

# Language of Chemistry: from the Formal Structures to the Experimental Facts

Salah Osman

(Menoufia University, Egypt)

[Salah\\_mohamed@art.menofia.edu.eg](mailto:Salah_mohamed@art.menofia.edu.eg)

## لغة الكيمياء: من البنى الصورية إلى الوقائع التجريبية

دكتور/ صلاح عثمان

منشأة المعارف، الإسكندرية، ٢٠٠٤، ص ص ٩٢ - ١١٣

### مقدمة:

١ - الكيمياء علمٌ تجريبي بطبيعته، يشتغل معمليًا بالجواهر تحليلًا وتركيبًا، ويُقيم بناءاته النسقية استرشادًا بقواعد محددة تحكم إجراءات البحث التجريبي ونتائجه. وكشأن أي نشاط علمي آخر، تستلزم الممارسة الكيميائية لغة جزئية خاصة تصف بناءاتها التجريبية وتُتمط أشكالها. وما دام التحليل والتركيب - كإجراءين تجريبيين - هما عمادا البحث الكيميائي وجوهره، فمن الضروري أن تحوي لغة الكيمياء تمثيلات صورية توصف بدورها بأنها صيغٌ أو عبارات تحليلية وتركيبية.

يمكننا إذن الزعم بأن ثمة علاقة اعتماد متبادلة بين لغة الكيمياء وممارساتها العملية؛ فاللغة تؤثر مباشرة - وبأكثر من طريقة - على مجرى البحث الكيميائي وتطوره، ومن خلالها يمكن تحديد مدى قوته أو ضعفه ... تقدمه أو تخلفه ... شرعية تنبؤاته أو افتقاده لسمة الشرعية المنطقية؛ كما أن سبل البحث المعمل للكيمياء تتعكس بالضرورة على قواعد الصياغة الصورية لهذه اللغة ومدى إمكانية تطويرها وتنقيتها من شوائب اللغة العادية التي اشتقت منها. ويعني ذلك - بعبارة أخرى - أن اللغة والتجريب شقان مُكملان لبعضهما البعض؛ وجهان لعملة واحدة تحمل اسم الممارسة العلمية. فهل تختلف اللغة الكيميائية عن غيرها من لغات العلم الخاصة؟ وكيف يستخدم الكيميائيون لغتهم؟ ما هي القواعد الحاكمة لهذه اللغة؟، وما هي نتائج استخدامها بالنسبة للكيمياء ككل؟

لكي نجيب عن هذه التساؤلات ينبغي أولاً أن نميز بين مستويات مختلفة للغة الكيميائية، وهي مستويات ربما تشترك فيها لغات علوم أخرى، لكن وضوحها يكفل لنا وضوح الفوارق والسمات الخاصة التي تختلف بها لغة الكيمياء عن غيرها، ومن ثم يمكن تحديد قواعد ونتائج استخدام هذه اللغة.

## أولاً: مستويات اللغة الكيميائية:

٢ - من المؤكد أن لغات العلم الخاصة قد حظيت باهتمام بالغ من قبل العلماء وفلاسفة العلم طوال سنوات القرن العشرين. وكان النموذج الأمثل لهذه اللغات هو لغة الفيزياء، لا سيما بعد أن أدت الكشوف الجديدة في مجالي الماكروكوزم والميكروكوزم إلى إعادة النظر في مدى قدرتها على تمثيل الواقع. أما لغة الكيمياء فقد أهملت طويلاً، أو في أفضل الأحوال تم التركيز على جزء واحدٍ منها تشترك فيه مع العلوم الأخرى، في حين أن هذه اللغة تتألف من أربعة مستويات مختلفة، لكل منها سماته الإستمولوجية المميزة التي ترقى بنا درجات متصاعدة من التجريد.

وأول هذه المستويات هو مستوى الرموز الكيميائية للجواهر، حيث يُوظف الكيميائيون عددًا من الرموز لتسمية العناصر والمركبات ووصف تفاعلاتها وما يمكن أن تؤدي إليه من مركبات جديدة\*. وبالطبع لابد وأن تكون لعملية الترميز الكيميائي للجواهر قواعدها الخاصة الحاكمة لاستخدام الرموز<sup>(1)</sup>، سواء من حيث المعنى والإشارة\*\* (قواعد سيمانطيقية)، أو من حيث التركيب النحوي والمنطقي الصحيح لتلك الرموز المستخدمة (قواعد السينتاكس).

\* بدأت أولى مراحل التسمية النظامية للجواهر الكيميائية بعد أن أعلن «لافوازييه» اكتشافه لعنصر الأكسجين، إذ انضم إليه عددٌ من كبار الكيميائيين الفرنسيين أمثال: «كلود لويس بيرثوليت» C. L. Berthollet (١٧٤٨ - ١٨٢٢)، و«لويس برنارد جيوتون دي مورفيه» L. B. G. de Morveau (١٧٣٦ - ١٨١٦)، و«أنطوان فرانسوا فوركروي» A. F. Fourcroy (١٧٥٥ - ١٨٠٩)، وعملوا على ترسيخ نظريته ووضع نظام جديد للتسمية يتفق مع النظرية. ووفقاً لهذا النظام (الذي مازال مستخدماً حتى الآن) تنتهي - مثلاً - أسماء مركبات الفلزات مع اللافلزات بالمقطع «يد» (*ide*) (مثل أكسيد القصدير)، في حين تُسمى الأحماض بأسماء مكوناتها غير الأكسجينية (مثل حمض الكبريتيك). أما أملاح الأحماض فقد أعطيت أسماءها نهايات مختلفة لتمييزها عن الأحماض (فمثلاً أملاح حمض الكبريتيك أصبحت كبريتات). وقد سميت الأحماض التي لها المكون نفسه غير الأكسجين لكنها تحتوي على كميات مختلفة من الأكسجين، بطرق مختلفة (فمثلاً سُمي الحمض الذي يتكون من الكبريت ونسبة أقل من الأكسجين باسم حمض الكبريتوز، وأصبح ملح هذا الحمض كبريتيت)، ... وهكذا. أما فن الترميز الكيميائي للجواهر، أي استبدال الحروف والعلامات الأخرى المرسومة بالأسماء الخاصة، فقد بدأه «دالتون» بعد تطويره للنظرية الذرية الحديثة. وما زال تعبير «الرمزية الكيميائية» Chemical symbolism مستخدماً حتى الآن بنفس المعنى الذي استخمه به «دالتون». انظر: كاتي كوب & هارولد جولد وايت: *إبداعات النار، النار (تاريخ الكيمياء المثير من السيمياء إلى العصر الذري)*، ترجمة فتح الله الشيخ، مراجعة شوقي جلال، سلسلة عالم المعرفة، المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب، الكويت، العدد (٢٦٦)، فبراير ٢٠٠١، ص ص ١٨٢ - ١٨١.

Also Hudson, J., *The History of Chemistry*, Chapman & Hall, N.Y., 1992, pp.77 - 91.

(1) Jacob, Claus, 'Analysis and Synthesis, Interdependent Operations in Chemical Language and Practice', *HYLE*, Vol. 7, No. 1 (2001), p. 32.

\*\* الرمز الكيميائي - كما سيلي تفصيله - هو اختصار لاسم معين. وحين نبحث في الأسماء ودلالاتها فمن الضروري أن ندرك الفرق بين معنى الاسم Meaning وإشارته Reference؛ فقد تكون للاسم إشارات =

وإذا كانت اللغة الكيميائية في المستوى الأول تبتعد كثيراً برمزيتها عن لغات التعامل اليومي، كالعربية والإنجليزية وغيرها، إلا أنها تُبدي تماثلاً كبيراً مع هذه الأخيرة في باقي مستوياتها. ففي المستوى الثاني تنطوي لغة الكيمياء على مفردات Vocabulary تُمكن الكيميائيين من الحديث عن الجواهر بصفة عامة. هذه المفردات تُمثل بالنسبة للمستوى الأول - مستوى الرمزية الخالصة - نوعاً من «اللغة الشارحة للغة» Meta-language (لغة «المتجردات» أو الكلمات العامة المجردة Abstractors مثل «عنصر» و«مركب»؛ فإذا قلنا مثلاً أن «الصوديوم والبوتاسيوم والحديد عناصر» أو أن «المركب نقي بنسبة ٩٨ ٪ (وفقاً لتحليل GC)\*\*»، فإن هذه العبارات ومثيلاتها تُعد جزءاً من لغة المستوى الثاني، ولذا يتمكن الكيميائيون من الحديث عن عدد كبير من الجواهر في وقت واحد. إن كلمة «عنصر» مثلاً يمكن أن تشير إلى كل العناصر الكيميائية المعروفة في اللحظة ذاتها، بغض النظر عن أسمائها الفردية التي تربو على المائة. وكل مصطلح عام وجديد يستلزم تعريفاً إجرائياً دقيقاً

= متعددة رغم ثبات معناه، ومثال ذلك الأسماء الدالة على أكثر من جوهر، كالعنصر، والمركب، والفلز، والحمض، ... إلخ. وقد يكون للاسم معنى دون أن تكون له إشارة، كالفلوجستون مثلاً، فهو اسم يعني عنصر الاشتعال، لكن ليس له وجود فعلي، ومن ثم تنتفي إشارته. وقد تتعدد الأسماء، ومع ذلك تكون لها إشارة واحدة، كأن نقول مثلاً «كلوريد الصوديوم» أو «ملح الطعام»، وهكذا. ومن الشائع القول أن الفضل في هذا التمييز اللغوي بين معنى الاسم ومسماه إنما يرجع إلى الفيلسوف والرياضي الألماني «جوتلوب فريجه»، لاسيما في مقاله المنشور عام ١٨٩٢ تحت عنوان «في المعنى والإشارة». على أننا نجد جذوراً واضحة لهذا التمييز لدى متكلمي وفلاسفة الإسلام قبل أن ينشر «فريجه» مقاله بعدة قرون. من ذلك مثلاً تفرقة «المعتزلة» بين الاسم والمسمى والتسمية، وكذلك «الرازي» الذي أفاض في التمييز بين معنى الاسم وإشارته على نحو يناطح به كبار فلاسفة اللغة في عالمنا المعاصر.

See Frege, Gottlob, 'On Sense and Meaning', In Peter Geach & Max Black (ed.), *Translations from the Philosophical Writings of Gottlob Frege* Barnes & Noble Books, Totowa, N.J., Reprinted 1988, pp. 56 - 80.

وأيضاً محمد أحمد عبد القادر: *العلم الإلهي وآثاره في الفكر والواقع* (دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية، ١٩٨٦) ص ١٠٤ وما بعدها.

\* سوف يلي شرح هذا المصطلح بالتفصيل في الجزء الثالث من هذه الدراسة.

\*\* أي التحليل الغازي الكروماتوجرافي Gas chromatography analysis، وهو أسلوب فني لفصل بعض مكونات المخاليط بامتزازها في طبقات مختلفة التلون. ويتم ذلك باستخدام مُذيب ووسيط فاصل، حيث يتحرك المُذيب خلال هذا الوسيط، والذي يمكن أن يكون ورقة أو عمود من مادة صلبة خاملة، ومن ثم تتم عملية امتصاص انتقائية لبعض المكونات. وفي الفصل الغازي الكروماتوجرافي تمر المكونات الطيارة عبر عمود مسامي (الوسيط الفاصل) باستخدام غاز حامل.

See Godman, Arthur, *Illustrated Dictionary of Chemistry*, Librairie de Liban, Beirut, 1982, item 'Chromatography', p. 36, and see for more detail Daugh, P. J., *Gas Chromatography: A Practical Approach*, Oxford University Press, Oxford, 1993.

يُحيط مدلوله بسياج واضح يُحدد معناه ويمنحه شرعية الاستخدام العلمي الكيميائي، فمثل هذا التعريف للمصطلحات العامة هو شرطٌ مُسبق لصياغة القوانين والنظريات الكيميائية<sup>(٢)</sup>. أما المستوى الثالث من مستويات اللغة الكيميائية فيحوي المصطلحات المستخدمة في مناقشة «المتجردات» (لغة المستوى الثاني)، والانتفاع بها في صياغة الفروض والقوانين والنظريات في سياق عام. فعلى سبيل المثال، يُعد قانوني النسب الثابتة والمضاعفة جزءاً من لغة النظرية الكيميائية كما يحتويها هذا المستوى. ولا شك أن هذه اللغة تماثل لغة المستوى الثاني من حيث كونها لغةً عادية مُعدّلة، إلا أنها تختلف في عموميتها، فالقوانين والنظريات ليست قصرًا على الكيمياء فحسب، وإنما تحتويها الأنساق البنائية لكل العلوم، ومن ثم يمكن أن نتناقش في سياق أكثر عمومية<sup>(٣)</sup>.

ويأتي أخيراً المستوى الرابع للغة الكيميائية، والذي من خلاله يمكن أن ندخل في مناقشات إبستمولوجية حول الكيمياء ككل؛ نظرياتها، وأصولها، وأسسها التجريبية مثلاً. إن عبارات من قبيل تلك القائلة «إن ميكانيزم التفاعل The reaction mechanism هو تمثيل لغوي لتفاعل (كيميائي) مُتحكم فيه» تنتمي إلى لغة هذا المستوى، كما أن مناقشتنا الحالية مكتوبة بهذه اللغة. وبعبارة أخرى، يمكننا القول أن لغة الكيمياء في مستواها الرابع هي لغة الفلسفة، متضمنة تلك المصطلحات التي ينحتها الفلاسفة للتعبير عن رؤاهم النظرية العامة<sup>(٤)</sup>. ولا ينبغي الظن أن ثمة انفصال بين هذه اللغات الفرعية للكيمياء، بل إن أية لغة فرعية منها تؤدي إلى الأخرى بالضرورة؛ فعلى سبيل المثال: رمز الصوديوم «Na» (لغة ١) ينتمي إلى العناصر، و«العناصر» (لغة ٢) تتم مناقشتها في الفروض الكيميائية، و«الفروض» (لغة ٣) يمكن أن تُختبر وتُكذب بالمعنى البوبري<sup>\*\*</sup>، ومن ثم ندخل في رحاب اللغة ٤.

(2) Jacob, Op. Cit, p. 33.

(3) Ibid.

\* يُعطي ميكانيزم التفاعل تفسيراً للطريقة التي يجري بها تفاعل ما، فالتفاعلية تحدث لأن نقاط الزيادة الإلكترونية أو النقص الإلكتروني تتجلى في جزيء عضوي مثلاً، ومن ثم يحدث تجاذب إلكتروني في هذه النقاط.

See *Illustrated Dictionary of Chemistry*, item, 'Mechanism', p. 195.

(4) Op. Cit, p. 3.

\*\* أي وفقاً لمبدأ القابلية للتكذيب Falsifiability الذي قال به فيلسوف العلم المعاصر «كارل بوبر» (١٩٠٢ - ١٩٩٤) كمعيار أصيل ومميز للقضايا والنظريات العلمية عن غيرها. بمعنى أن النظرية العلمية لا بد وأن تحوي في جنباتها بعض العناصر التي تحتمل التكذيب. ولن تكون النظرية كذلك إلا إذا كانت عامة وشاملة، وتُغطي أكبر قدر من الظواهر، فإذا ما حاولنا - طبقاً لخطة بوبر - أن نستبعداها، كان علينا الإتيان ببديل لها. انظر محمد محمد قاسم: كارل بوبر، نظرية المعرفة في ضوء المنهج العلمي (دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية، ١٩٨٦) ص ١٦٣ وما بعدها.

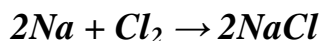
وربما كان مستوى الرموز الكيميائية أكثر إثارة وتشويقاً، بل وأكثر استخداماً من قبل الكيميائيين في ممارساتهم العملية، فالتجارب الجزئية - سواء أكانت تحليلية أو تركيبية - يتم التعبير عنها باستخدام الصيغ الرمزية ومعادلات التفاعل، وليس بكلمات مثل «عنصر» أو «فرض» أو «سيمانطيقاً»، ولذا نركز في الصفحات التالية على مناقشة لغة المستوى الأول، مستخدمين في ذلك لغة المستوى الرابع، وبهذه الأخيرة أيضاً نناقش في الجزء التالي من هذا الفصل لغة المستوى الثاني، على أن نورد صفحات الفصل الثالث لمناقشة لغة القوانين والنظريات.

### ثانياً: الترميز الكيميائي كلفة:

٣ - تختلف لغة الكيمياء في المستوى الرمزي الخالص عن أية لغة عادية أو علمية مألوفة، فليست هناك كلمات أو جُمَل بالمعنى الكلاسيكي، وإنما مجرد رموز متعارف عليها، تُشكل بني تواصلية مميزة، أو «لغة نموذجية» Model language خاصة بالتواصل الكيميائي.

وعلى نحو أساسي تنطلق الرمزية الكيميائية من عددٍ من حروف الهجاء Alphabet تؤخذ كرموز للعناصر. هذه الرموز ترتبط في شكل «كلمات» وفقاً لقواعد هجائية خاصة، ومن ثم ترتبط الكلمات في شكل «جُمَل» محكومة بقواعد نحوية من جهة، وقواعد سيمانطيقية من جهة أخرى.

ومن حيث العدد، تتألف الهجائية الكيميائية من مائة وثمانية عشر رمزاً تمثل العناصر الموجودة حالياً بالجدول الدوري (من *H* إلى *Uuo*). على أن هذا العدد ليس ثابتاً أو محددًا، لأن الجدول يحوي رموزاً لعناصر لا زالت في طور التوقع\*، كما أن رموزاً جديدة من الممكن أن تُضاف مع اكتشاف المزيد من العناصر. ومن مجمل الرموز المعروفة حالياً يمكن التأليف بين رمزين أو أكثر لتشكيل صيغة كيميائية (مثلما نؤلف بين رمزي الكلور *Cl* والصوديوم *Na* لنحصل على صيغة كلوريد الصوديوم *NaCl*)، أو لصياغة معادلة تفاعل من قبيل:



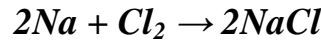
وكما ذكرنا فإن هذه التأليفات لرموز العناصر تخضع لمجموعة من القواعد الصورية تختلف في ماهيتها عن تلك التي تخضع لها صياغة الكلمات والجمل في أية لغة مألوفة، ولذا سوف نطلق عليها اسم «السينتاكس الكيميائي»<sup>(٥)</sup>.

\* هي على الترتيب وفقاً لأعدادها الذرية: *Uut* (١١٣) & *Uup* (١١٥) & *Uus* (١١٧).

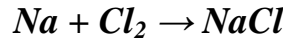
(5) Op. Cit, pp. 34 - 35.

ويشمل السينتاكس الكيميائي نوعين من القواعد؛ الأولى تتحكم في بناء الصيغ الكيميائية وفقاً لمفاهيم مثل «التكافؤ» *Valency*، و«حالة التأكسد» *Oxidation state*، و«السلبية الكهربائية» (أي قدرة العنصر السالب التكهرب على جذب إلكترونات التكافؤ)، و«الألفة» *Affinity*، و«ميكانيزمات التفاعل». هذه القواعد تحدد للكيميائي أي رموز العناصر يمكن التآليف بينها، بما في ذلك النسبة والكيفية. أما النوع الثاني من قواعد السينتاكس الكيميائي فيتحكم في بناء معادلات التفاعل؛ فمن خلاله يمكن تحديد معاملات الانضباط *Stoichiometric coefficients* (أي معدلات الكتل والأحجام الصحيحة للمواد الداخلة في التفاعل)، وكيفية استخدام سهم الاتزان *Equilibrium arrow* أو السهم أحادي الاتجاه *Unidirectional arrow*، فضلاً عن إشباع المعادلة الكيميائية لشروط التفاعل كالمُذيب ودرجة الحرارة<sup>(٦)</sup>.

من جهة أخرى تخضع الرموز والصيغ ومعادلات التفاعل الكيميائية لقواعد سيمانطيقية تحدد معناها وما تشير إليه بالفعل في عالم الجواهر. لكننا نزعم أن ثمة استقلال إبستمولوجي لكلا النوعين من القواعد؛ فمعنى الصيغة *NaCl* (أي ملح الطعام، بكل خواصه الكيميائية والفيزيائية والاجتماعية والثقافية) مستقل عن الصحة الهجائية لهذه الصيغة في مقابل الصيغة *Na3Cl*، وعن الصحة التركيبية الصورية للمعادلة:



في مقابل المعادلة:



تماماً كما نزعم في اللغة العادية أن ثمة استقلال لمعنى العبارتين «نابليون قائد فرنسي» و«نابليون عدد أولي» عن الصحة التركيبية النحوية لهما. فعلى الرغم من أن العبارة الثانية بلا معنى (غير صحيحة سيمانطيقياً)، إلا أنها كالأولى صحيحة نحويًا.

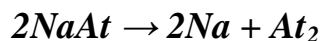
والأكثر من ذلك أننا نستطيع باستخدام قواعد السينتاكس أن نضع صياغات جديدة لجواهر لم نصل إليها بعد بالممارسة التجريبية، وهو ما يعني إمكانية ثراء الصيغ ومعادلات التفاعل الكيميائي على نحو «قبلي»، أي قبل أن نلجأ إلى أنابيب الاختبار. إن كتابة الصيغة الجديدة *NaAt* (كتأليف لكل من الصوديوم والأستاتين) - على سبيل المثال - تستند إلى قواعد السينتاكس (التكافؤ، والتماثل مع *NaCl* أو *NaBr*). ومع أن هذه الصيغة لا تعبر عن مركب يمكن صنعه بالممارسة، إلا أنها لا تنقض قواعد التركيب الصوري، وهي - كصيغة كيميائية - متاحة للبحث الكيميائي الأبعد<sup>(٧)</sup>.

(6) Ibid, p. 35.

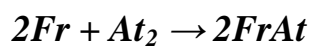
(7) Ibid, pp. 35 - 36.

٤ - نستطيع الآن أن نخطو خطوة جديدة فميز بين الإجراءات الصورية الخاصة برموز الجواهر، والإجراءات التجريبية الخاصة بالجواهر ذاتها. وسوف نسمي عمليتي التحليل والتركيب على المستوى الرمزي الصوري باسمي «التحليل ١» و«التركيب ١»، ونرمز لهما بالرمزين «ح١»، «ر١». أما على مستوى الممارسة التجريبية فسوف نسميهما «التحليل ٢» و«التركيب ٢»، ونرمز لهما بالرمزين «ح٢» و«ر٢».

إن «ح١» و«ر١» يستندان إلى قواعد السينتاكس المسترشدة بالأسس التجريبية للكيمياء، ونتيجتهما قضايا (لغوية) أو معادلات أو جمل تحمل الاسم «ح١» أو «ر١». خذ مثلاً الجملة «ح١» القائلة بأن مولين Moles\* من NaAt يحتويان مولين من Na ومول واحد من At 2، أي:



هذه الجملة صحيحة من الوجهة التركيبية الصرفية، ولا تستلزم إجراء تحليل كيميائي مباشر للمركب المذكور. كذلك الحال بالنسبة للجملة «ر١»، القائلة بأن «الفرنسيوم Francium و«الأستاتين» Astatine يتحدان ليُشكلا «أستاتيد الفرنسيوم» Francium astatide، أي:



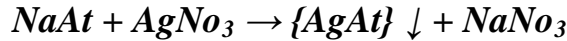
فالجملة أيضاً صحيحة صورياً، ولا تحتاج لإجراء تركيب عملي لتأكيدھا. وعلى العكس من ذلك فإن «ح٢» و«ر٢» يعتمدان على مجموعة من الإجراءات التجريبية اللازمة لنجاح الممارسة الكيميائية، ومثال ذلك الاستخدام الصحيح لأدوات وأجهزة المعمل، وتطبيق مناهج التنقية Purification (كالكروماتوجرافيا، وإعادة التبلور Recrystallization - أي تذويب البلورات ثم تركيز المحلول الناتج بحيث يسمح بإعادة تكوينها دون شوائب)، وكذلك تطبيق المناهج التحليلية (كأن نستخدم مثلاً المطياف الكتلي Mass spectrometer لتحليل الجسيمات موجبة الشحنة)،... إلخ. ونواتج هذه الإجراءات هي مركبات «ح٢» أو «ر٢»<sup>(٨)</sup>.

٥ - وإذا كنا قد ذكرنا أن قواعد السينتاكس الكيميائي مستقلة بذاتها عن قواعد السيمانطيقا، إلا أن ذلك لا يعني أنها بلا أساس تجريبي، بل هي تنطلق أصلاً من خبرات كيميائية عملية

\* المول Mole هو الكتلة الجزيئية لمقدار من المادة مُعبّرًا عنها بالجرام، وتسمى أيضاً «جرام مول». فمن المعروف أن الجزيء يتألف من عدد من الذرات، وأن كتلة الجزيء هي مجموع كتل الذرات المكونة له. ومن ثم فإذا كانت كتلة ذرة الصوديوم  $Na = 23$ ، وكتلة ذرة الأكسجين  $O = 16$ ، وكتلة ذرة الكربون  $C = 12$ ، فإن مول واحد من كربونات الصوديوم  $Na_2CO_3 = (2 \times 23) + 12 + (3 \times 16) = 106$  جم.

(8) Op. Cit, pp. 36 - 37.

مسبقة، وإلا انتفت الصلة بينها وبين الواقع تمامًا. وبعبارة أخرى يستند السينتاكس الكيميائي إلى تحليلات وتركيبات أولية لعدد كبير من المركبات، بحيث يمكن تكوين صياغات صورية أولية - بدورها - تعكس تلك الإجراءات التجريبية، ومن هذه الصياغات يستطيع الكيميائي التنبؤ بتحليلات وتركيبات جديدة على المستوى النظري الخالص. وهكذا فالعبارة القائلة «إن  $NaCl$  يحتوي على مكافئ واحد (ذرة) من الصوديوم ومكافئ واحد (ذرة) من الكلور» هي جملة (ح<sub>1</sub>)، لكنها تستند في الوقت ذاته إلى حقيقة تجريبية مؤداها أن التحلل الكهركيميائي Electrochemical decomposition لكلوريد الصوديوم المنصهر (ح<sub>2</sub>) ينتج مكافئ واحد من الصوديوم ومكافئ واحد من الكلور. وعلى حين أن العبارة الأصلية قد صيغت على أساس الخبرة العملية (ح<sub>2</sub>)، فإن التنبؤات الكيميائية الأبعد المتعلقة بكلوريد الصوديوم يمكن الوصول إليها عن طريق (ح<sub>1</sub>) أو (ر<sub>1</sub>)، دون الحاجة إلى أي عمل معلمي إضافي. إن الكيميائي - على سبيل المثال - يستطيع أن يدخل المعمل وفي ذهنه توقع واضح بأن ملحه المنصهر سوف يُنتج الصوديوم والكلور، وليس البوتاسيوم أو البروم Bromine. إنه يعرف أيضًا أن المركب المسمى  $NaCl$  يحتوي على أيونات الصوديوم والكلور، وسوف يتفاعل مع نترات الفضة ليُنتج راسبًا أبيضًا من كلوريد الفضة. كذلك يستطيع الكيميائي قبل أن يدخل المعمل أن يُوظف قواعد السينتاكس الكيميائي في وضع صياغة لمركب جديد، وليكن  $NaAt$ ، بل وأن يتنبأ براسب عندما يتفاعل المركب المقترح  $NaAt$  مع نترات الفضة:



وعلى الرغم من أن مثل هذه المعادلات القبلية للتفاعل تنسم بالإمكان، إلا أنها لا تكتسب معنى إلا بالممارسة. والنتيجة اللازمة عن ذلك أن «ح<sub>1</sub>» و«ر<sub>1</sub>» لا يمكن أن يحلا محل «ح<sub>2</sub>» و«ر<sub>2</sub>»، كما أن هذين الأخيرين لا غنى لهما عن الأوليين<sup>(9)</sup>.

ولعل الأساس التجريبي للسينتاكس الكيميائي يُبرز الفرق بين لغة الكيمياء واللغة العادية؛ فقد نقول مثلاً أن التأليف بين الرمز  $Na$  و  $Cl$  في الصيغة  $NaCl$  مماثل للتأليف بين كلمتي Screw (أي لولب أو حلزون) و Driver (أي محرك أو سائق) في كلمة Screwdriver (أي مفك)، فكلا التأليفين يؤديان إلى اسم لمركب جزئي. لكن التماثل لا يمكن أن يستقيم، ذلك أن التأليف بين  $Na$  و  $Cl$  ليس فقط تأليفاً بين رموز مجردة؛ إنه يُخبر الكيميائي بتركيبته التجريبية وكيف يصنعها: خذ جزءً واحدًا من  $Na$  وجزءًا واحدًا من  $Cl$ ، والنتيجة هي جزء واحد من  $NaCl$ !. ولا يؤدي تأليف كلمة مفك إلى أية نتيجة مماثلة. إن (ح<sub>1</sub>) أو (ر<sub>1</sub>) لكلمة «مفك» لن يؤدي إلى أية معلومات عن مكونات أو صناعة تلك الأداة المعروفة

(9) Ibid, p. 38.



(ح ٢ أو ر ٢). فالقواعد الهجائية الصورية التي تحكم تحليل كلمة «مفك» إلى «لولب» و«مُحرك» مستقلة تماماً عن تحليل المفك تجريبياً إلى قضيب لولبي من الحديد وقطعة من البلاستيك. هذا فضلاً عن أن معنى كلمة «مفك» ليس مرتبطاً بمعنى كلمتي «لولب» و«مُحرك» على الإطلاق<sup>(١٠)</sup>.

إن السينتاكس الكيميائي إذن - بمنطلقاته التجريبية - هو إحدى أبرز مواطن القوة في لغة الكيمياء، فعن طريقه يمكن تحديد اتجاه التفاعلات الكيميائية في المعمل، بل وتأليف صيغ لمركبات لم نصل إليها بعد، مثلما نؤلف بين رمزي الهيدروجين ( $H$ ) والأكسجين ( $O$ ) لنحصل على الصيغ  $H_2O$  &  $H_2O_2$  &  $HO_2$ . وقد أمكن بالفعل إنتاج هذه المركبات معملياً. وقد نضع أيضاً الصيغة  $H_2O_{10}$  باستخدام (ر ١)، لكننا لم نصل بعد إلى تحقيق لها عن طريق (ر ٢). وهذا إن دل على شيء فإنما يدل على أن القدرة اللغوية للكيميائي قد تفوق إمكاناته التجريبية. ولا نزع ذلك على نحوٍ مطلق، فهناك مركبات لا يمكن وضع صياغة مقبولة لها عن طريق (ر ١)، مثل  $H_4O_2$ ، في حين أن مركبات مماثلة تواجه الكيميائي في المعمل بمقتضى شروط تجريبية صارمة في تفاعلات الغاز<sup>(١١)</sup>.

يدفعنا ذلك إلى التساؤل عن كافة جوانب الاعتماد المتبادل بين اللغة والممارسة الكيميائية، وما يمكن أن تثيره من مشكلات إبستمولوجية، فضلاً عن مدى تأثيرها في تقدم البحث العلمي أو إعاقته، وهو ما نسرع إلى تفصيله الآن.

### ثالثاً: اللغة والممارسة الكيميائية (إيجابيات وسلبيات):

٦ - يتجلى الاعتماد المتبادل بين اللغة والممارسة الكيميائية من خلال إجرائي التحليل والتركيب بشقيهما الصوري والتطبيقي؛ فلدينا أولاً (ح ١) و(ر ١)، وهما إجراءان صوريان منجزان باللغة، ويؤديان إلى صيغ وعبارات ومعادلات تفاعل رمزية خالصة؛ ولدينا ثانياً (ح ٢) و(ر ٢) وهما إجراءان تطبيقيان منجزان بالتجربة، ويؤديان إلى عناصر ومركبات واقعية بالمعنى الساذج لهذه الأخيرة، أعني بالمعنى الذي يُسلم به الحس المشترك Common sense.

والآن خذ العلاقة بين (ح ١) و(ح ٢)، أي التحليل الصوري اللغوي والتحليل التجريبي القائم على الممارسة. فكما لاحظنا بالفعل، يُقدم الإجراء (ح ٢) - ونتائجه - أساساً تجريبياً لابتكار الصيغ ومعادلات التفاعل الواصفة لتتكك العديد من المركبات. إن شرطاً ضرورياً إذن للإجراء (ح ١) أن تكون قواعده ذات بنية تجريبية لا سبيل إليها إلا بالإجراء (ح ٢)؛ فعن طريق

(10) Ibid.

(11) Ibid, p. 39.

هذا الأخير توصل الكيميائيون إلى عددٍ من العناصر التي تم تسميتها رمزيًا وتحديد خواصها لتتعلق بها الهجائية الكيميائية، وعن طريقه أيضًا تم وضع القواعد الأساسية للسينتاكس الكيميائي كالتكافؤ وحالة الأكسدة. فلنا هنا بازاء نسق لغوي أكسيوماتيكي صوري خالص كما هو الحال في الهندسة مثلاً، بحيث يمكن القول أن تعدد المنطلقات الأساسية للنسق (الحدود اللامعرفة، والتعريفات، والمصادر) \* واختلافها من كيميائي إلى آخر يؤدي إلى تعدد الأنساق وشرعيتها صوريًا. على العكس من ذلك، فالمنطلقات الأساسية للنسق الكيميائي – إن كان ثمة نسق – واحدة، سواء من حيث تعريفات العناصر المفردة، أو من حيث البديهيات والمصادر المستندة إلى الخواص الكيميائية والفيزيائية لتلك العناصر، أو حتى من حيث قواعد الربط والاشتقاق!

على الجانب الآخر يستلزم الإجراء (ح<sub>٢</sub>) إطارًا نظريًا لتنظيم خطواته وتفسيرها، ومن ثم إضفاء سمة العقلانية على نتائجه. إن إضافة عصير الليمون إلى السمك – على سبيل المثال – لا تُفسر لماذا يزيل هذا الإجراء رائحة السمك الرديئة. فلئن لم يكن هذا الإجراء مؤسسًا على نظرية كيميائية، فسوف يغدو مجرد خبرة عملية محدودة؛ مجرد «صناعة» Craft تفتقر إلى قوة التفسير العلمي، ولا تتيح للقائم بها وضع تنبؤات حول إجراءات أخرى يمكن القيام بها. إن ممارسة الإجراء (ح<sub>٢</sub>) إذن مرتبطة ومقيدة بتوجيهات صورية يُقدمها الإجراء (ح<sub>١</sub>)، مثلما نبحت عن (H<sub>2</sub>) و (C) خلال عملية التحلل الحراري لغاز الميثان Methane (CH<sub>4</sub>) وفقًا للمعادلة:

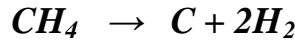
\* أبسط تعريف للنسق الأكسيوماتيكي Axiomatic system أنه بناء لغوي صوري يحوي عددًا من الحدود والقضايا التي يؤدي تألفها إلى قضايا أخرى تُعد كنتائج لازمة عنها بالضرورة، وذلك وفقًا لقواعد الاستنباط المنطقي، ودون اللجوء إلى الخبرة الحسية. وأول نسق أكسيوماتيكي عرفته البشرية هو نسق «إقليدس» الهندسي (حوالي ٣٠٠ ق. م). وقد انطوى على عدد من الحدود اللامعرفة، والتعريفات، والبديهيات، بالإضافة إلى خمس مصادر. هذا فضلاً عن المبرهنات أو القضايا المشتقة. ويتغير المنطلقات الأساسية لهذا النسق أمكن إقامة العديد من الأنساق الهندسية المختلفة، كالأنساق اللاإقليدية واللاقياسية وغيرها. لمزيد من التفاصيل حول هذه الأنساق ومنطلقاتها، انظر:

صلاح عثمان: *الاتصال واللاتناهي بين العلم والفلسفة*، منشأة المعارف، الإسكندرية، ١٩٩٨، ص ص ٨٤ – ٩٨ & صلاح عثمان: *النموذج العلمي بين الخيال والواقع*، منشأة المعارف، الإسكندرية، ٢٠٠٠، ص ص ٨٩ – ١٠٠.

And see also:

- van Frassen, Bas, *An Introduction to the Philosophy of Time and Space*, Columbia University Press, N.Y., 1985, pp. 117 FF.
- Mellone, S. H., *Elements of Modern Logic*, University Tutorial Press Ltd, London, 1970, pp. 104 FF.

1000 °C



أو مثلما نبحت عن مجموعة الميثيل Methyl group ( $CH_3 -$ ) في طيف الكتلة\* للميثانول  $(CH_3OH)$  Methanol\*\*.

على أن هذه التنبؤات الصورية ليست - كفروض مسبقة - كافية أو ضرورية للإجراء (ح ٢)؛ هي ليست كافية لأن التحليل المعلمي يؤدي في كثير من الأحيان إلى ظهور مكونات غير متوقعة، أو «شوائب» Impurities؛ وهي ليست ضرورية لأن هذا التحليل المعلمي قد يكشف عن مجموعة من النواتج مختلفة تمامًا عن تلك المتوقعة للمركب موضع التحليل. فعلى سبيل المثال يمكن للكيميائي حين يُطبق الإجراء (ح ١) على الصيغة التجريبية ( $C_2H_6O$ ) أن يتنبأ بوجود مجموعة إيثيل Ethyl group ( $CH_3 - CH_2 -$ ) ومجموعة هيدروكسيل Hydroxyl ( $OH$ )، أي بوجود الكحول\*\*\*، لكن الإجراء (ح ٢) قد يكشف عن وجود مجموعات تفاعلية أخرى في العينة - مثل الإثير\*\*\*\* Ether، أو قد لا يُظهر وجود أية مجموعات هيدروكسيلية ككل.

\* طيف الكتلة Mass spectrum هو الطيف الذي يكشف عن الذرات أو الجزيئات المتأينة أو أجزاءها المتأينة ذات الكتل المختلفة، أو التي يختلف بعضها عن الآخر من حيث نسبة شحنتها إلى كتلتها. وطيف الكتلة لعنصر ما يبين النظائر المختلفة لذلك العنصر. (معجم الفيزيكا الحديث، ج ٢، مادة «طيف الكتلة»، ص ١٨٣).

\*\* الميثانول (أو الكحول الميثيلي Methyl alcohol هو مركب يدخل وسيطاً في عدد كبير من المركبات، وهو أيضاً وقود ومذيب عام يمكن تخليقه من أول أكسيد الكربون والهيدروجين (معجم مصطلحات التكنولوجيا الكيميائية، مادة «ميثانول»، ص ٢٣٦).

\*\*\* كلمة «كحول» هي اصطلاح شامل يُطلق على المركبات العضوية ذات الصيغة العامة ( $R - OH$ )، حيث تُعبر ( $OH$ ) عن مجموعة الهيدروكسيل، في حين تمثل ( $R$ ) شقاً إضافياً دهنيًا أو عطريًا. وفي الاستخدام العام ينصرف المصطلح إلى الكحول الإيثيلي Ethyl alcohol أو الإيثانول Ethanol ( $C_2H_5OH$ ). (معجم مصطلحات التكنولوجيا الكيميائية، مادتي «كحول» & «كحول إيثيلي»، ص ١٦٨ - ١٦٩).

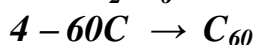
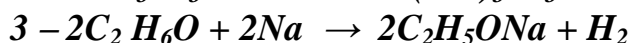
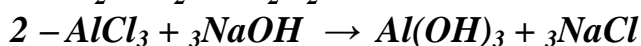
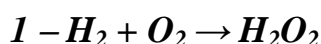
\*\*\*\* يُطلق مصطلح «الإثير» على المركبات العضوية ذات الصيغة العامة ( $R - O - R$ )، وفيها تربط ذرة أكسجين بين مجموعتين هيدروكربونيتين. ومن أمثلة الإثيرات: «الإثير ثنائي الإيثيل» Diethylether ( $CH_3 CH_2 O CH_2 CH_3$ )، وهو سائل عديم اللون متطاير وقابل للالتهاب، يُستخدم مخدرًا في الطب، ومذيبيًا، ووسيطًا، ومُبردًا. ومنها أيضًا «الإثير ثنائي الميثيل» Dimethylether ( $CH_3 O CH_3$ )، وله الخواص الفيزيائية السابقة فيما عدا كونه غازًا (معجم مصطلحات التكنولوجيا الكيميائية، مادة «إثير»، ص ٣٠).

وهكذا الحال أيضًا - من جهة أخرى - بالنسبة للإجراءين (ر<sub>1</sub>) و(ر<sub>2</sub>)، فمن المؤكد أن ثمة أوجه للاعتماد المتبادل بينهما، لكن تنبؤات الأول ليست شرطًا كافيًا أو ضروريًا للثاني، ومن ثم نصل إلى أن هناك حدودًا للبحث الكيميائي تُسببها تلك العلاقة الرابطة بين اللغة والممارسة الكيميائية. وبعبارة أخرى، هناك سلبيات لا ينبغي أن نغفل عنها حين نعرض لإيجابيات الترميز الكيميائي بمنطلقاته ونتائجه التجريبية<sup>(12)</sup>.

٧ - وبظرة سريعة لمحتويات الجدول الدوري يتضح أن أبرز تقييد للبحث الكيميائي تفرضه اللغة هو العدد المحدود لرموز العناصر الكيميائية. فكما أشرنا من قبل، تتألف الهجائية الكيميائية حاليًا من مائة وثمانية عشر رمزًا. ومن الطبيعي - من ثم - ألا تخرج كافة الصيغ ومعادلات التفاعل الكيميائية عن هذه الرموز المعروفة. والنتيجة اللازمة عن ذلك أنه من المستحيل وضع معادلة تفاعل - باستخدام الإجراء (ر<sub>1</sub>) - تحتوي نواتجها على عنصر جديد لم نصل إليه بعد بالتجربة. لا شك أن الترتيب النسقي للعناصر في الجدول الدوري - مؤسسًا على الخواص الفيزيائية لذراتها - يجيز التنبؤ بعناصر جديدة، بل والتنبؤ أيضًا ببعض خواصها، لكن الاكتشاف العمدي لعنصر جديد - كنتيجة لمعادلة تفاعل قبلية معينة - أمرٌ مستبعد تمامًا<sup>(13)</sup>.

هذا من جهة، ومن جهة أخرى يُعبّر استخدام الكيميائيين لرمز (أو اسم) لعنصر ما غير موجود بالفعل عن وجه آخر من أوجه اللغة الكيميائية التي قد تقود إلى نتائج تجريبية خاطئة. ربما يلجأ الكيميائيون إلى ذلك لتفسير بعض الظواهر الغامضة، والمثال التاريخي على ذلك هو «الفلوجستون»؛ حيث أدت اللغة الكيميائية في النصف الأول من القرن الثامن عشر - بسبب الحاجة إلى أسماء مثل «الأكسجين» ووجود أسماء مثل «الفلوجستون» - إلى تفسيرات خاطئة للتجارب، وإلى محاولات غير مثمرة لعزل الفلوجستون، ومن ثم عاقت التقدم العلمي - جزئيًا - لعدد من العقود.

إن اللغة الكيميائية إذن ليست مثالية، أو بالأحرى غير كاملة منطقيًا، حتى بالنسبة لقواعد السينتاكس التي نستخدمها في كتابة الصيغ ومعادلات التفاعل. والأمثلة التالية تُلقي مزيدًا من الضوء على بعض الصعوبات المرتبطة بالإجراءين (ح<sub>1</sub>) و(ر<sub>1</sub>):



(12) Jacob, Op. Cit, pp. 40 - 41.

(13) See Shriver, D. F. & Atkins, P.W. & Langford, C.H., *Inorganic Chemistry*, Oxford University Press, Oxford, 1998, pp. 3 FF.

وقد تبدو هذه المعادلات غير إشكالية بالمرّة بالنسبة للكيميائيين، لأنهم يستطيعون ببساطة إحلال معادلات أخرى محلها، لكنها من الوجهة الفلسفية تُعبّر عن قصور واضح في اللغة الكيميائية؛ فالمعادلة الأولى هي جملة رمزية صيغت باستخدام الإجراء (١٤)، كوصفٍ لتحضير بيروكسيد الهيدروجين Hydrogen peroxide ( $H_2O_2$ ) في المعمل. لكن حالة التأكسد المباشرة للهيدروجين بإضافة الأكسجين تُنتج الماء وليس بيروكسيد الهيدروجين. إن بناء المعادلة يتم وفقاً لقواعد السينتاكس الكيميائي، لكنها لا يمكن أن تتحول إلى تجربة ناجحة<sup>(١٤)</sup>.

ترتبط المعادلة الثانية بمشكلة مماثلة، فعلى الرغم من أن هيدروكسيد الألومنيوم Aluminum hydroxide  $Al(OH)_3$  هو ناتج ممكن لهذا التفاعل، إلا أننا يجب أن نضع في اعتبارنا شروط التفاعل الدقيقة المستخدمة. فمن الممكن أن يؤدي التفاعل - بمقتضى هذه الشروط - إلى الصيغة  $[Al(OH)_4]$  مثلما يؤدي إلى الصيغة  $[Al(OH)_3]$ ، لكن المعادلة تنتبأ بناتج ممكن واحد لتفاعل ( $AlCl_3$ ) مع ( $NaOH$ ).

كذلك الحال بالنسبة للمعادلة الثالثة التي تحوي تعبيرات تصف مركبات أيسوميرية Isomeric compounds؛ أي مركبات لها نفس الصيغة الجزيئية لكنها تختلف في الخواص الفيزيائية والكيميائية نتيجة لاختلافها في التركيب البنائي، كالإيثانول والإثير ثنائي الميثيل. فالصيغة الرمزية ( $C_2H_6O$ ) يمكن أن تشير إلى أي منهما، أي أنها من قبيل المشتركات اللفظية، ومن ثم فالمعادلة قد تكون صحيحة (في حالة الإيثانول)، وقد تكون غير صحيحة (في حالة الإثير ثنائي الميثيل). ولما كانت المعادلة لا تحوي معلومات كافية تُحدد أي المركبين هو المعني بالصيغة ( $C_2H_6O$ )، فهي ليست إذن مرشداً جيداً للإجراء (٢٠).

إن السمة المشتركة للمعادلات الثلاث السابقة أن الصيغ وقواعد التركيب التي استخدمت في بنائها ليست كافية للتنبؤ الدقيق بنواتج تجربة ما. ومن ثم يمكننا القول أننا لا نستطيع التعامل مع أية معادلة تفاعل رمزية كحساب منطقي دقيق وحسب؛ فمثل هذا التعامل سوف يعكس فقط الإجراء (١٤)، لكنه يستبعد في الوقت ذاته جوانب عملية هامة تحيط بالإجراء (٢٠). وحتى لو أخذنا لغة الكيمياء الرمزية كحساب دقيق يؤدي إلى معادلات صحيحة، فإن الصحة هنا هي صحة منطقية وليست صحة تجريبية<sup>(١٥)</sup>. وبعبارة أخرى علينا أن نميز بين ما هو ممكن منطقياً وما هو ممكن تجريبياً، فهذا الأخير هو ما يكون ممكناً كمادة علمية تطبيقية، وليس كمادة معرفية صورية وحسب. وما دما في رحاب البحث الكيميائي فمن الضروري أن يكون الإمكان المنطقي منطوياً في الوقت ذاته على إمكان تجريبي<sup>(١٦)</sup>.

(14) Jacob, Op. Cit, pp. 42 – 43.

(15) Ibid, p. 44.

(16) See McCall, S., *A Model of the Universe: Space - Time, Probability, and Decision*, Clarendon Press, Oxford, 1994, pp. 7 – 8.

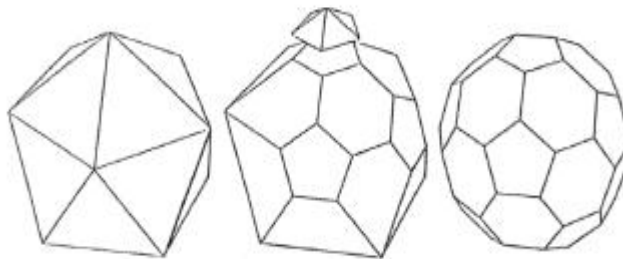
٨ - تبقى المعادلة الرابعة والأخيرة، ولأهميتها نُفرد لها فقرة خاصة ومستقلة. هذه المعادلة تصف تركيب أحد الجزيئات الكربونية ذات الأعداد الكبيرة من الذرات، والمعروف باسم «الفولرين» Fullerene أو «الكربون ٦٠» ( $C_{60}$ )، وهو أحد الكشوف الكيميائية الهامة خلال الربع الأخير من القرن العشرين. وبنظرة تاريخية نجد أن الفضل في اكتشاف هذا المركب وغيره من المركبات الكربونية الجديدة (مثل  $C_{70}$ ،  $C_{76}$ ،  $C_{84}$ ، ... إلخ) ، إنما يعود إلى ثلاثة علماء، هم البريطاني «سير هارولد كروتو» S. H. W. Kroto (١٩٣٩ - ٢٠١٦)، والأمريكيان «روبرت كيرل» R. F. Curl (من مواليد ١٩٣٣)، و«ريتشارد سمالي» R. E. Smalley (١٩٤٣ - ٢٠٠٥)، الذين حصلوا عام ١٩٩٦ على جائزة نوبل في الكيمياء لأبحاثهم الرائدة في هذا المجال. ففي عام ١٩٨٥ قام «كروتو» و«كيرل» بزيارة علمية لمعمل «سمالي» بجامعة «ريس» الأمريكية، وكان الأخير مهتمًا بتحضير بعض المركبات الكربونية المتجمعة من فصل مكونات المركب الكيميائي «كربيد السيليكون» ( $SiC_2$ ) Silicon carbide، مستخدمًا في ذلك أشعة الليزر المنتخبة ذات الطاقة العالية لجعل هذا المركب في الحالة البخارية. وفي حينه اقترح «كروتو» إمكانية تحضير مركبات كربونية أكثر تعقيدًا بإحلال «الجرافيت» محل «كربيد السيليكون».

وفي وقت لاحق (سبتمبر ١٩٨٥)، نجح «كروتو» في تحضير المركب ( $C_{60}$ ) بتجربة بسيطة تتلخص في وضع قرص من الجرافيت في حاضن مفرغ من الهواء ومملوء بغاز الهليوم، وبتسليط حزمة منتخبة من أشعة الليزر أمكن اقتلاع ذرات الكربون من القرص، وتتجمع الذرات المقتلعة مع بعضها لتشكل جزيئات كربونية مختلفة من بينها الكربون ٦٠. وبعد ذلك تمكن العلماء الثلاثة من دراسة الشكل البلوري لهذا المركب ( $C_{60}$ )، واتضح أنه على شكل بالونة كرة قدم لها اثنان وثلاثون وجهًا، اثنا عشر منها خماسية الشكل، والباقي سداسي الشكل (انظر الشكل)، ولذا أطلقوا على هذا المركب اسم «الفولرين» تمجيدًا لذكرى المعماري الأمريكي «رينتشارد بوكمنستر فولر» R. B. Fuller (١٨٩٥ - ١٩٨٣) الذي صمم عام ١٩٥٠ شكلًا معماريًا على هيئة أوجه خماسية وسداسية<sup>(١٧)</sup>.

(١٧) محمد زكي عويس: *مستقبل العلم* (دار المعارف، القاهرة، ١٩٩٩) ص ص ٧٤ - ٧٦.

\* ترجع أهمية هذا الكشف إلى تطبيقاته التكنولوجية المتعددة، ففي مجال الطب وُجد أن مشتقات الفولرينات الذائبة في الماء ترتبط بالجزء الفعال في إنزيم فيروس نقص المناعة المعروف باسم Enzyme HTV-I protease ويعمل على تثبيط هذا الإنزيم. كذلك تُستخدم أملاح الفولرينات القلوية كموصلات فائقة التوصيل Superconductors للتيار الكهربائي. هذا فضلًا عن استخدام الفولرينات في عمليات التشحيم والتزيت. (انظر محمد زكي عويس، المرجع السابق، ص ص ٧٧ - ٨٠).

وما نخرج به من هذا العرض التاريخي الموجز هو أن الإجراء (٢) للفولرين مجرد إجراء كيميائي بسيط، كان من الممكن إنجازَه منذ أكثر من مائة عام، فلماذا إذن انتظرنا حتى عام ١٩٨٥ لكي نحصل على  $(C_{60})$ ؟ الإجابة لا يمكن أن تُعَوَّل في ذلك على الممارسة الكيميائية التجريبية فقط، بل يجب بالأحرى أن تشير بأصابع الاتهام إلى قواعد السينتاكس الكيميائي. فالصيغة  $(C_{60})$  لم تكن ببساطة جزءاً من حصيلة الأسماء الكيميائية، وحتى عام ١٩٨٥ لم تكن هناك قواعد صورية تجيز الإجراء (١) للحصول على المركب  $(C_{60})$ . لقد كان من الممكن فقط استخدام هذا الإجراء الصوري لتمثيل «الجرافيت» أو «الماس»، أو أية صورة أخرى من صور الكربون ذات الثبات والاستقرار الكبير (مثل  $C_1, C_2, C_3, C_4, \dots$  إلخ)، ومن ثم فإن الصيغة  $(C_{60})$  كانت غائبة عن أية معادلة تفاعل كيميائية، وهو ما أدى إلى عدم سعي أي كيميائي قبل عام ١٩٨٥ لتركيب الفولرين عمدًا!<sup>(١٨)</sup>



### (الكربون ٦٠ والأوجه السداسية والخماسية)

إن اللغة إذن لا تعكس ببساطة معرفتنا بالجواهر فقط، وإنما تؤثر أيضًا على مجرى البحث الكيميائي ومردوداته، الأمر الذي يستلزم تكثيف الجهود من قبل علماء الكيمياء وفلاسفة وعلماء اللغة لعلاج أوجه النقص والقصور التي تعترئها.

٩ - هل هناك سبيل لتحسين إجراءات البحث الكيميائي بتغيير أو تطوير لغته؛ أعني هجائته وقواعد السينتاكس الخاصة به؟ وهل من الممكن إعادة تعريف العلاقة بين اللغة والممارسة الكيميائية (أي الجوانب السيمانطيقية) على أساس واضح وثابت ومحدد؟ وهل ثمة جوانب

(18) Jacob, Op. Cit, p. 44.

برجماتيكية ينبغي وضعها في الاعتبار حين نبحث في تطوير اللغة الكيميائية، بحيث لا نغفل عن علاقتها بالسياق أو الحدث التواصلية؟.

لا شك أن الإجابة عن هذه التساؤلات هي من شأن الكيميائيين بالدرجة الأولى، لكن الفلاسفة لديهم الكثير مما يمكن تقديمه في هذا الشأن، على الأقل من جهة الخبرات المتراكمة في مجال اللغة وأبعادها المعرفية، فالأمر يتطلب إذن مناقشة عامة ودائمة، يشترك فيها الكيميائيون من جهة، والفلاسفة من جهة أخرى، لتلك الإيجابيات والسلبيات التي تنطوي عليها علاقة الاعتماد المتبادل بين اللغة والممارسة الكيميائية. ونبدأ بالرؤية الفلسفية للسؤال الثالث الخاص بالجوانب البرجماتيكية للغة الكيمياء، وهنا نزع أن مجرد طرح السؤال يعني أن البرجماتيكا تمثل بعداً إشكالياً لعلاقة اللغة بالممارسة، فالصيغ ومعادلات التفاعل ما هي إلا رسائل لغوية تحقق التواصل الكيميائي، ولكي ينجح هذا التواصل لابد من توحيد المعنى وقواعد الصياغة لأية بنية لغوية تمثيلية، ومن ثم تصبح لدينا لغة كيميائية واحدة، توجه البحث الكيميائي في اتجاه عيني واحد. إن من شأن الاستخدام العام للغة كيميائية واحدة أن يخلق «مجتمعا مغلقاً» Closed society من ممارسي الكيمياء، وأن يؤدي إلى كيمياء واحدة موحدة تتجاوز الحدود الجغرافية للأقطار التي تحتضن الجامعات ومراكز البحث؛ فأية تجربة معملية لا تخضع لقواعد البحث المتفق عليها لن تكون بحثاً علمياً كيميائياً، ولن تؤخذ كمنظريات تلك الأبحاث التي تنطوي عليها تنبؤات لا تقبل التحقيق التجريبي بطريق مباشر أو غير مباشر. كذلك من شأن الاستخدام العام لتلك اللغة الكيميائية الموحدة أن يسرع بخطى التقدم الكيميائي، سواء على مستوى اللغة ذاتها - والتي ستصبح موضع فحص نقدي دائم - أو على مستوى الممارسة العملية الحاكمة لتلك اللغة والمتأثرة بها في الوقت ذاته<sup>(19)</sup>.

أما السؤال الأول الخاص بتحسين أو تطوير السينتاكس الكيميائي، فلا تنفصل إجابته عما ذكرناه من ضرورة توحيد الأساس التجريبي للغة الكيميائية. فمن جهة، يمكن تحسين الإجراءات (ح) و(ر) بصياغات جديدة للمعادلات الكيميائية تشير بوضوح إلى شروط التفاعل الدقيقة والمطورة للعناصر والمركبات المستخدمة، بحيث تؤدي هذه المعادلات إلى نتائج - أو تنبؤات - أكثر دقة. وتلك مسألة تشغل بال العديد من علماء الكيمياء على نحو مطرد. وبصفة خاصة فإن علماء الكيمياء العضوية يستفيدون من سينتاكس كيميائي مُعدّل، لأن الإجراءات (ر) لما يقرب من ٣٦٪ من المركبات العضوية يُسترشد فيه بميكانيزمات التفاعل، بل إن الإجراءات (ر) لهذا النمط من المركبات يتم إنجازها بمساعدة برامج الحاسب الآلي التي يمكن تغذيتها بكافة شروط التفاعل، ومن ثم تجمع المعادلة بين الإمكان المنطقي والتجريبي.

(19) Ibid, p. 45.



ومن جهة أخرى، يمكن تحسين السينتاكس الكيميائي بالاستفادة مما يُعرف بالاكتشافات المفاجئة Surprise discoveries؛ فالمزج العشوائي لبعض الجواهر (أي الصنعة أو الخبرة العملية غير النسقية) يمكن أن يُولّد عددًا من المركبات الجديدة. هذه المركبات يستطيع الكيميائي أن يتناولها بالدراسة فيطبق عليها الإجراء (ح٢) - فنقل مثلاً باستخدام الفصل الغازي الكروماتوجرافي أو مطياف الكتلة - ومن ثم يمكن وصف النواتج والمحتويات عن طريق الإجراء (ح١)، والذي يؤدي بدوره إلى بناء معادلة تفاعل دقيقة باستخدام الإجراء (ر١).  
ومما يؤكد أهمية هذا الاتجاه أنه يلقي الآن صدى متناميًا - لاسيما من قبل شركات الأدوية - فيما أصبح معروفًا باسم «الكيمياء التآلفية» Combinatorial chemistry<sup>(٢٠)</sup>.  
أما السؤال الثاني المتعلق بإعادة تعريف العلاقة بين اللغة والممارسة الكيميائية، فيمثل بعدًا إشكاليًا آخر، لما له من جوانب ميثودولوجية وإيستمولوجية تختلف إزاءها رؤى الفلاسفة، ولذا تنبغي معالجته على نحو مستقل.

وعلى الله قصد السبيل والله أعلم

صلاح عثمان

(20) Ibid, pp. 47 - 48.

## References

### المراجع

#### أولاً: المراجع باللغة العربية:

١. صلاح عثمان: *الاتصال واللاتناهي بين العلم والفلسفة، منشأة المعارف، الإسكندرية، ١٩٩٨.*
٢. صلاح عثمان: *النموذج العلمي بين الخيال والواقع، منشأة المعارف، الإسكندرية، ٢٠٠٠.*
٣. كاتي كوب & هارولد جولد وايت: *إبداعات النار، النار (تاريخ الكيمياء المثير من السيمياء إلى العصر الذري)*، ترجمة فتح الله الشيخ، مراجعة شوقي جلال، سلسلة عالم المعرفة، المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب، الكويت، العدد (٢٦٦)، فبراير ٢٠٠١.
٤. مجمع اللغة العربية: *معجم الفيزيكا الحديثة*، تصدير إبراهيم بيومي مذكور، الهيئة العامة لشئون المطابع الأميرية، القاهرة، ج١، ١٩٨٣، ج٢، ١٩٨٦.
٥. محمد أحمد عبد القادر: *العلم الإلهي وآثاره في الفكر والواقع*، دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية، ١٩٨٦.
٦. محمد محمد قاسم: *كارل بوبر، نظرية المعرفة في ضوء المنهج العلمي*، دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية، ١٩٨٦.
٧. محمد زكي عويس: *مستقبل العلم*، دار المعارف، القاهرة، ١٩٩٩.
٨. يحيى مصطفى العجاوي & حسن محمود إسماعيل: *معجم مصطلحات التكنولوجيا الكيميائية*، تقديم حسن مرعي، إشراف أنور محمود عبد الواحد، المؤسسة الشعبية للتأليف والنشر، لايبزج & مؤسسة الأهرام، القاهرة، ١٩٧٤.

#### ثانياً: المراجع باللغة الإنجليزية:

1. Daugh, P. J., *Gas Chromatography: A Practical Approach*, Oxford University Press, Oxford, 1993.
2. Frege, Gottlob, 'On Sense and Meaning', In Peter Geach & Max Black (ed.), *Translations from the Philosophical Writings of Gottlob Frege* Barnes & Noble Books, Totowa, N.J., Reprinted 1988
3. Godman, Arthur, *Illustrated Dictionary of Chemistry* Librairie de Liban, Beirut, 1982.
4. Hudson, J., *The History of Chemistry*, Chapman & Hall, N.Y., 1992.
5. Jacob, Claus, 'Analysis and Synthesis, Interdependent Operations in Chemical Language and Practice', *HYLE*, Vol. 7, No. 1, 2001.

6. McCall, S., *A Model of the Universe: Space - Time, Probability, and Decision*, Clarendon Press, Oxford, 1994.
7. Mellone, S. H., *Elements of Modern Logic*, University Tutorial Press Ltd, London, 1970.
8. Shriver, D. F. & Atkins, P. W. & Langford, C.H., *Inorganic Chemistry*, Oxford University Press, Oxford, 1998.
9. van Frassen, Bas, *An Introduction to the Philosophy of Time and Space*, Columbia University Press, N.Y., 1985.

\* \* \*