

فن الكيمياء

ما بين الخرافات والعلاجات والمواد



آرثر جرينبرج

فن الكيمياء

ما بين الخرافات والعلاجات والمواد

تأليف
آرثر جرينبرج

ترجمة
سارة عادل
زينب عاطف

مراجعة
شيماء طه الريدي



الناشر مؤسسة هنداوي

المشهرة برقم ١٠٨٥٩٧٠ بتاريخ ٢٦ / ١ / ٢٠١٧

يورك هاوس، شيبيت ستيت، وندسور، SL4 1DD، المملكة المتحدة

تلفون: + ٤٤ (٠) ١٧٥٣ ٨٣٥٢٢

البريد الإلكتروني: hindawi@hindawi.org

الموقع الإلكتروني: <https://www.hindawi.org>

إنَّ مؤسسة هنداوي غير مسؤولة عن آراء المؤلف وأفكاره، وإنما يعبر الكتاب عن آراء مؤلفه.

تصميم الغلاف: عبد العظيم بيدس

التقييم الدولي: ٥ ١٩٥٨ ١٥٢٧٣ ٩٧٨

صدر الكتاب الأصلي باللغة الإنجليزية عام ٢٠٠٣.

صدرت هذه الترجمة عن مؤسسة هنداوي عام ٢٠٢٠.

جميع حقوق النشر الخاصة بتصميم هذا الكتاب وتصميم الغلاف محفوظة لمؤسسة هنداوي.

جميع حقوق النشر الخاصة بالترجمة العربية لنص هذا الكتاب محفوظة لمؤسسة هنداوي.

جميع حقوق النشر الخاصة بنص العمل الأصلي محفوظة لجون وايلي أند سنتر، إنك.

Copyright © 2003 by John Wiley & Sons, Inc. All Rights Reserved.
Authorised translation from the English language edition published
by John Wiley & Sons, Inc. Responsibility for the accuracy of the
translation rests solely with Hindawi Foundation and is not the
responsibility of Wiley. No part of this book may be reproduced in
any form without the written permission of the original copyright
holder, John Wiley & Sons Inc.

المحتويات

٩	شكر وتقدير
١١	تمهيد
١٥	١- الجذور الروحانية والميثولوجية
٧٥	٢- المقطرات، وبوتقات فصل المعادن، والأسلحة
١١٧	٣- الأدوية والمطهرات والمراهم
١٤٩	٤- علم وليد
٢٠٥	٥- الثورتان الفرنسيتان
٢٨٣	٦- دولة ناشئة ونظرية ناشئة
٣١٩	٧- التخصص والتنظيم
٤٠٣	٨- بعض المرح
٤٦١	الخاتمة

بادئ ذي بدء، أهدي هذا الكتاب إلى زوجتي سوزان وابنينا ديفيد وراشيل، الذين
قابلوا جوانب ضعفي البشري العديدة بالحب والدعم والتفهم.

كذلك أهدي هذا الكتاب إلى والدي موراي وبيلا وإخوتي الثلاثة دي دي (إلين)،
وكيني، وروبرتا، الذين شملوني بحبهم ودعمنهم أيضًا.

شكر وتقدير

هذا الكتاب تتمّة لكتاب «جولة عبر تاريخ الكيمياء» الذي نشرته دار جون وايلي آند سانز في عام ٢٠٠٠. ولا أزال حتّى اليومأشعر بالامتنان للأستاذ رولد هوفمان، الذي أمدّني بدعمه في الكتاب السابق، ود. باربارا جولدمان، التي وافقت على المشروع وشجعته، ود. دارلا هندرسون، والسيدة آمي روماني، التي ساعدت في إنجاز هذا الكتاب ونشره في وايلي. إنّي محظوظ، في الواقع، لاستمرار دعم د. هوفمان والسيدة آمي روماني لي، واستمرار روح المرح التي يتّسم بها العمل معهما خلال المشروع التالي.

إنّ من دواعي سروري البالغ أن أقام قراء هذه المخطوطة بإدراج اسم أبي البيولوجي السيد موراي جرينبرج، وأبي «في الكيمياء» الأستاذ بيير لاسلو، وأقرب أصدقائي في الكيمياء إلى الأستاذ جويل إف لييمان، وزوجتي السيدة سوزان جيه جرينبرج، وصديقي في جنون الكتب، الدكتور روبي جي نيفل، وهم جميعاً حاصلون على درجات علمية في الكيمياء. وكالعادة، قدّم جويل عدّة مقترنات وألّف مقالاً واحداً على الأقل. لقد أتاحت لي تلك الفرصة السعيدة التي واتتني لقراءة مسودات مسرحية «أكسجين» للأستاذة كارل جيراسيورولد هوفمان، رؤييّةً مُستنيرةً ودافعاً لإعادة التفكّر في الثورة الكيميائية. كما أمدّني الأستاذ دودلي هيرشكاك ببعض المعلومات والرؤى الرائعة التي كانت بمثابة البذرة لمقالٍ عن بنجامين فرانكلين. قبل عقد تقريباً، أخبرني الأستاذ روبرت فراينهوك بالاستنتاجات المختلفة عن علم التصنيف التي يُنتهي إليها عادةً عند مقارنة تقنيات علم المورفولوجيا وعلم الكيمياء (الجينوم)، وقد أمدّني بالصور، وأمّتّعني بمناقشات مفيدة كثيراً في أحد مقالاتي. كذلك أشكر المساعدة التي قدمها لي د. أرنولد ثاكرى والسيدة إليزابيث سوان بمؤسسة التراث الكيميائي بفيلاطفيا. ومن دواعي سروري أيضاً أن أُعبر عن خالص تقديرى للمناقشات

المُحَفَّزَة التي خضتها مع د. روبي جي نيفل. وقد قدّمت مكتبة روبي جي نيفل لتاريخ الكيمياء في كاليفورنيا نسخاً من الأشكال والصور النادرة للغاية من مجموعتها الضخمة. ثُمَّةَ كثيرون آخرون ساهموا في هذا الكتاب، وأُعْبِرُ لهم عن خالص شكري وعرفاني كلما كان ذلك مناسباً. أودُ كذلك التعبير عن خالص امتناني للسيدة أليس جرينليف (وكان ذلك للسيدة نان كوليوز)، بجامعة نيويورك؛ لدقتهما الشديدة في مسح وتحرير الأشكال العديدة من مجموعة كُتبِي الخاصة، والتي استعنت بها في هذا الكتاب. وقد استعنت بهذه الأشكال كذلك في عدد من الفصول والمحاضرات التي دُعيت إلى إلقائها خلال فترة تأليف هذا الكتاب.

تمهيد

كتب الفيزيائي والمُؤلّف أوليفير ساكس يقول: «ربما كان تاريخ الكيمياء هو الأكثر تعقيداً وروعةً، بل والأكثر رومانسيةً — بما لا يدع مجالاً للشك — من بين كل العلوم». ¹ كيف تَنْقُل مشاعر الدهشة والسعادة، والإثارة التي صاحبت الاكتشافات خلال بدايات علم الكيمياء إلى الطالب الجامعي أو طالب المدرسة العليا، وكذا إلى المعلم؟ علاوةً على وجود جمهور متفتحٍ من العامة يتمتّون في الواقع معرفةً المزيد عن العلوم. فلِمَ تَنْقُل كاهلهم بذكر بعض النظريات التي عفا عنها الزمن إلى جانب تلك النظريات الجارية؟ والإجابة هي: إنه لِمَنِ الضروري مساعدة غير العلماء في فهم الآلية التي يعمل بها العلم. بدايةً، إنَّ ممارسة العلم مسغٍّ بشريٍّ جادٌ. وعلى الرغم من أنَّ معظم الأشخاص (غير المُتَّسِّرين إلى حركة «العصر الجديد») يعاملون الكيمياء اليوم على أنها ممارسة «للسذاجة» إن لم تكن احتيالاً صرفاً؛ فقد كانت الكيمياء في الأساس مسغٍّ بشريٍّ لفهم وحدة الطبيعة ومحاولة التعبير عنها مجازياً. وتحوّل هذه الخرافات والأساطير والتطبيقات على الفنون والطبع إلى العلم الحديث الذي نراه اليوم هو القوة المحرّكة لهذا الكتاب. لكن الفكرة المتكررة هنا هي حاجة البشر إلى تخيل الطبيعة الجوهرية للمادة ومحاولتها فهمها. ثمةَ هدف آخر من أهداف هذا الكتاب يَتَمثّل في فهم الكيمياء التجريبية المبكرة في وقت كانت فيه أجزاء الأدوات المستخدمة ظاهرةً تماماً، على عكس تلك «الصناديق السوداء» المستخدمة اليوم على نطاقٍ واسع. (في الواقع، باتت فكرة ما إذا كان هؤلاء الأشخاص الذين يُجرّون عملية تحديد تسلسل الحمض النووي بالاستعانة بتلك الصناديق السوداء الآلية — التي تُرسل تسلسلات النيوكليوتيدات في ترتيب أبجديٍّ — قد نسوا أنهم في الواقع يُمارسون الكيمياء، فكراً محلًّا جدلًّا.)

إنَّ هذا الكتاب قريب الشَّبه في أسلوبه بكتابي السابق «جولة عبر تاريخ الكيمياء» والمنشور عام ٢٠٠٠. يقوم هذا الكتاب على مجموعة الرسوم الفنية الرائعة التي وُظفت على مدار السنين لتوضيح الأدوات الكيميائية، إلى جانب رموزنا المختلفة المستخدمة للإشارة إلى طبيعة المادة وتركيبها. ويهدف الكتاب إلى الامتناع إلى جانب الإمداد بالمعلومات. ويضم الكتاب ١٨٨ شكلاً موظفة لشرح ٧٢ مقالاً. وقد حاولت أن أجعل هذه المقالات يسيرة الفهم لجمهور عريض من الكيميائيين، ومعلمِي الكيمياء، والعلماء والمدرسين في مجالات أخرى، والمهندسين، والفيزيائيين، بالإضافة إلى غير العلماء المهتمين بالعلوم والذين يستمتعون بالأعمال الفنية. لا يُمثِّل هذا الكتاب استعراضاً منهجياً لتاريخ الكيمياء، وإنما هو رحلة أخرى من نوعٍ خاصٍ تتضمَّن كثيراً من الموضوعات التي لم نتطرق لها في رحلتنا الأولى، علاوةً على التطرُّق مرَّةً أخرى إلى موضوعات سبق أن تطرَّقنا لها للكشف عن روئيَّة جديدة لها. تنتظم المقالات في ثمانية أجزاء مرتبة ترتيباً زمنياً تقريبياً. يركز الجزء الأول على صور الجنود الروحانية والميثولوجية للكيمياء؛ الآلهة، والتنانين المجنحة، والساحرات، بالطبع (هل كان الأيقونة السينمائية اليابانية «رودان» طائر عنقاء؟) والطيور الجارحة الغاضبة، والباسيليسك المخيف (أهو أفعى كobra تنفُّث سُمهَا أم وحش جودزيلا؟) والأوروبروس؛ تلك الصورة المجازية لبقاء المادة، وربما كانت أيضاً المُلهم الحقيقي الذي استوحى منه كيكوله بنية البنزين الكيميائية. ويتناول الجزءان الثاني والثالث من الكتاب الجوانب التكنولوجية لبدايات علم الكيمياء. بالإضافة إلى الصور الملوَّنة الجميلة لأدوات التقاطير والأدوات الكيميائية الأخرى التي كانت تُستخدَم في القرنين السادس عشر والسابع عشر، ثمة صورة بيانية تفصيلية لقوة الأنثيمون (الإشم) بوصفه مُلِيناً؛ دواءً باعثاً على القيء ومسبياً للإسهال في الوقت ذاته. أما الجزء الرابع، فيركز على الفترة ما بين منتصف القرن السابع عشر ومنتصف القرن الثامن عشر، حين بدأت الكيمياء تَبرُز إلى الوجود كعلم. بالإضافة إلى بويل وهووك ومايو، الذين حلوا لغز الاحتراق والتنفس، نتناول أيضاً الحِيل والمكائد التجارية التي أحاطت باكتِشاف الفوسفور، والتي قامت على أساس السيطرة على السوق أولاً، ثم اكتشاف ما قد يُفيد فيه العنصر الجديد. إننا نعتبر بيشر مؤسس أول نظرية حقيقة للكيمياء، وهي نظرية الفلوجستون. ومع ذلك، كان بيشر على الأرجح أهم رواد حركة التجارية في عصره، علاوةً على كونه المستشار الاقتصادي لليوبولد الأول، إمبراطور الإمبراطورية الرومانية المقدسة. أما الجزء الأكبر من هذا الكتاب، فهو مختص للثورة الكيميائية التي قامت خلال النصف الثاني من القرن الثامن عشر. لا يُعرف كثيرون أن

لافوازييه، الذي كان أبا الكيمياء الحديثة بلا شك، كان كذلك أحد أكثر علماء الاقتصاد تأثيراً في القرن الثامن عشر. وفي نفس هذا الجزء نتطرق بإيجاز إلى إسهامات بنجامين فرانكلين المبكرة في الكيمياء. وفي الجزء السادس، نتعرف على نظرية دالتون الذرية بوصفها ذروة الثورة الكيميائية. ويضمُّ هذا الجزء خمسة مقالات ترصد الكيمياء في أمريكا في بداية القرن التاسع عشر. لعلَّ أحد الأشكال المفضلة لدىَ في هذا الكتاب هو شكلُّ لجهاز معملي أمريكي قديم (من حوالي عام ١٧٩٠) كان يُستخدم في تركيب حمض الكبريتيك، كان يجمع بين عناصر من المزارع (الأواني الفخارية) ودكان الحداد (الكير). أما الأفكار الرئيسية في الجزء السابع، فتشمل تطُور تخصُّصات الكيمياء، مثل الكيمياء العضوية، والتأصيل الذي قدَّمه القانون الدوري. وعلى غرار كتاب «جولة عبر تاريخ الكيمياء»، تخفُّ التغطية خلال أواخر القرن التاسع عشر، لتصبح نادرةً للغاية خلال القرنين العشرين والحادي والعشرين؛ فالنمو المطرد والضخم للأدبيات الكيميائية كان من شأنه أن يجعل التغطية المتوازنة والمقيمة على نحو ملائم أمراً مُستحيلاً، علامةً على أننا غارقون وسط بحر من الكتب الدراسية والدراسات الأحادية الموضوع التي تتناول هذه المادة العلمية الحديثة؛ لذلك فإنَّ الجزء الأخير (الجزء الثامن) يتناول بعض الموضوعات الحديثة بأسلوب خفيف جدًا، لكنه يُحاول أن يُمَدَّ القارئ برأفة للمُستقبل؛ تكنولوجيا النانو والتنظيم الذاتي، وكلاهما يُعدُّ انتصاراً لقدرتنا على فهم البنية الكيميائية للمادة في أبسط مستوياتها.

وقد اختتمتُ هذا الكتاب بخاتمة قوامها مقالان شخصيَّان وجيزان؛ أحدهما عن صديقِ من سنوات المراهقة، وهو روبرت سيلبرجليد، جامع الفراشات العبرقي الغريب الأطوار المشاغب، والذي أصبح فيما بعد أستاذًا في علم الحشرات في جامعة هارفارد ملأت شهرته الآفاق حتى وفاته في سن مبكرة إثر حادث تحطم طائرة. أما الثاني فهو مقالٌ وجيز، يتطرق بشكل عابر إلى أصولي الكيميائية. وعلى الرغم من أن هذين المقالين قد يبدوان تدليلاً مفرطاً وتفخيمًا للذات، فإنَّ الغرض منها ليس كذلك على الإطلاق؛ إنَّ الغرض منهما هو إمداد القارئ بلحمة عن ثقافتنا العلمية؛ العلامات الأولى التي تلفت أنظار أي «عالمٍ طبيعة»، والاهتمام بجذورنا العلمية الشخصية، والرغبة في الاتصال بالماضي.

لكن إلى جانب هذه الصور الفنية، حاولت أن أُضمن مقتطفات من مسرحيات وروايات، بل وأتجول في عوالم غامضة؛ ومن ثمَّ سنستمتع بإحدى حكايات كانتربيري لتشوسر. لقد قام كلُّ من ديمترى مندليف والملحن العظيم ألكسندر بورودين – وكانا عاليَّ كيمياء في أواسط العشرينيات من عمرَيهما – برحلة ترفيهية لحضور أول مؤتمر

للكيمياء يُعقد على مستوى العالم في كارلسروه في عام ١٨٦٠، متوقّفين أكثر من مرة ليُمتنّع حواسهما الموسيقية؛ يا لها من فكرة مثيرة لفيلم! إنَّ كثيراً من القراء على علم بكتاب بريمو ليفي الذي يعرض فيه لسيرته الذاتية، «الجدول الدوري»، لكنَّ كم عدد من يعرفون كتاب إدوبين هيربرت لويس «البرق الأبيض» (١٩٢٣)، وهي رواية تأتي أحداثها في ٣٥٤ صفحة مقسمة إلى ٩٢ فصلاً بأسماء العناصر الكيميائية مرتبة وفقاً للعدد الذري لكل عنصر؟ أما الرؤية الثقافية الأشمل للكيمياء، فقد عَرَّبت عنها جيداً مسرحية «أكسجين»، من تأليف عالمي الكيمياء المتميزين كارل جيراسي ورولد هو夫مان. بالإضافة إلى إدراج مقتطف موجز للغاية من هذه المسرحية، أدرجت كذلك مقتطفاً موجزاً من مسرحية بيتر فايس «مارا صاد» التي أَلْفَها عام ١٩٦٦. بل إنَّ نَمَّة قصة قصيرة محاكية لقصص لثوربر مستوحاة من رسوم عبئية لطالب في المدرسة العليا على صفحة العنوان لأحد كُتبها الدراسية الذي يعود إلى نهايات القرن التاسع عشر. وفي حين احتفظت ببعض الفظاظة الفكاهية التي تميّز بها عصر النهضة، وأضفت شيئاً من السخرية، فإنَّ الغرض النهائي من هذا الكتاب غرضٌ جادٌ؛ وهو إتاحة العلم والمتعة.

هوامش

- (1) Statement on back cover of Greenberg, *A Chemical History Tour*, Wiley, 2000.

الجزء الأول

الجذور الروحانية والميثولوجية

(١) رموز باطنية من الشرق والغرب

كيف نفهم حيواتنا القصيرة للغاية، ومجالنا الدنيوي، والكون المحيط بنا؟ نحن البشر لدينا نزعة فطرية إلى الرمزية، تحثّنا على تمثيل الأمور الملموسة وغير الملموسة بالأفكار والكلمات والصور والموسيقى؛ فالرسومات على جدران الكهوف تسبق عصرنا الحالي بعشرات الآلاف من السنين. وكان أبني ديفيد يطلق على الآيس كريم، ولم يكن قد جاوز عمره العامين، لفظة «أم-يام»، وكانت كلمة رمزية مناسبة من طفل حديث المشي لا يزال يجهل أن هذا الشيء كريمة مُثلجة لكنه بالتأكيد يُميز الأشياء ذات المذاق الطيب. وكذلك خلقنا بغرائز جنسية لازمة لبقاء نوعنا، وندرك بالفطرة ازدواجية المضادات، ونُصدِر ردود أفعال إزاء الرمزية الجنسية.^١ وقد أَدَتْ هذه الغرائز إلى ظهور مجازات واستعارات لفهم الطبيعة وتحولات المادة قبل ٢٥٠٠ عام على الأقل في آسيا الوسطى، وشرق آسيا، والأراضي التوراتية في الشرق الأوسط، وفي بلاد الإغريق.^٣

يُظهر الشكل ١-١ رمزاً من رموز الماندالا رسم في إقليم التبت الأوسط خلال القرن الخامس عشر.^٤ تعود أصول الماندالات إلى الهندوسية التنتوية والبوذية، وهي تمثيلات لتأمل الكون. والرهبان البوذيون هم من يُشكّلون الماندالات في الغالب من الرمال الملوّنة على مدار أيام، ثم يتأملونها، ليُعيدوها إلى البحر بعد ذلك، في فعل رمزي يُعبّر عن إثراء حياة المرء الدينوية بالفكر بدلاً من مراكمه الثروات المادية الخادعة والزائلة. تتمثل إحدى



شكل ١-١: ماندالا تببية ملوّنة تعود إلى القرن الخامس عشر تمثّل فيها الآلهة من الذكور والإثاث الثنائيات التي نشأت منها العناصر الأربعية القديمة (الربع)، أما الدائرة، فتمثّل الاكتمال (ودورة الحياة)، (بل) وبقاء المادة. انظر قائمة اللوحات الملوّنة (بإذن من معرض من روسي آند روسي، لندن، وموقع Asianart.com).

العناصر المحورية للماندالا الشرقية في الدائرة التي تمثّل الوحدة والاكتمال. كذلك تفصل الدوائر مجالات مثل السماء والأرض. ويمكن أيضًا تشبيه صور الدائرة بالأفكار البالغة

القدم عن بقاء المادة. وفي موضع لاحق من هذا الكتاب، سنُقابل الأُوروبيروس، وهي أفعى تُشَكِّل دائرة بجسدها من خلال التهاب ذيلها، حتى وهي تُعيد توليد نفسها. وفَعْلُ إلقاء الرمال التي تُشكِّل منها الماندالات إلى البحر مرة أخرى يشير ضمناً إلى كلٌّ من بقاء المادة ودورة الحياة. وبطبيعة الحال، تَحمل دائرة الماندالا بداخلها مربعاً مُحااطاً بأربع بوابات تمثِّل الاتجاهات الأصلية (الشمال — الذي يقع ناحية اليمين في هذه الصورة — والجنوب، والشرق، والغرب). وتقود هذه البوابات الأربع إلى دائرة داخلية تقظنها أربعة آلهة. على الجانب الخارجي لهذه الدائرة، توجَّد أربع إلهات مُنتظمة في مصفوفة رباعية متكاملة (شمال شرق، جنوب شرق، جنوب غرب، وشمال غرب). وهذه الإزدواجية الذكرورية الأنثوية مماثلة كذلك بجسدي ذكر وأنثى (أم وأب) خارج الدوائر الأكبر في أوضاع عناقٍ جنسي. أما العناصر الأربع، التي يُرمَّز إليها شيوعاً بمربع، فتُمثِّل في الواقع أزواج الخواص المتضادَّة: السخونة في مقابل البرودة، والجفاف في مقابل الرطوبة. وعليه فإن النار ساخنة وجافة، والمياه باردة ورطبة. ويُصوَّر مركز هذه الماندالا البوذاسف (أي «الكافن المستنير») فاجراباني ممسكاً بالصاعقة في يده وقابضاً على أفعى في اليد الأخرى.⁴ ويمكن تشبيهه مركز الماندالا بالعنصر الخامس القديم، وهو الأثير.

يملك آدم ماكلين رؤيةً مثيرةً للاهتمام فيما يتعلق بالماندالات الخيميائية الغربية.⁵ يُحلل ماكلين ٣٠ صورة من الخيماء الباطنية في نصوص أوروبية تعود في الأغلب إلى القرن السابع عشر. ورغم أن كثيراً من هذه الرسومات تضمُّ الأشكال الدائرية والمربيعة كما في الشكل ١-١، فإنَّ تَمَّةَ أشكالاً أخرى لا تشبه الماندالات الشرقيَّة إلا في الجوهر، ولكنها لا تتشبهها في الشكل. على سبيل المثال، يعتبر ماكلين الشعار المدرج في كتاب ليافيسيوس «الخيمياء» الذي يعود إلى عام ١٦٠٦ (انظر الشكل ٢٢-١ في مقال لاحق) ماندالا.⁶ وبناءً على ذلك، فإنَّ الشكل ٢-١، للفنانة ريتا إل شوميكر،⁷ يحوي كذلك العناصر الجوهرية الأساسية المُميزة للماندالا. فنجد التراب والماء والهواء مصوَّرة بوضوح بمحالات دائريَّة بينما تخترق النار هذه المحالات. وأما الثنائيات، فمُصوَّرة بحمامئ داكنة وفاتحة وتنانين أيضاً. وتشير البذور النامية في الأرض إلى تكاثر المعادن. وفي المقال التالي، سنعرض لمزيد من الاستعارات الملmosة للعناصر الأربع القديمة.



شكل ٢-١: رسم بالقلم الرصاص، بأسلوب الماندالا، للفنانة السيدة ريتا إل شوميكر، يُصوّر الثنائيات (تنانين مُتشابكة، وحمائم داكنة وفاتحة)، بالإضافة إلى العناصر الأربعية القديمة (الماء والهواء والنار التراب).).

(٢) العناصر الأربعية القديمة

تُوظَّف لوحة مرسومة بالألوان الزيتية على الخشب عام ١٧٤٧ موقعة باسم يوهان فينكلر^٨ (الشكل ٣-١)، بحسٍ مبهج، رموزًا خيميائية وروحانية ودينية مميزة لعقائد جماعة الصليب الوردي. يتقدّر اللوحة أربعة رؤساء لأديرة رهبان ترمز لأنشطتهم إلى التراب والنار والهواء والماء. وهم منظّمون بالترتيب المناسب للخواص المتصادمة؛ البرودة مقابل



شكل ٣-١: لوحة تعود إلى القرن الثامن عشر بريشة يوهان فينكل، تُبرز تأثيرات معتقدات أخوية الصليب الوردي، حيث يظهر في اللوحة أربعة رهبان يُمثّلون الماء والهواء والنار والتراب، في مربع منظم تنظيماً صحيحاً. وتُجسد الصبغة الحمراء (انظر الصور الملوّنة) الموجودة بين يدي كلّ من الرهبان الأربع حجر الفيلسوف؛ ذلك العامل الغامض الذي يسقط ويُحوّل المعادن الرخيصة إلى ذهب.

السخونة، والرطوبة مقابل الجفاف؛ ومن ثمَّ فالماء رطب وبارد، والنار جافة وساخنة، والهواء (مع اعتبار البخار) ساخن ورطب، والتراب بارد وجاف:



أما صورة كيوبيد (أو ميركوريوس)، فيقول عنها عالم النفس كارل يونج إنها تمثل «رامي السهام الذي يذيب الذهب كيميائياً، ويختنق الروح بسم الحب معنوياً».⁹ في كتاب «الاقتران الكيميائي»، يصور كريستيان روزنكرוטس وقد أصابه سهم كيوبيد بعد تعثره في فينيوس العارية.⁹ ويحوز كل من فينيوس ورؤساء الأديرة الأربع وعاءً يحوي الصبغة الحمراء، التي تمثل عامل التحويل، أو حجر الفلاسفة، أو مرحلة أولية من الحجر.¹⁰ وربما لا تمثل القلاع شيئاً سوى القلاع، أو ربما ترمز إلى فرن التنور أو فرن الفلسفه الذي يحمل بيضة الفلسفه المُحكم الغلق.¹² ويمثل زوج الحمائم «البياض» أو اللون الأبيض الذي يتبع مرحلة «السود»، أو ذلك اللون الأسود الأوّلي الناتج من العمل العظيم؛ فبدايةً تُسخّن المعادن والمواد الأخرى لتكوين كتلة سوداء. وقد يؤدي الاستمرار في التسخين عقب ذلك إلى تكليس هذه الكتلة فتنتج كلّاً أبيض. والآن، إذا كان ذلك الطائر الطويل الذيل المربوط بحبل في يد أحد رؤساء الأديرة طاوساً، فإننا نعتقد أنه يمثل المرحلة الثالثة من تغيير لون العمل العظيم، ألوان قوس قزح. أما اللون الرابع والأخير، فهو اللون الأحمر الداكن للصبغة الحمراء، والذي تمثله في هذه اللوحة الأنابيب الأربعة الممتّلة، والتي يساوي حجمها ملء قبح. كذلك يرمز طائر العقاب إلى هذا اللون الأحمر الداكن الأخير من العمل العظيم، إلا أننا لا نرى طائر عقاب يرتفع (أو نافق) في هذه اللوحة. كذلك لا يوجد أثر لأي غربان، لذا دعونا نفترض أن الفحم أو الرماد المتتصاعد من فرن التنور يرمز إلى «السود».

يجمع أتباع أخوية الصليب الوردي بين المعتقدات الدينية والباطنية والخيميائية.¹³ وعلى الرغم من أن تاريخ أولى كتاباتهم يعود إلى بدايات القرن السابع عشر، فإن أصول عقيدة أخوية الصليب الوردي تُنسب عموماً إلى كريستيان روزنكروتس (مشتق من كلمة «روزي كروس» أو الصليب الوردي)، الذي يُزعم أنه ولد عام ١٣٧٨، فيما يعتبر البعض الطبيب والخيميائي باراسيلسوس الذي عاش في أوائل القرن السادس عشر هو المؤسس الحقيقي لهذه الجماعة. ويبدو أن الخيميائي مايكيل ماير كان أحد أعضاء أخوية الصليب الوردي.¹⁴

وقد تُترجم الإشارات الموجودة في أسفل يمين اللوحة السابقة كالتالي:

- (١) إنني أبحث هنا في الماء.
- (٢) لا بد للهواء أن يمنعني.
- (٣) إنني أبحث في التراب.

- (٤) لا بد للنار أن تُسخّر لي.
- (٥) شيء ما هنا أيها الحمقى، هنا في الماء والهواء والتربة. ألا بحثتم في النار بهمة؟
- (٦) فيظهر كل ما هو كامن بداخلها فجأة.

(٣) أعداد ذات دلالات باطنية ومقدسة

^{١٦} ثمةً أرقام معينة بسيطة ظلت لقرون يُنسب إليها دلالة^{١٥} رمزية عظيمة في الخيمياء؛ فالرقم واحد يُشير إلى الله أو الله في الديانات التوحيدية، وكذلك إلى المادة الأساسية – أصل كل الموارد. وأما العدد اثنان، فيدل على جوهري الذكر والأنثى (الأصداد؛ الزئبق والكبريت) اللذين يدخلان في تكوين كل الأشياء. أما العدد ثلاثة، فيرمز إلى المواد الثلاث الأساسية (الزئبق، والكبريت، والملح؛ الروح، والنفس، والجسد)، والتي تمثل دورها الجوهر الثالث الذي زاده باراتسيوسوس (١٤٩٣-١٥٤١) على جوهري الذكورة والأنوثة، ويمثل أيضًا الثالوث المقدس (الأب، والابن، والروح القدس). وأما الرقم أربعة، فكما ذكرنا في المقالين السابقين، فيشير إلى عدد العناصر القديمة (التربة، والماء، والهواء، والنار)، والتي ينطوي كل منها على سمتين أو خاصتين متضادتين؛ السخونة والبرودة، والجفاف والرطوبة. كذلك يرمز إلى الفصوص الأربع والاتجاهات الأصلية الأربع وقد أدخل أرسسطو عنصراً «خامساً»، وهو الأثير، ويعتبر السماوات أو الأثير السماوي. وتُوجَد المعادن السبعة التي عرفها القدماء (الفضة، والذهب، والحديد، والنحاس، والزئبق، والقصدير، والرصاص) يوافقها في العدد «الكواكب» المرئية (القمر، والشمس، والمريخ، والزهرة، وعطارد، والمشتري، وزحل)، وكذلك أيام الأسبوع. وثمة الأبراج الفلكية الاثنا عشر تُوافقها عدة شهور السنة، والتي أقرّن الخيميائي الإنجليزي جورج ريبيلي، كاهن بريلينجتون، كلًّا منها بـ«البوابات» أو العمليات الائتني عشرة القائمة على الطريق نحو تكوين حجر الفلسفة.^{١٦} وقد كانت هذه المراحل كالتالي:^{١٧}:

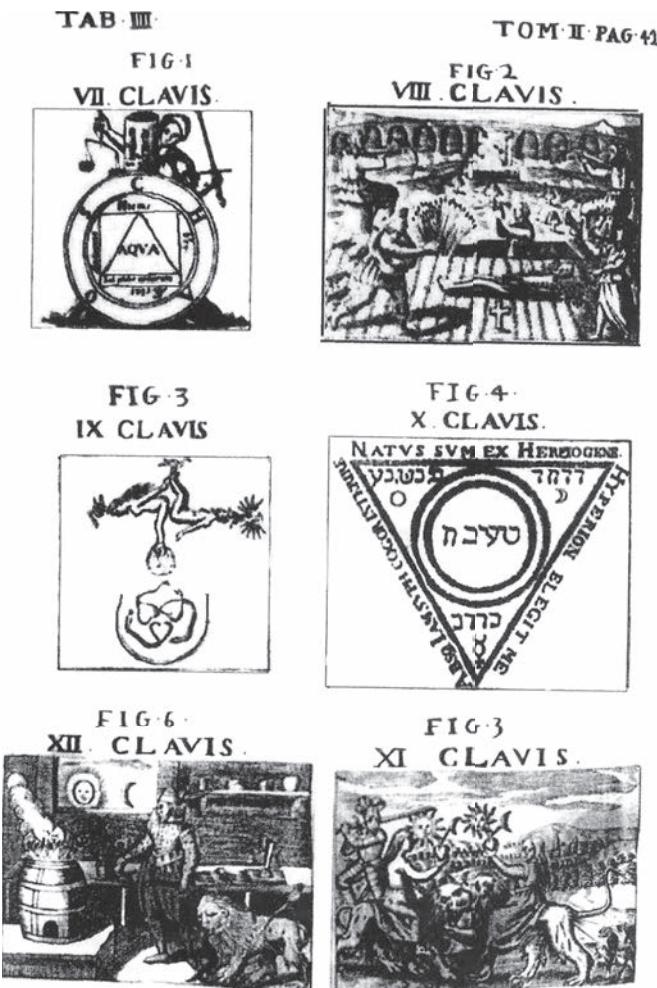
- (١) التكليس (تفاُل النار مع المعادن في الهواء). برج الحمل.
- (٢) التخثر (زيادة الكثافة بالتبريد). برج الثور.
- (٣) التثبيت (تغويق مادة طيارة إلى الحالة الصلبة أو السائلة). برج الجوزاء.
- (٤) الإذابة (تنويب المواد أو تفاعلها). برج السرطان.
- (٥) التهضيم (تعريض المادة لحرارة مستمرة؛ دون غليان). برج الأسد.

- برج العذراء.
- (٦) التقطر (ارتفاع المادة السائلة وهبوبها).
- برج الميزان.
- (٧) التسامي (ارتفاع المادة الصلبة وهبوبها).
- برج العقرب.
- (٨) الفصل (عزل السوائل غير القابلة للذوبان).
- برج القوس.
- (٩) التشميم (تحويل مادة صلبة إلى حالة لينة).
- برج الجدي.
- (١٠) التخمير (تشيط مادة ما بالهواء).
- برج الدلو.
- (١١) المضاعفة (زيادة فاعلية حجر الفلسفة).
- برج الحوت.
- (١٢) الإسقاط (نشاط حجر الفلسفة الغامض).

يُضرب بازيل فالانتاين (بمعنى «الملك الشجاع»)، والذي يفترض أنه ولد في عام ١٣٩٤، مثلًا مُحِيرًا في التزييف الأدبي.^{١٨} فيبدو أن ثمة اتفاقًا عامًّا إلى حدٍ ما على أن الشخص الذي «حرر» أعمال بازيل فالانتاين هو في الحقيقة شخص يعمل في مجال النشر وفي إنتاج الملحق من غلي الماء المالح، ويدعى يوهان ثولده، عاش بين القرنين السادس عشر والسابع عشر.^{١٩} وأيًّا من كان بازيل فالانتاين؛ فقد كان ضليعًا في كيمياء عصره،^{١٨} وقام بوصف اثنى عشر مفتاحًا أو عملية تحدد ملامح العمل العظيم. (انظر الشكلين ٤-٥) والأخوذتين من كتاب «مكتبة علم الكيمياء المثيرة»^{١٩} لماجنبيت، الذي نُشر عام ١٧٠٢. يُشير المفتاح الأول إلى الاقتران الكيميائي؛ إذ يرمز إلى إنتاج المواد الأولية لإعداد حجر الفلسفة.^{٢٠} يُمثل الذئب كبريتيد الأنتيمون، وهو مركب يفيد في فصل الذهب عن المعادن الأخرى. [ثمة شكل متعلق بهذه العملية ورد في كتاب مايكيل ماير المنشور عام ١٦١٨ «مقطوعات أتلانتا» (انظر الشكل ١) وستتعرَّض له بالشرح لاحقًا.] وأما الرجل العجوز، فربما يُمثل كوكب زحل (معدن الرصاص)، والذي يساعد على فصل الكبريت. يُمثل المفتاح الثاني الفصل المائي، فيما يصور المفتاح الثالث التنين بوصفه «المادة الأولية»، ويُشير إلى دورة تبخير وتثبيت دائيرية.^{٢١} ويرمز المفتاح الرابع إلى الانحلال، وهو عملية تسخين بالنار، تعرفها الآن بأنها تحميص للمعادن الخام، ينتج عنه أكسدة مُختلطة وفوضوية للكبريتيد الخام ليتحول إلى كتلة سوداء. ويعتبر المفتاح الخامس رمزاً لعملية الإذابة (لكن هذا بطبيعة الحال يمكن أن يدلّ على وجود تفاعلات كيميائية). ويُمثل المفتاح السادس الارتباط؛ ذلك الاقتران الكيميائي بين الكبريت الفلسفية (الملك) والزئبق الفلسفي (المملكة). ويُمثل المفتاح السابع نوعاً من الماندala الكيميائية،^{٢٣} وترمز إلى العناصر الأرضية الأربع، والأثير، والمواد الجوهرية الثلاثة التي صنفها باراسيلسوس. وأما



شكل ٤-١: والعدد السّحري هو ١٢! تلك هي المفاتيح الستة الأولى التي وضعها بازيل فالانتتين (الملك الشجاع)، تلك الشخصية المعروفة والخيالية على حد سواء. تُمثل المفاتيح الائتمان عشر ١٢ عملية كيميائية تؤدي إلى تكوين حجر الفلسفة (بالإضافة إلى الأبراج الائتمان عشر وشهور السنة). (هذا الشكل مأخوذ من كتاب «مكتبة علم الكيمياء المثيرة» لاجننيت المنصور عام ١٧٠٢ بإذن من مؤسسة التراث الكيميائي.).



شكل ٥-١: المفاتيح الستة الأخيرة لبازيل فالانتين في كتاب ماجنيت «مكتبة علم الكيمياء المثلية» (١٧٠٢) (بإذن من مؤسسة التراث الكيميائي). انظر النص أعلاه للاطلاع على مناقشة للرمزية في المفاتيح الاثني عشر.

المفتاح الثامن فهو مشهد بعث يُرمز إليه بغرس بذرة. وحسبما أشار جون ريد،¹⁶ إذا كان الانحلال (المفتاح الرابع) يقتربن بالأكسدة، فإن العملية العكسيّة لإعادة تخليق الفلزات أو بعثها تتطابق مع عملية الاسترجاع (الإعادة، أو الاسترداد) وعودة أرواحها. يُشير المفتاح التاسع إلى المواد الجوهرية الثلاث، والعناصر الأربع القديمة، والألوان الأربع المتناثلة في العمل العظيم بترتيب تصاعدي؛ الغراب (اللون الأسود، عملية الانحلال)، البعثة (الأبيض، عمليات التكليس)، الطاوس (الأصفر أو لوان قوس قزح)، والعنقاء الحمراء (وترمز إلى الصبغة الحمراء أو حجر الفلاسفة). ويمثل المفتاح العاشر «المواد الثلاث الأساسية»، وقد تناولناها بالشرح فيما سبق.²²⁻²⁰ وقد تمثل الكتابة العربية آية في سفر المزمير، لكن ربما مع إحلال بعض حروف الكابالا محل الحروف الأصلية.²⁴ ويُرمز المفتاح الحادي عشر إلى عملية المضاعفة، وأما المفتاح الثاني عشر والأخير، فيُشير إلى عمليات التكليس، من خلال النيران الغامضة في برميل الخمر، فيما يُرمز إلى عملية ثبيت المواد الطيارة بأسدِ (الكبير) يلتهم ثعبانًا (الرئيق).²²⁻²⁰

(٤) السحر الطبيعي: تحولات المستذئبين والفلزات

في دراسة إثنوجرافية أيرلنديّة تعود إلى القرن الثاني عشر من تأليف جيرالد الويلزي، نجد وصفاً لحاديّة دارت بين كاهن وذئب متكلّم في البريّة، يتسلّل للكاهن أن يمنحك المناولة المقدّسة لزوجته المحترّة.²⁵ فيستجيب الكاهن لتوسلات المستذئب، ويعتمد النقاش حول ما إذا كان هذا الفعل تدنيسيّاً من عدمه على طبيعة الكائن – هل هو هجين بحق (مثل كائن الجريفين)، أم إنسان في هيئة ذئب، أم أنه متحوّل الهوية تماماً؟ كيف ليشر أن يتحوّل ليصبح ذئباً؟ ما مقدار الإنسانية المتبقية لديه؟ هل كان الرجل «مذعوباً» قبل أن يتعرّض لأي تغيير؟²⁶ تتناول المؤرخة كارولين ووكر باینوم مفهومي «الهوية» و«التغيير»، وتفترض أنه في العقود الأخيرة من القرن الثاني عشر، سيطر على الثقافة الأوروبيّة تصوّر مفاهيميّ مفاده أن التحول الشكلي يحدث تدريجيًّا وليس فجائيًّا.²⁵ على سبيل المثال، تقارن باینوم بين رواية العهد الجديد عن تحول شاول المفاجئ من مُضطهدٍ للمسيحيين إلى القديس بولس الرسول – حواريّ المسيح – بتلك الرواية التي تعود إلى القرن الثاني عشر والتي تصوّر تحوله التطوري البطيء والمُلْبَرُ وهو في طريقه إلى دمشق.²⁵ ويمثل التحول الشكلي عملية أكثر ديناميكية وتعقيداً من ذلك التغيير الإعجازي المفاجئ، أو مجرد اتخاذ مظهر هجين ثابت. كذلك اتخذت قصص التحول القديمة، بما فيها القصص الفلكلورية عن

المستذئبين، معاني جديدة نحو نهاية القرن الثاني عشر.²⁵ فكانت حالات التحول الشكلي توجد في كل مكان في الطبيعة من حولنا؛ فالمادة الغذائية في البذرة تُصبح شجرة، والطعام «يتحول» إلى دم وعصارة. ومن الثقافات الشرق أوسطية أتت عمليات معقدة، ذات طابع روحاني في الغالب، من أجل تغيير تدريجي للمادة، صارت فيما بعد تُشكل مجمل الكيمياء. كان التلاحم الفكري ناتجاً ثانوياً محموداً لسلسلة من الحروب الصليبية المرهوبة بداعها البابا أوربان الثاني في عام ١٠٩٥ ميلادياً لتخلص كنيسة القبر المقدس في القدس من قبضة المسلمين.²⁷ وسقطت القدس في أيدي الصليبيين في عام ١٠٩٩، الذين هُمُوا بذبح سكانها من المسلمين واليهود. استمرت سيطرة الصليبيين على الأرض المقدسة تتزايد حتى مجيء حاكم مسلم قوي، وهو عماد الدين بن زنكي، الذي استعاد مدينة إدسا (في مقدونيا). وانهزم الصليبيون في حملتهم الثانية في عام ١١٥٤ على يد نور الدين خليفه عماد الدين بن زنكي. ومع حلول عام ١١٨٧ وقعت القدس في قبضة صلاح الدين الأيوبي ابن أخي نور الدين، وسقطت معها كل معاقل المسيحيين في الأرض المقدسة تقريباً. وشنت حملة صليبية ثالثة في العام ١١٩٩، وحققَت نجاحات عسكرية كبيرة. وعلى الرغم من أن الملك ريتشارد الأول (ريتشارد قلب الأسد) فشلَ في بلوغ القدس، فقد وقعَ معاهدة سلام في عام ١١٩٢ مع صلاح الدين الأيوبي. غير أن هذه الاتفاقية سرعان ما انهارت وشنَّ المزيد من الحملات الصليبية، بما فيها حملة الأطفال الصليبية المُحزنة التي شُنِّت في العام ١٢١٢، واستمرت هذه الحملات حتى حوالي عام ١٢٧٠ مع خسارة لويس ملك فرنسا للحملة الثامنة والأخيرة.

ومن آثار العمل الإنساني التي جلبتها الحملات الصليبية إلى أوروبا الممارسات الطبية لجابر بن حيان، والرازي، وابن سينا، وتصديق الدوائر الثقافية في ظاهرة التحول الشكلي – أو تحول الفلزات – الخيمائية. و«جابر» هو اسمُ يعود إلى القرن الرابع عشر، ونُسبَ إلىه عدد من الأعمال، يُمكن نسبُ أجزاء منها إلى عالم الفيزياء والخيميائي جابر بن حيان الذي عاش في القرن الثامن الميلادي (٨١٥-٧٢١ تقربياً)، والذي ولد في الجزيرة وتلقى تعليمه في العراق كما نعرفها اليوم. وينسب البعض مبدأ أنَّ الفلزات كافة تتكون من مزيج من الزئبق والكبريت إلى جابر بن حيان.²⁸ ويُقال إنَّ كتاب «نهاية الإتقان»، الذي كان من الأعمال المؤثرة في القرن الثالث عشر، والذي يُنسب إلى «جابر» (أو من يشير إليه مؤرخو علم الكيمياء بـ«جابر الزائف» تجنباً للالتباس) قد وصف إجراءات لتمييز الفلزات وتنقيتها.²⁹ الشكل ٦-١ مأخوذ من أوائل الكتب المطبوعة التي استعانت بالأشكال



شكل ٦-١: صورة للطبيب والخيميائي جابر بن حيان الذي عاش في القرن الثامن عشر (جابر)، وُلد في الجزيرة العربية وتلقى تعليمه في العراق. الرسم من كتاب توفييه «حياة المشاهير» (١٥٨٤). نسبَ كثير من كتابات القرنين السادس عشر والسابع عشر في الكيمياء والطب خطأً إلى «جابر». وللحد من الالتباس، نسب المؤرخون المعاصرون هذه الأعمال إلى «جابر الزائف».

المصنوعة من الصُّفَائِح النحاسية ويُزعم أنه صورة جابر (جابر الزائف أم جابر بن حيان؟) في العمل.^{٣٠} أما ابن سينا (أبو علي الحسين بن عبد الله بن سينا، ٩٨٠-١٠٣٧)، فكان



شكل ٧-١: لوحة من مخطوطة تعود إلى القرن الخامس عشر تصور الطبيب الفارسي ابن سينا (أبو علي الحسين بن عبد الله بن سينا ٩٨٠-١٠٣٧)، الذي عاش في القرن الحادى عشر، في صيدلية. انظر الصور الملونة (© Archivo iconografico, S. A./CORPIS).

طبيباً فارسياً عُرف بسعة المعرفة والتبحر في العلم. وقد نسب إليه أيضاً أعمالاً تعود إلى أوائل عصر النهضة، ويُشير مؤرخو الكيمياء إلى مؤلف هذه الأعمال بابن سينا الزائف.²⁹ الشكل ٧-١ مأخذو من مخطوطة تعود إلى القرن الحادى عشر، ويُزعم أنه يُظهر ابن سينا وهو في خضم تحضيراته الطبية.

ينطوي التحول — بحسب الأستاذة باينوم — على التغيير من شكل إلى آخر، مع الإبقاء على سمة أو جانب مشتركين.²⁵ على سبيل المثال، تروي باينوم²⁶ رواية الشاعر أو فيد عن عقاب الإله زيوس للملك لايكون، الذي كان يُمارس الاستبداد والظلم على رعاياه، وحاول أيضًا قتل زيوس. وعلى الرغم أن لايكون قد تحول إلى ذئب شكلاً وموضعًا^{26,31} (الكلمة اليونانية «لايكوس» تعني «ذئب»):

إنه يتحول إلى ذئب، ولكنه يحتفظ ببعض من آثار شكله السابق، فله نفس الشعر الرمادي، ونفس الوجه الحاد الملامح، ونفس العينين المتلائتين، ونفس المظهر البربري المتوجش.

تذكر باينوم أن «التعطش للدماء والتلذذ بالقتل»²⁶ — ما يمكن القول بأنهما «جوهر شخصية الذئب» — كانتا سمتين مشتركتين بين الملك لايكون والذئب. إن فكرة أن الفلزات يمكن أن تتحول فجأة ببعضها البعض فكرة غريبة علينا تماماً في عصرنا هذا. ومع ذلك، من المهم أن نتذكر أنه منذ مئات السنين، لم يكن يوجد مفهوم حقيقي للعناصر، وكانت الفلزات تُوْجَد بوجه عام في حالات مختلفة من النقاء. فكانت السباكة، كالبرونز (الذي يتكون من النحاس والقصدير)، ومركب البيوتر (الذي يتكون في إحدى تركيباته من الرصاص والقصدير) تحتفظ على نحو سلس بالخصوصية الفلزية؛ فيما يُعدُّ شكلاً من التحول أو التغيير بإيقاف الحركة. وقد دلت الطبيعة الجوهرية للفلزات — اللمعان، وقابلية الطرق، والقدرة على التوصيل الحراري — على وجود جانب مشترك (أو مادة مشتركة)؛ ألا وهو «ماهية الفلزية». عليه، فلدينا يوهان يواكيم بيشر — الذي عاش في القرن السابع عشر — الذي كان يعتقد أن كل الفلزات تحتوي على الزئبق،³² فيما ذكر كيميائي آخر مهمًّا من نفس الحقبة، وهو يوهان كونكل، أنه قد استخلص الزئبق من كل الفلزات.³³ ويا لسحر ذلك الزئبق، بجوهره الفلزي المتطاير الخارق لأي معدن؛ فالزئبق يذيب الذهب وفلزات أخرى، بحيث تتغير طبيعتها ومظاهرها تماماً عند التملغم. ويُعمل تسخين الملحمة على تقطير الزئبق وإعادة الفلز إلى حالته السليمة، إن لم يكن أكثر نقاءً. ولك أن تخيل أن كثيراً من عينات الفلزات «النقية» تحتوي على بعض من شوائب الزئبق نتيجة لتاريخها؛ ومن ثمًّ يكون استخراج بقايا زئبق من عينة مختلطة غير نقية من الذهب أمراً معقولاً إلى حدٍ ما.

يبين الشكل ٨-١ الصورة الجميلة الرائعة التي زينت صدر الطبعة الإنجليزية الأولى — التي نُشرت عام ١٦٥٨ — من كتاب «السحر الطبيعي» لجيامباتيستا ديلا بورتا.³⁴ نُشر



شكل ٨-١: صفحة العنوان من الطبعة الإنجليزية الأولى (الصادرة عام ١٦٥٨) من رائعة جيامباتيستا ديلا بورتا «السحر الطبيعي» (الذى نُشر ببداية في ٤ مجلدات في عام ١٥٥٨ ثم زادت إلى ٢٠ مجلداً في عام ١٥٨٩). كان بورتا واسع المعرفة بالعمليات الكيميائية في القرن السادس عشر، وغالباً ما كان يُنسب إليه الفضل في اختراع الكاميرا المظلمة. علَوةً على كونه كاتبًا مسرحيًّا معروفاً، تحوى الصورة إيحاءً بأن بورتا هو التجسيد الحقيقي للنظام والمنطق، المُقابلين للفوضى (بإذن من مكتبة روبي نيفل لتأريخ الكيمياء).

الكتاب بدايةً باللغة اللاتينية في أربعة «مجلدات» عام ١٥٥٨، زادت إلى عشرين مجلداً عام ١٥٩٦، ونشرت منه طبعات عديدة باللغات الإيطالية والفرنسية والهولندية، بالإضافة إلى الترجمة الإنجليزية. بل يزعم بورتا نفسه وجود ترجمتين بالإسبانية والعربية من الكتاب.³⁵ أما كتابه «التقطير» (١٦٠٨)، فيبدأ بعبارات تقدير وعرفان له باللغات العربية، واليونانية،³⁶ ولغة الكلدو، والفارسية، والإيرلية، والأرمنية، بالإضافة إلى لوحة مرسومة رائعة للمؤلف.

بالمثل، تمجد الصورة الموضحة في الشكل ٨-١ في ذات بورتا؛ إذ تضعه، فيما يبدو، جنباً إلى جنب مع العناصر الأربعية القديمة، وعلم الأكونان الفلكي، وروحـي الفن والطبيعة اللذين يشكـلان أساس «السحر الطبيعي». في الواقع، كانت لبورتا (من ١٥٢٥-١٦١٥ تقريـباً) اهتمـامـات علمـية واسـعـة النـطـاقـ، لا سيـما بالـفيـزيـاءـ. وغالـباً ما يـنـسـبـ إـلـيـهـ تصـمـيمـ «الـكامـيراـ المـظـلـمةـ»، ووـضـعـ تصـمـيمـ لـحـرـكـ بـخـارـيـ. عـلـوةـ عـلـىـ ذـلـكـ، الـأـلـفـ بـورـتاـ «بعـضاـ منـ أـفـضلـ الأـعـمـالـ الكـومـيـدـيـةـ الإـيطـالـيـةـ فيـ عـصـرـهـ».³⁶ وـمعـ ذـلـكـ، فـإـنـ قـدـرـاـ كـبـيرـاـ منـ مـحتـوىـ كـتـابـ «الـسـحرـ الطـبـيـعـيـ» مـسـتـقـىـ منـ كـتـابـ «التـارـيـخـ الطـبـيـعـيـ» لـلـكـاتـبـ الروـمـانـيـ القـدـيمـ بـلـينـيـ، الذي كانـ لـدـيـهـ إـيمـانـ شـبـهـ تـامـ هوـ الـآـخـرـ بـ «الـسـحرـ الطـبـيـعـيـ».³⁵

وفـيـماـ يـلـيـ مـقـطـفـانـ مـقتـضـيـانـ منـ «الـمـجـلـدـ الـخـامـسـ منـ كـتـابـ السـحرـ الطـبـيـعـيـ»، الـذـيـ يـتـناـولـ عـلـمـ الـخـيـمـاءـ، مـوـضـحـاـ كـيفـيـةـ تـبـدـلـ الـفـلـزـاتـ فـيـماـ بـيـنـهـ وـتـحـوـلـ أحـدـهـاـ إـلـىـ الـآـخـرـ:³⁷

عن الرصاص وكيفية تحويله إلى معدن آخر

اعتداد الكتاب القدماء الملمون بطبيعة الفلزات تسمية القصدير بالرصاص الأبيض، وتسمية الرصاص بالقصدير الأسود، مما يشير ضمناً إلى تالف الخواص الطبيعية لهذهين المعدنين، وأنهما يتتشابهان كثيراً؛ ومن ثم قد يسهل تحول أحدهما إلى الآخر. ولذلك فليس من الصعب إطلاقاً أن تغير القصدير إلى الرصاص.

تحويل الرصاص إلى قصدير

يمكن تحقيق ذلك فقط من خلال غسل الرصاص؛ فإنك إذا غسلت الرصاص بالماء عدة مرات؛ أي إنك إذا صهرته، بحيث تزول منه المادة الأرضية الغليظة، فإنه سيتحول إلى قصدير بكل سهولة؛ إذ إن نفس الزئبق الذي جعل منه الرصاص مادة نقية أول مرة، قبل أن يلتقط هذه المادة الأرضية التي تجعله ثقيلاً للغاية، يظل موجوداً في الرصاص - حسبما لاحظ جيبروس؛ وهذا هو السبب وراء أصوات الصرير والطقطقة التي عادةً ما تصدر عن القصدير،

والتي تُميّزه على نحو خاص عن الرصاص؛ ومن ثمَّ حين يفقد الرصاص تلك الغلظة الناتجة عن المادة الأرضية، التي غالباً ما تزول بالانصهار، وحين يُصدر الرصاص صوت القصدير، الذي يستطيع الزئبق أن يتفاعل معه بسهولة، لا يمكن حينئذ التفرقة بين الرصاص والقصدير؛ إذ يتحول الرصاص إلى قصدير.

لاحظ بعض النقاط المثيرة هنا؛ فالزئبق مشترك ما بين القصدير والرصاص، وإزالة الشوائب الأرضية من الرصاص هو سلسلة من العمليات المؤدية إلى التحول؛ ومن ثمَّ فإن عملية تحول الرصاص إلى قصدير تحوي الجوانب الأساسية لعملية التحول الشكلي ما بين المستذئبين والبشر، مع الاحتفاظ بسمة مشتركة بينهما؛ ألا وهي «ماهية الفلزية» التي يُضيفها الزئبق على الفلز. والنقطة المثيرة هنا هي أن إثبات هوية المعدن ليس في الكثافة، أو نقطة الانصهار، أو التفاعلية الكيميائية، وإنما في الأصوات الصادرة عنها خلال عملها الميكانيكي!

(٥) ألبرت الكبير و«ألبرت الصالح»

نحو نهاية العصور الوسطى (حوالى ١٤٥٠-٥٠٠)، جمع المفكرون الأوروبيون مجموعة المعرف التي كتبها القدماء، ودمجوها مع المعرف التي اكتسبوها من الحضارات الإسلامية إبان الحملات الصليبية، وبدعوا في تطوير طرق للبحث كان من شأنها البدء في تحديد ملامح العلم الحديث. وكان أحد أبرز الشخصيات التي شاركت في هذا الأمر ألبرتوس ماجنوس (حوالى ١٢٨٠-١٣٥٠ ميلاديًّا).^{٣٨} ولد ماجنوس في شوابيا (الواقعة في جنوب غرب ألمانيا)، وتلقى تعليمه في جامعة بادوا، وهناك تعرَّض لأول مرة للمعتقدات الدومينيكية واعتنقها. وبعد ترسيمه أسقفًا، أُرسل ألبرت إلى الدير الدومينيكي في جامعة باريس في وقت ما قبل عام ١٢٤٥. وهناك تعمَّقت قراءاته في النصوص العربية وكتابات أرسطو، وبدأ في شرح علم الفيزياء القديمة وغيرها من العلوم، وكتابة مُلخص للمعرفة الإنسانية. وكان معروفةً أيضًا بلقب «ألبرت الكبير» حتى في حياته.^{٣٩} أعلن ألبرتوس قديسًا في عام ١٩٣١، وأعلن قديسًا شفيعًا للعلوم الطبيعية بموجب مرسوم بابوي في عام ١٩٤١. وكان القديس توما الأكويوني أحد طلاب ألبرت في جامعة باريس.^{٤٠}

Thiloninus Philyrinus Lectori.

Quimírāda cupit populoq̄ indigna pphano
 Noscere,& in paruo discere magnalibro
 Nos adeat,gēmas dabimus,gēmęq̄ colores
 Quęq̄ sit agnati patria concha soli
 Si cupis,& venas æris,causaſq̄ metalli
 Quas patitur propter vulnera tanta parens
Adde quod ex plumbo, ridebit barbar⁹, aurū
 Soluere,natura vertere vera potes
Ars ea Philosophis nomen Chemia pelasgīs
 Accipit,areanis facta Magna notis.



شكل ٩-٦: عالم كيمياء أمام جهاز التقطير من «كتاب المعادن لأبرتو ماجنوس»، وهو نص يعود إلى عام ١٥١٨ منسوب إلى ألبرت الكبير، لاحظ تلك القصيدة المبنية أعلى الرسم (بإذن من مكتبة روبي جي نيفل لتاريخ الكيمياء).).

نُسبَ العديد من الكتب خطأً إلى ألبرت الكبير، والقليل جدًا من هذه الأعمال يبدو أنها مُستقاة فعلياً من كتاباته الأصلية.³⁹ الشكلان ٩-١ و ١٠-١ من الطبعة المصورة الصادرة عام ١٥١٨ من أحد أعماله الأصلية القليلة عن الكيمياء وعلم الفلزات.⁴⁰ يصور الشكل ٩-١ خيميائياً يُجري عملية تقطير. والشكل ١٠-١ من آخر صفحة في الكتاب — وهي مفقودة في أغلب النسخ — وتتضمن قصيدة عن الكيمياء من ستة أبيات.⁴¹

De Alchimie phantastica fatiga Erhortatio Virgilij Salzburgensis



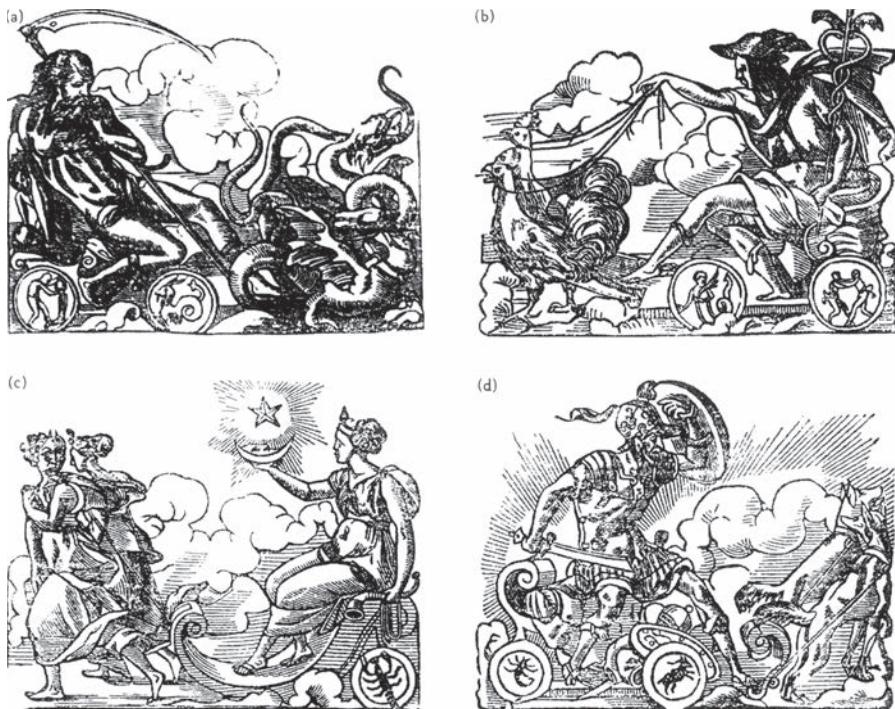
شكل ١٠-١: لاحظ القصيدة المكونة من ستة أبيات أسفل هذا الرسم. هذا الرسم من «كتاب المعادن لألبرتوس ماجنوس»، أوبينهايم، ١٥١٨ (بإذن من مكتبة روبي جي نيفل لتاريخ الكيمياء).

كان استدعاء اسم ألبرتوس ماجنوس أو حتى ذكر إشارات مثيرة للاهتمام تدل ضمنياً على وجود صلة بذلك العبقري المجل الذي عاش في القرون الوسطى وسيلة فعالة لبيع الكتب. وفي الشكل ١١-١(a)، نرى صفحة عنوان من نسخة معادة طباعتها في القرن التاسع عشر من «كتاب السحر الطبيعي المذهل» الذي كتبه «ألبرت الصغير» أو «ألبرت بارفوس»، والذي نُشر للمرة الأولى في عام ١٦٦٨.^{43,42} (لقد استخدمت اسم



شكل ١١-١: (a) صفحة العنوان من نسخة أعيد طباعتها عام ١٦٦٨ من كتاب «الأسرار المذهبة» من تأليف «ألبرت الصغير» [«ألبرت الصالح»، بالإضافة إلى الصور، (b) الإلهة فينيوس (رمز النحاس)، و(c) جوبيت (رمز القصدير) في عربات النصر خاصتهما.

«ألبرت الصالح»؛ لتجنب أي خلط محتمل بـ«ألبرت الكبير»، ولأن ذلك قد يكون أقل إهانةً من «ألبرت الصغير». ورغم ما يقال عن أن هذا الكتاب «مجموعة معروفة من الغرائب والمستحيلات المتعلقة بالسحر»،⁴³ فإن حقيقة أن الكتاب أعيد طباعته على مدى قرنين ليست بالشيء المُنْتَقِد بالتأكيد. كم دار نشر سواء، كانت جامعية أو تجارية، يُمكنها أن تطالب بإصدار كتاب حَقَّ أعلى مبيعات كهذا؟ الأشكال (b)، (c)، (d)، (e)، (f)، (g)، (h)، (i)، (j)، (k)، (l)، (m)، (n)، (o)، (p)، (q)، (r)، (s)، (t)، (u)، (v)، (w)، (x)، (y)، (z).



شكل ١٢-١: عربات النصر الخاصة بالإله (a) ساتورن (الرصاص)، (b) ميركورى (الزئبق)، (c) لونا (الفضة)، (d) مارس (الحديد) من «أlbret الصغير» (انظر الشكل ١١-١).^{٤٣}

الذهب: فينيوس (النحاس)، جوبيتير (القصدير)، ساتورن (الرصاص)، ميركورى، لونا (الفضة)، ومارس (الحديد).

وفيما يلي وصفة ألبرت بارفوس لصناعة معجون الأسنان:^{٤٤}

خذ دم تنين وثلاث أونصات من القرفة، وأونصتين من الألومنيوم المكبسن؛ اسحق كل ذلك ليُصبح مسحوقاً ناعماً للغاية، ونظف به أسنانك مرتين يومياً.

إنها لنصيحة سليمة وتركيبة جيدة؛ لكن من أين لك بذلك المكون الأول؟

(٦) من حكايات كانتربري عن الخيمياء

هل كان أعظم شعراء إنجلترا جهيداً حقيقياً، أم أنه كان مجرد بارع في كتابة الأبيات المقصّفة؟ تتضمن «حكاية خادم القُمْص» لجيفرى تشورس (١٤٠٠-١٣٤٠ تقريرياً) معرفة مفصلة بالعمليات الخيميائية⁴⁵، حتى إنَّ إلياس أشمول⁴⁶ أدرج هذا العمل في كتابه «أدب الكيمياء الإنجليزى» – الذي نُشر عام ١٦٥٢ – بين أعمالٍ أخرى لآخرين من «أشهر الفلاسفة الإنجليز الذين كتبوا «طقوس الهرمسية» في لغتهم القديمة الخاصة». ⁴⁷ ويُظهر كلُّ من الشكلين ١٣-١ و١٤-١ رسوماً من كتاب «أدب الكيمياء الإنجليزى». في الشكل الأول، يتناول الخبر الأعظم أسراراً متعلقة بالخيمياء للخيائي الشاب قائلاً: «تناول منحة الرب مختومةً بالخاتم المقدس». ⁴⁸ أما الشكل التالي، فيُظهر عملاً مُموِّلاً تمويلاً جيداً يجري فيه العمل على قدم وساق، في إشارة إلى أنَّ الخبر الشاب قد أُولى اهتماماً بالفعل للحصول على مشورة أكاديمية جيدة. وقد بات ناجحاً بعد سنوات في الحصول على المعونات والمنح، ويتقدم بخطىٍ وئيدة نحو الترقى واعتلاء المناصب.

بحسب ما وأشار خبير بحجم جون ريد، فقد «عاش تشورس ذاته حياة مُكرَّسة لعمل لا جدوى منه بسرائرها وضرائتها». ⁴⁹ ونُضيف إلى هذه الأدلة المفصلة ذلك الدليل القاطع، ألا وهو مجموعة من المخطوطات يرجع تاريخها إلى القرن السادس عشر في مكتبة كلية ترينيتي بجامعة دبلن بعنوان «جيفرى تشورس وأعماله»، والذي يصف إجراءين خيميائين للحصول على حجر الفلسفة متبعين بقصيدة في وصف الإكسير. ⁴⁵

ومع ذلك، تُشير أبحاث جاريث دونليفيي الدقيقة إلى أنَّ هذه المخطوطات منحولة نُسبت إلى تشورس خطأً. ⁴⁵ فقد كانت الأعمال المنسوبة خطأً لجابر بن حيان، وألبرت الكبير، وأنرونولد دي فيلانوفا، وهرمس نفسه أساليب شائعةً لجذب الانتباه خلال عصر النهضة. يُشير دونليفيي إلى أنه في حين أنَّ تشورس ربما كان مُلماً بجوانب عامة من الخيمياء، فإنَّ التفاصيل الواردة في «حكاية خادم القُمْص» قريبة الشبه بكتابات أنرونولد دي فيلانوفا؛ ⁴⁵ ومن ثمَّ فإنه مُتشكّك بشأن اشتغال تشورس بالخيمياء، لكنه يُشير إلى أنَّ المخطوطة نفسها ربما كانت مملوكة في فترة ما لمكتبة جون دي، الذي كان منجماً، وعالم رياضيات، وخيميائياً خاصاً للملكة إليزابيث الأولى. ⁴⁵



شكل ١٣-١: يقول الخبر الأعظم للخيميائي الشاب «تناول منحة الرب مختومةً بالخاتم المقدس» (من كتاب أشمول، «أدب الكيمياء الإنجليزي»، ١٦٥٢، بإذن من مكتبة روبي جي نيفل لتاريخ الكيمياء).

والآن، عودةً إلى «حكايات كانتربري». تهيئة مقدمة «حكاية خادم القُمْص» المشهد. القُمْص، عالم دين، وفي هذه الحكاية يشتغل كذلك بالخيمياء، يكون مسافراً بصحبة خادمه أو مساعدته حين يلتقيان جماعةً من المسافرين على الطريق. يقوم مُضيّف مجموعة المسافرين بطرد القُمْص، ويحكي الخادم الملوك ذو الوجه الرمادي الداكن من شدة الفقر، والذي يتعرّض لأسوأ استغلال من سيده، قصةً مريرة وساخرة عن الخدع الخيميائية.



شكل ١٤-١: في هذه الصورة، يَظُهر معملُ أبحاث ممَولٌ تمويلًا جيًّا في عصر النهضة. تمر السنوات، ويُصْبِح ذلك الخيميائي الشاب الذي يَظُهر في الشكل ١٣-١ قادرًا على تعين عالم أبحاث لبرنامج «اكتشاف الذهب من الرصاص» (جولد)، الذي تُموِّله الخزانة الوطنية (أشمول، «أدب الكيمياء الإنجليزي»، بإذن من مكتبة روبي جي نيفل لتأريخ الكيمياء).

ويبدو القُمُص شبه «مَدَع» (فقد كان باحثًا جادًّا عن الحجر، لكنه ضل الطريق)، ونصف دجال.

عرض القُمُص أن يُحوَّل مادة الزئبق الخاصة بأحد القساوسة إلى معدن الفضة الثمين باستخدام مسحوق إسقاط غامض. وكان القُمُص، في الواقع، قد وضع أونصةً من الفضة

الخالصة في ثقب في قلب كتلة من الفحم، وسدَّ الثقب بالشمع المسود. ويصف الخادمُ إغواءَ
القُمْص للقسيس كالتالي:

ستشهد الآن بعين رأسك
أنني سأحول هذا الرثيق إلى فضة.
حقاً لن تلبت أن ترى ذلك على مرأى عينك.
سأصنع منه فضةً نقيةً جيدة،
لا تختلف عما في كيس نقودك أو كيسِي.

يُخرج القُمْص مسحوقه الخامض:

لديَّ مسحوق كلْفني كلَّ غالٍ ونفيس،
سوف يأتي بالخير كله، فهو أساس
حيلتي، التي سأريك إليها الآن.

يقف القسيس الجشع والساذج مراقباً، بينما يُخرج القُمْص بوتقته ويضعها في النار.
فيصبُّ القسيس فيها الرثيق الذي يحمله ويُضيف القُمْص بعضًا من مسحوقه، ويقول
الخادم بكلمات مريمة:

نزلولاً على مشيئة ذلك القُمْص اللعين
وضع القسيس مادته تلك على النار،
ثم نفح في اللهب، وجلس مُتنبهاً إليها كل الانتباه،
ليُلقي القسيس في هذه البوتقة
مسحوقاً، لا أعلم إن كان مصنوعاً من
الطبashir، أم التراب، أم الزجاج،
أو ربما من شيء آخر، لا قيمة له.

وها هي خدعة القُمْص:

هذا القسيس المخابع؛ تخطفته الشياطين:
أخرج من جعبته قطعةً من فحم الزان،
كانت مثقوبة ببراعة شديدة،

وفي الثقب وضع أونصة من برادة الفضة،⁵⁰
ثم سد الثقب بحرافية
بالشمع، لثلاً تنفرط منه برادة الفضة.

أخذ القسيس يُراقب النار بجدية، فيما يصرف القُمْص انتباهه إلى ما يحدث بالإشارة إلى أن قطع الفحم المحترقة بحاجة إلى إعادة ترتيب على الموقف، ثم قدَّم له قطعة من القماش ليَمسح وجهه المبلل بالعرق. وما إن أضيَّفَت كتلة الفحم المثقوبة الوسط، حتى توهَّجت النيران توهُّجاً شديداً؛ لينضم القُمْص بعد ذلك إلى القسيس ليَجرعا شراباً. وحين يعود إلى النيران، يجد القُمْص قطعة الفضة قد تكونَت فيخرجها ويُقدِّمها للقسيس الفرح.

ثم تقع واقعة أخرى؛ إذ يترك القُمْص المحتال القسيس فعلياً يُجري عملية التحويل بنفسه. فيُعطي للقسيس عصا تقليل مجوفة، ولك أن تُخمن أنها كانت محشوة بأونصة من الفضة المغلفة بالشمع المسود. والآن، كان مسحوق الإسقاط يعمل تأثيره، دون أي تدخلٍ من جانب القُمْص، لصالح القسيس نفسه. ثم يأتي القُمْص بعملية أخرى؛ إذ يُحوَّل النحاس إلى فضة، تاركاً القسيس في نشوة من فرط الجشع المشوب بالفرح:

من كان أشد فرحاً من ذلك القسيس الأحمق؟
كان أكثر فرحاً من طائرٍ فرِح ببطوله النهار،
وأشد بهجةً من بلبلٍ مُبتهج بموسم الربيع؛
لم يكن أحد أشد لهفة منه للغناء والطرب،
بل كان أكثر حماساً من امرأة تُنشِد أناشيد الربيع.

دفع القسيس للقُمْص أربعين جنيهاً، وهو مبلغ ضخم، مقابل أن يُعطيه سرَّه (بما في ذلك المسحوق على حدّ اعتقادي). لاحظ انعدام ثقة تشوسر في رجال الدين الذين كانوا يُعتبرون شيئاً فاسدين خلال عصر النهضة؛ ففي هذه الحكاية، يوجد رجلان دين، أحدهما فقير عديم الأمانة، والآخر ساذج فاحش الثراء.

يمكنا أن نسمع القُمْص وهو يقول للقسيس مودعاً إياه: «أعطيك ضماناً باستعادة كل ما دفعت لي من مال! وإذا جئت إلى كانتربري في أي وقت ... حاول أن تعثر علىَّ».

(٧) سفينة الحمقى

في عام ١٤٩٤؛ أي قبل حوالي ٢٠ عاماً من الإصلاح البروتستانتي، نشر سيبياستيان بранت^{٥٢,٥١} الشاعر الألماني وعالم الإنسانيات، كتاب هجاء شعري طويلاً بعنوان «سفينة الحمقى». وقد وصف بأنه «رجل ذو قناعات دينية راسخة وأخلاقيات صارمة، تصل إلى حد الاحتشام».«^{٥٣} يتخيل الكتاب مجموعة من «الحمقى» يُظهرون أعرافاً وتجاوزات تُروّق لقراء ذلك العصر من خلال التقليل من شأن أنماط شخصيات يُسهل تمييزها. كانت السفينة المُحملة بهؤلاء الحمقى متوجهة إلى «ناراجونيا»، أرض الحمقى. كانت لغة الكتاب سهلة الفهم، وكانت الرسوم المطبوعة بالقوالب الخشبية (بعضها يحتمل أن يكون لأبريلخت دورر)^{٥٤} مُمتعة وجذابة. وقد نُشر من الكتاب ست طبعات في حياة بранت (وكان أول طبعة باللغة الإنجليزية في عام ١٥٠٩)، مع ظهور عديد من الطبعات الإضافية منها الأصلي ومنها المزيَّف خلال عام ١٦٢٩.^{٥٥} وقد «أعيد اكتشاف» الكتاب مرة أخرى بعد قرنين ونُشرت منه طبعة في عام ١٨٣٩، وتواترت الطبعات على مدار القرن التاسع عشر حتى أوائل القرن العشرين.

لم يكن بранت الذي اتَّسم بالتشدد يحمل تقديرًا كبيرًا للْمُتع الحسية التي كانت يسيرة المثال في شوارع بازل، وقد عَبَّرت مقدّمه لقصيدته الخمسين «عن المتعة الحسية» عن احتقاره الذي يُعكِّس استقامته:^{٥٦}

فالأغبياء بالشهوات نفوسهم ممتلة،
ولا يملكون قدرةً على الإبداع ولا مهارة،
وبالنسبة لكتيرٍ منهم، فإن نهايthem باتت محظومة.

وكانت «الموسيقى الليلية» الرومانسية ممنوعة كذلك — بحسب مقدمة القصيدة رقم ٦٢ «عن الغناء للمحبوب في الليل»:^{٥٧}

وذاك الرجل الذي يُغازل محبوبته،
ويُغنى أغنية في الليل،
يستدعي بذلك قضم الصقيع ولسعاته.

هكذا، لا متع حسية ولا أغانٍ في الليل في شوارع بازل! وليس من المتوقع أن يكون بранت مُفتح العقل، أو يتمتع بحسٍ الفكاهة حين يتعلق الأمر بممارسة الكيمياء كذلك،



شكل ١٥-١: «الخيميائي الخادع» من «سفينة الحمقى». (هذا الشكل من طبعة عام ١٥٠٦ البازلية، بإذن من مكتبة روبي نيفيل لتأريخ الكيمياء.)

وهو كذلك بالفعل. ومن ثم، نجد في الشكل ١٥-١^{٥٨} الخيمائيين يرتدون قبعات الأغبياء (يا للعار!) ومقططاً من القصيدة ١٠٢^{٥٩}: «عن الزيف والخداع» (ها هو مكون صدر برانت يتكتشف!):

وليتنا لا ننسى الحديث
عن خيمائنا الخادعة،

تغدق بثمار من الذهب والفضة الحالصين،
لكنها في المغارف مختبئين.

ها هي حيلة قُمْص كانتربيري العتيدة المتمثلة في «إخفاء الذهب في المعرفة أو عصا التقليب». وإنني لأتساءل عما إذا كان برانت يتحدث عن خبرة ودرية، أم أنه شهد فقط الاحتيال على القساوسة الأثرياء وهؤلاء الآخرين ممن يسهل خداعهم.

(٨) أول موسوعة حديثة

ظهر ذلك الرسم التوضيحي المتنسّم ببساطة لا تخلو من التأكُّن، والذي يُظهر خيميائياً يقوم على أتونه، فيما يظهر وراءه جهاز التقطير، والذي يظهر في الشكل ١٦-١، في الطبعة الأولى من كتاب «اللؤلؤة الفلسفية» الذي نُشر عام ١٥٠٣.^{٦١,٦٠} يُمثل هذا الكتاب «أول موسوعة حديثة ذات أهمية»،^{٦٢} وقد طُبع بعد أقل من خمسة عشر عاماً من طباعة يوهان جوتبرج أول كتبه في عام ١٤٥٥. يعكس كتاب «اللؤلؤة الفلسفية» المنهج الجامعي في نهاية القرن الخامس عشر. ويُعطي الكتاب القواعد اللغوية، والمنطق، والبلاغة، والمواضيع الرياضية، والفلك، والموسيقى، والولادة، والتنجيم، والجحيم.^{٦٣} فيما يُعطي المجلدان ٨ و ٩ موضوعات كيميائية، من ضمنها عملية التحويل.^{٦٢} كان جريجوريوس رايش - مؤلف ذلك الكتاب - رئيساً لدير الرهبان الكرتوزيين في فرايبurg وكاهن اعتراف لماكسيليان الأول،^{٦٣} الإمبراطور الروماني المقدس (١٤٩٣-١٥١٩)، الذي رسم هيمنة أسرة هابسبورج الحاكمة في أوروبا.^{٦٤}

(٩) دلالات الحيوانات في الخيمياء

تُتيح لنا الرموز والاستعارات تمثيل الظواهر التي لا نفهمها فهماً كاملاً والأفكار التي لا نجد لها ترجمات عقلانية. قبل أربعة قرون مضت، كان الذئب يُمثل السلوك «الأكّال» للأنبياء (أو كبريتيد الأنبياء) على الفلزات «الخيسة». وبالانتقال إلى مستوى أعمق، حيث العقل الباطن، قد تُوظَّف اللغة المجازية الجنسية لتوصيل المفاهيم المتعلقة بالطبيعة المذكورة والمؤنثة للأشياء. وللآلاف السنين، كانت هذه الثنائيات تشرح خواص المادة التي لا يمكن فهمها إلا من خلال الرموز. ولا عجب في أن عالم النفس كارل يونج قد أسهب في كتاباته عن الرمزية في الخيمياء.^{٦٥}



شكل ١٦-١: صورة لخيميائي يرجع إلى أوائل القرن السادس عشر من «أول موسوعة حديثة ذات أهمية» (رايش، كتاب «اللؤلؤة الفلسفية»، ١٥٠٣، بإذن من مكتبة روبي جي نيفل لتاريخ الكيمياء).

(١٩) الذئب والملك الميت

في العام ١٦١٧، أَلْفَ مايكيل ماير كاتباً مصوّراً برسومٍ رائعة بعنوان «مقطوعات أتلانتا»، والذي أَلْفَ له ٥٠ مقطوعة فوغماً موسيقية لتصاحب ٥٠ رسمًا (رمزاً) يوضح كلّ منها عملية خيميائية.^{٦٦} وقد أَلْفَ ماير كل مقطوعة فوغماً على شكل قصيدة قصيرة في ثلاثة أبيات لثلاثة أصوات، حيث يشير كلّ صوت إلى العناصر الخيميائية الثلاثة الأساسية؛ الكبريت والزئبق والملح (في بروكلين، يُترجم ذلك إلى «ثلاثة أصوات لثلاثة أبيات»).



شكل ١٧-١: إليك سؤالاً جيداً لاختبار نهاية العام في مادة مبادئ الكيمياء: اكتب وصفاً لللقاءات الكيميائية البسيطين اللذين يُجسّدُهما هذا الشكل (إشارة: فكر في تنقية الذهب). هل ما زلت في حيرة؟ إذن انظر النص المصاحب (الشكل من كتاب "مقطوعات أتلانتا" للماير ١٦١٧) بابن من مكتبة روبي نقل لتاريخ الكيمياء.

في الشكل ١٧-١، الذي يصور الرمز ٢٤ في كتاب «مقطوعات أتلانتا»، يظهر رسم كيميائي بارع لعملية تنقية الذهب.⁶⁷ يرمز الملك الميت إلى الذهب غير النقي — لنُقل الذهب المُختلط بالنحاس والفلزات الخصيصة الأخرى. ويرمز الذئب — الذي غالباً ما يُمثل الأنتيمون الفلزي — هنا إلى خام الأنتيمون أو كبريتيد الأنتيمون. يوجد الأنتيمون على نحو شبه دائم في حالة مختلطة (أي «لا يكون منفرداً») — ونادرًا ما يكون «ذئباً منفرداً». يلتهم

الذهب الملك الميت؛ وهذا يعني أنه باستخدام الحرارة، يفقد الأنتيمون الكبريت الذي يدخل في رابطة مع النحاس والفلزات الخصيصة الأخرى، فيما يتَّحد الأنتيمون مع الذهب مُكونٌ سبيكة مُنْصَهِرَة. أما كبريتيدات النحاس والفلزات الخصيصة الأخرى، فتُنكَوْنَ زبَداً يسهل فصله من السبيكة المُنْصَهِرة. بعد ذلك، توضع السبيكة في النار، حيث يُشكَلُ الأنتيمون المتفاعل كيميائياً أكسيداً يتَّساعَدُ، تارِكًا عنصر الذهب المُنْصَهِرَ والخامل كيميائياً (الملك المبعوث). وقد أثبت بيير لازلو أنَّ الياسِنة والنهر في هذه الصورة (وصور أخرى في كتاب «مقطوعات أتلانتا») تُشير ضمَنًا إلى الاختلاف بين الطرق الجافة والرطبة لإجراء العمليات الكيميائية.⁶⁸ لا أعرف كيف لهذه الصورة أن تكون سؤالاً في امتحانات نهاية العام الدراسي في مادة مبادئ الكيمياء؟

(٢-٩) الأسود والتنانين والثعابين، يا إلهي!

تُمثِّلُ الكيانات المترابطة، سواء كان ذلك الترابط في شكل صراع أو عناق حار (أو كليهما) ترابط العناصر المُتقابِلة [الذكورة والأنوثة؛ الكبريت الفلسفى والزئبق الفلسفى] التي يُعتقد أنها تُشكِّل كل المادة. فيجسد الشكل ١٨-١، (الرمز ١٦ من كتاب «مقطوعات أتلانتا») شجاراً بين أسددين. الكائن المجنَّح على اليسار هو الأسد الأخضر، الذي يُمثِّل الزئبق الفلسفى المتطاير (لذلك فهو مجَّنح)؛ وهو العنصر الأنثوي. أما الذكر فهو الأسد الأحمر، ويرمز إلى الكبريت الفلسفى، وهو نفسه رمز للثبات وقابلية الاحتراق.⁶⁷

(٣-٩) دم التنين

في كتاب ماير «دليل المسافر» الصادر عام ١٦١٨، (الشكل ١٩-١)،⁶⁹ يشرح ماير كيفية تكوين دم التنين، وهو رمز آخر لحجر الفلسفه. يُتخم فيلٌ نفسه بماء، فيما تقع حيَّةٌ تُشَبِّه التنين متربصَةً له، فتنقضُّ عليه وتُحكم الالتفاف حول جسده وتشرب دماءه (كما في الشكل ٢٠-١). لكن الفيل الذي خارت قواه يَنقُلُ على الأفعى ويُسحقها محَّولاً إياها إلى قطعة لحم دامية. إن دماء التنين هذه، المُشَبِّهة بمادة الجوهرية للفيل، هي في الواقع صبغة حمراء أو حجر الفلسفه. ولا يمكن للصورة المجازية الجنسية الكامنة وراء هذه القصة الرمزية أن تَخْفِي عن إدراك أي ذي عقل.



شكل ١٨-١: الصراع المُتَقدّ بين الأسد الأخضر المجنح (عنصر الأنوثة المتطايرة؛ الرئق «الفلسفي») والأسد الأحمر (عنصر الذكورة الثابتة؛ «الكبريت الفلسفي») (من كتاب «مقطوعات أتلانتا». بإذن من مكتبة روبي جي نيفل لتأريخ الكيمياء).

(٤-٩) السلمندر روح النار

يُستخدم السلمندر لتصوير «بذرة الذكورة المُتَقدّة»، التي تَبْقى مشتعلة وتتَغَدَّى على النار.^{٧٠} كثيراً ما يُشَبِّهُ حجر الفلاسفة بالبذرة التي قد تُضاعف المعادن. وأحياناً ما يُمثِّل السلمندر النار أو رُوح النار.^{٧١} ويفيد الرمز ٢٩ من «مقطوعات أتلانتا» (الشكل ٢١-١) وقصidته القصيرة في شرح هذه العلاقة الغامضة (وغير الواضحة لي على الإطلاق): «يطفئ السلمندر اللهب ثم يمضي».^{٦٦}

الجذور الروحانية والميثولوجية



شكل ١٩-١: صفحة العنوان من كتاب «دليل المسافر» لماير (الطبعة الثانية، ١٦٥١؛ صدرت الطبعة الأولى عام ١٦١٨) التي تُمثل فيها المعادن السبعة القديمة (من القيمة إلى اليمين في اتجاه عقارب الساعة): الذهب، الفضة، الحديد، النحاس، القصدير، الرصاص، الزئبق. الشخص المصور في مُنتصف أعلى الشكل هو المؤلف الكونت مايكل ماير، الذي لقبه المؤرخ الكيميائي جون ريد بـ«الخيميائي الموسيقي».

(٥-٩) العنقاء الوحيدة المعروفة والرائعة

لا يمكن أن يوجد في عالمنا هذا سوى طائر عنقاء⁷² واحد. هذا الطائر الرائع ينشأ من رماد طائر العنقاء الذي سبقه، الذي يُضحي بنفسه بعد ٥٠٠ عام من عيشه وحيداً محروماً من

*SANGVINIS DRACONIS
descripicio.*



شكل ٢٠-١: وصفة «دم التنين» (حجر الفلسفية): (١) يُنخم الفيل نفسه بالماء. (٢) تترَّبص بالفيل المُنخَم أفعى تنقضُ عليه وتحكم الالتفاف حوله وتشرب دماء فريستها. (٣) ينهار الفيل خائِر القوى و«يسحق» الأفعى تماماً؛ هكذا يُسَيِّر الأمر. (٤) يُفَيِّد «دم التنين» في عملية الإسقاط الخيميائية (من كتاب «دليل المسافر» لماير، الطبعة الثانية، ١٦٥١).

ممارسة الجنس. ونظرًا للارتباط الوثيق لذكر العنقاء بالأساطير المصرية القديمة، يَبدو أن هذا الطائر ذو أصول شرقية قديمة. أما على المستوى الثقافي، فالعنقاء رمز للميلاد مرة



شكل ٢١-١: السلمندر (من كتاب «مقطوعات أتلانتا»، بإذن من مكتبة روبي جي نيفل لتأريخ الكيمياء)، الذي يُمثل خاصية مقاومة النار التي يتميّز بها حجر الفلسفة. حين زار بنجامين سيليمان أستاذ الكيمياء في جامعة بيل معمل جيمس وودهاروس قائلًا الحرارة (١١٥ درجة فهرنهايت) في فيلادلفيا في صيف عام ١٨٠٢، أشار إلى المكان بأنه «بيت السلمندر» (انظر صفحة ٢٢٢).

أخرى والحياة بعد الموت. وفي اللغة المجازية химическая، يُمثل العنقاء الأخير بين أربعة طيور تُمثل التغيرات اللونية المتتابعة خلال العمل العظيم (انظر الشكل ٢٢-١):

- (١) الغراب، الأسود، الانحلال.
- (٢) البوغة، الأبيض، التكليس.

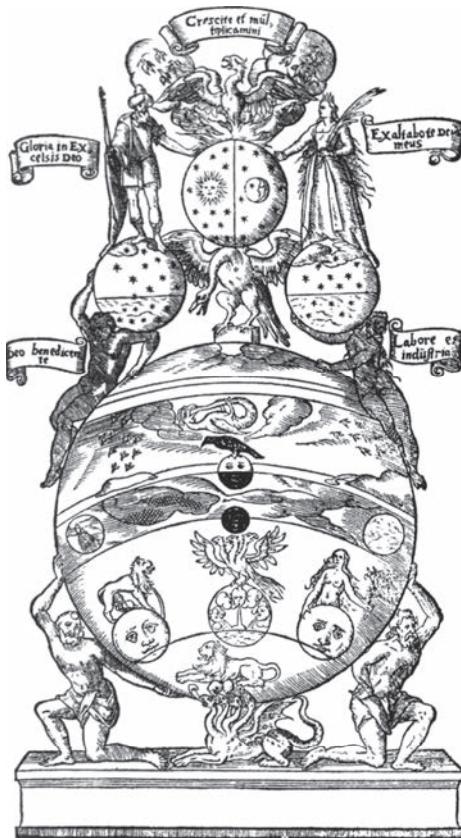
- (٣) الطاووس، اللون الأصفر، أو ألوان قوس قزح الدالة على التغيير.
(٤) العنقاء، اللون الأحمر، الصبغة الحمراء، أو حجر الفلسفه.

يُبيّن الشكل ٢٣-١ مروحة يد يابانية تعود إلى القرن التاسع عشر (بالأبيض والأسود وليس بلونها الفعلي) مزينةً برسم بالألوان المائية لطائر العنقاء. يحمل هذا الرسم شبهًا مثيرًا للدهشة بذلك الرمز الثقافي الذي يعود إلى القرن العشرين؛ الوحش رودان، الذي تدور حوله أحداث مجموعة من الأفلام اليابانية التي أطلق عليها اسم *Plastique Monstresque*⁷³ (والذي يعني بالعربية «الوحوش الاصطناعية»). في الواقع، ينشأ «رودان» من رماد الاختبارات النووية ليُهدد الأرض، ويُعلّمنا جميعًا درسًا جيدًا. إنه طائر عنقاء ولد على محرقة جثث القنبلة الذرية.

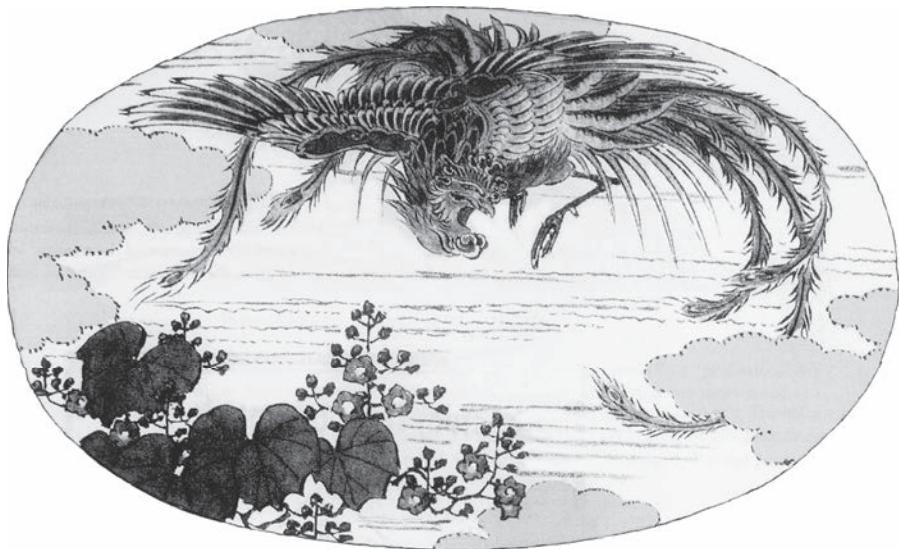
تَتَّخذ الجمعية الكيميائية الأمريكية (انظر الشكل ٢٤-١) — ذلك الكيان العلمي المهيـب — لنفسها شعارًا يظهر فيه طائر عنقاء يعلو جهاز تحليل الكربون في المركبات، والتي اخترعها يوستوس ليبيج في القرن التاسع عشر.⁷⁴ ما فائدة «ذلك» الجهاز؟ كان هذا الجهاز يقوم بقياس ثاني أكسيد الكربون (CO₂) المُنبعث من احتراق المركبات العضوية على نحو دقيق، مما أفاد في وضع صيغ دقيقة، وفهم الآلية العلمية وراء «غابة» الكيمياء العضوية البدائية الشاسعة.⁷⁵ على النقيض التام، يُمثّل طائر العنقاء ذروة العملية химическая. يبدو لي أن زملائي الكيميائيين يحاولون تأميم أنفسهم من الفشل — بحيث يلجهون أولاً إلى الكيمياء المنطقية، فإن لم تُفلح فهناك السحر.

٦-٩) أحذر الطيور الجارحة المتحابة⁷⁶

يُمثّل التزاوج موضوعاً رئيسياً في اللغة المجازية химической؛ فالشعبانان المتشابكان كجدية حول قضيب الرئيق يشكلان عصا هرمون، شعار مهنة الطب (انظر الشكل ٢٥-١).⁷⁷ تُشكّل هاتان الأفعوانين المُتحابتين ثلاثة دوائر تُمثّل ثلاثة دورات انفصال وارتباط بين جوهري الذكرة والأئونة.⁷⁸ يعلو الأفعوان طائران جارحان مُتحابان⁷⁹ مُتلاصقان كذلك، يلتهم كلّ منهما الآخر في خضم تزاوجهما، ما يُمثّل عملية الانحلال/الارتباط الكيميائية وفقدان الهوية الفردية. واللياقة العامة تمنع تجسيد التزاوج الكيميائي بين الرجل والمرأة (سول ولوна أو الشمس والقمر).⁸⁰



شكل ٢٢-١: هل ترى العنقاء جاثمةً أعلى «مزهرية هرمس» (والتي شبهها آدم ماكلين — الخبر بتفسير النصوص والرموز الخيميائية — بنوع من الماندala الغربية)؟ (من كتاب ليباقيوس «الخيمياء» ١٦٠٦). تمثل العنقاء المرحلة الأخيرة من التغيرات اللونية الأربعة التي تحدث خلال العمل العظيم. يبدأ العمل العظيم من مرحلة دنيا مظلمة (يرمز إليها بالغراب الأسود)؛ ثم تبيّض الكتلة الكيميائية خلال عملية التكليس (التي يرمز إليها بالبجعة)؛ ثم تمر بتغيرات لونية مبهجة (الطاوس)، لتنتهي بنشوء العنقاء الحمراء.



شكل ٢٣-١: رسم ياباني يعود إلى القرن التاسع عشر بالألوان المائية على ورق الأرض يُصوّر طائر العنقاء. هل كان الأيقونة السينمائية في خمسينيات القرن العشرين «رودان» عنقاء نشأت من رماد القنبلة النووية؟

(٧-٩) واجتنب الباسيليسك الغاضبة^{٧٦}

إن تحول «الفلزات الخسيسة» إلى فضة أو ذهب يتحقق في النهاية من خلال عملية «الإسقاط» — وهي عملية غير قابلة للشرح يمكن أن تحدث عن بُعد — حيث «تسقط الصبغة الحمراء من قلب «الملك الأحمر» (الحجر الأحمر) لتغمر رعاياه، الذين يُمثلون المعادن الخسيسة». ^{٨١} والباسيليسك أو (الأفعى الديك) (الشكل ١-٢٦)^{٨٢} هي أفعى تنتهي إلى عالم الأساطير الرومانية.^{٨٣} تقول بعض الروايات إن الباسيليسك تخرج من بيضة ديك بعد رقود أفعى عليها. فيما ترى روايات أخرى أنها «هجين سام بين ديك وعلجوم».^{٨٤} ومجرد النظر إلى الباسيليسك (أو التعرُّض لانبعاثاتها من بعيد) كفيل بأن يؤدّي إلى الوفاة.^{٨٥}

ما من موت أسرع من موت إنسان بِسْمِ الأفعى الديك؛ فإنها تقتله بالنظر إليه؛ إذ إنَّ الأشعة المنبعثة من عيني الأفعى الديك تفسد الروح الظاهرة للإنسان،



شكل ٢٤-١: شعار الجمعية الكيميائية الأمريكية، الذي يتضمن طائر العنقاء وجهاز تحليل الكربون الذي ابتكره يوستوس ليبيج في أوائل القرن العشرين، والذي أحدث ثورةً في تحليل المركبات العضوية. وفي هذا الشعار استحضار رائع لكلٍّ من الجذور الغامضة والعقلانية لعلم الكيمياء (بإذن من الجمعية الكيميائية الأمريكية).

وحين تقصد هذه الروح الظاهرة، تقصد معها كل الأرواح الأخرى التي تأتي من المخ وحياة القلب، وبفساد هذه الأرواح، يموت الإنسان.

بل يزداد الأمر رعباً⁸⁵:

ولا تقتل الأفعى الديك فقط عن طريق فحيحها ونظراتها، (كما قيل في الجورجونات)، وإنما تقتل أيضاً باللمس، سواء اللمس المباشر أو عن طريق وسيط؛ وهذا يعني أنها لا تقتل فقط حين يمسُّ إنسان جسدها نفسه، ولكن كذلك عند ليس السلاح الذي قُتِلَ به الجسد نفسه، أو الذي قَصَدَ قتل أي حيوان آخر، وثمة قصة شهيرة عن الأفعى الديك تحكي أن فارساً تلقَّى حربةً في يده،



شكل ٢٥-١: «احذر الطيور الجارحة المتحابة ...» تُمثّل الطيور الجارحة المتحابة تزاحج الذكر والأثني (سول ولوانا؛ الكبريت والزنبق). (هذه الصورة من كتاب «جوهر الحكمة في الطب والكيمياء والخيمياء» (١٧٥٥).)

سُدِّدت له عبر الأفعى الديك، فإذا بجسده يمتُّصُ السم فيموت، ويُقتل معه فرسه كذلك.

من الواضح أنها رمز للإسقاط الخيميائي عن بعد. فكر في الأمر، يُقدم لنا اللون السينمائي الجديد الذي يُسمى الوحش الاصطناعية بازيليسك⁷³ يبلغ طولها ٤٠٠ قدم وتنسمى

DES VENINS.
DV BASILIC ROY DES SERPENS.
CHAPITRE XVIII.



Baσιλίσκος, Basiliscus, Basilic.

شكل ٢٦-١: «واجتنب الباسيليسك الغاضب». الباسيليسك (أو الأفعى الديك) هي رمز لعملية الإسقاط، تلك القوة الغامضة لحجر الفلاسفة لتحويل المعادن عن بُعد. أحياناً ما تُصوَّر في شكل سحلية، وفي بعض الأحيان، تُصوَّر كمزيجٍ ما بين السحلية والديك، وأحياناً كأفعى (كوبيرا باصقة). إنَّ نظرة الباسيليسك وحدها قاتلة. (من «كتاب السموم» لجريفان ١٥٦٨ - ١٥٦٧). (بإذن من أكاديمية نيويورك للطب وبِي آند إس جفتون: «لنشر» — فكلُّ منها قدَّم نسخاً من هذه الصورة). هل كان جودزيلا الأيقونة السينمائية اليابانية باسيليسك؟

جودزيلا، تُدمر أنفاسُها طائرات القوات الجوية النفاثة والدبابات الحربية التي تقع على بُعد مئات الأمتار.

في الواقع، من السهل أن نتوقع أن تكون الكوبيرا هي الأساس الذي قامت عليه أسطورة الباسيليسك؛ فهي من أكثر الثعابين سميةً في العالم؛ فالكوبيرا الباصقة يُمكِّن أن تُسبِّب العمى عن بُعد، والحجم الهائل لملك الكوبيرا (الذي ذُكر أنَّ أحدها يبلغ طوله ١٨ قدماً)،^{٦٤} مقترباً بوضعيَّة هذه الأفعى الرأسية المرتفعة ومظهرها المقنَّع، هما «جوهر» الأسطورة.

(٨-٩) الأوروborوس (أم حلم كيكوله الذي تحقق؟)

الأوروبوروس هي أفعى لا تنفكُ عن التهام نفسها بينما تنشأ من جديد. ولا شك أن هذا المبدأ ينبع من فكرة السقوط الدوري لجلد الثعبان كي يُكُون جلدًا جديداً تماماً. تمثِّل الدائرة الوحيدة والاستمرار. تستحضر الأوروبوروس إلى الأذهان عملية التقطرir المرتد

الدائيرية باستخدام تقنية إعادة السريان التي تحدث في جهاز قديم كان يُستخدم في التقاطير (أو حتى في أجهزة إعادة السريان الحديثة). هل حلم أو جست كيكوله بالأوروبيوروس فيما كان يتخيّل حلقة البنزين؟⁸⁷ يُظهر الشكل ١٢٧-١، وهو للشعار ١٤ من «مقطوعات أتلانتا»،⁶⁶ نسخة أخرى من فكرة الأوروبيوروس. وتقول القصيدة القصيرة المرتبطة بهذا الشعار:⁶⁶

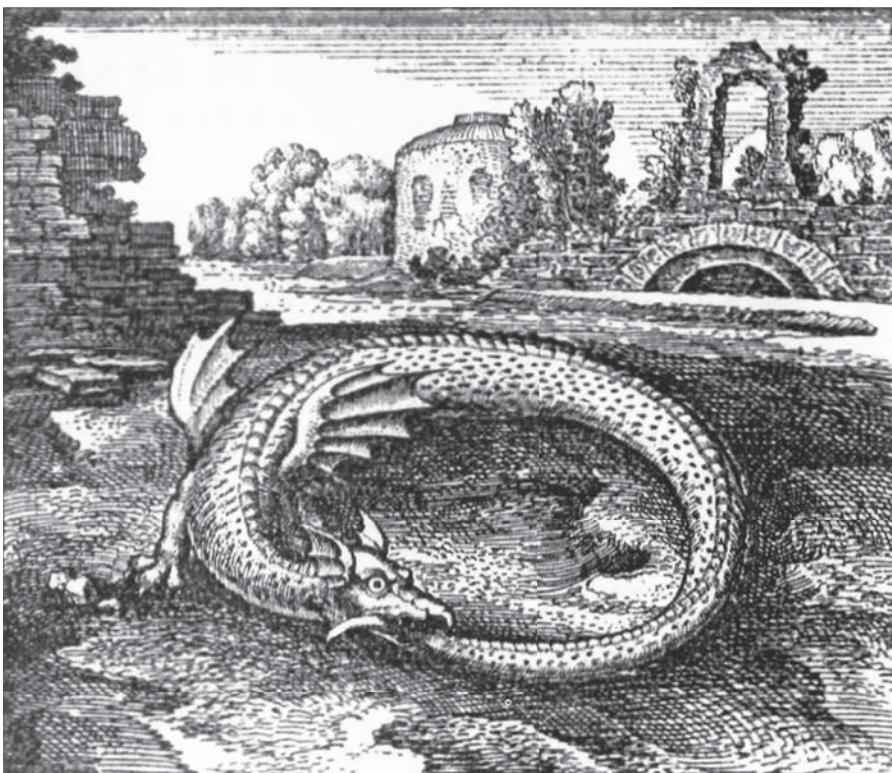
تفرض هذه السلائل الجائعة أذىالها،
وقد عَلَمَ الجوع الإنسان أكل أخيه،
يعُضُّ التَّنِينَ ذيله ويَبتلعه
آكلاً جزءاً كبيراً من جسده؛
غلَبَه الجوع والحبس وال الحديد حتى
أكل نفسه، ولفظها، ومات لينشاً من جديد.

هل يمكن أن يكون الأوروبيوروس كذلك رمزاً لقانونبقاء المادة، قبل وقت طويل من مجيء لفوازيريه؟ لعل كيكوله وحده هو من كان سيعرف الإجابة عن هذا السؤال بالتأكد.

(١٠) من هو أثانيوس كيرشر؟ وما السبب وراء تلك الفظائع التي تقال عنه؟

الأشكال من ٢٨-١ إلى ٣٠-١ من كتاب «الكون الخفي»⁸⁹ (١٦٦٥) من تأليف أثانيوس كيرشر (١٦٠٢-١٦٨٠)، الراهب اليسوعي الذي بدأ حياته المهنية في فورتسبورج لتنتهي في كلية اليسوعيين في روما.⁹⁰ لقد كان شخصاً على درجة عظيمة من العلم ودرجة مُذهلة من السذاجة في الوقت ذاته. ويُجدر بنا أن نذكّر القارئ بأن العالمين البارزين بويل ونيوتون، اللذين عاشا في القرن السابع عشر، كانوا يصدقان في الكيمياء إلى حد السذاجة. كما يروق لي أن أرى في شخصية يوهان بابتيست فان هيلمونت الذي ولد في منتصف القرن السابع عشر نصف عالمٍ ونصف عالمٍ زائف.⁹¹ وقد أله كيرشر مجلدات؛ إلا أن المؤرخ العلمي جون فيرجسون يقول عنه:⁹²

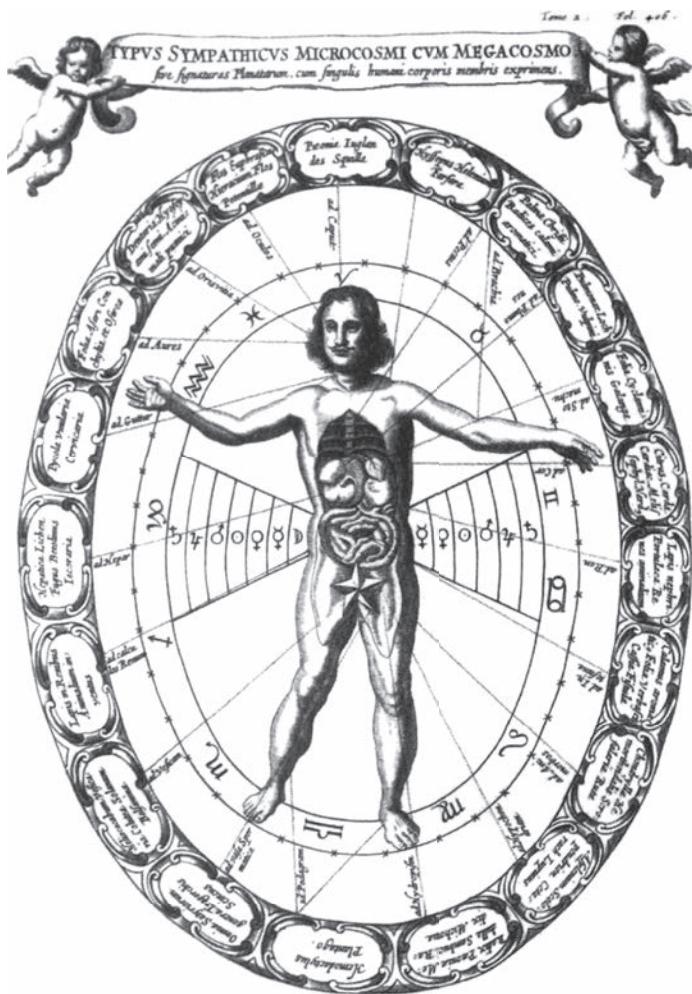
كان كيرشر رجلاً واسع - بل غزير - المعرفة، وغزير السذاجة والمعتقدات الخرافية والثقة في آرائه أيضاً. وما من أحد في هذا المجال المعرفي بأسره قد تفوق عليه في عدد الأعمال وضخامتها، وانعدام الفائدة منها.



شكل ٢٧-١: الأوروبوروس — شعار الالكمال، ودورة الحياة، بل وبقاء المادة. لا ينفكُ الأوروبوروس عن التهام نفسه، بينما ينشأ من جديد. هل حلم أو جست كيكوله بالفعل بالأوروبوروس حين افترض أن البنزين مرگب ذو بناء حلقي؟ (من كتاب «مقطوعات أتلانتا»، بإذن من مكتبة روبي جي نيفل لتأريخ الكيمياء).

يضم كتاب «الكون الخفي» مجموعة ضخمة من المعلومات التي تصف كيمياء التعدين، وكيمياء الفلزات، والكيمياء الدوائية، بالإضافة إلى الكيمياء المفيدة للفنانين والحرفيين.^{٩٠} أما الشيء الأبرز — من وجهة النظر التاريخية — فهو عدم إيمانه بالخيمياء المشروحة في كتاب «الكون الخفي». ربما لا عجب في أن بويل قد «اعترض على دفع ٤٠ شلنًا مقابلة».^{٩٣,٩٠}

يبين الشكل ٢٨-١ تصويرًا فلكيًّا صرفاً لوصف الجسم البشري من منظور الكون الأكبر (الماكروكوزم) والكون الأصغر (المایکروکوزم)، وعملياته التي تمثل الكون الأكبر.



شكل ٢٨-١: الوحدة الفلكية بين الكون الأصغر والكون الأكبر في كتاب أثانيايوس كيرشر «الكون الخفي» (١٦٦٥). تمثل الشمس قلب الإنسان، بينما المخ البشري يُمثّل القمر (يأذن من دار جي إف بوتك ساينس بوكس للنشر).

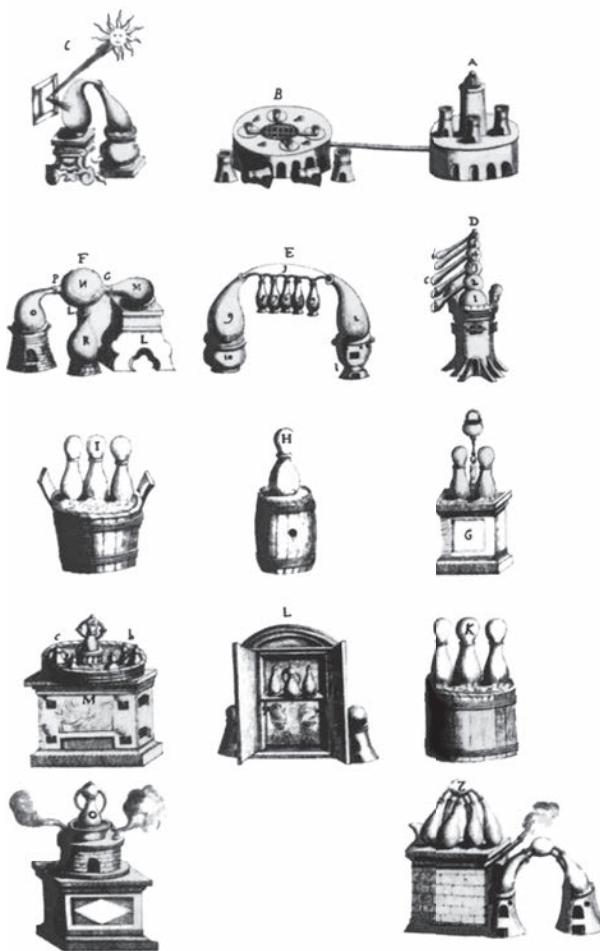
وفيما يلي العلاقات⁹⁴ التي يطرحها في الكتاب: الشمس تعني القلب، والقمر يعني المخ، والمشتري يعني الكبد، وزحل يعني الطحال، والزهرة يعني الكليتين، وعطارد يعني الرئتين،



شكل ٢٩-١: رسم لأتون مذهل خاص بالوصفات العشبية الخيميائية من كتاب كيرشر «الكون الخفي». فماذا كان الغرض الحقيقي من هذا الأتون الذي يُقال إنه موجود في كلية اليسوعيين في روما؟ (بإذن من دار جيه إف بوتك ساينس بوكس المنشر).

والأرض تعني البطن، والأوردة تعني الأنهار، والمثانة تعني البحر، فيما تمثل الأطراف السبعة الرئيسية المعادن السبعة القديمة.

أما الشكل ٢٩-١، فيقال إنه لـ«أتون لصناعة الأدوية» في كلية اليسوعيين في روما، رغم أن بارتينجتون يؤكد أنه قد «أطلق عليه هذا الاسم كذباً لإخفاء وظيفته الحقيقية».^{٩٠}



شكل ٣٠-١: يبدو أن معمل كلية اليسوعيين في روما كان مجهاً لإجراء كل أنواع التقطير. يستدعي الجهاز *E* إلى الأذهان ذلك الذئب المذكور في أسطورة رومولوس وريموس، وذلك الجهاز الطويل ذو الشكل البجعى *M* (العمود الأيسر، الشكل الثاني من الأسفل) أشبه برجل دين صارم يقف على منصة ويعظ جموعه (من كتاب كيرشر «الكون الخفي»، بإذن من دار جيه إف بوتاك ساينس بوكس للنشر).

وإن المرء ليتساءل ما إذا كان ذلك الجهاز، الأشبه بكتائِن فضائيٍ محَّل بصغاره التي تخرج من بيضها للتوّ، له وجود حقيقيٌ من الأساس أم لاً. وأعترف أن أحد أجهزة التقطير المبيّنة في الشكل ١-٣٠ تذكرني بالذئب الذي أرضع رومولوس وريموس؛ جزءٌ من أسطoir روما القديمة.

(١١) سحر غير طبيعي: الساحرات وعصي التقليب العظيمية

تعود أسطoir الساحرات إلى آلاف السنين، وهي حاضرة في جميع الحضارات تقريبًا في أشكال مختلفة اختلافاً بالغاً.^{٩٥} وقد ازدادت أسطoir الحضارة الغربية المتعلقة بالسحر تطوريًا مع انتهاء الحملات الصليبية واستجلاب كل الأمور المتعلقة بالكمياء، والفلك، وكل المعتقدات الباطنية الأخرى من بلد المسلمين. وفي السنوات الأولى من أوروبا النهضة، كانت الساحرة على الأرجح شخصًا لم يتواهم داخل النظام الراسخ في قرية صغيرة؛ ومن ثم كانت يُعتقد أنها تسبب حالة من عدم التناغم.^{٩٦} قد ترفض عائلة من عائلات القرية ذلك الشخص المنبوذ، الذي كان في بعض الأحيان رجلًا أو امرأة عجوزًا في حاجة إلى المساعدة في جمع الحطب على سبيل المثال؛ ذلك النوع من المساعدة المتوقّع الحصول عليه في أي مجتمع ذي نسيج مترابط. وبعد أسبوع، قد يمرض أكبر أبناء هذه العائلة فجأة وتولد ساحرة. ويمكن أن يكون انتقام الساحرة أكثر هولاً؛ لأنّ يتدفق فيضان طبيعي يستمر «خمسين عامًا». غير أنه في وقتٍ ما خلال القرن الخامس عشر، كانت الساحرات يُتهمن بأنهن قرينات الشيطان،^{٩٧} وأن مُمارساتهن ما هي إلا مظاهر للشر الصرف؛ ولذا كانت المحاكمات والإعدامات هي العلاج الوحيد. انتقلت هذه المعتقدات إلى العالم الجديد مع أتباع المذهب البيوريتاني وكان لها أبلغ الأثر في مدينة سالم في ماساتشوستس، حيث أقنعت حكايات السحر الأسود، التي كانت ترويها جارية من الهند الغربية تدعى تيتوبا، ثلات فتيات يافعات بأن بهنَّ مسًا من الشيطان.^{٩٨} وقد أسفرت حالة الهستيريا التي تسببت بها هذه الواقعية عن إقامة «محاكمات الساحرات» التي عُقدت لنحو ٣٠ امرأة بين شهرٍ مايو وأكتوبر من عام ١٦٩٢. وكان التعذيب أسلوبًا منطقيًّا خلال «حالة الطوارئ» تلك، فيما حُكم بالإعدام شنقًا على تسع عشرة امرأة اتهمن بـ«ممارسة السحر».

كان «سبت الساحرات»^{٩٧} طقسًا ليليًّا صاخباً حافلاً بالسلوكيات الماجنة المحرامة. ويدور حول هذا الطقس مشهد «ليلة فالبورج» في مسرحية «فاوست»، ومقطوعة «ليلة على

سفح الجبل الأجرد» لموسور斯基. ويُوضّح الشكل ٣١-١ مقطعاً صغيراً من منحوتة جاك دو غين الثاني بعنوان «سبت الساحرات» والتي تعود إلى أوائل القرن السابع عشر. ورغم أن النسخ الحديثة من صور الساحرات التي تظهر في عيد القديسين (الهالوين) تكون في المعاد لسيدات عجائز نحيلات، فإنَّ الجسم الأنثوي القوي الذي تبدو عليه الصحة في تلك المنحوتة لا يبدو أنه احتاج إلى مساعدة في جمع الحطب. وهي تستخدم عظمة بشرية ضخمة، ربما لتقليل مكونات دهان «للطيران إلى القمر»؛ فقد كان من الشائع أن الساحرات كنْ يُجهزن زيوتاً للجسم تمنحهنَّ القدرة على الطيران (فعلى كل حال، لم تكن المكنسة القشية هي التي تُساعدهن على الطيران). ولكن كيف أساءت ساحرة دي غين إلى قريتها؟ لربما كانت ببساطة أكثر براعةً في الكيمياء من عطار القرية، الذي تصادفَ أيضاً أن كان شقيقاً لعمدة القرية.

من المذهل أن تدرك أنَّ جوزيف جلانفيل (١٦٣٦-١٦٨٠)^{٩٨}، الذي لعب دوراً حيوياً في الدفاع عن المناهج التجريبية الحديثة في العلوم، كان يؤمن بالساحرات؛ فقد كان يذهب، وهو الكاهن المُرْسَم، إلى أن العلم لا يتعارض مع الدين، وأنَّ الدراسات التجريبية للعالم الطبيعي من شأنها إضفاء مزيد من التمجيد على أعمال رب. وقد كان زميلاً منتخبًا لجمعية لندن الملكية في عام ١٦٦٤، لكنه كان يؤمن بأنَّ أرواحاً شريرة تسُكُّن العالم، ودافع عن هذه الآراء في أعماله «تأملات فلسفية في شأن السحر والساحرات» (١٦٦٦)، وكتاب «الأدلة الكاملة والقاطعة عن الساحرات والعفاريت»، وقد نُشر هذا الكتاب الأخير بعد وفاته.

على النقيض، كان جون ويبيستر (١٦١٠-١٦٨٢)^{٩٩} وهو كاهن مُرْسَم آخر، وداعم للجمعية الملكية، أكثر عملية وأقل سذاجة من جلانفيل. وقد انتقد ويبيستر آراء جلانفيل في كتابه «ظواهر السحر المزعوم» (١٦٧٧). مارس ويبيستر الطب والكيمياء، وفي كتابه «تاريخ المعادن» (١٦٧١)، وجَّه ويبيستر النقد اللاذع الموجَّح أدناه لمؤلفين آخرين لأعمال عن علم الفلزات:^{١٠٠}

لو كان المؤلفون الذين كتبوا عن مملكة المعادن سُيُقدِّرون وفقاً لأعدادهم ووفرتهم، لظن المرء أنَّ هذا النوع من العلم قد بلغ بالفعل قمتَه وذروتَه. غير أننا إذا ما وزناهم بجوهر ما كتبوا وثقله، لوجدنا أنَّ معظم عملهم لا ثقل له، وأنَّ كتاباتهم لا تحمل الكثير من القيمة.



شكل ٣١-١: مقطعٌ صغيرٌ من منحوتة «سبت الساحرات» لجاك دو غين الثاني. تستخدم الساحرة ذاتُ الجسدِ القويِ الموفورِ الصحةَ التي في المقدمة ملطاً ومدقةً لطحنِ المكونات الازمة لصنع زيتِ الجسمِ الذي يُمكّنها من الطيران. (الصورة بتصريرٍ من مكتبةِ كراون وسيبلمان، كولفر سيتي، كاليفورنيا).

هوامش

- (1) N. Schwartz-Salant, *Encountering Jung on Alchemy*, Princeton University Press, Princeton, 1995.
- (2) I. MacPhail, *Alchemy and the Occult*, Yale University Library, New Haven, 1968, pp. xv–xxxii (essay by A. Jaffe).
- (3) B. Pullman, *The Atom in the History of Human Thought*, Oxford University Press, New York, 1998.
- (4) A. M. Rossi, F. Rossi, and J. C. Singer, *Selections 1994*, Rossi & Rossi, Ltd., London, 1994. I am grateful to Ms. Anna Maria Rossi, Rossi & Rossi,

London, and Ian Alsop, Editor, *Asianart.com*, Santa Fe, New Mexico for permission to employ the Vajrapani mandala image.

(5) A. McLean, *The Alchemical Mandala*, Phanes Press, Grand Rapids, 1989.

(6) McLean, op. cit., pp. 62–69.

(7) The author thanks Ms. Rita L. Schumaker, Charlotte, North Carolina, for this original drawing and for discussion of its themes.

(8) I am not certain about the identity of the artist. One possibility is Johann Heinrich Winckler (1703–1770).

(9) L. Abraham, *A Dictionary of Alchemical Imagery*, Cambridge University Press, Cambridge, UK, 1998, p. 51.

(10) J. Read, *Prelude To Chemistry*, The Macmillan Co., New York, 1937, p. 12; p. 148.

(11) Abraham, op. cit., p. 169.

(12) Abraham, op. cit., pp. 31–32.

(13) *The New Encyclopedia Britannica*, Encyclopedia Britannica, Inc., Chicago, 1986, Vol. 10, p. 188.

(14) Read, op. cit., pp. 230–232.

(15) Many faiths and philosophies include their own mystical numerical systems. For example, the Hebrew Kabbala, first appearing in the twelfth century, had its roots more than a millennium earlier. The Creation was a process involving 10 divine numbers and the 22 letters of the Hebrew alphabet. Together these two numbers provided the 32 paths to wisdom (see *The New Encyclopedia Britannica*, Encyclopedia Britannica, Inc., Chicago, 1986, Vol. 6, p. 671). A truly religious fan likewise intrinsically understands the Kabbala of Baseball: 3 (strikes for an out; outs for a half inning); 4 (balls for a walk); 7 (games in the World Series); 9 (innings; field positions); 13 (uniform number to avoid); 44 (the all-time home-run champ Hank Aaron's uniform number—a uniform number to seek); 60, 61,

70, 73 (home-run records established in turn by Babe Ruth, Roger Maris, Mark McGwire, and Barry Bonds); and 1955 (only year in the Modern Era in which Brooklyn won the World Series).

(16) J. Read, *From Alchemy to Chemistry*, Dover Publications, Inc., New York, 1995, pp. 32–35.

(17) J. Read, *Prelude To Chemistry*, The Macmillan Co., New York, 1937, pp. 139–142.

(18) J. R. Partington, *A History of Chemistry*, Macmillan and Co., Ltd., London, 1961, pp. 183–203.

(19) J. J. Manget, *Bibliotheca Chemica Curiosa, seu Rerum ad Alchemicum pertinentium Thesaurus Instructissimus ...*, Sumpt. Chouet, G. de Tournes, Cramer, Perachon, Ritter, & S. de Tournes, Geneva, 1702. I am grateful to Ms. Elizabeth Swan, Chemical Heritage Foundation, for supplying images of these plates.

(20) Read (1937), op. cit., pp. 196–208.

(21) A. Greenberg, *A Chemical History Tour*, John Wiley and Sons, New York, 2000, pp. 26–31.

(22) S. K. De Rola, *The Golden Game—Alchemical Engravings of the Seventeenth Century*, Thames and Hudson Ltd., London, 1988, pp. 120–126.

(23) A. McLean, *The Alchemical Mandala*, Phanes Press, Grand Rapids, MI, 1989.

(24) Personal communication from Professor Laura Duhan Kaplan to the author.

(25) C. W. Bynum, *Metamorphosis and Identity*, Zone Books, New York, 2001, pp. 15–36.

(26) Bynum, op. cit., pp. 166–176.

(27) *The New Encyclopedia Britannica*, Encyclopedia Britannica, Inc. Chicago, 1986, Vol. 16, pp. 880–892.

- (28) *The New Encyclopedia Britannica*, op. cit., Vol. 6, p. 451.
- (29) F. L. Holmes and T. H. Levere (eds.), *Instrumentation and Experimentation in the History of Chemistry*, The MIT Press, Cambridge, MA, 2000, pp. 44–49.
- (30) A. Thevet, *Vrais Portraits et Vies Des Hommes Illustres*, Paris, 1584, p. 73.
- (31) This is definitely not the two-legged Lon Chaney, Jr. *Wolfman*, B-movie fans.
- (32) J. R. Partington, *A History of Chemistry*, Vol. 2, Macmillan & Co., Ltd., London, p. 666.
- (33) Partington, op. cit., p. 362.
- (34) J. Baptista Porta, *Natural Magick*, Thomas Young and Samuel Speed, London, 1658. I am grateful to The Roy G. Neville Historical Chemical Library (California) for supplying an image of the frontispiece of this book.
- (35) J. Baptista Porta, *Natural Magick* (reprint edited by Derek J. Price), Basic Books, Inc., New York, 1957.
- (36) A. Greenberg, *A Chemical History Tour*, John Wiley & Sons, New York, 2000, pp. 37–40.
- (37) Porta, op. cit., p. 163.
- (38) *The New Encyclopedia Britannica*, Encyclopedia Britannica Inc., Chicago, 1986, Vol. 1, pp. 218–219.
- (39) J. Ferguson, *Bibliotheca Chemica*, Derek Verschoyle, London, 1954, pp. 15–17.
- (40) Albertus Magnus, *Liber Mineralium Alberti Magni ... Sequitur tractatus de lapidum et gemmarum material accidentibus ... virtutibus ymaginibus, sigillis. De alchimicis speciebus, operationibus et utilitattibus. De metallorum origine et inventione, generatione ... colore ... virtute, transmutatione. Ad Emtores Thilonius*, Jacob Koebel, Oppenheim, 1518.

I am grateful to The Roy G. Neville Historical Chemical Library for furnishing these images.

(41) The Roy G. Neville Historical Chemical Library (California), catalog in preparation. I am grateful to Dr. Neville for helpful discussions.

(42) A. Parvus, *Les Secrets Merveilleux de la Magie Naturelle du Petit Albert, Tirés de l'ouvrage latin intitulé: Alberti Parvi Lucii Libellus de mirabilibus naturæ Arcanis Et d'autres écrivains philosophes ...*, Chez les Héritiers de Beringos fraters, Lyon, 1668 (The copy employed here is a nineteenthcentury reprint.)

(43) Ferguson, op. cit., p. 17.

(44) Parvus, op. cit., p. 154.

(45) G. W. Dunleavy, *Ambix*, Volume XIII, No. 1, pp. 2–21 (1965). I thank Professor Dunleavy for helpful discussions.

(46) Elias Ashmole (1617–1692) was a gentleman of incredibly wide-ranging interests whose collection formed the basis for the first public Museum in England, the Ashmolean Museum of Oxford University. A book published in 1650, titled *Fasiculus Chemicus: Or Chymical Collections ...* was authored by a James Hasolle [an interesting, perchance smutty(?), anagram of Eljas Ashmole].

(47) E. Ashmole, *Theatrum Chemicum Britannicum. Containing Sev-
erall Poeticall Pieces of our Famous English Philosophers, who have written
the Hermetique Mysteries in their owne Ancient Language. Faithfully
Collected into one Volume, with Annotations thereon.*, J. Grismond for Nath:
Brooke, at the Angel in Cornhill, 1652. The images were supplied by The
Roy G. Neville Historical Chemical Library (California). See also the facsimile
reprint with a preface by C. H. Josten, Georg Olms Verlagsbuchhandlung,
Hildesheim, 1968.

- (48) S. Klossowski De Rola, *The Golden Game. Alchemical Engravings of the Seventeenth Century*, Thames and Hudson, London, 1988, pp. 214–221.
- (49) J. Read, *The Alchemist in Life, Literature and Art*, Thomas Nelson and Sons Ltd., London, 1947, p. 29.
- (50) Powder or filings—“lymayle” rhymes better with “fayle.”
- (51) *The Catholic Encyclopedia*, Vol. II, 1907, Robert Appleton Co.
- (52) S. Brant, *The Ship of Fools*, translated into rhyming couplets with introduction and commentary by Edwin H. Zeydel, Dover Publications, New York, 1962 (reprint of 1944 edition).
- (53) Brant, op. cit., p. 7.
- (54) Brant, op. cit., p. 20.
- (55) Brant, op. cit., pp. 21–24.
- (56) Brant, op. cit., pp. 178–180.
- (57) Brant, op. cit., pp. 206–208.
- (58) This figure is from the 1506 Basel edition translated by J. Locher into Latin and reinterpreted by Badius Ascensius, courtesy of The Roy G. Neville Historical Chemical Library (California), catalog in preparation. I am grateful to Dr. Neville for helpful discussions.
- (59) Brant, op. cit., pp. 327–330.
- (60) G. Reisch, *Margarita Philosophica (totius philosophiae rationalis, naturalis et moralis principia dialogice duodecim libris complectens)*, Joannem Schott, Freiburg, 1503. The author is grateful to The Roy G. Neville Historical Chemical Library (California) for supplying a copy of the woodcut in Figure 1–16 and to Dr. Neville for helpful discussions.
- (61) J. R. Partington, *A History of Chemistry*, Macmillan & Co., Ltd., London, 1962, Vol. 2, p. 94.
- (62) D. I. Duveen, *Bibliotheca Alchemica et Chemica*, facsimile reprint, HES Publishers, Utrecht, 1986, p. 501.

(63) The Roy G. Neville Historical Chemical Library (California), catalog in preparation. I am grateful to Dr. Neville for helpful discussions.

(64) *The New Encyclopedia Britannica*, Encyclopedia Britannica, Inc., Chicago, 1986, Vol. 7, p. 965.

(65) N. Schwartz-Salant, *Encountering Jung On Alchemy*, Princeton University Press, Princeton, 1995.

(66) M. Maier, *Atalanta Fugiens, hoc est, Emblemata Nova De Secretis Chymica, Accomodata partim oculis & intellectui, figures cupro incises, adgestisque sententiis, Epigrammatis & notis, partim auribus & recreatoni animi plus minus 50 Fugis Musicalibus trium Vocum*, ... Oppenheimii Ex typographia Hieronymi Galleri, Sumptibus Joh. Theodori Bry, 1617. (I am grateful to The Roy G. Neville Historical Chemical Library, California, for supplying this image.) Second edition, 1618. A more recent translation of this book with English translation and commentary and a cassette audio-tape of the fugues were published by Phanes Press, Grand Rapids in 1989.

(67) J. Read, *Prelude to Chemistry*, The Macmillan Company, New York, 1937, pp. 236–254.

(68) P. Laszlo, Aspects “de la tradition alchimique au XVIIe siecle,” F. Greiner (ed.), *Chrysopoeia*, Vol. 4, pp. 278–285 (1998).

(69) M. Maier, *Viatorium, hoc est, De Montibus Planetarum septem seu Metallorum ...*, Oppenheimii, Ex typographia Hieronymi Galleri, sumptibus Joh. Theodori Bry, 1618. A second edition was published in Rouen in 1651.

(70) L. Abraham, *A Dictionary of Alchemical Imagery*, Cambridge University Press, Cambridge, UK, 1998, p. 176.

(71) Read, op. cit., pp. 128, 168, 244–245.

(72) *The New Encyclopedia Britannica*, Vol. 9, Encyclopedia Britannica, Inc., Chicago, 1986, p. 393.

(73) *Plastique Monstresque*: homage to the French who host the Caens Film Festival but also venerate Jerry Lewis, and of course to the Japanese who have given us this film genre.

(74) A. Greenberg, *A Chemical History Tour*, John Wiley and Sons, New York, 2000, pp. 196–198.

(75) Greenberg, op. cit., pp. 205–207.

(76) With apologies to Lewis Carroll and his poem *Jabberwocky*. See also Read, op. cit., pp. 199–200. Apparently, Read actually knew what slithy toves and mimsy borogroves looked like.

(77) *Medicinisch-Chymisch-Und Alchemistisches Oraculum, darinnen man nicht nur alle Zeichen und Abkürzungen, welche sowohl in den Recepten und Büchern der Aerzte und Apotheker, als auch in den Schriften der Chemisten und Alchemisten verkommen, findet, sondern dem auch ein sehr rares Chymisches Manuscript eines gewissen Reichs*** beygefügert*. Ulm und Memmingen, in der Gaumischen Handlung, 1755.

(78) Abraham, op. cit., pp. 30–31.

(79) Abraham, op. cit., pp. 23–25.

(80) However, for a good time call ISBN 3-8228-8653-X. This is the Library of Congress call number for A. Roob, *The Hermetic Museum: Alchemy & Mysticism*, Taschen, Cologne, 1997. Pages 442–455 have lots of great pictures in color and black and white of the Coniunctio. This is soberly followed by pictures of the Rebis in which fusion seems to be permanent. See also, Greenberg, op. cit., pp. 39, 54.

(81) Abraham, op. cit., pp. 157–158.

(82) J. Grévin, *Deux Livres des Venins, Ausquels il est amplement discouru des bestes venimeuses, thériaques, poisons & contrpoisons. Ensemble, Les oeuvres de Nicandre, Medecin & Poete Grec, traduictes en vers François*. Christopher Plantin, Antwerp, 1568, 1567. Both Bruce Gventer and The New York Academy of Medicine Library are gratefully

acknowledged for providing images of this figure. I gratefully acknowledge helpful conversations with Miriam Mandelbaum of the Academy Library on images of the basilisk and other “fantastical” creatures.

- (83) *The New Encyclopedia Britannica*, op. cit., Vol. 3, pp. 420–421.
- (84) Roob, op. cit., pp. 354, 369.
- (85) E. Topsell, *The History of Four-Footed Beasts and Serpents, Volume 2. The History of Serpents Taken Principally from the Historiae Animalium of Conrad Gesner* (reprint of 1658 London edition), Da Capo Press (Plenum), New York, 1967, pp. 677–681.
- (86) *The New Encyclopedia Britannica*, Encyclopedia Britannica, Inc., Chicago, 1986, Vol. 3, p. 415.
- (87) Read, op. cit., pp. 108, 117.
- (88) Greenberg, op. cit., pp. 207–211.
- (89) A. Kircher, *Mundus Subterraneus, in XII. Libros digestus ... Joaninem Janssonium & Elizeum Weyerstraten*, Amsterdam, 1665. I thank John Ptak, J. F. Ptak Science Books, Washington, DC, for providing these three figures.
- (90) J. R. Partington, *A History of Chemistry*, Vol. 2, Macmillan & Co., Ltd., London, 1961, pp. 328–333.
- (91) A. Greenberg, *A Chemical History Tour*, John Wiley & Sons, New York, 2000, pp. 80–83.
- (92) J. Ferguson, *Bibliotheca Chemica*, Vol. 1, Derek Verschoyle, London, 1954, pp. 466–468.
- (93) The book is probably worth about \$25,000 today.
- (94) A. Roos, *The Hermetic Museum: Alchemy & Mysticism*, Taschen, Cologne, 1997, p. 565.
- (95) *The New Encyclopedia Britannica*, Encyclopedia Britannica, Inc., Chicago, 1986, Vol. 25, pp. 92–97.
- (96) *The New Encyclopedia Britannica*, op. cit., Vol. 10, p. 351.

- (97) *The New Encyclopedia Britannica*, op. cit., Vol. 12, p. 715.
- (98) C. C. Gillespie, *The Dictionary of Scientific Biography*, Charles Scribner & Sons, New York, 1972, Vol. V, pp. 414–417.
- (99) Gillespie, op. cit., 1976, Vol. XIV, pp. 209–210.
- (100) J. Webster, *Metallographia*, Walter Kettilby, London, 1671, p. 25.

الجزء الثاني

المقطرات، وبوتقات فصل المعادن، والأسلحة

(١) سحر التقطرير

إنَّ معظم من أسعده الحظ منا بما يكفي ليجري عملية تقطرير يعرف الإثارة التي ينطوي عليها الحصول على «روح» صافية من محلول داكن عكر، واستخلاص زيت نقي من راسب كدر، بل وحتى مشاهدة التصلب المفاجئ لنواتج التقطرير المجمعة لتحول إلى إبر بلورية بيضاء؛ فعند تقطرير خليط تخمير حام، ستحصل على «كحول» مُسکر. ولعلَّ مما يُثير التعجب قليلاً أن التقطرير يرافقه «التصحيح»؛ أي وضع الأشياء في حالتها الصحيحة. في الواقع، قد يُعتبر التقطرير في حد ذاته ممارسة دينية للارتقاء والانحدار:^١

ارتق بأقصى درجات الاعتدال من الأرض إلى السماء، ثم عودةً مرةً أخرى من السماء إلى الأرض، ووَحْدَ معاً قوى الأشياء العظيمة والأشياء الوضيعة. هكذا تحصل على مجد العالم أجمع، ولا تعود أبداً خامل الذكر.

تُشير الأدلة الأثرية إلى أن التقطرير كان يمارس ربما قبل ٥٠٠٠ عام؛^٢ فكلُّنا يعلم أن الغطاء الموضوع على إناء حساء يغلي سوف يُكتَف بخار الماء. وليس من الصعب تخيل تصنيع أغطية الأواني برفع حوافها لأعلى لصنع مجرَّى لتجميع السواقل المكثفة.^{٣,٢} وقد كشفت الأبحاث الأثرية في المناطق المماثلة لبلاد الرافدين القديمة عن دلائل على وجود «أداة» على هذا النحو تعود إلى ما قبل ٣٥٠٠ عام قبل الميلاد تقريباً.^٢ وقد قدَّم المؤرخ الكيميائي آرون إيد مادة مصوَّرة بعنوان «تطور إنبيق التقطرير»، وكان أهم تطور هو تطوير رأس إنبيق التقطرير — ربما قبل ألفي عام — الذي ينقل ناتج التكتيف عبر أنبوب

«يشبه المنقار» إلى إنبيق استقبال منفصل.³ وقد كانت الأدوية حتى زمن باراسيلاسوس تُستخلص من النباتات والحيوانات، بالإضافة إلى المواد المقطرة من هذه المصادر الطبيعية.

يوضح الشكل ١-٢ الصورة المواجهة لصفحة العنوان من طبعة عام ١٥١٣ من الكتاب المذهل «كتاب فن التقطير» لهيرونيموس برونشفيك.⁴ يصور الشكل إنبيق تقطير مزدوجاً يتيح إجراء عمليتين منفصلتين هما على الأرجح عملية «تصحيح» لللحم. تتمثل الوحيدة الوسطى أنبوياً طويلاً يحتوي على ماء بارد يمر عبره «ثعبانان» أو أنبوبان مكثفات. وتنذرنا الصورة على نحو غريب برمز عصا هرمس حيث يتشارب ثعبانان أحدهما ذكر والأخر أنثى حول عصا صولجان هرمس، فيما مثلت الحلقات الأربع أربع عمليات «توازوج». تُسخن أبخرة الكحول الساخن محلول المبرد في الأنابيب الطويل، فتهبط المياه الدافئة الناتجة عن ذلك إلى قاع الأنابيب ويتم سحبها، بينما يضاف الماء البارد من أعلى الأنابيب الطويل. يقارن العامل مشغل جهاز التقطير على يسار الصورة بين درجة الحرارة في الوعاء خاصته وفي حلة المكثف الأولى.⁵ بالنسبة للأشكال من ٢-٢، ٧-٢، ٢-٢، فهي من كتاب برونشفيك كذلك. يصور الشكل ٢-٢ مجموعة المواد المقطرة من مستخلصات الورد باستخدام أربع «قيعات وردية» يتصل كل منها بمستقبل عن طريق أنبوب معوج.

كانت القبعة الوردية شكلاً من المكثفات المبردة الهواء. ويظهر الشكل ٣-٢ أتوناً فعالاً يتصل به ثلاثة عشر إنبيقاً يستخدم لما يبدو أنه عملية تجارية مربحة للغاية.

إنَّ تأثيرات التنجيم حاضرة بقوة في كتاب برونشفيك؛ فالشكل ٤-٤ يُظهر أنَّ ثمة عملية تقطير بعينها تجري تحت تأثير الحمل، الذي يوافق وجود الشمس في برج الحمل (٢١ مارس-١٩ أبريل)، وبالتالي يتطلب الأمر التسخين في درجة حرارة معتدلة.⁶ أما عمليات التقطير في الشكل ٥-٢ (التوعم، الجوزاء من ٢١ مايو-٢١ يونيو)، والشكل ٦-٢ (السرطان، ٢٢ يونيو-٢٢ يوليو)، فتُجري في ظروف تزداد دفئاً بالتدريج حتى وصولها إلى أقصى درجة حرارة تحت تأثير برج الأسد (٢٢ يوليو-٢٢ أغسطس).^{7,6}

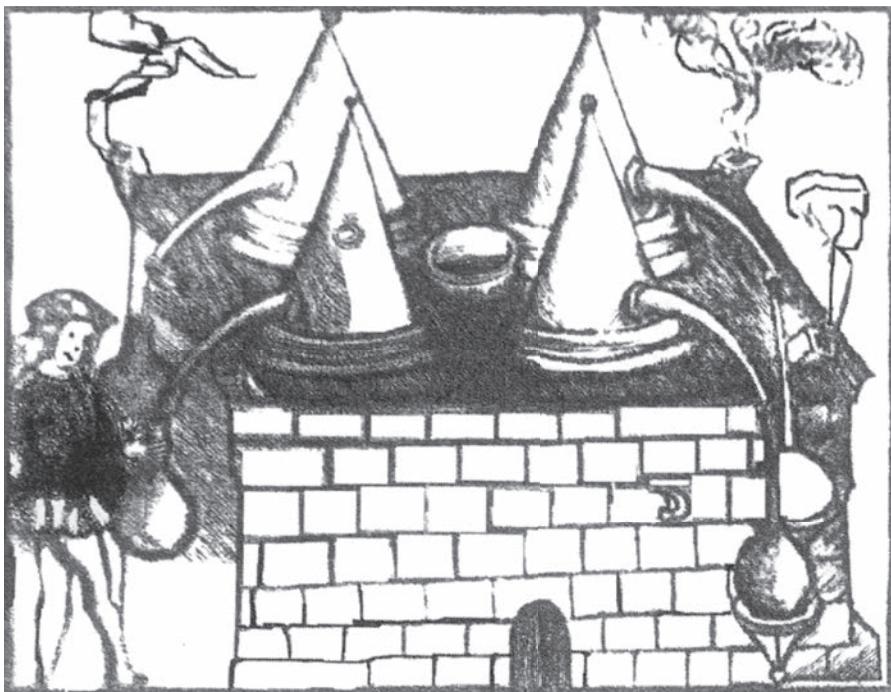
كانت الكتب التي تتناول التقطير تتمتع بشهرة عظيمة خلال القرنين السادس عشر والسابع عشر.⁵ الشكل ٨-٢ من طبعة عام ١٥٢٨ من كتاب «جنة الفلسفه» لفيليبي أولستد.⁸ أما مجموعتنا أدوات التقطير التي تظهر في الشكل ٩-٢، فهي من «كتاب التقطير» لوالتر إتش ريف.⁹

يُمثل الشكل ١٠-٢ صفحة صدر كتاب يعود إلى عام ١٥٧٦ من تأليف كونراد جسنر بعنوان «المستوى الجديد من العافية...» (العنوان الأصلي مكون من ١٠٩ كلمة!)¹⁰



شكل ١-٢: صفحة العنوان (ملونة يدوياً؛ انظر الصور الملونة) من «كتاب فن التقطر» (تأليف هيرونيموس برونشفيك، ١٥١٢)، وتصور جهاز تقطر مزدوجاً يحتوي الآتي: المرتفع المركزي منه على ماء للتبريد يُعاد ملوء باستمرار. فكراً في الأمر، لا يستحضر هذا الجهاز لديك صورة شعار عصا هرمس: الثعبانان المتشابكان حول عصا هرمس، حيث الحلقات ترمز إلى «عمليات التزاوج» (بإذن من مؤسسة التراث الكيميائي).

وبالرغم من أنه من الممتع أن تفكر فيما إذا كانت المرأة التي تظهر في الصورة خيميائية أم كيميائية؛ فإنها على الأرجح مجرد عاملة مسؤولة عن تشغيل جهاز التقاطير؛ إذ كان هذا ممارسة شائعة في القرن السادس عشر.

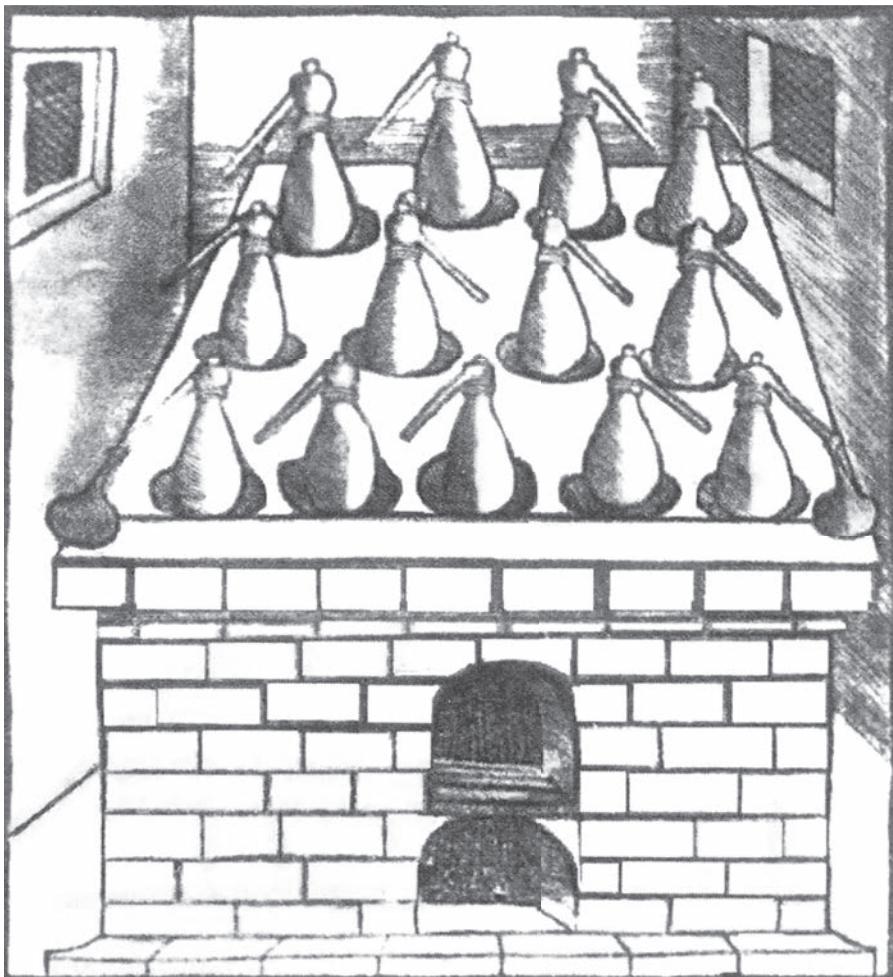


شكل ٢-٢: عملية تقطير باستخدام «القبعات الوردية» (رعوس التقطير مبردة الهواء) في كتاب برونشفيك ١٥١٢ «كتاب فن التقطير» (بإذن من مؤسسة التراث الكيميائي).

فماذا أثمرت عمليات التقطير الlanهائية تلك؟ دعونا نلقي نظرةً فاحصة على بعض وصفات. هذه الوصفة من كتاب جسنر (١٥٩٩) «ممارسة الفيزياء الحديثة والقديمة»:¹¹

زيت أو مرهم لشحذ الذكاء، وتقوية الذاكرة

أحضر بعض نبات الضرم المكّرر، وزهور الروزماري، وزهور لسان الثور المخزني، وزهور الحمم المخزني، وزهور الكاموميل، والبردقوش، والمريمية، والبلسم، وزهور البنفسج، وأوراق ورد الجوري، وأوراق الغارورق، وخذ من كلّ منها ما يعادل أونصة ونصف أونصة، وتوضع المكونات في زجاجة محكمة الغلق، مع وضع لترتين من النبيذ الأبيض، أو النبيذ الأحمر، أو ماء الحياة،



شكل ٣-٢: ثلاثة عشر إنبيقاً وأتون (من «كتاب فن التقطر» لبرونشفيك (١٥١٢)، بإذن من مؤسسة التراث الكيميائي).

واترك الخليط هكذا لمدة خمسة أيام حتى تمتزج مكوناته بعضها ببعض، ويُقطر، ثم أضف إلى المزيج أجود أنواع زيت التربنتين، رطلاً ونصفاً، وأضف



شكل ٤-٢: التقطير باستخدام حرارة هادئة جًدا تحت تأثير برج الحمل (٢١ مارس-١٩٤٧) من كتاب برونشفيك «كتاب فن التقطير» (١٥١٢) (بإذن من مؤسسة التراث الكيميائي).

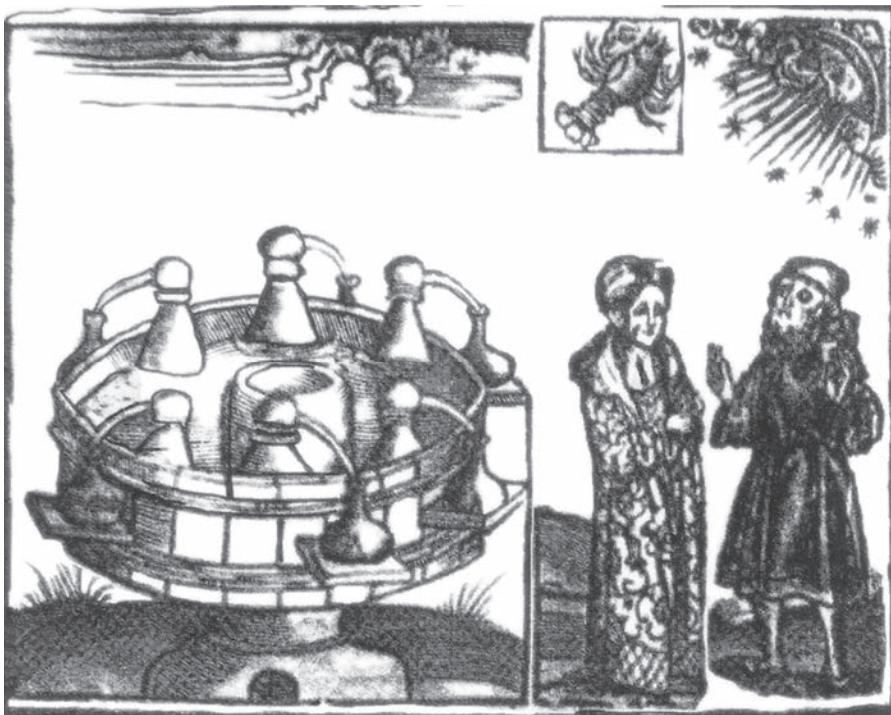
من اللبان العشبي، ومن نبات المرة المُنتقى، والمصطكي، أو صمع النبات، ومن صمع الجivot قدر أونصتين من كل منها، ومقدار أونصة من الطلاء الجنبي الجنيني، وثلاث أونصات من عسل الكاجو؛ تُحول هذه المكونات إلى مسحوق، وتُمزج معًا لخمسة أيام مع التقطير المذكور مسبقاً، في زجاجة بفطاء محكم الغلق، ثم تُقطر مرة أخرى، ثم تضاف إلى هذه المكونات أونصة واحدة من كل من القرفة، والقرنفل، ومسحوق قشور جوزة الطيب، وجوزة الطيب، والهال، وحبوب الجنة، واللفلف الطويل والرومي المستدير، والزنجبيل، وخشب الصبار، والكبابة، ثم تُطحن كل هذه المكونات لتصير مسحوقاً. ويضاف إلى



شكل ٤-٥: التقطرير باستخدام حرارة معتدلة تحت تأثير الجوزاء (٢١ مايو-٢١ يونيو) من «كتاب فن التقطرير» (١٥١٢) لبرونشفيك (بإذن من مؤسسة التراث الكيميائي).

هذه المكونات من المسك والعنبر مقدار درامتين؛ ثم يُقطّر كل ذلك معًا (بعدما تمضي خمسة أيام على المزيج الذي أُضيف ووضع في عملية التقطرير السابقة)؛ تكون النار هادئة في البداية، ثم تزداد قليلاً بقليل إلى نهاية العمل. ويُستخدم كالتالي: قبل غسيل الرأس، يُدهن به الصدعان ومؤخرة العنق. ويُدهن في فصل الشتاء مرة واحدة في الأسبوع، بينما في الصيف يُستخدم مرة واحدة في الشهر.

والآن، أتمنى لو أنني أستطيع تذكر ذلك!

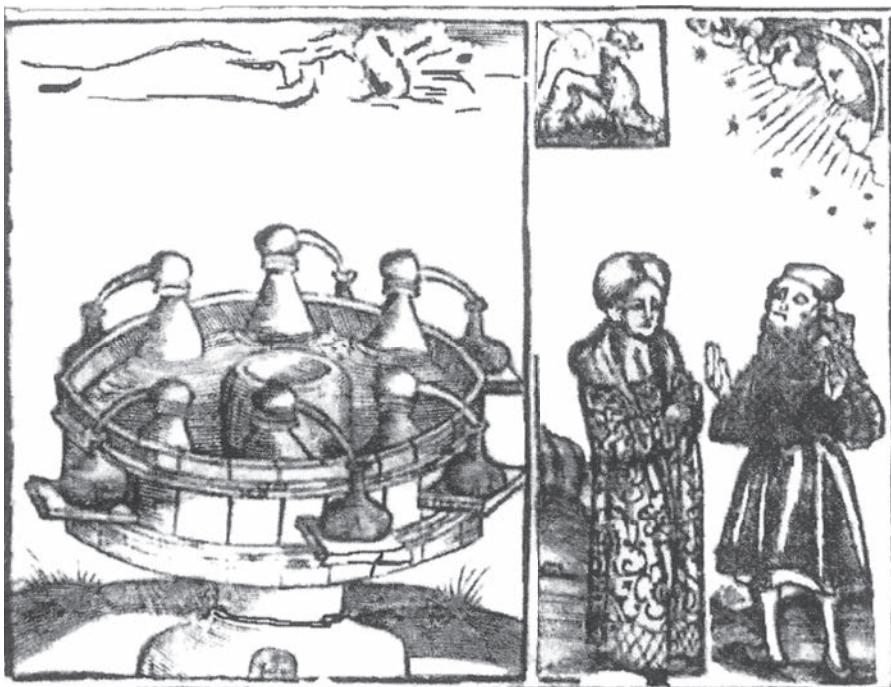


شكل ٦-٢: التقطرير باستخدام درجة حرارة مرتفعة نوًعاً تحت تأثير السرطان (٢٢ يونيو ١٥١٢) من «كتاب فن التقطرير» (١٥١٢) لبرونشفيك (بإذن من مؤسسة التراث الكيميائي).

من كتاب جون فرينش «فن التقطرير»، المنشور عام ١٦٥٣¹²:

كيفية تحويل الزئبق إلى ماء دون خلطه بأي شيء؛ ومن ثم إعداد دواء مطهر ومسبب للتعرق

خذ أونصة من الزئبق، غير المنقي، وضعه في دورق زجاجي، ويجب عليك أن تُبقيه في وضع معتدل، وضعه على نار قوية لمدة شهرين، وسوف يتحول الزئبق إلى راسب أحمر براق. خذ ذلك المسحوق الأحمر، وانتزه في طبقة رقيقة على قطعة من الرخام وضعها في سرداد لمدة شهرين؛ سيتحول المسحوق إلى



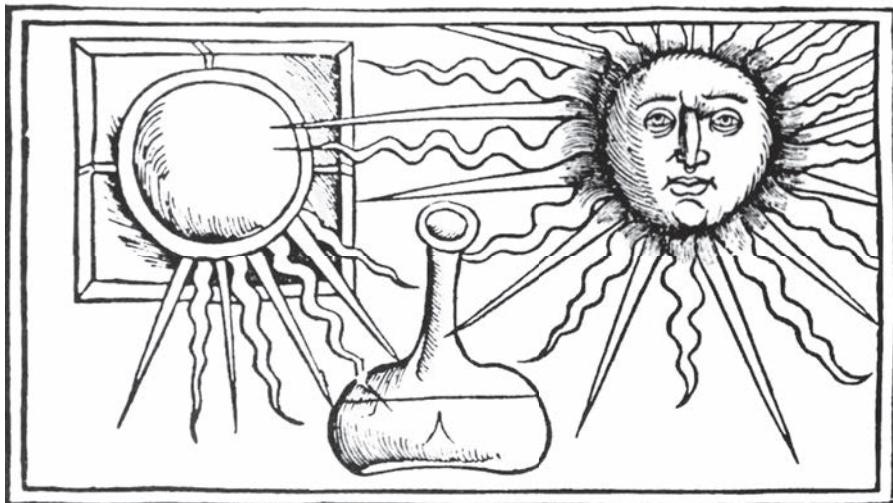
شكل ٢-٢: التقطير في أعلى درجة حرارة تحت تأثير الأسد (٢٢ يوليو- ٢٢ أغسطس) من «كتاب فن التقطير» (١٥١٢) لبرونفشك (بإذن من مؤسسة التراث الكيميائي).

ماء، قد يكون صالحًا للشرب، وسيكون تأثيره لأعلى ولأسفل قليلاً، لكنه يعمل بالأساس من خلال التعرق.

بتأمل الأمر قليلاً، بإمكانني فهم تكسس الزئبق إلى أكسيد الزئبق الأحمر. أما بقية الوصفة فهي غامضة قليلاً بالنسبة لي. ولكن دعونا نرَ وصفة أخرى من كتاب السيد فرينش،¹³ «الطبيب البشري»:

روح معروفة مُعد من الجمامج البشرية
أحضر ما تشاء من الجمامج البشرية، وكسرّها إلى قطع صغيرة وضع القطع في إنبيق تقطير زجاجي معوج مغطّى جيداً، على أن يكون موصلًا بإنبيق استقبال

COELVM PHILOSO
PHORVM SEV DB SECRETIS
naturæ. Liber.

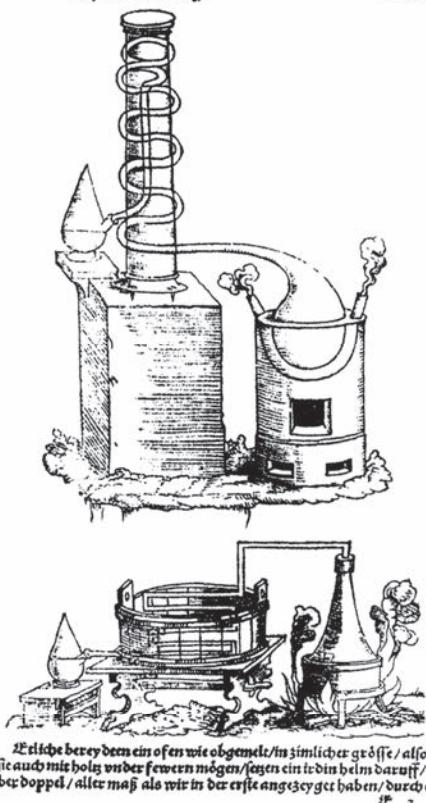


PHILIPPO VLSTADIO PATRICIO
Nierenbergenſi. Authore.

شكل ٨-٢: صفحة العنوان من كتاب فيليب أولستد «جنة الفلسفه»، نورمبرج، ١٥٢٨ (بإذن من مكتبة روبي جي نيفل لتاريخ الكيمياء).

مُحْكَم الغلق. ضع كل هذا على نار قوية مع زيادة درجة الحرارة حتى تعجز عن رؤية انبعاث مزيد من البخار؛ ستَجد روحاً مائلاً إلى الصفرة وزيتاً أحمر اللون، وملحاً مُتطايرًا.

خذ هذا الملح المتطاير والروح المائل إلى الصفرة وضعهما على نار هادئة بالتناوب على مدار شهرين أو ثلاثة في مغطس، وستحصل على روح من النوع الممتاز.



شكل ٩-٢: جهازاً تقطير من كتاب ريف (١٥٤٥) «كتاب فن التقطير» (بإذن من مؤسسة التراث الكيميائي).

يفيد ذلك الروح في حالات الصرع، والنقرس، والاستسقاء، واضطراب المعدة، وتنمية كل الأجزاء الواهنة، وفتح كل الانسدادات، ويُعَدُّ دواءً شافياً من كل داء.

من الواضح أن الجمامج البشرية كانت متوفرة بلا قيود. يحييني التساؤل عن هوية المورد. كما أذني مندهش بعض الشيء من عدم الاستعانة بالجمامج البشرية في مرهم جسنر الخاص بالذاكرة وشحذ الذكاء.



Printed at London, by Henrie Denham.

١٥٧٦.

شكل ١٠-٢: صفحة صدر الكتاب من كتاب كونراد جسner ١٥٧٦ «مستوى جديد من العافية» (بيان من مكتبة روبي جي نيفل لتاريخ الكيمياء). كان من الشائع أن تعمل النساء في تشغيل أجهزة التقطير.

وعلى ذكر جسner، دعونا نجرب علاجاً آخر، يُصنع من سحق الذباب الإسباني وليس من التقطرير^{١٤}:

تَكْمُن فائتها في حرق أجسادها، لِتُكُون قشرة، أو ... تناكل، مما يُسَبِّب تقرُّحاً، ويَوَد حرارة؛ ولهذا السبب تُستخدم بعد مزجها مع أدوية الهدف منها تسخين البقع المصابة بالبرص، أو القوباء، أو القرود السرطانية.

لكن على الرغم من سُمْيَّة هذه الذبابة الإسبانية، فإن خواصها الفريدة «مفيدة لهؤلاء الذين يريدون تقوية الانتصاب، وتعزيز العلاقة الحميمية». وفيما يلي هذه الملاحظة الخاصة التي أوردها جسner:¹⁴

في عام ١٥٧٩، وخلال إقامتي في بازل، استشار رجل مُتزوج عينه (ذلك الصيدلاني الملتحي الصفيق، الذي كان يقطن في الصيدلية)، وكان يشكو من أن عضوه كان أضعف من أن يفض بكاره امرأته في ليلة زفافهما، أحد الأطباء البشريين الكبار، وكان ذائع الصيت، فيما إذا كان بإمكانه إعداد دواء شامل يُمكّنه من إتمام واجباته.

تُحِّم علينا اللياقة أن نتوقف عند هذا الحد، لكن النتيجة كانت مؤلمة وعقيمة على حد سواء.

(٢) كيمياء المعادن العملية

يقوم تطور الكيمياء على ثلاثة قوائم قديمة. يتَشَكَّلُ أحد هذه القوائم من الجذور الروحانية والباطنية والمفاهيمية للكيمياء، والتي بدأت بالثنائي المقابل، والعناصر الأربع، ثم تطَوَّر إلى المواد الثلاث الأصلية (الزئبق والكبريت واللح) والتي انبَثَقت منها نظرية بيشر عن العنصر الذي يعطي خواص زيتية كبريتية وقابلة للاحتراق، أصبحت بدورها نظرية الفلوجستون لشتال. أما القائم الثاني، فيتشَكَّلُ من الخبرة الكيميائية الطبيعية العملية، والتقنيات والأجهزة المستوحاة من عمليات الاستخلاص والتقطير التي كانت تُجرى باستخدام أعضاء الحيوانات والنباتات التي كانت توفر الأدوية. وقد آل الحال بتلك الكيمياء القائمة على الحيوانات والنباتات إلى أن أصبحت الكيمياء العضوية والكيمياء الحيوية الحديثة التي نعرفها اليوم. أما القائم الثالث، فهو كيمياء المعادن التي انبَثَقت من التعدين وفنون المعادن القديمة. وبعيدها عن التقنيات المكتسبة والأجهزة المطورة، فقد كان ذلك الفرع من الكيمياء، كيمياء الفلزات والمعادن، هو أول فرع من الكيمياء يربط بين التجربة والنظرية الكيميائية على نحو فعلي، وقد تطَوَّر هذه الكيمياء في النهاية لتصبح الكيمياء اللاعضوية.

يستعين جون ويبيستر في كتابه «تاريخ المعادن»،¹⁵ المنشور عام ١٦٧١، باقتباس من الكتاب المقدس يرجع كيمياء المعادن إلى عهد النبي موسى، الذي أشار فيه بدوره إلى

«توبال قايين» (سفر التكوين، الإصلاح ٤، الآية ٢٢)، «ثامن بشرى من نسل آدم»¹⁶ الذي ذكر الكتاب المقدس أنه كان يعمل في الحديد والنحاس. وفيما يلي الكيفية التي ربما اكتشف بها توبال قايين كيمياء المعادن:¹⁷

عبر الغابات توبال مُمسكاً بقوسه
ومخلته، في مطاردة مجده
يجد جبلاً يحترق، ومن فوهته التي تنزلع منها ألسنة اللهب
يجري نهر من الحديد عبر السهل
يفكر الصياد الفطن، ويجدُ الخطى إلى هناك،
ومن التأمل ملياً أمكنه الوصول.
وأدرك للمرة الأولى أن هذا المعدن الساخن المناسب
إذ تبرد حرارته، يمكن أن يتشكل في أي هيئة،
وتزداد حدته كثيراً، حتى إنَّ على حافته المدببة
تنقسم أكثر المواد صلابة.

درس جورج باور (١٤٤٩-١٥٥٥)، الذي يُدعى باللاتينية جورجيوس أجريكولا الكلمة باور في الألمانية، وأجريكولا في اللاتينية تعنيان «ال فلاح») الطب، وربما حصل على شهادة الطب في إيطاليا، وفي عام ١٥٢٦، عاد إلى ألمانيا، حيث استقرَّ في منطقة تعدينية في بوهيميا.¹⁸ وقد عمل أجريكولا طيباً لعمال المناجم، ونما لديه اهتمام بالتعدين وكيمياء المعادن. ورغم أنه أَلْفَ عملاً في قواعد اللغة اللاتينية، وأعمالاً دينية، إلى جانب عمل طبي عن الطاعون، فإنَّ أعماله عن كيمياء المعادن هي التي خُلدت. ويُظهر الشكل ١١-٢ صفحة العنوان لأول كتاب لأجريكولا عن كيمياء المعادن، «الطبيب جورجي أجريكولا، محاورات حول التعدين» الذي نُشر في بازل عام ١٥٣٠ بواسطة دار فروبن للنشر.¹⁹ كان كتاب «محاورات حول المعادن» هو أول كتاب عن علم المعادن يُنشر في أوروبا، وهو نادر إلى حدٍ بالغ.²¹ أما الكتاب الذي كان أشمل فعلياً عن كيمياء المعادن، فهو كتاب فانوتشو بيرينجوتشو «عن التقنية النارية» (فينيسيا، ١٥٤٠)، وسنعود إليه عما قريب. تُوفي أجريكولا بعد ربع قرنٍ من نشر كتابه «المحاورات» عام ١٥٣٠، وفي العام التالي نُشر كتابه الأشهر «كتاب المعادن الثاني عشر»²² في بازل. ورغم أنَّ أجزاءً كبيرة من الكتاب مقتبسة من عمل بيرينجوتشو ومن أطروحات أخرى معاصرة، فإنَّ كتاب

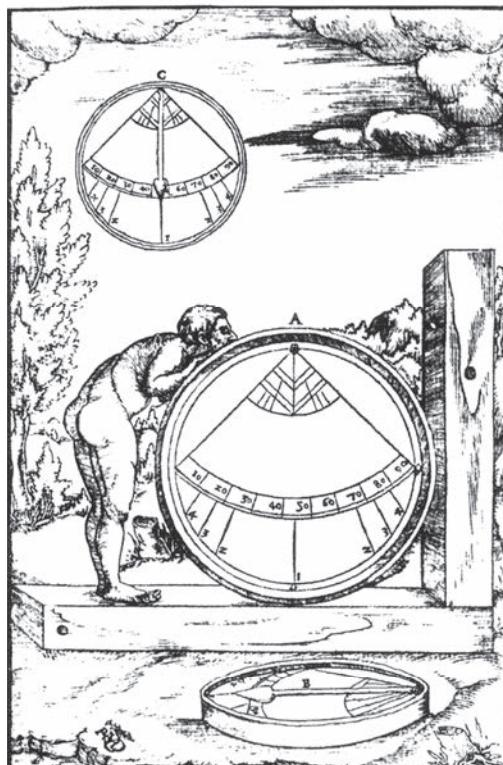
GEORGII AGRICOLAE MEDICI BERMANNVS, SIVE DE RE METALLICA



*Basileæ, in ædibus Frobenianis
Anno M. D. XXX.*

شكل ١١-٢: صفحة العنوان من كتاب أجريكولا الأول عن كيمياء المعادن؛ «المحاورات» الذي نُشر عام ١٥٣٠. وقد خلت مجموعة الكتب الشاملة عن التعدين وعلم المعادن التي كانت مملوكة للرئيس هربرت هوفر وزوجته لو هنري من هذا الكتاب البالغ الثدرا (بيان من مكتبة روبي جي نيفل لتأريخ الكيمياء).

أجريكولا لخص حياة كاملة قضتها في التجارب والمشاهدات والتعلم. وقد بدأ كتابه بطرق مسح الجبال، والعروق المعدنية التي تحوي في باطنها المواد الخام، وتحطيط أماكن حفر فتحات المناجم. ويُصوّر الشكل ١٢-٢، وهو من «كتاب المعادن الثاني عشر»، استخدام شبه دائرة (منقلة) مثبتة بعنابة لمسح المناجم وتحطيطها.^{23,22} كل ما يسع المرء أن



شكل ١٢-٢: مُسح لإحداثيات منجم (هل كان ذلك في يوم صيفي قائظ؟) من أشهر كتب أجريكولا، «كتاب المعادن الثاني عشر» (١٥٥٦) (بإذن من مؤسسة التراث الكيميائي).

يتصوره هو أنه كان لشركة التنقيب عن المعادن مدیرون تقدميون يشجعون مساحيهم على عدم تقيد أنفسهم سواء على المستوى الفكري أو على مستوى ملابسهم. ويصور الشكل ١٢-٢ آلة يجرها حصان لإخراج المياه من المناجم. وكانت الحجرة الجوفية تُدْعَم بالألواح الخشبية للحيلولة دون سقوطها على عمال المنجم وموتهم، وكان مكبس الفراغ يحتوي على حقيقة جلدية محكمة الغلق في أسفله، كانت تدفع الهواء إلى الخارج في حركتها إلى أسفل وتسحب مياه التصريف في حركتها إلى أعلى.



شكل ١٢-٢: جهاز يجره حصان لضخ الماء خارج المناجم (من «كتاب المعادن» لأجريكولا، بإذن من مؤسسة التراث الكيميائي). كان أجريكولا يعتقد بوجود جن في المناجم تُصدر انبثاثات (لا أعرف إن كان يقصد بذلك أول أكسيد الكربون) تَقتل عمال المناجم.

^{23,22} يُوضّح الشكل ١٤-٢ معملاً يحوي أجهزة تقطير لتركيب «الماء القوي» وتنقيته. والماء القوي هو مُصطلح كان أجريكولا يُطلقه على العوامل الحمضية القوية، بما في ذلك ماء الحياة (أكسيد النيتريك)، والماء الملكي (مزيج من حمض الهيدروكلوريك وحمض النيتريك بنسبة ١:٣). (ويرتبط أصل لفظ *valens* (بمعنى القوي) بالمصطلح الكيميائي الحديث (*valence*) الذي يشير إلى «القدرة على الاتحاد»، على سبيل المثال، اتحاد ذرة بذرّة



شكل ١٤-٢: عملية تقطير «الماء القوي»، وهو مصطلح عام استخدمه أجريكولا لوصف الأحماض القوية مثل ماء النار (حمض النيتريك)، والماء الملكي (وهو مزيج حمض الهيدروكلوريك وحمض النيتريك بنسبة ١:٣)، مصورة في كتاب أجريكولا «كتاب المعادن» الصادر عام ١٥٥٦ (بيانٍ من مؤسسة التراث الكيميائي).

هيدروجين، أو بذرّتي هيدروجين ... إلخ). ويُوضّح الشكل ١٤-٢ عملية تقطير عادية للماء القوي. وتتضمن عملية التقطير أمبولة (أو إنبيق تقطير، K) تحتوي على مزيج من النتر أو نترات البوتاسيوم (KNO_3)، وحمض الكبريتิก، والماء، بالإضافة إلى بعض

الألومنيوم (كربيرات الألومنيوم، وكبريتات البوتاسيوم)، وتُوصَل بالإنبيق H . يُسخن هذا الإنبيق بالفحm (المخزن في مخزن في باطن الأرض، F) في أتون A ، ويلاحظ تصاعد أدخنة حمراء ويجمع حمض النيتريك السائل قطرةً بقطرة. وتضاف كميات ضئيلة من الفضة عادةً للحمض المقطَّر لترسيب كميات قليلة من الكلوريد الذي تقطر هو الآخر بسبب شوائب ملح البحر الموجودة في المواد الأولى.

يُستخدم حمض النيتريك المُنقى «لفصل» الذهب عن الفضة والمعادن الخيسية الأخرى؛ لأن الذهب يفقد خواصه التفاعلية تحت هذه الظروف. أولاً: يُضاف الرصاص وتسخن السبيكة غير النقية في بوتقة من العظام إلى أن يذوب المعدنان الأقل تفاعلية – الذهب والفضة في هذه الحالة – فيما تتأكسد المعادن الخيسية وتتحَّد مع البوتقة العظمية. بعد ذلك تُخلط سبيكة الذهب والفضة بحمض النيتريك – فتدوب الفضة، ويترسب الذهب في القاع، ثم يُرَشَّح، ثم يُغسل.

لا بدّ أن نضيف إلى هذه المعلومة العلمية المفيدة اعتقاد أجريكولا في وجود «جن» المناجم التي كانت ابتعاثتها ذات تأثير مُميت على عمال المناجم.¹⁸ وقد نشر أجريكولا كتاباً في عام ١٥٤٩ تضمن وصفاً للسلمnder الذي لا يتأثر بالنار¹⁸ (ربما كان يأخذ استعارة السلمnder، المبينة في الشكل ٢١-١، بجدية مُبالغ فيها قليلاً). ومع ذلك، أوضح ويبيستر – الذي لم يكن يوماً رعوفاً في نقهـة – قيمة كتاب أجريكولا الشهير جيداً في عام ١٦٧١، أي بعد أكثر من قرن تقريباً من صدور «كتاب المعادن»:²⁴

أما عن دقّ المعادن الخام وطحنها وغربلتها وغسلها لإزالة ما علق بها من
شوائب وعواقب من الأرض، فقد أفاد جورجيوس أجريكولا بإسهاب واستنارة
أكثر مما فعل أي مؤلف آخر أعرفه. وأتمنى أن يكون هناك شخص يملك من
القدرة والتفرّغ ما يمكنه من ترجمة كتاب أجريكولا إلى الإنجليزية؛ فقد يحمل
فائدةً كبيرة لعمال مناجمنا، الذين لا يملكون من المعرفة ما يمكنهم الاسترشاد
به، إلا ما يَعرفونه بعضهم من بعض.

تحقّقت أمنية ويبيستر أخيراً بعد ذلك بنحو ٢٤١ عاماً على يد شخصين لهما من القدرة أعظمها ومن التفرّغ أشحّه هما: هربرت هوفر – الذي أصبح لاحقاً رئيساً للولايات المتحدة الأمريكية – وزوجته لو هنري هوفر، أول جيولوجية تتخرج في جامعة ستانفورد (انظر المقال التالي).

أما فانوتشو بيرينجوتشو (١٤٨٠-١٥٣٩)، فقد كان حظه من الشهرة أقل كثيراً من أجريكولا.^{١٨} ومع ذلك، فإن كتابه «علم المعادن» (الذي نُشر عام ١٥٤٠ في فينيسيا)^{٢٥} كان أول كتاب شامل عن التعدين وعلم المعادن علاوةً على فخامة الصور الواردة به.^{١٨} وقد ظهرت أول ترجمة إنجلizية له بعد أكثر من أربعة قرون من نشره؛ أي في عام ١٩٤٢، وهو الأمر المثير للدهشة!^{٢٦} كان بيرينجوتشو مُنخرطاً للغاية في الشأن السياسي في عصره، وكان يتمتع بالمعرفة والخبرة العسكريتين، وكان يُدير ترسانة البابا^{١٨} (تماماً مثلما أدار لافوازيه – من بعده بحوالي أكثر من القرنين – ترسانة لويس السادس عشر). لم يكن بيرينجوتشو يؤمن بعملية التحويل، وكان من أوائل من لاحظوا زيادة وزن الرصاص لدى تكسسه:^{٢٧}

يبدو لي تكسس الرصاص في الفرن العاكس أمراً رائعاً ومهمّاً، حتى إنني لا أستطيع أن أُؤمّر عليه مرور الكرام؛ إذ اكتُشف في الواقع أن وزن جسم المعدن يزداد ٨ أو ربما ١٠ بمتانة عما كان عليه قبل التكسس. وتتجلى غرابة هذا الأمر عند النظر إلى أن طبيعة النار هي الاتهام كل شيء مما يُصاحبه تضاؤل في المادة، ولهذا السبب فإنّ المفترض أن تقلّ قيمة الوزن، لكننا اكتشفنا أن الوزن يزداد في الواقع.

وقد بتنا نعلم الآن أن أكسدة الرصاص لتكوين أكسيد الرصاص الثنائي (PbO) لا بد وأن تتضمن زيادة نسبية في وزن المعدن تُقدر بـ ٧,٧ بمتانة. يُصور الشكلان ١٥-٢ و ١٦-٢ المأخوذان من كتاب «التقنية التاربة» المنشور عام ١٥٤٠ خمسة أنواع مختلفة من بوتقات فصل المعادن الضخمة. في العتاد تعتبر البوتقات أ��واياً صغيرة مقولبة مصنوعة، على سبيل المثال، من العظام؛ حيث تسحق العظام المتخلسة وتُطحَن مع شراب الشعر حتى تصبح معجوناً، ثم توضع في قالب، وتُجفَّف، وتُحرق.^{٢٧} يمكن تسخين الفضة الخام إلى درجات حرارة مرتفعة في هذه البوتقات، بحيث تتأكسد المعادن الأكثر تفاعلاً، ويتمتص جسد البوتكة تكسستها فعلياً، ثم تُترك الفضة المُنchorة لتبرد وتشكل فضة صلبة خالصة. تلك البوتقات الضخمة المبينة في الشكلين ١٥-٢ و ١٦-٢ كانت مصنوعة من رماد الخشب، والقرميد المسحوق، والحجر الجيري، وزلال البيض، وكانت تُستخدم في تنقية كميات ضخمة من الفضة.^{٢٨} ويُوضّح الشكل ١٥-٢ في الصفحة اليسرى عالماً يصنع موقد بوتقة صهر ضخمة.^{٢٨} أما الصورتان العليا

والسفلي في الصفحة اليميني من الشكل ١٥-٢، فتبينان بوتقى صهر ضخمتين للأولى قبة قرميدية وللثانية غطاء حديدي على التوالي. أما في الشكل ١٦-٢، فتظهر الصورة العليا في الصفحة اليسرى من الشكل موقد بوتقة مغطى بصحاف من الفخار، فيما توضح الصورة السفلية جذوعاً خشبياً تُغطى فرن بوتقة صهر.²⁸

F I R R O T R R Z O

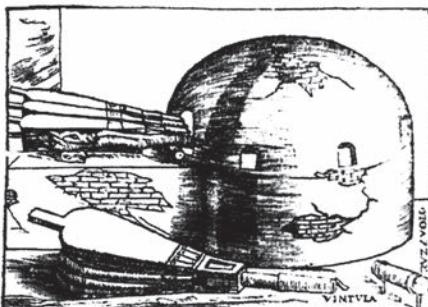
di sopra v ho detto già nella Alemania vidhi affinare a vn feneb che hanca in cambio di capello vna volta murata . & atorni si fu uano ghetrando a lavorare a fute nentre fe mafetti , & quefoltos teraccio hanca tre gran mantici con canne & doppie canne lunghe A grecie . A alla bocchetta dell'uficio del vento egliuna hanca diferto una ventina quale s'apriu quando veniva il vento . A quilo non cakando li ruttini . A quelli che volete lo vole che poter coprire de re fumano misurare il corpo d'ntro de mantici che nel trato alle non s'entaffano carlioni ; e chi li bussi calore , & anchaper che tal impedimenti all'uso che facer batter il leu vento più mezzo del bagno . & di più erano an heta di modo adattar de mandar si potevano in qua & in la , & far che l'uento armaffe , dove li parua a propento .



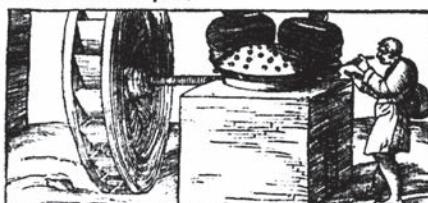
FR A fatto di muro fatto dueo pesauano li manufatti dueo entrambi le canne era uno spettro a modo d'oni finissati alto un braccio a riecha , larga uno & mezzo , fu a egliunno su etta congegnato inde melli di ferro un fuzzolo grande . sopra alquale si mettina la potta d'un mezzo traus d'abre o d'altro legno grosso , lengo un quattro o cinque braccia . & spingendolo quanto era fatto il diametro del ceneraccio , facilmente il mandibiano dentro . A quefle erano le legna che ador perauano che uertamente mi pare così bella . & confidando anche ta conobbi che tal uia non poteva fuisse bene , se non all'opere gravi & continue come in que locchi si facesseno li doni ogni settimana due nelle o almeno una non era che nen se adoperasse . A che non mi discessero a fino . E so dico , marche d'argento per uelta , & cosi si faceva in affinare a gli edifici dell'imperatore in Sprudel .

DEL FAR LI CENERA

52



Q VELL'ALTR O modo che s'adopera per coprire il ceneraccio , il cappel di ferro mi piace assai più . Perche molto più si può ristregne re il fuoco & tenere il bagno caldo , & con ciò si può affinare il poco , & l'assai come al maestro piace ,



ET COME u ho detto auanti si copreno , anchora quando s'affinas no li ceneracci con certe piastre di terra cotta grosse tre diti , & larghe mezzo braccio , & longhe quanto il ceneraccio : & queste mi piacciono molto più che alcuni de gli altri modi ch'io habbi veduto adoperare , perché s'accostano meglio per tenerla calda seconde che la ua mancando .

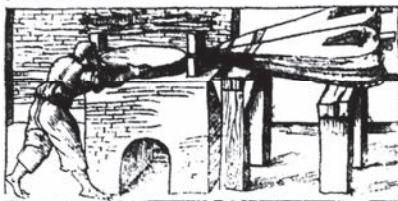
H

شكل ١٥-٢: أفران البوتقة الضخمة المصوّرة في كتاب فينوتشو بيرينجوتشو «التقنية التاريه» (١٥٤٠). بونقات هذه الأفران عبارة عن أكواب مصنوعة من نظام مسحوق تُطحّن مع مشروب الشعير لتصبح معجونة ثم تُشكّل في قوالب وتجفّ وتُحرق. عند وضع المعادن في هذه البوتقات تتمضّل البوتقة تكلاًس المعادن الخسيسة (مثلاً أكسيد الحديد) دون امتصاص الذهب المُنْصَهِر الذي يُصبح قابلاً للانفصال بسهولة (إذن من مكتبة روبي جي نيفل لتاريخ الكيمياء).

LIBRO TERZO



EL SIMIL E si fa anchora con li ceppi di quercia, ma non cosi bene, ne con tanta facilita.



ET PERCHÉ molte son le considerationi & l'auterentie che adur perfetta l'opera bisogna hauere, & chi non ha uedute p' sperarne, o chi prima molto bene no ne ha fatto auertire, difficultate si guarda dall'inconuenienti. PER O fappiate fe n' illo argento o piombo che affinate, fara fagno, durarete gran fatiga a condurlo, & la via (quando questo interuerisse a purgarlo) e citta, che se gli strengthen al fuoco adolo, & scaldi bene il bagno, & come si uede che si ben caldo, vi si gitta sopra della carbonighe trita, & cosi soffriano con li mantici si fa il bagno ben gonfiate, & dipoi con vn castagniello gentilmente scoprendolo se gli va iuantando da dosso la carbonighe, & la quale tiradola fiore ne viene con seco anchor lo fagno, alquale prima tutto etreppo si fa nel bagno, & non si difende in quella fortigliezza che fa il piombo, ET A N GHO se auernise che l'eneraccio g troppa caldezza facesse li bollori.

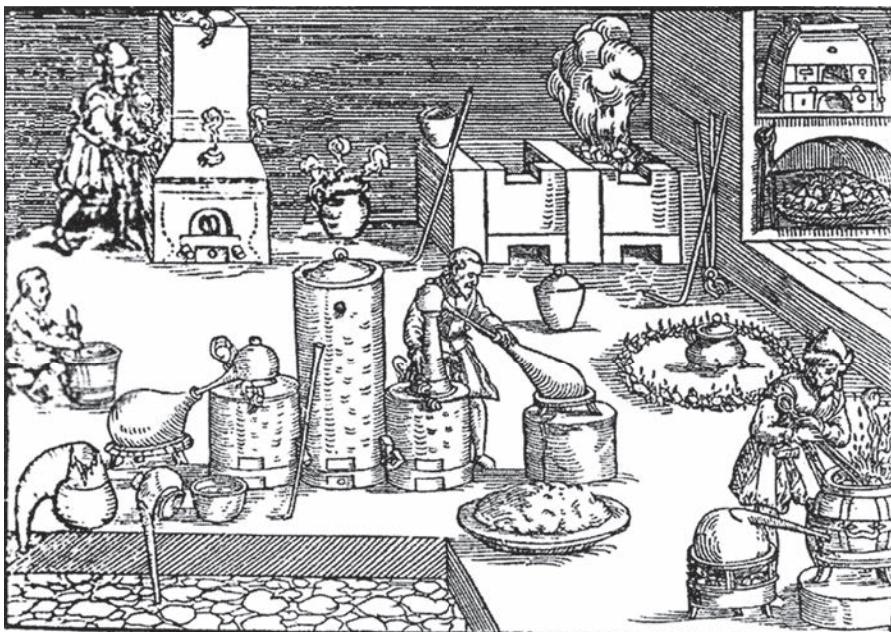
DEL FAR LI CENERA

Habbiate a mente di far allargare li ceppi, ouer fermare li mantici tanto, che si temperi. ET ANCHO se auernise che l'bagno tolse molto ramigno come se li ritrare delle minuti, o di ghette, o di loppe, auertite nel principio a sopradefrete il gertere per fin a tanto che l'ce neraccio pigli certo neruo di ghetta, p'che le materie ramigno gli fa teneti, per ilhe sono al gertere pericolosi, & pero auernete di far ch'el taglio nel eneraccio ha fottile & un poco appendino, & battente spesi fo la punta del vostre ferre accio non s'ingrossi. A P'PRESSO di voi habbiate sempre vn castagnuolo o due, & cosi anche di quelli che nella penta habbiano logata con vn poco di fil de ferro una pezzeta di panno, bagnato per poter dare in ful taglio & fermare quando vedrete che il bagno s'auaiale per volere visire piu ghetta che quella che vorrete, ouero per bagnare alle volte qualche luoco per li ceneracci fatti teneri dal piombo, ouer per inhumidire doue voleiate tagliare che fullo duro per farlo piu facile, ricordatevi anchora di ta te il ceneraccio simile alla matiere, cioè se le son dolci, dolci, & se le son dure, dura, & a ogni ceneraccio che fate, ricordatevi di frangere spesso la verga alli ceppi, & di far cascate di quella carbonighe accefa sopra il bagno, & emasime quando non fullo alle sponde ghetta che subito ve la vedrete apparire, & cosi se va foguntando tanto che l'arruote al termine di fino quanto il eneraccio per il suo ordinario peso, MA VOLENDO si anchora vn poco piu sforzare, appareschiate quando kec alultimo vn ceppo o due che no sien stati in fuoco, & fieni ben secchi, & li mettete sopra il eneraccio aperto che cos'primo bene l'argento, & di nuoso li ridate una quantita di piombo o secondo che uolete, & fate riuenire l'argento, li quali come gli uedrete iniettare uniti, & uoi con un castagniello fustile destramente gli rimaneate & gli unite insieme, & de piu pian piano menndendo li mantici et stumani del piombo, darrete l'argento ben chiarire, & dopoi fatto questo, & che uede che ghe nitato, li uate li ceppi & cauante il uostro ang'nto lo fondrete & dal eneraccio come ananti io ho detto. M V I R E S T A a dire come nel leuar del eneraccio adoperato, auertite che non si mesoli di quella cenere di ceppi che spesso riuolga sopra al ci neraccio con quella che ui mettete per sotto i scotta & ben disposta a rifare la composition del eneraccio, perch'e la gua' starebbe, & seui a mente per un de ricordi generale che mai con ferro freddo o con carboni che non sien prima accefi o con legna, o cofe molli, n'utelate lo uostro bagno, perch'e ui creciariebbe fariga a condurlo al fino i ne& in luoco d'utile ui darebbe forse danno, et pero in ogni parte usate la diligentia et prudentia uofra,

H iii

شكل ١٦-٢: مواقن أفران البوتقة الضخمة المصورة في كتاب بيرينجوتتشو «التقنية النارية» (١٥٤٠) (بإذن من مكتبة روبي جي نيفل لتاريخ الكيمياء).

يعتبر كتاب أجريكولا «محاورات حول المعادن» وكتاب بيرينجوتتشو «التقنية النارية» ضمن «مقدمات العلوم»، وهي عبارة عن مائة كتاب ونشرة تأريخية في مكتبة ديبنر، في معهد سميثسونيان.²⁹ ثمة كتاب آخر عن التعدين وعلم المعادن ضمن هذه القائمة النادرة أيضاً بعنوان «أطروحة في وصف أهم أنواع المعادن الخام والفلزات» (١٥٧٤)، براغ (مؤلفه لازاروس إرك). والشكل ١٧-٢ من صفحة العنوان من الطبعة الثانية من هذا الكتاب الجميل نصفية القطع.³⁰ يصور هذا الشكل مجموعة كاملة من العمليات في معمل فاحص معادن في القرن السادس عشر. وقد صدر من هذا الكتاب الفاخر ثماني طبعات في مدينة فرانكفورت كانت أولها في عام ١٥٧٤ والأخيرة في عام ١٧٣٦.^{31,32} وقد حفظت القوالب الخشبية الرائعة التي استُخدمت في طباعة الرسومات في طبعة



مطبوعة في لندن. بريج. ١٦٨٠.

Getruckt zu Frankfurt am Main/ M. D. LXXX.

شكل ١٧-٢: معمل فاحص معادن في القرن السادس عشر من الطبعة الثانية من أطروحة لازاروس إركر حول التعدين وعلم المعادن (١٥٨٠)، وقد حفظ قالب الطباعة الخشبي الذي استُخدم فيطبعتين الأولى (١٥٧٤) والثانية ليُستخدم على مدار المائة والستين عاماً التالية حتى الطبعة الأخيرة عام ١٧٣٦ (بإذن من مكتبة روبي جي نيفل لتاريخ الكيمياء).

عام ١٥٧٤ وأُعيد استخدامها على مدار المائة والاثنين والستين عاماً التالية التي صدرت إبانها الطبعات الثمانية من الكتاب^{32,31}، وقد صدرت طبعة هولندية منه في عام ١٧٤٥. من المثير للاهتمام أن أول كتابين من كتب التعدين وفحص المعادن وعلم المعادن الثلاثة العظيمة التي صدرت في القرن السادس عشر قد تُرجمت إلى اللغة الإنجليزية بعد أربعة قرون تقريباً من تاريخ نشرها الأصلي، وهي: كتاب بيرينجوتشو «التقنية النارية» (فينيسيا، ١٥٤٠؛ شيكاجو، ١٩٤٢)، وكتاب أجريكولا «عن المعادن» (بازل، ١٥٥٦؛ لندن، ١٩١٢)، إلا كتاب إركر «أطروحة في وصف أهم أنواع المعادن الخام والفلزات»

(فرانكفورت، ١٥٧٤)؛ فقد ترجمه سير جون بيتوس³³ بعد قرن واحد (لندن، ١٦٨٣) من تاريخ نشر أول طبعة له في فرانكفورت. ويعتقد كلُّ من أناлиسا جرونهال特 سيسكو، وسيريل ستانلي سميث أنَّ السبب وراء الترجمة الإنجليزية المبكرة لكتاب إركر في القرن السابع عشر ربما يكون أنَّ ذلك الكتاب كان الأحدث، من بين الكتب الثلاثة العظيمة؛ ومن ثمَّ لا يزال مُحتواه سارياً. لعب بيتوس (١٦٩٠-١٦١٣) دوراً عسكرياً بارزاً في حرب إنجلترا الأهلية، وفي وقتٍ ما وقع أسرىً في يد أوليفير كرومويل على مدار ١٤ شهراً. وبعد الاسترداد، خدم بيتوس كمفوض لاسترداد الأسرى لنائب الأميرال، وقد أصيب إصابة بالغة في ساقه خلال معركة بحرية مع الهولنديين.³³

من الجوانب المُثيرة للاهتمام في ترجمة بيتوس لإركر «فليتا ماينور»، أو (قوانين الفن والطبيعة، في معرفة أجسام المعادن الصغيرة، وتحديدها، وفحصها، وتصفيتها، وتنقيتها، وتكبير حجمها) هو إبدال رسوم إركر المطبوعة بالقوالب الخشبية التي تعود إلى القرن السادس عشر برسوم لأنَّواع إنجليز يرتدون أزياءً تنتهي إلى نهايات القرن السابع عشر منحوتة على صفاتٍ نحاسية. ويُصوَّر الشكل ١٨-٢ المأخوذ من ذلك الكتاب فاحص معادن إنجليزياً معاصرًا. وتتضمن الأشكال من ١٨-٢ إلى ٢٢-٢ شروحاً جزئية مُصاحبة للصور النحاسية. فيصف الشكل ١٩-٢ عملية صنْع البوتقات المصنوعة من معجون العظام المسحوقه وقوليتها. ويُمثِّل الشكل ٢٠-٢ مشهدًا في معمل لفحص الذهب؛ الوعاء مخروطي الشكل على يمين الصورة هو قنية فصل، لفحص الذهب، موضوعة على حاملها. والقطعة الخشبية المعلقة إلى يمين الفاحص في خلفية هذا الشكل تحتوي على شقٌّ لرؤيه الفرن من خلاله مع حماية عينك من الحرارة. وأما الشخص المتقدِّر الصورة، فإنه يختبر كثافة الفضة «المحتوية على الذهب» في الماء. ويدلُّ «ماء النار» المشار إليه في الشكل ٢١-٢ على حمض النيتريك. ويُصوَّر الشكل ٢٢-٢ صهر البزموت في الهواء الطلق. من المُمتع أن تقارن الأشكال ١٩-٢، ٢١-٢، و ٢٢-٢ بنظيرتها الواردة في الكتاب الألماني الصادر في القرن السادس عشر.³²

استُوحِي عنوان كتاب بيتوس المثير للانتباه هذا، «فليتا ماينور»، من آخر سنوات حياته التي قضاهَا في سجن فليت، حيث أله عمله. يخبر بيتوس قرَاءه قائلاً: «يبدو من عجائب القدر أنَّ إنساناً قدَّم كثيراً لملكه ووطنه يُقاوم بسبب اتهامات وجهَتها له امرأة معدومة الضمير، تصادف أن تكون زوجته، ليقضِي آخر سنوات حياته متفرِّجة النشاط التي أفنَاهَا في إفادة البشرية حبيساً في سجن فليت.»³³

المقطرات، وبوتقات فصل المعادن، والأسلحة

Lazarus Erskerus *alias* Erckern.

BOOK I.

CHAP. I.

Of Silver Oars.

Sculpure I.



Deciphered.

The Assayer 1. the Scales 2. the Cafes for Weights 3.
Glasses for Aqua Regis, Aqua Fortis, Aqua Vitri-
oli, Aqna Argentea or Quicksilver, &c. 4.

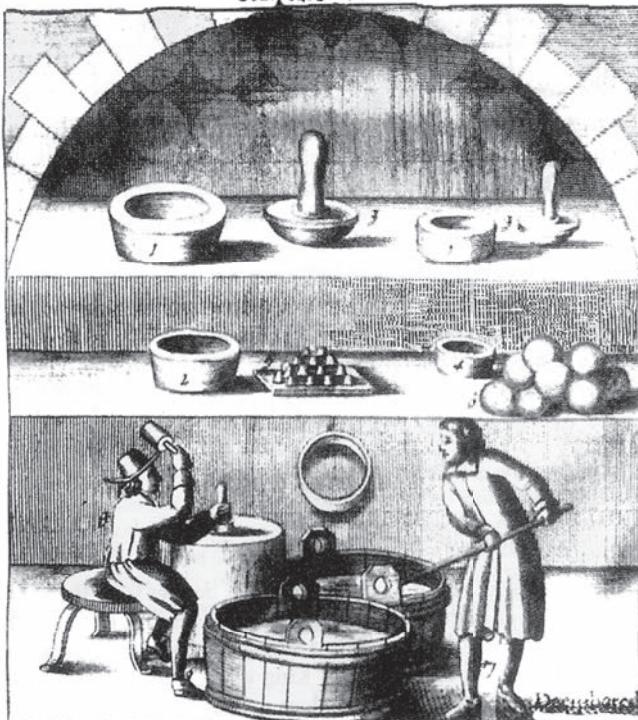
شكل ١٨-٢: تصوير لفاحص معادن في ترجمة بيتوس الصادرة عام ١٦٨٣ لأطروحة إركر عن التعدين وعلم المعادن، والتي أضافت إلى الكتاب كذلك. يبدأ عنوان كتاب بيتوس بكلمة «فليت ماینر» في إشارة إلى «سجن فليت» الذي كان محتجزاً فيه خلال تأليفه لهذا الكتاب؛ فقد رُجِّ بيتوس إلى السجن «بناءً على اتهامات وجّهتها له امرأة عديمة الضمير» تصادف أن تكون زوجته (بإذن من مؤسسة التراث الكيميائي).

(٣) الرئيس الوعاد

نشرت أول ترجمة إنجليزية لكتاب أجريكولا (١٥٥٦) «محاورات حول المعادن»^{٣٤} (الشكل ٢٣-٢) في عام ١٩١٢، وكان من ترجمة هربرت سي هوفر (١٨٧٤-١٩٦٤)^{٣٥} — الذي تولى

Now, how the Copel-Cafe and the Copcl is to be ordered and performed the following Sculpture will shew.

Sculpture V.



شكل ١٩-٢: تصنيع بوقات صهر المعادن (باستخدام العظام المسحوقه وطحنه بمشروب الشعير لتكون معجوناً) من كتاب بيتوس (١٦٨٣) «فليتا ماينور» (بإذن من مؤسسة التراث الكيميائي).

لاحقاً رئاسة الولايات المتحدة الأمريكية — وزوجته لو هنري هوفر. من الصعب تخيل رئيس مستقبليًّا واحد أكثر من هوفر. ولد هوفر في الجزء الريفي من ولاية آيوا لأبوين من جماعة الكويكرز كانت ظروفهما المعيشية بالغة التواضع. وعند بلوغ هوفر التاسعة، كان والدها قد توفياً؛ فنمتْ لديه رُوح الاستقلال في وقتٍ مبكر جداً — رغم حياته — ورفض جميع اقتراحات أقاربه له بالالتحاق بإحدى كليات الكويكرز، واختار الالتحاق بجامعة



Deciphered

1. How the Assayer stands before the Assay-Oven to prove Metals.
2. The Iron on which the Proof is to be cast.
3. A wooden Instrument to see through into the fire to prevent hurt to the Eyes.

R r

4. A

شكل ٢٠-٢: فحص خام الذهب كما صُوره كتاب بيتوس (١٦٨٣) «فليتا ماينور» (بإذن من مؤسسة التراث الكيميائي).

حديثة تماماً، هي جامعة ستانغفورد. تخصص هوفر في الجيولوجيا، والتقى لو هنري، الفتاة الوحيدة في قسم الجيولوجيا في جامعة ستانغفورد. وتزوجاً في عام ١٨٩٩، وظلت السعادة تُرفرف على زواجهما حتى وفاتها عام ١٩٤٤. كانت امرأة ذكية، مستقلة، قوية، ونشأت فتاةً بطابع وسمات الرجال، وبرعت في ركوب الخيول؛ لتصبح لاحقاً مناصرةً قوية لحق التصويت للنساء.^{٣٥} ما لبث هيربرت هوفر بعد تخرجه من جامعة ستانغفورد عام ١٨٩٥ أن بدأ مسيرته المهنية بالعمل في هندسة التعدين وإدارة المناجم مما جعله ثرياً،



CHAP. XXIX.

*To distil Aqua fort. in Retorts with other Ad-
vantages.*

SISTILLING *Aqua fort.* in *Retorts* is no old *Invention*, and no long Labour, but a short way; if *Retorts* may be had which are made of one piece, and will hold *Aqua fort.* and *Oyl*; then lute such over with good and found *Clay*, let it be well dry, put in it the *Ingredients* or *stuff*, which shall be *calcined* and mingled with *Calx viva*, and lay the *Retort* in an *Oven* made on purpose (whose Description shall follow hereafter) and fill a *Receiver* with water before it, then make a fire in the *Oven* (and speedily

شكل ٢١-٢: تقطير ماء النار (حمض النيتريك) في كتاب بيتوس (١٦٨٣) «فليتا ماينور». قارن هذا الشكل بنفس الصورة الملونة الواردة في طبعة عام ١٧٣٦ (الطبعة الأصلية من الكتاب التي صدرت عام ١٥٧٤، انظر كتاب إيه جرينبرج، «جولة عبر تاريخ الكيمياء»، وايلي، نيويورك، ٢٠٠٠، ص ١٦)، وستلاحظ أن ملابس الأشخاص المصورين في الأشكال قد حدثت لتواكب ملابس القرن السابع عشر، فيما ظلت الأدوات المستخدمة كما هي؛ فالأزياء تسبق التكنولوجيا إلى التغيير (بيان من مؤسسة التراث الكيميائي).

وربما أشهر مهندس في العالم بعد فترة وجيزة. وفي العقود التالية كان مسافراً خارج البلاد معظم الوقت، وكان في الصين إبان ثورة الملوك (التي اندلعت عام ١٩٠٠)، حيث وجّه مساعدات إلى الأجانب.^{٣٥}



Deciphered.

1. *The little Iron Pans for Spelter or Wijfmet Oar.*
2. *The fire of wwood for them.*
3. *Melted Spelter that is to be made clean in the iron Pan,
and the work man that tends it.*
4. *He that draws the Oar out of the Mine.*

CHAP.

شكل ٢-٢: صَهْر خام البِزموت في الهواء الطلق كما صُورَه كتاب بيتوس «فليت ماينور» ١٦٨٣ (بِإذن من مؤسسة التراث الكيميائي).

جمع الزوجان هوفر مجموعة ضخمة وشهيرة من كتب التعدين، وفي خضم كتابة ترجمتها، كانا يجريان تجارب من حين إلى آخر لاختبار صحة كلام أجريكولا.³⁶ لم يكن التحدي الذي انطوى عليه ترجمة الزوجين هوفر لكتاب أجريكولا يقتصر على إتقان اللغة اللاتинية فحسب، وإنما كذلك ضرورة الفهم العميق للكيمياء والهندسة، وهو ما أتاح لهما استخدام مئات المصطلحات والمفاهيم التي باتت في ذلك الحين عتيقة، وإكسابها معنى يفهمه القارئ الحديث. ولم تمض سنوات كثيرة بعد ذلك الانتصار الفكري، ومع اندلاع

فن الكيمياء

GEORGIUS AGRICOLA
DE RE METALLICA

TRANSLATED FROM THE FIRST LATIN EDITION OF 1556
with

Historical Introduction, Annotations and Appendices upon
the Development of Mining Methods, Metallurgical
Processes, Geology, Mineralogy & Mining Law
from the earliest times to the 16th Century

BY

HERBERT CLARK HOOVER

A. B. Stanford University, Member American Institute of Mining Engineers,
Mining and Metallurgical Society of America, Société des Ingénieurs
Civils de France, American Institute of Civil Engineers,
Fellow Royal Geographical Society, etc., etc.

AND

LOU HENRY HOOVER

B. Stanford University, Member American Association for the
Advancement of Science, The National Geographic Society,
Royal Scottish Geographical Society, etc., etc.



Published for the Translators by
THE MINING MAGAZINE
SALISBURY HOUSE, LONDON, E.C.

1912

شكل ٢٣-٢: صفحة العنوان من أول ترجمة إنجليزية صدرت لكتاب أجريكولا (١٥٥٦) «عن المعادن»، والتي كتبها وراجع دقتها العلمية المهندس هيربرت هوفر، الذي تولى لاحقاً رئاسة الولايات المتحدة الأمريكية، بالمشاركة مع زوجته لو هنري هوفر؛ أول فتاة تتخرج في قسم الجيولوجيا من جامعة ستانفورد (بإذن من مؤسسة التراث الكيميائي).

الحرب العالمية الأولى، حتى عُين وُعِين هيربرت هوفر رئيساً لإدارة إغاثة الحلفاء. وبعد دخول أمريكا الحرب في عام ١٩١٧، عُين مديرًا لإدارة الغذاء القومي. وقد نجحت جهود هوفر في زيادة الإنتاج الغذائي، وحفظ المخزون الغذائي، وتحفيض المعاشرة في أوروبا؛ نجاحاً ساحقاً، حتى إنَّ مُصطلح ³⁷hooverize دخل المرادفات الإنجليزية كتعبير يرمز

إلى غزارة المخزون الغذائي والتعامل الاقتصادي والسيسي معه، وبات فيما بعد بوجهٍ أعمَّ مُصطلاحاً يُعبّر عن الكفاءة، والفاعلية، والعطف.

لكم من الغرابة إذن ألا يذكر التاريخ هربرت كلارك هوفر – الرئيس الحادي والثلاثين للولايات المتحدة الأمريكية (١٩٣٢-١٩٢٨) – الآن إلا بفشلِه في التخفيف من عسرات الكساد العظيم. كانت القيم الأخلاقية الشديدة الصرامة التي غرسَت فيه منذ نعومة أظافره، والتي عزّزها اعتماده على نفسه في مرحلة مبكرة جدًا من حياته (ونجاحه اللاحق)، هو ما جعل المساعدات الفيدرالية المنتشرة على نطاق واسع، وخاصةً للعاطلين عن العمل من أهل الحضر، أمراً كريبياً بالنسبة إليه.³⁵ لذا كانت قاعدة عريضة من الناس تعتبره منفصلاً عن معاناة الشعب.³⁵ وهكذا باتت كلمة «هوفرفيل»³⁷ (Hooverville)، وهي بلدة جميع مبانيها من الأكواخ يقطنها الفقراء العاطلون عن العمل، للأسف كلمة .h Hooverize أحدث وأكثر حضوراً في الأذهان من كلمة

(٤) بعضُ مما في جعبتنا من البغائض

لا يوجد خلاف – عموماً – على أن البارود (أو المسحوق الأسود) قد اخترع في الصين منذ أكثر من ١٠٠٠ سنة.³⁸ إنه مزيج يتكون من ٧٥ بالمائة نترات بوتاسيوم، بينما تحتوي الخمسة والعشرون بالمائة المتبقية منها على كميات مُتماثلة من الفحم والكبريت. كان الحصول على نترات البوتاسيوم متاحاً بسهولة عن طريق أكوام الروث القديمة؛ أما الفحم فكان يُعد بسهولة من خلال تسخين النباتات أو الخشب في ظروف يُقصَّ فيها الأكسجين (O₂)؛ أما الكبريت، فكان يوجد في التربُّبات البلاورية، ويمكن كذلك الحصول عليه من خلال تسخين كثير من المعادن الخام. لكن ويليام بروك يعتقد أن الصينيين قد اكتشفوا البارود بالصدفة من خلال السعي للحصول على إكسير للحياة – وهي مفارقة في رأيي الشخصي – وذلك بمزج «نترات البوتاسيوم الظاهرة بطاقة الين الأنثوية بالكبريت الظاهر بطاقة اليانغ الذكرية». ³⁸ ثمة مفارقة أخرى فيما يتعلق بهذا الأمر، وهي أن البارود كان يحمل مفاتيح فهم نشأة النار والتنفس الذي يُمثل دعامة الحياة. ومع ذلك ظلت هذه المفاتيح خفية لما يقرب من الألف عام. وجاءت باكورة الإشارات من بويل وهووك ومايور في أواسط القرن السابع عشر إلى أن حلَّ لفوازيبه اللغز برمتته بعد ذلك بأكثر من قرن.

أدخل البارود في وقت مبكر جدًا إلى ساحات الحروب الغربية. الشكل ٢٤-٢ من الطبعة الأولى لستيرن من كتاب فلافيوس فيجيتيوس ريناتوس القديم عن تكنولوجيا الحرب.³⁹ تضم هذه الطبعة البالغة القدم، والتي نُشرت في عام ١٥٢٩، أول نص مطبوع عن صناعة البارود، بالإضافة إلى إرشادات بشأن تنقية مكوناته.⁴⁰ أما الشكل ٢٥-٢ فهو من الكتاب الصادر عام ١٥٩٨ حول العمل على المدفعية والمفرقعات بقلم أساندرو كابو بيانكو؛⁴¹ قائد جنود المدفعية في مدينة كريما في إقليم فينيتو. يصور الشكل طاحونة تعود إلى القرن السابع عشر لطحن مكونات البارود.⁴⁰ في الكتاب العاشر من مجلد «التنقية النارية» (١٥٤٠)،⁴¹ يُقدم بيرينجوتشو إرشادات تفصيلية لصناعة البارود. يمكن الحصول على نترات البوتاسيوم من تربة الحظائر «الغنية بالسماد»، ومن أراضي وجدران الكهوف (الغنية بفضلات الخفافيش وبقاياها العضوية)، والتي تحتوي على نترات الكالسيوم الذي ينتج عن التحلل. عند تذوق التربة الغنية بالسماد العضوي — بمجرد جفافها — إذا وُجد أنها «لازعة بالقدر الكافي»، فإنها تكون صالحة للاستخدام.⁴² تضاف هذه التربة إلى الماء المغلي، ورماد الخشب (الغني بكرbones البوتاسيوم) وتُقلب المكونات معًا. بعد ذلك، يُصفى محلول الساخن ويُترك ليبرد، ثم تُصفى نترات البوتاسيوم المتبلورة الناتجة عن هذه العملية وتُبلور مرة أخرى بالماء وقليل من حمض النيتريك.⁴² تُفضل صناعة الفحم من أغصان الصفصاف بتسخينها على النار في وعاء خزفي ضخم مغطى بإحكام. يجب أن تُرتب مكونات البارود قبل طحنها معًا: لتجنب الاشتعال، وينصح بيرينجوتشو بإضافة الكبريت المطحون جيداً ببطء إلى معجون رطب من الفحم ونترات البوتاسيوم.⁴²

يببدأ بيرينجوتشو الفصل الذي خصّصه للبارود على النحو التالي:⁴²

ثمة تأمل عظيم وفريد حول ما إذا كان اكتشاف تركيب المسحوق المستخدم في الأسلحة قد خطر لخترعه الأول من وحي الشياطين أم عن طريق الصدفة.

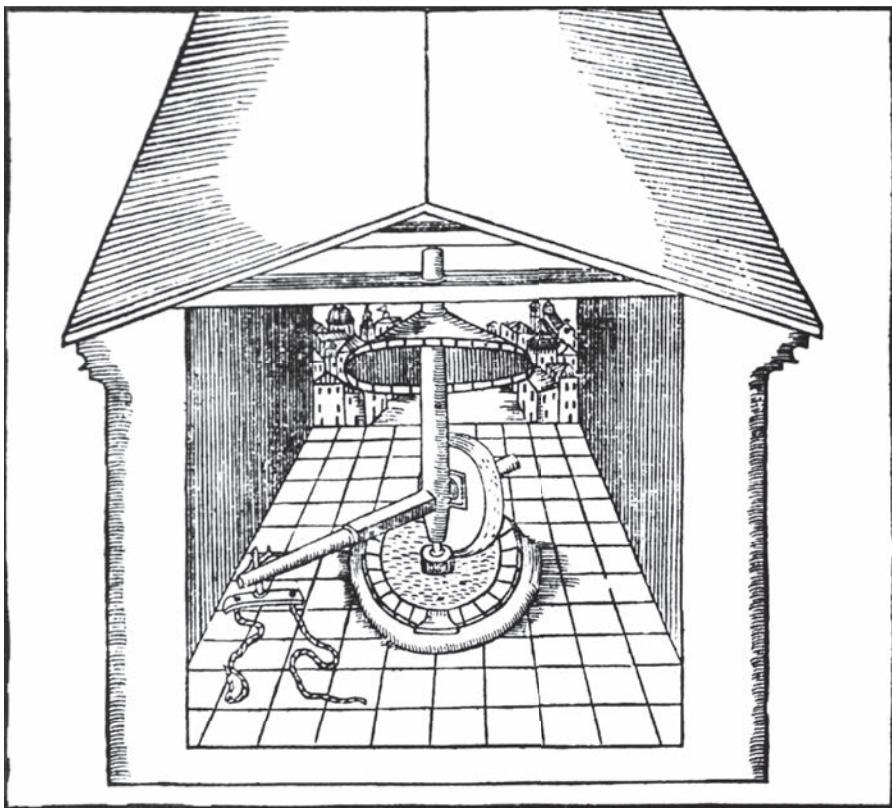
ويأسف بيرينجوتشو في كثير من الموارض من كتابه العاشر للمفارقة الكامنة في قيام الرجال المتعلمين والمحترمين باكتشاف واختراع المتفجرات التي تُشوه وتقتل، ثم راح يصف بداعف من الالتزام والواجب كيفية تصنيع المتفجرات بالتفصيل الدقيق. على سبيل المثال، كان عنوان الفصل الثامن من الكتاب العاشر هو: «طريقة إعداد أوعية النار



شكل ٢٤-٢: شكل من الطبعة الأولى لستينر (أوجسبرج، ١٥٢٩) لعمل فلافيوس فيجيتيوس ريناتوس القديم عن تكنولوجيا الحرب (بإذن من مكتبة روبي نيفل لتاريخ الكيمياء).

وصناعة كرات ذات تركيبة حارقة تُلقى باليد». ويببدأ بيرينجوتشو هذا الفصل (في طبعة عام ١٥٥٩) على النحو التالي:⁴³

لطالما كان في هذا العالم رجال بلغوا من الذكاء مبلغاً، حتى إنهم تمكّنوا بفكّرهم من التوصل إلى ابتكارات مختلفة لا تعد ولا تحصى، تحقق من الفائدة قدر ما تتحقق بجسد الإنسان من ضرر فوري.



شكل ٢٥-٢: طاحونة لطحن مكونات البارود (الذي يتكون تقربياً من ٧٥ بالمائة من نترات البوتاسيوم، والباقي مقادير متساوية من الفحم والكبريت) كما صورها كتاب بيانكو ١٥٩٨ عن الدفعية والمفرقعات (بإذن من مكتبة روبي جي نيفل لتاريخ الكيمياء).

بعد ذلك يصف الأوعية المصنوعة من الطين المجفف والمملوقة بالبارود **الحُبيبي الملمس**، والقار، والكبريت **والمحطة** بدهن الخنازير المتختَّر المخلوط بمسحوق (انظر الشكل ٢٦-٢^{٤٤}). قبل استخدام الوعاء، يُثقب ثقب صغير في الغطاء الدهني ثم يوضع فتيل أو مسحوق بارود في الداخل. يُشعل الفتيل أو المسحوق، ثم يُلقى بالوعاء يدوياً، أو يُطلق بمقلاع، وهنا ستلتتصق تلك الكتلة النفاذه اللزجة بهدفها وتحرقه.

كان من أوائل المتفجرات والأسلحة الحارقة في التاريخ «النار الإغريقية» التي تعود إلى الحقبة الهلنسية. يصف المؤرخ الكيميائي جون هدسون «النار الإغريقية» بأنها سائل يشتعل عند ملامسته للماء، ويفترض هدسون أن المكونات النشطة لذلك السائل ربما تألفت من فوسفید الكالسيوم (الذي يتم الحصول عليه من تسخين العظام والجير والبول معًا)، المضاف إلى البترول الخام.⁴⁵ وقد وصف ليوناردو دافنشي (١٤٥٢-١٥١٩) «النار الإغريقية» بأنها تتكون من الفحم، والكربيت، والقار، ونترات البوتاسيوم، وروح الخمر، والبان الذكر، وزيت الكافور، حيث تُعلى هذه المكونات معًا وتوضع على صوف إثيوبي.⁴⁶ وُصف الذهب المتفجر لأول مرة في بداية القرن السابع عشر.⁴⁷ كان الذهب يذاب في ماء ملكي مأخوذ من كلوريدي الأمونيوم (NH_4Cl) وحمض النيتريك، ثم تُضاف كربونات البوتاسيوم إلى هذا المركب، مما يُؤدي إلى تكوين راسب يمكن عند تجفيفه أن ينفجر بسهولة مع تعريضه إلى أقل حرارة. وقد تحدث يوهان رودولف جلاوبير عن المسحوق المتفجر لأول مرة في عام ١٦٤٨.⁴⁷ إنه خليط من نترات البوتاسيوم، وكربونات البوتاسيوم، والكربيت الذي ينفجر بقوة مع تسخينه قليلاً. كذلك تناول تيني ديفيس بالوصف خلطات مشابهة متنوعة اكتُشفت على مدار قرنين من الزمان.⁴⁷ في نهايات القرن السابع عشر، صنع يوهان كونكل فلمينات الزئبق بإذابة الزئبق في ماء النار (حمض النيتريك)، ثم إضافة روح الخمر وتدفئة الخليط تدفئةً خفيفةً في روث حصان.⁴⁸ وفي اليوم التالي، انفجر الخليط انفجاراً عنيفاً.

شهد القرن التاسع عشر ابتكار نترات النشا، والنتروسيليلوز، والنتروجليسرين، والترائي نيترو تولوين (TNT)، ورباعي نترات خماسي إريثريتول (PETN)، ليتوّج كل ذلك باكتشاف مادة RDX (ثلاثي نيترامين ثلاثي الميثيلن الحلقي).⁴⁹ كذلك أضافت الدراسات الخاصة بالأزيدات والبيكرات الاصطناعية إلى معدات تكنولوجيا الحرب. ثمة منظور حديث يرى أن هذه التطورات في الأسلحة الحربية يبدو أنها كانت بمثابة نذير بالحرب العالمية الأولى؛ ففي عام ١٨٦٧، خلط الكيميائي ورجل الصناعة السويدي ألفريد نobel (١٨٣٣-١٨٩٦)، النتروجليسرين بالتراب الدياتومي، مما جعل استخدامه أكثر أماناً، وكانت التركيبة الأولى من بين كثير من تركيبات الديناميت الناجحة.⁴⁹ وكما حال الأمل دائمًا، يتجلّ في خضم المأساة، أوصى nobel بالجانب الأعظم من ثروته الهائلة لتأسيس سلسلة من جوائز nobel — إحداها جائزة لدعم قضية السلام العالمي.



شكل ٢٦-٢: ذخائر بغية مصنوعة من أواني الفخار الملوءة بالبارود الحبيبي الملمس، والقار، والكبريت، ومغطاة تماماً بدهن خنزير متختَر مخلوط بمسحوق كما صورها كتاب بيرينجوتشو «التقنية النارية»؛ صُنعت هذه المتفجرات بحيث تُشعَل فيها النار وتلقى بشراسة باستخدام مقلع (بيان من مكتبة روبي جي نيفل لـ تاريخ الكيمياء).

هوماиш

- (1) R. G. W. Anderson, in F. L. Holmes and T. H. Levere (eds.), *Instruments and Experimentation in the History of Chemistry*, The MIT Press, Cambridge, MA, 2000. pp. 7–8.
- (2) Anderson, op. cit., pp. 5–34.
- (3) A. J. Ihde, *The Development of Modern Chemistry*, Harper & Row, New York, 1964, pp. 13–18.
- (4) H. Brunschwick, *Lieber de arte distillandi de compositis. Das buch waren kunst zu distillieren die composita und simplicia und ds Buch thesaurus pauperum, ein Schatz der armen genant Micarium ...*, Strassburg, 1512. I am grateful to Ms. Elizabeth Swan, Chemical Heritage Foundation for supplying an image of this hand-colored plate.

- (5) J. R. Partington, *A History of Chemistry*, Macmillan and Co., Ltd., London, 1961, Vol. 2, pp. 82–89.
- (6) A. Roob, *The Hermetic Museum: Alchemy & Mysticism*, Taschen, Cologne, 1997, p. 146.
- (7) *The New Encyclopedia Britannica*, Encyclopedia Britannica, Inc., Chicago, 1986, Vol. 12, p. 926.
- (8) P. Ulstadt, *Coelum Philosopherum seu de Secretis naturae. Liber*, Ioannis Grienzynger, Strassburg, 1528. I am grateful to The Roy G. Neville Historical Chemical Library (California) for providing the image from this book.
- (9) W. F. Ryff, *New gross Distillier-Büch, wolgegründter künstlicher Distillation ...*, Bei Christian Egenolffs Erben, Frankfort, 1545. I am grateful to Ms. Elizabeth Swan, Chemical Heritage Foundation, for supplying an image of this page.
- (10) C. Gesner, *The newe Iewell of Health, wherein is contained the most excellent Secretes of Phisicke and Philosophie, divided into fower Bookes. In the which are the best approved remedies for the diseases as well as inward as outward, of all the partes of mans bodie: treating very ample of all Dystillations of Waters, of Oyles, Balmes, Quintessences, with the extraction of artificiall Saltes, the use and preparation of Antimonie, and Potable Gold. Gathered out of the best and most approved Authors, by that excellent Doctor Gesnerus. Also the Pictures, and maner to make the Vessels, Furnaces, and other Instruments thereunto belonging. Faithfully corrected and published in Englishe, by George Baker, Chirurgian, Henrie Denham, London, 1576.* The Roy G. Neville Historical Chemical Library.
- (11) C. Gesner, *The practice of the new and old phisicke, wherein is contained the most excellent Secrets of Phisicke and Philosophie, divided into foure Bookes, In the which are the best approved remedies for the diseases as well inward as outward, of al the parts of mans body: treating very ample of*

al distillations of waters, of oyles, balmes, Quintessences, with the extraction of artificiall saltes, the use and preparation of Antimony, and potable Gold Gathered out of the best & most approved Authors, by that excellent Doctor Gesnerus. Also the pictures and maner to make the Vessels, Furnaces, and other Instrumentsd thereunto. Newly corrected and published in English, by George Baker, one of the Queenes Maiesties chiefe Chirurgians in ordinary, printed by Peter Shaw, London, 1599, p. 240 (i.e., p. 140).

(12) J. French, *The Art of Distillation or, A Treatise of the Choicest Spagiricall Preparations Performed by way of Distillation. Together with the Description of the Chiefest Furnaces & Vessels Used by Ancient and Moderne Chymists, Also a Discourse of Divers Spagiricall Experiments and Curiosities: And the Anatomy of Gold and Silver, with the Chiefest Preparations and Curiosities thereof; together with their Vertues. All which are contained in VI, Bookes; Composed by John French Dr. of Physick, E. Cotes, London, 1653,* pp. 73–74.

(13) French, op. cit., p. 91.

(14) T. Muffet, *The History of Four-Footed Beasts and Serpents and Insects*, Vol. 3, *The Theatre of Insects* (reprint of 1658 London edition), Da Capo Press (Plenum), New York, 1967, pp. 1003–1005.

(15) J. Webster, *Micrographia: Or, An History of Metals*, Walter Kettilby, London, 1671.

(16) J. Read, *Humour and Humanism in Chemistry*, G. Bell and Sons Ltd., London, 1947, pp. 3–4.

(17) Webster, op. cit., p. 3.

(18) J. R. Partington, *A History of Chemistry*, Macmillan and Co., Ltd., London, 1961, Vol. 2, pp. 32–66.

(19) G. Agricola, *Georgii Agricolae Medici Bermannus, sive De Re Metallica*, Frobenianus, Basel, 1530. I thank The Roy G. Neville Historical

Chemical Library (California) for supplying the image of the title page for this book.

(20) Johann Froben (Johannes Frobenius, ca. 1460–1527) was a famous Basel printer-publisher whose techniques revolutionized printing. Among his gifted illustrators were Hans Holbein, and after 1513 he was the sole publisher of the great Dutch humanist-philosopher Desidarius Erasmus (*The New Encyclopedia Britannica*, Encyclopedia Britannica, Inc., Chicago, 1986, Vol. 5, p. 16).

(21) I thank The Roy G. Neville Historical Chemical Library (California) for supplying this image, and I am grateful to Dr. Neville for helpful discussions.

(22) G. Agricola, *De Re Metallica Libri XII, Quibus Officia, Instrumenta, Machinae, Ac Omnia Denique Ad Metallicam Spectantia*, Basel, 1556. I am grateful to Ms. Elizabeth Swan, Chemical Heritage Foundation, for providing these images.

(23) H. C. Hoover and L. H. Hoover (transl.), *Georgius Agricola De Re Metallica* (translated from the first Latin edition of 1556), *The Mining Magazine*, London, 1912 (reprinted by Dover Publications, Inc., New York, 1950), see pp. 439–447.

(24) Webster, op. cit., p. 155.

(25) V. Biringuccio, *De La Pirotechnia. Libri X.*, Venice, 1540. I am grateful to Ms. Elizabeth Swan, Chemical Heritage Foundation, for supplying images from this book.

(26) C. S. Smith and M. T. Gnudi, *The Pirotechnia of Vannoccio Biringuccio Translated from the Italian with an Introduction and Notes by Cyril Stanley Smith and Martha Teach Gnudi*, The American Institute of Mining and Metallurgical Engineers, New York, 1942 (see also the 1959 reprint published by Basic Books, New York).

(27) Smith, op. cit., p. 58.

- (28) Smith, op. cit., pp. 161–169.
- (29) *Heralds of Science*, revised edition, Burndy Library and Smithsonian Institution, Norwalk and Washington, DC, 1980. It has been duly noted that, of the *Great Books of the Western World*, published by Encyclopedia Britannica in 1952, only one work (of a collection of 130 authors and 517 works) is a treatise on chemistry (Lavoisier's *Traité élémentaire de Chimie*, Paris, 1789, first English translation, 1790) [R. Wedin, *Chemistry* (published by the American Chemical Society), Spring 2001, pp. 17–20]. Wedin surveyed a small, selected list of chemists and librarians to obtain his list of “The Great Books of Chemistry.” The six books on “The Gold Shelf” included Lavoisier's *Traité*, Boyle's *The Sceptical Chymist*, Jane Marcet's *Conversations on Chemistry* (a useful and influential textbook that drew the young Michael Faraday into chemistry), Dalton's *A New System of Chemical Philosophy*, Mendeleev's *Osnovy Khimii*, and Pauling's *The Nature of the Chemical Bond*. “The Silver Shelf” comprised six additional books including Agricola's *De Re Metallica*. “The Bronze Shelf” included 12 books. Of the total of 24 books, thirteen were American publications, and two of these were published by the American Chemical Society itself. Hmmm.
- (30) L. Ercker, *Beschreibung Allefürnemisten Mineralischen Ertzt vnnd Bergwercks arten ...*, Johannem Schmidt in verlegung Sigmundt Feyrabends, Frankfurt, 1580. I am grateful to The Roy G. Neville Historical Chemical Library (California) for supplying the image of the title page.
- (31) A. G. Sisco and C. S. Smith (transl.), *Lazarus Ercker's Treatise on Ores and Assaying* (translated by Anneliese Grünhaldt Sisco and Cyril Stanley Smith from the German edition of 1580), The University of Chicago Press, Chicago, 1951.
- (32) A. Greenberg, *A Chemical History Tour*, John Wiley and Sons, New York, 2000, pp. 12–22.
- (33) Sisco and Smith, op. cit., pp. 340–342.

- (34) H. C. Hoover and L. H. Hoover, *Georgius Agricola De Re Metallic* (translated from the first Latin edition of 1556), *The Mining Magazine*, London, 1912.
- (35) J. H. Wilson, *Herbert Hoover—Forgotten Progressive*, Little, Brown and Co., Boston, 1975.
- (36) Wilson, op. cit., pp. 22–23.
- (37) *Oxford English Dictionary*, second ed., Vol. VII, Clarendon Press, Oxford, 1989, p. 374.
- (38) W. H. Brock, *The Norton History of Chemistry*, W. W. Norton & Co., New York, 1993, p. 6. Brock notes that in Taoism, “Yang” is the male, hot principle, “Yin” is the female, cool principle. In Western alchemical beliefs, sulfur is the male principle (Sol) and mercury the female principle (Luna).
- (39) F. Vegetius Renatus, *Vier Bücher der Ritterschaft ... Mit einem zūsatz von Büchsen geschoss, Pulver, Fewrwerck, Auff ain newes gemeeret unnd gebessert, Gedruckt durch Heinrich Stainer*, Augsburg, 1529. The author is grateful to The Roy G. Neville Historical Chemical Library for supplying a copy of the woodcut in Figure 2–24.
- (40) The Roy G. Neville Historical Chemical Library; catalogue in preparation. I am grateful to Dr. Neville for helpful discussions.
- (41) Alessandro Capo Bianco, *Corona e Palma Militare di Arteglieria. Nella quale si tratta dell' Inventione di essa, e dell' operare nella fattioni da Terra, e Mare, fuochi artificiati da Giucco, e Guerra; & d'un Nuovo Instrumento per misurare di stanze. Con una giunta della fortificatione Moderna, e delli errori scoperti nelle fortezze antiche, tutto a proposito per detto essercitio dell' Artiglieria, con disegni apparenti, & assai intendentii. Nova composta, e data in luce. Dallo strenuo Capitano Alessandro Capo Bianco ... Appresso Gio. Antonio Rampazetto*, Venice, 1598.

- (42) C. S. Smith and M. T. Gnudi, *The Pirotechnia of Vannoccio Biringuccio* (English transl.), The American Institute of Mining and Metallurgical Engineers, New York, 1942, pp. 409–416. This is the first English translation of Biringuccio's *De La Pirotechnia* published in Venice in 1540.
- (43) Smith and Gnudi, op. cit., pp. 434–435.
- (44) The author thanks The Roy G. Neville Historical Chemical Library (California) for supplying this image from the 1540 edition of *De La Pirotechnia*.
- (45) J. Hudson, *The History of Chemistry*, The Macmillan Press Ltd., Hampshire and London, 1992, p. 22.
- (46) J. R. Partington, *A History of Chemistry*, Macmillan and Co., Ltd., London, 1961, Vol. 2, p. 6.
- (47) T. L. Davis, in *Chymia*, T. L. Davis (ed.), Vol. 2, University of Pennsylvania Press, Philadelphia, 1949, pp. 99–110.
- (48) Partington, op. cit., p. 377.
- (49) D. M. Considine (ed.), *Van Nostrand's Scientific Encyclopedia*, seventh edition, Van Nostrand Reinhold, New York, 1989, pp. 1104–1105.

الجزء الثالث

الأدوية والمطهرات والمرادم

(١) بهجة الكتب ذات قطع الستة عشر

إن التباهـي فرحاً بشراء كتاب ذي نصٌّ «وقور» كمثل الذي بين يديك أضرـبُ من الترف، والأـنانية، وعدم الليـاقـة، بل الوقـاحةـ. ومع ذلكـ، ما من إنـكارـ لأنـ هذا النـصـ مـميـزـ على نحوـ غيرـ مـأـلـوفـ، وحـماـقةـ المـبالغـةـ في التـرـفـ لـيـسـ مـسـتـبعـدةـ عـلـيـهـ. إنـ منـ بـينـ أـعـظـمـ مـتـجـعـ جـمـعـ الكـتـبـ «صـيدـ الـكتـبـ النـادـرـةـ». وجـامـعـ الـكتـبـ الـخـالـصـ سـيـكـونـ باـسـتمـارـ مـتـيقـظـاـ لـلـفـريـسـةـ وـمـسـتـعـداـ لـلـانـقـضـاضـ عـلـيـهاـ وـالـتهـامـهاـ فيـ أيـ لـحظـةـ مـنـاسـبـةـ. يـعرـضـ الشـكـلـ ١-٣ـ صـفـحةـ العـنـوانـ منـ الطـبـعـةـ الـأـوـلـىـ الـحـقـيقـيـةـ الـبـالـغـةـ النـدرـةـ منـ النـصـ الـمـهـمـ الـذـيـ يـعـودـ إـلـىـ الـقـرنـ السـابـعـ عـشـرـ الـذـيـ أـلـفـهـ نـيـكـوـلاـسـ لـوـفـيـفـرـ (ـالـمـتـرـجـمـ فيـ الـطـبـعـاتـ الإـنـجـليـزـيـةـ إـلـىـ نـيـكاـسيـوسـ لـوـفـيـفـورـ). نـسـرـتـ الـطـبـعـةـ الـفـرـنـسـيـةـ الـأـصـلـيـةـ فيـ بـارـيسـ فيـ عـامـ ١٦٦٠ـ، لـكـنـ الـمـصـادـرـ الـخـبـيرـةـ الـمـعـادـةـ لـاـ تـتـحدـدـ إـلـاـ عـنـ طـبـعـةـ إـنـجـليـزـيـةـ الـأـوـلـىـ صـدـرـتـ عـامـ ١٦٦٤ـ وـطـبـعـةـ ثـانـيـةـ صـدـرـتـ عـامـ ١٦٧٠ـ.^{٣,٢,١} وـبـيـنـماـ يـدـرـجـ الـمـتحـفـ الـبـرـيـطـانـيـ^٤ نـسـخـةـ منـ طـبـعـةـ عـامـ ١٦٦٢ـ (ـالـتـيـ تـشـكـلـ فـعـلـيـاـ النـصـ الـأـوـلـىـ مـنـ الـطـبـعـاتـ الـلـاحـقـةـ)، يـبـدـوـ أنـ هـذـهـ الـطـبـعـةـ شـبـهـ مـجـهـولـةـ. لـقـدـ اـشـتـرـيـتـ نـسـخـتـيـ منـ مـوـقـعـ مـزاـدـاتـ الـذـائـعـ الصـيـتـ عـلـىـ شـبـكـةـ الـإـنـتـرـنـتـ، وـقـدـ تـأـحـرـتـ عـنـ موـعـدـ نـومـيـ الـمـعـادـ ثـلـاثـ سـاعـاتـ لـلـفـوزـ بـهـذـاـ الـكـتـبـ. صـدـرـتـ الـطـبـعـاتـ الإـنـجـليـزـيـةـ فيـ كـتـبـ مـنـ قـطـعـ الـأـرـبـعـةـ، بـمـعـنـىـ أـنـ كـلـ وـرـقـةـ طـبـاعـةـ أـصـلـيـةـ قدـ طـوـيـتـ مـرـتـيـنـ لـتـنـتـجـ أـربعـ صـفـحـاتـ. أـمـاـ الـكـتـبـ مـنـ قـطـعـ الـثـمـانـيـةـ –ـ وـهـوـ الـقـطـعـ الـحـدـيـثـ الـأـشـيـعـ لـلـكـتـبـ –ـ فـيـتـطـلـبـ طـوـيـ وـرـقـةـ طـبـاعـةـ الـعـادـيـةـ ثـلـاثـ مـرـاتـ، لـتـخـرـجـ ثـمـانـيـ صـفـحـاتـ، فـيـ حـينـ تـنـتـجـ وـرـقـةـ الـطـبـاعـةـ الـأـصـلـيـةـ فـيـ حـالـةـ قـطـعـ الـسـتـةـ عـشـرـ سـتـ عـشـرـ صـفـحةـ.^٦

أـلـقـىـ لـوـفـيـفـرـ عـدـةـ مـحـاـضـرـاتـ عـامـةـ قـيـمـةـ عـنـ الـكـيـمـيـاءـ فـيـ الـقـرنـ السـابـعـ عـشـرـ فـيـ فـرـنـسـاـ، وـعـيـنـ مـحـاـضـرـاـ لـلـكـيـمـيـاءـ فـيـ الـحـدـيـثـ الـمـلـكـيـةـ فـيـ عـامـ ١٦٥٠ـ.^٣ كـانـ مـنـتـصـفـ الـقـرنـ السـابـعـ عـشـرـ

A
Compendious Body
OF
CHYMISTRY,
Which will serve
As a Guide and Introduction both for understanding
the Authors which have treated of
The Theory of this SCIENCE in general;
And for making the way Plain and Easie to perform,
according to Art and Method, all Operations, which
teach the Practice of this ART, upon
Animals, Vegetables, and Minerals,
without losing any of
The ESSENTIAL VERTUES contained in them.

By N. le FEBURE Apothecary in
Ordinary, and Chymical Distiller to the King of
France, and at present to his Majesty of Great-Britain.

LONDON,
Printed for Tho. Davies and Theo. Sadler, and is to be sold
at the sign of the Bible over against the little North-door of
St. Paul's-Church, 1662.
— ٣ —

شكل ١-٢: صفحة العنوان من الطبعة الإنجليزية البالغة الندرة الصادرة عام ١٦٦٢ من كتاب لوفيفر الشهير، والتي يشاع أنها نُشرت لأول مرة في عام ١٦٦٤. مثل هذه الاكتشافات لا تُقدر بثمن بالنسبة إلى جامعي الكتب النادر الذين يقتلون عائلاتهم وأقاربهم وأصدقاءهم المؤسأء مللاً من رواياتهم التفصيلية عن رحلاتهم الناجحة لصيد الكتب.

فترة أزمات في كل أنحاء أوروبا؛ حيث شاع ضعف المحاصيل، والمجاعات، وانتشر الفقر المدقع، وراحت رحى الحروب تدور بين الفينة والأخرى، وانقسّمت الولاءات وتحوّلت بين النبلاء والملوك، كل ذلك على خلفية الصراع السائد بين الكاثوليكيين والبروتستانت.

استفحل نفوذ حركة الإصلاح البروتستانتي في فرنسا في القرن السادس عشر، ويرجع ذلك وأضحت عبر الحروب الدينية التي اندلعت في النصف الآخر من القرن نفسه. فُلد أحد الآباء المؤسسين للفكر البروتستانتي، وهو جون كالفين، في فرنسا (عام ١٥٠٩) واعتنق البروتستانتية وهاجر في عام ١٥٣٤ إلى جنيف، حيث أسس كنيسة نموذجية (١٥٥٩-١٥٤٧) وكتب عدة نصوص مقدّسة مؤثرة. كان الملك الكاثوليكي هنري الثاني (١٥٥٩-١٥٤٧) يحكم بالحديد والنار، وقد كان لذلك أثر في صعود البروتستانتيين الأكثر صرامةً، مثل الكالفينيين أو الهووجونت الفرنسيين. لكن الأمر الغريب أنَّ الوصية على العرش كاترين دي ميديتشي – الملكة والدة تشارلز التاسع – حاولت أن تسلك نهجًا أكثر اعتدالًا، مما أثار ردودًّا فعلًا عنيفة من الكاثوليكين أصحاب النفوذ، وردودًّا فعلًا مضادةً من الهووجونت. وهكذا باتت فرنسا تواجه خطر الانقسام خلال النصف الأخير من القرن السادس عشر؛ فوقع الملك القوي هنري الرابع مرسوم نانت عام ١٥٩٨، والذي كفل الحرية الدينية للهووجونت في أجزاء محددة من فرنسا، وأعطى لهم الحق في بناء القلاع (تحسُبًا).

خلال النصف الأول من القرن السابع عشر، وتحديديًا في أوائل عهد الملك لويس الثالث عشر (١٦١٠-١٦٤٣)، كانت المخاطر المهدّدة للاستقرار مستمرة. في أوائل هذا العهد، التفتت أنظار البيت الحاكم إلى إحدى الشخصيات العظيمة في التاريخ الفرنسي، وهو الكاردينال ريشيليو، وبحلول العام ١٦٢٤، كان ريشيليو كبير وزراء الملك. كرس ريشيليو القوّي نفسه لترسيخ السلطة الملكية والدينية. وقد تُوفي في عام ١٦٤٢، وتوفي الملك لويس الثالث عشر في عام ١٦٤٣. لم يكن لويس الرابع عشر (الملقب بـ«الملك الشمس») قد أتم عame الخامس عندما اعْتلى العرش، وفي فترة وجيزة أصبح قائدًّا كاثوليكيًّا آخر بالغ التأثير، وهو الكاردينال مازارين، صاحب السلطة المطلقة في فرنسا. وفي عام ١٦٤٨، اندلعت سلسلة من حركات التمرد، وقُضي عليها جميعًا بحلول عام ١٦٥٣. ومع ازدياد حدة التعصُّب، انتقل لو فيفر إلى لندن في عام ١٦٦٠. وهاجر آخرون — من ضمنهم الجراح مويس شاراس — كذلك خلال هذه الفترة. كان لويس الرابع عشر «يرى نفسه نائباً للرب على الأرض واعتبر كل أعمال العصيان والتمرد آثمة».٧ وقد أعلن نفسه ملكًا صاحب سلطة مطلقة في العام ١٦٦١، وفي عام ١٦٨٥، ألغى مرسوم نانت، مما سبَّ تفكُّكًا كبيرًا ومايَّاً عظيمًا. أسس لويس الرابع عشر في حياته مبدأً عظمة فرنسا التي

ربما يكون قصر فرساي الذي بناه هو أفضل ما يرمز إليها، وقد قُدرت تكلفة بناء ذلك القصر بما يعادل تكلفة بناء مطار محلٍ حديث.⁷ ولربما كان أسلوبه المسرف وخليقه إنذاراً بسقوط الملكية الفرنسية. مات الملك لويس في عام ١٧١٥، وحمل جثمانه في موكبٍ أثار سخرية العامة.⁷

دخل لوفيفير إنجلترا في عام ١٦٦٠ مع بداية عصر استرداد الملكية الإنجليزية. كانت حمّيَّة البروتستانت الدينية قد أطاحت بالملكية الإنجليزية التي كانت متمثلة آنذاك في شخص الملك تشارلز الأول عام ١٦٤٩. وكان ذلك ذروة الصراع الديني الذي بدأ مع انشقاق الملك هنري الثامن بكنيسة إنجلترا عن روما في عام ١٥٣٤. وازدادت قوة البروتستانتية في ظل حكم الملك إدوارد السادس؛ إلا أنه في عهد الملكة ماري (١٥٥٣-١٥٥٨)، صعد الكاثوليك إلى سُدَّة الحكم، وُقتل كثيرٌ من البروتستانت وفرَّ آخرون، بعضهم إلى جنيف حيث تأثروا بأفكار كالفين. لكنَّ تتويج الملكة إليزابيث الأولى في عام ١٥٥٨ أعاد السلطة إلى البروتستانت مرةً أخرى، لكنَّ تعاملها المعتدل أحبط الطوائف الأكثر تطرفاً، والذي أطلق على البعض منهم «البيوريتانيون» أو التطهيريون. سعى البيوريتانيون إلى «تطهير» البروتستانتية من آخر آثار الكاثوليكية، ومارسوا ضغوطاً متزايدة على حكام إنجلترا. هاجر بعض هذه الجماعات البيوريتانية إلى أمريكا، حيث أسسوا مجتمعات في فيرجينيا ونيو إنجلاند. زادت الضغوط خلال عهد تشارلز الأول (١٦٤٩-١٦٢٥) وبلغت منتهاها في انقلاب عسكري أطاح بالملكية وسلم زمام الأمور إلى القائد العسكري أوليفر كرومويل. وقد وقعت أحداث الاضطهاد العظيم نحو نهاية هذه الحقبة التي طالت لعَدَ من الزمان، وساعد البيوريتانيون المعتدون أخيراً في استعادة الملكية، واعتلى تشارلز الثاني عرش إنجلترا.

بدءاً من حوالي عام ١٦٤٥، بدأ علماء من لندن وأكسفورد وكليات أخرى في عقد لقاءات فيما عُرف بـ«الكلية الخفية». تطور هذا التنظيم المفكَّ إلى الجمعية الملكية في لندن لتحسين المعرفة الطبيعية، والتي تأسست في عام ١٦٦٠ وأصدر لها الملك تشارلز الثاني ميثاق تأسيس عام ١٦٦٢. ليس واضحاً مدى حماس الملك تجاه جمعيته الملكية تلك، لكن هذه الجمعية أبقيت البيوريتانيين الذين هيمنوا على الجامعات وكلياتها مشغولين. وفي عام ١٦٦٣، أصبح لوفيفير أحد الأعضاء الأوائل في الجمعية الملكية.³ وباتت إنجلترا منارة لرجال العلم.

من الممتع أن تقرأ مقدمة لوفيفير التي يستعرض فيها قدم المعرفة الكيميائية، على الرغم من أن المقدمة نفسها تتناول موضوعات دينية:⁸

إذن من المعروف لنا أن موسى أخذ العجل الذهبي، الذي كان يعبده بنو إسرائيل، وحرقه حتى فتّه إلى مسحوق، وجعل من عباده يشربون هذا المسحوق تائياً وعقايباً لهم على خطيبتهم. لكن ما من أحد عمل في أسرار هذا الفن، مهما قلل شأنه، يمكن أن يمكن أن يجعل أن الذهب لا يمكن أن يتحول إلى مسحوق بالتكلس (الحرق)، إلا إذا حدث ذلك بغمراه في الماء الملكي، أو بخلطه مع الزئبق أو إسقاطه، وكل عملية من هذه العمليات الثلاث ليست معروفة إلا لهؤلاء المتمرسين تماماً في الجانبين العملي والنظري من الكيمياء.

فهل كلّ موسى العجل الذهبي فعل؟ يبدو ثابتاً بما يتجاوز الشك المعقول أن المياه الملكية لم تكن معروفة في القرن الثالث عشر قبل الميلاد. ولم تنتشر عمليات الإسقاط الكيميائية إلا بعد ألفية أخرى تقربياً من ذلك الوقت على الأقل. كان التملغم احتمالية كيميائية واردة، لكننا نفترض أن موسى أراد عقاب قومه، لا تسميمهم. كذلك ثمة إماح إلى احتمالية أن يكون العجل صُنْع من الرخام (الحجر الجيري).⁹ ومن ثم، كان شراب من مسحوق العجل ليُصبح علاجاً ممتازاً للبطون المضطربة بعد احتفال تلذُّذ ممتد (انظر في الجير حقيقة [الجزء الرابع: علم وليد، القسم التاسع]).

(٢) الصيدلاني المحتك

كان كتاب لوفيفير «الدليل الشامل في الكيمياء» (انظر المقال السابق) بارزاً؛ نظراً لوضوحه فيما يتعلق بصناعة المعدات وتنفيذ العمليات الكيميائية. في الشكل ٢-٣(a)، نرى فرن فلاسفة أو تنوراً «بالغ الفخامة» بكل ملحقاته. من الواضح أن تشارلز الثاني قد قدم دعمه الملكي إلى «أستاذه الملكي في الكيمياء» والذي كان «يمتهن الصيدلة» أمام العائلة المالكة.¹⁰ (يمكنني تخيل المفاوضات للحصول على «أموال للبدء»، ونفقات الانتقال لإحضار هذا الأستاذ الشاب من باريس. هل كان التعين الفوري في الوظيفة جزءاً من الاتفاق؟ هل كانت هيئة التدريس مشاركة في الأمر، أم أن التعين تمّ بمرسوم ملكي؟)

كانت الحرارة المُنبعثة من التنور يتم توصيلها حسب الحاجة إلى حمام الماء الساخن الملحق به على اليمين وكذلك إلى حمام الرمال الملحق به على اليسار في الشكل ٢-٣(a).

四

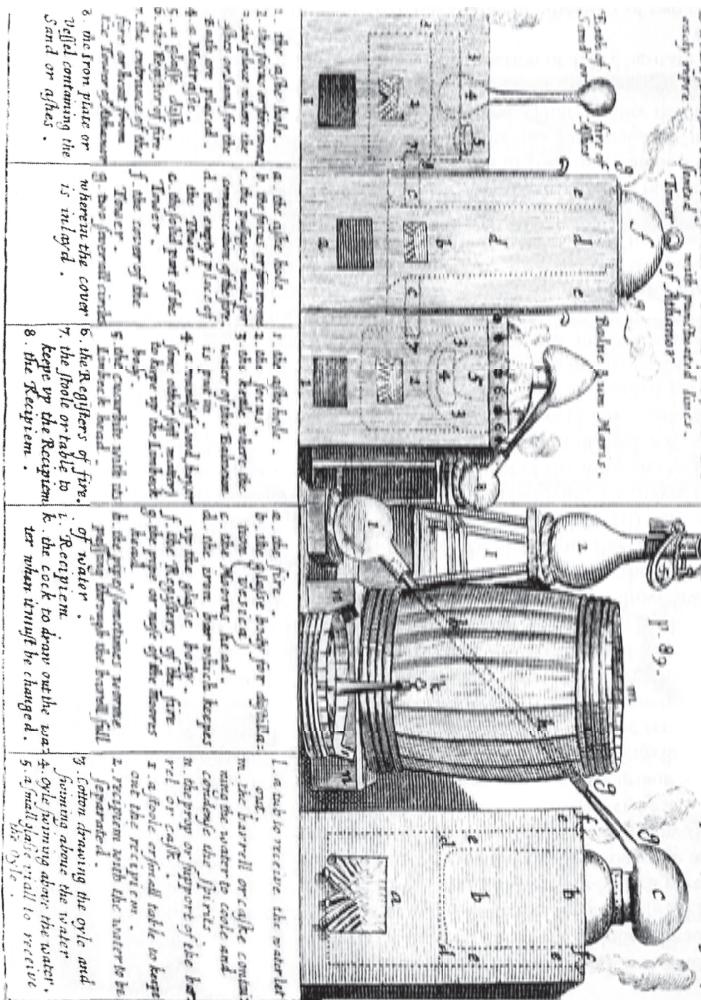
It is to be noted in these Figures and the following that there are some geometrical forms Optical made with a Microscope better to determine the internal parts, which are easily recognisable with magnified lenses.



10

*Veterinärpraxis
der Universität Regensburg.*

*furnace and Vessel
for the Distillation of Water
Spirits, and Oyls.*

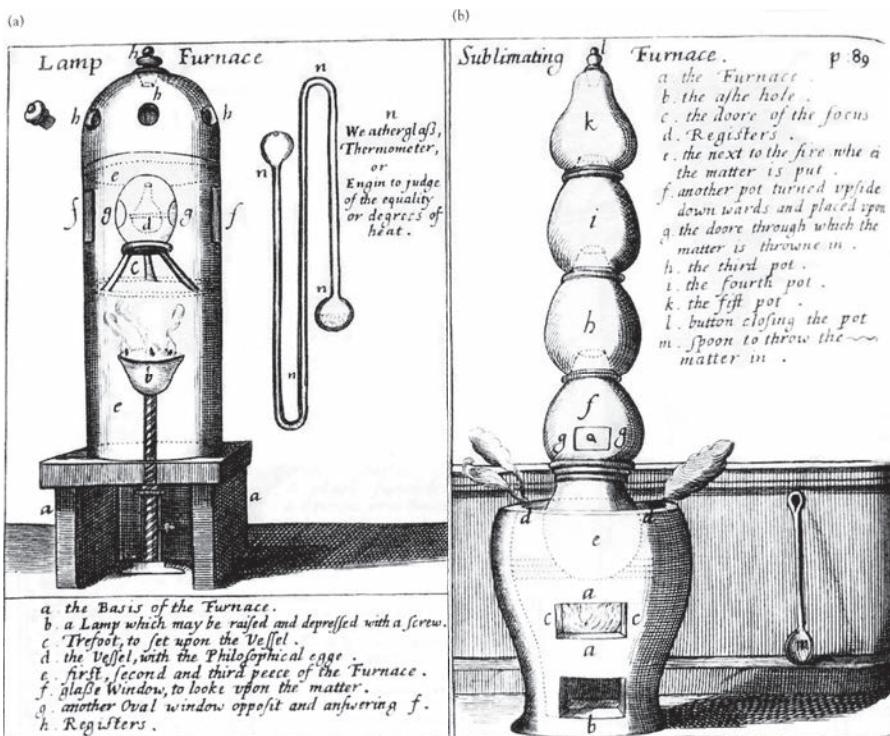


- | | |
|--|--|
| 1. the <u>g</u> hole. | a. the other hole. |
| 2. the <u>g</u> enforcement. | b. the first or <u>g</u> movement. |
| 3. the place where the
shells are loaded for
each one placed. | c. the <u>g</u> position. |
| 4. as <u>g</u> Martello. | d. the <u>g</u> place of the
communications of the
person. |
| 5. a <u>g</u> ditch. | e. the <u>g</u> place of
the <u>g</u> Thayer. |
| 6. a <u>g</u> battery of five. | f. the <u>g</u> child part of
Tamer. |
| 7. the <u>g</u> expense of the
fire and <u>g</u> expenses. | g. the <u>g</u> cover of the
cover. |
| 8. the <u>g</u> iron plate or
<u>g</u> vessel containing the
sand or <u>g</u> ash. | h. two <u>g</u> several consider-
wherein the cover |

وكان لكلٌ من حمام الماء الساخن وحمام الشمس أفرانهما الخاصة لإجراء العمليات المتخصصة. وكان التنور نفسه يُستخدم بوجه عام لإجراء العمليات التي يُستخدم فيها وعاء مُحكم الغلق أو بيضة الفيلسوف.

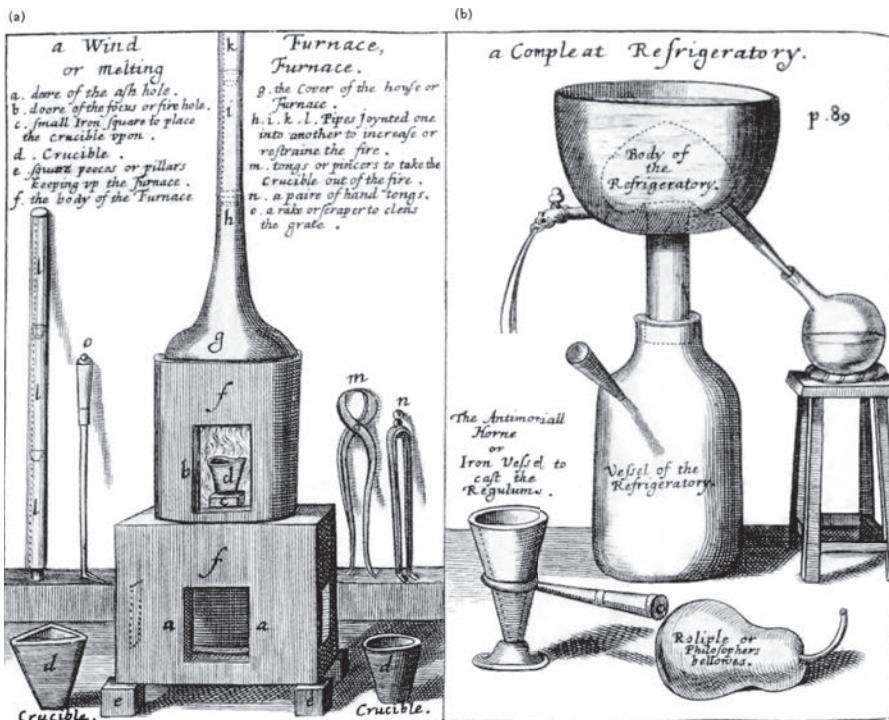
أما الشكل (b)، فيصور جهازاً لتنقير الكحول، والأرواح (الزيوت) الطيارة الأخرى. ينزل ذلك الأنبوب الطويل المستقيم «الدودة» h من القارورة الشبيهة بالملحق c من خلال برميل مملوء بالماء البارد لتكثيف المحلول المقطر. وعند إضافة الماء، كمادة مذيبة للأغشى، أو الأزهار، أو أعضاء الحيوانات المسحوقة، تتشكل مادة زيتية، أحياناً ما تقطر بالبخار، لتشكيل طبقة تعلو سطح الماء المُتجمّع في وعاء الاستقبال i . كان الزيت يُجمع بالخاصية الشعرية من خلال غمس قطعة من القطن في طبقة الزيت وتركها لتَصْرِف ما بها من زيت في القنية الزجاجية الصغيرة.⁵

أما الفرن ذو المصباح (المصوّر في الشكل (a)) الذي يستخدمه الفنانون محبو الاستطلاع في إجراء كثيرٍ من العمليات الكيميائية، فكان يُصنَّع من الطمي، ومصمم بحيث يتحكم بدقة في درجات الحرارة الأكثر انخفاضاً. وكان التحكم يحدث عن طريق المقبض الملحق بالمصباح b ، بالإضافة إلى عدد الفتائل المحترقة في الوقت نفسه في المصباح. أما الجانب الأروع في هذا الشكل فهو الأداة n : فهو «مقاييس الضغط الجوي، أو ميزان الحرارة، أو المحرك الذي يُستخدم لقياس شدة الحرارة أو درجاتها». كانت فكرة قياس الحرارة لا تزال في مدها في ذلك الوقت؛ إذ لم تكن طبيعة الحرارة مفهوماً. وقد أوضح بويل أن تيار الهواء يكون أكثر برودة من الهواء الساكن؛ لأنَّه «يسحب «التيارات الدافئة من الجسم»، التي تحمي الجلد بطبيعة الحال من البرودة المحيطة». ويبدو كذلك أنه يخترق مسام الجسم أكثر من الهواء الساكن.¹¹ كان ميزان الحرارة الخاص بلوفير يحتوي على بعض الماء في البصيلة السُّفلَى (على اليمين)، وشريط من الماء المصبوغ في الحلقة السُّفلَى، وثبت في البصيلة العليا. كانت البصيلة السُّفلَى تُركَب داخل الجزء المخصوص لها لتسُتشَّعَر، فتنتقل حرارة الماء في البصيلة إلى الهواء الذي يُحرِك عمود الماء المصبوغ. وكان الغرض من ذلك هو تحسين تناজبية أو إمكانية تكرار العمليات الكيميائية. وبعد نحو ٦٠ عاماً من ذلك، جعل هيرمان بورهافا ميزان الحرارة جزءاً لا غنى عنه في العمليات الكيميائية.^{12,11} وكان فرن التسامي (المبين في الشكل (b)) يحتوي على عدد من أوعية التكتيف التي تُبرد بفعل الهواء المحيط؛ وعلى هذا النحو تُجمَع المواد الكيميائية المتسامية الأقل تطايرًا جميعاً في الوعاء f ، والمواد المتسامية الأكثر تطايرًا في الوعاء k .



شكل ٣-٣: كان يُستعان بtermometer بدائي (n) في الفرن ذي المصباح في يسار الصورة لزيادة إنتاجية العمليات الكيميائية التي يُستخدم فيها. وفي الصورة اليمنى، كانت المواد المتسامية التي يتم الحصول عليها في الوعاء تتكتّف من خلال التبريد الهوائي (من كتاب لوفيفر «الدليل الشامل في الكيمياء»).

كان فرن الرياح (المُوضَّح في الشكل ٤-٣(a)) يُستخدم لعمليات صهر المعادن والفلزات وتزجيجها، وكان ذا فاعلية استثنائية في الحصول على شكل نقِّيٍّ من أي معدن. في الشكل ٤-٣(b)، يُبرد الإنبيق في حمام ماء بارد لا في الهواء كما في الشكل ٢-٣(a). ويُظهر الشكل ٥-٣(a) رفًا تراصًّ عليه أوانٌ زجاجية، وفيها قطعتي المفضلة، الإنبيق المزدوج، وهو الإنبيق رقم ٥، والذي رمز إليه بورتا رمزاً إيحائياً في عام ١٦٠٨ كرجل

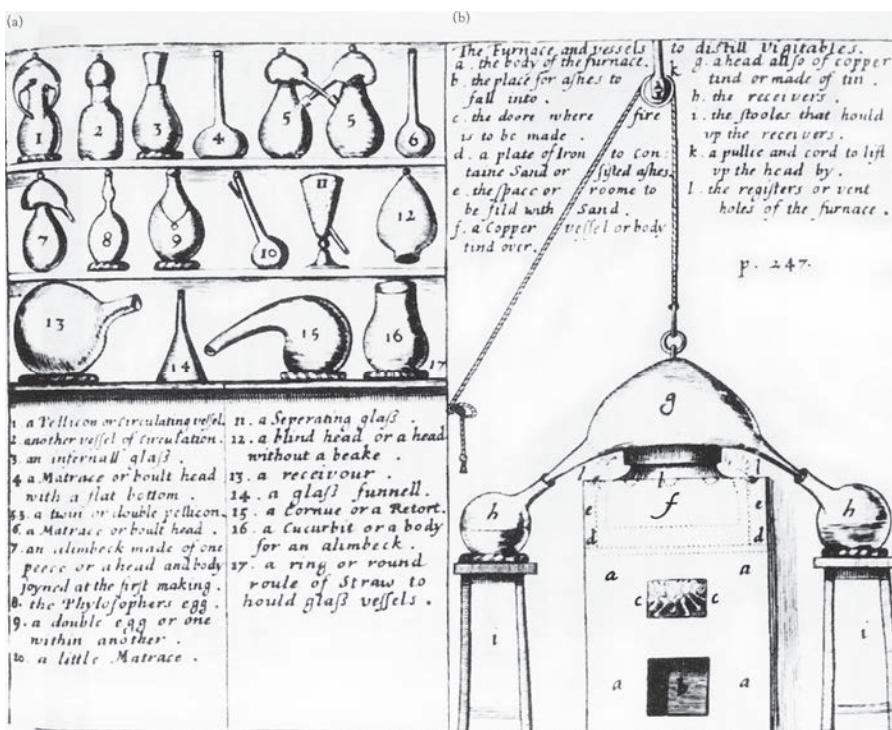


شكل ٤-٣: على يسار الصورة، فرن الرياح المستخدم للحصول على أنقى صورة من معادن مختلفة؛ أما الإنبيق في الصورة اليمنى، فيستعين بالماء البارد وليس الهواء لتكثيف «الأرواح» المقطرة (من كتاب لوفيفير «الدليل الشامل في الكيمياء»).

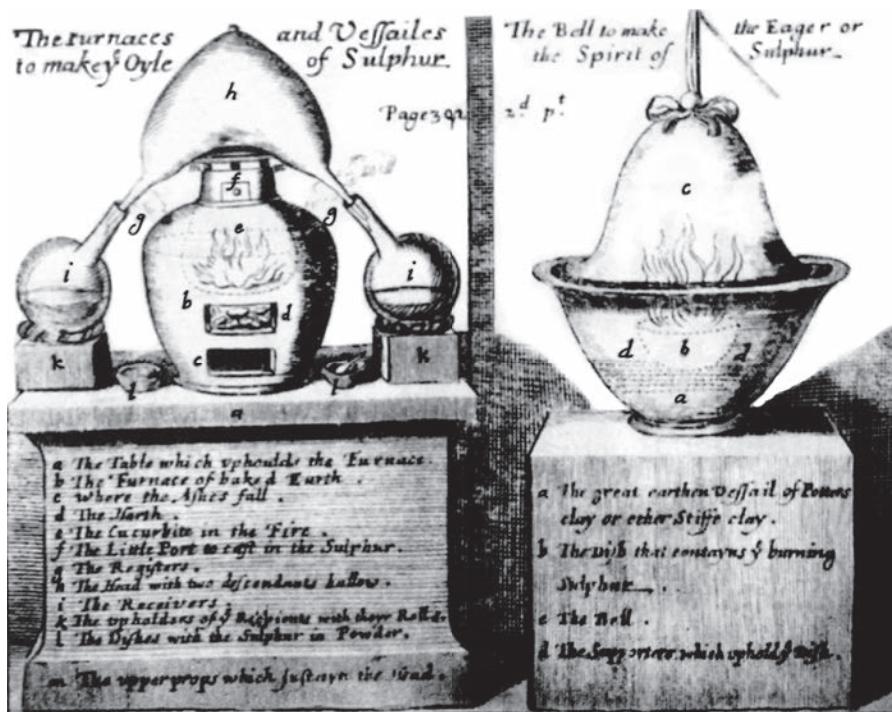
وامرأة يتبارلان سوائلهما الجسدية.¹³ أما العنصر ٣ في الشكل ٣(a)، فقد أطلق عليه اصطلاحاً «كأس العذاب» أو «الجحيم»؛ وذلك لأنه ما من شيء يوضع فيه يمكنه التسرب، وتلك أيضاً وظيفة بيضة الفيلسوف. في الواقع، يمثل العنصر ٩ جهاز «بيضة داخل بيضة»، وهو أداة خاصة بلوفيفير لها نفس وظيفة الإنبيق ٣. ونُطلق على هذا الإنبيق على مضمض «جحيم لوفيفير الصغير الخاص».

أما الأداة الموضحة في الشكل ٣(b)، فتَنطوي على فاعلية متأصلة مُتمثلة في احتواها على وعاءٍ تجميع. يمكن أن يكون هذا الإنبيق المزدوج أو رأس التقطير مصنوعاً

من الحديد في حالة تقطير النباتات أو في حالة تقطير حمض الكبريتيك والمواد الحمضية الأخرى (انظر الشكل ٦-٣)^{١٤}، يتطلب الأمر أوعية من القصدير أو مبطنة بالقصدير. أما في حالة تقطير الزئبق، بحسب ما يذكر لوفيفير، فلا يمكن استخدام أيّ أوعية معدنية فيه؛ نظراً لحدوث التملغم. وقد زار كاتب اليوميات صمويل بيبيس معمل لوفيفير في الخامس عشر من يناير من عام ١٦٦٩، «وهناك رأى عدداً مهولاً من الزجاجات وغيرها من الأدوات الكيميائية، لكنه لم يدرك وظيفة أي منها».^{١٥}



شكل ٥-٣: رُفٌ جميلٌ رُصَّت عليه أوان زجاجية تعود إلى القرن السابع عشر، وإنبيق تقطير مزدوج (رأس التقطير) يسمح برفع الأداة بالكامل عن الفرن إذا اقتضى الحال مثل هذا التدبير (من كتاب لوفيفير «الدليل الشامل في الكيمياء»).



شكل ٦-٣: تقطير حمض الكبريتิก في أوعية مبطنة بالقصدير (من طبعة عام ١٦٧٠ من كتاب لوفيفر «الدليل الشامل في الكيمياء»).

(٣) الآثار النادرة للذريان السماوية الساحرة

يتحرّر الأنتيمون بسهولة من الستيبنيت الخام Sb_2S_3 بتسخينه مع الحديد، وهو معروف منذ قرون. كذلك يمكن حرقه ثم يُسخن الأكسيد المكون على هذا النحو مع الفحم للحصول على المعدن.^{١٥} لكنه ظلّ أيضاً «لغزاً» طوال قرون؛ ففي حين يُعدُّ الأنتيمون معدنًا هشاً ذا لون أبيض مائل إلى الفضيّ، فإن له عدداً من المتأصلات (أشكال بنيوية مختلفة للذرات كما في الألاس والجرافيت – متآصلات الكربون) والتي تختلف في خواصها. يُنتج التكثُّف السريع لبخار الأنتيمون مادة صلبة لا فلزية ذات لون أصفر فاتح

تحول تلقائياً إلى فلز ما إن ت تعرض إلى أشعة الشمس.علاوةً على ذلك، تُظهر أكسيدات (تكلسات) الأنتيمون خواصًّا مثيرة. فحين يَحترق الأنتيمون يُصدر لهبًا أزرق براقًا، يتضاعد منه بخار سرعان ما يتكتّف إلى مسحوق أبيض Sb_2O_3 . يتحلل هذا الأكسيد في كلٍّ من الأحماض والقواعد؛ تذكّر أن أكسيد اللافلزات مثل الفوسفور والكبريت حمضية، بينما أكسيد الفلزات قاعدية بطبيعة الحال.¹⁶ والأكسيد الفلزية، مثل «الصدأ»، ليست متطايرة، في حين أن أكسيد الأنتيمون الثلاثي Sb_2O_3 متطاير. هل تذكّر الذئب في كتاب ماير «مقطوعات أتلانتا» (انظر الشكل ١٧-١)؟ إنه يرمز إلى المستيبنит (والأنتيمون نفسه أحياناً). تحدث التقنية الأخيرة للملك (الذهب) في النار؛ لأن الأنتيمون المختلط بالذهب يحترق ليشكل أكسيد الأنتيمون الثلاثي المتطاير، الذي يتسامي. وما لا يحتمل الشك أن معذناً كهذا «لا بد» وأن له خواصًّا علاجية فعالة. في الواقع، يعمل الدردي المقيئ (ملح طرطرات البوتاسيوم الأنتيمونية) كمُلِّين قوي المفعول (وكذلك الأنتيمون نفسه)، رغم ما لهذه المواد من سُمية أيضًا. وقد أشاد بازيل فالانتين في كتابه «موكب الأنتيمون» بالقيمة الدوائية للأنتيمون.¹⁷

وقد أجرى نيكولاوس لوفيفير تجارب كمية متأنية، واكتشف أن التكلسات التي تدخل فيها أشعة الشمس قد زادت كثافة الأنتيمون بدرجة مذهلة:¹⁸

لكن هؤلاء الذين يجهلون الأعمال النبوية والأثار النادرة للنار السحرية السماوية، المستمدّة من أشعة الشمس، بالاستعانة بكاسر للأشعة أو عدسة حارقة، لن يُصدقوا على الأغلب ما سأقوله وأوضّحه عن هذا الموضوع.

تُصمم «العدسة الحارقة» بقُطر يتراوح بين ثلاثة وأربعة أقدام (على الرغم من أن العدسة الحارقة المبينة في الشكل ٧-٣ أقل كثيّرًا)، ومصنوعة من قطعتين من الزجاج المقعر مملوuetين بالماء ومجططتين بغراء السمك.¹⁸ كان لوفيفير واعيًا بأن كلس الأنتيمون يمكن أن يُصنع أيضًا باستخدام النار (على سبيل المثال، من خلال إضافة المعدن إلى حمض النيتريك والتتسخين).¹⁸ وبذلك كان لوفيفير يستشرف الاكتشاف الذي توصل إليه مايو بعد عقد (انظر المقال التالي). ومع ذلك، فإنَّ عدم اكمال التفاعل الكيميائي، والذي يُشكّل الخلائق في النهاية على أي حال، والخسائر التي تحدث عند الاسترجاع كانت أقل كثيّرًا بالمقارنة بالنتائج التي تتحقّق من أشعة الشمس المقدسة. فقد وُجد أن الحرق



شكل ٧-٣: تكليس الأنتيمون باستخدام «النار السماوية» (من كتاب لوفيفير (١٦٧٠) «الدليل الشامل في الكيمياء»)، كان لوفيفير من أوائل الكيميائيين الذين اكتشفوا أن الكلس يكون أثقل من المعدن النظير.

الأوليَّ ١٢ ذرة (ما يعادل ٧٧٧,٠ جرام) من الأنتيمون ينتج دخانًا أبيض اللون (يقول عنه لوفيفير إنه ليس سوى أنتيمون «مُتسام») وكلسًا لا يزن أكثر من ٦ إلى ٧ ذرات (ما يُعادل ٤٥٣,٠ إلى ٣٨٨ جرام). والكلس المتكون على هذا النحو يظلُّ له نفس الخواص المُقيّدة لمسحوق الأنتيمون، لكنها أقلّ نوعًا ما. على الجانب الآخر، يصدر امتصاص «النار السحرية السماوية» ١٥ ذرة (ما يعادل ٩٧١,٠ جرام) من الكلس و١٢ ذرة (ما يعادل ٧٧٧,٠ جرام) من الأنتيمون.^{١٨} ونعرف فعلياً أن تحويل ١٢ ذرة (ما يعادل

٧٧٧ جرام) ينبغي أن ينتج حوالي ١٤,٥ ذرة (ما يعادل ٩٣٩,٠ جرام) من أكسيد الأنتيمون الثلاثي.

لكن الأمر الأكثر إثارةً للإعجاب، والأقل معقولية، هو أن الاشتتى عشرة ذرة تلك من المسحوق الأبيض ليست مقيدة ولا مليئة، ولكنها على العكس مسببة للتعرق ومنبّهة، والأمر الذي يستحق الإعجاب – لأسباب واضحة – هم الباحثون الأذكياء الحبُّون للاطلاع على أسرار الطبيعة، والأطباء بالغو الحكمة.

والمواد المسببة للتعرق تسبب العرق، الذي يُعدُّ مطهراً أخف من القيء. لم يكن لوفيفر أول من اكتشف أن الكلسات أثقل من المعادن؛ فقد لاحظ بيرينجوتشو ذلك في عام ١٥٤٠ ([انظر الجزء الثاني: المقطرات، وبوتقات فصل المعادة والأسلحة، القسم الثاني: كيمياء المعادن العملية]), وتوصلَ جون رى لهذا الاكتشاف بعد حوالي قرن. وعلى غرار بوويل، الذي توصلَ إلى هذا الاكتشاف، افترض لوفيفر أن هذه النار (والتي كانت في لغة بوويل تُسمى «جسيمات النار») تدخل بشكل ما في هذا التفاعل لزيادة وزن المعدن.¹⁹

(٤) أسرار سيدة خيميائية

رغم أن ما وصلنا عن حياة ماري موردراك،^{21,20} قليلاً جداً، فقد كانت أول امرأة تؤلف كتاباً مطبوعاً عن الكيمياء. وقد نُشر كتابها «الكيمياء سهلة وميسرة للنساء» لأول مرة في عام ١٦٥٦، أعقبه طبعات عام ١٦٨٧ وعام ١٦٨٤.²² الشكلان ٨-٣ و ٣٩ يُظهران صفحة العنوان وصورة صدر الكتاب من الطبعة الفرنسية الثالثة. كما صدر من الكتاب ست طبعات على الأقل بالألمانية وطبعه واحدة بالإيطالية.^{24,22} يشير آل راينر كانهام إلى أن عملها كان مبنياً على المواد الخيميائية الجوهرية الثلاث: الكبريت والزئبق والملح، لكنه قدّم مناقشات واضحة للعمليات الكيميائية المفيدة.²⁰ ويتألف الكتاب من ستة أجزاء:^{21,20}

الجزء ١: المبادئ والعمليات.

الجزء ٢: «الأدوية العشبية» – طرق التحضير والمعالجة.

الأدوية والمطهرات والمراءه

IA
CHYMBIE
CHARITABLE
ET FACILE,
EN FAVEUR DES DAMES.

TROISIEME EDITION.

Réserve & augmentée de plusieurs Pré-
parations nouvelles & curieuses.



A PARIS,
Chez LAURENT D'HOURY, rue
Saint Jacques, devant la Fontaine
S. Severin, au Saint Esprit.

M DC. LXXXVII.
Avec Privilège & Approbation.

شكل ٨-٣: الطبعة الثالثة (١٦٨٧) لأول كتاب كيمياء تنشره امرأة، وهي ماري موردراك. وقد نُشرت الطبعة الأولى في عام ١٦٥٦. هذا الكتاب الصادر في حجم الجيب أُهدي إلى السيدة الكونتيسة دو جيش ويفضم سوناتا مُهداة إلى كتاب الآنسة موردراك كتبتها الآنسة دي آي.

- الجزء ٣: الحيوانات.
الجزء ٤: المعادن.
الجزء ٥: تحضير الأدوية المركبة.
الجزء ٦: العناية بجمال السيدات وزيارته.



شكل ٩-٣: صورة صدر الكتاب الخلابة من كتاب ماري موردراك (انظر الشكل ٨-٣) الذي يُعد بإفشاء أسرار عن الكيمياء كانت خفية حتى تلك اللحظة.

وقد لخصت موردراك شكوكها بشأن نشر عملها في توطئة الكتاب:^{21,20}

حين شرعت في كتابة هذه الأطروحة، لم يكن الهدف منها سوى إرضاء نفسي والحفاظ على المعرفة التي اكتسبتها عبر وقت طويل من العمل، والتجارب المتكررة. لا أستطيع أن أخفي أنني لدى رؤيتي مكتملاً بأحسن مما كنتُ أتمنى، أغرتني فكرة نشره؛ لكن إذا كنت أملك الأسباب لإخراجه للنور، فقد كان لدى كذلك أسباب لإخفائه وعدم تعريضه للنقد العام.

إذا أخذنا واجهة صورة صدر الكتاب (الشكل ٩-٣) دلالةً، يبدو واضحاً أن مودراك أيضًا كانت تحفظ بأدوات الكيمياء مخفية وراء ستائرها الفاخرة. ولكن جاء في موضع لاحق من التوطئة:^{21,20}

على الجانب الآخر، شجعت نفسي بأنني لست أول امرأة تنشر شيئاً، وأن العقول لا جنس لها، وأن عقول النساء إذا تلقت من الرعاية والعناية مثل ما تتلقاه عقول الرجال، وإذا استثمرت في تعليم عقول النساء نفس القدر من الوقت والطاقة المبذولين في تعليم عقول الرجال، فإنهن سيكزن على قدم المساواة معهم.

وكان قد سبق هذا الاعتذار الزائف الواضح، الأبعد ما يكون عن الاعتذار، عن التجربة على تأليف كتاب بحالي ١٤٠ عاماً اعتذار زائف آخر بقلم العبرية إليزابيث فولهام²⁵ خلال تقديمها كتابها «مقال عن الاحتراق» في عام ١٧٩٤.²⁶

(٥) «الدعاء مع العمل»

يدرك أي كيميائي سبق له أن «جازف» المقوله الشاعرية المؤثرة للقديس بندىكت التيرسي: «الدعاء مع العمل». قد تفشل سلسلة من التجارب جيدة التخطيط والعقلانية في الوصول إلى النتيجة المتوقعة، فيما تنجح «مجازفة»²⁹ مدروسة (مجازفة بكل شيء — كإجراء عملية تسام فراغي ... في خطوة واحدة دون حسابات منطقية، على سبيل المثال). ربما يكون ذلك الكيميائي المجد في الشكل ١٠-٣ يُحاول «المجازفة» بينما يُمجدُ الرب الذي تجتمع كل حكمته الشاملة في وعاء التفاعل — بيضة الفيلسوف القابعة في التنور (فرن الفيلسوف). بل إنه يجمع ضوء الشمس، الذي يُشكّل «النار الفلسفية» عبر عدسات مُكَبِّرة. أما الكلمات التي تمرُّ ما بين الشمس والكيميائي، فمفاذها «أنت عاجز من دوني» (ربما يكون هذا تفسيراً لكلمات الرب):²⁷ ومن يد الرب إلى القنية مباشرةً، نتعلم أن «جوهر الحكم هو مخافة الله». ²⁷ هذه الصورة المطبوعة بقالب خشبي على صفحة كاملة مأخوذة من كتاب الماني منشور في عام ١٧٥٥.³⁰

يتشكّل هذا الكتاب «الوحى الإلهي في الطب والكيمياء والخيميا» من جزأين. يقال إن الجزء الثاني هو مخطوطه لم تُنشر ترجع إلى القرن الرابع عشر.³¹ فيما يضم الجزء الأول جدولًا أفردَت له ٣٣ صفحة عن الرموز الكيميائية (لا أدرى إن كانت حروفًا هيروغليفية)،³² مع تعريفات باللغتين اللاتينية والألمانية (انظر الشكلين ١١-٣ و ١٢-٣).



شكل ١٠-٣: «العمل مع الدعاء»؛ نصيحة مُفيدة للكيميائيين غير الملحدين واللادريين (من كتاب «الوحى الإلهي في الطب والكيمياء والخيميا» المنشور عام ١٧٥٥).

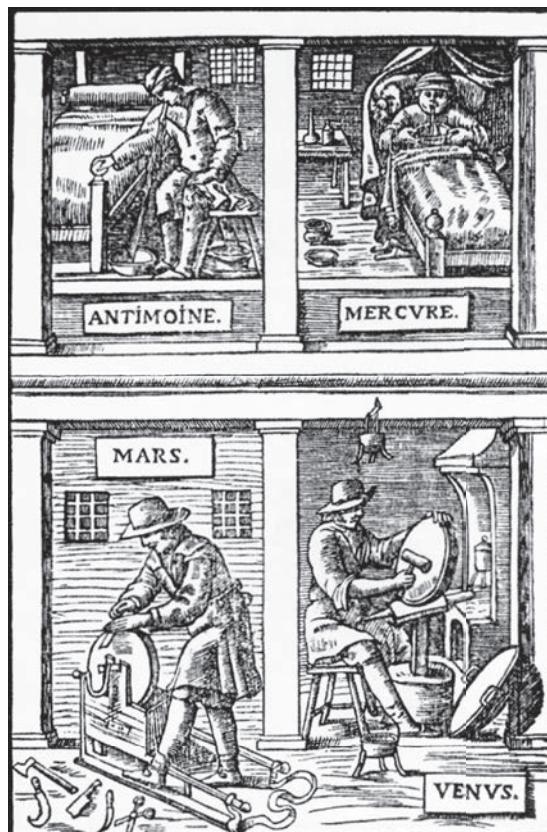
على سبيل المثال، ثمة تسعه رموز جملة للماء الملكي، ذلك محلول المكون من ١:٣ من حمض الهيدروكلوريك وحمض النيتريك الذي «يذيب» الذهب (في الواقع إنه يؤكسد الذهب أو «يُكلّسه» ليصبح AuCl_4^- علماً بأن التفاعل لا يتضمن الأكسجين). ومعظم هذه الرموز تُعد تمثيلات للماء (سواء كان مثلاً مقلوباً أو موجات) مقرونة بحرف R. أما ماء النار (حمض النيتريك)، فله على الأقل ٢٠ رمزاً ربما تعكس اختلافات في الخواص الكيميائية (فهو حمض إلى جانب كونه مادة مؤكسدة)، والتكونين، والاستخدامات. يُصور

شكل ١١-٣: لغة هيروغليفية خاصة بالكيمياء من كتاب «الوحى الإلهي في الطب والكيمياء والخيماء» الصادر عام ١٧٥٥ (انظر الشكل ١٠-٣).

الشكل ١١-٣ سبعة عشر رمزاً للفضة، بينما يضمُ الكتيب نفسه ٣٤ رمزاً مُتمايِزاً للذهب، و٣٥ رمزاً للزرنيخ، و٤٠ للرَّزْبَق، وحوالي ٥٤ رمزاً أو أكثر للإعدادات المختلفة للأنتيمون الرائج!

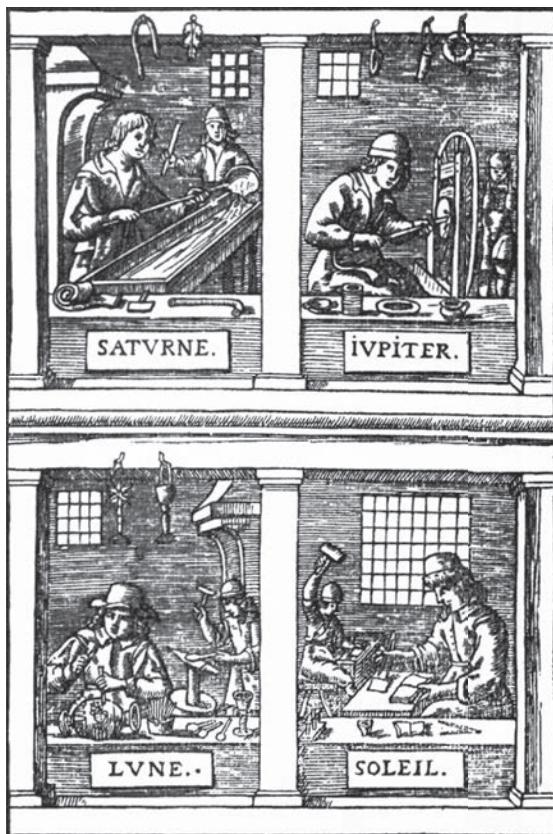
Benzoe flores, siehe Flores benzoe.		West-Indischer Bezoar.
Bezoar occidentalis.		Ost-Indischer Bezoar.
Bezoardicum Joviale.		Schweistreibend Zinn.
Bezoardicum lunare.		Schweistreibend Silber.
Bezoardicum martiale.		Schweistreibend Eisen.
Bezoardicum minrale.		Schweistreibender Spiegelglas-Röming.
Bezoardicum Saturinum.		Schweistreibend Blei.
Bezoardicum folare.		Schweistreibend Gold.
Bezoardicum venereum.		Schweistreibend Kupfer.
Bismuthum Marafita.		Wismuth.
Bolus alba.		Weisser Bolus.
Bolus armena, siehe armena bolus.		
Bolus communis.		Gemeiner Bolus. Borrax

شكل ١٢-٣: رموز هيروغليفية كيميائية إضافية من كتاب «الوحى الإلهي في الطب والكيمياء والخيميا» (١٧٥٥) (انظر الشكل ١٠-٣). يمكن تعريف «البازهر» بأنه «كتل صلبة تتربّب حول الماد الغريبة والتي توجد في جدران معدة أو أمعاء» الحيوانات، وبخاصةً الحيوانات المُجترّة.



شكل ١٣-٣: رسم توضيحي لاستخدامات فلزات الأنتيمون، والزئبق، والحديد (المريخ)، والنحاس (الزهرة). من الواضح أن كلاً من مركبات الأنتيمون والزئبق مُقيّنات فعالة، لكن نظرة إلى الصورة عن كثب من شأنها أن تشير إلى أن بعض المركبات الأنتيمونية تعمل كمُليّنات (مطهرات) فعالة كذلك (من كتاب «المسار المنهجي والصحيح للفيزياء» لباريليه ١٦٥٧)، بإذنِ من مكتبة روبي جي نيفل لتاريخ الكيمياء.

يُوضّح الشكل ١٢-٣ رموزاً للمعادن السبعة القديمة في «أشكالها البازهرية». وقد يُعرف «البازهر» بأنه «كتلة صلبة تتَرَسَّب حول مادة غريبة، وتوجد في معدة أو أمعاء بعض الحيوانات، وكان يُعتقد قديماً أنها علاج للتسمم». ^{٣٣} من الباقي أن الحيوانات



شكل ١٤-٣: استخدامات للرصاص (زحل)، والقصدير (المشتري)، والفضة (القمر)، والذهب (الشمس) (من كتاب «المسار المنهجي والصحيح للفيزياء» لباريليه (١٦٥٧)، بِإِذْنِ مَكْتَبَةِ روِي جِي نِيفِل لِتَارِيخِ الكِيمِيَا).

المجترة كانت قيمة إلى حد استثنائي؛ بسبب عمليات الهضم المعقدة في معداتها الم gioفة. أظنني لو كنت أُصبت بالتسنم، كنت سأحِبُّذ إنقاذ حياة عنزة، وأتخلى عن تلك الجرعة من الذهب البازهري — على قيمتها الثمينة — وأجرب حظي مع مُطهّر جيد قديم.



شكل ١٥-٣: معمل لمعالجة المواد المستخرّصة من الحيوانات في القرن السابع عشر (من كتاب «المسار المنهجي والصحيح للفيزياء» لبارليه³⁴، ١٦٥٧)، يازنٌ من مكتبة روبي جي نيفل لتأريخ الكيمياء).

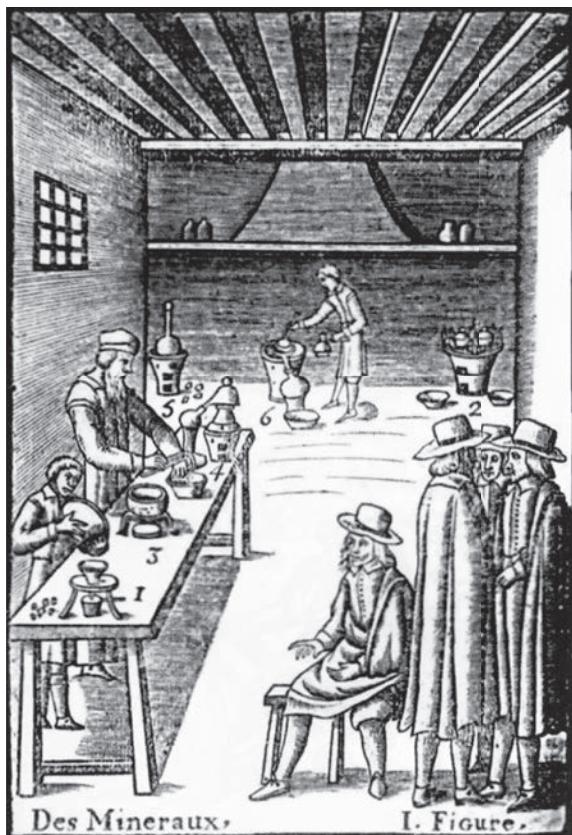
(٦) مطهر جيد قديم

أحدث باراسيلسوس ثورة في طب عصر النهضة من خلال استخدامه الأدوية الاصطناعية المستخرّجة من المعادن. فقد استخدم الكالومل Hg_2Cl_2 ³⁵ على سبيل المثال، كمطهر، ومن السهل تخيل تحرير الروح بإخلاء الجسم من كل «الأمزجة الضارة» والديدان المعوية. وقد أدرج كتاب «دستور أدوية لندن»³⁶ – الذي أُجيز ونشر لأول مرة من قبل



شكل ١٦-٣: معمل معالجة المواد المستخلصة من النباتات في القرن السابع عشر (من كتاب «المسار المنهجي والصحيح للفيزياء» لبارليه (١٦٥٧)، بإذن من مكتبة روبي جي نيفل لتاريخ الكيمياء).

الكلية الملكية للأطباء البشريين في لندن في عام ١٦١٨ – تركيبة من الكالومل، يُذاب فيها الزئبق في ماء النار (حمض النيتريك)، مع إضافة ملح البحر، ثم يُجمع الراسب ويُغسل بالماء. وقد كان التطهير القوي للأمعاء وسيلة من وسائل تطهير الجسم. فيما تتمثل وسيلة أخرى من وسائل تطهير الجسم في المقيّبات، تلك المواد التي تسبّب القيء المتكرر. وأكثر مرة أخرى، من السهل تخيل قدر الفائدة الطبية التي سيتحققها هذا الأمر



شكل ١٧-٣: معمل لمعالجة المعادن في القرن السابع عشر (من كتاب «المسار المنهجي والصحيح للفيزياء» لبارليه (١٦٥٧)، بإذن من مكتبة روبي جي نيفل لتأريخ الكيمياء).

في تنظيف المعدة من الأطعمة الملوثة أو السموم. ولعل أشهر تلك الأدوية كان الدردي أو الطرطير المقيء، أو طرطرات البوتاسيوم الأنتيمونية. وقد قدم هادريان مينسيشت تركيبة من هذه المادة تضمنت غليّ كريمة الدردي (تُستخلص طرطرات البوتاسيوم الهيدروجينية من رواسب النبيذ) مع كربونات الأنتيمون مع إتاحة عملية البلورة في مكان بارد.³⁷ وقد أثار استخدام الأنتيمون في الأغراض الطبية عاصفةً من الجدل في منتصف القرن السابع عشر؛ إذ كان معروفاً أن مرگبات الأنتيمون سامة للغاية.³⁸ ومع ذلك، فقد



شكل ١٨-٣: معمل لمعالجة الفلزات في القرن السابع عشر (من كتاب «المسار المنهجي والصحيح للفيزياء» لباريليه (١٦٥٧)، بإذن من مكتبة روبي جي نيفل لتأريخ الكيمياء).

حقق كتاب «موكب الأنثيمون» نجاحاً كبيراً، واستُخدِمت مُركَبات الأنثيمون كمُطهِّرات، ومقينات، ومسبيات للتعرق.³⁸ كذلك وأشار بعض الكتب على مدار القرنين السادس عشر والسابع عشر إلى «الذهب الصالح للشرب».³⁹ وكان هذا المركب يُعتبر دواءً لكل شيء، وهو عبارة عن صبغة الذهب، وكان مناسباً لمعالجة الحيوانات والنباتات و«المعادن» (وتحسينها). ومنطقياً، ربما كان ذلك محلولاً مخففاً من الذهب مذاباً في ماء ملكي (حمض الهيدروكلوريد إلى حمض النيتريك، بنسبة ١:٣).

الشكلان ١٣-٣ و ١٤-٣ من كتاب أنبيال بارليه المنصور في عام ١٦٥٧ «المسار المنهجي والصحيح للفيزياء». ^{٤٠} لم يُترك الكثير للخيال فيما يتعلق بفاعلية المركبات الأنتيمونية كمُقيّنات قوية (علاوة على كونها مطهرات فعالة). كذلك يُشير الشكل ١٣-٣ إلى أن أملاح الزئبق تُعد مطهرات لجميع الأغراض. أما الصور الست الأخرى في الشكلين ١٣-٣ و ١٤-٣، فتُصوّر عمليات استخلاص وتصنيع الحديد (كوكب المريخ)، والنحاس (كوكب الزهرة)، والرصاص (كوكب زحل) والقصدير (كوكب المشتري)، والفضة (لونا، أو القمر)، والذهب (سول، أو الشمس). يبدو أن بارليه كان يُدرس الكيمياء دون أن تكون له إسهامات فيها. ^{٤١} ورغم أن المعاصرين لبارليه قالوا عن الكتاب إنه محدود القيمة، فإن ما جاء فيه من رسوم للمعامل تعامل مع مُسْتَخَلَّصات الحيوانات (الشكل ١٥-٣)، ومُسْتَخَلَّصات النباتات (الشكل ١٦-٣)، والكيمياء المعدنية (الشكل ١٧-٣)، والكيمياء التعدينية (الشكل ١٨-٣) تُمَدِّنا برؤى كاشفة عن العمليات الكيميائية في القرن السابع عشر.

هواشم

- (1) J. Ferguson, *Bibliotheca Chemica*, Vol. II, Derek Verschoyle, London, 1954 (reprint of original edition of 1906), pp. 17–18.
- (2) D. Duveen, *Bibliotheca Alchemica et Chemica*, H&S Publishers, Utrecht, 1987 (reprint of original 1949 edition), pp. 345–346.
- (3) J. Read, *Humour and Humanism in Chemistry*, G. Bell and Sons Ltd., 1947, pp. 101–114.
- (4) British Museum Dept. of Printed Books. *General catalogue of printed books*. London Trustees, 1959–1966.
- (5) N. le Febure, *A Compendious Body of Chymistry Which will serve as a Guide and Introduction both for understanding the Authors which have treated of the Theory of this Science in general; And for making the way Plain and Easie to perform, according to Art and Method, all Operations, which teach the Practice of this ART, upon Animals, Vegetables, and Minerals, without losing any of the Essential Venues contained in them*, Thos. Davies and Theo. Sadler, London, 1662.

- (6) J. Carter, *ABC for Book Collectors*, fifth edition, revised, Alfred A. Knopf, New York, 1987, pp. 100–101.
- (7) *The New Encyclopedia Britannica*, Vol. 7, Encyclopedia Britannica, Inc., Chicago, 1986, pp. 500–501.
- (8) le Febure, op. cit., p. 2.
- (9) *The New Encyclopedia Britannica*, Vol. 24, Encyclopedia Britannica, Inc., Chicago, 1986, p. 374.
- (10) J. Read, *Humour and Humanism in Chemistry*, G. Bell and Sons Ltd., London, 1947, pp. 101–114.
- (11) J. Golinski, In *Instruments and Experimentation in the History of Chemistry*, F. L. Holmes and T. H. Levere (eds.), The MIT Press, Cambridge, MA, 2000, pp. 185–210.
- (12) A. Greenberg, *A Chemical History Tour*, John Wiley & Sons, New York, 2000, p 117.
- (13) Greenberg, op. cit., p. 39.
- (14) Figures 3–3 to 3–5 are common to all three of the English editions of Le Fèvre's book (1662, 1664, and 1670) while Figure 3–6 is not in the 1662 edition that is in reality the first half only of the latter two editions.
- (15) F. A. Cotton and G. Wilkinson, *Advanced Inorganic Chemistry*, fifth edition, John Wiley and Sons, New York, 1988, pp. 387–388, 401.
- (16) T. L. Brown, H. E. LeMay, Jr., and B. E. Bursten, *Chemistry—the Central Science*, seventh edition, Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ, 1997, pp. 841–843, 847–848.
- (17) A. Greenberg, *A Chemical History Tour*, John Wiley and Sons, New York, 2000, pp. 94–95.
- (18) N. le Febure, *A Compleat Body of Chymistry: Wherein is contained whatsoever is necessary for the attaining of the Curious Knowledge of this Art; Comprehending in General the whole Practice thereof; and Teaching the most exact preparation of Animals, Vegetables and Minerals, so as to*

preserve their Essential Virtues. Laid open in two Books, and Dedicated to the Use of all APOTHECARIES, & c., O. Pulleyn Junior, London, 1670,
pp. 212–217.

- (19) Greenberg, op. cit., pp. 109–111.
- (20) M. Rayner-Canham and G. Rayner-Canham, *Women in Chemistry—Their Changing Roles from Alchemical Times to the Mid-Twentieth Century*, American Chemical Society and Chemical Heritage Foundation, Washington, DC and Philadelphia, 1998, pp. 9–10.
- (21) L. O. Bishop and W. S. DeLoach, *Journal of Chemical Education*, Vol. 47, pp. 448–449 (1970).
- (22) D. I. Duveen, *Bibliochemica Alchemica et Chemica*, facsimile edition, HES Publishers, Utrecht, 1986, p. 401.
- (23) I am grateful to Ms. Elizabeth Swan, Chemical Heritage Foundation, for supplying these images.
- (24) J. Ferguson, *Bibliotheca Chemica*, facsimile edition, Vol. 2, Derek Verschoyle, London, 1954, pp. 92–93.
- (25) Rayner-Canham, op. cit., pp. 28–31.
- (26) A. Greenberg, *A Chemical History Tour*, John Wiley & Sons, New York, 2000, pp. 156–159.
- (27) I thank Professors Heinz D. Roth and Pierre Laszlo for help in the interpretation of Figure 3–10.
- (28) *The New Encyclopedia Britannica*, Vol. 2, Encyclopedia Britannica, Inc., Chicago, 1986, p. 97.
- (29) It is painful to confess, but over 20 years ago I found that rational, well-precedented syntheses failed to produce an exciting and previously unknown lactam. In desperation, I tried a thermal dehydration of the precursor amino acid under vacuum. Crystals of apparent product were obtained, and they were ... the starting material only. Drat! Almost

simultaneously, and completely independently, a research group at another university also found that the precedented reactions failed and these scientists also “punted” with a thermal dehydration under vacuum. They employed slightly different conditions than mine and were rewarded with a tiny yield of the desired compound (see H. K. Hall, Jr. and A. El-Shekeil, *Chemical Reviews*, Vol. 83, p. 549, 1983, which reviews this synthesis and their other outstanding work in this field). Perhaps I should have employed “philosophical” apparatus rather than simple glassware.

(30) *Medicinisch-Chymisch-Und Alchemisticches Oraculum, darinnen man nicht nur alle Zeichen und Abkürzungen, welche sowohl in den Recepten und Büchern der Aerzte und Apotheker, als auch in den Schriften der Chemisten und Alchemisten vorkommen, findet, sondern dem auch ein sehr rares Chymisches Manuscript eines gewissen Reichs*** beygefügert*, Ulm und Memmingen, in der Gaumischen Handlung, 1755.

(31) *Bibliotheca Alchemica Et Chemica*, H&S Publishers, Utrecht, 1986, p. 440. This is a reprint of the book published in 1949 by E. Weil, London and supplemented by Catalogue 62, H. P. Kraus, originally printed in 1953 by H. P. Kraus, New York.

(32) A. Roob, *The Hermetic Museum: Alchemy and Mysticism*, Taschen, Cologne, 1997, p. 600.

(33) *Webster's New World Dictionary of the American Language—College Edition*, The World Publishing Co., Cleveland and New York, 1964, p. 143.

(34) J. R. Partington, *A History of Chemistry*, Macmillan & Co., Ltd., London, Vol. 2, 1961, p. 145.

(35) A. Greenberg, *A Chemical History Tour*, John Wiley and Sons, New York, 2000, pp. 98–99.

(36) Partington, op. cit., p. 165.

(37) Partington, op. cit., pp. 178–179.

- (38) Greenberg, op. cit., pp. 94–95.
- (39) J. R. Glauber, *The Works of the Highly Experienced and Famous Chymist, John Rudolph Glauber: Containing, Great Variety of Choice Secrets in Medicine and Alchymy in the Working of Metallick Mines, and the Separation of Metals: Also, Various Cheap and Easie Ways of making Salt-petre, and Improving of Barren-Land, and the Fruits of the Earth. Together with many other things very profitable for all the Lovers of Art and Industry*, London, printed by Thomas Milbourn, 1689, pp. 206–220.
- (40) (A.) Barlet, *Le Vray et Méthodique Cours de la Physique résolutive, uulgairement dite Chymie. Réprésenté par Figures générales & particulières. Pour connoistre la Théotechnie Ergocosmique. C'est à dire, l'Art de Diev, en l'ouvrage de l'univers. Seconde Édition. Avec l'indice des Matières de ce Volume, & quelques Additions*. Paris, Chez N. Charles, 1657. I am grateful to The Roy G. Neville Historical Chemical Library (California) for supplying these images.
- (41) J. Ferguson, *Bibliotheca Chemica*, Vol. 1, reprint edition, Derek Verschoyle, London, 1954, pp. 72–73.

الجزء الرابع

علم وليد

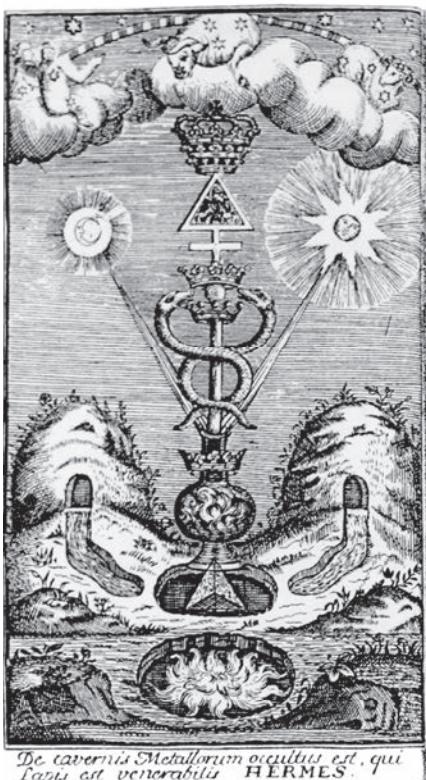
(١) حرب الفرسان القديمة

في عام ١٦٠٤، ظهرت لأول مرة أسطورة غامضة عن معركةِ التقى فيها الذهب والرَّبْق، مدجَّجين بالسلاح كما الفرسان، مقابل عدوهم حجر الفلسفة في شكل مادة مطبوعة (باللغة الألمانية)، بالرغم من احتمال وجود مخطوطات لهذه الأسطورة قبل ذلك التاريخ.^٢ وقد نُشرت نسخٌ مختلفة من هذه الخرافة على مدار القرن السابع عشر باللغتين الألمانية والفرنسية. وتنشر النص النهائي (المبين في الشكل ١-٤)^٣ باللغة الإنجليزية في عام ١٧٢٣، ويُشبه كلا المصدرين الألماني والفرنسي. ومع ذلك، تظل هوية المؤلَّف خفية؛ هل كان ألكسندر توساً دي ليمويون دو سان ديزديريه (اسم ظريف، لكن من الواضح أنه ليس اسم الكاتب الحقيقي)،^١ أم يوهان تولده، الناشر الأصلي، الذي ربما يكون كذلك الشخصية الأسطورية بازيل فالانتين؟

وعلى الرغم من أن الجانب الممتع في هذا الكتاب هو استخدام المجاز، فإن الجانب الأروع فيه هو توظيف الاستدلال العلمي الجامد، القائم على التجريب، لدحض بعض العقائد الجوهرية للمعرفة химيكайته. وبرغم نجاح الخيمياء في تحويل المعادن (انتصار حجر الفلسفة)، كانت أولى إرهاصات الثورة العلمية تتراجَّد مسمومةً في الأفق.

في هذه القصة الرمزية، يُمثِّل الذهب فارساً مُتغطرساً وعدوانياً، في حين يُمثِّل الرَّبْق فارساً تابعاً للذهب، يدعمه في خضوعه. لكن دعنا نستمع إلى الذهب بصوته الرخيم وهو في مواجهته مع حجر الفلسفة:^٤

إنَّ الرب بذاته هو من وهبني الشرف، والسمعة، واللمعة البراقة، مما جعل قيمتي ثمينة. ولهذا السبب يُنقب كل الناس عنِي. ويتمثل أحد أعظم جوانب



*De cavernis metallorum occultis est, qui
Lapis est venerabilis HERMES.*

THE
HERMETICAE
TRIUMPH:
OR,
THE VICTORIOUS
Philosophical Stone.

A TREATISE more compleat and more intel-
ligible than any has been yet, concerning
The HERMETICAL MAGISTRY.
Translated from the FRENCH.

To which is added,
The Ancient War of the Knights.
Translated from the GERMAN Original.

AS ALSO,
Some ANNOTATIONS upon the most mate-
rial Points, where the two Translations differ.
Done from a GERMAN Edition.

L O N D O N,
Printed; and Sold by P. HANET, at the Sign of the Black-
Spread-Eagle, near Somerset-House in the Strand. 1723.

شكل ٤-١: صورة صدر الكتاب وصفحة العنوان من كتاب «انتصار حجر الفلسفة» والذي وردت فيه قصة «حرب الفرسان القيمة». تسرد هذه الحكاية الرمزية قصة معركة بين كل من الذهب والرثيق، اللذين وقفوا متأهّبين لقتال حجر الفلسفة.

كمالي في أنني معدن لا يمكن أن يتبدل في النار، ولا خارج النار؛ لذلك يحبّني كل العالم، ويطاردني؛ أما أنت، فلست سوى هاربٍ ومحتالٍ يستغل كل البشر. وهذا واضح من فرارك وهروبك من أيدي كل من يتعاملون معك.

وهنا يردُّ الحجر رداً موزوناً رغم قوته:^٤

هذا صحيح يا عزيزي الذهب، إنَّ الرب هو مَنْ وهب الشرف والقدرة على البقاء والجمال، وهي الأشياء التي تجعل معدنًا نفيسًا؛ ولذلك يجب عليك

أن تفتأً تَحْمِدُ الرَّبَّ (عَلَى جُودِهِ الرِّبَانِيِّ)، لَا أَنْ تَزَدِّرِي الْآخَرِينَ كَمَا تَفْعُلُ الْآنَ؛
يمكُنُنِي أَنْ أَخْبُرَكَ أَنْ لَسْتَ ذَاكَ الْذَّهَبَ الَّذِي كَتَبَ عَنْهُ الْفَلَاسِفَةُ فِي مَوْلَفَاتِهِمْ،
إِنَّمَا أَنْتَ ذَاكَ الْذَّهَبَ الْمُخْبَأُ فِي كَنْفِي.

إِنَّ فَكْرَةَ الْحَجَرِ هِيَ أَنَّ الْمَادِتَيْنِ الَّتِيْنِ تَتَعَانَقَانِ فِي «الْزَوْاجِ الْكِيمِيَائِيِّ» الْأَسْطُورِيِّ لِيَسَا
هَذَيْنِ الْمَعْدِنِيْنِ السَّازِجِيْنِ الَّذِيْنِ يَوْجَهَاهُ، وَإِنَّمَا الْذَّهَبُ «الْفَلَسِفِيُّ» وَالْزَّئْبِقُ «الْفَلَسِفِيُّ»،
وَكُلَّاهُمَا لَهُ أَصْوَلُ أَكْثَرُ تَعْقِيْدًا إِلَى حَدٍّ كَبِيرٍ. بَعْدَهَا، يَطْرَحُ الْذَّهَبُ حَجَتَهُ الْخِيمِيَائِيَّةِ
الْأَسَاسِيَّةِ، وَمَفَادُهَا أَنَّ «الْزَوْاجَ» («الْاِتْحَادَ» بِتَعْبِيرٍ أَدْقٍ) بَيْنَ الْذَّهَبِ وَالْزَّئْبِقِ ضَرُورِيٌّ
لِلتَّكَاثُرِ الْذَّهَبِ، فِي الْوَاقِعِ إِنَّهَا طَرِيقَةُ الطَّبِيعَةِ الْعَامَةِ مَعَ التَّكَاثُرِ:⁵

لَا أَجْهَلُ مَا تَكَلَّمُ بِهِ الْفَلَاسِفَةُ، لَكِنْ لِرَبِّمَا كَانَ ذَلِكَ يَنْطَبِقُ عَلَى أَخِي الزَّئْبِقِ
الَّذِي لَمْ يَزِلْ مَعِيْبًا، وَالَّذِي رَغَمَ كُونُهُ كَذَلِكَ فَإِنَّهُ إِذَا مَا اتَّحَدَ بِي، أَخْذَ مِنِّي
صَفَةَ الْكَمَالِ (الَّتِي يَيْشُدُهَا)؛ وَذَلِكَ لِأَنَّهُ هُوَ الْأَنْثَى وَأَنَا الْذَّكَرُ، وَهُوَ مَا يَجْعَلُ
الْفَلَاسِفَةَ يَقُولُونَ إِنَّهَا الزَّوْاجُ مَثِيلٌ. يُمْكِنُنِي أَنْ تَرَى هُنَّ نَمُوذْجًا لِلتَّكَاثُرِ لِدِي
الْإِنْسَانِ؛ إِذَا لَمْ يُمْكِنْنِي أَنْ يَكُونَ شَهَةً أَطْفَالَ دُونَ اتِّصَالٍ حَمِيمٍ بَيْنَ الْذَّكَرِ وَالْأَنْثَى،
أَيْ دُونَ اتِّحادٍ بَيْنَهُمَا. إِنَّ لِدِينِنَا مِثْلُ هَذَا النَّمُوذْجِ الْمُوجُودِ عِنْدَ الْحَيَوانَاتِ وَكُلِّ
الْكَائِنَاتِ الْحَيَّةِ الْأُخْرَى.

ولنترك التَّعْقِيْدَاتِ الْجِنْسِيَّةِ الَّتِي يَنْطَوِيُ عَلَيْها هَذَا القَوْلُ لِعَلَمَيِّنَاتِ النَّفْسِ، وَلَنَقْرَأُ ذَلِكَ الرَّدَّ
الْعَلَمِيِّ الْجَدِيرِ بِالاحْتِرَامِ الَّذِي رَدَّ بِهِ حَجَرُ الْفَلَاسِفَةِ:⁵

حَقًا إِنَّ أَخَاكَ الزَّئْبِقَ لَيْسَ كَامِلًا، وَعَلَيْهِ فَإِنَّهُ لَيْسَ زَئْبِقَ الْفَلَاسِفَةِ؛ وَمِنْ ثُمَّ رَغْمَ
أَنَّكُمَا يَنْبَغِي أَنْ تَتَّحِدَا مَعًا، وَعَلَى أَحَدِهِمْ أَنْ يُبَقِّيَكُمَا فِي النَّارِ عَلَى مَدَارِ سَنَوَاتِ،
مَحَاوِلًا أَنْ يُوَحِّدَ بَيْنَكُمَا، فَدَائِمًا مَا سَيْحَدُثُ (نَفْسُ الشَّيْءِ تَحْدِيدًا) أَنَّ الزَّئْبِقَ
مَا إِنْ يَسْتَشَعِرَ فَعْلَ النَّارِ، سَيَفْصُلُ نَفْسَهُ عَنْكَ، وَيَتَسَامِيُّ، وَيَتَطَاهِرُ، وَيَتَرَكُ
وَحِيدًا فِي الْقَاعِ. وَهَكُذا إِذَا مَا أَذِبَتِ فِي مَاءِ النَّارِ، أَوْ قُلْصَتِ إِلَى (كَتْلَة) وَاحِدَةٍ
فَقَطْ، إِذَا صُهِرَتْ، أَوْ قُطِرَتْ، أَوْ خُثِرَتْ، فَإِنَّكَ لَنْ تَنْتَجَ أَيْ شَيْءَ إِلَّا مَسْحُوقًا،
وَرَاسِبًا أَحْمَرًا؛ وَهَكُذا إِذَا مَا أَلْقَى أَحَدِهِمْ هَذَا الْمَسْحُوقَ عَلَى مَعْدِنِ مَعِيْبٍ، فَإِنَّهُ
لَنْ يُؤْثِرَ عَلَيْهِ؛ لَكِنَّ الْمَرْءَ يَجِدُ نَفْسَ مَقْدَارَ الْذَّهَبِ الَّذِي وَجَدَهُ فِي الْبَدَائِيَّةِ، بَيْنَما
يَتَخلَّ عَنْكَ أَخْوَكَ الزَّئْبِقَ وَيُحْلِقُ بَعِيْدًا.

بعبارة أخرى، لم يُغّير اتحاد فلزّي الذهب والزئبق شيئاً على أي نحو كيميائي عميق. سخن ملغمة ذهب وزئبكاً نقىًّا، وسيتقطر الزئبق تاركاً خلفه ذهباً نقىًّا. على الناحية الأخرى، إذا كان العروسان سيستحمان معًا في حوض (هل سيكون على شكل قلب؟) يحتوي على ماء النار (حمض النيتريك)، سيُنفصل الزئبق في صورة كلس أحمر، كما يفعل في غياب الذهب. ولما شاط الذهب والزئبق غضباً من منطق حجر الفلسفة المتفوقة، هاجماه بعنف حتى أنهما وذهب ريهما.

يُمثل كلٌّ من الذهب والفضة في هذا القصة الخرافية الخيميائين الراقصين؛ فهم مرضى بالجهل والغرفة على حد سواء. على النقيض من ذلك، يُمثل حجر الفلسفة الخبير الحقيقي؛ فهو فيلسوف طبيعي يسعى وراء الحقيقة ويبحث عن حكمة الرب. إنه ذلك العالم المبتدئ الذي سيُؤدي منهجه التجريبي وتفكيره المنطقي يوماً ما إلى علم كيميائي حقيقي؛ أم أنه كان يُبَشِّر، بشكّل ما، بمولد روبرت بويل، «الكيميائي المتشّكّ»، موضوع مقالنا التالي؟

(٢) شكوك عالم حول «الآراء الكيميائية للسوقية»

ولد روبرت بويل (١٦٩١-١٦٢٧) في أيرلندا لعائلة ثرية، وتلقى تعليمه في إيتون، وحظي بمزيدٍ من التعليم في أجزاءٍ أخرى من قارة أوروبا، ليعود إلى إنجلترا في عام ١٦٤٥^٦. بدأ دراساته العلمية خلال العقد التالي، وفي عام ١٦٥٦ انتقل إلى أكسفورد، حيث ضمن مساعدة روبرت هوكر. صنع هوك مذكرة هوائية لبويل، استعان بها في عدة دراسات، بما في ذلك دراسة العلاقة بين حجم وضغط الغاز، والتي تحمل اسمه الآن.^٧ يُعتبر بويل بصفة عامة أبا الكيمياء، ويرجع جزء من ذلك إلى قانون الغاز الذي ابتكره ودراساته فيزيائية أخرى، إلى جانب كتابه الكلاسيكي «الكيميائي المتشّكّ»، الذي تضمن أولى المحاولات الجادة لتعريف العناصر الكيميائية والمفاهيم الذرية بالحجّة التجريبية.

حين نشر السيد المبجل روبرت بويل كتاب «الكيميائي المتشّكّ» في عام ١٦٦١ (انظر الشكلين ٢-٤ و ٣-٤)^{٩.٨} كان ثمة نظريتان غير مبرهنتين عن المادة تهيمنان على علم الكيمياء البدئي. كان أول هذه «الآراء الكيميائية» السوقية (أو «العامة») يقوم على العناصر الأربع (التراب والنار والهواء والماء) التي تناسب بطبعية الحال إلى أرسطو. كان غالباً ما يُشار إلى أتباع أرسطو بـ«المشائين»؛ نظراً إلى أسلوب تدريس أستاذهم، الذي كان يتضمن

علم وليد

THE
SCEPTICAL CHYMIST:
OR
CHYMICO-PHYSICAL
Doubts & Paradoxes,
Touching the
SPAGYRIST'S PRINCIPLES
Commonly call'd
HYPOSTATICAL;
As they are wont to be Propos'd and
Defended by the Generality of
ALCHYMISTS.

Whereunto is premis'd Part of another Discourse
relating to the same Subject.

B Y
The Honourable ROBERT BOYLE, Esq;

L O N D O N .

Printed by J. Cadwell for J. Crooke, and are to be
Sold at the Ship in St. Paul's Church-Yard.
AD C L X I

شكل ٢-٤: النسخة المهدّبة من صفحة العنوان لكتاب روبرت بويل الكلاسيكي «الكيميائي المتشكّل» الصادر عام ١٦٦١. أله هذا الكتاب في صيغة مناقشة بين شخصيات خيالية، من بينها شخصية ثيميستيوس، الذي يُمثّل «الشائين»، المدافعين عن العناصر الأربع القديمة، وفيليوبونيوس الذي يُدافع عن مبادئ باراسيلسوس الثلاثة. إلى جانب شخصية كاميديس الذي يُمثّل صوت العقل والمنطق (أي بويل)، والذي يجمع أفضل الخيوط بالطبع (بإذن من مكتبة روبي جي نيفل لتاريخ الكيمياء).

المشي. أما الرأي السوقي للسائد الآخر – والذي يرجع إلى عهد باراسيلسوس (١٤٩٣-١٥٤١) – فكان يستند إلى المواد الثلاث الأولية (الكبريت، والزئبق، والملح). وقد أشار بويل

THE
SCEPTICAL CHYMIST:
OR
CHYMICO-PHYSICAL
Doubts & Paradoxes,
Touching the
EXPERIMENTS
WHEREBY
VULGAR SPAGYRISTS
Are wont to Endeavour to Evince their
SALT, SULPHUR
AND
MERCURY.
TO E&E
The True Principles of Things.

*Ultimam jam tenerentur omnia, & imperta ac confessio
Veritas est! Nihil ex Decretis mutaremus. Num
Veritatem cum eis qui docent, querimus. Sen.*

LONDON,
Printed for J. Crooke, and are to be sold at the
Ship in St. Pauls Church-Yard. 1661.

شكل ٣-٤: النسخة الأقل تهذيباً من صفحة العنوان التي احتواها أيضاً كتاب بويل «الكيميائي المتشكّك» الصادر عام ١٦٦١ (انظر الشكل ٢-٤) (بيان من مكتبة روبي نيفل لتاريخ الكيمياء).

إلى المتحمسين لهذه النظرية بـ«الكيميائيين» (سنُشير إليهم بـ«الخيميائيين» وـ«الأطباء الكيميائيين»). ولم يكن شرفاً كبيراً أن يكون المرء كيميائياً، برغم أن «الكيميائي المتشكّك» كان على الأقل قادرًا على الإفلات من هذا الوصف. وإلى جانب «الكيميائيين» وـ«المشائين»، كان هناك «الفلسفه الهرمسيون»، الذين كانوا يعتقدون أن «النار ينبغي أن تعتبر

الأداة الأصلية والكونية لتحليل الأجسام المختلطة»؛ ومعنى هذا أن دور النار هو التحلل الكيميائي. ورغم أن بويل كان مؤمناً بنظرية جسمية المادة، الشبيهة بنظرية ليوكيبوس الذرية القديمة، فقد عاب على الفلسفه اليونانيين عدم إجراء أي تجارب:¹⁰

ولذلك أرسلنا في دعوه ليوكيبوس الجريء الذكي ليمنحنا شيئاً من المعرفة من نظريته الذرية، التي توَّقَّعنا أن تنطوي على مثل تلك الإلإماعات الخصبة، لكننا وبعد عناءٍ كبير جاءنا الخبر أخيراً بأنه لا يمكن العثور عليه.

وفي حين أن أسلوب بويل في الكتابة يدفعك إلى القراءة ببطء، فإن المقتطف الوجيز الموضح أعلاه يوضح الحس الفكاهي الموظف في كتاب «الكيميائي المتشكّك». علاوةً على ذلك، استخدم بويل أسلوبًا مسلّيًّا ربما لا يُلائم الدوريات والأبحاث العلمية الحديثة؛ فقد وضع بويل محادثات تخيلية بينه وبين «أشخاص خياليين» استطاع بسهولة أن يدحض حجتهم. وبرغم أن بويل الرواية يلعب دوراً مهمّاً إذ يُرافق «إلوثيريوس الكبير» السؤال «خلال زيارته إلى «صديقه كارنيديس»، فإن الأخير هو صوت بويل الحقيقي. كان كارنيديس يجلس إلى طاولة صغيرة مُستديرة في حديقة مع ثيمستيوس، الذي يجادل لصالح «المشائين»، وفيليوبونس الذي يُدافع عن وجهة نظر باراسيلسوس. ها هو «دليل إثبات» ثيمستيوس على أنَّ الخشب الأخضر «يتحلّل» إلى العناصر الأربعية عند الاحتراق:¹¹

تكتشف النار نفسها في اللهب بفعل ضوئها، وحين يتتصاعد الدخان إلى أعلى المدخنة، ثم يتلاشى في الهواء، مثل نهر يُسلم نفسه إلى ماء البحر، فإنه يُظهر بما يكفي إلى أي عنصر ينتمي ويعود في سعادة. والماء في هيئته إذ يغلي ويُصدِّر هسيسه عند أطراف الخشب المحترق إنما يكشف نفسه لأكثر من حاسة من حواسنا، وكذلك الرماد بوزنه، وقابليته للاشتعال، وجفافه، كل تلك الأشياء تزيل عنك أي شك في انتقامه إلى عنصر التراب.

يجيب بويل (أو كارنيديس) بأنَّ ثمة التباساً هنا. أولاً: يبدو أن «عنصر» النار لا بد أن يُعرض على «عنصر» النار ليُحرّره من الخشب الأخضر. ومع ذلك فإن الفكرة الثانية هي

افتراض أن مجرد التعريض للنار في حد ذاته يحرر العناصر الأربعية دون تعرضها لأي تغيير. وفيما يلي حجة كارنيديس العلمية المضادة الممتازة:¹²

على سبيل المثال، حين يخلط عامل تنقية بين الذهب والرصاص، ويُعرض هذا الخليط في كأس لسخونة النار؛ ومن ثم يفصل الخليط إلى ذهب نقى لامع ورصاص (يندحر مع ما كان يختلط بالذهب من شوائب، ويُطلق عليه حينئذ المرداسنج الذهبي)، هل يمكن لأى شخص يرى هاتين المادتين المنفصلتين عن الكتلة الأولى أن يتصور أنهما كانتا خليطاً في مرگب واحد قبل أن يتعرض للنار.

الفكرة هي أن فلزّي الرصاص والذهب قد ينصلحان معًا ليكونا سبيكة. ومع ذلك، فإن التسخين لفترة طويلة في الهواء الطلق يُوكسِد الرصاص فيتحوّل إلى كلس – المرداسنج؛ ذلك المسحوق الأحمر المصفر، هذه الصبغة التي نعرفها اليوم بأول أكسيد الرصاص. أما الذهب المنصهر فلا يمر بأى تغيير كيميائياً، وأى شوائب (أو رغوة) بالإضافة إلى المرداسنج المتكون حديثاً سيمتص داخل الكأس، تاركاً الذهب النقى. من الواضح أن المرداسنج لم يكن له وجود في السبيكة الأصلية، لكنه تحرّر بفعل النار. والواقع أن ذلك يكاد يتتطابق مع حجة حجر الفلاسفة المذكورة في المقال السابق.

وهنا يتجلّي بعض المشكلات الأخرى المتعلقة بالعناصر الأربعية.¹³ يبدو مُستحيلاً حتى مع مساعدة النار أو أي عوامل أخرى أن تستخلص التراب، أو الهواء، أو النار، أو الماء من الذهب. في الواقع، لو كان ثمة شيء قد يbedo عنصراً حقيقةً، فهو الذهب. على الجانب الآخر، عند «تحليل» الدم باستخدام النار، فإنه يتحلّل إلى خمس مواد مختلفة هي: النخامة، والروح، والزيت، والملح، والترب.¹³

رداً على فيلوبونس، الكيميائي الصيدلاني المدافع عن باراسيلوسوس، يتساءل كارنيديس عما إذا كانت طبيعة النار دائمًا ما تقضي بأن تؤدي إلى «تحليل» المواد، أو، على الأقل، إلى عملية «تحلل» مستمرة.¹⁴ وعلى ذلك، فعند حرق خشب «الجياك»، ينتج عن الاحتراق سناج ورماد، رغم أن تقطير الجياك (بالنار) داخل مقطرة معوجة ينتج عنه «زيت، وروح، وخل، وماء، وفحّم». ويزهّب بويل (أقصد كارنيديس) إلى الزعم بأنه إذا أزيل هذا الفحم الناتج من المقطرة المعوجة وحرق في الهواء الطلق، فإنه يتحول إلى رماد. بالمثل، ينتج عن حرق الكافور في الهواء الطلق السناج، والذي يمكن أخذه وفحصه¹⁴

ليتبين أنه لا يحتفظ بأيٍ من خواص الكافور. ومع ذلك، إذا وضع الكافور في وعاء زجاجي مغلق وُعرض إلى نار خفيفة، يتلاعده دخان، ثم يتكتّف كراسب أبيض صلب، يحتفظ برائحة الكافور العطرية النَّفاذة. وندرك من هذه الحالة الثانية أن «سكين النار التحليلية» التي تعرّض لها الكافور أَدَت إلى تساميه دون أن يتعرّض إلى أيٍ تغير.

في كتاب «الكيميائي المتشكّل»، يطرح بويل أربعة افتراضات¹⁵ تُحدد آراءه بشأن تركيب المادة؛ إذ يحاول بويل وصف كلٌ من التركيب المادي للمادة (باعتبارها جسيمات دقيقة) والتركيب الكيميائي لها (باعتبارها عناصر لا يمكن اختزالها كيميائياً) وصفاً تأصيليًّا:

الافتراض الأول: يبدو طبيعياً أن ندرك عند أول إنتاج للأجسام المختلطة، أنَّ المادة السائدة التي تتكون منها هذه الأجسام – بين أجزاء أخرى من الكون – قُسمت في الواقع إلى جسيمات صغيرة بأحجام وأشكال مُختلفة تتحرَّك في اتجاهات مُختلفة.

الافتراض الثاني: من المستحيل بمكان أن تتفصل عن هذه الجسيمات الدقيقة الجسيمات الأدق حجماً المُتاجورة والمُنتشرة هنا وهناك، والتي تترابط معًا في كتل أو تجمعات دقيقة، لتشكل بتجمعاتها هذه مخزوناً هائلاً من مثل هذه التكتلات الصغيرة الأولية، التي لا يمكن أن تتفكك بسهولة لترجع إلى تلك الجزيئات الصغيرة التي تألفت منها قبل التكُلُّ.

الافتراض الثالث: لن أنكر إنكاراً قطعياً أن من بين غالبية هذه الأجسام المختلطة ما يُشكّل جزءاً من طبيعة الحيوانات أو النباتات، وقد يكون ما ينتج منها بالاستعانة بالنار عدداً محدوداً من المواد (إما ثلاث، أربع، أو خمس أو أقل أو أكثر) ذات تسميات مختلفة.

الافتراض الرابع: بالمثل يمكن التسليم بأن تلك المواد المختلفة التي تنتجه تكتلات الجسيمات أو تتكون منها، يمكن دونما أيٍ إشكاليات أن تُسمى عناصر أو جواهر للعناصر.

تتعلّق الفرضيات الأوليان بالبنية الفيزيائية للمادة.¹⁶ فثمة مستويان لبنيّة المادة، وهما أدق الجسيمات، أو ما يسمى بـ«جسيمات بويل»، التي قد ترتبط معًا في «تكتلات» تتآلف من «كتل أو تجمعات دقيقة». وقد أثارت المحاجر – التي اخترعت في مطلع القرن السابع عشر – أدلة مباشرة على «الضاللة المتناهية حتى لأجزاء التكتلات التي

تُستشعر بالكاد.¹⁵ وقد نشر هوك زميل بويل تحفته «الفحص المجهري» (انظر المقال التالي)، بعد أربع سنوات فقط من صدور كتاب «الكيميائي المتشّك». وقد ذهب بويل إلى الإشارة إلى أن الرئيق يمكن أن يُقطّر ويذاب في الأحماض، ثم يُرَشَّح ويُحوَّل إلى ملغمة يمكن طحنها حتى تصير مسحوقاً ناعماً، ولكن كل هذه الأشكال المطحونة تماماً للرئيق يمكن استعادتها في النهاية في صورة سائل فلزي لامع. ولعل أحد أروع أعمال بويل هو مقال «الانبعاثات» (١٦٧٣)،¹⁷ الذي يتخيل فيه أصغر وحدة يمكن قياسها فيزيائياً للمادة، وهي ما أسمتها بـ«الكتل الدقيقة» (أو «الانبعاثات»). على سبيل المثال، ١ ذرة من الذهب يمكن أن تُقسَّم إلى ستة مربعات مقاس كل منها $\frac{3}{2}$ بوصات. كانت مَسْطَرَة بويل الدقيقة (١٠٠ جزء لكل بوصة) تستطيع نظرياً أن تنتج $6 \times (3,25 \times 100) = 20,250$ مربع من الذهب، التي كانت ستزن ٣٢,٠٠٠,٠٠ جرام.¹⁷

أما المقترhan الثالث والرابع، فيتعاملان مع مفاهيم بويل للعناصر. كان بويل يعتقد في تحويل المعادن. بل إنه في مقال مجهول صدر عام ١٦٧٨، أعاد بويل – بصوت شخص يُدعى أريستاندر – سرد قصة عن مشاهدته عملية «تحويل ارتكاسي» (إذا ارتكس الذهب خيميائياً ليَصِيرَ معدناً أقل قيمة) أجراها شخص يُدعى بيروفيلوس.¹⁸ حين يتساءل الشاهد الآخر، ويدعى سيمبليسيوس: «ما المغزى من تحويل الذهب إلى معدن أقل قيمة؟» يردّ بويل الحكيم (أقصد أريستاندر) قائلاً: «إذا كنت تعلم كيف تجري عملية تحويل في اتجاه معين، إذن يمكنك أن تُجْري عملية تحويل في الاتجاه الآخر كذلك». ربما كان ينبغي تسمية هذا المقال «الكيميائي الساذج». وعلى أيّ حال، ثمة أمران واضحان وضوح الشمس؛ ألا وهما: أن مفهوم بويل عن الذرة والعناصر اختلف اختلافاً عميقاً عن المفاهيم الحديثة؛ نظراً لتصديقه في عملية التحويل. وأما الثاني فهو أن تعريف بويل للعناصر لم يُشر إلى قيامه بأيّ تجرب علمية. على التقىض، كان تعريف لافوازييه للعناصر (المواد البسيطة) الذي جاء لاحقاً بأكثر من قرن قابلاً للاختبار؛ إذ كانت المادة تعدّ عنصراً إذا لم يكن من الممكن «تبسيطها» كيميائياً:¹⁹

ومن ثُمَّ، بينما تمضي الكيمياء نحو الكمال من خلال تحليل المواد ثم تحليل النواتج إلى مواد أبسط وهكذا، يكون من المستحيل الجزم بالوضع الذي ستنتهي به الأمور، وهذه الأشياء التي نفترض في الوقت الحالي أنها بسيطة، قد يُكتشف عما قريب أنها غير ذلك تماماً. كل ما نستطيع الجزم به عن أي مادة هو أنها يجب

أن تُعتبر عنصراً بحكم معرفتنا الراهنة، وحسبما يقضي ما استطاع التحليل الكيميائي التوصل إليه حتى الآن.



شكل ٤-٤: صفحة العنوان من الطبعة القارية الصادرة عام ١٦٦٨ من كتاب «الكيميائي المتشكيك». ماذَا يجري هنا؟! لقد هدم بويل المتأقضات، والعناصر الأربع، والمبادئ الثلاثة، لنرى هذه الصورة المحيّة التي تُرِّيَنْ صفحة عنوان هذه الطبعة المترجمة. ولنا أن نتخيل رغبة الناشر أرنولد لييرز في بيع كتاب جاد بأساليب مُثيرة. ولنا كذلك أن تخيل ردّ بويل المستاء لدى تسُلُّمه نسخته المجانية التي ربما قال عند تسلّمها شيئاً من قبيل: «إنني لست سعيداً»، ليسيق بذلك الملكة فيكتوريا التي قالت العبارة نفسها بقرينَ.

في النهاية، لا يُمكّنني مقاومة إغراء عرض صورة صدر الكتاب (الشكل ٤-٤) من الترجمة اللاتينية الصادرة عام ١٦٦٨ من كتاب «الكيميائي المتشكك» والتي نُشرت في روتردام.^{٢٠} تُرى فيما كان يُفكّر الناشر أرنولد ليرز؟ فتلك الأشكال المبيّنة في الصورة هي الأشكال الكلاسيكية لثنائي الشمس والقمر (الكبيريت والزئبق)، والطيوور الجارحة المتحابّة، إلى آخره، والتي تُمجّد جميعاً مبدأ الثنائيات الذي قوّضه بويل. ونظرًا لما يبدو من افتقار بويل إلى الحسّ الفكاهي إزاء الأمور العلمية^{١٨} فقد يُمكّنا افتراض أن ليرز لم يَستَشِر بويل أبداً. تُرى «فيما» كان يُفكّر ليرز؟ إنها الأرباح ولا شك. وإنني لأتساءل ما إذا كان العالم الجليل روبرت بويل قد استَشاط غضبًا لدى تسلّمه نسخته المقدّمة على سبيل الهدية.

(٣) تعزيز الحواس البشرية الضعيفة

يبدو أننا — الكيميائيّين — قد تنازلنا عن روبرت هوك (١٦٣٥-١٧٠٣) للفيزيائيّين والبيولوجيّين، هذا إذا اعتبرنا الكتب الدراسية التمهيديّة مؤشّراً لأي شيء. فبداية من مرحلة الدراسة الإعداديّة وما بعدها، يتّعلم الجميع أن هوك هو من صاغ كلمة «خلية» لوصف البنية المجهريّة للقلين. ومن يدرسون الفيزياء يعرفون أن الزنبرك، سواء كان حلزونيّاً أم لا، يخضع لقانون هوك. نحن نعرف أنه لم يَمضِ وقتٌ طويّل بعد اختراع أوتو فون جيريكيه المضخة الهوائية (عام ١٦٥٤)،^{٢١} حتى أنشأ هوك مضخةً بول طبيعياً، وكان مجال نشاطه العلمي يُبَرِّر ذلك اللقب بأكثر مما يكفي؛ وبعد الانتهاء من التدريب في جامعة أكسفورد، عُيِّن أميناً للتجارب في الجمعيّة الملكيّة، وحصل على زمالة الجمعيّة الملكيّة بالانتخاب في عام ١٦٦٣، وفي عام ١٦٦٥، عُيِّن أستاذًا للهندسة في كلية جريشام.^{٢٤,٢٣} ويقال إن هوك كان «يعاني من سوء حالته الصحّية وقلة النوم»؛ نظرًا لإصابته بنوع من وسواس المرض، ويُقال إنه «في السنوات القليلة التي سبقت وفاته لم يكن يخلد إلى فراشه أو يخلع ملابسه».^{٢٥} ويسهل تفهّم ذلك؛ نظرًا لأن «تشتّت جهوده كان يرجع على ما يبدو، في جزء منه على الأقل، إلى الاهتمامات المتنوّعة للجمعيّة الملكيّة، والتي جعلت هوك يُجري مجموعة متنوّعة من التجارب دون منحه الوقت لإنهاء أيّ منها. وكانت الجمعيّة تطلب منه أيضًا أن يُكرّر نفس التجربة مرارًا، رافضةً رؤية التفسير الصحيح الذي كان هوك يُلحّقه بها».^{٢٥}

كان أهم أعمال هوك المنشورة هو كتاب «الفحص المجهري»²⁶ – المنشور عام ١٦٦٥ في قطع نصف فرخ – الذي يعد أحد أروع الكتب في تاريخ العلوم. يتناول الكتاب الفحص المجهري في معظمها، وإن كان المقالان الأخيران يصنفان دراسات على النجوم والقمر أجريت بالاستعانة بالتلسكوب. وقد استُخدِمت رسوم هوك التخطيطية اللاحقة

للكوكب المريخ في القرن التاسع عشر لتحديد الفترة المدارية للكوكب.²³

ويُطمئننا هوك²⁷ عبر مرأة القرن السابع عشر البعيدة أن بإمكاننا «استرداد بعض من مظاهر الروعة الغابرة» (تلك التي فقدناها بطرد آدم وحواء من الجنة)؛ وذلك إذا:

اعتنينا بالحواس البشرية بتعزيز قصورها بالمعدات، وإذا جاز القول، إضافة
أعضاء صناعية للأعضاء الطبيعية.

وفي حين أنَّ اكتشاف المجهر العظيم الذي توصلَ إليه هوك كان أحدث ما توصلَ إليه العلم في عام ١٦٦٥، فقد قال:²⁷

ليس مستبعداً أن تُخترع وسائل مساعدة عديدة أخرى للعين، تتقدّم إلى حدٍ
كبير على تلك الموجودة بالفعل؛ إذ تعمل عمل العين المجردة؛ ومن ثمَّ ربما
نستطيع من خلالها اكتشاف كائنات حية على سطح القمر، أو على الكواكب
الأخرى، أو أشكال الجسيمات المركبة للمادة، والتراكيب المحددة للأجسام
وأنسجتها.

يا لها من خطة طموحة، لكن دعونا نتخير بعض مقتطفات من كتاب «الفحص المجهري». تستكشف المشاهدة الثالثة عشرة²⁸ الأشكال المجهريّة للمواد البلورية وتطرح الفرضية العميقه بأن هذه التراكيب المنتظمة ثلاثية الأبعاد يمكن أن تُوضّح من خلال التعبئة المتراصّة (السداسية) للكرات (انظر الشكل ٤-٥). أما المشاهدة الرابعة عشرة²⁹ (وهي لعدة أنواع من الأشياء المجمدة)، فتُصوّر بلورات ثلج من مصادر مختلفة (الشكل ٤-٦)؛ والبلورات التي تُلاحظ على سطح البول المجمد تكون في بعض الأحيان عملاقة (خاصة تلك التي شُوهِدت في قنوات مليئة بمياه الصرف). وهي تَتَّخذ شكلاً شبّه سداي مُتماثل (الصورة ٢). (ملحوظة: الأرقام الرومانية المستشهد بها في النص تشير إلى الأشكال الأصلية المعروضة في هذه الصور التجميعية الموجّحة بالأسفل). فما طبيعة بلورات البول؟ يقول هوك: «من خلال تذوق عدة قطع صافية من هذا الثلج، لم أتمكن من تمييز مذاق البول فيها، لكن تلك القطع القليلة التي تذوقتها، بدت لي بلا مذاق كالماء».²⁹

Fig: 1

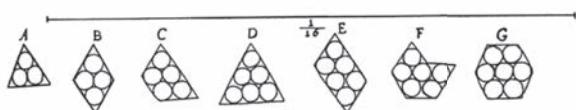
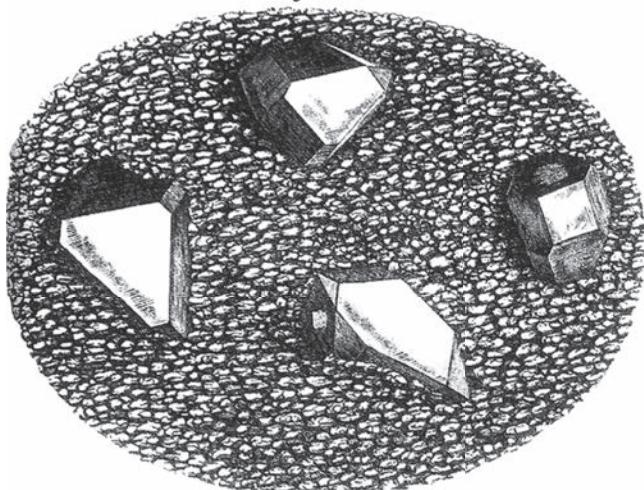
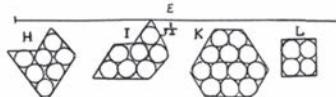
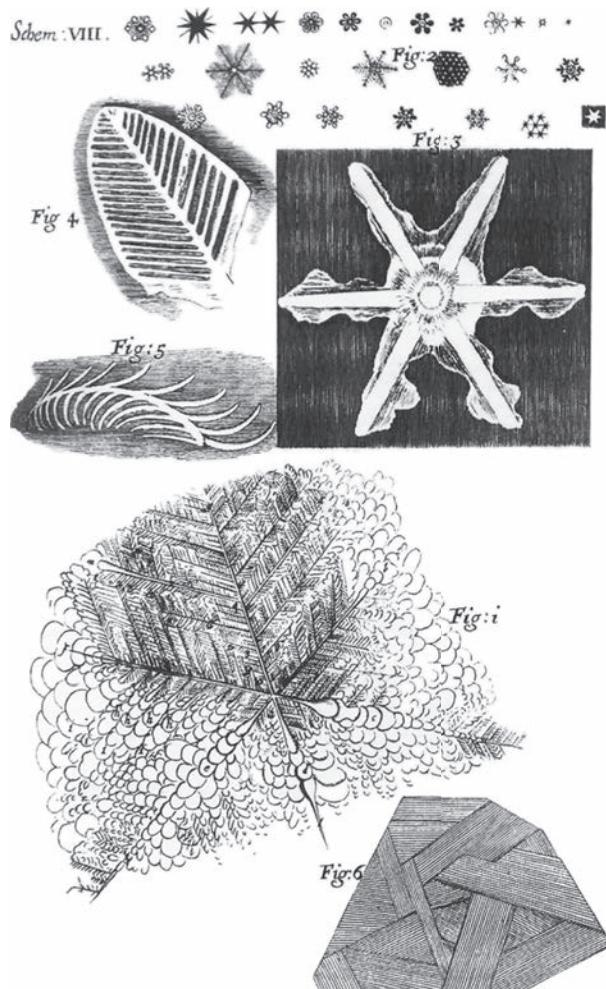


Fig. 2



شكل ٥-٤: بلورات من كتاب هوك «الفحص المجهري» الصادر عام ١٦٦٥. وُضَّحْ هوك في هذه الصورة الِّي البلورية بنظام التَّعَبَة المتراصَة للكرات، في رؤية استباقية ثاقبة لشرح دالتون الذي تبع ذلك بمائة وأربعين عاماً.

وتُجسِّد الصورة ٢ (في الشكل ٦-٤) رقائق ثلج موضوعة على قطعة قماش سوداء، ويلاحظ أنه رغم تطابق الأذرع الست لرقاقة الثلج الواحدة، فإنها تختلف عن أذرع



شكل ٤-٦: بلورات ثلج كما رأها هوك تحت المجهر. أدرك هوك أن هيئتها السادسية المتماثلة مبنية على التعبة المترادفة للكرات (الشكل ٥-٤). ووُجد هوك أن البلورات الثلجية للبول كانت ماءً نقِيًّا (إذ لم تتحوَّل على مذاق «البول»).

الرقائق الأخرى. أما الصورة ٣، فهي نسخة مكبّرة من رقاقة ثلج واحدة. والصورتان ٤ و ٥ توضّحان بلورات ثلج مقشوطة بسُكّين من سطح وعاء زجاجي كان مُمتنعاً بالماء

ثم تم تجميده. وبالرغم من أن تماثل الشكل السادس لا يتبيّن من الولهة الأولى، فإن الروايا التي تشكلها الأذرع مع «الجذع المركزي» في الصورة ^٤ هي ٦٠ درجة و ١٢٠ درجة. وتوضح الصورة ٦ سطح الماء إذ يشرع في التجمُّد. وقد ربط هوك هذه المشاهدات بالمشاهدة الثالثة عشرة (الشكل ٥-٤)، لا سيما بتبنيه الكرات المتراسقة في هيئة سادسية لتشكيل بلورات. ورغم عجزه عن إعطاء معنى كيميائي لهذه الكرات، استعان جون دالتون بعده بنحو مائة وأربعين عاماً بنظرية هوك الذرية لشرح البنية البلورية للثلج برسوم مشابهة تُوظف الكرات لتُمثل جزيئات الماء.^{٣٠}

من الناحية الكيميائية، تمثل المشاهدة السادسة عشرة (عن الفحم، أو النباتات «المحترقة»)^{٣١} أكثر المقالات تشويقاً في كتاب «الفحص المجهري». فتُوضَّح المادة النباتية في بوتقة، مع إحاطتها وتغطيتها تماماً بالرمال، ثم تُسخن على النار. وما إن تنتهي عملية التسخين، وتُترك الرمال للتبريد، يُمكِّن الحصول على الفحم. ولكن، إذا كان الرمل ما زال ساخناً (أو حتى دافئاً)، فإن الفحم غير المغطى سوف يتطاير في شكل لهب ويتبَّدَّل تماماً. أما البيئات الأخرى التي يقلُّ فيها الأكسجين (بما في ذلك الفراغ)، فلم تدعم عملية احتراق الفحم. غير أنَّ الفحم الذي كان يتم تسخينه في الفراغ كان يشتعل بمجرد إدخال تيار من الهواء الجوي. بالطبع كان البارود (المكون من الفحم والكبريت ونترات البوتاسيوم) معروفاً منذ قرون. وكان تسخين الفحم مع نترات البوتاسيوم ينتج احتراقاً قوياً وكاملاً في وعاء مغلق (وتحت الماء أيضاً). على النقيض من ذلك، كان إحراق الفحم في وعاء مغلق غير مُفرَّغ من الهواء سرعان ما يتوقف تدريجياً. وقد سجل هوك مشاهدات مماثلة عند استخدام الكبريت بدلاً من الفحم. فافتراض أن الهواء «مذيب» قادر على «إذابة» الأجسام «الكبريتية» (أي القابلة للاحتراق). علاوةً على ذلك:^{٣١}

تتم إذابة الأجسام الكبريتية من خلال مادة متقطنة، ومختلطة مع الهواء، تشبه – إن لم تكن هي نفسها – المادة التي يحتوي عليها مركب نترات البوتاسيوم، والتي أظن أنه يمكن الكشف عنها بوضوح كبير بإجراء عدد من التجارب باستخدام نترات البوتاسيوم.

ستتحدَّث بعد قليل عن د. جون مايو، صديق هوك ورفيقه. لم دائماً ما يُنسب اكتشاف أحد عناصر الهواء يدعم الاحتراق والتنفس إلى مايو لا إلى هوك؟ يشير بارتينجتون^{٣٢} إلى أن هوك افترض أن المادة «المختلطة» بالهواء هي «مادة ملحية»

(ربما نترات بوتاسيوم متحللة ومعلقة؟) ربما «ترشحت» على نحو ما. وكان مايو هو من أثبت على نحو صحيح أن المادة الفعالة هي عنصر غازي من عناصر الهواء الجوي.

وقد عرض كتاب «الفحص المجهري» عدة صور لأشياء صغيرة تحت المجهر. على سبيل المثال، قدمت الصورة المجهريّة لشوكة نحلة³³ رؤى كاشفة مفيدة للغاية بشأن آلية عملها. غير أن جامعي الكتب القديمة يرون أن ما يفوق النحل اللاسع الشرس والبراغيث الحاملة للطاعون سوءاً هي عثة الكتب الخيفية (انظر الشكل ٤-٧)!³⁴ ولنستمع إلى ما قاله هوك في هذا الشأن:

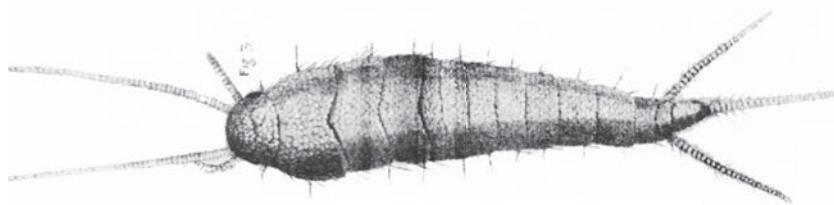
في الواقع، حين أتأمل كومة نشاراة الخشب أو الرقاقات التي يحملها هذا الكائن الضئيل (الذي يُمثّل واحداً من أنياب الدهر) في أحشائه، لا يَسْعُني سوى أن أذكر في إعجاب روعة ما تبده الطبيعة من وضع مثل هذه النار في هذه الحشرات؛ إذ تقتات هذه الحشرات وتتغذى باستمرار على هذه المواد التي تحملها في بطنها، والتي تحرقها الرئتان، وكذا أعجب من تشكيلها إحدى أروع بني الكائنات الحية، حيث جعلت الطبيعة استهلاك هذه النار وتنفيتها شرطاً أساسياً لكي تؤمن هذه الحشرات وتجمع مزيداً من المواد التي تُساعدها على العيش والتنامي؛ وهذا على ما يبدو هو الغاية الأساسية من جميع الآليات الحيوية التي يمكن رصدها في كل الحيوانات.

وكان ذلك قبل حوالي ١٢٠ عاماً من إثبات لافوازييه بالميزان والمسعر (جهاز قياس كمية الحرارة) أن التنفس عملية احتراق!

(٤) نشقة أكسجين عابرة؟

كان جون مايو (١٦٤١-١٦٧٩)³⁵ قاب قوسين أو أدنى من «وأد» نظرية الفلوجستون «في مهدها» فور طرح بيشر لصيغتها الأولى في عام ١٦٦٩. التحق مايو في البداية بجامعة أكسفورد في عام ١٦٥٨، ثم قُبِل كباحث في عام ١٦٥٩، وانتُخب زميلاً لكلية أول سولز في عام ١٦٦٠. أصبح مايو «طبيباً معتمداً» حوالي عام ١٦٧٠، على الرغم من أن بارتينجتون لم يستطع أن يجد أي دليل على حصول مايو على أي شهادة رسمية في الطب.³⁵ ليس معروفاً على وجه التحديد متى التقى مايو وهوك، أو ما إذا كان مايو قد التقى بويل من

WANTED DEAD OR ALIVE



"The Bookworm"

aka "Silverfish"

aka *Tysanura*

Reward Offered by Antiquarian Book Collectors Anonymous

شكل ٧-٤: ما من جامع كتب أو أمين مكتبة سيعرض على هذا المقص المطلوب فيه ضبط هذه الحشرة حية أو ميتة.

الأساس. ولكن يبدو أنه قد سُمح له بدخول مضخة بويل الهوائية في أكسفورد خلال ستينيات القرن السابع عشر.³⁶

نشر مايو عام ١٦٦٨ مقالتين علميين قصيريَن يتناولان التنفس والكساح. وفي عام ١٦٧٤، جرى تقييم هذين المقالين ونشرًا مع ثلاثة مقالات أخرى لتشكل جميعًا مؤلفًا بعنوان «خمسة مقالات في الفيزياء الطبية ...»³⁷ في هذا العمل يُعرف مايو ما أسماه «الروح النترو هوائية». ومثلاً فعل هوك في كتابه «الفحص المجهري» الصادر عام ١٦٦٥

يُحدّد ما يو مادة في الهواء لازمة لدعم احتراق المادة «الكبريتية» مثلاً كان معروفاً عن النتر أو نترات البوتاسيوم. كان يُقال إن المواد السريعة الاشتعال تحتوي على «مادة كبريتية»، وكان ذلك وثيق الارتباط قطعاً بنظرية الفلوجستون. في الواقع، يمكن أن تُنسب هذه المفاهيم إلى المواد الجوهرية الثلاث التي صنفها باراسيلسوس: الكبريت والزئبق والملح. ومع ذلك، تمثل أعظم إسهامات ما يو³⁵ في الكيمياء في التوصل إلى أن: (١) ثمة عنصراً في الهواء يدعم الاحتراق. (٢) هذا العنصر الموجود في الهواء له نفس تأثير النتر أو نترات البوتاسيوم. (٣) هذا العنصر كذلك يدعم التنفس؛ والاكتشاف الأكثر تفرداً هو (٤) أن هذا العنصر هو عنصر غازيٌّ معين في الهواء. وهكذا، احتوى «الهواء الجوي» على عنصر غازي قادر على دعم الاحتراق والتنفس وعنصر غازي آخر لا يستطيع ذلك. وقد تطرقنا لوصف أدوات ما يو وتجاربه في موضع آخر.³⁸ تناول ما يو ملاحظةً مثيرةً لبويل عن البارود بالشرح على نحو صحيح. كان معروفاً أن نترات البوتاسيوم التي يحتوي عليها البارود تُوفّر قدرًا من «الروح النترو هوائية» أكبر بكثير من تلك التي كان يوفرها الهواء الجوي. علاوة على ذلك، يمكن للعناصر «القابلة للاحترق» في البارود، والكربون، والكربون أن يحترق كلُّ منها في وعاء مغلق إلى درجة معينةٍ ومن ثمَّ تنطفئ. على النقيض، عند حرق الكربون والكربون مع نترات البوتاسيوم في وعاءٍ مغلق، فإنها ستحترق احتراقاً كاملاً مثلاً يحدث للبارود في مثل هذه الظروف. لكن بويل وضع بعض البارود في دائرة على سطح تحت الفراغ.³⁹ وتحت عدسة حارقة لاحظ اشتغالاً بطيئاً وموضعاً لجزيئات البارود المعروضة مباشرة إلى الضوء الشديد. وعند إبعاد العدسة توقف الاحتراق. ومع ذلك، في حالة تركيز العدسة الحارقة على بعض بلورات البارود داخل دائرة المسحوق وكان الجهاز معرضاً للهواء الجوي، يحدث احتراق كامل على الفور. وقد أصاب ما يو بالتفكير في أن الجزيئات «النترو هوائية» ينبغي أن تكون متصلة اتصالاً مباشرًا بالفحيم أو الكبريت لكي يحدث الاحتراق.⁴⁰

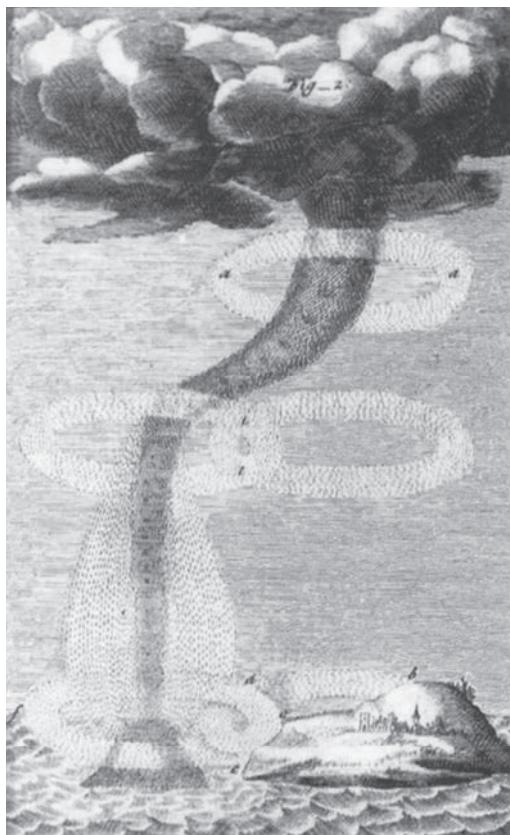
يعلق بارتينجتون⁴¹ على زعم ما يو بأنه قد سخن النتر وجَمَع حمض النيتريك الناتج؛ فيقول: «لو أنه أجرى التجربة بحق، لاستطاع اكتشاف الأكسجين». ومع ذلك، بحسب ما يشير بارتينجتون وأخرون، لم يكن ما يو يملك الوسائل الازمة لحبس الغازات، والتحكم فيها، ودراستها. فمثل هذه التقنيات انتظرت ما أحدثه ستيفن هيزل⁴² من تطويرات في عام ١٧٢٧، وما لحقها من تحسينات أدخلها ويليام براونيرج، وجوزيف بلاك، وهنري كافنديش، وجوزيف بريستلي.

عني كتاب «خمسة مقالات في الفيزياء الطبية» بمسائل عملية أخرى تتجاوز المسائل الطبية، والفيسيولوجية، والكيميائية. على سبيل المثال، ناقش مايو منشأ الأعمدة المائية وعزاها إلى الأضطرابات الجوية (انظر الشكلين ٤-٩؛ وانظر كذلك دراسات بنجامين فرانكلين على هذه الظواهر في الشكل ٢٢-٥ في جزء لاحق من هذا الكتاب). إن شرح مايو للبرق والرعد يُذكَر بشرح باراسيلسوس،^{٤٣} ويُصوِّر الانفجارات بين الروح «النترو هوائية» والمادة «الكبريتية» في الغلاف الجوي.

(٥) عنصر لوسيفر وحبوب نوكل

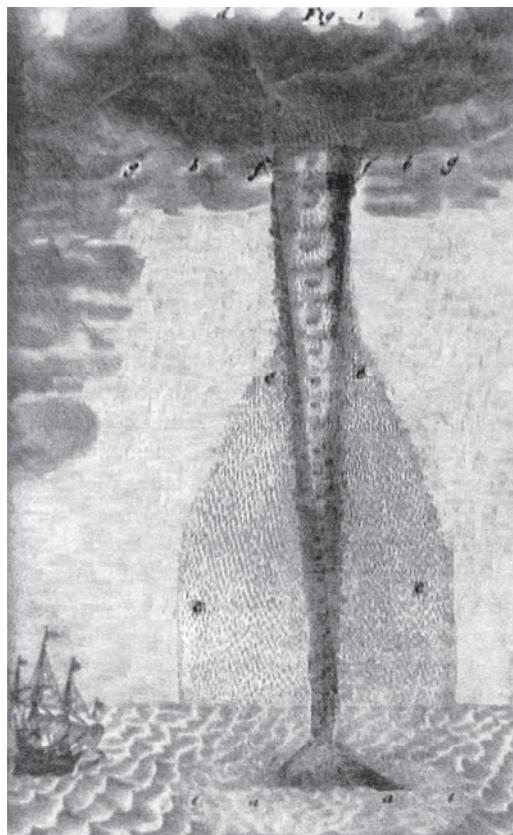
استخدم البول — ذلك السائل الذهبي الذي وُهب خواص حيوية وخفية — لقرن في آلاف المستحضرات الخيمائية. ولا شك أنه قد تعرَّض إلى التقطير حتى الجفاف مرَّات لا حصر لها. غير أنه في عام ١٦٦٩، قام خيميائي مغمور رغم براعته — يُدعى هينينج براند — بغلي البول، مرَّكزاً إياه حتى أصبح شراباً سميكًا مرَّكزاً، ثم قطَّر منه زيتاً أحمر اللون. أضيف الكربون الأسود المترسب في المقطرة المعوجة إلى هذا الزيت الأحمر ثم سُخن في مقطرة معوجة فخارية. وقد تخيل جون إمزلي المشهد في كتابه الرائع «العنصر الثالث عشر». ^{٤٤} «فنري» براند يراقب سائلاً متوهجاً كثيفاً يتحوَّل إلى ألسنة لهب ما إن يتعرَّض للهواء.^{٤٥} وما إن يعزل براند السائل في وعاء الاستقبال، حتى يتصلب ولكنه لا يزال متوهجاً. تخيل مدى التعجب الذي أثاره هذا المشهد — سُرُّ ملتهب وهاج مختلف في أجسادنا ومفراغاتنا! لقد اكتشف براند عنصر الفوسفور (وهي تسمية تعني «جالب النور»). إن درجة انصهار الفوسفور الأبيض (٤ درجة مئوية) ودرجة غليناه (٢٨٠ درجة مئوية) منخفضتان تماماً؛ وهذا يُبرِّر سهولة تقطيره، وحقيقة أن الشوائب قد تُقلل درجة انصهاره بما يكفي لإنتاج «فوسفور سائل».

وبدلاً من أن ينشر براند رسالة عن البول وتحوُّله إلى الفوسفور، أبقى عمله في هامبورج سراً لحوالي ست سنوات، أملاً في جمع ثروة بمجرد أن يتوصَّل إلى فائدة لهذا الاكتشاف.^{٤٦} ولكنه بعد أن استنزف ثروة زوجته الثانية في هذا البحث غير المثير، انتهى به الحال إلى الإعلان عن اكتشافه الذي جذب انتباه يوهان نوكل، وكان صانع ذهب غير موفق لدى «ناخب ساكسونيا»، تقاعداً حديثاً ليدرس في جامعة فيتنبرج. زار نوكل هامبورج لكنه لم يستطع معرفة أي تفاصيل من براند. فأخبر نوكل، بدوره، زميلاً خيمياً آخر، هو يوهان دانيال كرافت، في درسدن عن تلك المادة الجديدة. فما كان من



شكل ٨-٤: عمود مائي مصوّر في كتاب «خمسة مقالات في الفيزياء الطبيعية» (من طبعة عام ١٦٨١ التي نُشرت في لاهاي؛ وكانت الطبعة الأولى قد نُشرت في أكسفورد في عام ١٦٧٤).

كرافت، ما إن استشعر وجود فرصة، إلا أن أسرع من فوره إلى هامبورج واشتري كل مخزون براند من الفوسفور، بالإضافة إلى الحقوق الحصرية وتعهد بالسرية من براند. وقد مرّ هذا الاحتيال التجاري تحت علم نوكل، إذا جاز القول، ولم ينتفع هذا الأكاديمي المتميّز بشيء من براند سوى الإشارة إلى أن البول هو مصدر الفوسفور.⁴⁵ على الرغم من أن نوكل (١٦٣٠-١٧٠٣)،⁴⁷ الذي ولد لأبٍ كيميائي، لم يحصل على أي تعليم أكاديمي رسمي، فقد كان باحثاً علمياً متمكّناً ومحترماً. فبتلك الإشارة المُبهمة



شكل ٩-٤: عمود مائي آخر مصور في طبعة عام ١٦٨١ من كتاب مايو «خمسة مقالات في الفيزياء الطبية». كان مايو قاب قوسين أو أدنى من اكتشاف أن نترات البوتاسيوم تحتوي على الأكسجين، مما يُعكّر من دعم الاحتراق. وقد درس روبرت بويل ومساعده روبرت هوك، الذي كانت تربطه علاقة ودية مع مايو أيضًا، قدرة نترات البوتاسيوم على تعزيز الاحتراق.

التي أعطاه إياها براند، اكتشف نوكل بمفرده العملية، ونشر خواص ما أسماه «ضوء الليل الذي لا ينتهي»، دون طريقة تحضيره، في عام ١٦٧٨. حصل روبرت بويل على عينات من كرافت ونوكل خلال هذه الفترة، وعليه نشر كتاباً في عام ١٦٨٠ عن تحضير الفوسفور السائل وخواصه بعنوان «روح ضوء الليل»، وكتاباً آخر عام ١٦٨٢ عن

الفوسفور الصلب بعنوان «ضوء الليل الصلب». ⁴⁷ حتى عالم الرياضيات البارز جوتفرید فيلهلم لايبنتز (1646-1716)، الذي وضع حساب التفاضل والتكامل مستقلاً عن السير إسحاق نيوتن؛ فقد استمر على اهتمامه بالكيمياء طوال حياته، مثلما كان حال غريمه الأساسي نيوتن، وكتب عن دراساته التجريبية عن الفوسفور. ^{48,47} يوضح الشكل ٤ الصورة المجازية الساحرة المقترنة بالفوسفور؛ إذ يبين هذا الشكل صفة صدر الكتاب الرائعة لكتاب يوهان هاينريش كوهاوزن ⁴⁹ الذي نُشر عام ١٧١٧ عن الفوسفور، والتي يظهر فيها كلُّ من هرمس وتنين طائر كمصدرين للضوء والنار. ويُظهر الشكل ٤ ⁵⁰ فيما يبدو يوهان دانيال كرافت إذ «يُقْنَع» ليوبولد الأول بالفوسفور في بداية عهده الطويل (١٦٥٨-١٧٠٥) كإمبراطور للإمبراطورية الرومانية المقدسة. في ذلك الشكل، تُبيّن الصورة ١ الفوسفور المضيء (الصلب)؛ والصورة ٢ تبين الفوسفور السائل يُطْلِق أبخرة وهو في حالة السكون؛ وفي الصورة ٣، مقاييس للضغط يومض في الظلام. وتُبيّن الصورة ٥ شيئاً يُشبه «الإشارة الضوئية» ⁵¹ مطبوع عليها اسم الإمبراطور بخطٍّ مُنمَّق بالفوسفور الصلب – في ملحم عصري للغاية من ملامح فن البيع الذكي.

كان نوكل بلا شك خيميائياً متھمساً، وإن لم يكن صانع ذهب ناجحاً. وقد سجَّل نوكل، انطلاقاً من اعتقاده بأن الزئبق هو الروح ذات الخواص الفلزية التي تبقى محفوظة خلال عملية تحول المعادن، أنه استخرج الزئبق من كل المعادن. ⁵² ومع ذلك، فقد أشارت دراساته الكمية إلى أن الأنتيمون يزداد وزناً عند التكليس، وتضمنَت أيضاً قياس قوة حمض النيتريك بتشبيهه بالفضة، وتبخیر المحلول حتى الجفاف، ثم قياس وزن الملح المتبقّي. ⁵³ وقد ساهم نوكل أيضاً في فن صناعة الزجاج، وتضمنَ كتابه «أسلوب تجريبي في صناعة الزجاج» – المنشور عام ١٦٧٩ – عمل أنطونيو نيري المنشور عام ١٦١٢ (في سبعة كتب)، وحدّثه نوكل بضمٍّ كتب ثلاثة من تأليفه. ⁵⁴ ويبُيّن الشكل ١٢-٤، من الكتاب المنشور عام ١٦٧٩، فرناً لصناعة الزجاج وعملاً يُصمّمون زجاجات. وفي الشكل ١٣-٤، نرى منفاخاً يُدار بدواسة يُستخدم في تصنيع لعب زجاجية صغيرة. ⁴⁷

يتبع كتاب إمزلي ⁴⁴ تاريخ تطور الفوسفور واستخداماته، واقتراح إمكانية تسمية هذا العنصر بـ «عنصر الشيطان». ⁵⁵ كذلك يصف الكتاب أساس التقطرير الإلتصافي للبول (أو العظام) لإنتاج الفوسفور؛ إذ يُبيّن كيف أن مادة عضوية – مثل الكرياتين – في البول تتحلل تحت ظروف النقص الشديد للأكسجين إلى كربون أولي (مثل الفحم). ومع التسخين في درجة حرارة عالية، ينتزع الكربون ذرات الأكسجين من أملاح الفوسفات



شكل ٤-١٠: صفحة العنوان الغامضة من أطروحة يوهان هاينريش كوهاوزن المنشورة عام ١٧١٧ عن الفوسفور، وفيها يظهر هرمس والتنين الطائر كمصدرين للنار والضوء؛ في صورة مجازية لخواص الفوسفور الأبيض.

الموجودة أيضًا في رواسب البول، مكونًا غاز أول أكسيد الكربون. وفي الواقع، لا يختلف هذا الوصف كثيرًا عما يحدث في العملية الصناعية لإنتاج الفوسفور الأبيض من الفوسفات الصخري في وجود فحم الكوك وثاني أكسيد السيليكون (السيليكا):⁵⁶





شكل ١١-٤: رسم توضيحي من كتاب كوهاوزن المنشور عام ١٧١٧ بعنوان «الفوسفور: نور جديد يتوجه». كيف يستطيع شخص إبرام اتفاقية لبيع الفوسفور للإمبراطورية الرومانية المقدسة؟ الأمر بسيط، اصنع لافتة واتكتب عليها بالفوسفور الأبيض اسم الإمبراطور «ليوبولد»، ففيُضيء الاسم بقوة في الليل.

في أحد فصول كتاب إمزلي والذي جاء تحت عنوان⁵⁷ «المنشط السام»، يشير إمزلي إلى التسويق لحبوب مصنوعة من هذا العنصر البالغ السمية. كانت تلك الحبوب مغلفة بخلاف رقيق من الذهب أو الفضة للسلامة الجسدية، وكانت تُسوق تحت اسم «حبوب نوكل»، وذلك بعد فترة قصيرة جدًا من وفاة الكيميائي المشهور. وثمة ستون صفحة



شكل ١٢-٤: صورة فرن تصنيع الزجاج كما جاءت في كتاب «أسلوب تجاري في صناعة الزجاج» (١٦٧٩) لنوكل (بإذن من مؤسسة التراث الكيميائي). تعرّض نوكل للخداع من «صديقه» يوهان دانيال كرافت («البائع المتجول» في الشكل ٤) الذي احتكر اكتشاف هيبينج براند للفوسفور. ولكن تلك الإشارة غير المقصودة من براند إلى أن الفوسفور نتج عن البول كانت كافية لنوكل الذكي لاكتشاف كيفية إنتاجه بمفرده.

تُغطّي التاريخ الكيميائي والعملي والتجاري والاجتماعي لأعواد الكبريت، وهذا الجزء ممتع للغاية، حتى إنك يمكن أن تقرأه كرواية. (اكتُشف الفوسفور الأحمر — ذلك المتأصل البوليسي — في القرن التاسع عشر بتسمين الفوسفور الأبيض حتى درجة حرارة



شكل ٤-١٣: تصنيع دُمى الزجاج الصغيرة بمساعدة منفاخ يدار بدواسة (من كتاب نوكل «أسلوب تجريبي في صناعة الزجاج» الصادر عام ١٦٧٩، بإذن من مؤسسة التراث الكيميائي).

٤٠٠ درجة مئوية في وعاء مغلق. وقد ساعد في جعل صناعة أعواد الكبريت أكثر أماناً). هنا، نتعرّف لأول مرة على آني بيسنت، المصلحة الاجتماعية الإنجليزية في السنوات الأخيرة من القرن التاسع عشر، والتي شَكَّلت اتحاداً للنساء العاملات في صناعة أعواد الكبريت الخطيرة والاستنزافية. وسوف نلتقي بها في موضع لاحق من هذا الكتاب — بعد حوالي عشرين عاماً من «التنبؤ» بالبنى الداخلية للذرات (انظر [الجزء الثامن: بعض المرح، القسم الأول: صور واضحة للذرات — سرد كيميائي غريب]). ويصف إمزلي مصدر توهج

الفوسفور الأبيض، وهو الأمر الذي لم يُوضّح تماماً إلا عام ١٩٧٤. يحدث تفاعل على سطح الفوسفور الأبيض، وهو مادة صلبة تتكون من جزيئات P_4 رباعية الأوجه، مع الأكسجين، وهو التفاعل الذي يُسفر عن تكوين جزيئات HPO و P_2O_2 التي تتسم بدرجة بالغة من عدم الاستقرار، والتي تتلاشى بالقرب من سطح الفوسفور الأبيض الذي كونها قبيل «تلاشيه» تماماً.⁵⁸

(٦) الكيميائي مستشار الإمبراطور الاقتصادي

رحل يوهان يواكيم بيشر (١٦٢٥-١٦٨٢)^{61, 60, 59} منذ أكثر من ثلاثة قرون، وعادةً ما لا نراه سوى المؤسس الأول للنظرية الكيميائية الجامعية: الفلوجستون. لكن ما نُغفله عامةً هو أن بيشر ربما كان أعظم خبير اقتصادي في الإمبراطورية الرومانية المقدسة في القرن السابع عشر.⁶¹ وربما يكون ذلك هو العامل المشترك الذي يجمعه بأنطوان لوران لفوازيبه، الذي سيُصبح خلال أواخر القرن الثامن عشر مؤسس الكيمياء الحديثة رغم كونه أحد أعظم رجال الاقتصاد في فرنسا.⁶² في عام ١٦٦٦، عُيِّن بيشر ذو الواحد والثلاثين عاماً آنذاك مستشاراً اقتصادياً للإمبراطور ليوبولد الأول، ولقب نفسه بـ«المستشار التجاري لجلالة إمبراطور الإمبراطورية الرومانية المقدسة».⁶³ بعد ذلك بستة عشر عاماً، توفي بيشر في لندن، تاركاً أسرته تشكو شظف العيش، حتى إنَّ ابنته اضطرت للعمل خادمةً في المنازل.⁶⁴

بقيَت الإمبراطورية الرومانية — على الأقل اسمًا — لألف عام ويزيد بعدها خلع البابا ليو الثالث لقب الإمبراطور على شارلمان في عام ٨٠٠ ميلاديًّا.⁶⁵ وكانت الإمبراطورية الرومانية تُشكل مملكة شاسعة في وسط أوروبا نواتها герمانيون الذين جاء منهم معظم الحكام الشعبيين. وقد أدَّت حركة الإصلاح في القرن السادس عشر إلى نشوء مراكز قوى متمردة، لا سيما بين الأمراء герمانيين الذين اعتنقوا البروتستانتية وتمرَّدوا على الإمبراطور. وعززت هذه التوترات الدينية صراعات وتحالفات إقليمية معقدة وغير مفهومة أسفرت عن بدء حرب الثلاثين عاماً الكارثية (١٦١٨-١٦٤٨).⁶⁶ وبعد انتهاء الحرب بتوقيع معاهدة وستفاليا في عام ١٦٤٨، فقدَت إسبانيا هولندا وفقدت معها تفوُّتها في القارة، وعلا نجم فرنسا كقوة أوروبية غربية كبرى، ودُمِّر اقتصاد العديد من المدن герمانية، وصارت الإمبراطورية الرومانية إلى ضعفٍ من بعد قوّة بلا رجعة. وبعد قرن، جاء الكاتب الفرنسي الساخر الشهير فولتير ليقول ساخراً عن الإمبراطورية الرومانية

المقدسة: «لم تكن مقدّسة، ولا رومانية، ولا حتى إمبراطورية». ⁶⁵ وانتهت الإمبراطورية الرومانية المقدسة من الوجود تماماً في ظروف مؤسفة في عام ١٨٠٦، بعد عامين من إعلان نابليون نفسه إمبراطوراً لفرنسا.



شكل ١٤-٤: صفحة العنوان من طبعة عام ١٦٦٠ الصادرة في فرانكفورت من كتاب «ملاحظات طبيعية عن المعادن» ليوهان يواكيم بيشر. يُعرَف بيشر بين الكيميائيين بأبي نظرية الفلوجستون؛ ومع ذلك فقد كان مشهوراً، ولو بنفس القدر على الأقل، بعلمه بالاقتصاد ومكانته كمستشار تجاري لليوبولد الأول إمبراطور الإمبراطورية الرومانية المقدسة (بإذن من مكتبة روبي جي نيفل لتاريخ الكيمياء).

بلغ بيشر سنَّ الرشد في أعقاب حرب الثلاثين عاماً، وكرَّس نفسه لرخاء ألمانيا وازدهارها، شأنه في ذلك شأن كثيرون من الكيميائيين البارزين في ذلك الوقت، من بينهم نوكل، ويوهان رادولف جلاوبير. تولى بيشر تعليم نفسه بنفسه، ونما لديه اهتمام مبكر بالเทคโนโลยيا، ونشر كتابه الأول في عام ١٦٥٤ حول الخيماء تحت الاسم المستعار سوليونوس سالترثال.^{60,59} ومع حلول عام ١٦٥٥، رَسَخَ بيشر مكانته كمستشار للرياضيات للإمبراطور الروماني المقدس فرديناند الثالث في فيينا، وكان يقدم له المشورة فيما يخص العمليات الخيمائية.⁶⁷ نُشر أول كتاب لبيشر عن كيمياء الفلزات والطب الكيميائي — بعنوان «ملاحظات طبيعية عن المعادن» (انظر الشكل ١٤-٤) — في عام ١٦٦٠.⁵⁹ كان بيشر يعتقد في «النظرية الحيوية» والتي تفيد بأن المعادن، والحيوانات، والنباتات «تعيش حياةً من نوعٍ ما وتنبت من بذور في الأرض».⁵⁹ حصل بيشر على شهادة الطب من جامعة ماينز في عام ١٦٦١، وعيّن في كلية الطب في الجامعة عام ١٦٦٣، وأصبح طبيباً لـ«ناخب ماينز». تزوج في عام ١٦٦٢ امرأةً من عائلة ثرية وتحظى باحترام كبير، ثم انتقل بيشر الذي لا يعرف الهدوء أبداً إلى ميونخ في عام ١٦٦٤ وأصبح مستشاراً طبياً ورياضياً لـ«ناخب بافاريا».⁶¹⁻⁵⁹ في هذه الفترة اندمج إلى حدٍ كبير في النشاط التجاري، وأسس «الشركة التجارية الشرقية»، وحاول تأسيس مستعمرة تجارية في أمريكا الجنوبية لكافيله. وكما سبق أن أشرنا، انضمَّ في عام ١٦٦٦ لرجال الإمبراطور ليوبولد الأول في فيينا.

في كتابه المنشور عام ١٦٦٤ «كيمياء أوديب»،⁶⁸ يصفُ بيشر أولى تصوُّراته بشأن التركيب الأساسي للمادة.⁶⁰ أما عمله الأشهر، فهو الكتاب الذي نُشر في عام ١٦٦٩ والذي يُعرف عموماً بـ«فيزياء ما تحت الأرض».^{69, 61-59} في هذا الكتاب ذهب بيشر إلى أن الهواء، والماء، والتربة يشكلون العناصر الحقيقية، فيما يعمل الهواء كأدلة للخلط. ويقول بيشر إنَّ المعادن والأحجار تتشكَّل من ثلاثة فئات من التربة وهي: التربة الزجاجي (جوهر المادة تحت الأرضية)، والتربة الدهني (خاصية قابلية الاحتراق)، والتربة السائل (الرائحة، وعدم الثبات، وبعض السمات الخفية الأخرى). وخلص بيشر إلى أن كل المواد التي تَحْتَرق، بما في ذلك المعادن مثل القصدير والزنك، لا بدَّ أن تَحتوي على التربة الدهني، على الرغم مما أشار إليه بارتينجتون⁵⁹ من أن بيشر لم يُحدِّد أبداً ما يحدث للتربة الدهني. في الواقع، كان بيشر يعلم تماماً العلم أنَّ المعادن «تزداد» وزناً عند تشكيل الكلسات. وقد عزا بيشر ذلك إلى تراكم الأبخرة المُلتَهِبة على المعدن كما ألمح بويل من قبل.⁷⁰

اعتمَد تحُوّل بيشر⁷¹ من «مستودع للأسرار химическая» قبل عام ١٦٥٤ إلى المستشار الفني الموثوق للبناء والأباطرة على مدار الخمسة عشر عاماً التالية على براعته في الميكانيكا والعلوم، والتي ضخمتها قدرته على تسويق نفسه بوصفه الخبر الذي يجب الاتجاه إليه عند طلب المشورة في عالم مليء بالمدعين معذومي الضمير. وفيما يلي مقتطف من خطابه إلى الإمبراطور ليوبولد كتب في سبعينيات القرن السابع عشر:⁷¹

ومع ذلك، فإن الأمر الأهم، نظراً لرغبة جلالتك في إجراء بعض التجارب على هذه الأشياء، أنه سيكون من الضروري الاستعانة بشخص مخلص وأمين وواسع المعرفة، يمكن لجلالتك أن تستشيره في أمر هذه العمليات التي يُخبرك بها هؤلاء الصعاليك الحقراء، ويستطيع فهم هذه العمليات في سرية وتقنكم وإخلاص، ويرفع لجلالتك تقارير بشأنها. فإن لم يحدث ذلك، لن تتمكن جلالتك من فهم جذور هذه العمليات، ولا فهم طبيعتها، وستظل ضحية لخداع هؤلاء المحتالين.

والآن، من كان يرى الطبيب بيشر تعينه خبيراً للإمبراطور؟ تشير باميلا إتش سميث، كاتبة سيرة بيشر، ساخرةً إلى أن: «وصف بيشر للتاجر الألماني الذي يبحث عن الربح يُشبه إلى حدٍ لافت موقفه شخصياً قبل عشر سنوات من هذا الخطاب». ⁷¹

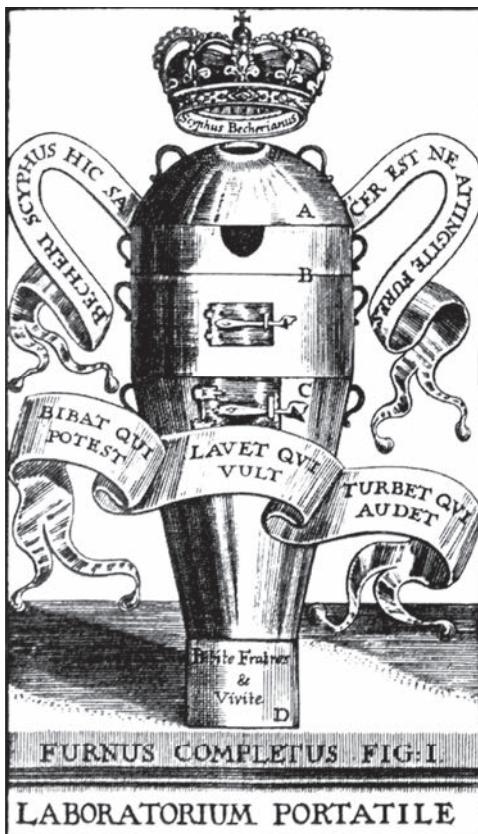
أدى انخراط بيشر في صالح الاقتصاد الألماني إلى تصميمه مصنعاً للأواني والمصنوعات الزجاجية، إلى جانب معمل ومكتبة. وقد فشلت المراسيم التي أصدرها في عام ١٦٧٧ بمنع دخول الواردات الفرنسية إلى جنوب ألمانيا، وأدى ذلك إلى سجنها لفترة قصيرة في عام ١٦٧٨.⁶⁰ وفي عام ١٦٧٨، تورّط أيضاً في محاولة فاشلة للاتجار بتقنية هيدينج براند لتصنيع الفوسفور.⁷² ومع ذلك، نجح «اتحاد» آخر يرأسه جوتفرید فيلهلم لايبنتز – عالم الرياضيات المعروف الذي كان «مُتواطئاً» مع الجاسوس الصناعي الخامض يوهان دانيال كرافت، في جلب براند وتقنيته إلى هانوفر. ستتذكر سيدي القاريء تلك الواقعية التي سبق أن أتينا على ذكرها من استغلال كرافت السريع لإشارة نوكل له عن اكتشاف براند للفوسفور، ومحاولته «احتكار السوق و«إقصاء نوكل». حتى براند وزوجته مارجريتا لم يكونا أرقى من اللجوء إلى التهديد بالانضمام إلى بيشر للحصول على أموال إضافية من الاتحاد الذي يرأسه لايبنتز. ولم يكن خطاب السيدة براند إلى لايبنتز ينطوي على كثيرٍ من المعانٰي الخافية: «إنَّ الطبيب بيشر بالغ الأمانة دائمًا، ومنذ أربعة أسباب، حين كان مغادراً هامبورج إلى أمستردام، منح زوجي أربعة وتسعين رايشستالر (عملة الإمبراطورية الرومانية المقدسة) تكريماً له». ⁷²

وتحسُّباً لفشل عرضه العملي الموسَّع المحتمل لعملية استخراج الذهب من رمال البحر التي كان بيشر قد حَدَّ لها موعداً في مارس عام ١٦٨٠ في هولندا،⁶⁰ غادر بيشر بسرعة متوجهاً إلى لندن، دون عائلته. وعلى الرغم من أن روبرت بويل كان أحد مناصريه في إنجلترا، لم يَنْجَح بيشر في التماساته إلى الجمعية الملكية لانتخابه عضواً فيها. ومع ذلك، باع ثلاثة من أفرانه المحمولة (انظر الشكلين ١٥-٤ و ١٦-٤) مقابل ١٢ جنيهاً لكلٌ منها، أحدهما اشتراه بويل. أُعْتَرَفَ بِأَنَّهُ كَانَتْ سَأَسْتَمْتَعُ بِقِرَاءَةِ مَسْرِحِيَّةٍ أَوْ قَصْرِيَّةٍ تَجَسِّدُ ذَلِكَ التَّفَاعُلَ بَيْنَ بَوْيِلَ الرَّجُلِ الإِنْجِلِيزِيِّ الْأَرْسْتُقْرَاطِيِّ وَبِيُشِرَ الَّذِي يَصْغُرُهُ بِثَمَانِيَّةِ أَعْوَامٍ، الَّذِي رَبِّمَا «أَنْهَكَتْهُ» الْمَكَائِدُ الَّتِي تَعَرَّضَ إِلَيْهَا عَلَى مَسْتَوِيِّ الْقَارَةِ، وَالْمَازِقِ الْقَانُونِيَّةِ الَّتِي وَقَعَ فِيهَا، وَتَرَكَ لِعَائِلَتِهِ خَلَالِ الْعَامَيْنِ الْآخِيرَيْنِ مِنْ حَيَاتِهِ الْقَصِيرَةِ الْمَلِيَّةِ بِالْمَغَامِرَاتِ.

لم تجد نظرية بيشر من يعترف بها في زمانه، حتى تبنَّاها الطبيب الشهير جورج إرنست شتال (١٧٣٤-١٦٦٠) بعد نحو ثلاثة عقود.^{75,73} وعلى الرغم من أنك كثيراً ما تقرأ أن شتال كان «تلميذاً» أو «مربيداً» لبيشر، فإن من الجدير باللاحظة أن شتال كان قد أتَمَ لتوه عاشه الثاني والعشرين، وكان يدرس الطب فيينا بألمانيا حين تُوفِيَ بيشر في لندن في عام ١٦٨٢. وبالرغم من أن اهتمام شتال بالكيمياء بدأ مبكراً، فما من إشارة إلى أن شتال قد التقى بيشر أبداً. غير أن قراءة شتال لعمل بيشر وتبنيه لنظريته هو الذي دفعه إلى إعادة نشر كتاب بيشر «فيزياء ما تحت الأرض» في عام ١٧٠٣. وشتال هو من صاغ مُصطلح «فلوجستون»، ووضع مبدأ أن جوهر النار تتبعه البيئة المحيطة خلال عملية الاحتراق والتكتسات.⁷³ يذكر بارتينجتون أن «شتال كان متكبراً، مُثِيراً للإزعاج؛ فقد تشاوَرَ مع زميله هوفمان الذي كان له أقدمية عليه، والذي يدين له شتال بتعينه في هاله، وكان نادراً ما يردُ على الخطابات، ويُبدي احتقاره لكلٍ من يختلف مع آرائه، ويأتي بردَّات فعلٍ عنيفة إزاء النقد. وقد عززت هذه السمات ... سمعته إلى حدٍ كبير». ⁷⁵

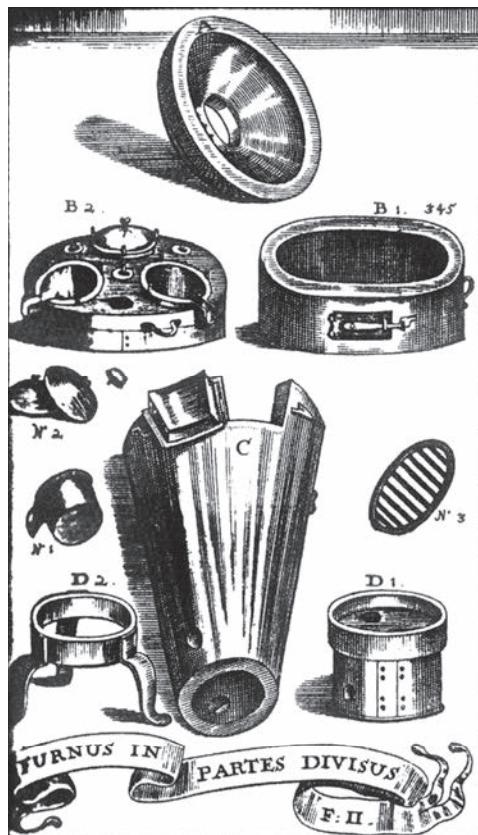
(٧) هبة الفحم المتواضعة

لا يمكن اعتبار الفحم مادة مثيرة للإعجاب، لكنه مع ذلك أدى دوراً محورياً في التاريخ البشري. فكما أشرنا في المقال السابق، أدَّت قدرة الفحم على انتزاع الأكسجين من



شكل ٤-١٥: لم يكن بيشر أَيْ شيء سوى صاحب رأس مال مُخاطر، وهذا هو الفرن النقال الذي ابتَغَه وسُوَّقه. وقد اشتري روبرت بويل أحد هذه الأفران مقابل ١٢ جنيهاً (من كتاب بيشر «ملاحظات طبيعية عن المعادن» بِيَذِن من مكتبة روبي جي نيفل لِتَارِيخ الكيمياء).

الفوسفات عند تعریضه إلى درجات حرارة مرتفعة إلى اكتشاف براند – الذي أصابته الدهشة – لعنصر الفوسفور (الأبيض) الأولى. بمصطلحات هذا العصر، تُدرك أن القوى المحرّكة لهذا التفاعل قوّى دينامية حرارية. يُكُونُ أول أكسيد الكربون أقوى رابطة تساهمية في الطبيعة.⁷⁶ وعلى مستوى الطاقة، يُمثّل تكوين روابط كيميائية قوية على حساب الروابط الأضعف عاملًا محركًا قويًا للتفاعلات الكيميائية. علاوة على ذلك، نحن



شكل ١٦-٤: صورة لمكونات فرن بيشر النقال متصلة (انظر الشكل ١٥-٤) (من كتاب بيشر «ملاحظات طبيعية عن المعادن»، بإذن من مكتبة روبي نيفل لتأريخ الكيمياء).

ندرك أن الإنتروديوكسيا (درجة العشوائية في نظام ما) يمكن أن تكون قوة محركة قوية أيضًا. وإنتاج غاز (أول أكسيد الكربون) يزيد درجة العشوائية ومن ثمَّ درجة الإنتروديوكسيا يُعدُّ قوة دافعة شديدة في الاختزالات التي يقوم بها الفحم.⁷⁷ ويؤدي انطلاق الغاز في الجو إلى الحيلولة دون إعادة دخول ذرة الأكسجين الوحيدة الموجودة في أول أكسيد الكربون لإعادة تشكيل المادة «الأم»، مما يدفع التفاعل الكيميائي إلى الخطوة التالية. وعبر العصور

والفحm يُسخّن مع مختلف تكلسات المعادن (مساحيق الأكسيد) لاختزالها إلى المعادن الصافية الأصلية.⁷⁸ أما غاز أول أكسيد الكربون – الناتج الثانوي لهذه التفاعلات – فيختفي في الجو. يا له من تأثير سحري! في الواقع، يُشكّل الفحم المنشط حديثاً أيضاً مادة ماصة قوية للغاية بإمكانها إزالة الروائح، وتجريد السوائل من ألوانها، بل يجعل النبيذ الأحمر يشبه الماء. ويما لذلك من تأثير بشع!

يُظهر الشكل ١٧-٤ صورة بالألوان الزيتية على البورسلين بفرشاة فنان يدعى إل ستورم بعنوان «الخييميائي».⁷⁹ والفنان الذي رسم الصورة هو في الغالب فنان يُدعى لو دفيج ستورم (١٨٤٤-١٩٢٦)، اشتهر في بامبرج وميونخ برسمه على البورسلين.⁸⁰ «ربما» يكون عنوان اللوحة مناسباً؛ نظراً لأن الشخصية المحورية في الصورة يبدو وأنه يُجري عملية خيميائية لصالح العمالين الثريين المصورين بأزيد القرن الثامن عشر. ومع ذلك، فإن الخيماء قد بلغت قمة ازدهارها خلال منتصف القرن السابع عشر، ومع منتصف القرن الثامن عشر كانت الكيمياء تشق طريقها في ثقة نحو اتخاذ مكانتها كعلم دقيق. كذلك كان الأثرياء السُّدُّاج قد أصبحوا عقلاً بحلول تلك الفترة. فماذا يجري في هذه اللوحة؟ من الواضح أن مساعد الكيميائي قد أمدَّ ببوتقة شديدة السخونة باستخدام فرنه ومنفاه، بينما يضيف الكيميائي مسحوقاً كلاسيّاً إلى البوتقة. والعنصر الأساسي في هذه الصورة هو وعاء الفحم المسحوق الذي يظهر أمام العميل الثري الواقف إلى اليمين. ربما نتصوّر إضافة الفحم إلى البوتقة قُبِيل إضافة الكلس مباشرة. فلو كان الكلس هو أكسيد النحاس الأسود، وكانت النتيجة مشوقة على نحو خاص؛ إذ سيتصاعد هسيس غاز من الكتلة الداكنة وتظهر قطرة ذهبية مائلة إلى الحمرة من معدن سائل سرعان ما يتصلب متحولاً إلى نحاس.

لكن لو نظرنا إلى الصورة من منظور أحد أنصار نظرية الفلوجستون، لاختالف الأمر. إن الفحم غني ومُحمل بالفلوجستون – جوهر النار. وكلس النحاس سيكون فعلياً نحاساً مجرداً من الفلوجستون. وتلك العملية الكيميائية الموضحة في الصورة من شأنها اختزال الكلس ليعود فلّاً مرة أخرى بإعادة كامل محتواه من الفلوجستون له. فهل كان الشخص في وسط الصورة خيميائياً (ترى فهو مدع أم محتاب؟) يُغري مستثمرين ثريين كانوا يأملان في مضاعفة ثروتيهما؟ أعتقد أن الأمر ليس كذلك. ربما يكون كيميائياً مبتدئاً أو عالم معادن كفأً يطلب الدعم من بعض المستثمرين الأثرياء.



شكل ٤-١٧: لوحة بالألوان الزيتية على البورسلين للفنان إل ستورم، والأرجح أنه الرسام لودفيج ستورم المعروف بالرسم على البورسلين (المصدر: د. أفريد بادر). ورغم أن اللوحة بعنوان «الخيميائي»، فإنها تصور كيمياء عقلانية. والعنصر الرئيس في الصورة هو وعاء الفحم، ويرجح أن أكسيداً فلزياً قد اخترذ إلى معدن بفعل الفحم في البوتقة شديدة السخونة. انظر الصور المؤنّة (أود أن أعرب عن بالغ امتناني لمتحف الفن التابع لجامعة ولاية نيويورك في بينجهامتون لنحي الإذن باستخدام هذه الصورة).

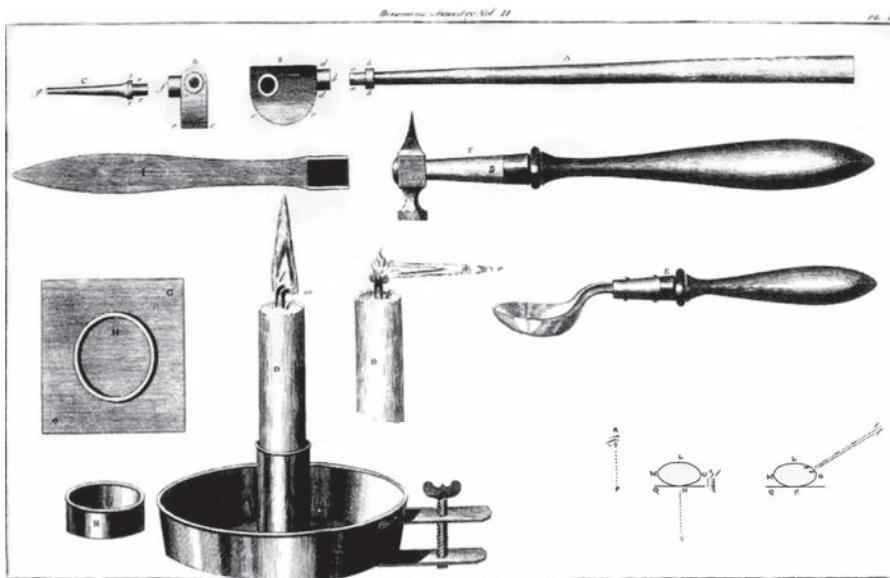
(٨) التصنيفات الكيميائية المذهلة للمعادن والرخويات

شهدت السويد في القرن الثامن عشر⁸¹ ازدهاراً كبيراً في مجال التعدين وصناعة المعادن؛ إذ أصبحت المصدر الرئيسي للحديد لباقي بلدان أوروبا. إلى جانب ذلك، كانت السويد تتمتع بمورد طبيعي وفي آخر متمثل في الغابات البكر، مما جعلها مركزاً لصناعة الأخشاب وتصنيع الأثاث. وربما يفسّر هذا تأسيس التصنيف العلمي المفصل لكلٍ من مُلكتي النبات والمعادن في السويد خلال هذه الفترة. على الناحية الأخرى، ربما كان ذلك التصنيف نابعاً ببساطة من رغبة اللوثريين الشديدة في النظام والتنازع.

في عام ١٧٥٣، نشر كارلوس لينيوس (١٧٧٨-١٧٠٧)⁸² كتاب «الأنواع النباتية»، مقدماً فيه أول تصنيف علمي منهج للنباتات المزهرة والسراسخ. وكان التصنيف مستندًا بوجه عام إلى البنية الخارجية (التكوين) للأجزاء الزهور. كذلك كان للمظهر الخارجي دور رئيس في تصنيف المعادن. على سبيل المثال، كان ذلك التصنيف يفترض أن الأحجار الكريمة والياقوت قريبة الصلة. وفي عام ١٧٥٨، نشر سويدي آخر، هو أكسيل فريدريك كرونستيت [١٧٢٢ (أو ١٧٠٢-١٧٦٥)،⁸³ (دون الكشف عن هويته) كتابه «محاولات في علم المعادن». في هذا الكتاب، صنفَ كرونستيت كل المعادن في أربع مجموعات كيميائية: المعادن الأرضية، والمعادن الملحية، والمعادن الزفتية، والمعادن الفلزية.⁸⁴ ومع ذلك، فإن هذا التصنيف البسيط نُشر بعد عامين فقط من إعلان بلاك اكتشافه «الهواء المثبت» (غاز ثاني أكسيد الكربون)، وكان ذلك قبل حوالي عقدين من الثورة الكيميائية.

لتوضيح حالة الالتباس الكيميائي التي سادت علم المعادن خلال القرن الثامن عشر، سأذكر بضعة أمثلة كافية لهذا الغرض. البلمباجو أو حجر الجرافيت هو معدن زلق ضارب إلى الرصاصي يؤدي إلى اسوداد اليدين،⁸⁴ وأطلق عليه كذلك «الرصاص الأسود»؛ نظراً لشبهه الظاهري بالفلز الناعم الضارب إلى الرصاصي أيضاً. وكان الجرافيت يدخل في صناعة الأقلام الرصاص في القرن السابع عشر؛⁸⁵ ومن هنا جاءت تسميته الأحدث: الجرافيت. بالطبع ما زال استخدام الأقلام «الرصاص» شائعاً. وقد صنف يوهان جوتتشوك فالريوس (١٧٨٥-١٧٠٩)، وهو سويدي أيضاً، الجرافيت كأحد أنواع فلز التلك.⁸⁷ وفي عام ١٧٧٩، أكَّسَ الكيميائي السويدي العظيم كارل فيله شيله الجرافيت مع النتر، وجمع غاز ثاني أكسيد الكربون «الهواء المثبت» الناتج، وخُلص إلى أن معدن الجرافيت يتكون من الكربون الصافي.⁸⁸ على الناحية الأخرى، يبدو مظهر الألماس مختلفاً عن الجرافيت، كما يمكن أن تخيل. فهو بلوري وشفاف وأصلب من الصخر. وبالفعل،

كان الألماس يبدو أقرب إلى الأحجار الكريمة الجميلة النادرة الأخرى، بما في ذلك الياقوت الأحمر، والعقيق، والياقوت الأزرق. ومع ذلك، اكتسبت الشائعات التي انتشرت حول التجارب التي يُحرق فيها الألماس مصداقية متزايدة خلال القرنين السابع عشر والثامن عشر.⁸⁹ وفي عام 1760، وصف فرانسوا الأول – إمبراطور النمسا – تجربة حرق فيها الألماس وأحجار الياقوت على مدار ٢٤ ساعة في بوتقات.⁸⁹ ولدى فتح البوتقات، وجد الياقوت الأحمر كما هو دون أن يطرأ عليه أي تغيير، بينما اختفى الألماس دون أي أثر. وفي عام 1797، أكسد سيميثسون تباينات الألماس مع النتر وأثبتت بالدليل القاطع أن الألماس أيضًا كربون صافٍ.⁹⁰



شكل ١٨-٤: طُورَت الأدوات المستخدمة في تحليل المعادن باستخدام الحملاج لتصبح ذات تقنية عالية في السويد في القرن الثامن عشر (من كتاب توريم بيرجمان «مقالات في الفيزياء والكيمياء» المنشور عام 1788).

كان الحملاج (أداة نفخ) أداةً مبكرة فعالة لتحليل تركيب المعادن وكيميائيتها. وعلى الرغم من أن أصولها ضاربة في القدم، فقد خضعت للتعديل للتخلص من عيوبها في

السويد خلال القرن الثامن عشر.⁹¹ وكان كُلُّ من شيله وتوربرن بيرجمان يَستخدمان هذه الأداة على نحو مكثُّف. ويصف الشكل ١٨-٤ — من مقالات لبيرجمان — بالتفصيل تركيب حملج فضي الصلب واستخدامه.⁹² تبدأ الوحدة A (أعلى يمين الصورة) بالبوق، التي تَضيق تدريجيًّا إلى أن تتناسب في إحكام مع فتحة الوحدة B، التي تَدفع الأنفاس دفعًا لتنعطف بزاوية ٩٠ درجة، وتجمع الرذاذ و قطرات الماء المختلطة بأنفاس نافخ البوق في مجرى. تحصل الوحدة B بالأتبوب C، الذي ينتهي بفتحة صغيرة مستديرة وانسيا比ة g التي توجّه الأنفاس إلى لهب الشمعة. يُنْفَخ اللهب أفقين، وربما تُركَ أجزاءٌ من المختزلة أو المؤكسدة على عينات المعادن حسب الرغبة. قد تُعرَّض عينات ضئيلة من المعادن للهب بوضعها في الملعقة E، المصنوعة من الفضة أو الذهب، وإذا كان المعden غير قابل للاشتعال، يُوضع في فتحة داخل قطعة من الفحم. تسحق المطرقة F القطع المعدنية داخل الحلقة المعدنية H على اللوح المعدني G. وتمسك هذه القطع المعدنية باستخدام المقطق I.

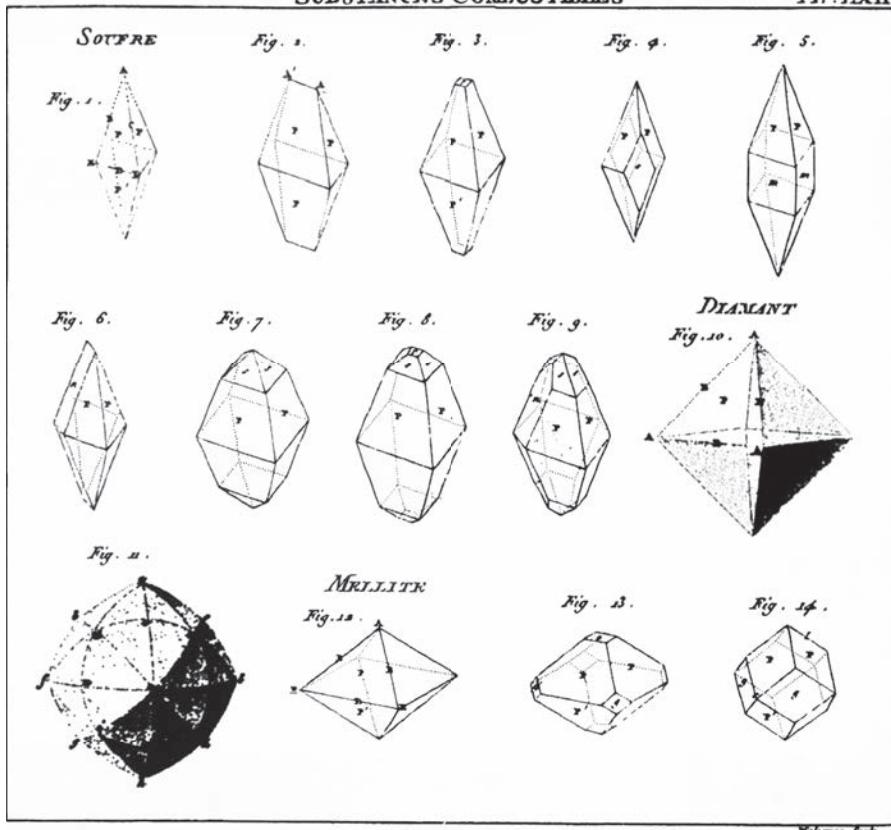
والآن يأتي الجزء الصعب؛ إذ لا بد أن يكون تدفق الأنفاس إلى اللهب سلساً ومتواصلاً لدقائق في كل مرة أحيانًا. جرب ذلك. ومع ذلك، يؤكد لنا بيرجمان⁹³ إمكانية إتقان هذا الأسلوب بالمارسة — املأ خديك بالهواء ومع الشهيق والزفير من منزرك، وأبقِ خديك ممتئن بالهواء، ثم استمر في اعتصارهما بقوة بأصابع إحدى يديك، حتى يظل التنفس ثابتاً ومستمراً. عزيزي القارئ، هنا أنا آذن لك بالانصراف عن مواصلة القراءة وأخذ باقي اليوم إجازة للممارسة!

ثمَّة عديد من الخطوات يجب اتباعها. أولاً: عرّض عيّنة المعدن الصغيرة للجزء الخارجي (ناقص الوقود)، المؤكسد من اللهب. فإذا لم يطرأ أي تغيير على العينة، عرّضها لحافة الجزء الأزرق المختزل والأعلى حرارة من اللهب. في حالة عدم انصهار العينة بفعل اللهب، يُدخل بيرجمان ثلاثة مواد «صهيره» لدعم انصهار العينات المعدنية، وهي: ملح الفوسفات الحمضي، وملح قلوي (هيدروكسيد الصوديوم)، وملح معتدل (بوراكس). تذاب المادة الصهيرية، ثم يُضاف معدن مسحوق تماماً إليها ويدخل في تفاعل مع المادة الصهيرية، ثم تُسجل النتائج. وقد كانت عمليات التحليل التي أجريت بالحملج باللغة الدقة وشديدة الحساسية.

قرب نهاية القرن الثامن عشر، اتَّحدت التطورات التي طرأَت على عمليات تحليل المعادن مع النظرية الكيميائية لإعداد الساحة لثورة في تصنيف المعادن. والشكل ١٩-٤

SUBSTANCES COMBUSTIBLES

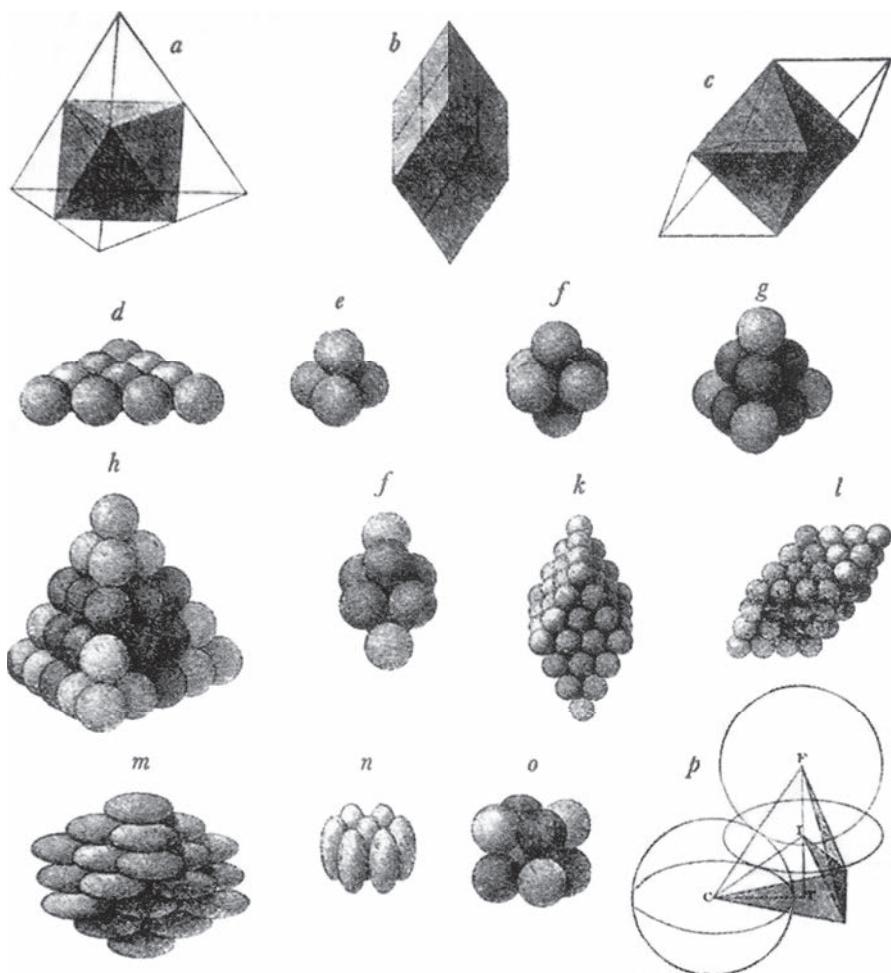
PL. LXII.



Habermann Sculp.

شكل ١٩-٤: التصنيف الكيميائي للمعادن كما وضحته رينيه أيوبي في كتابه «دراسة في علم المعادن» المنشور في باريس عام ١٨٠١ (بإذن من مؤسسة التراث الكيميائي).

من كتاب «دراسة في علم المعادن» للأب رينيه جست أيوبي (١٧٤٣-١٨٢٢).⁹³ في هذا الكتاب، يظهر كلُّ من بلورات الكبريت الصفراء العديمة الشكل والألاس البلوري الشفاف — على اختلافهما — معًا في الصورة ٦٣ كعنصرَين كيميائِيَّين قابِلَين للاشتعال. كان أيوبي أول من أدرك أنَّ البلورات تنفص عن أوجه محدَّدة من بنيتها ترتكز على طبقات بلورية مُتماثلة سفلية. وربما يكون المؤسس الأول لعلم البلورات.⁹⁴ وقد قاس



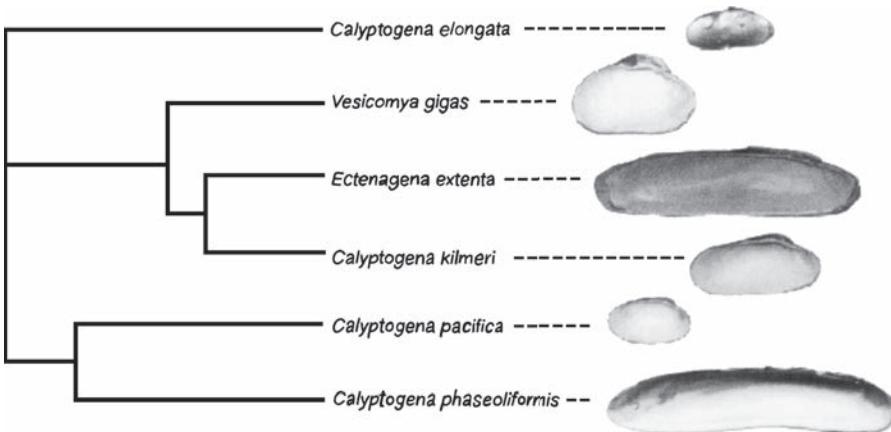
شكل ٤-٤: شرح ويليام هايد ولاستون للأوجه البلورية (من كتاب «فجر الكيمياء» لسي. سينجر، شركة فوليو سوسايتي للنشر. بإذن من شركة فوليو سوسايتي للنشر).

ويليام هايد ولاستون (١٧٦٦-١٨٢٨)^{٩٤} بدقّة زوايا الأوجه البلورية، موحّداً بذلك فكرتى هوك (انظر الشكل ٤-٥) ودالتون^{٩٥} بشأن التعبئة المتراسقة للبلورات، وموظّفاً إياهما لفهم التمايز والانفصام البلوريين (انظر الشكل ٤-٢٠). وقد مكّنت دراسات المعادن

التي نشأت في السويد مع «علم الكيمياء الحديث»، عالم المعادن الأمريكي جيمس دوايت دانا في عام ١٨٣٧ من طرح التصنيف الكيميائي للمعادن الذي لا يزال معمولاً به حتى اليوم.^{٩٦}

والآن، ما الصلة التي تربط هذه المناقشات المتعلقة بالمعادن بالرخويات؟ تقوم منهجيات تصنيف لينيوس على البنية الخارجية (علم التشكك). وكان هذا التصنيف قد وضع قبل قرن من اكتشاف دارون للتطور؛ ومن ثم افتقد إلى الرؤى المستمدّة من نظرية الانتخاب الطبيعي. وهكذا فإننا الآن ندرك التشابه الظاهري بين أسماك القرش والدلافين بشكل أفضل (للذين كثيراً ما يلتبس الفارق بينهما على السباحين المُتوّرين)، من خلال فهم المسارات التطورية المتوازية التي تُتيح لكلا النوعين العيش في بيئات وكوّات متشابهة. والشكل الظاهري في هذه الحالة مضلل للغاية؛ فالقروش — وهي أسماك — والدلافين — وهي من الثدييات — يختلف بعضها عن بعض كاختلاف الياقوت الأحمر عن الألاماس. على النقيض، تبدو الدلافين مُختلفة عن الجياد على المستوى الظاهري مثل الجرافيت والألاماس. ومع ذلك، فإن الدلافين والجياد حيوانات حازّة الدماء، تلد صغارها الحية دون وضع أي بيض، وتربى صغارها. والحقيقة الكيميائية الخفية بشأن الجرافيت والألاماس هي أن كلّيهما كربون نقفي.

يُظهر الشكل ٢١-٤ ستة أنواع من المحار في رسم بياني^{٩٧} أربعة من هذه الأنواع تنتمي إلى فصيلة المحار «كالبيتوجينا»، أما النوعان المتبقيان، فينتميان إلى فصيلتي محار «فسيكوميا»، ومحار «إكتاجينا». وقد قامت هذه التصنيفات بوجه عام على الشكل الخارجي لأصداف المحار؛ نظراً لأنها الجزء الوحيد الذي يتبقى بعد موت المحار، كما أنها تتيح ربطها بالأسلاف الأحفورية (انظر مقال لمارك الوارد لاحقاً في هذا الكتاب). ومع ذلك، فخلال الجزء الأخير من القرن العشرين، ابتكرت أدوات كيميائية حديثة، من بينها تحديد تسلسل البروتين، ثم تحديد تسلسل الحمض النووي لاحقاً، لدراسة الأبعاد الخفية في مثل هذه العلاقات الوراثية التطورية. وبوجه خاص، كل بروتين مُميّز في الكائن الحي يُقابله جين مسؤولٌ عن شفرته. وهكذا يكون الهيموجلوبين في الحصان أشبه لهيموجلوبين البقرة منه لهيموجلوبين الفأر. في هذه الحالة، على الأقل، تعكس العلاقة الشكلية الظاهرة الواضحة الاختلافات الجينية الكامنة. ونحو نهاية القرن العشرين، ومع التطورات الحاصلة في التحليل الكيميائي، والتشغيل الآلي، والبيولوجيا الحاسوبية، ظهر فرع جديد من العلوم باسم «علم الجينوم»، والذي أتاح عقد مقارنات مباشرة بين



شكل ٢١-٤: عرض تفرعي حديث للعلاقات التطورية السلالية بين أنواع المحار المختارة. تقوم هذه التصنيفات التفرعية على معايير كيميائية (سلسلات الحمض النووي) وليس على تكوين الصدفة (الشكل الخارجي). تُشير هذه الدراسات الكيميائية الحيوية إلى أن محار كيلميري الملزمي (*C. kilmeri*) أقرب وراثياً إلى محار الماء المالح جيجاس (*V. gigas*) ومحار إكتناجينا إكستنتا (*E. extenta*) منه إلى محار إلونجاتا الملزمي (*C. elongata*), ومحار باسيفيكا الملزمي (*C. pacifica*), ومحار فيزيوليفورميس الملزمي (*C. phaseoliformis*) الأقرب إليه في الشكل الظاهري. وقد خضع علم المعادن لتطور مشابه من التصنيف على أساس الشكل إلى التصنيف الكيميائي قبل أكثر من قرنين من الزمان. فقبل عام ١٧٧٠، كان يعتقد أن الألناس أقرب إلى الياقوت الأحمر، ولا يمْتَ بصلة إلى الجرافيت. لكن الكيمياط أظهرت أن الألناس والجرافيت كلاهما كربون نقى، وكلاهما لا يمْتَ بصلة إلى الياقوت الأحمر (خالص تقديرى للأستاذ روبرت فرايجنهوك لتعريفى بالفاهيم التفرعية، ومناقشته لدراساته على المحار، وإمدادي بهذه الأشكال المبينة في الكتاب).

السلسلات الجينية الهائلة للكائنات الحية المختلفة، وأحياناً ما تكون النتائج التي تظهر مذهلة للغاية.

يُوضّح الشكل ٢١-٤ العلاقات النظامية بين أنواع المحار الستة موضوع الدراسة، ليس بناءً على الأشكال الخارجية للأصداف، وإنما بناءً على سلسلات الحمض النووي الخاص بوحيدة ميتوكوندريا أوكسيداز الأولى.^{٩٧} وتظهر تصنيفات التطور السلالي المبينة في شكل مخطط تفرعي^{٩٨} والتي يُمثل فيها كل فرع من الشجرة تعديلاً مختلفاً يتسلّل

منه فصيلة جديدة. من منظور علم الجينوم، تختلف العلاقة بين أنواع المحار تماماً عن التصنيف القائم على الشكل الخارجي (الشكل ٤-٢١)؛ فالحقيقة الكيميائية الخفية تختلف اختلافاً مهولاً عن الاستنتاجات القائمة على البنية الخارجية؛ ومن ثم، وبناءً على هذا التصنيف الكيميائي، تمثل فصائل محار الماء المالح جيجاس، ومحار إكتاجينا إكستنتا، ومحار كيلميري الملزمي ثلاث فصائل مختلفة، لكن من الممكن أن تُنسب إلى فصيلة وحيدة (نظراً إلى أن أصولها تعود إلى سلف مشترك). يشير المخطط التفرعي إلى أن أوجه التشابه بين محار باسيفيكا وكيلميري الملزميين، المصنفين في فصيلة واحدة، أقل من أوجه التشابه بين محار كيلميري الملزمي ومحار إكتاجينا إكستنتا (رغم أن إكتاجينا إكستنتا يبدو مختلفاً على مستوى الشكل عن محار كيلميري الملزمي).^{٩٧} وقد اكتشف الأستاذ روبرت فرياجنهوك أن المحار الموجود في خليج مونتيري الذي يسمى محار باسيفيكا الملزمي يُمثل في الواقع ثلاثة أنواع مختلفة متشابهة شكلاً ولكنها مختلفة جينياً وتعيش على أعماق مختلفة. أما محار باسيفيكا الملزمي الحقيقي، فلا يعيش من الأصل في خليج مونتيري، وإنما في جوار ولاية واشنطن.^{٩٨}

ومع احتياز علم الجينوم حداة عهده، بدأ يُشير كثيراً من المسائل الصعبة. على سبيل المثال، لا تعكس كل البروتينات تطابق العلاقات التطورية السلالية بين الأنواع المتقاربة. ولا يُمثل استخدام القطاع المحدد من الحمض النووي المبين أعلاه – لتحديد العلاقات التطورية السلالية بين أنواع المحار الستة المصورة في الشكل ٤-٢١ – الاحتمالية الوحيدة. فمع اكتساب مزيدٍ من المعرفة في هذا المجال الثوري، ربما يتوصّل إلى قرارات بشأن أنسب التسلسلات الجينية وكذلك العوامل الترجيحية. فهل يعيينا هذا إلى ذاتية التصنيف القائم على الشكل، أم يمكن القبول بأن تعمل جينات «محورية» معينة كمؤشرات محددة؟ بالطبع هذه أسئلة أعقد بكثير من تلك التي أثيرت قبل قرنين حول المعادن، الأكثر بساطة من الناحية الكيميائية؛ إذ لا تحوي أنسجة وأعضاء وظيفية، ولا تستقلب معادن أخرى، وعلى حد علمنا، لا تتزاوج أو تتتطور.

(٩) في الجير حقيقة

في مقوله «في الخمر حقيقة» معنى ضمني بأن لسان المرء يُطلق من عقاله على الأرجح – بعد أن «تُزلقه الخمر» بالدرجة المناسبة – فيعترف بكل شيء. ومع ذلك، ربما قال الصيدلاني الألماني يوهان فريديريش ماير (١٧٠٥-١٧٦٥)^{٩٩} كذلك «في الجير حقيقة»؛^{١٠٠}

Page 247							
TABLE des Affinités du Causticum ou Acidum pingue avec différentes substances.							
‡	⊕1	⊖v	⊗	CM	Ψ	∇	Pag.
⊕1	⊗ *	calis.	Esprit ammoniacal par la Chaux vive.				91
⊖v	⊖	Caustic.	fel caustique fixe				76
⊗	⊗	Chaux vive.				27
CM	⊗	Phagedæn.	Eau phagédénique				209
∇	⊗	Calc.	Eau de Chaux				49

EXPLICATION DES CARACTÈRES.

- ‡ Causticum ou Acidum pingue.
- ⊕1 Alkali volatil.
- ⊖v Idem fixe.
- ⊗ Terre calcaire.
- CM Chaux métalliques.
- Ψ Chaux vive.
- ∇ Eau.

Nota. L'ordre des rapports dans cette Table est le même que dans les Tables ordinaires ; c'est-à-dire , que le signe de l'alkali volatil étant immédiatement le premier au dessous du signe de l'Acidum pingue , il faut lui assigner la plus grande affinité avec ce même acide , & ainsi des autres.

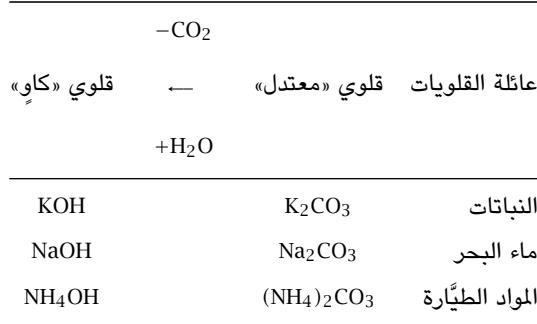
شكل ٤-٢٢: جدول من كتاب يوهان فريدریش ماير «مقالات في الكيمياء»، الصادر عام ١٧٦٦. لقد كان يوجد مادة «أسيديوم بينج» ((الحمض الدهني) أو «الزيتي») في القلويات القوية (الكافوية) (مثل مادة هيدروكسيد البوتاسيوم) في حين أنها لا توجد في القلويات المعتدلة (مثل كربونات البوتاسيوم). إن إضافة الأسيديوم بينج في الواقع كانت تساوي فقدان ثاني أكسيد الكربون، مثلاً كانت إضافة الفلوجستون تساوي فقدان غاز آخر غير مرئي، هو الأكسجين.

إذ اكتشف من خلال كربونات الكالسيوم (CaCO_3) (الحجر الكلسي؛ الحجر الجيري) مادة أسيديوم بينج، التي يقال إنها المادة الأساسية العامة الكامنة في الأجسام، وجوهر النار، والعنصر المكون لكل الأحماض (انظر الشكل ٤-٢٢).¹⁰¹ ولربما قالها أيضاً؛ نظراً

لأنه أقر بتناول ١٢٠٠ رطل من الحجر الجيري على مدار ثمانية سنوات لعلاج حموضة معدته الشديدة.¹⁰²

حتى عام ١٧٥٦، كان الغاز أو «الهواء» الوحيد المعروف هو الهواء الجوي. في تلك السنة، نشر د. جوزيف بلاك ورقته البحثية عن عزل خواص «الهواء الثابت» (ثاني أكسيد الكربون أو).¹⁰³ وقد استخدم التقنيات المُعتمدة على الهواء المضغوط التي ابتكرها كل من ستيفن هيلز وويليام براونيريج لحجز «الهواء» الذي كان «مثبتاً» في الحجر الكلسي الطبئوري (CaCO_3). وبالرغم من أن فان هيلمونت قد تعامل مسبقاً مع هذا «الهواء» على مدى ١٠٠ عام، فلا هو ولا أي من العلماء المعاصرين له استطاعوا وصفه على نحو صحيح. لم يكن معروفاً خلال الفترة التي عاصرها بلاك سوى ثلاثة قلويات أساسية، هي:¹⁰³

النباتات، وماء البحر، والمواد الطيارة. وقد وُجد كلٌّ من هذه القلويات في صور «معتدلة» وكاوية. وقد دفعت دراسات بلاك الكمية الدقيقة به إلىقناعة صحيحة مؤداها أن فقدان «الهواء المثبت» هو ما يحول القلويات من الحالة المعتدلة إلى الحالة الكاوية؛ ويُمكن تلخيص هذا الاستنتاج بالاصطلاحات الكيميائية الحديثة كما يلي:



أما نظرية ماير فكانت عكس نظرية بلاك من الأساس.⁹⁹ فقد قيل إن المادة التي أسمتها ماير «أسيديوم بينج» («الحمض الدهني» أو «الزيتي») عنصر حاضر في كل الأحماض. حين تفاعلت القلويات المعتدلة (التي أدرك بلاك أنها كربونات) مع الأحماض، أشار الفوران الناتج عن التفاعل إلى امتصاص مادة «أسيديوم بينج» الموجودة في جميع الأحماض. أما القلويات الكاوية — كما أشير أعلاه — فكانت مشبعة بمادة «أسيديوم بينج»؛ ومن ثم لم ينتج أي فوران عند تفاعلها مع الأحماض. وذلك الملمس الزلق الذي

يميز القلويات الكاوية نشأ عن «الحمض الدهني» الذي تتشبّع به. ويوضح الشكل ٤-٢٢ جدولًا لأوجه الارتباط بمادة «أسيدوم بينج». ^{٩٩}

في هذه المرحلة، باتت الرؤى المتماشية مع نظرية الفلوجستون جلية تماماً. فقيل إنَّ كلسات الفلزات تكتسب الفلوجستون وتُصبح فلزات عند تسخينها مع الفحم، الذي يعُدُّ مادة مشبعة بالفلوجستون. على النقيض، أثبت لافوازييه أنَّ الكلسات قد «فقدت» الأكسجين الذي ينتقل إلى الفحم ليشكل ثاني أكسيد الكربون . وبحسب ما ذكر ماير، كان يقال إنَّ القلويات المعتدلة تكتسب مادة «أسيدوم بينج» من النار لتصبح قلويات كاوية. وأثبت بلاك أنَّ المواد القلوية، في الواقع، «فقد» ثاني أكسيد الكربون خلال هذه التحولات.

غير أنَّ ما زاد البلبلة أنَّ تحول فلز مثل الكالسيوم إلى كلس الكالسيوم في النار كان سيَسْتَلزم إضافة الأسيدوم بينج المستمدَّة من النار. والكلس أُنْقل في الواقع من الفلز. غير أنَّ إضافة «الأسيدوم بينج» إلى القلويات المعتدلة لتشكيل القلويات الكاوية من شأنه أن يشير إلى أنَّ هذه الأخيرة لا بد وأنَّ تكون أكثر كثافة أيضًا. لكنَّ واقع الأمر أنَّ القلويات الكاوية أخفُّ من المعتدلة؛ نظرًا لفقدان ثاني أكسيد الكربون خلال التحول. ومصدر كلِّ «هذه البلبلة اللانهائية» هو أنَّ الفلوجستون (التراب الدهني) هو جوهر النار الكامن في المواد القابلة للاحتراق. في المقابل، تمثل مادة «أسيدوم بينج» أحد عناصر النار التي تعمل كعامل كيميائي خارجي يضاف إلى المواد القابلة للاحتراق. لقد قام كُلُّ من بلاك ولافوازييه بـ«استئصال» الدهون من الفلوجستون ومادة «أسيدوم بينج»، أو ربما فرَّغا كلتا النظريتين من محتواهما.

هوامش

- (1) J. Ferguson, *Bibliotheeca Chemica*, Vol. II, Derek Verschoyle, London, 1954, pp. 486-487.
- (2) L. I. Duveen, *Bibliotheeca Alchemica Et Chemica*, HES Publishers, Utrecht, 1986, p. 361.
- (3) Limojon De Saint Disdier, Alexandre Toussaint de, *The Hermetical Triumph; or, The Victorious Stone. A Treatise more compleat and more intelligible than any has been yet, concerning The Hermetical Magistery.*

Translated from the French. To which is added, The Ancient War of the Knights. Translated from the German original. As also, some Annotations upon the most material Points, where the two Translations differ. Done from a German Edition. P. Hanet, London, 1723.

- (4) Limojon De Saint Disdier, op. cit., pp. 4–5.
- (5) Limojon De Saint Disdier, op. cit., pp. 13–14.
- (6) J. R. Partington, *A History of Chemistry*, Macmillan and Co., Ltd., London, Vol. 2, pp. 486–549.
- (7) A. Greenberg, *A Chemical History Tour*, John Wiley and Sons, New York, 2000, pp. 87–92.
- (8) R. Boyle, *The Sceptical Chymist: Or Chymico-Physical Doubts & Paradoxes, Teaching the Spagyrist's Principles Commonly call'd Hypostatical, As they are wont to be Propos'd and Defended by the Generality of Alchymists. Whereunto is præmis'd Part of another Discourse relating to the same subject*, F. Caldwell for F. Crooke, London, 1661. I am grateful to The Roy G. Neville Historical Chemical Library (California) for supplying these two images. Although the title page cited above (Figure 4–2) is commonly quoted, the original first title page appears to be that shown in Figure 4–3 (Dr. Neville, personal correspondence). It is both anonymous and a bit nasty (“Vulgar Spagyrist”), and perhaps Boyle (or the publisher) had some second thoughts.
- (9) E. Rhys (ed.), *The Sceptical Chymist by The Hon. Robert Boyle*, J. M. Dent & Sons, London; E. P. Dutton & Co., New York, 1944.
- (10) Rhys, op. cit., p. 13.
- (11) Rhys, op. cit., p. 21.
- (12) Rhys, op. cit., p. 24.
- (13) Rhys, op. cit., p. 27.
- (14) Rhys, op. cit., pp. 36–37.
- (15) Rhys, op. cit., pp. 30–34.

- (16) Brock, op. cit., pp. 54–70.
- (17) Greenberg, op. cit., pp. 109–111
- (18) Greenberg, op. cit., pp. 92–94.
- (19) A. Lavoisier, *The Elements of Chemistry in a New Systematic Order Containing All the Modern Discoveries* (Robert Kerr, translator), William Creech, Edinburgh, 1790, p. 177.
- (20) R. Boyle, *Chymista Scepticus Vel Dubia Et Paradoxa Chymico-Physica circa Spagyricorum Principia*, Apud Arnoldum Leers, Rotterdam, 1668. This is the second Latin edition, the first edition was published in 1662 (Partington, op. cit.).
- (21) A. Greenberg, *A Chemical History Tour*, John Wiley & Sons, New York, 2000, pp. 87–90.
- (22) Greenberg, op. cit., pp. 91–92.
- (23) *The New Encyclopedia Britannica*, Encyclopedia Britannica Inc., Chicago, 1986, Vol. 6, p. 44.
- (24) J. R. Partington, *A History of Chemistry*, Macmillan & Co., Ltd., London, Vol. 2, 1961, pp. 550–570.
- (25) Partington, op. cit., pp. 551–552.
- (26) R. Hooke, *Micrographia: Or Some Physiological Descriptions of Minute Bodies Made by Magnifying Glasses. With Observations and Inquiries thereupon*, Jo. Martyn and Ja. Allestry, Printers to the Royal Society, London, 1665. See also the facsimile reprint published by Culture Et Civilisation, Brussels, 1966.
- (27) Hooke, op. cit., Preface.
- (28) Hooke, op. cit., pp. 82–88.
- (29) Hooke, op. cit., pp. 88–93.
- (30) Greenberg, op. cit., pp. 173–175.
- (31) Hooke, op. cit., pp. 100–106.
- (32) Partington, op. cit., p. 558.

- (33) Hooke, op. cit., pp. 163–165.
- (34) Hooke, op. cit., pp. 208–210.
- (35) J. R. Partington, *A History of Chemistry*, Macmillan & Co., Ltd., London, 1961, Vol. 2, pp. 577–614.
- (36) Partington, op. cit., p. 604.
- (37) J. Mayow, *Tractatus Quinque Medico-Physici. Quorum primus agit de Sal-Nitro, et Spiritu Nitro-Aereo. Secondus de Respiratione. Tertius de Respiratione Foetus in Utero, et Ovo. Quartus de Motu Musculari, et Spiritibus Animalibus. Ultimus de Rhachitide*, Sheldonian Theatre, Oxford, 1674. (A second Latin edition was published in The Hague, 1681; an English translation was published by the Alembic Club, Edinburgh, in 1907.)
- (38) A. Greenberg, *A Chemical History Tour*, John Wiley & Sons, New York, 2000, pp. 105–106.
- (39) Partington, op. cit., p. 527.
- (40) Partington, op. cit., p. 589.
- (41) Partington, op. cit., p. 588.
- (42) Greenberg, op. cit., pp. 122–130.
- (43) Partington, op. cit., p. 133.
- (44) J. Emsley, *The 13th Element — the Sordid Tale of Murder, Fire, and Phosphorus*, John Wiley & Sons, Inc., New York, 2000. This book was first published in Great Britain as *The Shocking History of Phosphorus*, Macmillan Publishers Ltd. in 2000. It is a truly admirable book—a “page-turner,” possibly a “barn-burner.” The scope of the book can be imagined as author Emsley relates sadly and ironically that phosphorus was discovered in Hamburg and used in its horrific fire-bombing almost three centuries later. He notes that phosphorus was “the thirteenth chemical element to be isolated in its pure form.” Aaron J. Ihde might have contested that since he lists zinc among the elements to have been isolated before 1600 (see A. J. Ihde, *The Development of Modern Chemistry*, Harper & Row,

New York, 1964, p. 747). However, the Separation of zinc from its oxide, a high-temperature process, was scientifically reported in the mideighteenth century, so Emsley's appellation appears to be "kosher".

(45) Emsley, op. cit., pp. 3–24.

(46) An "Elector" was a prince in the Holy Roman Empire who could participate in the election of an emperor.

(47) J. R. Partington, *A History of Chemistry*, Macmillan & Co., Ltd., 1961, Vol. 2, pp. 361–377.

(48) Partington, op. cit., p. 485.

(49) J. H. Cohausen, *Lumen Novem Phosphoris Accensum, sive Exercitatio Physico-Chymica De causa lucis in Phosphoris tam naturalibus quam artificialibus*, Joannem Oosterwye, Amsterdam, 1717.

(50) Cohausen, op. cit., p. 203.

(51) Actually, the "*pomum*" was a globular hand warmer for clerics.

(52) Partington, op. cit., p. 362.

(53) Partington, op. cit., p. 375.

(54) Partington, op. cit., p. 368.

(55) Emsley, op. cit., pp. 299–302.

(56) F. A. Cotton and G. Wilkinson, *Advanced Inorganic Chemistry*, fifth edition, John Wiley & Sons, New York, 1988, p. 386.

(57) Emsley, op. cit., pp. 47–63.

(58) Emsley, op. cit., p. 16.

(59) J. R. Partington, *A History of Chemistry*, Macmillan and Co. Inc., London, 1962, Vol. 2, pp. 637–652. I am grateful to The Roy G. Neville Historical Chemical Library (California) for supplying the three figures shown from Becher's 1660 *K~undigung der Metallen*.

(60) C. C. Gillispie (ed.), *Dictionary of Scientific Biography*, Charles Scribner's Sons, New York, 1970, Vol. I, pp. 548–551.

- (61) P. H. Smith, *The Business of Alchemy—Science and Culture in the Holy Roman Empire*, Princeton University Press, Princeton, 1994. It is interesting that the international financier George Soros has written a book titled *The Alchemy of Finance*, Simon & Schuster, New York, 1987. Soros, a protégé of philosopher of science Karl Popper, employs finance and philanthropy to promote open societies.
- (62) J.-P. Poirier, *Lavoisier—Chemist, Biologist, Economist*, University of Pennsylvania Press, Philadelphia, 1996.
- (63) Smith, op. cit., p. 18.
- (64) Partington, op. cit., p. 638.
- (65) *The New Encyclopedia Britannica*, Encyclopedia Britannica, Inc., Chicago, 1986, Vol. 6, pp. 21–22.
- (66) *The New Encyclopedia Britannica*, op. cit., Vol. 11, p. 711.
- (67) Smith, op. cit., pp. 16–17.
- (68) A. Greenberg, *A Chemical History Tour*, John Wiley and Sons, New York, 2000, pp. 102–104.
- (69) Partington (see above) also cites an earlier 1667 version of this work.
- (70) Partington, op. cit., p. 650.
- (71) Smith, op. cit., pp. 76–80.
- (72) Smith, op. cit., pp. 248–255.
- (73) Partington, op. cit., pp. 653–686.
- (74) C. C. Gillispie, op. cit., 1975, Vol. XII, pp. 599–606.
- (75) A. Greenberg, op. cit., pp. 106–108.
- (76) Professor Joel F. Liebman, personal communication.
- (77) The thermodynamics of this reaction can be calculated using standard enthalpy and entropy of formation data in M. W. Chase, Jr., *NIST-JANAF Thermochemical Tables*, fourth edition, *Journal of Physical*

and *Chemical Reference Data, Monograph 9*, 1998 (see also the NIST Website at <http://nist.gov>). For a metal having weaker affinity for oxygen, such as in mercury (II) oxide, both enthalpy and entropy favor this reaction. For a metal having somewhat stronger affinity, as in copper (II) oxide, enthalpy disfavors the reaction but is overwhelmed by entropy.

(78) The most important pyrometallurgical operation is the reduction of the iron ores hematite (Fe_2O_3) and magnetite (Fe_3O_4). Although carbon (in the form of coke) is added to these ores at high heat, the chemistry is more complex than simply passing oxygen from iron to carbon. The blast furnace housing this operation provides hot air. Oxygen in the air forms carbon monoxide from the coke and it is the carbon monoxide that reduces the iron ores by stripping them of oxygen to produce carbon dioxide. This is complemented by water also present in the blast air that likewise converts coke to carbon monoxide. Water's by-product, hydrogen, similarly strips the iron ore of oxygen to produce water. (See T. L. Brown, H. E. LeMay, Jr., and B. E. Bursten, *Chemistry—the Central Science*, seventh edition, Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ, 1997, pp. 872–875.)

(79) I am grateful to Dr. Lynn Gamwell, Director, University Art Museum, State University of New York at Binghamton for kindly providing this image from the Museum collection.

(80) H. Vollmer (ed.), *Allgemeines Lexikon Der Bilden den Künster von der Antike Bis Zur Gegenwart*, Verlag Von E. A. Seeman, Leipzig, 1938, Vol. XXXII, p. 257. I am grateful to Dr. Alfred Bader for commenting on this painting and making me aware of the artist.

(81) *The New Encyclopedia Britannica*, Encyclopedia Britannica Inc., Chicago, 1986, Vol. 28, pp. 332–350.

(82) *The New Encyclopedia Britannica*, op. cit., Vol. 7, pp. 379–380.

(83) J. R. Partington, *A History of Chemistry*, Macmillan & Co., Ltd., 1961, Vol. 2, pp. 173–175.

- (84) Partington, op. cit., p. 91.
- (85) Partington, op. cit., p. 104.
- (86) Long-time friend Professor Joel F. Liebman is a theoretician who has not done an experiment for at least 35 years. He quips that the only chemical research hazard he faces is “lead poisoning” from an inadvertent jab from his own pencil.
- (87) Partington, *A History of Chemistry*, Macmillan & Co., Ltd., London, 1962, Vol. 3, p. 170.
- (88) Partington (1962), op. cit., pp. 216–217.
- (89) J. –P. Poirier, *Lavoisier—Chemist, Biologist, Economist*, Engl. transl., University of Pennsylvania Press, Philadelphia, 1996, pp. 47–50.
- (90) Partington (1962), op. cit., pp. 703–705.
- (91) J. J. Berzelius, *The Use of the Blowpipe in Chemical Analysis, and in the Examination of Minerals* (transl. J. G. Children), London, 1822.
- (92) T. Bergman, *Physical and Chemical Essays* (transl. E. Cullen, J. Murray, London, 1788, pp. 471–529.
- (93) R. Haöy, *Traité de Minéralogie*, Louis, Paris, 1801.
- (94) C. Singer, *The Earliest Chemical Industry*, The Folio Society, London, 1948, pp. 291–307. We are grateful to the Folio Society for permission to reproduce this figure.
- (95) A. Greenberg, *A Chemical History Tour*, John Wiley & Sons, New York, 2000, pp. 173–175.
- (96) *The New Encyclopedia Britannica*, op. cit., Vol. 24, pp. 129–138.
- (97) I am grateful to Professor Robert Vrijenhoek, who helped inspire this essay and who supplied the drawings in Figure 4–21 as well as extremely helpful discussions. I also wish to acknowledge helpful conversations with Professors Judith Weis and Will Clyde.
- (98) I. J. Kitching, P. L. Forey and D. M. Williams, in *Encyclopedia of Diversity*, S. A. Levin (ed.), Vol. 1, pp. 677–707.

(99) J. R. Partington, *A History of Chemistry*, Vol. 3, Macmillan & Co., Ltd., London, 1962, pp. 145–146.

(100) “There is truth in chalk” is self-evident to any teacher who has not been fully converted to the computerized classroom.

(101) (J.) F. Meyer, *Essais de Chymie, Sur La Chaux Vive, La Matiere Elastique et Electricque, Le Feu, Et L'Acide Universel Primitif, Avec un Supplément Sur Les éléments* (M. P. F. Dreux, transl.), Vol. 1, Chez G. Cavalier, Paris, 1766, p. xv.

(102) J. Ferguson, *Bibliotheca Chemica*, Vol. II, Derek Verschoyle Academic and Bibliographical Publications Ltd., London, 1954, p. 93.

(103) Partington, op. cit., pp. 135–143.

الجزء الخامس

الثورتان الفرنسيتان

(١) الساعات الأولى من صباح الثورة الكيميائية

تبدأ الثورات عادةً ببدايةً هادئة، ثم تجمع زخمها، لتنفجر بحدث جائع مثل اقتحام سجن الباستيل. كذلك بدأت الثورة الكيميائية بهممات عدم الرضا عن نظرية الفلوجستون. كان من الممكن تبرير زيادات وزن الفلزات عند فقدانها الفلوجستون لتصبح كلسات فلزية في حالة واحدة فقط، هي إلغاء الكيميائيين كل تجاربهم ومنطقهم البديهي، وقبولهم للكتلة السالبة. كثيراً ما تبدأ أفعال التمرُّد الأولى في براءة تامة، وتُفهَّم الآثار لاحقاً؛ فقد أدى نشر الإنجليزي ستيفن هايلز في عام ١٧٢٧ لأساليبه في جمع الغازات إلى إعلان جوزيف بلاك اكتشافه غاز ثانوي أكسيد الكربون في عام ١٧٥٦، وعزل هنري كافنديش للهيدروجين عام ١٧٦٦، وأخيراً عزل كارل فيلهلم شيله لغاز الأكسجين عام ١٧٧١ أو ١٧٧٢، ومن بعده جوزيف بريستلي في عام ١٧٧٤. في البداية، ظن كافنديش أنه قد حبس الفلوجستون النبعث من الفلزات بفعل الأحماس المائية التي تحولها إلى كلسات. ربما لم يستطع أن يفهم أن الغاز في الواقع انبعث من «عنصر» الماء وليس من الفلز نفسه. فيما تخيل شيله وبريستلي أن «الهواء» الذي حبساه يجذب الفلوجستون — جوهر النار — بقوه من المواد القابلة للاحتراق والفلزات. وربما كان الحادث الجائع في الثورة الكيميائية هو الإدراك الكامل في عام ١٧٨٣ أن فلوجستون كافنديش وهواء بريستلي منزوع الفلوجستون حين اجتمعوا نتج عن تفاعلهما الماء، ولم يختفيَا «كذراً» في «الهواء»، أو يتحوّلا إلى لا شيء.

الأشكال من ١٥ إلى ١٠٥ من موسوعة الفيلسوف دينيس ديدرو (١٧١٣-١٧٨٤) وعالم الرياضيات جون لورون دالمبير (١٧١٧-١٧٨٣) القيمة المتألّفة من ٣٥ مجلداً من

$\textcircled{O}, \textcircled{A}.$	Air.	$\nabla, \textcircled{Z}.$	Aur.	$\textcircled{D}, \textcircled{C}.$	<small>Champ d'Algiers.</small>	$\textcircled{P}, \textcircled{E}.$	Cucurbite.
$\textcircled{Q}, \textcircled{R}.$	<small>Aire brûlée.</small>	\textcircled{M}	Bain Marie.	$\square, \textcircled{M}.$	Chaux d'Or.	$\textcircled{J}, \textcircled{G}.$	Caillerie.
$\Theta, \textcircled{K}.$	Air.	$\textcircled{W}, \textcircled{V}.$	Bain de Papeau.	$\textcircled{S}, \textcircled{Z}.$	<small>Chaux de l'atrol.</small>	$\textcircled{J}, \textcircled{F}.$	Dente drogue.
$\textcircled{W}, \textcircled{Z}.$	Alembic.	$\textcircled{A}, \textcircled{L}.$	<small>Blanc d'Espagne.</small>	$\Psi, \textcircled{U}.$	Chaux vive.	$\textcircled{H}, \textcircled{L}.$	Dente hore.
$\textcircled{G}, \textcircled{K}.$	Aire.	$\textcircled{M}, \textcircled{A}.$	<small>Bois d'Amouren.</small>	$\textcircled{P}, \textcircled{B}.$	Chapie.	$\textcircled{J}, \textcircled{G}.$	Dente once.
$\textcircled{S}, \textcircled{L}.$	<small>Alpin de Phome.</small>	$\textcircled{D}, \textcircled{N}.$	Baume.	$\textcircled{Y}, \textcircled{R}.$	Cinabre.	$\textcircled{E}, \textcircled{G}.$	Digérer.
$\textcircled{A}, \textcircled{M}.$	Amalgame.	$\textcircled{V}, \textcircled{U}.$	Boue.	$\textcircled{E}, \textcircled{F}.$	<small>Cendre d'Atalante.</small>	$\textcircled{G}, \textcircled{H}.$	Distiller.
$\textcircled{O}, \textcircled{M}.$	An.	$\textcircled{W}, \textcircled{D}.$	Brique.	$\textcircled{C}, \textcircled{E}.$	Cire.	$\textcircled{I}, \textcircled{G}.$	Eau.
$\textcircled{A}, \textcircled{N}.$	Ans.	$\textcircled{U}, \textcircled{M}.$	<small>Buoye pubescens.</small>	$\textcircled{Q}, \textcircled{C}.$	Coupelet.	$\textcircled{C}, \textcircled{E}.$	Eau émanante.
$\textcircled{A}, \textcircled{P}.$	Antimoine.	$\textcircled{A}, \textcircled{R}.$	Caleme.	$\textcircled{Z}, \textcircled{A}.$	Couperet.	$\textcircled{V}, \textcircled{W}.$	Eau forte.
$\textcircled{C}, \textcircled{A}.$	Argent.	$\textcircled{O}, \textcircled{W}.$	Camphre.	$\textcircled{Q}, \textcircled{L}.$	Cerul.	$\textcircled{R}, \textcircled{A}.$	Eau royale.
$\textcircled{P}, \textcircled{S}.$	<small>Régule d'Acronie.</small>	$\textcircled{Z}, \textcircled{U}.$	Ciment.	$\textcircled{C}, \textcircled{Y}.$	<small>Acier de tissage.</small>	$\textcircled{K}, \textcircled{A}.$	Eau de Vie.
$\textcircled{E}, \textcircled{A}.$	Ashour.	$\textcircled{E}, \textcircled{C}.$	Tambre.	$\textcircled{U}, \textcircled{O}.$	Graine humaine.	$\textcircled{Y}, \textcircled{V}.$	Source de grenade.
$\textcircled{A}, \textcircled{S}.$	Vitriol rouge.	$\textcircled{P}, \textcircled{X}.$	Grande Chandelle.	$\textcircled{U}, \textcircled{M}.$	Croset.	$\textcircled{G}, \textcircled{C}.$	Ecume de Mer.
$\textcircled{O}, \textcircled{L}.$	Vitriol blanc.	$\textcircled{O}, \textcircled{Y}.$	Cérouse.	$\textcircled{G}, \textcircled{A}.$	Cristal.	$\textcircled{H}, \textcircled{X}.$	Esprit.
$\textcircled{G}, \textcircled{H}.$	Aiment.	$\textcircled{C}, \textcircled{G}.$	Chaux.	$\textcircled{Z}, \textcircled{H}.$	<small>Graal de Soubise.</small>	$\textcircled{V}, \textcircled{Y}.$	Esprit de Pin.

Caractères
de Chymie.

شكل ١-٥: الرموز الكيميائية (انظر النص) من الموسوعة المنشورة في القرن الثامن عشر للfilosof دينيس ديدرو وعالم الرياضيات جان لورون دالمير.

القطع الكبير، والتي نُشرت ما بين عامي ١٧٥١ و١٧٧٢ مع مكملات لاحقة لها (١٧٧٦-١٧٨٠).^١ لقد خرقت فلسفة ديدرو التقديمية قوانين الكنيسة والجمهورية الفرنسية الرجعية وقضى ثلاثة أشهر في السجن خلال عام ١٧٤٩.^٢ لا تزال الموسوعة – الملية بفker

الثورتان الفرنسستان

Pl. II

IOI.	<i>Esprit de Vinaigre.</i>	g, G.	<i>graine.</i>	y, Y.	<i>Liquide de l'atome caloreux.</i>	T, T.	<i>Masse.</i>
Y,V.	<i>Fleur.</i>	Z, H.	<i>graine en fleur.</i>	O, E.	<i>Fluide.</i>	X, X.	<i>Masse.</i>
■, E.	<i>Fleur de lys.</i>	H, G.	<i>graine.</i>	K, K.	<i>Esprit de l'atome caloreux.</i>	M, M.	<i>Masse de l'atome.</i>
♂, F.	<i>Flor.</i>	Q, A.	<i>graine.</i>	Q, P.	<i>Esprit de l'atome caloreux.</i>	Φ, NR.	<i>Masse.</i>
Δ, ♀.	<i>Fleur.</i>	K, K.	<i>graine de cheval.</i>	S, S.	<i>Esprit de l'atome caloreux.</i>	Ω, X.	<i>Masse.</i>
Φ, O.	<i>Fleur de Rose.</i>	H, H.	<i>graine de cheval.</i>	T, T.	<i>Esprit de l'atome caloreux.</i>	Φ, Q.	<i>Photographie.</i>
Φ, T.	<i>Fleur de Cheval.</i>	H, H.	<i>graine de cheval.</i>	M, J.	<i>Masse.</i>	O, R.	<i>Le.</i>
E, E.	<i>Fleur.</i>	H, K.	<i>graine de cheval.</i>	M, M.	<i>Masse.</i>	Φ, O.	<i>Le calore.</i>
■, A.	<i>Fleur.</i>	Φ, E.	<i>graine de cheval.</i>	Λ, Φ.	<i>Masse.</i>	H, L.	<i>Le. de l'atome.</i>
Ψ, X.	<i>Fleur.</i>	I, I.	<i>Espresso.</i>	J, E.	<i>Masse.</i>	V, M.	<i>Le. de l'atome.</i>
Φ, Y.	<i>Fleur d'Oranger.</i>	B, V.	<i>graine.</i>	Φ, Φ.	<i>Masse.</i>	□, F.	<i>Le. de l'atome.</i>
Φ, Φ.	<i>Fleur d'Oranger.</i>	III, H.	<i>Espresso.</i>	Φ, Φ.	<i>Masse.</i>	Φ, Φ.	<i>Le. de l'atome.</i>
H, H.	<i>Fleur de l'Oranger.</i>	L, P.	<i>Espresso.</i>	Φ, Φ.	<i>Masse.</i>	Φ, Φ.	<i>Le. de l'atome.</i>
Δ, G.	<i>Gelée.</i>	Φ, J.	<i>Espresso.</i>	Φ, Φ.	<i>Masse.</i>	Φ, R.	<i>Piel.</i>
G, M.	<i>Gelée.</i>	Φ, O.	<i>Espresso.</i>	Φ, Φ.	<i>Masse.</i>	L, P.	<i>Pierre Calante.</i>
Φ, I.	<i>graine.</i>	Φ, Φ.	<i>Espresso.</i>	Φ, Φ.	<i>Masse.</i>	Φ, C.	<i>Pierre d'Argent.</i>
		Φ, Φ.	<i>Lamelle de fer.</i>	Φ, Φ.	<i>Masse de fer.</i>		

*Caractères
de Chymie.*

شكل ٢-٥: الرموز الكيميائية (انظر النص) من موسوعة ديدرو ودالمبير المنشورة في القرن الثامن عشر.

عصر التنوير الأكثر تقدمية — بالغة القيمة؛ لما تتميز به من طباعة فخمة ومحتوى ثري. تمثل الرموز الأنيقة في الأشكال من ١-٥ إلى ٤-٥ «مزيج» التسميات الكيميائية التي وُجدت قبل قيام كلٍّ من دومورفون، ولافوازبيه، وزملائهما بنشر كتاب «نظام التسمية الكيميائية»

lb, P. Plast.	♀, ♀. Ségne de l'herbe.	△, △. Ségne noir.	X, V. Table.
h, h. Plomb.	P, S. Salpêtre.	↑, B. Ségne des Philosophes.	⊗, ⊗. Table.
P, ♀. Pouder.	□, □. Cendres.	X, X. Ségne gris.	▲, ▲. Herbe de gris.
Ü, □. Précip.	C, D. Ségne de l'argenterie.	↖, A. Sélénite.	■, II. Ferre.
○, R. Argent.	◊, ♦. Nacre.	Å, ♪. Ségne des Pierres précieuses.	M, I, I. Ferre fumé.
W, II. Pluton.	S, R. Sel d'Amberes.	□, □. Sable.	V, V. Ven.
4, ♦. Quartz.	♀, ♀. Sel naturel.	▽, ▽. Sable de Marbre.	X, V. Venagre.
5, E. Quartz bleu.	♂, □. Sel de l'Amber.	♂, ♀. Sable fumé.	V, V. Venagre bleu.
♂, ♂. Rutile.	A, ♦. Sel commun.	▲, ▲. Sable.	▽, ▽. Venagre noir.
π, Δ. Réside.	C, Ⓛ. Sel grise.	X, ♪. Table.	R, δ. Venagre rouge.
⊤, ⊥. Rutile.	♀, \$. Sel des Herbes.	△, △. Table noir.	V, V. Ven bleu.
▲, S. Sable.	♂, ⊥. Sel de Plomb.	W, R. Théorium.	□, R. Ven rouge.
H, H. Ségne.	⊖, ♦. Sel de l'herbe.	⊖, ♦. Terre.	▽, D. Ferol.
♂, ♂. Ségne magique.	♂, ♂. Sel d'herbe.	▽, ▽. Terre morte.	▽, ▽. Ferol bleu.
⊕, H. Ségne de l'herbe.	■, □. Sable.	▽, ▽. Sable.	▽, B. Ferol bleu.
⊖, ♦. Ségne noir.	△, △. Ségne commun.	▲, ▲. Terre.	□, III. Urine.

Caractères
de Chymie.

شكل ٣-٥: الرموز الكيميائية (انظر النص) من موسوعة ديدرو ودالمبير المنشورة في القرن الثامن عشر.

في عام ١٧٨٧. تضم هذه الأشكال مزيجاً من العناصر والسبائك والخلائط الأخرى، ومركبات، وعمليات كيميائية، ومقاييس، وأواني زجاجية، وأدوات أخرى. وسوف نتناول بعضاً فقط من هذه الرموز باختصار شديد.

الثورتان الفرنسستان

Pl. II.

	Acide.	 	H2O Coaguler.	 	Hude.	 	Sel d'Ammoniac.
	Acide Férologique.	 	CC Corne de Cerf.	 	N Luter.	 	Sel Marin.
	Acide Nitreux.	 	X+V Creuse.	 	M Marcus Galli.		Sel Gomme.
	Acide Marin.	 	C Cristal et Cristallisation.	 	N naïre en Saponite.		Seconde.
	Air.	 	Cuivre ou Cuivre brûlé des astres.	 	O Op.		Souffre.
	Arkos ou Cuivre brûlé des astres.	 	Carbure.	 	P Phlogome.	 	Souffre des Philosophes.
	Atom.	 	Dévotion.	 	P Phlogistique.		Souffre Ff.
	Aurore.	 	Dissolution.	 	Phosphore.		Souffre Noir.
	Azur.	 	Binder.	 	PC Pierre Calamine nature.	 	Stratum Super Stratum ou Couche par Couche.
	Autunium.	 	Fine.	 	Purifice.		Soure.
	Azotie.	 	Eau de Phryse.	 	Quatre-earme.	 	Terre.
	Bain.	 	Eau Bouillante.	 	Résidu d'Autunium.	 	Teinture.
	Bain de Hycor.	 	Eau Mer.	 	Résidu d'Autunium.	 	Terre.
	Bain de Sable.	 	Eau de Feu.	 	Résidu.	 	Terre absorbante.
	Bain de Plumeur.	 	Résidu de Plumeur.	 	Effervescence.	 	Trémurer.
	Bismuth.	 	Résidu de Bismuth.	 	Résidu d'Autunium.	 	Vérité ou Vertout.
	Bol d'Autunium.	 	Esprit.	 	Sceau d'Horus.	 	Ferre.
	Calculer.	 	Fermentation.	 	Filtrer.	 	Scion d'Horus.
	Confit Chaudelle ou Gravellée.	 	Fleurs d'Autunium.	 	Sel.	 	Vinaigre ou Soude.
	Cire.	 	Fleurs d'Autunium.	 	Sel alkali.	 	Vérité ou Vertout.
	Chaux.	 	Fourneau.	 	Sel alkali fixe.	 	Vérité Bleue.
	Cendre.	 	Gomme.	 	Sel alkali fétide.	 	Zinc.
	Cire.	 	Gomme.	 	Sel alkali fétide.	 	Zinc.

*Caractères
de Chymie.*

شكل ٤-٥: الرموز الكيميائية (انظر النص) من موسوعة ديدرو ودالمبير المنشورة في القرن الثامن عشر.

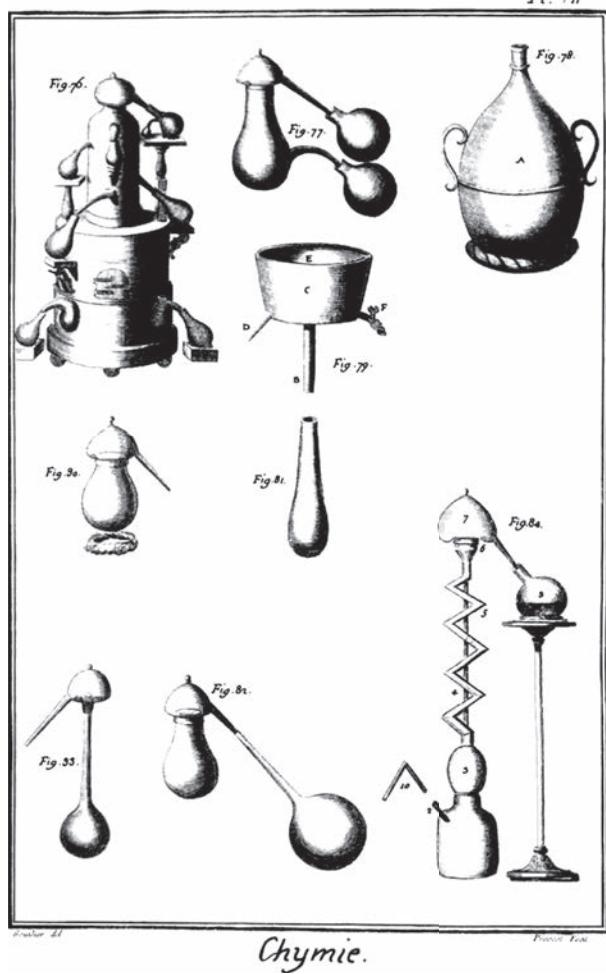
شبَّهَ القدماء المعادن السبعة المعروفة بالشمس والقمر والكواكب الخمسة المعروفة (عطارد، والزهرة، والمريخ، والمشتري، وزحل)³ – انظر الأشكال ١٢-٣ و١٤-٣. يُمثل الرمز الأول في العمود ١ من الشكل الصلب السبائك، والتتشابه بينه وبين الحديد

(الشكل ٢-٥، العمود ١) واضح. ويوضح الشكل (٢-٥، العمود ٢) مسحوق أو برادة الصلب. ويرمز درع مارس إله الحرب ورممه إلى الفلز الذي يُستخدم في تصنيع الأسلحة على نطاق واسع، والذي يشير كاسه الأحمر إلى الكوكب الأحمر. ويوضح الشكل ١-٥ (العمود ١) النحاس المحمّص (أو البرونز)؛ ويوضح الشكل ٤-٥ سبيكة نحاس (أو الزهرة، العمود ٢؛ مرآة فينيوس)، بينما يوضح الشكل ٢-٥ القصدير (العمود ١؛ المشتري، ربما يكون الرمز مستقى من الرقم العربي ٤؛ ربما لأنَّ المشتري هو رابع الكواكب بُعدًا عن الأرض).^٣ أما أكثر الكواكب وضوحاً للعين المجردة، فكان كوكب زحل؛ فهو أبطأ الكواكب حركة وفقاً للملاحظ على الأرض. يرمز إلى الرصاص الداكن الكثيف (انظر الشكل ٣-٥، العمود ١) أو كوكب زحل بمنجل إله الغرس أو البذر. ويعُد صولجان المشتري نفسه رمزاً يتَّأَلَّفَ من ثعبانين أحدهما ذكر والآخر أنثى (الشكل ٢-٥، العمود ٣) متشاركين حول صولجان الإله. أما الفضة فيمثلها القمر (الشكل ١-٥، العمود ١)، والذهب يمثله الشمس (الشكل ٢-٥، العمود ٤).

يُمثِّل الأنثيمون (الشكل ١-٥، العمود ١)، في الواقع، الستيبنiet (Sb_2S_3)، في حين يُمثِّل الأنثيمون التجاري النقي (الشكل ٣-٥، العمود ١) العنصر النقي.^٤ وتشير «زهور الأنثيمون» (الشكل ٤-٥، العمود ٢، الرمز ٢١) إلى ما نعرفه اليوم بأكسيد الأنثيمون (ترمز الزهور إلى الأملاح المتطايرة التي قد تتسامى).^٤ في الشكل ٣-٥، ورد الكبريت ما لا يقلُّ عن خمس مرات في أشكال مختلفة هي: الشكل الشائع، والكبريت الأسود، والكبريت الحي أو الطبيعي، و«الكبريت الفلسفية» (إحدى مواد باراسيليسوس الثلاث الأساسية المشتقة — من وجة النظر химическая — من الذهب)، و«كبيريت الرُّسُل». أما «الأبيض الإسباني» (في الشكل ١-٥، العمود ٢، الرمز ٤)،^٤ فيُمكِّن أن يكون أكسيكلوريد البزموت أو أكسينترات البزموت، لكنني لا أرى أي وجه تشابه بينه وبين رمز البزموت نفسه (الشكل ٤-٥، العمود ١). أما حوض الماء (الشكل ١-٥، العمود ٢، الرمز ٢)، فهو حوض الماء الساخن الذي طُور في العصور القديمة على يد ماريا النبية (ماري اليهودية، وهي خيمائية تاريخية حقيقة)^٥ من أجل تسخين هادئ محكم للأوعية الكيميائية. ويُمثِّل الرمز التالي حمام بخار. ويظهر الشكل ١-٥ (العمود ١) مفناطيساً. وبالطبع يحتل الفلوجستون مكانة مرموقة (الشكل ٤-٥، العمود ٣). وتشير النخامة، والتي توجد أعلى الفلوجستون مباشرة، على نحو عارض إلى تقطير جزيئي مائي، وليس إلى ذلك الشيء المقرز الذي يُطلق عليه المخاط. وفي الشكل ١-٥ (العمود ٣) يظهر قرن الغزال. أما

الثورتان الفرنسيتان

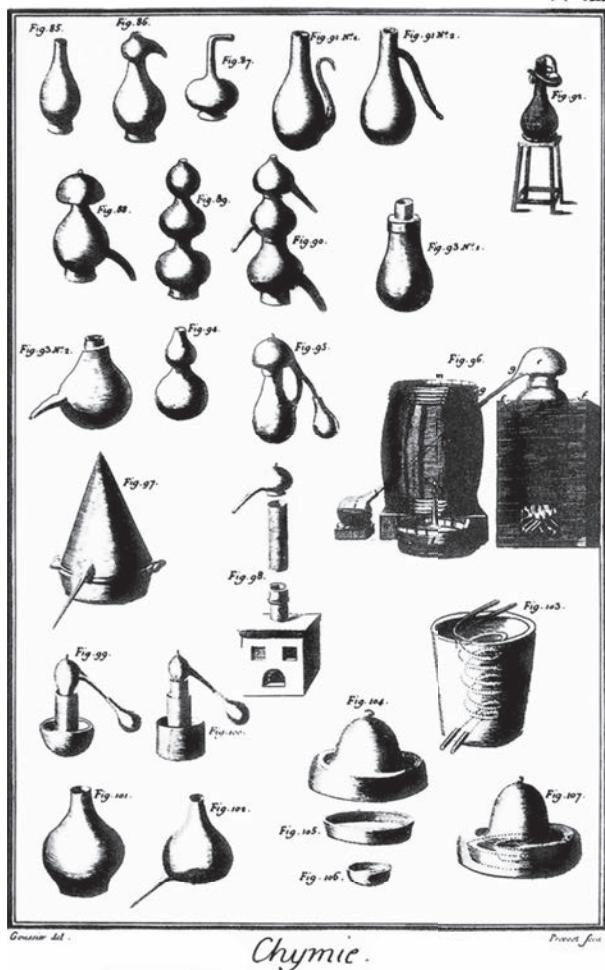
Pl. vii



Chymie.

شكل ٥-٥: معدات تقطير (انظر النص) من موسوعة ديدرو ودالمبير المنشورة في القرن الثامن عشر.

«دم التنين» (والذي غالباً ما يرمز إلى حجر الفلاسفة⁶ – انظر الشكل ٢٠-١)، فستجده مدرجًا في الشكل ٣-٥ (العمود ٢، الرمز ٤).

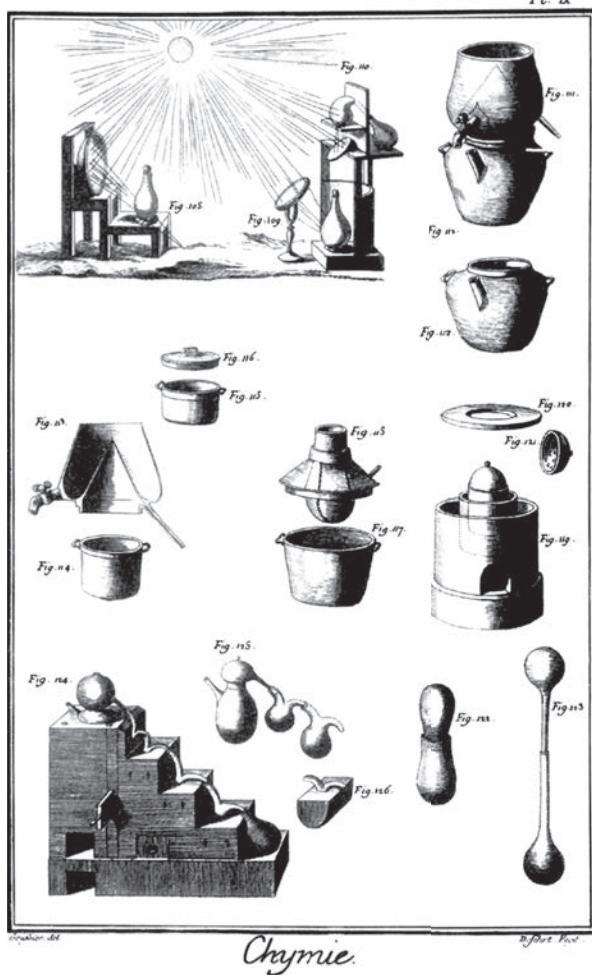


شكل ٦-٥: معدات تقطير (انظر النص) من موسوعة ديدرو ودالمبير المنشورة في القرن الثامن عشر.

تصوّر الأشكال من ٥-٥ إلى ١٠-٥ بعضًا من الأواني الزجاجية والأدوات الأخرى التي سبقت الثورة الكيميائية والتي كانت دلالة على دنؤها. وكثيرٌ من هذه الأواني سبقَت الثورة

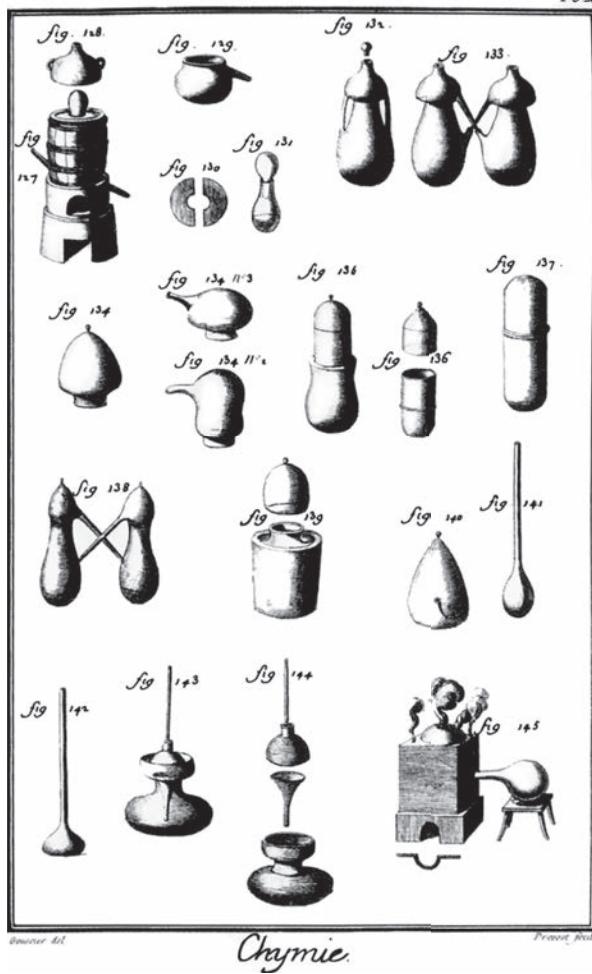
الثورتان الفرنسيتان

Pl. IX



شكل ٧-٥: معدات تقطير وإعادة دوران (انظر النص) من موسوعة ديدرو ودالمبير المنشورة في القرن الثامن عشر.

الكيميائية بمئات السنين. ويُصور الشكل ٦-٥ إنبيقاً كاملاً (انظر الصورة ٨٦) مصحوباً بوعائه الذي يُشبه ثمرة القرع (انظر الصورة ٨٥) دون رأس المقطرة. ويمثل كلٌّ من

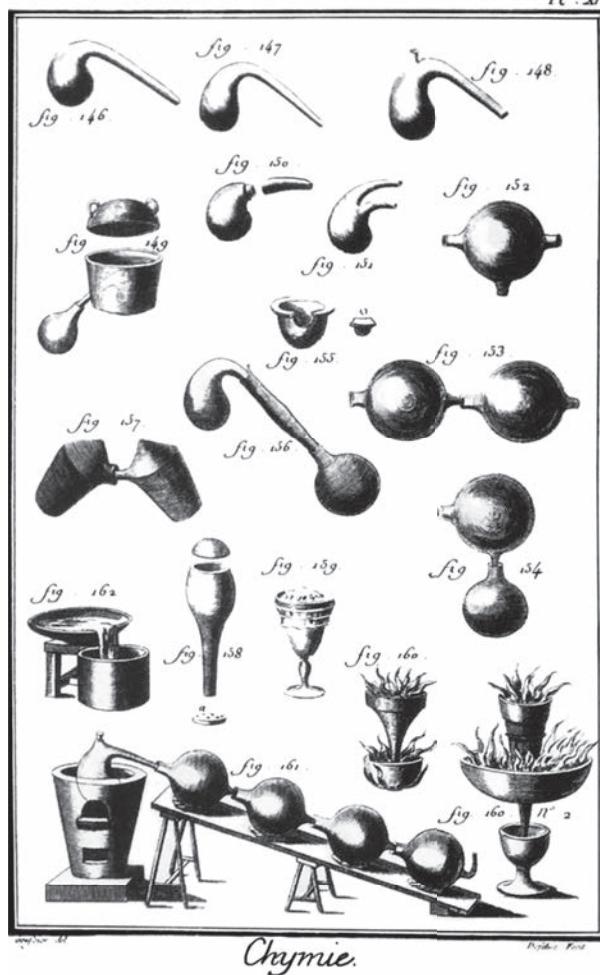


شكل ٨-٥: أنواع مختلفة من معدات إعادة الدوران (انظر النص) من موسوعة ديدرو ودالبير المنشورة في القرن الثامن عشر.

الصورتين ٨٩ و ٩٠ مجموعات من ثلاثة أو أربعة غالباً ما تُستخدم في عملية التسامي. يشار إلى الصورة ٩٧ بأنها «وعاء كان يستخدمه القدماء في تقطير ماء الورد»؛ وكثيراً ما يشار

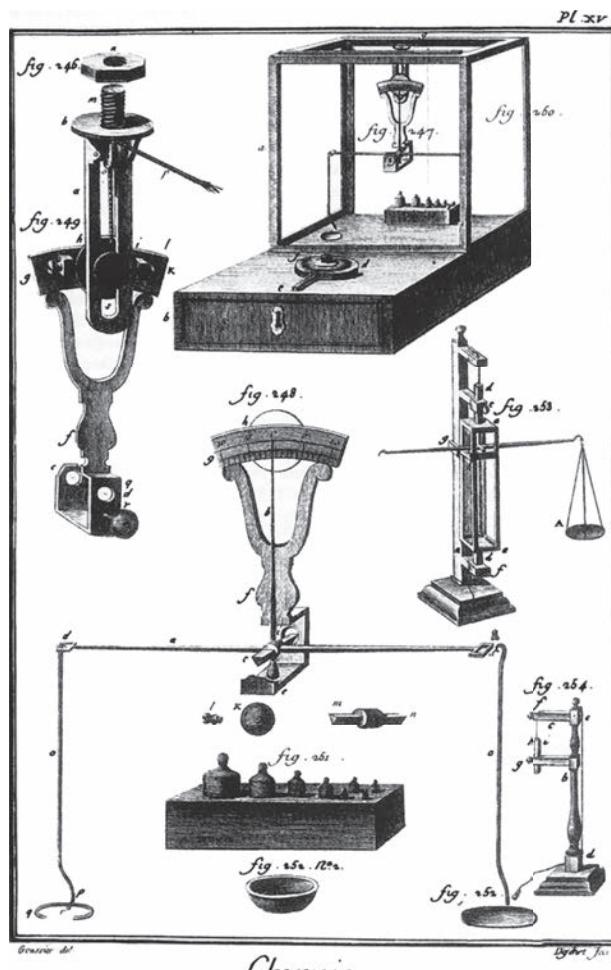
الثورتان الفرنسيتان

Pl. 20



شكل ٩-٥: مقطّرات مُعوجة مختلفة وجهاز «بالوني» (انظر النص) من موسوعة ديدرو ودالبير المنشورة في القرن الثامن عشر.

إليه بـ«القبعة الوردية»، يعمل كمكثّف هواء بدائي.⁷ تُظهر الصورة ٩٦ جهاز تقطير كاملًا للحصول على روح الخمر، والخلاصات العطرية، والزيوت الأساسية. في هذا الجهاز



شكل ١٠-٥: ميزان كيميائي مُرَكِّب بالكامل لجيوم فرنسوا رويل، المحاضر في حديقة النباتات في باريس، مُصور في موسوعة ديدرو ودالمبير المنشورة في القرن الثامن عشر. وقد ألهت عروض جيوم إف رويل التجريبية أنطوان لافوازيريه لاقتحام عالم الكيمياء. كان رويل أحد المؤمنين بقوة بنظرية الفلوجستون، لكن في أقل من عقدَين قوَّض تلميذه السابق نظرية الفلوجستون بنظرية الأكسدة الحديثة.

يمر أنبوب مكثف عبر برميل مملوء بملاء المثلج؛ وثمة نظام تكثيف آخر أكثر فاعلية هو «الأفعى المزدوجة» اللتين تدوران عبر غرفة مملوءة بملاء المثلج. ويمكن استخدام إحدى الأفعين في تكثيف روح الخمر، والأخرى يمكن أن تُستخدم في الخلاصات العطرية أو الزيوت الأساسية — أي يتم الحصول على الشراب والمعطر، متفصلين دون اختلاط. أما الصورة ١٠٧، فتُصور جهازاً يرجع إلى القرن الثامن عشر يستخدم في التقطير بحرارة الشمس. توضع القصعة الزجاجية الداخلية التي تحتوي على العينة داخل قصعة طينية أكبر مغطاة بوعاء زجاجي على شكل جرس. يثبت الجهاز في قاعدة، وتتجمّع المواد المتطايرة من الوعاء الداخلي داخل الوعاء الجرسى الزجاجي، وتفيض على الجانبين، وتتجمّع في القصعة الأكبر.

يُصور الجزء العلوي من الشكل ٧-٥ ثلات وسائل مختلفة للاستفادة من الشمس في الحصول على الحرارة اللازمة للتقطير. وتوضح الصورتان ١٢٢ و ١٢٣ وعاءً مزدوجاً ووعاءً سوائل مقطرة مزدوجاً يتصلان معًا لإتاحة عملية الارتفاع أو «التقطير التعاقبى» (إعادة التقطير أو «الدوران»). كذلك يفيد الجهاز الرائع الموضح في الصورة ١٢٤ في عملية التقطير التعاقبى. ويصور الشكل ٨-٥ المقطرة الموجة البجعية الشكل (الموضحة في الصورة ١٢٢) والمعوجات المزدوجة البجعية الشكل (الموضحة في الصورتين ١٢٣ و ١٢٨)، والتي تُفيد أيضًا لأغراض التقطير التعاقبى. أما الصورة ١٢٧ (مع الصورة ١٢٨)، فهي لجهاز مصمم لإمداد وعاء تفاعل بحمام بخار. تبين الصورة ١٤٣ أداة يُطلق عليها «جحيم بوويل»، وهي جزء من جهاز لغلق المحكم على أي مزيج كيميائي عند تعريضه إلى التسخين الشديد بالنار.

يظهر الشكل ٩-٥ خمسة أشكال مختلفة للمقطرات المعوجة في أعلى. تُركب باللونات الزجاجية الموضحة في الصورة ١٥٣ من الشكل معًا لتكون جهازاً (انظر الصورة ١٦١) للتقطير أبخرة مسحوق الأنثيمون المستخدمة في بارود المدفع والتي تتكون كذلك من الفحم ونترات البوتاسيوم. وتوضح الصورة ١٥٩ من نفس الشكل جهاز الترسيب الزجاجي المستخدم في ترشيح المواد المنصهرة. وعند بدء أي مادة مُنصهرة في إعادة التصلب قبل تنقيتها وتعديلها، يمكن استخدام أداة تسخين كتلك الموضحة في الصورة ١٦٠ ورقم ٢ من نفس الصورة.

أما الشكل ١٠-٥، فيُظهر التفاصيل والتركيب الكامل لميزان المعايرة الخاص بجيوم فرننسوا روويل (١٧٠٣-١٧٧٠).^٨ كان روويل محاضراً في الكيمياء في حديقة النباتات

بباريس من عام ١٧٤٢ وحتى عام ١٧٦٨، ولا عجب في أنه كان مؤمناً إيماناً لا يتزعزع بنظرية الفلوجستون. وقد وصف أسلوبه في إلقاء المحاضرات على النحو التالي:^٨ «عند دخول المعلم لإلقاء محاضرته، يكون مرتدياً زياً مناسباً من القطيفة مع شعر أبيض مستعار، ممسكاً بقبعته الثلاثية الزوايا تحت إبطه. ومع بدء استعداده لإلقاء المحاضرة، يترك قبعته، ويخلع عنه الشّعر المستعار والمِعطف والصدرية بدورها». وكان من طلاب^٩ رويل الشديدي الحماس أنطوان لوران لفوازييه، الذي سيصبح في النهاية «أستاذ التوازن الكيميائي»، مطحياً بذلك بنظرية الفلوجستون التي أسرت لُبَّ معلمه.

(٢) نسخة بدائية بعيدة الشبه من الجدول الدوري

كانت أول محاولة مُمنهجة لترتيب المواد النقية وفقاً للخواص الكيميائية (والفيزيائية) هي جدول المشابهات الذي وضعه إيتيان-فرانسوا جيفري (١٧٣١-١٧٧٢) في عام ١٧١٨.^{١٠,٩} يتكون جدول جيفري من ١٦ عموداً، تجمع الأحماس في الأعمدة من ١ إلى ٤، والقلويات في الأعمدة من ٦ إلى ٨، والفلزات في الأعمدة من ١٠ إلى ١٥. وينظم الجدول بحيث تكون المادة التي تلي أول مادة في العمود هي الأكثر شبهاً بها، وتكون المادة الموجودة في أسفل خانة في العمود هي الأقل شبهاً. أما العمود الأخير في جدول جيفري، فيتصدره الماء يليه الكحول، ثم الملح، الذي يُشبه الكحول أكثر مما يُشبه الماء؛ فبإضافة الكحول إلى الماء المالح، يحلُّ الكحول محلَّ الملح ويرسمبه.^{١٠} وبالطبع، تدرج قابلية الذوبان تحت الخواص الفيزيائية وليس الخواص الكيميائية. وقد كان جيفري من أنصار نظرية الفلوجستون، ويظهر الفلوجستون تحت حمض الكبريتيك مباشرةً في جدوله.^{١٠}

كان كريستياب إريجوت جيلرت من أوائل من استخدمو التملغم لفصل الذهب عن مادته الخام، متبعاً في ذلك حذو فانوتشو بيرينجوتشو الذي فعل ذلك في القرن السادس عشر، ثم أليارو ألونزو باربيا في القرن السابع عشر؛ ففي عام ١٧٥٠، قام جيلرت بتوسيع جدول جيفري ليُصبح ٢٨ عموداً (انظر الشكل ١١-٥).^{١١} لذاق نظرةً سريعة على ترتيب جدول «المواد القابلة للذوبان» (وهي تدرج تحت المشابهات أو «الروابط» الكيميائية و«الفيزيائية في الواقع). ويمكن العثور على معظم الرموز أيضاً في الأشكال الأربعية الأولى الواردة في المقال السابق. على النقيض من جدول جيفري، وضع جيلرت المادة

الثورتان الفرنسيتان

«الأكثر شبهاً» بالمادة الواردة في رأس العمود في «أسفل» العمود (أما المواد التي ليست لها مشابهات على الإطلاق، فُوضع تحت الجدول الأساسي). ولنلق نظرةً على تنظيم جيلرت، حيث صُنفت رءوس الأعمدة على النحو التالي:¹²

المواد الترابية (الأعمدة من ١ إلى ٥):

- (١) المواد القابلة للتزجج (أي القابلة للانصهار عند التعرض للنار) أو التراب السيليكوني (ثاني أكسيد السيليكون).
- (٢) المواد الترابية الانصهارية (المعادن التي تنصهر في درجات حرارة منخفضة).
- (٣) الطين (ربما الألومينا أو أكسيد الألومنيوم).
- (٤) الجص (كبريتات الكالسيوم الثنائية الهيدرات أو $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).
- (٥) التراب الجيري (كما وصيغته $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ، أو مُعتدل CaCO_3).

القلويات (العمودان ٦ و٧):

- (٦) القلويات الثابتة (كربونات البوتاسيوم K_2CO_3).
- (٧) القلويات الطيارة (محلول الأمونيا المائي NH_4OH).

الأحماض (الأعمدة من ٨ إلى ١٢):

- (٨) الخل المقطّر (حمض الخليك $\text{HC}_2\text{H}_3\text{O}_2$).
- (٩) حمض الهيدروكلوريك (HCl).
- (١٠) حمض النيتروز (حمض النيتريك HNO_3).
- (١١) حمض الكبريتิก (H_2SO_4).
- (١٢) الماء الملكي (HCl/HNO_3 بنسبة ١:٣).

الملح (العمود ١٣):

- (١٣) النتر (نترات الصوديوم NaNO_3).

A Table which shows how different bodies interfere one another.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28			
P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P			
C _o																															
C _h																															
W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W		
Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	
O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
C _x																															
C _w																															
C _c																															
C _h																															
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	
Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z
K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K

A Table of small bodies which may not be dissolved by those which are worn or the hand, such as:

شكل ١١-٥: جدول المتشابهات الذي وضعه كريستيانز جيلرت في عام ١٧٥٠. في هذا الجدول، توضع المادة الأكثـر شبهاً بالمادة الموجـدة في رأس العـود في أسفل خـانـات العـمـودـ. أما المـادـةـ الـأـقـلـ شـبـهـاـ فـتـحـيـرـ المـادـةـ الـوـارـدـةـ في رـأـسـ العـمـودـ مـبـاـشـرـةـ. إـذـ أـنـ الـجـوـلـ يـتـصـدـرـ حـضـنـ النـيـترـيكـ، يـعـتـبرـ المـلـجـسـطـونـ الـأـكـثـرـ شبـهـاـ بـحـضـنـ النـيـترـيكـ؛ إـذـ يـدـعـ تـكـلـسـ العـمـادـ. وـيـمـكـنـ توـضـيـهـ تـقـاعـدـيـةـ العـمـادـ مـعـ حـضـنـ النـيـترـيكـ عـلـىـ النـحـوـ النـالـيـ؛ نـظـرـاـ لـأـنـ هـذـاـ الـأـخـرـ مـنـزـلـوـغـ الـفـلـجـسـطـونـ؛ إـذـ أـنـ هـذـاـ الـأـخـرـ تـقـاعـدـيـةـ، يـلـيـهـ الـحـدـيدـ، فـالـكـوـبـاتـ، فـالـرـاصـاصـ، فـالـرـئـيـفـ، فـالـفـصـدـيرـ. وـالـذـهـبـ هوـ الـأـقـلـ تـقـاعـدـيـةـ؛ إـذـ لـاـ يـتـابـعـ عـلـىـ الإـلـاقـ مـعـ حـضـنـ النـيـترـيكـ مـعـ فـالـفـصـدـيرـ. يـاـنـزـ يـعـتـبرـ كـيـمـيـاءـ الـعـادـنـ»، ١٧٧٦، يـانـزـ مـنـ مـؤـسـسـةـ التـرـاثـ الـكـيـمـيـائـيـ).

الفلزات واللافلزات (الأعمدة من ١٤ إلى ٢٧):

- (١٤) الكبريت.
- (١٥) الكبريت الكبدي.
- (١٦) الكوبليت.
- (١٧) الزرنيخ.
- (١٨) الأنتيمون التجاري النقي.
- (١٩) زجاج الأنتيمون (ربما أكسى سلفات الأنتيمون – $\text{Sb}_2\text{O}_2\text{SO}_4$).
- (٢٠) البزمومت.
- (٢١) الزنك.
- (٢٢) الرصاص.
- (٢٣) القصدير.
- (٢٤) الحديد.
- (٢٥) النحاس.
- (٢٦) الفضة.
- (٢٧) الزئبق.

الزجاج (العمود ٢٨ – شكل مُنصلّه من أي مادة – يرمز الحرف C إلى الكلس؛ ومن ثمَّ فإن الرمز الأول تحت المادة الواردة على رأس العمود هي كلس الزئبق). تتجلى طبيعة الذهب اللاقعالية بسهولة في ظهوره المتكرر في جدول المواد غير المتفاعلة الصغير السُّفلي؛ فالذهب لا يتأثر بأي أحماض (الأعمدة ١١-٨)، باستثناء الماء الملكي (العمود ١٢)، حيث لا يظلُّ المادة الأقلَّ تفاعلاً من بين المواد الائتمي عشرة الموضحة في العمود. ومع ذلك، فإن الذهب هو آخر مادة في العمود ٢٧، مما يشير إلى وجود تشابه كبير بينه وبين الزئبق – وهو المادة الأساسية في عملية التملغم التي كان يُجريها جيلرت لفصل الذهب عن مواده الخام. يظهر الفلوجستون كآخر رمز في الأعمدة من ٨ إلى ١٢؛ مما يدلُّ على اقترابه الشديد في الشبه من الأحماض. ويرجع ذلك، جزئياً، إلى أن المعادن «تحلل» بسهولة في الأحماض، وأن الوسط المحيط – على ما يبدو – ينزع منها الفلوجستون، لتتشتَّل كلسات المعادن. والأمرُ المثير لاهتمام أن الفلوجستون

أيضاً من العناصر الأقرب شبهًا بالقلويات (كما هو مبين في العمودين ٦ و٧)، التي تحمل بدورها تشابهًا قوياً بالأحماض. لاحظ أن الخل المقطر (حمض الخليك) هو أضعفُ الأحماض — كما هو متوقع — لأنَّه لا «يُحلل» سوى عددٍ قليلٍ جدًا من المواد. كذلك يحمل الفلوجستون الشبة الأكبر للنتر (انظر العمود ١٣)؛ وذلك لأنَّ النتر (وكذلك نترات البوتاسيوم) يُحول المعادن إلى كلاسات بسهولة عند إدخال الحرارة إلى المعادلة. قبل قرن، أشار كلُّ من بوويل، وهووك، ومايو إلى قدرة نترات البوتاسيوم على الحلول محل الهواء في احتراق الكبريت والكريبون، وكذلك في عمليات تكسُّس المعادن. وفي منتصف عقد السبعينيات من القرن الثامن عشر، كان الأكسجين يُعتبر غازاً منزوعَ الفلوجستون، بل «متعطشاً إلى الفلوجستون». وفي هذا السياق، كان من الممكن اعتبار النتر ونترات البوتاسيوم — اللذين سرعان ما اكتشف الكيميائيون أنهما مصدرٌ للأكسجين — «عديمِي الفلوجستون».

يتطابق ترتيب درجة تشابهِ الفلزات بالأحماض في جدولِ جيلرت إلى حدٍ كبيرٍ مع سلسلة الفاعلية الكيميائية للفلزات الحديثة (مما يُشير إلى سهولة الأكسدة). وفيما يلي مقارنة بينهما:

* العمود ١٠ من جدولِ جيلرت (حمض النيتريك) سلسلة الفاعلية الكيميائية للفلزات

الزنك	الزنك
الحديد	الحديد
الكوبالت	الكوبالت
القصدير	النحاس
الرصاص	الرصاص
النحاس	الزئبق
الفضة	الفضة
الزئبق	القصدير
الذهب	الذهب

* T. L. Brown, H. E. LeMay, Jr., and B. E. Bursten, *Chemistry—The Central Science*, seventh edition, Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ, 1997, pp. 128–132.

عند إضافة فلز الفضة إلى محلول مائي من حمض النيتريك، «يتحلل» الفلز ببطء، مُطلقاً ف cacique «هوائية». (بعد حوالي ١٥ عاماً من نشر جدول جيلرت، رصد هنري كافنديش هذه الفقاعات ووصفها بأنها فائقة الخفة وقابلة للاشتعال، وكان يعتقد أن الهواء القابل للاشتعال الذي يملؤها هو الفلوجستون نفسه). وبتنا نعرف الآن أن الفضة قد تأكسدت، وأن محلول يحتوي على نترات الفضة (AgNO_3)، لا على الفلز. فإذا أضيف فلز النحاس الأكثر فاعلية كيميائياً (مثلاً، بوضع سلك نحاس في محلول)، فسوف يبدأ محلول في اتخاذ لون أزرق مع ترسب أملاح نحاس معينة وفضة على السلك؛ ومن ثم يبدو أن النحاس أكثر شبهاً بحمض النيتريك من الفضة، مثلاً ما يقرب الكحول في الشبه من الماء أكثر من الملح. وفي الواقع، ثمة قدر كبير من الالتباس هنا؛ على سبيل المثال: تتمثل أكسدة الفلزات تغييرًا كيميائياً حقيقياً، بينما يمثل إحلال الكحول محلَّ الملح تغييرًا فيزيائياً محضًا.

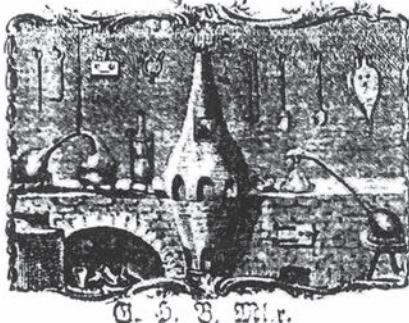
إن تقسيم جدول جيفري أو جيلرت إلى مواد ترابية، وقلويات، وأحماض، وأملاح، ولا فلزات، وفلزات؛ ينطوي على بعض ملامح الجدول الدوري الذي جاء لاحقاً. يجمع الجدول الدوري بين الفلزات وأشباه الفلزات واللافلزات في تجمعات وأقسام، والتصنيفات داخل عائلة ما كيميائية من شأنها أن تعكس الفاعلية الكيميائية؛ فالفلورين أكثر تفاعليّة إلى حدٍ كبير من بقية الهالوجينات، بينما يمثل الليثيوم الفلز القلوي الأقل تفاعليّة في عائلته. تخلط جداول التشابهات بين خواص كيميائية وفيزيائية إلى حدٍ واضح، بينما يتسم الجدول الدوري بطبعته الكيميائية الواضحة، على الرغم مما يظهر فيه من اتجاهاتٍ تعكس خواص فيزيائية كذلك. ولا يتضمن الجدول الدوري سوى عناصر، في حين تتضمن جداول التشابهات عناصر ومركبات. ومع ذلك، حرفيًّا بنا هنا أن ننتدّر أن أكاسيد الفلزات (التي تقع يسار الجدول الدوري) تظهر في جداول التشابهات بصفتها قلويات، في حين أن أكاسيد اللافلزات (التي تقع يمين الجدول الدوري) تظهر في جداول التشابهات بصفتها حمضيات. أما الشيء الغائب عن جداول التشابهات على نحوٍ أساسى فهو صفة الدورية نفسها؛ فلا يمكن للسلوك الدوري أن يحدث إلا عند وجود زيادة تدريجية يمكن قياسها في خاصية مثل الكتلة الذرية (التي اكتُشفت في مطلع القرن التاسع عشر)، أو العدد الذري (الذى اكتُشف في أوائل القرن العشرين). ومع ذلك، فقد أجبرت جداول التشابهات تلك الكيميائيين على التوصل إلى تخيل واضح لتنظيمٍ منهجيٍّ لمجالهم – وربما كانت تلك أول خطوة حقيقة نحو تحول الكيمياء إلى علمٍ حديثٍ.

(٣) شيله: من مساعِد صيدلاني إلى عضو الأكاديمية الملكية للعلوم

ولد كارل فيلهلم شيله (١٧٤٢-١٧٨٦)^{14,13} في شترالزوند، بالسويد، وهي ميناء يقع على بحر البلطيق، تم التنازل عنـه إلى بروسيا في عام ١٨١٥، وهو الآن يقع في الجزء الشمالي الغربي من ألمانيا. لم تكن المدرسة التي تلقى فيها شيله تعليمـه الابتدائي القويًّا تقدـم تعليمـا ثانويًّا مؤهـلاً للجامعة.¹⁴ وكان شقيق شيله الأكبر قد تلقـى تدريبيـاً في صيدلـية في جوتـنبرـج؛ مما حفـز شـيله الشـاب، فأرسـل لـتلقـي التـدريب في الصـيدلـية ذاتـها، تحت إشرافـ مـارتـن باـوخـ. كانتـ كـيمـيـاء باـوخـ مـتطـورـةً وـعـصـرـيةـ، وـبـدـأ شـيلـه يـزـدـهـرـ بـصـفـتـهـ كـيمـيـائـيـاً شـابـاً معـ قـرـاءـتـهـ نـصـوصـ يـوهـانـ نـوكـلـ وكـاسـبـرـ نـيوـمانـ العـظـيمـةـ، وـمـحاـواـلـاتـهـ لـإـعـادـةـ إـجـراءـ تـجـارـبـهـماـ. حينـ بـيـعـتـ الصـيدـلـيـةـ فـيـ عـامـ ١٧٦٥ـ، اـنـتـقلـ شـيلـهـ إـلـىـ مـالـوـ، حيثـ عـملـ مـسـاعـدـ صـيدـلـانـيـ فـيـ إـحـدىـ الصـيدـلـيـاتـ، وـالتـقـىـ أـنـدـرـسـ رـيـتـزـيوـسـ؛ المـاحـاضـرـ فـيـ جـامـعـةـ لـونـدـ.^{14,13} وقدـ مـنـحـ شـيلـهـ مـسـاحـةـ كـبـيرـةـ مـنـ الحرـيـةـ لـلـاسـتـمـارـ فـيـ أـنـشـطـةـ التـجـرـيـبـيـةـ فـيـ مـالـوـ. وـنـظـرـاـ لـإـعـجابـهـ بـالـتـطـورـ الـعـلـمـيـ فـيـ سـتوـكـهـولـمـ، قـبـلـ شـيلـهـ مـنـصـبـ مـسـاعـدـ فـيـ صـيدـلـيـةـ عـامـ ١٧٦٨ـ، لـكـنـ وـجـدـ أـنـ مـهـامـهـ كـانـتـ مـقـتـصـرـةـ عـلـىـ إـعـادـةـ الـوـصـفـاتـ الـطـبـيـةـ.¹⁴ فـيـ عـامـ ١٧٧٠ـ، التـحـقـ بـالـعـمـلـ فـيـ صـيدـلـيـةـ فـيـ أـوـبـسـالـاـ، حيثـ حـظـيـ أـخـيـاـ بـنـضـدـ عـمـلـ لـيـجـرـيـ عـلـيـهـ تـجـارـبـ الـخـاصـةـ.¹⁴ وـفـيـ أـوـبـسـالـاـ، نـمـتـ صـدـاقـةـ بـيـنـهـ وـبـيـنـ الشـابـ يـوهـانـ جـوـتـلـيـبـ جـانـ (١٨١٨-١٧٤٥ـ)ـ الـذـيـ اـكـتـشـفـ الـمـنجـيـزـ بـعـدـ أـربعـ سـنـوـاتـ مـنـ ذـلـكـ الـوقـتــ وـعـرـفـ جـانـ شـيلـهـ بـأشـهـرـ كـيمـيـائـيـ السـوـيدـ؛ تـورـبـنـ بـيرـجـمانـ (١٧٣٥-١٧٨٤ـ).¹⁵

كـانـ الـفـرـتـةـ الـتـيـ عـاـشـهـ شـيلـهـ فـيـ أـوـبـسـالـاـ (١٧٧٥-١٧٧٠ـ)ـ فـتـرـةـ إـنـتـاجـ مـذـهـلـةـ؛ فـقـدـ توـصـلـ إـلـىـ اـكـتـشـافـاتـ مـهـمـةـ، إـلـاـ أـنـ اـكـتـشـافـهـ الـأـكـسـجـيـنـ فـيـ عـامـ ١٧٧١ـ أوـ ١٧٧٢ـ (وـرـبـماـ قـبـلـ ذـلـكـ)ـ يـعـتـبـرـ إـنـجـازـهـ الـأـعـظـمـ.¹³ وـمـنـ الـمـهـمـ أـنـ نـلـفـتـ النـظـرـ إـلـىـ أـنـ جـوزـيـفـ بـرـيـسـتـيـ اـكـتـشـفـ الـأـكـسـجـيـنـ وـحـدـهـ فـيـ ١٧٧٤ـ، وـنـشـرـ نـتـائـجـهـ مـبـاشـرـةـ. وـعـلـىـ ماـ يـبـدوـ، لـمـ يـكـنـ شـيلـهـ يـعـلـمـ إـطـلاقـاـ بـعـدـ بـرـيـسـتـيـ، وـسـلـمـ مـخـطـوـطـةـ كـتـابـهـ بـعـنـوانـ «ـمـلـاحـظـاتـ وـتـجـارـبـ كـيمـيـائـيـةـ عـنـ الـهـوـاءـ وـالـنـارـ»¹⁶ إـلـىـ الـمـطـبـعـةـ فـيـ أـوـبـسـالـاـ فـيـ دـيـسـمـبـرـ ١٧٧٥ـ، وـكـذـلـكـ لـبـيرـجـمانـ فـيـ بـدـاـيـةـ عـامـ ١٧٧٦ـ.¹³ وـقـدـ عـلـمـ لـلـمـرـةـ الـأـوـلـىـ بـاـكـتـشـافـ بـرـيـسـتـيـ لـلـأـكـسـجـيـنـ فـيـ أـغـسـطـسـ عـامـ ١٧٧٦ـ، مـنـ خـلـالـ خـطـابـ كـتـبـهـ إـلـيـهـ بـيرـجـمانـ.¹³ وـكـانـ فـيـ ذـلـكـ الـوقـتــ قدـ ضـاقـ ذـرـعـاـ بـتـوـانـيـ بـيرـجـمانـ عـنـ مـرـاجـعـةـ مـخـطـوـطـةـ، وـكـذـلـكـ بـتأـخـرـ دـارـ النـشـرـ فـيـ نـشـرـهـاـ.¹³ وـنـشـرـ كـتـابـ شـيلـهــ الـذـيـ يـذـكـرـ فـيـهـ اـكـتـشـافـهـ الـأـكـسـجـيـنـ قـبـلـ سـتـ سـنـوـاتــ أـخـيـراـ فـيـ عـامـ ١٧٧٧ـ (الـشـكـلـ ١٢ـ٥ـ).¹⁷

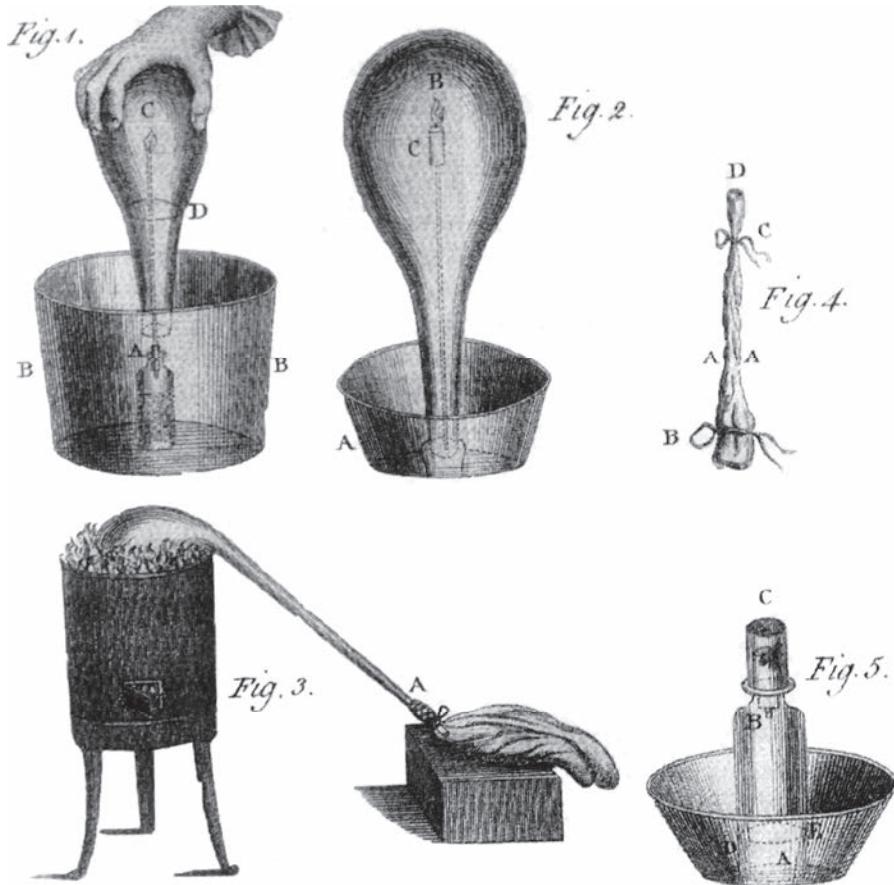
Carl Wilhelm Scheele's
d. Königl. Schwed. Acad. d. Wissenschaft. Mitglied.,
Chemische Abhandlung
von der
Auſt und dem Feuer.
Nebſt einem Vorbericht
von
Torbern Bergman,
Chem. und Phys. Prof. und Ritter, verschied.
Societ. Mitglied.



Uppsala und Leipzig,
Verlegt von Magn. Swederus, Buchhändler,
zu finden bey S. & L. Crusius.
1777.

شكل ١٢-٥: صفحة العنوان من طبعة (أوبسالا ولبيزيف) من كتاب كارل فيلهلم شيله البارز عن الهواء والنار. بالرغم من اكتشاف شيلة الأكسجين للمرة الأولى في عام ١٧٧١ أو ١٧٧٢، فإن التأخير الطويل في مراجعة الكتاب من طرف بيرجمان؛ ومن ثم نشره، أتاح لجوزيف بريستلي أن يكون أولَ من ينشر عن اكتشاف الأكسجين (٤) (بإذنِ من مكتبة روبي جي نيفل لتاريخ الكيمياء).

ولم يُعْتَرَفُ بأسبقية شيله في اكتشاف الأكسجين على نطاقٍ واسع إلا بعد مرور قرن من الزمان.^{14,13}



شكل ١٣-٥: هذا الشكل من أول طبعة إنجليزية (١٧٨٠) صدرت من كتاب شيله «ملاحظات كيميائية عن الهواء والنار». في الصورة ٣ من الشكل، يُسخن كلٌّ من حمض الكبريتيك ونترات البوتاسيوم معاً. تتضمن الغازات الناتجة عن التفاعل ثاني أكسيد النيتروجين، وتثبت بواسطة لبنة الجير الموجود في الجراب، إلى جانب الأكسجين (الغاز الناري) الذي يُجمع غازاً في الجراب.

الشكل ١٢-٥ من الطبعة الإنجليزية الأولى (التي نُشرت عام ١٧٨٠) من كتاب شيله «عن الهواء والنار»^{١٦,١٧} وظاهر يسار أعلى الشكل ١٣-٥ (الصورة ١) قُنينة بها مقدار

ثلاث ملاعق صغيرة من بُرادة الصلب، مُضاف إليها مقدار أونصة من الماء أعقبها مقدار نصف أونصة من حمض الكبريتيك. وُبُيِّن الشكل سدادةً بها فتحة يمر عبرها أنبوب زجاجي طويل مجوَّف أدخل بإحكام في القنية A. وضعت القنية في الوعاء BB الذي يحوي ماءً ساخناً لتسريع الذوبان. بعد ذلك، قُرب لهب شمعة من الغاز القابل للاشتعال (الهيدروجين) الذي يخرج من أعلى الأنبوة ليشتعل، ووضع اللهب في وسط المقطرة المعوجة C التي تزن ٢٠ أونصة. حين خمدت النار من تقاء نفسها، صعد الماء من الوعاء إلى المستوى D في المقطرة المعوجة. وكانت المسافة إلى المستوى D تساوي أربع أونصات من الماء؛ وهكذا يكون حجم الهواء الأصلي في المقطرة المعوجة قد قلَّ بنسبة الخمس. أضاف شيله ماء الجير إلى المعوجة، لاحظَ عدم خروج الهواء المثبت (ثاني أكسيد الكربون) نتيجة الاحتراق. ولم يرصد، للأسف، المقدار القليل الذي تكونَ من بخار الماء. وخلص شيله إلى وجود عنصر غازي مختلف في الهواء الجوي يدعم عملية الاحتراق، واعتقد شيله أن ذلك الغاز امتصَّ الفلوجستون من المواد القابلة للاشتعال. ولكنَّ أين ذهب الفلوجستون؟ افترض شيله أن الفلوجستون الذي لا يمكن وزنه والغاز الجديد قد امتزجاً ليُشكّلا مادةً نفذت عبر مسام الوعاء الزجاجي.

تجسَّد الصورة ٢ من الشكل ١٣-٥ تجربةً مماثلةً تتضمَّن استخدامَ شمعة؛ حيث تُوضع كتلة شمعية صلبة في قاع الطبق A. بعد ذلك، يُعرَّز أحد طرفيِّ سلكِ حديدي قوي في هذه الكتلة، ويُعرَّز الطرف الآخر C في قاعدةِ شمعة. تُضاء الشمعة، ويُوضع فوقها مقطرة معوجة مقلوبة، وتُثبتَ بإحكامٍ على الكتلة الشمعية الموضوعة في الطبق. يضاف الماء إلى الطبق. عند انطفاء الشمعة، شغلَ الماء أونصتين من سعة المقطرة المعوجة التي تقدَّر بـ ١٦٠ أونصة. وقد وجد شيله أن غاز ثاني أكسيد الكربون تكونَ نتيجةً لهذا الاحتراق، وأصاب إذ استنتاجَ أن إطلاق غاز ثاني أكسيد الكربون سرعانَ ما أخمدَ اللهب. لكنه في ذلك الوقت لم يُسْتَطِع فهمَ أنه في مقابل كل جزيء مفقود من الأكسجين يتشكَّل جزيء ثاني أكسيد الكربون، على الرغم من أن هذا الغاز أيضًا يتَّسم بقابليةِ الكبيرة للذوبان في الماء.

توضُّح الصورة ٣ من الشكل ١٣-٥ الجراب المستخدم في جمع الأكسجين. أُضيفَ زيت الزاج (حمض الكبريتيك) إلى نترات البوتاسيوم، وكانت الغازات الناتجة تتضمَّن الأكسجين وأبخرةً ثاني أكسيد النيتروجين (NO_2) الحمراء. تجمَّعت هذه الغازات في جرابٍ مملوءٍ بمحلولِ لبن الجير $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$ الذي «ثَبَّ» أبخرةً ثاني أكسيد النيتروجين، ليَبقي

الأكسجين النقي. تُوضّح الصورة ٤ جراباً آخر، ويُمكّن توضيح استخدامه على النحو التالي: ضع طباشير (CaCO_3) في قاع الجراب، ثم اربط عقدة محكمة عند النقطة B ، لغلق أسفل الكيس بإحكام، ثم ضع محلولاً حمضياً في الجزء AA من الجراب، ثم أخرج الهواء المتبقّي واربط عقدة أخرى محكمة عند النقطة C . ثبّت الفتحة D حول زجاجة مقلوبة مغلقة بسدادة ومحكمة الإغلاق. وعند الاستعداد، يُمكّن فك العقدة المربوطة عند النقطة B ، وتلك المربوطة عند النقطة D ونزع السدادة (التي لا تزال موجودة داخل الجراب)، لتجمّع النواتج الغازية (الهواء المثبت في هذه الحالة). وقد استعان شيله بعدِ من التفاعلات المختلفة للحصول على الأكسجين، بما في ذلك تسخين نترات البوتاسيوم، وكلس الزئبق الأحمر (HgO)، وتسخين «المنجنيز الأسود» مع حمض الكبريتيك أو حمض الفوسفوريك. كما استعان شيله بالنَّحل في دراسته على تنفس الأكسجين (انظر الصورة ٥ من الشكل ١٣-٥).

قدّمَ شيله عدداً من الإسهامات الأخرى البالغة القيمة في الكيمياء.¹³ فقد أضاف زيت الزاج (حمض الكبريتيك) إلى فلوريد الكالسيوم (CaF_2) ثم قطّره؛ فوْجَد تاكلاً كبيراً في المقطرة الموجّة التي احتوت المزيج المتفاعل، وحتى التصميم المستخدم للإغلاق المحكم للأدأة بات هشاً سهلاً التفتّت، كما تشَكَّلَ راسب أبيض على كل الأسطح الداخلية للأدأة. كذلك حَضَر شيله حمض الهيدروفلوريك (HF ، الذي هاجمَ الوعاء الزجاجي (ثاني أكسيد السيليكون)، وشكّلَ مرگّب رباعي فلوريد السيليكون SiF_4 الغازي. وحين أعاد التجربة مع إضافة الماء إلى وعاء الاستقبال، فوجئ بوجود طبقة من السيليكا الجيلاتينية على سطح الماء.

بالطبع، كان شيله يعي تماماً مصدر «الفوسفور البولي»؛ إذ ذكره هيديننج براند في الأصل قبل قرنٍ من الزمان (انظر المقال الذي ورد في [الفصل الرابع: علم وليد، القسم الخامس: عنصر لوسيفر وحبوب نوكل]) وقد اكتشف جان صديق شيله وجود فوسفات الكالسيوم في العظام والقرون حوالي عام ١٧٦٩ أو ١٧٧٠.¹³ وعالج شيله الأمونيا المحروقة بحمض النيتريك، وكثفَ الجبس بحمض الكبريتيك، وركّز المادة المصفاة، وقطّرَ حمض الفوسفوريك الناتج على الفحم، وجمع الفوسفور الناتج.¹³

اكتُشف شيله الكلور حين عالج «المنجنيز الأسود» بحمض الهيدروفلوريك، وعزل غازاً خانقاً أصفر مائلاً إلى الخضراء.¹³ وقد كانت خواص التبييض التي يتمتّع بها غاز الكلور واضحةً بالفعل. وباكتشاف شيله أنَّ الجرافيت حين يحرق بالكامل ينتج

ثاني أكسيد الكربون، تمكّنَ من أن يخلُص إلى أن «الرصاص الأسود» ما هو في الواقع سوى كربونٍ نقِيًّا، مثله في ذلك مثل الألماس.¹³

في فبراير عام 1775، كان شيله لا يزال مساعدَ صيدلي، لكنَّ شهرته كانت واسعة، حتى إنه انتُخب عضواً بالأكاديمية الملكية للعلوم في السويد.¹³ في ذلك الوقت، قرَّرَ أخيراً أن يصير صيدلانياً. وقد تُوفِّي هيرمان بول — مالك الصيدلية التي مكَّنت شيله من تحقيق هدفه بامتلاك متجر للأدوية في شوبن크 — في عام 1775، تاركاً أرملته سارة مارجريتا سونمان بول تبحث عن مشترٍ لصيدلية.¹⁴ وتوصلَ شيله إلى اتفاق معها كادَ أن تُلغيه بعد ظهورِ مشترٍ آخر، غير أنَّ سمعة شيله المبررة التي بلغت الآفاق أجيَّرت السيدة بول على الانصياع للرأي العام والالتزام باتفاقها الأول.¹⁴ وبالرغم من عدم ذِكرِ كثيرٍ من التفاصيل المعروفة عن علاقةِ شيله بالسيدة بول، فقد استخدمَ رولد هووفمان وكارل جيراسي رخصةً أدبيةً للتخمين على نحوٍ حساسٍ بشأن هذه العلاقة في مسرحيتهما «الأكسجين».¹⁹ ويلعب خطابُ أرسَلَه شيله إلى لفوازيبه في أكتوبر من عام 1774، لم يُرد عليه لفوازيبه قطُّ،²⁰ دوراً محوريًا في هذه المسرحية. ونحن نعرف يقيناً أن شيله قد تزوَّجَ من السيدة بول وهو على فراش الموت، حتى يتسلَّى لها أن ترث منه الصيدلية.¹⁴

(٤) غاز الضحك أم مجرد «غاز النيتروز شبه الفلوجستوني»؟

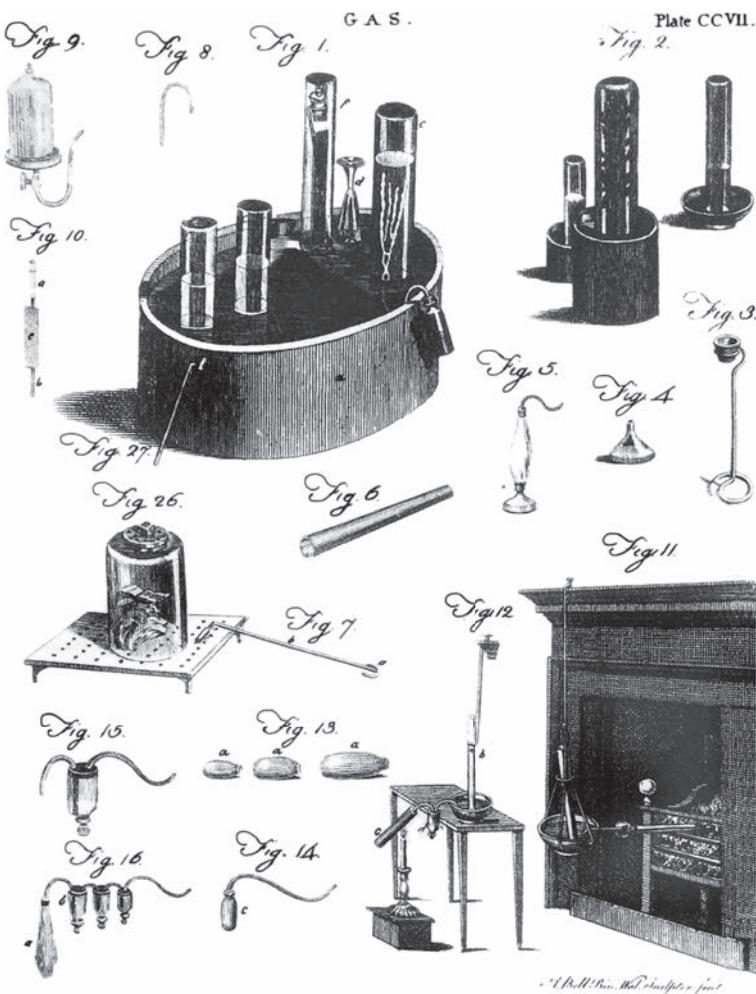
نشأ علمُ كيمياء الغازات — جمع الغازات والتعامل معها — في عشرينيات القرن الثامن عشر بفضلِ عملِ ستيفن هيلز، وما أدخلَه ويليام براونريج لاحقاً من تحسينات.^{22,21} ومن ثمَّ، قبل عقد السبعينيات من القرن الثامن عشر، كان الغازان الوحيدان اللذان حُصل عليهما في صورةٍ نقية وتُمَّ توصيفهما إلى حدٍ ما؛ هما الهواء المثبت (ثاني أكسيد الكربون)، والغاز القابل للاشتعال (الهيdroجين)، وقد أطلق على كليهما «غازات اصطناعية» وفق المصطلحات التي وضعها هنري كافنديش.²³ في بداية عقد السبعينيات من القرن الثامن عشر، قام د. جوزيف بريستي — ضمن جهوده في تحسين تقنيات علم كيمياء الغازات — بعزلِ وتصويف سلسلةٍ جديدة من «الغازات»، تضمنت الأكسجين (غاز منزوع الفلوجستون)، والنитروجين (غاز فلوجستوني N_2)، وأكسيد النيترويك («غاز النيتروز» NO)، وأكسيد النيتروز (غاز النيتروز الفلوجستوني N_2O).²⁴ في مكانٍ آخر، بعيداً عن علم بريستي، كان الصيدلاني كارل فيلهلم شيله يُجري سلسلةً موازيةً من التجارب، قام

خلالها بعُزل وتصنيف الأكسجين (غاز النار) في عام ١٧٧٢ (أي قبل ما لا يقل عن عامين من قيام بريستلي بالأمر نفسه)، وربما حتى في عام ١٧٧١.²⁵ وقد كان كلًّ من بريستلي وشيله مؤمناً إيماناً راسخاً بنظرية الفلوجستون. ويُصوَّر الشكل ١٤-٥ بعض أدوات بريستلي المستخدمة في إجراء التجارب على الغازات، بما في ذلك مغطس الغازات (الصورة ١).

ويُمكن استيضاح بعض الالتباسات التي نتجت عن نظرية الفلوجستون باختصارٍ من المصطلحات المذكورة أعلاه. على سبيل المثال: يُشير مصطلح «الغازات الاصطناعية» إلى غازاتٍ مشتقة من موادٍ صلبة. ويعمل تسخين الطباشير (كريبونات الكالسيوم، علماً بأن كلاً من الطباشير والكالسيوم مرتبط بالكلس أو الجير) على إنتاج «الهواء المثبت» (ثاني أكسيد الكربون). ويُصوَّر الشكل ١٤-٥ (انظر الصورة ١١ من الشكل²⁶) الجهاز الذي كان يستخدمه بريستلي في جمع الغازات الاصطناعية من المواد الصلبة التي كان تسخن في ماسورة بندقيةٍ جزءٌ منها موضوعٌ في مِدفأة. يُجمع الغاز في أنبوب مملوء بالرَّزْبِق ومقلوب في طبقٍ يحتوي على الرَّزْبِق أيضًا (انظر الصورة ١١ من الشكل ١٤-٥). كذلك يمكن الحصول على غاز الأكسجين من خلال تسخين الكلسات الصلبة، بما في ذلك أكسيد الرَّزْبِق الثنائي HgO أو ثاني أكسيد المنجنيز (MnO_2). ومن ثم، فإن كلاً من ثاني أكسيد الكربون والأكسجين «غازٌ اصطناعي». ما من مشكلةٍ حتى الآن، ومع ذلك، فإن إضافة الزنك إلى حمض الكبريتيك (زيت الراج) تُنتج غازاً اصطناعياً آخر — وهو الغاز غير القابل للاشتعال (الهيدروجين H_2) — يتم الحصول عليه بـ«وضوح» من المعدن الصلب. في الواقع، ظنَّ كافنديش أن الغاز القابل للاشتعال هو الفلوجستون عندما عزله عام ١٧٦٦. والحقيقة أن الهيدروجين ينتج من محلول الحمض المائي؛ نظراً لأن الماء يتكون من الهيدروجين والأكسجين، إلا أن أحداً لم يتوصَّل إلى هذا الاكتشاف إلا في بدايات عقد الشهاديات من القرن الثامن عشر.

وجد بريستلي أنه عند تخزين غاز النيتروز — الذي يُستحضر من معالجة النحاس بماء النار (حمض النيتيريك) — على بُرادة الحديد، نتج غازٌ جديد توهَّج فيه لهبُ الشمعة بدرجةٍ أشد مما يتوهَّج في الهواء الجوي أو ما كان يُطلق عليه «غاز النيتروز». من الجليّ أن ذلك «غاز» الجديد كان يفتقر إلى الفلوجستون مثل الأكسجين (غاز المزروع الفلوجستون)؛ ومن ثمَّ كان ذلك الغازُ الجديد منزوع الفلوجستون أيضاً. ولأن ذلك الغاز الجديد كان يفوق «غاز النيتروز» قدرةً على دعم الاحتراق، فقد أطلق عليه بريستلي استناداً للمنطق «غاز النيتروز المزروع الفلوجستون».

الثورتان الفرنسيتان



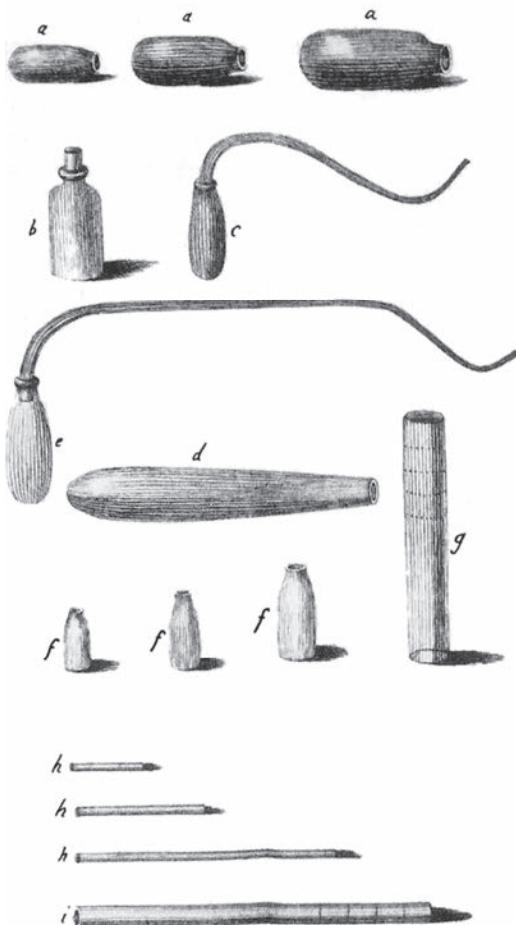
شكل ١٤-٥: صورة تجميعية لجهاز عزل الغازات الخاص بجوزيف بريستلي. كان يستخدم ماسورة بندقية كغرفة تفاعل، ويضعها في مدفأة. وكانت الغازات الناتجة، في حالة قابليتها للذوبان في الماء، تتجمع فوق الزئبق (الصورة ١١).

تذكّر الآن فكرة اعتبار أن مصطلح «فلوجستوني» يعني «مفتقرًا إلى الأكسجين»، وأن «منزوع الفلوجستون» يعني «يحتوي على الأكسجين». ²⁷ لقد بُثنا الآن نعرف أن الغاز

الجديد كان أكسيد النيتروز (N_2O) — غاز الضحك — وهذه قصة أخرى مختلفة.²⁸ في الواقع، يحتوي أكسيد النيتروز على نسبة «أقل» من الأكسجين مقارنة بغاز النيتروز، وبناءً على محتواه من الأكسجين، كان ينبغي أن يسمى بـ«غاز النيتروز الفلوجستوني» (أو «غاز النيتروز شبه الفلوجستوني»). ومع ذلك، فإن درجة افتقاد الفلوجستون (أو «التعطش» إلى جوهر النار) لم تكن لها علاقة مُباشرة بمحتوى المركب ما من الأكسجين؛ فقد كان غاز الكلور، الذي اكتشفه شيل،²⁵ يُسمى بالقدرة على إشعال الهيدروجين. وحتى لافوازييه كان يعتقد أن غاز الكلور لا بد أنه يحتوي على الأكسجين — لكن الأمر غير ذلك. الواقع أن رصد كيمياء أكسيد النيتروز عَكَسَ بُنيَّته وتفاعلاته الكيميائية، وهذا يمكن من الممكن فهمها في أواخر القرن الثامن عشر، على عكس محتوى الأكسجين. وهذا الالتباس كان أمراً يُمْكِن تفهمه.

(٥) إشادة بالتحليل الإيديومترى

لم يكن الإيديومتر — في أبسط أشكاله — إلا أنبوباً مُدرجاً مقلوباً، مغلقاً من أحد طرفيه ومفتوحاً من الآخر لقياس أحجام الغازات المُجمّعة فوق الماء (أو فوق الزئبق في حالة ما إذا كان الغاز قابلاً للذوبان في الماء؛ انظر الصورة ١١ من الشكل ١٤-٥). ترجع فاعليّة الإيديومتر الحقيقية إلى قدرته على قياس التغييرات التي تطرأ على الحجم عند تفاعل غازات مختلفة. وقد استخدم جوزيف بريستلي أجهزةً أولديومتر شديدة البساطة في دراساته على الغازات الصناعية مثل «غاز النيتروز» (أو أكسيد النيتريك، الذي عُرِل عام ١٧٧٢)، و«غاز المنزوع الفلوجستون» (أو الأكسجين، الذي عزله بريستلي عام ١٧٧٤). ويُصوّر الشكل ١٥-٥ أحد هذه الإيديومترات (انظر الصورة ٢٩) ووعاءً زجاجياً للتعامل مع الغازات في تجربة قياسِ أولديومترى. أما الأوعية الثلاثة المرقمة بـ١ في الشكل، فهي مقاييس سعةً أونصة وأونصتين وأربع أونصات للغازات، تملأً أولاً بالماء، ثم توضع مقلوبةً في حوض هوائي وتُملأً بالغاز محل الدراسة. على سبيل المثال: يمكن نقل معيار واحد من أحد الغازات، «الهواء الجوى»، إلى «غرفة التفاعل» (وهي وعاء زجاجي مملوء بالماء يُوضع مقلوباً في حوض هوائي). وعند إضافة معيار مساوٍ من «غاز النيتروز»، يتشكل غازٌ مائل إلى الحمرة على الفور ثم يختفى. وكان التفاعل يُترك ليستمر حوالي دقيقتين، ثم تُنقل المحتويات الغازية إلى الأيديومتر؛ فكانت النتيجة المعتادة أن يبقى معيار ١,٣٦

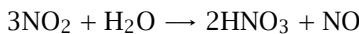


شكل ١٥-٥: يوضح الرسم *g* أبسط شكل ممكن للإيديومتر (وهو أنبوب مُدرج مغلق من أحد طرفيه). تُوضع أحجاماً محددة من الغاز، ثم تُقاس التغييرات في الحجم النهائي. وقد قاست أول أشكال بريستي للايديومتر ببساطة محتوى الأكسجين في الهواء عند تفاعلاته مع «غاز النيترون» المولّد حديثاً (الذي هو فعلياً أكسيد النيترويك) (من كتاب بريستي «تجارب وملحوظات عن أنواع الغازات المختلفة»، طبعة عام ١٧٩٠).

من أصل معيارين من «الهواء الجوي» **المُخْتَلِطُ بـ«غاز النيتروز» في الإيديومتر**.³⁰ كذلك كان المقياس الإيديومتي يشير إلى تفاعلٍ مقدارٍ من «غاز المزروع الفلوجستون» النقي تماماً مع ضعف هذا المقدار من «غاز النيتروز». وبعد حوالي ٣٥ عاماً (جمعت ما بين اكتشافات دالون، وجاي-لوساك، وكانيزارو)، أدركَ الكيميائيون أن هذا التفاعل الغازي يتخذ الصيغة التالية:



كذلك بتنا نعرف أن ثاني أكسيد النيتروجين يتحلل في الماء ليُشكّل حمض النيتريك:



بعد ذلك، يُعاودُ أكسيد النيتريك الناتج عن التفاعل الدوران في وعاء التفاعل، وفي النهاية يتتفاعل بالكامل تقريباً مع الأكسجين لينتج حمض النيتريك. وفي الواقع، أدّت كل هذه التعقيدات، بالإضافة إلى حقيقة أن أكسيد النيتريك كان أكثر قابليةً للذوبان في الماء من الأكسجين بدرجة كبيرة، إلى كثيّر من التضاربات البنية على نوع الغاز المضاف أولاً، ودرجة اهتزاز وعاء التفاعل، وطول فترة السماح بتفاعل الغازات. غير أن كافنديش – في النهاية – أضفى على هذه التقنية صفة الاتساق.³⁰

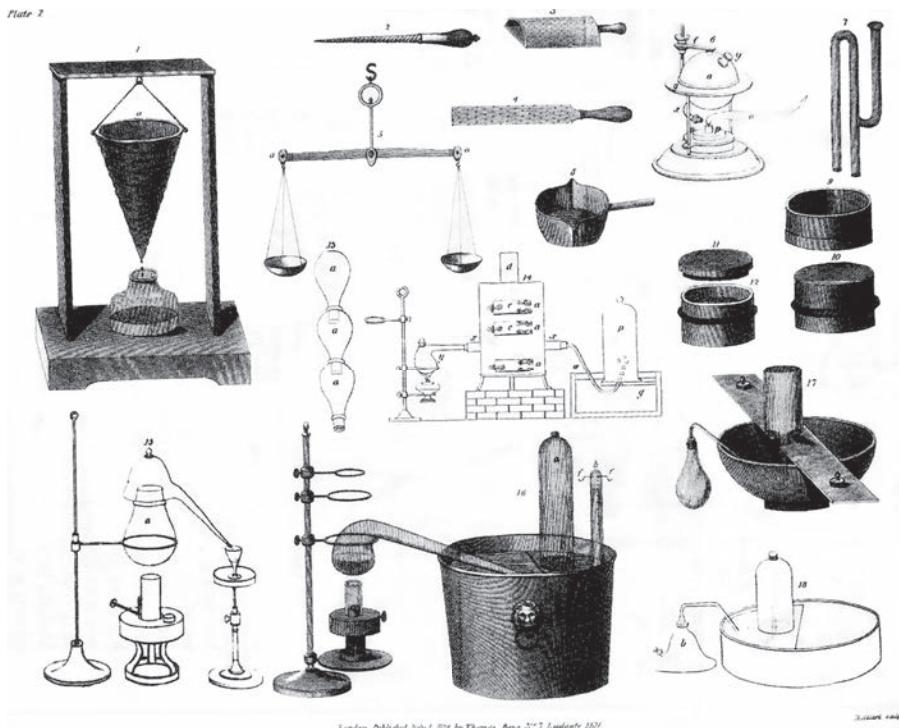
يسهل الآن فهم نتائج المقياس الإيديومتي لخلط «الهواء الجوي» و«غاز النيتروز»؛ فنحن نعرف أن الأكسجين يُشكّل ٢٠ بالمائة تقريباً من حجم الهواء؛ ومن ثم فإن معيار ٢٠ من الأكسجين الذي يحتوي عليه معيار ١ من الهواء الجوي سيختفي عند التفاعل مع معيار ٤٠ (من أصل المعيار الأصلي ١) من غاز النيتروز. وهكذا، يكون حجم الغاز المتبقى في الإيديومتر ١٤ – ويكون إجمالي حجم الغاز المفقود ٦٠. في الحقيقة، من المعتاد أن يتبقى معيار ١٣٦ (انظر الشكل أعلاه)؛ خذ الحجم المفقود (معيار ٠٦٤)، واقسمه على ٣، وسيكون الناتج ٢١؛ وعليه فإن الأكسجين يُشكّل حوالي ٢١ بالمائة من حجم «الهواء الجوي». فإذا اختزلت عينة من «الهواء الجوي»، بحيث تُصبح نسبة الأكسجين فيها حوالي ١٠ بالمائة (وذلك من خلال تكليس معدن أو إدخال فأر إلى الوعاء)، فإن خلط معيار قدره ١ من «الهواء الجوي» و«غاز النيتروز» سيُخالف غازاً بحجم ١٧ في الإيديومتر، وكان محتوى الأكسجين في هذه العينة ١٧ فقط مقارنةً بمحتوى الأكسجين في

«الهواء الجوي» (١٣٦).^{٣٠} وفرَّج بريستلي بأنه لن يكون مضطراً بعد ذلك إلى قتل الفئران لاختبار محتوى الهواء الجوي من الأكسجين (انظر الصورة ٢٦ من الشكل ١٤-٥).^{٣١, ٣٠} وقد اختبر بريستلي وأخرون فرضية أن هواء المدينة يحتوي على نسبة أقل من الأكسجين مقارنةً بهواء الريف. ووفقاً لهذا المقياس على الأقل، يتساوى محتوى كلاً «النوعين» من الهواء الجوي من الأكسجين. ومع ذلك، اكتشف بريستلي (وشيله بمفرده) أن الغاز الذي تحلل في الماء كان يحتوي على نسبة أكسجين أكبر قليلاً من تلك التي يحتوي عليها «الهواء الجوي» (نظرًا لأن قابلية النيتروجين للذوبان في الماء تقل قليلاً عن قابلية الأكسجين للذوبان فيه).^{٣٢}

خلال الجزء الأخير من القرن الثامن عشر وببداية القرن التاسع عشر، ابتكرت تعديلات كثيرة عمل فيها الإيديومتر باعتباره أسطوانة لقياس الحجم وغرفة تفاعل على حد سواء.^{٣٣} وكان يمكن تعليق مسحوق الكبريت أو الفوسفور الأحمر في طبق محاط بالغاز موضع الدراسة وموضع فوق الماء في الإيديومتر. وكانت تُستخدم عدسة مكِّبِرة قوية لإشعال المواد الصلبة، لتشَّغل في النهاية أحماضًا قابلة للذوبان في الماء، وتقلل حجم الهواء تبعاً لذلك. وبالرغم من اشتعال الهيدروجين (الغاز القابل للاشتعال) والأكسجين في خلائط مختلفة بدءاً من سبعينيات القرن الثامن عشر — ونتج الانفجار الأكثر صخباً عن خلط معيارين من الهيدروجين ومعيار واحد من الأكسجين — استخدم إيديومتر فولتا (انظر الإيديومتر b ذا الأقطاب f في الصورة ١٦ أُسفل مُنتصف الشكل ١٦-٥)^{٣٤} بكفاءةٍ ودقةٍ شرارةً كهربائية لإشعال الغازين وقياس الحجم المتبقى.

إذا فكرنا في الإيديومتر في صورته الأصلية بصفته أداةً تُستخدم لقياس نسبة الأكسجين في الهواء، نجد أنه قد انقرض، مثله مثل طائر الدودو، لكنَّ الفارق بين الإيديومتر والدودو هو إمكانية إعادة الإيديومتر إلى الحياة لأغراض العرض التجريبي للطلاب، وهذا ما فعله فيليب وفيليس موريسون في حلقاتهما التليفزيونية على قنوات بي إس (بابليك برووكاستنج سيرفيس).^{٣٤} فقد قام مقدما البرنامج بتركيب إيديومتر على طراز فولتا، وأضافا مقدار «كُشتبانين» من كلٍّ من غازَي الهيدروجين والأكسجين، وحين أشعلوا هذا الخليط بشرارة كهربائية، تمددَ الغازان (لم تُشرِّكَا معاً الحركة البطيئة إلى خروج أيٍّ فقاعات غازية من أسفل الإيديومتر) مخلقين مقدار «كُشتبان» واحد من الغاز. ولم تتغير النتيجة بالرغم من تكرار التجربة طوال ساعات ما بعد الظهرة. ويقول

مُقدّماً البرنامج: «كان المقدار المتبقّي هو مقدار الأكسجين الذي لم يستطع أن يدخل في التفاعل المكوّن للماء، ودائماً ما يكون معياراً واحداً من إجمالي المعايير الأربع. ومرة أخرى، عرفنا كيفية تكون جزيء الماء H_2O . يبدو أن شيئاً عميقاً في الماء يفهم أساسيات علم الحساب.»³⁴



شكل ١٦-٥: إيديومتر أليساندرو فولتا (انظر أسفل مُنتصف الشكل، الصورة ١٦ — أنبوب يقف على يمين الحوض). وقد أمكن إشعال مزيج الهيدروجين والأكسجين في هذا الإيديومتر، وقياس تغيير حجميهما. (من كتاب أكيوم الصادر عام ١٨٢٤ بعنوان «المعجم الشارح للأدوات والمعدات ...»)

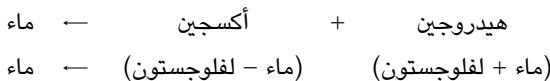
(٦) الماء يقضي على نظرية الفلوجستون

نحن نشرب الماء، ونُخرجه في هيئة عرقٍ وبولٍ منذ أزمنة بعيدة؛ لذا حرّي بنا أن نعرف تكوينه. يغلي الماء ويتجدد ويُستعاد من الأملام و«المواد الترابية» الأخرى. والماء عاملٌ أساسي لوجودنا، كالهواء. ويمكن تحويل الماء — الذي يُعدُّ أحد العناصر الأرسطية — إلى «هواء» عن طريق التسخين، وإلى تراب بالخلص من الرطوبة، إلى جانب قيامه بـ«تحبيب» العنصر المقابل له، ألا وهو النار. وقد نجَّتْ مكانة الماء بصفته عنصراً من نقد روبرت بويل اللاذع للقدماء في كتابه الكلاسيكي «الكيميائي المتشكّ». وفي عام ١٧٤٧، أعلنَ أمبروز جودفري، مساعدُ بويل شديد البراعة، عن تحويل الماء كيميائياً إلى تراب،^{٣٥} وهذا استنتاجٌ تجريبي دَحَّضَه أنطوان لافوازييه نهايةً عام ١٧٧٠.^{٣٦} فمتي وكيف تعرَّفنا على طبيعة الماء الحقيقية، أو كيفية «تحول الهيدروجين إلى الماء» بحسبِ تعبيرِ فيليب بول الداعبي؟^{٣٧}

في عام ١٧٦٦، أعلنَ كافنديش عن انتلاقِ «غاز قابل للاشتعال» (الهيدروجين) — ساواه بالفلوجستون، جوهر النار — من الفلزات خلال تفاعلها مع أحماض مائة. وبعد ثمانية سنوات، أعلنَ بريستلي عن فصله «غازًا منزوع الفلوجستون» (الأكسجين). ولا بد أنه كان شيئاً محبطاً ألا يلتهم أحد الغازين الآخر عند خلطهما معًا^{٣٨} ليكونَا بدلاً من ذلك ... ماذا كُوئنا؟ «فلوجستون منزوع الفلوجستون»؟ أهي لا شيء فعلياً؟ أو قدَّ بريستلي لهاً قرب هذا الخليط للمرة الأولى في عام ١٧٧٥ في زجاجةٍ بطول بوصة ونصف بوصة، بفتحةٍ قُطْرُها رُبُّع بوصة، وبعدها «كان يُسلّي نفسه بحمل هذه الزجاجات المسودة بالفنين وفرقعتها».^{٣٩} وكان بيير جوزيف ماكيه قد لاحظَ تكونَ الماء، عند احتراق الهيدروجين في الهواء الجوي، لأول مرة ما بين عامي ١٧٧٦ و١٧٧٧، كما لاحظَ تجمُّع قطرات ندى على طبق بورسلين باردٍ فوق اللهب. وسُجِّلت مشاهداتٌ مشابهةً في إنجلترا على يد جون وارلتاير، الذي أحرقَ الهيدروجين والأكسجين بعد مزجهما بنسب حجمية مختلفة؛ فكانت أفضل نسبة لخلطهما هي ١:٢، لكنَّ مشاهدة بقایا الماء في أوعية التفاعل الكيميائي كانت أمراً شائعاً، وقد أفاد أحد التفسيرات بأنه لا بد من اعتصار الماء من الهواء قبل أن يكون بالإمكان أن يُصبح فلوجستونياً بالكامل. وانتبه جيداً عزيزي القارئ! لقد كانت نظرية الفلوجستون تتصدَّع بصوتٍ مدُّ في ذلك الوقت، وشرعتُ في الانهيار. في الواقع، تشغَّل الغازات حيّزاً ضخماً مقارنةً بالسوائل — فمقدارُ لتر واحد من الغازين

بعد خلطهما على النحو الصحيح سُيُّتْجِ ١٠ قطرات من الماء، وهي كميةٌ يُمْكِن إغفالها بسهولةٍ نوعاً ما.

يكفي أن نقول إننا لن نحل «جدلية الماء»⁴⁰ هنا. كانت الأطراف الرئيسية في هذه الجدلية هي هنري كافنديش، وجيمس وات، وأنطوان لفوازبيه. وقد حفَّزَ إيديومتر فولتا (انظر الشكل ١٦-٥) بريستلي وكافنديش وأخرين على استخدام هذا الأسلوب. وعلى الرغم من أن جيمس وات (١٧٣٦-١٨١٩) – الذي اخترع محركاً بخارياً معدلاً إلى حدٍ كبير عام ١٧٦٥ – قد قدَّمَ حجَّةً دامغةً على أنه أول من أدركَ أن الماء مركب وليس عنصراً كيميائياً، فإنَّ هذا الاكتشاف يُنْسَب إلى كافنديش. فقد كان كافنديش أول من دمج في تجاربه بين النسب الدقيقة للهيدروجين والأكسجين، واستطاع أن يتوصَّل إلى كتلة كلٍّ منها المحفوظة في الماء السائل. غير أنه نظراً لكون كافنديش من المؤمنين بنظرية الفلوجستون، فقد كان مفادُ تفسيره للتجربة أن «الغاز القابل للاشتعال» (الهيدروجين) كان في الواقع ماءً وفلوجستوناً (Φ)، بينما «الغاز المنزوع الفلوجستون» (الأكسجين) كان في الواقع ماءً منزوع الفلوجستون:^{41, 39}



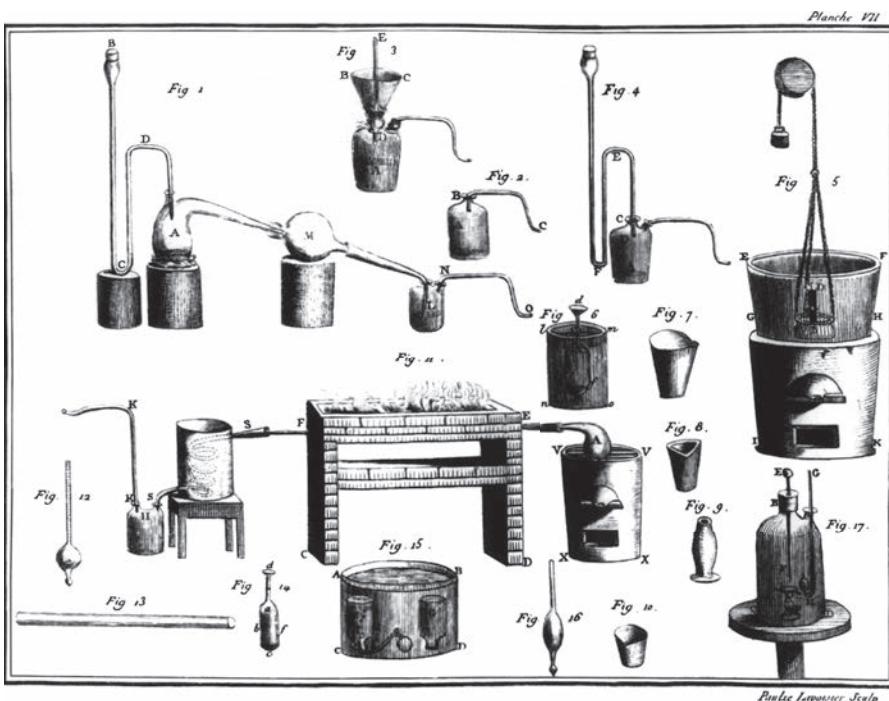
كان الأمر سيَبُدو منطقياً لو أن الهيدروجين كان فلوجستوناً نقياً، والأكسجين «غازًا منزوع الفلوجستون»، فإنَّ «تزأوْجهما» ربما كان سُيُّثِر – إذا كان له أن يُسْتَرِ عن أي شيء – «غازًا فلوجستونيَا» أو «أزوًنا» (النيتروجين). غير أنَّ هذا التزأوْج يُسْتَرِ، بدلاً من ذلك، ماءً – وهو مركب ذو قوام وكثافة كبيرين. إذاً لا بد أنه كان هناك طوال الوقت، أليس كذلك؟

كان لفوازبيه، في النهاية، هوَ مَنْ قدَّمَ دليلاً قاطعاً حاسماً على تركيب الماء. كان للماء دور محوريٌّ في حياة لفوازبيه المهنية. وقد رَسَخَتْ أولُ ورقة بحثية نشرها لفوازبيه، وهو في الثانية والعشرين من عمره، إحدى أفكاره المهمة التي تكررت في أبحاثه.⁴² كَلَّسَ (سخنَ) لفوازبيه الجصَّ (كربيلات الكالسيوم)، ثم جَمَّعَ الماء الناتج عن البلورة وزَنَه، ثم أعاد تركيب المادة الأصلية بإضافة الماء المُجَمَّع إلى الملح اللامائي. وكما سبق أن أوضَحْنَا، فقد دَحَضَ زعمَ آخرين بأنَّ الماء قد تحولَ إلى تراب عند التسخين. وكان

زعمه بأنه أول من اكتشف تركيب الماء يشبه إلى حد مذهل زعمه بأنه أول من اكتشف الأكسجين؛ غير أن السجل التاريخي يشير في كلتا الحالتين إلى أنه: أولاً: ليس المكتشف الأول لكتلتهما؛ ثانياً: أنه كتم بعض المعلومات عن منافسيه؛ لكنه ثالثاً: شرح على نحو تامٌ وصائب الثغرات التي اكتنفت نظرية الأكسدة التي دحضت نظرية الفلوجستون.^{44,43}

في الشكل ١٧-٥، نرى جهاز لفوازييه «لتحليل الماء» (الصورة ١١)،⁴⁵ الذي وضع فيه أنبوب من الزجاج المُلدَّن (EF)، محاط بطين ممتزج بقطع مفتة من الفخار ومدعمة بقضيب حديدي) في فرن EFCD؛ يتصل أحد طرفيه بالمقطرة المعوجة A، التي تُخرج بخاراً، ويتصل طرفه الآخر بالمكثف SS، الذي يُقطر ماءً غير متفاعل في المقطرة H. ينطلق الغاز المُنبثٍ من الأنبوب عبر KK، ثم يُنقَى ويُجمِع على النحو المناسب. وقد وجدت التجربة الأولى أن كمية البخار المتتساع من المقطرة A، ومررت عبر الأنبوب المُلتَهِب الراوي، تساوي تماماً كمية الماء المجمَّع في المقطرة H. وفي التجربة الثانية، وضع ٢٨ جراماً من الفحم في الأنبوب، انبعث منها بعد التعرض لفترة طويلة إلى البخار في الأنبوب المتوجه ١٠٠ جرام من غاز حمض الكربونيك (ثاني أكسيد الكربون)، و ١٣,٧ جراماً من «غاز خفيف جداً ... بدأ في الاشتعال» (وهو غاز الهيدروجين) مع فقدان ٨٥,٧ جراماً من الماء. وكان معروفاً أن ١٠٠ جرام من غاز حمض الكربونيك تحتوي على ٧٢ جراماً من الأكسجين، و ٢٨ جراماً من الكربون (تذكَّر أن الذرات والصيغ الكيميائية لم تكن عُرِفت بعد آنذاك)؛ ومن ثم تحلَّ ٨٥,٧ جراماً من الماء إلى ١٣,٧ جراماً من الهيدروجين، و ٧٢ جراماً من الأكسجين — كانت مؤسسة «جمع الضرائب»، التي كان لفوازييه مساهمًا فيها، لترضى تماماً بهذا الحساب الدقيق. في التجربة الثالثة، عُرِض ٢٧٤ جراماً من الحديد المطابع، في شكل صفائح رفيعة ملفوفة في شكل حلزونات، إلى البخار في الأنبوب المتوجه، دون أن لغاز حمض الكربونيك هذه المرة. بدلاً من ذلك، بات الحديد أكسيداً أسوداً (مثل ذلك الذي ينتج عن احتراق الحديد في الأكسجين)، وزاداد وزنه بعدما أضيف إليه ٨٥ جراماً من الأكسجين. وبلغ وزن كمية الهيدروجين المجمعة ١٥ جراماً؛ فيما بلغ وزن كمية الماء المفقود ١٠٠ جرام. وقد نتج عن هاتين التجربتين البالغتي الاختلاف النتيجة نفسها: يتشَّغل الماء من ٨٥ بالمائة أكسجين و ١٥ بالمائة هيدروجين.

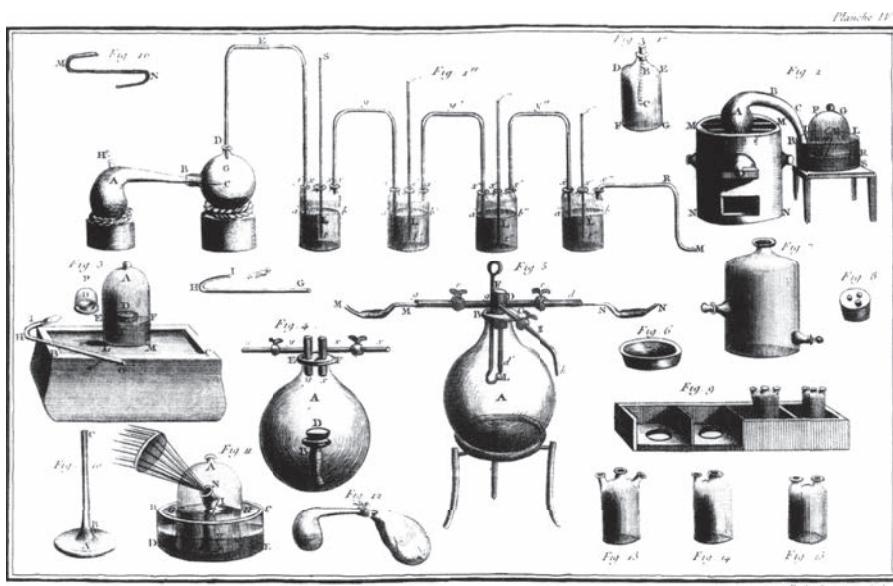
في الشكل ١٨-٥، نرى جهاز لفوازييه «لتركيب الماء» (الصورة ٥).⁴⁵ يوصَل البالون الرجاجي A، الذي تبلغ سعته ٣٠ بايُنٍ، الأكسجين النقي من اليسار (عبر أنبوب



Platine Imprimer Sculp

شكل ١٧-٥: تُظهر الصورة ١١ من الشكل جهاز تحليل الماء إلى هيدروجين وأكسجين. يُوضع الفحم في أنبوب من الزجاج الملدن داخل الفرن. على النار، يُؤكسد الفحم إلى ثاني أكسيد الكربون، وينجع، فيما يُجمع الهيدروجين مُفصلاً. على الناحية الأخرى، يمكن وضع شرائط حديدية في أنبوب، ثم تسخينها تسخيناً شديداً، فيت Shank أكسيد الحديد، وينبعث الهيدروجين في وجود البخار (من كتاب لافوازييه، «أطروحة أولية في الكيمياء»، الطبعة الثانية، عام ١٧٩٣).

التجفيف MM' المملوء بمسحوق كلوريد الكالسيوم أو مركب شبيهه، والهيدروجين النقي من اليمين (عبر أنبوب التجفيف NN'). تشعل شارة كهربية في جوار الوعاء Ld . وبناءً على نتائج تحليل الماء المبينة سابقاً، تُضاف ٨٥ جراماً من الأكسجين و ١٥ جراماً من الهيدروجين ببطء مع إشعال شرارات دورية. وهنا يُصبح لديك ١٠٠ جرام من الماء السائل!



شكل ٥: تُظهر الصورة ٥ جهاز « تركيب » الماء من الهيدروجين والأكسجين. ما إن تضاف الكميّات الصحيحة، تتشعل شارة في المقطرة المعوجة L، ويحدث التفاعل الكيميائي (من كتاب «أطروحة أولية في الكيمياء»، الطبعة الثانية، ١٧٩٣).³⁸

وهكذا كانت نهاية نظرية الفلوجستون؛ إذ بدا تحليل الماء إلى عنصري الهيدروجين والأكسجين، ثم إعادة تركيبيه من هذين العنصرين بمنزلة آخر مسمار في نعش نظرية الفلوجستون. وقد تحقّقت النتيجة ذاتها عبر التحليل الكيميائي للماء في عام ١٧٨٩.⁴⁶ فكان «جوهر النار» الغازي الخفيف المنتبعث من الحديد بفعل الحمض المائي، وليس المعden، وأن كافنديش هو من اكتشف ذلك فعلياً! لكن دعوني أُسرّ لكم قولاً يا رفاق، ها نحن أولاء على مشارف نهاية الألفية الثانية، وما زلنا نجهل لمَ لا يلتّهم كلُّ من الهيدروجين والأكسجين أحدهما الآخر فور اختلاطهما وتكوينهما الماء في عدم وجود شارة.³⁸

(٧) بن فرانكلين؛ دبلوماسي من طراز خاص



شكل ١٩-٥: لوحة لبنجامين من «مجموعة أعمال السيد فرانكلين»، باريس، ١٧٧٣. انظر ترجمة القصيدة المدونة أسفل اللوحة في الملاحظة الثانية لهذا المقال، انظر [الجزء الخامس: الثورتان الفرنسيةان - القسم السابع: بن فرانكلين؛ دبلوماسي من طراز خاص] (هذا الكتاب يخص د. فرنر هايزنبرج، بإذن من ابنه الأستاذ يوخان هايزنبرج).

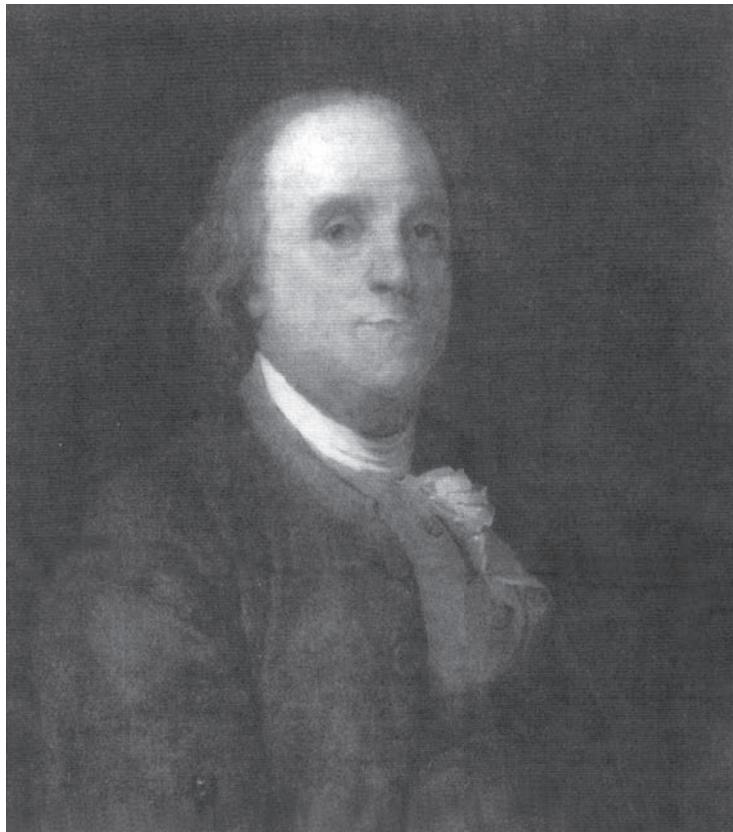
ثمة مشكلة جديرة بتدخل بن فرانكلين، أعظم دبلوماسي عرفته أمريكا، ألا وهي: كيف تحافظ على علاقة صداقة بين صديقين مقربين اختلافاً احتمالاً تاماً وجذرياً حول نظرية

كيميائية؟ كان جوزيف صديقك منذ ستينيات القرن الثامن عشر، وقد أخذ بنصيحتك ونشر كتابه «تاريخ الكهرباء ووضعها الراهن». ⁴⁷ وخطرَ رجل الدين الإنجليزي هذا مخاطرةً كبيرةً؛ إذ دعَم بقوة استقلال وطنك الحبيب أمريكا. والتقيت أنطوان عام ١٧٧٢، وهو رجل ذكي، مفعُّم بالحيوية، وثري، ومواطنه بلاده يُكِنون لك التبجيل (انظر الشكل ١٩-٥). ⁴⁸ تحدثَ إليك زوجته الجميلة الموهوبة الثرية ماري آن بالفرنسية، أو الإنجليزية، أو اللاتينية — كما تشاء — ورسمَت لك صورة زيتية (الشكل ٢٠-٥). ⁴⁹ يُقيم الزوجان لفوازيره حفلات «صاخبة» ويُقدمان صالونات مُلهمة. على النقيض، يعيش جوزيف وماري بريستلي حياةً زاهدة ويُقيمان حفلات الشاي الوقورة. نشر جوزيف أول ورقة بحثية له تصف اكتشافه لما يُسميه «الغاز المنزوع الفلوجستون»، لكنه كان يؤمن بقوة بنظرية الفلوجستون التي كان عمرها قرناً من الزمان آنذاك. ويُطلق أنطوان على ذلك الغاز الذي اكتشفه جوزيف «الأكسجين»، ويؤمن بأن هذه النظرية قد انتهت من الوجود مثلاً انتهى طائر الدودو، ⁵⁰ الذي تزامن انقراضه تقريباً مع ميلاد الفلوجستون. إذًا، ماذا لدبليوماسي عظيم أن يفعل؟ الإجابة: اقرأ لكلٍّ من المدرستين الفكريتين بإمعان، ولا ترك أثراً أيًّا كان لوقفك من أعظم جدل كيميائي في عصر التنوير. ⁵¹

كان لفرانكلين موقف محايد تجاه الفلوجستون، لكنه أبدى تأملات كيميائية مبتكرة ونافذة الرؤية إلى حدٍ كبير. وقد صاغ أحد أكثر تصريحاته روعةً عن بقاء المادة في خطاب يرجع إلى عام ١٧٥٢، ⁵² حينما لم يكن لفوازيره قد تعددت التاسعة:

إنَّ كلَّ ما تفعله النار هو «فصل» جزيئات المادة، لكنَّها لا «تفنيها»؛ فالماء يعود إلى الأرض في شكل أمطار، بفعل الحرارة المتتصاعدة في صورة أبخرة، وإذا جمعنا كل جزيئات المادة المحترقة التي تنطلق مع الدخان، لربما ضاهي وزنها، بالرماد، وزنَّ كتلتها قبل الاحتراق. ولو استطعنا أن نعيد تركيب الجزيئات معاً مرة أخرى بترتيبها السابق نفسه، لجاءت الكتلة مُساويةً لكتلتها في حالتها الأصلية، ويمكن حرُقُّها مرةً أخرى.

على الرغم من أن قانون بقاء المادة يرتبط بقوة وجادة باسم لفوازيره، فإن التبعات الكيميائية لهذا القانون قد ذُكرت صراحةً قبل قرن على الأقل، والواقع أن المفهوم يرجع حقاً إلى العصور القديمة. ⁵³ ومع ذلك، فإن آراء فرانكلين عن هذه المادة ليست معروفة على نطاق واسع، بل إنَّ مقولته هذه ربما تُشير إلى تجربة محددة أُجريت لإثبات صحة



شكل ٢٠-٥: تعلّمت السيدة لفوازبيه الرسم على يد الفنان الشهير جاك لوبي ديفيد. وهذه صورة فوتوغرافية لللوحة الزيتية التي رسمتها صديقها المقرب بنجامين فرانكلين. انظر الصور الملونة (بإذن من أحد أقارب بنجامين فرانكلين).

القانون. كذلك يذكر فرانكلين مشاهدته لقابلية غاز المستنقعات (الميثان) للاشتعال، في نيو جيرسي، قبل ما لا يقلُ عن أكثر من عَقدٍ من عِزْل أليساندرو فولتا للميثان:⁵¹ اختار مكاناً ضحلاً؛ حيث يمكن ملامسة القاع بعказ، وكان المكان موحلًا، كان الطينُ أولَ ما أثاره العكازُ، وحين بدأ عدد من الفقاعات التصاعدَ منه على

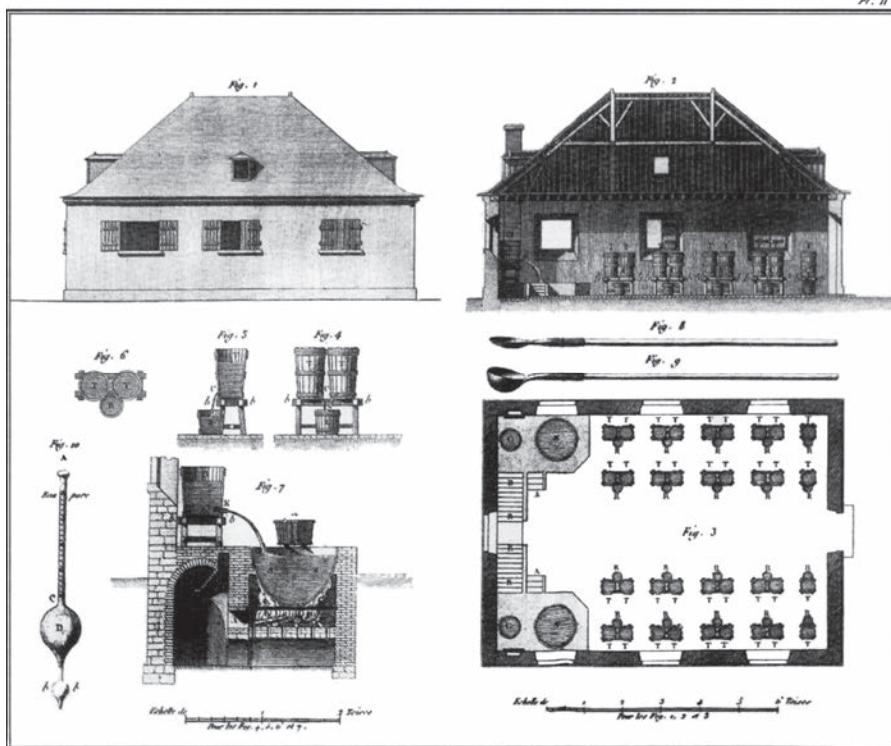
السطح، أضيئت شمعة. كان اللهب مفاجئاً وقوياً للغاية، حتى إنه أمسك في كشكشة قميصه وأحرقها، حسبما ما رأيت.

يُشير دودلي هيرشباك إلى أن ملاحظات فرانكلين على مدار ستة عقود قد «أقنعته بخطر التسمم بالرصاص». ⁵⁴ وبحسب ما ذكر هيرشباك: «عزا فرانكلين إصابة عائلة بمغص إلى شربها ماء أمطار مجتمعاً من سطح معالج بالرصاص. وقد أشار إلى أن الأشجار المزروعة حول المنزل لسنوات نمت بارتفاع كافٍ لتسقط أوراقها على السطح، وهكذا كانت تفرّز أحماضاً راحت تُبلي الرصاص فملأت المياه ... بجسيمات سامة».⁵⁴

جمع بين فرانكلين ولافوازييه اهتماماًهما بالبارود، ولا سيما بالمكون الرئيس للبارود (الذي يشكل 75 بالمائة منه): كبريات البوتاسيوم. في حوالي عام ١٧٧٥، ومع بدء احتدام الثورة الأمريكية، حظر الإنجليز شحنات البارود من أوروبا.⁵⁵ وكانت البحرية الملكية بمنزلة حجّة مُقنعة. وفي العام نفسه، اعتمد المؤتمر القاري منشوراً بعنوان «عدة طرق لتصنيع كبريات البوتاسيوم؛ موصى بها لقاطني المستعمرات المتحدة، من قبل ممثليهم في المجلس». وكان المنشور يحتوي على أجزاء من تأليف فرانكلين ود. بنجامين راش، اللذين شاركا لاحقاً في التوقيع على إعلان الاستقلال.⁵⁵ وهكذا باتت معالف الحظائر والقعادات المنزلية مصادر حيوية لكبريات البوتاسيوم. وكان الفرنسيون في أشد الدهشة لبيع كبريات البوتاسيوم والبارود إلى المستعمرات الأمريكية من أجل إضعاف الإنجليز خصومهم الأزليين. وقد كانت تعاملات فرانكلين مع صديقه المقرب لافوازييه، الذي كان مسؤولاً في «إدارة البارود»، وهي المنظمة الحكومية المسئولة عن إنتاج البارود وجودته، تاجحة.⁵⁶ والشكل ٢١-٥ من تقرير كتبه لافوازييه في الأساس عن تصنيع كبريات البوتاسيوم.

يُظهر الشكل مصنعاً تُغسل فيه الأتربة والرماد المليئين بالروث، ثم يُبخر الماء، وتُبرد السوائل المتبقية للسماح لكبريات البوتاسيوم بالتبولور. ويظهر في أسفل يسار الشكل صورة لقياس الثقل النوعي للسوائل (الذي أطلق عليه لافوازييه «مقاييس كثافة الغازات»)، والذي يُستخدم في قياس كثافات السوائل المتبقية لتقدير وقت جاهزيتها للتبولور.

ترجع نشأة المنطاد إلى فرنسا؛ فقد أدى الأخوان مونجولفييه عرضهما التجريبي العام الأول للمنطاد الهوائي في ٥ يونيو عام ١٧٨٣. وفي ٢٧ أغسطس من العام نفسه، صعد جيه إيه سي شارل (المشهور بقانونه $V = kT$) لأول مرة في مُنطاد مملوء بـ «الغاز القابل للاشتعال» (الهييدروجين). كان فرانكلين pb متحمّساً للمنطاد، ويُقال إنه كان



شكل ٢١-٥: مصنع لكبريتات البوتاسيوم كما وُصف في تقرير صدر عام ١٧٧٩ (الشكل مأخوذ من نسخة أعيد طباعتها عام ١٧٩٤) للافوازيه وآخرين عن تصنيع كبريتات البوتاسيوم.

يقول مازحاً إن مونجولفييه هو أبو المُنطاد، وشارل هو مُرضعته.⁵⁵ وقد شارك كلُّ من فرانكلين ولافوازيه في لجان عملت على تقييم المعلومات المتعلقة بالمناطيد وتبادلها. ومن المُثير للدهشة أن لافوازيه وفرانكلين قد شاركا كذلك في لجنة لتقسيي ظاهرة «القوة المغناطيسية البشرية» التي قادها فرانز أنطون ميسمر. وعلى الرغم من أن فرانكلين كان يُراسل ميسمر، فإنه ولافوازيه كانوا متشكّكين بشأن هذه الظاهرة المزعومة، وجاء التقرير الصادر عن اللجنة عام ١٧٨٤ سلبياً. واليوم نعرف أن ميسمر قد اكتشف خلل

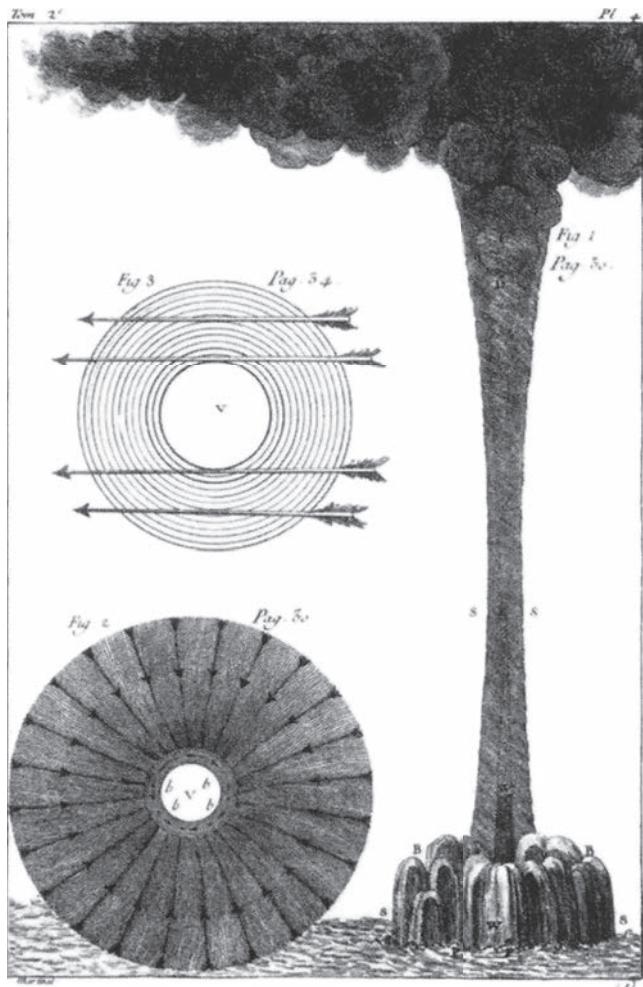
دراساته، التنويم المغناطيسيّ وقوّة الإيحاء. وفيما يلي خاتمة فرانكلين لخطابٍ يبدي فيه شكوكه إزاء عمل ميسمر:⁵⁵

في كل مدينة ثرية كبيرة، يوجد عدد من الأشخاص لا يسلمون أبداً من الأمراض؛ لأنهم مولعون بالعوالم ولا يتوقفون عن تناولها، ليضرروا بذلك بنيتهم الجسمانية. فإذا أمكن إقناع هؤلاء الأشخاص بالامتناع عن تناول العوالم، ليُشفوا بأيدي الأطباء فقط أو بقطب حديدي يوجّه نحوهم، فقد يجدون نتائج طيبة، رغم أنهم قد يخطئون السبب.

بالطبع، أكثر ما يشتهر به فرانكلين هو دراساته عن الكهرباء، وثمة مقارنات أجراها هيرشباك بين الأهمية الجذرية لهذه الدراسات ودراسات نيوتن أو واطسون وكرييك.⁵⁶ كان فرانكلين يرى أن الكهرباء سائل «يُزداد» تبعاً للشحنات «الموجبة»، و«ينقص» تبعاً للشحنات «السالبة». والحق أن اختراع فرانكلين مانع الصواعق، حوالي عام 1772، حمى مخازن البارود، واستعان فرانكلين بنجاح بتجربته التي عرض فيها نموذجاً لمنزل مصغر مزود بمانع للصواعق وسلك تأريض ومملوء بالبارود (إذ مرّ شحنة كهربية عبر مانع الصواعق) لإظهار كفاءة اختراعه.⁵⁷ ومع ذلك، فإن اهتمامات فرانكلين الواسعة النطاق قادته كذلك إلى شرح أسباب هبوب «الرياح الشمالية الشرقية» من الجنوب الغربي، وقادته كذلك إلى شرح كيفية تأثير تيار الخليج على المناخ في شمال شرق الولايات المتحدة. يُصور الشكل ٢٢-٥ شرح فرانكلين لعمود مائي في المحيط.⁴⁸ وكما هو واضح، يمكن اعتبار فرانكلين أحد رواد العلوم الأرضية. وقد اخترع فرانكلين الهارمونيكا الزجاجية، و«ربما» لحن مقطوعة رباعية وترية (على نغمة فا فقط!) – وهي مقطوعة عبّثية نوعاً؛ إذ لم يستخدم العازفون المذهلون أياديهم اليسرى طوال عزف المقطوعة.⁵⁸

(٨) حسناً، أنا أعرف الآن ماذا تعني «الأكسدة»، لكن ما «الاختزال»؟

بفضل عمل لافوازييه قُرب نهاية القرن الثامن عشر، أصبحنا نعرف أن المعادن يُضاف إليها الأكسجين من أجل تكوين الأكسيد، وأن احتراق المادة العضوية يُضيف الأكسجين إلى كلّ من الكربون والهيدروجين؛ ومن ثمّ يُكون البروبان ثاني أكسيد الكربون والماء عند اشتعاله في شوّياتنا. أما عند أكسدة العناصر غير المعدنية، مثل النيتروجين والفوسفور والكبريت، فتتكتون أكسيد تعمل كأحماض، بينما تعمل أكسيد المعادن كقواعد. وقد



شكل ٢٢-٥: كان فرانكلين أحد رواد علوم الأرض، ويُصوّر هذا الشكل عموماً مائياً ويشرح أصل تكوينه. وقد شرح فرانكلين آثار تيار الخليج على الطقس في شمالي شرق الولايات المتحدة (من كتاب «أعمال السيد فرانكلين» بإذنِ من الأستاذ يوخان هايزنبرج).

توسّع مفهوم الأكسدة في القرن التاسع عشر – فكان يمكن أكسدة الشكل المُنخَض التكافؤ من النحاس ليُصيّح في شكلٍ عالي التكافؤ (حتى في غياب الأكسجين). على

سبيل المثال، يُضيف أكسيد النحاس الأحادي الأصفر Cu_2O الذي يحتوي على ١١,١٪ أكسجين) الأكسجين من أجل تكوين أكسيد النحاس الثنائي الأسود CuO الذي يحتوي على ٢٠,١٪ أكسجين)، ويمكن أكسدة كلوريد النحاس الأحادي (CuCl) ليُصبح كلوريد النحاس الثنائي (CuCl_2) في غياب الأكسجين. وهذا يعني، في الواقع، أن الكلور عامل أكسدة تماماً مثل اليود.

يُذكر أن عمر مفهوم «الاختزال»، المناقض لمفهوم «الأكسدة»، أقدم من «نقضه» هذا بقرون. إدأ، ما مصدر المفهوم الأقدم؟ إنَّ أول ما يتبرد إلى الذهن افتراض أن «الاختزال» ربما يشير إلى حقيقة أن تحول كلس، مثل CuO ، إلى معدن سيكون مصحوباً بنقصان في وزنه.⁵⁹ ومع ذلك، فعلى الرغم من حقيقة أن بعض الكيميائيين في القرن السابع عشر (ري، وبوبيل، ولوفير ... إلخ) كانوا أول من وأشار إلى أن المعادن أخف وزناً من كلساتها، كان مفهوم «الاختزال» مستخدماً فعلياً قبل ذلك بكثير.⁶⁰

لحسن الحظ، تمدنا مطالعه قاموس ضخم وقديم بالمعرفة المطلوبة. فعلى الرغم من أن قاموساً صغيراً شائعاً يبلغ حجمه رطلين،⁶¹ يُقدم تعريف «يُقلل بأي طريقة ممكنة» بوصفه التعريف الأول لكلمة «يختزل» من بين تعريفاتها الخمسة عشر، فإن قاموساً أقدم وأكبر حجماً يصل حجم مجلده إلى ٢٠ رطلاً،⁶² يُقدم التعريف الأساسي للكلمة: «يعيد، يؤدي إلى مكان سابق أو حالة سابقة، يستعيد»، وهو التعريف الذي يتوافق تماماً مع الجذر اللاتيني *reducere* بمعنى «يعيد إلى الوراء». وهكذا نجد، أيها القارئ العزيز، في اعتقادى، المعرفة الأساسية؛ فقد افترض الحرفيون القدماء أن المعادن النقية هي الحالة المرجعية، وساد الاعتقاد بأن عملية التحويل إلى معدن (من كلسه، على سبيل المثال، بتتسخينه مع الفحم) هي «الاختزال» (أي إعادةه إلى حالته الأصلية).⁶⁰ وهذا أيضاً مثير للاهتمام؛ لأنَّه بالنسبة إلى معظم المعادن (لكن ليس الذهب بالتأكيد) لم تكن حالتها الحقيقة (الأرضية) السابقة معيناً، بل كانت ملحاً، عادةً كبريتيد يجب تحميصه من أجل الحصول على المعدن. وقد وأشار جون ريد⁶³ إلى أن عملية «الانحلال» (المفتاح الرابع لبازيل فالانتين، انظر الشكل ٤-١) تنتهي على تحول المزيج الكيميائي الأصلي إلى اللون الأسود، ويكون هذا مصحوباً بـ«وفاة» المعادن الأدنى قيمةً من الذهب. وهذا في الواقع يُمثل عملية تحميص المعادن وخامتها الكبريتيدية وأكسدتها. وعكس هذه العملية هو «الاسترجاع» (المفتاح الثامن لبازيل فالانتين، الشكل ٥-١)، بمعنى استعادة المعادن الأصلية، ولمْ شملها بأرواحها عبر العملية الكيميائية التي نطلق عليها اسم «الاختزال».

كذلك عُرف منذ زمن طويل أن تسخين كلسٍ ما في تيار من غاز الهيدروجين يؤدي إلى اختزال الكلس إلى المعden النقي الأخف وزناً. (ياه! هل ذكرت أن الماء يتكون أيضاً؟) وعلىه، فإنَّ غاز الهيدروجين يُعدُّ عاملاً اختزالاً. ومع ذلك، فإنَّ اختزال الدهون غير المشبعة بغاز الهيدروجين يُنتج دهوناً مشبعة، تزن «أكثراً» من نظيرتها من الدهون غير المشبعة؛ فالدهون المشبعة المختزلة تحتوي على سعرات حرارية أكثر من الدهون غير؛ ومن ثم ... حسناً، لا عليك! على أي حال، فإنَّ التعريف الحديث «للاختزال»، الذي يجمع بين كل هذه العمليات المختلفة، هو كالتالي: «عملية تكتسب فيها المادة إلكتروناً واحداً أو أكثر»⁶⁴ (والعكس من ذلك).

حسناً، تباً لهذا، فأنا - عالم الكيمياء - أعرف ماذا أعني عندما أقول «اختزال». وكما يقول البَحَار باباً - «أنا لن أتغيّر؛ فهذه [بيصدق] طبيعتي!»⁶⁵

(٩) الرجل ذو البذلة المطاطية

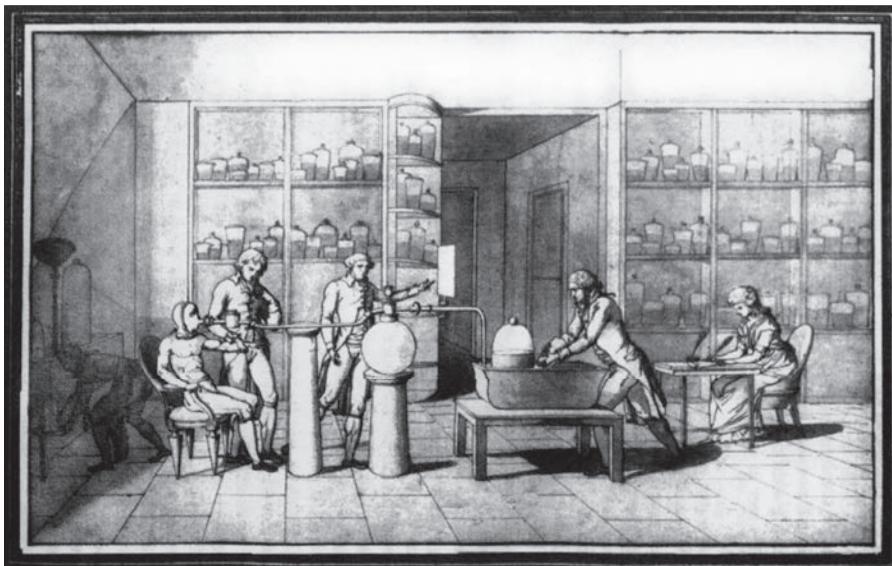
«دفن» أنطوان لافوازيبه نظرية الفلوجستون، وفي غضون هذا شرح أساس الاحتراق وعمليات التكليس، مثل صداً الحديد. ومع ذلك، لا يحظى لافوازيبه بتقدير واسع باعتباره أولَ من أثبت أنَّ الأيض هو ببساطة عملية احتراق بطيئة للغاية. ولكن ظل مكان حدوث هذا الأيض فعليّاً، في القلب أم الرئتين، أم كليهما، غامضاً بالنسبة إليه.

بدا واضحاً لجون مايو في عام ١٦٧٤ أن التنفس كان يزيل شيئاً من الهواء الجوي، وأنَّ الهواء المستنزف المتبقى لا يستطيع دعم الحياة أو الاحتراق.⁶⁶ ودعم ملاحظات مايو بعد قرن من الزمن أعمالُ شيله، وبريستلي، ولافوازيبه، الذين فصلوا «الهواء» الذي درسوه، وعالجوه، وحدّدوا خصائصه. فعند حبس فأر في وعاء زجاجي جرسي الشكل يحتوي على الهواء الجوي، سرعان ما أصبح الهواء «ساماً» أو «مميتاً»؛ بسبب استنفاد كامل مُحتواه من «الهواء الحيوي» (الأكسجين).⁶⁷ ولو أُعيد شحن «الهواء السام» (٩٩~٪)⁶⁸ نيتروجين) بالأكسجين بالنسبة الصحيحة ٤:١، لعاش الفأر طويلاً كما كان ليحدث لو عاش في الهواء الجوي. ولم يُعلن عن فصل الغاز الناتج عن زفير الفأر، أي «الهواء المثبت» (ثاني أكسيد الكربون)، ووصف خصائصه لأول مرة إلا في عام ١٧٥٦ على يد جوزيف بلاك. وفي عام ١٧٧٧ خلس لافوازيبه إلى أنَّ عملية الأيض لدى الحيوانات تمزج الكربون مع الأكسجين من أجل إنتاج ثاني أكسيد الكربون، تماماً كما يتّحد الكربون مع الأكسجين في أثناء عملية الاحتراق.⁶⁹

كان لفوازيبه أول من استخدم المسعر الثلجي، الذي صممته بيير سيمون دي لا بلاس، في شتاء عام ١٧٨٢ / ١٧٨٣^{٧١, ٧٢, ٧٣} فقد قيَّست الحرارة الصادرة من وعاء التفاعل بمقدار الثلج الموجود في الجزء المعدني المحيط، الذي ذاب بدوره وجُمِع في صورة ماء. قاسَ لفوازيبه ولبلاس الحرارة المنبعثة من عمليات كيميائية عديدة، بما في ذلك احتراق الفحم، وقاساً أيضًا الحرارة المُنبعَثة من خنزير غيني على قيد الحياة.

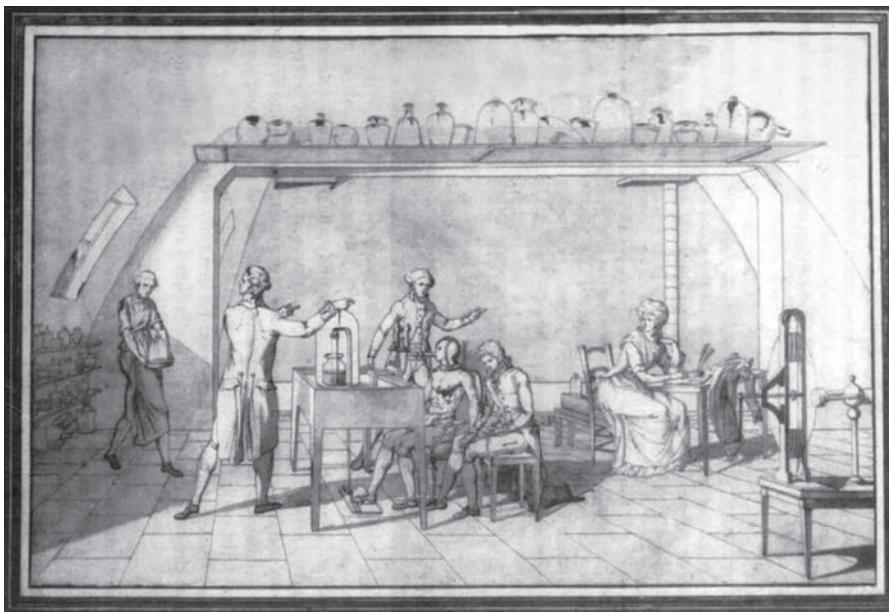
ساوى لبلاس ولفوازيبه، عن طريق حرق الفحم وقياس «الغاز المثبت» الناتج، بين تكوين أوقية واحدة من الهواء الثابت وذوبان ٢٦,٦٩٢ أوقية من الثلج.^{٧٤} وعلى مدار ١٠ ساعات، جاء مقدار الغاز المثبت المُجمَع من زفير الخنزير الغيني (٢٢٤ وحدة؛ حيث ٥٧٦ وحدة = أوقية واحدة)، على هذا الأساس، مُساوياً لذوبان ١٠,١٤ أوقيات من الثلج. وكانت الحرارة الفعلية المُنبعَثة من الخنزير على مدار عشر ساعات أكبر من هذا؛ إذ أذابت ١٣ أوقية من الثلج. وعلى الرغم من وجود أخطاء في تحديد حرارة احتراق الفحم، فقد تمَّ تَمَّ التفاوت الأساسي في أن الخنزير الغيني لم يَحرق الكربون فقط، بل حرق الهيدروجين في «غذائه» أيضًا من أجل تكوين الماء، مُصدراً طاقة إضافية.^{٧٤} غير أن لفوازيبه لم يفهم الطبيعة الحقيقية للماء في أوائل عام ١٧٨٣ أو أنه نتيجة للتنفس.

كان لاكتشاف أن الماء ليس عنصراً، بل مركبًا من الهيدروجين والأكسجين، أهمية بالغة في تنامي فهم لفوازيبه لعملية التنفس؛ ففي عام ١٧٧٤، أشعل «الغاز القابل للاشتعال» (الهيدروجين)، الذي عُزل قبل ثمانية أعوام على يد كافنديش، في وجود «الغاز الحيوي»، وحاول جمع «الغاز» الناتج فوق الماء.^{٧٥} بطبيعة الحال، لم يلاحظ أحد الكميَّة الضئيلة من بخار الماء التي تولَّدت. ومع أن الفضل في اكتشاف تركيب الماء موضع جدلٍ إلى حدٍ ما، فإنَّ معظم المؤرخين الكيميائيين ينسبونه إلى كافنديش في عام ١٧٨٣.^{٧٦} غير أن لفوازيبه هو من حَدَّ التركيب الدقيق له في كلٍّ من حالة تحلُّه إلى عناصره وتكونه منها (انظر الشكلين ١٧-٥ و ١٨-٥)، وأعلن عن هذه الاكتشافات في أوائل عام ١٧٨٤. لم يكن الماء عنصراً، بل مركبًا وناتج احتراق للمركبات التي تحتوي على الهيدروجين؛ ومن ثمَّ أدرك أن الماء الذي يخرج مع زفير الحيوانات وعرقها كان على الأرجح ناتجاً للتنفس. وكانت المشكلة المتبقيَّة أمام «أستاذ التوازن الكيميائي» أن إجمالي حساب الكتل، المدخلة في مقابل المخرجة، لم يَثبُت بعد. ولوسوه الحظ، لم يُحبس إنسان حتى الآن بإحكام داخل دورق مغلق من أجل إجراء دراسات دقيقة على توازن الكتلة.



شكل ٢٣-٥: كان لافوازييه أول من يثبت أن التنفس في الواقع ما هو إلا عملية احتراق. وهذه صورة رسمتها مدام لافوازييه (التي تظهر في جهة اليمين) لزوجها وهو يُجري تجربة على التنفس على مساعدته أرمان سيجان، الملحوظ بالكامل في بذلة مطاطية. وقد نجا سيجان، وأصبح في النهاية فاحش الثراء من عمله مُقاولاً في الجيش (بإذن من الأستاذ ماركو بيريتا).

غير أنه في عام ١٧٩٠ أجرى لافوازييه ومساعده أرمان سيجان دراسات أغلق فيها سيجان بالكامل داخل بذلة مصنوعة من التفتا المرنة المغطاة بالملطاط.^{٧٧,٧٠} وكان يتنفس أكسجينًا نقىًّا عبر أنبوب ملتصق بإحكام حول شفتيه، وكان يخرج الهواء في الزفير عبر هذا الأنابيب. وقد صُور هذا المشهد في لوحة رسمتها مدام لافوازييه (الشكل ٢٣-٥) — فيجلس سيجان في اليسار، بينما يقف لافوازييه في المنتصف إلى جهة اليمين ويمدُه بالأكسجين، فيما تدون مدام لافوازييه الملاحظات. جرى قياس احتفاء الأكسجين بعينية، وجُمع ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء الصادران عبر الزفير وجرى قياسهما. وجاءت كمية الأكسجين المستنشقة مُساوية تماماً للكمية التي خرجت في الزفير في صورة ثاني أكسيد الكربون وماء. ومن أجل حساب توازن كتلة الماء بالكامل، قيَسَت كتلة الرجل داخل البذلة المطاطية بدقة قبل إجراء التجربة وبعدها. كذلك قيَسَ التعرُّق، وـ«الانبعاثات»



شكل ٢٤-٥: رسمٌ آخر لدراسات لافوازييه للتنفس على مساعدته سيجان — الرجل داخل البذلة المطاطية. تُصوَّرَ مدام لافوازييه نفسها وهي ترسم هذا المشهد (بإذنِ من الأستاذ ماركو بيريتا).

الأخرى، المحبوسة داخل البذلة بدقة مُذهلة، وكانت ١٨ وحدة في ١٣٥ رطلًا^{٧٠} — يا له من توازن باهظ الثمن حقًا! ولكن عندما كان الأمر يتعلّق بجهاز لافوازييه، لم يكن المال عائقًا. يصور الشكل ٢٤-٥ التجربة نفسها، ولكن سيجان يُجهد نفسه بالضغط على دواسة. فكانت كمية الأكسجين المستنشقة أكبر بكثير. وفي ١٧ نوڤمبر عام ١٧٩٠، قدَّم سيجان ولافوازييه تقريرًا ورَدَ في جزء منه:^{٧١}

التنفس ما هو إلا احتراق بطيء للكربون والهيدروجين، يشبه في جوانبه كافية الاحتراق الذي يحدث في مصباح أو شمعة مشتعلة، ومن هذا المنظور، تكون الحيوانات المتنفسة أجسامًا قابلة للاشتعال فعليًا تحترق وتتبلّى.

(١٠) «مسكين مارا العجوز»؟ لا أعتقد ذلك!

يُنظر إلى جان-بول مارا حالياً بوصفه عالماً بلا أهمية، وهكذا حكمت عليه الأكاديمية الفرنسية للعلوم منذ أكثر من قرنين. ومع ذلك، يظل مشهوراً وسيئ السمعة بوصفه «صديقًا للشعب» متقدّم الحماس ومتعنّتاً؛ فكان عنصراً رئيساً في انتصارات الثورة الفرنسية، وتجاوزاتها، وما سيها. وعلى الرغم من أن مارا نفسه قد قُتل في ١٣ يوليو عام ١٧٩٣، قبل نحو ١٠ أشهر من إعدام لافوازيه، فإنه ساعد بالتأكيد في إشعال الحماس وخلق جوًّا أدى إلى وصول الأرستقراطيين اللامعين إلى المقصولة في ٨ مايو عام ١٧٩٤.

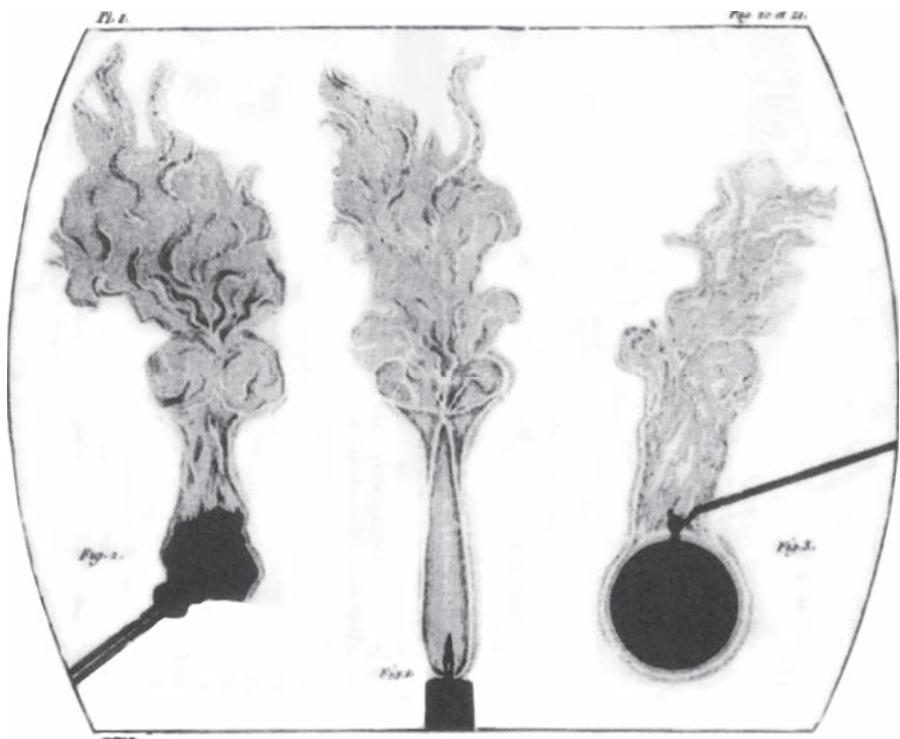
ولد مارا في كانتون نيوشاتل السويسري في عام ١٧٤٣، وترك المنزل في عام ١٧٥٩، وقضى ٦ سنوات في فرنسا، و١١ سنة في إنجلترا واسكتلندا، يكتب كتيباتٍ فلسفية نالت بعض الاهتمام العالمي.^{٨٢,٨١,٨٠,٧٩} كان من بين هذه الكتيبات كتيب «سلال العبودية» (١٧٧٤)، الذي يُقال إنه قدّم فيه لأول مرة فكرته عن المؤامرة «الأرستقراطية». بدأ مارا في حضور فصول طبية في فرنسا في حوالي عام ١٧٦٠، ثم انتقل إلى إنجلترا ومارس الطب بدايةً من عام ١٧٦٥. وبعد ١٠ سنوات من العمل الناجح، حصل على درجة الدكتوراه الفخرية في الطب من جامعة سانت أندروز في اسكتلندا في عام ١٧٧٥.^{٨٣} وعلى الرغم من انتقاد صمويل جونسون لممارسة سانت أندروز لبيع الدرجات العلمية (فالإنجليزية كانت «تزداد ثراءً من الدرجات العلمية»)، كان عضواً هيئة التدريس اللذان زكياه يتمتعان بمكانة مرموقة.^{٨٤} عاد مارا للاستقرار مرة أخرى في فرنسا، واتجه إلى تملّق الأرستقراطيين والتّوّد إليهم، وعُين طبيباً للحرس الشخصيّن للكونت دي أرتوا، الشقيق الأصغر للملك لويس السادس عشر. وكان يأخذ من عملائه الأرستقراطيين^{٨٢,٨٤} لويساً واحداً (٢٤ جنيهاً) نظير الاستشارة، أو بما يعادل ألف دولار أمريكي تقريباً في عصرنا الحالي، وكان يُعتبر طبيباً بارعاً للغاية.

بدايةً من عام ١٧٧٨، بدأ مارا سلسلةً من الأبحاث العلمية على «العناصر غير القابلة للتقدير الدقيق» — الضوء والحرارة والنار والكهرباء — و«... بدأ في حصار أكاديمية العلوم». ^{٨٢} الشكل ٢٥-٥ من كتاب مارا^{٨٥} الصادر في عام ١٧٨٠، الذي وصف فيه طبيعة الحرارة والنار، فحدّد طبيعة سائل مشتعل^{٨٦}، تنبأ، إلى حدٍ ما، بنظرية السيال الحراري (الكارلوريك) للافوازيه؛ فقد افترض أنه عند اتصال جسم ساخن بأَخْرَ بارد، ينتقل السائل المشتعل من الجسم الأكثر دفئاً إلى الأكثر بروداً حتى يُصبح محتواهما متساوياً. نظر مارا إلى الحرارة والنار بوصفها تأثيرات وثيقة الصلة ذات أصل واحد. فتُنتج الحرارة

عندما تكون الطاقة المدخلة معتدلةً، وتنتُج النار عندما تكون الطاقة المدخلة مرتفعة.⁸⁶ وقد أغفل هذا التفسير الفيزيائيُّ لتحولِ تسلسلي من الحرارة إلى النار الطبيعية الكيميائية الحادة للنار. فيرى مارا أنَّ المواد كافة لا بد أن تحتوي على «السائل المشتعل»، وإنْ تستطيع الوصول إلى درجة حرارة البيئة المحيطة بها؛ إذ كانت حركة هذا السائل، وليس مجرد وجوده، هي التي ولدت الحرارة والنار.⁸⁶ وضمن قائمة من المواد المعروفة بكونها قابلةً للاشتعال (الكريبون، والكافور، والنافتا، والزيوت العطرية الطيارة، والكحول، والفوسفور)، التي يصفها مارا بأنها «متشربة بالسائل المشتعل»، يذكر أيضًا «المركب القلوي المثبت» غير القابل للاشتعال (أو كربونات الصوديوم Na_2CO_3 ، حالياً).⁸⁶ وينشأ هذا الالتباس، على الأرجح، من انبعاث «الغاز المثبت» (ثاني أكسيد الكربون) من تسخين هذا الملح، تماماً كما «ينبعث» «الغاز المثبت» من حرق المواد المحتوية على الكربون. وشرح مارا حقيقة أنَّ اللهب ينطفئ سريعاً في مكان مغلق كالتالي: «يعمل الهواء الذي يتمدد بعنف بفعل اللهب ولا يستطيع الخروج، على الضغط على اللهب بشدة وإخماده».⁸²

الأشكال المُبهمة في الشكل ٢٥-٥، على حد قول مارا، هي صور «لسائل مشتعل» حقيقيٌّ يخرج من شمعة مُشتتعلة (الصورة ١)، ومن قطعة محترقة من الفحم (الصورة ٢)، ومن قذيفة مُلتهبة (الصورة ٣). وقد أمكن الحصول على هذه الصور باستخدام «مجهر مارا الشمسي»، وهو كاميرا مظلمة بها فتحة صغيرة للغاية تسمح بدخول شعاع رفيع للغاية من الضوء يمر عبر عدسة مجهر ويسقط على شاشة. فتلتقط صورة، على سبيل المثال، للشكل المخروطي الصغير المرئي لشعاع الشمعة، وكذلك العمود المحيط بها من «السائل المشتعل». وقد حضر سفير أمريكا في فرنسا، بنجامين فرانكلين، إحدى تجارب مارا، مُعرضاً رأسه الأصلع للمجهر الشمسي، ولوحظ على الفور أننا «نراها محاطة بأبخرة متّموجة تنتهي جميعاً في شكل حلزوني. إنها تشبه أسنة اللهب التي يرمز بها الرسامون للعبيري».⁸²

باءت محاولة مارا للحصول على تصديق الأكاديمية الفرنسية للعلوم بالفشل في مايو عام ١٧٧٩. وفي شهر يونيو في عام ١٧٨٠، لفت لفوازيه انتباه الأكاديمية لورقة بحثية مارا يشير فيها ضمنياً إلى تصديق الأكاديمية على اكتشافاته المتعلقة بـ«السائل المشتعل».⁸² ودحضت الأكاديمية هذا الزعم، ووضع مارا عندها الأكاديمية ولفوازيه، على وجه الخصوص، ضمن قائمة أعدائه مدى الحياة. وتتجدر الإشارة إلى أنَّ لفوازيه الثري والفطّن أصبح عضواً في الأكاديمية في سن الخامسة والعشرين. وربما كان ما تعرّض له من رفض بدايةً لما يطلق عليه جوتشالك اسم «عقدة الشهيد» لدى مارا.⁸⁷



شكل ٢٥-٥: أشكال مُبَهَّمةً أمكن الحصول عليها باستخدام «المجهر الشمسي» الخاص بجان بول مارا في كاميرا مظلمة. افترض مارا وجود «سائل مشتعل» قد ينبعث من المواد عند تسخينها أو احتراقها (دون أن يُقدم تغييرًا فعلياً بين العمليات الفيزيائية والكيميائية). ويدعى هنا أنه لاحظ خروج هذه المادة التي لا يمكن وزنها من (a) شمعة مشتعلة، و(b) قطعة من الفحم المحترق، و(c) قذيفة مُنْهَّية. لعب لافوازيه دوراً رئيساً في رفض طلب مارا عضوية الأكاديمية الفرنسية للعلوم؛ ومن ثم استحق كراهيته الأبدية (من كتاب مارا «أبحاث فيزيائية عن النار»، ١٧٨٠).

تعرَّض المجتمع الفرنسي للتغير هائل طوال القرن الثامن عشر مع ظهور توتُّرات شديدة وصدوع ضخمة في نسيج المجتمع.^{٨٨} وظلَّت سلطة الملك الفرنسي مطلقةً. وتحت حكم ملك مُلهم، وهو لويس الرابع عشر — «الملك الشمس» — ظلَّ الفرنسيون في حالة

معقوله من السكون. غير أن الحاكِمَين التاليَيْن في نظام الحكم الأُرستقراطي الفرنسي، لويس الخامس عشر ولويس السادس عشر، افتقرا نسبياً إلى الكفاءة. وبدأت الثورة تتحرّك على نطاق واسع في المناطق الحضرية في عام ١٧٨٨، لكن لم تظهر أعنف مظاهرها، اجتياح سجن الباستيل، إلا في ١٤ يوليو عام ١٧٨٩. ولم يمض وقت طويل حتى بدأ مارا، الذي زاد نشاطه السياسي كثيراً في ثمانينيات القرن الثامن عشر، في إصدار صحيفة «صديق الشعب»، من أجل إيقاظ الحماسة الثورية وإثارتها.^{٦٢-٦٣} أيدَ مارا في البداية نظام حكم ملكي دستوري، لكنه سرعان ما تبنَّى آراء المتشدِّدين المعادين للملكية، الذين أحضروا العائلة الملكية عنوةً من فرساي إلى باريس في أكتوبر عام ١٧٨٩. ومع ذلك، ظلَّ الحكم الملكي على حاله، وأدى انتقاد مارا لوزير مالية الملك إلى هروب هذا الثوري إلى إنجلترا لفترة وجيزة في عام ١٧٩٠.

يستخدم بويرييه مصطلح «الثورة الثقافية»^{٦٤} ليصف ثورة فرنسا ضد السلطة الفكرية للمعرفة التي تشبه، ضمنياً، تلك التي حدثت في الصين في ستينيات القرن العشرين؛ فقد أصبح انتقاد الأكاديمية في عام ١٧٨٤ للتنويم المغناطيسي، الذي لعب فيه كلُّ من لافوازيه وفرانكلين دوراً رئيساً، يتعرض للهجوم بوصفه نخبوياً.^{٦٥} وثمة مقططفان من كُتيب مارا «المشعوذون المعاصرُون» الصادر عام ١٧٩١ يُوضحان مدى الهجوم الذي تعرَّض له الأكاديميون:^{٦٦}

على رأسهم جميـعاً يأتي لافوازـيه، الأب المزعـوم لكـل الاكتـشافـات التي أحـدثـت مثل هـذه الجـلـبة؛ ولـأنـه لا يـملك أفـكارـا خـاصـةً بـهـ، فإـنه يـكتـفي بأـفـكارـ الآخـرين.

تذَكَّرُ أنَّ هذا كان بعدما أحدث لافوازيه ثورةً في مجال الكيمياء بالكامل. ولم يكن وصف مارا للأكاديمية أقل سوقية:^{٦٧}

جمـوعـة منـ الرـجـالـ التـافـهـينـ، يـتفـاخـرونـ لـلـغاـيةـ بـالـلتـقاءـ مـرـتـينـ أـسـبـوعـيـاًـ يـُثـثـرونـ بـفـقـورـ عـنـ زـهـرـةـ الزـنـبـ؛ إـنـهـ كـأـجـهزـةـ إـنـسـانـ الـأـلـيـ الـمـعـتـادـةـ عـلـىـ اـتـبـاعـ صـيـغـ مـعـيـنـةـ وـتـطـبـيقـهـاـ دـوـنـ تـفـكـيرـ ...ـ وـيـاـ لـمـتـعـةـ رـؤـيـةـ عـلـمـاءـ الـرـيـاضـيـاتـ يـتـتـبـاعـ بـوـنـ،ـ وـيـسـعـلـونـ،ـ وـيـبـصـقـونـ،ـ وـيـضـحـكـونـ ضـحـكةـ مـكـبـوتـةـ عـنـ قـرـاءـةـ بـحـثـ كـيـمـيـائـيـ،ـ وـرـؤـيـةـ الـكـيـمـيـائـيـنـ وـهـمـ يـضـحـكـونـ ضـحـكةـ مـكـبـوتـةـ،ـ وـيـبـصـقـونـ،ـ وـيـسـعـلـونـ،ـ وـيـتـتـبـاعـ بـوـنـ عـنـ تـقـديـمـ بـحـثـ فـيـ الـرـيـاضـيـاتـ.

أصبحت الثورة الفرنسية أكثر تطرفاً وتعطشاً للدماء في غضون السنوات القليلة التالية.⁸⁸ وأيدتُ أكثر الفصائل الثورية تحفظاً، وهم الجيرونديون، الحكم الملكي الدستوري. غير أنه أصبح واضحاً أكثر من أي وقت مضى أن الملك لن يتخلّى أبداً عن الأرستقراطية المُتعجرفة والمُتعنتة. واندلعت حرب قصيرة مع بروسيا المجاورة بتحريض من الملك، الذي فشلت محاولته للهروب من فرنسا، في يونيو عام 1791. وكان الأمل أن تعمل حربٌ خارجية على إخماد الحرب الأهلية. غير أن الخطة أُنِتَّ بنتيجة عكسية، وأطاحت «ثورة ثانية» بالملكية في أغسطس من عام 1792، وتشكل المؤتمر الوطني الفرنسي، المكوّن من الجيرونديين المحافظين نسبياً والموتناناريين (حزب الجبل) الأكثر تطرفاً، من أجل وضع دستور جديد، وأدین الملك في شهر ديسمبر، ونُفذ فيه حكم الإعدام في يناير عام 1793، وسُجنت الملكة ماري أنطوانيت أيضاً وأُعدمت على المقصلة في النهاية في أكتوبر عام 1793.

في هذا الوقت، هزم الموتناناريون الجيرونديين،⁸⁹ بل إن الفصائل الأكثر تطرفاً ضمن الموتناناريين هزمت الفصائل البرجوازية التابعة لهم. وكان مارا، مع روبسيبار ودانتون، ضمن الفصائل الأكثر تطرفاً. وأسهمت على ما يبدو فتراتُ الاختباء الطويلة في الأقبية والمجارير في إصابة مارا بمرض جلدي مؤلم ويُسبّب التشوّهات، حتى إنه لم يكن يرتاح إلا بالاستحمام المتكرّر. وفي ۱۲ يوليو عام 1793، استطاعت شارلوت كورداي، التي تُعتبر حالياً أداةً بريئةً في يد الجيرونديين، حيث تعرّضت على الأرجح إلى غسيل دماغ، الدخول إلى منزل مارا، وطعنته حتى الموت وهو في حوض الاستحمام. وقد خلّد الفنان جاك لوبي ديفيد «وفاة مارا» في لوحة درامية (الشكل ۲۶-۵). ويبدو أن ديفيد نفسه كان متطرّفاً عصرياً لم تكن لديه أدنى مشكلة في «مجاراة الرياح السائدة»؛ فقد كان مدرّس الرسم الخاص بالسيدة لافوازييه، وتتقاضى أجراً أيضاً ما يعادل حوالي ۳۰۰ ألف دولار أمريكي حالياً نظير رسم صورة لافوازييه في عام 1789.⁹³ ومع ذلك، هاجم ديفيد الأكاديميين في أثناء الثورة، وأوكل إليه رسم صورة مارا. وألبس ديفيد جثة مارا على الطراز الروماني من أجل الجنازة.⁹⁴ أطاح «قانون الاشتباه» الذي كان بداية عهد الإرهاب في أكتوبر عام 1793؛ استجابةً لمقتل مارا، بماري أنطوانيت، وبعدها بستة أشهر أطاح بلافوازييه وحْميـه، تحت فــكه الضاري. وفي النهاية، أدى اشمئـاز عــامٌ من حمام الدم هذا إلى قــدرٍ من الاعتدال في السنوات التالية من العــقد، لكن الاستقرار الفعلى لم يتحقــق في فــرنســا إلا عندما فرض نابليــون بونــابــارت دــيــكتــاتــوريــة عــســكريــة في أواخر عام 1799.



شكل ٢٦-٥: درس مارا ليُصبح طبيباً، وكان لديه عيادةً مربحةً للغاية. أصبح متعرضاً طوال فترة ثمانينيات القرن الثامن عشر، وصار عضواً كبيراً في أكثر الجماعات تطرفاً في عام ١٧٨٩. وربما تكون فترات الاختباء الطويلة في مغارير باريس قد أدت إلى إصابته بمرض جلدي مؤلم كان يعالجها بالاستحمام لعدد لا يُحصى من المرات. وقد تعرض للطعن في أثناء استحمامه على يد سيدة تُدعى شارلوت كورداي في ١٣ يوليو عام ١٧٩٣. رسم هذا المشهد (الموضح هنا بالأبيض والأسود) جاك لوبي ديفيد، وُعرض في المتحف الملكي للفنون الجميلة في بروكسل. وقد جسدت الأحداث التي أدت إلى اغتيال مارا وأحداث اغتياله ذاتها في مسرحية كتبها الكاتب المسرحي بيتر فاييس في عام ١٩٦٤.

تتغيّر وجهات النظر السياسية بمرور الوقت. لقد كان القرن التاسع عشر قاسيًا على مارا. ومع ذلك، في عام ١٩٦٤ نشر الكاتب المسرحي الألماني بيتر فاييس مسرحية رائعة يُشار إليها في الغالب بالعنوان المختصر «مارا/ صاد». ^{٩٥} صوّر مارا تصويرًا أكثر تعاطفًا داخل هذه المسرحية. تدور أحداث المسرحية في عام ١٨٠٨، وكان الماركיז ديه صاد، أحد النبلاء وكاتب فقد سمعته، يُودع في مصحة شارنتون، ويُخرج مسرحيةً تجسد مقتل مارا. ويرتّل كورس أغنيةً بعنوان «مسكين مارا العجوز» في أثناء مقاطع من المسرحية (نشرت المغنية جودي كولينز كلمات الأغنية في ستينيات القرن العشرين). تصوّر المسرحية مقتل مارا، وتُجسّد شارلوت كوردياي إنسانًا آليًا — عبارة عن أداة دمارٍ لمارا، ويظهر لفوازيه ضيفٌ شرفٌ لوقت قصير في المسرحية. يكمّن التجاور النقدي في المسرحية بين مارا الملتمِ والمتعصّب في الوقت نفسه، والماركيز الذي عاش حياةً تجمع بين الفكر والفسق مختبرًا حدود الطبيعة البشرية. كان صادًّا متعاطفًا مع عامة الشعب وثورتهم، لكنه مُتشائم، ويُشعر بفتور تجاه كل ما في الوجود، ويحمل في داخله خوفًا شديداً من المؤيّدين المتعصبين للثورة، أمثال مارا. ويدور، في المسرحية، هذا الحوار بينهما:

صاد:

أنا لا أؤمن بالمتالّيين،
الذين يسيرون في طرق مسدودة.
أنا لا أؤمن بأي تضحيات
قدّمت في سبيل أي قضية.
أنا لا أؤمن إلا بنفسي!

مارا (ملتفتاً بعنف نحو صاد):

وأنا لا أؤمن إلا بالشيء الذي خنته أنت.
لقد أطحنا بحكامنا الأغنياء الغوغاء،
ونزعنا سلاحًا كثيراً منهم رغم هروب
العديد منهم.
لكن الآن حلَّ آخرن محلَّ هؤلاء الحكام،
اعتادوا حمل المشاعل والرأييات معنا.

والآن وبعد مرور الكثير على الأيام الخواли،
أصبح واضحاً
أن الثورة قد اندلعت
من أجل التجار وأصحاب الملاجر
والبرجوازيين.

الطبقة الجديدة المنتصرة
التي نجد تحتها
أنفسنا

نحن الذين نَخْسِرُ في اليانصيب على الدوام!

تارياً لم يُدْرِّ قط أَيْ حوار فعلي بين مارا وصاد.⁹⁵

(١١) لامارك العجوز المسكين

من المؤسف أن الشيء الوحيد الذي نتعلّمه في المدرسة عن جون باتيست لامارك (١٧٤٤ - ١٨٢٩)⁹⁶ أنه فَسَرَ العنق والأطراف الطويلة للزرافة بالقول إنها حتماً تُمدد وتُطيل أنفسها باستمرار؛ ومن ثَمَّ تعمل على تقوية عنقها وأقدامها وإطالتها بعض الشيء في أثناء حياتها، وترث ذريتها هذه التغييرات المكتسبة. وتُولى الأجيال المتعاقبة «التحسين» على هذا النحو - أو «التطور» حسب تعبيرنا الآن. ظهر هذا التفسير قبل نحو ٦٠ عاماً من نشر كتاب «أصل الأنواع» لشارلز دارون في عام ١٨٥٩، الذي عرض التطور بوصفه حقيقة مرصودة، وأشار إلى الانتقاء الطبيعي بوصفه آلية لهذا التطور. وستمر ٦ سنوات أخرى قبل تقديم جريجور مندل ملاحظاته عن تهجين البازلاء، و٣٥ سنة أخرى قبل إدراك أهميته، و٥٠ سنة أخرى قبل شرح واطسون وكريك له. ومع ذلك، فنحن نذَكُر لامارك بسبب نظريته الخاطئة تماماً مثلاً خُلد رالف برانكا، رامي فريق بروكلين دودجرز، في الذكرة للأبد بسبب ضربته الآمنة التي رماها لبوببي تومسون في ٣ أكتوبر عام ١٩٥١، والتي سمح لها فريق نيويورك جيانتس بانتزاع راية البطولة من مُلاكيها الشرعيين. كان برانكا، الذي كان يضع الرقم ١٢ بكل فخر على زيه، يتمتع بسجل مُحتَرم للغاية طوال حياته (٨٨ فوزاً، و٦٨ خسارة؛ «يمكُنك التحقق من الأمر» - سي ستنجل)، لكنه سيظلُّ مرتبطاً في الذكرة دوماً بهذا المساء الكئيب المشئوم في مانهاتن. ثَمَّةَ احتمال أن

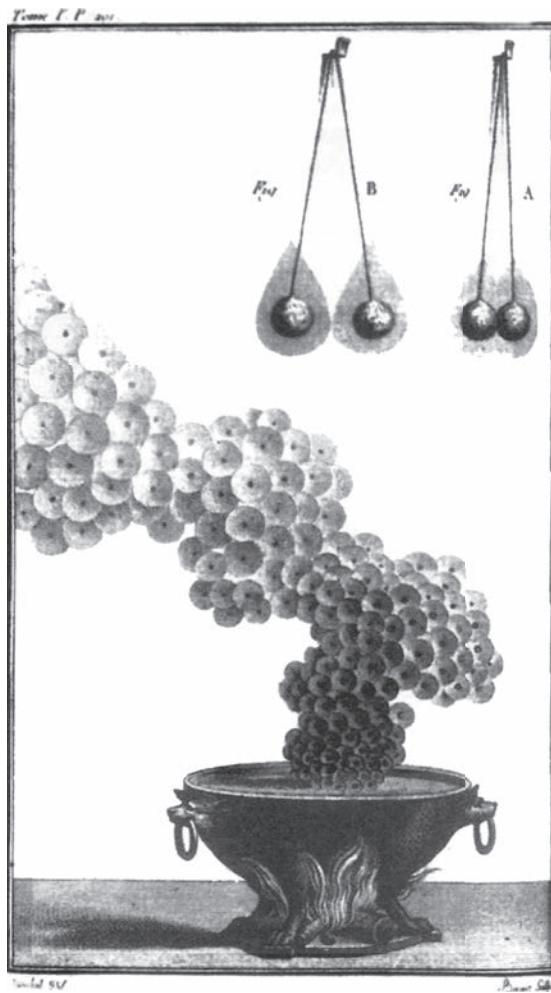
لامارك كان يرتدي أيضًا الرقم ١٣؛ فقد كان واحداً من ١١ طفلاً ولدوا في أسرة «شبة فقيرة وأقل نبلًا في شمالي فرنسا». ^{٩٧} تزوج ثلاثة مرات (أو ربما أربع)، وتُوفيت زوجاته الثلاث المعروفات في سن مبكرة بسبب المرض، وكان لديه ثمانيةأطفال، مفاجئاً للدرجة؛ فإذا كان المرء على بعد من بينهم ابن أصم وابن مختلٌّ عقلياً، وعاش جميع أبنائه، عدا واحد، في الفقر. ومن أجل دفع تكاليف جنازته في عام ١٨٢٩، اضطرت أسرته إلى بيع كتبه ومجموعته العلمية في مزادٍ علني والتماس المال من أكاديمية العلوم.^{٩٨}

في الواقع، قدَّم لامارك العديد من الإسهامات المهمة للعلم في أواخر القرن الثامن عشر وأوائل التاسع عشر؛ فقد صاغ مصطلحَي «علم الأحياء» و«اللافقاريات» في اللغة الإنجليزية، وتوصَّل إلى نظام تصنيفٍ كان، في بعض النواحي، أسهل في الاستخدام من نظام لينيوس.^{٩٩} وُعرف على نطاقٍ واسع كأحد الخبراء الرائدين في علم أحياء اللافقاريات، وكان أحد أوائل علماء الإحاثة أو الأحياء القديمة الذين ربطوا الحفريات بكائنات على قيد الحياة، وحاولوا تفسير الاختلافات بين المحار الأحفوري، مثلًا، وأقاربِه الموجودة على قيد الحياة؛ وأدى هذا به، بطبيعة الحال، إلى محاولة شرح مصادر هذه الاختلافات. وبينما لم يستخدم قط مصطلح «التطور»، فإنه كان بالتأكيد في طليعة المؤمنين بمذهب التطور.^{١٠٠} كانت لدى لامارك وجهة نظر موحدةٌ عن الطبيعة كانت شبه غامضةً بطبعتها؛ فالكائنات الحية هي الوحيدة القادرة على صنع «مادة عضوية»، ويمكن لهذه الكائنات التغييرُ (أي «التطور») عبر الأجيال من خلال تقوية أنفسها وتحسينها — وهي فكرة تعود إلى أصول الخيمياء القديمة؛ إذ إن تقوية الصفات الإنسانية تؤدي إلى الكمال البشري — فإذالله الشوائب تُحسن تدريجياً المعادن غير النبيلة وتحولها إلى ذهب. وعند موت الكائنات، تُصبح المادة العضوية المتحللة مادةً معدنيةً. في الواقع، لقد قاوم الاختزالية المتزايدة في العلم (أطلق عليها «الحقائق الصغيرة»). بالإضافة إلى ذلك، رتب لامارك، بوصفه أستاذًا وقيماً في المتحف الوطني للتاريخ الطبيعي، اللافقاريات على أساس تصنيف منهجي بدلاً من أسلوب «غرفة العجائب» العشوائي المعتمد في مثل هذه المتاحف في وقت سابق. ونرى أساليب لامارك الرائدة في قاعات الديناصورات والثدييات في المتاحف الحديثة، بل وفي الترتيب التطوري داخل هذه القاعات.

ومع الأسف، أدت معارضته لامارك «للأفكار الصغيرة»، التي تظهر في الكيمياء، إلى انحساره بشدة في الفترة السابقة على ظهور بويل في القرن السابع عشر؛ فقد احتفظ

باعتقاده في العناصر الأربع، وكان منبهراً على وجه الخصوص بالأشكال المختلفة التي يتخدتها عنصر النار، واعتقد لامارك أن «مادة النار» و«مادة الكهرباء» كانتا في الأساس الشيء نفسه. وهذا ليس أمراً مفاجئاً للدرجة؛ فإذا كان الماء على بعد مسافة طويلة من نار هائلة، فسيظلُّ ممكناً أن يرى السماء مضيئة مع اشتداد قوة النار، أو مع احتراق مصدر جديد للوقود. ولا يختلف المشهد كثيراً عن مشهد انتشار ضوء البرق الذي تحجبه السحب. كان لامارك يعي جيداً أن بنجامين فرانكلين قد أثبتت الطبيعة الكهربائية للبرق. بالإضافة إلى ذلك، كان واضحاً أيضاً بنهاية القرن الثامن عشر أن كلاً من النار والكهرباء يحدث تغييراً كيميائياً.

الشكل ٢٧-٥ مأخوذ من أول وأهم عمل كيميائي للامارك،^{٩٧} والذي نُشر في عام ١٧٩٤.^{١٠٠} يُظهر الجزء العلوي من الشكل كرتين من الفلين معلقين على خطاف بواسطة خيط حريري. اكتسبت الكرتان الخفيفتا الوزنِ شحنةً كهربائية بالاحتكاك، ثم انفصلت كلُّ منها عن الأخرى (انظر الشكل B في الجزء العلوي). وكان السبب الذي قدَّمه لامارك لذلك أنَّ الشحنة الكهربائية تؤدي إلى إحاطة كل كرة بـ«مادة الكهرباء» الفائقة الخفة. كما أنَّ ضغط الهواء يضغط عليها من جميع الجوانب بالتساوي (يتسبَّب الخيط في قليل من الانحراف)، ومن ثُمَّ يفصل المجالين المشحونتين كهربائياً المحيطين بالكرتين. ولو أجريت الكرتان المصنوعتان من الفلين المشحونتان على ملامسة إداهما الأخرى (الشكل A)، لتدخلت مجالات المادة الكهربائية بينهما، ولأصبح الشكل العام للمادة الكهربائية بيضاوياً (وهو ليس الشكل الكروي المثالي)، مع وجود فجوة صغيرة في الأعلى، ولتسرب ضغط الهواء إلى الداخل ودفع الكرتين بعيداً إداهما عن الأخرى (الشكل B). في الجزء الأسفل من الشكل ٢٧-٥، نرى إناءً مملوءاً بالماء وُضع على النار. مرَّة أخرى، يحافظ ضغط الهواء على ترْكُز اللهب تحت الإناء، وأسهل طريق أمام النار، في رأي لامارك، يكون عبر الوعاء ومنه إلى الماء. ومع امتصاص المزيد من النار، تُصبح جزيئات الماء محاطة بأغلفة أكبر من أي وقت مضى من «مادة النار»، الفائقة الخفة؛ فيصبح الماء أكثر دفئاً (وأقل كثافة). وفي النهاية، تؤدي الكثافة المنخفضة لهذه الجزيئات وطاقتها العالية، الناتجة عن الضغط الهبوطي للهواء الجوي، إلى تبخُّرها في الهواء حاملةً معها «مادة النار». (فكروا في الأمر يا زملائي المعلمين – يا لها من طريقة مُثيرة لتصوير الحرارة الكامنة في جزيئات بخار الماء!)



شكل ٢٧-٥: كان جون باتيست لامارك عالمًّا أحياء مهتمًّا بترتبط ذكره، مع الأسف، على نطاق واسع بنظرية الخاطئة عن السمات المكتسبة. غير أن علم الكيمياء لديه كان قديم الطراز للغاية، وحاول في كتابه الكيميائي الوحيد وصف التناقض الذي يحدث بين جسيمات المادة مع اكتسابها حرارةً تجعلها تمدد وتتناقض (من كتاب لامارك الصادر عام ١٧٩٤ «أبحاث عن المسائل الأساسية في الفيزياء»).

وعليه، فقد كنا نتمنى لو استطعنا التحدث بأشياء جيدة عن كيمياء لامارك. ومع ذلك، فقد كانت إسهاماته المبكرة في علم الأحياء وعرضها في المتاحف العامة للناس ذات قيمة بالغةٍ وتُكرّم ذكراه بالفعل.

(١٢) عزيزي الفلوجستون «أنت تتحدث كالأبله!»

كان الثوريون المنتصرون الذين أطاحوا بالملكية في أغسطس عام ١٧٩٢ مُقتعين بأن فرنسا قد ولدت من جديد. وفي الثامن من الشهر الثالث من الخريف من العام الثاني بعد اندلاع الثورة (وفقاً لتقديم الجمهورية الفرنسية آنذاك)؛ أي في ٢٨ نوفمبر عام ١٧٩٣، صدر أمر اعتقال بحق أنطوان لوران لافوازبيه ووالد زوجته جاك بولز في سجن بورت-لير؛¹⁰¹ فقد أصبح وضع لافوازبيه محفوفاً بالمخاطر على نحو متزايد مع تزايد تطرف الثورة من حوله وإطباقها عليه، مجردةً إياه من مناصبه، وزملائه، وقدرته على السفر، وبعد بضعة أيام من الاختباء في باريس، سلبته حرفيته نفسها، ليفقد حياته في وقت لاحق من ربيع عام ١٧٩٤.

بيد أن لافوازبيه كان في عام ١٩٨٨ في أوج نفوذه وسلطته؛ فبصفته واحداً من بين ٤ شريكاً ثرياً في «المؤسسة العامة لجمع الضرائب»، كان مساهمًا في الشركة المسئولة عن جمع الضرائب على كل الواردات، والتي كان من بينها الملح الذي تقوم عليه حياة الناس. وقد مارست مؤسسة جمع الضرائب قدرًا من التحكم أيضاً في تدفق هذا العائد إلى الخزانة الملكية؛ ومن ثمَّ كان لهذا تأثير كبير على سياسة فرنسا المالية، وأصبح لافوازبيه نفسه، بوصفه شريكاً في الشركة، عضواً في مجلس إدارة مصرف «ديسكاوانت بنك»؛ وهو «المصرف المركزي» الذي كان يفرض الخزانة الملكية، ويوفِّر الذهب والفضة من أجل سك العملات؛¹⁰² ونظرًا لكونه رجل اقتصاد من الطراز الأول، سرعان ما أصبح مدير المصرف. ويتحدث بيوريه، على نحو دقيق، عن هذا الوضع بقوله إنها «كانت شركة خاصة تحكم في القروض المنوحة للحكومة بواسطة مصرف خاص».«¹⁰²

استغرق لافوازبيه معظم عام ١٧٨٨ في تأليف رائعته «المبادئ الأساسية للكيمياء»، ونشر في أوائل عام ١٧٨٩ (انظر الشكل ٢٨-٥).^{103, 104} بدأ هذا المشروع كمحاولة لتقديم مقدمة سهلة الفهم للكيمياء، وتطور ليُحدِّث «طريقة التسميات الكيميائية»^{104, 103} لعام ١٧٨٧، وأصبح أهم أطروحة في تاريخ الكيمياء؛ فقد اشتملَ على أول قائمة حديثة بالعناصر الكيميائية (البالغ عددها ٣٣ عنصرًا، بما في ذلك «العناصر التي لا يمكن وزنها»؛

T R A I T É
E L É M E N T A I R E
D E C H I M I E,
P R É S E N T É D A N S U N O R D R E N O U V E A U
E T D' A P R È S L E S DÉC O U V R E T S M O D E R N E S;
Avec Figures:

Par M. LAPOISSIER, de l'Académie des Sciences, de la Société Royale de Médecine, des Sociétés d'Agriculture de Paris & d'Orléans, de la Société Royale de Londres, de l'Institut de Bologne, de la Société Helvétique de Bâle, de celles de Philadelphie, Harlem, Manchester, Padoue, &c.

T O M E P R E M I E R.



A P A R I S,
Chez CUCHET, Libraire, rue & hôtel Serpençie.

M. D C C. L X X X I X.

*Sous le Privilege de l'Académie des Sciences & de la
Société Royale de Médecine.*

شكل ٢٨-٥: صفحة العنوان من الطبعة الأولى (١٧٨٩) من رائعة لافوازييه «المبادئ الأساسية للكيمياء» ١٧٨٩، أول كتاب دراسي حديث عن الكيمياء.

الضوء والسيال الحراري «الكلالوريك»).¹⁰⁵⁻¹⁰³ اهتمَ لافوازييه كثيراً بالتعليم العام،¹⁰⁶ وعلم أصول التدريس، وينعكس هذا في كتابه الدراسي. وفي ٢٢ سبتمبر من عام ١٧٩٣ التمس من المؤتمر الوطني تعليم شعِبٍ بارِعٍ تكنولوجياً، غير أنه في ظل مناخ «الثورة الثقافية» الذي ساد فرنسا آنذاك،¹⁰⁷ أراد روبيسيار واليعقوبيون تعليماً أكثر أيدلوجيّةً. وتوقف هذا الجدل فجأةً مع بدء عهد الإرهاب في أكتوبر عام ١٧٩٣.¹⁰⁶

كان عام ١٧٨٨ عاماً عامراً بالانتصارات للافوازبيه، حتى مع احتدام رياح الثورة. وكتبت السيدة لافوازبيه إلى جان هنري هازينفراتز، مدير الترسانة العسكرية، تبحث عن اقتراحات للاحتفال بانتصار ثورتهم في مجال الكيمياء، فاقتصر عليها رسم لوحة أسرة لافوازبيه، وتقديم مسرحية رمزية يهزم فيها الأكسجين الفلوجستون.^{108, 109} أنهى جاك لوبي ديفيد لوحة أسرة لافوازبيه في عام ١٧٨٩، نظير ٧ ألف جنيهًا (٢٨٠ ألف دولار أمريكي حاليًّا)،¹⁰⁹ وتوجد حالياً في متحف المتروبوليتان للفنون. ويوجد الدليل الملموس الوحيد على وجود مسرحية ساخرة قصيرة أو مسرحية ماسك في خطاب من د. فون إيه*** نُشر في دورية كريل، «شيميش أنالين».^{109, 108}

مع ذلك ظهرت مسرحية أخرى قصيرة من نوعية مسرحيات الماسك تصوَّر بإبداع داخل مسرحية بعنوان «أكسجين»، ألقَّها اثنان من علماء الكيمياء المعاصرين، هما كارل جيراسي ورولد هوفمان.¹¹⁰ يوافق عام ٢٠٠١ الذكرى المائة لجائزة نوبل؛ ففي مدينة ستوكهولم الحديقة أبلغت لجنة جائزة نوبل للكيمياء لعام ٢٠٠١، سرًّا، أنها سوف تختار أيضاً أول «جائزة نوبل بأثر رجعي». وتوصلَّت اللجنة على الفور إلى اتفاق بالإجماع على أن اكتشاف الأكسجين ودوره في الكيمياء والتنفس يستحق أول «جائزة نوبل بأثر رجعي». هل يجب أن تذهب إلى السويدي كارل فيلهلم شيله، الذي كان أول من عزل «الغاز الناري» (الأكسجين) في عام ١٧٧٧ (أو ١٧٧٢)، لكنه لم ينشر عمله حتى عام ١٧٧٧؟ أم يجب أن تذهب إلى جوزيف بريستلي، الذي اكتشف منفرداً «الغاز المنزوع الفلوجستون» (الأكسجين) في عام ١٧٧٤ وبادر بنشرِ اكتشافه في العام نفسه؟ لقد اعتقد كلُّ من شيله وبريستلي خطأً أن «الغاز» الذي اكتشفه كلُّ منهما كان يسحب الفلوجستون من المواد المحترقة أو الصدئة. أو لعلها تذهب إلى أنطوان لوران لافوازبيه، الذي شرح على نحو وافٍ، مستخدماً توليفته الفكرية من المعلومات والمعارف، دور الأكسجين في الاحتراق والتخلُّص والتنفس؟ تبدأ أحداث مسرحية «أكسجين» فعلياً في ستوكهولم في عام ١٧٧٧؛ حيث تلتقي بماري آن بولز لافوازبيه، وماري بريستلي، وسارة مارجريتا بول، مساعدة شيله ورفيقته، في ساوونا؛ فقد استُدعى أزواجاً جهن إلى السويد من أجل إجراء تجارب أمام الملك جوستاف الثالث، الذي سيصدر حكم ستوكهولم. ربما يمكن لهذه المسرحية داخل مسرحية أن تساعد لجنة عام ٢٠٠١ في حل معضلتها (أو على الأقل مُعْضلة رواد المسرحية). وفي الليلة السابقة على صدور الأمر الملكي بإجراء تجارب كيميائية، تعرُّض عائلة لافوازبيه مسرحية قصيرةً من نوعية الماسك أمام الملك جوستاف الثالث ورفاقه المجتمعين. يتزايد شعور

أسرة بريستلي، وشيله، والسيدة بول بالانزعاج، وفي النهاية يُصبحون جميعاً مستائين مع نهايتها. وقد لعب أنطوان دور «الفلوجستون» المهزوم، ولعبت ماري آن دور «الأكسجين» المنتصر في هذه المسرحية داخل مسرحية داخل مسرحية. وقبل نهاية مسرحيتهم القصيرة، نجد السيدة أكسجين تُخاطب السيد فلوجستون قائلة:¹¹¹

سيدي العزيز، أنت تتحدث كالأبله!
أنت تعرف أنه لا وجود لشيء يُدعى الكتلة السالبة!
ثمة ثورة على وشك ال拔وغ.
في الكيمياء، مع مولد الأكسجين
الفلوجستون هو فكرة من الماضي،
دُحضت واستُبعدت، وفي الواقع، تجاوزناها.

كانت السيدة لافوازييه بالتأكيد واحدةً من أروع الشخصيات في تاريخ الكيمياء¹¹² فهي تلعب الدور المحوري في مسرحية «أكسجين»، وثمة رسالة مقتضبة غامضة ظلت مخبأةً لوقت طويل في حقيبة «الضروريات» التي تحملها¹¹² تقدم حلاً، على الأقل في المسرحية، للغز كيميائي يبلغ عمره نحو قرنين من الزمان. أما بالنسبة للفائز بأول «جائزه نوبيل بأثر رجعي»، فالامر متترك لتخيينك أيها القارئ العزيز، لكن عليك أولاً أن تقرأ المسرحية. ساد استياءً واسعً تجاه لافوازييه، صاحبها إعجابً بهذا الشخص الموسوعي الرائع، خلال فترة ما قبل الثورة الفرنسية؛ فيوصفه عضواً في أكاديمية العلوم، أثار بحثه، مع فرانكلين وأخرين، الذي رفض التنويم المغناطيسي بوصفه علماً زائفًا، استياءً جماهيرً أرادت تصديقه.¹¹³ وتمثلت إحدى الشكاوى الأخرى القائمة منذ زمن في قيام مؤسسة جمع الضرائب بـ«رش التبغ بالماء» قبل توزيعه على الموزعين.¹¹⁴ ومع هذا، كان الأخطر من ذلك هو دور لافوازييه في جمع المؤسسة للضرائب. تخيل شركةً قويةً تتكون من ٤٠ فرداً، هدفها جمع الضرائب بحماس من أجل الخزانة الملكية، لكن ليس قبل حصولها على ربح ضخم. وكان ثمة استهجان واسع النطاق من الضريبة على اللح – إذ كان اللح أساسياً لحفظ اللحم – بل إنه في الواقع يُعتبر جوهر الحياة.^{115, 116} كانت الضريبة على اللح إحدى مسؤوليات لافوازييه الخاصة في مؤسسة جمع الضرائب. وكان مسؤولاً أيضاً عن تحصيل الضريبة على الواردات إلى باريس؛ فقد أدرك لافوازييه ببراعته في المحاسبة، التي طبقها في الكيمياء، في أواخر سبعينيات القرن الثامن عشر

أن أربعة أخماس السلع الازمة لتوفير احتياجات سكان باريس هي فقط التي كانت مُسجّلة وتفرض عليها الخريبة.¹¹⁷ أما الخمس المتبقى، فكان يُهرب، مما يُسبّب خسارة للخزانة الملكية (وبالتبعية للمؤسسة). وأقر الحل الذي قدّمه لهذه المشكلة، بإقامة جدار ذي بوابات لتحصيل الرسوم حول باريس، في عام ١٧٨٧، وبنى بتكلفة ٣٠ مليون جنيه فرنسي (١,٢ مليار دولار).¹¹⁷ مرة أخرى، حاول أن تتخيل شركة خاصة يمتلكها ٤ فرداً من أغنى الأفراد في الولايات المتحدة، تبني جداراً حول مدينة نيويورك، وتبني بوابات لتحصيل الرسوم على حساب دافعي الضرائب لصالح هيئة الإيرادات الداخلية. وكان أحد الاتهامات التي وجّهت إلى لفوازيبه بعد عدة سنوات أن بناء هذا الجدار حول باريس حبس هواء المدينة، مما أضرّ بصحّة سكانها.

غير أن الاضطراب بدا يُخيّم على الأوضاع، وسرعان ما تعرّض لفوازيبه لنذير باقتراب نهايته؛ فبوصفه مدير إدارة البارود، كان متحكمًا في شحنات البارود الواردة من ترسانة الأسلحة. ولم يمرّ وقت طويل على اقتحام الباستيل في ١٤ يوليو عام ١٧٨٩، حتى لاحظ المواطنون وصول شحنات غامضة من البارود من الترسانة، واستنجدوا قرب حدوث هجوم ملكي مضاد.¹¹⁸ وألقي القبض على لفوازيبه وظلّ رهن الاعتقال لفترة وجيزة، واحتشد بعض أفراد الشعب على طول طريق ترحيله مطالبين بإعدامه دون محاكمة، غير أنه أوضح مبرّر هذه الشحنات بالتفصيل، وأعلنت براءته وأطلق سراحه. وفي ٢٠ مارس ١٧٩١، ألغت الجمعية الوطنية مؤسسة جمع الضرائب.¹¹⁹ وفي أعقاب هذا، اتضح أن أعمال لفوازيبه التجارية لا يشوبها شائبة. الغيت الأكاديميات العلمية في أغسطس عام ١٧٩٣،¹²⁰ وأصبح الأكاديميون الذين لم يتخلّوا تماماً عن آرائهم «النخبوية» ولم ينضمُوا بإخلاص إلى الشعب، آنذاك في خطر. لقد غيرَ «عهد الإرهاب» الثورة جذرّياً، وأعدّم لفوازيبه وبولز و٢٦ عضواً آخر من أعضاء المؤسسة العامة لجمع الضرائب على المقصّلة في غضون ٣٥ دقيقة في ٨ مايو عام ١٧٩٤.¹²¹

(١٣) قُدّاس على روح الوزن الخفيف

على الرغم من أن نظرية الفلوجستون قد دُحرت في ثمانينيات القرن الثامن عشر، فإنه يجدر بنا تلخيص بعض من تعريفات الفلوجستون والحجّاج المؤيدة والمعارضة له،¹²²

والتي سوف تقتصر بالكامل تقريباً على التغطية الواردة في هذا الكتاب، ولا يقصد بها معالجة شاملة للموضوع.

(١) ما أصول نظرية الفلوجستون؟ كان لدى الثقافات المختلفة معتقدات قديمة عن الثنائيات (الذكر والأنثى، الدين واليانج، الشمس والقمر، الكبريت والزئبق). وقد تغير هذا على يد باراسيلوس وأخرين إلى المواد الثلاث الأساسية للكيمياء وهي: الكبريت الفلسفية، والزئبق الفلسفية، والملح الفلسفية، التي تتكون منها المادة بنسب متفاوتة. ولاحظ بيشر (في القرن السابع عشر) وجود ثلاثة أنواع من «التراب»؛ أحدها «التراب الدهني» الذي يُقال إنه يوجد في المواد القابلة للاشتعال والمواد المعدنية، ويُشبه الكبريت الفلسفية. وعَدَ شتال نظرية بيشر (في أوائل القرن الثامن عشر) الذي صاغ مصطلح «فلوجستون» ليحل محل «التراب الدهني».

(٢) ما طبيعة الفلوجستون؟ يُعرف الفلوجستون بأنه «جوهر النار». وأحياناً يُعرف رمز Φ بأنه النار المُنبعة من مادة مُحترقه. وقد اعتبر الوميض الفوسفوري مادة ما تعبيراً بصرياً عن الفلوجستون المختزن بداخليها. ويذكر الفوسفور الأبيض بالفلوجستون؛ نظراً لكونه يُصدر وميضاً فوسفوريّاً، ويمكّنه أيضاً الاشتعال تلقائياً. وساد الاعتقاد بأن الفلوجستون هو مادة (سائلة عادةً) لا يمكن وزنها (خفيفة للغاية أو حتى ليس لها كتلة)، ومع ذلك، لا يكون دوماً أنيعاث الفلوجستون مصحوباً بالنار؛ ومن ثم ربما تكون مجرد واحد من مظاهر ابشعها.

(٣) ما الظواهر الكيميائية التي فسرّها الفلوجستون؟ كان الفلوجستون يُمثل إلى حدٍ بالغ نظريةً موحدةً لاحتراق المادة ولتكوين الكلاسات (التي نطلق عليها عادةً الأكسيد). وكان هذا واضحاً تماماً. ومن المهم أن نشير إلى أنه حتى منتصف القرن الثامن عشر، كانت الغازات الناتجة عن الاحتراق، مثل ثاني أكسيد الكربون، تُرى ببساطة على أنها «غازات» ولا يمكن جمعها.

فحم (يحتوي على فلوجستون) + حرارة \rightarrow رماد + فلوجستون
نحاس (يحتوي على فلوجستون) + حرارة \rightarrow كلس النحاس + فلوجستون
فحم (يحتوي على فلوجستون) + كلس النحاس + حرارة \rightarrow رماد + نحاس (يحتوي على فلوجستون)

جمع كافنديش «الغاز القابل للاشتعال» المستمد من «إذابة» المعادن في أحماض مائية، وكان ما تبقى بعد تبخر محلول هو الكلس، وكان «الغاز القابل للاشتعال» الذي جمعه

لا يبلغ إلا ٧٪ من كثافة «الهواء الجوي». واتضح أنَّ الغاز الفائق الخفيف والفاتق الاشتعال المنشئ بـ«وضوح» من المعادن ربما يكون الفلوجستون ذاته.

نحاس (يحتوي على فلوجستون) + حمض الكبريتيك ← كلس النحاس + فلوجستون؟
 (الغاز القابل للاشتعال).

يمكن لأنواع «الغازات» الأخرى إزالة الفلوجستون من المعادن:
 نحاس (يحتوي على فلوجستون) + حمض النيتريك ← كلس النحاس + «غاز النيتروزي»
 (يحتوي على فلوجستون)

إن ما أطلق عليه لفوازيه حينئذ «أكسجينًا» أشار إليه بريستلي بمصطلح «الغاز المنزوع الفلوجستون»، ويُمثل خمس الغلاف الجوي ويشبه الفلوجستون كثيراً. يحمل كل من «الغاز النيتروزي» و«الغاز القابل للاشتعال» القدر نفسه من الفلوجستون؛ نظراً لأن مقداراً واحداً من أيهما سيُفقد كاملاً محتواه من الفلوجستون ليُصبح نصف وحدة حجم من «الغاز المنزوع الفلوجستون». «يتضرر» الهواء الجوي الذي يمتلك الفلوجستون، وعندما يتتبَّع به بالكامل يُصبح «مميتاً» أو «ساماً»، وما يتبقى يكون هواءً «ساماً» أو «فلوجستونيًّا»، أو النيتروجين، الذي عُرف قديماً باسم «أزوت» (معنى «بلا حياة»). طعام يحتوي على فلوجستون؛ الأطعمة الدهنية على وجه الخصوص غنية بـفلوجستون.

(٤) ماذا كانت عيوب الفلوجستون؟ كان أبرزها «زيادة» وزنه عند فقدان الفلوجستون:

نحاس (يحتوي على Φ) + حرارة ← كلس النحاس + فلوجستون
 (٦٣,٥ جراماً) ٧٩,٥ جراماً

لُوحظ هذا منذ القرن السادس عشر. وإذا كان قانون بقاء المادة صحيحاً، فإن الفلوجستون له كتلة سالبة (في هذه الحالة ١٦ - ١٦ جراماً). وعندما جُمعت الغازات، بداية من منتصف القرن الثامن عشر، جاءت نتائج الاحتراق الكامل للفحم كالتالي:

فحm (يحتوي على Φ) + حرارة ← رماد + «هواء مثبت»
 (٦٠ جراماً) (أقل كثيراً من ١ جرام) (حوالي ٢٢٠ جراماً)

كانت كُتلة الغاز الناتج كبيرةً إلى حدٍ ما وغير متسقة مع فقدان الفلوجستون، إلا إذا كانت كتلته سالبة (~ ١٦٠ جراماً في الحالة المطروحة حالياً). كذلك كانت ثمة مشكلة لها أهمية كبرى تمثلت في تركيب الماء؛ فالماء بوجه عام كان ناتجاً غير ملحوظ (أو لا يُشار إليه) للاحتراق، وربما كان من المتوقع أن ينتج عن احتراق «الهواء القابل للاشتعال» (فلوجستون؟) عن طريق دمجه مع «الهواء الممزوج الفلوجستون» (فلوجستون ممزوج الفلوجستون) (أي ببساطة لا شيء)، أو ربما مجرد «هواء» خالٍ من الفلوجستون – ربما نيتروجين؟ لكن بدلاً من ذلك، كان الناتج ماءً. وأمكن بالمثل فصل الماء كيميائياً ليخرج عنه الهيدروجين (هواء قابل للاشتعال) وأكسجين (هواء ممزوج الفلوجستون). وهكذا أصبح واضحاً حينذاك أن الفلوجستون المستمد من «إذابة» النحاس في حمض الكبريتيك يأتي من محلول الحمضي (في شكل «هواء قابل للاشتعال» أو هيدروجين)، وليس من المعدن نفسه. بالمثل، يأتي الفلوجستون المستخرج من «إذابة» النحاس في حمض النيترييك من محلول الحمضي (في شكل «هواء نيتروزي» أو أحادي أكسيد النيتروجين NO)، وليس من المعدن نفسه. كانت ثمة أسئلة أساسية أخرى، منها «إلى أين يذهب الفلوجستون بمجرد فقدانه؟» ولماذا يقل حجم «الهواء الجوي» بمقدار الخمس عند اكتسابه للفلوجستون؟ وهل كان «الهواء الممزوج الفلوجستون» يفقد «مرونته» بسبب «تضليله»؟ وكانت ثمة مشكلات كمية أخرى لا حصر لها أقل وضوحاً. وهذه إحداها – إذا «أذيب» ٦٣,٥ جراماً من النحاس في حمض الكبريتيك، يتبعت كامل محتواه من الفلوجستون في صورة وحدة حجم واحدة من «الهواء القابل للاشتعال»، مع تحول المعدن بأكمله إلى كلسه. أما إذا «أذيب» ٦٣,٥ جراماً من النحاس في حمض النيترييك، فإن كامل محتواه من الفلوجستون يتبعت في صورة ثلاثي وحدة حجم من «الهواء النيتروزي» مع تحول كامل للمعدن إلى كلسه. في الحالة الأولى سينزع الفلوجستون كلّه من وحدة الحجم الواحدة من «الهواء القابل للاشتعال» باستخدام نصف وحدة حجم من «الهواء الممزوج الفلوجستون». أما في الحالة الثانية، فسوف ينزع الفلوجستون كلّه من ثلاثي وحدة الحجم من «الهواء النيتروزي» باستخدام ثلث وحدة حجم من «الهواء الممزوج الفلوجستون» نفسه. ببساطة لا تبدو هذه الأرقام منطقية.

(٥) الاندماج، يُعدُّ الاحتراق وتكون الكلس مثالين لتوليفات كيميائية مع الأكسجين في الهواء. ولهذا السبب تكون الكلسات أثقل وزناً من معادنها، ومن ثم تكون نواتج الاحتراق أثقل وزناً من المواد القابلة للاشتعال (عند عدم وضع الأكسجين في الاعتبار).

ثمة طريقة مفيدة تتمثل في اللجوء إلى اقتراح رولد هوفمان المتمثل في اعتبار الفلوجستون «سلبيًّا للأكسجين». ¹²³ وهكذا يُفقد الأكسجين من الغلاف الجوي عند الاحتراق بدلاً من اكتساب الغلاف الجوي للفلوجستون. أما المعادن فتكتسب الأكسجين، بدلاً من فقدانها للفلوجستون، عند تكوينها للكلّاسات؛ فتأكسد المواد بالأكسجين، الذي يُعتبر بالطبع عامل أكسدة. وعليه تُضاهي عملية اكتساب الفلوجستون الاختزال؛ ومن ثم يُعتبر الفلوجستون عامل اختزال. جرّب الأمر؛ إنه ممتع.

هوامش

- (1) *The Haskett F. Norman Library of Science and Medicine*, Part II, Christie's, New York, 1998, pp. 124–125.
- (2) *The New Encyclopedia Britannica*, Encyclopedia Britannica, Inc., Chicago, 1986, pp. 79–81.
- (3) J. Read, *Prelude to Chemistry*, The Macmillan Co., New York, 1937, pp. 88–89.
- (4) J. Eklund, *The Incomplete Chymist—Being An Essay on the Eighteenth-Century Chemist in His Laboratory, with a Dictionary of Obsolete Chemical Terms of the Period*, Smithsonian Institution Press, Washington, DC, 1975.
- (5) Read, op. cit., p. 128.
- (6) Read, op. cit., pp. 15, 195.
- (7) Read, op. cit., pp. 76–77.
- (8) J. R. Partington, *A History of Chemistry*, Macmillan & Co., Ltd., Vol. 3, 1962, pp. 73–76.
- (9) J. R. Partington, *A History of Chemistry*, Macmillan and Co., Ltd., London, Vol. 3, 1962, pp. 49–55.
- (10) A. Greenberg, *A Chemical History Tour*, John Wiley & Sons, New York, 2000, pp. 118–121.
- (11) C. E. Gellert, *Metallurgic Chymistry. Being a system of Mineralogy in General, and of all the arts arising from the science. To the great*

improvement of manufacturers, and the most capital branches of Trade and Commerce. Theoretical and Practical. In two parts, Translated from the original German of C. E. Gellert. By I. S. London and T. Becker, 1776. (This is the English translation of the original German edition (1751–1755.) The author is grateful to Ms. Elizabeth Swan, Chemical Heritage Foundation, for supplying this image.

(12) J. Eklund, *The Incompleat Chymist—Being an Essay on the Eighteenth-Century Chemist in His Laboratory, with a Dictionary of Obsolete Chemical Terms of the Period*, Smithsonian Institution Press, Washington, DC, 1975.

(13) J. R. Partington, *A History of Chemistry*, Macmillan and Co., Ltd., London, 1962, Vol. 3, pp. 205–234.

(14) C. C. Gillispie, *Dictionary of Scientific Biography*, Charles Scribners Sons, New York, Vol. XII, 1975, pp. 143–150.

(15) A. Greenberg, *A Chemical History Tour*, John Wiley and Sons, New York, 2000, pp. 153–156.

(16) C. W. Scheele, *Chemical Observations and Experiments on Air and Fire*, London, printed for J. Johnson, 1780.

(17) C. W. Scheele, *Chemische Abhandlung von der Luft und Feuer, nebst einer Vorbericht von Torbern Bergman*, verlegt von Magnus Swederus, Uppsala und Leipzig, 1777. This is one of the rarest, most desired books in the field of rare chemistry book collecting. I am grateful to The Roy G. Neville Historical Chemical Library (California) for providing this image.

(18) Greenberg, op. cit., pp. 135–137.

(19) C. Djerassi and R. Hoffmann, *Oxygen*, VCH-Wiley, Weinheim, 2001.

(20) J.-P. Poirier, *Lavoisier—Chemist, Biologist, Economist*, R. Balinski (transl.), University of Pennsylvania Press, Philadelphia, 1996, pp. 76–83.

- (21) J. R. Partington, *A History of Chemistry*, Vol. 3, Macmillan & Co., Ltd., London, 1962, pp. 112–127.
- (22) A. Greenberg, *A Chemical History Tour*, John Wiley & Sons, New York, 2000, pp. 122–130.
- (23) Partington, op. cit., pp. 302–319.
- (24) Partington, op. cit., pp. 237–268.
- (25) Partington, op. cit., pp. 205–229.
- (26) This is an early nineteenth-century engraving depicting Priestley's pneumatic apparatus. The collection of carbon dioxide from the gun barrel over a dish of mercury is to be found in J. Priestley, *Experiments and Observations on Different Kinds of Air, and Other Branches of Natural Philosophy*, Vol. III, Thomas Pearson, Birmingham, 1790, Plate II, as well as earlier editions.
- (27) R. Hoffmann and V. Torrence, *Chemistry Imagined—Reflections on Science*, Smithsonian Institution Press, Washington, DC, 1993, pp. 82–85.
- (28) Greenberg, op. cit., pp. 163–165.
- (29) J. Priestley, *Experiments and Observations on Different Kinds of Air, and Other Branches of Natural Philosophy*, Thomas Pearson, Birmingham, 1790, Vol. 1, pp. 20–30; Vol. 3, Plate IV.
- (30) J. R. Partington, *A History of Chemistry*, Vol. 3, Macmillan and Co., Ltd., London, 1962, pp. 252–263; pp. 321–328.
- (31) A. Greenberg, *A Chemical History Tour*, John Wiley & Sons, New York, 2000, pp. 137–139.
- (32) [F. Accum] (i.e., "A Practical Chemist"), *Explanatory Dictionary of the Apparatus and Instruments Employed in the Various Operations of Philosophical and Experimental Chemistry with Seventeen Quarto Copper-Plates*, Thomas Boys, London, 1824, pp. 100–110, which describes 10 eudiometers (Priestley, Pepy, Scheele, De Marti, Humbolt, Hope, Seguin, Bertholet, Davy, Volta).

- (33) Accum, op. cit., Plate 2, figure 1–16.
- (34) P. Morrison and P. Morrison, *The Ring of Truth—an Inquiry into How We Know What We Know*, Random House, New York, 1987, pp. 191–193.
- (35) Godfrey (Ambrose and John), *A Curious Research into the Element Water; Containing Many Noble and Useful Experiments on that Fluid Body*, T. Gardener, London, 1747.
- (36) J. R. Partington, *A History of Chemistry*, Vol. 3, Macmillan & Co., Ltd., London, 1962, pp. 379–381.
- (37) P. Ball, *Life's Matrix: A Biography of Water*, Farrar, Straus and Giroux, New York, 2000, pp. 141–147.
- (38) A very high level of quantum chemical calculations seemingly clarifies some, but not all, of the mystery of hydrogen’s very slow reaction with oxygen (see M. Filatov, W. Reckien, S. D. Peyerimhoff, and S. Shaik, *Journal of Physical Chemistry A*, Vol. 104, p. 12014 (2000). I thank Professor Joel F. Liebman for making me aware of this article.
- (39) Partington, op. cit., pp. 325–338.
- (40) Partington, op. cit., pp. 344–362.
- (41) W. H. Brock, *The Norton History of Chemistry*, W. W. Norton & Co., New York, 1993, pp. 109–111.
- (42) J.-P. Poirier, *Lavoisier—Chemist, Biologist, Economist* (transl. R. Balinski), University of Pennsylvania Press, Philadelphia, 1993, pp. 13–16.
- (43) Partington, op. cit., pp. 402–410; 436–453.
- (44) J.-P. Poirier, op. cit., pp. 76–83.
- (45) A. Lavoisier, *Elements of Chemistry in a New Systematic Order, Containing All the Modern Discoveries*, second edition (transl. R. Kerr), London, 1793, pp. 135–149. See Plates VII and IV, respectively, for the apparatus for decomposition and synthesis of water.
- (46) Partington, op. cit., p. 457.

(47) J. R. Partington, *A History of Chemistry*, Vol. 3, Macmillan & Co., Ltd., London, 1962, pp. 237–256.

(48) M. Barbeu Dubourg (transl.), *Oevres de M. Franklin*, Chez Quillau, Paris, 1773. I am grateful to Professor Jochen Heisenberg for providing for review the copy belonging to his father, Dr. Werner Heisenberg. The poem under the frontispiece portrait of Franklin was translated by my colleague Professor Jean Benoit as follows:

He has conquered Heaven's fire
He has helped the arts to blossom in wild climates
America places him at the head of the sages
Greece would have placed him amongst their gods.

It is abundantly clear that the French lionized Franklin. The “wild climates” referred to is a French Enlightenment view of the cultural milieu (or lack thereof) in the New World.

(49) I am grateful to a relative of Benjamin Franklin for supplying a photograph of the oil-on-can-vas portrait of Franklin by Mme. Lavoisier that is in his possession.

(50) *The New Encyclopedia Britannica*, Encyclopedia Britannica, Inc. Chicago, 1986, Vol. 4, p. 148.

(51) D. I. Duveen and H. S. Klickstein, *Annals of Science*, Vol. 11, No. 2, pp. 103–128 (1955).

(52) I am grateful to Professor Dudley Herschbach for making me aware of this letter and its importance.

(53) Partington, op. cit., pp. 377–378.

(54) D. Herschbach, *Environmental Encyclopedia*. I thank Professor Herschbach for making me aware of this aspect of Franklin's work.

(55) D. I. Duveen and H. S. Klickstein, *Annals of Science*, Vol. 11, No. 4, pp. 271–308 (1955); Vol. 13, No. 1, pp. 30–46 (1957).

- (56) [A. Lavoisier et al.], *Instruction sur l'Establishissement des Nitrières, et sur la Fabrication de Salpêtre*, Cuchet, Paris (1794) (original edition 1779).
- (57) Charles' law for ideal gases—the volume of a gas is directly proportional to its absolute temperature.
- (58) D. Herschbach, *Harvard Magazine*, Cambridge, UK, Nov.–Dec. 1995, pp. 36–46.
- (59) C. Cobb and H. Goldwhite, *Creations of Fire*, Plenum Press, New York, 1995, p. 8.
- (60) J. R. Partington, *A History of Chemistry*, Vol. 2, Macmillan & Co., Ltd., London, 1961, p. 19.
- (61) *College Edition—Webster's New World Dictionary of the American Language*, The World Publishing Company, Cleveland and New York, 1964, p. 1219.
- (62) *Webster's New Twentieth Century Dictionary of the English Language Unabridged*, second edition, The World Publishing Company, Cleveland and New York, 1956, p. 1514. This is also the primary definition in the Oxford English Dictionary.
- (63) J. Read, *From Alchemy to Chemistry*, Dover Publications, Inc., New York, 1995, p. 33.
- (64) T. L. Brown, H. E. LeMay, Jr., and B. E. Bursten, *Chemistry—the Central Science*, Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, 1997, pp. G-11, G-13. Pauling notes a failed attempt by Professor E. C. Franklin of Stanford University to remove this confusion by coining the words “de-electronation” (for oxidation) and “electronation” (for reduction) [see L. Pauling, *General Chemistry*, privately printed (Edwards Brothers, Inc. Lithographers—Ann Arbor), Pasadena, 1944, p. 65].
- (65) Popeye's neologisms and puns (“vitalicky”; “I know what rough is, but what's roughined?”) have outlasted those of Professor Franklin (see note 64 above).

- (66) J. R. Partington, *A History of Chemistry*, Macmillan and Co., Ltd., London, 1961, 1961, Vol. 2, pp. 577–614.
- (67) Partington, op. cit., 1962, Vol. 3, pp. 205–234; 237–297.
- (68) Partington 1962, op. cit., pp. 130–143.
- (69) Partington 1962, op. cit., pp. 471–479.
- (70) J.-P. Poirier, *Lavoisier—Chemist, Biologist, Economist* (transl. R. Balinski), University of Pennsylvania Press, Philadelphia, 1996, pp. 300–309.
- (71) Partington 1962, op. cit., pp. 426–434.
- (72) Poirier, op. cit., pp. 135–140.
- (73) A. Greenberg, *A Chemical History Tour*, John Wiley and Sons, 2000, pp. 150–152.
- (74) Modern calorimetric data indicate that combustion of carbon (graphite) sufficient to produce exactly 1 ounce of carbon dioxide would melt 26.86 ounces of ice. If sufficient glucose ($C_6H_{12}O_6$) were burned to collect the same 1 ounce of CO_2 , one might naively have expected in 1783 that 26.86 ounces of ice would be melted. However, we know that formation of 0.41 ounces of H_2O would accompany the 1 ounce of CO_2 formed in glucose combustion. The extra heat from formation of water added to the heat from formation of carbon dioxide would melt 31.89 ounces of ice.
- (75) Poirier, op. cit., pp. 140–144.
- (76) Partington 1962, op. cit., pp. 325–338.
- (77) Partington 1962, op. cit., pp. 471–479.
- (78) I am grateful to Professor Marco Beretta for supplying these images.
- (79) L. R. Gottschalk, *Jean Paul Marat—a Study in Radicalism*, Benjamin Blom, New York, 1927.
- (80) C. D. Conner, *Jean Paul Marat—Scientist and Revolutionary*, Humanity Books, Amherst, 1998.

- (81) *The New Encyclopedia Britannica*, Encyclopedia Britannica, Inc., Chicago, 1986, Vol. 7, pp. 813–814.
- (82) J. -P. Poirier, *Lavoisier—Chemist, Biologist, Economist*, University of Pennsylvania Press, Philadelphia, 1993, pp. 110–112.
- (83) Gottschalk, op. cit., pp. 4–5. See also Conner's spirited defense of Marat's medical training—Conner, op. cit., pp. 33–34.
- (84) Poirier, op. cit., p. 428.
- (85) [J. P.] Marat, *Recherches Physiques sur le Feu*, chez C. Ant. Jombert, Paris, 1780.
- (86) Marat, op. cit., pp. 17–21.
- (87) Gottschalk, op. cit., pp. 1–31.
- (88) *The New Encyclopedia Britannica*, op. cit., Vol. 19, pp. 483–502.
- (89) Poirier, op. cit., pp. 328–333.
- (90) Poirier, op. cit., p. 159.
- (91) Poirier, op. cit., p. 196.
- (92) Poirier, op. cit., p. 329.
- (93) Poirier, op. cit., p. 1.
- (94) Poirier, op. cit., p. 330.
- (95) P. Weiss, *The Persecution and Assassination of Jean-Paul Marat as Performed by the Inmates of the Asylum of Charenton Under the Direction of the Marquis De Sade*, English version By Geoffrey Skelton, Atheneum, New York, 1965.
- (96) Weiss, op. cit., pp. 41–42. Copyright Suhrkamp Verlag Frankfurt am Main 1964. Permission to reprint English version (ISBN 0-7145-0361-4) courtesy Marian Boyars Publishers, London (UK) 1965.
- (97) C. C. Gillispie (Editor-in-Chief), *Dictionary of Scientific Biography*, Vol. VII, Charles Scribner's Sons, New York, 1973, pp. 584–593. His full name, for the record, was Jean Baptiste Pierre Antoine de Moncet de Lamarck.

- (98) D. S. Neff and R. M. Cohen, *The Sports Encyclopedia: Baseball*, St. Martin's Press, New York, 1989.
- (99) P. Dickson, *Baseball's Greatest Quotations*, HarperCollins Publishers, New York, 1991, p. 427.
- (100) J. B. Lamarck, *Recherches sur les Causes des Principaux Faits Physiques*, Tome Premier, Chez Maradan, 1794, pp. 198–204.
- (101) J.-P. Poirier, *Lavoisier—Chemist, Biologist, Economist* (R. Balinski, transl.), University of Pennsylvania Press, Philadelphia, 1993, pp. 346–369.
- (102) Poirier, op. cit., pp. 220–221.
- (103) Poirier, op. cit., pp. 192–197.
- (104) J. R. Partington, *A History of Chemistry*, Macmillan & Co., Ltd., London, Vol. 3, 1962, pp. 484–487.
- (105) A. Greenberg, *A Chemical History Tour*, John Wiley & Sons, New York, 2000, pp. 143–146.
- (106) Poirier, op. cit., pp. 336–345.
- (107) Poirier, op. cit., pp. 328–335.
- (108) The author is grateful to Dr. Jean-Pierre Poirier for supplying a copy of Hassenfratz's letter.
- (109) Poirier, op. cit., pp. 1–3.
- (110) C. Djerassi and R. Hoffmann, Oxygen, Wiley-VCH, Weinheim, 2001. I am grateful for permission from Professor Djerassi and Professor Hoffmann to use this section from their play and for their helpful comments.
- (111) Djerassi, op. cit., pp. 42–45.
- (112) R. Hoffmann, *American Scientist*, Vol. 90, No. 1 (Jan–Feb. 2002), pp. 22–24.
- (113) Poirier, op. cit., pp. 154–159.
- (114) Poirier, op. cit., pp. 23–28, 115–116, 166–170.
- (115) Poirier, op. cit., p. 120.

- (116) P. Laszlo, *Salt: Grain of Life*, Columbia University Press, New York, 2001.
- (117) Poirier, op. cit., pp. 170–173.
- (118) Poirier, op. cit., pp. 241–245.
- (119) Poirier, op. cit., pp. 272–273.
- (120) Poirier, op. cit., pp. 333–335.
- (121) Poirier, op. cit., pp. 381–382.
- (122) My father, Murray Greenberg, suggested this essay.
- (123) R. Hoffmann and V. Torrence, *Chemistry Imagined—Refactions on Science*, Smithsonian Institution Press, Washington, DC, 1993, pp. 82–85.

دولة ناشئة ونظرية ناشئة

(١) «من المؤسف أن عدداً قليلاً للغاية من الكيميائيين يعملون في الصباغة، وعدداً قليلاً من العاملين في الصباغة بارعون في الكيمياء»

سادت روح مبادرة جريئة، لكنها عملية، بين سكان الولايات المتحدة الأمريكية الناشئة، وتجسدت في الفيزيائي الشاب السابق لعصره جون بينينجتون. كان بينينجتون أحد طلاب د. بنجامين راش بجامعة بنسلفانيا، ومعاصراً للدكتور كاسبر ويستار، وأنهى دراسته للطب في إدنبرة؛ حيث كتب ما يلي إلى معلّمه السابق في عام ١٧٩٠:

للأسف يا سيدي العزيز، لقد يئست من لقاء شخص مثل راش أو ويستار هنا؛ فهذه ليست طبيعة الأساتذة في إدنبرة، أن يأخذوا بيد الباحث الشاب، ويرافقوه على طريق المعرفة الحقة؛ فالغرور والتحفظ يسودان بين الأساتذة، والتکاسُل والخلاعة يسودان بين أغلبية الطلاب؛ ولافتقاري إلى «الصحبة الملائمة»، لجأت حتى الآن إلى الكتب والتمشية بمفردي. باختصار، أنا لا أجد هنا أي شيء يمكن له أن يُفسِّد وطنيني.

في عام ١٧٨٩، وهو في العشرين من عمره، أسس بينينجتون، في فيلادلفيا، أول جمعية كيميائية في أمريكا^{٤,٣,٢} (ولعلها الأولى في العالم)،^٣ وألف أول كتاب أمريكي في الكيمياء، «مقالات في الكيمياء والاقتصاد» (انظر الشكل ١-٦)،^{٦,٥} وهو عمل نال استحسان توماس جيفرسون.^٧ استمرّت جمعيته الكيميائية لفترة وجيزة، وخلفتها الجمعية الكيميائية لفيلادلفيا، التي تأسست في عام ١٧٩٢ (وكان الطبيب د. جيمس وودهاوس أول رئيس لها).^{٣,٢} وفي عام ١٧٩٣، كان أحد الستة المؤقّعين على تصديق على عملية هوبلنز لتصنيع

فن الكيمياء

C H E M I C A L
A N D
E C O N O M I C A L E S S A Y S ,
D E S I G N E D t o I L L U S T R A T E
THE CONNECTION BETWEEN THE THEORY AND PRACTICE
OF CHEMISTRY, AND THE APPLICATION OF
THAT SCIENCE TO SOME OF THE ARTS
AND MANUFACTURES OF
T H E
UNITED STATES OF AMERICA.

"IT IS A pity so few CHEMISTS are DYERS, and so few DYERS
CHEMISTS."

BY JOHN PENINGTON.

P H I L A D E L P H I A:

PRINTED BY JOSEPH JAMES.
M, DCC, XC.

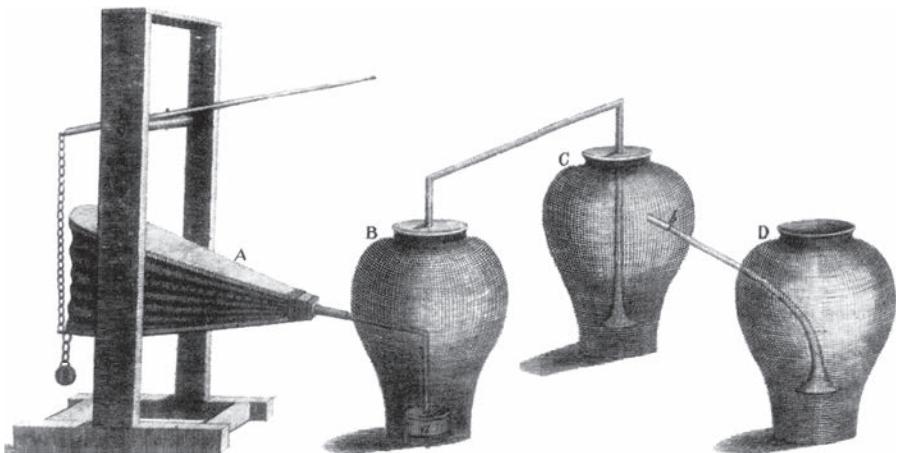
شكل ١-٦: صفحة العنوان لأول كتاب دراسي في الكيمياء نُشر في الولايات المتحدة، بدلاً من استخدام خلاصة أو كُتيب، أو ترجمة لنصٍ أجنبي، أو إعادة طباعته. نشر مؤلفه السابق لعصيره جون بينينجتون، من فيلادلفيا، هذا الكتاب عندما كان في الحادية والعشرين من عمره. وكان في العام السابق قد أسس أول جمعية كيميائية في الولايات المتحدة. تربَّ بينينجتون طبيعياً تحت إشراف بنجامين راش في جامعة بنسلفانيا، وتُوفي وهو في الخامسة والعشرين من عمره، في أثناء وباء الحمى الصفراء في عام ١٧٩٣ بينما كان يكافح لإنقاذ الأرواح.

البوتاسيوم (KOH) وكربونات البوتاسيوم (K_2CO_3)، التي بفضلها حصلت الولايات المتحدة على أول براءة اختراع.^١

يتسم كتاب «مقالات في الكيمياء والاقتصاد» بأنه كتاب ذو طابع حيوى، ويُمكن تبُّين مثال على طابعه هذا في مقارنته التصويرية بين «الكيميائي العملي» و«المنظر البحث»، التي لا تزال مُحتفظة بقدرٍ من صداتها حتى عصرنا الحالى:⁸

ينتمي علماء الكيمياء أنفسهم إلى فنتين كبارتين ومتميزتين ليس بينهما، مع الأسف، أي ارتباط؛ قد نضع في إحداهما أولئك الذين يُجرون عدداً كبيراً من العمليات باستخدام الحرارة والمزج، دون حتى معرفة الأساليب الثانوية للأثار الناتجة، ويُسمى هؤلاء الكيميائيين العمليين، مثل عمال الصباغة الذين لا يمكنهم تفسير أو إدراك لماذا يجب استخدام الشبة، على سبيل المثال، في عملهم؛ أو لماذا يجب أن تُنتج العفقة وكبريتات الحديد الثنائي صبغةً سوداء. ويُشيد بهؤلاء أيضاً الدباغين الذين لا يمكنهم تفسير تأثير لحاء البلوط على الجلود الخام. وبالمثل ثمة كثيرٌ من الصيادلة الذين يستطيعون تركيب حمض النيتريك وغيره، لكنهم لا يعرفون شيئاً عن الأساس المنطقي للعملية. أما الفئة الأخرى، فتتمثل في المنظر البحث، الملم جيداً بـ«آثار الحرارة والمزج» على الأجسام كافة، ويمكنه تفسيرها جميعاً، لكنه لا يلوث أصابعه أبداً بقطعة من الفحم، أو لم يضطرّ قط إلى كسر بوقته. يمكن لمثل هذا الكيميائي أن يخبرنا، على نحوٍ مثير للإعجاب، بكيفية حدوث التغيرات في اللون عند الصباغة، لكنه لن يستطيع صُنعها بنفسه؛ ويستطيع تفسير تأثير لحاء البلوط على المواد الحيوانية، دون أن يسبق له استنشاق رائحة ساحة مواد الدباغة مطلقاً؛ ويمكنه شرح نظرية صُنع حمض النيتريك والعملية المستخدمة فيه، لكن ربما لو حاول تطبيقها، قد يستغرق ساعتين في إشعال النار في فرنه، ويكسر جهاز التقطير الخاص به، ويَخنق نفسه بالأدخنة.

يُصوّر الشكل ٢-٦، المأخوذُ من كتاب بينينجتون،⁹ جهازاً يُمثل مزيجاً مدهشاً من الأوعية الكيميائية (هي في الواقع أوانٌ خففية عبارة عن جرار زيت سعتُها ٣٠ جالوناً تتصل بأنابيب من الرصاص)، والمناخ المستخدم عادةً في ورشة الحداد. وكان الغرض من هذا الجهاز هو إنتاج حمض الكبريت. قبل هذا بأكثر من عشر سنوات، أحرق لافوازيه الكبيرت في وجود الأكسجين في وعاء مغلق باستخدام عدسة مُكبّرة قوية، وجمع حمض الكبريت الذي نتج عن هذا. ومع ذلك؛ نظرًا لأن كميات صغيرة من الغاز تشغل



شكل ٢-٦: الكيمياء الأمريكية ما بعد الاستعمار - مزيج رائع من ورشة الحداوة والمزرعة والمخبر. يصور الشكل جهازاً أمريكياً قديماً (١٧٩٠) لإنتاج حمض الكبريتيك يتكون من ثلاثة جرار تبلغ سعة الواحدة منها ٣٠ غالوناً، يربطها أنبوب من الرصاص وتتصل بمنفخ (من كتاب بينينجتون، «مقالات في الكيمياء والاقتصاد»، انظر الشكل ١-٦).

مساحات كبيرة، لا يمكن إنتاج إلا كميات قليلة للغاية من حمض الكبريتيك في أوعية عملية الاستخدام على هذا النحو. بدلاً من ذلك، يمكن استخدام نترات البوتاسيوم بوصفها مصدراً عالي الكثافة للأكسجين، لكنه باهظ التكلفة للغاية. ويمثل جهاز بينينجتون الهجين نوعاً من مفاعلات التدفق وليس مفاعلاً دفعياً؛ نظراً لأنه يدخل كاشفاً جديداً للأكسجين باستمرار في التفاعل. ويُشير بينينجتون إلى الجهود الهائل المطلوب من أجل دفع المنفخ، ويقترح إدخال تعديل بحيث يواصل جهاز تقطير صغير من الحديد تمرير البخار إلى الوعاء B (وكان قد أخطأ في التعبير وقال إنه الوعاء C)، من أجل توفير مصدر مستمر للضغط من أجل مساعدة المنفخ.⁹

بدأ د. بينينجتون الذي اخترع طريقة لحفظ اللبن بالحرارة (قبل البسترة)، ممارسة الطب في فيلادلفيا في عام ١٧٩٢، وأصيب في عام ١٧٩٣ بوباء الحمى الصفراء الذي حصد أرواح خمس سكان المدينة، واستمر في الاعتناء بالمرضى حتى توفي هو أيضاً.⁶ وكان في الخامسة والعشرين من عمره.

(٢) رؤيتان قدیمان: الأكسدة دون أكسجين، والنساء بوصفهن علامات قويات

بدأت الجمعية الكيميائية في فيلادلفيا عملها في عام ١٧٩٢ وخلفتها الجمعية الكيميائية الكولومبية في عام ١٨١١.^{١٠} لم يتبق سوى بضعة آثار قليلة من الجمعية الأولى، لكنَّ ثمة نسخاً معروفة^{١١} من الخطاب السنوي الذي ألقاه توماس بي سميث في ١١ أبريل عام ١٧٩٨ (الشكل ٣-٦).^{١٢} كان سميث الذي كان يبلغ من العمر ٢١ أو ٢٢ عاماً فقط آنذاك، عضواً في لجنة النترات بالجمعية.^{١٣} نشرت اللجنة إعلانات في الصحف تطلب فيها من المواطنين تقديم أي معلومات لديهم عن النتر، وهو أحد مكونات البارود، عبر رسائل بريدية (مع ملاحظة أنها «خالصة الرسوم البريدية») إلى السيد سميث على ١٩ شارع نورث فيفت، أو إلى أحد أعضاء اللجنة الأربعة الآخرين، بمن فيهم رئيس الجمعية د. جيمس وودهاوس (١٣ شارع شيري).^{١٤}

لعلَّ أحد الجوانب الممتعة في خطاب السيد سميث الشاب، أنه قد تجاهل بأدب وكىاسة توقعات الجمعية بأنه «سيحوي الاكتشافات كافة التي حدثت في علم الكيمياء خلال العام الماضي»،^{١٥} وقدَّم، بدلاً من ذلك، عرضاً موجزاً رائعاً للتاريخ الثورات الكيميائية حتى نهاية القرن الثامن عشر. غير أننا سنركز بإيجاز على تكهُّنِي ذكرَهما قُرب نهاية خطبته.

بالنسبة للأول؛ فقد لُخِّصَ سميث في إيجازٍ نظريٍّ لفوازيره عن الاحتراق:

- (١) لم يُعرفْ قط أن الاحتراق يُمكن أن يحدث دون وجود الأكسجين.
- (٢) في كل احتراق «معروف» يحدث امتصاص للأكسجين.
- (٣) تحدث زيادة في وزن نواتج الاحتراق تساوي وزن الأكسجين المُمتص.
- (٤) في كل حالات الاحتراق ينبعث الضوء والحرارة.

ويطرح بعد ذلك سؤالاً بسيطاً، ولكنه مُبتَكِر: «هل علينا استنتاج أنه لمَّا كانت المواد التي تتحرق بسهولة في وجود الأكسجين لا تتحرق في وجود أي غاز آخر، فلن يُعثر على أي مواد تحترق في وجود غازات أخرى؟»

في الواقع، كان ثمة غاز آخر معروفٌ بهذه الموصفات، لكنَّ أسيء فهمه؛ فقد عزل شيله غاز الكلور في عام ١٧٧٣، عن طريق إذابة البيرولوسيت (MnO_2) مع روح الملح البارد (أو حمض الهيدروكلوريك).^{١٦} علم شيله أن البيرولوسيت كان «منزوع الفلوجستون»

فن الكيمياء

S K E T C H

OF THE

R E V O L U T I O N S

IN

C H E M I S T R Y

BY THOMAS P. SMITH.

PHILADELPHIA:
PRINTED BY SAMUEL H. SMITH.
No. 118, Chestnut street.
MDCCLXCVIII.

شكل ٣-٦: صفحة العنوان لمحاضرة توماس بي سميث أمام الجمعية الكيميائية في فيلادلفيا في ١١ أبريل عام ١٧٩٨. جُرُؤ السيد سميث، السابق لعصره، على تخيل عالم من الإسهامات العلمية لكيميات من النساء، ووسع نطاق مفهوم الأكسدة ليشمل (على نحو صحيح، كما أتَّضح سريعاً بعد ذلك) الأكسدة بغازات أخرى خلاف الأكسجين.

(أي إنه عامل أكسدة جيد)، ومن ثم اعتبر منطقياً أن الكلور هو حمض هيدروكلوريك منزوع الفلوجستون.¹³ واكتُشف فيما بعد أنه يُعزّز توهج فتيل الشمعة أفضل من الهواء، وينفجر مع الهيدروجين عند إشعاله بفتيل شمعة، ويعمل على احتراق الفوسفور، والأمونيا، والبزموت، والأنتيمون، ومسحوق الزنك وغيرها من المعادن النشطة.¹⁴ غير أن

لافوازييه قال إنَّ الأحماض كافة تحتوي على الأكسجين (كلمة أكسجين تعني «مكوٌّن الحمض»)، وأطلقت المدرسة الفرنسية على الكلور (Cl_2) اسم «حمض هيدروكلوريك متأكسد». لاحظ الاتساق التام إلى حدِّ التطابق بين تسمية شيله ولافوازييه للكلور: «متأكسد» = «منزوع الفلوجستون». ولما كان حمض الكبريتิก والأحماض المشابهة له تُطلق الأكسجين من البيروفلوسيت، لم تكن فكرة فقدان البيروفلوسيت لحتواه من الأكسجين لحمض الهيدروكلوريك بعيدةً الاحتمال. ظلت رؤية لافوازييه سائدة، إنْ كانت قد خضعت للشك من الأساس، حتى ثبَّت همفري ديفي بعد نحو ٣٠ عاماً أنَّ الكلور لا يحتوي على أيَّ أكسجين؛ ومن ثمَّ كان عنصراً نقِيّاً؛ وهي رؤية أقرها بيرزيليوس أخيراً في عشرينيات القرن التاسع عشر.¹⁵ إنَّا كان سميَّث الشابُ محقّاً؛ فثمة احتراق يحدث دون وجود الأكسجين. وبعد مائة سنة أخرى، تعرُّض غاز الفلور — المعروف بـ«تيرانوصور»¹⁶ أو «شيطان تسمانيا»¹⁷ العناصر — للعزل، واتَّضح أنه يُعزَّز الاحتراق التلقائي القوي، أو حتى الانفجاري، بل إنه أقرب شبَّها بالهيدروجين منه بالأكسجين، كما أنه يُحرِّر غاز الأكسجين من الماء بالإضافة إلى كثير من الحرارة:



يقرب سميَّث من ختام سرده الموجز لتاريخ الكيمياء كما يلي:^{18.12}

سأُعرفكم الآن على آخر وأروع ثورة حدَّثت في الكيمياء. حتى الآن رأينا هذا العلم تحت سيطرة الرجال كلياً؛ أما الآن فنحن بصدور رؤية سيداتٍ يُؤكِّدن مطالبهنَّ الشروعة، رغم تجاهلها لوقت طويل، بالمشاركة في المتع المستمدَّة من اكتساب معرفة بالكيمياء؛ فقد ثبَّتت بالفعل مدام داسييه والسيدة ماكولي مكانتهما في النقد والتاريخ. وقدَّمت السيدة فولهام الآن مطالبَ جريئةً بالعمل في مجال الكيمياء حتى إنه لم يُعد بإمكاننا حرمان هذا الجنس من ميزة المشاركة في هذا العلم أيضاً.¹⁹ وما عسانا ألا نتوقعه من صعود مثل هذه المواهب؟ وإلى أي مدى سوف يتراجع الأفق المعرفي أمام جهودنا الموحدة؟ وما كُم المتعة غير المحدودة التي يمكننا توقعها من خوض غمار هذا العلم برفقة هذه الصحبة؟

(الليست هذه نبوءةً بظهور ماري وببير كوري بعد ١٠٠ عام من عصره؟)

تُوفي سميث جراء حادث إطلاق نيران عَرَضي مؤسف في عام ١٨٠٢، في رحلة عبر المحيط إلى أوروبا؛ حيث كان يفترض به أن يواصل دراساته في الكيمياء وعلم المعادن.^{١١،١٠} وكان، مثل د. جون بينينجتون، لم يتجاوز الخامسة والعشرين من عمره عند وفاته.

(٣) حصرياً! أول صور مطبوعة لجزيئات دالتون

ثمة أشياء توجد بأجسام صلبة وأبدية، وهي الأشياء التي ثبتت أنها مصدر الأشياء و بدايتها، ومنها خلقت كل الأشياء الموجودة حالياً.^{٢٠}

يوجد إذاً فراغ، مجرد مساحة فارغة ولا يمكن لمسها. ولو لم تكن هذه المساحة موجودة، لما تسنى للأشياء بأي حال أن تتحرك؛ إذ ستكون وظيفة الجسم، المتمثلة في التعدي والعرقلة، تحاصر الأشياء كافة في كل وقت؛ ومن ثم لا يمكن لشيء أن يتقدم؛ نظراً لعدم وجود شيء يمكنه أن يضرب مثلاً للتخلص عن المكان.^{٢١}

لكن في الحقيقة، نظراً للجمع بين عوامل ثبات العناصر الأولى على نحو مُتبادر، وكون مادتها أبدية ... لا يرث شيء واحد إلى لا شيء، بل تعود كل الأشياء عن طريق الذوبان إلى الأجسام الأولى للمادة.^{٢٢}

هكذا تحدث إلينا الشاعر اللاتيني لوكريتيوس، منذ ألفي عام، في قصيدته «طبيعة الأشياء» مبرراً:

- (١) كون الذرات «البذور» الأساسية وغير القابلة للتلف للمادة.
- (٢) وجود، أو في الواقع ضرورة وجود، مساحة فارغة (الفراغ أو الفضاء).
- (٣) قانون بقاء المادة.

قبل حصول لوكريتيوس على نصيب من «جوائز نobel بأثر رجعي»^{٢٣} في الكيمياء، والفيزياء، والأدب، علينا الاعتراف بأن هذه كانت فرضيات فلسفية بحتة؛ فلم تُختبر أبداً فرضيات علمية عملياً. وقد لخصت قصيدة لوكريتيوس الملحمية آراء الفلسفه الإغريق القدماء، منهم ديموكريتوس، وليوكيبيوس، وإباقور (انظر تعليق روبرت بويل الساخر، [الجزء الرابع: الثورتان الفرنسيتان، القسم الثاني: شكوك عالم حول «آراء الكيميائية للسوق»]).

نُشرت نظرية شبه علمية مبكرة عن الجسيمات أو الذرات على يد دانيال سنيرت (١٥٧٤-١٦٣٧)، أستاذ الطب بجامعة فيتبرج في عام ١٦١٨.²⁴ وأسس الفيلسوف الفرنسي رينيه ديكارت (١٥٩٦-١٦٥٠) الهندسة التحليلية، لكن إسهاماته في علم الفيزياء والكيمياء لم تكن ذات شأن؛²⁵ فقد اعتقد في وجود جسيمات أساسية تشبه الذرة تحتشد معًا بحيث لا يحتوي الكون على أي فراغات (الطبيعة تكره الفراغ)، فكل الحركة في الكون لا بد أن تكون متسبة في شكل «شبكة كونية مغلقة». على النقيض من ذلك، كانت آراء بيير جاسendi (١٥٩٢-١٦٥٥)،²⁶ وهو عالم كلاسيكي درس إبيقور واعتقد المفهوم الإبيقوري عن الذرات والفراغات، بديلاً عن الحيز الديكارتي. فقد توصل جاسendi إلى حجة علمية راسخة تؤيد الوجود الفعلي للفراغ والخواص في بارومتر (مقياس الضغط الجوي) تورتشيلي، الذي اخترعه في عام ١٦٤٣.

قدَّم روبرت بويل وإسحاق نيوتن، اللذان كانا من أشد أنصار الخيماء، نظريةً جُسيميةً للمادة. وجدير بالذكر أنه نظراً لإيمانهما بأن الرصاص يمكن أن يتحول إلى ذهب، فلا يمكن أن تُوجَد جسيمات ذهب أو رصاص «فريدة»؛ فقد كانت آراؤهما متأثرةً بجاسendi.²⁷

أظهر قانون بويل (١٦٦٢) أنه إذا تمدد غازٌ ما، على سبيل المثال، إلى ثمانية أضعاف حجمه، فإن ضغطه يتَنَخَّض بمعامل قدره .٨. ووُجِد أيضًا أن كثافته تَنَخَّض بمقدار .٨. والآن، قد يتصور المرء أن «تحفييف» «سائل ديكاري» يمكن أن يُقلل كثافته من خلال توسيع الحيز التسلسلي الذي تشغله «ذراته». غير أن تفسير انخفاض الضغط باستخدام هذا النموذج أمرًا أكثر صعوبة. بدلاً من ذلك، يمكن لنموذج تخيل تكون الغاز من «جسيمات» فرديةٍ منفصلةٍ في المكان، تفسِّرُ مثل هذه السلوكيات في إطار فيزياء نيوتن؛ ومن ثم يحيي الغاز المخلخل، في المتوسط، مساحة أكبر بين جسيماته. في عام ١٦٨٧، حاول نيوتن شرح قانون بويل من خلال افتراض وجود تناُفَر بين الجسيمات الصلبة في السائل الغازي،²⁸ ومن خلالربط هذا التناُفَر بقوة الطرد المركزي، تنبأ بأنه سيكون مُتناسبًا عكسياً مع المسافة بين مراكز الذرات؛ ومن ثم كان انخفاض الضغط في الغاز نتيجةً لانخفاض التناُفَر بين الجسيمات التي أصبحت الآن أكثر انفصالاً. ومثلما لم يُحاول نيوتن تفسير طبيعة قوة الجاذبية التي تجذب الأجسام إلى الأرض، لم يُحاول كذلك فهم مصدر قوة التناُفَر الغامضة هذه بين الذرات.²⁸

نشأت أقدم نظرية ذرية لجون دالتون في عام ١٨٠١، وكانت ذات طبيعية فيزيائية بحثة.²⁹ ارتكَّت هذه النظرية على قانون بويل وقانونه للضغط الجزئي

(انظر المقال التالي)، بيد أن إنجازه الأساسي بحق، الذي حدث في عام ١٨٠٣، تمثل في صنع النموذج الحديث الذي يربط كل شيء نعرفه الآن عن الكيمياء معاً. وقد كان قانون دالتون للذرات ذروة الثورة الكيميائية التي حدثت خلال العقود الثلاثة المنصرمة.^{31,30} توحّي قصيدة لوكريتيوس بأن قانونبقاء المادة كان معروفاً طوال ألفيَّن على الأقل. وقد كان بالتأكيد افتراضًا علميًّا أساسياً في أثناء الثورة العلمية، غير أن لفوازيه كان من اقترح فكرة أنه إن لم يكن بالإمكان حساب كتلة كل المواد في التفاعل الكيميائي، فلا يمكن للمرء أن يحاول حتى فهمها. ومما حظي بأهمية أيضاً وضع ريختر لداول المتكافئات، ومفهومه عن حساب العناصر المتفاعلة، وقانون بروست للنسب الثابتة، الذي نجا بنجاح من مُناظرته مع برتوليه.³² وقد اشتمل ما دونه دالتون في مذكرته في ٦ سبتمبر عام ١٨٠٣ (في عيد ميلاده السابع والثلاثين) على أول رموز مرسومة لذراته وأوزانها النسبية.³⁰

حصل توماس تومسون³³ على درجة الدكتوراه في الطب من إدنبرة في عام ١٧٩٩؛ حيث استمد إلهامه من جوزيف بلاك. وبدءاً من عام ١٨٠٠ ألقى محاضرات في الكيمياء في إدنبرة، ونشر الطبعة الأولى من كتابه الشامل «نظام الكيمياء» في عام ١٨٠٢. زار تومسون دالتون في عام ١٨٠٤، واتبع نظريته الذرية بحماس. ومن المثير للاهتمام أن أول تصريح منشور عن نظرية دالتون قد ظهر في الطبعة الثالثة (١٨٠٧) من أطروحة تومسون الكيميائية ذات المجلدات الخمسة.³⁴ ونشر كتاب دالتون «الفلسفة الكيميائية» في العام التالي.^{31,30} ومن المثير أن نقرأ تعليقات تومسون المذهبة والمبدئية، ونرى أول صور مطبوعة للذرات كما ظهرت في كتابه (الشكل ٦-٤):³³

ليس لدينا طريقة مباشرة للتحقق من كثافة ذرات الأجسام؛ لكن السيد دالتون،
الذي لا تعتبر براعته وحصافته الاستثنائيتان أمراً غريباً على عالم الفلسفه،
ابتكر مؤخراً فرضيةً، إن ثبتت صحتها، ستمننا بطريقة بسيطة للغاية للتحقق
من هذه الكثافة بدقة كبيرة.

اقتصر دالتون الكويكري مبدأ «البساطة القصوى»؛ ومن ثم افترض، على سبيل المثال، أن الماء مكون من ذرة واحدة من كل من الأكسجين والهيدروجين، وأن الأمونيا تتكون من ذرة واحدة من كل من النيتروجين والهيدروجين (انظر الشكل ٦-٤). وقد أدى هذا إلى ظهور قيم للأوزان الذرية في عام ١٨٠٣ قد نراها حالياً شاذة³⁰ (على سبيل المثال،

Mr Dalton's permission, to enrich this Work with a short sketch of it*. Chap. II.

The hypothesis upon which the whole of Mr Dalton's notions respecting chemical elements is founded, is this: When two elements unite to form a third substance, it is to be presumed that *one* atom of one joins to *one* atom of the other, unless when some reason can be assigned for supposing the contrary. Thus oxygen and hydrogen unite together and form water. We are to presume that an atom of water is formed by the combination of *one* atom of oxygen with *one* atom of hydrogen. In like manner *one* atom of ammonia is formed by the combination of *one* atom of azote with *one* atom of hydrogen. If we represent an atom of oxygen, hydrogen, and azote, by the following symbols,

Oxygen.....○
Hydrogen....○
Azote.....①

Then an atom of water and of ammonia will be represented respectively by the following symbols:

Water.....○○
Ammonia...○①

But if this hypothesis be allowed, it furnishes us with a ready method of ascertaining the relative density of those atoms that enter into such combinations; for it has been proved by analysis, that water is composed of

* In justice to Mr Dalton, I must warn the reader not to decide upon the notions of that philosopher from the sketch which I have given, derived from a few minutes conversation, and from a short written memorandum. The mistakes, if any occur, are to be laid to my account, and not to his; as it is extremely probable that I may have misconceived his meaning in some points.

شكل ٦-٤: على الرغم من أن جون دالتون وضع نظرية ذرية فيزيائية في عام ١٨٠١ ووسع نطاقها إلى مجال الكيمياء في عام ١٨٠٣، فإنه لم ينشر نظريته حتى عام ١٨٠٨. ومع ذلك، كان توماس تومسون في جامعة إدنبرة من أوائل المؤيدين لنظرية الذرية، وبإذن من دالتون نشرت أول مناقشة مطبوعة لها في عام ١٨٠٧ (انظر كتاب «نظام الكيمياء» الطبعة الثالثة، لندن، ١٨٠٧).

«الأزوت» أو النيتروجين = ٢، والأكسجين = ٥، والأكسجين = ٤، بينما يفترض بالهيدروجين أنه = ١.). غير أن دالتون كان مدركاً أيضاً أن «حمض الكربونيك» يحتوي على أكسجين يُساوي وزنه ضعف وزن الكربون مقارنة بـ «أول أكسيد الكربون» المكتشف حديثاً.^{٣٥} وكانت ثمة

اكتشافات مشابهة في حالة أكسيد النيتروجين.³⁰ ومن ثم، كان قانون النسب المتضاعفة هذا (على سبيل المثال CO_2 في مقابل CO)، الذي وضعه دالتون، نتيجةً طبيعيةً واضحةً لنظريته الذرية.

(٤) جزيئات الماء في الغلاف الجوي وندى الصباح

ظلّ جون دالتون³⁶ يسجل قياسات الغلاف الجوي طوال حياته العلمية الطويلة وفي الساعة السادسة صباح يوم ٢٧ يوليو عام ١٨٤٤، دون آخر ملحوظة في مذكرته — «قليل من المطر في هذا اليوم» — بيدٍ ضعيفةٍ قُبيل وفاته مباشرةً.³⁷ وقد قاده هذا الاهتمام الذي استمرَ طوال حياته إلى محاولة فهم وجود بخار الماء في الهواء (لماذا لا يتكتَّف ببساطة؟) وكان ثمة لغز آخر يتمثل في السبب وراء التجانس التام للهواء؛ فلماذا لا ينفصل مكوّن الأكسجين الأكثر كثافة عن غاز النيتروجين الأخف وزناً والأكثر وفرة؟ هل يرجع هذا إلى تكوين هذين الغازين مركباً ضعيفاً بنسبة ١٠٤:٤ عُرضة لاستبدال النيتروجين فيه بمواد أكثر تفاعلاً، مثل المعادن أو الهيدروجين، التي تحمل تشابهاً أكبر بينها وبين الأكسجين؟

قبل عقدٍ من إعلانه عن نظريته الذرية، اكتشف دالتون أن مقدار (ضغط) بخار الماء في الهواء، أو الذي يتكون في فراغ، يعتمد فقط على درجة حرارة الماء السائل في التوازن الكيميائي³⁸ (وضع دالتون أيضاً مفهوم نقطة الندى).³⁹ وأوحى هذا بأن بخار الماء لا يشكل مركباً كيميائياً مع الهواء (وإلا، لماذا يدخل وعاءً فارغاً؟) وأوحى أيضاً بأن ضغط بخار الماء ووجوده في حد ذاته كان مستقلاً تماماً عن أي غازات أخرى في الهواء. وفي عام ١٨٠١، سمحت دراساته التجريبية بإصدار بيان أكثر شمولاً عما نُطلق عليه قانون دالتون للضغوط الجزئية:³⁹

عند خلط مائتين مِرْنين، يُشار إليهما برمزي «أ» و«ب»، معًا لا يحدث تناقض متبادل بين جسيماتهما؛ أي لا تنفي جسيمات «أ» من جسيمات «ب»، كما يحدث فيما بينها؛ ومن ثم، ينشأ الضغط أو إجمالي الوزن الواقع على أي جُسيم فقط من الجُسيمات من نوعه.

ويمكننا صياغة هذا بالكلمات الحديثة كالتالي:

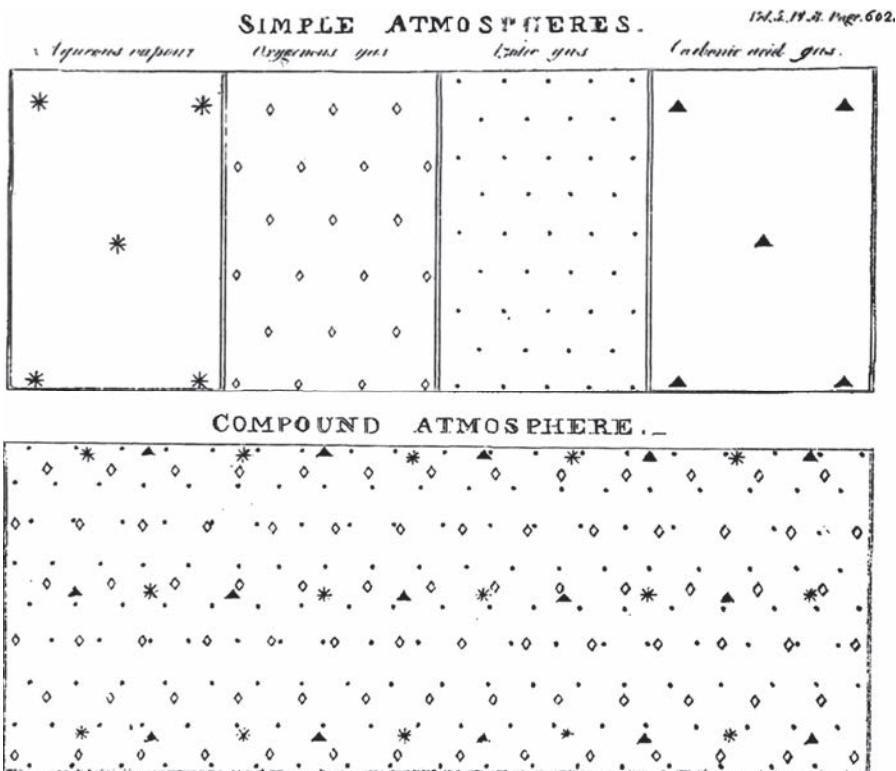
$$P_{ماء بخار} + P_{نيتروجين} + P_{أكسجين} = P_{الإجمالي}$$

إنها فكرة مُثيرة، وإن كانت غير واضحة للغاية؛ فلماذا قد تتفق «جسيمات» «أ» (النيتروجين، مثلاً) من جسيمات «أ» الأخرى، ولا تتنافر مع «جسيمات» «ب»، مثل جسيمات الأكسجين، التي تظل غير مبالغ بها؟

كانت نظرية دالتون الذريّة الأولى «نظرية فيزيائية». فنرى من خطابه الذي ألقاه في عام ١٨٠١^{٤٠}، وصفه لغازات الغلاف الجوي الأربع (الماء، والأكسجين، والنيتروجين، وحمض الكربونيك). يتنافر كل غاز على نحو مُنفصل، مع «الذرات» المشابهة له (الجزء العلوي من الشكل ٥-٦)، لكن «الذرات» المختلفة للغازات المختلفة لا ينفر بعضها من بعض، ولا يجذب بعضها بعضاً (الجزء السفلي من الشكل ٥-٦). ومع ذلك، قارن دالتون، الذي كان كويكرياً مُتواضعاً، نظريته بقانون الجذب العام لنيوتون^{٤٠} ولم تخُل هذه المقارنة من التواضع أيضاً. وبعد بضع سنوات، أدرك دالتون أن نظريته كانت تشرح حقائق كيميائية بالإضافة إلى الحقائق الفيزيائية.

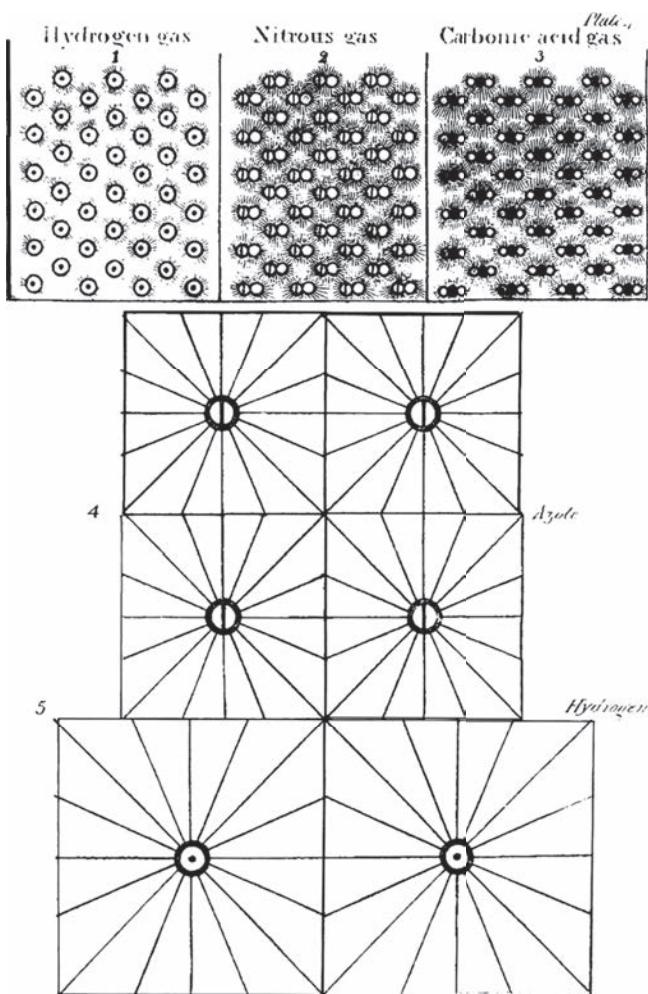
يجمع شرح دالتون بين نظرية السائل الحراري للافوازية ونظرية التناحر الميكانيكي لنيوتون، ثم يُضيف قدرًا من مكوّنه الخاص. أولاً: من المهم أن نتذكّر أن عنصر الأكسجين عند اتحاده مع أكسيد أو كلس معدني، يكون في حالته «المثبتة». وهكذا يكون «غاز الأكسجين» فعلياً، في رأي لافوازيه، «سِيَالاً حرارياً متأكسداً»؛ نظراً للحاجة إلى حرارة من أجل تحرير العنصر من كلسه. بالمثل، يُضيف الماء المغلي سِيَالاً حرارياً من أجل تكوين البخار. لاحظ، حسبيماً ورد في مقال سابق، كيف أن وصف لامارك التصويري المعاصر (الشكل ٢٧-٥) لتبرُّ الماء يضع «أغلفة» من السائل الحراري حول جسيمات الماء؛ حتى تزيد المسافة بينها، مما يُؤدي إلى انتقال هذه الجسيمات إلى المرحلة الغازية.

ظهرت صورة توضيحية «لتفسير» دالتون الذي لُشكّلة التناحر بين الجزيئات المشابهة في الجزء الثاني من كتابه «الفلسفة الكيميائية» (الشكل ٦-٦).^{٤١} يظهر في الجزء العلوي من الشكل «أغلفة» من السائل الحراري تحيط بالجزيئات الغازية. (ملحوظة: كان ثمة اعتقاد بأن غاز الهيدروجين أحادي الذرة). أما الجزء السفلي من الشكل، فيُظهر سبب تناحر الجزيئات المشابهة، مثل الأزوت (النيتروجين)، بعضها من بعض، بينما يوجد حياد مُتبادل بين الأنواع المختلفة من الجزيئات الغازية. نظراً لأنه عند درجة حرارة محددة يجب أن تُصبح أحجام السائل الحراري وأغلفته المحاطة بكل جزيئات غاز الأزوت المتساوية الأبعاد، تكون خطوط القوة مصطفةً بالكامل ويحدث



شكل ٦-٥: وصف تصويري لقانون دالتون للضغط الجزئي طبع في «سجلات جمعية مانشستر الأدبية والفلسفية» في عام ١٨٠٢. وفقاً لنظرية دالتون، تتناقض جسيمات غاز واحد من غازات الغلاف الجوي (مثل الماء، والأكسجين، والنيتروجين، وثاني أكسيد الكربون) وبعضاً من بعض، لكن ليس من جسيمات الغازات الأخرى؛ ومن ثم يمكن خلط الغازات (متراكبة)، كما في أسفل الشكل) دون حدوث أي تفاعل فيما بينها؛ وهكذا يختلط الغلاف الجوي بحرية، دون انفصالها في طبقات. انظر الشكل ٦-٦، الذي يصور محاولة دالتون الشرح هذه الظواهر.

التنافر.⁴² وينطبق الأمر ذاته على التنافر بين جزيئات الهيدروجين. غير أن مثل هذا الاصطدام لا يحدث بين الهيدروجين والأزوت؛ إذ تُوجَد في موضع مستقلة تماماً،

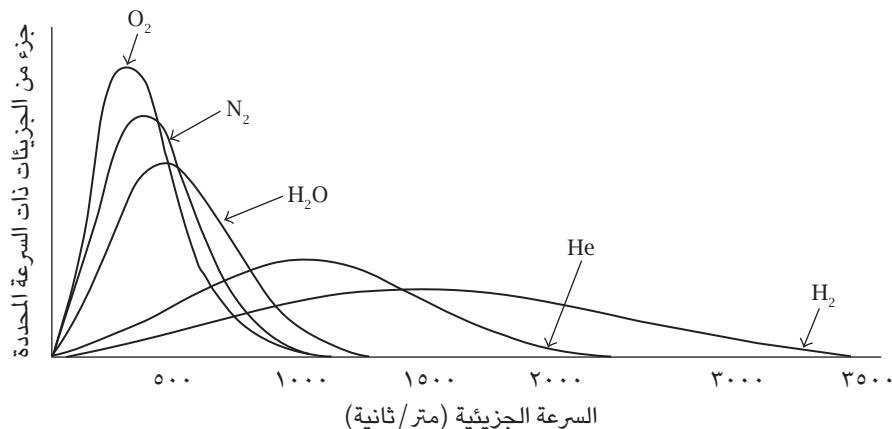


شكل ٦-٦: أشكال أغلفة السيال الحراري و«خطوط القوة» التي افترضها دالتون من أجل شرح سبب ضرورة نفور جزيئات الغاز المتماثلة بعضها من بعض، حتى تظلّ الغازات ذات الكثافات المختلفة مختلطة بدلاً من انفصالها إلى طبقات في الغلاف الجوي (من كتاب دالتون «نظام جديد للفلسفة الكيميائية»، الجزء الأول، مانشستر، ١٨٠٨).

وتكون لها إسهاماتها المستقلة في الضغط الإجمالي للمزيج. وقد كان تناافر «الذرات» المتشابهة بعضها من بعض، وعدم تناافر «الذرات» المختلفة، أمراً حيوياً بالنسبة إلى دالتون؛ نظراً لأن هذا كان من شأنه منع انفصال الغازات السائلة وتحولها إلى طبقات تُرتَّب وفقاً لكتافات الغازات.

لا يختلط الهواء على نحو متجانس على مستوى سطح البحر فحسب، بلـ من أن يتكون بالكامل أو في معظمـه من غاز الأكسجين الأكثر كثافة، بل إنَّ المزيج نفسه يوجد في طبقات مُرتفعة في الغلاف الجوي. وقد كان هذا معروفاً في الوقت الذي كان فيه دالتون يصوغ نظريته الذرية. وفي عام ١٨٠٤، طار جوزيف لوبي جاي-لوساك بمنطاد على ارتفاع ٢٢ ألف قدم تقريباً فوق باريس، وجمع عينتين من الهواء، اتضح أن لهما نفس تركيب الهواء الموجود عند سطح البحر.⁴³

نـحن نـعرف حالياً أن طبقات التربوـوسـفـير والـستـراتـوسـفـير والمـيزـوسـفـير، التي تمتد إلى نحو من ٦٠ إلى ٧٠ مـيلـاً فوق الأرض، لها التركيب الكـيمـيـائي المتـجانـس نفسه في الأساس.⁴⁴ فـيتـحرـكـ الأـكسـجيـنـ، والنـيـتروـجيـنـ، وبـخـارـ المـاءـ، وـبـغـيرـهـ من غـازـاتـ الغـلـافـ الجـويـ بـسـرعـاتـ⁴⁵ أقلـ بكـثـيرـ من السـرـعـةـ المـطلـوبـةـ للـهـرـوبـ منـ قـوـةـ جـاذـبـيـةـ الأرضـ [١١ كـيلـومـترـاـ/ـالـثـانـيـةـ أوـ ٢٢ أـلـفـ مـيلـ/ـالـسـاعـةـ]⁴⁶ إـنـ حـقـيقـةـ تـمـتـعـ هـذـهـ الجـزـيـئـاتـ الغـازـيةـ بـقـوـةـ جـذـبـ ضـعـيـفـةـ بـعـضـهاـ تـجـاهـ بـعـضـ عـلـىـ نـحـوـ لـاـ يـكـادـ يـدـكـرـ، وـالـنـزـعـةـ الطـبـيعـيـةـ نـحـوـ زـيـادـةـ الفـوـضـيـ (ـزـيـادـةـ الـإـنـتـرـوـبـيـاـ)ـ إـلـىـ أـقـصـىـ حـدـ، وـتـعـرـضـهاـ لـلـامـتـازـاجـ الدـائـمـ بـفـعـلـ الـرـياـحـ المـدـفـوعـةـ بـدـورـانـ الـأـرـضـ، تـضـمـنـ الـامـتـازـاجـ التـامـ لـغـازـاتـ الغـلـافـ الجـويـ. وـيـصـوـرـ الشـكـلـ ٦ـ٧ـ تـوزـيـعـاتـ سـرـعـةـ الجـزـيـئـاتـ الغـازـيةـ الـبـسيـطـةـ.⁴⁵ يـُظـهـرـ أـخـفـ غـازـينـ، وـهـمـاـ الـهـيـدـرـوجـينـ وـالـهـلـيـوـمـ، تـوزـيـعـاتـ مـخـتـلـفـةـ جـذـرـيـاـ مـقـارـنـةـ بـالـغـازـاتـ الـأـخـرـىـ فـيـ هـذـاـ الشـكـلـ. وـعـلـىـ الرـغـمـ منـ أـنـ مـتوـسـطـ سـرـعـاتـهاـ أـقـلـ بـكـثـيرـ منـ سـرـعـةـ الـهـرـوبـ منـ الـأـرـضـ، فـإـنـ «ـالـجـزـيـئـاتـ الشـانـدـةـ»ـ الـتـيـ تـتـحـرـّكـ بـأـقـصـىـ سـرـعـةـ سـتـهـرـبـ إـلـىـ الـفـضـاءـ، وـبـمـرـورـ الـوقـتـ تـضـيـعـ هـذـهـ الغـازـاتـ منـ الغـلـافـ الجـويـ لـلـأـرـضـ. وـعـلـىـ، فـإـنـ الـهـيـدـرـوجـينـ عـلـىـ الرـغـمـ مـنـ أـنـهـ أـكـثـرـ الـعـنـاصـرـ وـفـرـةـ فـيـ الـكـوـنـ، فـإـنـهـ لـاـ يـوـجـدـ إـلـاـ بـكـمـيـاتـ ضـئـيلـةـ لـلـغـاـيـةـ فـيـ الغـلـافـ الجـويـ لـلـأـرـضـ نـتـيـجـةـ لـلـعـمـلـيـاتـ الـمـسـتـمـرـةـ الـمـرـتـفـعـةـ الطـاـقةـ الـتـيـ تـفـصـلـ جـزـيـئـاتـ المـاءـ. وـبـالـمـثـلـ، تـرـجـعـ الـكـمـيـاتـ الـقـلـيلـةـ لـلـغـاـيـةـ مـنـ الـهـلـيـوـمـ فـيـ الغـلـافـ الجـويـ إـلـىـ التـحـرـيرـ الـمـتـجـدـدـ لـلـغـازـاتـ مـنـ الـمـوـادـ الـمـشـعـةـ الـتـيـ تـصـدـرـ جـسـيـمـاتـ الـفـاـ (ـنـوـةـ ذـرـةـ الـهـلـيـوـمـ).



شكل ٧-٦: توزيع سرعات جزيئات الغاز عند درجة حرارة ٢٥ مئوية. لاحظْ كم تكون السرعات أكبر بكثير في حالة جزيئات الهيدروجين وزرات الهليوم الفائقة الخفة؛ ومن ثم تهرب هذه المواد من الغلاف الجوي للأرض، على عكس الغازات الأثقل وزناً (مقتبس من كتاب براون وأخرين «الكيمياء: العلم المركزي»).

(٥) إنها كيمياء رائعة تلك التي نقدمها إليك!

تعتبر فيلادلفيا مهد الكيمياء في أمريكا، بيد أن جذور الكيمياء في فيلادلفيا تمتد إلى عصر التنوير الاسكتلندي وجامعة إدنبرة على وجه التحديد؛ فقد قضى ديفيد هيوم وأدم سميث جزءاً كبيراً من حياتهما في إدنبرة، ويُشير المؤرخ جان جوليسيك إلى «بيتها المحلية المشجعة»، ويستشهد بتوبيراس سموليت، الذي أطلق عليها «منبت العبرية». ^{48,47} مُنح الدكتور بنجامين راش بجامعة بنسلفانيا أول كرسي في الكيمياء في أمريكا في عام ١٧٦٩ (انظر الشكل ٨-٦ للاطلاع على صفحة العنوان لنهر محاضراته في عام ١٧٧٠). ^{50,49} شارك راش مع بنجامين فرانكلين في التوقيع على إعلان الاستقلال، وحصل على شهادة الطب من جامعة إدنبرة، ودرس الكيمياء مع د. جوزيف بلاك. ⁵¹ وبالطبع كان أهم اكتشافات بلاك هو عزل «الهواء المثبت» (ثاني أكسيد الكربون)، ووصف تركيبه، ونشر في عام ١٧٥٦. ومع ذلك، يتمثل أحد إسهاماته الكبرى الأخرى في تأثيره على طلابه الذين حضروا محاضراته الواضحة والمتجدددة. وقد نُشرت الملاحظات المأخوذة من محاضرات بلاك بعد وفاته على يد تلميذه جون روبيسون في عام ١٨٠٣. ⁵² درس كل

S Y L L A B U S

Of a COURSE

O F

L E C T U R E S

O N

C H E M I S T R Y.

By
Benjamin Rush M.D.
—1770—



PHILADELPHIA: Printed 1770.

شكل ٦-٨: تعلم د. بنجامين راش على يد د. جوزيف بلاك في جامعة إدنبرة، وفي عام ١٧٦٩، حصل على أول كرسى في الكيمياء في أمريكا، في جامعة بنسلفانيا. يعرض هذا الشكل صحفة العنوان لمنهجه الدراسي (من كتاب «الكيمياء في أمريكا» لسميث). كان د. راش أحد الموقعين على إعلان الاستقلال الأمريكي، وعمل مع بنجامين فرانكلين، الذي وقع معه على الوثيقة، على إتقان صنع نترات البوتاسيوم.

من صمويل لاثام ميتشل، وجون ماكلين، وبنجامين سيليمان الأب؛ أول أساتذة الكيمياء في جامعة كولومبيا (١٧٩٢)، وبرينستون (١٧٩٥)، وبيبل (١٨٠٢)، جميعهم مع بلاك في إدنبرة.^{٥٤،٥٣} قبل تعيين راش، كان أول من درس الكيمياء جزءاً من المقرر الدراسي في

كلية الطب بجامعة بنسلفانيا جون مورجان، الذي تعلم الكيمياء، بالطبع، من بلاك في إدنبرة.⁵⁵

من الإنصاف أن نذكر أن ثمة مستعمراتٍ أخرى بجانب بنسلفانيا أظهرت اهتماماً مبكراً بالكيمياء. وفي الواقع، أسهם جيفرسون من فيرجينيا، وأدامز من ماساتشوستس برأء راسخٍ إلى حدٍ كبير.⁵⁶ كما أنَّ جيمس ماديسون، الواضع المستقبليٌ للدستور والرئيس الرابع للولايات المتحدة، أدرج الكيمياء ضمن محاضراته عن الفلسفة الطبيعية في كلية ويليام وماري، حتى إنه نشر خطاباً عن تجاربه الكيميائية في منتجع «سوبرينجز» في منشور «معاملات الجمعية الفلسفية».⁵⁷

درس د. بلاك الكيمياء في جامعة جلاسكو في مختبر ويليام كولين (١٧١٠ - ١٧٩٠)⁵⁸، وانتقل إلى إدنبرة مع كولين، وقدم رسالة الدكتوراه في عام ١٧٥٤ خلف بلاك كولين أستاذًا للكيمياء في جلاسكو في عام ١٧٥٦، وفي إدنبرة في عام ١٧٦٦. تعلم كولين الكيمياء من خلال قراءة أعمال بورهاف في ترجمتها الإنجليزية. وضمت أعمال كولين الأصلية دراساتٍ عن التبييض وصناعة الملح، وعمل في مقاله⁵⁹ «عن صنْع البرودة بتخيير السوائل، وبعض الطرق الأخرى لصنْع البرودة»، على توسيع دراسات بورهاف عن قياس درجة الحرارة:

عند غمس ترمومتر في مشروب كُحولي، رغم أن درجة حرارة المشروب كانت هي نفسها درجة حرارة الهواء المحيط به، أو أبَرَّ إلى حدٍ ما؛ فعند إخراج الترمومتر من المشروب، وتركه في الهواء، كان الزئبق الموجود في الترمومتر، الذي صنعه فهرنهايت، دائمًا ما ينخفض درجتين أو ثلث.

كانت فيلادلفيا موطنَ أول جمعية كيميائية، والتي تأسست في عام ١٧٨٩، على يد جون بينينجتون، الذي درس الكيمياء في إدنبرة.⁵⁵ بعد عامين، أسس جيمس وودهاوس، أحد تلاميذ راش؛ ومن ثم «الحفيد الكيميائي» لبلاك، الجمعية الكيميائية في فيلادلفيا.⁵⁵ وفي عام ١٧٩٤، حاول راش إقناع جوزيف بريستلي، الذي تعرض للاضطهاد بسبب معتقداته السياسية، بترك إنجلترا والاستقرار مرةً أخرى في فيلادلفيا، مسقط رأس صديق عمر بريستلي، بنجامين فرانكلين، الذي كان قد تُوفِّي حينئذ.⁶⁰ في النهاية اختار بريستلي الذهاب إلى نورثمبرلاند التي يغلب عليها الطابع الريفي. باختصار، لا يصح وضع اثنين من أهم المصادر للمؤرخين الكيميائيين في أمريكا — مجموعة إدغار فاهس سميث بجامعة بنسلفانيا، ومؤسسة التراث الكيميائي — في مدينة الحب الأخوي؟

(٦) «الطقس حارٌ كالجحيم ... في فيلا-دل-فيا»^{٦١}

كما ذكرنا من قبل، كان الطقس حاراً على نحو غير مسبوق تقريباً، وكان مختبره في مواضع متعددة منه يتوجه على الدوام بالفحم المشتعل والأفران الحارة المشتعلة، والبوتقات، والسبطانات، وكان كل جزء منه مغطى غالباً بالبخار المتتصاعد من الماء المغلي. ونادرًا ما كانت درجة حرارة الهواء فيه، في أثناء النهار، تقلُّ عن ١١٥ إلى ١١٠ فهرنهيات؛ وربما حتى أعلى من ذلك في بعض الأحيان.

كنتُ أزور الأستاذ يومياً تقريباً في منزل السلمندر هذا، وكنتُ دوماً ما أجده على الوضع نفسه - لا يرتدى إلا قميصاً وبنطالاً صيفيين، وزرُّ ياقته مفتوح، وأكمامه مطوية لما فوق مرفقيه، فيما يتدفق العرق بغازة على وجهه وجسمه، وملابسه بالكامل تقطر بلاً من السائل نفسه. إضافة إلى ذلك، كان هو نفسه بسبب انشغاله طوال الوقت إما بإجراء عملياته فعلياً، أو مراقبتها عن كثب والإشراف عليها، موجوداً معظم الوقت في أكثر البقع سخونةً في مختبره أو بالقرب منها.

كانت تحيّطي له عند دخولي في هذا الدفّق من الحرارة الشبيه بنهر الفليجيتون^{٦٢} على الدوام: «يا إلهي، دكتور، كيف يمكنك تحمل البقاء طوال الوقت في غرفة ساخنة هكذا! إنه مكان مثالى للتطهير من الخطايا!» وكان الرد الذي أتلقاه عادةً على هذا التساؤل الذي يحمل في متنه نبرة الاستفهام والتعجب في آن واحدٍ له ذات الفحوى: «ساخنة يا سيدي، ساخنة! هل تسمّي هذه غرفة ساخنة؟ كيف يا سيدي؟ إنها واحدة من أبرد الغرف في فيلادلفيا. إن انبعاث الأخرقة، يا سيدي، واحد من أكثر العمليات المبردة. ثم ألا ترى كيف ينبعج العرق من جسمي، حاملاً معه كل السعال الحراري؟ وألا تعلم، يا سيدي، أنه بواسطة انبعاث الأخرقة، يمكن إنتاج الثلج تحت أشعة الشمس في أكثر الأحوال حرارة؟»

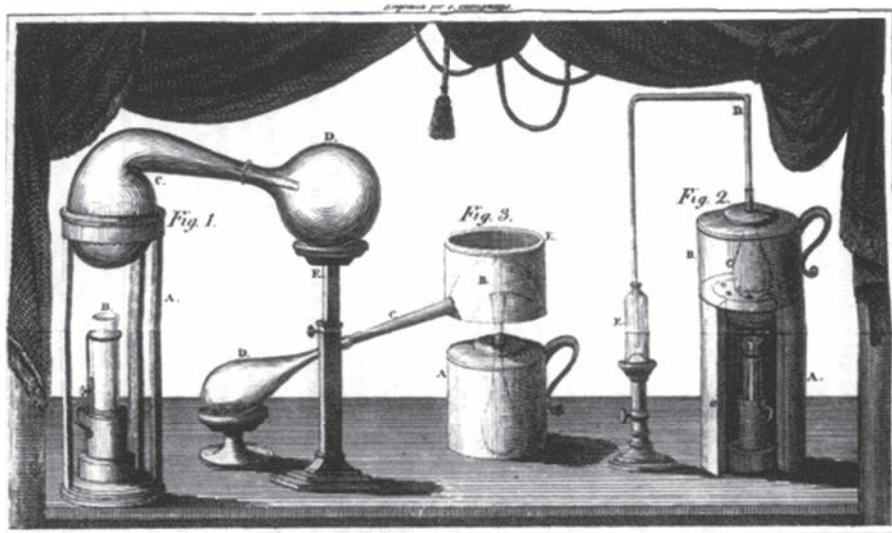
هكذا كتب بنجامين سيليمان الأب في الفترة (١٨٠٣-١٨٠٢) التي قضتها في حضور محاضرات الكيمياء وزيارة د. جيمس وودهاوس (الطيب)، أستاذ الكيمياء بجامعة

بنسلفانيا،⁶³ علماً بأن سيليمان صار أستاذاً للكيمياء بجامعة بيل بعد ذلك. والإشارة إلى «السلمندر» تستدعي إلى الأذهان حيوان السلمندر الأسطوري المقاوم للنار في العتقدات الخيميائية (الشكل ٢١-١). وكما ذكرنا مسبقاً؛ فقد أَسَسَ وودهاوس، قبل عَقْد من هذا، الجمعية الكيميائية في فيلادلفيا،⁶⁴ وكانت محاضراته حماسية، إن لم تكن مُشوّقةً للغاية، ويشير سيليمان إلى أنه «كان يأتي، عند إلقاء محاضرته، كما لو كان غير مطمئن، كما لو كان خائفاً بعض الشيء من لا يحظى بالكثير من التقدير؛ إذ لم يكن فعلياً يحظى بقدر كبير للدرجة». ⁶³ ومع ذلك، كانت تجاربه فَعَالَةً حتى باستخدام جهاز «متواضع» تميز بتكلفته المعقولة. وفي الواقع، يُصوّر الشكل ٩-٦ «جهاز د. وودهاوس الاقتصادي»؛ وهو «مختبر متنقل، يضم أحد أجهزة الفلسفة الطبيعية، وعدداً كبيراً من العوامل الكيميائية، يمكن لأي شخص إجراء عدد لا حصر له من التجارب المتنوعة الممتعة والتعليمية بواسطةه». يظهر الجهاز الموضح في الشكل ٩-٦ في ملحق الطبعة الأمريكية الأولى (فيلادلفيا، ١٨٠٢) لكتاب «كتاب الكيمياء للجيبي»⁶⁵ من تأليف د. جيمس باركنسون (الجيبي)، الذي وصف مرض الجهاز العصبي المركزي الذي يحمل اسمه. وبعد إعلانه عن المجموعة الكبيرة من التجارب التي يمكن إجراؤها باستخدام «جهازه الاقتصادي»، يُشير د. وودهاوس إلى عيوب المختبر المتنقل المنافس لجيبيتون دو مورفو، على سبيل المثال:⁶⁶

إنَّه أقل تكلفةً. إنَّ مصباح جهاز جيتون واحد من أسوأ الأنواع لمختبر كيميائي. ولا مجال لوجود عدد من البراغي، لرفع المقطورة المعوجة أو المصباح أو خفضهما؛ نظراً لإمكانية توليد حرارة مرتفعة أو مُنخفضة، من مجرد رفع الفتيل أو خفضه.

بصرف النظر عن الدعاية، كان د. وودهاوس أحد أكثر الكيميائيين احتراماً وتوقيراً في عصره، وكان أول رئيس للجمعية الكيميائية في فيلادلفيا (١٧٩٢). وبوصفه معادياً للفلوجستون، انتقد حجج د. جوزيف بريستلي المؤيدة للفلوجستون، التي لُخصت في كُتيب الأخير الصادر في عام ١٧٩٦، الذي نُشر في فيلادلفيا، وأُعيد طباعته في لندن، التي فَرَّ منها قبل ذلك ببعض سنوات قليلة.⁶⁷ على سبيل المثال، أشار وودهاوس إلى أنه عندما كَلَّسَ المعادن في وجود «الهواء النقي» (الأكسجين)، انخفض الحجم، لكن

«لم أستطع إدراك أن الهواء الذي تبقى كان متضرّراً». ^{٦٨} إذا نظرنا إلى الأمر من وجهة النظر الفلوجستونية، فإن التكّلس يجعل المعادن تُطلق ما بها من فلوجستون في الهواء حتى يُصبح الهواء مشبعاً تماماً بالفلوجستون، ولم يَعُد قادرًا على دعم اللهب أو الحياة (فيكون الهواء «ساماً» أو مميتاً). غير أن الوضع ليس كذلك كما هو واضح؛ فعند وجود كمية زائدة من الأكسجين، تمتص المعادن كمية محدّدة من هذا الغاز، تاركة خلفها كمّاً أصغر من الأكسجين بالدرجة نفسها من النقاء.



*Economical Laboratory of James Woodhouse, M. D.
Professor of Chemistry in the University of Pennsylvania, &c.*

شكل ٩-٦: أَسَّسَ د. جيمس وودهاوس، أَسْتَاذُ الكِيَمِيَاء بِجَامِعَةِ بَنْسْلَافِانِيَا الجَمِيعِيَّةِ الكِيَمِيَّيَّةِ بِفِيلَادِيلْفِيَا. وَكَانَتْ لَهُ أَيْضًا سَلْسَلَةُ مَحَاضِرٍ مُرْبَحةٌ بَاعَ مِنْ أَجْلِهَا جَهَارَةُ الكِيَمِيَّيِّيَّةِ، الَّذِي صَرَّحَ بِأَنَّهُ يَفْوَقُ عَلَى الْجَهَازِ الَّذِي اخْتَرَعَهُ جِيَتُونُ دِي مُورْفُو فِي فَرْنَسَا، وَأَقْلَّ مِنْهُ تَكْلِيفَةً.
(من كتاب باركنسون، «كتاب الكيمياء للجيبي»، ١٨٠٢)

ومع ذلك، لم يكن وودهاوس شخصاً عقائدياً؛ إذ ظلّت لديه بعض الشكوك بشأن «الكيمياء الجديدة» الصادرة من فرنسا، وكان قلقاً بشأن بريستلي المُسِنِّ. وقد وردت

الفقرة التالية في خطاب جاء ردًا على هجوم من د. جون ماكلين، الأستاذ بجامعة برنيستون:⁶⁹

يمكن تكوين حكم على مدى نجاحك في تحقيق هدفك، وبأي حق تُصدر حكمًا سلبيًّا على تجارب د. برنيستلي بالطريقة المستبدة التي انتهجتها، في حين أنه لم تفعل شيئاً يُذكر، بالمواصفات التالية؟ ومع ذلك، فأنت لم تستطع بعد، يا دكتور، هزيمة هذا الخير المحنك في الفلسفة.

في كتاب «كتاب الكيمياء للجيب» في عام ١٨٠٢، كتب د. وودهاوس⁶⁶ ملحًقاً بعنوان: «سرد للاعتراضات الرئيسية على نظام الكيمياء المناهض للفلوجستون». على سبيل المثال، يُثبت وودهاوس بالتجربة صحة تجربة لبرنيستلي تَمْتَزِج فيها «كفتان من الحديد» ملتهبتان (أكسيد الحديد الخالي من الماء، ومن ثم، من الهيدروجين)، مع فحم مُلتهب (حالٍ بالمثل من الماء؛ ومن ثم من الهيدروجين)، وتكون النتيجة غارًّا قابلاً للاشتعال (هيدروجين أي فلوجستون؟ غاز هيدروجيني مُمْكِن؛ أي الميثان؟) ومن ثم، لا بد أن الغازات التي نتجت قد أزالت بعض الفلوجستون (الهيدروجين) من الفحم (وممكِّن الالتباس هنا أن معظم الغاز الناتج يكون أول أكسيد الكربون، وهو غاز قابل للاشتعال). أسهمت الدقة والصرامة البالغتان في عمله — دون شك — في وفاة د. وودهاوس المبكرة، والذي أشار سليمان إلى أنه لم «يستَفِدْ قط أياً من الحقائق التي كشفت عنها الكيمياء، من أجل شرح طبيعة الخالق كما ظهرت في أعماله». وأطلق عليه د. بنجامين راش، معلمه السابق، ببساطة «ملحداً صريحاً ووقدًا»⁶³ في عام ١٨٠٩ في سن التاسعة والثلاثين.

(٧) اثنا عشر سنتاً نظير محاضرة كيمياء

كان أموس إيتون، إيه إم، رجلاً كثیر المشاغل؛ فوصف نفسه في كتابه الصادر في عام ١٨٢٦ بعنوان «علم الكيمياء»⁷⁰ بأنه «محامٍ ومستشارٍ في القانون، وأستاذ في الكيمياء والفلسفة الطبيعية في كلية رينسلير وفي أكاديمية فيرمونت للطب ... إلخ.» وبوصفه محاضر كيمياء تجاريًّا أتبع الدرب الذي ارتاده أمثال هنري مويس، الطبيب، الذي نشر إعلاناً عن سلسلة محاضراته الواقعية في واحد وعشرين جزءاً، «عناوين لمجموعة من

المحاضرات عن فلسفة الكيمياء ...» في عام ١٧٨٤ نظير جنيه إنجليزي واحد (أو شلن واحد نظير كل محاضرة)^{٧١} في صحيفة «ماساتشوستس سينتنيال». إليك منهج السيد إيتون (وأعتقد أننا نعلم نصًّا من الذي استخدمه):^{٧٢}

مجموعة محاضرات مقسمة إلى ثلاث وثلاثين محاضرة

- .٢٢ المحاضرة الأولى حتى صفحة .٢٦
- .٣٢ المحاضرة الثانية حتى صفحة .٢٦
- .٣٨ المحاضرة الثالثة حتى صفحة .٣٢
- .٤٨ المحاضرة الرابعة حتى صفحة .٤٨
- .٥٤ المحاضرة الخامسة حتى صفحة .٤٢
- .٦٠ المحاضرة السادسة حتى صفحة .٤٨
- .٦٦ المحاضرة السابعة حتى صفحة .٥٤
- .٦٧٦ المحاضرة الثامنة حتى صفحة .٦٠
- .٦٦ المحاضرة التاسعة حتى صفحة .٦٧٦
- .٧٠ المحاضرة العاشرة حتى صفحة .٦٦
- .٧٦ المحاضرة الحادية عشرة حتى صفحة .٧٦
- .٨٢ المحاضرة الثانية عشرة حتى صفحة .٨٢
- .٨٨ المحاضرة الثالثة عشرة حتى صفحة .٨٨
- .٩٤ المحاضرة الرابعة عشرة حتى صفحة .٩٤
- .١٠٢ المحاضرة الخامسة عشرة حتى صفحة .١٠٢
- .١١٢ المحاضرة السادسة عشرة حتى صفحة .١١٢
- .١١٩ المحاضرة السابعة عشرة حتى صفحة .١١٩
- .١٢٥ المحاضرة الثامنة عشرة حتى صفحة .١٢٥
- .١٣٠ المحاضرة التاسعة عشرة حتى صفحة .١٣٠
- .١٣٧ المحاضرة العشرون حتى صفحة .١٣٧
- .١٤٤ المحاضرة الحادية والعشرون حتى صفحة .١٤٤
- .١٥٢ المحاضرة الثانية والعشرون حتى صفحة .١٥٢
- .١٥٩ المحاضرة الثالثة والعشرون حتى صفحة .١٥٩

- . الرابعة والعشرون حتى صفحة ١٦٥.
- . الخامسة والعشرون حتى صفحة ١٧٥.
- . السادسة والعشرون حتى صفحة ١٨٠.
- . السابعة والعشرون حتى صفحة ١٩٠.
- . الثامنة والعشرون حتى صفحة ١٩٩.
- . التاسعة والعشرون حتى صفحة ٢١١.
- . الثلاثون حتى صفحة ٢٢٤.
- . الحادية والثلاثون حتى صفحة ٢٣٩.
- . الثانية والثلاثون حتى صفحة ٢٤٦.
- . الثالثة والثلاثون حتى صفحة ٢٤٩.

سعر هذه المجموعة ٤ دولارات. وإذا اخْتُصرت إلى ٢٢ محاضرة، يكون سعرها ٣ دولارات.

لم يكن السيد إيتون ليُثقل كاهل طلابه أبداً بنظريات غامضة عن مركبات عديمة الفائدة:

من المؤسف أن معظم الأطروحات الشهيرة عن الكيمياء تُخصّص قدرًا كبيرًا للغاية من صفحاتها لمركبات عديمة الفائدة، لا يُمكّنها أبداً أن تعود بالنفع على الدارس أو الشخص العادي؛ لا سيما المركبات التي لا حصر لها التي تحتوي على الكلور واليود، التي يمكن مضاعفتها وتوسيع نطاقها في ظل وجود أي مادة أخرى. فهذا بالتأكيد أمر تافه بالنسبة للمخزون الغني من المعرفة الإنسانية. ضع مثل هذه الأفعال بين يدي أحد الطلاب، واطلب منه وضع كامل ثقته في المؤلفين، وسيؤدي هذا إلى تكوينه آراء غريبة عن العلم؛ فقد يتخيّل أن نظرية ديفي عن الكلور واليود شَكِّلت علم الكيمياء بأكمله، وأن الحصول على مزيد من المعرفة عن الموضوع، رغم عدم وجود أهمية بالغة لهذا، يجب أن تكون في صورة تكميلة مناسبة لنظرية الكلور واليود. وحتى مع الاعتراف بأن كل نظريات ديفي كانت مدَّعَةً جيداً، أليست هذه النظريات التافهة بلا أيّ أهمية تماماً مثل أصغر الحشرات التي عرفها الإنسان؟ فأنا أفضّل أن أهيئ الطالب، بدلاً من هذا، لحفظ كل تعويذات العصور الوسطى، أو عدد الطرق التي يمكن بها ترتيب حروف الأبجدية.

حسناً، من قال إن تلبية رغبات طالب يدفع مصاريف تعليمه مجرد ظاهرة حديثة؟ إضافة إلى أننا لطالما كنّا أمّة عملية؛ استمع إلى ما قاله الرئيس توماس جيفرسون في عام ١٨٠٥:⁷³

لقد ملأ علماء الكيمياء مجلداتٍ بتركيب آلاف المواد التي لا أهمية لها على الإطلاق لمقاصد الحياة؛ في حين تظل فنون صناعة الخبز، والزبد، والجبن، والخل، والصابون، والجعة وعصير التفاح وغيره بلا تفسير.

تُشير «نظريّة ديفي عن الكلور والليود» إلى دراسته المتأنّية التي استمرت لنحو ١٠ سنوات قبل ظهور كتاب إيتون. وقد أثبتت هذه الدراسات أن الكلور والليود عنصران خالصان، وأن حمض الهيدروكلوريك وحمض الهيدروبيوديك (HI) لا يحتويان على الأكسجين، وأن نظرية لافوازييه القائلة إن كل الأحماض تحتوي على الأكسجين غير صحيحة؛ وهي استنتاجات ربما أعظم بكثير من «أصغر الحشرات التي عرفها الإنسان». غير أن إيتون كان يقف على الطرف الآخر من المحيط الأطلسي من ديفي، وعلى الأرجح كان بإمكانه الدافع عن نفسه ببراعة لو لجأ ديفي المريض إلى رفع دعوى تشهير. في الواقع، أنهى ديفي أيامه الأخيرة بالصيد، ونشر كتابه «ساملونيا: أو أيام الصيد بالحشرات» في عام ١٨٢٨، قبل عام من وفاته، غير مدرك على نحو مناسب للانتقادات الصادرة من براري منطقة شمال نيويورك وفيمونت.

في الواقع، مرّت حياة أموس إيتون المهنية ببعض المتعاطفات والمحنّيات المذلة؛⁷⁵ فقد ولد في بلدة تشاتهام، نيويورك، في عام ١٧٧٦، ودرس إيتون القانون في كلية كولومبيا، وكان أول من أثار اهتمامه بالكيمياء صمويل لاثام ميشيل، ونجح في اختبار مزاولة مهنة المحاماة في عام ١٨٠٢. مارس القانون وزاول العمل التجاري وأدين بالتزوير استناداً إلى أدلة لفّقها له بعض من أعدائه، وسُجن في عام ١٨١١، وحصل على عفو من الحاكم تومبكينز في عام ١٨١٥ بموجب تعهد منه بعدم العودة أبداً إلى ولاية نيويورك. وانتقل إلى مدينة نيو هافن، وتعلم الكيمياء من بنجامين سيليمان في بيل، وأصبح محاضر كيمياء متوجلاً عبر بلدات نيو إنجلاند وقرها، حتى إنه كان يتجرّأ أحياناً على العبور إلى ولاية نيويورك. وذاعت شهرته؛ فقد دعاه حاكم نيويورك الجديد، ديويت كلينتون، لقاء محاضرات على المُشرعين، والتقي بالثري ستيفن فان رينسيلير، الذي أسّس جامعة رينسيلير في الأساس من أجل توفير مكان لهذا المحاضر الموهوب في الكيمياء والجيولوجيا.

ويُعتبر معهد رينسيلير للتقنيات المتعددة حالياً جامعةً بحثيةً تحظى باحترام واسع النطاق، وتتولى رئاسته عالمة فيزياء أمريكية من أصل أفريقي، هي د. شيرلي جاكسون، في وقت كتابة هذا المقال. وحصل معهد رينسيلير للتقنيات المتعددة للتو على تبرع غير مشروط قدره ٣٠٠ مليون دولار؛ وهو مبلغ لا يأس به لجامعة ريفية كان أول أستاذ كيمياء بها مزور مُدان.

FOR CHEMICAL STUDENTS, AMATEURS & PROFESSORS.

R. B. EDE'S

SERIES OF

PORTABLE CHEMICAL

Laboratories, Cabinets

AND

BLOWPIPE APPARATUS,

CONTAINING

A CHOICE SELECTION OF THE MOST USEFUL

Tests, Re=Agents & Preparations,

AND AN ORGANIZED COLLECTION OF THE BEST CONTRIVED
MODERN APPARATUS,

Adapted for performing with facility, safety and success,

A Course of Instructive and Entertaining Experiments

AND

For the exhibition of those interesting phenomena in Chemistry,
Mineralogy, &c.

WHICH RENDER THE STUDY OF THESE SCIENCES SO FASCINATING;

ALSO,

PRACTICAL FACTS IN CHEMISTRY,

an appropriate

COMPANION TO THE PORTABLE LABORATORIES AND CABINETS;

AND

WARD'S FOOTSTEPS TO CHEMISTRY;

EQUALLY SUITABLE AS A GUIDE TO THE YOUTH'S LABORATORY.

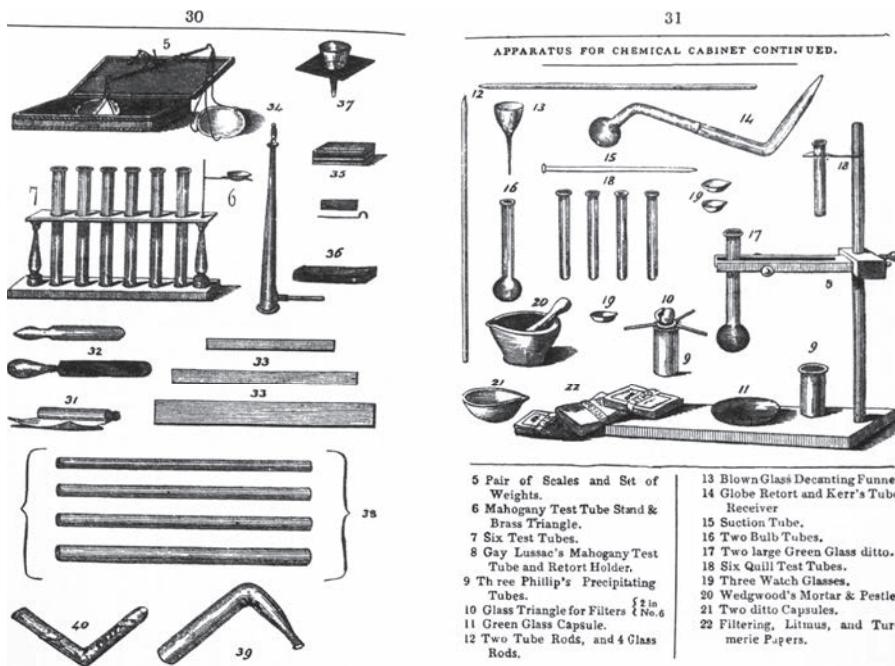
Robert Best Ede.

In submitting this Catalogue to the Public in general, very respectfully begs to observe, that it is his intention from time to time, to make such an enlargement in his selection both of scientific and domestic articles, as the progressive improvement of the age, and other circumstances may point out, to be best calculated to meet the still advancing taste of the public, for the higher branches of knowledge and science, and secure that popular approbation which it has been, and ever will be his first object to attain.

Feb. 1837.

شكل ١٠-٦: استهلَّ روبرت بيست إيه كتالوجه المصوَّر المكوَّن من ٤٨ صفحة بكتاب دراسي عن الكيمياء يتكون من ١٩٣ صفحة. ولكن كانت المبيعات هي الهدف الرئيس؛ وإليك بداية كتالوجه المصوَّر (من كتاب إيده «حقائق عملية في الكيمياء»، لندن، ١٨٣٧، ١٨٣٩). (١٨٣٧).

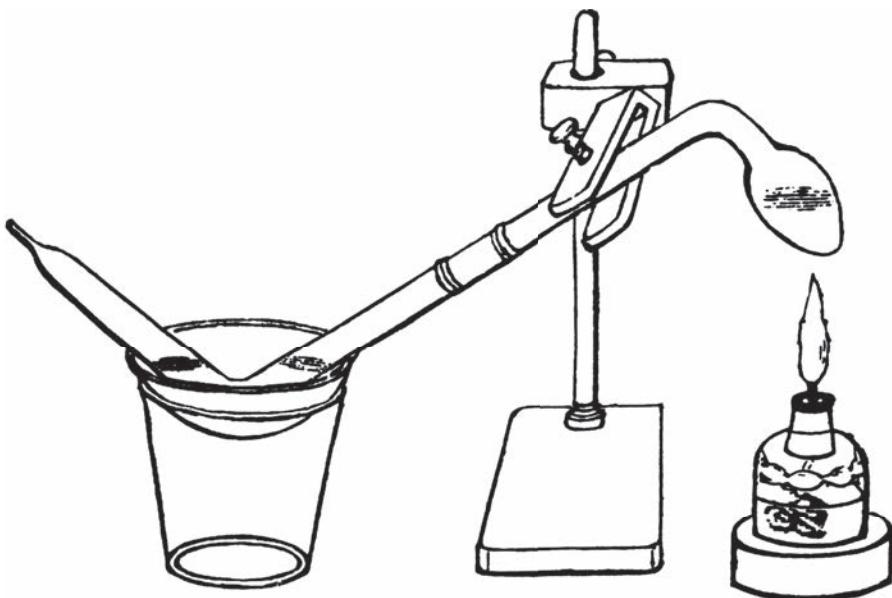
ازدهر العمل التجاري الكيميائي في أوائل القرن التاسع عشر. وفي كتاب «حقائق عملية في الكيمياء»، ألف روبرت بيست إيده كتاباً تعليمياً صغيراً، يُعتبر مقدمةً افتراضيةً من ١٩٣ صفحة لكتالوجه المصوَّر المكوَّن من ٤٨ صفحة «سلسلة روبرت بيست إيده



شكل ١١-٦: «جهاز الكيمياء للطلاب» لإيده عام ١٨٣٧ (انظر الشكل ١٠-٦).

للمخبرات والصناديق الكيميائية...» نُشر في لندن في عام ١٨٣٧ (انظر الشكل ١٠-٦).^{٧٦} وأضيفت إلى هذا الكتالوج المصور أربع صفحات من التوصيات والشهادات تضم مجلات، وصحفًا، وعلماء كيمياء مشاهير، مثل توماس جراهام، أستاذ الكيمياء في جلاسغو (لقد أتيحت لي فرصة إلقاء نظرة على محتويات مختبر السيد إيده المتنقل، وأعجبت به كثيراً)، وتوماس كلارك، الطبيب، بجامعة أبربدين (إنني أعتبر مختبر السيد إيده المتنقل اختياراً زهيد الثمن ومفيداً للغاية للطلاب في مجال الكيمياء التجريبية)؛ وكان هذا، في الواقع، إطراةً كبيراً من رجل اسكتلندي.

لاحظ الجهاز العملي البسيط الموضح في الشكل ١١-٦. تُشكّل المقطرة المعوجة الكروية ووعاء استقبال بسيط أنبوبى الشكل لاستقبال المواد المقطرة (القطعة ١٤) جهازاً من قطعتين من الأنابيب الزجاجية. تُصنع المقطرة المعوجة عن طريق ثني أنبوب



شكل ٦: تجربة إيهيد الطلبية البسيطة والراقة من أجل الحصول على ثلاثي أكسيد ثنائي النيتروجين — غير المستقر إلى حدٍ كبير ذي اللون الأزرق الداكن، والذي لا يتخلّل إلا عند درجة حرارة ٣ مئوية — وحبسه في درجة حرارة صفر مئوية. ما زالت هذه تجربة جيدةً في عصرنا الحالي، بعد مرور نحو ١٧٠ سنة (انظر الشكل ٦).⁷⁶

بعض الشيء، وغلق أحد طرفيه، والنفخ فيه لتكوين فقاعة في الطرف المغلق في أثناء تسخين الأنبوب.⁷⁷ أما وعاء الاستقبال الأنبوبي، فهو مُنْحِنٌ قليلاً وشبه مُغلق، مع ترك فتحة ضيقة للغاية من أجل خروج الغازات والأبخرة. يتصل الوعاءان معًا بإحكام باستخدام معجون من دقيق بذر الكتان، أو بأنبوب من شرائح الكاوتشوك (المطاط الطبيعي). ويُوضَّح استخدام هذا الجهاز في الشكل ٦.⁷⁷ يُغمس الجزء المنحني من المستقبل الأنبوبي في ماء مثلج، وتُوضع نترات الرصاص $[Pb(NO_3)_2]$ في المقطرة المعوجة، وتُوصل قطع الجهاز معًا، وتُسخن المقطرة المعوجة باستخدام مصباح كحولي من أجل تكوين أكاسيَّد مختلطةٍ، ويتجمَّع محلول من حمض النيتروز في الجزء المنحني من وعاء الاستقبال الأنبوبي. وعند وضع مقدار صغير للغاية من هذا السائل في أنبوب اختبار جافٌ

وتُضاف إليه قطرة واحدة من الماء المقطر، يظهر لون أزرق داكن، ربما نتيجة لوجود ثلاثي أكسيد ثنائي النيتروجين (N_2O_3) – وهي مادة غير شائعة وغير مستقرة نسبياً تتحلل عند درجة حرارة ٣٥ درجة مئوية.^{٧٨} إلّا نرى هنا بعضاً من التجارب الكيميائية الراقية تُجرى في جهاز زهيد الثمن مصنوع من أنبوبين زجاجيين ومعجون من دقيق بذر الكتان.

هوا مش

- (1) W. Myles, in *Chymia*, No. 4 (H. M. Leicester, ed.), University of Pennsylvania Press, Philadelphie, 1953, pp. 76–77.
- (2) W. Myles, In *Chymia*, No. 3 (H. M. Leicester, ed.), University of Pennsylvania Press., Philadelphia, 1950, pp. 95–113.
- (3) E. F. Smith, *Chemistry in America*, D. Appleton & Co., New York and London, 1914, pp. 12–43.
- (4) The Chemical Society of Philadelphia disbanded between 1805 and 1810 and was succeeded in 1811 by the Columbian Chemical Society, also formed in Philadelphia (see notes 2 and 3 above).
- (5) J. Penington, *Chemical and Economical Essays*, Joseph James, Philadelphia, 1790.
- (6) W. D. Williams and W. D. Myles, *Bulletin of History of Chemistry*, Vol. 8, p. 18, 1990. Earlier American chemistry publications, by Rush and the blind lecturer Henry Moyes, were small specialized pamphlets, not books. I am grateful for correspondence concerning Penington and his book with Professor William D. Williams, Harding University, Searcy, Arkansas. Harding University houses the combined Americana chemical book collections of Dr. Williams and historian Dr. Wyndham D. Myles and has been officially designated an historic chemical site.
- (7) A. Greenberg, *A Chemical History Tour*, John Wiley & Sons, New York, 2000, pp. 189–191.

- (8) Penington, op. cit., pp. 4–5.
- (9) Penington, op. cit., pp. 146–150.
- (10) W. Miles, in *Chymia*, Vol. 3, University of Pennsylvania Press, Philadelphia, 1950, pp. 95–113.
- (11) E. F. Smith, *Chemistry in America*, D. Appleton and Co., New York and London, 1914, pp. 12–47 (reprints in full Thomas P. Smith's oration).
- (12) T. P. Smith, *Annual Oration Delivered before the Chemical Society of Philadelphia, April 11, 1798—A Sketch of the Revolutions in Chemistry*, Samuel H. Smith, Philadelphia, 1798.
- (13) J. R. Partington, *A History of Chemistry*, Vol. 3, Macmillan & Co., Ltd., London, 1962, pp. 212–214.
- (14) Partington, op. cit., pp. 540–542, 572.
- (15) W. H. Brock, *The Norton History of Chemistry*, W. W. Norton & Co., New York and London, 1993, p. 154.
- (16) G. Rayner-Canham, *Descriptive Inorganic Chemistry*, Freeman, New York, 1996, pp. 349–352.
- (17) A. Greenberg, *A Chemical History Tour*, John Wiley & Sons, New York, 2000, p. 239.
- (18) Smith is referring to Anne Dacier (1654–1720), a renowned European classicist, editor, and translator and Mary Ludwig Hays McCauley (1754–1832), who joined her husband Hays at the Battle of Monmouth (New Jersey) on June 28, 1778. Mrs. McCauley hauled pitchers of well water back and forth for the soldiers, and when Hays collapsed from the heat, she took his place at the cannon for the remainder of the battle (see *The New Encyclopedia Britannica*, Encyclopedia Britannica, Inc., Chicago, 1986, Vol. 3, pp. 841–842; Vol. 7, p. 611. “Molly Pitcher” has been honored by a battle monument and, profoundly, by the naming of the food court/gasoline station complex at Exit 7 of the New Jersey Turnpike.

(19) Smith's footnote here is as follows: *Mrs. Fulhame has lately written an ingenious piece entitled "An Essay on Combustion, with a view to a new art of dyeing and painting, wherein the phlogistic and anti-phlogistic hypotheses are proved erroneous". Since the delivery of this oration she has been elected a corresponding member of this Society.* (see also Greenberg, op. cit., pp. 156–159 and K. J. Laidler, *The World of Physical Chemistry*, Oxford University Press, Oxford, 1993, pp. 250–252; 277–278. Laidler calls Mrs. Fulhame a “forgotten genius”).

(20) C. Bailey (transl.) *Lucretius on the Nature of Things*, Oxford University Press, Oxford, 1910, p. 43.

(21) Bailey, op. cit., p. 38.

(22) Bailey, op. cit., p. 35.

(23) The idea of a “retro-Nobel Prize” forms the premise for the inventive play *Oxygen* by Carl Djerassi and Roald Hoffmann; see C. Djerassi and R. Hoffmann, *Oxygen*, Wiley-VCH, Weinheim, 2001.

(24) J. R. Partington, *A History of Chemistry*, Macmillan & Co., Ltd., London, 1961, Vol. 2, pp. 271–276.

(25) Partington, op. cit., pp. 430–441.

(26) Partington, op. cit., pp. 458–467.

(27) Partington, op. cit., pp. 502–507.

(28) Partington, op. cit., pp. 474–477.

(29) Partington, *A History of Chemistry*, Macmillan & Co., Ltd., London, 1962, Vol. 3, pp. 765–782.

(30) Partington (1962), op. cit., pp. 782–786.

(31) A. Greenberg, *A Chemical History Tour*, John Wiley & Sons, New York, 2000, pp. 170–175.

(32) Greenberg, op. cit., pp. 168–170.

(33) Partington (1962), op. cit., pp. 716–721.

- (34) T. Thomson, *A System of Chemistry in Five Volumes*, third edition, Bell & Bradfute, and E. Balfour, London, 1807, Vol. III, pp. 424–431;
- (35) Partington (1962), op. cit., pp. 271–276.
- (36) J. R. Partington, *A History of Chemistry*, Macmillan & Co., Ltd., London, 1962, Vol. 3, pp. 755–822.
- (37) Partington, op. cit., p. 760.
- (38) Partington, op. cit., pp. 762–765.
- (39) Partington, op. cit., pp. 765–767.
- (40) J. Dalton, *Memoirs of the Literary and Philosophical Society of Manchester*, Vol. V, Part II, Codell and Davies, London, 1802, pp. 535–602.
- (41) J. Dalton, *A New System of Chemical Philosophy*, Part I, Manchester, 1808; Part II, Manchester, 1810 (see Plate 7).
- (42) Partington, op. cit., pp. 778–781.
- (43) J. R. Partington, *A History of Chemistry*, Macmillan & Co. Ltd., London, 1964, Vol. 4, p. 78.
- (44) *The New Encyclopedia Britannica*, Encyclopedia Britannica, Inc., Chicago, 1986, Vol. 14, p. 311.
- (45) T. L. Brown, H. E. LeMay, Jr., and B. E. Bursten, *Chemistry—the Central Science*, seventh edition, Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ, 1997, pp. 364–368.
- (46) S. Mitton (ed.), *The Cambridge Encyclopedia of Astronomy*, Crown Publishers Inc., New York, 1977, pp. 193–195.
- (47) J. Golinski, *Science as Public Culture—Chemistry and Enlightenment in Britain, 1760–1820*, Cambridge University Press, Cambridge, UK, pp. 13–25.
- (48) A. Herman, *How the Scots Invented the Modern World: The True Story of How Western Europe's Poorest Nation Created Our World and Everything in It*, Crown Publishers, New York, 2001.

- (49) E. F. Smith, *Old Chemistries*, McGraw-Hill, New York, 1927, pp. 11–14.
- (50) E. F. Smith, *Chemistry in America*, D. Appleton and Co., New York, 1914.
- (51) J. R. Partington, *A History of Chemistry*, Macmillan & Co., Ltd., London, 1962, Vol. 3, pp. 130–143.
- (52) J. Black, *Lectures on The Elements of Chemistry, delivered in the University of Edinburgh, by the late Joseph Black, M. D. ... now published from his Manuscripts, by john Robison, LL.D.*, Edinburgh, Mundell & Sons for Longman & Rees, 1803. The American edition was published in 1807. My copy of this three-volume set was purchased at an auction of books de-accessed by the Franklin Institute in Philadelphia in 1986. The signature of its original owner, Adam Seybert, a student of Dr. Rush and thus the “chemical grandchild” of Dr. Black, dated 1807, is on the title page of Volume 1. In such a manner does a book collector enjoy direct links to history.
- (53) A. J. Ihde, *The Development of Modern Chemistry*, Harper & Row, New York, 1964, p. 268.
- (54) D. S. Tarbell and A. T. Tarbell, *Essays on the History of Organic Chemistry in the United States*, Folio Publishers, Nashville, 1986, pp. 17–23.
- (55) W. Myles, *Chymia*, Vol. 3, University of Pennsylvania Press, Philadelphia, 1950, pp. 95–113.
- (56) A. Greenberg, *A Chemical History Tour*, John Wiley and Sons, New York, 2000, pp. 189–191.
- (57) Smith (1914), op. cit., pp. 5–7.
- (58) Partington, op. cit., pp. 128–130.
- (59) J. Black, *Experiments on Magnesia Alba, Quick-Lime, and Other Alcaline Substances; by Joseph Black, M. D., to Which is Annexed, an Essay*

on the Cold produced by Evaporative Fluids, and of some other means of producing Cold, by William Cullen, M. D., William Creech, Edinburgh, 1782, pp. 117–118.

- (60) Smith (1914), op. cit., pp. 109–118.
- (61) Homage to the Broadway production of 1776.
- (62) In mythology, one of the five rivers of Hades.
- (63) E. F. Smith, *Chemistry in America*, D. Appleton and Co., New York and London, 1914, pp. 103–106.
- (64) Smith, op. cit., p. 12.
- (65) J. Parkinson, *Chemical Pocket-Book*, James Humphreys, Philadelphia, 1802.
- (66) Parkinson, op. cit., pp. 201–215.
- (67) J. Priestley, *Experiments and Observations Relating to the Analysis of Atmospheric Air*, Philadelphia, 1796.
- (68) Smith, op. cit., p. 83.
- (69) Smith, op. cit., p. 92.
- (70) A. Eaton, *Chemical Instructor: Presenting a Familiar Method of Teaching the Chemical Principles and Operations of the Most Practical Utility to Farmers, Mechanics, Housekeepers and Physicians; and Most Interesting to Clergyman and Lawyers*, Websters and Skinners, Albany, 1826.
- (71) H. Moyes, *Heads of a Course of Lectures on the Philosophy of Chemistry*, Boston, 1784.
- (72) Eaton, op. cit., pp. 3–11.
- (73) E. F. Smith, *Old Chemistries*, McGraw-Hill, New York, 1927, pp. 50–52, 60–64.
- (74) A. Greenberg, *A Chemical History Tour*, John Wiley & Sons, New York, 2000, pp. 189–191.

- (75) H. S. Van Klooster, *Chymia*, Vol. 2, University of Pennsylvania Press, Philadelphia, 1949, pp. 1–15.
- (76) R. B. Ede, *Practical Facts In Chemistry, Exemplifying the Rudiments and Showing with What Facility the Principles of the Science May Be Experimentally Demonstrated at a Trifling Expense by Means of Simple Apparatus & Portable Laboratories, More Particularly in Reference to Those by Robert Best Ede*, Thomas Tegg, and Simkin, Marshall, and Co., London, 1839. Issued and bound with *Robert Best Ede's Series of Chemical Laboratories and Chests, with Appropriate Companions, Also, Mineralogical Boxes, Labels and Other Select and Approved Articles*, dated February 1837.
- (77) Ede, op. cit., pp. 144–159.
- (78) F. A. Cotton and G. Wilkinson, *Advanced Inorganic Chemistry*, fifth edition, John Wiley & Sons, New York, 1988, pp. 320–328.

الجزء السابع

التخصص والتنظيم

(١) الجيود^١

حفظت الإيقاعات والقوافي والصور الشعرية التراث الشفهي منذ العصور القديمة، وهي ترسّخ الأفكار بقوة في أذهاننا. إذًا لماذا لا نطبق أداة التعلم هذه على التعليم المعاصر؟ ومن ثم، يوجد لدينا مجلدان صغيران يحملان اسم «فيرنريا» نُثثرا في عامي ١٨٠٥ و١٨٠٦ على يد «تيرا فيليوس» (معنی «المزارع ابن الأرض الحب»).^٢ تُشير كلمة «فيرنريا» إلى أبراهام فيرنر، وهو عالم جيولوجياً ألمانيًّا كان يعتقد أن كل الصخور نشأت في المحيطات (المدرسة النبطونية)، لكنه كان «محاضرًا بارعًا في الجيولوجيا».^٣ إن مؤلفنا الغامض هو الكاهن ستيفن ويستون (١٧٤٧-١٨٣٠)،^٤ وهو شاعر وأديب، ولديه نطاق واسع من الاهتمامات على نحو مذهل. وعقب وفاة زوجته الشابة في حوالي عام ١٧٩٠، كرس ما تبقى من حياته للفن والأدب.^٥ واشتملت أعماله على ترجمات من اللغات اللاتينية، والفرنسية، والعربية، والفارسية، والصينية، ومناقشات للأسفار والأفكار الدينية. ويُقال إنه «عاش بعض سنوات بين أعضاء جمعية الديلتانتي (جمعية من النبلاء والعلماء لدراسة الفن الروماني والإغريقي القديم) في لندن»، و«حظي بدائرة من المعجبات أرضت غروره».^٥ في مقدمته لكتاب «فيرنريا»،^٢ استشهد ويستون بأرسطو: «هل لأن البشر، قبل اكتشافهم فنَ الكتابة، كانوا يتغذون بقوانيئهم، كانوا لا ينسونها؟» وهكذا يُطبق مهاراته الفنية في تعليم علم المعادن.

ماذا عن هذا الوصف الشعري لقطعة من الألماس الذي يُستعرض بعضاً من خواصها الفيزيائية، ويعرفنا أن الألماس كربون خالص؛ فينتج عن احتراقه ثاني أكسيد الكربون مع عدم وجود أي بقايا أخرى؟^٢

في الصلابة والتألق والشفافية
تفوق الماسة كل المعادن،
تعرف بالأسود، الأصفر، الأخضر، الأزرق، البنّي، الرمادي،
وبلونها الشفاف تُوجَد في رمال الكوارتز
بحبيبات مسطحة، أو مستديرة، أو أحياناً مكعبَة الشكل،
لكن بأضلع ثمانية أو اثنتي عشر،
تكون مُعتادة الشكل بملمس بِرَاق، لكنه ليفي أيضًا،
دون انتظام ملحوظ؛ وإلى أشعة الشمس تُعرَض،
فينبعث من الماسة وميِّض فوسفورِيُّ،
وعند احتكاكها تصدر شرارات كهربائية؛
وأي حجر كريم آخر من ساحل جولكوندا الغني بخلاف هذه
الجوهرة

يمكنه التحول إلى حمض الكربون،
دون ترك أي مخلفات وراءه؟

وإليك الآن وصفاً للجير (CaO ، أكسيد الكالسيوم أو الجير الحي)، المستخلص من تسخين
كربونات الكالسيوم (الحجر الجيري)، الذي كان المادة الرابطة الأساسية في الخرسانة
حتى أوائل القرن التاسع عشر. يمكن للجير الاتحاد مرة أخرى مع ثاني أكسيد الكربون،
فيُصبح شديد القلوية، لكن الرطوبة تُحولُه، مع تولُّد الحرارة، إلى مسحوق أكثر اعتدالاً
من هيدروكسيد الكالسيوم:

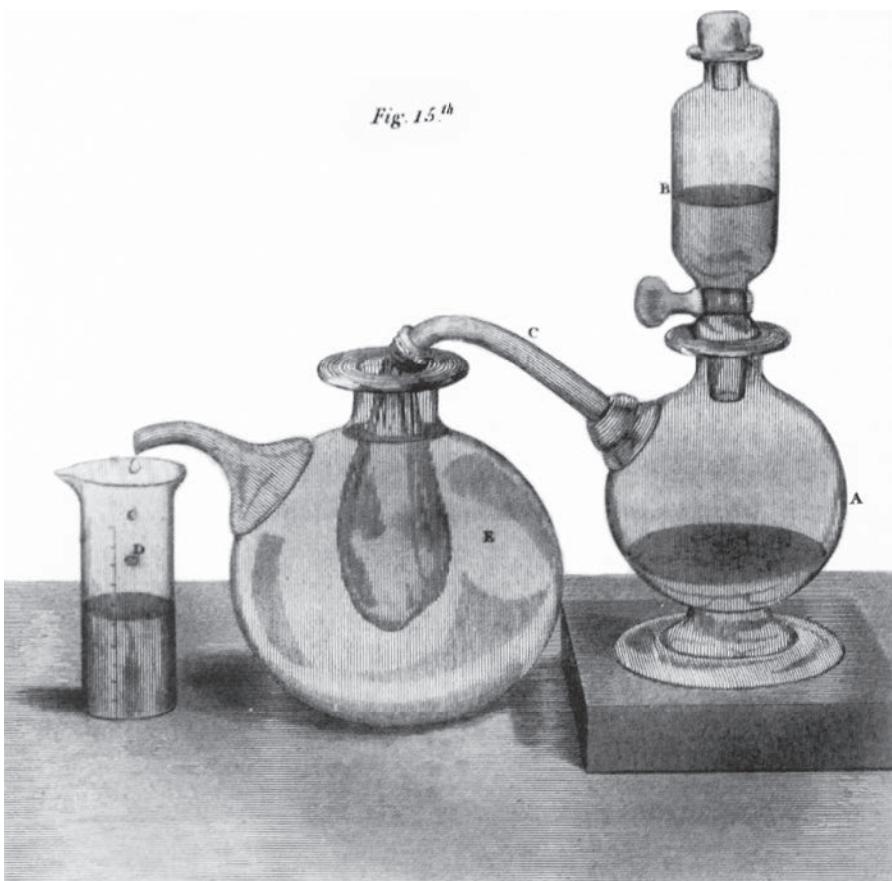
يُستخرج هذا التراب من كربونات الجير
لعدة استخدامات، وبالعرض
حرارة مستمرة يظهر في شكل أسمنت،
أو مسحوق؛ لونه أبيض، ومذاقه ساخن،
وحاد، ولاذع؛ وعند إذابته في الماء
سيُحول لون الخضراوات الأزرق إلى الأخضر،
وعند تعریضه في شكل أسمنت للهواء
يفقد قوة تمسكه؛ لكن عند امتصاصه غاز

الكربون من الهواء
يستعيد كامل صلابته الأصلية.
أضف الرطوبة فيعود إلى مسحوق،
ويلمع في الظلام، وينبعث سعاله الحراري،
ويصبح خفيّاً ومعتدلاً ضعف ما كان عليه،
وغير قابل للانصهار في حد ذاته، ويصهر كل العناصر الأخرى،
ويذوب مع البورق وملح الإنسان،
ولا يفور.

ينتشر الحجر الجيري على نطاق واسع في التربة، وتعرض في الشكل ١-٧ الجهاز الذي صممّه همفري ديفي^٦ من أجل قياس مدى وفترته. يُضاف حمض الكبريتิก الموجود في الجزء *B* قطرةً بقطرةً إلى التربة الموجودة في الوعاء *A*. ينتقل ثانوي أكسيد الكربون الناتج عبر الجزء *G*، ويتجمع داخل البالون الموجود داخل الوعاء *E* المملوء بالماء، ويُقاس حجم التمدد في الأسطوانة *D*.

(٢) «أفكار الكيمياء» بالألوان

شارك ثيو فيل جولز بيلوز (١٨٠٧-١٨٦٧) وإدموند فريمي (١٨٩٤-١٨١٤)^٧ في تأليف واحد من أروع كتب الكيمياء المصوّرة في القرن التاسع عشر، بعنوان «أفكار عامة في الكيمياء». ^٨ كان بيلوز طالباً لدى جاي-لوساك في المدرسة المتعددة التقنيات في باريس، ويصف بارتينجتون ظروفه المعيشية فيقول: «كان مسكنه صغيراً للغاية، حتى إنه كان يقول ساخراً إنه اكتشف ضرورة فتح النافذة حتى تتوفر له مساحة لارتداء معطفه؛ وكان يتناول الخبز والماء على العشاء، ويقول إنَّ هذا يعمل على تصفيّة الذهن». ^٩ خلف بيلوز جاي-لوساك في النهاية في المدرسة المتعددة التقنيات كما خلف فيما بعد تينار بيلوز في كلية فرنسا، وفي عام ١٨٤٨ أصبح رئيس لجنة صك العملة. وفي عام ١٨٣٨ كان بيلوز أول من يجري تفاعلاً بين حمض النيتريك والقطن، وأنتج عفوياً نترات السليلوز القابلة للاشتعال. ومع ذلك، كان كريستيان فريديريك شونباين، هو من أنتج، بعد ذلك بثمانية أعوام، نترات السليلوز الشديدة الاشتعال، وهي مادة متفجرة تُعرف باسم «القطن المتفجر»، باستخدام مزيج من حمض النيتريك والكبريتيك.



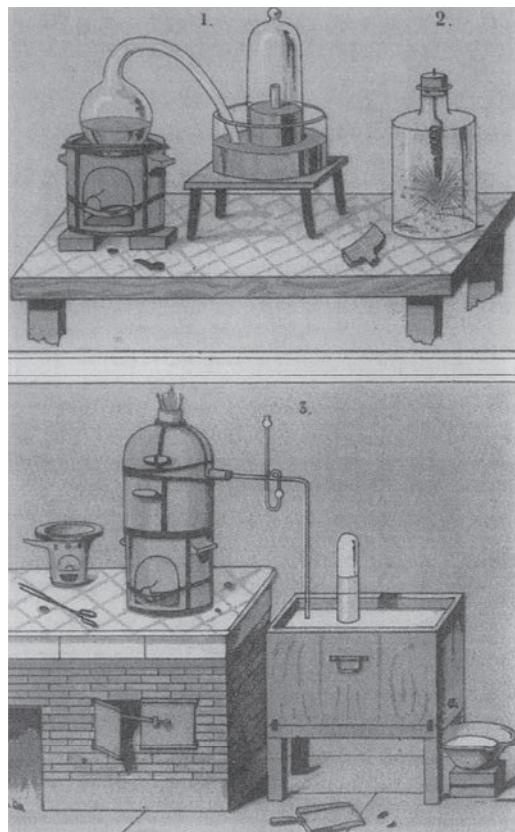
شكل ١-٧: جهاز همفري ديفي لقياس مقدار الحجر الجيري في التربة. يُطلق حمض الكبريتيك مكافئاً واحداً من ثاني أكسيد الكربون من مكافئ من الحجر الجيري. يملأ الغاز باللون، ويحل محل وحدة حجم من الماء تُقاس من أجل تحديد حجم الغاز الناتج (من كتاب ديفي «الكيمياء الزراعية»، لندن، ١٨١٣).)

بدأ فريمي حياته المهنية في الكيمياء مساعداً أول بيلوز في المدرسة المتعددة التقنيات، وعُين فيما بعد أستاذًا في هذا المعهد، وكذلك في متحف التاريخ الطبيعي. وفي اليوم نفسه الذي كان يفترض فيه شغل منصب بيلوز في كلية فرنسا عن طريق الانتخابات، في

عام ١٨٥٠، قرأ فريمي بحثاً يهاجم الخليفة المفضل على نطاق واسع، أوجست لورينت، ولم تنتخبه الأكاديمية الفرنسية للعلوم. وتوفي لورينت بسبب سوء حالته الصحية بعد أقل من ثلاثة أعوام في سن الرابعة والأربعين.^{١٠} ربما كان فريمي أولَ مَنْ يُنْتَجُ قدرًا ضئيلًا من الفلور، ويحافظ عليه عن طريق تحليل فلوريد الكالسيوم بالكهرباء في عام ١٨٥٤.^{١١} ومع ذلك، عزل تلميذه هنري موسان الفلور، مستفيدًا من تجارب معلمٍ، في عام ١٨٨٦، وحصل على جائزة نوبل في الكيمياء عام ١٩٠٦.^{١٢} انبهر فريمي بألوان أملاح الكوبالت التي اقترح لها تسميةً مبتكرةً (وأنتشرت منذ زمن طويل).^{١٣} ولعلَّ هذا الانبهار بالألوان هو ما أدى إلى ظهور هذا الكتاب الرائع.

توضُّح الصورة ١ (في الشكل ٢-٧) تجربة لفوازيبه التي تتصل فيها مطرة (نوع من الأوعية الزجاجية يُعرف أيضًا باسم «رأس المسamar») تحتوي على زئبق من عنقها الطويل المقوس بوعاء مُدرج جرسي الشكل مفتوح على زئبق في حوض. يُسخن الزئبق الموجود في المطرة حتى درجة الغليان فقط لمدة خمسة أيام، حتى لا يعود هناك أي اختزال آخر لحجم الهواء في الوعاء الجرسي. ويجري مزيجٌ من التسخين على مدار بضعة أيام. اكتشف لفوازيبه أن حجم الغاز الموجود في الوعاء الجرسي انخفض بنسبة ٢٧٪ بسبب فقدان الأكسجين (كانت القيمة المقبولة فيما بعد ٢١٪). وكانت المادة البلورية الحمراء التي ظهرت تطفو على سطح الزئبق في المطرة هي أكسيد الزئبق . وفي الصورة ٢ (في الشكل ٢-٧) وضع سلك من الحديد في طرفه قطعة من الحُرّاق (كل مادة سريعة الاحتراق) المشتعل داخل وعاء من الأكسجين الحالص. يشتعل الحديد على الفور، ويُطلق شراراتٍ من أكسيد الحديد ساخنةً بما يكفي لإذابة الزجاج واحتراقه بعمق. وفي الصورة ٣ (في الشكل ٢-٧) يتعرّض رطل من ثاني أكسيد المنجنيز (MnO_2) إلى التسخين بشدة في مقطورة معوجة فخارية من أجل إنتاج الأكسجين. وهذه هي الطريقة التي عزلَ بها جان المنجنيز لأول مرة في عام ١٧٧٤. هذا، وتُستخدم حرارةً أقل في إنتاج الأكسجين من ثاني أكسيد المنجنيز في وجود حمض الكبريتيك.

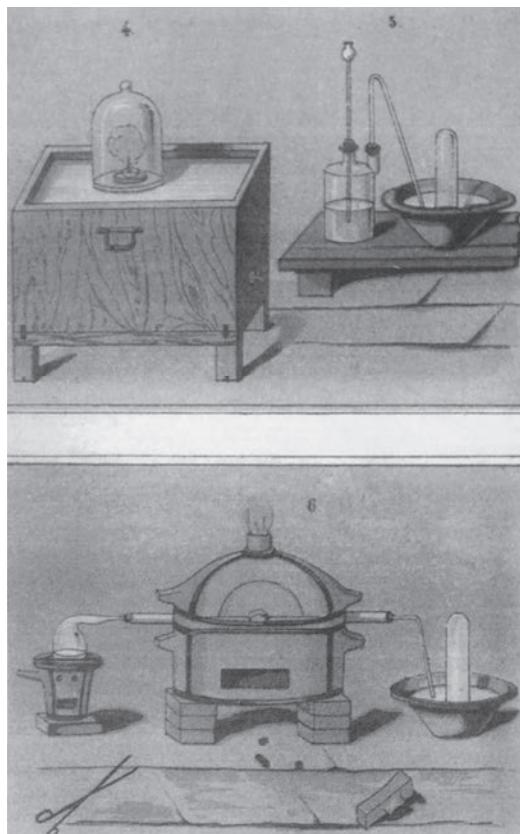
تظهر في الصورة ٤ (في الشكل ٣-٧) بوتقةٌ صغيرةٌ من الجبس فوق قطعة من الفلين تطفو، مثل قارب، فوق مياه في حوض صغير. تُشعل قطعة صغيرةٌ من الفوسفور في البوتقة، ويُوضع وعاءً جرسيًّا فوق البوتقة مقلوبًا. ويكون الغاز المُتبقي داخل الوعاء الجرسي هو النيتروجين. أما الصورة ٥ (في الشكل ٣-٧)، فتبين دورًاً زجاجيًّاً يحتوي على الزنك ويُضاف إليه الماء أولاًً عبر أنبوب، ثم يُضاف حمض الكبريتيك، فيتجمّع غاز



شكل ٢-٧: صورة بالأبيض والأسود لصورة ملوّنة من الطبعة الأمريكية (١٨٥٤) لكتاب «أفكار عامة في الكيمياء» لثيو فيل جولز بيلوز وإدموند فريمي. انظر الصور الملوّنة. يظهر في الصورة ١ تجربة لافوازييه الكلاسيكية لأكسدة الرزق التي تشتمل على التقطير المرتدى للرزق في الهواء. أما الصورة ٢، فتُوضّح أكسدة سلك من الحديد باستخدام لهب في أكسجين نقى. وتُوضّح الصورة ٣ التسخين الشديد لثاني أكسيد المنجنيز من أجل إنتاج الأكسجين — وهي تجربة كان شيله أَوْلَ من أجرها.

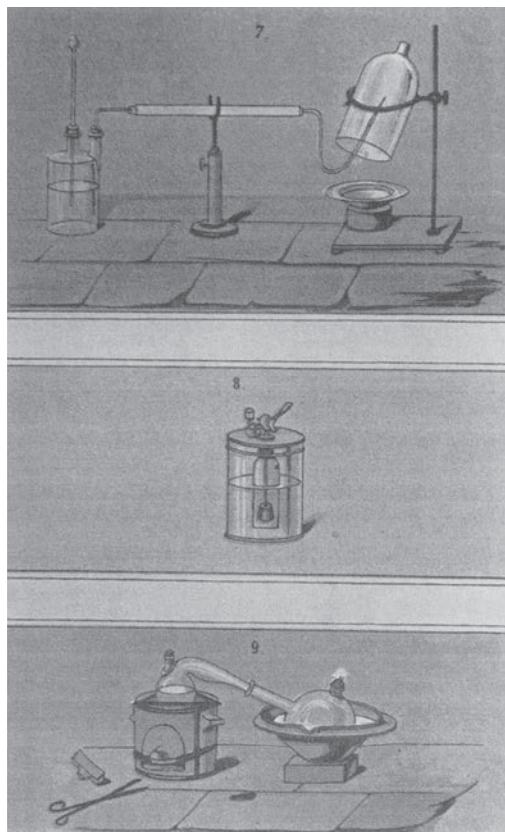
الهيدروجين فوق الماء. ويظهر في الصورة ٦ (في الشكل ٣-٧) تحليل لافوازييه الكلاسيكي للماء باستخدام قطعٍ من سلك حديدي داخل أنبوب خزفي يُسخن حتى التوهج داخل فرن.

التخصص والتنظيم



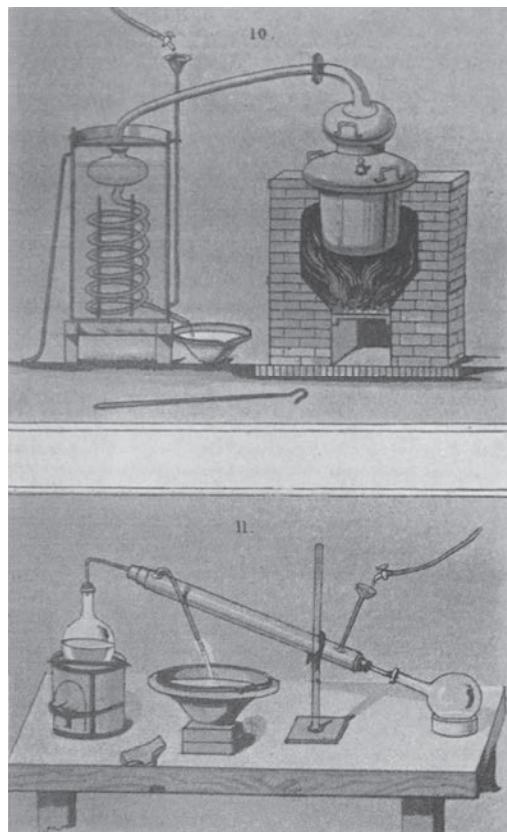
شكل ٣-٧: صورة بالأبيض والأسود لصورة ملوّنة من الطبعة الأمريكية (١٨٥٤) لكتاب «أفكار عامة في الكيمياء» لبيلوز وفريمي. انظر الصور الملوّنة. يظهر في الصورة ٤ احتراق الفوسفور في الهواء مخلّفاً وراءه نيتروجينًا غير متفاعل. أما الصورة ٥، فتُظهر توليد الهيدروجين عبر تفاعل الزنك وحمض الكبريتيك — وهو عمل نشره لأول مرة هنري كافنديش في عام ١٧٦٦. وفي الصورة ٦ نرى تحليل لافوازييه للماء باستخدام سلك حديدي في أنبوب خرفي يُسخّن حتى التوهج في فرن (انظر الشكل ١٧-٥).

يتكون أكسيد الحديد داخل الأنبوب، ويُجمع غاز الهيدروجين باستخدام وعاء استقبال مقلوب في الماء.



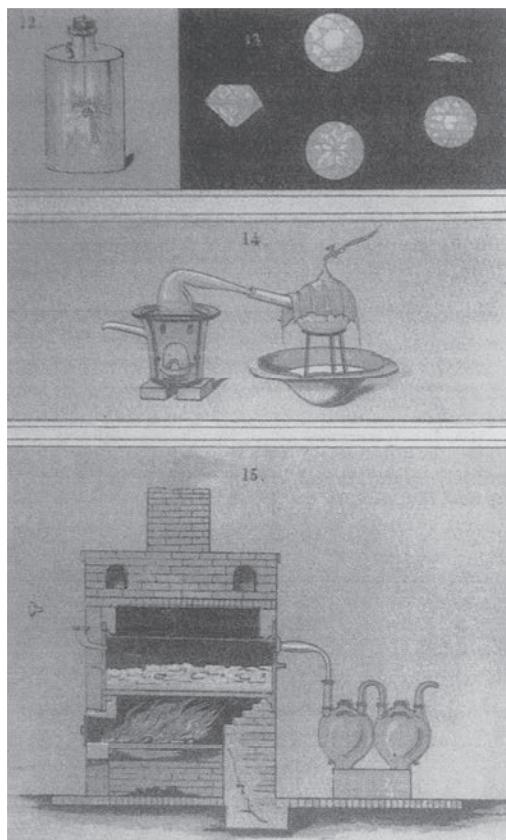
شكل ٤-٧: صورة بالأبيض والأسود لصورة ملونة من الطبعة الأمريكية (١٨٥٤) لكتاب «أفكار عامة في الكيمياء» لبييلوز وفريمي. انظر الصور الملونة. يظهر في الصورة ٧ عملية لتركيب الماء تشتتمل على توليد الهيدروجين واحتراقه في الهواء. وتُظهر الصورة ٨ مولداً ذكياً ذاتي التحكم لغاز الهيدروجين. وتُوضح الصورة ٩ جهاز تقطير على نطاق مخبري مناسب للطلاب.

في الصورة ٧ (في الشكل ٤-٧) «يتولد الهيدروجين» (انظر الصورة ٥، في الشكل ٣-٧)، ويتحرّك عبر أنبوب تجفيف، ويحرق مع الأكسجين في الهواء العادي، وتتساقط قطرات الماء المتكتّف في وعاء تجمیع. وتُظهر الصورة ٨ (في الشكل ٤-٧) وعاءً جرسياً

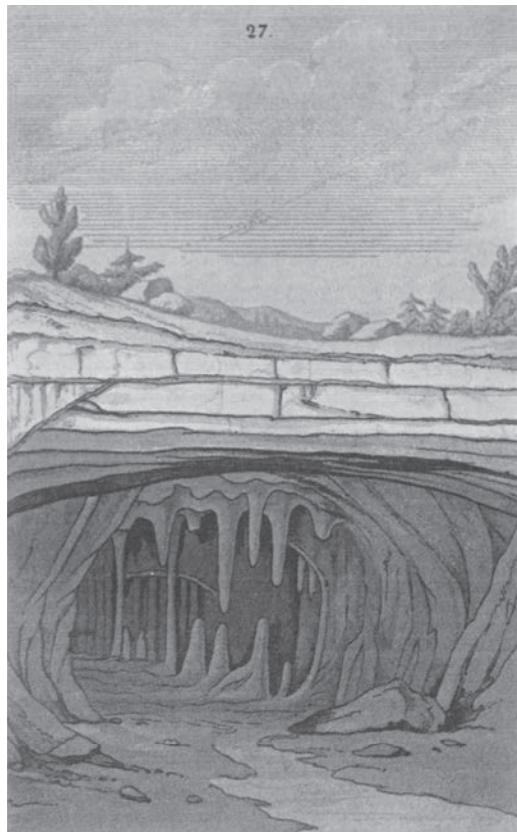


شكل ٥-٧: صورة بالأسود والأبيض لصورة ملوّنة من الطبعة الأمريكية (١٨٥٤) لكتاب «أفكار عامة في الكيمياء» لبيلوز وفريمي. انظر الصور الملوّنة. يظهر في الصورة ١٠ جهاز تقطير على نطاق صناعي يتكون من غلاية نحاسية مغطاة بقطن معدني. أما الصورة ١١، فتُوضّح جهاز التقطير ذا الشكل العصري للغاية المبرأة بالياه، الذي صمّمه جاي-لوساك.

الشكل، يحتوي على الهواء وأسطوانة من الزنك تتدلى بواسطة سلك في ماء محمض. عندما يدفع الهيدروجين المتكونُ الماء المحمض إلى خارج الوعاء الجرسي، يتوقف حدوث المزيد من التفاعلات. ويظهر في الصورة ٩ (في الشكل ٤-٧) جهاز تقطير على نطاق مخبري. ونرى في الصورة ١٠ (في الشكل ٥-٧) جهاز تقطيرٍ كبيرٍ الحجمٍ باستخدام غلايةٍ من



شكل ٦-٧: صورة بالأبيض والأسود لصورة ملوّنة من الطبعة الأمريكية (١٨٥٤) من كتاب «أفكار عامة في الكيمياء» لبيلوز وفرمي. انظر الصور الملوّنة. في الصورة ١٢ يحترق الفوسفور، المتلقي من سلك، مُصدراً وميضاً شديداً يعمي الأ بصار في وجود أكسجين خالص. وتظهر في الصورة ١٣ ألماسات تتكون من كربون خالص تماماً مثل معدن الجرافيت المتواضع، وتمثل أحد المتأصلات الأخرى للكربون، وتختلف تماماً عن الياقوت والأحجار الكريمة الأخرى؛ ينتج حمض النيتريك (الصورة ١٤) عن تسخين نترات البوتاسيوم مع حمض الكبريتيك، لكن على النطاق الصناعي (الصورة ١٥)، يكون استخدام النتر (نترات الصوديوم) أقل تكلفة.



شكل ٧-٧: عرض سريالي رائع للهوابط (المُتدلية من أسقف الكهوف، إذا كنت قد نسيت) والصواعد المكونة من الحجر الجيري، التي تكونت بفعل التفاعل بين ثاني أكسيد الكربون الدائئر في المياه الجوفية والجير الموجود في التربة. انظر الصور الملوّنة. يبدو أن هذه الصورة كانت استشراً لأسلوب رينيه ماجريت الفني قبل نحو ٤٥ سنة من مولده (من الطبعة الأمريكية الصادرة عام ١٨٥٤ لكتاب «أفكار عامة في الكيمياء» لبيلوز وفريمي).

النحاس مغطاة بغطاء معدني. ويُسمى أنبوب التكثيف المقوس «الدودة». ويظهر في الصورة ١١ (في الشكل ٥-٧) جهاز تقطير على نطاق مخبري رائع حديث الطراز، من صنع جاي-لوساك. يُضاف ماء التبريد عبر القمع الموجود أسفل الجانب الأيمن، ويغادر المكثف في أعلى الجانب الأيسر.

يحرق الفوسفور بقوه بالغه في بوققة، معلقةً بواسطه سلك يتصل بقطعة من الفلين، في جو من الأكسجين الخالص (الصورة ١٢، الشكل ٦-٧). يظهر الألماس، المعروف بكونه كربوناً خالصاً، في الصورة ١٣ (الشكل ٦-٧). ينتج عن تسخين نترات البوتاسيوم وحمض الكبريتيك في معوجة زجاجية، ثم تقطيرهما، الحمض «الأزوتني» (حمض النيتريك) (الصورة ١٤، الشكل ٦-٧). ويُستخدم النتر (نترات الصوديوم) في الإنتاج الواسع النطاق لحمض النيتريك (الصورة ١٥، الشكل ٦-٧)، الذي تقلُّ تكاليف إنتاجه عن تكاليف إنتاج نترات البوتاسيوم. تتعرّض كمياتٌ تتراوح من ١٠٠ إلى ١٥٠ كيلوجراماً من النترات للتسخين في أسطوانات فخارية يُضاف إليها حمض الكبريتيك على فتراتٍ مُنتظمة، وتُستقبل المواد المقطرة في سلسلة من ١٢ إلى ١٥ قارورة ثلاثة العنق.

تمثل الصورة ٢٧ (الشكل ٧-٧) عرضاً سريالياً للهوابط (المُتدليه من أسقف الكهوف)، والصواعد التي ترتفع لتقابلهما في كهف يشبه فكّاً مفتوحاً لحيوان بشع. تكون الهوابط والصواعد من كربونات الكالسيوم التي تنشأ من تفاعل حمض الكربونيک الذائب في الماء مع الجير الموجود على سطح الأرض. وبيدو شكل السماء الواسعة مع السحب الغريبة والكهف غير المألوف الشكل، استشراقاً لأسلوب الفنان العصري رينيه ماجريت (١٩٦٧-١٨٩٨).

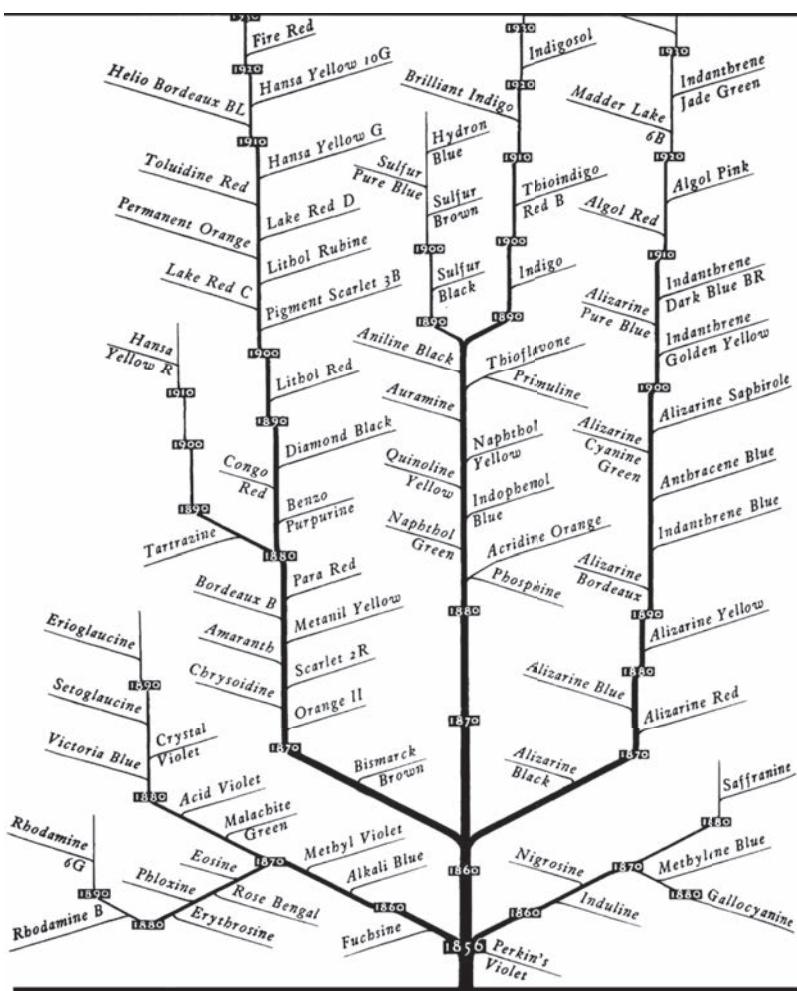
(٣) فيمَ يصلاح علماء الكيمياء العضوية؟

حتى منتصف القرن التاسع عشر، كانت الصبغات المستخدمة في الأقمشة والتطبيقات التجارية الأخرى مُستخرجةً من المواد النباتية والحيوانية.^{١٣} وفي الواقع كانت صبغات النيلة المستخرجة من ثلاثة أنواع من الحذرون أساساً لصبغة «التخلت» القديمة، التي حدّدها موسى لتلوين حوافٍ شالِ الصلاة لدى اليهود أو «الطاليت» باللون الأزرق.^{١٤} يروي هذه القصة المشوّقة رولد هوفمان وشيرا ليبوفيتس شميدت، اللذان أشارا إلى أن «التخلت» كانت على الأرجح مزيجاً من صبغتين نيليتين مرتبطتين على نحو وثيق.^{١٤} فقد اليهود، وفقاً لمعتقداتهم، فنَّ صنْع «التخلت» بحلول عام ٧٦٠، ومنذ ذلك الحين، أصبحت الحواف تُترك بيضاء؛ نظراً لعدم سماح القانون الديني باستخدام أي بدائل. ورغم اكتشاف مصادر نباتية لهذه الصبغات فيما بعد وظهور أساليب كيميائية حديثة تؤكّد

تطابقها على نحو قاطع مع الصبغة الأصلية، لا يزال تقليد الحواف البيضاء الحديث ثابتاً. وكما يُشير المؤلفان، نظراً لعدم بقاء أي منسوجات يهودية أصلية مصبوغة بـ «التلخت»، فمن غير المرجح أن تكون أي محاولة لإعادة صنع «التلخت» مقبولة.¹⁴

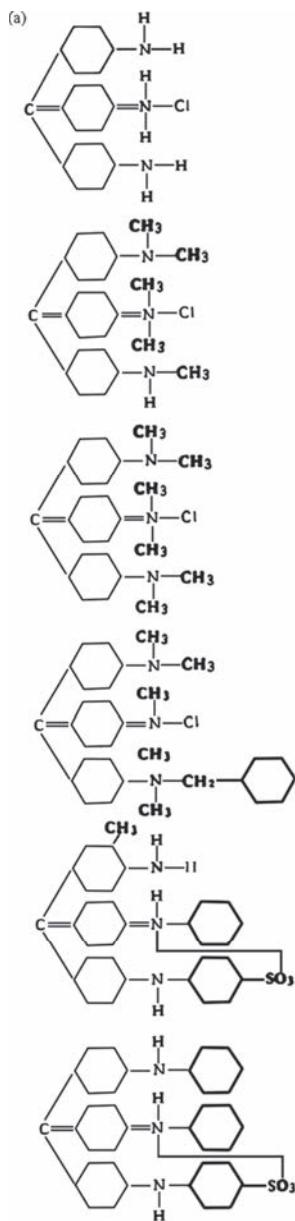
في منتصف القرن التاسع عشر، التحقَ ويليام هنري بيركن السابق لعصره (١٨٣٨-١٩٠٧) بالجمعية الملكية للكيمياء وهو في سن الخامسة عشرة، وسرعان ما أصبح مساعدًا لمديريها، الأستاذ أو جست فيلهلم هوفمان.¹⁵ في ذلك الوقت، كان قطران الفحم قد أصبح نوعاً غير مرغوب فيه من فضلات الإنتاج، وبينما كان البنزين والتولوين التجاريان يستخرجان من قطران الفحم عن طريق التقطر، ظلَّ القطران يُعتبر مصدر إزعاج كبيراً.¹⁶ حاول بيركن الشاب، بعمله في مختبر منزله في لندن في عام ١٨٥٦، دون نجاح، تصنيع عقار الكينين، لكنه حصل بدلاً من ذلك على قطران داكن. وأدى تعديل بسيط، باستخدام الأنيلين أحد مكونات قطران الفحم، إلى إنتاج مادة داكنة أخرى، اتضح، مرةً أخرى عن طريق الصدفة، أنها صبغة بنفسجية رائعة أطلق عليها بيركن اسم «موف». ترك بيركن الجامعة، مما أصاب هوفمان بالإحباط كثيراً، وبنى مصنعاً لصناعة الصبغة الموف بتمويل من والده. وفجأة، ظهرت صناعة الصبغة الصناعية وأصبح قطران الفحم سلعة تجاريةً بدلاً من كونه أحد مخلفات الإنتاج.^{17,18}

يُوضّح الشكل ٨-٧ شجرة عائلة تُظهر تطور الصبغات الصناعية على مدار أول ٧٥ سنة بعد اكتشاف الصبغة الموف على يد بيركن.¹⁸ تضم التفرعية الطرفية على يسار الموف سلسلةً من الصبغات المتصلة به كيميائياً، تذكر بعض منها في الشكل ٩-٧(a). فثمة تحولٌ سلسٌ إلى حدٍ ما في اللون من الفوشين (Fuchsine) ذي اللون الأحمر الأرجواني عبر سلسلة من ثلاث صبغات أرجوانية حتى الوصول إلى الصبغتين الزرقاء اللون اللتين يظهر تراكيبهما في هذا الشكل. في الشكل ٩-٧(a) يُستخدم الفوشين بوصفه «الصبغة الأساسية»، وتحتفل الصبغات الخمس الأخرى قليلاً عن طريق استبدال المجموعات المكتوبة بخط داكن بذرات الهيدروجين. ويُوضح التصنيع حسب الطلب لأنواع هذه الصبغات وتعديلها الدقيق إحدى نقاط القوة الأساسية للكيمياء العضوية. ويعتبر علماء الكيمياء العضوية خبراء في «تغيير» خصائص الجزيئات المعقدة من خلال إحلال ذرات أو مجموعات من الذرات بعضها محل بعض. ويتمثل الفرق بين الفوشين والميثيل البنفسجي Methyl Violet B في استبدال بسيط لخمس ذرات من الهيدروجين بخمس مجموعات من الميثيل.

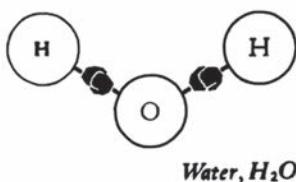


شكل ٨-٧: شجرة الأصباغ (٤)، التي تُظهر تطور الصبغات العضوية الاصطناعية خلال مطلع القرن العشرين عقب اكتشاف ويليام هنري بيركن في عام ١٨٥٦، في سن الثامنة عشرة، «للموف»، المشار إليه هنا باسم «بنفسجي بيركن» (Perkin's Violet) (من «كيمياء الألوان»، رقم ١، بإذن من السيدة لين كرووك).

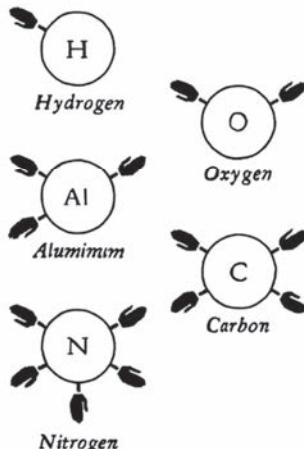
التخصص والتنظيم



(b)



(c)



شكل ٩-٧: نرى في الشكل (a) مهارة عالم الكيمياء العضوية الصناعية في «تغيير» إطار جزيئي من أجل تعديل الخواص المطلوبة؛ فنجد أن استبدال ذرات الهيدروجين في التركيب العلوي (صبغة الفوشين الحمراء البنفسجية) بالميثيل (CH_3) ومجموعات أخرى يغير اللون بسلاسة من خلال درجات البنفسجي، والأزرق البنفسجي، ثم الأزرق. وتُستخدم هذه الطريقة منذ فترة طويلة من أجل تعديل البنسلينات والعقاقير الأخرى، وحالياً من أجل صنع صبغات الليزر. أما الشكل (b)، فيصور ذرتين من الهيدروجين تُمسكان بصديقتهما ذرة الأكسجين من أجل صنع الماء. وفي الشكل (c)، نرى أيادي (تمثّل التكافؤات أو «قوة» الاتحاد) خمس ذرات شائعة؛ وقد حسمَ أخيراً الالتباس بشأن تكافؤ النيتروجين (إذ يكون أحياناً ٣، وأحياناً ٥ – انظر ذرات النيتروجين في الشكل (a)) في عشرينيات القرن العشرين (من كتاب «كيمياء الألوان»، رقم ١، بإذن من السيدة لين كروكر).

من المثير أن نشير إلى أن كلاً من المركبات الستة الواردة في الشكل ٩-٧(a) يحتوي على ذرة نيتروجين واحدة تشكل خمسة روابط مع ذرات أخرى. في الواقع، إن الكتاب الرائع، الذي نُشر في عام ١٩٣٥، ويحتوي على التكوينات الواردة في الشكل ٩-٧(a)، يشتمل أيضًا على بعض الرسومات الكاريكاتورية «القيمة» تجسد ذرات ذات أيدٍ تُعبر عن التكافؤات الكيميائية.^{١٨} يُصوّر الشكل ٩-٧(b) جزءاً ماءً تظهر فيه ذرة واحدة من الأكسجين وذرتان من الهيدروجين متشابكةً الأيدي (بما يُشبه إلى حدٍ ما «جنيات الماء» التي تظهر في مواضع أخرى).^{١٩} وفي الشكل ٩-٧(c)، نلاحظ رسومًا توضيحية لتكافؤ كل ذرة، من بينها تكافؤ قدره ٥ للنيتروجين. وربما يظهر الالتباس واضحاً في حالة كلوريد الأمونيوم. ولما كان معروفاً أن تكافؤ الهيدروجين والكلور أحadiان، فإنَّ الترتيب الوحيد المنطقي ربما يتمثل في تكوين النيتروجين روابطً أحاديًّا مع ذرات الهيدروجين الأربع ومع ذرة الكلور الخامسة أيضًا. وكان من المعروف سابقاً أن كلوريد الأمونيوم ينفصل إلى الأمونيا (NH_3) وكلوريد الهيدروجين (HCl) عند تسخينه. وقد كانت نظرية المحاليل الأيونية لسفانتِ أرهنيوس^{٢٠} في ثمانينيات القرن التاسع عشر الأساس لفهم الطبيعة الحقيقية للكلوريد الأمونيوم، كملح أيوني صيغته $\text{NH}_4^+ \text{Cl}^-$ يتصرّف كجزيئين منفصلين عند إذابة الملح في الماء، وليس جزيئاً واحداً من كلوريد الأمونيوم NH_4Cl . وكانت الروابط الأربع المتصلة بالنيتروجين في أيون الأمونيوم NH_4^+ متواقةً بالكامل مع قاعدة الثمانينيات وتركيبات لويس (١٩١٦).^{٢١} ومع ذلك، لم يحدث الاتحاد بين النظرية الأيونية وثمانينيات لويس فعلياً إلا في عشرينيات القرن العشرين،^{٢٢} قبل عقد تقريباً من نشر الشكل ٩-٧.

ظهرت تطبيقاتٌ مبكرةً للتعديل و«التغيير» الجزيئي الطفيف على يد علماء الكيمياء العضوية في صناعة الأدوية. على سبيل المثال، لا يُعد الفرق بين المورفين والكودايين والهيروين كبيراً للغاية من حيث تركيبها، لكنه كبير للغاية من الناحية الدوائية. وقد حفز اكتشاف البنسلينين مصادفةً في عام ١٩٢٨ على يد ألكسندر فلمنج بحثاً استمر طوال عقدين عن تركيبه الكيميائي، الذي توصلت إليه في النهاية في منتصف أربعينيات القرن العشرين المتخصص في علم البلورات دوروثي كروفوت (التي أصبحت فيما بعد دوروثي هودجكين) (١٩١٠-١٩٩٤)،^{٢٣} التي حصلت على جائزة نوبل في عام ١٩٦٤ في الطب والفيسيولوجيا عن عملها في تحديد تركيب فيتامين ب١٢.^{٢٤} وبمجرد معرفة تركيب البنسلينين، صنع علماء الكيمياء الدوائية آلاف المشتقات سعيًا منهم لزيادة الفاعلية، وتقليل التكلفة، والحد من الآثار الجانبية غير المرغوب فيها، مثل ردود الفعل التحسسية.

(٤) لا تبتسم أبداً للكاكوديل

في عام ١٨٣٥ أطلق فريديريش فولر على الكيميا العضوية «غابة بدائية في المنطقة الاستوائية»،²⁵ وعلى ما يبدو كان هذا التشبيه للكيميا العضوية، بنظام حياة معقد لا يمكن تصوره، تشبيهاً مناسباً. فكان يبدو أنه لا يمكن عزل المركبات العضوية إلا من كائنات حية – النباتات والحيوانات. وكان يجب استخلاصها دوماً من مصفوفات معقدة للغاية، وكان من الصعب عزلها خالصةً. حتى البول، وهو سائل شفاف، يكون معقداً على نحو استثنائي. وقد أُعلن عن مركب الاليوريا العضوي البسيط (الذي عُرف فيما بعد بالصيغة $\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$) في عام ١٧٧٣ على يد هيلير مارتن رويل (وسبقه بورهافا في وصفه).²⁶ كانت هذه المادة غير نقية، لكن ملمسها «الصابوني» وسهولة تحللها عند «تقديرها» أشارا إلى اختلافها الواضح عن الأملاح غير العضوية المألوفة، التي كانت بلورية ولا تتأثر عادةً بالحرارة. ورغم أن فولر صنع الاليوريا بطريق المصادفة تماماً من مركبات غير عضوية في عام ١٨٢٨، فقد حافظ في ذلك الوقت، على الرأي السائد بأن المركبات العضوية مشبعة بـ«قوة حيوية»؛ ومن ثم لا يمكن أبداً إنتاجها صناعياً.²⁷ بعد ذلك بنحو عقدين من الزمن، أقدم هيرمان كولبه على «قتل الحيوية» عن طريق تصنيع حمض الخليك (الخل) بفاعلية كبيرة من عناصره الكيميائية.²⁷ وشاء استخدام ثلاثة أنظمة للأوزان الذرية النسبية بحلول منتصف القرن التاسع عشر، لخصها آرون جيه إيده كالتالي:²⁸

O C H
١٦ ١٢ ١
٨ ٦ ١
١٦ ٦ ١

بيرسيليوس
ليبيج
دوما

تسببت الصعوبات التي تكتنف التحليل الكيميائي الدقيق في مزيد من الالتباس؛ فقد اشتمل التحليل في أوائل القرن التاسع عشر على قياسات لحجم أول أكسيد الكربون، الذي يتولّد في أثناء الاحتراق. وأدى هذا إلى قصر العينات التحليلية على كميات صغيرة إلى حدّ كبير، وتمثل تأثيرها في تضخيم الأخطاء الصغيرة. حتى جهاز تحليل الكربون

لليبيج، الذي كان يلتقط ثاني أكسيد الكربون في صورته المكثفة من أجل وزنه، مما زاد حجم العينات ودققتها كثيراً، لم يُحلَّ هذه المشكلات بالكامل. ويظهر هذا واضحًا²⁹ في التفاوت بين صيغة حمض الكوليک ($C_{48}H_{39}O_9$ ، حسب أوزان لبيج الذرية) التي أعلن عنها عالم الكيمياء الشهير أدولف شتريker، الذي كان يعمل في مختبر ليبيج في مدينة جيسن، والصيغة الحالية ($C_{24}H_{40}O_5$). وتُعدُّ هذه التفاوتات، على صغرها، مؤثرة للغاية؛ نظراً لأن استخدام أوزان بيريسيليوس الذرية لكل من الكربون والهيدروجين والأكسجين (القريبة للغاية من القيم الحالية) كان من شأنه أن يعطي الصيغة $C_{24}H_{19.5}O_{4.5}$. ولم يكن هذا، بالطبع، مُتوافقاً مع الذرات الكاملة، وأيضاً مع قواعد التكافؤ التي لم تظهر إلا بعد عَقد من ذلك.

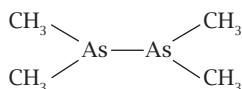
أثارت المركبات العضوية أيضًا عدة مشكلات للنظرية الكيميائية المبكرة؛ فقد أدّت دراسات ديفي للتحليل الكهربائي، التي أنتجت بوتاسيوم موجب الشحنة في أحد الأقطاب الكهربائية، وكلوراً سالب الشحنة في القطب الآخر، إلى افتراض بيريسيليوس نظرية عن الثنائيّة. وكان واضحًا أن الهيدروجين موجب الشحنة؛ إذ كان يُكُون الماء وكلوريد الهيدروجين مع عناصر الأكسجين والكلور السالبة الشحنة. كذلك كُون الكربون الموجب الشحنة مركبًا مع الأكسجين والكلور. ومع ذلك، لم يَبُدُّ أن هذه النظرية تصلح للمركبات العضوية. فكيف يُمْكِن للمرء تفسير تكوين الميثان — مركب من الكربون والهيدروجين — المكوّن من عنصرين موجيّ الشحنة؟ وكيف يُمْكِن لعنصر سالب الشحنة، مثل الكلور، أن يُحلَّ محلَّ ذرات الهيدروجين الأربع الموجبة الشحنة الموجودة في الميثان بالكامل ليُكُون مركب رباعي كلوريدي الكربون CCl_4 ؟

من بين الاكتشافات المُبَكَّرة المهمة التي ساعدت في توضيح الكيمياء العُضوية وتنظيمها، فكرة وجود جذر كيميائي ظهرت مَصادِره الأولى لدى لافوازييه: الحمض = جذر + أكسجين (حيث يُمْكِن أن يكون الجذر عنصر الكبريت الذي ينتج عن اتحاده مع الأكسجين «حمض الكبريتيك» — في الواقع SO_3 أو ثلاثي أكسيد الكبريت).³⁰ تبع ظهور هذا المفهوم البدائي دراسات أكثر تتقىحاً كشفت عن وجود جذر السيانيد (CN^-). كان شيله أول من عالج صبغة الأزرق البروسي، التي تتكون من مركبات الحديد المتمثّلة في الفيروسانييد [المعروفة حالياً بـ $[Fe(CN)_6]$ ، على الأرجح في وجود المعادن القلوية أو الأمونيا (على سبيل المثال، $[NH_4Fe(CN)_6]$ — وهذه هي الصيغة الحديثة بالطبع)]. وعند معالجته لفيروسانييد البوتاسيوم بحمض الكبريتيك، حصل على «حمض البروسيك»

(«حمض الهيدروسيانيك» أو سيانيد الهيدروجين HCN)، وكان من المُذهل أنه لم يقتل نفسه وهو يختبر رائحته. كما حصل شيله على سيانيد البوتاسيوم (KCN)، وسيانيد الزئبق $[Hg(CN)_2]$ ، وسيانيد الفضة (AgCN).³¹ وفي عام ١٧٨٧، أجرى برتوليه تفاعلاً بين «حمض البروسيك» والكلور، واكتشف كلوريد السيانوجين (ClCN).³² وفي عام ١٨١٥ اكتشف جاي-لوساك السيانوجين $[CN_2]$ من عمله على «حمض البروسيك».³³ ومن ثم، أشارت مجموعة من الأدلة إلى أن جذر السيانيد يتصرّف فعلياً مثل ذرة (أي «أكيل حلقي») من حيث انتقاله دون أن يتغيّر من مرّگ إلى آخر.³⁴ والأمر الأكثر إثارةً كان إعلان ليبيج وفولر في عام ١٨٢٢ عن جذر البنزوويل ($C_{14}H_{20}O_2$) — في الحقيقة $C_7H_{10}O$ ، وهو وحدة مستقرة تحتوي على ثلاثة أنواع مُختلفة من الذرات.²²

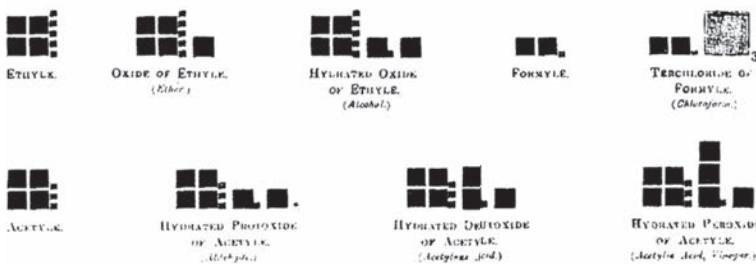
الشكل ١٠-٧ من طبعة عام ١٨٥٧ من كتاب يومانس «أطلس الكيمياء».³⁵ كانت الجذور تُعدُّ في البداية «ذرات فائقة» مستقرة، ترتبط وتتفصل ويعاد دمجها من أجل تكوين جزيئات. وأول جذر يظهر في الشكل ٩-٧ هو جذر الإيثيل، الذي يظهر بصيغة C_2H_5 (باستخدام نظام ليبيج؛ ومن ثم C_2H_5 بالصيغة الحديثة). إذا نظرنا إلى التركيبة الثالثة من أعلى، نرى ثنائي إيثيل الإيثير، الذي نعرفه حالياً بصيغة $C_4H_{10}O$ بدلاً من C_2H_5O (أو C_4H_5O باستخدام أوزان ليبيج الذرية). ومن وجهة نظر ثنائية، يتكون «جزيء» C_4H_5O من جذر «الإيثيل» (C_4H_5) بوصفه الجزء الموجب الشحنة والأكسجين بوصفه الجزء السالب الشحنة. وعلى ما يبدو أن إضافة الماء ("OH") إلى إيثيل الإيثير يُكون هيدراته، المعروفة أيضاً بـ «الكحول الإيثيلي» (الموضح هنا بصيغة $C_4H_5\cdot OH\cdot O$)، ولكن في الواقع يتخذ الصيغة C_2H_6O باستخدام الأوزان الذرية الحديثة، وليس أوزان ليبيج. وعلى أيّ حال، فقد أوضحت النظرية القديمة للجذور المركبة (الثالث العلوي من الشكل ١٠-٧) حدوث تبادل بسيط في الجذور المستقرة من أجل تكوين جزيئات عضوية مختلفة.

يقودنا هذا إلى الكاكوديل، وهو اسم قديم لسائل رباعي ميثيل ثنائي الزرنيخ سيء الرائحة، وتلقائي الاشتعال، وعديم اللون، الذي نحصل عليه من تسخين أكسيد الزرنيخ وأسيتات البوتاسيوم:³⁶

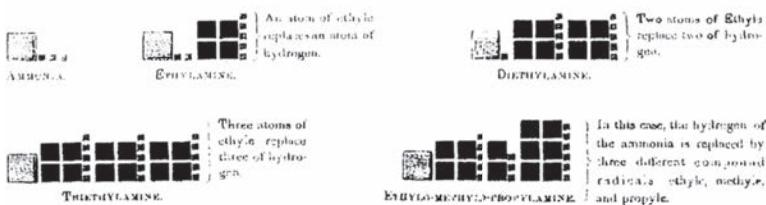


التخصص والتنظيم

PLATE VI ILLUSTRATION OF THE THEORY OF COMPOUND RADICALS.



THEORY OF CHEMICAL TYPES—DOCTRINE OF SUBSTITUTION.



THEORY OF PAIRING—EXAMPLE OF COUPLED ACIDS.

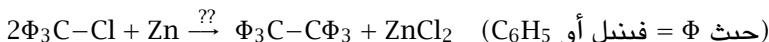


FIGURE 116 ■ For full description, see page xv.

شكل ١٠-٧: رسم توضيحي لنظريات منتصف القرن التاسع عشر في الكيمياء العضوية (انظر النص)، ويوجد الشكل الملون الأصلي في كتاب إي يومانس «أطلس الكيمياء»، نيويورك، ١٨٥٧. افترض وجود جذر الكاكوديل في وقت مبكر من قبل روبرت بنسن، الذي فقد إحدى عينيه عندما انفجر سيلانيد الكاكوديل في مختبره.

عدَّ بنسن أيضًا جذر الكاكوديل $[(\text{CH}_3)_2\text{As}]^{37}$ «ذرةٌ فائقةً» مُستقرةً يُمكن تبادلها بين الجذور الأخرى. ويُتَّسِّم كثير من مركبات الكاكوديل بأنه قابل للانفجار، وأيضاً قابل للاشتعال تلقائيًا. وقد انفجر أحد هذه المركبات وهو مركب سيانيد الكاكوديل $[(\text{CH}_3)_2\text{AsCN}]$ ، في أثناء إحدى دراسات بنسن الاستكشافية وفقد عينه اليمني.²⁵

صنَّع بنسن في إحدى دراساته أكسيد الكاكوديل من الكاكوديل وحوَّله إلى الكلوريد. وعند تفاعلِه مع الزنك، فُقد الكلور واعتقد بنسن أن المركب النقي المتبقّي المكوَّن من الزرنيخ والكريبون والهيدروجين هو جذر الكاكوديل الحر. لكنه في الواقع كان كاكوديل سائلًا $[(\text{CH}_3)_2\text{As}-\text{As}(\text{CH}_3)_2]^{38}$. بالمثل، حرر تفاعل يوديد الإيثيل مع الزنك جزيء اليود العضوي، وكان يُعتقد أنه يُنتج جذر «الإيثيل» الحر، لكنه في الواقع أنتج البوتان $(\text{C}_2\text{H}_5-\text{C}_2\text{H}_5)$ — ديمير الإيثيل. وأدَّى عمل إدوارد فرانكلاند $(1899-1825)$ فعلياً إلى إنتاج بعض من ثنائي إيثيل الزنك $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{Zn}$ ، وهو مادةً مُتطايرة تَشتعل تلقائيًا، مما بشَّر ببداية عصر الكيمياء العضوية الفلزية.²⁶ باءت الأبحاث عن هذه الجذور الحرة بالفشل؛ ومن ثم ساد الافتراض بأنها غير قادرة على الانفصال حتى جاءت المشاهدة غير المتوقعة لجذر ثلاثي فينيل الميثيل لوزس جومبرج.³⁹ فقد أجرى جومبرج تفاعلاً بين كلوريد ثلاثي فينيل الميثيل وغبار الزنك متوقعاً الحصول على سداسي فينيل الإيثان:⁴⁰



إن ما حدث كان تفاعلاً مفاجئاً أدَّى إلى تكوين محلول ملوَّن. وأدَّت إضافة اليود، على سبيل المثال، إلى تكوين يوديد ثلاثي فينيل الميثيل ومحلول ملوَّن. لقد أنتج جومبرج جذراً حرًّا مُستقراً، لكنه قادر على التفاعل — جذر ثلاثي فينيل الميثيل:



ومن المُثير للاهتمام، أنه على الرغم من أن ديمير جذر ثلاثي فينيل الميثيل كان يُعتقد أنه سداسي فينيل الإيثان الذي كان مُرتفقاً طوال نحو ٦٠ عاماً؛ فقد بتنا نعرف الآن التكوين الصحيح للديمر الذي يُوجَد في توازن مع جذر ثلاثي فينيل الميثيل — وهو ليس أحد مُشتقات الإيثان.²⁸ في الواقع، رغم وجود خماسي فينيل الإيثان $(\text{C}\Phi_3-\text{CH}\Phi_2)$ وتمتُّعه

بروابط C-C طويلة على نحو غريب،⁴¹ وبعد قرن تقريباً من اكتشاف جومبرج، لا يزال سداسي فينيل الإيثان يحير أمهر علماء الكيمياء المعاصرین.⁴²

من المفارقات الرائعة أن نُشير إلى وجود جذر كاكوديل H⁺ مستقرٌ بالفعل («ثابت» في الواقع).^{44,43} فمنذ نحو ٢٠ عاماً اتضح أن التسخين المعتدل لمركب $\text{As}[\text{CH}(\text{Si}\{\text{CH}_3\}_3)_2]_2$ يُنتج جذرين $\text{As}[\text{CH}(\text{Si}\{\text{CH}_3\}_3)_2]_2$ مستقرّين، ويمكن رؤيتهم لفترات غير محدودة في صورة سائل عند درجة حرارة ٢٥ درجة مئوية.^{30,29} تكون الخدعة هنا في المجموعة المكونة من أربع مجموعات $\text{As}[\text{CH}(\text{Si}\{\text{CH}_3\}_3)_2]$ ضخمة تعيق إعادة اندماج الجذور وتكوين رابطة As-As الضعيفة.⁴⁵

يُصوّر الجزء الأوسط من الشكل ١٠-٧ نظرية النوع؛ حيث يمكن، على سبيل المثال، استبدال نوع من الأمينات تباعاً بجذور الألكيل في سلسلة ترتيب بوضوح بالأمونيا. وكان هذا إسهاماً إيجابياً؛ نظراً لاكتشافه عائلات من المركبات المرتبطة بعضها ببعض (المجموعات الوظيفية). أما الجزء السفلي في الشكل ١٠-٧، فيوضح نظرية «الاقتران» (الرابطة) التي قدّمتها بيرسيليوس في محاولة أخيرة لإنقاذ نظرية الثنائية وكما أشار إيده، يمكن (باستخدام «الصيغ المزدوجة») تفسير تكوين حمض الخليك (صيغته الحديثة $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$) بكونه مزيجاً من جزء موجب الشحنة (C_4H_6)، وجزء سالب الشحنة (O_3)، والماء.⁴⁶ كان حمض ثلاثي كلورو الخليك ($\text{C}_2\text{HCl}_3\text{O}_2$) مزعجاً لبيرسيليوس؛ فقد نصّت نظرية الإحلال في تلك الفترة على وجود استبدال بسيط لذرات الهيدروجين في جذر C_4H_6 بذرات الكلور. ولكن الصيغة الناتجة $\text{C}_4\text{Cl}_6 + \text{O}_3 + \text{H}_2\text{O}$ تتطوّر الآن على اختلال خطير؛ نظراً لكون الشحنة الموجبة للجذر المحتوي على الكربون أقل بكثير إن لم يكن «سالب الشحنة بالكامل»، بينما يُعدّ جزء O_3 الآن سالب الشحنة تماماً. وشعر بيرسيليوس بضرورة إعادة ترتيب جذرية بحيث «يقترب» (يتّحد) الكربون المُكلَّور (صيغته الحالية C_2Cl_6) بـ«حمض الأوكساليك» (C_2O_3) والماء، مما ينتج عنه وحدة يمكن تمييزها بسهولة هي: $\text{C}_2\text{Cl}_6 + \text{C}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O}$. وبهذه الطريقة توازن الشحنة السالبة الزائدة في جزء C_2Cl_6 بالشحنة السالبة المنخفضة في جزء C_2O_3 . ويوضح الجزء السفلي في الشكل ١٠-٧ هذا النوع من إعادة ترتيب الذرات في «اتحاد» جذر البنزويل بحمض الفورميك من أجل إنتاج حمض الفورميленبنزويك. ومع ذلك، أظهرت مجموعة متّوّعة من الأبحاث الكيميائية

فن الكيمياء

بوضوح وجود ارتباط كيميائي وثيق بين حمض الخليل (CH_3COOH), وحمض ثلاثي كلورو الخليل (CCl_3COOH), وأن الثنائية أُجبت على الاختفاء بوصفها نظرية قابلة للتطبيق في الكيمياء العضوية. ولم يبدأ الحل في الظهور إلا مع ظهور مفهوم التكافؤ.

ПОЛОЖЕНИЯ,

ИЗБРАННЫЕ ДЛЯ ЗАЩИЩЕНИЯ НА СТЕПЕНЬ МАГИСТРА ХИМИИ

Д. Менделеевъ.

9 Сентября 1856 года.



САНКТПЕТЕРБУРГЪ.

В ТИПОГРАФИИ ДЕПАРТАМЕНТА КНЯЗЬНЕЙ ТОРГОВЫХ.

1856.

شكل ١١-٧: صفحة العنوان لرسالة الماجستير المكونة من ١٥ صفحة للشاب ديمetri مندليف (بإذنِ من مكتبة تاريخ الكيمياء لروي جي نيفل).

(٥) من «السلّم الكوني» لمنديليف إلى «جنة فيثاغورس»

في عام ١٩٤٥ كان أوليفر ساكس البالغ من العمر ١٢ عاماً أولَ مَن انبهر بالجدول الدوري العملاق في مُتحف العلوم في جنوب كينجستون بينما كان يفحص عينات فردية من كل عنصر.^{٤٧} والآن وبعد مرور أكثر من نصف قرن، يبدو أن مسيرته المهنية المبكرة كطبيب وكاتب لم يكن من شأنها إلا دعم حبهِ للكيمياء، والمعادن على وجه الخصوص، وشغفه المتقدِ بالجدول الدوري. ويحكي كتاب السيرة الذاتية «العلم تونجستن» عن إحالة ساكس الصغير «الجدول المستطيل الجليل» في ذهنه إلى «نوع من السلالم الكونية أو سلَّم يعقوب، يصعد إلى جنة فيثاغورس وبهِيط منها».^{٤٨} فقد تخيلَ أتباع فيثاغورس القدماء كوناً تحكمه الرياضيات البحتة، وعَدَ د. ساكس «حقيقة منديليف»؛ أي الجدول الدوري، جزءاً من علم الكونيات ينبع بالتناغم الطبيعي.^{٤٩}

كان ديمترى إيفانوفيتش منديليف^{٤٩} (١٩٠٧-١٨٢٤)^{٤٩} الابن الأصغر بين ١٤ طفلاً. وتظاهر ببطولة والدته جليّة في توفيرها تعليماً لائقاً له في ظل ظروف مأساوية.^{٥٠,٤٩} حصل منديليف على درجة الماجستير في سانت بطرسبرج في عام ١٨٥٦، وتوضّح الأشكال من ١٤٨ إلى ١٥٠ صفحة العنوان وأربع صفحات إضافية من أطروحته المكونة من ثمانية أفرُخ (١٥ ورقة).^{٥١} وقد أشار عالم الكيمياء وجامع الكتب، روبي جي نيفل، إلى وجود تلميذات للقانون الدوري في رسالة الماجستير،^{٥٢} كما أنَ اهتماماً منديليف بالكتل الذرية والعلاقات بين العناصر واضحٌ للغاية. قبل ذلك بنحو ٤٠ عاماً، ابتكر أيلهارد ميترليخ (١٧٩٤-١٨٦٣)^{٥٣} مفهوم التشابه الشكلي، مُشيراً إلى أوجه التشابه الكبيرة في الشكل وقياس الزوايا بين مواد بلورية معينة. على سبيل المثال، هيدرات فوسفات هيدروجين الصوديوم ($\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$) والزرينيخات المشابهة لها ($\text{Na}_2\text{HASO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$) تنتج بلورات مشابهة الشكل. كذلك، يوجد تشابهٌ شكلي بين كبريتات الأمونيوم البلورية $[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4]$ وكبريتات البوتاسيوم (K_2SO_4) (الشكل ١٤-٧). وفي رسالته للماجستير، طبقَ منديليف البالغ من العمر ٢٢ عاماً اهتمامه بالتشابه الشكلي على استكشاف العلاقات بين العناصر. ويظهر هذا في البيان السابع عشر في صفحة ٦ (الشكل ١٢-٧)؛ حيث قارن بين الزوايا في بلورات المواد ذات الصلة. وبعد ثلاثة عشر عاماً (أي في عام ١٨٦٩) وضع منديليف الفوسفور والزرينيخ داخل العائلة الكيميائية ذاتها؛ ومن ثمَ قدَّم فهماً للتشابه الشكلي للفوسفات والزرينيخات السالفة الذكر. وقد بُتنا نعرف الآن أن الأمونيوم (NH_4^+) والبوتاسيوم (K^+) أيوناتٌ موجبة أحادية التكافؤ لها الحجم نفسه، وهذا هو

— 6 —

когда разность въ составѣ опредѣляетъ весьма различныя величины въ разности объемовъ. Каждая изъ названныхъ теорій, изъясняя несколько faktovъ, приводитъ большей части ихъ.

12) Попытка Шрѣдера, Гемлина, Гросгана въ Даша согласить удѣльные объемы твердыхъ и жидкихъ тѣлъ съ числомъ пасевъ совершенно безуспѣшна до сихъ поръ.

13) Магнитные элементы выдаютъ мѣньшии удѣльный объемъ, чѣмъ діамагнитные, что подтверждается теорію Челпча.

14) Предположеніе Авогардо о томъ, что электроположительныя тѣла имѣютъ большии удѣльный объемъ (или его кратное), чѣмъ электротрнитательныя — согласуется съ большинствомъ точно известныхъ faktovъ.

15) Близость кристаллическихъ формъ (изоморфизмъ и гомоморфизмъ) не зависитъ отъ близости или кратности удѣльныхъ объемовъ, какъ думали Коппъ, Даша и Гунть; потому что:

16) а) Тѣла съ близкими формами, по аналогическимъ составомъ (гомоморфныи) не имѣютъ близкихъ или кратныхъ удѣльныхъ объемовъ.

17) б) Иногда и изоморфныи тѣла (т. е. близкихъ формъ и аналогического состава) не имѣютъ близкихъ удѣльныхъ объемовъ, что особенно ясно наѣдь простыми тѣлами ромбоедрической системы (по определ. Густ. Розе): осмий R (уголъ ромбоедра) = 84°52'.

V = 63,4; иридий R = 84°52', V = 56,7; мышьякъ R = 85°4'; V = 328; теллуръ R = 86°57', V = 64,7; сурьма R = 87°35', V = 115,7 и висмутъ R = 87°40', V = 270,1.

18) с) Многія изоморфныя тѣла имѣютъ близкие удѣльные объемы только потому, что они сходственны между собою (по составу и свойствамъ); ибо, въ безъ изоморфизма.

19) Сходственные тѣла очень часто имѣютъ близкие удѣльные объемы. Напримеръ а) Ni² — 42,4; Co² — 42,7; Cu² — 44,7; Fe² — 44,6; Al² — 44,1. б) Mn² — 46,4; Cr² — 46,8. с) Ag — 128,3; Au² — 127,1. д) NaCl — 170; SrCl — 172; BaCl — 175. е) AgJ — 264; HgJ — 265. ф) PbSO⁴ — 301,6; SrSO⁴ — 300,9. г) CrO³ — 234; VO³ — 234. ж) Оловянный камень SnO — 60, брукитъ Ti²O — 61, анатазъ Ti²O — 65; рутилъ Ti²O — 59. и) CdS — 190, Pb²S — 198.

20) Многія сходственные тѣла имѣютъ удѣльные объемы (V) постепенно увеличивающіеся съ увеличеніемъ паса (П). Напримеръ: а) Li² — V = 136, П = 81; Na² — V = 404, П = 289; K² — V = 564, П = 488. б) Be² — V = 41, П = 87; Al² — V = 44, П = 114; Mg² — V = 88, П = 158; Ca² — V = 158, П = 250; Sr² — V = 215, П = 546; Ba² — V = 231, П = 854. с) Hg² — V = 92, П = 1250; Pb² — V = 114, П = 1294; Ag² — V = 128; П = 1350. д) Sb² — V = 115,7, П = 778; Bi² — V = 270,1, П = 2660. е) S² — V = 581, П = 1200; Se² — V = 671, П = 2946, ф) MgCl — V = 137,

شكل ١٢-٧: البيان رقم ١٧ في صفتى ٦ و ٧ من رسالة الماجستير لمندليف يَسْتَعْرِضُ الزوايا المقاسة في بلورات المواد ذات الصلة. هذا، ويشرح القانون الدوري، الذي نشره مندليف في عام ١٨٦٩، أوجه التشابه بين البلورات المتشابهة الشكل، التي أشار إليها أيلهارد ميتشرليخ لأول مرة قبل نحو ٤٠ عاماً من نشر مندليف لأطروحته للماجستير. (بإذن من مكتبة تاريخ الكيمياء لروي جي نيفل).

أسس التشابه الشكلي لكبريتاتها (الشكل ١٤-٧). أما البيان التاسع عشر في صفحة ٧ (الشكل ١٢-٧)، فيوضحُ أوجه التشابه في الحجم النوعي بين المواد ذات الصلة كيميائياً. في البيان رقم ٢٠ في الصفتين ٧ و ٨ (الشكل ١٢-٧ و ١٣-٧)، نلاحظ علاقات بين الأوزان الذرية، أشار إليها مندليف، على مقاييس قدر فيه الوزن النسبي للأكسجين بمائة. وتشير الأرقام التي تلي V في البيان العشرين إلى الحجم النسبي، بينما تشير البيانات التي

П=292; CaCl_2 —V=156, П=347; NaCl —V=170, П=366; KCl —V=240, П=466. г) Перекись водорода V=146, П=212; перекись бария V=212, П=1054. h) NaO_2 —V=139, П=389; K_2O_2 —V=221, П=588. i) CaF_2 V=76, П=243; PbCl_2 —V=150, П=860; AgCl —V=165, П=897; hgCl_2 —V=209, П=1472. j) Аугицкая соль V=900, П=1540; железнный купорос V=934, П=1739. l) Вода H_2O —V=112,5, древесный спирт CH_3O —V=249, П=200; алькооль $\text{C}_2\text{H}_5\text{O}$ —V=359, П=287; этиловый спирт $\text{C}_2\text{H}_5\text{O}$ —V=673, П=550; гексан-алькооль $\text{C}_6\text{H}_{11}\text{O}$ —V=765, П=637; октан-алькооль $\text{C}_8\text{H}_{17}\text{O}$ —V=987, П=817. м) Муравьиное кислота $\text{C}_6\text{H}_5\text{CO}_2$ —V=500, П=462, уксусно-кислый эфир $\text{C}_4\text{H}_7\text{CO}_2$ —V=611, П=550; пропионовокислый эфир $\text{C}_3\text{H}_7\text{CO}_2$ —V=712, П=637; маслянико-кислый эфир $\text{C}_6\text{H}_{11}\text{CO}_2$ —V=809, П=725; валериано-кислый эфир $\text{C}_6\text{H}_{11}\text{CH}_2\text{CO}_2$ —V=928, П=812. н) Трифосфат $\text{Al}^{3+}\text{Si}_3\text{O}_10^3-$ —V=186, П=592; пироксень $\text{CaMgSi}_3\text{O}_8$ —V=213, П=685. о) Валлерит $\text{Zn}_2\text{Si}_3\text{O}_8$ —V=167, П=700; дюнитазит $\text{Cu}_2\text{Si}_3\text{O}_8$ —V=153, П=496; бериллит SiAlBeO_4 —V=139, П=378.

21) Эти два закона даютъ твердую опору естественной классификаціи. Ихъ указалъ Дюма въ 1821 и 1854 годахъ.

22) Удельные объемы соединений водорода больше
удельныхъ объемовъ соответствующихъ соединений

شكل ١٣-٧: البيان رقم ٢٠ في الصفتين ٧ (انظر الشكل ١٢-٧) و ٨ يتناول الأوزان الذرية النسبية الضرورية للغاية في إنشاء القانون الدوري. والكتلة النسبية للماء (في الصفحة ٨) ١٢,٥، وهذا بناءً على الكتلة النسبية المفترضة الشائعة الاستخدام = ١٠٠ لذرة الأكسجين (بيان من مكتبة تاريخ الكيمياء لروي جي نيفل).

магнія і міді, по менші чільно калію і фосфату і близько до ул. об'ємамъ соединеній барію і натрію. Напри-
мѣръ (по типѣ RCl) Cu Cl — 137, Mg Cl — 137, Na
Cl — 170, Ba Cl — 175, HCl — 180 (?), K Cl — 240,
C⁴H⁵Cl — 450; также (въ твоѣ R²O) Mg²O — 69,
Cu²O — 80; H²O — 112,5; Na²O — 139; Ba²O —
186; K²O — 221; (C⁴H⁵)²O — 859, и также (въ
твоѣ R²SO⁴) Cu²SO⁴ — 280, Mg²SO⁴ — 283; Ba²SO⁴ —
326; H²SO⁴ — 331; Na²SO⁴ — 337, K²SO⁴ — 412;
(C⁴H⁵)²SO⁴ — 859.

23) Когда вода вступает въ двойное разложеніе съ окисомъ одноосновнаго радикала K^2O и образуетъ HRO , то при этомъ удалян. объемъ измѣняется очень мало.

$\frac{1}{2} (K^2 O)$ и $\frac{1}{2} (H^2 O)$ образуют $K \left\{ O$

$$\frac{1}{2}(224) + \frac{1}{2}(112,5) = 167.$$

$\frac{1}{2} (\text{Na}^+ \text{O})$ и $\frac{1}{2} (\text{H}^+ \text{O})$ образуютъ $\frac{\text{Na}}{\text{H}}$

$\therefore (139) + (112,5) = 121.$

$$\frac{1}{2}(111) + \frac{1}{2}(112,5) = 112. \quad 105$$

$\frac{1}{2} \left(C^3 H^7 O \right) \left(C^3 H^7 O \right) \right) \text{ и } \frac{1}{2} (H^2 O) \text{ образуют}$

$$\text{окись ацетиля} \quad \text{уксусная кислота} \\ \frac{1}{2}(592) + \frac{1}{2}(119.5) = 352.5 - 352.5$$

$$\frac{1}{2}(592) + \frac{1}{2}(112,5) = 352,5, \quad 352,8$$

$$\frac{1}{2} \left(C^4 H^7 O \left\{ O \right\} _2 + C^4 H^3 O \right) \rightarrow C^4 H^7 O \left\{ O \right\}$$

$\frac{1}{2} (\text{C}_4 \text{H}_7 \text{O})_2$ и $\frac{1}{2} (\text{H}_2 \text{O})$ образуют $\text{C}_4 \text{H}_7 \text{O}_2$,
окись бутирила масляная кис.

$$\frac{1}{2}(1009) + \frac{1}{2}(112,5) = 561. \quad 564$$

۲۰۱۷-۱۱-۰۸-۰۹:۳۰

شكل ١١-٧: البيان رقم ٤٠ في الصفحتين ٧-٨

تلي II إلى الكتلة النسبية. وكان من المعروف أنه في الماء اتحد ١٠٠ جرام من الأكسجين مع مقدار ١٢,٥ جراماً من الهيدروجين؛ ومن ثم تكون الكتلة النسبية لجزيء H_2O (انظر الصفحة ٨ في الشكل ١٣-٧) على هذا المقياس ١١٢,٥. وإذا استخدمنا الكتلة النسبية لجزيء Na_2O ، نرى أن الكتلة الإجمالية التي تُقدر بنحو ٢٨٩ تتَّحد مع كتلة الأكسجين المقدرة بمائة. ومن ثم، تساوى الكتلة النسبية لكل ذرة من الصوديوم $289/2 = 144,5$ أو.

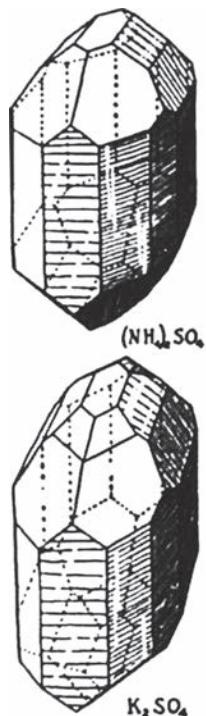


FIG. 114.
Isomorphous crystals
of ammonium sulfate
and potassium sulfate
(orthorhombic system).

شكل ١٤-٧: بلورات متشابهة شكلياً لكبريتات الأمونيوم وكبريتات البوتاسيوم (رسومات توضيحية للفنان روجر هايدارد في الطبعة الأولى لكتاب صديقه لينوس بولينج، «الكيمياء العامة»، ١٩٤٧، ص ٢٠٢، حقوق الطبع محفوظة للينوس بولينج مستخدمة بإذن من دبليو إتش فريمان وشركاه).اكتشف ميتشريخ أن بعض بلورات الفوسفات والزرنيخات متشابهة شكلياً، وفسّر مندليف هذه الملاحظات بأنها ناشئة عن انتماء الفوسفات والزرنيخ للعائمة الكيميائية نفسها. وقد أصبحنا نعرف الآن أن أيونات الأمونيوم والبوتاسيوم مُتطابقة أيضاً، مما يفسّر التشابه الشكلي لبلورات كبريتاتها.

وإذا ضربنا $144,5 / 100$ في ١٦ (الكتلة الذرية الحديثة للأكسجين)، فسنحصل على قيمة قدرها ٢٣,١ للصوديوم، في توافق تام مع القيمة الحديثة.

على الرغم من توافق هذه الكتل الذرية النسبية المحددة مع البيانات الحديثة، كانت ثمة شكوك كبيرة في خمسينيات القرن التاسع عشر إزاء الكتل الذرية والأوزان المكافئة. وفي المؤتمر الكيميائي الدولي في كارلسروه، في ألمانيا، المنعقد في عام ١٨٦٠، اجتمع بعضُ من أكبر علماء الكيمياء آنذاك من أجل مناقشة هذه القضايا.^{٥٤} وطُرحت بعض الرؤى الخطيرة من قبل ستانيسلاو كانيزارو الذي عمل على تنوير الجمع من خلال طرح الفرضية التي يبلغ عمرها ٥٠ عاماً لمواطنه أميديو أفوجادرو لتصبح جزءاً من المعرفة الكيميائية الحديثة لمنتصف القرن التاسع عشر.^{٥٤} ذهب الشاب مندليف في رحلة ترفيهية إلى كارلسروه بصحبة عالم كيمياء شاب آخر، وهو ألكسندر بورفيرييفيتش بورودين (١٨٣٣-١٨٨٧).^{٥٥} أصبح بورودين، بالطبع، أحد أشهر المؤلفين الموسيقيين في العالم، ولا تزال أوبراه، «الأمير إيجور»، تحظى بشعبية ضخمة. غير أنَّ هذا الموسيقي السابق لعصره (الذي عَلِمَ نفسه التشيلو، وألَّفَ مقطوعات موسيقية في سن الرابعة عشرة) كان أيضاً عالماً كيمياء سابقًا لعصره (إذ بنى مختبراً منزلياً، وبذل جهوداً ناشطة في صنع المتفجرات).^{٥٥} من المتعت تخيل فيلم يُصوّر مندليف ذا السادسة والعشرين وبورودين ذا السابعة والعشرين وهما في طريقهما لرحلتهما الترفيهية إلى كارلسروه، ويستمتعان بموسيقى الأرغن ذي الأنابيب العملاق في فرايبورج.^{٥٥} كان للاثنين والدتان روسيتان مؤثِّرتان^{٥٦} عملتا على توجيهه تعليم ولديهما الموهوبين بحب، حتى إنهم أقاموا مسكنَاً لهما بالقرب من كليةِهما. وعلى الرغم من أنَّ الموسيقى قد مثَّلت إرث بورودين الأقوى، فقد حقَّقَ بعضاً من الاكتشافات الأساسية في الكيمياء العضوية. فعل طلاب السنة الثانية في الجامعة في عصرنا الحالي المثقلين بالأعباء، الذين عليهم تذَكُّر أنَّ تكافُفَ الألدول ربما يتبعه جفافٌ، أن يلوموا بورودين على هذه الحقيقة الإضافية.^{٥٧}

جسم مؤتمر كارلسروه كثيراً من الخلافات، ووضع الكتل الذرية والمكافئات على أساس راسخ في المجتمع الكيميائي. ولم يكن ليطول انتظار محاولات تنظيم هذه البيانات؛ إذ طُرحت الجداول الدورية الأولى من قبل جون نيولاندز (١٨٦٥)، وويليام أودلينج (١٨٦٥)، وبيوليوس لوثر ماير (١٨٦٨)، من بين كثirين آخرين.^{٥٨} إن «لحظات النصر المفاجئ» فعلياً نادرةٌ للغاية في العلوم، والتطور التدريجي للأفكار هو الأكثر شيوعاً. وكما أشرنا مسبقاً، تظهر محاولات تنظيم العناصر واضحةً في رسالة مندليف للماجستير في عام ١٨٥٦. والشكل ١٥-٧ مأخوذ من كتابه^{٥٩} الصادر في عام ١٨٦٣ عن الكيمياء العضوية. ومن المثير أننا نرى جدولًا دوريًا بدائياً هنا؛^{٥٠} فقد تبلورت هذه

Из этого видимъ, что радикаль сърной кислоты есть SO_2^+ . Точно также найдемъ, что радикалъ фосфорной кислоты есть PO^- . Этотъ способъ определения сложныхъ радикаловъ особенно ясно выводится при изученіи органическихъ соединеній.

Атомность сложныхъ радикаловъ определяется тѣмъ же путемъ. какъ и атомность простыхъ радикаловъ. Къ одноатомнымъ сложнымъ радикаламъ относятся, напримеръ, радикалъ аммиачныхъ соединеній — аммоній NH_4^+ , радикалъ азотной кислоты — NO_2^+ , радикалъ циановыхъ соединеній — CN , потому-что ихъ хлористыя соединенія содержатъ одинъ пай хлора.

Нашатырь NH_3Cl .

Такъ-называемая хлороатовая кислота .. NO_2Cl .

Газообраз. хлор. цианъ NCCl .

Радикалы SO_2^+ и CO сърной и углекислоты суть двуатомные, потому-что ихъ хлористыя соединенія:

такъ-называемая хлорсърная кислота или

второй хлорангидридъ сърной кислоты.. SO_2Cl_2^+ и

фосгенъ COCl_2^+

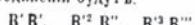
содержать 2 пая хлора въ одной частицѣ.

Радикалъ PO фосфорныхъ солей есть трех-атомный, потому-что хлорокись фосфора POCl_3^+ , содержитъ въ одной частицѣ три пая хлора. Исчисленія хлористыя соединенія посредствомъ реакцій замѣщенія, даютъ другія соединенія тѣхъ же радикаловъ. Такъ хлорокись фосфора съ водою даетъ фосфорную кислоту.

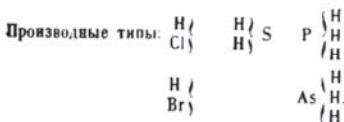
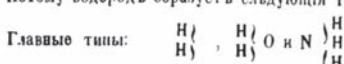


Зная атомность радикаловъ, легко предугадать ихъ обыкновенѣшія соединенія, памятуя всегда чтобы сумма атомностей всѣхъ радикаловъ было чистое количество.

Простѣйшіе виды соединеній будуть:



Потому водородъ образуетъ слѣдующія типичныя соединенія:



Орг. химія, Менделєєва.

2

شكل ١٥-٧: انظر الجزء السفلي من صفحة XVII في كتاب مندلیف عن الكيمياء العضوية الذي نُشر في سانت بطرسبرج في عام ١٨٦٣. سوف تلاحظ هذا الترتيب المبكر الذي توقع القانون الدوري الذي نشره مندلیف بعد ذلك بست سنوات (من كتاب مندلیف «الكيمياء العضوية»، ١٨٦٣).

Ueber die Beziehungen der Eigenschaften zu den Atomgewichten der Elemente. Von D. Mendelejeff. — Ordnet man Elemente nach zunehmenden Atomgewichten in verticale Reihen so, dass die Horizontalreihen analoge Elemente enthalten, wieder nach zunehmendem Atomgewicht geordnet, so erhält man folgende Zusammenstellung, aus der sich einige allgemeinere Folgerungen ableiten lassen.

	Ti = 50	Zr = 90	? = 180
	V = 51	Nb = 94	Ta = 182
	Cr = 52	Mo = 96	W = 186
	Mn = 55	Rh = 104,4	Pt = 197,4
	Fe = 56	Ru = 104,4	Ir = 198
	Ni = Co = 59	Pd = 106,6	Os = 199
H = 1	Cu = 63,4	Ag = 108	Hg = 200
Be = 9,4	Mg = 24	Zn = 65,2	Cd = 112
B = 11	Al = 27,4	? = 68	Ur = 116
C = 12	Si = 28	? = 70	Sn = 118
N = 14	P = 31	As = 75	Sb = 122
O = 16	S = 32	Se = 79,4	Te = 128?
F = 19	Cl = 35,5	Br = 80	J = 127
Li = 7 Na = 23	K = 39	Rb = 85,4	Cs = 133
	Ca = 40	Sr = 87,6	Ba = 137
	? = 45	Ce = 92	
	?Er = 56	La = 94	
	?Yt = 60	Di = 95	
	?In = 75,6	Th = 118?	

1. Die nach der Grösse des Atomgewichts geordneten Elemente zeigen eine stufenweise Abänderung in den Eigenschaften.
2. Chemisch-analoge Elemente haben entweder übereinstimmende Atomgewichte (Pt, Ir, Os), oder letztere nehmen gleichviel zu (K, Rb, Cs).
3. Das Anordnen nach den Atomgewichten entspricht der *Werthigkeit* der Elemente und bis zu einem gewissen Grade der Verschiedenheit im chemischen Verhalten, z. B. Li, Be, B, C, N, O, F.
4. Die in der Natur verbreitetsten Elemente haben *kleine Atomgewichte*

شكل ١٦-٧: النسخة الأولى من جدول مندليف الدوري الصادر في عام ١٨٦٩؛ لاحظ علامات الاستفهام الموجودة في بعض المواقع، التي تتبع الألومنيوم والسليكون على نحو ملحوظ. تمثل الجانب الجريء في جدول مندليف في وجود هذه الفراغات؛ فقد توقع مندليف وجود «إيكا-ألومنيوم» (الجاليوم) و«إيكا-سليكون» (الجرمانيوم)، وبالفعل اكتُشفا بعد ذلك بوقت قصير. ويعُدُّ هذا واحداً من أفضل الرسوم التوضيحية التي تُوضّح قوة الأسلوب العلمي في تاريخ البشرية (من مجلة «تسينترافت فور شيمي»، بإذنِ من مجموعة إدغار فاهس سميث).

الأفكار فعلياً في عقل مندليف في عام ١٨٦٨، ونشر جدوله الدوري الأول (الشكل ١٦-٧) في عام ١٨٦٩.^{٦٠} فنحن معذلون على رؤية جدول دوري «أفقى»، لكن هذا الجدول

كان «رأسيًا». رتب منديليف العناصر وفقاً لكتلتها الذرية النسبية، وأشار إلى دورية الخصائص. ومن ثم، فإن الفلزات القلوية، مثل السبيزيوم (Cs)، والروبيديوم (Rb)، والبوتاسيوم (K)، والصوديوم (Na) تحاكي الليثيوم (Li) كمعادن تتفاعل بقوة، أو حتى بانفجارية، مع الماء وتكون أملاكاً مع الكلور، وتشترك جميعاً في تركيبة MCl. بالمثل، نرى اللافلزات، مثل الفلور (F)، والكلور (Cl)، والبروم (Br)، واليود (I)، التي تكون كلها أملاكاً للهاليدات، مثل NaCl، مُدرجة ضمن عائلة واحدة مع الفلزات القلوية. وجدير بالذكر أن الفلور، المعروف بكونه عنصرًا فريداً من نوعه لعدم إمكانية فصله عن مركباته، قد عُزل لأول مرة بعد ذلك كعنصر على يد هنري مواسان في عام ١٨٨٦؛ أي بعد ٢٠ عاماً تقريباً من ظهور جدول منديليف الأول. يظهر في الشكل ١٧-٧ (a) جدول منديليف الدوري الرئيسي، الذي نُشر بالألمانية في عام ١٨٧٢^{٦١}، ومن الواضح أنه كان ما زال «يتلاعب» بترتيبه، واحتوى هذا الجدول على ثمانية أعمدة (دورات) و١٧ صفاً، في مقابل ستة أعمدة و١٩ صفاً في النسخة التي صدرت في عام ١٨٦٩ (الشكل ١٦-٧). ويوضح الشكل ١٧-٧ (b) نسخة ١٨٧٢ من جدول منديليف الدوري الأفقي، الذي نُشر لأول مرة في عام ١٨٧١^{٤٩}.

تمثل الجانب المميز والجريء فعلياً لجدول منديليف الدوري في الفراغات المتروكة عمداً للعناصر التي لم تكتشف بعد. ويظهر بوضوح في الشكل ١٦-٧ العنصر الأثقل وزناً في عائلة الألومنيوم («إيكا-ألومنيوم»، أو الجاليوم)، وفي عائلة السليكون («إيكا-سلikon»، أو الجermanيوم)؛ فقد تنبأ منديليف بوجود هذه العناصر وبخصائصها أيضاً. وفي غضون ست سنوات فقط، اكتشف أول هذه العناصر، الجاليوم، على يد بول إميل (المدعوا فرانسوا) لوكو دو بوابوردان، وبعد ١١ سنة أخرى، اكتشف العنصر الآخر، الجermanيوم، على يد كلمينز ألكسندر وينكلر.^{٤٩} إن النظريات العلمية تنشأ من أجل تفسير الظواهر الطبيعية، ولا يمكن اختبارها بحق إلا بالتوقعات التي تقدمها – وكلما زادت جرأتها، كان ذلك أفضل. ويأتي توقع منديليف بوجود خواص عناصر (كيميائية وفيزيائية) لم تكن معروفة (وغير متصورة) حتى ذلك الوقت، ضمن أقوى الإنجازات العلمية على الإطلاق.

(٦) الأكسجين الكهربائي

التجدد والانتعاش: تلك الرائحة «الكهربائية» الأخاذة لهواء ساحل البحر عقب عاصفة رعدية؛ تلك الرائحة المثيرة للذكريات للعبة القططار الكهربائي التي تعيد إلى الذهن

التخصص والتنظيم

(a)

Tabelle I.

Typische Elemente

	K = 39	Rb = 85	Cs = 133	—	—
	Ca = 40	Sr = 87	Ba = 137	—	—
	—	?Yt = 88?	?Di = 138?	Er = 178?	—
	Ti = 48?	Zr = 90	Ce = 140?	?La = 180?	Th = 231
	V = 51	Nb = 94	—	Ta = 182	—
	Cr = 52	Mo = 96	—	W = 184	U = 240
	Mn = 55	—	—	—	—
	Fe = 56	Ru = 104	—	Osm = 195?	—
	Co = 59	Rh = 104	—	Ir = 197	—
	Ni = 59	Fd = 106	—	Pt = 198?	—
= 1	Li = 7	Na = 23	Cu = 63	Ag = 108	Au = 199?
	Be = 9,4	Mg = 24	Zn = 65	Cd = 112	Hg = 200
	B = 11	Al = 27,3	—	In = 113	Tl = 204
	C = 12	Si = 28	—	Sn = 118	Pb = 207
	N = 14	P = 31	As = 75	Sb = 122	Bi = 208
	O = 16	S = 32	Se = 78	Te = 125?	—
	F = 19	Cl = 35,5	Br = 80	J = 127	—

der chemischen Elemente.

149

(b)

Tabelle II.

Reflex	Gruppe I. — R ⁰	Gruppe II. — R ⁰	Gruppe III. — R ⁰ ²	Gruppe IV. R ⁰ ⁴ — R ⁰ ³	Gruppe V. R ⁰ ⁶ — R ⁰ ⁵	Gruppe VI. R ⁰ ⁸ — R ⁰ ⁷	Gruppe VII. R ⁰ — R ⁰ ⁹	Gruppe VIII. — R ⁰ ¹⁰
1	H = 1							
2	Li = 7	Be = 9,4	B = 11	C = 12	N = 14	O = 16	F = 19	
3	Na = 23	Mg = 24	Al = 27,3	Si = 28	P = 31	S = 32	Cl = 35,5	
4	K = 39	Ca = 40	— = 44	Ti = 48	V = 51	Cr = 52	Mn = 55	Fe = 56, Co = 59, Ni = 59, Cu = 63.
5	(Cu = 63)	Zn = 65	— = 68	— = 72	As = 75	Se = 78	Br = 80	
6	Rb = 85	Sr = 87	?Yt = 88	Zr = 90	Nb = 94	Mo = 96	— = 100	Ru = 104, Rh = 104, Pd = 106, Ag = 108.
7	(Ag = 108)	Cd = 112	In = 113	Su = 118	Sb = 122	Te = 125	J = 127	
8	(Cs = 133)	Ba = 137	?Di = 138	?Ce = 140	—	—	—	— — —
9	(—)	—	—	—	—	—	—	— — —
11+	—	—	?Er = 178	?La = 180	Ta = 182	W = 184	—	Osm = 195, Ir = 197, Pt = 198, Au = 199.
10	(Au = 199)	Hg = 200	Tl = 204	?Pb = 207	Bi = 208	—	—	
11	(Au = 199)	Hg = 200	Tl = 204	?Pb = 207	Bi = 208	—	—	
12	—	—	—	Th = 231	—	U = 240	—	

der chemischen Elemente.

151

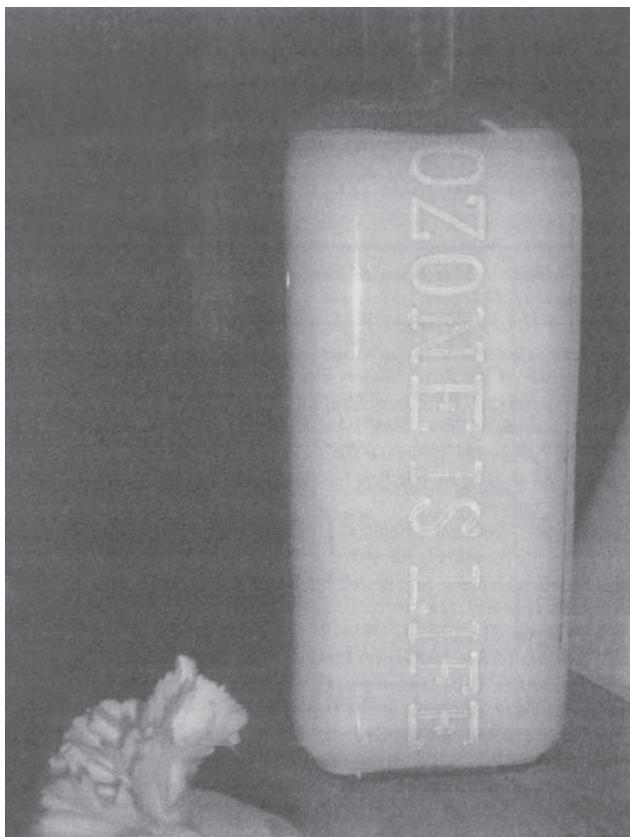
شكل ١٧-٧: نسخة عام ١٨٧١ (نشرتا فعليًّا في عام ١٨٧٢) لجدول مندليف الدوري في صورة عمودية (a) وأفقية (b) (من دورية «أنالين دير شيمي أوند فارماتسي»، ١٨٧٢).

ذكريات الطفولة الدافئة؛ وحتى رائحة مترو أنفاق نيويورك، وأثار غاز الأوزون الناتجة عن الأقواس والشرارات الكهربائية؛ كلها أشياء قابعة في ذاكرتنا؛ فقد شاع استخدام هذا

«الأكسجين الكهربائي» لأكثر من ١٠٠ سنة من أجل تنقية ماء الشرب وإزالة الروائح الكريهة. وتُعلن الزجاجة الموجودة في الشكل ١٨-٧ التي يبلغ عمرها قرناً من الزمن أن «الأوزون حياة»، وربما كانت تحتوي على ماء معالج اخافت منه آثار الأوزون منذ وقت طويل. ولماذا لا نستخدم هذا الاسم ذا الواقع الساحر من أجل الترويج لمنتج لا علاقة له بأي حال من الأحوال بالأوزون — لنقل الصابون (كما في الشكل ١٩-٧)؟ صابون الأوزون — التجدد والانتعاش — أزهار؛ طفل ينعم بالصحة والسعادة.

من اللافت لانتباه حقاً أن معظم الحقائق المهمة عن الأوزون، منها صيغته (O_3)، أصبحت معروفة بحلول عام ١٨٧٢؛ فالأوزون هو متآصل للأكسجين. والمتآصلات هي أشكال مختلفة للعنصر في الحالة نفسها؛ فالألماس، والجرافيت، والفالورينات (مثل التي تُشبه «كرة القدم» C_{60}) كلها متآصلات للكربون، مثلاً يُعدُّ الفوسفور الأحمر والفوسفور الأبيض متآصلين. ومع ذلك، لا يوجد الأوزون عادةً إلا على مستوى جزء في المليون من الهواء (فيحتوي متر واحد مكعب من الهواء على مليجرام واحد من الأوزون). بالإضافة إلى ذلك، تزيد الطاقة الموجدة فيه كثيراً عن تلك الموجودة في الأكسجين، ونشاطه التفاعلي أكبر بكثير (عامل أكسدة أقوى)، ويتحلل بسهولة بفعل الحرارة أو بعد امتصاص الضوء فوق البنفسجي.⁶² وعند تركيزه في شكل سائل، يكون قابلاً للانفجار. إذاً كيف نما إلينا هذا الكمُّ من المعلومات في مثل هذا الوقت المبكر؟

في عام ١٧٨٥؛ أيَّ بعد عقد من اكتشاف الهواء المنزوع الفلوجستون (الأكسجين) على يد شيله ثم بريستلي، أشعل مارتن فان ماروم عينةً من هذا الغاز المحبوس داخل أنبوب فوق زئبق.^{64,63} فلاحظ أن الزئبق الملائم لهذا الأكسجين المكهرب قد فقد لعنه.⁶⁵ في المقابل يتفاعل «الأكسجين الخالص» عادةً مع الزئبق في درجات حرارة تزيد على ٣٠٠ درجة مئوية.⁶⁶ ولاحظ أيضاً أن الغاز الموجود في الأنبوب له الرائحة الكبريتية المميزة التي ترتبط عادةً بالكهرباء. ومع ذلك، فقد استغرق الأمر أكثر من ٥٠ عاماً حتى افترض كريستيان فريديريك شونباين وجود مادة جديدة مميزة ووضع لها اسمًا (مشتق من الكلمة «أوزون» الإغريقية التي تعني «أنا أشم»)، و ٢٠ عاماً أخرى لفهم أنه لا يتكون إلا من عنصر واحد فقط وهو الأكسجين.^{64,63} بل إنه في الجزء الأخير من القرن التاسع عشر، كان مزيج الأكسجين والأوزون يُسَيَّل⁶⁶ ويتكثَّف باستخدام التقطير التجزيئي من الأكسجين. وكان يجب ضغط العينات التي تحتوي على أوزون مركز بحرص شديد؛ نظراً لأن التسخين عند الضغط قد يُسبِّب انفجاراً.⁶³ والأوزون الخالص هو سائل متفجر ذو لون أزرق داكن، يغلي عند درجة حرارة ١١٢ مئوية.⁶²



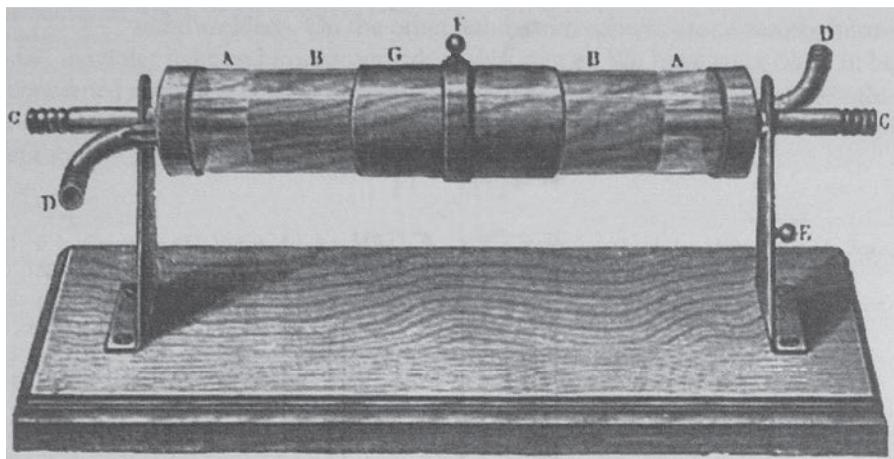
شكل ١٨-٧: «التجدد والانتعاش، رائحة البحر الأخاذة، ومطهر الماء». هكذا رُوج سريعاً للمعرفة المتوافرة عن الأوزون. نرى في هذا الشكل زجاجة عمرها قرن من الزمن لماء معالج بالأوزون كُتب عليها «الأوزون حياة» صُنعت في كندا. وقد ملأنا الزجاجة بالحليب واهب الحياة؛ تماشياً مع هذه الفكرة (وأيضاً من أجل تحسين التبادل الفوتوغرافي). (الصورة بإذن من السيدة سوزان جيه جرينبرج).

يُصور الشكل ٢٠-٧ مولّد أوزون يعود إلى أواخر القرن التاسع عشر.⁶³ الشكل يُصور أنبوباً من الحديد يُمرر خلاه الماء البارد (أنبوب CC). أما الأسطوانة الزجاجية AA، فقطرها أكبر قليلاً من الأنابيب BB، وتمتاز المساحة الصغيرة الكائنة بين



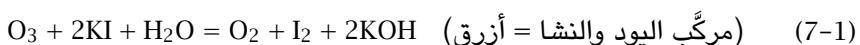
شكل ١٩-٧: بطاقات دعائية قديمة عن صابون بالأوزون. انظر الصور الملونة. وفي حين نُشكُ بشدة في إمكانية العثور حتى على أقل آثار للأوزون في صابون الأوزون هذا، فقد ظلَّ اسمًا تجاريًّا مُثيرًا للذكرى على نحو رائج.

هاتين الأسطوانتين بأسجين يدخل عبر الأنوب *DD*. يُغطّى جزء من الأسطوانة الخارجية (الزجاجية) برقائق القصدير *GG*. ويَتَصل الغطاء الخارجي القصديرى والأنبوب الحديدي الداخلي عند النقطتين *E* و*F* بملفٍ حتّى كهربائي. صُمم هذا الجهاز من أجل إنتاج «تفريغ صامت عالي الفولتية»؛ نظرًا لأنّه من المعروف أيضًا أن الشرارات تُحلّ الأوزون إلى

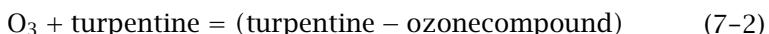


شكل ٢٠-٧: رسم توضيحي لمولد أوزون يعود إلى أواخر القرن التاسع عشر. صُمم الجهاز لعراض غاز الأكسجين المتدافع إلى «تفريغ صامت عالي الفولتية» بفعل الكهرباء؛ لأن الشارات تُحلل الأوزون ($1 \text{ مول } O_3$) ليعود إلى أكسجين ($1,5 \text{ مول } O_2$). (من كتاب روسكو وشورليمر «أطروحة عن الكيمياء»، ١٨٩٤).

أكسجين. وتمثل الاختبار المبكر لخصائص الأوزون في اختبار قدرته على تحويل ورقة الترشيح المغموسة في يوديد البوتاسيوم / المشربة بالنشا إلى اللون الأزرق:^{64,63}



جدير بالذكر أن هذا التفاعل وغيره الكثير من التفاعلات الأخرى للأوزون قد أنتجت الأكسجين كناتج ثانوي (جزيء واحد من الغاز ينتج جزئياً واحداً من الغاز؛ أي لا يحدث تغير في الحجم). ومع ذلك، كان من المعروف أن مكونات زيت التربتين «تمتص» الأوزون بالكامل:^{67,64}



لا يؤدي مولد الأوزون الموجود في الشكل ٢٠-٧ إلى تحول كامل إلى الأكسجين؛ نظراً لأن التحلل إلى المادة الأولية أمر مهم للغاية. وعادةً ما يتم الحصول على ١٠ في المائة من مزيج

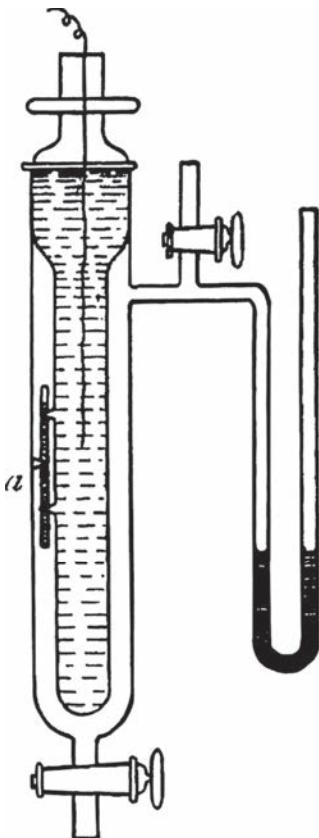
الأكسجين والأوزون.⁶² ومن ثم تصبح المشكلة متمثلةً في إنشاء صيغة هذه المادة ذات القدرة التفاعلية المرتفعة، الموجودة بمقدار ١٠٪ فقط:



جاء حلُّ هذه المشكلة على يد جيه إل سوريه في عام ١٨٧٢ باستخدام الجهاز الموضح بيانيًّا في الشكل ٢١-٧.⁶³ يحتوي محلول الموجود في الوعاء المُتحَد المركز الموجود في الجانب الأيسر من جهاز سوريه على حمض كبريتيك مخفَّف أو كبريتات نحاس غمس فيه سلك (لم يظهر في الشكل وعاء الغمس الذي يحتوي على سلك آخر مغموس في ماء مثاج؛ علماً بأنَّ هذه الأسلاك موصولة بمصدر للكهرباء). يُدخل الأكسجين في المساحة المُتحدة المركز، التي تحتوي أيضًا على أنبوب زجاجي رفيع مغلق مملوء بالتربيتين. يوجد اتصال محكم بين هذا الأنابيب الزجاجي والعالم الخارجي بحيث يُمكِّن كسرها عند الرغبة. ووضع مانومتر يحتوي على حمض كبريتيك مرَّكز مع صبغة نيلية على التوازي مع الوعاء الموجود في الجانب الأيسر.

وهكذا، إذا أُنتَج ١٠٪ من خليط الأوزون، فإنَّ امتصاص التربيتين الكامل له سوف يختزل ١٠٠ سنتيمتر مكعب من الغاز إلى ٩٠ سنتيمترًا مكعبًا. من ناحية أخرى، عند تسخين مزيج $\text{O}_2 + \text{O}_3$ هذا من أجل تحليل الأوزون إلى أكسجين، فإنَّ مقدار العشرة سنتيمترات المكعبة الموجودة من الأوزون ينتج ١٥ سنتيمترًا مكعبًا من الأكسجين، بحيث يصبح إجمالي حجم الغاز ١٠٥ سنتيمترات مكعبة. بعبارة أخرى، إذا اكتمل التفاعلان (7-2) و(7-3)، (بمعنى أنَّ صيغة الأوزون هي O_3)، فإنَّ تضاؤل الحجم عند اكتمال التفاعل مع الأوزون يجب أن يكون ضعف تمدد الحجم الذي يحدث عند التحلل الحراري للأوزون. وقد ثبتت إمكانية تكرار هذه التجربة، وأتاحت تحديد التركيبة رغم قلة وفرتها نسبيًّا في المزيج.

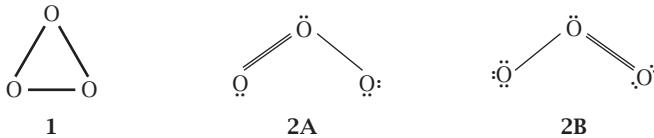
ونظرًا لأنَّ مفهوم التكافؤ كان عمره أكثر من عُقد من الزمن، وتحدد تكافؤ الأكسجين بقيمة ٢، كانت الصيغة التركيبية الأكثر منطقية في عام ١٨٧٢ هي رقم ١ (تنَّـگر عزيزي القارئ أنَّ قاعدة الثمانيات أو الأزواج غير الرابطة من الإلكترونات لم يكن لها وجود في عام ١٨٧٢، كما لم يكن يوجد أي اهتمام بتواتر الحلقة آنذاك). وظلَّ هذا التركيب مفضلاً على الأقل طوال عشرينيات القرن العشرين.⁶⁴ ومع ذلك، بدأت الكيمياء البنوية التجريبية للمواد الصلبة (عبر حيود الأشعة السينية) والغازات (عبر حيود الإلكترونات)



شكل ۲۱-۷: رسمٌ للجهاز الذي استخدمه جيه إل سوريه في عام ۱۸۷۲ من أجل شرح صيغة O_3 للأوزون. انظر النص من أجل قراءة الشرح (من كتاب بارتينجتون «الكيمياء اليومية»، ۱۹۲۹، ماكميلان وشركاه المحدودة، لندن).

في عشرينيات وثلاثينيات القرن العشرين، وُجد أن الأوزون جزيءٌ منحنٍ^{۶۲} (وليس مثلاً متوازي الأضلاع)، مع وجود زاوية مقدارها ۱۱۷ درجة تقريباً بين $O-O-O$ ، وأطوال الرابطة $O-O$ (۱,۲۸ آنجستروم) التي تتوسط الرابطة الأحادية (۱,۴۹ آنجستروم) والرابطة الثنائية (۱,۲۱ آنجستروم). وقد فسرتْ هذا التركيب بدقةٍ نظريةٍ الرنين بولينج

في ثلاثينيات القرن العشرين باعتباره هجينًا من اثنين من تراكيب لويس النقطية، A₂ و B₂ (التي تخضع لقاعدة الثمانيات):⁶⁸



وكما يُعدُّ جزيء الأوزون هجينًا رئيسيًّا من تركيبَيْن مساهميَّن (رغم كونهما متطابقَيْن) من تراكيب لويس، تُعدُّ خصائص الأوزون أيضًا هجينًا من آرائنا التقليدية عن «الجيد» و«السيئ». فلا يزال الأوزون في عصرنا الحالي عاملاً فعَالاً لتنقية مياه الشرب. ومع ذلك، فإن تركيزه في طبقات الجو الدنيا في الضباب والدخان الذي صنعه الإنسان يُشكِّل خطراً كبيراً على الصحة، خاصةً على المصابين بالربو وكبار السن. من ناحية أخرى، يمتُّص الأوزون في طبقة الستراتوسفير الأشعة فوق البنفسجية الضارَّة، ويُقلِّل من خطر الإصابة بسرطان الجلد. ولذا أن نقلق كثيراً بشأن الانخفاض الحالي في أوزون الستراتوسفير الناتج عن الكلوروفلوروكربونات المستخدمة منذ وقت طويل في عبوات البخاخات. وهنا نقتبس من أغنية من حقبة الروك آند رول: «أيها أوزون» هل أنت «شيطان أم ملاك؟»⁶⁹

(٧) «الكيمياء مكتفة»

«كيميا كوارتاتا» (الشكل ٢٢-٧) هي المرادف اللاتيني لمصطلح «الكيمياء المكتفة».٧٠ يسمح الشكل المستطيل «الغريد» لهذا الكتاب، الذي قال عنه أحد النقاد إنه «أقرب إلى دفتر الشيكات من أي مجلد عادي»،⁷¹ بكتابه جداولًّا أفقيةً طويلةً تبدأ من الصفحة اليسرى وتنتهي على الصفحة اليمنى من الورقة المقابلة. إنه كتاب غير مألف على نحو مُذهب؛ سواء من حيث عنوانه «الصارخ» الذي لم يُحقق الكثير من المبيعات، أو من حيث دفن أتباعه المخلصين مع نسخهم من الكتاب حتى يُستطعوا التعامل مع المعضلات الكيميائية في مثواهم الأخير. وإليك مقتطفاً من المقدمة:⁷¹ «كان الهدف الأساسي للمؤلف ضغط كل ما يرتبط بالدراسة ويستحق اهتماماً في أقل مساحة ممكنة، وعدم تقديم أي مادة تفسيرية أكثر مما تقتضيه الحاجة فعلياً من أجل جعل كل موضوع مفهوماً بالكامل.»

في الواقع، كان لي صديق في المرحلة المتوسطة من التعليم استطاع «ضغط» هذا الكتاب بأكمله المكون من ١١١ صفحة في صفحة واحدة صغيرة قبيل امتحان الكيمياء النهائي (انظر «عالم طبيعي»، المقال الأول في خاتمة هذا الكتاب). لكنني أستطرد. في رأي مؤلف الكتاب كولماير، يشمل الجمهور المستهدف:⁷²

- (١) الطلاب العازمين على التقدُّم لاختبارات (الذين قال عنهم أحد نقاد الكتاب في عام ١٨٧٦: «الذين يفترض، كقاعدة، أن نُقدم لهم هذه النصيحة العامة: لا تفعلوا!»).⁷¹
- (٢) الأفراد الذين تعلَّموا أسلوب التدوين «القديم» ويرغبون في التعرف على «النظام الحديث».
- (٣) الراغبين في مواكبة كل جديد في هذا الموضوع؛ ومن ثمُ يمكنهم بسهولة إنشاش ذاكرتهم دون أن يكون هذا على حساب ارتباطاتهم الأخرى.

إنْ وقْع هذا الوعِدُ الأخِيرِ يُسْبِه واحدًا من إعلانات آخر الليل، تلك التي تَعِدُ بفقدان الوزن مع تناول أي شيء ترغب فيه في أثناء مشاهدتك التليفزيون: «كلما زاد التغيير، ظلَّت الأشياء على حالها».

من المثير فحص المدخل الخاص بالفلور (الشكل ٢٢-٧)، قبل ١١ عامًا فقط من عزله في عام ١٨٨٦ على يد هنري مواسان. فكانت ثَمَّة تلميحات مثيرة تشير إلى وجود عنصر جديد طوال قرن مضى عندما أعلن كارل فاهم شيله، في عام ١٧٧١، نتائج إضافة الفلورسبار (فلوريد الكالسيوم) إلى زيت الزاج (حمض الكبريتيك) متبعًا بالتقدير. كانت النتيجة الملحوظة تأكلَ موجة التقطر الزجاجية (بفعل تكون حمض الهيدروفلوريك)، وما يتبع ذلك من تكون غاز (SiF_4) تنتج عنه السيليكا الهلامية عند اتصاله بالماء.⁷³ ومع ذلك، استغرق الأمر ١١٥ سنة أخرى حتى حرَّر مواسان الفلورَ أخيرًا، باستخدام الكيمياء الكهربائية، من أيِّ شريك كيميائي آخر.⁷⁴

(٨) الإنسان الأعسر يستمتع بـ«شعور النشوة»، لكن ليس بمذاق جُعْته

ظلَّت رؤية لويس باستير العبرية، عن كون عدم التناهُر المراطي (أو «اليدوية») للبلورات ينشأً من التركيب الجزيئي الأساسي، غير مُستغلة طوال ربع قرن.⁷⁵ ولكن عقب الافتراضات المستقلة تماماً لجوزيف أكيل لي بيل، وياكوبس هنريكس فانت هوف في عام ١٨٧٤ عن الكربون الرباعي الأوجه،⁷⁶ انتقل الباحثون في الكيمياء على الفور إلى البعد الثالث.

CHEMIA COARTATA;
THE KEY TO MODERN CHEMISTRY
BY
A. H. KOLLMAYER, A.M., M.D.

PROFESSOR OF MATERIA MEDICA AND THERAPEUTICS AT THE UNIVERSITY OF BISHOP'S COLLEGE; PROFESSOR OF MATERIA MEDICA AND PHARMACY AT THE MONTREAL COLLEGE OF PHARMACY; AND LATE PROFESSOR OF CHEMISTRY, ETC.

PRINTED AND PUBLISHED BY

J. STARKE & CO., 54 ST. FRANCOIS XAVIER STREET
MONTREAL, CANADA.

- 19 -

Bromine	Bromine.	Bromine.	Decomposition.	Properties.	Tests.
III	Bromine. Iodide. Hydrobromic Acid. Hydroiodic Acid.		(1) Phenolphthalein, Water, Glass. (2) Iodine, Potassium Bromate, Water.	(1) P. I. + H ₂ O = HBrO + HBr. The glass only becomes red because of the I. (2) I. is dissolved in H ₂ O + HBrO = I + HBr + H ₂ O.	Two oxides of Iodine exist, but are unimportant; they are I ₂ O ₃ and I ₂ O ₅ . Compounds are also formed with Nitrogen and Chlorine.
IV	Iodine. Iodide.	Iodine and Solvent of America.			A dark powder, explosive, often spontaneously.
Bromine	Bromine, a red solid.	Baked.	125° Solvent of Chlorine. Ethers. Solutions of Potash. Magnesia dioxide. Sulphuric acid.	Explosive and removes the less soluble salts, just Cl through to the free acid. It is also found in certain saline springs as in the Dead Sea, and in the Red Sea, in Persia, Russia, and America.	The sulphuric acid will cause it to explode even when water.
					1. Bromine gives a light yellow precipitate, but sparingly soluble in Ammonia. 2. Bromine gives an orange Brone of Ammonium.
					3. Antimony burns in Bromine with its explosive violence.
					4. Bromine and Oxygen are unimportant. Hydrobromic acid may be prepared like Hydro- chloric acid by the action of concentrated sulphuric acid on bromine. It is decomposed by the same means except by passing the vapors over hot charcoal.
					5. Attacks and destroys all woods used to obtain it. It acts on glass as a deliquescent for its presence. No compound of Fluorine and Oxygen is known.
					6. Any salt of Potash is dissolved by this acid so an insoluble Hydrobromate.

شكل ٢٢-٧: أحد الجداول من الكتاب النادر الصادر في عام ١٨٧٥ «الكيمياء المكتففة». لا يُرجّحinya، ليس من الممكن الاستذكار قبل امتحان الكيمياء النهائي بوقت قصير، أو «إنعاش ذاكرة (القراء) دون أن يكون هذا على حساب ارتباطاتهم الأخرى».

فاكتشف باستير لأول مرة في عام ١٨٤٨ أن بعض المواد البلورية كانت «عديمة التناظر المرأة» أو «يدوية» (مثل اليد اليسرى واليد اليمنى من حيث كون بعض البلورات صوراً مرآتية لا يمكن أن تترافق): فعندما أذاب البلورات «اليمينية» و«اليسارية» لطرطرات البوتاسيوم أمونيوم، المشتقة من صناعة النبيذ، في أوعية منفصلة من الماء، كانت الحاليل الشفافة الناتجة نشطةً بصرياً بالتساوي لكن على نحو عكسي. واستنتج باستير أن هذه «اليدوية» أو انعدام التطابق كانت موجودة في الجزيئات التي تتكون منها البلورة، لكنها تحرّرت في محلول. وقد نشأت هذه الفكرة المجردة قبل نشأة مفهوم التكافؤ بعشرين سنة أو نحو ذلك؛ ومن ثم لا يمكن أن يكون باستير يعلم أي شيء عن القواعد التي تحكم طريقة ارتباط الذرات.

شهدت السنوات الخمس والعشرون التالية واحدةً من أسرع الثورات وأكبرها التي تحدث طوال الوقت في مجال العلم؛ فقد شرح مفهوم التكافؤ صيغًا وأيزومرات؛ وتوصّل

التخصص والتنظيم

Fig. 39.

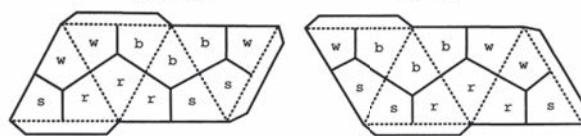


Fig. 40.

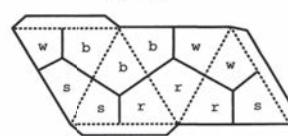


Fig. 41.

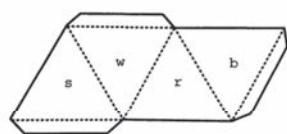


Fig. 42.

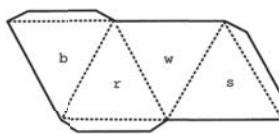


Fig. 43.

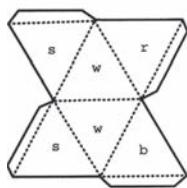


Fig. 44.

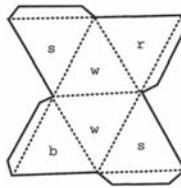


Fig. 45.

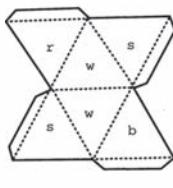


Fig. 46.

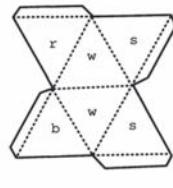


Fig. 47.

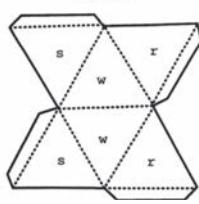


Fig. 48.

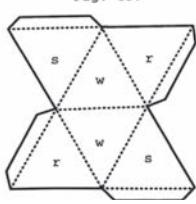
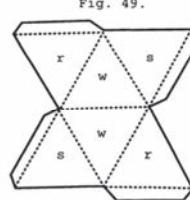


Fig. 49.



شكل ٢٣-٧: قصاصات لنمادج جزيئية ورقية أو من الورق المقوى من أول طبعة ألمانية لكتاب فانت هوف «ترتيب الذرات في الفراغ»، ١٨٧٧ (يمكن العثور على الصور الملونة للنمادج المركبة في كتاب هايلبرونر ودونيتز «تأملات في التطابق»، ١٩٩٣).

إلى أن السلوك الكيميائي يتحكم فيه عادةً التركيب الجزيئي، وأخيراً توسع في النظرية الكيميائية لتشمل البعد الثالث. والشكل ٢٣-٧ مأخوذ من أول طبعة ألمانية^{٧٦} (١٨٧٧)

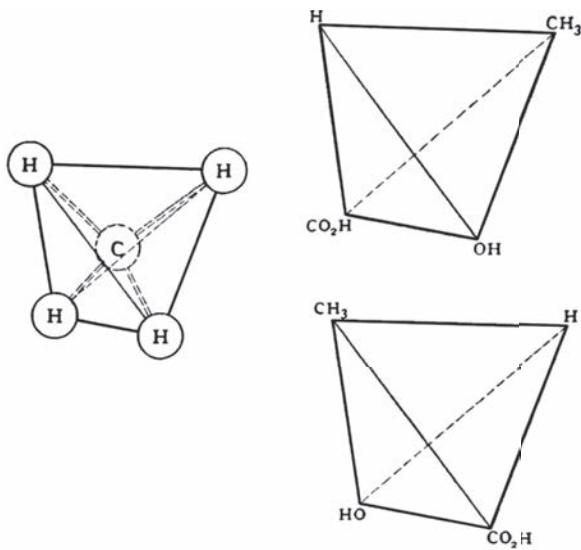
لعمل فانت هوف عن الكيمياء الفراغية، ويُظهر بعض القصاصات لنماذج «اطوها بنفسك» الجزيئية المصنوعة من الورق المقوى — وهي نوع من «الأوريغامي الجزيئي» يتوافق تماماً مع الطموحات الفنية للكتاب الذي تقرؤه الآن. وتمثل الصورتان العلويتان في الشكل ٢٣-٧ (الصورتان ٣٩ و ٤٠) قصاصاتٍ لاثنين من رباعيات الأوجه تلوّنت فيها الزوايا بألوان مختلفة (الأحمر، والأزرق، والبياض، والأصفر)، يُمثل كلُّ لون منها نوعاً مختلفاً من الذرات أو مجموعات الذرات التي ترتبط بذرة كربون مركبة (Cwrsb). أما الصورتان ٤١ و ٤٢، فتوضّحان قصاصتين لشكليْن رباعيَّيِّن الأوجه تلوّنت فيهما الأوجه الأربع المُثلثة، وليس الزوايا، بأربعة ألوان مختلفة. رُكِّب هذين الزوجين من الأشكال معاً وسوف تكتشف أنهما يشكلان زوجين من الأشكال المرأة الثالثة الأبعاد لا يمكن مطابقتهم؛ ومن ثم فهي أشكال لا تناظرية أو «يدوية». (يمكن العثور على الصور الملونة لنماذج فانت هوف الأصلية من الورق المقوى في الكتاب الجذاب الذي شارك في تأليفه كلُّ من إدجار هايلبرونر وجاك دي دونيتز).⁷⁷ من الواضح أن زوجي الأشكال المعروضين على نحو ثنائي الأبعاد في أعلى الشكل ٢٣-٧ هما، في الواقع، صور مرآة لا يمكن تركيبها معاً بأيِّ حركة أو تدوير في بعديْن. في رواية «الأرض المسطحة»،⁷⁸ كانت هذه الأشكال لتُصبح صوراً مرأة لا يمكن تركيبها معاً (تماماً مثل الرسوم الاستشفافية الثنائية الأبعاد على ورقة ليديك اليسرى واليمنى). ولو كانت المناطق الملونة هي نفسها على كلا الجانبين من هذه الأشكال الأربعية الثنائية الأبعاد، لاستطعنا — نحن البشر الذين تشغّل حيّاً ثلاثي الأبعاد — قص إحداها وتدويرها ١٨٠ درجة وتركيبها في الشكل المناسب. بالمثل، لو كانت كلتا يديك مُتطابقة من أعلى وأسفل (١٠ مفاصل أصابع في كل يد — وهي «ميزة» تسمح بتسديد لكمات بالجزء الأمامي والخلفي من اليد)، لأمكن تركيب الصور المرأة الثانية الأبعاد في ثلاثة أبعاد. يُشير المبدأ ذاته إلى أننا — نحن الأفراد الذين نعتمد على القدرات المكانية في تقدير الأشياء — لا يمكننا مطابقة شكليْن رباعيَّيِّن الأوجه ثلاثي الأبعاد لهما تناظرٌ معكوس، أو في هذا الإطار، يدينا اليمنى واليسرى. ومع ذلك، من الواضح أن الفرد الذي يعيش في فضاء رباعي الأبعاد قد يحظى بالكثير من المرح معنا؛ فقد يكون من الممتع تخيل حلاق يستخدم يده اليمنى يضع مقصَّه جانباً لبرهة، وبعد دخوله في البعد الرباعي، يعود إليه في لمح البصر مقصًا لشخص أعسر. على الأرجح لن يسعد الحلاق أو الزبون بالنتائج.

الشكل ٢٤-٧ من سلسلة من أربعة مقالات نُشرت في عام ١٩٠١ بغرض تعريف العاملين في مجال الفنون والتصنيع بالتطورات الهائلة التي حدثت في مجال الكيمياء

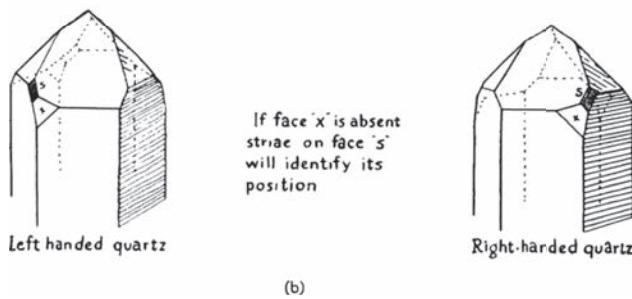
الفراغية.⁷⁹ كان المؤلّف، ويليام جاكسون بوب، أستاذًا للكيمياء في كامبريدج، وأسهم إسهاماً ملحوظاً في مجال الكيمياء الفراغية.⁸⁰ تُوضّح الصور الثلاث في الشكل (a) ٢٤-٧ التركيب الثلاثي الأربعدي الوجه للميثان،⁷⁹ والتركيبيات الرباعية الوجه للمصاوّغات المراطية (صور مرأة لا يمكن مطابقتها) لحمض اللبنيك (تظهر ذرة الكربون المركبة في مركز الشكل الرباعي الوجه).⁷⁹ ترتبط ذرة الكربون المركبة في حمض اللبنيك بأربعة بدائل مختلفة (ذرات أو مجموعات من الذرات). ويعتبر هذا المركز الكربوني غير المتماثل شرطاً كافياً، رغم كونه غير ضروري، لأنعدام التناظر. وأي شكل حلزوني (على سبيل المثال، الزنبرك أو البرغي) يكون «يدويّاً» أيضاً.

لعب حمض اللبنيك دوراً محوريّاً في تطور الكيمياء الفراغية؛⁷⁵ فقد عُزل لأول مرّة على يد شيله من اللبن المتخمر في عام ١٧٧٠. كذلك عزل بيرسيليوس حمض اللبنيك من العضلات في عام ١٨٠٧. وعقب ظهور قياس الاستقطاب في أوائل القرن التاسع عشر، اتّضح أن حمض اللبنيك الذي عزله شيله غير نشط بصريّاً، في حين كان حمض اللبنيك الذي عزله بيرسيليوس، الذي كان مُطابقاً لحمض شيله في كل الجوانب الأخرى، نشطاً بصريّاً. وقد فسرَ كل من فانت هوف ولي بيل هذه الظواهر بافتراض أن حمض بيرسيليوس كان يحتوي على مصاوّغ مرأة واحد فقط، بينما كان حمض شيله مزيجاً راسيمياً – أي يحتوي على كلا المصاوّغين المراطتين بكميّات متساوية تماماً.

كان باستير أول من لاحظ عدم التناظر المراطي لطرطرات البوتاسيوم أمونيوم البالورية – وهي مادّة عضوية – التي فصلّها بجهد كبير بيديه إلى بلورات «يسارية» و«يمينية». كذلك يُظهر كثير من المعادن الموجودة في الطبيعة «يدوية» عيانة تُرى بالعين المجردة، وأشار باستير إلى هذا كما يتبعـيـ. ويعـبـرـ التـكـوـيـنـانـ المـوـضـحـانـ فيـ الشـكـلـ (٢٤-٧) عن رسومات لبلورات «يسارية» و«يمينية» للكوارتز.⁸¹ اكتـشـفـ باـسـتـيرـ أيـضاـ أنهـ بيـنـماـ تـبـدوـ الخـصـائـصـ الـفـيـزـيـائـيـةـ وـالـكـيـمـيـائـيـةـ لـالـمـصـاوـغـاتـ الـمـرـأـتـيـةـ مـُـتـطـابـقـةـ بـكـلـ الـطـرـقـ فعلـيـاـ،ـ فإنـ الـخـمـائـرـ وـالـعـفـنـ وـالـبـكـتـرـيـاـ يـمـكـنـ أـنـ تـمـيـزـ بـيـنـهـاـ؛ـ وـمـنـ ثـمـ حـقـنـ حـمـضـ الـطـرـطـرـيـكـ الرـاسـيـمـيـ بـفـطـرـ «الـبـنـسـيـلـيـوـمـ الـأـزـرـقـ»ـ،ـ وـوـجـدـ أـنـ هـذـاـ الفـطـرـ «ـحـلـ»ـ الـزـيـجـ عنـ طـرـيقـ تـأـيـيـضـ أـحـدـ الـمـصـاوـغـاتـ الـمـرـأـتـيـةـ بـيـنـماـ تـرـكـ الـآـخـرـ.⁷⁹ـ وـمـنـ ثـمـ أـدـرـكـ باـسـتـيرـ أـنـ كـيـمـيـاءـ الـحـيـاةـ لـاـ تـنـاظـرـيـةـ،ـ وـإـنـ كـانـ لـمـ يـفـهـمـهـاـ إـلـاـ بـأـكـثـرـ طـرـيـقـةـ مـجـرـدـةـ.ـ يـحـتـويـ حـمـضـ الـطـرـطـرـيـكـ عـلـىـ ذـرـئـيـ كـرـبـونـ مـُـتـرـابـطـيـنـ غـيرـ مـتـنـاظـرـيـنـ.ـ نـظـرـيـاـ،ـ قـدـ يـسـمـحـ مـثـلـ هـذـاـ التـرـكـيـبـ بـوـجـودـ ٢ × ٢ـ أـرـبـعـةـ مـنـ الـمـصـاوـغـاتـ الـفـرـاغـيـةـ.ـ وـتـوـضـحـ الصـورـ مـنـ ٤٣ـ إـلـىـ ٤٦ـ فـيـ الشـكـلـ ٢٢-٧ـ



(a)



(b)

شكل ٢٤-٧: (a) صور للميثان الرباعي الأوجه بالإضافة إلى الصور المرآتية غير المُتطابقة (المصاوغات المراطية) لحمض اللبنيك (من «جورنال أوف ذا سوسايتي أوف ذا آرس»، بوب، ١٩٠١)؛ (b) بلورات المصاوغات المراطية للكوارتز، التي تنشأ من تكوينه الحلزوني الخفي (من كتاب «الكيمياء العامة» للينوس بولينج، حقوق الطبع ١٩٤٧ للينوس بولينج. مستخدم بإذن من دبليو إتش فريمان وشركاه).

نماذجًا جزيئية يمكن تجميعها لتمثل المصاوغات الفراغية الأربع لجزيء صيغته العامة هي srWC-Cwbs. ومع ذلك، لا توجد إلا ثلاثة مصاوغات فراغية مُمكنة (الصور من ٤٧ إلى ٤٩) لصيغة srWC-Cwrs. رُكِّب هذه الأشكال وحاول تجربتها. تتوافق طرطرات باستير مع اثنين من هذه التركيبات المحتملة، حاول معرفة أيها.

أشار بوب في عام ١٩٠١⁷⁹ إلى أنَّ النشاط البصري الملحوظ للبلورات الكوارتز سمح لعلماء أواخر القرن التاسع عشر باستنتاج أن تركيبة الجزيئي الأساسي حلزوني؛ فقد أدركوا في ذلك الوقت أن وصلات الربط الموجودة في الكوارتز لم تشتمل على أي مراكز لا تناظرية، ومع ذلك كانت بلورته لا تناظرية. لقد كانت الطبيعة البلورية للكوارتز تقتضي تركيباً منتظمًا ودوريًا. والحلزون هو التركيب المُنظم اللاتنازلي الوحيد الذي يمكن أن تتطبق عليه هذه الشروط. وبينما نعرف حالياً أن الكوارتز يتكون بالفعل من تركيبات حلزونية طويلة،⁸² ونُدرك بوضوح منطق علماء الكيمياء الذين تعرفوا على تركيبة الجزيئي، لا نزال تنتابنا الرهبة من هذه التوقعات الاستشرافية المذهلة التي سبقت تصوير البلورات بالأشعة السينية بعقود. ويظلُّ أصل النشاط البصري على سطح الأرض لغزاً حتى يومنا هذا. يقول أحد الآراء إن بلورات مثل الكوارتز أو الكالسيت (كربونات الكالسيوم) كُوِّنت نماذجًا لا تناظرية، كُوِّنت، بمحض الصادفة، فائضاً من جزيئات «يدوية» من نوع واحد فقط على الكوكب.⁸³

يخبر بوب قراءه بأنه بحلول نهاية القرن التاسع عشر، أصبح معروفاً أن السكريات والأحماض الأمينية التي تتكون منها أجسامنا، على وجه التحديد، جزيئات «يمينية» و«يسارية» على التوالي. ثم يمزح قليلاً بتخييل الظهور المفاجئ لـ«إنسان أعرس» استناداً إلى السكريات «اليسارية» والأحماض الأمينية «اليمينية».⁷⁹ ويختتم بوب سلسلة مقالاته على نحو كثيف نوعاً ما:

إذا ظهر إنسان تربطه بنا صلةً على مستوى المصاوجة الفراغية – ذلك الإنسان الأعرس الذي تحدثنا عنه – على كوكبنا، فإنَّ الاحتمالات كافة تقول إنه سوف يموت جوعاً على الفور؛ لعدم قدرته على هضم المواد الغذائية التي يمكننا وضعها أمامه.

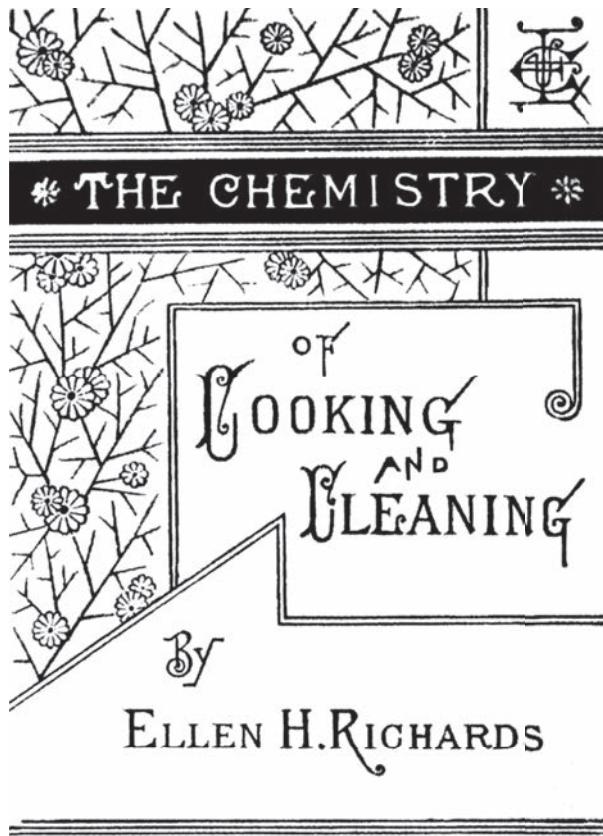
وحتى تكون أقلَّ كآبة بشأن هذا الأمر، لتخيل أول يوم للإنسان الأعرس على الكوكب يبدأ على نحو جيد بما فيه الكفاية. «يستيقظ على الجانب الخطأ من السرير» في سعادة،

ويحصل على كوب منعش من الماء، ويأخذ حماماً منعشًا⁸⁴، ويلاحظ، بينما يصنع قهوته، رائحةً غريبةً ويختبر أول كوب له؛ داكنة كالمعتاد، لكن مذاقها بشع⁸⁴، فيفضل ملعقةً صغيرةً من السكر تليها ملعقة أخرى، وأخرى، ثم اثنان آخران⁸⁴، دون أي تحسن في مذاق القهوة. أما شريحة الخبز المحمصة التي لديه، فلها مذاق البطاطس المهرولة بطعم الشكولاتة.⁸⁴ يتملّكه الغضب، فيسكب كوبًا من الجعة الباردة ويشربها دفعة واحدة. طعمها بالغ البشاعة.⁸⁴ ثم يشرب فودكا قويةً، ليبدأ الإحساس بالطعم المألف ويبدأ هذا بهدى أعضائه.⁸³ ومع نهاية الصباح، يبدأ الصداع التسلل إليه، لكن تناول قرصين من الأسبرين مع كوب من الماء سرعان ما يخفّف الألم.⁸⁴ يعود إلى السرير ليأخذ قيلولة قصيرة، ثم يستيقظ فجأة، ويتفاجأ بأنه قد «استيقظ على الجانب الصحيح من السرير»، ليدرك على الفور أن باقي اليوم سوف يكون كارثيًّا.

(٩) ماذا يمكن للمرأة أن تكتب عنه أيضًا؟

لا تُنخدع بعنوان كتاب إلين هنريتا سوالو ريتشاردز الطريف، «كيمياء الطهي والتنظيم» (الشكل ٢٥-٧)،⁸⁵ الذي نُشر في عام ١٨٨٢؛ فقد كانت ريتشاردز أول طالبة في معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا (وحصلت على بكالوريوس العلوم، عام ١٨٧٣)، وأصبحت معلمة في المعهد، وأسّست مختبره النسائي. وربطت الكيمياء البحثية والتطبيقية بالعلوم الاجتماعية، وأسّست مجال الاقتصاد المنزلي العلمي. وشاركت في عام ١٨٨٢ في تأسيس ما أصبح في النهاية الجمعية الأمريكية للجامعيات.^{90,89,88,87,86}

ولدت إلين سوالو، السابقة لعصرها، لوالدين مُعلمين في ريف ماساتشوستس في عام ١٨٤٢ (وتُوفيت عام ١٩١١)، وحصلت على تعليم ريفي، وعملت بالتدريس محليًّا، وأدخرت من المال ما يكفي لتلتحق بمدرسة تجريبية للتعليم العالي النسائي في مدينة بكبسي، بنيويورك. كان الحافز وراء اهتمامها بالكيمياء التحليلية هي الأستاذة إيه سي فارار. وعن ذلك تقول سوالو بعد أول تدريب معملي لها: «تشجعنا الأستاذة فارار على الاجتهد فيها؛ إذ إن مهنة عالم الكيمياء التحليلية مهنةٌ مربحةٌ للغاية، وتُمثل عملاً رائعاً ودقيقاً للغاية، ومناسبًا لأيدي المرأة».⁸⁹ كانت ضمن أول دفعة تتخرج في كلية فاسار في عام ١٨٧٠، وكُرّمت بلوحة تذكارية في قاعة بلودجيت.⁸⁹ وتعهدت الخريجات الجدد بـ«الطاعة دون حنق للسلطة، والإذعان، والاجتهد، وحسن السلوك». وفي عام ١٨٧١ التحقت بمعهد ماساتشوستس للتكنولوجيا، وتفوقت في دراساتها، والتقت



شكل ٢٥-٧: صفحة العنوان لكتاب إلين هنريتا سوالو ريتشاردز (لين ريتشاردز) الصادر في عام ١٨٨٢ «كيمياء الطهي والتنظيف». كانت السيدة ريتشاردز ضمن أول دفعة تتخرج في فاسار، وافتتحت مختبر الكيمياء للنساء في معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا، وأسّست فرع الكيمياء الصحية، وشاركت في تأسيس الجمعية الأمريكية للجامعيات، وكانت ناشطة بيئية سابقة لعصرها بعده عقود. ولم تكن لتسعد بالدعائية الخادعة ملياً «الأوزون حياة» المعيبة (الشكل ١٨-٧) أو صابون الأوزون (الشكل ١٩-٧).

بالأستاذ روبرت هالويل ريتشاردز، الذي تزوجته في عام ١٨٧٥ بعدما أصبحت عضواً في هيئة التدريس بالكلية. يُصوّر كتاب للأطفال أيام دراستها في معهد ماساتشوستس

بمشهد طريف تَحَصُّل فيه على قبول زملائها من الذكور في الصف عن طريق خبز البسكويت لهم.^{٩٠} حصلت ريتشاردز من عملها المبكر في الكيمياء التحليلية للمعادن والماء على تقدير واسع النطاق، إلا أن عملها في إدخال الكيمياء الصحية إلى المنازل أكَسَّها في النهاية شهرة عالمية.

إن كتاب «كيمياء الطهي والتنظيف» هو كتاب رفيع واقتصادي وفعال للغاية في أسلوب عرضه المباشر لجمهوره من النساء. وإليك ما قالته السيدة ريتشاردز عن غش المصنعين الذين تكشف زيف ادعائهم بشأن «المكونات السرية»:

تحظى الكيمياء والمصطلحات الكيميائية بهيبة كبيرة لا تزال عالقة في الأفق، وهو أمر مُتوارث من عصر الخيماء؛ فبإمكان كل عالم كيمياء تذَكُّر حالات كثيرة طلب فيها منه المصنعون وصفات لصنع بديل لشيء معروف، وتوقّعوا الحصول على أكثر النتائج عبثية من مجرد مزج مادتين معًا. فجمهور الناس يعتقد أن المواد الكيميائية قوة هائلة، ويستغلُّ المصنعون عديمو الضمير هذه السذاجة أكبر استغلال.

حسناً، حتى صابون أيفورى كان «نقِيّاً» بنسبة تسعه وتسعين وأربعين من مائة في المائة» فقط. وماذا كانت لتقول عن صابون الأوزون (انظر مقالاً سابقاً في [الجزء السادس: التخصص والتنظيم، القسم السادس: الأكسجين الكهربائي])؟

يُصاحب الحديث عن التركيب الكيميائي للأطعمة تحليل محتواها من الطاقة، والعادات الغذائية للثقافات المختلفة. فتشير الكاتبة على نحو وافٍ إلى أن الأرض، وهو نوع من الكربوهيدرات، أقل في محتواه من الطاقة بكثير من محتواه من الدهون، مع تفسير كون الأولى المكوّن الغذائي الأساسي في الثقافات الاستوائية والأخرية مكوّناً مهمّاً في الأوجوء القطبية. بل يمكن لامرأة فَطِنة، تلاحظ أن أطفالها (أو زوجها) ربما يتعرّضون لتراتم كثير من «الرواسب» من نظامهم الغذائي، أن «تعاير» هذه الرواسب كيميائياً باستخدام الأكسجين من أجل حرق الفائض في صورة CO_2 و H_2O عبر ممارسة نشاط خارجي:

هكذا أصبح الطهي فنًّا يستحق اهتمام السيدات الذكيات والمتقدّمات. تقوم قوانين النشاط الكيميائي على قانون النسب الثابتة، وأي شيء يُضاف أكثر مما يَنْبغي يُخْلُّ بهذا القانون. فيجب على كل ربة منزل دراسة حالة أسرتها، وإنغرافهم بأطباق لذيدة إذا كان هذا ما يَحتاجون إليه. فإذا تراكم الرماد على

الحاجز الحديدي للموقد، سوف تطلب من أحد الخدم نفخ الرماد عنه حتى يمكن للنار أن تشتعل. وإذا رأت أن رماد الأطعمة التي استهلكت مسبقاً يعوق الطاقات الحيوية لطفلها، فعليها أن تخرجه في الهواء الطلق؛ حيث الأكسجين والتمارين، حتى تجعله سعيداً، لكن عليها ألا تُعطيه مزيداً من الطعام.

استشهاد بيل هاتشينسون، العالم بجامعة بيل، بخطاب الدعوة إلى اجتماع معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا الذي كتبته إلين سوالو ريتشاردز في عام ١٩١٠؛ أي بعد أكثر من ٦٠ عاماً، بوصفه دعوة واضحة لحفظ البيئة واحترامها:⁸⁹

تعتمد جودة الحياة على قدرة المجتمع على تعليم أعضائه كيفية العيش في تناغم مع بيئتهم — التي تُعرف أولاً بالأسرة، ثم بالمجتمع، ثم بالعالم وموارده.

كانت إلين سوالو ريتشاردز من أوائل الرواد في تعليم النساء الكيمياء. ويُظهر الشكل ٢٦-٧ صورة فوتوغرافية، من مؤسسة فرانك لويد رايت، التقطت بين عامي ١٩٠٠ و ١٩١٠.⁹⁰ كانت هؤلاء السيدات الشابات من مدرسة هيلسايد المنزلية، الواقعة بقرية سبرينج جرين، بولاية ويسكونسن. كانت عَمَّتاً هذا المهندس المعماري الشهير داعمين للمدرسة، وبعد إغلاقها، أصبحت في النهاية جزءاً من ضيعة فرانك لويد رايت. وقد القُطِّلت هذه الصورة على الأرجح على نحو روتيني في المدرسة، وأصبحت في النهاية جزءاً من مقتنيات الضيعة. وكان من الرواد الأوائل الآخرين د. إدجار فاهس سميث، أستاذ الكيمياء في جامعة بنسلفانيا. أنهت عشر سيدات رسائل الدكتوراه تحت إشراف د. سميث في الفترة بين عامي ١٨٩٤ و ١٩٠٨، وأصبح عدد منهنّ أعضاءً في هيئة التدريس بالكلية.⁹¹ وتشكل مجموعة سميث من الكتب الكيميائية والأعمال الفنية حالياً أساس مجموعة كتب تاريخ الكيمياء في جامعة بنسلفانيا. وكان كتابه العظيم «الكيمياء القديمة»⁹⁴ عملاً يُسمّى بالحماس وسعة الاطلاع، وكان مصدر إلهام لهذا الكتاب. يشتمل الكتاب على مناقشة رائعة عن جين مارسيت و«محاوراتها في الكيمياء».

(١٠) البحث عن علامات للنيون

اكتُشف غاز الأرجون النبيل في عام ١٨٩٤، ويُقدّم لنا تفاصيله الكيميائية رايلي ورامزي في مقالهما الحائز جائزة هودجكين في عام ١٨٩٦.⁹⁵ ولُخصت بإيجاز في مواضع أخرى.⁹⁶ وكما يحدث دوماً في الكيمياء، أدى تفاوت ضئيل، لكنه حقيقي، إلى سلسلة



شكل ٢٦-٧: صورة فوتوغرافية لفصل كيمياء للسيدات في مدرسة هيلسايد المنزلية في سبرينج جرين، بولاية ويسكونسن، قرب مطلع القرن العشرين (بإذن من أرشيف فرانك لويد رايت، سكوتسيبل، أريزونا).

من الاكتشافات الخطيرة. بإيجاز، تواصل الفيزيائي لويد رايلي (جون ويليام ستروت) مع الكيميائي ويليام رامзи بشأن الملاحظة الغريبة بأن كثافة «النيتروجين الجوي» (١,٢٥٧٢ جرام في اللتر) كانت أعلى بنحو ٠٠٦٪ من كثافة «النيتروجين الكيميائي» (١,٢٥٠٥ جرام في اللتر). كان يمكن تصنيع «النيتروجين الكيميائي»، على سبيل المثال، من خلال تسخين كلوريد الأمونيوم البلوري النقي حتى يُطلق الأمونيا، ثم إجراء تفاعل بين هذا الغاز والأكسجين على نحاس شديد السخونة. وفي دراستهما عن «النيتروجين الجوي»، أزال رامزي كيميائياً الماء، وثاني أكسيد الكربون، والغازات النزرة الأخرى؛ ومن ثم الأكسجين (عبر تعريضه إلى نحاس ملتهب). وأزيلت كامل مكممات النيتروجين عبر

التفاعل مع ماغنسيوم مُلتهب من أجل صنع مسحوق النتريد. وكان ما تبقى نسبة أقل من ١٪ من بقایا غاز غير تفاعلي أطلقوا عليه اسم «أرجون» (بمعنى «كسول»). وأشاروا باحترام شديد إلى أن هنري كافنديش قد حصل على هذه البقایا نفسها بنسبة ١٪ منذ أكثر من قرن مضى عن طريق إشعال النيتروجين الجوي بالكامل بواسطة الأكسجين. واشتمل إجمالي اكتشافاتهما على توصلهما إلى أن الأرجون أحادي الذرة، رغم الصعوبات المفاهيمية المرتبطة على وزنه الذري البالغ ٤٠، وأنه غير تفاعلي تماماً، مثل الهليوم المكتشف حديثاً، وربما حدد، مع الهليوم، عائلة جديدة بالكامل في الجدول الدوري.^{٩٧}

من المهم التأكيد على أن كثافة الأرجون كانت لتشريح بدقة لو أنه كان ثنائي الذرة (Ar_2)، مثل كل الغازات العنصرية الأخرى المعروفة آنذاك. فكان الوزن الذري ٢٠ سيد مكاناً مناسباً له بين وزن الفلور (١٩) والصوديوم (٢٣). غير أن الوزن ٤٠ يبيّد أن مكانه المناسب بعد البوتاسيوم (٣٩) وأنه مساوٍ للكالسيوم. ورغم ظهور «مشكلة» مشابهة بين الأوزان الذرية للليد والتيلوريوم، كان ثمة شعور بأن هذا الانحراف الفردي سُيصحح يوماً ما. وفي عام ١٨٩٦، لم يكن يوجد أي مفهوم عن النتوبيات أو النظائر، والأهم من ذلك،حقيقة أن العدد الذري — المعيار الذي يحدد فعلياً ترتيب العناصر (وليس الوزن الذري) — لن يُكتشف إلا بعد عقدين من الزمن. وعليه كانت حقيقة أن الأرجون غير قابل للاستخدام بمنزلة تهديد حقيقي بكسر القانون الدوري.

نُقلت اكتشافات الأرجون وغيره من الغازات النادرة على مستوى شخصي للغاية على يد موريس دبليو ترافرز، الذي كان قبل ثلاثة عقود طالباً جامعياً شاباً لدى رامزي في جامعة بريستول.^{٩٨} وأرى جانبًا ساخراً لُوَحظ مبكراً في كتاب ترافرز. فها هو يَسْتَشَهِد بحدث فانت هوف، أول فائز بجائزة نوبل في الكيمياء، من تقرير هولندي معاصر كالتالي:^{٩٩}

كيف حدث إذاً هذا الاكتشاف؟ ظل لورد رايلى! المسكين رايلى! عاماً بعد عام يزن النيتروجين؛ النيتروجين من اليوريا، والنيتروجين من نترات الأمونيوم، والنيتروجين من الهواء، ووجد أن الأخير أثقل وزناً: ١,٢٥٧٢ ١,٢٥٠٥ جرام في كل لتر من النيتروجين؛ ومن ثمَّ كان النيتروجين الموجود في الهواء مختلفاً إلى حدٍ ما؛ إذ كان يحتوي على شيء مختلف عن النيتروجين الكيميائي، وانطلاقاً من هذا الافتراض الأخير أزال رامزي جميع المواد الممكنة من الهواء،

ولم يتبق إلا فقاعة غاز كافنديش الصغيرة الشهيرة العديمة اللون، الخالية من أي طعم أو رائحة.

وجد ترافرز أن هذا المقال يدور «في إطار ساخر لاذع بأكمله، ويستخف بعمل كلّ من اللورد رايلي ورامزي». ⁹⁹ وفي الواقع، يُشير ترافرز إلى أن رايلي لم «يَمْتَهِن» وزن النيتروجين، وأن دراسته للكثافات النسبية للغازات كانت جزءاً من دراسة واسعة للأوزان الذرية النسبية للعناصر حملت، كما يُمْكِنُني القول الآن بعد أكثر من قرن، تداعيات مستقبليةٌ خفيةٌ، ولكن عميقة، فيما يتعلّق بفهم التركيبات النووية للذرات. ¹⁰⁰ لكن أليس هذا فانت هو نفسه الذي افترض، وهو مدرّس في السادسة والعشرين من عمره في كلية الطب البيطري في أوترخت منذ نحو ٢٢ عاماً، وجود الكربون الرباعي الأوجه والكيمياء في الفضاء الثلاثي الأبعاد؟ أليس هذا فانت هو ذاته الذي اشتهر بتعريضه إلى «النقد اللازع» من جانب عميد الكيمياء العضوية الألماني الذي شارف على الستين، الأستاذ الدكتور أدolf فيلهلم هيرمان كولبه؟ ¹⁰¹ حسناً، لعلّها نقاط ضعف البشر الموهوبين. يصف ترافرز بسعادةٍ معلّماً سابقاً رامزي معلّماً لطيفاً وأبوياً، مهتماً بطلابه ومعتدلاً ومنصفاً في المناقشة.

لاحظ نورمان لوكيير سلسلةً جديدةً من الخطوط الطيفية في أثناء كسوف الشمس في عام ١٨٦٨. وتعرّف على عنصر جديد وأطلق عليه اسم «هيليوم» (من كلمة «هيليوس» الإغريقية بمعنى شمس). وفي عام ١٨٨٨، عزل معden غير تقاعدي مستخرج من معدن الكليفيت، الذي يحتوي على اليورانيوم، على يد د. دبليو إف هيلدبراند بوكلالة المسح الجيولوجي الأمريكية، الذي وصَفَه خطأً بأنه نيتروجين. وفي عام ١٨٩٥؛ أيًّا بعد عام من اكتشاف الأرجون، فحصَ رامزي، باقتراح من السيد هنري مايرز بالمتحف البريطاني، الكليفيت بالإضافة إلى بعض المعادن الأخرى التي تحتوي على اليورانيوم، وجمع المكونات الغازية كما شرحنا مسبقاً، واكتشف غازاً خاملاً أحادي الذرة كتلته ٤ كمُكْوَنٌ رئيسي. ¹⁰²

واكتشف ويليام كروكس، الذي حصل على أول طيف للأرجون بالتعاون مع كل من رايلي ورامزي، أن طيف هذا الغاز الضوئي الجديد كان مطابقاً لطيف هيليوم لوكيير. ¹⁰³ وكما أشرنا من قبل، افترض رامزي أن الهيليوم والأرجون يُشكّلان عائلةً دوريةً جديدةً. ومن الضروري هنا ملاحظة أن عمل رامزي على الهيليوم جرى قبل عامٍ من اكتشاف هنري بيكريل لظاهرة النشاط الإشعاعي باستخدام ملح اليورانيوم؛ وقبل ثلاث سنوات من صياغة الزوجين كوري لـ«مصطلح النشاط الإشعاعي» وعزلهما للبليوتينيوم والراديوم؛

و قبل نحو ثمانية سنوات من بدء الإدراك العام بأن جسيمات ألفا هي هليوم ينقصه إلكترونان.¹⁰⁴ ومن ثم كان بالإمكان العثور على الهليوم بوضوح في معادن غريبة معينة تحتوي على اليورانيوم والثوريوم. ولم يرتبط قط بالنشاط الإشعاعي؛ إذ لم يكن معروفاً. والآن ظهر تحدّ قويٌّ أمام رامزي؛ فقد كان أحد أعضاء العائلة الجديدة من الغازات النبيلة في الصف الأول من الجدول الدوري (الهليوم)، وعضوًا آخر في الصف الثالث (الأرجون). وكان المفقود هو الغاز النبيل الذي يقع في الصف الثاني الذي قُدر وزنه الذري بـ ٢٠، وكذلك الغازات الخاملة المحتملة الأثقل وزنًا، لكن الهدف الأساسي تمثل في ملء الفجوة المتسلفية. وباءت محاولات العثور على غازات نبيلة جديدة في الغلاف الجوي مبديًّا بالفشل. وخضعت معادن غامضة وغريبة مثل الكليفيت النرويجي، والنیازک، والغازات من باطن الأرض التي تخرج في شكل فقاعات في الينابيع الحارة في أيسلندا وغيرها، للفحص دون جدوى.^{105,103}

والآن، نحتاج، بإيجاز شديد، إلى معرفة طريقة تسليم الغازات (أو حتى تجميدها) عند درجات حرارة شديدة الانخفاض (شديدة البرودة). ثمة إشاراتٌ إلى وجود مُستويات منخفضة جدًّا من غاز نبيل آخر على الأقل في الأرجون حتّى رامزي وزملاءه على تحرّي إمكانية تسليم الهواء (أو أجزاء مختارة) وإتباعه بتفصير تجزيئي. مرةً أخرى، تجدر بنا الإشارة إلى أن درجات الحرارة التي تقترب من الصفر المطلق (درجة حرارة صفر كلفن أو -٢٧٣,١٦ درجة مئوية أو نحو -٤٦٠ فهرنهايت) قد تُوصل إليها قبل نهاية القرن التاسع عشر. ويُعرف المبدأ المهم هنا باسم تأثير جول-تومسون،¹⁰⁶ الذي اكتشف في منتصف القرن التاسع عشر؛ ففي حال تمدد غاز ما من وعاء إلى فراغ، فإنَّ الغاز المتبقّي (والمواد الأخرى في الوعاء) سوف تبرد. فإذا تعرّض غاز إلى الضغط أولاً، فسوف ترتفع درجة حرارة الغاز، لكن يمكن لغلاف تبريد إزالة هذه الحرارة، تاركًا غازًا مضغوطًا بارداً، يمكن تبريده أكثر عند تعريضه لضغط منخفض. في الواقع، كثُف مايكل فارادي مصادفةً غاز الكلور إلى سائل أخضر بغرض عن طريق حفنة باستخدام محقنة في أنبوب مغلق.¹⁰⁷ ويمكن ضغطُ ثاني أكسيد الكربون وتحويله إلى سائل تحت ضغط يزيد على ٥,١١ جو، لكن لا توجد درجة برودة بإمكانها تكتيفه إلى سائل تحت تأثير الضغط الجوي. اكتشف إيه ثيلوريه في عام ١٨٣٥ أنه عند ضغط ثاني أكسيد الكربون المسال سرعان ما يتعرّض إلى الضغط الجوي، ويُكون التمدد إثر التبريد (الذي «يسرق» أيضًا حرارة التبخير من المادة المتبقية والبيئة المحيطة) ثاني أكسيد الكربون الصلب أو الثلج

الجاف.¹⁰⁷ وهكذا أمكن تكثيف عينات الغاز في «حوض ديناميكي حراري» من الثلج الجاف في ثنائي إيثيل الإيتير درجة حرارته ثابتة عند ٧٨ درجة مئوية. ولم يمر وقت طويق قبل تسهيل الأكسجين (درجة غليانه ١٨٣ درجة مئوية) والنيدروجين (درجة غليانه ١٩٦ درجة مئوية) والهواء الجوي حتى تجميده. كذلك استطاع الأكسجين السائل عند درجة الغليان تكثيف الهليوم وحتى الهيدروجين تحت ضغط. وكان أستاذة هذه التكنولوجيا عالميًّا بولنديًّا، هما أولشفسكي وفروبلفسكي.^{108, 109} اخترع جيمس ديوار، الذي يعمل في إنجلترا، الأوعية الخواصية التي تحمل اسمه حالياً، ورغم إبقائه هذا الجهاز سراً لعدة سنوات؛ فقد اكتشف أمره في عام ١٨٩٢ على نطاق واسع.¹⁰⁹ وأصبح الطريق الآن واضحًا أمام دبليو هامبسون، الذي اخترع عملية لتسهيل الهواء بالتعاون مع السيد كيه إس موراي، المدير الإداري لشركة أكسجين البريطانية،¹⁰⁸ من أجل إمداد رامزي بهواء سائل يكفي لتوفير عدة لترات (!) من الأرجون الغازي.

في نهاية مايو عام ١٨٩٨، أحضر هامبسون عينةً مقدارها ٧٥٠ سنتيمترًا مكعبًا من الهواء السائل، وبناءً على اقتراح رامزي، تركها ترافرز تغلي على مدار أسبوع تقريبًا حتى لم يبق منها إلا ٢٥ سنتيمترًا مكعبًا من الغاز (أي حوالي ٠٠٢٥ سنتيمتر مكعب من السائل الأصلي). ويصف ترافرز تفاعله مع صديق وزميل شاب كان يُداعبه بلطف قائلاً:¹¹⁰ «سيكون هذا الغاز الجديد هذه المرأة، يا ترافرز». فردَّت عليه: «بالطبع سيكون كذلك». وصعدت إلى الطابق العلوي إلى غرفة رامزي. كانت قد بدأت أفكُر أن اكتشاف الغاز الجديد سيُواافق غرة الشهر عند الإغريق،¹¹¹ لكن رامزي كان لا يزال لديه ثقة في القانون الدوري، وربما كانت لدى أنا ثقة أكبر في رامزي. ومع ذلك، كان علينا تحمل قدرٍ كبيرٍ من المزاح اللطيف داخل القسم وخارجِه».

لكن في وقت لاحق من ذلك اليوم، عقب تنظيف البقايا المعتادة للغاز المتبقى، وُضعت كمية صغيرة في أنبوب بلاكر، وشُغلت الكهرباء، وشوهد الضوء باستخدام مطيافات الرؤية المباشرة. عجبًا! لقد ظهر شريط أصفر جدًّا بوضوح — عنصر جديد — في جزء «أقل تطابيًّا» مشتق من الأرجون. لم يكن هذا الغاز، بالطبع، من نوعية الغازات ذات الوزن الذري ٢٠ المفقود، بل كان غازًا أحادي الذرة يقترب وزنه من ٨٠. أطلق على هذا العنصر الجديد اسم كريبيتون (من كلمة «كريبيتوس» الإغريقية بمعنى «الخفى»). وانقطعت فترة الجفاف التي توقفنا فيها عن العمل؛ فتعرَّضت عينة أخرى كبيرة من الهواء السائل للتقطير التجاريي والمعالجة الكيميائية حتى تُعطي نواتج تقطير عالية

ومنخفضة في درجة غليانها تحتوي على الأرجون. قُسم ناتج التقطير المُنخفض درجة الغليان بعناية وأنتج غازاً لم يتطلب دقة النظارات الطيفية من أجل الكشف عن سرّه، لكن دعونا نترك ترافرز يُخبرنا بشأن هذا:¹¹²

التقط كلٌّ من أحد مطبيات الرؤية المباشرة الصغيرة الموجودة على المقعد. لكن هذه المرة لم نكن بحاجة لاستخدام المنشور من أجل تحديد ما إذا كنا نتعامل مع غازٍ جديٍ أم لا؛ فقد أخبرنا وهج الضوء القرمزاني الصادر من الأنابيب بقصته، وكان منظراً يُسْهِب فيه المرء ولا يمكن نسيانه أبداً.

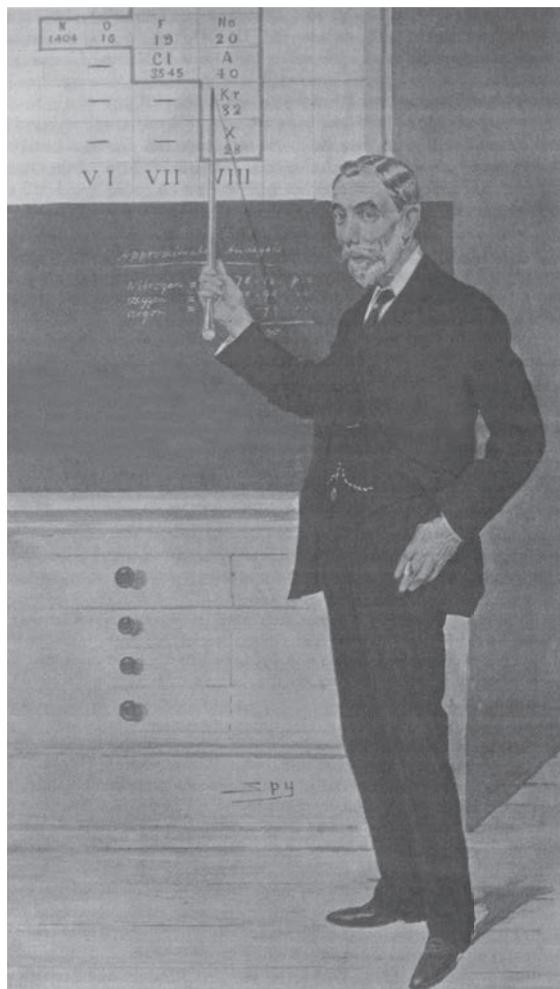
الكريبيتون المقدس، باتمان! لافتة نيون لعنصر النيون!¹¹³ اشتُقَت كلمة نيون من الكلمة «نيوس» الإغريقية (معنى «جديد»). وفي غضون فترة قصيرة للغاية اكتُشِفَ الزيتون (المُشتَق من الكلمة «زينوس» الإغريقية بمعنى «غرير») أيضاً [وبعد خمس سنوات وبالتعاون بين رامزي وفريديريك سودي – اكتُشِفَ الرادون (الذي سُمي في البداية «نيتون»)، وهو ناتج ثانوي لتحلل الراديوم].¹¹⁴ باختصار، أصبحت النسبة المئوية لحجم الغازات النبيلة في الغلاف الجوي معروفةً الآن: الأرجون ٠٠٩٣٪، والنيون ٠٠١٨٪، والكريبيتون ١١٪، والهليوم ٥٢٪، والزيتون ٠٠٠٠٨٧٪.¹¹⁵ ولا عجب إذاً أن النيون، والكريبيتون، والزيتون كانت تحتاج إلى كميات كبيرة للغاية من الهواء السائل لرصد وجودها. غير أنه من المذهل أن نشير أيضاً إلى أن كل متر مكعب من الهواء يحتوي على ١٠ جرامات تقريباً من الأرجون؛ أي إن كل شخص بالغ يَستنشق نحو ٢٠٠ جرام من الأرجون في اليوم. ومع ذلك لم نكن نعلم بوجود الأرجون حتى عام ١٨٩٤.

حصل رامزي على جائزة نوبل في الكيمياء لعام ١٩٠٤، وحصل رايلى على جائزة نوبل في الفيزياء للعام نفسه. ونرى في الشكل ٢٧-٧ رسماً كاريكاتوريًّا يعود إلى أوائل القرن العشرين يُصوّر رامزي في صورة أبوية وهو يقف بسعادة مع عائلته الدورية.

(١١) «تذمُّر» أم «ثَرْقٌ»؟

(١-١١) هل أصبح مندليف وبريستلي عالمين مُتذمِّرين مع تقدمهما في العمر؟

أعطى اكتشاف الغازات النبيلة في الفترة بين عامي ١٨٩٤ و ١٨٩٨ الفرصة لديميترى مندليف لتطبيق قانونه الدورى من أجل التوصل إلى تفسير كيميائى كامل للأثير العالمى،



شكل ٢٧-٧: رسمٌ كاريكاتوري يعود إلى مطلع القرن العشرين في مجلة «فانيتي فير» لويليام رامзи، وهو يُشير بفخرٍ أبويٍ إلى عائلته الكيميائية — الغازات النادرة. انظر الصور الملونة.

وهو الوسط الكلي النفذ الذي لا يمكن وزنه، ويُحيط بجميع المواد وتنشَّبَ به.¹¹⁶ ورغم أن تجربة مورلي ومايكلسون في عام ١٨٨٧ دحضت وجود الأثير، ظلَّ كثيرٌ من العلماء

ثمة أمثلةُ سابقةُ أخرى لعلماءِ كبارٍ أصْرُوا بـ«تنمُّر» على الاحتفاظِ بنظرياتِ بعد انتهاءِ عمرها الافتراضي. وأحد الأمثلة البارزة على هذا د. جوزيف بريستي¹¹⁹، الذي كانت اكتشافاته لغازاتٍ جديدة، من بينها الأكسجين، مهمَّةً للغاية في تطُورِ الكيمياء. كان بريستي مُؤيداً قديماً لنظريةِ الفلوجستون، ونشرت آخر إصداراته الكيميائية «إثبات مفهومِ الفلوجستون وبحضِ تركيبِ الماء» عام ١٨٠٠ (الشكل ٢٨-٧)¹²⁰، ونشرت الطبعة الثانية منه عام ١٨٠٣، قبل عام من وفاته وبعد عَدْيَدين من تفنيدِ اكتشاف التركيبِ الحقيقيِ للماءِ نظريةِ الفلوجستون. (ويطلقُ بارتينجتون على عالمِ الكيمياء السويديِ البارزِ أندرس رتزيوس، الذي تُوفي عام ١٨٢١، «آخرَ نصِيرِ الفلوجستون على الأرجح»).¹²¹ لا يكون مثل هذا التحفُظ بالضرورةً أمراً غيرَ صحيٍ في العلم؛ فهو يحمي النظرياتِ العلميةِ من التحولِ السريعِ مع التياراتِ السائدة، ويُنطَلِّبُ إثباتاً أقوى، بل وتغييراً في الأجيالِ قبلِ التسليمِ على نطاقٍ واسعٍ بما يُطلِقُ عليه فيلسوفُ العلمِ توماس كون «نقلةً نوعيةً».

فن الكيمياء

T H. E.

D O C T R I N E

From G. Priestley at Northampt.
on
(and Fe 5, 16. 1800) —

P H L O G I S T O N

E S T A B L I S H E D,

AND THAT OF

THE COMPOSITION OF WATER

R E P U T E D.

By JOSEPH PRIESTLEY, L. L. D. F. R. S. مع. دع.

*Sed revocare gradum, —
Hic labor, hoc opus est.* VIRGIL.

شكل ٢٨-٧: احتفظ جوزيف بريستلي «متذمّراً» بإيمانه بنظرية الفلوجستون طوال الفترة الأخيرة من حياته. هذه نسخة من دفاعه الحماسي التي وقّعها وقدّمها لأحد معارفه (بتصريح من المكتبة الكيميائية التاريخية لروي جي نيفيل).

(٢-١١) رفض النظرية الذرية ونبذ الانجراف القاري

في ضوء هذا، تجدر الإشارة إلى أن نظرية دالتون الذرية، التي نُخبر طلابنا بسعادة أنها ظهرت وأُقرّت في مطلع القرن التاسع عشر، تعرّضت لمعارضة بعض علماء الكيمياء البارزين (وكثير من علماء الفيزياء) حتى العقد الأول من القرن العشرين، عندما شرح

أينشتاين، وجون بيرين فيما بعد، الأساس الجزيئي للحركة البراونية. أَلْف توماس ستيري هانت،¹²² أستاذ الجيولوجيا في معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا، وعضو الأكاديمية الوطنية للعلوم (١٨٧٣)، ورئيس الجمعية الأمريكية لتقدير العلوم (١٨٧١)، ورئيس الجمعية الكيميائية الأمريكية لمرتين (١٨٧٩، ١٨٨٨)، كتاباً في عام ١٨٨٧ يرفض تماماً النظرية الذرية. وظلَّ على اعتقاده هذا حتى وفاته بعد ذلك بخمس سنوات. كذلك عارض عالم الكيمياء الألماني الكبير فريدرريش فيلهلم أوستفالد (١٨٥٢-١٩٣٢) بشدةِ النظرية الذرية طوال العقود الأربع الأولى من حياته المهنية العلمية. ومع ذلك، في عام ١٩٠٩، وهي السنة التي حصل فيها على جائزة نوبل في الكيمياء، اعترف أوستفالد في النهاية بأن عمل بيرين بالإضافة إلى جيه تومسون «يؤيد أكثرَ العلماء تحفظاً في حديثه الحالي عن الدليل التجريبي للطبيعة الذرية للمادة». ¹²³

لا يكون الحد الفاصل بين «التنمُّر العلمي» و«النُّزق العلمي» واضحًا للغاية أحياناً. فمجرد تخيل شخص يعارض بعنادِ الآراء السائدة للمؤسسة العلمية و«يعوي وحده في الصحراء» ليس سبباً كافياً لتصنيف شخص «جاد» بهذه الآراء بأنه «نُزق». على سبيل المثال، أشار عدد لا حصر له من الأفراد، بما في ذلك الأطفال، الذين رأوا خرائطَ للعالم دون شك إلى التكامل الواضح في الشكل بين قارتي أمريكا الجنوبية وأفريقيا. ظلت ملحوظةً غريبةً، لكنها لا توحى بالكثير، نظراً لعدم وجود آلية لتفسير هذه «الرؤيا الشاذة» حتى مؤخراً. ومع ذلك، في عام ١٩١٢ أشار الجيوفيزيائي الألماني ألفريد فيجنر (١٨٨٠-١٩٣٠) إلى وجود أوجه تشابه في الحفريات التي عُثِرَ عليها في القارتين، وأضاف هذا إلى البيانات الجيوفيزيائية، ووضع نظرية «الانجراف القاري». ¹¹⁷ عُزل فيجنر واعتبرت آراؤه «جدليةً للغاية»، وهو وصف ينطبق أحياناً على عمل «النُّزقين»، حتى برأت ساحتَه نظرية الصفائح التكتونية التي ظهرت في أواخر ستينيات القرن العشرين. ¹¹⁷

(٣-١١) نُزق «انتقد» أنصار الفلوجستون وأعداء الفلوجستون بحماس شديد

اعتقد أنَّ الشخص «النُّزق» يلتزم بأيديولوجية، وهذه الأيديولوجية هي التي تميز هذا «النُّزق» أكثر من أي تحفظ أو تطرف علمي فطري (إلا إذا كان التحفظ أو التطرف في حد ذاته هو الأيديولوجية). يُصنف بارتينجتون¹²⁴ بوضوح روبرت هارينجتون،¹²⁵ وهو

جراح إنجليزي، بأنه «نَزِق». ورغم كونه مؤمناً بنظرية الفلوجستون، بدأ «أيديولوجية هارينجتون قائمة على عمل علمي كان فيه على صواب، والآخرون كلهم مُخطئون. كان يؤمن كذلك بـ«تكافؤ الفرص»، وفي كُتيب نُشر عام ١٧٨٦ «انتقد» بسعادةٍ أنصار الفلوجستون من المدرسة الإنجليزية (بريستلي وكافنديش وريتشارد كيروان) والمناهضين للفلوجستون من المدرسة الفرنسية (لافوازيه) انتقاداً لاذعاً:¹²⁵

خطاب ... إلى د. بريستلي، والصادرة كافنديش ولوفوازيه وكيروان ... من أجل إثبات أن ... آراءهم التي تُفيد بأن الماء يتكون من هواء قابل للاشتعال ومنزوع الفلوجستون، وأنَّ الأحماض مركبة من أنواع مختلفة من الغازات تُعدُّ آراءً مُضللةً، لندن، ١٧٨٦.

وعلى المرء التفكير في عناوين اثنين من أعماله اللاحقة:¹²⁵

«أمرٌ إعدامٌ للنظرية الفرنسية في الكيمياء» ... مع «نظرية تفسر ... بالكامل كل الظواهر. وأيضاً فحص» ... كامل ... للجلفانية، وانتقادات للآراء الكيميائية للصادرة ويجليت وكرووكشانكس وديفي وليزلي والكونت رمفورد ود. تومسون؛ وكذلك ملاحظات على نظرية د. دالتون الأخيرة وملاحظات أخرى»، ١٨٠٤.

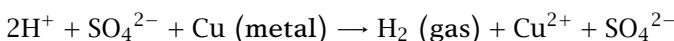
أو ربما كتاب «كيف تكون صداقات وتأثير في الكيميائيين»، وأخيراً ما كتبه هارينجتون، بتواضع شديد عن نظريته:¹²⁵

«شرح وتوسيع للنظام الهارينجتوني في الكيمياء، بشرح جميع الظواهر دون انحرافٍ واحدة»، لندن، ١٨١٩.

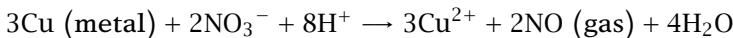
لنسِتعرِض بيايجاز «حديث» هارينجتون مع زملائه من أنصار الفلوجستون. في كتابه الصادر عام ١٧٨٥ عن الأنواع المختلفة من الهواء، يُشير إلى أنه يبدو من الملائم «استنتاج أن الفلوجستون هو النار والضوء، أو سائل مِنْ خفي، تَعْتَدِ ظواهر الحرارة والضوء مباشرةً على ما يحدث فيه من تعديلات». ¹²⁶ لكنه لاحظ عندها أن الهواء النقي ضروري من أجل الحصول على الفلوجستون من الجسم القابل للاحتراق حتى يُصبح الهواء «فاسداً» بسبب النار ويفقد قدرته على دعم الاشتعال أكثر من هذا. يرى هارينجتون ثمةً مشكلة تتعلق بـ«التوقيت» هنا. فإذا كان يجب على الهواء النقي جذب الفلوجستون

أولاً ثم يتبعه النار والضوء، فكيف يمكن للفلوجستون أن يكون هو النار والضوء؟ في حقيقة الأمر، هو يسخر من أنصار الفلوجستون الآخرين عن طريق الإشارة إلى المدى المنطقي لفقدان الفلوجستون متابعاً بالحرارة والضوء: «إذا كان الجسم مشبعاً بالماء فإنه لن يحترق. ولكن لما كان الهواء يجذب الماء من الجسم المحترق فإنه سيحترق، وبما يتناسب مع سرعة أو ببطء اجتذابه للرطوبة». ¹²⁶ ومن ثم، بدلاً من تشبُّهه بالنار، يبدو الفلوجستون، بعباء شديد، شبِّهَا بالماء.

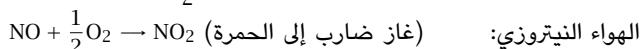
ثمة مشكلة أخرى لأنصار الفلوجستون الأقل حذقاً من د. هارينجتون. من المعروف أن الهواء القابل للاشتعال (فعلياً H_2) والهواء النيتروزي (فعلياً NO) يحتويان على كميات متساوية من الفلوجستون. دعونا نتتبَّع هذا المنطق الصحيح لأنصار الفلوجستون للحظة باستخدام معادلات كيميائية معاصرة. إنَّ حمض الكبريتيك المائي «سيذيب» المعادن؛ لأنَّ أيونات الهيدروجين في الأحماض (H^+) تُختزل بسهولة بفعل كل المعادن فيما عدا المعادن الأقل نشاطاً:



ومع ذلك، في حالة حمض النيتريل المخفَّف، ستختزل المعادن الأقل نشاطاً، مثل النحاس والحديد، مجموعة النترات بدلاً من أيون الهيدروجين من أجل إنتاج أكسيد النيتريل (الهواء النيتروزي):



في كلتا الحالتين، تظلُّ كلسات النحاس باقية؛ ومن ثم، من «الواضح» أنَّ الفلوجستون قد خرج في «الهواء القابل للاشتعال» في الحالة الأولى، وفي «الهواء النيتروزي» في الحالة الثانية. والآن، عند مقارنة «الهواء القابل للاشتعال» و«الهواء النيتروزي»، يكون من «الواضح»، باستخدام علم قياس الغازات بالإيديومتر، أنَّ كلاًّ منهما يحتوي على الكمية نفسها من الفلوجستون، ما دام كلاهما يتفاعل مع الكمية نفسها من «الهواء المنزوع الفلوجستون» (الأكسجين):



يطرح هارينجتون سؤالاً عن سبب توليد النار والضوء مع «الهواء القابل للاشتعال»، ولكن ليس مع «الهواء النيتروزي»، حتى وإن كان الاثنان ينتجان الكمية ذاتها من الفلوجستون.

وتحتة تناقض آخر؛ فنحن «نعرف» أن الهواء الذي يخرج مع الزفير يكون إلى حد ما «فاسداً» نظراً لامتصاصه الفلوجستون، ولعدم كونه صالحًا للتنفس مثل الهواء النقي الذي استنشق قبل لحظات. «من الواضح» أن الفلوجستون يحبس في الرئتين؛ فالثعبان يأكل حيواناتٍ غنيةً بالفلوجستون (بمعنى أنها تحتوي على الدهون).¹²⁶ ولكن جسم الثعبان بارد؛ ومن ثم لا بد أن تكون لديه رئتان ضخمتان حتى يستطيع الطرد السريع للكميات الهائلة من الفلوجستون التي استخرجها من اللحم. ولكن في الواقع أن رئتي الثعبان صغيرتان؛ فلماذا لا يحترق من الحرارة المحتبسة؟ على العكس من ذلك، تأكل الحيوانات الأكلة للعشب، مثل الأبقار، غذاء قليل الفلوجستون (خالٍ من الدهون)، وتكون دافئة، وتمتّع برئتين كبيرتين من أجل طرد الفلوجستون سريعاً.¹²⁶ فلماذا لا تموت الأبقار جوعاً؟ صراحة، لا توجد لدى هارينجتون نفسه أي إجابات جيدة عن هذا، لكن هذه ليست مهمته.

(٤-١١) آراء كيميائيٍّ ليبراليٍّ: مؤسسة سميثسونيان الماكروة ومؤامرات أخرى

قرب نهاية القرن التاسع عشر شرع جوستاف ديتليف هنريتش، الحاصل على دكتوراه في الطب والقانون، وأستاذ الكيمياء في كلية سانت لويس للصيدلة، في مباشرة حملة مُستميتة من أجل إنقاذ الصناعة الكيميائية في أمريكا ومؤسساتها التعليمية من الأوزان الذرية غير الصحيحة المفروضة على هذه الأمة الغافلة من حكومتها الماكروة. كان مصدر كل الشرور هو فرانك ويجلزورث كلارك، رئيس الكيميائيين في هيئة المساحة الجيولوجية، الذي:

اعتمدت حساباته المعادة رسميًا من جانب أمين مؤسسة سميثسونيان ونشرت رسميًا على نفقة خزانة المؤسسة؛ وأخيرًا، أرسلت ممهورة بدمغة الإعفاء البريدي الرسمية بوصفها مادة مسجلة. وبعرض القصور في الخدمة البريدية — الناتج جزئياً عن مثل هذه الإجراءات — باعتمادات الكونجرس.

كما أنَّ كلارك نفسه الذي وضع هذه الحسابات يُرسِّل عادةً بموجب سلطة الحكومة الوطنية وعلى النفقة العامة، مبعوثاً إلى مؤتمرات الكيميائيين، وأصبح مسؤولاً عن المعارض الوطنية في الداخل والخارج. وقد مكنته هذه الحيثية الرسمية التي تُعدُّ أعلى حيثية ممكنة من ممارسة نفوذ سيادي رسمي في الجمعية الكيميائية الأمريكية.¹²⁸

يبدو الأمر مزاجاً بعض الشيء — «النظام العالمي الجديد للأوزان الذرية». إذاً ما سر «الجلبة الكبيرة» الدائرة هنا؟ يبدو أنَّ الأستاذ هنريتشز تبَّى فرضية براوت بوصفه أصولياً صارماً.

في عام ١٨١٥ و ١٨١٦ نشر ويليام براوت (١٧٨٥ - ١٨٥٠)¹²⁹ بحثين أكد فيهما أنَّ كثافة الغازات هي ببساطة مضاعفات في صورة أعداد صحيحة للهيدروجين.^{130, 131-129} كان هذا بعد عقد فقط من افتراض دالتون للأوزان الذرية لأول مرة، وكانت ثمة شكوك كبيرة في التجارب والصيغ القائمة. ومع ذلك، كان المفهوم جذاباً بما أنه ينطوي على إمكانية وجود «مادة أولية» في أبسط الصور تتَّألف منها جميع الذرَّات الأخرى. وافتراض براوت وجود هذا «البروطيل» الذي ربما تتَّألف منه الذرَّات الأخرى. لقد كان يَتَّسِم ببساطة أقرب إلى البساطة الدينية. في عام ١٨١٩ نشر بيرسيليوس سلسلة كاملة من الكتل النسبية للعناصر والمركبات، اشتغلت على كثير من الأوزان الذرية ذات الكسور (قياماً على $H = 1$)، لا تتفق مع فرضية براوت. ورغم ذلك، كانت ثمة شكوك كبيرة في الصيغ والأوزان الذرية. وفي عام ١٨٢٥، نشر توماس تومبسون جدوله للأوزان الذرية؛ وكانت كلها، بما فيها الكلور (٣٦)، على سبيل المثال، مضاعفات صحيحة لوزن الهيدروجين (١). وقد قال بيرسيليوس عن أوزان تومبسون الذرية:¹²⁹

يبدو أنَّ قدراً كبيراً من الجزء التجريبي، حتى في التجارب الأساسية، قد جرى على المكتب، وأرقى مظاهر الكياسة التي يمكن لمعاصريه إظهارها لصانع هذه التجارب نسيان أنها نُشرَت في وقتٍ من الأوقات.

سرعان ما ندَم بيرسيليوس على اتهامه هذا، ويُشير بارتينجتون إلى أنَّ تومبسون كان صادقاً تماماً.¹²⁹ وشملت محاولات إنقاد فرضية براوت اقتراحات مفادها أنَّ الهيدروجين ربما يحتوي بالضبط على اثنين أو ربما أربعة من «البروطيلات».¹³² واشتملت محاولات

أخرى على اقتراحات بأنه من الناحية الإحصائية، بينما قد يكون الوزن الذري لمعظم ذرات الكلور، مثلاً ٣٦، فإن بعضها ربما يكون ٣٥ و ٣٧، وعدد أقل من الذرات لها أوزان تبلغ ٣٤ و ٣٨، وهكذا. ويُشير بارتينجتون حتى إلى الأفكار التي تذكّرنا بـ«الذرات البالية»¹³³ في نيوتون.

غير أن آخر مسمار في نعش فرضية براوت جاء في عام ١٨٦٥ تقريباً من الدراسات التحليلية الدقيقة التي أجراها جون سيرفيه ستاس. يُوضّح الشكل (٢٩-٧) جهازاً رائعاً للتحليل الكامل لليودات الفضة (AgIO_3).¹³⁴ وكيف يمكن للمرء مجادلة جهاز «يشبه آلة روب جولدبيرج» كهذا؟ يُوفّر مقياس الغاز (A) الموجود على اليسار تياراً متواصلاً من غاز النيتروجين الذي يُنقّييه جهاز تحليل الكربون (B) الملوء بحمض الكبريتิก المركز، وتتأتي بعده أنابيب تجفيف (C) تحتوي على كلوريد كالسيوم لا مائي، ثم فرن غاز D يحتوي على أنبوب من الزجاج المصهور مملوء بنحاس مقسّم إلى أجزاء متساوية بدقة. ويمكن صنع النيتروجين، من أجل تنظيف الجهاز، من خلال حرق الأمونيا. وتشتمل شوائبها على أمونيا غير مُتفاعلة (محبوسة في جهاز تحليل الكربون B)، وماء (أزييل بواسطة أنابيب التجفيف C)، وبقايا أكسايد نيتروجين (تختزل إلى نيتروجين في فرن الغاز D). تتعرّض القينية الكروية (H)، التي تحتوي على يودات الفضة، لتسخين بطيء فوق موقـد بنسن ويُحيطـس الأكسجين الناتج (مخلفاً وراءه فضة منصهرة Ag) في فرن الغاز I المحتوـي على النحاس المجزأ.

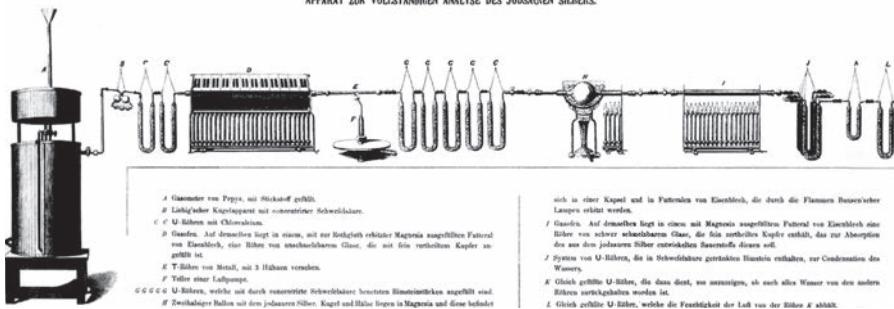
ولعدم انبهاره بستاس وجهازه، لم يسع هنريتشز إلا أن يكون صريحاً ومباشراً:¹³⁵

منذ أدركتُ حالات العناصر الكيميائية وعلاقتها بمادة واحدة أولية (أيًّاً منذ عام ١٨٥٥)، عملت بإخلاص شديد في هذا المجال.

كان قد مرَّ نصف قرن تقريباً على فكرته عندما نُشر كتابه «الأوزان الذرية المطلقة»¹²⁷ في عام ١٩٠١. ويتلخص رأيه في جون ستاس في فقرة بعنوان: «أكبر عالم مزيف».¹³⁶ شخص هنريتشز حالة معاصره جون ويليام ماليت، الذي لم تلق أوزانه الذرية للذهب والليثيوم والألومنيوم استحسانه، بأنه يُعاني «داء ستاسي» تفاقم بفعل مروره بـ«مراحل أولية من «غضب كلاري»». ورأى أن عمل دبليو إل هاردن، أحد طلاب إدغار فاهس سميث، «لا يُمثل شيئاً إلا خياله الخاص». وتحت إشراف هنري مواسان

التخصص والتنظيم

APPARAT ZUR VOLLSTÄNDIGEN ANALYSE DES JODSAUREN SILBERS.



شكل ٢٩-٧: الجهاز الذي استخدمه جون سيرفييه ستاس في التحليل الكامل ليدات الفضة. وضع عمل ستاس المضني والدقيق على الأوزان الذرية أساساً صلباً لظهور الجدول الدوري. ومع ذلك، أشار جوستاف ديتليف هنريتشز إلى ستاس بوصفه «أكبر عالم مزيف». وفي وقت لاحق من حياته المهنية، أصبح هنريتشز مهووساً علمياً إلى حدّ المرض، يتصور وجود مؤامرة حكومية واسعة النطاق من أجل إخفاء الأوزان الذرية الحقيقة للعناصر (من ستاس، دراسات في قانون النسب الكيميائية»، ١٨٦٧).

«فسد العمل المخبري الفرنسي الجيد أو زُيف، عن طريق التقليل من شأنه بفعل استخدام الأوزان الذرية الألمانية». ¹³⁶ ولَحَّص مشكلات بيرسيليوس في كونه «كيميائياً كبيراً، مع توازن ضعيف». ¹³⁶ ورأى كذلك أن الدراسات التي أجراها ويليام رامзи على الأوزان الذرية قد فسست باستخدامه لجداول كلارك. ووفق تقديرات هنريتشز المعتمدة على تقنياته الإحصائية الخاصة، فإن ¹³⁶ «بيرسيليوس كان في عام ١٨٢٦، كيميائياً أفضل بعشرة آلاف مليون مرة من رامзи في عام ١٨٩٣».

قبل ثلاثين سنة من نشر الكتاب السالف الذكر عن الأوزان الذرية، كان هنريتشز أستاذًا للعلوم الطبيعية في جامعة ولاية أيوا. ورغم عدم تقبّله لمفهوم الدوري، أقر «جدول العناصر» لهنريتشز بوصفه أولَ تصنيف حلزوني للعناصر. ¹³⁷ ففي كتابه الصادر في عام ١٨٧١ ذكر قائمة بأوزان ذرية (قبل ستاس) ضمَّت أوزانًا بها كسور مثل الألومنيوم (٤,٢٧)، والكلور (٥,٣٥)، والنحاس (٤,٦٣)، والبلاتين (٤,١٩٧)، والسيلينيوم (٥,٧٩)، والسترونتيوم (٦,٨٧)، والزنك (٢,٥٦). أما العناصر المتبقية في جدوله البالغ عددها ٣٧ (وكان إجمالي عدد العناصر المعروفة حينذاك ٦٣ عنصراً)،

فكانت مضاعفات صحيحة مُرضيةً للهيدروجين (=١). ولا توجد إشارات واضحة على اهتمام هنريتشز بهذه الانحرافات عن فرضية براوت في عام ١٨٧١. ربما لم يُرد إرباك طلابه. ومع ذلك، من الواضح بالتأكيد أن الوزن الذري الذي أقرّه كلارك للكلور ٣٥,٤٥ (بدلًا من ٣٥,٥)، على سبيل المثال، قد «أزعج» هنريتشز، تماماً مثل نظرية دارون عن التطور.^{١٣٥}

ربما كان هنريتشز «متذمّراً» أيضاً إلى حدٍ ما بالإضافة إلى كونه «نزقاً على نحو مفرط». إليك أولى «قواعد الخبرية» الخمسة:^{١٣٩}

(١) «كن هادئاً — لا تتحدى إلى زملائك الطلاب، ولا تتحدث إلى معلمك إلا همساً. سر من الميزان وإليه بخطوات لا تسمع. وتعلّم منذ وقت مبكر إظهار احترامك للحقيقة والبحث عنها؛ فيجب أن يُصبح المختبر معبداً للعلم.»

أو ربما دير؟ ويظلُّ الهمس الهايئ والخطى الصامتة في مختبر التعليم أكثر جاذبية لي كلما تقدم بي العمر وأصبحت أكثر تذمراً.

(١٢) لماذا لا تزال فرضية براوت موجودة في الكتب الدراسية المعاصرة؟

لاحظ براوت في عام ١٨١٥ أن كثافة الغازات كانت مضاعفات صحيحة لكتافة غاز الهيدروجين. وأدى هذا إلى فكرته القائلة إن الأوزان الذرية هي مضاعفات صحيحة للوزن الذري للهيدروجين، وإن الهيدروجين ربما يكون «المادة الأولية» المصنوع منها جميع العناصر الأخرى. ومع ذلك، أدّت ملاحظات لاحقة، مثل الوزن الذري للكلور (نحو ٣٥,٥)، إلى ظهور «البروطيلات» التي يبلغ وزنها نصف وزن ذرة الهيدروجين. واشتملت التحليلات الكيميائية والصيغ التي ظهرت في عصر براوت وبعده بنحو ٥٠ سنة على كمٌ من الأخطاء يكفي ليثير شكوكاً بشأن دقة الأرقام العشرية في الأوزان الذرية. ورغم هذا، مع تحسُّن الكيمياء التحليلية، أصبح واضحًا تماماً مع اقتراب نهاية القرن التاسع عشر أن هذه الانحرافات من الواحد الصحيح، أو النصف أو حتى الربع، كانت حقيقةً واضحةً، وكان لزاماً على صديقنا «النزق» هنريتشز (المقال السابق) تقبّل هذا. وكما يحدث دوماً في العلم، كانت هذه المفارقات الضئيلة تُشير إلى أشياء أكثر عمقاً — التركيب دون الذري للمادة.^{١٤٢, ١٤١, ١٤٠}

عند تدريس الكيمياء لأول مرة للطالب، ربما يشتمل الامتحان الأول له على «أسئلة ملء الفراغات»، مثل:

الرقم الذري هو عدد البروتونات.
رقم الكتلة الذرية هو عدد البروتونات زائد النيوترونات.
عدد البروتونات يساوي عدد الإلكترونات.

تُمثل هذه المفاهيم **المُبسطة** **الفائدة الواضحة** لفرضية براوت بوصفها مبدأً تنظيمياً. يُعامل عدد الكتلة الذرية، الذي يُختصر عادةً خطأً إلى «الكتلة الذرية»، البروتونات والنيوترونات على أنها متساويان. وبتطبيق هذا حرفياً، تبدو كتلة اليورانيوم-٢٣٨ متساوية تقريباً للهيدروجينات ٢٣٨ (البروتين أو ذرّات هيدروجين-١)، مع وجود تناقص ضئيل يفهم أنه ناشئ من الاختلاف في الكتلة بين البروتونات والنيوترونات البالغ ١٪. في الواقع، إذا أخذنا كتلة ٩٢ بروتوناً، و٩٢ نيوتروناً، و١٤ إلكتروناً، فإن الكتلة الإجمالية ستُصبح ٢٤٠ وحدة كتلة ذرية.

بدأ التكوين دون الذري للذرّة يظهر في أواخر القرن التاسع عشر وأوائل القرن العشرين، بفضل اختراع أنبوب كروكس (نسبة إلى السير ويليام كروكس ١٨٣٢-١٩١٩)، وعمل جيه جيه تومسون. وظهرت النظائر، وهي ذرّات للعنصر ذاته (العدد الذري) لها كتل ذرية مختلفة، على نحو مُنفصل من خطّين من الاستقصاء.^{١٤٠} فكانت العناصر المشعة المكتشفة حديثاً دوماً ما تضم أنواعاً متطابقة كيميائياً، لكنها تتمتع بخصائص تَحلّل إشعاعي مُتمايزة.^{١٤٠} ومن ثم، اكتشف نوعان مختلفان من اليورانيوم، كلّ منهما له نمط تحلّل فريد. واكتشف بي بي بولتورد في جامعة ييل عنصراً جديداً، «الأيونيوم»، الذي كان وسيطاً في تحلّل يورانيوم ٢، لكن ليس يورانيوم ١.^{١٤٠} ومع ذلك، علم أنَّ «الأيونيوم» كان متطابقاً كيميائياً مع الثوريوم. وصاغ فريدرريك سودي مُصطلح «النظير» (معنى «المكان نفسه» – أي في الجدول الدوري)، في عام ١٩١٣.^{١٤٠} وفي عام ١٩١٩، أدخل إف دبليو أستون تعديلاً على إحدى تقنيات تومسون، واكتشف أن ذرّات النيون المتأينة تُنتج نوعين من الأيونات، أحدهما كتلته ٢٠، والآخر كتلته ٢٢.^{١٤٠} وكان الاختلاف في الكتلة الذرية هو ما أشار إلى وجود النظائر. لم يمض وقت طويل حتى

اتَّضح أنَّ الكلور ما هو إلا مزيج من نظيرين (أرقام كتلتها ٣٥ و ٣٧)، مع تقدير المتوسط الإحصائي لكتلته الذرية بنحو ٣٥,٤٥ وحدة كتلة ذرية.
وعقب اكتشاف النيوترون، الذي طال الاشتباه فيه، في عام ١٩٣٢، بعد نحو ٢٥ سنة من نظرية النسبية لأينشتاين، إلىك ما صارت إليه الأمور فيما يتعلَّق بفرضية براوت:

- (١) أبسط نظير للهيدروجين هو البروتين، الذي يحتوي على بروتون (شحنته النسبية +١) داخل نواته، وإلكترون (شحنته النسبية -١) خارج نواته.
- (٢) تمثل كُتل الجسيمات دون الذرية الثلاثة الرئيسية وشحناتها (النسبية) فيما يلي مع وضع كتلة ذرَّة الكربون-١٢ كمراجع):^{١٤٢}

الجسيمات	الكتلة (وحدة الكتلة الذرية قياساً على الكربون ١٢)	الشحنة
بروتون	١,٠٠٧٣	+١
نيوترون	١,٠٠٨٧	٠
إلكترون	٠,٠٠٠٥٤٨٦	-١
ذرَّة كربون-١٢،.....	١٢,.....	ـ

لا تتناسب حقيقة أنَّ البروتون أخف بنسبة ١٪ من النيوترون مع التفسير الحرفي لفرضية براوت.

- (٣) ما دُمنا نعرف الآن أنَّ النيوترون المتحرَّر من النواة يكون له نصفُ عمرٍ يبلغ ١٧ دقيقة؛ إذ يتحلل إلى بروتون وإلكترون ومضاد النيوترينيو بكتلة ضئيلة، ربما يكون من المُغري التفكير في مصدر فرضية براوت على أنه فعلياً إجمالي كتلة البروتون والإلكترون واحد. يظلُّ إجمالي الجسيمين المنفصلين، ١,٠٠٧٨، أقل من كتلة النيوترون. ومع ذلك، ربما يكون من المُغري أيضاً اعتبار أنَّ «البروتيل» له كتلة النيوترون.
- (٤) من الواضح أنَّ النظائر تمثِّل المصدر الرئيس للتناقض في فرضية براوت؛ فيحتوي الهيدروجين على ٩٩,٩٦٨٪ بروتيوم، النظير الأخف وزناً (١,٠٠٧٨) وحدة كتلة ذرية = كتلة بروتون زائد إلكترون)، و ٠,٠١٤٪ ديوتريوم (٢,٠١٤١) وحدة كتلة ذرية^٢

فقط.^{١٤١} ويوجد التريتيوم بكمية ضئيلة للغاية. ويُعدُّ هذا التوافق السبب في كون الهيدروجين «يعمل» كثيراً بوصفه «البروطيل» الواضح في فرضية براوت. فإذا كان، على سبيل المثال، البروتين يشكل ٨٠٪ والديوتريوم ٢٠٪ في الهيدروجين الموجود طبيعياً، لما كان لفرضية براوت أي وجود على الإطلاق. أما في حالة الكلور، فيوجد النظيران الطبيعيان بكميات كبيرة: الكلور-٣٥، ٥٣٪، والكلور-٣٧، ٤٧٪. وتتمثل الكتلة الملحوظة للكلور الموجود طبيعياً في المتوسط المرجح: ٤٥٪ وحدة كتلة ذرية — وهو ما يستحيل تفسيره باستخدام فرضية براوت.

(٥) يتمثل أحد أوجه التناقض الرئيسة الأخرى في تأثير التعبئة للجسيمات النووية؛ ومن ثم إذا جمعنا كتل كل الجسيمات النووية في هيليوم-٤ (بروتونين + نيوترونين = ٤٠٣١٩٠ وحدة كتلة ذرية)، وقارناً هذا المجموع بالكتلة الملحوظة (ناقص الإلكترونين) لنوء الهيليوم (٤٠٠١٥٠ وحدة كتلة ذرية)، فإن التفاوت (البالغ ٠٠٣٠٤٠ وحدة كتلة ذرية) يُوفر الطاقة (القوة الشديدة، $\Delta E = \Delta mc^2$) التي تربط النواة بعضها ببعض.^{١٤٢} وتوازي هذه الطاقة نحو مليون ضعف تأثير القوى الكيميائية التي يصدرها انفجار الديناميت أو التي إن تي. ويُقدر «نقص الكتلة» في يورانيوم-٢٢٨ (٩٢ بروتوناً و١٤٦ نيوتروناً) بالرقم المذهل ١,٩٣٥٣ وحدة كتلة ذرية. لحسن الحظ، يجعلنا «الفائض» المحسوب (١,٩٣٥٦ وحدة كتلة ذرية) من مجموع كتل الجسيمات النووية ٢٣٩,٩٣٥٦ وحدة كتلة ذرية)، المختزلة بفعل طاقة الربط لكتلة مساوية (١,٩٣٥٢ وحدة كتلة ذرية)، سعداء بأن الكتلة النووية هي ٢٢٨,٠٠٠٣ وحدة كتلة ذرية (المطابقة فعلياً لرقم الكتلة الذرية). والآن، إذا أضفنا تلك الإلكترونات الائتين والتسعين، بما يعني إضافة ٠,٠٥٠ وحدة كتلة ذرية أخرى، يظل المقدار ضئيلاً للغاية ليُزعزع قناعتنا الغامضة والراضية باستخدام رقم الكتلة الذرية في تحديد الوزن الذري.

كما ذكرنا مسبقاً، ربما يحاول المرء تخيل أن النيوترون هو «بروطيل» المادة أو حتى «المادة الأولية». غير أن الفيزيائي قد يرد اليوم ليقول إنَّ الكواركات هي المادة الأولية. ويُقال إنَّ كتلة النيوترون تشمل هذه الكواركات بالإضافة إلى طاقتها. ومن المربع حقاً لعالم الكيمياء أن يعرف، مع ذلك، أنَّ الفيزيائيين يعترفون بأنَّهم حتى الآن لا يفهمون فعلياً الطبيعة الأساسية للكتلة.

- (1) The blame for this title rests on my brother Kenny Greenberg.
- (2) *Terrae Filius* [i.e., Stephen Weston], *Werneria; or, Short Characters of Earths: with Notes according to the Improvements of Klaproth, Vauquelin and Hauy, C. and R. Baldwin*, London, 1805. I am grateful to chemist and book collector Dr. Roy G. Neville for making me aware of *Werneria* and Stephen Weston.
- (3) *Terrae Filius Philagricola* [i.e., Stephen Weston], *Werneria, (Part the Second) or, Short Characters of Earths and Minerals According to Klaproth, Kirwan, Vauquelin, and Hauy*, C. and R. Baldwin, London, 1806.
- (4) *The New Encyclopedia Britannica*, Vol. 12, Encyclopedia Britannica, Inc., Chicago, 1986, pp. 582–583.
- (5) L. Stephen and S. Lee (eds.), *The Dictionary of National Biography*, Oxford University Press, Oxford, 1921 (reprint 1964/65), pp. 1283–1285.
- (6) H. Davy, *Elements of Agricultural Chemistry, in a Course of Lectures for The Board of Agriculture*, Longman, Hurst, Rees, Orme, and Brown, London, 1813, Figure 1–15 (facing p. 145).
- (7) J. R. Partington, *A History of Chemistry*, Vol. 4, Macmillan & Co., Ltd., London, 1964, pp. 395–396.
- (8) T. J. Pelouze and E. Fremy, *Notions Generales de Chimie. Avec un Atlas de 24 Planches en Couleur, en 2 Volumes*, Victor Masson, Paris, 1853. The plates shown here are from the American edition: *General Notions of Chemistry*, Lippincott, Grambo & Co., Philadelphia, 1854.
- (9) A. J. Ihde, *The Development of Modern Chemistry*, Harper & Row, New York, 1964, p. 451.
- (10) Partington, op. cit., p. 376.
- (11) Ihde, op. cit., p. 367.
- (12) W. H. Brock, *The Norton History of Chemistry*, W. W. Norton & Co., New York, 1993, pp. 577–578.

- (13) W. H. Brock, *The Norton History of Chemistry*, W. W. Norton & Co., New York, 1993, pp. 297–301.
- (14) R. Hoffmann and S. Leibowitz Schmidt, *Old Wine New Flasks—Reflections on Science and Jewish Tradition*, W. H. Freeman and Co., New York, 1997, pp. 159–174.
- (15) J. R. Partington, *A History of Chemistry*, Macmillan and Co., Ltd., London, Vol. 4, 1964, pp. 772–774; 791–793.
- (16) S. Garfield, *Mauve: How One Man Invented a Color that Changed the World*, Faber and Faber Ltd., London, 2001.
- (17) A. J. Ihde, *The Development of Modern Chemistry*, Harper & Row, New York, 1964, pp. 452–458.
- (18) *Color Chemistry. Number One of a Series of Monographs on Color*, The Research Laboratories of the International Printing Ink Corporation and Subsidiary Companies, New York, 1935. I thank Ms. Lynne Crocker, Portsmouth, New Hampshire, for supplying this book.
- (19) A. Greenberg, *A Chemical History Tour*, John Wiley and Sons, New York, 2000, pp. 236–238.
- (20) Partington, op. cit., pp. 672–681.
- (21) Greenberg, op. cit., pp. 271–274.
- (22) G. B. Kauffman and I. Bernal, *Journal of Chemical Education*, Vol. 66, pp. 293–300, 1989.
- (23) D. Crowfoot, C. W. Bunn, B. W. Rogers-Low, and A. Turner Jones, in *The Chemistry of Penicillin*, H. T. Clarke, J. R. Johnson, and R. Robinson (eds.), Princeton University Press, Princeton, 1949, pp. 310–381.
- (24) G. Ferry, *Dorothy Hodgkin: A Life*, Granta Books, London, 1998.
- (25) A. Greenberg, *A Chemical History Tour*, John Wiley and Sons, New York, 2000, pp. 194–199.
- (26) J. R. Partington, *A History of Chemistry*, Macmillan and Co., Ltd., London, 1962, Vol. 3, p. 78.

- (27) Greenberg, op. cit., pp. 201–204.
- (28) A. J. Ihde, *The Development of Modern Chemistry*, Harper & Row, New York, 1964, p. 191.
- (29) W. H. Brock, *The Norton History of Chemistry*, Norton, New York, 1993, pp. 194–207.
- (30) J. R. Partington, *A History of Chemistry*, Macmillan and Co., Ltd., London, 1964, Vol. 4, pp. 142–177.
- (31) Partington (1962), op. cit., pp. 233–234.
- (32) Partington (1962), op. cit., p. 511.
- (33) Partington (1964), op. cit., pp. 253–254.
- (34) Ihde, op. cit., pp. 184–189.
- (35) E. Youmans, *Chemical Atlas*, Appleton, New York, 1857.
- (36) D. H. Hey (ed.), Kingzett's Chemical Encyclopedia, ninth edition, Baillière, Tindall and Cassell, London, 1966, p. 149.
- (37) Partington (1964), op. cit., pp. 283–286.
- (38) J. Hudson, *The History of Chemistry*, Chapman & Hall, New York, 1992, pp. 114–116.
- (39) Ihde, op. cit., pp. 619–621.
- (40) F. A. Carroll, *Perspectives on Structure and Mechanism in Organic Chemistry*, Brooks/Cole Publishing Co., Pacific Grove, CA, 1998, pp. 257–258.
- (41) R. Destro, T. Pilati, and M. Simonetta, *Journal of the American Chemical Society*, Vol. 100, pp. 6507–6509, 1978.
- (42) C. R. Arkin, B. Cowans and B. Kahr, *Chemistry of Materials*, Vol. 8, pp. 1500–1503, 1996.
- (43) M. J. S. Gynane, A. Hudson, M. F. Lappert, P. P. Power and H. Goldwhite, *Journal of the Chemical Society Dalton Transactions*, pp. 2428–2433, 1980.

(44) P. R. Hitchcock, M. F. Lappert, and S. J. Smith, *Journal of Organometallic Chemistry*, Vol. 320, pp. C27–C30, 1987.

(45) Pauling provides a value of only 32.1 kcal/mol (kilocalories per mole) for the As—As bond energy, compared to 83.1 kcal/mol for a typical C—C bond (L. Pauling, *The Nature of the Chemical Bond*, third edition, Cornell University Press, Ithaca, 1960, p. 85.) Actually, there does not appear to be data allowing a good determination or estimate of the As—As bond in “cacodyl” according to J. F. Liebman, J. A. Martinho-Simões, and S. W. Slayden, in *The Chemistry of Organic Arsenic, Antimony and Bismuth Compounds*, S. Patai (ed.), John Wiley and Sons, Chichester, 1994, pp. 153–168. Interestingly, the carbon—carbon bond in cyanogen is quite strong (134.7 kcal/mol using National Institute of Standards data—see <http://nist.gov>). In this case, as strong as the C—C bond is, it is much weaker than the carbon–nitrogen triple bonds in Cyanogen that maintain the integrity of the cyano “radical.”

(46) Ihde, op. cit., p. 198.

(47) O. Sacks, *Uncle Tungsten—Memories of a Chemical Boyhood*, Alfred A. Knopf, New York, 2001.

(48) Sacks, op. cit., pp. 187–211.

(49) J. R. Partington, *A History of Chemistry*, Macmillan and Co., Ltd., London, Vol. 4, 1964, pp. 891–899. Partington notes here that the Russian chemist spelled his name “Mendeleeff” when he signed the register of the Royal Society and Ramsay recommended “Mendeléeff.” We will employ the more commonly used transliteration “Mendeleev”.

(50) A. Greenberg, *A Chemical History Tour*, John Wiley & Sons, New York, 2000, pp. 214–216.

(51) D. M. Mendeleev, *Polozhenija, izbrannya dlja zachschishchenija na stepen' magistra Khimii*, St. Petersburg, 1856. I am grateful to The

Roy G. Neville Historical Chemical Library (California) for supplying these images.

(52) The Roy G. Neville Historical Chemical Library (California), catalog in preparation. I am grateful to Dr. Neville for making me aware of his views on Mendeleev's early thoughts on the relationships between elements manifested in his master's thesis.

(53) Partington, op. cit., pp. 205–211.

(54) Greenberg, op. cit., pp. 212–214.

(55) S. A. Dianin, *Borodin*, Oxford University Press, London, 1963, pp. 12–13; 22–29.

(56) The roots of my mother, Bella Greenberg, are similarly Russian. She first took me as a young child to see the Halls of Dinosaurs at the American Museum of Natural History, encouraged my early interest in reading, and gently helped remove hundreds of newborn praying mantids from the wall of my bedroom and placed them in the backyard (see the essay "A Natural Scientist" in the Epilogue of this book).

(57) C. C. Gillispie (ed.), *Dictionary of Scientific Biography*, Charles Scribner's Sons, New York, Vol. 1970, pp. 316–317.

(58) Partington, op. cit., pp. 883–891.

(59) D. M. Mendeleev, *Organischeskaja Khimia*, St. Petersburg, 1863, p. xvii.

(60) Partington, op. cit., p. 895.

(61) D. Mendelejeff, *Annalen der Chemie Und Pharmacie*, VIII. Supplementband, Leipzig und Heidelberg, 1872, pp. 133–229. (This paper was received from St. Petersburg in August 1871).

(62) F. A. Cotton and G. Wilkinson, *Advanced Inorganic Chemistry*, fifth edition, John Wiley & Sons, New York, 1988, pp. 452–454.

(63) H. E. Roscoe and C. Schorlemmer, *A Treatise On Chemistry*, Vol. 1, Macmillan and Co., London, 1894, pp. 235–243.

(64) J. R. Partington, *Everyday Chemistry*, Macmillan and Co., Ltd., London, 1929, pp. 285–288.

(65) This is mercury(I) oxide (Hg_2O). Heat will disproportionate it to Hg and HgO .

(66) The liquefaction of “permanent gases” will be described in the essay on the discovery of neon.

(67) Ozone reacts with alkenes (olefins) through addition to the double bond. The initially formed ozonides decompose further. Schönbain appears to have performed the first such identified ozonolysis (on ethylene). Turpentine is a complex mixture of olefinic terpenes (see P. S. Bailey, *Ozonation in Organic Chemistry*, Academic Press, New York, 1978, pp. 1–4, for a brief historical perspective).

(68) L. Pauling, *The Nature of the Chemical Bond*, Cornell University Press, Ithaca, 1939.

(69) Or is ozone simply an oxymoron—“a human-made, naturally occurring, environment-protecting hazardous pollutant?” Actually, “oxygen” is derived from “acid maker”—Lavoisier’s incorrect conclusion that all acids contain oxygen. Acidic properties are considered by early definition to be “sharp.” “Oxymoron” means literally “sharp-dull”—an internal contradiction in a single word. But this would hardly surprise the ancients, who recognized contraries (male-female, good and evil) in all earthly things.

(70) “Coartate” is a variation of “coarctate” (“compressed”) *The Oxford English Dictionary*, second edition, Clarendon Press, Oxford, 1989, Vol. 11, pp. 391–392.

(71) *Chemical News*, Vol. 34 (Dec. 22, 1876), pp. 271–272. I am grateful to Professor William D. Williams for this reference and helpful discussions about this book.

(72) A. H. Kollmyer, *Chemia Coartata; or the Key to Modern Chemistry*, J. Starke & Co., Montreal, 1875, Preface.

- (73) J. R. Partington, *A History of Chemistry*, Macmillan & Co., Ltd., London, 1962, p. 214.
- (74) Partington, op. cit., Vol. 4, 1964, pp. 911–915.
- (75) A. Greenberg, *A Chemical History Tour*, John Wiley and Sons, New York, 2000, pp. 247–250.
- (76) J. H. van't Hoff, *Die Lagerung Der Atome Im Raume*, Friedrich Vieweg Und Sohn, Braunschweig, 1877, p. 48.
- (77) E. Heilbronner and J. D. Dunitz, *Reflections on Symmetry*, VCH-Wiley, New York, 1993, pp. 72–73.
- (78) E. A. Abbott, *Flatland: A Romance of Many Dimensions* (with Foreword by Isaac Asimov), Barnes & Noble, New York, 1983.
- (79) W. J. Pope, *Journal of the Society of Arts (London)*, Vol. 49, pp. 677–683, 690–697, 701–708, 713–718.
- (80) Greenberg, op. cit., pp. 251–252.
- (81) L. Pauling, *General Chemistry*, W. H. Freeman and Co., San Francisco, 1947, p. 521.
- (82) A. F. Wells, *Structural Inorganic Chemistry*, fifth edition, Clarendon Press, Oxford, 1984, pp. 1004–1006.
- (83) R. M. Hazen, *Scientific American*, Vol. 284, No. 4, pp. 76–85, April 2001.
- (84) Obviously we are joking when we talk about “left-hand and right-hand sides of the bed.” Right-handed people and left-handed people all contain the same “right-handed” sugars and “left-handed” amino acids. However, the chirality or nonchirality of substances should affect, sometimes dramatically, how they interact with living beings. Fortunately for lævo-man, the oxygen and nitrogen in air as well as water are achiral (not “handed”). Ethyl alcohol and aspirin (acetylsalicylic acid) are also achiral. However, table sugar is chiral, as are the flavor and aroma ingredients in coffee and beer. Chocolate mashed potatoes is a secret family recipe best

kept secret for the sake of humanity. It appears that Oliver Sacks' family had an old secret family recipe for Passover "matzoh balls of an incredible tellurian density, which would sink like little planetismals below the surface of the soup" (see O. Sacks, *Uncle Tungsten—Memories of a Chemical Boyhood*, Alfred A. Knopf, New York, 2001, p. 97).

(85) E. H. Richards, *The Chemistry of Cooking and Cleaning—a Manual for Housekeepers*, Estes & Lauriat, Boston, 1882.

(86) C. L. Hunt, *The Life of Ellen H. Richards*, Whitcomb and Barrows, Boston, 1912.

(87) R. Clarke, *Ellen Swallow: The Woman Who Founded Ecology*, Follett Publishing Co., Chicago, 1973.

(88) *The New Encyclopedia Britannica*, Vol. 10, Encyclopedia Britannica, Inc., Chicago, 1986, p. 45.

(89) <http://departments.vassar.edu/~anthro/bianco/hidden/ellen.html> (6/14/01).

(90) E. M. Douty, *America's First Woman Chemist—Ellen Richards*, Julian Messner, Inc., New York, 1961.

(91) B. Hutchinson, "Swallow Warned Us All Years Ago," *Miami Herald*, January 17, 1974.

(92) This photograph was provided courtesy The Frank Lloyd Wright Archives, Scottsdale, AZ. I am also grateful for conversations with Ms. Margo Stipe, The Frank Lloyd Wright Archives.

(93) J. J. Bohning, *Chemical Heritage*, Vol. 19, No. 1, pp. 10–11, 38–44, Spring 2001.

(94) E. F. Smith, *Old Chemistries*, McGraw-Hill Book Co., Inc., New York, 1927.

(95) Lord Rayleigh and Professor William Ramsay, *Argon, a New Constituent of the Atmosphere*, Smithsonian Institution, Washington, DC, 1896.

- (96) A. Greenberg, *A Chemical History Tour*, John Wiley & Sons, New York, 2000, pp. 255–256.
- (97) A. J. Ihde, *The Development of Modern Chemistry*, Harper & Row, New York, 1964, p. 374.
- (98) M. W. Travers, *The Discovery of the Rare Gases*, Edward Arnold & Co., London, 1928.
- (99) Travers, op. cit., pp. 1–4.
- (100) In 1815 William Prout postulated, on the basis of the small number of atomic weights known, that all were simple whole-number multiples of the lightest element—hydrogen. At one level, this seemed to be an incredibly prescient hypothesis. We have known for about 100 years that hydrogen has one proton [mass based on carbon-12 is 1.0073 atomic mass unit (amu)] and one electron of relatively negligible mass (0.0005486 amu). However, careful determinations by Berzelius, Dumas, and Stas throughout the midnineteenth century indicated significant discrepancies. And our modern understandings include the occurrence of isotopes, the fact that the neutron is slightly heavier than the proton (1.0087 amu), departures from ideal-gas behavior at higher pressures, nuclear binding energies, and numerous other flaws in the hypothesis. But it was a useful construct and remains conceptually helpful today in a very simplistic way.
- (101) J. E. Marsh, *Chemistry in Space, from Professor J. H. van't Hoff's "Dix Années Dans l'Histoire d'Une Théorie,"* Clarendon, Oxford, 1891, p. 16.
- (102) Greenberg, op. cit., pp. 247–250.
- (103) Travers, op. cit., pp. 56–57.
- (104) J. R. Partington, *A History of Chemistry*, Vol. 4, Macmillan & Co., Ltd., London, 1964, pp. 936–947.
- (105) Travers, op. cit., pp. 82–84.
- (106) W. Kauzmann, *Thermodynamics and Statistics: With Applications to Gases*, W. A. Benjamin, Inc., 1967, pp. 53–58.

- (107) Partington, op. cit., pp. 105–108.
- (108) Travers, op. cit., p. 87.
- (109) Partington, op. cit., pp. 904–906.
- (110) Travers, op. cit., p. 90.
- (111) *Kalends* = the first day of the month in the ancient Roman calendar.
- (112) Travers, op. cit., pp. 95–96.
- (113) This essay is dedicated to my brother Kenny, who immersed himself in *Superman and Batman* comics folklore as a boy, became a neon artist, and is the proprietor of *Krypton Neon* in New York City. I have tried, unsuccessfully, to convince him to post a sign “Krypton Neon Argon” when he goes to lunch.
- (114) Travers, op. cit., pp. 105, 110, 126.
- (115) F. A. Cotton and G. Wilkinson, *Advanced Inorganic Chemistry*, fifth edition, John Wiley & Sons, New York, 1988, p. 588.
- (116) A. Greenberg, *A Chemical History Tour*, John Wiley and Sons, New York, 2000, pp. 257–259.
- (117) A. Lightman and O. Gingerich, *Science*, Vol. 255, pp. 690–695, 1991. I am grateful to Dr. Joel F. Liebman and Dr. Larry Dingman for helpful discussions on this topic.
- (118) Scientific “anomalies” appear to me to be very closely related to Stent’s “premature discoveries”; see G. Stent, *Scientific American*, Vol. 227, No. 6, pp. 84–93, 1972
- (119) J. R. Partington, *A History of Chemistry*, Macmillan and Co., Ltd., London, 1962, Vol. 3, pp. 237–271.
- (120) Partington, op. cit., p. 200.
- (121) T. S. Kuhn, *The Structure of Scientific Revolutions*, second edition, University of Chicago Press, Chicago, 1970.

- (122) E. R. Atkinson, *Journal of Chemical Education*, Vol. 20, pp. 244–245, 1943.
- (123) Partington, op. cit., 1964, Vol. 4, p. 597.
- (124) Partington (1962), op. cit., p. 490.
- (125) L. Stephen and S. Lee, *The Dictionary of National Biography*, Vol. VIII, Oxford University Press, London, 1921–1922 (reprinted 1963–1964), pp. 1320–1321.
- (126) (R. Harrington), *Thoughts on the Properties and Formation of the Different Kinds of Air; with Remarks on Vegetation, Phosphori, Heat, Caustic Salts, Mercury, and on the Different Theories upon Air*, R. Faulder, J. Murray, and R. Cust, London, 1785, pp. 278–285.
- (127) G. D. Hinrichs, *The Absolute Atomic Weights of the Chemical Elements*, C. G. Hinrichs, Publisher, St. Louis, 1901.
- (128) Hinrichs, op. cit., p. iv.
- (129) Partington (1964), op. cit., pp. 222–226.
- (130) A. J. Ihde, *The Development of Modern Chemistry*, Harper & Row, New York, 1964, pp. 154–155.
- (131) Partington (1962), op. cit., pp. 713–714.
- (132) Partington (1964), op. cit., pp. 875; p. 886.
- (133) Partington (1964), op. cit., p. 882.
- (134) J. S. Stas, *Untersuchungen Über Die-Gesetze Der Chemischen Proportionen Über Die Atomgewichte Und Ihre Gegenseitigen Verhältnisse*, Verlag Von Quandt & Händel, Leipzig, 1867, pp. 187–200; see folding plate at the end of the book. This is the first German edition. The first French edition was published in 1865.
- (135) Hinrichs, op. cit., pp. 292–295.
- (136) Hinrichs, op. cit., pp. 20–35.
- (137) G. N. Quam and M. B. Quam, *Journal of Chemical Education*, Vol. 11, p. 288, 1934.

التخصص والتنظيم

- (138) G. Hinrichs, *The Elements of Chemistry and Mineralogy*, Griggs, Watson, & Day, Davenport, 1871, p. 101.
- (139) Hinrichs (1871), op. cit., p. (161)—second leaf following p. 158.
- (140) J. R. Partington, *A History of Chemistry*, Macmillan and Co., Ltd., London, 1964, Vol. 4, pp. 929–947.
- (141) *The New Encyclopedia Britannica*, Encyclopedia Britannica, Inc., Chicago, 1986, Vol. 14, pp. 343–348.
- (142) T. L. Brown, H. E. LeMay, Jr., and B. E. Bursten, *Chemistry The Central Science*, seventh edition, Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ, 1997, pp. 43–46; 771–791.

الجزء الثامن

بعض المرح

(١) صور واضحة للذرات: سرد كيميائي غريب

أذكر هذه الواقعة بوضوح. كان السيد ليديبيتر في هذا الوقت يمكث في منزله، وكان يمارس قدراته المستبصرة دوماً لصالحي وصالح زوجتي والأصدقاء المتصوفين حولنا. لقد اكتشفتُ أن هذه القدرات، عندما تمارس في الاتجاه المناسب، تكون ذات قوة مجهرية فائقة. خطر لي مرة أن أسأل السيد ليديبيتر إن كان يعتقد أن باستطاعته حقاً رؤية جزءٍ ملade طبيعية. كان على أتم استعداد لتجربة الأمر، واقتصرتْ عليه جزءٌ من الذهب كأحد الجزيئات التي يمكنه أن يحاول ملاحظتها. بذل المجهود المطلوب، وخرج من التجربة يقول إنَّجزيءَ المعنى كان تكوينه معقداً للغاية بحيث يصعب وصفه. فمن الواضح أنه كان يتكون من عدد هائل من الذرات الأصغر حجماً، بحيث يصعب عدُّها؛ ومعقدة للغاية في تركيبها بحيث يصعب فهمها. خطر لي على الفور أن هذا ربما يكون نتيجةً لأن الذهب معden ثقيل وزنه الذري مرتفع، وأن الملاحظة تكون أكثر نجاحاً إذا وجّهت لجسم وزنه الذري منخفض؛ لذلك اقتصرتْ ذرةً هيدروجين؛ إذ ربما تكون أكثر سهولةً. قبلَ السيد ليديبيتر اقتراحِي وحاول مرةً أخرى. ووَجَدَ هذه المرة أن ذرةً الهيدروجين أبسطُ بكثير من الذرة الأخرى؛ إذ كانت الذرات الضئيلة التي تتكون منها ذرةً الهيدروجين من الممكن عدُّها. فكانت مرتبةً وفق مخططٍ محددٍ، سيَتَضَعُ برسومات بيانية فيما بعد، وكان عددها ثمانية عشرة.^١

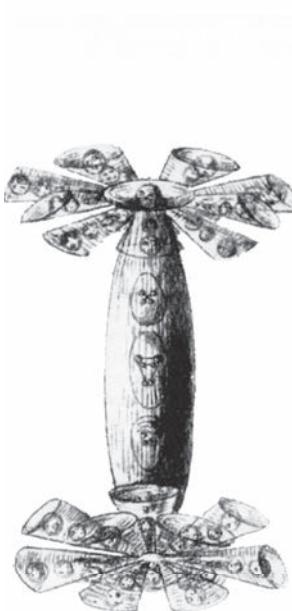
يَظْهُرُ هَذَا السُّرْدُ فِي بِدايَةِ الطَّبْعَةِ الثَّانِيَةِ (الْمُنْشَوَرَةِ فِي عَامِ ١٩١٩) لِلْكِتَابِ الْغَرِيبِ وَالْمَذْهَلِ «الْكِيمِيَاءُ الْغَامِضَةُ: مَلَاحَظَاتٌ مُسْتَبْصِرَةٌ عَلَى الْعَنَاصِرِ الْكِيمِيَائِيَّةِ»، مِنْ تَأْلِيفِ آنِي بِيَسْتَنْتْ وَتِشَارْلَزْ دَبْلِيُوْ لِيَدْبِيَتِرْ، الَّذِي نُشِرَ لِأَوْلَ مَرَةٍ فِي عَامِ ١٩٠٨.^٢ وَحَقِيقَةً يُعْدُ نُشُرُ طَبْعَةٍ فَاتِرَةٍ مِنَ الْكِتَابِ بَعْدَ ذَلِكَ بُوقْتٍ طَوِيلٍ فِي عَامِ ١٩٥١،^٣ دَلِيلًا عَلَى الْجَاذِبَيَّةِ الْخَالِدَةِ لِهَذَا الْكِتَابِ الْغَنِيِّ بِالرَّسُومِ التَّوْضِيَّيَّةِ. حَسَنًا، مَا الَّذِي يُمْكِنُنَا الْخَرُوجُ بِهِ مِنْ مَحْتَوِيَاتِهِ؟ يُصْوَرُ الشَّكْلُ ١-٨ تَرْكِيَّبَ «الْذَرَّةِ الْكِيمِيَائِيَّةِ» لِلصُّودِيُومْ. كَانَ أَسْلُوبُ الْفَحْصِ الْمُسْتَخْدَمُ هُوَ أَسْلُوبُ الْاسْتِبْصَارِ.^٤ تَتَكَوَّنُ هَذِهِ الذَّرَّةُ الْكِيمِيَائِيَّةُ مِنْ أَجْزَاءٍ عُلُوَّيَّةٍ وَسُفَلَّيَّةٍ (يَتَكَوَّنُ كُلُّ مِنْهَا مِنْ كَرْةٍ وَ ١٢ قُمَّاً) وَقَضِيبٍ لِلتَّوْصِيلِ. وَالْأَجْزَاءُ الْمُوْجَودَةُ دَاخِلَّ الْأَقْمَاعِ وَالْكَرَاتِ وَالْقَضِيبِ الْمُذَكُورِ عَدْدُهَا فِيمَا يَلِي، هِيَ نَفْسُهَا «الْذَرَّاتُ الْأَصْغَرُ حَجْمًا» الْمُشَارُ إِلَيْهَا مِنْ قَبْلِ:

لَقَدْ أَحْصَيْنَا عَدَّ الْأَشْيَاءِ فِي الْجَزْءِ الْعُلُوِّيِّ: الْكَرْةُ: ١٠؛ الْعَدْدُ فِي اثْنَيْنِ أَوْ ثَلَاثَةِ مِنَ الْأَقْمَاعِ، كُلُّ مِنْهَا ٦؛ عَدْ الْأَقْمَاعِ: ١٢؛ الْعَدْ نَفْسُهُ فِي الْجَزْءِ السُّفَلِيِّ؛ أَمَا فِي قَضِيبِ التَّوْصِيلِ فَيُبَلِّغُ ١٤؛ وَحَسْبِ السَّيِّدِ جِينَارِاجَادَاسَا: $(10 + 12 \times 6) = 22$
 $= 202$ ؛ وَمِنْ ثُمَّ $202 + 202 + 418 = 622$ ، مَقْسُومَةٌ عَلَى $18 = 22,22$ مُتَكَرِّرَةً. وَبِهَذِهِ الطَّرِيقَةِ حَمِينَا إِحْصَاءَنَا مِنْ أَيِّ تَحْيُزَاتٍ؛ إِذْ كَانَ يَسْتَحِيلُ عَلَيْنَا مَعْرِفَةُ كَيْفَ تَنْتَجُ الْأَرْقَامُ الْمُخْتَلِفَةُ عَنْ الْجَمْعِ وَالْمُضَرْبِ وَالْقِسْمَةِ، وَجَاءَتِ الْلَّهَظَةُ الْمُثِيرَةُ عَنْدَمَا انتَظَرْنَا لِنَرَى مَا إِذَا كَانَتْ نَتَائِجُنَا تُؤَيِّدُ أَيِّ وَزْنٍ مُعْتَرَفُ بِهِ أَوْ تَقْرَبُ مِنْهُ.^٥

وَهَكُذا، يَكُونُ الْوَزْنُ الْذَرِيِّ الْمُعْتَرَفُ بِهِ لِلصُّودِيُومِ هوَ ٢٣؛ وَهُوَ مَا يَتَفَقَّقُ جِيدًا مِنْ الْوَزْنِ الْذَرِيِّ ٢٢,٢، عَلَى مَا يَبْدُو. إِجْمَالًا، خَضَعَ ٥٧ مِنْ أَصْلِ ٧٨ عَنْصَرًا مُعْتَرِفًا بِهِ لِلْفَحْصِ بِالْإِضَافَةِ إِلَى عَنْصَرٍ لَمْ يَكُنْ مَعْرُوفًا مِنْ قَبْلِهِ، هُوَ «الْأُوكُولِتِيُومُ»، «الشَّارِدُ الْكِيمِيَائِيُّ»، الْمُنْحِسِرُ بَيْنَ الْهِيَدْرُوجِينِ وَالْهَلِيُومِ. كَذَلِكَ، أُلْعِنَ عَنْ سَتَّةِ «أَنْوَاعٍ» جَدِيدَةِ مِنَ الْعَنَاصِرِ مَعْرُوفَةٍ – لَيْسَ إِنْجَازًا سِيَئًا. إِنَّ التَّوَافُقَ بَيْنَ الْأَوْزَانِ الْذَرِيَّةِ الْمُعْتَرَفُ بِهَا وَالْمُسْتَبْصِرِ «لِلْذَرَّاتِ الْأَصْغَرِ حَجْمًا» مُثِيرٌ لِلإعْجَابِ، وَهَذَا أَحَدُ الْعَنَاصِرِ الرَّئِيسَةِ لِلْاعْتِمَادِ الْعَلَمِيِّ لِلْذَرَّاتِ الْمُسْتَقْدَمَةِ مِنَ الْاسْتِبْصَارِ.

بعض المرح

PLATE I.



SODIUM.

شكل ١-٨: تركيب ذرة الصوديوم المتحصل عليه من خلال أسلوب الاستبصار والمنشور في الكتاب الكلاسيكي («الكيمياء الغامضة»، ١٩٠٨). يوجد إجمالي ٤١٨ «ذرة فизيائية» أصغر حجماً في «الذرة الكيميائية» للصوديوم. أظهر الاستبصار أيضاً أن ذرة الهيدروجين تحتوي على ١٨ ذرة فизيائية أصغر حجماً. إذا ... ٤١٨ على ٢٢,٢٢ = ١٨ على ٢٢,٩٩ ! (وهو المطلوب إثباته).

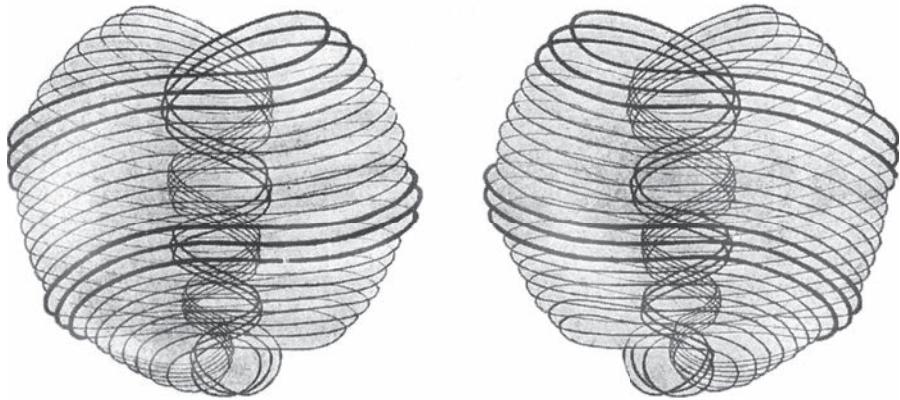
تجدر الإشارة هنا إلى عدم يقينية الاستبصار عند الحصول على ملاحظة. فلاحظ أن اثنين أو ثلاثة أقماع فقط هي التي أخذت عينةً للعد، ويعترف الباحثون بشكوكهم عند

عد ١ أو ٢ من «الذرّات الأصغر حجماً». ويصعب للغاية منع هذه الفكرة من الاختلاط في صدورنا دون الإصابة بصداع شديد؛ ومن ثمَّ ربما تُوضّح أوجه القصور هنا وجود نوع من «مبدأ عدم يقين الاستبصار».^٦

لكن ماذا عن «الذرّات الأصغر حجماً» المكوّنة؟ تظهر تلك الذرّات الأساسية («الأصغر» أو «الفيزيائية المطلقة») في الشكل ٢-٨ – ويتبّع أنّها مقسمة إلى ذكر وأنثى. في حالة الذرّات الذكورية، تلتفُ الطاقة حلزونياً إلى الداخل من الفضاء الرباعي الأربع (المستوى النجمي) وإلى الخارج في العالم المادي. أما الذرّات الأنثوية فتتمتص الطاقة من العالم المادي وتلفها حلزونياً، عكس الشكل اللولبي، وتعيدها إلى المستوى النجمي. ثمة علاقة واضحة بين هذا التصنيف وبين الذكر (الكريبيت) والأنثى (الزئبق) في رموز الخيماء القديمة^٧ – الشمس والقمر، «عائلة الذرّات».

يتمثل الاعتماد العلمي القوي الآخر للذرّات الكيميائية المستمد من الاستبصار في اتساقها الظاهري في تفسير الخواص الكيميائية والفيزيائية التي نظمها بإتقان بالغ القانون الدوري. يُوضّح الشكلان ٣-٨ و٤-٨ أنواع عائلات الذرّات الكيميائية، ليست بروتوزوّرات كما يبدو للعين غير الناقدة (أو حتى مدارات d أو f لدى الكيميائي المتنمّي!) يمكن توضيح الفكرة بإيجاز؛ يُصنّف النوع التركيببي ١ في الشكل ٣-٨ على أنه فئة «الدبل»، التي تشتّمل على النحاس والفضة والذهب، وهي ثلاثة معادن تُصنع منها العملات وتقع في المجموعة ١١ من الجدول الدوري. غير أنّ بيسنت وليدبّير يَضطّعن أيضاً الصوديوم ضمن هذه الفئة؛ فتركيب ذرة الصوديوم (الشكل ١-٨) يجعلها واحدة من فئة الدبل. غير أنّي أفترح، أيها القارئ اللطيف، أن تتجنّب قبول قرش مصنوع من الصوديوم إلا إذا كنت تحب حرق المال (ويدك أيضًا). ويتبّع أنّ تجنب قبول قرش مصنوع من الأخطاء التي حدثت بسبب استخدام المؤلّفين للأفعوانية الدوريّة التي قدّمها لها العالم البارز بحق السير ويليام كرووكس (١٨٣٢-١٩١٩)، الذي يحتفظان بإحدى مراسلاته معهما (انظر الشكل ٥-٨). (في كتاب لاحق^٨ لجيناراجاداسا المذكور آنفًا تظهر نسخة أخرى من جدول كرووكس الدوري، لكن هذه النسخة على وجه الخصوص تحتوي على «عناصر اكتُشفت لأول مرة بالفحص المستبصري» – نتحدث هنا عن جرأة فظة!) ونما لدى كرووكس، مخترع الصمام المفرغ الذي أدى إلى اكتشاف الإلكترونات والأشعة السينية،

PLATE II.



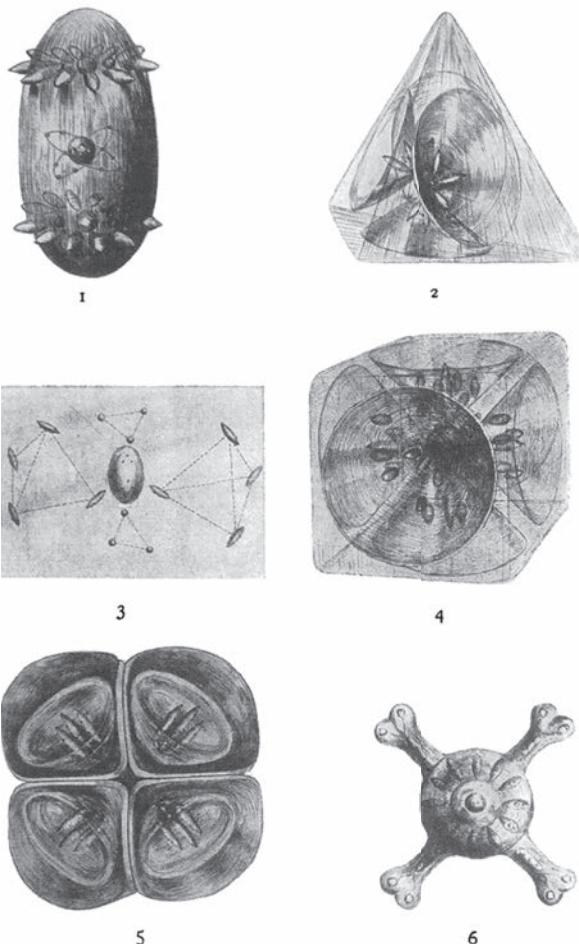
MALE.

FEMALE.

شكل ٢-٨: تكون الذرّات الفيزيائیة الأصغر حجّماً، بالنسبة، ذكراً وأنثى. لقد عدنا إلى الشمس والقمر، الكبريت والزئبق؛ ومن ثمّ تحتوي ذرّة الهيدروجين على تسع ذرّات فيزيائیة أنثوية أصغر حجّماً وتسع ذرّات فيزيائیة ذكورية أصغر حجّماً (من كتاب «الكيمياء الغامضة»، ١٩٠٨).

اهتمام بالأفكار الروحانية والتأملية الشديدة، وما يُطلق عليها ويليام بروك «الكيمياء الغيبية»^٩ — من الواضح أنه نظير علمي مناسب لمؤلفي «الكيمياء الغامضة». باختصار، يبدو أنه حتى في أوائل القرن الحادى والعشرين، ربما تحتاج هذه النظرية إلى مزيد من الدراسة وبعض التعديلات؛ فعلى الرغم من أن ذرّة بور وتفسير لويس-كوسن-لانجمویر لقاعدة الثمانينيات جاءا بعد الطبعة الأولى وقبل الطبعة الثانية من كتاب «الكيمياء الغامضة»، لم يتعرّض التفسير المشار إليه إلا لتعديل بسيط. لا يوجد

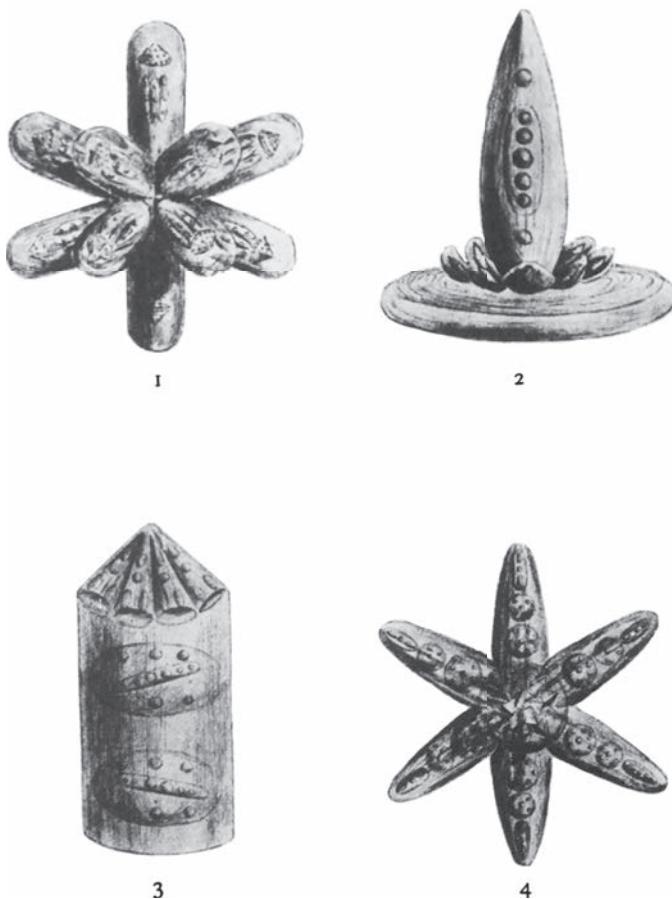
PLATE III.



شكل ٣-٨: إليك سبب فاعلية القانون الدوري في رأي بيسبنت وليدبیتر — لتشابه الذرات في العائلات نفسها في الشكل. على سبيل المثال، انظر إلى التركيب ١ في هذا الشكل — الذي يُمثل تركيب ذرات النحاس والفضة والذهب. ونظراً لأن بعض التصنيفات المبكرة قد جمعت بالفعل الصوديوم مع النحاس والفضة والذهب (انظر الشكلين ١٧-٧ و ٥-٨)، يبدو من المنطقي للغاية أن تحمل هذه الذرات الأربعية قدراً من التشابه العائلي (انظر الشكل ١-٨). لحسن الحظ، نحن لا نصنع عملاً من الصوديوم، فلا تحرق العملات جيوبنا وتصنع فيها ثقوباً (الأشكال من كتاب «الكيمياء الغامضة»، ١٩٠٨).

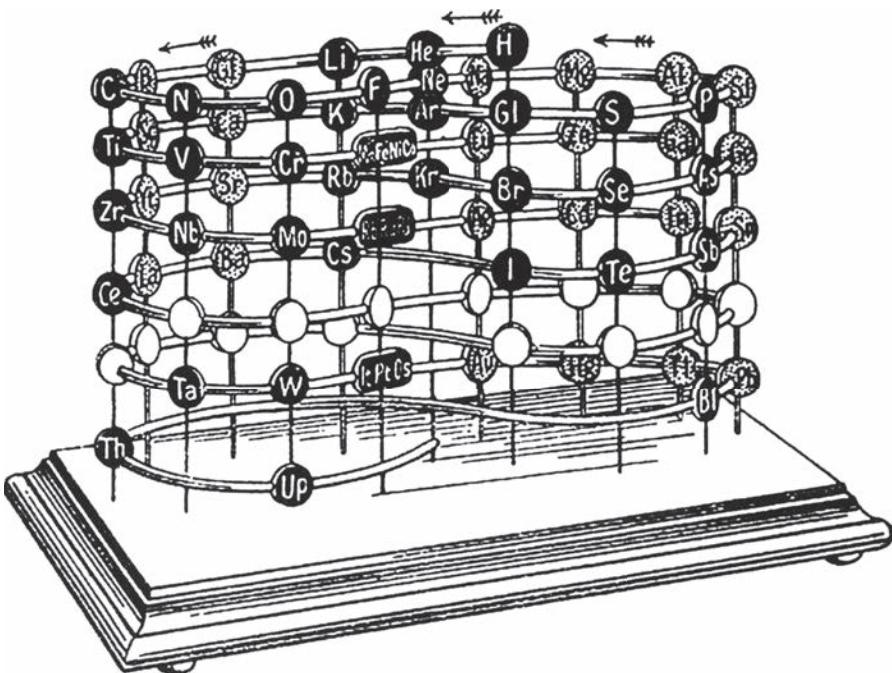
بعض المرح

PLATE IV.



شكل ٤-٨: المزيد من أنواع تركيبات الزرّات الكيميائية (من كتاب «الكيمياء الغامضة»، ١٩٠٨). علق الأستاذ بيير لازلو على تشابهها الغريب مع المدارات الذرية.

دليل أيضاً على أن بيسبنت وليدبیتر وجداً أي حاجة لإدراج مفهوم الأرقام الذرية الذي اخترعه موزلي في تلك الفترة نفسها. إنَّ النماذج التي تستطيع النجاة من هجوم النظريات



شكل ٥-٨: الأفعوانية الدورية على شكل رقم ثمانيه بالإنجليزية للسير ويليام كرووكس؛ وهو فيزيائي بارز بحق، ساعد صمامه المفرغ في تحديد خصائص الإلكترون في أواخر القرن التاسع عشر، وكان كرووكس متعاطفًا أيضًا مع المعتقدات الغامضة (من كتاب «الكيمياء الغامضة»، ١٩٠٨).

الحديثة، بما في ذلك ميكانيكا الكم وبياناتها التجريبية الداعمة، لا بد أن تكون قوية بالفعل. ولهذا أنسح بدعم من منحة، وأتخيل طبيعة ميزانية البحث:

المؤسسة الوطنية لتحضير الأرواح عنوان الطلب: ميزانية الذرّات وتفاعلات المستوى النجمي

(١) الأفراد:

مستبصر (١٠٠ % عبء أكاديمي).

فنان/مسجل (٥٠ % عبء أكاديمي).

عداد ذرّات فيزيائية/عالم رياضيات (٥٠ % عبء أكاديمي).

(٢) المعدات:

مجهر استبصار (واحد).

جهاز كشف اتجاه المستوى النجمي (مجموعة خيارات مجهر الاستبصار Y2K) (واحد).

آلة حاسبة (واحدة).

(٣) المؤن:

أسبرين (١٠ إجمالاً).

مشروبات عشبية (١٠ إجمالاً).

(٤) المرافق والإدارة (٨٥ بالمائة من الميزانية الأساسية).

أعترف بأنني أواجه صعوبة في إيجاد تفسير ميكانيكي لطريقة الحصول على الصور المستبصرة للذرات. لكنني كنتُ أواجه دوماً مشكلات مشابهة عند محاولة فهم كيف يُغيّر حجر الفيلسوف الرصاص إلى معدن الذهب «الأنقى» عبر عملية غامضة تُدعى «الإسقاط». ورغم أن روبرت بوويل كان متيناً بشأن الخيميا، وكتب «سرداً كيميائياً غربياً» يصف فيه تحولاً عكسيّاً، لم يكن على الأرجح متحمّساً بشأن استخدام الاستبصار كتقنية تجريبية.^{١٠} حسناً، يبدو لي أن السيد ليدببتر لديه اسم مناسب على نحو رائع، ولن أتفاجأ إذا علمتُ أنه، على الأقل، كان يفهم كلاً من الاستبصار والإسقاط.

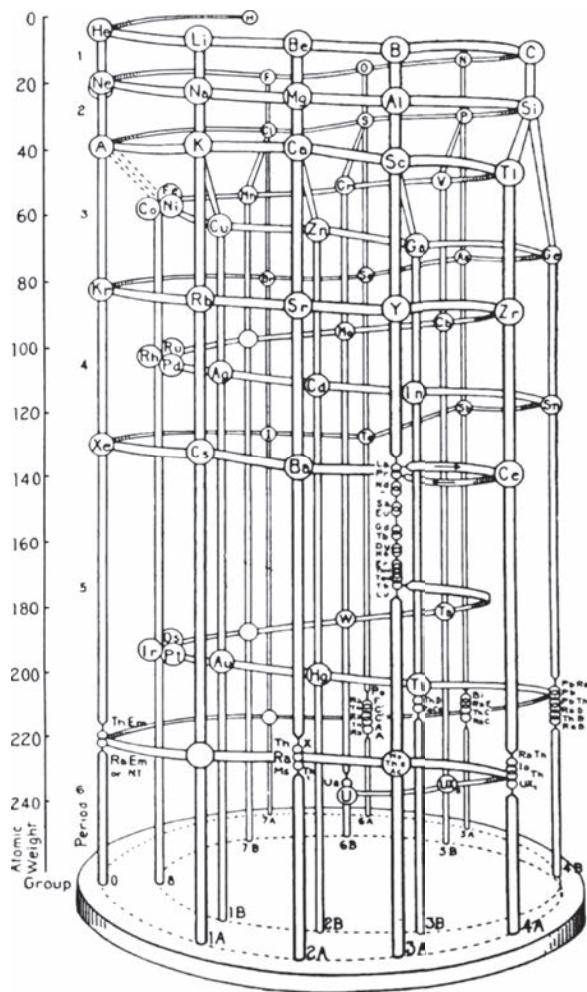
في الواقع، نجد المثير أكثر لاهتمام المؤلفة التي شاركته في التأليف، السيدة آني بيسنت (١٨٤٧-١٩٣٣)، التي يصفها إمزلي بأنها «مصلحة اجتماعية متقدمة الحماس، ولديها ميول اشتراكية وطاقة لا حدّ لها».^{١١} نشرت السيدة بيسنت، التي تزوجت كاهناً في البداية لكنها انفصلت عنه في النهاية، سراً كثيّباً يُشكّل في الوهية يسوع المسيح، ومقالاً فيما بعد عن تنظيم النسل. وساعدت في تنظيم إضراب «لأفقر الفقراء وأدنى الأدنياء» (معظمهم من النساء والأطفال) ضد مصنع للثقب في لندن في عام ١٨٨٨ وحققت انتصاراً ساحقاً لحقوق العمال.^{١٢} وفي عام ١٨٨٩، تحولت إلى معتقدات الجمعية الشيوصوفية، التي ركزت على خدمة البشرية والروحانية وعملت رئيساً لها من عام ١٩٠٧ إلى ١٩٣٣؛ حيث عاشت في مقرّها الأصلي في مدينة مدراس، في الهند.^{١١} كانت السيدة بيسنت أحد المؤيدين الأوائل لاستقلال الهند، وأسست رابطة الحكم الذاتي الهندي في عام ١٩١٦.^{١٢} خلاصة القول، كانت سيدة «صعبة» ورائعة.

(٢) الشكل اللوبي الدوري للعناصر

في عام ١٨٦٩، رتب مندليف الثلاثة والستين عنصراً المعروفة آنذاك وفقاً لتزايد الكتلة الذرية، ووضعها في صفوف ترتبط خواصها الكيميائية بعضها ببعض. وسرعان ما حل محل هذا الجدول الدوري الرأسي (الشكل ١٦-٧) الشكل الأفقي الذي نألفه أكثر حالياً.^{١٣} كانت ثمة صور أخرى محتملة له، منها الأشكال الحلوونية واللوبلية^{١٤} (انظر الشكل الحلووني على شكل رقم ثمانية الإنجلزي لكروكس في عام ١٨٩٨، في الشكل ٥-٨). ففي عام ١٩١٦ نشر دبليو دي هاركينز وآري هول جدولًا لوبياً رائعاً للعناصر (الشكل ٦-٨).^{١٥} وبعد شهر من تقديم هاركينز وهول بحثهما لمجلة «جورنال أوف ذا أمريكان كيميکال سوسايتี้»، قدم جيلبرت إنَّ لويس بحثه «الذرة والجزيء» للمجلة نفسها، وسمحت صيغه البسيطة التي يُعبر فيها عن الإلكترونات بال نقط للباحثين بمجرد النظر إلى الجدول الدوري وتوقع طبيعة الرابط (روابط فردية، أو زوجية، أو ثلاثية) بين ذرات عناصر المجموعة الرئيسية.^{١٦}

قبل ثلاث سنوات من هذا اكتشف هنري جي جيه موزلي (١٩١٥-١٨٨٧) أن الجذر التربيعي للتَّرددات الأشعة السينية الصادرة من الكاثودات المعدنية المختلفة كانت متناسبة طردياً مع الأعداد الأصلية التي أطلق عليها اسم «الأرقام الذرية». إنَّ الرقم الذري — العدد الصحيح للشحنة في نواة الخلية، وليس الوزن الذري — هو المحدد الحقيقي لهوية العنصر؛ فالرقم الذري هو الذي يُوفر «التتابع»^{١٨} المستمر للعناصر الواحد تلو الآخر الذي يكمن وراء المفهوم الدوري؛ فالعنصر الثامن بعد الليثيوم (#3) هو الصوديوم (#11)، ويأتي بعد هذا بثمانية عناصر البوتاسيوم (#19). تشتَّرك هذه العناصر الثلاثة في خواص كيميائية متشابهة للغاية. وإذا كانت العناصر التسعة عشر الأولى قد وُضعت بترتيب صارم من حيث الأوزان الذرية، فإنَّ العنصر #19 كان يفترض به أن يكون الأرجون (الوزن الذري = ٣٩,٩٥) ويكون البوتاسيوم العنصر #18 (الوزن الذري = ٣٩,١٠). كيميائياً، بالطبع، كان هذا أمراً سخيفاً، لكنه لم يكن يمثل مشكلة قط مندليف في عام ١٨٦٩؛ لأنَّ الغازات الخاملة، لحسن حظه، لم تكن قد اكتُشفت بعد. وأشار «السير» التدريجي لموزلي عبر الجدول الدوري بوضوح، إلى وجود أعضاء مفقودين في العائلة الأكبر والأكثر تعقيداً، المكونة من ٨٥ عنصراً التي كانت معروفة آنذاك. اهبط «سلم» هاركينز (الشكل ٦-٨) إلى أسفل، وستحصل في النهاية إلى أنْقل عنصر عرفه موزلي — اليورانيوم (الوزن الذري #92). (عُزل اليورانيوم لأول مرة على أنه

بعض المرح



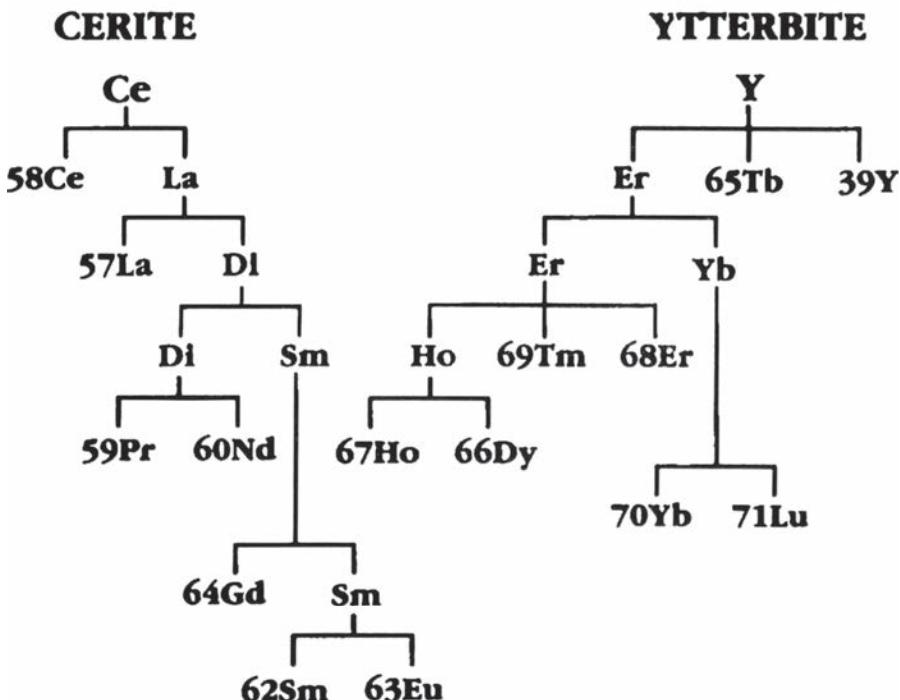
شكل ٦-٨: الشكل اللوبي الدوري للعناصر لهاركينز وهول الذي ظهر في عام ١٩١٦ (من مجلة «جورنال أوف ذا أمريكان كيميکال سوسایتی»، ١٩١٦، بتصریح من الجمعية الكیمیائیة الامریکیة).

أكسيد في عام ١٧٨٩، وأعلن عن المعدن النقي في عام ١٨٤١.¹⁹ وهذا هو مصدر «الرقم السحري»، ٩٢، الذي يُعدُّ جزءاً من «كابالاتنا الكيميائية» — عدد العناصر الموجودة طبيعياً التي رسخها موزلي في أذهاننا. إن الواقع أكثر تعقيداً من هذا. لاحظ وجود فراغ في الجزء الأمامي من الشكل (٦-٨)، مقابل العنصر #87 تحت السبيزيوم مباشرة (Cs)، وجود فراغين تحت المنجنيز (Mn) مقابل العنصرين #43 و#75، وفراغ أسفل اليود (I) مقابل العنصر #85. وإذا نزلنا السُّلُم نحو «القبو» المعتم والكتيب والخطير، فسنكتشف، عند مرورنا بالثاليوم (Tl)، وجود فوضى وارتباك. كان الإشعاع، الذي اكتشفه لأول مرة عام ١٨٩٨ هنري بيكريل،²⁰ ناتجاً ثانوياً للتحولات التي تحدث طبيعياً للعناصر التي تبادل هوياتها أمام أعيننا. يوجد ستة نظائر مختلفة للرصاص (Pb) في الشكل (٦-٨). فنرى أسفل الزيون (Xe) عنصراً غامضاً #86 وابنعاً من الثوريوم (Th Em)، وأيضاً من راديوم²⁰ ماري كوري (Ra Em)، وقد سُمي الأخير اختصاراً «نيتونيوم» (Nt).

دعونا نهرب من القبو الإشعاعي ونصل إلى السُّلُم. يوجد فوق التانتالوم (Ta, #73) مباشرةً صدْع، وعليها أن «تنسلق» «سُلُماً حبلياً» من ١٥ عنصراً؛ يرتبط أعلى عنصر فيها، اللانثانوم (La, #57) عبر حلقة غريبة بالعنصر #58 (السيريوم، Ce). لقد قابلنا العناصر «الأرضية النادرة» التي تُعرف حالياً باشتمالها على اللانثانوم، «اللانثانيدي» الرابع عشر (#58-71)، بالإضافة إلى العناصر الأخف وزناً؛ الإتريوم (#39)، والسكانديوم (#21). عندما نشر هاركينز وهول شكلهما اللوبي لأول مرة، كان يعتقد أن العناصر من #57 وحتى #72 كلها عناصر أرضية نادرة.

كانت الاختلافات الواضحة في التفاعالية الكيميائية بين العناصر المجاورة (مثل الكبريت مقابل الكلور) التي أرشدت مندليف، غائبة إلى حدٍ كبيرٍ في العناصر الأرضية النادرة السبعة عشر؛ فكان تركيبها الكيميائي متشابهاً للغاية (شكل كلها في المعاد مرَّجَبات من نوع MX_3 تكافؤها^٣)، بحيث كان من الصعب للغاية فصلها. وهذا هو أصل الملحمة التي استمرت ١٥٠ سنة في تاريخ الكيمياء.^{22,21} في عام ١٧٩٤، حصل جون جادولين على «عنصر أرضي» غير معروف (المصطلح المفترض حالياً للأكسيد) من خام أسود يُسمى «الإتريبيت» في قرية إتريبي السويدية، واكتشف معدن الإتريوم. وفي عام ١٨٠٣، عزل يونس ياكوب بيرسيليوس، وفيلهلم هيسينجر (السويديان) ومارتن كلابروت (الألماني) في الوقت نفسه تقريباً عنصراً جديداً آخر وأعلنوا عنه، السيريوم، من معدن السيريت. أُسند الفضل في الاكتشاف إلى كلابروت؛ لأنه كان أولَ من عمل على تنقيته على

SEPARATION OF THE LANTHANIDES (1794–1907)



شكل ٧-٨: أُعيد طبعه بإذن من كتاب «مَعْلَم كيميائي تاريخي طبيعي: فصل العناصر الأرضية النادرة، جامعة نيوهامبشير، ٢٩ أكتوبر، ١٩٩٩». حقوق الطبع محفوظة، ١٩٩٩.
الجمعية الكيميائية الأمريكية.

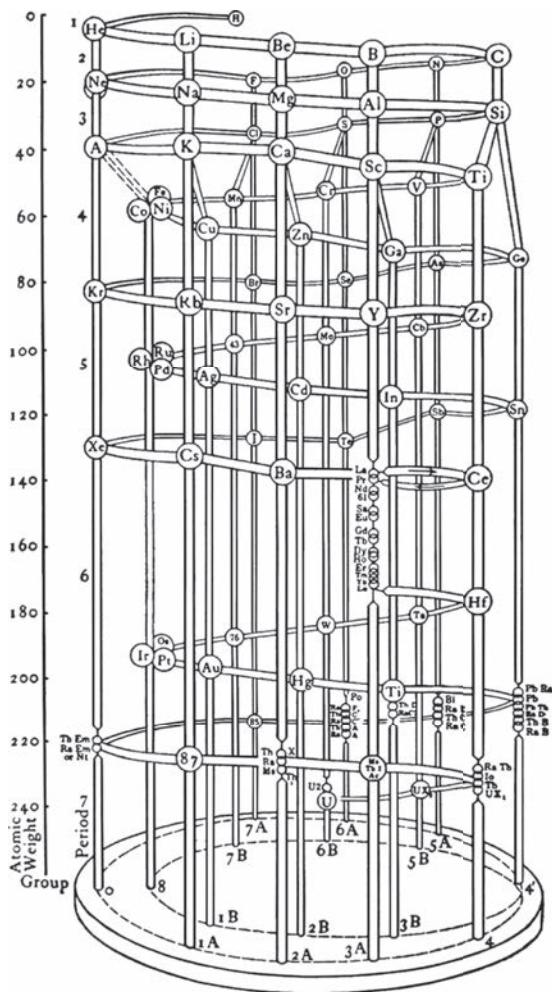
ما يبدو. في الواقع، كان للتعديلات في أساليب الفصل، وابتكرأساليب جديدة، واستخدام المطیاف الذي اخترعه جوستاف وكیرشوف وروبرت فیلهلم بنسن، دوراً في توجيهه عزل كل العناصر الأرضية السبعة عشر (الشكل ٧-٨) من «العنصرين» الأصليين. وفي عام ١٩٠٧، أعلن كلٌّ من جورجس أوربيان (فرنسا)، وكارل أور فون فيلشباخ (النمسا)،

وتشارلز جيمس (الولايات المتحدة)، في الوقت نفسه تقريباً عزلَ آخر عنصر أرضي نادر. لم يَحدث هذا أيضاً دون مغامرة وجداً، لكن في النهاية نُسب إلى أوَّرَبِين الفضلُ في اكتشاف اللوتنيوم (Lu, #71).^{22,21} أكد موزلي وضع هذه العناصر الأرضية النادرة ضمن عائلة العناصر، وأشار إلى عنصر واحد مفقود (رقمه الذري ٦١)، وتوقع وجوده. في الشكل ٦-٨، يظهر التعبير عن هذا العنصر الغامض ٦١ في صورة مساحة فارغة بين النيوديميوم (Nd) والساماريوم ("Sa"). وثمة عنصر آخر مفقود، #72 افترض أوَّرَبِين وموزلي وغيرهما أنه من العناصر الأرضية النادرة، جرى البحث عنه هباءً من عينات الخام التي أنتجت أسرة العناصر السبعة عشر المترابطة ترابطاً قوياً.

يُظهر الشكل ٨-٨ نسخةً محدثةً من الشكل اللولبي لهاركينز نُشرت في عام ١٩٣٤.¹³ إنَّ السمة المميزة حقاً للعلم قُدرُته على وضع تنبؤات واختبارها، وكلما كانت تلك التنبؤات جريئة، كان هذا أفضل. كانت الأماكن الفارغة في جدول منديليف الدوري الأصلي (الشكل ١٦-٧) تنبؤاتٍ جريئةً بعناصر جديدة، مثل الجاليوم (إيكا-اللومنيوم)، والجرمانيوم (إيكا-سيليكون). وقد اكتُشفت جميع العناصر التي تنبأ بها منديليف في غضون الأربع والعشرين سنة التالية، وحُلَّ لغز الهافيوم (Hf, #72) عندما طبَّقَ نيز بور نسخة من أعداد الكم، وأدرك أنَّ العنصر #72 لم يكن مشابهاً للعناصر من #57 حتى #71، بل ينبغي أن يكون مشابهاً إلى حدٍ ما في سلوكه الكيميائي للزركونيوم (Zr)، المعروف بكونه رباعي التكافؤ. وبمجرد معرفة هذا، عُثر على هذا العنصر الجديد بكميات ضئيلة في خامات الزركونيوم، وفُصل بمشقة، وأُعلن عنه عام ١٩٢٣.²² أدَّت أفكار مشابهة إلى عزل الرينيوم (Re) في عام ١٩٢٥ (رغم أنه ما زال مدرجاً بوصفه #75 في الشكل ٦-٨).²² البداية الجادة لعصر الكيمياء النووية كانت في أواخر ثلاثينيات القرن العشرين؛ فُعزل التكنيشيوم (Tc, #43) والفرانسيوم (Fr, #87) والأستاتين (As, #85)، وأآخر العناصر الأرضية النادرة، البروميثيوم (Pm, #61) — انظر الشكل ٨-٨ على مدار عقد من الزمن. كان موزلي سيبلغ من العمر ٦٠ عاماً، لو عاش ليشهد اكتشاف البروميثيوم في عام ١٩٤٧. ولكن مع الأسف، طُلب للتجنيد الإجباري في أثناء الحرب العالمية الأولى، وأُصيب بطلاق ناري وقتل في معركة جاليبولي.

اكتُشفت عناصرُ ما وراء اليورانيوم (التي تزيد أرقامها الذرية عن ٩٢) لأول مرة في عام ١٩٤٠.²³ ويُوجَد أول عنصرين منها، النبتوبيوم (Np, #93) والبلوتونيوم (Pu, #94) في الطبيعة بكميات ضئيلة للغاية. غير أنه في أربعينيات القرن العشرين صُنعت منها

بعض المرح



شكل ٨-٨: نسخة لاحقة للشكل الدوري اللولبي لهاركينز وهول يشمل الاكتشاف الذي حدث في عام ١٩٢٣ للهافنيوم (Hf, #72)، وهو ليس عنصرًا أرضيًّا نادرًا كما اعتقد البعض في البداية، وفصل الرينيوم (Re, #75) في عام ١٩٢٥، رغم أنَّ اسمه ليس مذكورًا بوضوح هنا (مستخدم بتصرير من مجلة «جورنال أوف كيميکال إديوکیشن»، ١٩٣٤).

كمياتٌ كبيرة باستخدام القصف النووي. وقدَّمت سلسلةً من العناصر الجديدة المصنعةُ المتزايدةُ الوزنِ وغير المستقرة إلى حدٍ كبيرٍ، التي أُعلن عنها على مدار العقود الخمسة التالية، جدولاً دوريًا متَّسعاً للغاية.²³ وإذا استمررنا في استخدام تشبثيه السُّلم الحلووني، فسنجد أن علماء الكيمياء النووية كانوا يحفرون أسفل القبو المشع في قبو تحتيًّا أكثر غرابةً. ومع ذلك، لا يوجد سبب لافتراض أن الشكل اللولبي لا بد أن يبدأ من الأخف وزناً في القمة ويزيد الرقم الذري كلما توغلنا إلى أسفل. بالنسبة لي أنا – عالم الكيمياء العضوية – يبدو الترتيب في الشكل ٨-٨ جيداً لي؛ فعناصري الهيدروجين والكربون والنيتروجين والأكسجين هي الأقرب إلى الجنة. إلا أن جنة شخص ما ربما تكون جحيم شخص آخر؛ فأنا أعتقد أن علماء الكيمياء النووية ربما يُفضّلون أكثر تزايد الرقم الذري مع الصعود؛ فقد كان هدفهم منذ فترة طويلة إيجاد «جزيرة ثبات» (ربما «سحابة ثبات؟») للعناصر الفائقة الوزن.²³ وربما يرى عالم كيمياء عضوية مثل هدفهم هذا مثل «أطلانتس». وفي عام ١٩٩٩، بدا أنه قد أمكن الوصول إلى هذه الأرض (أو السحابة) الموعودة مع التوليف النووي لعنصر #118.²³ إلا أنَّ هذا الزعم سُحب فيما بعد، ولا يزال هذا الهدف صعب المنال.²⁴

(٣) برق أبيض داخل الذرة، قبلة أم نجمة

استخدم الكيميائي بريمو ليفي في كتابه المؤثِّر «الجدول الدوري»، ٢١ عنصراً عناوين لفصوله، من أجل استعراض رمزيٍّ لتجاربه وذكرياته وأحلامه كيهودي إيطالي المولد يعمل في مدينة تورينو أثناء الحرب العالمية الثانية. على سبيل المثال، في الفصل الافتتاحي، الأرجون، يُشَبِّه ليفي أجداده من عصر النهضة الإيطالية وورثتهم بالغازات الخاملة:²⁷

تحمل المعلومات القليلة التي أعرفها عن أسلاف الكثير من أوجه الشبه بينهم وبين هذه الغازات. فلم يكونوا جميًعا خاملين إلى حدٍ كبير؛ إذ كان ذلك رفاهية غير مُتاحَة لهم. على العكس، فقد كانوا – أو كان عليهم أن يكونوا – نشطين إلى حدٍ كبير، حتى يَكْسِبُوا عيشهم، وبسبب مبدأ أخلاقي يقول إنَّ «من لا يعمل، لا يأكل». لكن لا شكَّ في أنهم كانوا خاملين من داخلهم، ويَمْيلُون إلى التفكير فيما لا يهم، والحوارات الطريفة، والنقاشات الراقية والمعقدة التي لا

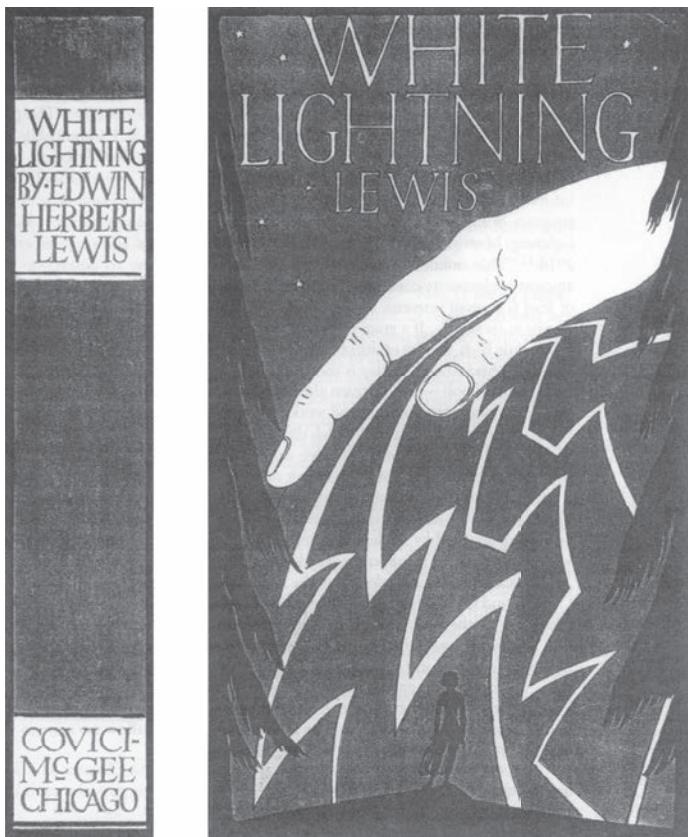
مبِّرٌ لها ... نباء، وخاملون، ونادرون: إنَّ تاريخهم فقيرٌ للغاية عند مقارنته بتاريخ المجتمعات اليهودية الشهيرة الأخرى في إيطاليا وأوروبا.

(عرضياً، زعم ليفي خطأً أنَّ الأستاذ نيل بارتليت حصل على جائزة نوبيل في الكيمياء لاكتشافه في عام ١٩٦٢ أنَّ غاز الزيون الخام يتفاعل ليُشكّل مركبات كيميائية.^{٢٧} ورغم أنَّ معلومات ليفي التاريخية كانت خاطئة، أعتقد أنَّ حكمه كان سديداً).

قبل خمسين سنة من نشر كتاب «الجدول الدوري»، ألف إدوين هيربرت لويس، «أستاذ اللغة الإنجليزية الغريب للأطوار في معهد لويس في شيكاجو»،^{٢٨} كتاب «البرق الأبيض»^{٢٩} (الشكل ٩-٨)، وهو رواية من ٣٥٤ صفحة مقسمة إلى ٩٢ فصلاً، يحمل كلُّ منها اسم عنصر بحسب ترتيب الرقم الذري (المكتشف حديثاً). إنه كتاب جريء يحمل الطابع المندلوفي - فالالفصول ٤٣ و ٦١ و ٧٥ و ٨٥ و ٨٧ لا تَحِمِّل أسماء وتتنَّسَّ بالغموض على وجه الخصوص.^{٣٠} تَحْكِي الرواية بلوغ مارفن ماهان سن الرشد، وتعامله مع القنابل والغاز في الحرب العالمية الأولى، ونشأته في عشرينيات القرن العشرين عالماً شاباً ذكياً في مجال الكيمياء الإشعاعية. يُوظف «البرق الأبيض» استعارة على مدار الكتاب للطاقة المخبأة في المادة — فمارفن هو «جُنُّي هذا البرق المحبوس في زجاجة»؛^{٣١} والأرض تظهر من كوكب الزهرة على أنها «نقطة ثابتة من البرق الأبيض». ولكي يدَع الاستعارة تتَّفَجَّر من الزجاجة، يُفْكَر مارفن متأنلاً:^{٣٢}

إنَّ وجنة الفتاة، التي يبدو ملمسها ناعماً على الشفتَين، هي في الواقع سماء مرصعة بالنجوم، مملوءة بالشموس والأقمار الكهربائية. والجهد بين كل شمس وأقمارها هو الذي يمنع هذه الوجنة من الانفجار عند تقبيلها. وهنا كان يدعوها جميعاً «عزيزيَّاتي»! حسناً، ربما كان يعلم أنَّ الفتيات يتكوننَّ من الكهرباء؛ فقد كان دوماً يشعر بها وهي تسري في ذراعه.

والأخطر من هذا، بتتبأً لويس باستخدام الأسلحة النووية:^{٣٤} «البرق دون الذري وحده هو الذي سيُعلِّم الآلان». وللمفارقة، يتتبأَ المؤلَّف أيضاً بنشوب حرب حتمية مع اليابان على الموارد الطبيعية والاستعمار في آسيا. تمثُّل يد مارفن اليسرى أيضاً رمزاً قوياً؛ نظراً لأنَّها تحتوي على البرق وتتلقَّاه وتُنطَلِّقه (الشكل ٩-٨). تُفَجَّر هذه اليَد قنبلة في الحرب، ومن ثمَّ تُبَرَّ، ويفقد بذلك كمال شبابه وبراءته.



شكل ٩-٨: الغلاف الأمامي وكعب الكتاب لرواية «البرق الأبيض» الصادرة في عام ١٩٢٣ لإدوبين هيربرت لويس «الغريب الأطوار» نوعاً ما. كان المؤلف مطلعاً ومواكباً إلى حدٍ كبير لمجال الكيمياء (خاصة الكيمياء النووية)، وكانت روايته المكونة من ٣٥٤ صفحة مقسمة إلى ٩٢ فصلاً، تبدأ بالأكسجين وتنتهي بالليورانيوم. كانت الفصول ٤٣ و٦١ و٧٥ و٨٥ و٨٧ فصلات غير معنونة بالطبع، لكن الفصل ٧٢ كان بعنوان «هافنيوم»؛ نظراً للإعلان عن هذا العنصر في عام ١٩٢٣، وهي السنة التي نشرت فيها الرواية. تمثلت الهيئتان الخالستان اللتان تركهما لويس للأجيال القادمة في جامعة شيكاغو مدربسته الأم، وأبنته، الشاعرة والروائية البارزة جانيت لويس، التي توفيت في عام ١٩٩٨ عن عمر يُناهز التاسعة والخمسين.

في حين أتني لست «ناقداً أدبياً» معتبراً به، فإبني أعتقد أن ناقداً في عام ١٩١٦ لكتاب آخر من كتب لويس قد صنفه روائياً كما يستحق: «تحرك الحبكة بسلسة بمساعدة صدف رائعة وقصص غرامية مستحيلة». ^{٣٥} ومع ذلك، دعونا نشد بالمؤلف إشادة كبيرة بوصفه ملاحظاً مطلعاً وخبيراً في الكيمياء. فقد كان مطلاً للغاية ومواكباً للثورة العقدة في فهم تركيب النواة الذرية، التي كانت قد تحرّكت بالفعل في وقت تأليفه لكتاب «البرق الأبيض».قرأ مارفن عن اكتشاف هنري جي جي موزلي للأرقام الذرية في عام ١٩١٤:^{٣٦}

لقد اكتشفها هذا المغمور موزلي – طريقة أكيدة لتحديد مقدار الكهرباء المخبأة في قلب الذرة ... فكر في الأمر – تمثل ذرة الرصاص كوناً صغيراً من البرق المضغوط؛ إذ تحمل اثنين وثمانين قمراً كهربائياً في سمائها ... وإذا كان جرام من الرصاص المتحلل يُصدر طاقةً تكفي لرفع خمسمائة طن على ارتفاع ميل، فإن جراماً من الرصاص المتحلل يفترض به تشغيل كل عجلة في مصنع كبير! (وعندما تعرّض موزلي لطلق ناري وقتل في سن السابعة والعشرين في معركة جاليبولي – اخترق الرصاص العقل الوحيد الذي فهم الرصاص بحق).^{٣٧} يلتتحق مارفن بجامعة بيل ويعمل تحت إشراف الأستاذ (ال حقيقي للغاية) بيترام بوردن بولتوود، مُكتشف «الأيونيوم» (الذي سرعان ما اتضح أنه نظير الشوريوم من التحلل الإشعاعي لليورانيوم).^{٣٨} في الواقع، يشهد لويس بعمل سودي وأستون واكتشفهما للنظائر، ويذكر بحماس تحويل روثفورد النووي للنيتروجين، ويقدم الفهم المعاصر للنظائر الذي يفسّر وحدات الكتلة الإضافية بوصفها نتيجةً لتحييد البروتونات النووية بفعل الإلكترونات النووية. وقد تحقق اكتشاف النيوترون على يد تشادويك في عام ١٩٢٢، بعد عقد تقريباً من نشر كتاب «البرق الأبيض».

أحياناً، كان لويس «يُصيب الهدف» بالفعل. كانت أول «محبوبتين» لمارفن هما سينثيا وجريشا. تشهد جان، السيدة التي أصبحت زوجته في الفصل ٩٢، وفاة والدتها المبكرة بسبب سكتة دماغية مفاجئة في اليوم نفسه الذي علمت فيه بمقتل أخيها في الحرب. ورغم أن هذا الفصل (١٠) مفعّل للغاية، فإنه يُشبّه النيون بكونه بارد وغير مبالٍ وغير أخلاقي – «لكن طوال الوقت ظلّ الغاز النبيل المدعو نيون غير متاثر. مثل كيميائي هادئ العينين ينظر إلى المستقبل، ولم يسمع أي انفجار». ^{٣٩} وتتعدد جان، المذكرة عاطفياً، بالعفة في الفصل الثامن عشر (الأرجون)، وبألا تسمح لأي رجل بالتلود إليها – «ستكون مستعدة لهم، وهي خاملة مثل الراهبة». ^{٤٠}

غير أن مؤلفنا لا يُمكنه مقاومة الجنوح نحو مبالغة دورية؛ ولذلك نجد مارفن في الفصل ٣١ (جاليلوم، وهو عنصر تنبأً مندليف بأنه سيشغل فراغاً في جدوله الدوري) يضرِّبه البرق من زوجته المستقبالية:⁴¹

تماماً مثلاً تنبأً مندليف بوجود عنصر مثل البورون وعنصر مثل الألومنيوم، كان يعرف أيضاً لا شعورياً أن ثمة فتاة متقدة الحماس مثل سينثيا ومستقلة على نحو رائع مثل جريشا.

ويسوء الوضع أكثر:

الفصل ٢٥: «أصبح وجه جيمي وردياً أكثر من أملأ المنجنيز». (يا إلهي!)

الفصل ٢٧: بطريقة ما علمت عندما بدأت أقرأ الفصل ٢٧ أن اللورانسيوم لا بد أن يكون في زرقة الكوبالت. (وماذا أيضاً؟)

الفصل ٣١: «قد لا تذوب تماماً في يديه كما يذوب معدن الجاليلوم، لكنها ستتسسلم». (النجدة!)

الفصل ٣٨: يبدأ: «جذف الشاب السعيد إلى جزيرته المستأجرة، ولبعض الوقت جلس يشاهد أضواء المرفأ القادمة من النهر، حمراء مثل نترات العنصر رقم ثمانية وثلاثين». كنت أفضل: «كانت ليلة مظلمة وعاصفة ...»

الفصل ٥٠: (القصدير، إذا كنت ما زلت منتبهاً): «أنا أحب اللبن المعَلَب من الدرجة الأولى» (بالطبع كنت ستفعل).

الفصل ٥٩: براسوديميوم. كيف تستحوذ على اهتمام القارئ بهذا العنصر؟ حسناً، تنتهي الأمور كلها بسعادة. فيستطيع الأرجون تكوين مركب.⁴² (نسيت) ترفض جان في البداية عرض مارفن للزواج منها بازدراة، وتدعوه إلى العودة وزيارتتها بعد ثلاث سنوات من هذا اليوم مع زوجته. وفي أثناء السنوات الثلاث التطهيرية هذه، يبدأ مارفن ترُكُّ أثره، فتبدأ جان تهتم بالكيمياء وتنشئ مختبراً بسيطاً، وتؤدي بها عقليتها الألعيبة إلى أن تعجب بماري كوري وتكتشف وحدها بعض التساؤلات الكيميائية الأساسية في هذا الوقت. يعود مارفن ويعلم أنه سيشغل منصبًا جامعيًا في الكيمياء في بالو ألتون (ستانفورد)، وتقبل جان أخيراً الزواج به. ورغم احتمال ذكر ببير وماري كوري هنا، فإن أنطوان وماري آن بيري لافوازيه كانوا الأنسب على الأرجح.

وماذا عن مؤلفنا المتميّز السيد لويس؟ يُقال إن أهم إسهاماته الأدبية كانت ابنته جانيت لويس (١٨٩٩-١٩٩٨)^{٤٣,٢٨} فقد كانت شاعرةً وكاتبةً مسرحيةً وروائيةً ذاتَةُ الصيٍتِ، تظلُّ أشهر أعمالها رواية «زوجة مارتن جير». وكتبت كذلك نصّ كلمات أوبرا ويليام بيرجسما التي تحمل العنوان ذاته، وربما من المنطقي اعتبار عملها أحد المصادر التي قام عليها الفيلم الفرنسي «عودة مارتن جير». ومن الرائع تخيل حوار بين الأب وأبنته يشمل اهتمامهما المشترك بالسكان الأمريكيين الأصليين — فهم منتشرون في كتاب «البرق الأبيض»، ويمثلون موضوع أول كتاب شعري للسيدة لويس («الهنود في الغابة»، ١٩٢٢). وربما احتوى جزء من حوارهما الرائع على مزيجٍ من العلم والشعر كما فعلت على نحو رائع في هذا العمل الموجز:^{٤٤}

**الصباح الباكر
الطريق**

الذي يسلكه العنكبوت في الهواء،

غير مرئيٍ

حتى يلمسه الضوء.

المسار

الذي يسلكه الضوء في الهواء،

غير مرئيٍ

حتى يَعْثُرَ على شبكة العنكبوت.

(٤) «أقاياضك بيب روث بأنطوان لافوازييه!»

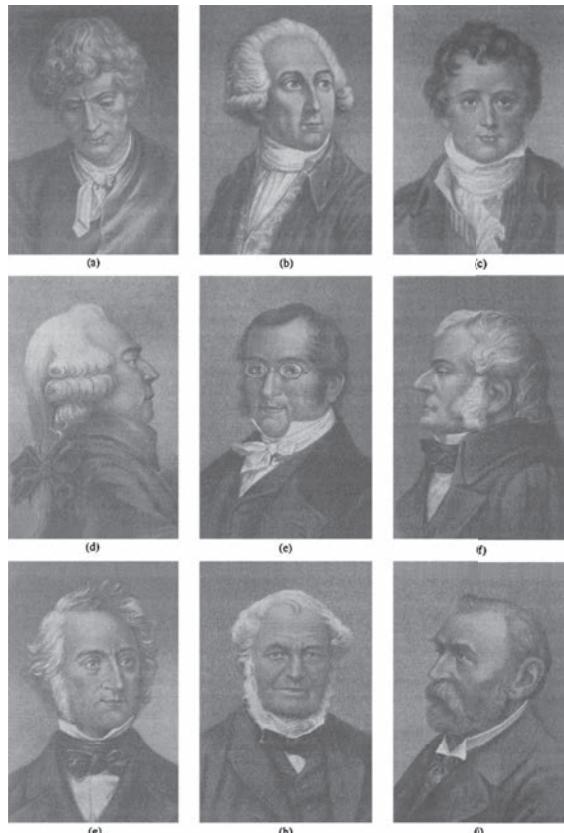
يُعدُّ بيب روث «أبو لعبة البيسبول الحديثة» بسبب ما أحدثته ضربته المثالية من ثورة في لعبة البيسبول؛ ففي عام ١٩١٨، لم يحقق أيٌ من فرق الدوري الرئيسي الست عشرة أكثر من ٢٧ ضربة مثالية.^{٤٥} في تلك السنة أَهَلَّ روث البالغُ من العمر ٢٣ عامًا فريقَ بوسطن ريد سوكس إلى بطولة العالم، من خلال فوزه باثنين من انتصاراتهم الأربع في نهائيات كأس العالم، وكان أفضل لاعب مناصفةً في الدوري في الضربات الآمنة مع لاعب آخر (بواقع ١١ ضربة لكلٍّ منهما).^{٤٦} وفي عام ١٩١٩، وهو آخر عام له مع الريد سوكس، أحَرَّزَ روث ٢٩ من إجمالي ٣٣ ضربة آمنة لفريقه في الموسم بأكمله. باع فريق

الريد سوكس، الذي كان بحاجة إلى المال، روث سريعاً إلى فريق نيويورك يانكيز الثري، ولم يفز بنهائيات كأس العالم منذ عام ١٩١٨ («لعنة فينيواي» الشهيرة). وفي عام ١٩٢٠، سدد روث، بعد التحاقه بصفوف اليانكيز، ٥٤ ضربة آمنة – أي أكثر من إجمالي ضربات الموسم الأربع عشرة لفرق الدوري الرئيسي الخمس عشرة. وفي عام ١٩٢١ سدد ٥٩ ضربة آمنة، ووضع في عام ١٩٢٧ الرقم القياسي الحديث، ٦٠، الذي استمر طيلة ٢٥ سنة. وفي عام ١٩٣٠، وقع روث على راتب ٨٠ ألف دولار في السنة، وعندما قيل له إنه يحصل على أكثر من رئيس الولايات المتحدة، رد قائلاً: «حسناً، لقد كان عامي أفضل من عامه.». ويقول التاريخ إنَّ روث كان على الأرجح محقاً. أعاد أنطوان لوران لافوازييه «أبو الكيمياء الحديثة» تعريف الكيمياء بالكامل، وأحدث ثورة فيها. وبوصفه واحداً من ٤٠ «ملتزمًا» في «مؤسسة جمع الضرائب»، يمكن تصور أن لافوازييه كان يتلقى راتباً في عام ١٧٨٩ أعلى من راتب لويس السادس عشر، ورغم أننيأشكر في هذا، لكنه بالتأكيد لم يكن يجرؤ على التفاخر بالأمر. من المُنْصِف أيضاً القول إنَّ لافوازييه حظي في عام ١٧٨٩ بعام أفضل من الملك. لذلك من المُنْصِف على نحو بارز أن نطلق على بيب روث «أنطوان لافوازييه البيسبول». وربما يُفكِّر المرء حتى في أن يُطلق على لافوازييه «بيب روث الكيمياء».

تبعد لي مقايضة بطاقة بيب روث في البيسبول ببطاقة لافوازييه أشبه بـ«السرقة». ومع ذلك، فإنَّ الواقع المريء يُشير إلى أنه توجد حالياً سوق استثمار نشطة للغاية في مبادلة بطاقات البيسبول، بينما لا تتحقق مبادلة بطاقات الكيمياء، الذي كان «مستعرًا» في بلجيكا وهولندا منذ أكثر من ستين عاماً، «ربحاً عند بيعها» في الواقع. ولأنني لم أسمع عن كيميائيين وقعوا عقوداً لمدة ١٠ سنوات بمبلغ ٢٥٢ مليون دولار⁴⁷ ببنود احتكار، فعلى الأرجح لن تحدث نهضة في بطاقات الكيمياء في المستقبل القريب.⁴⁸

إنَّ الصور الجميلة الموضحة في الشكل ١٠-٨ مأخوذة من بطاقات المبادلة في مجال التبغ أصدرتها علامة «لا سيجاريت أورينتال دو بلجيك» التجارية في عام ١٩٢٩ أو ١٩٣٠ (الكتابات على ظهر هذه البطاقات كانت بالفرنسية والفلمنكية). يُظهر الشكل ١٠-٨ (a) كارل فيلهلم شيله، وهو صيدلاني سويدي متقد الذكاء، ذو موارد معيشية متواضعة للغاية، استطاع اكتشاف الأكسجين لأول مرة، لكنه فشل في فهم دوره في عملية الاحتراق. وتظهر في الشكل ١٠-٨ (b) صورة للأستقراطي أنطوان لوران لافوازييه، «أبو الكيمياء الحديثة». ويُظهر في الشكل ١٠-٨ (c) همفري ديفي الوسيم وسامة الأطفال، التي أدت شروحة الكيميائية إلى التحاق النساء، مثل الرجال بـ«الأمسيات الكيميائية» في

بعض المرح



شكل ١٠-٨: بطاقاتٌ هواً تُصورُ أشهر علماء الكيمياء صدرت عام ١٩٣٨ من علامة «لا سيجاريته أورينتال دو بيلجيك» التجارية. انظر الصور الملونة. رغم أن شركة توبس أصدرت بطاقات مبادلة للعلكة في أوائل خمسينيات القرن العشرين تضم صورة ماري كوري ولويس باستير، يبدو أنه لا توجد سوق حالية لسلسلة بطاقات «نجمو الكيمياء» للمبادلة على العلقة. يا للخسارة! (خالص امتناني لجيمي وستيف بيرمان على هذه المعلومات).

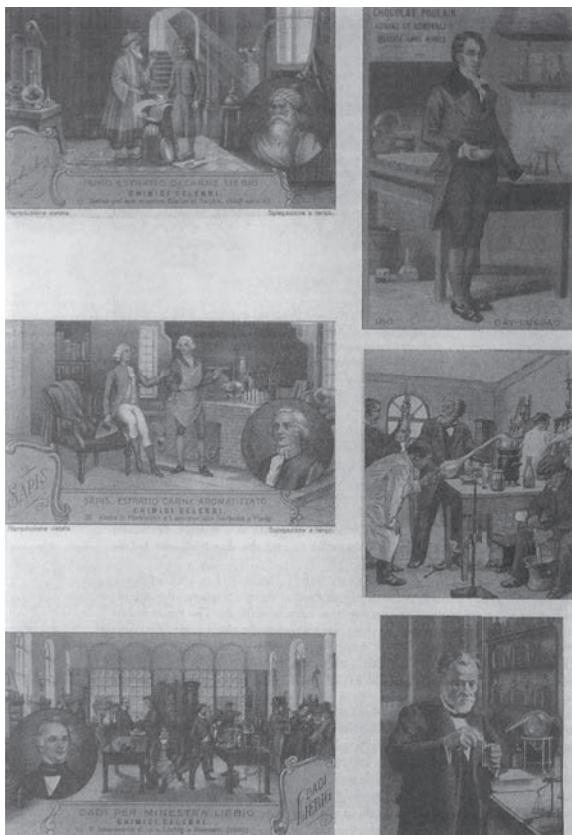
المعهد الملكي بدايةً من عام ١٨٠١. ويعرض الشكل ١٠-٨ (d) صورة كلود برتوليه، الذي أدى اكتشافه «لتأثير قانون الكتلة» إلى طرح تساؤلات أثارت حنق نظرية دالتون الذرية فيما بعد حتى أصبحت التناقضات مفهوماً بالكامل. في المقابل، دعم قانون دمج أحجام

الغازات لجاي-لوساك (الشكل ١٠-٨(e)) بشدة، النظرية الذرية للكويكري المتواضع في زينته، جون دالتون (الشكل ١٠-٨(f)). كان يوستوس ليبيج (الشكل ١٠-٨(g)) أحد مؤسسي «الكيمياء الحيوانية» (الكيمياء الحيوية)؛ فقد ساعد عمله في الكيمياء التحليلية على ترويض «الغابة البدائية» للكيمياء العضوية. أما روبرت بنسن (الشكل ١٠-٨(h))، الكيميائي والفيزيائي الألماني، فقد شرع في صنع المطياف من أجل تحليل المعادن النزرة، لكن أصبح مصدر الضوء المستخدم في هذا الجهاز حالياً هو موقِّد بنسن المعروف لكل من درس الكيمياء في المدرسة الثانوية. أما الشكل ١٠-٨(i) فهو صورة لألفريد نوبل، الذي حقَّ ثراءً من صنع المتفجرات، والذي أوصى بثروته لإنشاء أشهر جوائز في العالم تحمل اسمه، التي من بينها جائزة نوبل للسلام.

يعرض الشكل ١١-٨ ستة مشاهد لختارات. رفعت بطاقة شوكولاتة بولين التي تُصوَّر جاي-لوساك — في الجانب العلوي الأيمن في الشكل ١١-٨ — فنَّ بطاقة المباذلة إلى مستوى جديد. ويرجع تاريخ البطاقة الموجودة في المنتصف على الجانب الأيمن إلى ثلاثينيات القرن العشرين، وهي تصوير ألماني على الأرجح لختار في مطلع القرن، وتُظهر البطاقة في الجانب السُّفلي الأيسر لويس باستير في مختبره. أما البطاقات الثلاث الملونة على يسار الشكل ١١-٨، فهي من سلسلة نشرتها في ثلاثينيات القرن العشرين شركة إيطالية تُروج لشركة ليبيج ميت إكستراكت. وتُصوَّر البطاقة العليا مشهدًا تخيليًّا في المختبر الأسطوري للفيزيائي والكيميائي العربي في القرن الثامن جابر بن حيان.

أما البطاقة الثانية على يسار الشكل ١١-٨، فتُصوَّر لافوازييه⁴⁹ وبرتوليه في السوربون في باريس، رغم عدم تقدُّم أيٍّ منهما منصبًا هناك. دافع برتوليه عن نظرية الفلوجستون بين عامي ١٧٨٠ و١٧٨٣. وفي عام ١٧٨٣ اكتُشفت الطبيعة الحقيقية للماء على يد كافنديش وصنع هذا المركب من عناصره بعنایة، وتحلَّل مرةً أخرى إلى عناصره على يد لافوازييه. واتَّضح أنَّ الماء هو مرَّكب يتكون في ثمانية أجزاء بالضبط من وزنه من الأكسجين وجزء واحد من الهيدروجين. فلم يكن، في النهاية، «فلوجستونًا منزوع الفلوجستون». وفي أبريل عام ١٧٨٥ أصبح برتوليه أول كيميائي فرنسي بارز يدعم نظرية لافوازييه الجديدة عن الأكسدة.⁵⁰ وظلَّ صديقًا للافوازييه، ونجا من الثورة الفرنسية مع الحفاظ على نزاهته، ورافق نابليون في بعضه العسكرية والعلمية إلى مصر في عام ١٧٩٨. وفي أثناء هذه البعثة أجرى برتوليه اكتشافه المُثير للاهتمام لرواسب الصودا (كربونات الصوديوم) على شواطئ البحيرات المالحة، مما أدى إلى صياغته لنظرية قانون

بعض المرح



شكل ١١-٨: بطاقات مبادلة صادرة في عشرينيات وثلاثينيات القرن العشرين تُصوّر مختبرات كيميائية وكيميائيين مشاهير. ظهرت صورة جاي-لوساك التي نُشرت لشيكولاتة بولين (دقّ وقارن! جودة دون منافس) على نحو رائع على وجه الخصوص. وتُمثّل البطاقة الموجودة في الجزء السفلي الأيسر نسخةً للوحة الشهيرة لمحترف يوستوس ليبيج في جامعة جيسن. والكيميائي الموجود في الجزء الأمامي في منتصف الصورة ويستخدم المدقة والهاون بأسلوب حالم هو جدي الكيميائي الأكبر، أدولف شتيكر.

الكتلة.^{٥١} وبنزاته المميزة لأحد أعضاء مجلس الشيوخ، صوّت برتوليه لعزل صديقه في عام ١٨١٤ من أجل إنتهاء الحرب الكارثية التي قادها نابليون.^{٥٠}

أما المشهد الذي يظهر في البطاقة السُّفلية على اليسار في الشكل ١١-٨، فهو لُختبر يوستوس ليبيج في مدينة جيسن، ويوجد المختبر الأصلي في متحف جامعة جيسن. تحدّت هوية معظم الشخصيات الموجودة في الشكل.^{٥٢} فالشخصية الجالسة في الوسط بالأمام والتي يستخدم صاحبها، بأسلوب حالم، المِدَقَة والهاؤن، هو تلميذ ليبيج، أدولف فريديريك لودفيج شتيكير، جدي الأَكْبَر، من الناحية الكيميائية (نعم؛ فذأنا أيضًا أحد الحَفَدة الكيميائيين لليبِيج — انظر خاتمة هذا الكتاب). وعلى يسار شتيكير يقف هاينريش ويل، الذي سيخلف ليبِيج عما قريب مديرًا في جيسن. وفي أقصى اليمين من هذه الصورة يوجد أوّجست فيلهلم هوفمان، أعظم تلميذ ليبِيج، الذي قَبِلَ وظيفة أستاذ في الكلية الملكية للكيمياء بعد رفض معلّمه لها.^{٥٣}

الآن ماذا نفهم من بطاقات المبادلة الست الظاهرة في الشكل ١٢-٨ التي تُرْوَج ل المنتجات يوستوس ليبِيج الغذائية، وعليها نسخة طِبَق الأصل من توقيعه (تمامًا مثل التي تُوجَد على بطاقات البيسبول)؟ كان ليبِيج يُؤلِّف كُتُبًا علميًّا عن الكيمياء الغذائية منذ أربعينيات القرن التاسع عشر. وكانت لديه نظرية عن الأهمية الحيوية «عصارة اللحم» للنظام الغذائي والصحة،^{٥٤} كما صنع «شيًّا من الدجاج» من خلال ترك الدجاج المفروم منقوًعاً في ماء بارد لساعات مع بعض قطرات من حمض الهيدروكلوريك المُضاف من أجل تليين اللحم. واتَّضح أن تناول جرعات متكررة من هذا المشروب يعالج كل أنواع الأمراض. غير أن أشهر مُسْتَحْضِرَاته كان خلاصة اللحم التي أَعْدَها. وفي عام ١٨٥٦ عَيَّنَ مهندس سكة حديد ألماني يُدعى جورج كريستيان جيبرت، ليبِيج مديرًا لشركة ليبِيج إكتراكت أوف ميت المؤسَّسة حديثًا. بيعت أسهم الشركة في سوق لندن للأوراق المالية.^{٥٥} وحتى يومنا هذا لا يزال مُسْتَخلص ليبِيج للحم يُباع في ألمانيا. صدرت بطاقات المبادلة الموضَّحة في الشكل ١٢-٨، التي كُتب تعليقُها بالهولندية، في ثلاثينيات القرن العشرين. إنها بطاقات جذابة، ويُوجَد على ظهرها قصص مفيدة عن الكيمياء.^{٥٦} تخبرنا البطاقة الأولى (مكعبات ليبِيج، تعطي الطاقة والمذاق الذي) عن «الفن المقدس في مصر القديمة» بأسلوب موجز لكنه غني بالمعلومات المفيدة إلى حدٍ كبير. أما البطاقة الثانية (رافيوبي ليبِيج مع البيض: أرقى الأطباق الإيطالية) فتصف تاريخ بداية الأدوية العامة الشافية من كل داء في أرض العرب، بما في ذلك عمل كيميائيٍّ القرن الثامن جابر بن حيان. وتصف البطاقة الثالثة (بوالون ليبِيج النقى (مكعبات): الدجاج المثالي) الكتالوني الصوفي راموند لوبي (رامون لو) الذي ظهر في القرن الثالث عشر، والذي يُنسب إليه

بعض المرح



شكل ١٢-٨: كان يوستوس ليبيج أحد الرواد الأساسيين في الكيمياء الحيوية (الكيمياء الحيوانية والنباتية والغذائية). وكانت له آراء قوية بشأن أهمية «عصارة اللحم» في النظام الغذائي، وأغار اسمه للأدشطة التجارية. (توجد حالياً شركة تتبع أقرانها فيتنام سي للينوس بولينج). مؤكّد شركة يوستوس ليبيج هذه البطاقات البلجيكية التي طبعت في ثلاثينيات القرن العشرين، وروجت لخطهم من المنتجات الغذائية. انظر الصور الملونة. وأنا أدين بالفضل لجيسي ويستيف بيرمان لتزويديه لي بهذه المعلومات.

(زعمًا) عددٌ كبيرٌ من كتب الكيمياء القديمة. وتُقدّم البطاقة الرابعة (معجون الطماطم المركز للنبيج: مذاق قوي) لحمةً معلوماتيةً عن حياة باراسيليوس، الذي صنع ووصف الأدوية التسعة والتسعين المكونةً من مركبات معدنية بدلاً من المواد المستخلصة والمقطرة التقليدية المستخرجة من النباتات والحيوانات. وتعرض البطاقة الخامسة (خلاصة اللحم للنبيج: صديق الذوق) نقاشاً ممتعاً للطبيب الإنجليزي وعضو الجمعية الملكية، الذي ظهر في أواخر القرن الثامن عشر، جيمس هيجينبوثام. أدعى هيجينبوثام أنه اكتشف «حجر الفيلسوف». وعندما أخذته الجمعية الملكية إلى المحكمة حتى يثبت مزاعمه، سُمِّ نفسه أمام زملائه. وتُخبرنا البطاقة السادسة (نكهة النبيج: تُنگ الطعام) عن جوزيف بالسامو، المعروف أيضًا باسم كونت أليساندور دي كاجليوسترو، الذي أحدث ضجة في بلاط لويس السادس عشر كصانع للمعجزات و«صانع للذهب». لا يَسْعُ المرء إلا تخيلُ أن لفوازيه «يصنع لحماً مفروماً منه»، لكن يبدو أن الفرصة لم تُتح له قط. ونظرًا لاشتهره بعدة فضائح، انتقل بالسامو إلى روما؛ حيث قُبض عليه في أثناء محاكم التفتيش وتُوفي في الحبس عام ١٧٩٥.

يصف الجزء الخلفي من بطاقات الصور الشخصية الواردة في الشكل ١٠-٨ تفاصيل حياة هؤلاء الكيميائيين المختلفين، لكننا نحب تنسيق الأسطر في شكل إحصائيات الذي يظهر على الجزء الخلفي من بطاقات البيسبول التي تضم عادةً بعض الأسطر القليلة الموجزة الجذابة عن حياتهم المهنية. ولنحاول تقديم استعراض «منقح» للجزء الخلفي من بطاقة يوستوس لنبيج (الشكل ١٠-٨(g)):

البارون يوستوس «الحارس» فون لنبيج رقم ٥٧

الوزن: ١٤٥ رطلًا.*
الميلاد: عام ١٨٠٣ في دارمشتات، الطول: ٥ أقدام
و ٩ بوصات.*
يكتب على السبورة: باليد اليمنى.* يمسح السبورة: باليد اليسرى.*

اخترع يوستوس، الذي يُفضل أن يطلق عليه «السيد الأستاذ الدكتور» أو أحياناً «البارون» فقط لأصدقائه، فعليّاً تحليلًا دقيقًا للمواد العضوية، ووضع أساس فهم الكيمياء العضوية، ويعُد أحد رواد الكيمياء الحيوية. وجعلته معاييره الصارمة في عمله كرئيس تحرير لجلة «أنالين دير شيمي أوند فارماتسي» يَحْصُل على لقب «الحارس». وكان أول كيميائي في دورى النخبة يُوقع عقدَ

ترويج مجز لمنتج. وكانت هوايته الجدل الكيميائي «المُحتدم» الذي يقول عنه بفخر «لا مكان للتساهل في قاموسي».

* إحصائيات مهنية.

المحاضرات التي بدأها	عقوبات الجدل (بالدقائق)	الطلاب التحليلات	المحاضرات التي أتمها	المنشأة
٣٢٥١	٢٢٥١	٧٠٥	٢٣٤٨	٣٦٥٥

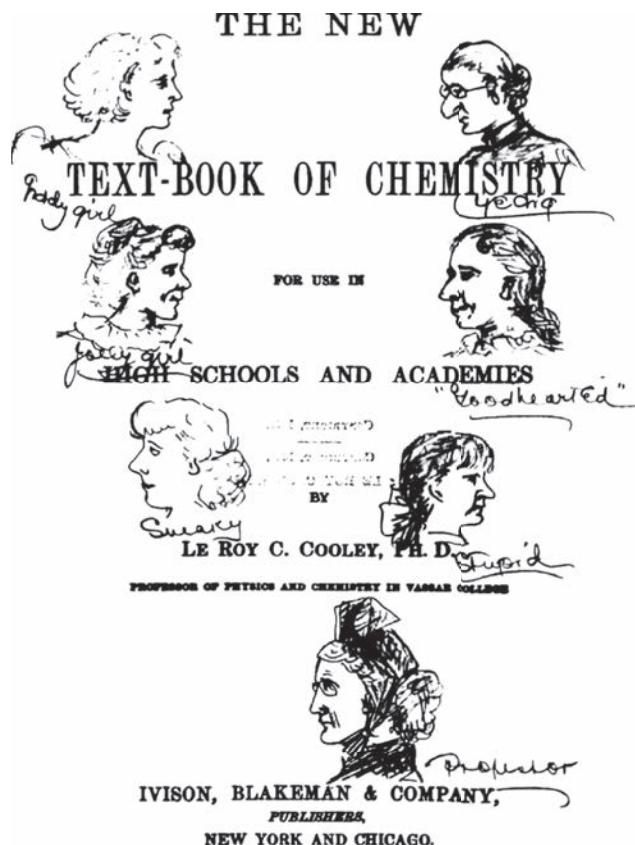
* هذه أشياء تخيلية فيما عدا عدد الطلاب الذين أثر فيهم والمجلة التي أسسها.

يُشير المؤرخ الكيميائي ويليام إتش بروك إلى أن ليبيج كان عالِمًا معروفاً للغاية، اتخذ موقفاً قويةً فيما يتعلق بقضايا ذات أهمية كبرى للرأي العام، مثل الزراعة والتغذية والصحة العامة.⁵⁶ ويقارنه بروك،⁵⁷ في هذا الشأن بلينوس بولينج، الذي هيمَّ على الكيمياء في القرن العشرين، ولعب أيضاً دوراً مهمًا في النقاش الدائر حول الاختبار الجوي للأسلحة النووية، وحول البيئة، وفيتامين سي، والسلام، والصحة العامة.⁵⁸ لم يكن بولينج أيضاً بعيداً عن الجدل، وربما يحتوي الجزء الخلفي من بطاقة مبادلته (الافتراضية) على عدد الطلاب الذي أثر فيهم (عشرات الآلاف)، وجواائز نوبل (٢)، والشيوعيين الأرثوذكسين والمكارثيين الذين أغضبهم (جميعهم).

(٥) الحياة السرية لواندا ويتني⁵⁹

أهدى هذا المقال إلى العدد اللانهائي من طلاب الكيمياء الذين يسمحون أحياناً (أحياناً كثيرة، بالنسبة) لعقولهم بالانحراف بعيداً أثناء الدرس عندما يرسمون أو يحلمون – مثلاً، بالسيدة الشابة التي اقتنت كتاب «الكيمياء» للكولي (الشكل ١٣-٨)⁶⁰ منذ أكثر من قرن وتتحدث إلينا، في يوم جنوبى قائظ في أواخر شهر مايو، ربما عبر رسوماتها.

حسناً أيها الطلاب، علِمنا الآن بالفعل كيف نحصل على الملح الصخري (نترات البوتاسيوم، كما تعلمون) من الحظائر والفحش من خلال حرق الخشب في



شكل ١٣-٨: ماذا حدث للسيدة الشابة التي رسمت بابداع بالغ في كتاب الكيمياء الذي كان يُدرَّس لها في المرحلة الثانوية منذ أكثر من قرن؟ ما الذي كانت تحلم به في يقظتها في قاعة الدرس؟ اقرأ المقال المصاحب واكتشف «حياتها السرية».

ظروف تقلُّ فيها نسبة الأكسجين. والآن سنتحدَّث عن المكوِّن الأخير للبارود وهو الكبريت. الكبريت هو مادة صلبة صفراء غير مُتألِّرة تُستخرج عادةً من معدن البيريت عن طريق تسخينه في بيئة مغلقة مع مراقبة الأخيرة وهي تصعد بتкаُّسل إلى الجوانب العلوية من الوعاء، و...

فَكَرْتُ وَانِدَا قَائِلَةً: «إِنَّهَا ذَكِيَّةٌ لِلْغَایِيَةِ لَكُنَّهَا حَادَةٌ فِي أَسْلُوبِهَا. أَتْسَاءَلُ عَمَّا إِذَا كَانَ أُتْبِعَ لَهَا عَلَى الإِطْلَاقِ مُزِيدٌ مِنَ الْأَخْتِيَارَاتِ بِخَلَافِ التَّدْرِيسِ فِي هَذِهِ الْمَدْرَسَةِ الْعُلَيَا الْقَدِيمَةِ الصَّغِيرَةِ. نَحْنُ نُطْلِقُ عَلَيْهَا «أَسْتَاذَةً»، لَكِنِي أَعْتَدَ أَنَّهَا يُمْكِنُ أَنْ تَكُونَ جَنَّرًا فِي الْجَيْشِ وَأَنَا الضَّابِطُ الْمَسَاعِدُ لَهَا».»

«أَيَّهَا الْكُولُوْنِيَّلُ وَيْتِي، نَحْنُ تَنْقِصُنَا الذَّخِيرَةُ، وَلَدِينَا عَجَزٌ فِي الطَّعَامِ وَالضَّمَادَاتِ، وَلَا تَوْجُدُ مَتْفَجِّرَاتٌ، وَكَتِيَّةٌ يَانِكِي تَتَقدَّمُ نَحْنُو فِي الْوَادِيِّ أَسْفَلَ مَنَا!» يُمْكِنُ سَمَاعُ صَوْتِ الْمُحَرَّكِ الْبَخَارِيِّ الَّذِي يُحْرِكُ قَاطِرَةَ الْكَتِيَّةِ بِصَوْتٍ خَفِيفٍ لِلْغَایِيَةِ مِنْ عَلَى بُعْدٍ (بُوكِيَّتا-بُوكِيَّتا-بُوكِيَّتا) مَعَ اسْتِخْدَامِ الْقَوَافِزِ الْزَّاحِفَةِ مَدَافِعَ الْهَاوَنِ وَنِيرَانَ الْقَنَاصَةِ لِلْتَّخلُّصِ مِنْ مَقاوِمَةِ الْجَنُودِ الْكُونْفِيَّدِرَالِيِّينَ بِالْقَرْبِ مِنْ مَزْرِعَةِ الْأَلْبَانِ. تَقُولُ الْكُولُوْنِيَّلُ بِإِصْرَارٍ عَابِسٍ «يَتَحَمَّمُ عَلَيْنَا إِيقَافُ قَطَارِ الذَّخَائِرِ هَذَا». «أَعْرَفُ يَا سَيِّدِي، لَكُنَّا نَتَعرَّضُ لِإِطْلَاقِ النَّارِ ... وَيَا إِلَهِي! أَصِيبَ إِدْ طَيِّبُ الْقَلْبِ! إِنَّ الرَّجَالَ فِي غَایِيَةِ الشَّجَاعَةِ، لَكِنَّ مِنَ السَّهْلِ اخْتِرَاقُهُمْ.» وَعَنْدَئِذٍ قَطَعَتُ الْكُولُوْنِيَّلُ وَانِدَا وَيْتِي أَحَدَ كُمَّيِّ قَمِيصَهَا، وَجَذَبَتْ زَجاَجَةً وَيُسْكِيَّ مِنْ أَحَدِ الضَّبَاطِ، وَرَكَضَتْ وَهِيَ تُمْسِكُ بِنَدْقِيَّتِهَا بِالْيَدِ الْأَخْرَى إِلَى إِدْ، وَاحْتَسَتْ جَرْعَةً كَبِيرَةً مِنَ الزَّجاَجَةِ، وَسَكَبَتْ مَا تَبَقَّى فِي الزَّجاَجَةِ عَلَى الْجَرْحِ، وَضَمَدَتْهُ بِالْجَزْءِ الْمَرْزَقِ مِنْ زَيْهَا. مَا زَالَتْ أَمَاهُمْ سَاعِتَانَ قَبْلَ مَرْوَرِ الْقَطَارِ عَلَيْهِمْ، وَعَنْدَهَا سَتَضِيعُ سَالِيزِيُّورِيُّ وَكُلُّ هَؤُلَاءِ الْجَنُودِ الَّذِينَ أَطْلَقُوا سَراحَهُمْ مِنَ السُّجُنِ مِنْ أَجْلِ الْانْضَامِ إِلَى أَبْنَاءِ وَطَنِهِمْ. لَا مَتْفَجِّرَاتٌ — وَضَعُ مِيَّوْسُ مِنْهُ. ثُمَّ كَانَتِ الْكُولُوْنِيَّلُ وَيْتِي تَتَذَكَّرُ عَمَلِيَّةً تَكَوِّنُ الْبَيْرِيتَ الَّتِي رَأَتْهَا مَصَادِفَةً بِالْقَرْبِ مِنَ الْحَظِيرَةِ مِنْذَ بَضَعَةِ أَيَّامٍ. فَجَأَهُ، أَعْطَتْ أَوْامِرَ إِلَى أَحَدِ الرَّجَالِ بِجَمْعِ بَضَعَةِ أَرْطَالِ مِنَ الْبَيْرِيتِ، وَوَضَعَهَا دَاخِلَ جَهَازِ تَقطِيرِ الْنَّحَاسِ، وَتَسْخِينِهَا عَلَى النَّارِ. وَأَمْرَتْ جَنِيدًا آخَرَ بِإِحْرَاقِ بَضَعَةِ أَرْطَالِ مِنَ الْخَشَبِ بِالْكَامِلِ دَاخِلٍ وَتَسْخِينِهَا عَلَى النَّارِ. وَأَمْرَتْ جَنِيدًا آخَرَ بِإِحْرَاقِ بَضَعَةِ أَرْطَالِ مِنَ الْخَشَبِ بِالْكَامِلِ دَاخِلٍ وَتَسْخِينِهَا عَلَى النَّارِ. وَعَاءَ بِهِ فَتْحَةٌ صَغِيرَةٌ فَقَطْ مِنَ الْتَّهْوِيَّةِ. ثُمَّ جَنَّدَتْ ثَلَاثَةِ رِجَالٍ آخَرِيْنَ لِجَمْعِ أَقْدَمِ رَوِيثِ مِنَ الْأَجْزَاءِ الرَّطِبَةِ الظَّلِيلَةِ فِي الْحَظِيرَةِ، وَعَرَّضَتْهَا لِلْهَوَاءِ لِمَدَدَّةِ ١٥ دَقِيقَةً، ثُمَّ وَضَعَتِ الْكَتْلَةَ فِي مَاءِ مَغْلِيٍّ. ثُمَّ جَمَعَتْ رَمَادَ الْمَعْسَكَرِ (الْغُنْيِي بِرَمَادِ الْلَّوْلَوِ أوْ كَربُونَاتِ الْبُوتَاسِيُّومِ) وَأَضَافَتْهُ إِلَى إِنَاءِ التَّبَرِيدِ. ظَهَرَتْ كَتْلَةٌ صَلِبَةٌ بِيَضَاءِ، وَبَرَدَ الْمَحَلُولُ وَسَكَبَهُ عَبْرِ نَامُوسِيَّةِ بُوكِيَّتا-بُوكِيَّتا، أَصْبَحَتِ الْآنُ أَعْلَى صَوْتًا. حَصَلَ كُلُّ رَجُلٍ يَرْتَدِي الْزيِّ الْعَسْكَرِيِّ عَلَى أَمْرِ مِنْ وَانِدَا بِسَكْبِ بَعْضِ مِنْ هَذِهِ الْمَحَلُولِ فِي أَدْوَاتِ الطَّعَامِ الْخَاصَّةِ بِهِ، وَيَغْلِي المَاءُ فِيهَا حَتَّى يَجْفَ. عَلَى هَذَا النَّحْوِ، كَانَ الْمَلَحُ الصَّخْرِيُّ الَّذِي ظَهَرَ عَلَى نَحْوِ عَجَيبٍ فِي صُورَةِ بَلُورَاتِ بِيَضَاءِ فِي كُلِّ آنِيَةِ طَعَامٍ يُكَشَّطُ سَرِيعًا وَيُجْمَعُ. أَمَّا مَسْحُوقِ الْكَبِيرَتِ الْأَصْفَرِ

فكان يُكشط من قمة غلية تسخين البيريت، وجُمِع الفحم المتبقّي من الخشب في وعاء ضخم. بوكيتا-بوكيتا-بوكيتا. صرخت واندا: «ماذا كانت هذه الصيغة التي علّمتنا إياها الأسبوع الماضي أيها الجنرال!؟» وبواسطة هذه الصيغة مزجت البارود، وركضت نحو خط السكك الحديدية، وشعرت بالهواء المندفع مع انطلاق رصاصة القناص التي كادت تصيبها، ووضعت البارود في علبة على القصبان. بوكيتا-بوكيتا-بوكيتا! اتصلت الأسلاك سريعاً بالمكبس الذي ضُغط في الوقت المناسب تماماً — بوكيتا-بوكيتا ... انفجار! ... «انفجار!؟! ... لا ... كابوووووو؟!

انفجار! طرقت «الأستاذة» بالمسطرة مرّة أخرى على مكتب واندا والفصل يُقهقه. ثم تساءلت: «وماذا كانت جملتي الأخيرة؟ لكن أيها الجنرال ...» وصارت القهقهة عاصفةً من الضحك. لاحظت واندا عندها أن قميصها كان سليماً، ولم يكن يوجد أمامها أي روث للأبقار. «كم مرة قلت لك لا تتركي العنان لذهنك يا واندا؟» وبهذا صرفت «الجنرال» الفصل ببرقة انتصار في هذا اليوم. وهكذا، في يوم ربيعي دافئ من ذكرى ميلاده، جلست واندا تتأمل مصير بطل خارق ولد قبل أوانه بمائة عام وبذلت تحلم. صاحت «جيدي جيرل»: «لقد اختطف البروسيون الجنرال!» وهي تركض إلى داخل الفصل متوجهةً إلى واندا. فوقفت على الفور وأمسكت بمقبض سيفها وفردت خصلة شعر مجعدة شاردة، ومرة أخرى استعدت للإنقاذ — واندا وいてي — التي لا تُقهر ولا تُهزم حتى النهاية.

(٦) كرنفال بولينج الكاريكاتوري

عندما أجرى لينوس تجربة تقليدية، بإلقاء قطع صغيرة من الصوديوم في وعاء من الماء وأشعل الهيدروجين المتكون، أضاف تطويراً تعليمياً. وأصبح منفعلاً للغاية، في محاكاة للكيميائي مجنون نمطي. فكان يَصْبِح ويقفز ويركض إلى الطرف الآخر من طاولة المحاضرات ويُسْكِب البنزين في وعاء، ويقفز إلى الخلف ويرمي فيه قطعاً من الصوديوم. ولدهشتهم من عدم حدوث انفجار، أو أي تفاعل، تعلم طلابه المرعوبون درساً لا يُنسى. كان بولينج أيضاً يطرح دوماً أسئلة على الفصل، وكان أول طالب يجيب يُكافأ بالحصول على قطعة حلوي 61,60 يَقْذِفُها لينوس له بحماس.

كان لينوس بولينج (١٩٠١-١٩٩٤) أول من أوصل ميكانيكا الكم الحديثة التي وضعها شرودنجر وهايزيزبرج وبباولي في عشرينيات القرن العشرين، فعلياً إلى علماء

الكيمياء التقليديين في ثلاثينيات القرن العشرين، والطلاب الجامعيّين في أربعينيات القرن العشرين.⁶² فقد كانت الحجج الرياضية في ميكانيكا الكم بعيدةً عن متناول الغالبية العظمى من الكيميائيين المعاصرین في ذلك الوقت. وبإضافة إلى هذا، كانت المسائل «العنصرية» التي يتعامل معها الفيزيائيون (ذرّة H، وذرّة He، وجزيء H₂، وأيون-جزيء + He₂) تفتقر إلى المنفعة والأهمية الكيميائية العملية. ويتمثل أحد جوانب عبقرية بولينج في قدرته على ابتكار أساليب مفاهيمية بسيطةٍ للتعلم — نماذج مفيدة للكيميائيين الذين يفتقرُون للأساس النظري الكامل. ولا يزال كثير من هذه المفاهيم والنماذج الإرشادية يُزَيِّن كتابنا الدراسية في القرن الحادي والعشرين دون تغيير تقريباً على مدى أكثر من ستين سنة. من بين هذه المفاهيم:

- (١) السالبية الكهربائية.
- (٢) التهجين المداري.
- (٣) الرنين.

يحمل كتاب بولينج الكلاسيكي، «طبيعة الرابطة الكيميائية»،⁶³ الذي صدرت الطبعة الأولى منه عام ١٩٣٩، والطبعة الثالثة عام ١٩٦٠، عنواناً على القدر نفسه من الوقار والغموض؛ فهو يستحضر كتاب لوكريتيوس الكلاسيكي «عن طبيعة الأشياء». في الواقع، ربما كان هدفه، على أدنى تقدير، هو قيادة بعثة استكشافية تغوص في أعماق الروابط الكيميائية ل تستعرض ملامحها وموجاًتها وتباراتها الإلكترونية.

يُقال إن كتاب بولينج الجامعي الصادر في عام ١٩٤٧، «الكيمياء العامة»،⁶⁴ كان أكثر تأثيراً حتى من كتاب «طبيعة الرابطة الكيميائية». سوف يظل الأساتذة يستخدمون مسودة أي كتاب دراسي سيصدر قريباً في المقرر الدراسي الذي يُدرّسونه من أجل اختيار مدى فاعليته. وفي المسودة الصادرة في عام ١٩٤٤ لكتابه المستقبلي⁶⁵ نرى رسماً تخطيطيًّا أساسياً، وإن كانا يفتقران إلى الإبداع، رسمهما المؤلف على الأرجح — الأول يوضح قانون أوجادرو لدمج كتل الغازات (الشكل ١٤-٨(a)), والآخر خلية كهروكيميائية (الشكل ١٤-٨(b)). وهذا ربما نحاول تخيل بولينج، كالمعتاد، يُحاول الوصول بنفاذ صبر إلى ما يتتجاوز الممكِن. وقد وفَّر علم البلورات وحيود الإلكترونيات بياناتٍ عن الترتيبات المكانية للذرات المترابطة، مما سمح برسم نماذج للجزيئات الشبه الثابتة. وسمحت نماذج بولينج الإرشادية باستكشاف الأعمق والخطوط الكافية الإلكترونية لهذه الجزيئات.

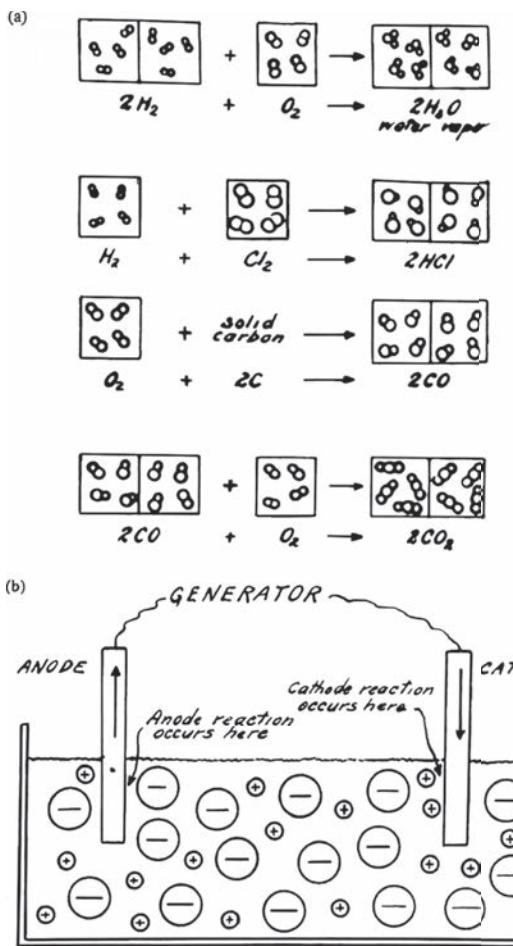


Fig. 4-1

شكل ٤-٨: كان كتاب لينوس بولينج «الكيمياء العامة»، الطبعة الأولى التي نُشرت عام ١٩٤٧، علامةً فارقةً في تدريس الكيمياء. وهاتان الصورتان (a و b) الموضّحان هنا من مسودته التي نشرها بنفسه، وطبّعت في عام ١٩٤٤، لكتابه الدراسي المستقبلي الشهير [بولينج «الكيمياء العامة» (المنشور على نفقة الشخصيّة، ١٩٤٤، بإذن من عائلة لينوس بولينج)].

بعض المرح

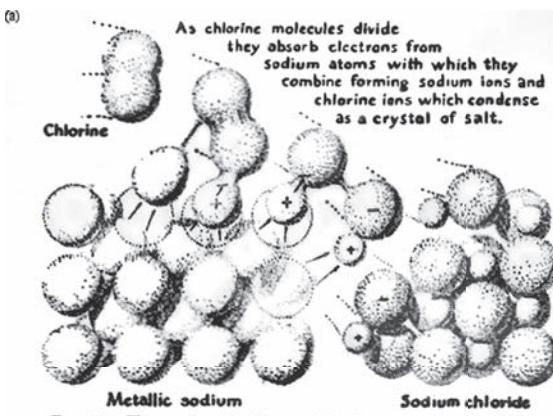
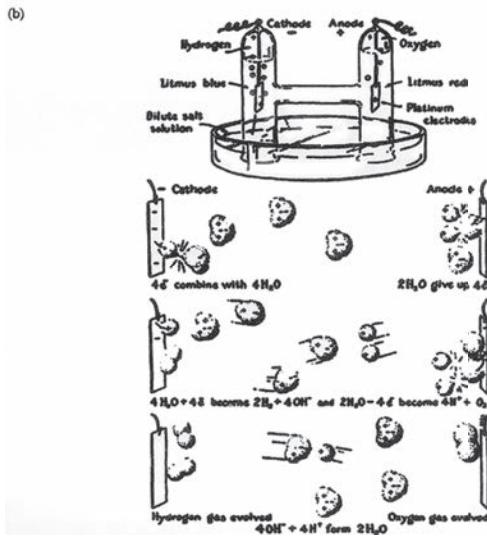
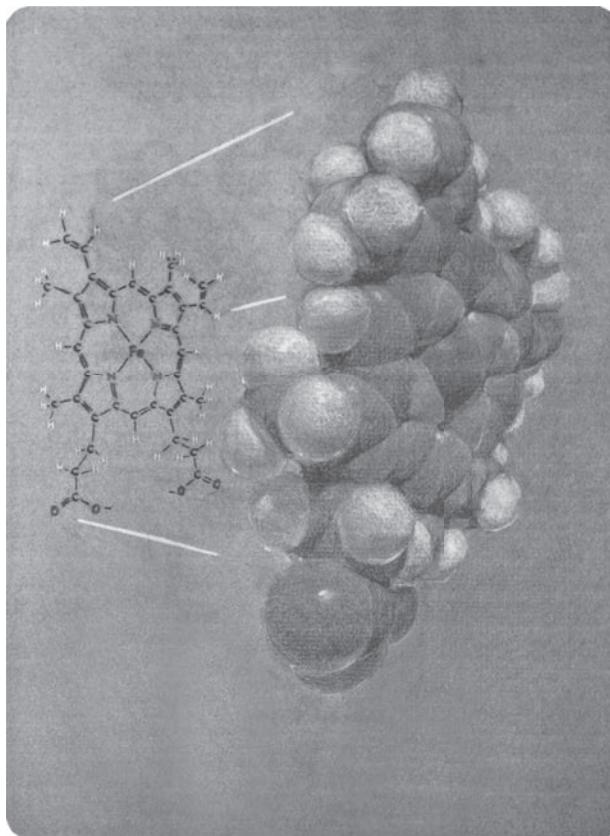


FIG. 10-1. The reaction of sodium and chlorine to form sodium chloride.



شكل ١٥-٨: جمعت الطبعة الأولى من كتاب بولينج «الكيمياء العامة» بين بولينج والفنان روجر هايدوارد. «الكيمياء العامة»، للينوس بولينج، حقوق الطبع محفوظة، ١٩٤٧، لينوس بولينج. استُخدم يازنٍ من دبليو إتش فريمان وشركاه. تتناقض البساطة الراقية والحركة في رسومات هايدوارد الموضحة هنا بالتأكيد مع الرسومات الجامدة في الشكل ١٤-٨. كان بولينج، كالمعتاد، يحاول الوصول إلى ما هو أبعد من التصوير التقليدي في محاولة لتخيل إعادة ترتيب الأنواعية وسُحب الإلكترونات التي نعرف حالياً أنها تحدث في الفموثانية (واحد كواريليليون من الثانية).



شكل ١٦-٨: استمرَّ لينوس بولينج في «احتلال مركز الصدارة» عندما شارك في التأليف مع صديقه القديم الفنان روجر هايدارد لكتاب «بنية الجزيئات» في عام ١٩٦٤. فقبل عصر رسومات الجرافيك للجزيئات، مثل تصوير جزيء الهيم، وهو واحد من ٥٧ رسمًا ملوًّنا في هذا الكتاب الرائع، محاولتُهما المستنيرة لنقل جمال الكيمياء لعامة الناس. انظر الصور الملوّنة. (من كتاب «بنية الجزيئات» للينوس بولينج وروجر هايدارد، حقوق الطبع محفوظة، ١٩٦٤، دبليو إتش فريمان وشركاه. استُخدم بتصرير).

لماذا إذًا لا نذهب إلى أبعد من النماذج الثابتة للجزيئات، ونتصور قصص ميلادها ووفاتها — ديناميكياتها — وحالات التصادم، وإعادة الترتيب التي تحدث على أبعاد

الشكل ١٦-٨ من كتاب «بنية الجزيئات» الصادر عام ١٩٦٤⁶⁶ الذي شارك بولينج في تأليفه مع هايوارد، وهو كتاب فني يهتم بالشكل أكثر من المضمون للعلماء وغير العلماء على حد سواء. في وقت طباعة هذا الكتاب، لم تكن رسومات الجرافيك للجزئيات المصنوعة باستخدام الكمبيوتر إلا مجرد بارقةأمل في أعين علماء الكمبيوتر. غير أنَّ رسومات هايوارد كانت تحتوي دائمًا على رُؤى للحدود والخطوط الكفافية الجزيئية المأخوذة من أفضل الدراسات النظرية في عصره. يُصوَّر الشكل ١٦-٨، على نحو ملائم بما يكفي، جزءً صبغة الهيم. توجد أربعة جزيئات من هذه الصبغة مدمجة داخل أربع سلاسل بروتينية في جزء الهيموجlobin الضخم: سلسلتي α تتكون كل منها من ١٤١ جزءًا من بقایا أحماض أمینیة، وسلسلتي β تتكون كل منها من ١٤٦ جزءًا من بقایا أحماض أمینیة. اكتشف بولينج والعاملون معه أن فقر الدم المنجلی مرض وراثي يتميز بالاستعاضاة عن حمض أمیني أحادي القطب في سلسلة β، وهو حمض الجلوتاميك، بحمض أمیني غير قطبي وهو الفالین. وكان اكتشاف بولينج لتكوين α اللولبی للبروتئينات، على أساس مبادئ الكيمياء البنیوية التي ساعد في تأسيسها، واكتشاف الأساس الجزيئي المطلق لفقر الدم المنجلی، تتویجاً مذهبًا لحياة مهنية استمرت على الفوز بجائزة نوبل في الكيمياء عام ١٩٥٤، وجائزة نوبل للسلام عام ١٩٦٢ (تسليمها عام ١٩٦٣).⁶²

(٧) نَخْبُ الْعُمَرِ الطُّوَيْلِ!

كتب لينوس بولينج (١٩٩٤-٢٠١٩) باستفاضة عن الحفاظ على الصحة الجيدة، وعاش حياته على هذا الأساس.⁶⁷ أذكر أنني حضرتُ محاضرته في الاحتفال بذكرى مبني

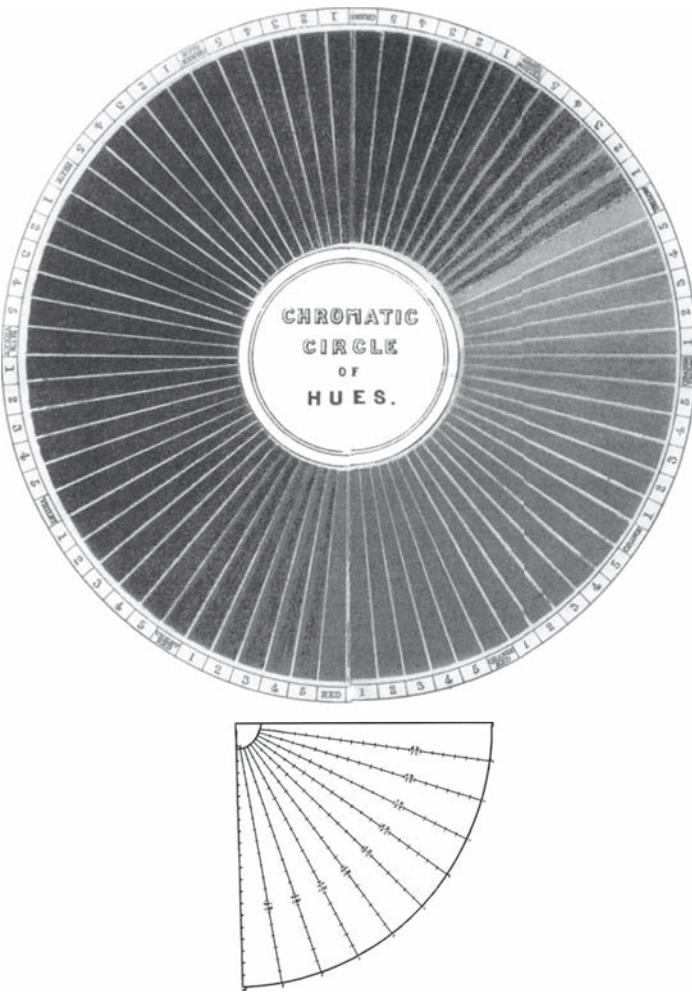
سيلي ماد للكيمياء في كلية فاسار عام ١٩٨٧. كان عمره حينذاك يُناهز السادسة والثمانين وقَدْمَ محاضرة حيوية وحماسية استمرت طوال ساعة اشتملت على عدد من الاستطرادات، أعاد ربطها كلها ببراعة بالفكرة الرئيسة لحديثه عن النظام الغذائي والصحة.

ومثلما كانت حياة بولينج وصحته مثيرتين للإعجاب، كذلك الحال بالنسبة لكيميائين شهيرين عاشا على الأقل حتى عمر المائة عام؛ هما ميشيل أوجين (١٨٨٩-١٧٨٦) وجويل إتش هيلدبراند (١٨٨٣-١٨٨١). عاصر الاثنان كلُّ منهما الآخر لمدة ثمانية سنوات؛ ومن ثمَّ فإنَّ حياة الكيميائين مجتمعين تمتداً طوال الفترة من عام ١٧٨٦ حتى عام ١٩٨٣. في أفرودة بارتينجتون في عام ١٩٦٤ يُفَكِّر قليلاً في العالم الفرنسي شيفيرون ويتحيله، فيقول: «لقد تُوفِيَ في حياتي، وربما يكون قد تحدَّث إلى لفوازيه». ^{٦٩} بدأ شيفيرون دراساته الكيميائية تحت إشراف نيكولا فوكلان عام ١٨٠٣، في متحف التاريخ الطبيعي في باريس وحافظ على ارتباطه بالمتحف طوال نحو ٩٠ عاماً.^{٧٠,٦٩} ظهر أول إصدار لشيفيرون عام ١٨٠٦ عندما كان في العشرين من عمره وتتناول تحليلاً العظام. كان هذا قبل عامين من نَسْرِ دالتون نظريته الذرية؛ فقد عمل في بدايات الكيمياء العضوية، وكان رائداً في عالم الكيمياء الحيوانية المُرْعَب. وفي غضون عَقْدٍ بدأ تقريرًا في عام ١٨١٣، اكتشف شيفيرون الطبيعة الحقيقية لفن صنع الصابون التوراتي. فاكتشفَ أنَّ عملية التصبن، وهي تفاعل دهن الخنزير مع محلول هيدروكسيد الصوديوم، كانت تنتج عنها أحماض دهنية بالإضافة إلى الجلسرين. وبفحص العديد من الدهون الحيوانية، جَمَعَ «مكتبة» (بالمصطلحات التجمعية الحديثة) من الأحماض الدهنية. وضع شيفيرون اختبار درجة الانصهار غير المُتغَيِّر مقاييساً لنقاء مواده الجديدة. وفي وقت مبكر يرجع إلى عام ١٨١٨، توقع شيفيرون فعلياً تعريف بيرسيليوس للأيزومرات، قبل ذلك باثني عشر عاماً، عندما عَرَفَ أحد «الأنواع الكيميائية» على أنه يتكونُ من العناصر نفسها الموجودة بالنسبة نفسها وبالترتيب نفسه.^{٦٩}

كان التأثير الأعمق لشيفيرون نابعاً من دراساته عن الألوان والصبغات؛ فقد فرض الفرنسيون سيطرتهم في صناعة صبغ المنسوجات إبان فترة حكم لويس الرابع عشر في أواخر القرن السابع عشر. وفي عام ١٦١٩ أصبحت مباني مصنع عائلة جوبلان الموقع الرسمي لصناعة الصبغة الحكومية، وسيطرت على الصناعة الأوروبيَّة لأكثر من قرن من الزمن. وفي عام ١٨٢٤ خلف شيفيرون كلود برتوليه كمديِّر لقسم الصباغة في مصانع

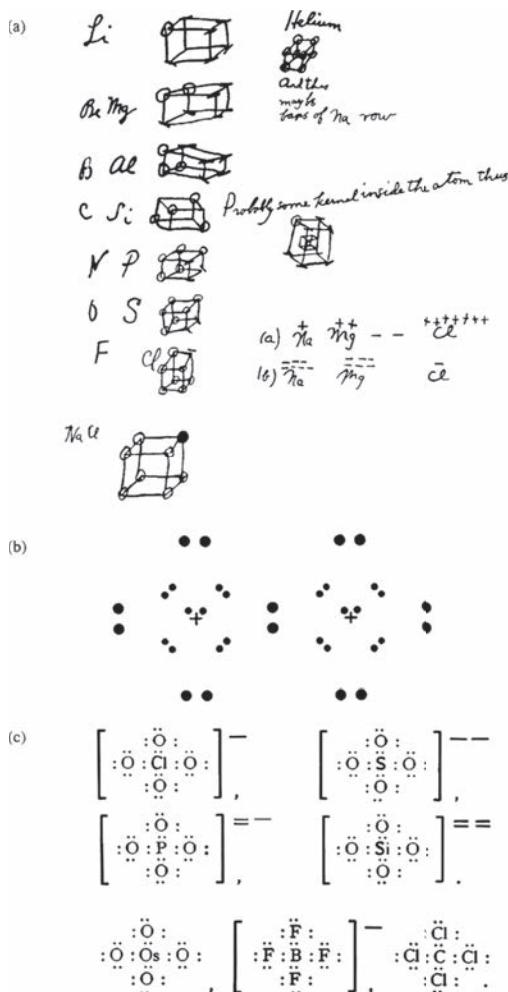
جوبلان الملكية. صنع عجلة لونية أدخل فيها بُعد ثالث حيث يُمثل اللون الأبيض القاعدة واللون الأسود الطرف. كانت هذه العجلة مُقسمة إلى ٧٢ قسماً، وكان القوس الذي يربط المحيط الخارجي للدائرة بالطرف مُقسماً إلى ١٠ أقسام. (يُظهر الشكل ١٧-٨ دائرة شيفيرون اللونية، بالأبيض والأسود، مع «القوس الرأسي»).⁷¹ وعند وضع الاثنين معاً يُشكّلان نصف كرة تحتوي على كل الألوان والدرجات اللونية الممكنة. وكان لعمله في تجاور الألوان تأثير عميق على الانطباعيين الجدد مثل جورج سورا.⁷⁰ نُشر آخر أبحاث شيفيرون (عن الرؤية) في عام ١٨٨٣، وهو في السابعة والتسعين من عمره، وحدث آخر تواصيل علمي له مع متحفه العزيز للتاريخ الطبيعي وهو في عمر ١٠٢.^{70,69}

نشر جوويل إتش هيلدبراند⁷² أول بحث له، المأخوذ من رسالته للدكتوراه التي حصل عليها من جامعة بنسلفانيا (١٩٠٦)، في مجلة «جورنال أوف ذا أمريكان كيميكال سوسايتี้» في عام ١٩٠٧.⁷³ وورَد ملخص له في المجلد الأول من كتاب «ملخصات كيميائية».⁷⁴ وبعد عمل هيلدبراند لفترة من الوقت مدرساً في جامعة بنسلفانيا، عيّنه جيلبرت إن لويس في بيركلي في عام ١٩١٣ – وكان هذا بداية ارتباط دام ٧٠ سنة بهذه الجامعة. ركّز في جزء من عمله البحثي طوال حياته على الكهارل، أو الإلكتروليتات، التي لم تَظُهر طبيعتها الأيونية لأول مرة إلا على يد أرهنيوس في عام ١٨٨٤. ومع ذلك، فإن تأثيره الأكثر عمقاً كان في عمله معلماً للكيمياء. وفي الطبعة الأولى من كتابه المؤثر «مبادئ الكيمياء»، التي نُشرت عام ١٩١٨، كان هيلدبراند أول من يذكر تكوينات لويس النقاطية التي كانت قد نُشرت حديثاً (١٩١٦) في كتاب دراسي. في الأشكال من (a) إلى (c) نرى رسومات من كتاب جي إن لويس الصادر عام ١٩٢٣،⁷⁴ ومعها صفحة من مفكّرته نُشرت عام ١٩٠٢. نُشر عمل هيلدبراند الشهير في سبع طبعات، مع ظهور الطبعة الأخيرة في عام ١٩٦٤ – فنُشر بذلك على مدار ٤٦ سنة! كان هيلدبراند نفسه يحب الركض والتزلّق؛ فكان مدرباً لفريق الولايات المتحدة للتزلّق في أولمبياد برلين عام ١٩٣٦. وقد احتفل بعيد ميلاده السابع والسبعين بسباحة سريعة لمسافة نصف ميل. كان هيلدبراند رئيساً للجمعية الكيميائية الأمريكية في عام ١٩٥٥. ونُشر آخر عمل له، وكان يتحدّث عن تاريخ الإلكتروليتات، في عام ١٩٨١،⁷⁵ الذي وافق احتفاله بعيد ميلاد المائة. وفي عام ١٩٨٢، أطلق على مبنى الكيمياء في بيركلي الذي كان يضم مكتبه قاعة هيلدبراند، وعلّق الأستاذ التقاعد البالغ من العمر ١٠١ سنة على هذا قائلاً: «سُئِمُّ أعضاء مجلس الجامعة من انتظار وفاته قبل إطلاق اسمي عليه».⁷³



شكل ١٧-٨: هذه هي العجلة اللونية، بالأبيض والأسود، التي اخترعها في القرن التاسع عشر عالم الكيمياء العُضوية المبُكِّر الشهير ميشيل أوجين شيفريول (١٧٨٩-١٨٠٦)، الذي نشر أول عمل له عام ١٨٠٦، ونشر فيما بعد آخر بحث له وهو في السابعة والتسعين من عمره، وأرسل آخر تواصُل علمي مع متحف التاريخ الطبيعي القريب إلى نفسه وهو يبلغ من العمر ١٠٢ عاماً.

بعض المرح



شكل ١٨-٨: أصبح جوين إتش هيلدبراند (١٨٨٣-١٩٨٣) عضواً في هيئة التدريس بالجامعة تحت إشراف جيلبرت إنَّ لويس في جامعة كاليفورنيا، في بيركلي، عام ١٩١٢. وفي كتابه المؤثر «مبادئ الكيمياء»، الذي نُشر لأول مرة عام ١٩١٨، كان هيلدبراند أول من استخدم تكوينات لويس الصادرة عام ١٩١٦ في كتاب دراسي (تَظَهَرُ هنا الأشكال المأخوذة من كتاب لويس الصادر عام ١٩٢٣). نُشرت الطبعة السابعة والأخيرة من كتاب هيلدبراند عام ١٩٦٤، ونُشر آخر بحث كيميائي له في غضون عام احتفاله بعيد ميلاده المائة.

(٨) إِذَا لَمْ تَكُنْ تَمْرَحْ يَا سِيدْ فَايِنْمَانْ!⁷⁶

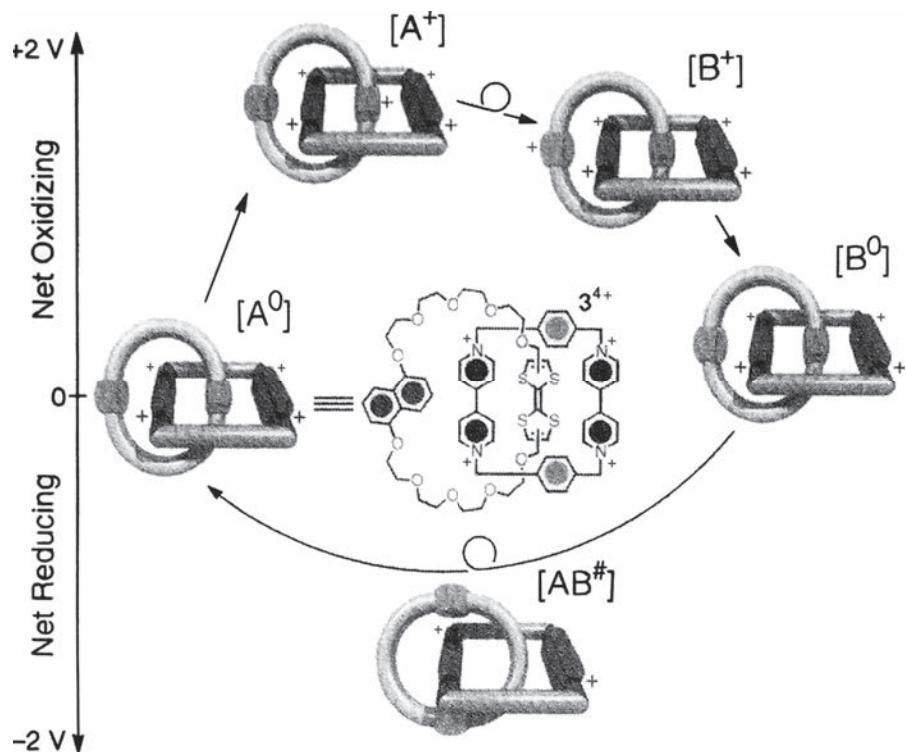
عوده إلى منتصف القرن الماضي (١٩٥٩)، على وجه التحديد، ألقى الفيزيائي الحاصل على جائزة نوبل ريتشارد بي فاينمان كلمةً بعد العشاء (ثمة العديد من الغرف في الأسفل) تحديًّا فيها العلماء لاستكشاف الحقول المجهولة في تكنولوجيا النانو؛⁷⁷ فقد لاحظ أن حدود تصغير الأحجام لا تتحقق فعليًّا إلا على مستوى الجزيئات والذرّات. وكان من بين توقعاته التنبؤية الرائعة والجريئة كالمعتاد فكرته التالية:⁷⁸

لکني لست خائفاً من التفكير في السؤال النهائي عما إذا كنا، أخيراً ... في المستقبل الظاهر ... سنستطيع ترتيب الذرّات على النحو الذي نُريدُه، الذرّات ذاتها، نزولاً إلى الأسفل! ماذا سيحدث إذا استطعنا ترتيب الذرّات واحدةً تلو الأخرى كما نُريد (في إطار المعقول، بالطبع؛ فلا نستطيع وضعها بحيث تكون غير مستقرة كيميائياً، على سبيل المثال).

على هذه المستويات الذرية والأكبر قليلاً «المتوسّطة الحجم»،⁷⁹ ربما تمثل القوانين الفيزيائية مزيجاً متثيراً وغير متوقّع من الفيزياء الكلاسيكية وميكانيكا الكم.⁸⁰ قبل عامين من إلقاء الأستاذ فاينمان خطابه، نجحت روسيا في إطلاق القمر الصناعي سبوتنيك البالغ حجمه ١٨٤ طنًا إلى مدار الأرض. كانت هذه الحزمة الصغيرة من الأدوات، التي أطلقت فوق صاروخ متعدد المراحل، بشيراً بالتطورات الهائلة التي ستحدث في مجال التصغير في غضون العقد التالي، والتي سيتوجّها سير الأميركيان على سطح القمر. نتج عن مجال التصغير، كناتج شبه ثانوي له، تطّوراتٌ في التكنولوجيا أوجدها الكمبيوتر العالى القدرة داخل معظم المنازل الحديثة. في الواقع، أصبحت صناعة الكمبيوتر حالياً المحرك الرئيس على الأرجح لتكنولوجيا النانو، رغم أن علم الطب الحيوي سيعمل بالتأكيد على إعطاء رحمةً لتلك الثورة خلال القرن الحادى والعشرين. وأدت التساؤلات العميقية بشأن حدود سعة التخزين وسرعة التواصل، من ناحيتها، إلى إثارة أكثر التساؤلات الأساسية عن المادة. على سبيل المثال، تمتلك ذرة الهيدروجين خاصية الدوران المغناطيسي – فيمكن لذرات الهيدروجين الدوران $\frac{1}{2}$ أو $-\frac{1}{2}$ – وهو اختيارٌ مزدوج له فعليًّا احتمالية متساوية. فهل يمكن لذرات الهيدروجين الفردية المتصلة بجزيئات أن تكون أساساً لأجهزة الكمبيوتر الجزيئية؟ وماذا عن الحمض النووي الريبيوزي المنقوص الأكسجين (دي إن إيه)؟⁸⁰

ظلَّ يُسيطر على تكنولوجيا النانو، حتى وقتٍ قريب، «أسلوبٌ تنازليٌ». ⁷⁷ على سبيل المثال، يمكن تشكيل مادة كثلية مثل السليكون من أجل تكوين شريحة إلكترونية معقدة، باستخدام الطباعة الضوئية بالأشعة فوق البنفسجية، حتى مستوى ١٠٠ نانومتر.⁸⁰ أما الأبعاد الأصغر من هذا فإنَّ الوصول إليها باهظ للغاية.⁸¹ تحقق حلم فاينمان بتحريك الذرَّات الواحدة تلو الأخرى بعد نحو عقدين من الزمن على يد هاينريخ رورير وجيرد كيه بينيج من شركة آي بي إم زيوrix، اللذين تقاسما فيما بعد جائزة نobel في الفيزياء لعام ١٩٨٦. استُخدم مجهر القوة الذرية، وهو تعديل لمجهر المسح النفقي، بنجاح في إعادة ترتيب المادة فيزيائياً عن طريق دفع الذرَّات واحدةً تلو الأخرى. أصبحت صورة مجهر المسح النفقي «للأطواق الكمية»، التي تشَكِّلت باستخدام مجهر القوة الذرية من أجل وضع ٤٨ ذرَّة حديد الواحدة تلو الأخرى في دائرة، رمزاً للعلم الحديث.⁸² في الواقع، تخيلُ العالمون وحدات تجميع بتكنولوجيا نانوية (روبوتات نانوية) قادرة على تجميع هيكل نانوية من ذرَّات أو جزيئات. لا يكون هنا بالطبع عدد أفوجادرو مناسباً. فكما أشار ريتشارد إي سمولي، الحاصل على جائزة نobel — والمشاركة في اكتشاف C₆₀ («بوكميستر فوليرين» أو كرة بوكي) — فإنَّ تجميع مول واحد من الروابط الكيميائية (العدد الموجود في ٩ مليترات فقط من الماء) سيستغرق من «روبوت نانو» منهك، يعمل على مليار رابطة جديدة في الثانية، نحو ١٩ مليون سنة.⁸³ رغم أنني أتوقع أن حواجز الإنتاج وأجر ساعات العمل الإضافية يمكنهما تقليل هذا الوقت بنحو ١٠٪. يشير سمولي إلى أنه إذا أمكن تصميم «روبوتات النانو» لتستنسخ نفسها ذاتياً بكلٌّ هائل، فإنَّ هذه المشكلة ربما يُمْكِن التغلُّب عليها. ومع ذلك، يمكن لهذا طرح بعض المشكلات المحتملة الخطيرة — يستحضر هذا في ذهنني الكرتوني صورة مقطع «صبي الساحر» من فيلم «فانتازيا»؛ حيث يتعرَّض ميكى ماؤس للتهديد من نحو تريليون مكَّنة بلهاء ومسعورة وربما حتى شريرة. ثمة مشكلات أخرى مُثيرة للاهتمام أيضاً؛ فيُشير سمولي إلى مشكلات «الأصابع السمينة» و«الأصابع الدبة»؛⁸³ فهو يلاحظ أنَّ الرابطة الكيميائية الجديدة تتأثَّر في العتاد بنحو من ٥ إلى ١٥ ذرَّة بالقرب من موقع التفاعل. وبما تحتاج «أذرع روبوت النانو»، المصنوعة هي نفسها من ذرَّات، إلى الاقتراب من موقع صنع الرابطة؛ ومن ثمَّ تدفع جانباً الذرَّات المجاورة المطلوبة لتحديد مصير الرابطة. ربما يتوقع المرء أيضاً أنَّ الذرَّات التي ستتحرَّك «ستلتَّتصق» على الأرجح بالأذرع — ف تكون تأثيرات السطح أكثر وضوحاً على مستوى النانو منها على المستويات العينانية. وأخيراً،

يُشير سمولي⁸³ إلى مشكلة «الحب»؛ فربما يُحاول المرء إجبار الذرّات على الاندماج بعضها مع بعض، لكن كما أشار فاينمان أيضًا، فإن قواعد الترابط والديناميكا الحرارية، في الأساس، هي التي ستُحدّد إن كانت الذرّات «ستتزوجان» أم «ستعيشان معاً» «كرفيقين» وحسب.



شكل ١٩-٨: جزيء كاتيان صنعه الأستاذ ستودارت وزملاؤه ليعمل كمحول نانو يمكن التحكم فيه (ثنائي الاستقرار) (انظر النص). [أعيد طبعه بإذن من كتاب «قصص عن الأبحاث الكيميائية» المجلد الأول (٢٠٠١)، حقوق الطبع محفوظة (٢٠٠١)، الجمعية الكيميائية الأمريكية.]

ربما يكمن الحل لأوجه القصور هذه في استخدام «الأسلوب التصاعدي» — التنظيم الذاتي للجزئيات. ويمكن لبرنامج مساعدة ذاتية إعادة صياغة هذا الأسلوب كالتالي: «اجعل عدد أفوجادرو يعمل لصالحك!» في الواقع، ربما يكون اصطداماً بـ«تريليونات الجزيئات على نحو تكراري ومتناهٍ مع قواعد الطبيعة للترابط الكيميائي، استراتيجية فعالة في التجميع الشامل للمحركات النانوية في الدواوين الكيميائية». دعونا نفحص مثلاً بدائياً واحداً عن الأسلوب التصاعدي — التبادل الجزيئي⁸⁴ الموضح في الشكل ١٩-٨.⁸⁵ إنَّ هذا الجزء الموضح مثلاً على كاتينان بسيط — في هذه الحالة، جزيئان حلقيان متداخلان تماماً مثل حلقتين في سلسلة. تمثل كل حلقة جزيئاً منفصلاً قادراً بالكامل على الوجود مستقلاً. صُمم هذا الجزيء المعين بحيث يوجد احتمال لحدوث تجاذب (أو تناقض) بين جزء داخلي في إحدى الحلقات وجزء داخلي في الحلقة الأخرى. فعندما يتعرض الجزيء بالشكل [A°] (التبادل مفتوح) للأكسدة المتعتمدة فيُصبح [A+°]، بحيث يفقد الجزء الأوسط في إحدى الحالات إلكترونًا ويكتسب شحنة موجبة، يحدث تناقض بينه وبين المجموعات الأربع من الشحنات الموجبة في الجزء الداخلي من الحلقة الأخرى، ويدور إلى الشكل [B+°] حيث يقل التناقض الكهروستاتيكي. وربما من المثير للدهشة قليلاً أنه عند اكتساب [B+°] إلكترون، عن طريق الاختزال إلى انجذاب قرب الصفر، من أجل تكوين [B°] (التبادل مغلق)، لا يدور على الفور إلى جزيء [A°] الأصلي.⁸⁴ ومن ثمَّ يكون «وضعاً التبادل» مستقرّين، وإضافة إلى ذلك، فإنَّ الاختزال المُتحكم فيه لجزيء [B°] يُعيده إلى [A°].

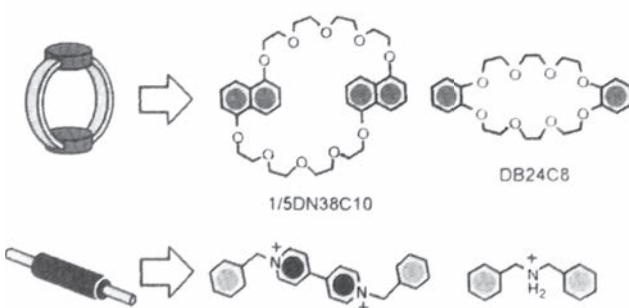
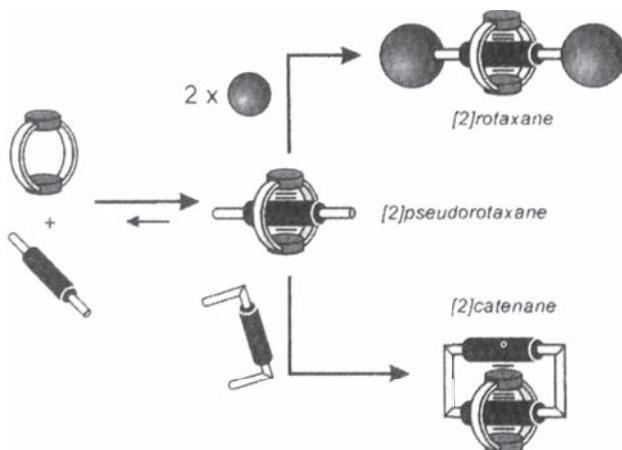
توجد نقطة مُثيرة للاهتمام لا بد من الإشارة إليها بشأن الكاتينان. أولاً كان صُنْعُ الكاتينان في عام ١٩٦٠، بأكبر قدر مُمكِّن من التأني متاحاً في ذلك الوقت، على يد إيدل فاسرمان.⁸⁶ فقد أغلق ببراعة جزيئاً مفتوح السلسلة مُكوناً من ٣٤ ذرة كربون باستخدام روابط إستر تفاعلية عند طرفيه، في وجود مقدار متكافئ المولية من نظيره الألكان الحلقي المكوّن من ٣٤ وحدة. يصعب تكوين حلقات كبيرة، وتكون الطاقة الإجمالية الصادرة من حلقة مُغلقة حديثاً مكونة من ٣٤ وحدة عادةً أقل من ٢٠٪. لكن من بين الـ ٢٠٪ هذه، يغلي نحو ١٪ من الحلقات الجديدة وهي مُربطة بـ«شريكة» الألكان الحلقي؛ ومن ثمَّ تُكوّن حلقة حول الحلقة الأولى وبذلك ينتج الكاتينان. تعكس هذه الطاقة الصادرة الشديدة الانخفاض الاحتمال الضعيف للغاية للإمساك بسلسلة طويلة عبر مركز إحدى الحلقات ثم إغلاق السلسلة المترابطة في حلقتها الخاصة. ظلت مثل هذه الكاتينان⁸⁷ أكثر من مجرد أشياء مثيرة للاهتمام والفضول لسنوات. فقد

أثارت أسئلة بدت مجرّد دلالات كيميائية — هل يكون جزيئان محايدان $C_{34}H_{68}$ متفاعلين من الحلقي فعليًا جزيئين متصلين ماديًّا، أم إن هذا يُمثل بالفعل نوعًا جديًّا؟ أشار فاسerman إلى سلوك استشرابي مختلف للكاتينان يتعلّق بـ«أيزومره الطوبولوجي» (الحلقتان المنفصلتان المرتبطان معًا). كان هذا بالتأكيد تعریفًا «للأيزومر» لم يكن بيريسيليوس ليتصوّره قبل ١٣٠ سنة. ويُعد استخدام الأنواع التي تقتصر على فئة معينة، مثل الكاتينانات، في التعامل مع مشكلات خطيرة في مجال التكنولوجيا، مثلاً رائعاً على فوائد الأبحاث المجردة التي قد لا تكون مباشرة في جدواها فيما يتعلق بـ«أنواع إدارية» عملية. إنَّ أحد الأمثلة التوضيحية المفضّلة لدى لهذا المبدأ مستمدٌّ من البحث عن ١-٤-ثنائي أكيل البنزين الغريب والقصير الأمد و«غير المتمتن تنظيمياً» على يد جونز وبيرجمان في عام ١٩٧٢.^{٨٨} وبعد مرور ١٥ عاماً، اكتُشفت فئة جديدة من العوامل الطبيعية والاصطناعية المضادة للسرطان تُوجَد نواة ١-٤-ثنائي أكيل البنزين في مركزها.^{٨٩}

صُمم الكاتينان الحديث الموضح في الشكل ١٩-٨ بحيث تتفاعل الحلقات الموجودة داخل الحلقات المُنفصّلة بقوّة. بالإضافة إلى هذا، «يتطلّب» أحد جوانب هذا التفاعل القوي «تعرُّف» المركّب الطبيعي المناسب على مرگّ الحلقه التكميلية وتحرّكه إلى داخله (انظر الشكل ٢٠-٨).^{٨٥} يسبق هذا التنظيم الذاتي الخطوة التصنيعية الأخيرة حيث تُغلق السلسلة الطويلة لتصبح دائرة وتكون الكاتينان بطاقة صادرة هائلة تُقدر بنسبة ٧٠٪. في الواقع، يشبه هذا كثيراً الطريقة التي «تعيّق» بها الطبيعة القصور الحراري باستخدام التنظيم المسبق عبر التعرّف الجزيئي قبل تفاعل مُحفّز. يوضّح الشكل ٢٠-٨ أيضًا مسارًا مشابهًا للتنظيم الذاتي من أجل تكوين أيزومر طوبولوجي غريب آخر — روتاكسان تتعَرّض فيه سلسلة طويلة تربط بجزيء حلقي (بطاقة صادرة مرتفعة نتيجة للتعرّف الجزيئي) عندها للتغطية الكيميائية بمجموعات طرفية ضخمة.

طرح تكنولوجيا النانو بعض التساؤلات المثيرة للغاية. أولاً، هل تكون ذرة واحدة من الذهب ذهباً بالفعل؟ بمعنى، هل تكون فلزية؟ لا بد أن تكون الإجابة لا؛ نظرًا لأن «الحالة المعدنية» تتطلّب تغييرًا كاملاً في وضع الإلكترونات على مدار كثير (مئات؟) من الذرات الفلزية. إذًا، متى تبدأ مجموعة من ذرات الذهب في الظهور بمظهر يُشبه الذهب؟ إليك فكرة أخرى — عندما نفكّر في ماكينة تشكيل ترسًا من لوح معدني، لن نفكّر في ماكينة التشكيل على أنها «حافز». فمن الواضح أن هذه الماكينة تحدث تغييرًا

بعض المرح



شكل ٢٠-٨: استخدام التعرف الجزيئي والتنظيم الذاتي من أجل تكوين الكاتينات وروتاكسانات قادرة على التصرف كمحولات نانوية يمكن التحكم فيها (انظر النص). [أعيد طبعه بإذن من كتاب «قصص عن الأبحاث الكيميائية» (٢٠٠١)، حقوق الطبع (٢٠٠١) للجمعية الكيميائية الأمريكية.]

ولا تتغير هي نفسها بعد العملية فيما عدا أنها تبلي قليلاً. مع ذلك، في الحياة الواقعية «تبلي» الإنزيمات في النهاية وتفقد فاعليتها. لكن بالطبع لا تُعدُّ ماكينة التشكيل «محفزاً» لأنها تحدث تغييراً ميكانيكيّاً، وليس كيميائياً. ومع ذلك، افترض أنَّ ثمة ماكينة نانو أو «روبوت نانو» يُسْهِل إلى حدٍ ما عملية تجميع سريعة للغاية (مثلاً، غلق الدائرة الكيميائية

بعد تنظيم ذاتي لكونين) للكاتينان الموجود في الشكل ١٩-٨ من مرَّكَاته الطليعية. من الواضح أن هذا سيكون تغييرًا كيميائيًّا، وستُصبح ماكينة النانو أو أداة التجميع النانوية أو «روبوت النانو»، محفزاً كيميائياً وماكينة في الوقت نفسه.^{٩٠}

لكن لماذا يبدو هذا غريباً؟ لقد ظلَّ هذا يحدث طوال مليارات السنين.^{٩٠} فيُحفَّز التعرف الجزيئي ترتيب التركيب اللولبي المزدوج، والأشكال الناتجة عن مضاعفته واستنساخه إلى إنتاج بروتينات محددة. في الواقع، يكون التعرف الجزيئي المسئول عن تكوين مجموعة البروتينات والأر إن إيه في الريبيوسوم. كما أنَّ التعرف الجزيئي هو الذي يجذب الحمض النووي الريبوزي الناقل (أر إن إيه الناقل)، وبروتيناته المحددة المتنتقلة إلى سطح الريبيوسوم. وتكون النتيجة مجموعة جزيئية فائقة تربط الأحماض الأمينية الفردية في سلاسل لتُكوِّن بروتينات معينة. ومن الواضح أن الريبيوسوم يُمكن اعتباره ماكينة وعاملًا حفارًا في الوقت نفسه.^{٩٠} وماذا عن تجميع «روبوتات النانو» باستخدام نفس مبادئ التنظيم الذاتي هذه؟ أين يُمكن أن تتوقف «جري جو» (مصطلح الروائي كيه إريك دريكسل)^{٩١} التي ستنتَج عن هذا؟ هل ستستمرُ في خدمتنا أم ستتحول إلى مستعمرات فائقة لها جداول أعمالها الخاصة وبرامجها التليفزيونية؟

هوامش

- (1) A. Besant and C. W. Leadbeater, *Occult Chemistry—Clairvoyant Observations on the Chemical Elements*, revised edition, Theosophical Publishing House, London, 1919, pp. 1-2.
- (2) A. Besant and C. W. Leadbeater, *Occult Chemistry—a Series of Clairvoyant Observations on the Chemical Elements*, Theosophist Office, Adyas (Madras), 1908.
- (3) A. Besant and C. W. Leadbeater, *Occult Chemistry—Clairvoyant Observations on the Chemical Elements*, third edition, Theosophical Publishing House, Adyas (Madras), 1951.
- (4) Besant and Leadbeater (1908), op. cit., p. 2.
- (5) Besant and Leadbeater (1908), op. cit., p. 3.

- (6) Unpublished discussions with Professor Joel F. Liebman, who places occult chemistry in the realm of “arts and séances” and further suggests the National Séance Foundation as a potential research funding source.
- (7) A. Greenberg, *A Chemical History Tour*, John Wiley, New York, 2000, p. 36.
- (8) C. Jinarajadasa, *First Principles of Theosophy*, third edition, Theosophical Publishing House, Adyar (Madras), 1923, pp. 156–181.
- (9) W. H. Brock, *The Norton History of Chemistry*, W. W. Norton & Co., New York and London, 1993, pp. 454–459.
- (10) R. Boyle, *An Historical Account of a Degradation of Gold, Made by an Anti-Elixir: A Strange Chymical Narrative*, R. Montagu, London, 1739 (the original 1678 edition was anonymous); see A. Greenberg, *A Chemical History Tour*, John Wiley, New York, 2000, pp. 92–94.
- (11) J. Emsley, *The Thirteenth Element; The Sordid Tale of Murder, Fire and Phosphorus*, John Wiley & Sons, Inc., New York, 2000, pp. 89–96.
- (12) *Encyclopedia Britannica*, Vol. 2, Encyclopedia Britannica, Inc., Chicago, 1986, p. 165.
- (13) A. Greenberg, *A Chemical History Tour*, John Wiley and Sons, New York, 2000, pp. 214–216.
- (14) G. N. Quam and M. B. Quam, *Journal of Chemical Education*, Vol. 11, pp. 27–32, 217–223, 288–297 (1934).
- (15) W. D. Harkins and R. E. Hall, *Journal of the American Chemical Society*, Vol. 38, pp. 169–221 (1916).
- (16) Greenberg, op. cit., pp. 266–268.
- (17) Greenberg, op. cit., pp. 271–274.
- (18) J. R. Partington, *A History of Chemistry*, Macmillan and Co., Ltd., London, 1964, pp. 950–951.

- (19) A. J. Ihde, *The Development of Modern Chemistry*, Harper & Row, New York, 1964, pp. 747–749.
- (20) Greenberg, op. cit., pp. 263–266.
- (21) W. H. Brock, *The Norton History of Chemistry*, W. W. Norton & Co., New York, 1993, pp. 327–330.
- (22) American Chemical Society, *A National Historic Chemical Landmark—Separation of Rare Earth Elements, University of New Hampshire, Durham, New Hampshire, October 29, 1999*, Division of the History of Chemistry, American Chemical Society, Washington, DC, 1999.
- (23) Greenberg, op. cit., pp. 282–285.
- (24) R. Monastersky, *The Chronicle of Higher Education*, August 16, 2002, pp. A16–A21.
- (25) P. Levi, *The Periodic Table*, Schocken Books, Inc., New York, 1984 (original Italian edition published in 1975).
- (26) A. Greenberg, *A Chemical History Tour*, John Wiley & Sons, New York, 2000, pp. 10, 12.
- (27) Levi, op. cit., pp. 3–4. For a discussion of Neil Bartlett and the discovery of xenon compounds, see P. Laszlo and G. J. Schrobilger, *Angewandte Chemie, International Edition in English*, Vol. 27, pp. 479–489, 1988.
- (28) *Los Altos Town Crier*, Dec. 9, 1998. See also The University of Chicago Library Catalog Webpage for Edwin Herbert Lewis (1866–1938), writer and rhetorician, University of Chicago alumnus, and faculty member from 1896 through 1934 at the Lewis Institute in Chicago, now part of Illinois Institute of Technology. His most lasting work is the words to the University of Chicago “Alma Mater.” See <http://webpac.lib.uchicago.edu/webpac-bin>.

(29) E. H. Lewis, *White Lightning*, Covici-McGee, Chicago, 1923. Herein also lies a brief story. Pascal Covici, was a relative of my wife Susan (née Covici). He owned a bookstore in Chicago and started to publish books in 1922 (Covici-McGee; Pascal Covici; Covici-Friede). Although *White Lightning* was obscure, Covici became widely respected for the quality of books and their artwork. He is quite fairly said to be the discoverer of John Steinbeck, whose first successful novels were published by Covici-Friede in the 1930s (see T. Fensch, *Steinbeck and Covici: The Story of a Friendship*, Paul S. Eriksson, Burlington, 1979). I, too, have a famous relative—my father's cousin whose biography is also in print: T. Carpenter, *Mob Girl—a Woman's Life in the Underworld*, Simon & Schuster, New York, 1992. But the less said about that, the better.

(30) Element 43: technetium (Tc, discovered 1939); 61, promethium (Pm, 1945); 75, rhenium (Re, 1925); 85, astatine (At, 1940); 87, francium (Fr, 1939). Lewis' book was quite up-to-date—Hafnium (Hf) was discovered in 1923, the year *White Lightning* was published, and one can imagine the author happily updating the title of Chapter 72 in the galley proofs. Chapter 86 is titled “Niton” (now Radon); Chapter 91 is titled “Brevium” (now Protactinium). For a brief table on the discovery of the chemical elements, see A. J. Ihde, *The Development of Modern Chemistry*, Harper & Row, New York, 1964, pp. 747–749.

(31) Lewis, op. cit., p. 4.

(32) Lewis, op. cit., p. 32.

(33) Lewis, op. cit., p. 9.

(34) Lewis, op. cit., p. 79.

(35) *The Book Digest*, 1916, p. 337.

(36) Lewis, op. cit., p. 16.

(37) Lewis, op. cit., p. 38.

(38) J. R. Partington, *A History of Chemistry*, Vol. 4, Macmillan & Co., Ltd., London, 1964, pp. 944, 946.

(39) Lewis, op. cit., p. 54.

(40) Lewis, op. cit., p. 75.

(41) Lewis, op. cit., p. 132.

(42) The HArF molecule, is a ground-state molecule observable only at very low temperatures in a solid matrix. Its decomposition to HF and Ar is hugely favored thermodynamically but a tiny (8 kcal/mol) activation barrier allows its covalently held atoms to “shake, rattle and roll” (i.e., vibrate) under these unearthly conditions (see K. O. Christie for a brief discussion of “A Renaissance in Noble Gas Chemistry” in *Angewandte Chemie, International Edition*, Vol. 40, pp. 1419–1421 (2001). One can only hope that Marvin and Jean have greater affinity.

(43) See Stanford University American Literary Studies homepage: <http://www-sul.stanford.edu/depts/hasrg/ablit/amerlit/lewis.html>. Note that Ms Lewis taught Creative writing and literature at Stanford and co-founded with her husband, author Yvor Winters, a professor at Stanford, a literary journal *Gyroscope*. All of this seems to have occurred three or four years after the fictional Marvin Mahan accepted the endowed chair at Stanford. ‘Tis a mystery.

(44) J. Lewis, From *The Selected Poems of Janet Lewis*, edited by R. L. Barth, p. 91. Reprinted with the permission of Swallow Press/Ohio University Press, Athens, Ohio. It is most interesting that Janet Lewis was a writer-in-residence at the Djerassi Resident Artists Program. (See C. Djerassi, *This Man's Pill: Reflections on the 50th Birthday of the Pill*, Oxford University Press, Oxford, 2001, p. 239). Professor Djerassi co-authored with Professor Roald Hoffmann the play Oxygen cited elsewhere in the present text (*The Art of Chemistry*). Djerassi coined the term “science-in-fiction” (see pp. 151–167 in *This Man's Pill*) and Edwin Herbert Lewis’

book *White Lightning* was perhaps, something of an early contribution to this genre.

(45) D. S. Neft and R. M. Cohen (eds.), *The Sports Encyclopedia: Baseball*, St. Martin's Press, New York, 1989.

(46) For those amiable readers who are not baseball *cogniscenti*, pitchers are notoriously weak hitters, and to have one lead the League in home runs borders on the outrageous. Had Ruth been a weak hitter, he probably would have been elected to the Hall of Fame on the basis of his pitching alone.

(47) This is an actual contract, signed in December 2000 by baseball player Alex Rodriguez and the Texas Rangers. Incidentally, the 2001 Texas Rangers finished last in their division. We are heading for the billion-dollar sports contract. Perhaps universities should be applying to professional athletes for grants to support academic infrastructure and research.

(48) A tobacco company in the Canary Islands, *Obsequio De La Fabrica De Cigarillos*, published a Series of collectors' cards of Nobel Prize winners, including chemists, in 1952. Closer to home, the Topps Company printed collectors' cards in 1952 of famous people, including Marie Curie that closely resembled the company's wonderful baseball cards.

(49) What did Lavoisier really look like? There are, of course, no photographs, but see M. Beretta, *Imaging a Career in Science—the Iconography of Antoine Laurent Lavoisier*, Science History Publications/USA, Canton, 2001.

(50) J. R. Partington, *A History of Chemistry*, Macmillan and Co., Ltd., London, 1962, Vol. 3, pp. 496–516.

(51) A. Greenberg, *A Chemical History Tour*, John Wiley and Sons, New York, 2000, pp. 168–170.

(52) A. J. Ihde, *The Development of Modern Chemistry*, Harper & Row, New York, 1964, p. 263.

(53) W. H. Brock, *Justus Von Liebig—the Chemical Gatekeeper*, Cambridge University Press, Cambridge, UK, 1997, pp. 112–114.

(54) Brock, op. cit., pp. 216–233.

(55) I am grateful to my former chemistry professor Dr. Arno Liberles for obtaining this translation.

(56) Brock, op. cit., pp. viii–ix.

(57) L. Pauling, *How to Live Longer and Feel Better*, W. H. Freeman and Co., New York, 1986.

(58) This is written in homage to humorist James Thurber, author of *The Secret Life of Walter Mitty*, and with happy recollections of reading Thurber's works with my daughter Rachel.

(59) L. C. Cooley, *The New Text-Book of Chemistry for Use in High Schools and Academies*, Ivison, Blakeman & Co., New York & Chicago, 1881. The drawings on the title page were drawn by a student, who I think is female by the nature of these drawings and written names of friends; the year 1891 is also written in the same hand.

(60) This is a description of Pauling's teaching style furnished second hand by Professor Dudley Herschbach, a pioneer in molecular dynamics and 1986 Nobel Laureate in Chemistry; see Z. B. Makšić and W. J. Orville-Thomas (eds.), *Pauling's Legacy—Modern Modeling of the Chemical Bond*, Elsevier Press, Zurich, 1999, p. 750.

(61) For more jubilant dancing, see Edmund Davy's description of brother Humphry's discovery of potassium metal (A. Greenberg, *A Chemical History Tour*, John Wiley & Sons, New York, 2000, p. 182).

(62) T. Hager, *Force of Nature*, Simon & Schuster, New York, 1995.

(63) L. Pauling, *The Nature of the Chemical Bond*, Cornell University Press, Ithaca, 1939.

(64) L. Pauling, *General Chemistry*, W. H. Freeman and Co., San Francisco, 1947.

بعض المراجع

- (65) L. Pauling, *General Chemistry* (privately printed in Pasadena, CA, lithoprinted by Edwards Brothers, Inc., Ann Arbor), 1944.
- (66) L. Pauling and R. Hayward, *The Architecture of Molecules*, W. H. Freeman and Co., San Francisco and London, 1964.
- (67) L. Pauling, *Vitamin C and the Common Cold*, W. H. Freeman and Co., San Francisco, 1970.
- (68) L. Pauling, *How to Live Longer and Feel Better*, W. H. Freeman and Co., New York, 1986.
- (69) J. R. Partington, *A History of Chemistry*, Macmillan and Co. Ltd., London, Vol. 4, 1964, pp. 246–249.
- (70) C. C. Gillispie, *Dictionary of Scientific Biography*, Charles Scribners Sons, New York, 1971, Vol. III, pp. 240–244.
- (71) M. E. Chevreul, *The Principles of Harmony and Contrast of Colours and Their Applications to the Arts* (transl. C. Mantel), third edition, George Bell and Sons, London, 1899, pp. 56–57.
- (72) W. D. Miles and R. F. Gould (eds.), *American Chemists and Chemical Engineers*, Vol. 2, Gould Books, Guilford, 1994, pp. 128–130.
- (73) J. H. Hildebrand, *Journal of the American Chemical Society*, Vol. 29, pp. 447–455, 1907 [*Chemical Abstracts*, Vol. 1, No. 1832 (1907)].
- (74) G. N. Lewis, *Valence and the Structure of Atoms and Molecules*, The Chemical Catalog Co., Inc., New York, 1923, pp. 29, 82, 86.
- (75) J. H. Hildebrand, *Annual Reviews of Physical Chemistry*, Vol. 32, pp. 1–23, 1981.
- (76) This is, of course, derived from the title of the autobiographical book by the late Professor Richard P. Feynman: R. P. Feynman, *Surely You're Joking, Mr. Feynman!—Adventures of a Curious Character*, W. W. Norton & Co., New York, 1985.
- (77) G. Stix, *Scientific American*, Vol. 285, No. 3, pp. 32–37, Sept. 2001.

(78) Feynman's 1959 talk "There's Plenty of Room at the Bottom" can be found at www.its.caltech.edu/~feynman.

(79) The definition of "nanotechnology" offered by Mihail C. Roco of the National Science Foundation indicates, among other things, that materials and systems must "have at least one dimension of about one to 100 nanometers" (see Stix, op. cit.). One nanometer (nm) is, of course, one-billionth of a meter (1×10^{-9} m). The sizes of atoms are typically presented in most textbooks in Ångstroms (Å). An ångstrom (1×10^{-10} m or 1×10^{-8} cm) is one-tenth the size of a nanometer. The diameter of an iron atom (in the metal) is roughly 2.5 Å or 0.25 nm. Thus, 100 nm would correspond to about 400 iron atoms in a line. A white blood cell is about 10 micrometers ($10\mu\text{m}$) in diameter (see P. Morrison, P. Morrison, and the Office of Charles and Ray Eames, *Powers of Ten*, Scientific American Books, Inc., New York, 1982. This also corresponds to 10,000nm or 40,000 iron atoms in a straight line. Objects on the order of 1–100nm could be termed "mesoscale" if we consider subatomic particles to be at the lower end of the scale.

(80) C. M. Lieber, *Scientific American*, Vol. 285, No. 3, pp. 59–64, Sept. 2001.

(81) G. M. Whitesides and J. C. Love, *Scientific American*, Vol. 285, No. 3, pp. 39–47 (Sept. 2001).

(82) A. Greenberg, *A Chemical History Tour*, John Wiley and Sons, New York, 2000, pp. 295–298.

(83) R. E. Smalley, *Scientific American*, Vol. 285, No. 3, pp. 76–77, Sept. 2001.

(84) A. R. Pease, J. O. Jeppesen, J. Fraser Stoddart, Y. Luo, C. P. Collier, and J. R. Heath, *Accounts of Chemical Research*, Vol. 34, pp. 433–444, 2001.

(85) R. Ballardini, V. Balzani, A. Credi, M. T. Gandolfi, and M. Venturi, *Accounts of Chemical Research*, Vol. 34, pp. 445–455, 2001.

بعض المراجع

- (86) E. Wasserman, *Journal of the American Chemical Society*, Vol. 82, pp. 4433–4434, 1982.
- (87) G. Schill, *Catenanes, Rotaxanes and Knots*, Academic Press, New York, 1971.
- (88) R. R. Jones and R. G. Bergman, *Journal of the American Chemical Society*, Vol. 94, p. 660, 1972.
- (89) M. D. Lee, T. S. Dunne, M. M. Siegel, C. C. Chang, G. O. Morton, and D. B. Borders, *Journal of the American Chemical Society*, Vol. 109, pp. 3464–3465, 1987.
- (90) G. M. Whitesides, *Scientific American*, Vol. 285, No. 3, pp. 78–83, Sept. 2001.
- (91) K. E. Drexler, *Scientific American*, Vol. 285, No. 3, pp. 74–75, Sept. 2001.

الخاتمة

نختتم هذا الكتاب بمقالات لهم طبيعة شخصية إلى حدٍ ما؛ فرغم توافقهما مع موضوعات ظهرت مسبقاً، فإنها لا يتناسبان بسلسة مع التدفق التاريخي للكتاب. وربما يبدو وضعهما في النهاية للوهلة الأولى أحد أشكال الخضوع لهوى النفس وتعظيم الذات. في الحقيقة، رغم أن المقال الثاني يصف نسبي الكيميائي، فإنني لست عضواً مهماً في تاريخ مجالنا هذا. إن المقصد الفعلي لمقال الأنساب الكيميائية هو إظهار تدفق تاريخ الكيمياء، وتطور التعليم، وحقيقة أنه على مستوى معين توجد أهمية لهذه الصلات، وأخيراً، الفرحة العارمة التي تصاحب الاكتشاف. يصف المقال الأول ذكرياتي عن عقري شاب يُدعى روبرت إي سيلبرجليد، خلال أوائل ومنتصف سنوات المراهقة. ويتناسب هذا مع موضوع الكتاب على مستوىين؛ فالكيمياء تصف الحقيقة المخفية. وقد أسهمت دراسات روبرت للتواصل بين الفراشات في كشف الحقيقة المخفية للانتقاء الجنسي في الأشعة فوق البنفسجية، وهو نطاق لوني غير مرئي لنا، لكنه على ما يبدو يُشبه إشارات النيون بالنسبة لها. تحكم الصبغات الكيميائية والبنية المادية لأجنحتها في هذه السلوكيات. لكن السبب الحقيقي لهذا المقال هو مُتعة تخيل شباب بعض العباقة الذين سلّطنا عليهم الضوء باختصار هنا.

(١) عالم طبيعي

هل نكتشف الموهبة العلمية الإبداعية الحقيقية عندما نشهدها في سن مبكرة؟ هل يجب علينا رعايتها أم يتبعها علينا مجرد الابتعاد عن طريقها وتركها تنمو على نحو مستقل؟

تُوفي روبرت إي سيلبرجليد في ١٣ يناير عام ١٩٨٢ في حادث تحطم الرحلة ٩٠ التابعة لطيران فلوريدا في وشنطن العاصمة في السادسة والثلاثين من عمره.^١ كانت آخر مرة رأيته فيها عندما كان في السادسة عشرة من عمره، ومع ذلك يظل يُمثل لي قوةً حيويةً — مزيجاً من الغرابة والإبداع المعهودَيْن في عالم بالفطرة.^٢

التقينا لأول مرة ونحن في سن الثانية عشرة في مدرسة بروكلين الإعدادية. كنتُ أعتزُّ إلى حدٍ ما في هذا الوقت بقدراتي العلمية؛ فقد كنتُ أقرأ كتاباً عن التاريخ الطبيعي والحشرات والديناصورات، بالإضافة إلى كتب لإسحاق أzymوف، وكنتُ أُسرى في كل مكانٍ وأنا أحمل كتاباً معتقداً عن الفيزياء النووية، ظاهرة بوضوح، وكانتْ آملاً أن أستثير منها إذا حملتها لفترة طويلة بما يكفي. فعل الأقل، ربما تُثير إعجاب الفتيات! كنتُ أرسم تصميمات لصورايخ مُستحبيلة التنفيذ؛ فقد كان «تخصُّصي» في الوقود السائل، وافتضرتُ أنني في يومٍ ما سأستطيع التحكُّم في الهيدرازين والأكسجين السائل أو حمض النيتريك المدخن الأحمر. وكانت تصميمات الصمامات التي أصنعاها تتكونُ من عدة طبقات من الورق المقوى — ضع السوائل (كيف؟) ثم اركض بأقصى سرعة ممكنة. لحسن الحظ، كنتُ «منظراً» لتصميم الصواريخ، على عكس المتخمسين الآخرين الذين استخدمو الوقود الصلب المتأخر، وكانوا أحياناً يؤذون أنفسهم عند إجراء تجارب حقيقة.^٣ في هذا الوقت تقريري، سمعتُ لأول مرة شائعاتٍ عن طفل كان، وفقاً لزمرتنا، «عقلية علمية»، وكان لزاماً عليًّا أن «أتبيّن أمره».

كان روبرت قصير القامة، ويرتدى نظارات، وكان ميؤوساً منه في فصل اللياقة البدنية. كانت وسائل دفاعه الوحيدة في باحة مدرسة بروكلين ذكاها وحقيقة أنه لا يوجد ما يدعو للفخر في ضربه. في بدايات صداقتنا أخذني وصعدنا إلى غرفته في عمارة سكنية قديمة ومتواضعة للغاية، وأراني مجموعته من الحشرات. وعلى عكس طريقي العشوائية في جمع الحشرات، كان روبرت لديه مختبر نظامي به شبكاتٌ منزلية الصنع، وببرطمانات لقتل الحشرات، وسائلٌ لقتلها (أخف وزناً في الواقع — المزيد عن هذا لاحقاً)، وسائلٌ يسبب لها الاسترخاء، ولوحات تجميع ودبابيس. وكانت حشراته مثبتة بدقة باستخدام دبابيس مناسبة تمرُّ عبر بطاقات تحمل أسماءها العلمية وأماكن الإمساك بها، مكتوبةً بخط صغير للغاية لكنه جميل (المزيد عن هذا لاحقاً، أيضاً). من الواضح أن روبرت كان يُمارس العلم على مستوى أعلى بكثير مما كنتُ أفعله أنا. طاردننا الحشرات في الحدائق النباتية في بروكلين، وعلّمني كيف أصنع شبكةً كائنة (حملة ملابس معدنية مع ستارة

دقيقة المسام). كان يُحرّك فتحة الشبكة ذهاباً وإياباً على طول جانب إحدى الشجيرات، ثم يضع هذه الشبكة في وضع مقلوب بحيث تُصبح فتحتها على العشب. كانت النتائج مُثيرة؛ إذ كنا نحصل على حقيقة من الحشرات — حرفيًا مئات الخنافس، والبق، والقمل، ونطاطات الأوراق، والذباب، والزنابير، والنمل، كمحصول في متناول أيدينا.

كان روبرت معروفاً أيضاً بين مجموعة في المدرسة الإعدادية بساعة يده التي على شكل لفافة والتي اشتهر بها. كان قد أزال قلب ساعد يد قديمة، وصنع مكانها لفافات مكتوبةً بخط صغير لكنه يتسم بدقة عالم الحشرات ليغش منها. لماذا لم تُبلغ عنه؟ أعتقد أن هذا بسبب انبهارنا بمهارته؛ فربما شعرنا بإثارة غير مباشرة من هذا التحدي الجريء — وإن كان سرّياً — لإدارة المدرسة، وعلى أيّ حال، نادراً ما كان يحصل على درجات جيدة. في الحقيقة، أعتقد أنه لم يستخدم الساعة قط في الامتحانات، ولكنه كان يحتفظ بها من أجل الشعور بالأمان، تماماً مثل الصواريخ العابرة للقارب ذات الرعوس النووية التي تظل الدول محظوظة بها حتى في حالة السّلام.

سنستعرض بعض العلامات البارزة الأخرى في أنشطة روبرت؛ على سبيل المثال، كان يحمل معه سائلاً خفيفاً (قاتلاً للحشرات) في كل مكان في الأيام المطيرة، وكان يرش بعضًا منه على البرك الصغيرة، ويأمل أن يرى سيدة عجوز متدينة ترمي عقب سيجارة مُشتعلًا في البركة، فيشهد «معجزة». وحصل على كتالوج من متجر مُستلزمات الزواحف في فلوريدا وتخيل إطلاق ٧٥٠ حرباء (مجرد ١٥ دولاراً!) في المدرسة الإعدادية. وقد «جمع» بالفعل (أنا أعتقد أنه اشتري) كماً هائلاً من شرائط فرس النبي، ووضعها في أماكنٍ خفيةٍ في جميع أنحاء المدرسة، وكان كريماً بما يكفي ليعطيني دستةً منها. لم تفتقس قط في البيئة الخبيثة التي سادت المدرسة الإعدادية، إلا أنها فقسَت في شهر فبراير الدافئ على غير العادة في غرفة نومي، وغفلت الجدران بمئات فرس النبي الصغير، مما سبب صدمةً أبديةً لأختي الرضيعة روبرتا.

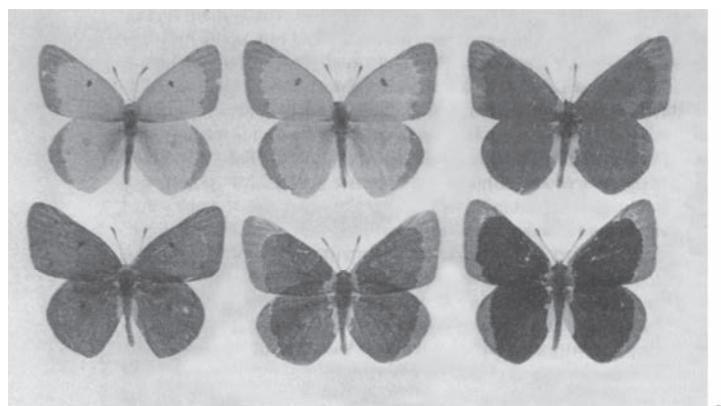
في غضون سنتنا النهائية في مدرسة إرازموس حول الثانويةرأيتُ روبرت. كنتُ «مهتماً» بالرياضيات، بينما أصبح هو تحت تأثير مدرب موهوب لمادة علم الحيوان. وعرفتُ من الشائعات أنه تخلصَ من ساعة اليد السيئة السمعة، وكان يصنع الزرنيخ، وقدّم طلباً للالتحاق بكلية الزراعة جامعة كورنيل. انتقلتُ إلى مدينة إنجلوود في نيوجيرسي، في النصف الثاني من سنتي النهائية، وعندما قرأتُ أنه يمكن العثور على حفريات على

طول نهر نافيسيينك، دعوته إلى عبور نهر هدسون، وركوب الحافلة إلى بلدة ريد بانك. باه بحثنا عن الحفريات بالفشل، إلا أنَّ روبرت استطاع، بعتاده الموجود دوماً، الإمساك بنحلة طنانة، وأزال إبرة اللدغ منها بدقة، وربط أحد طرفي خيط ببطن النحلة الممزوجة بالسلاح، والطرف الآخر بزر قميصه، وركب مُنتصراً عائداً إلى المنزل، و«النحلة تطن» طوال الطريق. حدث هذا في ربيع عام ١٩٦٣، وكانت هذه آخر مرة أرى فيها روبرت.

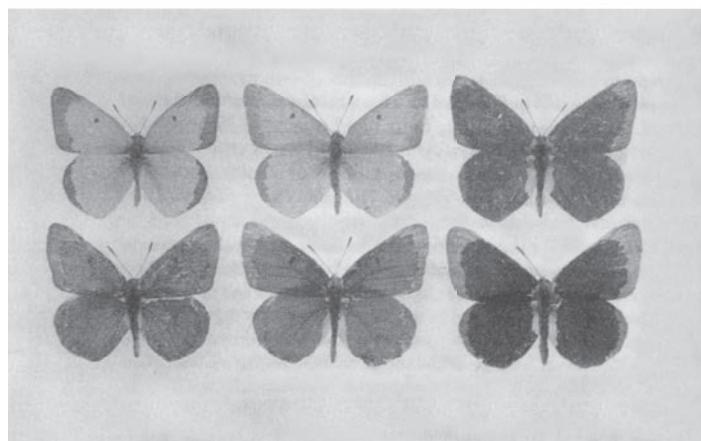
بعد نحو ١٨ عاماً أعطاني طفلاً، ديفيد وريتشل، اللذان كانا في الثامنة وال السادسة من عمرهما، ذريعةً للعودة لتجربة جمع الحشرات؛ فقد اشتريت لهما عدّة جمع الحشرات التي أردتها دوماً. فكرتُ في روبرت، وبناءً على حَدْسي، بحثت عنه في مرجع «رجال ونساء أمريكان في الكيمياء»، وعثرتُ عليه — بكالوريوس علوم، كورنيل؛ دكتوراه، هارفارد؛ كان في هذا الوقت عضواً في هيئة التدريس في هارفارد، والمُتولى شأن مجموعة الفراشات التابعة للجامعة. كتبتُ إليه وذِكرَته بتجاربنا المبكرة معًا بتفاصيل موجزة (وإن كانت مؤلمة). كتب إليَّ في المقابل، وأثنى على ذاكرتي، ودعانا جميعاً لزيارتة في كامبريدج. كان يُوقَّع في هذا الوقت مُستخدماً الاختصار «بوب». كانت عائلتي منشغلةً للغاية في هذا الوقت فلم تستطع قبول عرضه. وبعد نحو خمس سنوات بحثت عنه مرة أخرى ووجدت كلمة «الراحل»، ولم أعلم إلا بعد سنوات أنه تُوفِّي في المياه المتجمدة لنهر بوتوماك.

في مرحلة المراهقة، فاز روبرت في معرض للعلوم بدراساته للتنوييعات في العلامات الموجودة على أجنة الفراشات في الأجزاء المختلفة من مدينة نيويورك. أعتقد أن هذا التكرييم كان ذا صلة باهتماماته العلمية، وأنَّا متأنِّكُ من أنه لم يحصل على أي مساعدة من والديه أو من أي مختبر علمي معروف. وقد أخبرني موقع معهد سميثسونيان السابق الذكر، أنَّ روبرت ارتقى إلى درجة أستاذ مساعد وقيِّم مساعد لحرشفيات الأجنة في متحف علم الحيوان المقارن في هارفارد. حصل لأول مرة على منصب في معهد سميثسونيان للأبحاث الاستوائية في عام ١٩٧٦، وأنهى حياته المهنية هناك. كان أيضاً ناشطاً بيئياً كرس نفسه لحماية جزيرة لينيوم فيتا كي في فلوريدا وإدارتها. وُعرف روبرت، من بين كثير من الإنجازات العلمية الأخرى، على وجه الخصوص بدراساته عن أهمية الأشعة فوق البنفسجية في عادات التزاوج لدى الفراشات.

الصورتان A و B في الشكل ١ مأخوذتان من بحثه الأخير «التواصل البصري والانتقاء الجنسي بين الفراشات»، الذي أنهاه قبل بضعة أيام من وفاته، ونشرَ بعد وفاته.^{٥,٤} أشار



A



B

شكل ١: فراشات مصبوغة من أجل إثبات دور الأشعة فوق البنفسجية في سلوك التزاوج لديها. انظر الصور الملونة. هذه الصورة مأخوذة من آخر بحث قدّمه الأستاذ روبرت إي سيلبرجيدي، صديق الصبا للمؤلف و«شخصية لا يمكن نسيانها». أعيدَت طباعتها بإذنِ من «علم أحياء الفراشات: ندوة الجمعية الملكية لعلم الحشرات بلندن» رقم ١١، آر آي فين-ريت وبي آر آكري (محرّران)، الصفحات من ٢٠٧ إلى ٢٢٢ (١٩٨٤)، بإذنِ من الناشر، المطبعة الأكاديمية (يحمل دمغة ناشر تحت اسم إلزيفير ساينس).

سيلبرجليد إلى أنَّ الفراشات تتمتَّع بأوسع نطاق طيفي للرؤية بين الحيوانات — المنطقة المرئية للإنسان بأكملها بالإضافة إلى الأشعة فوق البنفسجية، وتحتل إلى ٣٠٠ نانومتر. فقد أتَّضح أنَّ دُكَّر أبو دقِيق الكبريتي البرتقالي (كولياس يوريثيم) يعكس أشعةً فوق البنفسجية (لا يراها الإنسان) من السطح الخلفي لأجنحته (ظهرها أو الجزء العلوي منها)، وهذا الانعكاس، وليس لونه، هو الذي يجذب الإناث. في الصورة العليا A نرى ذَكْرًا مرجعياً لأبو دقِيق الكبريتي البرتقالي (الأعلى يساراً) مصبوغاً باللون الأصفر باستخدام قلم تحديد على الجزء السُّفلي من جناحه. ورغم أنَّ لونه ومظاهره، حتى على السطح الخلفي، قد تغيَّراً فإنه لا يزال يعكس أشعةً فوق البنفسجية من السطح الخلفي، ويتسارُج بنجاح. أما الذكور الخمسة الأخرى في الصورة A فقد صُبِغَت بألوان مُختلفة على الأسطح الخلفية من أججنتها، ما يعمَّل على تغيير ألوانها المرئية، ومنع انعكاس الأشعة فوق البنفسجية. وقد قُوِّبِلت هذه الذكور الخمسة برفض من جانب الإناث. وفي الصورة B نرى ذكور أبو دقِيق الكبريتي الغائم (كولياس فيلودايس)، المعروفة بامتصاصها للأشعة فوق البنفسجية في الجزء الخلفي من أججنتها بدلاً من عكسها. وُضعت صبغة صفراء فوق سطح أججنته المرجعي (الأعلى يساراً)، ووُضعت مجموعة الصبغات اللونية نفسها المستخدمة في الصورة A على الأسطح الخلفية من أججنة الفراشات الأخرى. ولما كانت الأسطح الخلفية الستة كلها امتصَّت الأشعة فوق البنفسجية، تزاوج الذكور الستة كلهم بنجاح.

في كتاب السيرة الذاتية الذي يحمل اسم «عالم الطبيعة»، أطلق البروفيسير الشهير إدوارد أوه ويلسون، المسؤول عن رسالة روبرت للدكتوراه، على روبرت لقب «عالم طبيعة موهوبٍ وعالمٍ تصنيفٍ موسوعيٍّ». وفي إهداء بعد الوفاة في الكتاب التجمعي الذي يحتوي على آخر بحث كتبه، يقول المحررون في جزء منه:⁶ «أَسَرَ بوب سيلبرجليد كلَّ من قابله بحماسه المُعدي، وطاقته التي لا حدود لها. وقد تجلَّ هذا في أوضاع صوره في اجتماع الندوة؛ حيث كان في أفضل حالاته، ويزخر بالأفكار والمعلومات والدعابة. لم تسلُّب وفاته المروعة، في كارثة واشنطن الجوية في الثالث عشر من يناير عام ١٩٨٢، عِلَّمَ الأحياء موهبةً كبيرةً فحسب، ولكنها سلبتنا أيضًا صديقاً مبهجاً». لقد كان بالفعل كذلك. لقد كنتُ محظوظاً لتأثيري بهذه العبرية الوليدة في هذه المرحلة المبكِّرة من حياتي، وظللتُ أحاول طوال اشتغالِي بالتدريس في شبابي العثور عليه مرَّةً أخرى.

(٢) منحدر من أنابيب اختبار فالوب؟

(١-٢) سؤال طال انتظاره

أشعر بالخجل من الاعتراف بأنني كنتُ في الخامسة والخمسين من عمري عندما بحثتُ أخيراً عن نسبي الكيميائي. إلا أنَّ الأمر خطئي بالكامل؛ فقد تلقى «والدي الكيميائي»، بيير لازلو – الذي أشرف على رسالتي للدكتوراه ووَقَعَ عليها في جامعة برلينستون – تعليمه في فرنسا، وتعرَّضَ لبعض انعطافات غير تقليدية نوعاً ما في دراساته العليا، ولم يتحَّدَّثْ فعلياً قطُّ مع مجموعتنا البحثية عن أصله الكيميائي، ولم نكن نحن فضوليين بالقدر الكافي لسؤاله. إلا أنَّ زيارة بيير لنيوهامشير في أكتوبر عام ٢٠٠١، وفَرَّتْ بعض لحظات الاسترخاء، فطرحتُ السؤال أخيراً: «من كان «جدي الكيميائي»؟» أخبرني أنه كان إدجار ليديرر، في السوربون في باريس، وهو عالم كيمياء عُضوية ورائد في الاستشراب. عَرَفْنِي بيير أيضًا على هوية مستشار ليديرر – ريتشارد كون في هايدلبرج.

في هذه الليلة، دخلتُ على الشبكة العنكبوتية العالمية واكتشفتُ في غضون دقائق أنَّ كون، الذي حصل على جائزة نوبل، أنهى رسالته الدكتوراه الخاصة به تحت إشراف ريتشارد فيليشتير، الذي حصل على جائزة نوبل عام ١٩١٥، وأنَّ فيليشتير درس تحت أدolf فون باير، الحائز على جائزة نوبل عام ١٩٥٠، والذي درس بدوره مع أووجست كيكوله. غمرني الفرح لعنوري على هذا التاريخ «العائلي» الممizer، وكانت فخوراً باكتشافي للصفات العائلية في نفسي. كان كيكوله أحد رواد الكيمياء العضوية التركيبية؛ فكان أول من اكتشف أنَّ الكربون يُكُونُ أربع روابط، وأنَّ البنزين، الجزيء العطري الأساسي، يتكون من حلقات سداسية. ولطالما اعتبرتُ نفسي عالم كيمياء عُضوية تركيبية، ونشرتُ مقالات عن المركبات العطرية و«الخاصية العطرية». حتى إنه كان يُراودني أحياناً «حُلم الشعبان»، رغم أنه لم يكن بنفسه نفع حُلم كيكوله. ومن بين إنجازات باير العديدة كان وضعه لأول نظرية تشرح القدرة التفاعلية العالية للجزيئات العضوية ذات الإجهاد الزاوي، مثل البروبان الحلقي. وقد شاركتُ مع صديقي القديم جويل إف لييمان، في تأليف كتاب «الجزيئات العضوية المجهدة» في عام ١٩٧٨، ونشرتُ أبحاثاً أخرى في هذا المجال البحثي؛ ولذلك، كان هذا الاكتشاف السريع للسلالة الكيميائية المميزة هذه – التي تعود إلى منتصف القرن التاسع عشر (المزيد عن هذا فيما يلي) – مصدرَ بهجة على وجه الخصوص لشخصٍ تعرَّضَ تراثه العائلي الفعلى قبل القرن العشرين للتدمير فعلياً، ودُفن وسُوِّيَتْ به الأرض في بعض القرى اليهودية في شرق أوروبا ووسطها.

(٢-٢) من ألمانيا إلى فرنسا وإلى أمريكا: ملحمة في القرن العشرين

يُعدُّ تاريخ أجدادى الكيميائين في القرن العشرين تاريخًا مُذهلًا، وتأثَّرَ كثيرًا بالأحداث التي وقعت في ألمانيا في الفترة بين عامي ١٩٢٠ و١٩٥٠؛ فعقب فوز ريتشارد فيليشتير بجائزة نobel عام ١٩١٥ عن تنشيته للكلورو فيل ووضعه أساس تحديد تركيبه، عُين جدي الأكبر هذا، اليهودي، أستاذًا للكيمياء في جامعة ميونخ.^{٩,٨} كان فيليشتير صديقاً مقربياً لفريتز هابر، يهودي آخر، صنع معجزة كيميائية بـ «تشيتيه» للنيتروجين الجوي من أجل صنع الأسمدة (المتفجرات)، وهذا سبب حصوله على جائزة نobel عام ١٩١٨.^٩ كان هابر وطنياً مخلصاً، وصنع الغاز السام سلحاً من أجل إنقاذ أرض الأجداد في الحرب العالمية الأولى. وفي عشرينيات القرن العشرين حاول صنع طريقة لاستخلاص الذهب من ماء البحر؛ لتمكن ألمانيا من دفع تعويضات الحرب.^{١١,١٠} عندما تولَّ النازيون السلطة عام ١٩٣٣، أجبر «هابر اليهودي»^{١١} على ترك عضويته في مجلس إدارة معهد القيصر فيلهلم للكيمياء الفيزيائية في برلين. قبل منصبًا في كامبريدج، في إنجلترا، لكنه تُوفي إثر أزمة قلبية في العام التالي.

في عام ١٩٢٤، في سن الثالثة والخمسين، استقال فيليشتير من منصبه الجامعي احتجاجاً على العداء المتزايد للسامية، الذي شعر بأنه سبب حرمان د. فيكتور مورتس جولدشميت من التعيين في منصب في ميونخ.^{٩,٨} وأصبحت حياته المهنية، التي قُطعت فجأة، تزداد صعوبة. وبسبب تعرض حياته للخطر بعد حملة النازيين المعادية للسامية في عام ١٩٣٨، أجبر فيليشتير على الهرب، واستقرَّ في سويسرا في عام ١٩٣٩، لكن بعد أن واجه صعوبات بالغة. ووصف فيليشتير الرقيق وصاحب البادئ حياته الملوءة بالأحداث في عمل رائع لسيرة ذاتية علمية بعنوان «من حياتي»،^{١٢} نُشر في عام ١٩٤٨، بعد نحو ست سنوات من وفاته.

أنهى ريتشارد كون رسالته للدكتوراه تحت توجيهات فيليشتير في ميونخ عام ١٩٢٢؛ حيث أجرى تجارب استكشافية مُبكرةً على الإنزيمات والكاروتين.^{١٤,١٣} وعقب قضائه فترة في ميونخ، ثم في زيورخ، عاد كون إلى ألمانيا أستاذًا ومديراً لمعهد قيصر فيلهلم (أصبح معهد ماكس بلانك فيما بعد) للأبحاث الطبية في هايدلبرج. وأدت أبحاثه على الكاروتين وفيتامين أ إلى حصوله على جائزة نobel عام ١٩٣٨، إلا أنه اضطرَّ إلى رفض الجائزة؛ فقد منع هتلر الألمانَ من قبول جوائز Nobel بعد منح جائزة Nobel للسلام لعام ١٩٣٥ بعد الوفاة لأحد سجناء مُعسكرات الاعتقال، وهو أيضاً أحد دعاة السلام الألمان

ويُدعى كارل فون أوسيتزي، الذي تُوفي إثر إصابته بمرض السُّل.¹⁵ في عام ١٩٤٩، قبل كون أخيراً ميداليته وشهادته في ستوكهولم. توصلَ تلميذ كون ليدير لطريقة الاستشراب من أجل فصل الأيزومرات المختلفة للكاروتين. كان ليدير يهودياً وهرب من ألمانيا في مارس عام ١٩٣٣، قبل أربعة أيام فقط من زيارة الجيستابو لمعهد القيسار فيلهلم.¹⁶ حصل على مساعدة من مساعد كون أندرية لوف¹⁶ وهاجر إلى فرنسا، وهكذا دخل العنصر الفرنسي في سلالتي الكيميائية. حصل لوف على جائزة نوبل في علم وظائف الأعضاء عام ١٩٦٥ مناسفةً.

(٣-٢) ارتباك وخداع

والآن حان وقت المهمة الممتعة المتمثلة في تتبع تاريخ «أسرتي» المميزة من باير إلى كيكوله إلى ... لكن انتظر! فقد كشفت القراءة المتأنية للمصادر التاريخية أنه عندما حاول فيليشتير الانضمام إلى مجموعة باير المُلهمة في ميونخ، أرشده الأستاذ العظيم إلى زميله في القسم ألفريد أينهورن، الذي أنهى معه آنذاك رسالته للدكتوراه.^{12-١٠} استنتج أينهورن تركيب الكوكايين، وشك فيليشتير أنه غير صحيح وسأل مديره بما إذا كان يستطيع العمل على حل هذه المشكلة. رفض أينهورن وأعطاه مشكلة بحثية لا علاقة لها بالموضوع. استشار فيليشتير مستشاره المُلهم الحقيقي باير، الذي حلَّ هذه المشكلة في السياسة الأكاديمية بالحيلة. رأى باير أن التربوبين يُشبه في تركيبه الكوكايين كثيراً واقتصر على فيليشتير دراسته. وبعد ساعات، إذا صحَّ التعبير، توصلَ فيليشتير إلى حل تركيب التربوبين مما أدى في النهاية إلى معرفة التركيب الصحيح للكوكايين. استشاط أينهورن غضباً ورفض التحدث مع فيليشتير لسنوات، حتى أصبح تلميذه السابق مديرًا للقسم، وعندها هدأت حدة آرائه بعض الشيء.^{11-١٠} لا يأتي ذكر أينهورن إلا على أقصر نحو مُمكن في كتاب بارتينجتون الشامل عن تاريخ الكيمياء.¹⁷ ومع ذلك، فإنه مخترع النوفوكاين،¹² وهذا الإرث على الأقل يُقلل بعض الشيء من ألم وجود أينهورن الجامد التفكير بدلاً من باير المُتقدِّم الذكاء ضمن سلالتي.

نرى في العلاقة بين فيليشتير وأينهورن مثالاً على مشكلة تنشأ أحياناً في أبحاث الأنساب هذه - مَن «يُنسب إليه الفضل» في ظهور عالم شهر - مستشار رسالته العلمية أم العقلية التي كان لها تأثير فعلي؟ ويزداد هذا صعوبة مع تعمقنا أكثر في الماضي. وماذا عن مشرفي ما بعد الدكتوراه؟ لماذا لا يمكن اعتبارهم «آباء»؟ فربما من

المنصف القول إنَّ المشرف على الأطروحة هو أولَ من يرصد العقبات التي تظهر في المختبر الكيميائي للعالم البدئي، ويُقدم له الرعاية حتى يصل إلى مكانة كيميائية مرموقة.

(٤-٢) ثلاثة سنة من الإرث الكيميائي الألماني

بدأت الدراسة الأكاديمية للعلوم ومنح درجة الدكتوراه لأول مرة في ألمانيا في مُنتصف القرن التاسع عشر.¹⁸ أما بكالوريوس الطب فهو أقدمُ من هذا بعده قرون. أدى بحثي، في هذه المرحلة، إلى وصولي إلى صفحة مفيدة عن الأنساب الكيميائية في موقع جامعة إلينوي الإلكتروني (www.scs.uiuc.edu/~mainzv/Web_Genealogy). حصل الفريد أينهورن على درجة الدكتوراه تحت إشراف فيلهلم شتيدل في مدينة توبينجن، وأنهى شتيدل أطروحته للدكتوراه تحت إشراف أدولف فريدرريش لودفيج شتيرiker، أيضًا في مدينة توبينجن. وأنهى شتيرiker رسالته في مدينة جيسن مع يوستوس ليبيج، الذي يُقال عنه إنه أهم عالم كيمياء عضوية في القرن التاسع عشر.

اخترع يوستوس ليبيج جهاز تحليل الكربون الذي أحدث ثورة في التحليل العضوي. فلا يمكن الحصول على الصيغ المعقّدة للمركبّات إلا بعد تحليل دقيق، مما يؤدي في النهاية إلى استنتاجات عن التكافؤ والتركيب لا تظهر إلا بعد عقود لاحقة.^{20,19} نرى في الشكل ١١-٨ (في الأسفل يساراً) تصوّرًا لمختبر ليبيج في جيسن. هل أرى جدي الأكبر شتيرiker؟ نعم، فهو يجلس في المنتصف بالأمام، ويمسك المدقّة والهاون في يده.

يوستوس ليبيج — أبو الكيمياء الحيوانية والنباتية والغذائية! غنيّت من فرحتي: «يا له من يوم مبهج! يا لفرحتي!»²¹ كان ليبيج فاشلاً في سنوات دراسته الأولى وكان شابًا مفروط الشغف والانفعال²² — فلاحظت تشابهًا جينيًّا واضحًا بينه وبيني. نلتقي في تاريخ ليبيج بلبس «أبوي» آخر، يُشبه كثيراً الموجود لدى فيلشتيتر. فيقر ليبيج نفسه أن جوزيف-لوبي جاي-لوساك في باريس كان مُعلّمه الأساسي. ومع ذلك، يخبرنا التاريخ أن ليبيج أنهى رسالته للدكتوراه مع كارل فريدرريش فيلهلم جوتلوب كاستنر، الذي لم يكن راضيًّا عنه في مدينة إرلنجن.^{20,19} وهكذا نستمر في عودتنا في الزمن:

يوهان فريدرريش أوّجست جوتلينج

↑

يوهان كريستيان فيجليب²³

الخاتمة

↑

إرنست جوتفرید بالدينجر

↑

كريستيان أندريس مانجولد

↑

جيورج إرهارت هامبرجر

↑

يوهان أدولف فيدل

↑

جورج فولفجانج فيدل²⁴

↑

فيذر رولفينك²⁵

فيرنر (أو جورنر) رولفينك! ولد رولفينك في عام ١٥٩٩ في هامبورج، وتلقى تعليمه في فيتنبرغ ولابين وأكسفورد وبادوفا، وحصل على بكالوريوس الطب في عام ١٦٢٥.²⁵ وفي عام ١٦٣٨، أسس المختبر الكيميائي في مدينةينا، وفي عام ١٦٤١ أصبح أول أستاذ كيمياء في الجامعة. عرض كتاب رولفينك «مختصر لفن الكيمياء» (الشكل ٢)، الذي نُشر لأول مرة في عام ١٦٦١، الكيمياء القديمة وقدّم علاجات طبية. حقق رولفينك شهرة لتشريحه العلني، في المسرح التشريحي الذي بناه فيينا، لل مجرمين المنفذ فيهم حكم الإعدام. ولفترة من الوقت، كان يُشار لعمليات التشريح هذه باسم «الرولفينكية».²⁵

(٥-٢) علماء تشريح البندقية في القرن السادس عشر

كان رولفينك الشخصية الانتقالية في تاريخ «عائلتي»؛ فقد ولد في ألمانيا وتمتع بحياة مهنية طبية وعلمية مميزة في ألمانيا، وأتمَّ حصوله على بكالوريوس الطب في بادوفا تحت إشراف أدريان فون دن شبِيجل.²⁶ وبينما يمكن اعتبار رولفينك انتسابياً في الطب الكيميائي وجراحًا بالقدر نفسه، كان فون دن شبِيجل ينتمي بوضوح إلى مجال التشريح

فن الكيمياء

**GVERNERI ROLFINCII,
PHIL. AC MED. DOCTO-
RIS ET PROFESSO-
RIS PUBLICI**

**C H I M I A
IN ARTIS FOR-
MAM REDACTA,
Sex Libris
comprehensa.**

GENAE,
SAMUEL KREBS CURABAT.

ANNO M DC LXII

شكل ٢: صفحة العنوان من كتاب الكيمياء الذي نُشر عام ١٦٦٢ للدكتور جورنر رولفينك، أحد الأسلاف الكيميائيين للمؤلف. مثل رولفينك انتقالاً مهماً من الأطباء المتعلمين في بادوفا إلى الكيميائيين الذين يدرسون في ألمانيا. حقق نوعاً من الشهرة من عمليات تشريحه العلنية في مدينةينا لل مجرمين المُنفذ فيهم حكم الإعدام، بغرض التدريس الطبي. ولبعض الوقت كان يُشار إلى التشريح البشري بمصطلح «الرولفينكي».

والجراحة. وقد ولد شبيجل في بروكسل عام ١٥٧٨، ودرس في بادوفا على يد جيرولامو فابريتشي وجولييو كسارى، وأتم دراسته بين عامي ١٦٠١ و١٦٠٤.

ويواصل الموقع الإلكتروني لعلم الأنساب التابع لجامعة إلينوي نقله إلى الماضي. فمع دخولي مرة أخرى إلى إيطاليا في أواخر القرن السادس عشر، بدأتُ أفكُر أين سينتهي كل هذا (أو سيدأ، في واقع الأمر)؛ فمع قربِي جغرافياً من الأرضي المقدسة، بدأْتُ أتساءل: هل موسى الذي تعامل مع الذهب، أم توبال قابيل،²⁷ أقدم متخصص في علم المعادن في العهد القديم، كان حزءاً من سلالتي الكنمية أيضاً؟

في الواقع، يُعطي نسبي الكيميائي القرن السادس عشر بأكمله تقريباً في بادوفا، ثم يتلاشى. لماذا التحول إذًا من جمهورية البندقية الشمالية إلى ألمانيا في الجزء الجنوبي من الإمبراطورية الرومانية المقدّسة؟ فقد شكلت مدينة البندقية وجمهوريتها منطقة مزدهرة تجاريًّا وثقافيًّا طوال القرن الخامس عشر. عندما غزَّت فرنسا جمهورية ميلانو الشماليَّة الغربية في أواخر القرن، وأصبح الإسبان حلفاء لها، بدأت القوتان احتلال إيطاليا، ما أدى إلى إضعاف المنطقة. وبينما ظلت مستقلة طوال القرن السادس عشر، أضفت دولة البندقية اقتصاديًّا وثقافيًّا، وفقدت مكانتها كمركز فكري في أوروبا. حصل كاري²⁸ على بكالوريوس الطب في بادوفا عام ١٥٨٠، كما حصل معلمُه فابريتشي²⁹ على درجة العلمية من بادوفا عام ١٥٦٩ تقريباً. وبصفته أحد أعضاء هيئة التدريس في بادوفا، كان فابريتشي نموذجاً للأكاديمي الذي يفتقر إلى القدرة على العمل ضمن فريق بسبب غروره. ففي عام ١٥٨٨، اتهمه طلابه علنًا بإهماله التدريس لصالح أحواله. وفي عام ١٦١١ اشتُرك مع أحد زملائه بسبب مواعيد المقررات الدراسية. إلا أن، سمعته الأكاديمية وعمله الاستثنائي أزدهرا كثيراً وبدأ تولى علاج حاليليو منذ عام ١٦٠٦²⁹.

تألقَ فابريتشي تعليمه على يد جابريلي فالوبيو (١٥٢٢-١٥٦٢)³⁰ في بادوفا. وأصبح فالوبيو شخصية شهيرة للغاية لدرجة أن كثيراً من الكتب نسبت إليه زوراً بعد وفاته. ولا يمكن أن يُنسب له على سبيل اليقين سوى كتاب «ملاحظات تشريحية» (١٥٦١). وقد عملت دراسته الرائدة في التشريح على توسيع عمل رئيس قسم التشريح السابق عليه، أندريلاس فيزاليوس. بالطبع يشتهر فالوبيو بكونه مكتشف قناتي فالوب التي توصل البوopies إلى الرحم. ولد أحد معاصرى فالوبيو، ريكاردو كولومبو³¹ (الذى يُسمى عادةً خطأً ماتيو ريكاردو كولومبو) عام ١٥١٠ تقريباً. درس هو فالوبيو على يد جيوفاني أنطونيو لونيجو، رغم وجود كثير من الشكوك هنا. خلف كولومبو فيزاليوس في رئاسة قسم التشريح في بادوفا. وبعد هذا، واستجابةً للشائعات التي روّجت لانتقاد كولومبو له، لم يلث فيزاليوس أن «اتهمه بأنه حاصل ومحتمل». وفي عام ١٥٤٨، زار

كولومبو روما ودرس التشريح مع مايكل أنجلو،³¹ ووصف فيما بعد دور القلب في الجهاز الرئوي، وبذلك يكون قد سبق ويليام هارفي.³¹ خلف فالوببيو كولومبو في رئاسة قسم التشريح في بادوفا، وحظي أيضًا بعلاقات ماضطربة معه تماماً مثل فيزاليوس.³¹ تُعيد رواية حديثة بعنوان «عالم التشريح»، لفريديريكو أندهاسي، تصوير الجراح الرائد كولومبو وسط المحظورات الدينية والرياء في بادوفا في القرن السادس عشر. فيرد في الرواية، أنه اكتشف الوظيفة الحقيقية لعضو «حب فينيوس»، الذي سيُصبح التوغل في الحديث عنه خارج سياق كتابي الكيميائي لهذا الوقور والمحترم. يُثير كولومبو التخييل في القصة غضب الكنيسة ويلقي نهاية مروعة. ومن حيث الحقائق التاريخية، فقد درس فالوببيو عضو «حب فينيوس»، ويتساءل المرء لماذا اخترع أندهاسي شخصية مرَّكِب «ماتيو» مركبة من كولومبو وفالوببيو.

ومع ذلك، إذا توغلنا في الماضي أكثر من ذلك، وتحديداً قبل لونيجو، نجد أنطونيو موسى براسافولا (١٥٥٥–١٥٠٠)، أحد المساهمين الكبار في علم الصيدلة في عصر النهضة وطبيب البابا بولس الثالث.³³ وبينما ما زال أمامي ٢٨٠٠ سنة أو نحو ذلك لأتحدث عنها في جهودي المستقبلية للربط بين براسافولا وموسى، كانت هذه، إلى الآن، رحلة ممتعة.

هوامش

(1) The Smithsonian Institution Archives retain Robert's papers (1960–1982) and related materials (to 1984) in a collection (Record Unit 7316) described by Rebecca V. Schoemaker (see <http://www.si.edu/archives/faru7316.htm>).

(2) Here I happily acknowledge my friendship with Joel F. Liebman dating back to Fall 1967, when we met as first-year graduate students in chemistry at Princeton University. Although Joel and I were 20 when we met, we were “young adults,” scientifically speaking, and thus mostly “formed.” It would have been fun to have known Joel at, what entomologist Silberglied might have referred to as, his pupal stage. Joel, too, won science fairs as an early teenager without help of parents or any scientific establishment. Finally, Joel’s continued scientific creativity, his “manic”

punning, his appreciation for the absurd, and his innate kindness perhaps allow me to imagine Robert as an adult.

(3) In 1997 I had the good fortune to meet Dr. Slayton A. Evans, Jr., Professor of Chemistry at the University of North Carolina at Chapel Hill. Slayton, an African-American, grew up in rural Alabama, and like so many other boys in the “Sputnik generation,” also developed an interest in rockets. He related to me how one of his (solid-fuel) rockets blew up near the house, leaving a small crater in the yard. Alarmed by the explosion, his mother called out to her precocious son “What happened?” To which he replied “Nothing, Mom.” To which she replied “Well, make sure that ‘nothing’ never happens again.” Professor Evans died on March 24, 2001 following a prolonged illness. On the university Webpage the following words appear: “His grace and dignity touched everyone he met in a unique way.” Girls were not particularly encouraged into the sciences and engineering during those days. But many were not to be denied and I think of my contemporary Dr. Marye Anne Fox, Chancellor of North Carolina State University and a member of the National Academy of Sciences, as one formidable example. Dr. Joan Valentine, the first female graduate student in chemistry at Princeton, Professor of Chemistry at UCLA, and journal editor, is another. Indeed, my wife Sue would, as a young girl, unfashionably watch and assist her dad, Wilbert Covici, in his building and repair activities. As a result, her mechanical abilities put mine to shame. Similarly, my sister Ilene (“Dee Dee”) Franklin was not encouraged to imagine a career as a scientist, but she became a gifted chemistry teacher and is now stimulating her second generation of high school students. My other sister, Roberta, a talented dancer, might have become a business executive.

(4) R. E. Silberglied, in *The Biology of Butterflies. Symposium of the Royal Entomological Society of London*, No. 11, R. I. Vane-Wright and P. R. Ackery, Academic Press, London, 1984, pp. 207–223.

- (5) See Plate 4 and its description in the book cited in Siberglied, op. cit.
- (6) E. O. Wilson, *Naturalist*, Island Press/Shearwater Books, Washington, DC, 1994, pp. 276–279.
- (7) R. I. Vane-Wright and P. R. Ackery, op. cit., p. xxi. After the present essay was written, and the manuscript sent to the publisher, an article on the aftermath of Air Florida Flight 90 appeared (*The New York Times Magazine*, August 4, 2002, pp. 36–41). I am grateful for the details about Robert's life that it provides, including the fact that he proposed marriage (joyfully accepted) on the morning of his ill-fated flight.
- (8) C. C. Gillespie (ed.), *Dictionary of Scientific Biography*, Charles Scribner & Sons, New York, Vol. XIV, 1976, pp. 411–412.
- (9) B. Narins (ed.), *Notable Scientists From 1900 to the Present*, The Gale Group, Farmington Hills, Vol. 5, 2001, pp. 2438–2441.
- (10) J. R. Partington, *A History of Chemistry*, Macmillan & Co., Ltd., London, Vol. 4, 1964, pp. 636.
- (11) *The New Encyclopedia Britannica*, Encyclopedia Britannica, Inc., Chicago, 1986, Vol. 5, pp. 601–602.
- (12) R. Willstätter, *Aus mein Leben*, A. Stoll (ed.), Verlag Chemie, Weinheim, 1948; transl. L. S. Hornig as *From My Life*, W. A. Benjamin, New York, 1965.
- (13) Gillespie, op. cit., Vol. VII (1973), pp. 517–518.
- (14) Narins, op. cit., Vol. 3, pp. 1281–1282.
- (15) *The New Encyclopedia Britannica*, op. cit., Vol. 8, p. 1031.
- (16) See: <http://sun0.mpimf-heidelberg.mpg.de/History/KuhnL.html> (obtained December 7, 2001).
- (17) Partington, op. cit., p. 860.
- (18) J. Ziman, *The Force of Knowledge—the Scientific Dimension of Society*, Cambridge University Press, Cambridge, 1976, pp. 57–62.

- (19) Partington, op. cit., pp. 294–334.
- (20) Gillespie, op. cit., Vol. VII, 1973, pp. 329–350.
- (21) With sincerest apologies to Lewis Carroll for bawdlerizing *Jabberwocky*.
- (22) A. Greenberg, *A Chemical History Tour*, John Wiley & Sons, New York, 2000, pp. 196–199.
- (23) Gillespie, op. cit., Vol. XIV, 1976, pp. 332–333.
- (24) Gillespie, op. cit., Vol. XIV, 1976, pp. 212–213.
- (25) Gillespie, op. cit., Vol. XI, 1975, p. 511.
- (26) Gillespie, op. cit., Vol. XII, 1975, p. 577.
- (27) J. Read, *Humour and Humanism in Chemistry*, G. Bell & Sons Ltd., London, 1947, p. 3.
- (28) Gillespie, op. cit., Vol. III, 1971, pp. 98–100.
- (29) Gillespie, op. cit., Vol. IV, 1971, pp. 507–512.
- (30) Gillespie, op. cit., Vol. IV, 1971, pp. 519–521.
- (31) Gillespie, op. cit., Vol. III, 1971, pp. 354–357.
- (32) F. Andahazi, *The Anatomist* (transl. by A. Manguel), Doubleday, New York, 1998.
- (33) J. R. Partington, *A History of Chemistry*, Macmillan & Co., Ltd., London, Vol. 2, 1961, p. 96.

