

# Euristică gravitației newtoniene

Nicolae Sfetcu

28.06.2019

Sfetcu, Nicolae, "Euristică gravitației newtoniene", SetThings (28 iunie 2019),  
URL = <https://www.setthings.com/ro/euristica-gravitatiei-newtoniene/>

Email: [nicolae@sfetcu.com](mailto:nicolae@sfetcu.com)



Acest articol este licențiat Creative Commons Attribution-NoDerivatives 4.0 International. Pentru a vedea o copie a acestei licențe, vizitați <http://creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0/>.

Exemplul clasic al unui program de cercetare de succes este teoria gravitațională a lui Newton, probabil cel mai de succes program de cercetare lakatosian.<sup>1</sup> Inițial, teoria gravitațională a lui Newton s-a confruntat cu o mulțime de "anomalii" ("contraexemple"), și a contrazis teoriile observaționale care susțineau aceste anomalii. Dar suporterii programului de cercetare a gravitației newtoniene au transformat fiecare anomalie în cazuri corroborante. Mai mult, au evidențiat ei înșiși contraexemple pe care le-au explicat apoi prin teoria newtoniană.<sup>2</sup> Conform lui Lakatos, "în programul lui Newton euristica negativă ne invită să redirecționăm *modus tollens* de la cele trei legi ale dinamicii lui Newton și legea lui de gravitație. Acest "nucleu" este "irefutabil" prin decizia metodologică a proponentilor săi: anomaliile trebuie să conducă la modificări numai în centura "protectoare" a ipotezelor auxiliare, "observaționale" și a condițiilor inițiale."<sup>3</sup>

Newton a stabilit euristica pozitivă a programului său de cercetare printr-o strategie de aproximări succesive.<sup>4</sup> Primele trei legi de mișcare ale lui Newton au reglementat raționamentul inductiv, împreună cu viziunea lui Newton privind o taxonomie fundamentală bazată pe forțe fizice (interacțiuni). A pornit de la un sistem solar idealizat, cu un Soare punctual și o singură planetă învârtindu-se în cerc în jurul Soarelui. Apoi a considerat că orbita planetei este o elipsă, derivând proporționalitatea dintre forța gravitațională și inversul pătratului distanței dintre planetă și Soare.

Generalizarea inductivă a lui Newton a considerat o mișcare elementară cu o forță statică inclusă în legea dedusă a gravitației, și ideea că mișcările planetare pot fi generalizate. Acestea au fost ipotezele sale de lucru pe baza cărora a procedat la generalizările sale inductive. Ele oferă o protecție imediată a nucleului dur al programului de cercetare newtonian (euristica negativă), prin solicitarea ca dovezile dezvoltate din date să fie de înaltă calitate.<sup>5</sup> Deducția legii gravitației a îndeplinit această cerință într-o măsură mai mare decât raționamentul său demonstrativ, dar "deducția" s-a bazat în primul rând pe mișcarea a numai cinci planete într-o perioadă astronomică scurtă de timp.

---

<sup>1</sup> Imre Lakatos, *The Methodology of Scientific Research Programmes: Volume 1: Philosophical Papers* (Cambridge University Press, 1980).

<sup>2</sup> Pierre-Simon Marquis De Laplace, *Exposition du système du monde*, 2-lea ed (Cambridge; 2009: Cambridge University Press, 2009).

<sup>3</sup> Lakatos, *The Methodology of Scientific Research Programmes*, 48.

<sup>4</sup> Imre Lakatos, „Criticism and the Methodology of Scientific Research Programmes”, *Proceedings of the Aristotelian Society* 69, nr. 1 (1968): 149–186.

<sup>5</sup> I. Bernard Cohen și George E. Smith, *The Cambridge Companion to Newton* (Cambridge University Press, 2006).

Newton recunoaște riscul introducerii unor astfel de ipoteze de lucru taxonomice în generalizarea inductivă, în cel mai faimos pasaj metodologic din *Optica*, în discuția despre metodele de "analiză și sinteză" din următorul paragraf al întrebării finale, care a fost adăugat în 1706. El a considerat că succesul obținut din generalizări nerestricționate este cea mai bună protecție împotriva riscului introdus de ipotezele taxonomice inevitabile care intră în inducție.<sup>6</sup>

Acest model contrazicea legea acțiunii și reacțiunii pe care Newton a inclus-o în nucleul dur, astfel încât a dezvoltat un model mai complex, în care soarele și planeta se roteau în jurul centrului lor de greutate comun. Nu genera nicio anomalie, dar era dificil de dedus din el legile reale de mișcare pentru mai multe corpuri. Astfel încât Newton a elaborat o nouă teorie, pentru mai multe planete, cu interacțiuni între fiecare planetă și Soare dar neglijând interacțiunile dintre planete.

După verificarea intermediară a acestei teorii, Newton a dezvoltat o teorie mai complexă, considerând că Soarele și planetele nu sunt punctuale, ci sfere cu dimensiuni diferite de zero, întrucât trebuia, în teoria sa, să țină cont de densitatea corpurilor, și nu se putea accepta ca un corp punctual să aibă densitate infinită. A luat apoi în considerare și mișcarea de rotație a corpurilor în jurul axelor proprii. În următorul model a ținut cont de forma ne-sferică a Pământului și variația gravitației suprafeței cu latitudinea, orbita Lunii, marea, precesiunea echinoctiilor și traiectoriile cometelor. Prin această euristică pozitivă a încercat să se protejeze împotriva riscurilor care apar în saltul inductiv, împingând imediat teoria spre analiza tuturor fenomenelor relevante, și folosind-o ca instrument de cercetare pentru problemele întâmpinate.<sup>7</sup> În același timp, deducțiile în cazul Pământului i-au permis generalizarea de la gravitația celestă la gravitatea universală, ca și precesiunea echinoctiilor în mod indirect, ținând cont de forțele (interacțiunile) dintre planete, calculând perturbațiile rezultate. Marea și precesiunea echinoctiilor au permis generalizarea de la forțe simple centripetale la o gravitație interactivă, la fel ca și studiul orbitelor lui Jupiter și Saturn. Iar studiul cometelor a permis extinderea legii gravitației la corpuri posibil dintr-o materie foarte diferită.

A publicat rezultatele programului său de cercetare doar atunci când a considerat că a obținut maximum posibil din observații și matematică. Procesul de comparare cu fenomenele și argumentele pentru universalitatea gravitației se întind pe tot cuprinsul Cărții 3.

Generalizarea inductivă a lui Newton pentru gravitația universală a introdus un element conjectural important falsifiabil, care a fost verificat ulterior, furnizând cele mai convingătoare dovezi în favoarea sa. Ideea de bază a fost că orice discrepanță dintre teoria Newtoniană și

---

<sup>6</sup> Cohen și Smith.

<sup>7</sup> Cohen și Smith.

observație se va dovedi a fi semnificativă din punct de vedere fizic și ne va spune ceva mai mult despre lumea fizică. Prin aceasta, ipotezele de lucru taxonomice care stau la baza pasului inductiv al lui Newton față de gravitația universală rămân intacte, pe măsură ce teoria avansează.

Pe baza ipotezelor suplimentare contestabile, și a sugestiilor cu privire la mișcările lui Jupiter și Saturn, Newton și-a inițiat propria secvență de aproximări succesive după *Principia*. Chiar și după ce a apărut cea de-a treia ediție a *Principia*, la aproape patruzeci de ani, încă se mai studiau fiecare dintre aceste subiecte din *Principia*. Argumentul lui Newton pentru gravitația universală a fost finalizat abia la un secol după publicarea primei ediții a *Principiilor*.

Newton a prevăzut de la început dezvoltările ulterioare ale modelelor sale pornind de la primul model complet idealizat. A înțeles că modelele intermediare vor conține anomalii, dar trebuia să treacă prin ele pentru a putea dezvolta aparatul matematic prin confundarea cu modelele și modificând teoria pe parcurs astfel încât să elimine anomaliile.

Newton a afirmat că prin *Principia* a ilustrat o nouă abordare a anchetei empirice. Dar, în afară de remarca despre derivarea forțelor din fenomenele mișcării și apoi a mișcărilor din aceste forțe în Prefața la prima ediție, și remarca despre compararea unei teorii matematice generice a forțelor centripetale cu fenomenele pentru a afla condițiile de acțiune a forței, de la sfârșitul Cărții 1, Secțiunea 11, singura remarcă notabilă despre metodologie este faimosul pasaj din Scholium-ul general adăugat în cea de-a doua ediție ca o declarație finală.<sup>8</sup> (S11)

Succesul fără precedent al teoriei gravitației lui Newton a stimulat interesul în metodologia *Principiei* pentru a o folosi și în alte domenii. Două aspecte ale metodologiei sunt evidente pentru George Smith:<sup>9</sup> Newton a contrapus metoda sa celei a ipotezelor ”născocite”, și cerința ca întrebările să fie considerate deschise atâta timp când considerentele empirice nu le-au dat încă răspunsuri (o cerință în perfectă concordanță cu toleranța metodologică propusă de Lakatos în programele de cercetare). Scopul metodei a fost de a limita pretențiile teoretice la "generalizările inductive".

Fiecare model succesiv din programul lui Newton prezice un nou fapt, este o creștere a conținutului empiric: constituie o *schimbare teoretică progresivă consistentă*. Și fiecare predicție este verificată în cele din urmă, deși anterior ar fi putut fi instantaneu "refutată".

---

<sup>8</sup> George Smith, „Newton’s Philosophiae Naturalis Principia Mathematica”, în *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, ed. Edward N. Zalta, Winter 2008 (Metaphysics Research Lab, Stanford University, 2008), <https://plato.stanford.edu/archives/win2008/entries/newton-principia/>.

<sup>9</sup> Smith.

Ideea centrală a metodei inductive newtoniene este că legile universale derivă inductiv din "calități manifeste" sau "fenomene" observate, și numai fenomenele observate ne pot duce la revizuirea acestor legi. Newton se opune în mod explicit explicațiilor pur ipotetice ale filosofiei mecaniciste. Leibniz și Huygens, au acceptat demonstrația lui Newton că orbitele sateliților marilor corpuri astronomice din sistemul solar respectă legea inverso-pătrată, dar au respins legea lui Newton de gravitație universală pentru că erau legați de filosofia mecanicistă. Regulele lui Newton III și IV au fost adăugate la edițiile a doua (1713) și a treia (1726) ale *Principiei* ca răspuns la obiecțiile filosofilor mecaniciști:

Regula III: "Acele calități ale corpurilor care nu pot fi intenționate și remise [adică, nu pot fi mărite și diminuate] și care aparțin tuturor corpurilor pe care pot fi făcute experimente, ar trebui să fie considerate calități ale tuturor corpurilor universale."<sup>10</sup>

Regula IV: "În filosofia experimentală, propozițiile adunate din fenomene prin inducție trebuie considerate fie exacte, fie foarte aproape adevărate, în ciuda oricăror ipoteze contrare, până când alte fenomene nu fac astfel de propoziții fie mai exacte, fie supuse unor excepții."<sup>11</sup>

Aceste reguli precizează că metoda universalizării inductive trebuie aplicată fără interferența ipotezelor. Newton afirmă explicit că ipotezele filosofiei mecaniciste obstrucționează metoda sa. El ilustrează aici folosirea metodei sale prin descrierea mai întâi a inferenței inductive a legii universale că toate corpurile sunt extinse.

Bernard Cohen descrie astfel euristica pozitivă a lui Newton, în Capitolul 5 din *The Cambridge Companion to Newton* ca "stilul newtonian" etapizat:<sup>12</sup> (1) problema unui "singur corp", (2) problemele "cu două corpuri", (3) problemele a trei sau mai multe corpuri care interacționează. Astfel, Newton trebuie să abordeze complexitatea unei mișcări orbitale reale într-o succesiune de aproximări succesive, fiecare aproximație fiind o mișcare idealizată, și cu abateri sistematice, oferind dovezi pentru următoarea etapă a secvenței.

În modelele sale idealizate, Newton a impus două restricții aproximărilor succesive.<sup>13</sup> În fiecare caz în care deduce unele caracteristici din forțele gravitaționale cerești, a argumentat că consecința deducției "dacă-atunci" încă mai păstrează proximitatea atâta timp cât antecedentul deține proximitatea. Iar rezultatele matematice stabilite din Cartea 1 îi permit să identifice condițiile specifice în care fenomenul din care se face deducerea ar avea nu doar proximitate, ci și exactitudine. Rezultă că "deducțiile" lui Newton din fenomene implică

---

<sup>10</sup> Isaac Newton, „Philosophiae Naturalis Principia Mathematica, III Ed.”, *Science* 177, nr. 4046 (1726): 795, <https://doi.org/10.1126/science.177.4046.340>.

<sup>11</sup> Newton, 796.

<sup>12</sup> Cohen și Smith, *The Cambridge Companion to Newton*.

<sup>13</sup> Domenico Meli, „The Relativization of Centrifugal Force”, *Isis: A Journal of the History of Science* 81 (1990): 33.

încercarea de a aborda complexitatea mișcărilor din lumea reală într-o succesiune de idealizări progresive din ce în ce mai complexe, cu deviații sistematice față de idealizări, fiecare model servind ca bază pentru următorul model mai complex. Abaterile sistematice sunt numite "fenomene de ordin secundar" atunci când nu sunt observabile în sine, ci deduse teoretic.<sup>14</sup> Aceasta respectă *prima regulă a lui Newton pentru filosofia naturală* - că nu ar trebui admise mai multe cauze decât atât cele adevărate și suficiente pentru a explica un fenomen.

Legea gravitației lui Newton oferă o explicație a regulilor lui Kepler și a mișcărilor orbitale idealizate pentru fiecare model idealizat anterior, deci are o putere euristică mai mare decât oricare model anterior. Prin această lege se poate explica de ce aceste idealizări sunt valabile cel puțin în proximitate.

Din perspectiva lui Lakatos, în secolul 17 se aflau în competiție trei sisteme științifice: programul de cercetare al lui Aristotel, cel al lui Descartes, și programul lui Newton apărut ca un rival al programului lui Descartes. Atât programul lui Descartes cât și al lui Newton au fost progresive față de cel al lui Aristotel, putând explica mișcările cometelor și a mareelor. Cartezienii puteau explica de ce luna păstra întotdeauna aceeași față spre pământ și de ce toate planetele se rotesc în aceeași direcție, în timp ce newtonienii puteau explica modul în care planetele se influențează reciproc.<sup>15</sup> Diferențe explicative au rezultat din nuclee dure diferite. Nucleul programului cartezian a specificat acțiunea prin contact și a interzis în mod explicit conceptul de acțiune la distanță,.

Programul lui Newton include și elemente din programul cartezian mai vechi, precum acțiunea prin contact. Acesta este un exemplu al unui schimb fructuos între programe. Dar dovezile empirice au condus în cele din urmă la eșuarea programului cartezian.

Programul lui Lorentz a atins o poziție dominantă la începutul secolului 20, fiind apoi depășit de cel al lui Einstein, atât teoretic cât și empiric, aproape imediat după inițierea sa în 1905.<sup>16</sup> Deși programul lui Lorentz a fost de asemenea progresiv, programul relativității a învins, fiind în mod consecvent mai progresiv și asimilând transformările Lorentz.<sup>17</sup>

În succesul programului lui Einstein au fost implicate mai multe programe de cercetare: programul newtonian, provocat de un program susținut de Lorentz<sup>18</sup> care a făcut ca

---

<sup>14</sup> Cohen și Smith, *The Cambridge Companion to Newton*.

<sup>15</sup> E. J. Aiton, *Vortex Theory of Planetary Motions*, First Edition edition (London; New York: American Elsevier Publishing Co., Inc., 1972).

<sup>16</sup> Elie Zahar, „Why Did Einstein’s Programme Supersede Lorentz’s? (II)”, *British Journal for the Philosophy of Science* 24, nr. 3 (1973): 211–75.

<sup>17</sup> Barry Gholson și Peter Barker, „Kuhn, Lakatos, and Laudan: Applications in the history of physics and psychology”, *American Psychologist* 40, nr. 7 (1985): 755–69, <https://doi.org/10.1037/0003-066X.40.7.755>.

<sup>18</sup> Zahar, „Why Did Einstein’s Programme Supersede Lorentz’s?”

electromagnetismul să fie acceptat ca mai fundamental decât mecanica; un al doilea program rival susținut de Ostwald și Mach prin care s-a încercat să se dezvolte o fizică pur fenomenologică, cu energia ca un concept de bază,<sup>19</sup> programul lui Einstein care a implicat teoriile de relativitate; și programul de fizică cuantică inițiat de Bohr și dezvoltat prin teoriile lui Heisenberg, Schrodinger și Dirac.

În primele două decade ale secolului 20, fizica cuantică a învins programul fenomenologic și a înlocuit fizica newtoniană, dar matematica și ontologia noului program erau incompatibile cu matematica și ontologia programului lui Einstein. Totuși, aceste programe coexistă și în prezent. Rivalitatea între aceste programe a stagnat în anii 1940 și 1950, reînviind odată cu apariția radioastronomiei, care a permis un nou progres empiric.

Metodologia lui Lakatos oferă un cadru conceptual puternic, care, ca și în cazul lui Kuhn, derivă din analiza episoadelor istorice din fizică. Dar, spre deosebire de Kuhn, Lakatos a prezentat o metodologie care evită problemele de incomensurabilitate<sup>20</sup> și iraționalism, și demonstrează că dovezile empirice sunt arbitrul final al programelor de cercetare concurente.<sup>21</sup>

---

<sup>19</sup> Niles Holt, „Wilhelm Ostwald’s ‘The Bridge’”, *British Journal for the History of Science* 10, nr. 2 (1977): 146–150.

<sup>20</sup> Două teorii sunt incomensurabile dacă sunt încorporate într-un cadru conceptual puternic contrastant, ale cărui limbaje nu se suprapun suficient pentru a permite oamenilor de știință să compare direct teoriile sau să citeze dovezi empirice favorizând o teorie față de cealaltă.

<sup>21</sup> Gholson și Barker, „Kuhn, Lakatos, and Laudan”.

## Bibliografie

- Aiton, E. J. *Vortex Theory of Planetary Motions*. First Edition edition. London; New York: American Elsevier Publishing Co., Inc., 1972.
- Cohen, I. Bernard, și George E. Smith. *The Cambridge Companion to Newton*. Cambridge University Press, 2006.
- Gholson, Barry, și Peter Barker. „Kuhn, Lakatos, and Laudan: Applications in the history of physics and psychology”. *American Psychologist* 40, nr. 7 (1985): 755–69. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.40.7.755>.
- Holt, Niles. „Wilhelm Ostwald’s ‘The Bridge’”. *British Journal for the History of Science* 10, nr. 2 (1977): 146–150.
- Lakatos, Imre. „Criticism and the Methodology of Scientific Research Programmes”. *Proceedings of the Aristotelian Society* 69, nr. 1 (1968): 149–186.
- . *The Methodology of Scientific Research Programmes: Volume 1: Philosophical Papers*. Cambridge University Press, 1980.
- Laplace, Pierre-Simon Marquis De. *Exposition du système du monde*. 2-lea ed. Cambridge; 2009: Cambridge University Press, 2009.
- Meli, Domenico. „The Relativization of Centrifugal Force”. *Isis: A Journal of the History of Science* 81 (1990): 23–43.
- Newton, Isaac. „Philosophiae Naturalis Principia Mathematica, III Ed.” *Science* 177, nr. 4046 (1726): 340–42. <https://doi.org/10.1126/science.177.4046.340>.
- Smith, George. „Newton’s Philosophiae Naturalis Principia Mathematica”. În *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, ediție de Edward N. Zalta, Winter 2008. Metaphysics Research Lab, Stanford University, 2008. <https://plato.stanford.edu/archives/win2008/entries/newton-principia/>.
- Zahar, Elie. „Why Did Einstein’s Programme Supersede Lorentz’s? (II)”. *British Journal for the Philosophy of Science* 24, nr. 3 (1973): 223–262.