замість розподілу *Максвелла* справедливим є розподіл *Фермі* електронів за енергіями, частота коливань залишається ленгмюрівською¹⁶. Насправді, точні результати для квантової плазми металів з урахуванням дисперсії були отримані значно пізніше¹⁷.

Зазначимо, що в першому наближенні рухом важких (порівняно з електронами) іонів можна знехтувати й у класичній плазмі газового розряду, й у квантовій плазмі металів. Тобто в такій моделі іони розглядаються як компенсуюче позитивне тло для електронів, а коливання в такому квазінейтральному середовищі є відносно слабкими, які аж ніяк не можуть зруйнувати плазму^{18, 19}. Таким чином, наявність двох типів зарядів у Всесвіті зменшує вплив кулонівських сил (дуже могутніх, самих по собі!) на перебіг подій у різних кінетичних процесах у газах, рідинах і твердих тілах. Тому усі сили електромагнітної природи між тілами різного масштабу є лише «брижами на поверхні» нейтральних середовищ, де первісна кулонівська взаємодія є певною мірою прихованою. Вражаючі розряди блискавок²⁰, які прибічники різних конфесій вважають за гнів богів²¹, свідчать про щасливий збіг обставин, який пом'якшує вплив електромагнітних явищ в природі. Власне, й рівняння *Власова* є наслідком факту квазінейтральності. Зауважимо, що дуже слабкі гравітаційні сили, утім, правлять світом, бо існують тільки сили притягання між тілами, які можуть порушувати рівновагу в гравітаційних системах, на чому зупинимось трохи згодом²².

Можемо зробити висновок, що розлога праця *Власова* була значним внеском у фізику плазми та поза сумнівом значно посприяла її прогресу. Не з'ясована тоді (певною мірою й зараз) наукова проблема була пов'язана з нібито суто «технічним» (насправді математичним) питанням. А саме, розв'язок показав, що у виразі для повздовжньої діелектричної проникності знаменник містив член $\omega - \mathbf{k}\mathbf{v}$, де \mathbf{v} — швидкість електрона, а ω та \mathbf{k} — частота й хвильовий вектор електромагнітної хвилі. Отже, має місце сингулярність, з якою фізику-теоретику треба певним чином розібратися.

6.2. Конкретність істини: важливість доречних апроксимацій

Власов зробив доволі просто: знехтував можливим згасанням хвилі (тобто уявною частиною вказаного знаменника, яка могла би згладити особливість рівняння) та взяв розбіжний інтеграл у сенсі його так званого головного значення²³ за термінологією французького математика *Огюста Коші*²⁴. Та й звідки взятися цій уявній частині, якщо згасанням за рахунок зіткнень електронів (або/та інших заряджених частинок — іонів) він уже знехтував при формулюванні своєї системи рівнянь? Мало того, заплющивши очі на сингулярність, яку можна було легко «обійти», *Власов* підтвердив уже відомий і підтверджений в експерименті теоретичний результат *Тонкса-Ленгмюра*, отриманий в найпростіший, електродинамічний, спосіб. Певна річ, що, користуючись більш загальним методом *Больцмана* та враховуючи залежну від температури T рівноважну функцію розподілу *Максвелла* для електронів, *Власов* зміг також піти далі, ніж *Тонкс*²⁵ і *Ленгмор*, та знайти закон дисперсії плазмових хвиль (залежність ω від \mathbf{k}). Очевидно, що ця дисперсія для класичної плазми виявилась залежною від T . І цей результат також був підтверджений подальшими теоретичними дослідженнями.

6.2. КОНКРЕТНІСТЬ ІСТИНИ: ВАЖЛИВІСТЬ ДОРЕЧНИХ АПРОКСИМАЦІЙ

З цією фізико-математичною проблемою зіткнулися й інші теоретики, які почали вивчати плазму без зіткнень²⁶ після *Власова*, визнаючи його пріоритет у постановці самоузгодженої задачі для плазми без зіткнень та отриманні дисперсійного рівняння для повздовжніх плазмових коливань. Але на час їх долучення до цієї царини знань у Радянському Союзі з'явилася ще одна наукова праця²⁷ *Лева Ландау*, співвітчизника *Власова*, яка радикально змінила ставлення до результатів *Власова* та до проблеми в цілому. А саме, *Ландау* показав, що сингулярність (поліус) у рівнянні для діелектричної проникності кавалерійським насхоком брати не можна. Треба застосувати всю міць теорії функцій комплексної змінної²⁸. І тоді згасання, якого нібито немає, вигулькне в розв'язку рівняння, тобто зіткнення формально відсутні, а хвилі згасають. До речі, передбачення *Ландау* справдились: згасання знайшли у водневій плазмі²⁹. Концепція згасання *Ландау* застосовувалась у межах кінетичного підходу і до газу зірок³⁰.

Ландау показав, що хоча закон дисперсії, знайдений *Власовим* із дійсної частини діелектричної проникності, був в принципі правильним, але хвилі, які розповсюджуються в плазмі, практично завжди згасають, а коефіцієнти згасання залежать від температури (парними та складнішими зіткненнями *Ландау* нехтував так само, як і *Власов!*). Отже, уявну частину функції $\omega(\mathbf{k})$ необхідно враховувати. На підставі цих результатів *Ландау* стверджував (а його співавтори погоджувались), що «ніякого дисперсійного рівняння [в статті *Власова*] не існує»³¹.

Ясна річ, що останнє твердження є занадто суворим. Дійсна частина формул *Ландау* та *Власова* для $\omega(\mathbf{k})$ збігаються й були безліч разів відтворені іншими методами. Але поставлене нами вище питання не шезло: який чинник викликає згасання *Ландау* в плазмі без зіткнень? Яка його природа? На це є низка відповідей у різних джерелах³², хоча й не остаточних з огляду на їх сприйняття науковою спільнотою. Розглянемо їх детальніше.

По-перше, вважати згасання *Ландау* таким, що не враховує зіткнень зовсім, не слід, бо воно враховує колективне самоузгоджене електростатичне поле, яке акумулює в собі взаємодію багатьох частинок³³, а називати цю взаємодію «зіткненнями з далекими частинками», чи ні, є вже термінологічним або, принаймні, методичним питанням. Проте відповідне, важливе для нас, загально-визнане тлумачення колективного поля, на наш погляд, наразі є відсутнім, хоча його існування або брак існування й не впливає на фізичні результати, отримані досі в цій царині, або ті, які ще будуть отримані. В цьому зв'язку зазначимо, що згасання *Ландау* є бездисипативним, не пов'язаним зі зростанням ентропії, про що свідчать спостереження плазмового відлуння³⁴.

Виникає питання: а якщо поряд із згасанням *Ландау* врахувати також цілком реальні зіткнення (хоча б тільки парні) між електронами, то як інтерферують між собою ці два процеси? Існує два класи відповідей. Згідно з першим, у першому наближенні відповідні члени в рівняннях, а отже, і внески від двох типів процесів, що послабляють плазмові коливання, додаються, хоча відносна роль кожного із процесів залежить від параметрів плазми³⁵. Інша точка зору полягає в тому, що, насправді, член *Ландау* можна отримати зі стандартного члена *Больцмана*, якщо спрямувати амплітуду другого до нуля³⁶. Тоді частота зіткнень випадає з кінцевого результату, утім її залишок, як посмішка Чезирського кота³⁷, залишається. З огляду на таке походження члена згасання

Ландау, Юрій Климонтович³⁸, який поділяв цю точку зору, вважав цей член дисипативним³⁹, що суперечить точці зору Євгена Ліфшиця⁴⁰ та Лева Пітаєвського⁴¹, зазначеній вище.

Широко поширеною є цілком слушна інтерпретація згасання Ландау як послаблення електромагнітних хвиль за рахунок поглинання хвиль електронами⁴², швидкості v яких розподілені згідно з рівноважною класичною функцією розподілу Максвелла $f_0(v)$ ⁴³. В процесі поглинання беруть участь лише так звані резонансні електрони, оскільки амплітуда згасання є пропорційною до похідної $\frac{\partial f_0}{\partial v}$ в точці $v = \omega/k$ (згадайте знаменник в інтегралі, отриманому Власовим!). Але ж ця похідна є негативною, бо частка електронів із великими швидкостями зменшується зі зростанням v ! Тому електрони саме поглинають енергію, а не віддають її електромагнітній хвилі. Насправді цілком можливе й розкачування хвиль, але для певних нерівноважних розподілів електронів за енергіями⁴⁴, наприклад, при проходженні електронного пучка крізь плазму⁴⁵. Але ці конче важливі для практики ситуації не стосуються нашої обмеженої постановки задачі.

Додаткові міркування пов'язують згасання або підсилення ленгмюрівських повздовжніх хвиль у плазмі з оберненим або прямим ефектом Вавілова⁴⁶—Черенкова⁴⁷, коли електрони, які рухаються в середовищі, відповідно поглинають або випромінюють електромагнітну енергію⁴⁸. Певна річ, що в такій інтерпретації теж має місце явище резонансу між фазовою швидкістю хвиль ω/k та швидкістю електронів v ⁴⁹.

У реальному житті окрилений успіхом своїх рівнянь для плазми Власов вирішив застосувати їх до твердого тіла. Відповідні праці були опубліковані у Віснику Московського університету, оскільки «конкуренти» та «недоброзичливці» не допустили Власова до Журналу експериментальної і теоретическої фізики (ЖЭТФ), провідного на той час журналу з фізики, де публікувалися оригінальні праці загального значення. Для нас маргінальність Вісника не є перешкодою, оскільки всі ці праці були трохи згодом передруковані в доступній книжці⁵⁰. Саме ці нові результати зумовили шалений спротив так званих «академічних фізиків», які надрукували докладну критику⁵¹ на шпальтах того самого ЖЭТФ, про який йшлося вище. Що ж не сподобалось поважним академікам (тоді ще молодим людям) у працях поважного професора (тоді теж ще молодого)? А не сподобалась спроба Власова пристосувати метод

самоузгодженого поля не для далекоюсяжних полів на кшталт кулонівського або гравітаційного, а для короткодіючих полів взаємодії між атомами в конденсованому середовищі.

Ясно, що сили, які діють між частинками твердого тіла, теж мають електромагнітну природу, але на відміну від менш щільної газорозрядної плазми відбувається повніша компенсація між електричними зарядами, з яких складаються елементарні «цеглинки» середовища, так що стає справедливою, скажімо, теорія пружності, а частинки твердого тіла в результаті взаємодіють лише з найближчими сусідами. Виходить, що у випадку діелектриків немає далеких електромагнітних полів для самоузгодження в дуі рівняння *Власова* для плазми. Для металів ситуація з електричними полями геть інша, а тому там треба враховувати колективізовані електрони, які розсіюються на так званому «псевдопотенціалі». Цю теорію створили⁵² значно пізніше післявоєнних праць *Власова*, але вона не має з підходом *Власова* нічого спільного. Натомість *Власов* замість абсолютного точного в принципі методу⁵³ видатного американського фізика *Джозайї Гіббса (Джіббса)*⁵⁴ задумав створити нову просту статистичну теорію кристалічного стану, яка обіймала би як діелектрики, так і метали⁵⁵. Саме ця теорія виявилася хибною, більше того, неконструктивною, оскільки не пояснює певні нюанси та не робить передбачень.

6.3. НЕМИНУЧИСТЬ ПОМИЛОК ПРИ ЗАСТОСУВАННІ МОДЕЛЕЙ ЗА МЕЖАМИ СФЕРИ ЇХ ПРИДАТНОСТІ

Поза тим, критики знайшли низку суперечностей у цій праці. Читаючи зараз книгу *Власова*, розумієш, що її писала кваліфікована людина, яка щиро помилялася і яка була натхненна раніше здобутим успіхом. Психологічно це зрозуміло, з точки зору історії науки — це прикро та повчально, а по суті, після десятків років прогресу теорії твердого тіла є очевидним навіть для студента четвертого курсу університетського фізфаку. Резюмуючи цей епізод, зазначимо, що нищівна критика була правильною по суті (про форму ми ще поговоримо), а метод *Власова* виявився некоректним та тупиковим.

У подальшому *Власов* розвивав уже сформульований ним метод та застосовував його до кристалів різної форми і до так зва-

6.3. Неминучість помилок при застосуванні моделей за межами сфери ...

них «плазмоїдів», тобто сукупностей частинок, які утримуються разом у компактній формі⁵⁶. Образ останніх об'єктів дуже нагадує кульові блискавки, які спостерігаються в природі, але природа яких досі остаточно не з'ясована⁵⁷. Ті яскраві й небезпечні метастабільні кульки можна вважати методологічним прикладом справедливості точки зору *Філіпа Андерсона* про те, «що більше означає інше», бо в межах застосовності класичної фізики виникає макроскопічний об'єкт із химерними властивостями, що суттєво відрізняється від речовини в звичайних станах та нетривіально «сконструйований» природою із стандартних компонентів.

Але *Власов* залишився в межах суто теоретичного підходу та існування кульових блискавок не пояснив. Знову ж-таки, проглядаючи ці книги, читач може подумати, що час зупинився й він знайомиться не з дослідженнями другої половини ХХ століття, а принаймні з працями, створеними на його початку. При цьому ерудиція автора здається дуже вибірковою. Скажімо, відсутність жодного посилання на *Джеймса Джинса*, що є дуже дивним з огляду на близькість підходів. А може саме тому посилання й відсутні? Про причини ми вже ніколи не дізнаємось.

У цьому зв'язку характерними є слова *Миколи Боголюбова* в передмові до книги⁵⁸. Він написав, що рецензенти (їх прізвища відсутні, що не відповідає традиційній практиці радянського книговидання в царині фізики) зробили багато зауважень щодо методу, результатів і висновків. Із деякими, за його словами, автор погоджувався, але зробити корективи не встиг. На відміну від 1946 року скандалу не відбулося, але гіркий осад залишається, про що йтиметься нижче.

Для повноти картини слід указати на інший випадок у теорії твердого тіла, а саме, у фізиці чистих металів, коли рівняння теорії пружності слід розглядати з урахуванням внеску від колективізованих електронів металів. На електрони діють коливання кристалічної ґратниці через запроваджений *Джоном Бардінім* та *Вільямом Шоклі*⁵⁹ так званий деформаційний потенціал⁶⁰, а електронний газ впливає на іони ґратниці. Попутно виникають макроскопічні електромагнітні поля, зумовлені нерівноважною складовою в функції розподілу електронів по імпульсах, так що необхідно включити в систему рівнянь і рівняння *Максвелла* для поля⁶¹ (теорію, яка розроблена на основі вказаної системи рівнянь, зазвичай називають теорією *Сіліна*⁶²—*Конторовича*⁶³). Виникає принаймні формально аналогія з рівняннями *Власова*,

проте у нього в першому наближенні важкі іони плазми залишаються в спокої. В теорії *Сіліна—Конторовича* є купа пояснень та передбачень, і вона становить типовий приклад модельної системи, яка добре описує складні явища, спрощуючи їх на підставі стислого модельного уявлення про об'єкт, що описується.

В усіх розглянутих вище випадках класичної або квантової плазми вона була квазінейтральною. Оскільки маса має лише один знак і між масивними тілами діє закон притягання *Ньютона*, то рівняння *Джинса* мають демонструвати розв'язки, зовсім відмінні від рівнянь *Власова*. Навіть об'єкти дослідження в них різні. Дійсно, розглядати гравітаційну взаємодію між сантиметровими порошинками або метровими каменюками було би безглуздим, оскільки навіть невеличкий зовнішній налиплий заряд чи так званий «поверхневий диполь», який завжди існує на поверхні твердого тіла⁶⁴, зумовлюють сильнішу взаємодію між складовими системи, ніж всесвітнє тяжіння. Тому *Джинс* розглядав величезні зорі, розкидані у Всесвіті, як точкові об'єкти⁶⁵. Ці зорі виконували у нього роль молекул *Больцмана-Максвелла* або плазмових електронів *Власова*.

У результаті тонких міркувань, виходячи з рівнянь гідродинаміки⁶⁶, які можна отримати огрубінням⁶⁷ кінетичного підходу *Больцмана*, *Джинс* теоретично відкрив нестійкість (яка відтоді носить його ім'я) однорідного середовища з гравітаційною взаємодією між елементарними складовими відносно фрагментації, тобто утворення грудок речовини, її скупчень, із яких, згідно з його думкою, мають згодом формуватися галактики та зорі⁶⁸. З точки зору історії науки надзвичайно цікавим є факт, що насправді гіпотезу (безпосередньо не підкріплену математикою!) про нестійкість однорідного розподілу речовини внаслідок самогравітації вперше висловив великий *Ньютон*⁶⁹ в славнозвісному листуванні зі священником, ученим і поетом *Річардом Бентлі*⁷⁰. Проте першу конструктивну математичну теорію розвинув саме *Джинс*. Зазначимо, що в цій космогонічній проблемі виникнення структур теж слід було би аналізувати на підставі загальної теорії відносності *Айнштайна*, що й було зроблено *Євгеном Ліфшицем*⁷¹, але для малих швидкостей розвитку просторово обмеженої системи ньютонівська теорія може слугувати непоганим наближенням для розв'язку багатьох задач. Тому теорію *Джинса*, яку дуже часто й, взагалі кажучи, несправедливо паплюжать за непослідовність (дивись нижче), варто вважати успішним першим наближенням до

6.3. Неминучість помилок при застосуванні моделей за межами сфери ...

істинної поведінки системи частинок із гравітаційною взаємодією. На жаль, достатньо обґрунтована теорія структуроутворення галактик і зір досі не побудована астрофізиками, хоча над цим працювали найкращі фізики й астрофізики планети.

Специфіка нашого нариса не передбачає глибокого занурення в математику. Тому, викладаючи окремі результати *Джінса*, спиратимемось головним чином на лише найпростіші якісні міркування⁷².

Отже, в своєму підході *Джінс* виходив із моделі однорідного газового середовища густини ρ_0 , зв'язаного гравітаційними силами, яке протидіє спробам гравітації стиснути його в будь-якій точці, оскільки виникає додатковий тиск. Різниця тиску P всередині стиснутого об'єму з радіусом R , який хоче розширити стиснутий об'єм, та (меншого за P) тиску оточення P' є рушійним чинником спротиву. В розрахунку на одиницю об'єму пружна сила спротиву на його межі з нестиснутим простором становить $F_p = \Delta P/R \equiv (P - P')/R$.

З іншого боку на одиницю об'єму сферичного ущільнення радіусу R діє сила тяжіння:

$$F_G = -\frac{GM}{R^2}(\rho_0 + \Delta\rho).$$

Тут M — маса ущільнення, G — гравітаційна стала, ρ_0 — густина газу в ущільненні до процесу стиснення (така ж густина притаманна газу поза ущільненням), $\Delta\rho$ — додаткове збільшення густини в ущільненні. Підставимо в наведену формулу замість маси M її вираз через модифіковану густину:

$$M = \frac{4}{3}\pi R^3(\rho_0 + \Delta\rho).$$

Тоді з точністю до першого порядку малості отримаємо наступний результат:

$$F_G = -\frac{4}{3}\pi G\rho_0^2 R - \frac{8}{3}\pi G\rho_0\Delta\rho R.$$

Перший доданок у формулі відповідає гальмівній силі, яка однаково пручається космологічному розширенню всього Всесвіту⁷³, тобто як речовини всередині ущільнення, так і поза ним. Він на величину та характер досліджуваної неоднорідності ніяк не впливає, а тому його можна у подальшому не враховувати. Натомість другий доданок описує надлишок сили тяжіння, зумовлений локальною зміною густини газу. Зазначений надлишок праг-

не далі стиснути неоднорідність, що виникла. Він-то нам і потрібний. Дійсно, для маленьких неоднорідностей він стає несуттєвим, оскільки є пропорційним R . Водночас сила спротиву F_p пропорційна R^{-1} і зростає зі зменшенням R .

Навпаки, для великих R домінують уже гравітаційні сили F_G . Якщо такі великі скупчення речовини виникли (про джерело подібних флуктуацій завчасно писати не будемо), то вони зростають надалі, тобто спостерігається позитивний зворотний зв'язок. Це й є славнозвісна нестабільність *Джинса*. Для того щоб знайти граничне (критичне) значення неоднорідності, треба прирівняти абсолютні значення сил притягання та відштовхування. В результаті, отримуємо критичний розмір *Джинса*:

$$R_J = \sqrt{\frac{\Delta P}{\Delta \rho}} \cdot \sqrt{\frac{3}{8\pi G \rho_0}}.$$

Величина $c_s = \sqrt{\frac{\Delta P}{\Delta \rho}}$ — це адіабатична швидкість звука в газі за припущення, що під час розповсюдження хвилі в середовищі не встигає встановитися рівновага. Інакше замість адіабатичної треба підставити⁷⁴ ізотермічну швидкість звуку, яка має той самий порядок величини⁷⁵.

Отже, якщо виникне флуктуація густини з розміром $R < R_J$, то сили внутрішнього тиску переважають, і флуктуація розсмокчиться. Якщо ж радіус флуктуації R буде більшим за R_J , то ущільнення буде зростати. Певна річ, що лінійна теорія (а ми підсвідомо подумки знаходились саме в лінійному режимі) не може передбачити, як саме будуть зростати флуктуації, як утворюватимуться скупчення галактик, галактики, зорі, планети та інші космічні об'єкти. Для цього треба розвинути нелінійну теорію. А ми досі робили тільки оцінки. Теорія є чимось більш складним і багатовірневим, хоча якісні оцінки займають у ній гідне місце. Проте й результатів вона дає значно більше, ніж елементарні оцінки. Зважимо також на те, що оцінки, наведені вище, були зроблені після створення теорії *Джинсом* («дотепність на сходах»). Водночас *Джинс* отримав свій результат, розглядаючи нелінійне гідродинамічне рівняння *Леонарда Ейлера*⁷⁶ для руху рідини під тиском та в гравітаційному полі сукупно з рівнянням *Пуассона*⁷⁷ для гравітаційного потенціалу ϕ . Останнє має такий вигляд у сучасних позначеннях:

6.3. Неминучість помилок при застосуванні моделей за межами сфери ...

$$\nabla^2 \varphi = 4\pi G\rho,$$

де ∇ — оператор *Гамільтона*⁷⁸, $\rho = \rho_0 + \Delta\rho$ — повна густина речовини (рівноважна плюс збурення).

Його результат на порозі нестійкості збігається з наведеною вище оцінкою. Але, на жаль, під час розв'язання задачі автор був непослідовним, оскільки в початковому однорідному стані ρ_0 і початковий тиск P_0 є сталими, а середня швидкість газу (або рідини) в ущільненні v_0 дорівнює нулю. Тоді з рівняння *Ейлера* випливає, що й $\nabla\varphi = 0$, а це суперечить рівнянню *Пуассона*. Дійсно, в його правій частині стоїть джерело потенціалу $\rho = \rho_0$, отже, й гравітаційний потенціал є ненульовим. Така непослідовність *Джинса* призвела до того, що науковці, які потім розглядали його теорію, називали її «шахрайством *Джинса*» (*Jeans swindle*)⁷⁹. Таким чином, геніальний здогад *Ньютона* (XVII століття!) перетворився на теорію, створену на основі досить химерної моделі флуктуаційного скупчення речовини, оточеного тією ж речовиною та здатного на відокремлення й трансформацію. Відтак подібні моделі й відповідні теорії стали нормою в астрофізиці, оскільки експерименти в цій галузі науки ставити неможливо за визначенням. Але моделі працюють!

Прецінь, насправді ніякого шахрайства в *Джинса* не було. Він просто інтуїтивно відкинув несуттєве та отримав правильний результат, який потім і підтвердили ті вчені, які результат покращили та узагальнили. Більше того, «високий суд» нащадків *Джинса* повністю виправдав. Наведемо одне з виправдань повністю⁸⁰: «Однак, як ми побачимо в цьому документі [мається на увазі стаття, з якої взята ця цитата — *ОГ, ВК*], таке «формальне виправдання відкидання незбуреного гравітаційного поля» легко отримується. Якщо стисло, то труднощі долаються розглядом проблеми в динаміці, бо для визначення рівноваги важливі сили, а не потенціали. Як ми покажемо, можна встановити деяку розумну межу з чітко визначеними гравітаційними силами *Ньютона*, які зникають, коли густина маси ρ_0 є сталою. Ці зникаючі сили рівноваги *не впливають* з ньютонівського потенціалу, який задовольняє відоме рівняння *Пуассона* для ρ_0 . Проте в цьому ж граничному випадку рівняння *Пуассона* дійсно описує зв'язок між збуреною густиною й збуреним ньютонівським потенціалом, що робить безглуздим будь-яку потребу постулювати це в *ad hoc* спосіб». Згадаймо, що й наведена вище проста оцінка довжини *Джинса* без звертан-

ня до бодай якоїсь формальної схеми як раз базувалася на аналізі сил, а не потенціалів (енергій), а тому відразу приводила до належного результату.

Нестійкість *Джинса* може вигулькнути й у іншому варіанті теорії, а саме, в газі без зіткнень (кінетичний формалізм *Больцмана—Джинса—Власова*⁸¹). Припущення про відсутність зіткнень є особливо привабливим з огляду на величезний відсоток темної матерії у Всесвіті⁸². Розрахунки, виконані на основі кінетичного рівняння плюс того самого рівняння *Пуассона* для гравітаційного потенціалу, яке було показано вище, дають для радіуса *Джинса* такий самий результат⁸³ з точністю до заміни швидкості звуку c_s на певну усереднену швидкість молекул (тобто зір у нашому

випадку) $\left(\sqrt{\langle v^2 \rangle}\right)^{-1}$. Ця швидкість задовольняє співвідношення

$m\left(\sqrt{\langle v^2 \rangle}\right)^{-1} \approx k_B T$, де m — маса молекули, k_B — стала *Больцмана*, а T — абсолютна температура газу. Тобто результат якісно не змінився (зважає, що ми щойно порівняли два протилежні випадки: домінуючу роль зіткнень та їх повну відсутність!).

Ясна річ, що теоретики не обмежились аналізом нестабільності статичного Всесвіту, оскільки *Айнштайном* у 1915 році була створена велична загальна теорія відносності⁸⁴, тобто теорія гравітації, яка узагальнила, а де треба і підправила не менш величну теорію всесвітнього тяжіння *Ньютона*. З теорії *Айнштайна* випливає нова релятивістська космологія, де з'являється можливість нестационарного Всесвіту. Проте цікаво, що можна навіть залишитися в межах ньютонівського світу⁸⁵, але залучивши до нього розширення простору за певним законом, узгодженим із спостереженнями⁸⁶. Виявляється, що тоді формула *Джинса* теж залишається справедливою.

6.4. НЕСТАБІЛЬНІСТЬ ЯК ХАРАКТЕРНА РИСА СКЛАДНИХ ЯВИЩ

Як показує низка теоретичних досліджень⁸⁷, нестабільність *Джинса* «виживає» і в квазістатичному Всесвіті⁸⁸ *Айнштайна* — *Де Сіттера*⁸⁹, і в істинно нестационарному Всесвіті⁹⁰ *Фрідмана*⁹¹—*Леметра*⁹², хоча й не для будь-яких значень славнозвісного космоло-

6.4. Нестабільність як характерна риса складних явищ

гічного параметра *Айнштайна* Λ^{93} . Оскільки неоднорідності Всесвіту аж до скупчень галактик первісно виникають із флуктуацій⁹⁴, то однією із задач астрофізики був аналіз можливого характеру флуктуацій-зародків астрономічних структур. Серед них можна виокремити адіабатичні (розглянуті *Джинсом*), ентропійні, нейтринні, вихрові, а, можливо, й інші, ще не відомі нам достеменно, бо ми практично не знаємо властивостей темної матерії⁹⁵.

Формально нестійкість Джинса або її узагальнення описуються дисперсійними *рівняннями* на кшталт⁹⁶

$$\omega^2 - |k|^2 c_s^2 + k_J^2 c_s^2 = 0,$$

де

$$k_J^2 c_s^2 = 4\pi G\rho_0.$$

Це рівняння визначає хвильове число *Джинса* k_J , яке є обернено пропорційним до довжини хвилі (критичного розміру) Джинса R_J , який ми докладно обговорювали вище. Як вже зазначалось, джерелом нестійкості є наявність некомпенсованого притягання між будь-якими масами. Натомість дисперсійне рівняння повздовжніх плазмових коливань у класичній плазмі (важкі іони вважаються нерухомими в першому наближенні, а зсуваються легкі електрони) має принципово інший вигляд, бо там спостерігається практично повна компенсація між притяганням та відштовхуванням зарядів двох знаків (інакше нам було би непереливки, оскільки електромагнітні сили є дуже сильними порівняно з гравітаційними, а радіус дії в обох взаємодій є нескінченним)⁹⁷:

$$\omega^2 - \omega_L^2 - \frac{3k_B T}{m} k^2 = 0.$$

Тут T — температура електронної компоненти, m — маса електрона, яка в газорозрядній плазмі практично збігається з масою

вільного електрона, $\omega_L^2 = \frac{4\pi n e^2}{m}$ — квадрат ленгмюрівської частоти,

про яку ми писали вище, а n та e — концентрація електронів і заряд одного електрона, відповідно.

Погляд на два дисперсійні рівняння показує, що в плазмі повздовжні коливання є справжніми стійкими коливаннями, а в гравітаційний спосіб зв'язаному газі зірок (звукові) коливання є стабільними лише за умови $k > k_J$. Отже, аналогія між електростатикою та ньютонівською гравітацією є неповною, хоча

об'єднувальний елемент у відповідних теоріях існує: це залежність сили від відстані, яка в наведеному розгляді формально виражається рівнянням Пуассона. Наведене вище рівняння Власова для частоти коливань варто переписати в еквівалентному вигляді, який нам відразу знадобиться в наступних міркуваннях:

$$\omega^2 = \omega_L^2 [1 + 3(kR_D)^2],$$

де

$$R_D = \left(\frac{k_B T}{4\pi n e^2} \right)^{\frac{1}{2}}$$

позначає радіус екранування кулонівської взаємодії в класичній плазмі. Ця формула вперше виникла в праці⁹⁸ голландця Пітера Дебая⁹⁹, а тому радіус і називається дебаївським, або радіусом Дебая—Гюккеля.

Очевидно, що гравітаційний доданок в дисперсійному рівнянні Джинса має «неправильний» знак порівняно з екранувальним дебаївським членом. Для виправлення ситуації до ньютонівської гравітації слід було би додати член тієї ж структури, але з протилежним знаком. І це було зроблено без усякого зв'язку з проблемою гравітаційної нестабільності Джинса. Зробив це Айнштайн у 1917 році¹⁰⁰. А саме, спочатку міркуючи в межах ньютонівської космології¹⁰¹, він запропонував у феноменологічний спосіб «виправити» рівняння Пуассона для гравітаційного поля так, щоб забезпечити правильні граничні умови та усунути протиріччя між теорією всесвітнього тяжіння Ньютоніа та статистичною механікою Больцмана, прикладеною до газу зірок:

$$\nabla^2 \varphi - \Lambda \varphi = 4\pi G \rho.$$

Тобто вже в ньютонівській теорії виявилася необхідність у Λ -члені, який зараз є невід'ємною частиною космології. Далі, в тій же статті, переходячи до своєї загальної теорії відносності, Айнштайн спробував певним чином (спираючись на вимогу статичності Всесвіту) виправдати введення цієї «антигравітації».

Отже, Λ -доданок є певною мірою аналогом екранувальної «хмарки» навколо пробного заряду в класичній або квантовій плазмі¹⁰². Ідеї про якість екранування (послаблення) ньютонівської гравітації (тоді загальної теорії відносності ще не існувало) висловлювали природознавці Карл Нойман¹⁰³ і Хуго фон Зелігер¹⁰⁴ ще наприкінці XIX століття (цитуємо за книгою¹⁰⁵). Більше того,

6.5. Політичне підґрунтя наукової критики в тоталітарній державі

англійський учений *Артур Еддінгтон*, попри тодішню (в двадцяті роки ХХ століття) загальну думку про зайвість Λ -члена, вважав його ознакою всеосяжного космічного відштовхування як причини розширення Всесвіту¹⁰⁶. Варто зауважити, що підхід *Ноймана—Зелігера* в першому порядку малості по параметру екранування дасть ту саму формулу *Айнштайна* з Λ -членом, яка була наведена вище. Але *Айнштайн* «виправив» формулу *Пуассона*, формально не торкаючись закону *Ньютона* для всесвітнього тяжіння, тобто ввів своєрідну антигравітацію. Натомість *Нойман* і *Зелігер* модифікували сам ньютонівський закон, надавши йому вигляду *Дебая-Юкави*¹⁰⁷ (останній зробив це для атомного ядра, завбачивши існування π -мезонів із скінченною масою) задовго до їх епохальних праць. Отже, попри спорідненість вказаних підходів, вони не були тотожними, хоча й привели до тих самих наслідків. Утім, у тій же публікації *Айнштайн* застосував ідею про наявність Λ -члену при розгляді поставленої задачі в межах своєї загальної теорії відносності, що суттєво позбавило актуальності ньютонівський підхід при розгляді проблем Всесвіту.

Повертаючись до ідейного підґрунтя досліджень і результатів *Власова* й *Джинса*, констатуємо, що аналогія між гравітаційною та електростатичною іпостасями рівняння *Пуассона* ґрунтується як на подібності кінетичних рівнянь *Власова* й *Джинса* із самоузгодженим полем, так і на подібності екранувального впливу рухомих зарядів плазми та відштовхувального космологічного Λ -члена. Тому й структури відповідних теорій повинні мати (й мають!) багато спільних рис, про що ми неодноразово зазначали, виходячи із загальних позицій.

6.5. ПОЛІТИЧНЕ ПІДҐРУНТЯ НАУКОВОЇ КРИТИКИ В ТОТАЛІТАРНІЙ ДЕРЖАВІ

Окресливши безсумнівну важливість та непересічність праць *Власова*, маємо пояснити одну конче цікаву обставину: чому до нього негативно, щоби не сказати вороже, ставилася одна частина його компатріотів-фізиків і так захоплено, аж до зализування, інша частина? Адже, здається, фізика плазми є абсолютно безпартійною наукою, навіть за умов тодішнього повоєнного Радянського Союзу. Ключове слово тут: «здається». У СРСР партійним і патріотичним мало бути все, а визначати, що таке «все», мало керівництво країни. На той час це був диктатор *Йосип Сталін*¹⁰⁸,

який після виграної війни проти свого друга-суперника *Гітлера* був на вершині слави. А ідеологічним дороговказом для зарозумілих науковців мали бути слова померлого, але й досі не похованого вождя Радянської Росії *Володимира Леніна*¹⁰⁹: «жити в суспільстві і бути вільним від суспільства не можна»¹¹⁰. До речі, наявність впливу суспільства на розвиток науки в певному середовищі чи в глобальному плані є доволі універсальним явищем, і не тільки в природознавстві, яке тісно пов'язане з розвитком виробництва, торгівлі й військової справи, а й в «чистій» математиці (а чи буває вона «чистою?»)^{111–113}.

У науці сталінської авторитарної держави діяли декілька чинників, які визначали долю цієї науки. По-перше, наука мала би забезпечувати перевагу військово-промислового комплексу¹¹⁴. Тому не лише фізико-математичні й хімічні, а й біологічні науки (біологічна зброя!) розвивалися й підтримувалися з цією метою (інша річ, як саме підтримувалися¹¹⁵, але принаймні все планувалося як підтримка). Власне, Академія наук СРСР та Академії союзних республік замислювались як придаток військово-промислового комплексу. Не «провина» правлячої номенклатури, що вільнолюбні фізики під омофором, де були наші літаки, танки й ядерні бомби, ховали суто наукові дослідження, деякі з яких згодом, після смерті *Сталіна*, навіть принесли їх авторам нобелівські премії¹¹⁶.

Гуманітарні та соціальні науки були відверто перекручені, вихолощені та перетворені на знаряддя обману населення, осередки пропаганди, начотництва та підпорядкування всіх народів Радянського Союзу одній ідеї. Спочатку це була інтернаціональна за формою ідея всесвітньої революції¹¹⁷, а з кінця 1930-х років на її місце прийшла націонал-соціалістична ідея російського пріоритету (в тому числі в науці), російської вишості та всілякого російського домінування¹¹⁸. При цьому більшість праць у відповідних галузях знань були пустопорожньою балаканиною та ритуальними безпідставними твердженнями. Зокрема, історія була спотворена таким чином, що не тільки оцінки, а навіть і більшість фактів були вигадані.

Другим чинником, який негативно та всебічно впливав на будь-яку радянську науку, була марксистсько-ленінська філософія¹¹⁹. Вона після Другої світової війни хоч і була марксистською, викривленою, але вже не наукою. Натомість вона перетворилася на своєрідну релігію, яка вимагала постійних жертв, іноді кривавих. Ця філософія вважала себе царицею наук та носієм сакраль-

6.5. Політичне підґрунтя наукової критики в тоталітарній державі

них знань і методів, якими мали би керуватися природознавці та гуманітарії. Крок убік прирівнювався до втечі з усіма жажливими наслідками.

Третім чинником, який, зокрема, «спрацював» у протистоянні науковців у зв'язку з працями *Власова*, був державний антисемітизм^{120, 121}, який, починаючи з кінця тридцятих років, вирував у побутовому житті, науці та культурі всіх «радянських республік». Він створював атмосферу, яка наближалася до ситуації в суспільстві гітлерівської Німеччини перед початком Другої світової війни. Певна річ, євреї не були єдиним народом, на який націлювався *Сталін*. Свого часу репресій зазнали поляки, німці, українці, білоруси, кримські татари, калмики, угро-фінські народи півночі європейської частини Росії та деякі кавказькі народи¹²². Але для радянської природничої науки в силу демографічної специфіки її науковців саме антисемітизм став трунарем, якому разом із економічною хибністю комуністичного способу виробництва вдалося остаточно її знищити наприкінці радянської епохи.

Про завершення процесу розпаду не будемо тут писати, оскільки занепад науки під час горбачовського часового проміжку заслуговує на окремий ретельний аналіз. Зауважимо для повноти картини, що, попри всі намагання нинішнього російського керівництва відновити належний рівень російської науки задля процвітання військових досліджень, цього зробити не вдається, як не може вдатися оживлення трупа. Щодо інших колишніх «союзних республік», зокрема України, то тут навіть подібні спроби не робляться, оскільки влада геть не розуміє, для чого потрібна наука взагалі¹²³.

Ці три чинники наукового життя країни знищували наукову свободу, потяг до знань, сприяли хибній кадровій і організаційній політиці. Вони призвели до розтрошення генетики та кібернетики, нанесли величезну шкоду фізіології, економіці та мовознавству. Готувався розгром фізики¹²⁴. Аж тут на заваді стала необхідність створення ядерної зброї, і сталінський монстр неохоче випустив фізику зі своїх пазурів.

За таких умов точилася безперервна боротьба за місце під «сталінським Сонцем», за величезні кошти, які виділялись на науку в бідній занедбаній країні. Якщо Академія наук СРСР слугувала умовною оазою для справжньої науки та справжніх науковців, то університети, зокрема Московський університет, стали базою та годівницею для маргіналів, псевдонауковців, бездарів різного штибу. Незважаючи на відчайдушні зусилля таких добросовісних керівників, як багаторічний ректор МДУ *Іван Петровський*¹²⁵, процес

добіг кінця за ректорства полум'яного борця з теорією відносності *Айнштайна* *Анатолія Логунова*¹²⁶ та нинішнього очільника МДУ, вихідця з України академіка РАН *Віктора Садовнича*, колишнього комсомольського секретаря радянської доби¹²⁷. Професор МДУ *Анатолій Власов* опинився на передовій неоголошеної війни між так званою «академічною» (справжньою) та так званою «університетською» (фальшивою) науками. Сам того не бажаючи, справжній фізик *Власов* став заручником ситуації та прапором згуртованої антинаукової мафії, оскільки інші лідери цього згуртованого угруповання не балували людство високоякісним науковим продуктом.

У цьому сенсі варто побіжно зупинитися на ролі одного з очільників «університетської фізики» *Дмитра Іваненка*^{128, 129}. Уродженець Полтави шляхетського походження, який закінчив Ленінградський університет, він спочатку радо співпрацював та спілкувався з майбутніми «ідейними ворогами», зокрема з *Левом Ландау*, але згодом їх шляхи розійшлися. *Іваненка* було піддано необґрунтованим репресіям у 1935 році, але він відбувся висилкою, згодом знову почав успішно дертися по кар'єрних сходах, аж поки в 1943 році не опинився в Московському університеті. Там *Іваненко* розгорнув не тільки наукову та науково-організаційну діяльність, а й став під прапором марксизму-ленінізму, який сам і тлумачив, очільником боротьби з інакодумцями, з якими колись підтримував дружні зв'язки. Можна припустити, що цей моральний занепад був, насамперед, пов'язаний із незадоволенням власними досягненнями в науці, як такої, що «вимагало» компенсаційної підвищеної активності в науково-організаційній сфері та повсякденної боротьби за дійсний чи удаваний власний пріоритет. Як на нас, то досягнення *Дмитра Іваненка* заслуговують на повагу, але ті фізики, з ким він спілкувався, особливо впродовж його молодості, мали значно більші досягнення та були знані значно ширше, ніж він. Таке невдоволення собою іноді зустрічається серед творчих людей. Головне, щоб воно не призводило до поганих вчинків, як у випадку *Іваненка*, або до трагічних наслідків для самої закомплексованої особи, як це сталося з талановитим фізиком *Паулем Еренфестом*¹³⁰.

Решта колег *Власова*, які вийшли разом із ним на стежину філософсько-адміністративної війни, до його рівня або рівня *Іваненка* не дотягували, але в цькуванні колег виявилися неабиякими майстрами. Отже, спочатку почала точитися боротьба між двома згаданими групами фізиків за посаду завідувача кафедри

6.5. Політичне підґрунтя наукової критики в тоталітарній державі

теоретичної фізики, куди після багатьох перипетій за конкурсом пройшов¹³¹ *Власов*, випередивши свого наукового керівника *Ігоря Тамма*¹³². Надалі, після втручання керівництва Радянського Союзу, причому на боці «університетських фізиків», Московський університет став безпечним притулком для цих людей, які б наукові праці вони не писали та що б вони не казали про своїх супротивників¹³³. Усіх видатних учених, які виступали проти керівної на факультеті мафії, звільнили з відповідних посад.

Це ніяк не означає, що фізики університету зовсім нічому путньому не вчили та ніяких «нормальних» наукових досліджень не робили. Але частка таких праць була мізерною, а фізичний факультет стрімко падав у прірву невігластва. Така ситуація була явно шкідливою для мілітаризованої радянської держави. Тому після смерті вождя народів у 1953 році владу самопроголошених патріотів та філософськи підкованих марксистів трохи обмежили, а академіків *Михайла Леонтовича*¹³⁴, *Лева Ландау*, *Лева Арцимовича*¹³⁵, *Ісака Кікоїна*¹³⁶ та інших кваліфікованих фізиків залучили для читання лекцій¹³⁷. Деканом призначили *Василя Фурсова*, який створив «новий» фізичний факультет. Про нову добу існування факультету та його багаторічного декана багато написано¹³⁸, але ця тема та ці відомості виходять за межі того протистояння *Власова* з його опонентами, яке є предметом нашого дослідження.

Повернемося до подій 1946—1948 років. У 1946 році з посади декана фізичного факультету МДУ було звільнено¹³⁹ прихильника «академічної» (тобто, справжньої) фізики *Сергія Тихоновича Конобєєвського*¹⁴⁰. Після короткого періоду хаосу, коли на голови «космополітів» та їх однодумців безперервно сипалися політичні звинувачення та стосовно яких застосовувалися щоразу дошкульніші організаційні висновки, посаду в 1948 році обійняв професор *Арсеній Олександрович Соколов*¹⁴¹, який остаточно закріпив домінування групи, до якої належав і *Власов*. Перемога «університетських фізиків» була досягнута, але в їх супротивників залишилася в руках могутня зброя: праця над ядерною та термоядерною бомбами. Ще одна перевага полягала в тому, що їх науковий рівень був незрівнянно вищий. Саме цією непоборною перевагою «академічні» фізики й скористалися.

Нищівна критика у статті чотирьох авторів, яку ми вже кілька разів цитували, завдала страшного удару найкращому з «команди» супротивників. Ясна річ, що за зміст статті відповідають усі автори, фізики найвишого гатунку. А от стиль викладу не залишав сумнівів, що писав його молодий тоді хлопець, а згодом все-

вітньо відомий учений, *Віталій Гінзбург*. Для того щоби в цьому впевнитись, достатньо прочитати його популярні та публіцистичні твори або спілкуватися з ним особисто (як один із авторів цього тесту — *ОЛ*). Якщо не занурюватись у сутність проблем фізики плазми та фізики конденсованих середовищ, то у читача статті в *ЖЕТФ* складеться враження, що *Власов* є неуком, а його (досі цитована) стаття з фізики плазми є повним мотлохом. Звісно це не так, адже ідея щодо заміни ефекту далеких взаємодій на усереднене поле виявилась правильною і плідною, проте тяжкі конкретні звинувачення щодо використання споріднених ідей у фізиці кристалів, що містяться в статті чотирьох, також виявились слушними. Далі ці ідеї й насправді зайшли в глухий кут.

Запізніла, але така життєдайна смерть вождя усіх народів частково (аж ніяк не повністю!) зняла протистояння між двома групами фізиків. Крім того, фізиків стало так багато, що й груп уже було не дві, а принаймні декілька. Про особу *Власова* якимось забули, а «рівняння *Власова*», навпаки, зайняли своє гідне місце на шпальтах підручників, монографій та журнальних статей. Більше того, розсипався СРСР, який був реінкарнацією Російської імперії, що, своєю чергою, була реінкарнацією Московського князівства та Золотої орди. Додаймо, що смерть *Сталіна* призвела ще до одного, не дуже помітного для звичайних людей, явища: марксистсько-ленінська філософія остаточно стала ритуальною службою великої кількості своєрідних священників комуністичного режиму, але по суті відмерла та ніколи більше не застосовувалась у суперечках між філософами та науковцями. Марксистів раділи від доволі прибуткового пристосування й імітаційної активності, а науковці з огидою ставились до марксистів, розповсюджуючи свою відразу на філософію в цілому, що було безглуздо, але зрозуміло: справжня філософія включно з філософією науки в СРСР була винищена до пня. Державний антисемітизм теж практично зник у країнах-спадкоємцях СРСР. Та історія про протистояння між, умовно кажучи, *Власовим* та, умовно кажучи, його ворогами не скінчилася, а дістала дуже химерне продовження.

6.6. СУЧАСНІ ПОРУШЕННЯ НАУКОВОГО ЕТОСУ

У 1997 році, коли попіл суперечок уже давно охолонув (*Анатолія Власова*, *Лева Ландау*, *Михайла Леонтовича* та *Володимира Фока* вже не було на цьому світі), відомий радянський, а потім росій-

ський фізик *Анрі Амвросієвич Рухадзе* звинуватив авторів статті 1946 року в тому, що вони звели наклеп на *Власова* та не зважили на докази *Боголюбова* щодо справедливості підходу, запропонованого *Власовим*¹⁴². У *Рухадзе* в цитованій статті був ще молодший співавтор, його учень, але не варто вважати його автором цього наклепу-фрагмента статті, оскільки він не знав персонажів колишньої драми й був особою, не зацікавленою в роз'ятренні ран, які нібито давно загоїлися. Симптоматично, що заради правдоподібності звинувачень *Гінзбурга*, *Ландау*, *Фока* та *Леонтовича* в упередженості *Рухадзе* зробив маленьку, але важливу підміну: в посиланні на їх статтю поставив дату «1949» замість «1946». Однак всупереч твердженням *Рухадзе* чотири автори в 1946 році не могли знати про відповідні результати монографії *Боголюбова*, виданої пізніше того ж року, та розлогі коментарі *Власова* 1946 року (*Рухадзе* і тут неправильно вказав рік публікації, а саме 1949). Насправді, дати надсилення до редакції обговорюваних джерел свідчать саме про необхідність чотирьох авторів стосовно цих публікацій (молоді читачі мають зрозуміти, що до епохи Інтернету в 1946 році було ще досить далеко). На пересмикування з боку *Рухадзе* вказав у своїй відповіді *Віталій Гінзбург*¹⁴³, єдиний з авторів розкритикованої *Рухадзе* статті, який залишався живим у 1997 році та навіть дожив до Нобелівської премії 2003 року¹⁴⁴ за спільну з *Ландау* працю 1950 року¹⁴⁵.

Але *Рухадзе* не вгамувався. В своїх публіцистичних і дуже критичних щодо багатьох персоналій спогадах, які вийшли п'ятьма виданнями¹⁴⁶, він накинувся на *Гінзбурга* (123 згадування свого «супротивника» в книзі, причому критика переважає з похвальним схваленням!) не тільки за недостатнє визнання *Власова* та критику його праць, а й ще за багато світоглядних речей, де шляхи *Віталія Лазаревича* та *Анрі Амвросійовича* радикально розійшлися, хоча свого часу вони були співавторами¹⁴⁷! Зокрема, *Рухадзе* обурено критикує¹⁴⁸ *Гінзбурга* за зневажливе ставлення до так званої «Нової хронології»¹⁴⁹ російського академіка-математика *Анатолія Фоменка*, вихідця з українського Донбасу. Згідно з цією хронологією історики вигадали тисячолітню світову історію, а деякі події та історичні персонажі дублюють інші події та інших персонажів. Певна річ, ми погоджуємося з думкою *Гінзбурга*, а не з маячнею *Фоменка*, про яку із захватом пише *Рухадзе*, намагаючись до того ж «пристебнути» до *Фоменка* великого *Ньютона*, що взагалі виходить за межі наукового методу. На с. 61 своїх спогадів *Рухадзе* навіть звинувачує *Гінзбурга* в «лженауці», а саме «висо-

котемпературній надпровідності». Оскільки покійний *Рухадзе* нічого в цій науці не розумів, а один із авторів цієї книги (*ОГ*) до цієї проблеми принаймні дотичний¹⁵⁰, то читачеві рекомендується знехтувати саме думкою *Рухадзе*. Ще однією «вадою» *Гінзбурга* професор *Рухадзе* вважає його підтримку досліджень із пошуку гравітаційних хвиль, які *Рухадзе* вважав «окозамилюванням»¹⁵¹. А на завершення варто навести одну характерну цитату із книги *Рухадзе* (с. 90): «ця чисто єврейська пиха перейшла від *В. Л. Гінзбурга* до *В. М. Аграновича*». При цьому *Рухадзе* стверджував, що він не антисеміт. Отже, старовинна історія *Власова* була продовжена через багато років завдяки злякисним рецидивам антисемітизму, який, що виявилось, не повністю зник із голів російської та спорідненої інтелігенції навіть після краху СРСР.

6.7. ДЕЯКІ ВИСНОВКИ

Які ж висновки можна зробити зі звивистої історії рівнянь *Власова* та споріднених рівнянь *Джинса*, з пристрастей, які вирували впродовж декількох десятиліть навколо, здається, рутинного (хоч і важливого) суто наукового питання? Згадаймо, що під час написання книги «Еволюція фізики»¹⁵² *Альберт Айнштайн* сказав своєму польському співавтовру *Леопольду Інфельду*¹⁵³: «Це драма, драма ідей»¹⁵⁴. Пізніше цю метафору винесли в назву популярної книги російські фізики¹⁵⁵. Це цілком правильно. Але все ж-таки ідеї не існують поза людським мозком, а тому розвиток науки — це також і драма людей. Тому філософія науки невіддільна від історії науки та її соціології, що є однією з ідей, яку ми сповідуємо.

Вище було розглянуто лише один епізод з реальної історії фізики, філософсько-науковий та політико-історичний аналіз якого не може бути здійснений, якщо оперувати лише загальним уявленням про наукові теорії. В такому випадку він буде схожий на описану в античні часи боротьбу за якісь дрібниці на кшталт *Батрахіомохії* (грец. Βατραχομοχία — *Війну жаб з мишами*). Для адекватного аналізу цього епізоду ми посилалися на деякі складники наукових теорій (назви, закони, мови, моделі, апроксимації, аналогії, проблеми, методи їх розв'язання, їх розв'язки, які мають оцінюватися на відповідність до експериментальних та спостережних даних, тощо). Крім того, складність досліджуваних явищ вимагала використання складників різних теорій та їх узгодження, що теж потребувало згадування їх складників, застосування

6.8. Бібліографія та коментарі

численних наближень та якісних міркувань, які оцінювалися на основі різних критеріїв.

Хоча в аннали науки входять лише «чисті» наукові результати, але вони отримуються не лише в науковому середовищі внаслідок наукових дискусій, а й за певних соціально-політичних умов. Останні можуть як сприяти, так і заважати функціонуванню та прогресу науки як соціального інституту здобуття нових знань про досліджувані реалії. В науці підручників та фахових оглядів залишаються виключно результати, а не перипетії навколо них. Утім, їх отримання було би швидшим та більш безболісним без некомпетентного втручання політично мотивованих невігласів при владі, яке здатне лише загальмувати й без того складний розвиток науки.

Було також продемонстровано, що явища, які позначаються однією назвою, прикладом чого є слово *плазма*, є різними. Їх об'єднує певна спільна ознака, але відокремлюють ознаки, що проявляються за різних фізичних умов їх існування та наявності засобів їх дослідження.

На цю полісеміотичну рису теоретичного подання реалій сучасної науки майже не звертають уваги в сучасній філософії фізики. Тому раніше в частині **IV. Назви** ми розглянули необхідність, роль та значення у науці «правильних назв» як досліджуваних реалій, так і складників теорій, які є незамінними інструментами наукового пізнання.

6.8. БІБЛІОГРАФІЯ ТА КОМЕНТАРІ

¹ И. П. Базаров, Н. Н. Боголюбов, Б. Б. Кадомцев, И. И. Ольховский, А. А. Соколов, В. С. Фурсов, Р. В. Хохлов, *Памяти Анатолия Александровича Власова*. Успехи физ. наук, **119** (6), 385—386 (1976); И. П. Базаров, П. Н. Николаев, *Анатолий Александрович Власов* (Физический факультет МГУ, Москва, 1999).

² А. А. Власов, *О вибрационных свойствах электронного газа*. ЖЭТФ, **8** (3), 291—318 (1938); А. А. Власов, *Теория многих частиц* (ГИТТЛ, Москва, 1950). Дивись також: А. И. Ахиезер (ред.), *Электродинамика плазмы* (Наука, Москва, 1974); Р. Балеску, *Статистическая механика заряженных частиц* (Мир, Москва, 1967); Г. А. Бернштейнский, З. С. Чернов (ред.), *Колебания сверхвысоких частот в плазме*. (ИЛ, Москва, 1961); Ю. Л. Климонтович, *Кинетическая теория неидеального газа и неидеальной плазмы* (Наука, Москва, 1975); Л. Д. Ландау, *Кинетическое уравнение в случае кулоновского взаимодействия*. ЖЭТФ, **7** (2), 203—209 (1937); Л. Д. Ландау, *О колебаниях электронной плазмы*. ЖЭТФ, **16** (7), 574—586 (1946); Е. М. Лифшиц, Л. П. Питаевский, *Теоретическая фи-*

зика. Том 10. *Физическая кинетика* (Наука, Москва, 1979); И. Шкаровский, Т. Джонстон, М. Бачинский, *Кинетика частиц плазмы* (Атомиздат, Москва, 1969); P. C. Clemmow, J. P. Dougherty, *Electrodynamics of Particles and Plasmas* (CRC Press, Boca Raton, 1990).

³ J. D. Jackson, *Examples of the zeroth theorem of the history of science*. Amer. J. Phys., **76** (8), 704—719 (2008).

⁴ L. Tonks, *The birth of «plasma»*. Amer. J. Phys., **35** (9), 857—858 (1967).

⁵ H. Taylor, *Irving Langmuir. 1881—1957*. Biogr. Mem. Fellows Roy. Soc., **4**, 167—184 (1958).

⁶ В. Л. Гинзбург, *Распространение электромагнитных волн в плазме. Издание второе, переработанное* (Наука, Москва, 1967); Н. Кролл, А. Трайвеллис, *Основы физики плазмы* (Мир, Москва, 1975); В. М. Smirnov, *Fundamentals of Ionized Gases. Basic Topics in Plasma Physics* (Wiley-VCH, Weinheim, 2012); В. М. Smirnov, *Theory of Gas Discharge Plasma* (Springer, Cham, 2015).

⁷ Б. Б. Дамаскин, О. А. Петрий, *Электрохимия* (Высшая школа, Москва, 1987); Г. Харнед, Б. Оуэн, *Физическая химия растворов электролитов* (ИЛ, Москва, 1952).

⁸ Ю. Я. Гуревич, *Твердые электролиты* (Наука, Москва, 1986); В. Н. Чеботин, *Физическая химия твердого тела* (Химия, Москва, 1982).

⁹ А. С. Кондратьев, А. Е. Кучма, *Электронная жидкость нормальных металлов* (ЛГУ, Ленинград, 1980); А. С. Кондратьев, А. Е. Кучма, *Лекции по теории квантовых жидкостей* (ЛГУ, Ленинград, 1989); Н. Марч, М. Паринелло, *Коллективные эффекты в твердых телах и жидкостях* (Мир, Москва, 1986); Д. Пайнс, Ф. Нозьер, *Теория квантовых жидкостей. Нормальные ферми-жидкости* (Мир, Москва, 1967); J. Lindhard, *On the properties of a gas of charged particles*. Kgl. Danske Videnskab. Selskab. Mat.-Fys. Medd., **28** (8), 1—57 (1954).

¹⁰ Л. С. Полак, *Людвиг Больцман* (Наука, Москва, 1987).

¹¹ Р. Балеску, *Статистическая механика заряженных частиц* (Мир, Москва, 1967); Л. Больцман, *Лекции по теории газов* (Гостехтеориздат, Москва, 1956); Л. Больцман, *Избранные труды. Молекулярно-кинетическая теория газов, термодинамика, статистическая механика, теория излучения. Общие вопросы физики* (Наука, Москва, 1984); К. П. Гуров, *Основания кинетической теории. Метод Н. Н. Боголюбова* (Наука, Москва, 1966); Ю. Л. Климонтович, *Кинетическая теория неидеального газа и неидеальной плазмы* (Наука, Москва, 1975); Р. Либов, *Введение в теорию кинетических уравнений* (Мир, Москва, 1974); Е. М. Лифшиц, Л. П. Питаевский, *Теоретическая физика. Том 10. Физическая кинетика* (Наука, Москва, 1979); Дж. Майер, М. Гепперт-Майер, *Статистическая механика, Издание второе, переработанное* (Мир, Москва, 1980); В. П. Силин, *Введение в кинетическую теорию газов* (Наука, Москва, 1971); И. Шкаровский, Т. Джонстон, М. Бачинский, *Кинетика частиц плазмы* (Атомиздат, Москва, 1969); S. G. Brush, N. S. Hall, *The Kinetic Theory of Gases. An Anthology of Classic Papers with Historical Commentary* (Imperial College Press, London, 2003); В. М. Smirnov, *Principles of Statistical Physics. Distributions, Structures, Phenomena, Kinetics of Atomic Systems* (Wiley-VCH, Weinheim, 2006).

¹² О. N. Golubjeva, L. L. Jenkovszky, A. D. Sukhanov, *Nikolai Nikolaevich Bogoliubov — great scientist and humanist of the XX-th century*. Ukr. J. Phys., **55** (1), 143—150 (2010).

6.8. Бібліографія та коментарі

¹³ Р. Балеску, *Статистическая механика заряженных частиц* (Мир, Москва, 1967); Н. Н. Боголюбов, *Проблемы динамической теории в статистической физике* (ОГИЗ, Москва—Ленинград, 1946); Ю. Л. Климонтович, *Кинетическая теория неидеального газа и неидеальной плазмы* (Наука, Москва, 1975); В. П. Силин, *Введение в кинетическую теорию газов* (Наука, Москва, 1971).

¹⁴ Р. Балеску, *Статистическая механика заряженных частиц* (Мир, Москва, 1967); Ю. Л. Климонтович, *Кинетическая теория неидеального газа и неидеальной плазмы* (Наука, Москва, 1975); Л. Д. Ландау, *Кинетическое уравнение в случае кулоновского взаимодействия*. ЖЭТФ, 7 (2), 203—209 (1937).

¹⁵ А. А. Власов, *О вибрационных свойствах электронного газа*. ЖЭТФ, 8 (3), 291—318 (1938); А. А. Власов, *Теория многих частиц* (ГИТТЛ, Москва, 1950).

¹⁶ L. Tonks, I. Langmuir, *Oscillations in ionized gases*. Phys. Rev., 33 (2), 195—210 (1929).

¹⁷ Р. Балеску, *Статистическая механика заряженных частиц* (Мир, Москва, 1967); J. Lindhard, *On the properties of a gas of charged particles*. Kgl. Danske Videnskab. Selskab. Mat.-Fys. Medd., 28 (8), 1—57 (1954).

¹⁸ R. D. Hazeltine, F. Waelbroeck, *The Framework of Plasma Physics* (CRC Press, Boca Raton, 2018); M. Lyon, S. L. Rolston, *Ultracold neutral plasmas*. Rep. Prog. Phys., 80 (1), 017001 (2017); S.V. Vladimirov, K. Ostrikov, *Dynamic self-organization phenomena in complex ionized gas systems: new paradigms and technological aspects*. Phys. Rep., 393 (3—6), 175—380 (2004).

¹⁹ Навіть квазінейтральність не забезпечила б стабільності макроскопічних систем [теорема Ірншоу: S. Earnshaw, *On the nature of the molecular forces which regulate the constitution of the luminiferous ether*. Transact. Cambridge Philosoph. Soc., 7, 97—112 (1842)], якщо б не квантово-механічна та релятивістська природа матерії. Теорія стабільності в усій своїй красі та важливості чудово викладена в багатьох джерелах, [Дивись, наприклад: Ф. Дайсон, Э. Монтролл, М. Кац, М. Фишер, *Устойчивость и фазовые переходы* (Мир, Москва, 1973); E.H Lieb, R. Seiringer, *The Stability of Matter in Quantum Mechanics* (Cambridge University Press, Cambridge, 2009)], а її аналіз виходить за межі проблем, які ми розглядаємо в цій частині тексту.

²⁰ V. Cooray, *An Introduction to Lightning* (Springer, Dordrecht, 2015).

²¹ Дж. Дж. Фрэйзер, *Золотая ветвь. Исследование магии и религии*. Издание второе (Политиздат, Москва, 1986); G. V. Ferngren (ed.), *The History of Science and Religion in the Western Tradition. An Encyclopedia* (Garland, New York, 2000).

²² Власне, для того, аби записувати самоузгоджені кінетичні рівняння без зіткнень (рівняння Больцмана без StoB-члена, який як раз і відповідає за врахування зіткнень), але для будь-якого поля далекої дії, можна вчиняти так, як зробив Власов для рівнянь Максвелла та електромагнітної взаємодії, але називати всі такі рівняння рівняннями Власова—Ньютона, Власова—Айнштайна та Власова—Максвелла (В. В. Веденяпин, *Кинетические уравнения Больцмана и Власова* (Физматлит, Москва, 2001)) є, з усією повагою до особи Власова, просто взірцем імперської пихи та хибно проінтерпретованого патріотизму. Насправді, подібні рівнянні були вперше запропоновані для опису еволюції колективу зір у ньютонівському Всесвіті, а далекосяжне поле було представлено гравітаційним потенціалом. Зробив це, застосовуючи підхід Больцмана, видатний британський фізик і астроном Джеймс Джинс

(А. В. Козенко, *Джеймс Хопвуд Джинс (1877—1946)* (Наука, Москва, 1985); E. A. Milne, *James Hopwood Jeans. 1877—1946. Obit. Notices Fellows Roy. Soc.*, **5** (15), 573—589 (1947)]. Про це можна прочитати в оригінальній публікації Джинса: J. H. Jeans, *On the theory of star-streaming and the structure of the Universe. Monthly Notices Roy. Astron. Soc.*, **76** (2), 70—84 (1915). Див. також: М. Hénon, *Vlasov equation?* *Astron. Astrophys.*, **114** (1), 211—212 (1982); J. Jeans, *Problems of Cosmology and Stellar Dynamics* (Cambridge University Press, Cambridge, 1919).

²³ Г. М. Фихтенгольц, *Курс дифференциального и интегрального исчисления, Том 3. Издание третье* (Физматгиз, Москва, 1963).

²⁴ B. Belhoste, *Augustin-Louis Cauchy. A Biography* (Springer, New York, 1991).

²⁵ К. Н. Kingdon, *Lewi Tonks*. *Phys. Today*, **24** (11), 75—77 (1971).

²⁶ G. Backus, *Linearized plasma oscillations in arbitrary electron velocity distributions*. *J. Math. Phys.*, **1** (3) 178—191 (1960); B. Bernstein, J. M. Greene, M. D. Kruskal, *Exact nonlinear plasma oscillations*. *Phys. Rev.*, **108** (3), 546—550 (1957); F. Berz, *On the theory of plasma waves*. *Proc. Phys. Soc. B*, **69** (9), 939—952 (1956); D. Bohm, E. P. Gross, *Theory of plasma oscillations. A. Origin of medium-like behavior*. *Phys. Rev.*, **75** (12), 1851—1864 (1949); D. Bohm, E. P. Gross, *Theory of plasma oscillations. B. Excitation and damping of oscillations*. *Phys. Rev.*, **75** (12), 1864—1876 (1949); P. C. Clemmow, A. J. Willson, *The dispersion equation in plasma oscillations*. *Proc. R. Soc. Lond. A*, **237** (1208), 117—131 (1956); J. Dawson, *On Landau damping*. *Phys. Fluids*, **4** (7), 869—874 (1961); J. Dawson, *One-dimensional plasma model*. *Phys. Fluids*, **5** (4), 445—459 (1962); N. G. Van Kampen, *On the theory of stationary waves in plasmas*. *Physica*, **21** (6—10), 949—963 (1955).

²⁷ Л. Д. Ландау, *О колебаниях электронной плазмы*. *ЖЭТФ*, **16** (7), 574—586 (1946).

²⁸ M. J. Ablowitz, A. S. Fokas, *Complex Variables. Introduction and Applications*. 2nd ed. (Cambridge University Press, Cambridge, 2003).

²⁹ Ф. Чен, *Введение в физику плазмы* (Мир, Москва, 1987); J. H. Malmberg, C. V. Wharton, *Collisionless damping of electrostatic plasma waves*. *Phys. Rev. Lett.*, **13** (6), 184—186 (1964).

³⁰ D. Lynden-Bell, *The stability and vibrations of a gas of stars*. *Month. Notices Roy. Astron. Soc.*, **124** (4), 279—296 (1962).

³¹ Л. Д. Ландау, *О колебаниях электронной плазмы*. *ЖЭТФ*, **16** (7), 574—586 (1946); В. Гинзбург, Л. Ландау, М. Леонтович, В. Фок, *О несостоятельности работ А. А. Власова по обобщенной теории плазмы и теории твердого тела*. *ЖЭТФ*, **16** (3), 246—252 (1946).

³² Огляд точок зору різних дослідників на проблему згасання Ландау в плазмі та астрофізиці можна знайти в джерелах: С. Mouhot, С. Villani, *On Landau damping*. *Acta Math.*, **207** (1), 29—201 (2011); D. D. Ryutov, *Landau damping: half a century with the great discovery*. *Plasma Phys. Control. Fusion*, **41** (3A), A1—A12 (1999).

³³ А. Ф. Александров, А. А. Рухадзе, *К истории основополагающих работ по кинетической теории плазмы*. *Физика плазмы*, **23** (5), 474—480 (1997).

³⁴ Е. М. Лифшиц, Л. П. Питаевский, *Теоретическая физика. Том 10. Физическая кинетика* (Наука, Москва, 1979), с. 157—158, 176—182.

³⁵ А. Ф. Александров, А. А. Рухадзе, *К истории основополагающих работ по кинетической теории плазмы*. *Физика плазмы*, **23** (5), 474—480 (1997), с. 478.

6.8. Бібліографія та коментарі

³⁶ Ю. Л. Климонтович, *Статистическая физика* (Наука, Москва, 1982), с. 389—391; Ю. Л. Климонтович, *Физика бесстолкновительной плазмы*. Успехи физ. наук, **167** (1), 23—55 (1997).

³⁷ Льюис Кэрролл, *Приключения Алисы в стране чудес. Алиса в Зазеркалье* (Наука, Москва, 1978), с. 52—54.

³⁸ M. Bonitz, W. Ebeling, Yu. M. Romanovsky, *Contributions of Yuri L. Klimontovich to the kinetic theory of nonideal plasmas*. Contrib. Plasma Phys., **43** (5—6), 247—251 (2003).

³⁹ Ю. Л. Климонтович, *Статистическая физика* (Наука, Москва, 1982), с. 389.

⁴⁰ А. Ф. Андреев, А. С. Боровик-Романов, В. Л. Гинзбург, Л. П. Горькое, И. Е. Дзялошинский, Я. Б. Зельдович, М. И. Каганов, Л. П. Питаевский, Е. Л. Фейнберг, И. М. Халатников, *Памяти Евгения Михайловича Лифшица*. Успехи физ. наук, **148** (3), 549—550 (1986).

⁴¹ А. А. Абрикосов, А. Ф. Андреев, В. Ф. Гантмахер, Л. П. Горьков, А. В. Гуревич, И. Е. Дзялошинский, В. Е. Захаров, Л. В. Келдыш, Л. А. Прозорова, С. Стрингари, И. А. Фомин, И. М. Халатников, *Лев Петрович Питаевский (к 80-летию со дня рождения)*. Успехи физ. наук, **183** (6), 665—666 (2013).

⁴² В. Л. Гинзбург, *Распространение электромагнитных волн в плазме. Издание второе, переработанное* (Наука, Москва, 1967); Б. Б. Кадомцев, *Коллективные явления в плазме* (Наука, Москва, 1976); J. Dawson, *On Landau damping*. Phys. Fluids, **4** (7), 869—874 (1961).

⁴³ Ю. Л. Климонтович, *Статистическая физика* (Наука, Москва, 1982); Р. Либов, *Введение в теорию кинетических уравнений* (Мир, Москва, 1974); Е. М. Лифшиц, Л. П. Питаевский, *Теоретическая физика. Том 10. Физическая кинетика* (Наука, Москва, 1979); В. П. Силин, *Введение в кинетическую теорию газов* (Наука, Москва, 1971); В. М. Smirnov, *Principles of Statistical Physics. Distributions, Structures, Phenomena, Kinetics of Atomic Systems* (Wiley-VCH, Weinheim, 2006).

⁴⁴ Б. Б. Кадомцев, *Коллективные явления в плазме* (Наука, Москва, 1976); G. Backus, *Linearized plasma oscillations in arbitrary electron velocity distributions*. J. Math. Phys., **1** (3), 178—191 (1960); J. Dawson, *On Landau damping*. Phys. Fluids, **4** (7), 869—874 (1961).

⁴⁵ А. Ф. Александров, Л. С. Богданкевич, А. А. Рухадзе, *Колебания и волны в плазменных средах* (Издательство МГУ, Москва, 1990); А. И. Ахиезер (ред.), *Электродинамика плазмы* (Наука, Москва, 1974); В. П. Силин, *Введение в кинетическую теорию газов* (Наука, Москва, 1971); Ф. Чен, *Введение в физику плазмы* (Мир, Москва, 1987); В. Д. Шафранов, *Электромагнитные волны в плазме*. В М. А. Леонтович (ред.), *Вопросы теории плазмы. Выпуск 3* (Госатомиздат, Москва, 1963), с. 3—140.

⁴⁶ Л. В. Левшин, *Сергей Иванович Вавилов (1891—1951). Издание второе, исправленное и дополненное* (Наука, Москва, 2003).

⁴⁷ А. М. Балдин, Н. Г. Басов, Б. Б. Говорков, М. А. Марков, Е. И. Тамм, И. М. Франк, *Павел Алексеевич Черенков (к восьмидесятилетию со дня рождения)*. Успехи физ. наук, **143** (3), 501—502 (1984).

⁴⁸ В. Л. Гинзбург, *Распространение электромагнитных волн в плазме. Издание второе, переработанное* (Наука, Москва, 1967); В. Л. Гинзбург, *Тео-*

ретическая физика и астрофизика. Дополнительные главы. Издание третье, исправленное и дополненное (Наука, Москва, 1987); G. N. Afanasiev, *Vavilov-Cherenkov and Synchrotron Radiation. Foundations and Applications* (Springer, New York, 2004).

⁴⁹ Ф. Чен, *Введение в физику плазмы* (Мир, Москва, 1987); В. Д. Шафранов, *Электромагнитные волны в плазме*. В М. А. Леонтович (ред.), *Вопросы теории плазмы. Выпуск 3* (Госатомиздат, Москва, 1963), с. 3—140; Y. Elskens, D. Escande, *Microscopic Dynamics of Plasmas and Chaos* (Institute of Physics Publishing, Bristol, 2003).

⁵⁰ А. А. Власов, *Теория многих частиц* (ГИТТЛ, Москва—Ленинград, 1950).

⁵¹ В. Гинзбург, Л. Ландау, М. Леонтович, В. Фок, *О несостоятельности работ А. А. Власова по обобщенной теории плазмы и теории твердого тела*. ЖЭТФ, **16** (3), 246—252 (1946), с. 247—250.

⁵² В. Хейне, М. Коэн, Д. Уэйр, *Теория псевдопотенциала* (Мир, Москва, 1973).

⁵³ Д. В. Гиббс, *Термодинамика. Статистическая механика* (Наука, Москва, 1982); Ю. Л. Климонтович, *Статистическая физика* (Наука, Москва, 1982); Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц, *Теоретическая физика. Том 5. Статистическая физика. Часть первая. Издание третье, дополненное* (Наука, Москва, 1976); Дж. Майер, М. Гепперт-Майер, *Статистическая механика. Издание второе, переработанное* (Мир, Москва, 1980); Ю. Б. Румер, М. Ш. Рывкин, *Термодинамика, статистическая физика и кинетика. Издание второе, исправленное и дополненное* (Наука, Москва, 1977); Я. И. Френкель, *Статистическая физика* (Изд-во АН СССР, Москва, 1948); Т. Хилл, *Статистическая механика. Принципы и избранные приложения* (ИЛ, Москва, 1960); В. М. Askerov, S. R. Figarova, *Thermodynamics. Gibbs Method and Statistical Physics of Electron Gases* (Springer, Berlin, 2010).

⁵⁴ У. И. Франкфурт, А. М. Френк, *Джозайя Виллард Гиббс* (Наука, Москва, 1964); Н. Inaba, *Reading Elementary Principles: Gibbs and the origin of statistical mechanics*. Ann. Phys. (Berlin), **527** (11—12), A102—A104 (2015).

⁵⁵ Власов захотів обійти обчислення статистичної суми, знаючи яку, можна знайти всі термодинамічні функції системи. Якби його наближення працювало, це було би великим успіхом, оскільки знаходження статистичної суми є завжди марудною, а у більшості випадків нездійсненою справою. Але воно не працює. Наприклад, критики [В. Гинзбург, Л. Ландау, М. Леонтович, В. Фок, *О несостоятельности работ А. А. Власова по обобщенной теории плазмы и теории твердого тела*. ЖЭТФ, **16** (3), 246—252 (1946), с. 249] вказали на те, що, згідно з теорією Власова, період кристалічної ґратниці має залежати від температури, що, очевидно, є неправильним і дискредитує теорію, в межах якої отримано цей наслідок.

⁵⁶ А. А. Власов, *Статистические функции распределения* (Наука, Москва, 1966); А. А. Власов, *Нелокальная статистическая механика* (Наука, Москва, 1978).

⁵⁷ Дж. Барри, *Шаровая молния и четочная молния* (Мир, Москва, 1983); И. Имянитов, Д. Я. Тихий, *За гранью законов науки* (Атомиздат, Москва, 1980); Б. М. Смирнов, *Проблема шаровой молнии* (Наука, Москва, 1988); И. П. Стаханов, *О физической природе шаровой молнии. Издание второе, пере-*

6.8. Бібліографія та коментарі

работанное и дополненное (Энергоатомиздат, Москва, 1985); В. П. Торчигин, А. В. Торчигин, *Шаровая молния. От невероятного к очевидному* (УРСС, Москва, 2009); Н. Воернер, *Ball Lightning. A Popular Guide to a Longstanding Mystery in Atmospheric Electricity* (Springer, Cham, 2019); М. Stenhoff, *Ball Lightning. An Unsolved Problem in Atmospheric Physics* (Kluwer Academic, New York, 2002).

⁵⁸ А. А. Власов, *Нелокальная статистическая механика* (Наука, Москва, 1978).

⁵⁹ Н. Kallikak, *William Shockley (1910–1989)*. *Nature*, **341** (6239), 190 (1989); J. N. Shurkin, *Broken Genius. The Rise and Fall of William Shockley, Creator of the Electronic Age* (Macmillan, Houndmills, Basingstoke, Hampshire, 2006); R. Slater, *Portraits in Silicon* (The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1987), p. 141–151; М. Sparks, L. Hogan, J. Linville, *William Shockley*. *Phys. Today*, **44** (6), 130–132.

⁶⁰ J. Bardeen, W. Shockley, *Energy bands and nobilities in monatomic semiconductors*. *Phys. Rev.*, **80** (1), 72–80 (1950); W. Shockley, J. Bardeen, *Energy bands and nobilities in monatomic semiconductors*. *Phys. Rev.*, **77** (3), 407–408 (1950).

⁶¹ В. П. Силин, А. А. Рухадзе, *Электромагнитные свойства плазмы и плазмоподобных сред* (Госатомиздат, Москва, 1961); В. М. Конторович, *Динамические уравнения теории упругости в металлах*. *Успехи физ. наук*, **142** (2), 265–307 (1984).

⁶² Н. Е. Андреев, А. В. Гуревич, Л. М. Зелёный, К. П. Зыбин, Г. А. Месяц, Н. Н. Колачевский, О. Н. Крохин, Е. А. Кузнецов, В. И. Окулов, Е. А. Памятных, Л. П. Питаевский, С. А. Урюпин, *Памяти Виктора Павловича Силина*. *Успехи физ. наук*, **189** (5), 559–560 (2019).

⁶³ Віктор Мусійович Конторович: https://esu.com.ua/search_articles.php?id=5038.

⁶⁴ J. E. Inglesfield, *Surface electronic structure*. *Rep. Prog. Phys.*, **45** (3), 223–284 (1982); А. Kiejna, К. F. Wojciechowski, *Metal Surface Electron Physics* (Pergamon Press, Oxford, 1996); N. D. Lang, *The density-functional formalism and the electronic structure of metal surfaces*, In H. Ehrenreich, F. Seitz, D. Turnbull, *Solid State Physics. Advances in Research and Applications. Volume 28* (Academic Press, New York, 1973), p. 225–300.

⁶⁵ Цей спосіб розгляду, який поширював на величезні скупчення матерії модель розрідженого газу *Бернуллі—Максвелла—Больцмана*, розроблену та застосовану для молекул, де роль молекул належить зорям, був запроваджений *Лордом Кельвіном* та *Анрі Пуанкаре*: G. Bertone, D. Hooper, *History of dark matter*. *Rev. Mod. Phys.*, **90** (4), 045002 (2018); Lord Kelvin, I. *On the clustering of gravitational matter in any part of the universe*. *Phil. Mag.*, **3** (13), 1–9 (1902); Lord Kelvin, *Baltimore Lectures on Molecular Dynamics and the Wave Theory of Light* (Clay and Sons, London, 1904); D. Lynden-Bell, *The stability and vibrations of a gas of stars*. *Month. Notices Roy. Astron. Soc.*, **124** (4), 279–296 (1962).

⁶⁶ Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц, *Теоретическая физика. Том 6. Гидродинамика*. Издание четвертое, стереотипное (Наука, Москва, 1988); Л. Г. Лойцянский, *Механика жидкости и газа. Седьмое издание, исправленное* (Дрофа, Москва, 2003).

⁶⁷ А. И. Ахиезер, С. В. Пелетминский, *Методы статистической физики* (Наука, Москва, 1977); К. П. Гуров, *Феноменологическая термодинамика необратимых процессов. Физические основы* (Наука, Москва, 1978); Р. Либов, *Введение в теорию кинетических уравнений* (Мир, Москва, 1974); Е. М. Лиф-

шиц, Л. П. Питаевский, *Теоретическая физика. Том 10. Физическая кинетика* (Наука, Москва, 1979); Дж. Ферцигер, Г. Капер, *Математическая теория процессов переноса в газах* (Мир, Москва, 1976); С. Чепмен, Т. Каулинг, *Математическая теория неоднородных газов* (ИЛ, Москва, 1960).

⁶⁸ J. H. Jeans, *The stability of a spherical nebula*. Phil. Trans. R. Soc. Lond., **199**, (312—320) 1—53 (1902); J. Jeans, *Astronomy and Cosmogony* (Cambridge University Press, Cambridge, 1929).

⁶⁹ Letter 1 to Richard Bentley. In A. Janiak (ed.), I. Newton, *Philosophical Writings*. (Cambridge University Press, Cambridge, 2004), p. 94—95.

⁷⁰ K. L. Haugen, *Richard Bentley. Poetry and Enlightenment* (Harvard University Press, Cambridge, MA, 2011).

⁷¹ Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц, *Теоретическая физика. Том 2. Теория поля. Издание седьмое, исправленное* (Наука, Москва, 1988); Е. М. Lifshitz, I. M. Khalatnikov, *Investigations in relativistic cosmology*. Adv. Phys., **12** (46), 185—249 (1963); E. Lifshitz, Republication of: On the gravitational stability of the expanding universe. Gen. Relativ. Gravit., **49** (2), 18 (2017).

⁷² И. Д. Новиков, *Эволюция Вселенной* (Наука, Москва, 1990); П. Ходж, *Галактики* (Наука, Москва, 1992); J. Binney, S. Tremaine, *Galactic Dynamics* (Princeton University Press, Princeton, 2008); G. G. Byrd, A. D. Chernin, M. J. Valtonen, *Cosmology: Foundations and Frontiers* (URSS, Moscow, 2007).

⁷³ Г. С. Бисноватый-Коган, *Релятивистская астрофизика и физическая космология* (УРСС, Москва, 2011); С. Вайнберг, *Первые три минуты. Современный взгляд на происхождение Вселенной* (Энергоиздат, Москва, 1981); С. Вайнберг, *Космология* (УРСС, Москва, 2013); С. Вейнберг, *Гравитация и космология. Принципы и приложения общей теории относительности* (Мир, Москва, 1975); Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц, *Теоретическая физика. Том 2. Теория поля. Издание седьмое, исправленное* (Наука, Москва, 1988); Д. С. Горбунов, В. А. Рубаков, *Введение в теорию ранней Вселенной. Теория горячего большого взрыва* (УРСС, Москва, 2008); Д. С. Горбунов, В. А. Рубаков, *Введение в теорию ранней Вселенной: Космологические возмущения. Инфляционная теория* (УРСС, Москва, 2010); А. Д. Долгов, Я. Б. Зельдович, М. В. Сажин, *Космология ранней Вселенной* (МГУ, Москва, 1988); Я. Б. Зельдович, И. Д. Новиков, *Строение и эволюция Вселенной* (Наука, Москва, 1975); И. Д. Новиков, *Эволюция Вселенной* (Наука, Москва, 1990); П. Пиблс, *Физическая космология* (Мир, Москва, 1975); Ф. Д. Э. Пиблс, *Структура Вселенной в больших масштабах* (Мир, Москва, 1983); В. А. Рубаков, *Актуальные вопросы космологии. Курс лекций* (Издательский дом МЭИ, Москва, 2016); М. В. Сажин, *Современная космология в популярном изложении* (УРСС, Москва, 2002); В. Г. Сурдин (ред.), *Галактики* (Физматлит, Москва, 2013); Р. Толмен, *Относительность, термодинамика и космология* (Наука, Москва, 1974); М. Хеллер, А. Чернин, *У истоков космологии: Фридман и Леметр* (Знание, Москва, 1991); А. Д. Чернин, *Космология: большой взрыв* (ВЕК 2, Фрязино, 2005); А. С. Шаров, И. Д. Новиков, *Человек, открывший взрыв Вселенной. Жизнь и труд Эдвина Хаббла* (Наука, Москва, 1989); G. Börner, *The Early Universe. Facts and Fiction* (Springer, Berlin, 2003); G. G. Byrd, A. D. Chernin, M. J. Valtonen, *Cosmology: Foundations and Frontiers* (URSS, Moscow, 2007); С. Clarke, В. Carswell, *Principles of Astrophysical Fluid Dynamics* (Cambridge University Press, Cambridge, 2007); Н. S. Kragh, *Matter*

6.8. Бібліографія та коментарі

and Spirit in the Universe. Scientific and Religious Preludes to Modern Cosmology (Imperial College, London, 2004); H. S. Kragh, *Conceptions of Cosmos. From Myths to the Accelerating Universe: A History of Cosmology* (Oxford University Press, Oxford, 2007); E. Lifshitz, Republication of: On the gravitational stability of the expanding universe. *Gen. Relativ. Gravit.*, **49** (2), 18 (2017); J. D. North, *The Measure of the Universe. A History of Modern Cosmology* (Oxford University Press, Oxford, 1965); D. Perlov, A. Vilenkin, *Cosmology for the Curious* (Springer, Cham, 2017); P. J. E. Peebles, *Principles of Physical Cosmology* (Princeton University Press, Princeton, 1993); P. J. E. Peebles, *Cosmology's Century* (Princeton University Press, Princeton, 2020); B. Ryden, *Introduction to Cosmology. Second Edition* (Cambridge University Press, Cambridge, 2017); M. Yu. Khlopov, S. G. Rubin, *Cosmological Pattern of Microphysics in the Inflationary Universe* (Springer, Dordrecht, 2004).

⁷⁴ C. Clarke, V. Carswell, *Principles of Astrophysical Fluid Dynamics* (Cambridge University Press, Cambridge, 2007); J. H. Jeans, *The stability of a spherical nebula*. *Phil. Trans. R. Soc. Lond.*, **199** (312–320), 1–53 (1902).

⁷⁵ Адиабатична (лапласівська) та ізотермічна (ньютонівська) швидкості звуку відносяться як $(c_p/c_v)^{1/2}$, де c_p та c_v — питомі теплоємності газу за постійного тиску та об'єму [Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц, *Теоретическая физика. Том 6. Гидродинамика. Издание четвертое, стереотипное* (Наука, Москва, 1988)]. Звісно, вказане відношення залежить від властивостей конкретної речовини, але для реальних газів порядок величини швидкості звуку не залежить від роду процесу розповсюдження збурення в газі: Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц, *Теоретическая физика. Том 5. Статистическая физика. Часть первая. Издание третье, дополненное* (Наука, Москва, 1976); А. К. Кикоин, И. К. Кикоин, *Молекулярная физика. Издание второе, переработанное* (Наука, Москва, 1976); Дж. Робертс, *Теплота и термодинамика* (Гостехтеориздат, Москва, 1950).

⁷⁶ Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц, *Теоретическая физика. Том 6. Гидродинамика. Издание четвертое, стереотипное* (Наука, Москва, 1988), с. 16. Власне, рівняння Ейлера є формулюванням другого закону Ньютонна для руху рідини в підході Ейлера [M.-R. Alam, *Why does water shoot higher if we partially block the garden hose outlet?* *Amer. J. Phys.*, **89** (6), 567–574 (2021)]. З біографією та докладом великого математика й механіка Леонарда Ейлера можна познайомитись у джерелах: В. В. Котек, *Леонард Эйлер. Пособие для учителей* (Государственное учебно-педагогическое издательство, Москва, 1961); А. Н. Крылов, *Леонард Эйлер* (Издательство Академии наук, Ленинград, 1933); Р. Тиле, *Леонард Эйлер* (Вища школа, Киев, 1983); А. П. Юшкевич, *Леонард Эйлер* (Знание, Москва, 1982); А. Я. Яковлев, *Леонард Эйлер* (Просвещение, Москва, 1983).

⁷⁷ Симон Дені Пуассон: <https://mathshistory.st-andrews.ac.uk/Biographies/Poisson/>; Ф. Араго, *Пуассон, 1850*, Ф. Араго, *Биографии знаменитых астрономов, физиков и геометров. Том 3* (РХД, Ижевск, 2000), с. 278–321.

⁷⁸ Л. С. Полак, *Уильям Гамильтон (1805–1865)* (Наука, Москва, 1993).

⁷⁹ J. Binney, S. Tremaine, *Galactic Dynamics* (Princeton University Press, Princeton, 2008); G. Börner, *The Early Universe. Facts and Fiction* (Springer, Berlin, 2003); M. K.-H. Kiessling, *The «Jeans swindle». A true story — mathematically speaking*. *Adv. Appl. Math.*, **31** (1), 132–149 (2003).

⁸⁰ М. К.-Н. Kiessling, *The «Jeans swindle». A true story — mathematically speaking*. Adv. Appl. Math., **31** (1), 132—149 (2003), p. 134. Див. також аналіз ситуації зі звинуваченнями на адресу Джинса в книзі: Я. Б. Зельдович, И. Д. Новиков, *Строение и эволюция Вселенной* (Наука, Москва, 1975), с. 272—279.

⁸¹ Л. Больцман, *Лекции по теории газов* (Гостехтеориздат, Москва, 1956); А. А. Власов, *О вибрационных свойствах электронного газа*. ЖЭТФ, **8** (3), 291—318 (1938); Я. Б. Зельдович, И. Д. Новиков, *Строение и эволюция Вселенной* (Наука, Москва, 1975), с. 295—296; J. H. Jeans, *On the theory of star-streaming and the structure of the Universe*. Monthly Notices Roy. Astron. Soc., **76** (2), 70—84 (1915); М. Hénon, *Vlasov equation?* Astron. Astrophys., **114** (1), 211—212 (1982).

⁸² Д. С. Горбунов, В. А. Рубаков, *Введение в теорию ранней Вселенной. Теория горячего большого взрыва* (УРСС, Москва, 2008); Д. С. Горбунов, В. А. Рубаков, *Введение в теорию ранней Вселенной: Космологические возмущения. Инфляционная теория* (УРСС, Москва, 2010); П. Д. Насельский, Д. И. Новиков, И. Д. Новиков, *Реликтовое излучение Вселенной* (Наука, Москва, 2003); G. Bertone, D. Hooper, *History of dark matter*. Rev. Mod. Phys., **90** (4), 045002 (2018); G. G. Byrd, A. D. Chernin, M. J. Valtonen, *Cosmology: Foundations and Frontiers* (URSS, Moscow, 2007); H. S. Kragh, J. M. Overduin, *The Weight of the Vacuum. A Scientific History of Dark Energy* (Springer, Heidelberg, 2014).

R. H. Sanders, *Deconstructing Cosmology* (Cambridge University Press, Cambridge, 2016).

⁸³ G. G. Byrd, A. D. Chernin, M. J. Valtonen, *Cosmology: Foundations and Frontiers* (URSS, Moscow, 2007), p. 170—174.

⁸⁴ А. Einstein, *Die Feldgleichungen der Gravitation*. Sitzungsber. Preuss. Akad. Wiss., **48** (2), 844—847 (1915) [А. Эйнштейн, *Собрание научных трудов. Том 1. Работы по теории относительности 1905—1920* (Наука, Москва, 1965), *Уравнения гравитационного поля*, с. 448—451].

⁸⁵ W. H. McCrea, E. A. Milne, *Newtonian Universes and the curvature of space*. Quart J. Math., **5** (1), 73—80 (1934); W. H. McCrea, *On the significance of Newtonian cosmology*. Astron. J., **60** (1230), 271—273 (1955).

⁸⁶ С. Вейнберг, *Гравитация и космология. Принципы и приложения общей теории относительности* (Мир, Москва, 1975), с. 611—614; Я. Б. Зельдович, И. Д. Новиков, *Строение и эволюция Вселенной* (Наука, Москва, 1975), с. 279—283; W. V. Bonnor, *Jeans' formula for gravitational instability*. Monthly Notices Roy. Astron. Soc., **117** (1), 104—117 (1957); G. Gamow, E. Teller, *On the origin of great nebulae*. Phys. Rev., **55** (7), 654—657 (1939).

⁸⁷ Про нестійкість Джинса в квазістатичній моделі Айнштайна—де Сіммєра дивись: G. Börner, *The Early Universe. Facts and Fiction* (Springer, Berlin, 2003); G. G. Byrd, A. D. Chernin, M. J. Valtonen, *Cosmology: Foundations and Frontiers* (URSS, Moscow, 2007), p. 174—178; М. К.-Н. Kiessling, *The «Jeans swindle». A true story — mathematically speaking*. Adv. Appl. Math., **31** (1), 132—149 (2003), p. 146. Дослідження нестійкості в моделі Фрідмана—Леметра розглянуті, зокрема, в таких джерелах: Г. С. Бисноватый—Коган, *Релятивистская астрофизика и физическая космология* (УРСС, Москва, 2011), с. 252—259; Д. С. Горбунов, В. А. Рубаков, *Введение в теорию ранней Вселенной: Космологические возмущения. Инфляционная теория* (УРСС, Москва, 2010), с. 16—22; Л. Э. Гуревич, А. Д. Чернин, *Введение в космогноию. Происхождение крупномасштабной*

6.8. Бібліографія та коментарі

структуры Вселенной (Наука, Москва, 1978); Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц, *Теоретическая физика. Том 2. Теория поля. Издание седьмое, исправленное* (Наука, Москва, 1988), с. 479—486; G. G. Byrd, A. D. Chernin, M. J. Valtonen, *Cosmology: Foundations and Frontiers* (URSS, Moscow, 2007), p. 178—184.

⁸⁸ Р. Толмен, *Относительность, термодинамика и космология* (Наука, Москва, 1974); W. De Sitter, *On Einstein's theory of gravitation and its astronomical consequences. Third paper*. Month. Notices Roy. Astron. Soc., **78** (1), 3—28 (1917); A. Einstein, *Kosmologische Betrachtungen zur allgemeinen Relativitätstheorie*. Sitzungsber. Preuss. Akad. Wiss., **1**, 142—152 (1917) [А. Эйнштейн, *Собрание научных трудов. Том 1. Работы по теории относительности 1905—1920* (Наука, Москва, 1965), *Вопросы космологии и общая теория относительности*, с. 601—612]; С. О'Раифеартайг, М. О'Кеефф, В. Нахм, С. Миттон, *Einstein's 1917 static model of the universe: a centennial review*. Eur. Phys. J. H, **42** (3), 431—474 (2017).

⁸⁹ Біографію видатного нідерландського науковця можна знайти в цікавій книзі: J. Guichelaar, *Willem de Sitter. Einstein's Friend and Opponent* (Springer, Cham, 2018).

⁹⁰ Г. С. Бисноватый-Коган, *Релятивистская астрофизика и физическая космология* (УРСС, Москва, 2011), с. 252—259; С. Вейнберг, *Гравитация и космология. Принципы и приложения общей теории относительности* (Мир, Москва, 1975); Д. С. Горбунов, В. А. Рубаков, *Введение в теорию ранней Вселенной: Космологические возмущения. Инфляционная теория* (УРСС, Москва, 2010), с. 16—22; Л. Э. Гуревич, А. Д. Чернин, *Введение в космогною. Происхождение крупномасштабной структуры Вселенной* (Наука, Москва, 1978); Я. Б. Зельдович, И. Д. Новиков, *Строение и эволюция Вселенной* (Наука, Москва, 1975); Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц, *Теоретическая физика. Том 2. Теория поля. Издание седьмое, исправленное* (Наука, Москва, 1988); Р. Толмен, *Относительность, термодинамика и космология* (Наука, Москва, 1974); А. А. Фридман, *Мир как пространство и время. Издание второе* (Наука, Москва, 1965); А. А. Фридман, *Избранные труды* (Москва, Наука, 1966); G. G. Byrd, A. D. Chernin, M. J. Valtonen, *Cosmology: Foundations and Frontiers* (URSS, Moscow, 2007); G. Gamow, E. Teller, *On the origin of great nebulae*. Phys. Rev., **55** (7), 654—657 (1939); G. Lemaitre, *The Expanding Universe*. Month. Notices Roy. Astron. Soc., **91** (5), 490—501 (1931); Н. Крэгх, *Who discovered the expanding universe?* Hist. Sci., **41** (2), 141—162 (2003); Н. С. Крэгх, D. Lambert, *The Context of Discovery: Lemaitre and the Origin of the Primeval-Atom Universe*. Ann. Sci., **64** (4), 445—470 (2007); G. Lemaitre, *The Expanding Universe*. Gen. Relativ. Gravit., **29** (5), 641—680 (1997); K. A. Malik, D. R. Matravers, *How Cosmologists Explain the Universe to Friends and Family* (Springer, Cham, 2019); R. H. Sanders, *Deconstructing Cosmology* (Cambridge University Press, Cambridge, 2016).

⁹¹ Э. А. Тропп, В. Я. Френкель, А. Д. Чернин, *Александр Александрович Фридман. Жизнь и деятельность* (Наука, Москва, 1988), А. А. Фридман, *Избранные труды* (Москва, Наука, 1966); A. Friedman, *On the curvature of space*. Gen. Relativ. Gravit., **31** (12), 1991—2000 (1999); A. Friedmann, *On the possibility of a world with constant negative curvature of space*. Gen. Relativ. Gravit., **31** (12), 2001—2008 (1999).

⁹² А. Berger (ed.), *The Big Bang and Georges Lemaitre* (Reidel, Dordrecht, 1984); J. Farrell, *The Day Without Yesterday. Lemaitre, Einstein and the Birth of*

Modern Cosmology (Basic Books, New York, 2005); R. D. Holder, S. Mitton (eds.), *Georges Lemaitre. Life, Science and Legacy* (Springer, Berlin, 2012); H. Kragh, *Georges Lemaitre, Pioneer of modern theoretical cosmology*. *Found. Phys.*, **48** (10), 1333—1348 (2018).

⁹³ A. Einstein, *Die Feldgleichungen der Gravitation*. *Sitzungsber. Preuss. Akad. Wiss.*, **48** (2), 844—847 (1915) [А. Эйнштейн, *Собрание научных трудов. Том 1. Работы по теории относительности 1905—1920* (Наука, Москва, 1965), *Уравнения гравитационного поля*, с. 448—451]; C. O’Raifeartaigh, S. Mitton, *Interrogating the legend of Einstein’s «biggest blunder»*. *Phys. Perspect.*, **20** (4), 318—341 (2018); C. O’Raifeartaigh, M. O’Keeffe, W. Nahm, S. Mitton, *One hundred years of the cosmological constant: from «superfluous stunt» to dark energy*. *Eur. Phys. J. H.*, **43** (1), 73—117 (2018).

⁹⁴ Неминучість класичних і квантових флуктуацій та важлива роль на тлі середньостатистичних (термодинамічних) характеристик систем були відомі вже давно й широко досліджуються зараз, у тому числі для магнітних, надпровідних, сегнетоелектричних матеріалів, де крім кристалічного порядку спостерігаються додаткові параметри порядку з втратою деякої симетрії. Звісно, там флуктуації можна помацати, якщо не власноруч, то принаймні за допомогою простих приладів. Це вигідно відрізняє ці «земні» флуктуації від уявних флуктуацій в астрофізиці, про які йдеться в цьому розділі. Про флуктуації в конденсованих середовищах і приладах можна прочитати в таких джерелах: П. Гленсдорф, И. Пригожин, *Термодинамическая теория структуры, устойчивости и флуктуаций* (Мир, Москва, 1973); Б. И. Давыдов (ред.) *Броуновское движение. Эйнштейн и Смолуховский. Сборник статей* (ОНТИ, Москва—Ленинград, 1936); Ю. М. Иванченко, А. А. Лисянский, А. Э. Филиппов, *Флуктуационные эффекты в системах с конкурирующими взаимодействиями* (Наукова думка, Киев, 1989); Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц, *Теоретическая физика. Том 5. Статистическая физика. Часть первая. Издание третье, дополненное* (Наука, Москва, 1976); М. Л. Левин, С. М. Рыгов, *Теория равновесных тепловых флуктуаций в электродинамике* (Наука, Москва, 1967); Г. Николис, И. Пригожин, *Самоорганизация в неравновесных системах. От диссипативных структур к неупорядоченности через флуктуации* (Мир, Москва, 1979); А. З. Паташинский, В. Л. Покровский, *Флуктуационная теория фазовых переходов. Издание второе, переработанное* (Наука, Москва, 1982); А. Г. Ситенко, *Электромагнитные флуктуации в плазме* (Издательство Харьковского государственного университета, Харьков, 1965); Д. Форстер, *Гидродинамические флуктуации, нарушенная симметрия и корреляционные функции* (Атомиздат, Москва, 1980); A. Larkin, A. Varlamov, *Theory of Fluctuations in Superconductors* (Oxford University Press, Oxford, 2005); R. M. Mazo, *Brownian Motion. Fluctuations, Dynamics and Applications* (Clarendon Press, Oxford, 2002); D. K. C. MacDonald, *Noise and Fluctuations: An Introduction* (John Wiley and Sons, New York, 1982); P. W. Milonni, *An Introduction to Quantum Optics and Quantum Fluctuations* (Oxford University Press, Oxford, 2019); H. L. Pesceli, *Fluctuations in Physical Systems* (Cambridge University Press, Cambridge, 2000).

⁹⁵ Г. С. Бисноватый-Коган, *Релятивистская астрофизика и физическая космология* (УРСС, Москва, 2011), с. 259—263; Д. С. Горбунов, В. А. Рубаков, *Введение в теорию ранней Вселенной: Космологические возмущения. Инфляционная*

6.8. Бібліографія та коментарі

теория (УРСС, Москва, 2010), с. 24—238; Л. Э. Гуревич, А. Д. Чернин, *Введение в космогноию. Происхождение крупномасштабной структуры Вселенной* (Наука, Москва, 1978), с. 101—152; Я. Б. Зельдович, И. Д. Новиков, *Строение и эволюция Вселенной* (Наука, Москва, 1975), с. 269—510; Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц, *Теоретическая физика. Том 2. Теория поля. Издание седьмое, исправленное* (Наука, Москва, 1988), с. 479—486; П. Д. Насельский, Д. И. Новиков, И. Д. Новиков, *Реликтовое излучение Вселенной* (Наука, Москва, 2003); И. Д. Новиков, *Эволюция Вселенной* (Наука, Москва, 1990), с. 127—132; С. Б. Пикельнер (ред.), *Происхождение и эволюция галактик и звезд* (Наука, Москва, 1976); G. G. Byrd, A. D. Chernin, M. J. Valtonen, *Cosmology: Foundations and Frontiers* (URSS, Moscow, 2007), p. 160—280; P. J. E. Peebles, *Cosmology's Century* (Princeton University Press, Princeton, 2020), p. 184—238; E. M. Lifshitz, I. M. Khalatnikov, *Investigations in relativistic cosmology*. Adv. Phys., **12** (46), 185—249 (1963); E. Lifshitz, *Republication of: On the gravitational stability of the expanding universe*. Gen. Relativ. Gravit., **49** (2), 18 (2017).

⁹⁶ С. Вейнберг, *Гравитация и космология. Принципы и приложения общей теории относительности* (Мир, Москва, 1975), с. 603—604; Л. Э. Гуревич, А. Д. Чернин, *Введение в космогноию. Происхождение крупномасштабной структуры Вселенной* (Наука, Москва, 1978), с. 117; J. Binney, S. Tremaine, *Galactic Dynamics* (Princeton University Press, Princeton, 2008), p. 403; G. Börner, *The Early Universe. Facts and Fiction* (Springer, Berlin, 2003), p. 417; M. K.-H. Kiessling, *The «Jeans swindle». A true story — mathematically speaking*. Adv. Appl. Math., **31** (1), 132—149 (2003), p. 132—133.

⁹⁷ А. Ф. Александров, Л. С. Богданкевич, А. А. Рухадзе, *Колебания и волны в плазменных средах* (Издательство МГУ, Москва, 1990); А. А. Власов, *О вибрационных свойствах электронного газа*. ЖЭТФ, **8** (3), 291—318 (1938); Г. А. Бернашевский, З. С. Чернов (ред.), *Колебания сверхвысоких частот в плазме. Сборник статей* (ИЛ, Москва, 1961); А. А. Власов, *Теория многих частиц* (ГИТТЛ, Москва, 1950); Ю. Л. Климонтович, *Кинетическая теория неидеального газа и неидеальной плазмы* (Наука, Москва, 1975); В. П. Силин, А. А. Рухадзе, *Электромагнитные свойства плазмы и плазмopodobных сред* (Госатомиздат, Москва, 1961); В. П. Силин, *Введение в кинетическую теорию газов* (Наука, Москва, 1971); F. Berz, *On the theory of plasma waves*. Proc. Phys. Soc. B, **69** (9), 939—952 (1956); D. Bohm, E. P. Gross, *Theory of plasma oscillations. B. Excitation and damping of oscillations*. Phys. Rev., **75** (12), 1864—1876 (1949); D. Bohm, E. P. Gross, *Effects of plasma boundaries in plasma oscillations*. Phys. Rev., **79** (6), 992—1001 (1950); P. C. Clemmow, A. J. Willson, *The dispersion equation in plasma oscillations*. Proc. R. Soc. Lond. A, **237** (1208), 117—131; N. G. Van Kampen, *Dispersion equation for plasma waves*. Physica, **23** (7), 641—650 (1957).

⁹⁸ P. Debye, E. Hückel, *Zur Theorie der Elektrolyte. Gefrierpunktserniedrigung und verwandte Erscheinungen*. Physik. Ztschr., **24**, 85—206 (1923) [П. Дебай, Э. Хюккель, *К теории электролитов. I. Понижение точки замерзания и родственные явления*. В П. Дебай, *Избранные труды* (Наука, Москва, 1987), с. 163—202].

⁹⁹ M. Davies, *Peter Joseph Wilhelm Debye. 1884—1966*. Biogr. Mem. Fellows Roy. Soc., **16**, 175—232 (1970); M. Enserink, *Dutch universities split over Nobel laureate's rehabilitation*. Science, **319** (5862), 401 (2008).

¹⁰⁰ A. Einstein, *Kosmologische Betrachtungen zur allgemeinen Relativitätstheorie*. Sitzungsber. Preuss. Akad. Wiss., **1**, 143–144 (1917) [А. Эйнштейн, *Собрание научных трудов. Том 1. Работы по теории относительности 1905–1920* (Наука, Москва, 1965), с. 601–604]; Дивись також: М. К.-Н. Kiessling, *The «Jeans swindle». A true story — mathematically speaking*. Adv. Appl. Math., **31** (1), 132–149 (2003), p. 135–141.

¹⁰¹ Перші спроби подолати неадекватність ньютонівської теорії для опису приблизно рівномірно заповненого речовиною просторово необмеженого Всесвіту («гравітаційний парадокс») належать Хуго фон Зелігеру та Карлу Гейману: В. П. Визгин, *Релятивистская теория тяготения. Истоки и формирование. 1900–1915* (Наука, Москва, 1981), с. 34–37; И. Д. Новиков, *Эволюция Вселенной* (Наука, Москва, 1990), с. 65–71; H. Kragh, *Masters of the Universe. Conversations with Cosmologists of the Past* (Oxford University Press, Oxford, 2015), p. 53; J. D. Norton, *The cosmological woes of Newtonian gravitation theory*. In H. Goenner, J. Renn, J. Ritter, T. Sauer (eds.), *The Expanding Worlds of General Relativity: Einstein Studies, Volume 7* (Birkhäuser, Boston, 1999), p. 271–323.

¹⁰² М. К.-Н. Kiessling, *The «Jeans swindle». A true story — mathematically speaking*. Adv. Appl. Math., **31** (1), 132–149 (2003), p. 135, 148; E. A. Spiegel, *Gravitational screening*. In A Harvey (ed.), *On Einstein's Path. Essays in Honor of Engelbert Schucking* (Springer, New York, 1999), p. 465–474.

¹⁰³ R. Disalle, *Carl Gottfried Neumann*. Sci. Context, **6** (1), 345–353 (1993).

¹⁰⁴ H. Kienle (ed.) *Probleme der Astronomie. Festschrift für Hugo v. Seeliger dem Forscher und Lehrer zum Fünfundsiebzigsten Geburtstage* (Springer, Berlin, 1924).

¹⁰⁵ H. Bondi, *Cosmology* (Cambridge University Press, Cambridge, 1960), p. 80.

¹⁰⁶ A. Eddington, *The Expanding Universe* (Cambridge University Press, Cambridge, 1933), p. 23–24; H. Kragh, *Eddington's dream: A failed theory of everything*. In I. T. Durham, D. Rickles, *Information and Interaction. Eddington, Wheeler, and the Limits of Knowledge* (Springer, Cham, 2017), p. 49–50.

¹⁰⁷ Хідекі Юкава — японський дослідник, зробивший видатний внесок у ядерну фізику та теорію поля: L. M. Brown, *Hideki Yukawa and the meson theory*. Phys. Today, **39** (12), 55–62 (1986); D. Lincoln, *Understanding the Universe. From Quarks to the Cosmos* (World Scientific, Singapore, 2012), С. Massa, *Strong interaction and nucleon mass*. Amer. J. Phys., **53** (9), 908–909 (1985); H. Yukawa, *Models and methods in the meson theory*. Rev. Mod Phys., **21** (3) 474–479 (1949).

¹⁰⁸ Л. А. Барский, *Сталин. Портрет без ретуши* (УРСС, Москва, 2007); А. Орлов, *Подлинный Сталин: Воспоминания генерала НКВД* (Алгоритм, Москва, 2017).

¹⁰⁹ Е. Н. Гусляров, *Ленин в жизни* (ОЛМА-ПРЕСС, Москва, 2003); Т. Краус, *Ленин. Социально-теоретическая реконструкция* (Наука, Москва, 2011); А. Г. Латышев, *Рассекреченный Ленин* (МАРТ, Москва, 1996).

¹¹⁰ В. И. Ленин, *Партийная и партийная литература. В В. И. Ленин. Полное собрание сочинений. Издание пятое. Том. 12* (Издательство политической литературы, Москва, 1968), с. 104.

¹¹¹ R. L. Wilder, *Mathematics as a Cultural System* (Pergamon Press, Oxford, 1981).

¹¹² M. Kline, *Mathematics in Western Culture* (Oxford University Press, London 1953).

6.8. Бібліографія та коментарі

¹¹³ М. Emmer (ed.), *Mathematics and Culture* (Springer, Berlin, 2005).

¹¹⁴ В. С. Бурцев (ред.), *Сергей Алексеевич Лебедев. К 100-летию со дня рождения основоположника отечественной электронной вычислительной техники* (Физматлит, Москва, 2002); Ю. Н. Вавилов, *В долгом поиске. Книга о бра-
тьях Николае и Сергее Вавиловых. Издание второе, дополненное и перерабо-
танное* (ФИАН, Москва, 2008); В. И. Вишневецкий, *Запах атомной бомбы. Воспоминания офицера-атомщика* (Курсор, Харьков, 2009); Г. А. Гончаров, *Основные события истории создания водородной бомбы в СССР и США*. Успехи физ. наук, **166** (10), 1095—1104 (1996); Г. А. Гончаров, *К истории созда-
ния советской водородной бомбы*. Успехи физ. наук, **167** (8), 903—912 (1997); Г. А. Гончаров, Л. Д. Рябев, *О создании первой отечественной атомной бомбы*. Успехи физ. наук, **171** (1), 79—104 (2001); Г. А. Гончаров, *К пятидесятилетию начала исследований в СССР возможности создания термоядерного реактора*. Успехи физ. наук, **171** (8), 894—901 (2001); Г. А. Гончаров, *Поправки к статье Г. А. Гончарова «К пятидесятилетию начала исследований в СССР возможности создания термоядерного реактора»*. Успехи физ. наук, **171** (10), 1148 (2001); Г. А. Гончаров, *Необычайный по красоте физический принцип конструирования ядерных зарядов (К 50-летию испытания первого отечественного двух-
ступенчатого термоядерного заряда РДС-37)*. Успехи физ. наук, **175** (11), 1148 (2005); Б. С. Горобец, *Круг Ландау. Физика войны и мира* (УРСС, Москва, 2008); Б. С. Горобец, *Трое из атомного проекта: Секретные физики Лейпунские* (УРСС, Москва, 2007); Б. Л. Иоффе, *Без ретуши. Портреты физиков на фоне эпохи* (Фазис, Москва, 2004); Б. Н. Малиновский, *История вычислительной техники в лицах* (КИТ, ПТОО, А.С.К., Киев, 1995); Б. Н. Малиновский, *Очерки по истории компьютерной науки и техники в Украине* (Феникс, Киев, 1998); Ю. В. Ревич, Б. Н. Малиновский, *Информационные технологии в СССР. Создатели советской вычислительной техники* (БХВ, Петербург, 2014); Л. Д. Рябев (ред.), *Атомный проект СССР. Документы и материалы. Том I. 1938—1945. Часть I* (Наука—Физматлит, Москва, 1998); Л. Д. Рябев (ред.), *Атомный проект СССР. Документы и материалы. Том I. 1938—1945. Часть 2* (Издательство МФТИ, Москва, 2002); Л. Д. Рябев (ред.), *Атомный проект СССР. Документы и материалы. Том II. Атомная бомба. 1945—1954. Книга 1* (Наука—Физматлит, Москва, 1999); Л. Д. Рябев (ред.), *Атомный проект СССР. Документы и материалы. Том II. Атомная бомба. 1945—1954. Книга 2* (Наука—Физматлит, Москва—Саров, 2000); Л. Д. Рябев (ред.), *Атомный проект СССР. Документы и материалы. Том II. Атомная бомба. 1945—1954. Книга 3* (Наука—Физматлит, Москва—Саров, 2002); Л. Д. Рябев (ред.), *Атомный проект СССР. Документы и материалы. Том II. Атомная бомба. 1945—1954. Книга 4* (Наука—Физматлит, Москва—Саров, 2003); Л. Д. Рябев (ред.), *Атомный проект СССР. Документы и материалы. Том II. Атомная бомба. 1945—1954. Книга 5* (Наука—Физматлит, Москва—Саров, 2005); Л. Д. Рябев (ред.), *Атомный проект СССР. Документы и материалы. Том II. Атомная бомба. 1945—1954. Книга 6* (Наука—Физматлит, Москва—Саров, 2006); Л. Д. Рябев (ред.), *Атомный проект СССР. Документы и материалы. Том II. Атомная бомба. 1945—1954. Книга 7* (Наука—Физматлит, Москва—Саров, 2007); Л. Д. Рябев (ред.), *Атомный проект СССР. Документы и материалы. Том III. Водородная бомба. 1945—1956. Книга 1* (Наука—Физматлит, Москва—Саров, 2008); Л. Д. Рябев (ред.), *Атомный проект СССР*.

Документы и материалы. Том III. Водородная бомба. 1945—1956. Книга 2 (Наука—Физматлит, Москва—Саров, 2009); Л. Д. Рябев (ред.), *Атомный проект СССР. Документы и материалы. Справочный том. Атомная бомба. 1945—1954. Водородная бомба. 1945—1956.* (Наука—Физматлит, Москва—Саров, 2010); Л. Д. Рябев (ред.), *Герои атомного проекта* (РФЯЦ-ВНИИЭФ, Саров, 2005); Л. Самуэльсон, *Красный колосс. Становление военно-промышленного комплекса СССР. 1921—1941* (АИРО-XX, Москва, 2001); Н. С. Симонов, *Военно-промышленный комплекс СССР в 1920—1950-е годы. Темпы экономического роста, структура, организация производства и управление* (Росспэн, Москва, 1996); И. М. Халатников, *Дау, кентавр и другие* (Физматлит, Москва, 2007); В. А. Цукерман, З. М. Азарх, *Люди и взрывы* (ВНИИЭФ, Арзамас-16, 1994); G. A. Goncharov, *Thermonuclear milestones*. Phys. Today, **49** (11), 44 (1996); G. A. Goncharov, *Beginnings of the Soviet H-bomb program*. Phys. Today, **49** (11), 50—54 (1996); G. A. Goncharov, *The race accelerates*. Phys. Today, **49** (11), 56—61 (1996).

¹¹⁵ Академия НАУК СССР. *Научная сессия, посвященная проблемам физиологического учения академика И. П. Павлова 28-июня—4-июля-1950-года* (АН СССР, М-Л, 1950); Ю. Н. Вавилов, *В долгом поиске. Книга о братьях Николае и Сергее Вавиловых. Издание второе, дополненное и переработанное* (ФИАН, Москва, 2008); А. Е. Гайсинович, *Зарождение и развитие генетики* (Наука, Москва, 1988); Н. А. Григорьян, *Научная династия Орбели* (Наука, Москва, 2002); В. Д. Есаков, Е. С. Левина, *Сталинские суды чести. Дело КР* (Наука, Москва, 2005); В. Д. Есаков, *Николай Вавилов* (Наука, Москва, 2008); *О Положении в биологической науке. Стенографический отчет сессии ВАСХНИЛ 31 июля—7 августа 1948* (ОГИЗ-СЕЛЬХОЗГИЗ, Москва, 1948); М. Поповский, *Дело академика Вавилова* (Книга, Москва, 1991); В. Н. Сойфер, *Красная биология: Псевдонаука в СССР* (Флинта, 1998); В. Н. Сойфер, *Власть и наука. Разгром коммунистами генетики в СССР* (ЧеРо, Москва, 2002); О. Г. Строева, *Иосиф Абрамович Рапопорт (1912—1990)* (Наука, Москва, 2009); М. Г. Ярошевский (ред.), *Репрессированная наука. Выпуск I* (Наука, Ленинград, 1991); М. Г. Ярошевский (ред.), *Репрессированная наука. Выпуск II* (Наука, Санкт-Петербург, 1994).

¹¹⁶ А. М. Блох, *Советский Союз в интерьере нобелевских премий. Факты. Документы. Размышления. Комментарии*. Второе издание, переработанное и дополненное (Физматлит, Москва, 2005); К. Н. Мухин, А. Ф. Суставов, В. Н. Тихонов, *Российская физика нобелевского уровня* (Физматлит, Москва, 2006).

¹¹⁷ А. Рабинович, *Большевики приходят к власти. Революция 1917 года в Петрограде* (Прогресс, Москва, 1989); Л. Троцкий, *Моя жизнь* (Панорама, Москва, 1991); А. Н. Яковлев (ред.), *Драма российской истории. Большевики и революция* (Новый хронограф, Москва, 2002).

¹¹⁸ А. В. Андреев, *Физики не шутят. Страницы социальной истории научно-исследовательского Института физики при МГУ (1922—1954)* (Прогрестрадиция, Москва, 2000); А. И. Берг, М. И. Радовский, *Александр Степанович Попов* (Госэнергоиздат, Москва, 1945); Г. Головин, *Александр Степанович Попов* (Молодая гвардия, Москва, 1945); В. В. Данилевский, *Русская техника* (Ленинградское газетно-журнальное и книжное издательство, Ленинград, 1947); В. Д. Есаков, Е. С. Левина, *Сталинские суды чести. Дело КР* (Наука,

6.8. Бібліографія та коментарі

Москва, 2005); Н. Митрохин, *Русская партия. Движение русских националистов в СССР. 1953—1985 годы* (Новое литературное обозрение, Москва, 2003); Д. Г. Наджафов (ред.), *Сталин и космополитизм. Документы Агитпропа ЦК КПСС. 1945—1953* (МФД: Материк, Москва, 2005); А. С. Сонин, *Физический идеализм. История одной идеологической кампании* (Наука, Москва, 1994); А. С. Сонин, *Борьба с космополитизмом в советской науке* (Наука, Москва, 2011); Ю. Н. Сорокин, *Александр Федорович Можайский — создатель первого самолета. Сборник документов* (АН СССР, Москва, 1955); Н. А. Черемных, И. Ф. Шипилов, А. Ф. Можайский — создатель первого в мире самолета (Военное издательство министерства обороны СССР, Москва, 1955); Y. M. Brudny, *Reinventing Russia. Russian Nationalism and the Soviet State, 1953—1991* (Harvard University Press, Cambridge, MA, 1999); J. B. Dunlop, *The Faces of Contemporary Russian Nationalism* (Princeton University Press, Princeton, NJ, 1983).

¹¹⁹ М. Д. Ахундов, Л. Б. Баженов, *У истоков идеологизированной науки. Природа*, 2, с. 90—99 (1989); А. Д. Макаров, *Историко-философское введение к курсу марксистско-ленинской философии. Издание третье, дополненное* (Мысль, Москва, 1972); А. А. Максимов, И. В. Кузнецов, Я. П. Терлецкий, Н. Ф. Овчинников (ред.), *Философские вопросы современной физики* (АН СССР, Москва, 1952); С. Г. Суворов, *Ленинская теория познания и физика. Успехи физ. наук*, 100 (4), 537—600 (1970); М. В. Яковлев, *Идеология. Противоположность марксистско-ленинской и буржуазных концепций* (Мысль, Москва, 1979); М. Г. Ярошевский, *Марксизм в советской психологии*. В книге: М. Г. Ярошевский (ред.), *Репрессированная наука. Выпуск II* (Наука, Санкт-Петербург, 1994), с. 24—44. Власне, марксистське за формою, але безглузде за змістом, бурмотіння філософів-марксистів (варто було би завжди додавати префікс «псевдо») легко переходить у релігійний фундаменталізм (який нічого спільного не має з християнським богослов'ям цивілізованої Європи). Така метаморфоза відбулася з французьким революціонером *Роже Гароді*, який із відданого марксиста став ісламським фундаменталістом і професійним, відвертим, а не сором'язливим антисемітом: Р. Гароді, *Вопросы марксистско-ленинской теории познания* (ИЛ, Москва, 1955); Р. Гароді, *Марксизм XX века* (Прометей, Москва, 1994); Р. Гароді, *Основополагающие мифы израильской политики* (Наш Современник, Москва, 1997); R. Garaudy, *Verheißung im Islam* (SKD Bavaria, München, 1994).

¹²⁰ Б. С. Горобец, *Круг Ландау и Лифшица* (УРСС, Москва, 2008); Б. Л. Иоффе, *Без ретуши. Портреты физиков на фоне эпохи* (Фазис, Москва, 2004); Б. А. Каневский, В. А. Сендеров, *Интеллектуальный геноцид. Экзамены для евреев: МГУ, МФТИ, МИФИ* (Москва, 1980); Г. В. Костырченко, *Тайная политика Сталина. Власть и антисемитизм* (Международные отношения, Москва, 2003); Г. В. Костырченко, *Сталин против «космополитов». Власть и еврейская интеллигенция в СССР* (РОССПЭН, Москва, 2010); Г. В. Костырченко (сост.), *Государственный антисемитизм в СССР. От начала до кульминации. 1938—1953* (МФД: Материк, Москва, 2012); В. М. Краснопольский, *Как я поступил на физфак МГУ. Заметки по еврейской истории*, 5-6 (230), май—июнь (2021), https://z.berkovich-zametki.com/y2021/nomer5_6/krasnopol'sky/; Н. Митрохин, *Русская партия. Движение русских националистов в СССР. 1953—1985 годы* (Новое литературное обозрение, Москва, 2003);

Д. Г. Наджафов (ред.), *Сталин и космополитизм. Документы Агитпропа ЦК КПСС. 1945—1953* (МФД: Материк, Москва, 2005); Б. Поляк, *Как поступали на мехмат*. Заметки по еврейской истории, **8-9** (232), (2021), https://z.berkovich-zametki.com/y2021/nomer8_9/bpoljak/; Я. Л. Рапопорт, *На рубеже двух эпох. Дело врачей 1953 года* (Книга, Москва, 1988); А. С. Сонин, *Борьба с космополитизмом в советской науке* (Наука, Москва, 2011); J. M. Bohenski, *Soviet Russian Dialectical Materialism [Diamat]* (Reidel, Dordrecht, 1963); M. Saul, *Kerosinka: An episode in the history of Soviet mathematics*. Notices AMS, **46** (10), 1217—1220 (1999); M. Shifman (ed.) *You Failed Your Math Test, Comrade Einstein. Adventures and Misadventures of Young Mathematicians* (World Scientific, Singapore, 2005).

¹²¹ В Україні антисемітизм лютував тоді особливо нестерпно, що спонукало молодих євреїв, які прагнули отримати освіту та влаштуватися на інтелектуальну наукову або викладацьку роботу, виїжджати за межі республіки. Див., наприклад: А. Гордон, *Интервью* (2019), <https://sem40.co.il/315810-intervju-s-aleksandrom-gordonom-avtorom-trilogii-trilogii-bezrodnye-patrioty-korennye-chuzhaki-urozhdennnye-inozemcy.html>; А. Гордон (2021), http://a.kras.cc/2021/08/blog-post_532.html; И. Деген, *В сравнении с 1913 годом*. Заметки по еврейской истории, **2** (172), (2014). Ця політика дискримінувала не лише євреїв. Вона бумерангом ударила по українцях, адже знищила меритократичні засади суспільства, що нанесло непоправну шкоду країні та, зокрема, українській науці. Наслідки даються взнаки дотепер, коли державного антисемітизму давно немає, але наразі дискримінуються уже талановиті етнічні українці, які не можуть зайняти належні ним місця, оскільки вони розподіляються між «своїми». Вибір «своїх» буває різним, але яким би він не був, наука від цього в'яне й невдовзі зникає. Дивись більш загальні міркування на цю тему: О. Габович, В. Кузнецов, *Услідження Західної науки як симптом занепаду всієї цивілізації*. Сенсор. Електрон. Мікросистем. Технол., **18** (2), 33—46 (2021); А. І. Krylov, *The peril of politicizing science*. J. Phys. Chem. Lett., **12** (22), 5371—5376 (2021).

¹²² Білуха Ю. (кер. кол. упор.), *Депортовані кримські татари, болгари, вірмени, греки, німці. Збірник документів Автономної Республіки Крим (1989—1999)* (Абрис, Київ, 1999); С. Липкин, *Декада* (Книжная палата, Москва, 1990); Н. М. Наймарк, *Геноциди Сталіна* (Видавничий дім «Києво-Могилянська академія», Київ, 2011); А. Некрич, *Наказанные народы* (Хроника, Нью-Йорк, 1978).

¹²³ О. М. Габович, В. І. Кузнецов, І. Є. Кашуба, В. С. Ольховський, В. М. Єрмаков, Л. С. Брижик, О. О. Єремко, О. У. Хомра, В. В. Шкода, *Про стан фундаментальної науки в Україні*. Економіст, **3** (221), с. 14—16 (2005); О. М. Габович, В. І. Кузнецов, *Наука та еліта*. Економіст, **1** (231), с. 66—73 (2006); О. М. Габович, В. І. Кузнецов, *Корупційні фактори в науці: спроба аналізу*. Економіст, **11** (241), с. 78—81 (2006); О. М. Габович, В. І. Кузнецов, *Таємниці вітчизняної неприродної науки*. Економіст, **1**, с. 65—71 (2007); О. М. Габович, В. І. Кузнецов, *Українська наука: від сьогодення до майбутнього параліча*. Економіст, **1**, с. 60—71 (2008); Олександр Габович, *Мище коріння вітчизняної псевдонауки*. Дзеркало тижня, **8**, субота, 2 березня (2019).

¹²⁴ А. В. Андреев, *Физики не шутят. Страницы социальной истории научно-исследовательского Института физики при МГУ (1922—1954)* (Прогресс-

6.8. Бібліографія та коментарі

традиция, Москва, 2000); Б. С. Горобец, *Круг Ландау и Лифшица* (УРСС, Москва, 2008); А. А. Максимов, И. В. Кузнецов, Я. П. Терлецкий, Н. Ф. Овчинников (ред.), *Философские вопросы современной физики* (АН СССР, Москва, 1952); А. С. Сонин, *Физический идеализм. История одной идеологической кампании* (Наука, Москва, 1994); А. С. Сонин, *Борьба с космополитизмом в советской науке* (Наука, Москва, 2011).

¹²⁵ В. М. Тихомиров, *Об Иване Георгиевиче Петровском*. В Математическое просвещение, 3 (6) (МЦНМО, Москва, 2002), с. 5—13.

¹²⁶ С. С. Герштейн, С. П. Денисов, А. М. Зайцев, С. В. Иванов, В. А. Матвеев, М. А. Мествиришвили, В. А. Петров, В. Рубаков, В. А. Садовничий, А. А. Славнов, А. Н. Скринский, Ю. А. Трутнев, Н. Е. Тюрин, *Памяти Анатолія Алексеевича Логунова*. Успехи физ. наук, 185 (9), 1005—1006 (2015); А. А. Логунов, *Лекции по теории относительности и гравитации. Современный анализ проблемы* (Наука, Москва, 1987).

¹²⁷ Садовничий, Виктор Антонович, https://ru.wikipedia.org/wiki/Садовничий,_Виктор_Антонович.

¹²⁸ Цікавими є розбіжності в оцінці особистості Дмитра Іваненка в українському та російському дописах у Вікіпедії, хоча обидва вони досить компліментарні: https://uk.wikipedia.org/wiki/Іваненко_Дмитро_Дмитрович_7.

¹²⁹ Його ученй Генадій Сарданашвілі захоплено пише про Іваненка та його досягнення: Г. А. Сарданашвили, *Дмитрий Иваненко — суперзвезда советской физики: Непубликованные мемуары* (УРСС, Москва, 2009). Утім, у цій книжці містяться також доволі викривальні фрагменти стенограми засідання (від 19 січня 1949 року) оргкомітету з підготовки Всесоюзної наради фізиків, що не відбулася, яка мала би розчавити супротивників Іваненка [про підготовку цієї наради та скасування її проведення див.: А. С. Сонин, *Физический идеализм. История одной идеологической кампании* (Наука, Москва, 1994), с. 114—161; А. С. Сонин, *Борьба с космополитизмом в советской науке* (Наука, Москва, 2011), с. 224—264. Особливо цікаво, що Іваненко піклується (с. 250 книги Сарданашвілі) про визнання історичних заслуг радянських фізиків-ядерників, які нібито не визнаються Михайлом Леонтовичем та Віталієм Гінзбургом. Іваненко, поза сумнівом, має на увазі свої претензії на авторство протон-нейтронної моделі атомного ядра на підставі крихітного повідомлення: D. Iwanenko, *The neutron hypothesis*. Nature, 129 (3265), 798 (1932). З позицій сьогодення необхідно зазначити: в питаннях пріоритету треба спиратися виключно на журнальні публікації: або неопубліковані, але достовірні та з певних причин не відправлені до друку або відхилені редакціями матеріали, а не на чиїсь спогади. В нашому випадку пріоритет у питанні, чи складається ядро не лише з протонів, а й із нейтронів, поза сумнівом належить видатному британському науковцю Джеймсу Чедвіку [H. Massey, N. Feather, *James Chadwick. 20 October 1891—24 July 1974*. Biogr. Mem. Fellows Roy. Soc., 22, 10—70 (1976)], який відкрив нейтрон, що міститься в атомному ядрі: J. Chadwick, *Possible existence of a neutron*. Nature, 129 (3252), 312 (1932); J. Chadwick, *The existence of a neutron*. Proc. R. Soc. Lond. A, 136 (830), 692—708 (1932); J. Chadwick, *Bakerian lecture. The neutron*. Proc. R. Soc. Lond. A, 142 (846), 1—25 (1933). Цікавими є міркування Іваненка, який припустив, що в ядрі крім протонів та нейтронів можуть існувати електрони, які змінюють свої властивості всередині ядра, а також

α -частинки на рівних підставах із протонами та нейтронами. Жодної теорії ядра, що складається з протонів та нейтронів, у *Іваненка* немає як у цій публікації, так і в подальших у тому ж (тоді славетному) журналі. Натомість у серії праць, перша з яких вийшла того ж 1932 року (W. Heisenberg, *Über den Bau den Atomkerne*. Zs. Phys., 77 (1), 1–11 (1932), російський переклад: В. Гейзенберг, *О строении атомных ядер. I*, в книзі: В. Гейзенберг, *Избранные труды* (УРСС, Москва, 2001), с. 498–505), Вернер Гейзенберг [D. C. Cassidy, *Beyond Uncertainty. Heisenberg, Quantum Physics, and the Bomb* (Bellevue Literary Press, New York, 2009); N. Mott, R. Peierls, *Werner Heisenberg. 5 December 1901–1 February 1976*. Biogr. Mem. Fellows Roy. Soc., 23, 212–251 (1977)] таку теорію розробив. Більше того, він цілком позитивно посилається на куценку замітку *Іваненка*, про яку йдеться. Така шляхетна позиція, на жаль, не була ним витримана під час Другої світової війни, коли він очолив німецький ядерний проєкт. Проте його тодішню поведінку не всі сучасники засуджують. Зокрема, виправдальні тези можна знайти в окремому розділі книги, написаної відомим російським фізиком Євгеном Фейнбергом: Е. Л. Фейнберг, *Эпоха и личность. Физики. Очерки и воспоминания. Издание второе, переработанное и дополненное* (Физматлит, Москва, 2003), Глава «Гейзенберг Вернер Карл (1901–1976)», с. 304–367.

¹³⁰ О. Мороз, *Жажда истины. Книга об Эренфесте* (Знание, Москва, 1984); В. Я. Френкель, *Пауль Эренфест. Издание второе, переработанное и дополненное* (Атомиздат, Москва, 1977); G. E. Uhlenbeck, *Reminiscences of Professor Paul Ehrenfest*. Amer. J. Phys., 24 (6), 431–433.

¹³¹ А. В. Андреев, *Физики не шутят. Страницы социальной истории научно-исследовательского Института физики при МГУ (1922–1954)* (Прогресс-традиция, Москва, 2000), с. 102–106.

¹³² Зрозуміло, що внески *Власова* й *Тамма* до скарбниці світової фізики неспівставні, бо Нобелівський лауреат *Ігор Тамм* був одним із фізиків, які визначили напрям розвитку квантової фізики ХХ століття: В. И. Достовалова (сост.), *Первые советские нобелевские лауреаты-физики (Актуальные проблемы физики)* (Знание, Москва, 1984); Е. Л. Фейнберг (ред.), *Воспоминания о И. Е. Тамме. К 100-летию со дня рождения. Издание третье, дополненное* (ИЗДАТ, Москва, 1995).

¹³³ А. В. Андреев, *Физики не шутят. Страницы социальной истории научно-исследовательского Института физики при МГУ (1922–1954)* (Прогресс-традиция, Москва, 2000), с. 115–153.

¹³⁴ Б. Б. Кадомцев (ред.), *Воспоминания об академике Леонтовиче* (Наука, Москва, 1990); В. И. Коган, Л. К. Кузнецова, В. Д. Новиков (сост.), *Академик М. А. Леонтович. Ученый. Учитель. Гражданин* (Наука, Москва, 2003).

¹³⁵ Б. Б. Кадомцев (ред.), *Воспоминания об академике Л. А. Арцимовиче* (Наука, Москва, 1981); *К 100-летию со дня рождения академика Л. А. Арцимовича. Научная сессия Отделения физических наук Российской академии наук, 18 февраля 2009 года; Совместное заседание Ученого совета Российского научного центра «Курчатовский институт», Президиума Российской академии наук и Госкорпорации «Росатом», 18 марта 2009 года*. Успехи физ. наук, 179 (12), 1335–1361 (2009).

¹³⁶ А. Г. Плоткина (сост.), *Воспоминания об академике И. К. Кикоине* (Наука, Москва, 1991).

6.8. Бібліографія та коментарі

¹³⁷ А. В. Андреев, *Физики не шутят. Страницы социальной истории научно-исследовательского Института физики при МГУ (1922—1954)* (Прогресс-традиция, Москва, 2000), с. 147—153.

¹³⁸ Б. С. Горобец, *Круг Ландау и Лифшица* (УРСС, Москва, 2008), с. 234—260; В. М. Краснопольский, *Как я поступил на физфак МГУ. Заметки по еврейской истории*, **5-6** (230), (2021), https://z.berkovich-zametki.com/y2021/pomer5_6/krasnopolsky/.

¹³⁹ А. В. Андреев, *Физики не шутят. Страницы социальной истории научно-исследовательского Института физики при МГУ (1922—1954)* (Прогресс-традиция, Москва, 2000), с. 124—125, 142.

¹⁴⁰ В. И. Иверонова, Г. В. Курдюмов, Я. С. Уманский, *Сергей Тихонович Конобеевский (К восьмидесятилетию со дня рождения)*. Успехи физ. наук, **101** (2), 349—351 (1970).

¹⁴¹ А. В. Андреев, *Физики не шутят. Страницы социальной истории научно-исследовательского Института физики при МГУ (1922—1954)* (Прогресс-традиция, Москва, 2000), с. 249—250; А. Соколов, Д. Иваненко, *Квантовая теория поля (избранные вопросы)* (ГИТТЛ, Москва—Ленинград, 1952); А. А. Соколов, И. М. Тернов, В. Ч. Жуковский, А. В. Борисов, *Квантовая электродинамика* (МГУ, Москва, 1983).

¹⁴² А. Ф. Александров, А. А. Рухадзе, *К истории основополагающих работ по кинетической теории плазмы*. Физика плазмы, **23** (5), 474—480 (1997), с. 479—480.

¹⁴³ В. Л. Гинзбург, *О некоторых горе-историках физики*. Трибуна. Успехи физ. наук, **7** (2000): https://ufn.ru/tribune/article_5.pdf; В. Л. Гинзбург, *О некоторых горе-историках физики*. ВИЕТ, **4**, с. 5—14 (2000). Гинзбург цілком чесно зазначає, що головну роль у появі статті чотирьох відіграла роль *Власова* як прапора погромного комуністичного істеблшменту МДУ, який цькував фізику й фізиків та готував її знищення в стилі знищення генетики сумнозвісним невігласом-академіком *Трохимом Лисенком*. Якби не зазначена яскрава суспільна роль *Власова*, на його помилки навряд би звернули увагу. Проте з точки зору науки, як пише *Гинзбург*, стаття була бездоганною. З цією тезою ми (*ОГ* та *ВК*) згодні, але нищівний тон статті академіків викликав такі емоції, що поставив перед читачами під сумнів також основні результати статті *Власова* 1938 року, які мали й мають велике наукове значення. А от про пріоритет *Джинса* щодо самоузгодженого поля чотири автори не знали, так що критики в цьому відношенні *Власову* вдалося уникнути тоді та впродовж усього його життя.

¹⁴⁴ V. L. Ginzburg, *Nobel Lecture: On superconductivity and superfluidity (what I have and have not managed to do) as well as on the «physical minimum» at the beginning of the XXI century*. Rev. Mod. Phys., **76** (3), 981—998 (2004).

¹⁴⁵ В. Л. Гинзбург, Л. Д. Ландау, *К теории сверхпроводимости*. ЖЭТФ, **20** (12), 1064—1082 (1950).

¹⁴⁶ А. А. Рухадзе, *События и люди. Издание пятое, исправленное и дополненное* (Научтехлитиздат, Москва, 2010).

¹⁴⁷ В. Л. Гинзбург, А. А. Рухадзе, *Волны в магнитоактивной плазме. Издание второе, переработанное* (Наука, Москва, 1975).

¹⁴⁸ А. А. Рухадзе, *События и люди. Издание пятое, исправленное и дополненное* (Научтехлитиздат, Москва, 2010), с. 5.

¹⁴⁹ А. Т. Фоменко, *Троянская война в средневековье. Разбор откликов на наши исследования* (Астрель: АСТ, Москва, 2007); А. Т. Фоменко, *Четыреста лет обмана. Математика позволяет заглянуть в прошлое* (Астрель: АСТ, Москва, 2007).

¹⁵⁰ А. М. Габович, Д. П. Моисеев, *Металлооксидный сверхпроводник $VaPb_{1-x}VixO_3$: необычные свойства и новые применения*. Успехи физ. наук, **150** (4), 599—623 (1986); Т. Ekino, М. Iwano, А. Sugimoto, J. Akimitsu, А. М. Gabovich, *Tunneling and break junction spectroscopy of the ambient-pressure semiconducting and superconducting gap structures in the ladder compound $(Sr, Ca)_{14}Cu_{24}O_{41}$* . Phys. Rev. B, **104** (5), 054514 (2021).

¹⁵¹ Передбачені Айнштайном гравітаційні хвилі були нещодавно відкриті експериментально, за що навіть було присуджено Нобелівську премію з фізики: В. Р. Abbott et al., *Observation of gravitational waves from a binary black hole merger*. Phys. Rev. Lett., **116** (6), 061102 (2016); В. Allen, *The Nobel lectures on gravitational waves and LIGO*. Ann. Phys. (Berlin), **531** (1), 1800442 (2019); В. Barish, *LIGO and gravitational Waves, II: Nobel lecture, December 8, 2017*. Ann. Phys. (Berlin), **531** (1), 1800357 (2019); К. S. Thorne, *LIGO and gravitational Waves, III: Nobel lecture, December 8, 2017*. Ann. Phys. (Berlin), **531** (1), 1800350 (2019); R. Weiss, *LIGO and gravitational Waves, I: Nobel lecture, December 8, 2017*. Ann. Phys. (Berlin), **531** (1), 1800349 (2019).

¹⁵² А. Эйнштейн, *Собрание научных трудов. Том 4. Статьи, рецензии, письма. Эволюция физики в соавторстве с Леопольдом Инфельдом* (Наука, Москва, 1967), с. 357—543.

¹⁵³ E. Infeld, *Leopold Infeld Bibliography*. General Relativ. Gravitation, **1** (2), 191—208 (1970).

¹⁵⁴ Л. Инфельд, *Мои воспоминания об Эйнштейне*. Успехи физ. наук, **59** (1), 135—184 (1956), с. 163.

¹⁵⁵ Я. Б. Зельдович, М. Ю. Хлопов, *Драма идей в познании природы. Частицы, поля, заряды* (Наука, Москва, 1988).

ПІСЛЯМОВА. ПРО ДЕЯКІ ПЕРЕВАГИ ПОЛІСИСТЕМНОЇ РЕКОНСТРУКЦІЇ НАУКОВИХ ТЕОРІЙ

У нашій книзі неформально, але досить детально, описані дві підсистеми наукової теорії: називна та онтична. Тим не менш, логіка викладу та переплетіння різних підсистем змушувала авторів посилатися іноді й на інші підсистеми (мовну, модельну, проблемну, гіпотезну тощо). Однак без ретельного окремого розгляду кожної підсистеми було би передчасним характеризувати переваги полісистемної реконструкції теорії над її моносистемним або неповними (двійковими чи навіть трійковими) конкурентами. Утім, спираючись на ідеологію філософії наукових теорій та викладений в книзі матеріал, можна зробити кілька попередніх висновків щодо вищості полісистемного тлумачення теорій для історії та філософії науки. Судити про недоліки запропонованого підходу залишаємо читачеві, а деякі міркування щодо переваг наведемо нижче:

1. Полісистемне бачення показує, що теоретизування, тобто використання в науковому дискурсі реальних наукових теорій, є значно складнішим, ніж уявляє більшість філософів науки та й самих науковців.

2. Полісистемне бачення об'єднує складники теорій, які зазвичай у філософії науки розглядаються окремо та поза зв'язками між ними, у сукупний продукт людського розуму. Він у цілковитій згоді зі щоденним практичним застосуванням довів, що є потужним інструментом отримання нового та в більшості випадків доступного експериментальній перевірці знання.

3. Полісистемне бачення висуває метагіпотезу, що справжні практичні наукові теорії мають всі складники, які воно виокрем-

лює. В кожній сучасній науці існує стільки науковості, скільки в ній міститься теоретичного компонента. Теорія не обов'язково сформульована в математичній формі. Тільки в найпростіших випадках фундаментальної фізики вдається повною мірою застосувати могутній засіб — математичний апарат.

4. Ефективність природознавчих наук, зокрема фізичних, обумовлена тим, що вони моделюють однотипні реалії, кожна з яких почасти репрезентує також і решту реалій того ж штибу (атоми, елементарні частинки тощо). Проте за різних умов експериментально-го дослідження досліджувані реалії виявляють різні атрибути.

5. Наявність розмаїття складників та підсистем є необхідною, але аж ніяк не достатньою умовою для того, аби вважати науковою теорією певного претендента на цей статус. Для достатності потрібно ще в межах запропонованої теоретичної схеми отримати нове знання, яке витримало би чимало експериментальних та теоретичних перевірок і було би сприйняте належним чином відповідною фаховою спільнотою.

6. Якщо теорія вивчає реалії зі своєї предметної галузі через їх моделі, то її не слід вважати уособленням абсолютної істини. Адже жодна проблема дослідження реалій не розв'язується точно, а лише в деякому наближенні. Всі твердження наукових теорій про кількісні значення атрибутів цих реалій є наближеними, хоча точність теоретичного розрахунку та експериментального вимірювання навіть так званих фізичних констант (гравітаційної сталої, маси й електричного заряду електрона тощо) збільшується з плином часу.

7. Полісистемне бачення пропонує адекватне відношення між теорією та її предметною галуззю. Спроба експериментальної перевірки теорії потребує звернення до всіх її підсистем і прийняття до уваги зовнішніх експериментальних умов. Неналежно спрощеною виглядає редукція такої перевірки до запропонованих *К. Понпером* процедур фальсифікації та верифікації теорії. Вони ґрунтуються на моносистемному пропозиційному баченні будь-якої теорії як системи тверджень та теорії в цілому — як загального твердження, яке може бути спростовано одним контрприкладом. Таким чином, полісистемність теорії ускладнює її тривіальне заперечення на базі одного хибного передбачення, яке в подальшому може виявитись і зовсім не хибним.

8. Запропоноване *Т. Куном* нечітке парадигмальне бачення науки означає відмову від теорій як форм, в яких існує наука, та

абсолютизацію її розвитку як зміну парадигм. Воно підміняє проблематику філософії науки як дослідження форм знання *per se* проблематикою соціології науки як дослідження сприйняття нових теорій представниками наукових спільнот. У певному сенсі це надзвичайно популярне в середовищі представників соціальних і гуманітарних наук бачення невдало заповнює створену *Поппером* лакуну, яка виносить контекст відкриття за межі аналізу філософією науки. Крім того, постульована *Куном* несумірність парадигм (фактично моделей досліджуваних реалій) не бере до уваги використання новою теорією багатьох складників її попередників, тобто нехтує тяглістю наукового прогресу.

9. З точки зору полісистемного бачення окрему теорію доцільно розглядати не як ізольований самостійний компонент наукового дискурсу, а як елемент мережі теорій відповідної науки, який, до речі, існує у багатьох версіях. Між елементами цієї мережі існує спектр відношень: відповідності, наступності, уточнення, квантифікації, уніфікації, аксіоматизації, спростування, заперечення, узагальнення, конкретизації, конкуренції, взаємної підтримки тощо.

10. Згідно з полісистемним баченням розвиток наукової теорії може починатися з будь-якої її підсистеми або шляхом змін вже існуючого складника, або «відкриттям», фактично конструюванням нового складника та індукованих цими процесами наступних змін у решті підсистем. Ось чому внесок у розвиток теорій роблять зокрема математики, які пропонують нові методи обчислень і нові математичні об'єкти (скажімо, матриці або узагальнені функції). Це можуть робити і фізики-теоретики, які тоді перебирають роль математиків (дельта-функція *П. Дірака* як першоджерело узагальнених функцій). Першопроходцями можуть виступати й фізики-експериментатори, які на підставі отриманих даних пропонують нові змістовні репрезентативні моделі на кшталт планетарної моделі атома, яку запропонував *Е. Резерфорд*. Отже, полісистемність теорії створює простір для співпраці заради її розвитку вчених з різним стилем мислення (*П'єр Дюгем*¹). Усвідомлення полісистемності теорій сприяє також наступним розгорнутим історико-науковим дослідженням.

¹ P. Duhem, *The Aim and Structure of Physical Theory* (Princeton University Press, Princeton, New Jersey, 1991). П. Дюгем, *Физическая теория. Ее цель и строение* (УРСС, Москва, 2007).

ІМЕННИЙ ПОКАЖЧИК

До покажчика включені імена осіб, про яких повідомляється в основному тексті та (або) коментарях.

Детальнішу інформацію про більшість згаданих у покажчику осіб та написання їхніх імен дивись <https://uk.wikipedia.org/>

Біографічні дані деяких осіб автори не змогли розшукати навіть в інтернеті.

А

- Ааронов Якір (Yakir Aharonov, 1932—) 304
- Августин Аврелій (354—430) 267
- Аврелій Марк Аврелій (Marcus Aurelius Antoninus Augustus, 121—180) 334
- Агранович Володимир Мойсейович (1929—) 310
- Агацці Евандро (Evandro Agazzi, 1934—) 10
- Адамс Джон Кауч астроном (John Couch Adams, 1819—1892) 157
- Азімов Айзек (Isaac Asimov, 1919/1920—1992) 399
- Айнштайн Альберт (також Ейнштейн) (Albert Einstein, 1979—1955) 31
- Александров Евгений Борисович (1936—) 424
- Ампер Андре-Мари (André-Marie Ampère, 1775—1836) 16
- Андерсон Філіп Воррен (Philip Warren Anderson, 1923—2020) 63
- Аннет Джеймс (James Annett) 10
- Аполлон, давньогрецький бог 343
- Арістотель (Ἀριστοτέλης, 384 до н. е.—322 до н. е.) 239

- Аристарх Самоський (Ἀρισταρχος ο Σαμσιος (бл. 310—бл. 230 до н. е.) 61
- Арнольд Володимир Ігорович (1937—2010) 154
- Артур, міфічний англійський король 268
- Аршинов Володимир Іванович (1941—) 45
- Архімед (Ἀρχιμήδης, близько 287—212 до н. е.) 385
- Арцимович Лев Андрійович (1909—1973) 479
- Ауслос Марсель (Marcel Ausloos, 1943—) 10
- Афіна Паллада (Παλλάς Ἀθηνᾶ), давньогрецька богиня 286

Б

- Баарс Берnard (Bernard J. Baars, 1946—) 337
- Байз Джон (John Carlos Baez (1961—) 341
- Бак Пер (Per Bak, 1948—2002) 115
- Бальцер Вольфганг (Wolfgang Balzer, 1947—) 10

Іменний покажчик

- Бардін Джон (John Bardeen, 1908—1991) 99
- Бахнов Владлен Юхимович (1924—1994) 244
- Бекон Френсіс (Francis Bacon, 1561—1626) 20
- Белоусов Борис Павлович (1893—1970) 214
- Бентам Джеремі (Jeremy Bentham, 1748—1832) 293
- Бентлі Річард (Richard Bentley, 1662—1742) 468
- Берклі Джордж (George Berkeley, 1685—1753) 207
- Бернуллі Даніель (Daniel Bernoulli, 1700—1782) 489
- Берцеліус Єнс Якоб (Jöns Jakob Berzelius, 1779—1848) 217
- Біо Жан—Батіст (Jean-Baptiste Biot, 1774—1862) 204
- Богачевська-Хом'як Марта (Martha Bohachevsky-Chomiak, 1938—) 10
- Боголюбов Микола Миколайович (1909—1992) 123
- Больцман Людвіг Едуард (Ludwig Eduard Boltzmann, 1844—1906) 26
- Бом Давід (David Joseph Bohm, 1917—1992) 304
- Бор Нільс Генрік Давид (Niels Henrik David Bohr, 1885—1962) 234
- Борн Макс (Max Born, 1882—1970) 256
- Браге Тихо (Tycho Brahe, 1546—1601) 61
- Бразовский Сергей (Serguei Brazovskii (1945—) 10
- Брахма, індуїстський бог 400
- Брей Вільям (William Crowell Bray, 1879—1946) 318
- Бріджмен Персі Вільямс (Percy Williams Bridgman 1882—1961) 118
- Бронфман Віулен Веніамінович (1950—) 243
- Буало-Депрео Нікола (Nicolas Boileau-Despréaux, 1636—1711) 268
- Булгаков Михайло Опанасович (1891—1940) 103
- Бунге Маріо (Mario Bunge, 1919—2020) 52
- Бурбакі Нікола—псевдонім групи французьких математиків 247
- Бургін Марк Семенович (Burgin Mark, 1946—) 167
- В**
- Вавілов Сергій Іванович (1891—1951) 129
- Вайнберг Стівен (Steven Weinberg, 1933—2021) 119
- Вайтхед Альфред Норт (Alfred North Whitehead, 1861—1947) 287
- Вант-Гофф Якоб Гендрік (Jacobus Henricus (Henry) van 't Hoff, 1852—1911) 219
- Ван-дер-Ваальс Йоганнес Дідерік (Johannes Diderik van der Waals, 1837—1923) 206
- Ванцель П'єр Лоран (Pierre Laurent Wantzel, 1814—1848) 137
- Васильєв Вадим 307
- Васюков Володимир Леонідович (1948—) 75
- Вевелл Вільям (William Whewell, 1794—1866) 41
- Веєрштрасс Карл Теодор Вільгельм (Karl Theodor Wilhelm Weierstraß, 1815—1897) 332
- Вейль Герман Клаус Гуго (Hermann Klaus Hugo Weyl, 1885—1955) 287
- Велс (Уеллс) Герберт (Herbert George Wells, 1866—1946) 430
- Вельбовець Наталія (1947—) 9

Іменний покажчик

- Віст Франсуа (FrançoisViète, 1540—1603) 285
- Віко Джамбатіста (Giambattista Vico, 1688—1744) 68
- Вільсон Кеннет Геддес (Kenneth Geddes Wilson, 1936—2013) 405
- Вільчек Френк (Frank Wilczek, 1951—) 56
- Вінер Норберт (Norbert Wiener, 1984—1964) 192
- Вітгенштайн Людвіг Йозеф Йоганн (Ludwig Josef Johann Wittgenstein, 1889—1951) 308
- Вішну, індуїстський бог 400
- Власов Анатолій Олександрович (1908—1975) 359
- Воллес (також Уоллес) Альфред Рассел, (Alfred Russel Wallace, 1823—1913) 350
- Волперт (також Вольперт, Уолперт) Льюїс (Lewis Wolpert, 1929—2021) 14
- Вольфрам Стівен (StephenWolfram, 1959—) 65
- Вонсовський Сергій Васильович (1910—1998) 112
- Вортингтон Артур (Arthur Mason Worthington, 1852—1916) 37
- Г**
- Габбл (також Хаббл) Едвін Павелл (Edwin Powell Hubble 1889—1953) 360
- Габермас (Хабермас) Юрген (Jürgen Habermas, 1929—) 121
- Габович Олександр Маркович (1946—) 10
- Гай Яків Гаврилович (1926—2010) 325
- Гайдай Леонід Йвович (1923—1993) 244
- Гайтлер Вальтер Генріх (Walter Heinrich Heitler, 1904—1981) 228
- Галілей Галілео ді Вінченцо Бонаюті де Галілео (Galileodi Vincenzo Bonaiutide ‘Galilei, 1564—1642) 417
- Галісон Пітер Луїс (Peter Louis Galison, 1955—) 37
- Галуа Еварист (Évariste Galois, 1811—1832) 276
- Гамільтон Вільям Ровен (William Rowan Hamilton, 1806—1865) 471
- Гантмахер Фелікс Рувимович (1908—1964) 128
- Гардашук Тетяна Василівна (1958—) 9
- Гароді Роже (Roger Garaudy, 1913—2012) 499
- Гаусс Карл Фрідріх (Johann Carl Friedrich Gauss, 1777—1855) 276
- Гашек Ярослав (Jaroslav Hašek, 1883—1923) 334
- Гевісайд (також Хевісайд) Олівер (Oliver Heaviside, 1850—1925) 286
- Гедель Курт (Kurt Gödel, 1906—1978) 331
- Гейдж Ніколь (Nicole Gage, 1951—) 337
- Гайзенберг (також Гейзенберг) Вернер Карл (Werner Karl Heisenberg, 1901—1976) 23
- Гелл—Манн Маррі (Murray Gell—Mann, 1929—2019) 69
- Гельмгольц Герман Людвіг Фердинанд фон (Hermann Ludwig Ferdinandvon Helmholtz, 1821—1894) 203
- Гепперт-Майер Марія (Maria Goerpert-Mayer, 1906—1972) 61
- Герон Олександрійський (Hρων, бл. 10—70) 342

Іменний покажчик

- Гершель Вільям (Friedrich William Herschel, 1738—1822) 396
- Герц Генріх Рудольф (Heinrich Rudolf Hertz, 1857—1894) 202
- Голмс Олівер Венделл старший (Oliver Wendell Holmes, 1809—1894) 431
- Гібз (також Джібс) Джозайя (Josiah Gibbs, 1839—1903) 380
- Гуссерль Едмунд (Edmund Gustav Albrecht Husserl, 1859—1938) 414
- Гюккель Еріх Арманд Артур Йозеф (Erich Armand Arthur Joseph Hückel, 1896—1980) 495
- Д**
- Дайнс Роберт (Robert Carr Dynes, 1942—) 101
- д'Аламбер Жан ле Рон (Jean le Rond d'Alembert, 1717—1783) 30
- Дальтон Джон (John Dalton, 1766—1844) 104
- Дарвін Чарльз Роберт (Charles Robert Darwin, 1809—1882) 80
- Дастон Лоррейн (Lorraine Daston, 1951—) 37
- Дебай Пітер Джозеф Вільям (Petrus Josephus Wilhelmus Debye, англ. Peter Debye, 1884—1966) 495
- Дедекінд Ріхард Юліус Вільгельм (Julius Wilhelm Richard Dedekind, 1831—1916) 255
- Декарт Рене (René Descartes, 1596—1650) 198
- Депенчук Надія Павлівна (1920—1992) 9
- Дермер Отіс (Otis Clifford Dermer, 1909—2000) 315
- де Сервантес Сааведра Мігель (Мігель) (Miguel de Cervantes Saavedra, 1547—1616) 333
- Де Сіттер Вільям (Willem de Sitter, 1872—1934) 472
- де Фріз (також Вріс) Густав (Gustav de Vries, 1866—1934) 32
- Дьєдонне Жан Александр Ежен (Jean Alexandre Eugène Dieudonné, 1906—1992) 247
- Джинс Джеймс Гопвуд (James Hopwood Jeans, 1877—1946) 426
- Джозефсон Браян Девід (Brian David Josephson, 1940—) 80
- Дишлевий Петро Сидорович (1927—2000) 9
- Діоніс, фракійський бог 292
- Дірак Поль Адрієн Моріс (Paul Adrien Maurice Dirac, 1902—1984) 440
- Добржанський (також Добжанський) Феодосій/Теодосій (1900—1975) 44
- Дойл Артур Ігнатіус Конан (Arthur Ignatius Conan Doyle, 1859—1930) 333
- Дон Кіхот з Ламанчі (don Quijote de la Mancha), літературний персонаж 333
- Дюгем П'єр (Pierre Maurice Marie Duhem, 1861—1916) 507
- Е**
- Евклід (Ευκλείδης, 365—270 до н.е.) 23
- Еддінгтон Артур (Arthur Stanley Eddington, 1882—1944) 475
- Ейлер Леонард (Leonhard Euler, 1707—1783) 264
- Еко Умберто (Umberto Eco, 1932—2016) 20
- Енгельс Фрідріх (Friedrich Engels, 1820—1895) 239
- Еренфест Пауль (Paul Ehrenfest, 1880—1933) 478

Є

- Єнсен Йоганнес Ганс Даніель
(Johannes Hans Daniel Jensen,
1907—1973) 61
- Єрмоленко Анатолій Миколайович
(1952—) 9
- Єфремов Юрій Миколайович (1937—
2019) 370

Ж

- Жаботинський Анатолій Маркович
(1938—2008) 214

З

- Завгородній Юрій (1969—) 453
- Загороднюк Валерій (1955—) 9
- Заде Лотфі (Lotfi Askar Zadeh,
1921—2017) 279
- Зажигалов Валерій (1946—) 9
- Займан Джон Майкл (John Michael
Ziman, 1925—2005) 12
- Зевс, давньогрецький бог 286
- Зелігер Гуго фон (Hugovon Seeliger,
1849—1924) 474
- Зоммерфельд Арнольд Йоганнес
(Sommerfeld Arnold Johannes Wil-
helm, 1868—1951) 244

І

- Іван Васильович Четвертий (Жахли-
вий) (1530—1584) 103
- Іваненко Дмитро Дмитрович
(1904—1990) 478
- Інфельд Леопольд (Leopold Infeld,
1898—1968) 482
- Ірншоу/Ерншоу Самюель
(Samuel Earnshaw, 1805—1888) 223

Й

- Йолон Петро Федорович (1933—
2019) 9

К

- Казимір (також Казимир) Гендрік
(Hendrik Casimir, 1909—2000) 313
- Каданофф Лео Филип (Leo Philip
Kadanoff, 1937—2015) 405
- Калашніков Михайло Тимофійович
(1919—2013) 183
- Камерлінг-Оннес Гейке (Heike Ka-
merlingh Onnes, 1853—1926) 126
- Кан Роберт (Robert Sidney Cahn,
1899—1981) 227
- Кант Еммануїл (Immanuel Kant,
1724—1804) 121
- Кантор Георг Фердинанд Людвіг
Філіпп (Georg Ferdinand Ludwig
Philipp Cantor, 1845—1918) 82
- Капиця Сергій Петрович (1928—
2012) 17
- Карнап Рудольф (Paul Rudolf Carnap,
1891—1970) 296
- Касавін Ілля Теодорович (1954—) 45
- Кассієр Ернст (Ernst Cassirer,
1874—1945) 197
- Квайн Віллард Ван Орман (Willard
Van Orman Quine, 1908—2000) 79
- Кевендіш Генрі (Henry Cavendish,
1731—1810) 444
- Кекуле фон Страдоніц Фрідріх Ав-
густ (Friedrich August Kekulé von
Stradonitz, 1829—1896) 224
- Кельвін, Лорд, також Томсон Ві-
льям (William Thomson, 1st Baron
Kelvin, 1824—1907) 489
- Кеплер Йоганн (Johannes Kepler,
1571—1630) 61
- Керрол Льюїс (справжнє ім'я Чарльз
Латвідж (Лютвідж) Доджсон)
(Lewis Carroll, actual name Charles
Lutwidge Dodgson, 1832—1898)
432
- Кирилов Олександр Олександрович
(1936—) 154

Іменний покажчик

- Кірова Наталія (Natasha Kirova, 1947—) 10
- Кікоїн Ісак Костянтинович (Кушелевич), 1898—1984) 479
- Клаузіус Рудольф Юліус Емануель (Rudolf Julius Emanuel Clausius, 1822—1888) 26
- Клейн Фелікс (Felix Christian Klein, 1849—1925) 139
- Климонтівч Юрій Левович (1924—2002) 114
- Койпер Джерард Перер (Gerrit Pieter Kuiper, 1905—1973) 206
- Колмогоров Андрій Миколайович (1903—1987) 326
- Колрідж Семюел Тейлор (Samuel Taylor Coleridge, 1772—1834) 182
- Комптон Артур Голлі (Arthur Holly Compton, 1892—1962) 371
- Конобєєвський Сергій Тихонович (1890—1970) 479
- Конторович Віктор Мойсейович (1931—) 467
- Конфуцій (*Confucius*, при бл. 551—при бл. 479 до н. е.) 308
- Коперник Миколай (Nicolaus Copernicus Torinensis, 1473—1543) 61
- Копнін Павло Васильович (1922—1971) 109
- Корчагін Павло, літературний персонаж 268
- Кортевег Дідерік Йоханес (Diederik Johannes Korteweg, 1848—1941) 32
- Костерлітц Майкл (Michael Kosterlitz, 1943—) 417
- Коші Огюстен-Луї (Augustin Louis Cauchy, 1789—1857) 463
- Кратіл (Κρατύλος, друга половина V ст. до н. е.—початок IV ст. до н. е.) 195
- Крік Френсіс Гаррі Комптон (Francis Harry Compton Crick, 1916—2004) 222
- Кримський Сергій Борисович (1930—2010) 422
- Кронекер Леопольд (Leopold Kronecker, 1823—1891) 332
- Кузнецов Володимир Іванович (1946—) 10
- Кулон Шарль Огюстен (Charles-Augustin de Coulomb, 1736—1806) 204
- Кун Томас (Thomas Samuel Kuhn, 1922—1996) 58
- Купер Леон Ніл (Leon Neil Cooper, 1930—) 99
- Кюрі (також Скловдовська-Кюрі) Марі/Марія (Marie Curie, 1867—1934) 220
- Кюрі П'єр (Pierre Curie, 1859—1906) 220

Л

- Лавуазьє де Антуан Лоран (Antoine-Laurent de Lavoisier, 1743—1794) 220
- Лагранж Жозеф—Луї (Joseph-Louis Lagrange, 1736—1813) 30
- Лайєлл Чарльз (також Лайєлл) (Charles Lyell, 1797—1875) 350
- Лакатос (також Лакатош) Імре (Lakatos Imre, 1922—1974) 79
- Ландау Лев Давидович (1908—1968) 56
- Лаплас П'єр-Сімон (Pierre-Simon Laplace, 1749—1827) 158
- Лаує Макс фон (Max Theodor Felix von Laue, 1879—1960) 443
- Лебедєв Сергій Олександрович (1940—) 75
- Лебедєв Петро Миколайович (1866—1912) 385

Іменний покажчик

- Левер'є Урбен Жан Жозеф (Urbain Jean Joseph Le Verrier, 1811—1877) 157
- Леггетт Ентоні Джеймс (Sir Anthony James Leggett, 1938—) 58
- Ледерман Леон Макс (Leon Max Lederman, 1922—2018) 238
- Лекторський Владислав Олександрович (1932—) 45
- Лемб (також Лем) Вілліс Юджин (Willis Eugene Lamb, 1913—2008) 205
- Леметр Жорж (Georges Lemaître, 1894—1966) 490
- Ленглендс Роберт (Robert Phelan Langlands 1936—) 290
- Ленгмюр Ірвінг (Irving Langmuir, 1881—1957) 461
- Ленін (справжнє прізвище Ульянов) Володимир Ілліч (1870—1824) 239
- Леонтович Михайло Олександрович (1903—1981) 313
- Лисенко Трохим Денисович (1898—1976) 303
- Литвинов Володимир (1936—) 9
- Лі Mai Суан (Mai Suan Li, 1952—) 10
- Лінней Карл (Carl Linné, лат. Carolus Linnaeus, 1707—1778) 39
- Ліфшиць Євген Михайлович (1915—1985) 468
- Ліфшиць Ілля Михайлович (1917—1982) 110
- Лісовий Оксен (1972—) 10
- Логунов Анатолій Олексійович (1926—2015) 166
- Лок Джон (John Locke, 1632—1704) 333
- Ломоносов Михайло Васильович (1711—1765) 187
- Лондон Фріц Вольфганг (Fritz Wolfgang London, 1900—1950) 228
- Лоренц Гендрік Антон (Hendrik Antoon Lorentz, 1853—1928) 153
- Луманн Ніклас (Niklas Luhmann, 1927—1998) 119
- Ляйбніц (також Лейбніц) Готфрід Вільгельм (Gottfried Wilhelm Leibniz, 1646—1716) 195
- Любивий Ярослав (1951—) 9
- Любкер Фрідріх Генріх Крістіан (Friedrich Heinrich Christian Lübker, 1811—1867) 433

М

- Майкельсон Альберт Абрагам (Albert Abraham Michelson, 1852—1931) 96
- Македонський Александр (Αλέξανδρος Γ' ο Μακεδών, 365—323 до н.е.) 271
- Маккей Алан (Alan Lindsay Mackay, 1926—) 443
- Маклейн (також Мак-Лейн) Саундерс (Сондерс) (Saunders Mac Lane, 1909—2005) 340
- Мак—Ніл Уільям (William Hardy Mc Neill, 1917—2016) 182
- Максвелл Джеймс Клерк (James Clerk Maxwell, 1831—1879) 26
- Мамчур Олена (Elena Mamchur, 1935—) 45
- Мандельштам Леонід Ісаакович (1879—1944) 337
- Манін Дмитро Юрійович (1960—) 79
- Манін Юрій Іванович (1937—) 193
- Маркевич Роберт (Robert Stefan Markiewicz) 10
- Маркс Карл Гайнріх (Karl Heinrich Marx, 1818—1883) 455
- Марс, давньогрецький бог 384
- Маршак Самуїл (1887—1964) 336

Іменний покажчик

Матіас Адріан (Adrian Richard David Mathias, 1944—) 288
Мах Ернст (Ernst Waldfried Josef Wenzel Mach, 1838—1916) 152
Менделєєв Дмитро Іванович (1834—1907) 72
Мендель Грегор Йоганн (Gregor Johann Mendel, 1822—1884) 349
Менжулін Вадим (1968—) 9
Менський Михайл Борисович (1939—2015) 120
Мілн Артур Едвард (Edward Arthur Milne, 1896—1950) 368
Мінковський Герман (Hermann Minkowski, 1864—1909) 202
Мігдал Аркадій Бейнусович (1911—1991) 64
Мікешина Людмила Олександрівна (1930—) 45
Мозлі Генрі Гвін Джефріс (Henry Gwyn Jeffreys Moseley, 1887—1915) 209
Морлі Едвард Вільямс (Edward Williams Morley, 1838—1923) 9
Мулінес Карлос-Улісес (Carlos-Ulises Moulines, 1946—) 10

Н

Назаренко Василь (1965—) 9
Нойман (Нейман) Карл (*Carl Gottfried Neumann*, 1832—1925) 474
Нетер Еммі (Amalie Emmy Noether, 1882—1935) 391
Нікітін Анатолій (1945—) 9
Ніцше Фрідріх (Friedrich Wilhelm Nietzsche, 1844—1900) 292
Нойман Карл Готфрід (Carl Gottfried-Neumann, 1832—1925) 474
Ньютон Айзек (Ісаак) (Isaac Newton, 1643—1727) 30

О

Оверманн Каренлі А. (Karenleigh A. Overmann) 256
Огієнко Іван Іванович (1882—1972) 308
Огурцов Олександр Павлович (1936—2014) 45
Оккам Вільям (William of Ockham, circa 1285—1347) 53
Орескес Наомі (Naomi Oreskes, 1958—) 112

П

Пастер Луї (Louis Pasteur, 1822—1895) 219
Паулі Вольфганг Ернст (Wolfgang Ernst Pauli, 1900—1958) 229
Паунд Роско (Nathan Roscoe Pound, 1874—1960) 292
Пашицький Ернест Анатолійович (1936—2023) 9
Пенкала Марек (Marek Pełka, 1949—) 10
Пенроуз Роджер (Roger Penrose, 1931—) 443
Перельман Григорій (1966—) 300
Перрен Жан (Jean Baptiste Perrin, 1870—1942) 443
Петровський Іван Георгійович (1901—1973) 477
Пірс Чарльз Сандерс (Charles Sanders Peirce, 1839—1914) 170
Пітаєвський Лев Петрович (1933—2022) 465
Піфагор/Пірагор (Πυθαγόρας, 570—497 до н. е.) 283
Планк Макс Карл Ернст Людвіг (Max Karl Ernst Ludwig Planck, 1858—1847) 12
Платон (Πλάτων, 427—347 або 348 до н. е.) 195

Іменний покажчик

- Полінг Лайнус Карл (Linus Carl Pauling, 1901—1994) 225
- Порус Володимир Натанович (1943—) 45
- Попович Мирослав Володимирович (1930—2018) 9
- Поппер Карл Раймунд (Karl Raimund Popper, 1902—1994) 41
- Прихотько Антоніна Федорівна (1906—1995) 9
- Пружинін Борис Ісайович (1944—) 45
- Птоломей Клавдій (також Клавдій Птоломей, Κλαύδιος Πτολεμαῖος, circa87—165?) 61
- Протей, давньогрецька міфічна істота 375
- Пуанкаре Жюль Анрі (Jules Henri Poincaré, 1854—1912) 39
- Пуассон Сімеон Дені (Siméon-Denis Poisson, 1781—1840) 470
- Р**
- Рабинович Вадим Левович (1935—2013) 45
- Рамануджан Срініваса Айєнгар (Srinivasa Ramanujan Aiyangar, 1887—1920) 338
- Расселл Бертран Артур Вільям (Bertrand Arthur William Russell, 1872—1970) 270
- Резерфорд Ернест (також Лорд Резерфорд) (Lord Ernest Rutherford, 1871—1937) 96
- Резніков Юрій Олександрович (1953—2016) 9
- Рентген Вільгельм Конрад (Wilhelm Conrad Röntgen, 1845—1923) 371
- Ріман Бернгард Георг Фрідріх (Georg-Friedrich-Bernhard Riemann 1826—1866) 152
- Робінзон Крузо, літературний персонаж роману Данієля Дефо 25
- Розов Михайло Олександрович (1930—2011) 45
- Рой Арчибальд (Archie Edmiston Roy, 1924—2012) 159
- Ромер П. (P. Romer, 1955—) 168
- Россі Ричард (Rossi Richard Joseph) (1988—) 132
- Россер Джон (John Barkley Rosser, 1907—1989) 260
- Рудик Кайл (Rudick Kyle C.) 168
- Рухадзе Анрі Амвросійович (1930—2018) 166
- С**
- Савар Фелікс (Félix Savart, 1791—1841) 204
- Садовничий Віктор Антонович (1939—) 478
- Саймон Герберт (Herbert Simon, 1916—2001) 69
- Саккері Джироламо (Giovanni Girolamo Saccheri, 1667—1733) 96
- Салам Абдус (Salam Abdus, 1926—1996) 428
- Саппе Фредерик (Frederick Suppe, 1940—) 52
- Саппес Патрік Кенел (Patrick Colonel Suppes (1922—2014) 312
- Сарданашвілі Генадій Олександрович (1950—2016) 501
- Сведберг Теодор (Theodor Svedberg, 1884—1971) 443
- Сілін Віктор Павлович (1926—2019) 467
- Скошкевич Тадеуш (Tadeusz Skośkiewicz (1938—) 403
- Смолуховський Мар'ян (Marian Smoluchowski, 1872—1917) 303
- Снід Джозеф Дональд (Sneed Joseph Donald, 1938—2020) 118

Іменний покажчик

Содді Фредерік (Soddy Frederick, 1877—1956) 220
Соколов Арсеній Александрович (1910—1986) 49
Соловей Роберт Мартин (Robert Martin Solovay, 1938—) 288
Спітцер Лайман Стронг (Luman Strong Spitzer, 1914—1997) 360
Сталін (справжнє прізвище Джугашвілі) Йосип Віссаріонович (1878—1953) 187
Стокс Джордж Габріель (George Gabriel Stokes, 1819—1903) 202
Стьопін В'ячеслав Семенович (1934—2018) 45
Сугімото Акіра (Akira Sugimoto) 10

Т

Тамм Ігор Євгенович (1895—1971) 310
Тартаковський Віктор Костянтинович (1932—2008) 9
Таулес Дейвид (David James Thouless, 1934—2019) 417
'т Гофт Герард (Gerardus (Gerard) 't Hoof, 1946—) 311
Тейлор Джеффрі Інграм (Geoffrey Ingram Taylor, 1886—1975) 368
Тонкс Леві (Lewi Tonks, 1897—1971) 463
Толстой Лев Миколайович (1828—1910) 187
Екіно Тошіказу (Toshikazu Ekino, 1957—) 10
Тюрінг Алан (Alan Mathison Turing, 1912—1954) 347

У

Уоллес (див. Воллес)
Успенський Володимир Андрійович (1930—2018) 83

Ф

Фарадей Майкл (Michael Faraday, 1791—1867) 200
Фесрабенд Пол Карл (Paul Karl Feyerabend, 1924—1994) 123
Фейнберг Євген Левович (1912—2005) 116
Фейнман Річард Філіпс (Richard Phillips Feynman, 1918—1988) 56
Ферма П'єр (Pierre de Fermat, 1601—1665) 23
Фермі Енріко (Enrico Fermi, 1901—1954) 448
Філатов Володимир Петрович (1948—) 45
Фок Володимир Олександрович (1898—1974) 480
Фоллмер Герхард (Gerhard Vollmer, 1943—) 307
Фоменко Анатолій Тимофійович (1945—) 162
Фрейзер Джеймс Джордж (James George Frazer, 1854—1941) 307
Френч Стівен (Steven French) 47
Фрейд /Фройд Зигмунд (Sigmund Freud, 1856—1939) 424
Фрідман Олександр Олександрович (1888—1925) 472
Фуко Поль-Мішель (Paul-Michel Foucault, 1926—1984) 120
Фуллер Лон (Lon Luvois Fuller (1902—1978) 294
Фурсов Василь Степанович (1910—1998) 479

Х

Хаббл (див. Габбл)
Хевісайд (дивись Гевісайд)
Хіггс Пітер (Peter Ware Higgs, 1929—) 236
Хойнінґен-Хюене Пол (Houningen-Huene Paul, 1946—) 119

Іменний покажчик

Холдейн Данкен (Frederick Duncan Michael Haldane, 1951) 417
Холмс Шерлок (Sherlock Holmes), літературний персонаж 333
Хюбнер Адольф (Adolf Hübner, 1929—1999) 10

Ц

Целуччі Карло (Carlo Cellucci, 1940—) 269

Ч

Чалмерс Девід Джон (David John Chalmers, 1966—) 307
Чандрасекар Субрахманьян (Subrahmanyan Chandrasekhar, 1910—1995) 450
Чедвік Джеймс (James Chadwick, 1891—1974) 510
Черенков Павло Олексійович (1904—1990) 465
Чжуан-цзи (Zhuangzi, 369—286 до н.е.)

Ш

Шаров Олександр Олександрович 193
Швейк Йозеф (Švejk Josef), літературний персонаж 334
Шевченко Тарас Григорович (1814—1861) 25
Шен (Шьон) Ян Гендрік (Jan Hendrik Schön, 1970—) 310
Шехтман Данієль (D. Shechtman, 1941—) 443

Шива, індуїстський бог 400
Шимчак Генріх (Henryk Szymczak, 1937—) 10
Шинкарук Володимир Іларіонович (1928—2001) 9
Шишкіна Марія (1969—) 9
Шлік Фрідріх Альберт Моріц (Friedrich Albert Moritz Schlick, 1882—1936) 197
Шмайсер Гуго (Hugo Schmeisser, 1884—1953) 183
Шоклі Вільям Бредфорд (William Bradford Shockley, 1910—1989) 467
Шрейдер Юлій Анатольович (1927—1998) 193
Шрамко Ярослав (1963—) 9
Шриффер Джон Роберт (John Robert Schrieffer, 1931—2019) 99
Шрьодінгер Ервін Рудольф Йозеф Александер (Erwin Rudolf Josef Alexander Schrödinger 1887—1961) 23
Штермюллер Вольфганг (Wolfgang Stegmüller, 1923—1991) 10
Шумпетер Йозеф Алоїз (Joseph Alois Schumpeter, 1883—1950) 421

Ю

Юкава Хідэкі (Hideki Yukawa, 1907—1981) 496

Я

Янг Томас (Thomas Young, 1773—1829) 393
Яцків Ярослав (1940—) 106

Наукове видання

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ФІЛОСОФІЇ ім. Г.С. СКОВОРОДИ

ГАБОВИЧ Олександр Маркович
КУЗНЕЦОВ Володимир Іванович

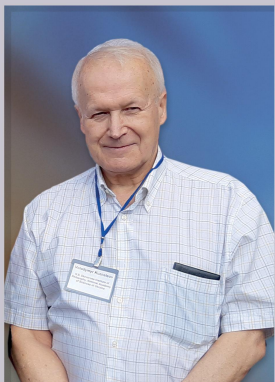
**ФІЛОСОФІЯ
НАУКОВИХ ТЕОРІЙ.
Нарис перший: назви та реалії**

Київ, Науково-виробниче підприємство
«Видавництво “Наукова думка” НАН України», 2023

Художнє оформлення *М.А. Панасюк*
Технічний редактор *Т.С. Березяк*
Оператор *В.Г. Каменькович*
Комп'ютерна верстка *О.І. Фуженко*

Підп. до друку 09.06.2023. Формат 60×90 ¹/₁₆. Папір офс. № 1.
Гарн. Таймс. Друк. офс. Ум. друк. арк. 32,5. Обл.-вид. арк. 32,0.
Тираж 100 прим. Зам. № 56-2

Оригінал-макет виготовлено
у НВП «Видавництво “Наукова думка” НАН України»
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до Державного реєстру видавців, виготівників і розповсюджувачів
видавничої продукції ДК № 2440 від 15.03.2006 р.
01601 Київ 1, вул. Терещенківська, 3



Олександр Габович, народився 7 березня 1946 року в місті Києві, доктор фізико-математичних наук (1990), головний науковий співробітник відділу фізики кристалів Інституту фізики НАН України, член Українського та Американського фізичних товариств, лауреат Національної премії України імені Бориса Патона. У 1969 році закінчив з відзнакою фізичний факультет Київського університету імені Тараса Шевченка. З 1971 року працює в Інституті фізики НАН України. Автор понад 300 професійних і популярних статей з фізики, трьох монографій і двох навчальних посібників. Викладав у НТУУ «КПІ». Сфера наукових інтересів: фізика електронних властивостей твердого тіла, надпровідності, поверхні, електрохімія, філософія та історія науки.

Володимир Кузнецов, народився 23 травня 1946 року в місті Відень, доктор філософських наук (1988), професор (1991), головний науковий співробітник (1991) відділу логіки та методології науки Інституту філософії ім. Г. С. Сковороди НАН України, сумісник кафедри філософії і соціально-гуманітарних дисциплін (1998—2013) Київського університету права та кафедри фіз.-мат. дисциплін (2009) НУ «Києво-Могилянська академія», член Американської та Європейської асоціацій філософії науки і Міжнародної спілки організації знання. Закінчив у 1969 році з відзнакою фізичний факультет Київського університету імені Тараса Шевченка та аспірантуру Інституту філософії АН УРСР (1974). Автор понад 100 статей з філософії науки, з них 20 англійською та німецькою мовами, трьох індивідуальних, 7 колективних монографій та трьох навчальних посібників, співредактор колективної монографії та запрошений співредактор симпозиуму «Logic and Philosophy of Science in the Ukraine» часопису Synthese (1994), перекладач з англійської мови посібника з історії філософії. Сфера наукових інтересів: філософія та історія науки, зокрема моделювання наукових теорій та понять.



O. Gabovich and V. Kuznetsov. Philosophy of Scientific Theories. The First Essay: Names and Realities. Kyiv: Naukova Dumka. 2023. 520 p. ISBN 978-966-00-1896-0 (In Ukrainian)

The book presents an original and generalizing substantive vision of the philosophy of science through the prism of a detailed analysis of the polysystem structure of scientific theories. Theories are considered, firstly, as complex specialized forms of developed scientific thinking about the realities studied by natural science, secondly, as constantly improving tools for the production of new knowledge in interaction with experimental research, and thirdly, as carriers of ordered and verified knowledge. Emphasis is placed on their nominal and ontic subsystems.

The book develops personal and joint research of the authors (theoretical physicist and philosopher), experience of teaching philosophy of physics at NaUKMA, philosophy of science at the Higher School of Philosophy at the H. Skovoroda Institute of Philosophy of the National Academy of Sciences of Ukraine and theoretical physics at the National Technical University "Ihor Sikorskyi Kyiv Polytechnic Institute".

The research is based on a large source base covering works of modern Western researchers in the field of natural science and philosophy of science.

For students, teachers and scientists who are interested in the problems of modern philosophy of science and have a certain amount of scientific knowledge. It will also be useful for high school students who are eager to become scientists.

CONTENT

Acknowledgments

Part I. INTRODUCTION

Part II. SYSTEMS AS RECONSTRUCTIONS OF THEORIES

Part III. OVERVIEW OF SOME PROTOTYPICAL THEORIES

Part IV. NAMES

Part V. REALITIES

Part VI. HISTORICAL AND PHILOSOPHICAL ANALYSIS OF SOME SCIENTIFIC AND NON-SCIENTIFIC ASPECTS OF THE DEVELOPMENT OF PHYSICS WITHIN THE FRAMEWORK OF THE POLYSYSTEM RECONSTRUCTION OF SCIENTIFIC THEORIES

Epilogue.

Name index

PART I. INTRODUCTION

- 1.1. Instead of a preface
- 1.2. What is specific in our analysis?
- 1.3. Who is expected to find our book interesting and useful?
- 1.4. Some considerations about teaching philosophy to undergraduates and graduate students
- 1.5. Philosophy as a set of general and science-oriented philosophical sciences
- 1.6. The origin of unity between sciences and corresponding philosophies
- 1.7. Subject areas of philosophies of specific sciences
- 1.8. Physical theories as members of the family called “theoretical physics”
- 1.9. Physical *lingua franca* as a common language of theoretical physics
- 1.10. Flexibility of practical theories
- 1.11. Natural science and metasciences about it
- 1.12. The territory occupied by science and the leading edge of scientific research
- 1.13. What is the objectivity of natural science and how is it related to the materiality of the world?
- 1.14. Component-attribute immersion into the scientific part of the “third world”
- 1.15. Philosophy of science through the prism of philosophical and cultural categories
- 1.16. Bibliography and comments

PART II. SYSTEMS AS THE RECONSTRUCTIONS OF THEORIES

- 2.1. Scientific theories and their modeling
- 2.2. The purpose of science and the purpose of its philosophy
- 2.3. Informal representation of models
- 2.4. Systems as models of scientific theories
- 2.5. Systems as a reflection of the world and its parts complexity
- 2.6. From the system nature of theories to modeling them as polysystems
- 2.7. About the system nature of the scientific knowledge
- 2.8. Systems, their types, and informal representation of sets
- 2.9. Informal representation of systems
 - 2.9.1. Homogeneous and heterogeneous systems
 - 2.9.2. Inorganic and organic systems
 - 2.9.3. Open and closed systems
 - 2.9.4. Static, stable, dynamic, and changing systems
 - 2.9.4.1. Adaptive systems
 - 2.9.5. Polysystems
 - 2.9.6. Hierarchical systems
 - 2.9.6.1. The general scheme of the hierarchical system structure
 - 2.9.8. Universal features of systems
 - 2.9.9. Relativity of modeling realities as systems
- 2.10. Systematicity of scientific knowledge
 - 2.10.1. Subsystems of scientific theory as systems
 - 2.10.1.1. Ontic subsystem
 - 2.10.1.2. Denominative subsystem.
 - 2.10.1.3. Model-representation subsystem
 - 2.10.1.4. Language subsystem
 - 2.10.1.5. Nomic subsystem
 - 2.10.1.6. Insights into the rest of subsystems
- 2.11. Scientific theories in society
- 2.12. Bibliography and comments

PART III. OVERVIEW OF SOME PROTOTYPICAL THEORIES

- 3.1. Concepts and theories, concept of theory and theory of concepts
- 3.2. Euclidean Geometry
- 3.3. Classical mechanics as presented by Newton

- 3.4. Celestial mechanics
 - 3.4.1. Linguistic means of celestial mechanics
 - 3.4.2. Models of celestial mechanics
 - 3.4.3. Methods of celestial mechanics
 - 3.4.4. Problems of celestial mechanics
 - 3.4.5. Some historical and epistemological issues
- 3.5. Bibliography and comments

PART IV. NAMES

- 4.1. Introduction
- 4.2. Science as a determinant factor of modern culture
- 4.3. Names and named entities
- 4.4. What does the scientific thinking primarily operate on?
- 4.5. Many-face electron
- 4.6. Various pictures of the studied objects
- 4.7. Some types of names designating realities, their components, and attributes
- 4.8. Scientific and common names
- 4.9. Different verbal names but the same symbolic notations
- 4.10. A single name as a trigger for other names and mental actions with them
- 4.11. Origin of some names
- 4.12. Minimum requirements for scientific notations
- 4.13. Identification of scientific names with corresponding realities
- 4.14. Types of scientific names
- 4.15. Which comes earlier: the name or the corresponding element of the knowledge system?
- 4.16. Variety of denominative subsystems in the denominative subsystem of the scientific knowledge system
- 4.17. Some interpretations of names
- 4.18. Necessity, but insufficiency of names describing the realities of the subject field for the implementation of cognitive functions of the scientific knowledge system
- 4.19. Metamorphoses of the philosophical understanding of the relationship between names and corresponding realities
- 4.20. The names of the elements of the scientific knowledge system as a condition for its existence
- 4.21. Types of names in denominative subsystems of scientific knowledge systems
- 4.22. Language of measurements
- 4.23. Types of ontic names of realities
- 4.24. Ontic-denominative subsystems of chemical knowledge systems
 - 4.24.1. Actions with names depend on their type
 - 4.24.2. Composition and structure of the general ontic-denominative chemical system
 - 4.24.3. Personalized names (eponyms)
 - 4.24.4. Physically and chemically determined names
 - 4.24.5. Requirement of name informativity
 - 4.24.6. Names based on the periodic system
 - 4.24.7. Structural names of chemical compounds
 - 4.24.8. Problematic of the organic substance names
 - 4.24.9. Spatial multi-dimensional names
 - 4.24.10. Valence and orbital names
 - 4.24.11. One-sidedness of some complex names
 - 4.24.12. Dynamical names
 - 4.24.13. Names of the nomenclature origin
 - 4.24.14. Model-denominative and operational-denominative (or computer- denominative) subsystems
 - 4.24.15. Some conclusions regarding chemical names

- 4.24.16. Preliminary summary of the name functions in systems of natural knowledge
- 4.25. Quantitative results of observation or experimental research are the supreme judges of the truth concerning statements of the natural knowledge system about relevant realities
- 4.26. Representative and formal models of ontic realities and names
- 4.27. Presumption of materiality of physical realities and their attributes
- 4.28. Names in mathematics as the creations of a pure mind
 - 4.28.1. Remarks about the used names
 - 4.28.2. Are the statements of outstanding mathematicians about their science always correct?
 - 4.28.3. Self-critical warnings of mathematicians
 - 4.28.4. Slogans and achievements of the axiomatization program for practical scientific theories
 - 4.28.5. Functional discursive reconstruction of scientific knowledge systems
 - 4.28.6. Types of discourse in science
 - 4.28.7. Imaginary interpretation of subject areas of mathematical knowledge systems
 - 4.28.8. Are prime numbers “prime”?
 - 4.28.9. Advantages and disadvantages of identifying numbers with their names
 - 4.28.10. The role of number names in the development of ideas about numbers
 - 4.27.11. Subject areas of mathematical knowledge systems
 - 4.28.12. Some interpretations of mathematical realities taken separately
 - 4.28.13. Mathematical realities and their names
 - 4.28.14. The materiality of names and the mentality of the mathematical realities denoted by them
 - 4.28.15. Regarding knowledge of purely mathematical realities
 - 4.28.16. Operation of consciousness with names as a way of obtaining knowledge about the realities marked by them
 - 4.28.17. Dependence of ideas about mathematical realities and their names on mathematical knowledge systems and their development
 - 4.28.18. Types of mathematics
 - 4.28.19. Scenarios of science mathematization
 - 4.28.20. Three main ontic-denominative subsystems of mathematical knowledge systems
 - 4.28.21. Final view on the ontic-denominative system of mathematical knowledge
 - 4.28.22. The importance of mastering names for studying mathematics
 - 4.28.23. A few cursory remarks regarding ontic issues at the level of knowledge systems from various sciences
- 4.29. Bibliography and comments

PART V. REALITIES

- 5.1. Object orientation or intentionality of consciousness and knowledge
- 5.2. Standing on the shoulders of predecessors
- 5.3. Visual representation of realities for some subject areas of modern science
- 5.4. Trust in science and actions that undermine it
- 5.6. Immutable ontic principles of modern science
- 5.6. Temporal parameters of the subject field for the modern science
- 5.7. From the discovery of realities to the identification and study of their attributes
- 5.8. Types of attributes
- 5.9. Remarks on the relativity of the ontic juxtaposition of realities and relations between them
- 5.10. Modeling of attributes by abstract properties
- 5.11. Attributes of different orders
- 5.12. Monad (one-place) and multi-place attributes
- 5.13. One-dimensional and multi-dimensional attributes
- 5.14. Elementariness and complexity as relative attributes of realities
- 5.15. Attributive cycle of transition from elementary to complex
- 5.16. Some philosophical and methodological problems of the “elementariness/integrity-complexity” cycle

- 5.17. Definition of the ontic subsystem
- 5.18. Is the concept of the post-classical science justified?
- 5.19. Realities/attributes versus their names
- 5.20. Programs of studying subject fields
- 5.21. Bibliography and comments

PART VI. HISTORICAL AND PHILOSOPHICAL ANALYSIS OF SOME SCIENTIFIC AND NON-SCIENTIFIC ASPECTS OF THE PHYSICS DEVELOPMENT BASED ON THE POLYSYSTEM RECONSTRUCTION OF SCIENTIFIC THEORIES

- 6.1. Politics, cosmology, and plasma
- 6.2. The concreteness of truth: the importance of appropriate approximations
- 6.3. The inevitability of errors when applying models outside their scopes of applicability
- 6.4. Instability as a characteristic feature of complex phenomena
- 6.5. The political basis of the scientific criticisms in a totalitarian state
- 6.6. Recent violations of the scientific ethos
- 6.7. Some conclusions
- 6.8. Bibliography and comments

EPILOGUE. ON CERTAIN ADVANTAGES OF THE POLYSYSTEM RECONSTRUCTION OF SCIENTIFIC THEORIES

NAME INDEX

EPILOGUE

The book informally, but in sufficient detail, describes two subsystems of scientific theory: denominative and ontic ones. Nevertheless, the logic of presentation and interweaving of different subsystems forced the authors to indicate other subsystems as well, namely, language, model, problem, hypothesis, evaluative etc., see p. 98. However, without careful consideration of each subsystem separately, it would be premature to characterize the merits of polysystemic reconstruction of the theory over its monosystemic or incomplete (binary or even ternary) predecessors. However, based on the ideology of the philosophy of scientific theories and the material presented in the book, it is possible to draw several preliminary conclusions regarding the supremacy of the polysystemic interpretation of theories. We leave it to the reader to judge the shortcomings of the proposed approach, and some considerations regarding the advantages are given as follows:

1. The polysystemic vision shows that theorizing, that is, the use of real scientific theories in scientific discourse, is much more complicated than most philosophers of science and scientists themselves conceive.

2. The polysystemic vision unites the theory components, which in the philosophy of science are usually considered separately and without interconnections, into a collective product of the human mind. Thus, a scientific theory in complete agreement with daily practice of scientists, has proven to be a powerful tool for obtaining new and, in most cases, experimentally verifiable knowledge.

3. The polysystemic vision puts forward the metahypothesis that real practical scientific theories have all the components that it singles out. In every modern science, there is as much scientific merit as there is a theoretical component in it. The theory is not necessarily formulated in the mathematical form. Only in the simplest cases of fundamental physics it is possible to fully apply a powerful tool — the mathematical machinery. Nevertheless, even the full-scale application of this machinery does not transform a scientific theory into a mathematical theory.

4. The effectiveness of the natural sciences, in particular the physical sciences, is because they model realities of the same type, each of which partially represents the rest of such realities (atoms, elementary particles, etc.). However, under different conditions of experimental research, the investigated realities reveal different attributes.

5. The presence of a variety of components and subsystems is a necessary, but by no means sufficient, condition for a certain candidate for this status to be considered a scientific theory. For sufficiency, it is necessary to obtain new knowledge within the limits of the proposed theoretical scheme, which would withstand a lot of experimental and theoretical tests and would be properly accepted by the relevant professional community.

6. If the theory studies realities of its subject area through their models, then it should not be considered the embodiment of absolute truth. After all, no problem of reality research can be solved exactly, but only in some approximation. All statements of scientific theories about the quantitative values of the reality attributes are approximate, although the accuracy of theoretical calculation and experimental measurement of even the so-called physical constants (gravitational constant, mass, and electric charge of an electron, etc.) increases over time.

7. A polysystemic vision offers an adequate relationship between theory and its domain. An attempt to experimentally verify the theory requires addressing all its subsystems and considering external experimental conditions. The reduction of such a check to the procedures of falsification and verification of the theory proposed by Karl Popper seems to be inappropriately simplified. They are based on a monosystemic propositional view of any theory as a system of statements and the theory as a whole — as a general statement that can be refuted by a single counterexample. Thus, the polysystemic nature of the theory complicates its trivial denial based on one false prediction, which may later turn out to be not false at all.

8. The vague paradigmatic vision of science and its history proposed by Thomas Kuhn means the rejection of theories as forms in which science exists and advances, and the absolutization of its development as a paradigm shift. It replaces the problems of the philosophy of science as a study of knowledge forms *per se* with the problems of the sociology of science as a study of the acceptance of new theories by members (or even a majority) of scientific communities. In a certain sense, this vision, which is extremely popular among researchers from the social sciences and humanities, fails to fill the lacuna created by Popper, which puts the context of discovery beyond the analysis of the philosophy of science. In addition, Kuhn's postulated incommensurability of paradigms (in fact, models of researched realities)

does not consider the use of many components of predecessors by a new theory, that is, it neglects the persistence and continuity of scientific progress.

9. From a polysystemic point of view, it is necessary to consider a separate theory not as an isolated independent component of the scientific discourse, but as an element of a network of theories of the relevant science, which, by the way, exists in many versions. Between the elements of this network, there is a range of relations: correspondence, continuity, clarification, quantification, unification, axiomatization, refutation, denial, generalization, concretization, competition, mutual support, etcetera.

10. According to the polysystemic vision, the development of a scientific theory can begin with any of its subsystems, either by changing an already existing component, or by a “discovery”, i. e. constructing a new component, and subsequent changes in the remaining subsystems induced by the initial process. That is why mathematicians contribute to the development of theories by proposing new calculation methods and new mathematical objects (say, matrices or generalized functions). This can also be done by theoretical physicists, who then take over the role of mathematicians (Paul Dirac’s delta function as a prototype of generalized functions). Experimental physicists can also be pioneers, who based on the obtained data, propose new meaningful representative models, such as the atom planetary model proposed by Lord Rutherford. Therefore, the polysystemic nature of the theory creates a space for cooperation in its development among scientists with different thinking styles (Pierre Duhem). Awareness of the polysystemic nature of theories is also beneficial for the subsequent extensive historical and scientific research.