

الكيمياء وعلاقتها بالحياة اليومية

تأليف

أرنولد الكوت

ه.س. بولتون

ترجمة

د. أحمد رياض

د. يوسف قطب

تقديم ومراجعة

د. جمال عبد المنعم

الكتاب: الكيمياء وعلاقتها بالحياة اليومية
الكاتب: أرنولد الكوت، ه.س. بولتون
ترجمة: د. أحمد رياض، د. يوسف قطب
تقديم ومراجعة: د. جمال عبد المنعم
الطبعة: ٢٠٢٠

الناشر: وكالة الصحافة العربية (ناشرون)

٥ ش عبد المنعم سالم – الوحدة العربية – مذكور- الهرم – الجيزة
جمهورية مصر العربية
هاتف: ٣٥٨٢٥٢٩٣ – ٣٥٨٦٧٥٧٦ – ٣٥٨٦٧٥٧٥
فاكس: ٣٥٨٧٨٣٧٣



E-mail: news@apatop.com http://www.apatop.com

All rights reserved. No part of this book may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form or by any means without prior permission in writing of the publisher.

جميع الحقوق محفوظة: لا يسمح بإعادة إصدار هذا الكتاب أو أي جزء منه أو تخزينه في نطاق استعادة المعلومات أو نقله بأي شكل من الأشكال، دون إذن خطي مسبق من الناشر.

دار الكتب المصرية
فهرسة أثناء النشر

الكوت ، أرنولد / بولتون، ه.س.
الكيمياء وعلاقتها بالحياة اليومية/ أرنولد الكوت، ه.س. بولتون، ترجمة: د. أحمد
رياض، د. يوسف قطب، تقديم ومراجعة: د. جمال عبد المنعم.
– الجيزة – وكالة الصحافة العربية.
١٦٥ ص، ٢١*١٨ سم.
الترقيم الدولي: ٦ – ٥٧ – ٦٨١٨ – ٩٧٧ – ٩٧٨
أ – العنوان رقم الإيداع: ٧٩٥٧ / ٢٠٢٠

الكيمياء وعلاقتها بالحياة اليومية

وكالة الصحافة العربية
«ناشرون» 

مقدمة

يحكي كتاب "الكيمياء الحديثة... نشأتها وعلاقتها بالحياة اليومية" لمؤلفيه العالمين الكيميائيين الأمريكيين "أرنولد الكوت، و ه.س. بولتون"، قصة الكيمياء منذ بدايتها، ويشير إلى أن قصة أي علم من العلوم عبارة عن سجل محاولات الإنسان لتفهم أسرار الطبيعة. والعمليات الطبيعية اليوم لا تختلف عن نظائرها القديمة، ولكن الاختلاف هو في إدراك الإنسان لها وفي تطبيقها.

أيضا يسعى الكتاب عبر فصوله العشرة إلى توضيح العلاقة الوثيقة بين علم الكيمياء وكل وجوه الحياة الحديثة تقريباً، إذ يندر أن نجد عملية صناعية لا تدين بفاعليتها، إن لم يكن بمنشئها، إلى عمل الكيمياوي، فلم يعد صابغو الأقمشة اليوم يعتمدون على بضعة ألوان التي يمكن استخلاصها من النباتات، ولكنهم، بمساعدة الأصباغ التكوينية ينتجون ما لا حد له من الألوان البراقة ودرجاتها الرقيقة.

ومع أن الكيمياء بوصفها علما دقيقاً تنسب إلى العصر الحديث، إلا أن أصلها، كما في حالة العلوم الأخرى، تمتد جذوره إلى قرون سحيقة. فقد عرفها قدماء المصريين الذين كانوا على شيء من العلم بصناعة الطلاء بالميناء، وتنقية الذهب، واستخدام الأصباغ الطبيعية، كما

يستدل على فهمهم استخدام المطهرات بنجاحهم في تحنيط جثث
حكامهم حتى قاومت موميائاتهم عوامل الانحلال لآلاف السنين.

الكيمياء علم يعتني بالتفاصيل المختلفة للمادة والعنصر؛ ومن ثم
يتطرق إلى كل ما يتعلق بهما، سواء من ناحية الخواص والسلوك
والتفاعلات، أو من ناحية التغيرات المختلفة التي تنتابه بين الحين
والآخر وفقاً للظروف المحيطة به وما يتعلق ببنيتها وتراكيبه. فالكيمياء
تهتم بدراسة العنصر والمادة الكيميائية، دراسة تفصيلية، وتتطرق إلى
خواصها وسلوكها، والتفاعلات التي تطرأ عليها، وبنيتها، وتركيبها، وكل ما
يتعلق بالمادة من تغيرات، وتتناول تفاعلاتها وما ينبعث بها من طاقة.

والكيمياء ليست نوعاً واحداً، بل هناك أنواع عديدة منها: الكيمياء
العضوية وغير العضوية، والكيمياء التحليلية، والحيوية، والفيزيائية،
والحركية، والحرارية، والإحصائية، والكمية؛ لتعكس من خلال هذا التنوع
تنوع جوانب الحياة التي تتناولها، فهي ترتبط ارتباطاً وثيقاً بكل جوانب
الحياة، ومن خلال الكيمياء بأنواعها يستفيد الإنسان في كافة جوانب
حياته، فعلى المستوى الطبي ترتبط الكيمياء ارتباطاً وثيقاً بالتقدم الطبي،
والتطور الدوائي، فعلم الكيمياء يُشارك بفعالية في إنتاج الدواء وتطويره؛
فهو يدرس ويكتشف المركبات الكيميائية المختلفة التي من خلالها
تتركب الأدوية، ومن ثمَّ يقوم علم الكيمياء بإجراء الفحوصات
والتحليلات المختلفة لدراسة هذه المواد، والمشاركة في إنتاج الدواء
بجودة عالية، لتوفير حياة آمنة وعلاج ذي جودة عالية للبشرية.

هكذا تلعب الكيمياء دورًا هامًا في حياتنا، إذ تدخل في الصناعة والزراعة والطب.

قصة الكيمياء

مرت قصة تطور الكيمياء بمراحل عديدة ، وأولها مرحلة علم الصنعة حين زعم البعض في تلك الأوقات إمكانية تحويل المعادن الرخيصة إلى معادن ثمينة، وكثيرًا ما نعثر في كتابات الكيمياء القديمة على إشارات إلى حجر الفلاسفة - وهو شيء خرافي كان يساعد الكيميائي القديم في تحويل النحاس إلى ذهب. وقد استمر البحث عن حجر الفلاسفة طوال القرون الوسطي، وعبثًا أفنى الكيميائيون القدماء حياتهم ينشدونه جيلًا بعد جيل دون أن يعثروا عليه، لذلك كان طبيعيًا أن تقترن الكيمياء في عقول السنة بالسحر.

بعدها جاءت كانت المرحلة الثانية وهي مرحلة الكيمياء التي اتجهت إلى الطب، ففي هذه المرحلة تم تحضير وتصنيع بعض الأدوية الهامة.

ثم تأتي مرحلة نظرية الفلوجستون والتي أقرت أن هناك عنصر يساعد المادة على الاشتعال ويتحد معها مكونا أكسيد المادة ، هذا العنصر أطلقوا عليه اسم الكالكس، وقد ظلت هذه النظرية سائدة حتى جاء العالم الفرنسي لافوازييه سنة ١٧٧٨م وأثبت خطأها عندما سخن الزئبق وأثبت أن عملية الاحتراق عبارة عن اتحاد أكسجين الهواء بالمادة ، وهو ما يسمى أكسدة أو تأكسد.

والمرحلة الرابعة والأخيرة هي علم الكيمياء الحديثة التي بدأت في أواخر القرن الثامن عشر، والتي تشعبت لتصل إلى أكثر من فرع مثل الكيمياء التحليلية، الكيمياء الحيوية، كيمياء بيئية، الكيمياء اللاعضوية، الكيمياء الطبية، الكيمياء النووية، الكيمياء العضوية، الكيمياء الدوائية، الكيمياء الفيزيائية.

يؤكد مؤلفا الكتاب "أرنولد الكوت، و ه.س. بولتون" أن الكيمياء ولدت من الطب، حيث يقولان في كتابهما " نبتت الكيمياء من دراسة الطب. ولكن ما حل القرن السابع عشر حتى صارت الكيمياء تدرس لذاتها، وفي نهايته استوت علما قائما بذاته". ومنذ القرن الثامن عشر كان انتشار العلوم منذ القرن الثامن عشر سريعًا لدرجة يتعذر معها تتبعه في ترتيب تاريخي دقيق. وفي هذا التاريخ ثبتت أركان الكيمياء بوصفها علمًا تجريبيًا، وشيئًا يدرس لذاته، وليس لأنه فرع من فروع الطب- وذلك نتيجة لمجهود أعضاء الجمعية الملكية الأولين الذين اتبعوا الطريقة الباكونية (نسبة إلى فرانسيس بيكون).

ويتوقف الكتاب طويلا عند إحدى أهم الخطوات في مسيرة الكيمياء الحديثة، وهي مرتبطة باسم أنطوان لافوازييه، وهو واحد من أبرز علماء الكيمياء في القرن الثامن عشر بفرنسا، وقد اشتهر بمساهمته في اكتشاف أحد أهم العناصر الكيميائية على الإطلاق، وهو الأوكسجين. كما تعرّف على أهمية هذا الغاز ودوره في عملية الاحتراق. وقد أسهم بإسهاماتٍ عبقرية في مجال الكيمياء تحديداً، والتي لا تزال تُ الأساس للعديد من النظريات العلمية في عصرنا الحاضر.

وأشار إلى أنه خلال عملية الاحتراق لا يتم استهلاك كميات وافرة من الهواء فحسب، بل يتم زيادة كتلة المادة أيضاً. وأدخل تحسينات على أعمال العلماء الآخرين، أمثال: جوزيف بلاك وجوزيف بريستلي، ولا يزال لافوازييه مثلاً أعلى يُحتذى به في الأوساط العلمية حول العالم؛ للثورة العلمية التي أحدثها في مجال الكيمياء. وكان لافوازييه بين الأوائل الذين جهدوا لإرساء اللغة الكيميائية على أساس معقول حتى تكون مفهومة بوجه سنة، وحتى تزيل ضباب ذلك الغموض الذي كانت تتشع به الكتابات العلمية، لكن ذلك لم يمنع عنه ما لقيه في حياته من اتهامات بالهرطقة والسحر، وفي سنة ١٧٩٤ بباريس أعدم بالمقصلة انتون لافوازييه وهو بعد في الثالثة والخمسين. وكان عند القبض عليه مشغولاً بسلسلة تجارب على التنفس والعرق.

أدوار الكيمياء

ليس من السهل إحصاء أدوار الكيمياء في الحياة، وذلك لتداخلها في كثير من تفاصيل حياتنا، وإسهامها في إمدادنا بكثير من احتياجاتنا الضرورية للحياة، وهذه أمثلة تؤكد دور الكيمياء في كثير من الجوانب في حياتنا:

— تكوين جسم الإنسان: يتألف جسم الإنسان من عدد لا نهائي من الخلايا، ولكل مادة في الخلية صيغة كيميائية محددة، بالإضافة إلى دخول الكيمياء في مجال المختبرات الطبية، وتعتبر الكيمياء التحليلية فرع من الفروع الهامة في الكيمياء خاصة مع التطور العلمي الهائل التي تشهده منذ فترة، ويستفاد منها في دراسة المواد الحية وعمليات التمثيل الغذائي

وغيرها، ولا يستطيع الأطباء تشخيص الأمراض دون الاستناد إلى نتائج التحليلات اللازمة لذلك. وتتعدد أنواع التحاليل فمنها ما يخص الدم ومنها ما يخص أعضاء الجسم والخلايا، ويعتمد تشخيص الأطباء ب كبير على نتائج تلك التحاليل خاصة مع وجود أعراض متشابهة لأمراض مختلفة.

- الصيدلة: لولا علم الكيمياء لما كان للصيدلة وجود من الأساس، فالكيمياء تلعب دورًا حيويًا في إنتاج الدواء، وتساهم في تشخيص الأمراض وتصنيع الأدوية وكذلك إجراءات التعقيم، ويوجد فروع منفصلة للكيمياء التي تستخدم بانتظام في مجال الطب مثل الكيمياء الطبية، والكيمياء التحليلية، والكيمياء غير العضوية، والكيمياء العضوية، والكيمياء الحيوية.

- الزراعة: ساعدت الكيمياء في تطوير الزراعة من خلال دراسة نوعية التربة و تحديد العناصر المناسبة لها، وتزويدها بالمبيدات الحشرية لحمايتها من الحشرات والعوامل الضارة، وتزويدها بالأسمدة الصناعية القادرة على تعويض العناصر الناقصة وزيادة إنتاج الأشجار وكمية الثمار، كما يدرس المواد النباتية الأساسية لاستكشافها للحصول على فوائد أخرى مستخدمة في الطب والملابس وغيرها.

- إنتاج الغذاء: تساعد الكيمياء على إنتاج الغذاء وهو عبارة عن الكربوهيدرات والبروتينات والدهون، وتساعد أيضا في تحديد الأحماض الدهنية الأساسية والأحماض الأمينية التي يحتاجها الجسم، كما تساعد في بعض العمليات الغذائية مثل التخمر، ويمكننا التعرف على طبيعة الألوان

والنكهات والمُحليّات المضافة إلى الطسنة، ويمكن بمساعدة الكيمياء أن نجعل التحلية خالية من الكربوهيدرات من أجل مرضى السكري.

- البيئة: ساهمت الكيمياء في الحفاظ على البيئة، وساعدت في الحفاظ على المواد المغذية والمواد الكيميائية من التلوث، ويمكن دراسة البيئة من خلال فحص الغازات وظواهر التلوث والاحتباس الحراري وانبعاث الغازات باستخدام الكيمياء.

- الصناعة: تعتمد العديد من الصناعات على الكيمياء خصوصا ما يرتبط منها بالصناعات الدوائية، والورق، والقلويات، والأحماض، والصابون وغيرها الكثير، ويمكن إعادة استخدام العديد من النفايات في الصناعة لصنع أشياء أخرى عن طريق المعرفة بالكيمياء، وتستخدم الكيمياء التحليلية لتقييم جودة المنتجات النهائية. كما تدخل الكيمياء في الكثير من عمليات التصنيع مثل صناعة البلاستيك والاسمنت وكل مواد البناء وصناعة الزجاج، وإنتاج البتروكيماويات، الدواء البوليمرات، الطلاءات، الزيوت، ويتم استخدام علوم الكيمياء والتفاعلات الكيميائية لإنتاج مواد جديدة، أو فصل المواد من بعضها باستخدام طرق كيميائية خاصة.

أيضا تهتم فصول الكتاب برصد أوجه الارتباط بين الكيمياء الحديثة وجميع أوجه الحياة، لكن أكثرها طرافة ذلك الفصل الذي يتناول دور الكيمياء في الكشف عن الجريمة، فالشرطي السري كان يلجأ إلى الطبيب حين يحتاج إلى بحث نقطة علمية، فقد اعتبر الطبيب خبيراً، لا فيما يتصل بالطب والجراحة فقط، ولكن في السموم، وتحليل الأغذية، والأنسجة، والمياه، وما إليها من الأشياء.

ولكن منذ بلوغ الكيمياء مرتبة العلم الدقيق. فقد لعب الكيمياوي دوراً متزايداً في الكشف عن الجريمة واقتصاص العدالة من المجرمين. فإذا كان الطيب يحيط بالتأثير العلاجي لاستخدام الجرعات الصغيرة إحاطته بالتأثير القاتل للجرعات الكبيرة إلا أن البرهان النهائي بالتحليل الذي لا يقربه الشك على أن سمّاً معيناً قد استخدم هو أمر يخص الكيمياوي وحده أو هو، على أية حال، مسألة كيمياوية.

وتؤدي الكيمياء، بالإضافة إلى الكشف عن السموم خدمات عديدة أخرى، منها فحص أشياء كبقع الدم والأنسجة، والتراب وبقع مواد مختلفة، وعلى الكيمياوي عند فحص بقع مشتبّه فيها بأنها دماء، أن يقرر أولاً ما إذا كانت بقعة معينة يمكن أن تكون من الدم أم لا، أي أنه يجري اختباراً ابتدائياً يستطيع من نتيجته أن يقرر حالاً أن البقعة ليست من الدم.

وكثيراً ما تخضع النقود للتحليل الكيمياوي، فالنقود المتداولة هي عملة رمزية، لا تساوي فعلاً القيمة الأصلية المعينة لها. لكن العملة الفضية الأكبر حجماً فإن إغراءها على التزييف شديد نظراً لأن الثمن الفعلي لما فيها من الفضة أقل بكثير من قيمتها الإسمية. ولولا وجود فروق طفيفة في التركيب لكان من الصعب التمييز بين الزائف والصحيح. وهنا تأتي أهمية دور الكيمياوي فكثيراً ما كان تحليل معدن النقود المزيفة كافياً لإثبات جرم الصانع الذي ضبط بمحلّه المعدن المريب، والجهاز الملائم للتزييف

د. جمال عبد المنعم

الكيمياء القديمة - كيمياء العصور الوسطى

قصة أي علم من العلوم عبارة عن سجل محاولات الإنسان لتفهم أسرار الطبيعة. والعمليات الطبيعية اليوم لا تختلف عن نظائرها في الماضي البعيد، ولكن الاختلاف هو في إدراك الإنسان لها وفي تطبيقها ، فالشمس والأجرام السماوية الأخرى لا تزال تخضع لنفس النواميس التي خضعت لها في الماضي، ولا تزال تؤدي نفس التحركات التي كانت تؤديها، ولم يستطع الإنسان تعرف طريقه في بحار العالم بالليل أو بالنهار إلا بعد أن فهم تلك القوانين والتحركات. ومع وجود قوة الجاذبية والقوى المولدة للطاقة الكهربائية منذ الأزل، فقد كان فهم الإنسان لهذه الأشياء شرطاً ضرورياً لتذليله ما بالبحيرات العالية من قوى مائية لإنتاج الكهرباء التي يريدونها لاستعماله الخاص.

ويشترك الفلكي، والفيزيائي، والبيولوجي، والكيميائي- كل في دائرة اختصاصه، في رفع النقاب عن أسرار الطبيعة والاستزادة من تفهم قوانينها، ثم استخدام ما اكتسب من المعرفة لمنفعة بني الإنسان، فما مناعم المدنية الحديثة المتعددة- إلا نتيجة يعزى القسط الأكبر منها إلى تقدم العلوم.

ويعني الكيميائي بتركيب الأشياء، فيريد أن يعرف مم صنعت هذه

الأشياء. وكيف تصنعها الطبيعة، ثم يحاول صنعها بنفسه. فينجح آونة ويفشل أخرى، ولكن معلوماته تنمو، فهو يتعلم من النجاح كما يتعلم من الفشل. ثم يصبح قادرًا، بما يكتسب من المعرفة، على صنع مواد جديدة أو على إنتاج مواد قديمة بوسيلة جديدة.

والمأمول أن نوضح في هذا الكتاب العلاقة الوثيقة بين علم الكيمياء وكل وجوه الحياة الحديثة تقريبًا، إذ يندر أن نجد عملية صناعية لا تدين بفاعليتها، إن لم يكن بمنشئها، إلى عمل الكيمياوي، فلم يعد صباغ الأقمشة الآن يعتمد على بضعة الألوان التي يمكن استخلاصها من النباتات، ولكنه، بمعاونة الأصباغ التكوينية ينتج ما لا حد له من الألوان البراقة ودرجاتها الرقيقة، وما أواني الطهو من الألومنيوم وسكاكين المائدة من الصلب الذي لا يصدأ إلا من نتائج البحوث الكيمياوية.

وتدين العلوم الطبية يوميًا للكيمياوي بما ينتج ويتقن من عقاقير وأدوية يستخدمها الطبيب لتلطيف الألم، كما تتبين بجلاء مناجح الكيمياء في تنقية مصادر المياه، وزيادة غلة المحاصيل الحقلية وتنويع مصادر الأغذية وتأمينها صحيًا. ويعود الفضل إلى الكيمياوي في كل ما أحرز من الكمال الحالي في صنع حبال الغواصات، والسيارات، والإنارة، الصناعية، والإذاعة، والتصوير الشمسي، وآلات طب الأسنان... الخ.

والكيمياء كما تراول اليوم علم حديث نسبيًا، فقد كان من اليسير - حتى منتصف القرن الثامن عشر - على أي دارس جاد أن يحيط بكل حقائق الكيمياء المعروفة حينذاك، بينما لا يستطيع إنسان الآن أن يحذق

كل فروع ذلك العلم، ويتعين على الدارس إذًا أن يقتصر على معرفة الأساسيات بصفة سنة، ثم قد يستطيع التعمق بعد ذلك في فرع أو أكثر من الفروع كالتعدين، أو الكيمياء الكهربائية، أو الكيمياء الحيوية، أو الصباغة، أو الوقود أو الزيوت، أو الراتينجات.

ومع أن الكيمياء بوصفها علماً دقيقاً تنسب إلى العصر الحديث، إلا أن أصلها، كما في حالة العلوم الأخرى، تمتد جذوره إلى ماضٍ سحيق. فقد كان قدماء المصريين على شيء من العلم بصناعة الطلاء بالمينا، وتنقية الذهب، واستخدام الأصباغ الطبيعية، كما يستدل على فهمهم استخدام المطهرات بنجاحهم الظاهر في تحنيط جثث حكامهم حتى قاومت مومياتهم عوامل الانحلال آلافاً من السنين.

ومن العسير القطع بأنهم عثروا على هذه المعرفة مصادفة أو أنهم جنوها عن طريق البحث العلمي، ذلك أن أسرارهم ووصفاتهم قد ماتت معهم كما يظهر.

بيد أننا أنه قد كان هناك رجال جاهدوا للكشف عن سر تركيب المادة، منذ أزمان طويلة، وربما قبل العصر المسيحي، وقد دفع بعضهم إلى هذا شغف صادق بالعلم، بينما حفز البعض الآخر إليه حب المال، وقد عرف هؤلاء باسم الكيمياويين القدماء أو البرعة في الكيمياء القديمة.

ومهما كانت نيات أوائل الكيمياويين القدامى ومطامحهم، فقد ركز

خلفاؤهم أهدافهم في الكشف عن ثلاثة: تحويل المعادن، أكسير الحياة، والمذيب العالمي، وغني عن الذكر أن أحداً من هذه الأغراض لم يتحقق.

وليس يسيراً على المؤرخ أن يكشف عما فكر فيه على التحقيق هؤلاء الكيمياء القدماء، وكيف عملوا وماذا حققوا، فقد كانت الكيمياء القديمة فناً سرّياً، ولم تزاوّل إلا في حلقات الكهنة - لوقت طويل - أو تحت رعاية الأسر المالكة وإشرافها، كما لم يسجل منها إلا القليل، وأغلب هذا القليل بلغة غامضة حتى يكاد لا يفقهها العقل الحديث.

ومن المشكوك فيه أيضاً أن يفهم كيميائي قديم ما كتبه زملاء له في المهنة، وقد يكون هذا متعمداً إما لغيرة مهنية أو لإخفاء فشل الكاتب في تحقيق شيء يذكر، إذ ماذا نستخلص مثلاً من الفقرة التالية والتي يرجع تاريخها إلى القرن السابع عشر:

"إذا أردنا استخلاص دوائنا من المعادن الثمينة، وجب علينا إتلاف الصورة المعدنية دون المساس بخصائصها المحدودة، وتستوطن الخصائص المحدودة للمعدن جزءه الروحي، الذي يقيم في ماء متجانس. وعلى ذلك يجب علينا أن نتلف الصورة المعينة للذهب ونغيرها مع مائها النوعي المتجانس والذي فيه تحفظ روح الذهب. وتجدد هذه الروح فيما بعد ثبات مائها، فتخرج صورة جديدة (بعد التعفن اللازم) أكمل ألف مرة من صورة الذهب التي فقدتها عندما نقيت".

ويظهر أن اعتقاد الكيمياء القداماء في إمكان تحويل المعادن الرخيصة كالرصاص إلى ذهب- قد نشأ من سلسلة غريبة من سوء الإدراك. ذلك أنهم ظنوا أن الفرق بين نوع وآخر من المادة هو مسألة نقاء ليس غير، فإذا نقي الرصاص مثلاً إلى حد كاف لانقلب ذهباً. كما يظهر أنهم لم يفرقوا تمامًا بين المادة الحية وغير الحية، فكل أنواع المادة لا تعدو كونها صوراً متعددة من الشيء الواحد، وإذا كان ممكناً أن ينمو النبات أو الحيوان على مهل حتى يكتمل، فليس هناك مانع من تهذيب معدن رخيص ليخرج منه آخر ثمين.

وكثيراً ما نعثر في كتابات الكيمياء القديمة على إشارات إلى حجر الفلاسفة- وهو شيء خرافي كان سيمكن الكيمياء القديم من قلب رصاصه إلى ذهب. ومن العسير القول بأنهم تخيلوا هذا الشيء حجراً حقيقياً. أو سائلاً، أو مجرد وصفة، ولو أن البعض ادعى أنه رآه ولمسه فيصف هيلفيتيس، أحد كيميائي القرن السابع عشر، في كتابه "العجل الذهبي"- كيف زاره شخص غامض وأطلعته على ثلاث قطع كبيرة من مادة تشبه الزجاج، قائلاً إن بها ما يكفي لإنتاج عشرين طن من الذهب. ولما كرر للزائر رجاءه في البرهنة على مقدرته كانت إجاباته مراوغة، وأخيراً اقتنع بترك قطعة صغيرة من الحجر لا يتجاوز حجمها بذرة اللفت، ثم قام هيلفيتيس تعاونه زوجته، بتغطية الحجر بالشمع، ووضعها في بودقة تحوي ستة دراهم من الرصاص المنصهر. ويقول هيلفيتيس إنه سمع فحياً أعقبه بعد ربع ساعة تحول الرصاص كله إلى ذهب بديع استجاب لكل ما أجراه عليه صائغ مجاور من الاختبارات. ولم يسمع بعد ذلك

شيء عن الزائر الغامض، كما بقي هيلفيتيس غارقاً في جهله عن تركيب ذلك الحجر السحري!

واستمر البحث عن حجر الفلاسفة طوال القرون الوسطي، وعبثاً أفنى الكيمائيون القدماء حياتهم ينشدونه جيلاً بعد جيل.

ومع أن الأمل الذي بدأ به كل باحث لا بد قد انقلب في كل حالة إلى اليأس وخمود العزيمة، إلا أنه كان هناك دائماً من ينهض لتبني المة من جديد.

وقد نتساءل لماذا لم يتضح اليأس من تحقيق هذا المطلب أسرع مما حصل، ولكن يجب أن نذكر أن أي جيل من أولئك الكيمائيين القدماء ربما لم يعرف إلا القليل مما عمله سابقوهم أو حتى معاصريهم. إذ لا بد أن كثيراً منهم، مثل هيلفيتيس قد ظنوا أن المة حلها من سبقهم من الباحثين، وأن سرها قد أخفى أو ضاع.

ومع أن الكيمياء القديمة قد فشلت في تحقيق هدفها الأساسي إلا أن أهلها قد أضافوا إلى العلم كثيراً. فقد كانت النار حليفهم الرئيسي، وتخللوا أنهم بعونها يستطيعون "سحب روح المعدن منه"، فساختوا من المواد أصنافاً وأعداداً، وراقبوا ما تم فيها من تغيرات، فعثروا هنا وهناك على وسائل لإنتاج مواد جديدة، واخترعوا ثم استخدموا أنواعاً عديدة من الأجهزة لا تزال -في صور معدلة- تستعمل في المسنلة الحديثة. فالحمام المائي، وأوعية التقطير ولوالب التكثيف، وقابلاته التي

يستخدمها الكيمياوي الحديث، كان لها جميعاً مقابلها البدائي عند الكيمياوي القديم.

وتحتوي مكتبة ليدن على مخطوطات من كتابات معزوة إلى جابر، وهو كيمياوي عربي قديم من القرن الثامن. وفي المخطوطات المذكورة تعليمات لتحضير معادن عديدة، وأحماض، وأملاح وكذا تفاصيل عن تقطير وتحضير الزيوت والعطور.

ومنذ القرن الثاني عشر وما بعده انتعشت الكيمياء القديمة في جو من الجهل والخرافات الشائعة بين الجماهير وكان طبيعياً أن تقترن في عقول السنة بالسحر والفن الأسود.

وكرثت فرص الخداع والتدليس، ولم يكن العديد ممن أسموا أنفسهم كيمياويين خيراً من نصابين أفاكين، فاخروا بقوى لا يملكونها، واكتنزوا من انخداع الناس بهم الشحم والمال الكثير.

وإذا رأينا كيف يصدق الناس بسهولة- حتى في هذه الأيام - في أدوية الدجل، والجرع السحرية التي تذيعها الإعلانات- لما صعب علينا أن ندرك كيف استطاع الكيمياوي القديم الأفاك في العصور المظلمة أن يدس على عملائه ألوانا عديدة من طهوه. فيستطيع المريض أن يشتري منه أدوية اشتهرت بشفاء جميع العلل كما يبيع للعاشق الخجول أكسير الحب ذي الفعل الأكيد المضمون لفتح قلوب أشد العذارى برودا واستعلاء.

وطالما استخدم النبلاء -في ولعهم بالسلطة- كيميائيا مؤملين الانتفاع بمقدرة هذا الماهر في صنع مالا حد له من الذهب. وكان فشل الكيميائي أحيانا في الوفاء بالتزاماته سببا في إعدامه أو سجنه. ولا ريب في أن محاولة استبقاء ثقة مولى يتعجل النتائج- كانت السبب في إجهاد عنيف لموهبة الاختراع عند كثير من هؤلاء الكيميائيين القدماء!

على أننا قد نعثر هنا وهناك، بين العديد من هؤلاء الدجالين المأجورين، على باحث حقيقي، وهب نفسه للعلم، ولأمثال هذا الرجل ندين بتلك الكشوف التي كانت من أسس الكيمياء الحديثة ففي سنة ١٢١٤ وعلى مقربة من بلدة الشستر ولد رودجر بايكون الذي يقترن اسمه عادة باختراع البارود. وكان بايكون قسيسا من أغزر أبناء عصره علما، يؤمن في قرارة نفسه بتحول المعادن، وقيل إنه اخترع العدسة المكبرة، كما أنه عرف على التحقيق شيئا من خصائص كثير من المواد الكيميائية، وقد وصف في أحد مؤلفاته كيف صنع الرعد والبرق من خلط نترات البوتاسا والفحم والكبريت، وهي كما نعرف مكونات البارود الذي استخدم لأول مرة في الجيش الإنجليزي سنة ١٣٢٧، وقد لا يكون بايكون هو المخترع الأول لهذا البارود، إذ يحتمل أن يكون قد سمع به أثناء رحلاته في الشرق.

وقد سجن بايكون في أواخر أيامه بتهمة الشعوذة، ولم ينج بحياته إلا حين تنكر لآرائه في موضوع تحويل المعادن.

ويقال إن صديقه وتلميذه رايموند لالي قد عكف على دراسة

الكيمياء آملًا أن يجد للسرطان دواءً، حين وقع في حب سيدة مصابة بسرطان الثدي. وتعزى إليه كتابات كثيرة في الكيمياء القديمة، كما ذاع أن إدوارد الأول أمدّه بغرفة في برج لندن صنع فيها من الذهب ما ملأ خزائن الملك الخاوية.

وقد أثبت تحليل النقود الذهبية التي تدوّلت في عهد الملك المذكور أنها من الذهب الخالص لا الزائف، والأغلب أن تكون الدخول الملكية مدينة لنصائح لالي في باب الضرائب أكثر مما هي مدينة به لكيميائه.

وكثرت الإشاعات خلال بضع المئات من السنين التالية عن العثور على حجر الفلاسفة، كما كثر أتباع الكيمياء القديمة، رغم نظرة الريبة إليها لما بينها وبين قوى الظلام من علاقة. وأصدرت حكومة إنجلترا في القرن الخامس عشر قانوناً يعاقب على جريمة صنع الذهب من المعادن الأخرى. وذلك خوفاً من نتائج نجاح عملية التحويل. فكان أهم آثار هذا القانون أن صارت مزاولة الكيمياء القديمة فناً أشد إمعاناً في السرية عما كان، وقد يكون هذا من أسباب تأخر التقدم في العلوم، إذ أخفى ما طرأ من اكتشافات ذات قيمة علمية بدلاً من إعلانها.

وفي أوائل القرن السادس عشر ظهر بين صفوف الكيميائيين القدماء في أوروبا شخص عجيب

معروف عاة باسم باراسيلسوس! ولد سنة ١٤٩٣ ابناً لطبيب

سويسري. ودرس في جامعة بازل. وسرعان ما وقع الشقاق بينه وبين سلطات الجامعة فتركها وهام في أوروبا منتقدا فتات العلم من هنا وهناك. وامتكسب بالدجل في التطبيب، والكشف عن المستقبل، وما إليه. وكان مغروراً، صخوباً، معتزاً برأيه، فظ الطباع. مسرفاً، حتى لسرعان ما تضيق بعشرته الناس، ولكنه بالرغم من ذلك كله قد اكتسب شهرة عجيبة في الإتيان بالمعجزات لشفاء المرضى، وتسبب بذلك مركزاً في نفوس معاصريه هياً له العودة في ١٥٢٦ إلى بازل لتقلد أستاذية الطب هناك. وكان لغطرسته وادعاءاته أكبر نصيب من اشمئزاز تلاميذه منه، وهو يندد في قسوة بنظم الطب المتبعة، وإنه وحده منبع الحقيقة والعرفان.

واتخذ لنفسه في العلاج خطة القتل أو الإبراء، فخاطر باستعمال أدوية سامة من الأفيون، والرصاص والأنثيمون والزئبق، مخفياً فشله ومعلناً نجاحه، كما يفعل الألبان، ولا شك في أنه كان عبقرياً كما كان سكيراً مغروراً.

والشيء الوحيد الذي ندين به لباراسيلسوس هو انحأؤه باللائمة علانية وفي نجاح، على الكيمياويين القدماء لبحثهم عن صنع الذهب بدلاً من صرف الوقت في تحضير الأدوية والعقاقير. وليست ثمت من دليل على قيامه هو بأي كشف نافع، والأصح أنه تلقف اكتشافات غيره واستغلها. واعتقد باراسيلسوس، كما فعل غيره من قبل، أن الأشياء كلها مركبة من ثلاثة عناصر - الزئبق والكبريت والملح، وأن "الألكاهست" أو

"المذيب العالمي" دواء ملكي للكبد الكسول، ومما يؤسف له أنه لم يخلف لنا طريقة استعمال هذا المذيب العجيب!

وكان باراسيلساس على علم بالكثير من التحضيرات الكيماوية، فقد عرف، على سبيل المثال، أن صب زيت الزاج على برادة الحديد يبعث غازا قابلا للالتهاب. والكيماوي الحديث يحضر هذا الغاز ويسميه بالأيدروجين كما قسم باراسيلساس المواد التي يعرفها إلى قسمين - المعادن وهي قابلة للطرق ولل سحب، وغير المعادن وهي ما ليست كذلك. وكان كثير من الأدوية التي استخدمها مركبًا من المعادن ولو أنه استخدم كذلك عددًا من الخلاصات النباتية.

ومهما كان رأينا في طبائع باراسيلساس وأخلاقه، فلا شك أنه بدأ عصرًا جديدًا في الطب والكيماء، أخذ بعده هذان العلمان يسيران يدًا في يد، ولعبت الكيماء دور الخادمة للطب.

وكان حكم باراسيلساس في بازل قصيرًا، فقد كان ولعه بالخمير، وخلق الشرس، وتغاليه في الأجر أسبابا وطدت له وسائل الشقاق مع المحققين، وانتهت به إلى مغادرة المدينة ليعود إلى الطواف بمختلف البلاد. وادعى في أواخر أيامه أنه اكتشف أكسير الحياة، ورغم ذلك فقد اعتصرت الحمى حياته ولما يتجاوز الثامنة والأربعين.

ومع أن الكيماء القديمة قد هيئ لها بذلك طريق جديد إلا أن ميدان النصب كان يعج بالأبطال، وبمن ادعوا الكشف عن سر صنع

الذهب، وخذعوا البسطاء من الجماهير بالفج من الأحابيل، كالرصاص المذهب، والنحاس الأصفر الملمع، واستعمل الأكثر منهم دهاء قضباناً من الرصاص بداخلها كتلة صغيرة من الذهب، حتى إذا ما صهر المعدن في بودقة انفصل الذهب وخيل للرائي تحقق عملية التحويل. وأخفى الذهب أحياناً في عصي من الفحم النباتي قد أفرع داخلها، حتى إذا حرق الفحم في أوعية مناسبة ظهر الذهب.

ولم يقتصر الاعتقاد بتحول المعادن على القرون الوسطى، ففي أواخر القرن الثامن عشر نشر الدكتور جايمس برايس من جيلد فورد، وعضو الجمعية الملكية تقريراً أعلن فيه أنه قد وفق إلى التحويل المذكور، بل ذهب إلى حد عرض عينة من الذهب قال إنه صنعها بطريقته، وهبت الجمعية الملكية تدرأ عن سمعتها العالية أدران الشبهات مطالبة بالبرهنة على دعواه أمام لجنة من الأعضاء، وبعد محاولات لم تجد للتخلص من المأزق وافق برايس على استقبال اللجنة بمنزله حيث اعترف لهم بعجزه عن إثبات ما ادعى، ثم انتحر في حضرتهم.

نبتت الكيمياء من دراسة الطب ، ولكن ما حل القرن السابع عشر حتى صارت الكيمياء تدرس لذاتها، وفي نهايته استوت علما قائما بذاته، ولن يكون يسيراً في كتاب من هذا الحجم أن نتبع تاريخ نمو الكيمياء في تفصيله، فلن يريد هذا متسع في الكتب العديدة الخاصة بتاريخ هذا العلم. ويكفي هنا أن نشير إلى شيء من تأثير عدد من العلماء القدامى المعروفين على الكيمياء، من أمثال بايكون، وبويل وبريستلي وكافندش ولا فوزيه ودالتون ، وهي أسماء قليلة مشهورة بين الكثيرة التي يمكن ذكرها. فالصعوبة هي في معرفة الأسماء التي يسهل تركها- ذلك أن انتشار العلوم منذ القرن الثامن عشر كان سريعاً لدرجة يتعذر معها تتبعه في ترتيب تاريخي دقيق.

ففي سنة ١٦٢٠م نشر فرانسز بايكون، وفيكونت سانت أولبانز كتابه المسمى "الوسيلة الجديدة الذي أرسى أساس ما يمكن تسميته بالطريقة العلمية الحديثة. ولم يكن بايكون نفسه رجلاً تجريبياً بقدر ما هو قادر على إدراك ما يجب على الآخرين عمله، والواقع أنه وصف نفسه بالمهندس أكثر منه بالبناء أو، كما قال، إنه "دق الجرس لتبنيه العقول وتكاتفها معاً".

وكان بين أول المؤمنين بالطريقة الباكونية روبرت بويل المولود سنة ١٦٢٧م ولدًا أصغر للايرل أوف كوك. وكان بويل أحد أعضاء تلك العصبة من العلميين التي أسمت نفسها "بالكلية الفلسفية" والتي أسماها أحد ظرفاء العصر "الكلية غير المنظورة" لأنه لم يكن لاجتماعاتها -في مستهل أمرها- مكان دائم، وسواء أكانت العصبية المذكورة منظورة أم غير منظورة فإنها لم تقل في أهميتها عن أي جماعة أخرى من الرجال اجتمعوا معًا في أي بلد أخرى، فقد نبتت من اجتماعاتهم "الجمعية الملكية لتحسين المعارف الطبيعة" التي وجدت بمرسوم ملكي صدر في ١٥ يولية سنة ١٦٦٢م وبذا كان بويل أحد مؤسسيها بالاشتراك مع رجال من المشتهرين أمثال هوك ، وكريستوفرين وبتي ولورد برونكر ، وسير روبرت موراي ، وكان لورد برونكر أول رئيس للجمعية واختار لها جون افلين شعارًا "" وأنضم سامويل بيبز للعضوية بعد ذلك بقليل، وفي يومياته وصف حفل انضمامه كما يلي: "وذهبت إلى كلية جريشام حيث رشحتني للعضوية في الأسبوع السابق مستر بوفي ، وحيث قبلت اليوم بالتوقيع على سجل عقبه اقتيادي بيد الرئيس لورد برونكر الذي تلا على عبارات القبول. وفوق كل ذلك كان في الاجتماع مستر بويل وفوق كل ذلك مستر هوك، أعظم من رأيت في العالم من الرجال وإن لم يدل مظهره على ذلك وكانت هناك مناقشة رائعة استمرت حتى العاشرة مساء حين عدت إلى منزلي".

وفي هذه اليوميات المشتهرة إشارات عديدة إلى الجمعية الملكية تشهد باستمتاع بيبز باجتماعاتها، وإفادته منها، وخاصة عندما كان عضوًا

بالمجلس، فنقرأ (يوم ٢٢ يونية سنة ١٦٦٨):

"ومن ثم إلى مقر لورد برونكر حيث عقد مجلس الجمعية الملكية، وهناك سمعت مستر هاري هوارد يقدم إلى الجمعية منحة النبيلة المتكونة من الأرض اللازمة لكليتنا واعتزامه بناء منزله هناك، وكان على أن ألقى مستر بويل الذي تكلمت معه عما تشكوه عيناى وقدم لي أحسن ما استطاع من نصح"، وظهر أشهر كتاب لبويل "الكيمائى المستريب" في سنة ١٦٦١، وكان له الفضل في تصفية الجو بهدم كثير من المعتقدات الشائعة، وخاصة فيما يتعلق بكيان العنصر، كما استطاع أن يفرق بجلاء بين المركبات الكيميائية والمخاليط الآلية، ويعتبر هذا المؤلف على وجه العموم، أداة هدم أكثر منه أداة بناء. ولكن الهدم كان ضرورياً في ذلك الوقت لما شاع فيه من آراء غريبة أساس لها من الحقيقة. وقد تكون تجربة بويل المشهورة عن "ضغط الهواء" أحسن ما يذكره بها الذاكرون، فقد سمع كل من درس مبادئ العلوم عن قانون بويل. وكان بويل في ذلك الزمان بين أول العلميين الذين طبقوا مبادئ بايكون على دراسة الكيمياء، ولذا كثيراً ما دعوه بأبي الكيمياء وبدأ مع زملائه أعضاء الجمعية الملكية يبحثون عن المعرفة بالطرق الجديدة، وبذا أرسوا دعائم الكيمياء بوصفها علماً تجريبياً، وكان عدد كبير من اكتشافات ذلك الحين تعلن في وقتها في اجتماعات الجمعية الملكية، كما تنشر تفصيلاتها في المجلة المعروفة باسم "المجلة الفلسفية"، وكانت المجلة المذكورة، في مبدأ أمرها، يطبعها السكرتير كعمل خاص وبيعه للأعضاء، حاوية أيضاً لشتى الأخبار العلمية المستقاة من مصادر

عديدة، وكانت بذلك تملأ المكان الذي تشغله الآن مجلة نايتشر.

وثبتت أركان الكيمياء بوصفها علمًا تجريبيًا، وشيئًا يدرس لذاته لا لأنه فرع من فروع الطب - وذلك نتيجة لمجهود أعضاء الجمعية الملكية الأولين الذين اتبعوا الطريقة الباكونية. وفي المائة سنة التالية تقريبًا تجمعت المعلومات عن تركيب مواد عديدة وعن خصائصها، في انتظار رجل علمي قادر على تلخيص تلك الحقائق واستخلاص نتائج سنة منها، وقد يكون من الخير أن نستعرض بعض ما أنجز من أعمال في تلك الفترة، وإن ظهر في هذه الأعمال شيء من انعدام الصلة بينها.

وكان لفرع الكيمياء المتصل بطبيعة النار والاحتراق أكبر نصيب من العناية، وهنا توقف ركب التقدم وقتنا ما لذيوع نظرية لم يؤيدها الكافي من الأسانيد، تقدم بها يوهان يواكيم بيكير ابن قسيس ألماني من الكنيسة اللوثرية. وكان لببيكير من الشهرة ما أضفى على نظريته ثوبا من الاحترام خصوصًا حين أيدها أحد أتباعه المسمى ستاهل والذي كون لنفسه اسما يذكر. وتلخص النظرية المذكورة، لتفسير كل أنواع الاحتراق، في افتراض أن كل المواد القابلة للاحتراق تحوي نسبة من نوع من "التراب الدهني" الذي اقترح تسميته بالفلوجيستون، فإذا ما احترقت إحدى تلك المواد انفصلت عنها الفلوجيستون متصاعدة في الهواء، وعلى ذلك اعتبر أي "هواء" يشجع الاحتراق فقيرًا في الفلوجيستون، بينما كان الغاز الذي يعيق الاحتراق موفور الفلوجيستون. وكانت النظرية من البراعة الشديدة بحيث احتقر المعتمدون فيها أي فكرة عن اختبارها بالتجربة وذلك لشدة

إيمانهم بصدقها، بل أنهم حين كشفت التجربة استحالتها أخذوا ينقبون عن التفسيرات البارة لها بدلا من الاعتراف بزيفها. وللمثيل على ذلك نذكر تلك التجارب التي أجريت على تكليس المعادن، وخاصة بواسطة جان راي في فرنسا وفان هيملوننت في هولاندا ومايو في إنجلترا، إذ أثبتوا أن الهواء ضروري للاحتراق، وأن نواتج الاحتراق (على الأقل في حالة المعادن) تزن أكثر من وزن المادة التي أحرقت؛ مما يشير إلى التفسير المعقول الوحيد وهو أن شيئاً من الهواء تمتصه المادة إبان الاحتراق، بينما يقول أصحاب نظرية الفلوجيستون بامتصاص الهواء للفلوجيستون الذي تفقده المادة من وزنها. ووفق أصحاب تلك النظرية يكذبون شهادة الميزان أو يجهدون في القول بأن الفلوجيستون هي قاعدة الخفة.

ونظرية الفلوجيستون مثل رائع من خطر تكوين نظرية لا يسندها الكافي من الأدلة، كما تتضح منها قيمة النظريات بوجه سنة، لأنها وإن كانت خاطئة مضللة إلا أنها أثارت من الأبحاث ما عادل نفعه ضرره. ومنها نتعلم أيضاً ضرورة هجر (أو على الأقل تعديل) نظرية أثبتت التجربة العملية أنها تفسير غير صحيح.

وفي سنة ١٧٧٣ ببلدة وست ريدنج في بوركشير ولد جوزيف بريستلي الذي اختارت لبه أسرته أن يرسم قسيساً، ولكن بعض آرائه في الخطيئة الأصلية والعقاب الأبدي، لم تكن على ما ينبغي من موائمة للكنسية، مما كان سبباً في عدم استقراره بمكان واحد. بل إنه تحمل

كثيرًا من المشاق في أوائل حياته لأنه لم يستطع الحصول على أبروشية تدفع له مرتبًا حسنًا، واضطر في وقت من الأوقات أن يتقاضى ثلاثين جنيها سنويًا لقاء التدريس في مدرسة يعمل فيها من الساعة السابعة صباحًا إلى الرابعة مساءً ثم يعطي دروسًا خاصة حتى الساعة مساءً، وذلك رغم إجادته ست لغات أجنبية ولما يتجاوز عمره العشرين عاما إلا بقليل! ورغم هذا الإرهاق فقد جلس يكتب- في وقت فراغه الذي لا يذكر- كتابًا عن تاريخ الكهرباء الذي قال عنه "كان علي، إبان كتابتي هذا التاريخ، أن أحاول التثبت من حقائق معينة دار حواليتها الخلاف، فقادني هذا تدرّجًا إلى ميدان أكبر من التجارب الأصلية التي لم أدخر في شأنها ما استطعت من نفقة". وأجرى بريستلي تجارب عديدة على "الأهوية" (ويجب أن نسميها غازات) واكتشف أن غاز ثاني أكسيد الكربون يمكن أن يذاب في الماء، وقال إنه حضر "كوبا من ماء غازي لطيف جدًا لا يكاد يختلف عن ماء سلنز واهتمت الجمعية الملكية بالأمر جد الاهتمام. وطلب منه أن يكرر تجاربه أمام أعضاء كلية الأطباء الذين راقهم الكشف كثيرًا حتى اقترحوه على رجال وزارة البحرية بوصفه علاجًا محتملًا لداء الإسقربوط، كما منحته الجمعية الملكية المدالية الذهبية على هذا الاكتشاف.

وصار بريستلي خبيرًا كبيرًا في تحضير الغازات وتناولها، واستخدم حوض جمع الغازات الذي كان قد اخترع حديثًا. وإليه يعزى فضل تعديل الطريقة العادية. وذلك باستخدام الزئبق بدلا من الماء في الجهاز المذكور، وبذا استطاع أن يجمع غازات جديدة كانت تضيع دون أن

تلاحظ فيما سبق من التجارب بسبب ذوبانها في الماء الموجود في الحوض المذكور، وكان من بين تلك الغازات ثاني أكسيد الكبريت والنشادر وأكسيد النيتريك وغاز حامض الايدروكلوريك.

وتحسنت أحوال بريستلي المالية في أخريات أيامه، وفي سنة ١٧٧٥ كان أميناً لمكتبة لورد شيلبيرن ومرافقاً أدبياً له، ورافقه في كثير من أسفاره، وفي السنة السابقة أهدى إليه بعض المعجبين عدسة كبيرة يبلغ طول قطرها قدماً وبهذه "الزجاجة الحارقة" سخن مواد عديدة تحت ظروف كان من الصعب فيها إنجاز التسخين حتى إذا كان ممكناً. وكان بين المواد المذكورة أكسي الزئبق الأحمر الذي حصل منه على غاز شجع احتراق الشمعة إلى درجة سماه معها بريستلي "بالهواء الذي أخذ منه الفلوجيستون". وقد دهش بريستلي نفسه لما حصل، فقد بدأ التجربة ولم تكن عنده فكرة عما قد يحدث. فقد قال إن من محض المصادفة أن كانت هناك شمعة مضاءة إلى جانبه فخطر له للتو أن يرى تأثير الغاز الجديد على لهب الشمعة، وبما أنه كان من المؤمنين بنظرية الفلوجيستون فقد كاد يغيب عن صوابه مما رأى، حتى أنه لم يدرك أهمية اكتشافه. وفي السنة التالية كان يزور لافوازييه في باريس فحدثه عن تجربته.

ورحب لافوازييه لساعته بهذا الكشف العارض، إذ وجد فيه معولاً أخيراً يقوض نظرية الفلوجيستون. وكان الغاز الجديد هو الأوكسجين، والذي يتحتم وجوده لحصول الاحتراق، وبقي بريستلي، وهو مكتشف

الغاز غير مقدر لكشفه وفيما لاعتقاده في الفلوجيستون! والحق أن بريستلي رغم عبقريته وتحمسه للعمل، كان يتخبط!

ولم يكن غريبًا في ذلك الوقت، أن يغضب الكثيرون على قسيس يداعب العلم والسياسة، فقد كان بريستلي يهتم أيضًا بالسياسة، وجانب الحكمة حين تفوه علنا بمشاعر تظاهر الثوار في فرنسا، مما ترتب عليه أن هاجم بيته نفر من الغوغاء، فكسروا أجهزته وأحرقوا حطامها، واستطاع صاحب البيت أن ينجو بجلده. وهاجر إلى أمريكا في ١٧٩٤ حيث عاش مبعولا من الجميع، ومستمرًا في أعماله النافعة حتى مات في ١٨٠٤، وكان يملي مذكراته من فراش موته، فلم يمكس عنها إلا قبل لفظ النفس الأخير بنصف ساعة.

وكان هنري كافنديش المولود سنة ١٧٣١ أسد أبناء زمنه غرابة في أطواره والتماعا في علمه وكان جديرًا -وهو ربيب ثروة وجاه- بأن يتسنى مكانة في الحياة السنّة، ولكنه آثر عليها حياة الانزواء فلا يختلط إلا بزملائه العلميين، وإن لم يسعد برفقتهم إلا وهو يناقش العلم وشئونه، ويحكى أن رصيده ببنك إنجلترا في وقت ما، قد جاوز المليون من الجنيهات، على أنه لم يأبه لثروته حتى لم يعرف عنه أنه يمتلك في أي وقت أكثر من بذلة واحدة، ولما حاول البنك أن يحمله على استغلال ماله كان ضجره من مقاطعة أبحاثه شديدًا حتى هدد بسحب كل ماله من البنك إن لم يتركه أربابه في سلام! وهي حال لم يعرف لها مثيل فيما نعتقد.

وكان كافنديش شديد العناية بالنظام والترتيب في كل ما يأتي، فلم يغير من نسقه اليومي إلا فيما ندر، ولم يتناول كتابا من مكتبته الخاصة دون قيده على نفسه في سجل الاستعارات!.

وأجرى تجارب عديدة على الغاز الذي حصل عليه من إذابة المعادن في الأحماض، وهو الغاز الذي نعرفه باسم الأيدروجين، وكان من نتيجة تلك التجارب إثبات أن الماء لم يكن عنصراً كما كان معتقداً حينذاك، بل إنه مادة مركبة من اتحاد الأيدروجين والأكسجين - أو بلغة ذلك العصر "هواء أخذ منه الفلوجيستون متحدًا مع الفلوجيستون"، كما بين كافنديش عملياً في دقة رائعة نسبة كل من الغازين في هذا الاتحاد، فخلط مقياس نصف مليون حبة من الأيدروجين بمقياس مليون وربع مليون حبة من الهواء العادي، وبعد إتمام الاحتراق البطيء جمع وكشف "أكثر من ١٣٥ حبة من الماء". وذهب كافنديش إلى أبعد من ذلك إذ على أساس إدراكه أن قدرًا معينًا فقط من الهواء العادي (الأوكسجين) هو الذي يتحد مع الأيدروجين، أخذ يحسب مقدار الجزء من الهواء (الأزوت) الذي لابد أن يتخلف بعد الاتحاد. واستطاع أن يثبت أن هذا المقدار قد بقي فعلاً دون تغيير فيه، ثم أعاد التجربة كلها، مستخدماً غازي الأيدروجين والأوكسجين النقيين. وفي هذه المرة أحرق الغازين في كرة من الزجاج لا تزال محفوظة بجامعة مانشستر وبرهن برهانا لا شك فيه أن حجمين من الأيدروجين قد اتحدا مع حجم واحد من الأوكسجين لتكوين الماء النقي، وأن وزن هذا القدر من الماء كان مساويا لوزن الغازين المتحدين لتكوينه.

وكان كافنديش مجرباً عملياً لا يشق له غبار، فالعلم عنده هو الحساب والمقاس، فاستتبط طريقة لتحليل الهواء، واختبر بها مئات من عينات الهواء التي جلبها من كل ما استطاع من مصادر. وفي خلال تحاليله التي قاس فيها مقدار الأوكسجين بواسطة فرقته مع الأيدروجين النقي - لاحظ كما لاحظ بريستلي ولافوازييه وآخرون، أن قدراً صغيراً من مادة حامضية قد تكون في كل مرة. ولم يكن كافنديش بالرجل الذي يفوته شيء كهذا دون محاولة الكشف عن أسبابه، فوجد أن الشرارة الكهربائية قد هيأت لقدر قليل من أزوت الهواء أن يتحد مع الأوكسجين وفحص كافنديش هذه الحقيقة الجديدة في إسهاب كبير حتى لتعتبر الطرق الحديثة لتثبيت الأزوت الجوي الذي تحضر منه الأسمدة الصناعية - متفرعة من تجاربه. كذلك لاحظ أن بالهواء شيئاً، قد يبلغ جزءاً في المائة منه، يشبه الأزوت، ولكن لم يكن حمله على الاتحاد مع الأوكسجين، وكانت هذه الملاحظة نقطة الابتداء في ذلك العمل الرائع الذي أتمه بعد نحو قرن من الزمان لورد رايلي وسير وليام رامزي والذي كان من نتائجه فصل "الغازات النبيلة" كما سميت من الهواء. وتضم هذه الغازات الأرجون والهليوم والنيون - وكلها الآن سلع تجارية.

ولم يتزوج كافنديش - فقد كان خجولاً إلى درجة لم يستطع معها النظر إلى امرأة، ولم يضع قط نفسه طواعية في مركز يضطره إلى ملاحظتها. وكانت مديرة منزله تتصل به عن طريق الكتابة، كما حرص خدمة من النساء على تجنب طريقه، عالقات أنهن يخاطرن بوظائفهن إذا وقع نظره عليهن! وعلى كرهه هذا للناس فإنه لم يك قط شحيحاً. يحكى

أن أمين مكتبته كان مريضاً فما أن سئل من أجله معونة مالية حتى أعطى عشرة آلاف جنيه متسائلاً إذا كان المبلغ المذكور كافياً! وبما أن مائة فقط كانت كافية، فقد أفعم قلب المريض شكراً و عرفانا!

وعاش كافنديش حتى أشرف على الثمانين. وفي مساء أحد الأيام عاد من اجتماع الجمعية الملكية وقد أحس بوطأة المرض، فدعا أحد خدمة وأنهى إليه بتفاصيل ما يريد أن يتبع عند موته، ونبهه أن لا ينفذ شيئاً حتى ينفذ أمر الله، ومات فعلاً في نفس المساء، فقضى في صمت وهدوء واحد من أكبر علماء العالم، وخلد اسمه بإنشاء "معمل كافنديش للبحوث" في كامبريدج.

وفي سنة ١٧٩٤ بباريس أعدم بالمقصلة انتون لافوازييه وهو بعد في الثالثة والخمسين. وكان عند القبض عليه مشتغلاً بسلسلة تجارب على التنفس والعرق، وكانت زوجته الشابة ماري آن تعمل سكرتيرة له، وكان قد تزوجها وهو في السادسة والعشرين بينما لم تتجاوز هي الرابعة عشرة، ولكنها كانت زيجة سعيدة لم يخبر فيها لافوازييه مطلقاً ثورة الطباع الجامحة التي كان على زوجها الثاني الكونت رامفور أن يناضلها. وتعلمت مدام لافوازييه الإنجليزية واللاتينية لتعاون زوجها، كما كان لها من موهبة الرسم ما جعلها تقوم بجميع الرسومات، والمشروعات اللازمة لمذكراته العلمية.

ويظهر أنه لافوازييه كان شاباً مبكر النضج، وكانت أسرته من الشراء بما أتاح له أحسن فرص التعلم، ونما عقله بسرعة حتى انتخب عضواً

بالأكاديمية في الخامسة والعشرين ومنذ ذلك الحين والحكومة تنشد خدماته، وتولية المناصب الهامة، كسكرتارية وزارة الزراعة، كما اشتغل بمشاريع ذات شأن كتأسيس صناديق التوفير، والملاجئ، وشركات التأمين. وعين أيضاً في وظيفة جاب سنة للإيرادات، فيحدد الضرائب وجمعها، وهذا ما أدى إلى القبض عليه، فقد اتهم فيما اتهم، بإضافة الماء إلى طباق الجنود. مسئولى بذلك على إيراد من إيرادات الدولة، ورأس المحكمة كوفينال فحكم عليه بالإعدام قائلاً "إن الجمهورية ليست في حاجة إلى العلماء" وعلق على ذلك عالم الرياضيات العظيم لاجرانج في باريس بقوله "لقد استغرق قطع هذه الرأس لحظة، مع أن إنتاج مثلها يستغرق مائة سنة".

ويعود إلى لافوازييه الفضل في هدم نظرية الفلوجيستون لأنه استطاع أن يثبت أن "الهواء الذي أخذ منه الفلوجيستون" والذي حدثه عنه بريستلي، وكان ذلك الجزء من الهواء الجوي الذي لعب دوراً رئيسياً في كل عمليات الاحتراق والتنفس. كما لاحظ لافوازييه تكون أكاسيد حامضية من الكبريت والكربون والفسفور، واستنتج من هذا (خطأ كما نعرف الآن) أن "الهواء الذي أخذ منه الفلوجيستون" هو السنل الحامضي، وللإشارة إلى هذا اقترح تسميته بالأكسجين، وهي كلمة مشتقة من اليونانية ومعناها "منتج الحامض" وكان هذا في سنة ١٧٧٨ أي بعد زيارة بريستلي له وتحديثه عن غازه العجيب بأربعة أعوام.

ولم يلق تفسير لافوازييه للاحتراق القبول السريع، بل ظل الكثيرون

يحقرون من شأن نظريته حتى أثبت بالبرهان -بعد أربعة أو خمسة أعوام- تركيب الماء. وسمع بلا جدن الذي كان أميناً لسر كافنديش بتجارب هذا على الماء فاستطاع بذلك أن يكرر بعضها قبل إعلانها أمام الجمعية الملكية، إذ لم يكن قط من خلفية كافنديش أن يسارع بنشر اكتشافاته وقد تريت في هذه الحالة بالذات في إبلاغ تجاربه إلى الجمعية حتى يستبين تماماً سباب تلك الآثار الحامضية التي تتخلف عن فرقة الأيدروجين في الهواء وكذلك ظن الكثيرون أن لافوازييه كان مكتشف حقائق الماء، كما أنه تجنب الإشارة إلى رسالة بلادجن لأنه أراد الاستئثار بشرف الاكتشاف، بينما كان كافنديش في جانبه لا يهمله كثيراً من يحظى بذلك الشرف ما دامت الحقائق قد أيدت.

وكان لافوازييه بين الأوائل الذين جهدوا لإرساء اللغة الكيميائية على أساس معقول حتى تكون مفهومة بوجه سنة، وحتى تزيل ضباب ذلك الغموض الذي كانت تتشع به الكتابات العلمية، وتعاون مع مورفو وبرتوليه وفوركروي في استنباط نظام جديد لتسميات مبسطة قبلت فيما بعد، ولو بعد شيء من المعارضة كالعادة. وكان مورفو محامياً استحال عليه فهم الكتابات العلمية، وتأثر به لافوازييه حتى دعاه لمعاونته في وضع النظام الجديد، أما برتوليه فكان معلماً شخصياً لنابليون في الكيمياء، وكان فوركروي أحد الكيمائيين المعاصرين، وقدم النظام المذكور إلى الأكاديمية الفرنسية في أبريل ١٧٨٧، ثم ظهر بعد سنتين كتاب لافوازييه. "رسالة أولية في الكيمياء" -فكانت بشير العقيدة الجديدة اللافلوجيستونية إلى العالم، وبشير نظام التسمية الجديد.

واشتغل لافوازييه في أواخر أيامه بتحليل مواد حيوانية ونباتية، فلاحظ أنها جميعًا حين تحترق تنتج الماء وغاز حامض الكوبونيك، ومن هذا استنتج بحق أن الكربون والأيدروجين يدخلان في تركيب هذه المواد. ثم بدأ يعمل لإيجاد طريقة يعرف بها تركيب مثل هذه المواد بواسطة وزن الغازات التي تتكون إبان الاحتراق، ولكن كان من نصيب ليبيج الكيميائي الألماني المشتهر أن يحسن الطريقة المذكورة ولا تزال طريقة ليبيج هي المستخدمة الآن بعد تغيير طفيف جدا في الجهاز الذي صممه.

وكانت الكيمياء في مختتم القرن الثامن عشر قد وصلت إلى نقطة حاسمة، فقد تكدست حقائق جديدة اتضحت من خلالها بعض قوانين الطبيعة، فمثلا كان من نتائج التجارب الكيمياء التي قام بأغلبيتها الكبرى بروتوليه ولافوازييه أن زادت الأشياء وضوحًا، فتبيننا أن التغيرات الكيميائية ما هي إلا تغيرات لم تخلق عنها مادة جديدة - فكل ما نتج من التجربة كان موجودا حين بدأت، وهذا ما يسمى الآن "بقانون بقاء المادة". وكذلك بدأ يتضح أن تركيب مادة نقية لا يتغير أبداً، وهي حقيقة لم يتيسر حينذاك قبولها بواسطة الجميع، وذلك لصعوبات التحليل والشك في نقاء المواد التي حللت، أما الآن فهي حقيقة تلقائية الوضوح، وتلخص في "قانون التركيب الثابت". كما أثبت أيضاً أن تلك المواد التي كانوا يظنونها عناصر (كالهواء والماء) لم تكن مواد بسيطة وأن عدد العناصر كان أكبر بكثير مما كانوا يعتقدون في أيام بويل مثلاً.

وكان الوقت ملائماً للخطوة التالية، أي نظرية تفسر الحقائق التي أثبتت، وتؤدي إلى بحوث جديدة، ففي سنة ١٧٦٦ ولد جون دولتون بكمبر لاند واحداً من خمسة أبناء لنساج، ولم يستطع لفقره إلا أن يحصل أغلب تعليمه الأول من أبيه ومن مدرسة الكوايكرز^(١) القريبة من منزله. وما بلغ الثانية عشرة حتى مارس التعليم ليسهم في دخل الأسرة، واستمر يعمل مدرسا حتى بلغ السابعة والعشرين فانتقل إلى مانشستر ليدرس الرياضة والفلسفة في الكلية الجديدة.

ويظهر أن دولتون كان واسع الاطلاع وأنه قرأ " رسالة أولية في الكيمياء" لافوازييه وكان موضوع دراسته الأكبر هو الهواء الجوي، فسجل الأحوال الجوية يوماً بيوم لمدة تقرب من الخمسين سنة. وعرف أن الهواء يحتوي على غازات عديدة بينما أكد له المؤهلون لتحليله أن تركيبه لا يختلف من مكان إلى آخر إلا اختلافاً تافهاً جداً. وحتى العينات المأخوذة بالبالونات على ارتفاعات تبلغ ستة كيلو مترات وجدت محتوية على نفس الكميات الصغيرة تقريبا من غاز حامض الكربونيك الثقيل التي احتوتها العينات المأخوذة من على سطح الأرض. واشتدت حيرة دولتون وأدرك — وهو بعد رجل ذو خبرة عادية في التجارب العملية أن ليس ثمة تجربة يستطيع أن يجربها هو لتفسر له ما غمض عليه من هذه الحقائق، فأخذ يحاول أن يتخيل بناء الغازات وكيف يكون ليفسر انتشارها في العالم. وقد تخيل الفلاسفة خلال حقبات التاريخ، صورة

(١) جماعة الكوايكرز أو جمعية الأصدقاء أسسها جورج فوكس على مبادئ روحية دينية في أواسط القرن السابع عشر وانتشرت تعاليمها وفروعها خصوصاً في إنجلترا وأمريكا (الترجم).

غير جلية للمادة وكأنها مركبة من ذرات، والذرة كلمة تدل على شيء بلغ من الصغر درجة لا يمكن تقسيمها بعد. وآمن دولتون بوجود الذرات، فإذا كان هذا كذلك صار من الممكن إذا تصور خصائص لهذه الذرات تفسر بعض الحقائق المعروفة، ووسع دولتون الفكرة حتى وصل بها إلى ما يعرف الآن بنظرية دولتون الذرية والتي أشار إليها دون تفصيل في محاضرات بالمعهد الملكي سنة ١٨٠٣، ثم ظهرت تفاصيل أخرى سنة ١٨٠٨ في كتاب "نسق لدراسة الكيمياء الذي ألفه صديقه تومسون وهو من يمكن القول بأنه وجه الأنظار إلى النظرية المذكورة.

قال دوما ذات مرة إن النظريات هي "عكازات العلم يتخلص منها في الوقت المناسب"، وقد ثبتت فائدة نظرية دولتون للعلم حتى لم يكن من الضروري أبدا أن نتخلص منها، وكان من المستحيل، بتلك الأجهزة البصرية في زمن دولتون، أن ترى شيئا في صغر الذرة، ولعل دولتون كان يؤمل أن يجيء المستقبل بمن يستطيع أن يثبت وجود الذرة بالدليل البصري. ونعلم أ، ذلك الأمل لن يتحقق، حتى بوسائلنا المحسنة جدا، فإن الذرات أصغر من أن يكون لها أي أثر منظور على أشعة الضوء التي يمكن للعين الإنسانية إدراكها، فهناك حد لما تمكن رؤياه من حجم الجسيمات، وهو حجم يحدده طول موجة الضوء، ولا صلة بينه وبين درجة التكبير التي يصل إليها المجهر. ومع ذلك فكل الأسانيد المتجمعة تثبت أن الذرات وحدات حقيقية. وقد قيس حجمها ووزنها الواقعي بطريقة غير مباشرة، ولكن بدرجة لا بأس بها من الدقة، كما قيست الأوزان النسبية لأنواع مختلفة من الذرات. وتظهر أهمية النظرية الذرية

للكيمياء في أننا نستطيع، بمعاونتها، أن نصرّو ما يحصل في التغيرات الكيميائية سواء أدت هذه التغيرات إلى تكوين مواد أبسط من المركبات أو إلى عكس ذلك. وهي تمكنا في الحقيقة من أن نرى بالضبط ما يجب علينا عمله لتكوين جزئ معين، أي مقدار ما نحتاج من كل مادة، ومقدار ما يكن تكوينه من المادة المطلوبة تحت ظروف مثالية الخ... بل أن النظرية المذكورة في الكيمياء هي بمقام المحاسبة في الأعمال.

وهذا ما ندين به لدولتون، الذي قدر له أن يعيش حتى يرى نظريته وقد قلبها الجميع واستخدمها. ومات في ١٨٤٤ مئة هادئة سريعة، كما مات بريستلي وكافنديش بعد أن استمر في عمله بما نشستر حتى قبل نهايته ببضع ساعات.

وافتح اكتتاب سنة لتخليد ذكراه، فجمع من المال ما يكفي لمنحات دراسية في الأبحاث بكلية أوينز وكان أول من انتفع بها جوزيف جون تومسون الذي انتقل بعد ذلك إلى كايمبردج حيث خلف لورد رايلي في راسة معمل كافنديش وكان.

تومسون المذكور أكثر من أنار الطريق لدراسة الذرة الواحدة، حتى ليعود الفضل إليه أو إلى معاونيه السابقين في معظم ما نعرفه اليوم عن هذا الموضوع.

الكيمياء والطبيعة

أدرك المفكرون من أقدم الأزمان أهمية الماء والهواء القسوى لجميع الأشياء الحية، وتكلموا عنها في شيء من الغموض باعتبارهما عنصرين أساسيين ، مع علمنا الآن بأنهما ليسا عنصرين لأن الهواء خليط من الغازات، والماء مركب بسيط -إلا أن أهميتها في نظام الطبيعة أوضح مما كان في أي وقت مضى، فكلاهما وثيق الصلة بالعمليات الجوهريّة والتغيرات البطيئة التي تجرى في الخطوط السنة لسطح الأرض.

والمكونان الرئيسيان للهواء الجوي، هما الأوزون (النتروجين) الذي يكون من حجم الهواء الجاف ما يقترب من أربعة أخماسه، والأوكسجين الذي يكون حوالي الخمس من ذلك الحجم. وللأوزون، بوصفه عنصرا بضع خصائص عجيبة، وبما أنه لا يظهر إلا ميلا ضعيفا للاتحاد مع العناصر الأخرى، فإن دوره الهواء الجوي يبدو غير فعال. والواقع أن هذا صحيح إلى حد كبير، فأوزون الهواء لا يلعب دورا مباشرا في مثل عمليات التنفس والاحتراق والانحلال ولكن مع أن الأوزون العنصري ليست له خصائص تلفت النظر، فإن مركبات الأوزون ذات أهمية قسوى في كثير من الأحوال.

والعنصر المذكور أساسي في تركيب جميع الأجسام الحيوانية

والنباتية وكذلك في التربة الخصبة، فكثير من الأصباغ والعطور، والمفرقات، والسموم، والعقاقير والمواد الغذائية هي مركبات آزوتية.

على أن في الهواء الجوي، مقادير صغيرة من غازات أخرى خاملة كيميائياً، ولا تكون مركبات إطلاقاً، وأول هذه الغازات هو الأرجون الذي يكون نحو ١% من الهواء، وفائدته الصناعية الرئيسية هي ملء المصايح الكهربائية به، فلم يعرف عن الغاز المذكور ميل للاتحاد مع السلك المتوهج الحار وتقصير أجله.

والهيليوم، وهو الغاز الذي لا يشتعل والذي يستعمل في أمريكا لملء البالونات -غاز آخر من غازات الجو الخاملة، وإن كانت نسبته فيه تافهة، ويذكرنا اسمه المشتق من كلمة "الشمس باليونانية" بقصة الكشف عنه.

ففي سنة ١٨٦٨ كشف منظار الطيف (أو الاسبيكتروسكوب) أن بالشمس عنصراً غير معروف على الأرض، ولو أنه وجد بعد ذلك مع خام معدني نادر اسمه كليفايت () وذلك بعد أن اكتشف الأرجون رايلي ورامزاي سنة ١٨٩٤ فقد وجد الأخير منهما بعد ذلك بقليل كميات صغيرة من الهيليوم في الهواء. وبما أن الهواء الجوي في إنجلترا هو المصدر الوحيد لغاز الهيليوم فقد تعذر الحصول على كميات كافية منه لملء البالونات وسفن الهواء، أما في كندا والولايات المتحدة فقد اكتشف وجوده بكميات معتدلة في بعض الينابيع الساخنة. وليس لهذا الغاز من قوة الدفع ما للأيدروجين الذي تبلغ كثافته نصف كثافة

الهيليوم، ولكن، عدم تسرب هذا الغاز من نسيج البالون وفوق ذلك، عدم قابليته للاشتعال - يجعلان منه بديلا ممتازا الأيدروجين.

وهناك غاز حامل آخر جدير بالذكر هو النيون الذي يكون من الهواء جزءًا من مائة ألف جزء، والذي يستخدم في أنابيب النيون الضوئية المعروفة.

والغاز الجاف يقاوم في العادة مرور التفريغ الكهربائي، ولا بد من جهد عال جدًا لإمرار الكهرباء بين قطبين حتى إذا لم تزد المسافة بينهما عن بضع بوصات، ويتم التفريغ حينذاك في صورة شرر يشبه ومضات البرق. أما إذا كان القطبان داخل أنبوبة أغلقت باللحام بعد سحب أغلب الهواء أو غاز آخر منها، فإن مرور الكهرباء يميل عندئذ إلى الاستمرار، فتمتلئ الأنبوبة بوهج يتوقف لونه إلى حد على طبيعة الغاز القليل المتبقي فيها. وقد أثبت النيون صلاحيته للحصول على نوع معين من الإضاءة. وصار وهجه البرتقالي الأحمر منظرًا مألوفًا في الإعلانات المضاءة ولإرشاد الطائرات إلى الهبوط بالمطارات. ويمكن الحصول على ألوان أخرى باستعمال غازات أخرى أو باستعمال أنابيب من زجاج ملون، فأنبوبة الأرجون تبعث ضوء بنفسجي باهتا، والهيليوم أبيض عاجيا، وبخار الزئبق أزرق، ولو أن الاسم السنة الذي أطلق على هذا النوع من الإضاءة هو الإضاءة بالنيون، سواء أكان الغاز المستعمل هو النيون أو غيره.

ويحتوي الجو، بالإضافة إلى الأرجون، والهيليوم، والنيون، على

غازين حاملين آخرين هما الكربيتون والزينون ، ولكن بمقادير ضئيلة جداً حتى لتجعل استخدامها صناعياً عملاً لا قيمة له.

والأكسجين الذي يكون حوالي خمس الهواء الجاف بالحجم، هو الجزء الأكثر نشاطاً من الهواء، فأظهر خصائصه قدرته على الاتحاد مع مواد أخرى لتكوين الأكاسيد. والاحتراق مثل من أمثلة التأكسد السريع، فاحتراق الفحم، والخشب، والزيت، والغاز، ينتج، بوجه سنة، أكاسيد العناصر الموجودة في هذه الأنواع من الوقود. وصدأ الحديد صورة أخرى من صور التأكسد، فالصدأ الأحمر أو البني اللون هو في أغلبه خليط من أكاسيد الحديد.

ويلعب الأكسجين دوراً هاماً في تنفس الإنسان والحيوان، فالآلة الحيوانية، مثلها مثل غيرها من الآلات الهامة الأخرى، تحصل على طاقتها بإحراق الوقود، وهو في هذه الحالة الخاصة الطسنة الذي تأكله. ويستخدم الطسنة لبناء أنسجة الجسم المختلفة، ثم تحترق بعض هذه الأنسجة، وبما أن الأيدروجين والكربون هما من العناصر المكونة للحم، فإن أكاسيدهما أي الماء وثاني أكسيد الكربون هما نتاج الاحتراق، وتتخلص منهما الرئتان بالزفير.

ولثاني أكسيد الكربون الخارج إلى الهواء نتيجة لعملية التنفس أهمية رئيسية لنا، فمن المفيد إذا أن نعرف شيئاً عن طريق تكوينه، وعن وظائفه المتعددة في الهواء الجوي.

ففي عملية التنفس يدخل إلى الرئتين مع هواء الشهيق الأكسجين اللازم للاحتراق، ثم يحمله الدم إلى جميع أجزاء الجسم، ويتكون ثاني أكسيد الكربون من اتحاد الأكسجين بـكربون أنسجة الجسم، ثم يحمله الدم بطريقة مماثلة إلى الرئتين، ومنهما إلى الخارج نهائيًا مع هواء الزفير.

وتختلف كمية الأكسجين التي يحتاجها الإنسان باختلاف الطاقة التي تحتاجها عضلاته للقيام بما يطلبه منها، فالشخص الذي يقوم بأعمال يدوية قد يحتاج إلى أربعة لترات ونصف لتر من الأكسجين في كل دقيقة، بينما يكفيه نحو نصف هذا المقدار لو كان مستريحًا.

ولا تمتلئ الرئتان إلى آخرهما، أو تفرغان تمامًا، في كل شهقة أو زفرة، إذ لا تحتوي رئتا الإنسان العادي في التنفس الطبيعي السهل على أكثر من نحو ٢,٨ لترًا من الهواء، وفي كل شهقة يدخل نحو نصف لتر من الهواء فيختلط بالهواء الموجود في الرئتين، ثم يخرج من حجم هذا الخليط في الزفير مثل ما دخل في الشهيق. وعلى ذلك فمن الممكن، بالتنفس العميق، أن نزيد الهواء الداخل إلى ١,٧ لترًا، فتحتوي بذلك الرئتان منه على نحو خمسة لترات، فإذا ما زفرنا إلى النهاية أخرجنا نحو سبعة أضعاف هذا الهواء تاركين في الرئتين المفرغتين أكثر بقليل من لتر واحد. ويبلغ مقدار ثاني أكسيد الكربون في هواء الزفير نحو ٤ - ٥ أجزاء في المائة منه، ولو أن هذه النسبة تختلف طبعًا باختلاف كمية ما يحمله الدم من هذا الغاز إلى الرئتين، وبمدى التنفس، وعمقه.

والاستمرار في التنفس العميق، حين تكون أغلب العضلات في حالة

راحة ولا تنتج كثيرًا من ثاني أكسيد الكربون- يخفض من ثاني أكسيد الكربون في هواء الرئتين، وبالتالي في هواء الزفير وتكون النتيجة الفسيولوجية بناء على ذلك، للتنفس العميق في حالة الراحة، أن العضلات المختصة بالتنفس غير الإرادي تتوقف مؤقتًا عن العمل، وبذا يمكن الإمساك عن التنفس بعض الوقت. ويفسر هذا السبب فيما يقوم بع الغطاسون ونحوهم ممن يضطرون للإمساك عن التنفس وقتًا طويلاً- من التدرب على التنفس العميق.

ويصل ثاني أكسيد الكربون باستمرار إلى الهواء من مصادر أخرى، فكل أنواع الوقود الشائعة الاستعمال تحتوي على الكربون، فتبعث إلى الجو عند احتراقها بنصيبها من ثاني أكسيد الكربون. كما ينبعث الغاز المذكور من انحلال البقايا الحيوانية والنباتية، ولذا يوجد في كل الأراضي الخصبة. بل إنه ليخرج من شقوق الأرض في بعض الأنحاء، كما يتجمع، وهو غاز ثقيل، في المنخفضات من بعض هذه الأماكن ليكون جوا خانقا، فإن ثاني أكسيد الكربون، ولو أنه غير سام تماما لا يسمح بالاحتراق، ولذا لا يصلح للتنفس. وفي جروتو ديلكاني أو غار الكلب على مقربة من نابولي وحيث يركد الغاز في طبقة عمقها قدمان أو ثلاثة أقدام- تختنق الكلاب وغيرها من الحيوانات الصغيرة، بينما لا يتعرض الإنسان للخطر إلا إذا انطرح على الأرض.

ويحتوي الهواء العادي في كل عشرة آلاف جزء منه على نحو ثلاثة أجزاء من ثاني أكسيد الكربون، وهي نسبة لا تعد كبيرة جدًا إذا اعتبرنا

المصادر المستمرة للغاز من عمليات الاحتراق والتنفس والانحلال، بل المدهش أن هذه النسبة لا تختلف من مكان إلى آخر في الهواء الطلق إلا قليلاً جداً.

والانتشار السريع إحدى صفات الغازات جميعاً. ولذا تتفرق بسرعة تلك الكميات الكبيرة المنبعثة من مراكز الصناعة والمساكن، وتختلط بالجهات البعيدة جداً من الجو.

ويعزى عدم ارتفاع نسبة ثاني أكسيد الكربون في الهواء إلى حاجة النباتات الخضراء لهذا الغاز، فهي تتركب في أغلبها من الكربوايدرات وهي مواد مكونة من الكربون والهيدروجين والأكسجين، ويوجد فيها العنصران الأخيران بالنسبة التي عليها يوجدان في الماء. وقد تكون هذه الكربوايدرات في صورة الخلووز أو النشاء أو السكر ومع أن الطريقة التي يركب النبات بها هذه المواد ليست معروفة بالتدقيق، فمن المعتقد أن الماء الذي تمتصه الجذور يتفاعل مع ثاني أكسيد الكربون الذي تمتصه الأوراق، ليكون أولاً الفورمالديهد والأكسجين، ثم ينطلق الأخير إلى الجو، وتجري في الفورمالديهد عملية البلمرة لتكوين الكربوايدرات. ومهما تكن العمليات المتداخلة، فالمعروف أن النشاء يتكون في الأوراق الخضراء إبان سطوع الشمس، بينما ينطلق الأكسجين من تلك الأوراق.

ولا يتكون النشاء في الساعات المظلمة، فلا يمتص ثاني أكسيد الكربون أو ينبعث الأكسجين.

ويعتقد البعض خطأً بانبعث غاز سام في النباتات خلال الليل. حقيقة أن النباتات، علاوة على تمثيلها للكربون، تتنفس، فتمتص الأوكسجين وتخرج ثاني أكسيد الكربون ولكن هذه العملية ضئيلة جداً، وتعادلها بتفوق كبير العملية العكسية أثناء النهار. ولا شك أن مطالب النبات من الجو بالليل تكاد تكون لا قيمة لها، وعليه فلا حاجة للممرضة الغيورة بالمسارعة إلى إخراج الأزهار مساءً من غرفة المريض. والواقع أن زائراً يتحدث مع المريض لبضع دقائق ليستهلك من الأوكسجين ويخرج من ثاني أكسيد الكربون أكثر مما تفعل باقية من الورود طول الليل.

ورغم ضآلة كمية ثاني أكسيد الكربون الجوي، فإنه يلعب دوراً كبيراً في تفتيت الصخور.

فالماء يذوب في درجة الحرارة والضغط العاديين نحو قدر حجمه من الغاز. ويذوب ماء المطر المتساقط من الجو بعض الغاز، ومتى انساب هذا الماء خلال التربة السطحية أذاب كميات أكبر بكثير حيث ينبعث الغاز من البقايا الحيوانية والنباتية أثناء انحلالها، وهكذا يحمل ماء المطر جيداً بغاز ثاني أكسيد الكربون في طريقه من الجو إلى النهر وإلى المنابع التحتية.

ولكن الأمر لا يقتصر على ذلك، فإن لهذا المحلول الحامضي نوعاً مقدرة عجيبة على إذابة أنواع معينة من الصخور وخاصة حجر الجير والطباشير اللذين يتكونان في أغلبهما من كربونات الكالسيوم.

فالكربونات- خلا كربونات الصوديوم والبوتاسيوم لا تذوب في الماء، ولكنها تذوب في محاليل ثاني أكسيد الكربون لتتحول إلى بيكربونات ذائبة، ولا بدع فإن لمحلول الغاز المذكور قوى إذابية بعيدة الأثر.

فمثلا يسيل هذا المحلول على صخور حجر الجير فيذيب بالتدريج سطوحها، ثم يدخل خلال شقوقها وشروخها وقد ينحت بذلك كهوفا تحت الأرض.

وينتهي الأمر بكثير من كربونات الكالسيوم المذابة إلى البحر، وهناك يستخلصها من الماء عديد من الحيوانات البحرية ذات الأجسام الرخوة لتبنى منها أصدافها، ثم تكون الأغشية الجيرية للسلف من سكان الأصداف طبقة سميكة على قاع البحر من طين لزج، وقد تنكشف هذه الطبقة في عهد جيولوجي قادم لتصير أرضاً أو تلالاً جيرية مرة أخرى.

وليست الستالاكتايت والستالاجمائيت التي نراها في كثير من كهوف الحجر الجيري إلا نتيجة مباشرة للمقدرة الإذابية التي يتمتع بها حامض الكربونيك، فإن الماء المحتوى على بيكربونات الكالسيوم ينساب ببطء في الشقوق التي بسطح الكهف، فتفقد كل نقطة منه بالتبخر أثناء تدليها ما فيها من الماء تاركة راسبا صغيراً من كربونات الكالسيوم على سقف الكهف، ويسقط المتبقي من النقطة على قاع الكهف ليخلف راسبا مماثلاً. وتضيف النقاط المتتالية أنصبته من الرواسب حتى تتدلى من السقف بمضي الوقت نتوءات كنتوءات الجليد، بينما تتكون تحتها مباشرة تشكيلات مماثلة. وتمر السنون، فيستطيل ما تدلى من السقف،

وبعلو ما نبت على القاع، ويتضخم الجميع طولاً وسمكاً وقد يلتقيان نهائياً فتكون العمدة وكأنها تحمل على هاماتها سقف الكهف. وتتميز الستالاجمايت المكونة من كربونات الكالسيوم أو المغنسيوم وحدهما بالبياض وينقلب هذا البياض ملونا إذا شابت الراسب المذكور آثار من معادن أخرى كالحديد والنحاس أو الكروميوم.

وفي كهوف تشدار بإنجلترا، وكهوف هان بيلجيكا نشهد أمثلة جميلة من الستالكتايت والستالاجمايت، ويختلف بدهة معدل وها باختلاف المتساقط من المحلول الجيري كمية وقوة، وكذا بسرعة التبخر الحاصل فيه، وهكذا لا يمكن تقدير عمر هذه الرواسب بقياس مدى الترسب أو النمو الحالي. ويقال إن فريقاً من الباحث قضى عدة سنوات في القياس والحساب ثم استنتج أن قاع كهف معين قد استقبل طبقة جيرية بمعدل بوصة واحدة في كل عشر سنوات، وقد أصاب دقة هذه النظرية غير قليل من الشك حين عملت حفرة تمتد إلى ما يعادل ألفي سنة على القياس المذكور، فوجدت زجاجة جعة تحمل اسم مصنع معروف.

وأبار التحجير، كما يدعونها، مثل آخر من أمثلة المقدرة الإذابة لحمض الكربونيك، وتوجد هذه الآبار عادة في مواطن الحجر الجيري، وتغذيها المياه المتساقطة الحاوية لبيكربونات الكالسيوم. فإذا علقت الأشياء، لا في البئر، ولكن بحيث يفيض عليها المحلول المتساقط- غطيت الأشياء المذكورة بكربونات الكالسيوم، فتبدو بعد زمن وكأنها قد

انقلبت إلى حجارة.

وتتكون "فروة" الغلاية ورواسب المراجل بطريقة مماثلة، غير أن الترسيب يتم في هذه الحالة لا بالتبخر، وإنما يفقد غاز ثاني أكسيد الكربون من الماء، إذ أن الماء حين يقارب درجة الغليان، يتطاير منه الغاز الذائب فيه، وبذا يفقد قوة إذابته لكاربونات الكالسيوم فتترسب هذه على حوائط المرجل أو الغلاية. وتكون رواسب المراجل مة خطيرة، إذ لا يقتصر ضررها على تضيق مواسير المرجل، ولكنها- وهي موصل رديء للحرارة، ستدعو إلى الإسراف في الوقود.

كذلك قد ينفجر المرجل أحياناً بسبب انسداد كلي أو جزئي في مواسيره، وقد تتمزق ماسورة لتمدد ما بداخلها من رواسب بسبب تمددها بالحرارة.

ويمكن اعتبار ثاني أكسيد الكربون سبباً أصلياً في تكون رواسب المراجل، وسبباً عرضياً في تضيق كميات هائلة من الصابون نتيجة لعسر الماء عسراً مؤقتاً، أي ذلك العسر الذي يزول بغلي الماء. أما العسر الدائم والذي لا يزول بالغلي فلا يعتبر ثاني أكسيد الكربون سبباً مباشراً له، إذ أن السبب في هذا العسر هو وجود كلوريد أو كبريتات معدنية تذوب في الماء دون حاجة لثاني أكسيد الكربون.

ولتجنب أي لبس في الموضوع يجب أن نوضح أن المراجل التي تغذيها مياه لا تحتوي على بيكربونات مذابة لا تنجو دائماً من الرواسب

المذكورة، ذلك أن كبريتات الكالسيوم، وهو شائبة شائعة في المياه الطبيعية، تذوب في الماء البارد أكثر مما يفعل في الماء الساخن، وعلى ذلك يمكن أن يترسب في مواسير المرجل حين ترتفع درجة حرارة الماء.

وتزيد درجة ذوبان ثاني أكسيد الكربون زيادة كبيرة إذا عرض الغاز المذكور للضغط، ففي صناعة المياه الغازية يدفع الغاز في الماء الذي يعبأ في زجاجات ثم تقفل هذه تحت الضغط. وما الفوران الذي تراه حين نفتح زجاجة ماء الصودا إلا نتيجة لانبعاث فقائيع الغاز المذكور بمجرد تخفيف الضغط عنه.

صنع ثاني أكسيد الكربون الجامد:

ينقي غاز ثاني أكسيد الكربون في البرج A ثم يضغط في B ويبرد ويسيل في المكثف C. ويخزن ثاني أكسيد الكربون السائل في أسطوانات قوية من الصلب D ومنها يمكن سحبها حسب الحاجة إلى أسطوانة الضاغط المائي E الذي يشغل بزيت عالي الضغط من المركم الذي تغذيه مضخة الزيت K. وينتج من دفع ثاني أكسيد الكربون السائل تكون "ثلج" ثاني أكسيد الكربون الذي يمكن ضغطه إلى مكعبات جامدة. وتنزع المكعبات المذكورة من الضاغط ثم تقطع إلى أي مطلوب بالمنشار F وتعبأ G وتعد للتوزيع في صناديق معزولة H.

ولا يحتوي ماء الصودا عادة على الصودا، كما قد يبدو من الاسم، ولكنه ماء عادي فوق- مشبع بثاني أكسيد الكربون. أما ماء الصودا الذي شاع صنعه بجهاز السيلنروجين القديم في أواخر القرن الماضي

فقد كان غازه يولد داخل الجهاز من تفاعل كيميائي وكان السيلتزوجين تكون من فقاعتين من الزجاج القوى تتصلان بعنق ضيقة. والجهاز له سدادة بها صنوبر ذو قضيب ضاغط وأنبوبة طويلة تصل إلى قاع الفقاعة السفلى. فإذا أردنا شحن الزجاجاة بالغاز، تملأ الفقاعة السفلى بالماء، وتوضع في العليا كميات جافة موزونة من بيكربونات الصودا وحامض الطرطريك. ثم ينكس الجهاز ويرج فتذوب المادتان المذكورتان في الماء وتتفاعلان، وينبعث من التفاعل غاز ثاني أكسيد الكربون، فيذوب بعضه ويبقى الباقي تحت ضغط في الفقاعة العليا. فإذا ضغط القضيب دفع الغاز السائل الذي في الأنبوبة الطويلة وطرده من الفوهة إلى الخارج.

وينبعث الغاز من مسحوق سيدلتز الحديث بنفس الطريقة، فإن الورقة البيضاء تحتوي على حامض الطرطريط وتحتوي الزرقاء على بيكربونات الصودا.

وتحتوي الشمبانيا، والجنجر بير المصنوعة منزليا، والسوائل الأخرى التي تترك لتتخمر في زجاجات مقللة- تحتوي كلها على غاز ثاني أكسيد الكربون الناتج من التخمر مذابا تحت الضغط، وما انطلق سداد زجاجاة الشمبانيا إلا نتيجة لضغط الغاز المتجمع في عنق الزجاجاة.

ولا تبدو ثمة علاقة بين المياه الغازية ومطفئات الحريق، ومع ذلك ف يخرج أحد أنواع المطفئات المذكورة عن كونه في الحقيقة صورة مكبرة لجهاز السلتزوجين كما يتضح في ال (رقم ٨) وفيه يملأ الإناء المعدني بمحلول كربونات الصوديوم (صودا الغسيل) كما تحتوي الأنبوبة

الزجاجية المغلقة باللحام على حامض الكبريتيك. وبذلك يصبح الجهاز مصدرًا محتملاً لثاني أكسيد الكربون، فضربة واحدة على العقدة تدفع الكباس الذي يحطم الأنبوية الزجاجية فينسكب الحامض ليتفاعل مع الكربونات وتنتج مقادير كبيرة من الغاز الذي يخرج من الفتحة في رشاش مختلط بالسائل. ويفيد مثل هذا الجهاز في إطفاء حريق صغير خصوصاً إذا سببه اشتعال الزيت أو البترول حيث لا يجدي استعمال الماء للإطفاء، لأنه سينشر السائل الملتهب ويوسع دائرته.

وفي صورة معدلة للجهاز المذكور يضاف الصابون (أو مادة أخرى مستحلبة) إلى السائل الموجود في الإناء مما يجعل السائل المرشوش يجثم على النار كرجوة مكونة من فقائيع ثاني أكسيد الكربون، معززة بذلك قوة الغاز الإطفائية.

وإذا برد الغاز المذكور إلى درجة - ٧٨° مئوية لتكتف سائلا لا لون له، كما يمكن تحويله بالضغط وحده إلى سائل في درجات الحرارة العادية. ففي درجة ١٥° مئوية مثلاً يتحول الغاز إلى سائل إذا عرض لضغط يزيد نوعاً عن ٥٢ جواً، وكلما زادت الحرارة زاد الضغط اللازم للتسييل، حتى إذا ما وصلت الحرارة إلى ٣٢° مئوية استحال تسييل الغاز مهما زاد الضغط، وبذا تسمى ٣٢° مئوية الدرجة الحرجة لغاز ثاني أكسيد الكربون.

ولكل غاز درجته الحرجة، أي درجة الحرارة التي يمكن فيما تحتها تسييل الغاز بالضغط، والتي إذا تجاوزناها لاستحال تسييل الغاز مهما

رفعنا الضغط. فمثلا الدرجة الحرجة للأوكسجين - ١١٩ ° مئوية وللأزوت - ١٤٦ ° وعلى ذلك يجب تبريد هذين الغازين صناعيا قبل إمكان تسيلهما بالضغط، أما غاز الهيليوم فمن العسير تسيله لأن درجته الحرجة هي - ٢٦٨ ° مئوية.

ويمكن الانتفاع بالغازات ذوات الدرجات الحرجة العالية كثاني أكسيد الكربون والنشادر وثاني أكسيد الكبريت - بوصفها موادًا للتبريد، ويعد ثاني أكسيد الكربون أصلح هذه الغازات الثلاثة للاستخدام في الثلجات الموجودة في أماكن يعتبر فيها من الخطر تسرب غازات مؤذية.

وإذا ترك ثاني أكسيد الكربون السائل ليتبخر بسرعة فإن امتصاص الحرارة اللازمة لتبخيره يتجمد جزءًا منه إلى ما يشبه الثلج، وتحتوي أسطوانة الصلب المعروفة على ثاني أكسيد الكربون المضغوط أغلبه على حالة سائلة، ومن السهل الحصول عليه في حالة صلابة بتنكيس الأسطوانة وإطلاق بعض السائل في كيس من الخيش فيمتلأ الكيس سريعًا بما يشبه الثلج الذي يمكن ضغطه إلى مكعبات.

وتنتج هذه المكعبات التي تسمى "بالثلج الجاف" على نطاق تجاري، وتباع للتبريد كما في حالة الثلجات التي تباع في الشوارع، والتي يحفظ البائع برودتها بوضع مكعب من الثلج الجاف فوقها، وميزة هذا الثلج أنه لا ينصهر كالثلج العادي ليترك ماء، ولكنه يتحول إلى غاز يتطاير في الهواء كما يمكن تناوله باليد في أمان بشرط أن لا يضغط،

فإن الغاز يكون غلالة رقيقة عازلة بين اليد والمكعب فلا يحس جلدها بالبرودة القارصة، أما إذا ضغط المكعب، كسرت الغلالة المذكورة، وقد يصاب الجلد ببثور مؤلمة تشبه البثور المتخلفة عن الحريق.

الكيمياء والتربة

قد تكون الزراعة أقدم الفنون النافعة، فقد فلاح الإنسان الأرض قبل بزوغ فجر الكيمياء بوقت طويل. فهدف بوسائله البدائية إلى معاونة عمليات الطبيعية، والتحكم فيها، لنتج له غذاءه. ولم يتلق الزراع حتى وقت حديث من العلوم إلا الضئيل أو العديم من المساعدة، ومع ذلك فإن خبرة القرون المتراكمة قد هيأت من وسائل إنتاج الحاصلات الزراعية ما كفى لإطسنة الشعوب المتزايدة أعدادها في البلاد المتمدينة، اللهم إلا في أزمان النكبات الجوية.

وقد نمت في الزراع، ولا تزال تنمو، تلك الغريزة الغربية لإدارة الأرض، والتي تبدو وكأنها لا تتيسر إلا لمن نشأ ودب على الأرض. ومع ذلك فقد جاء زمن بدا للناس فيه أن التربة قد بلغت حدها الأعلى من الإنتاج، وتعين إذًا البحث عن مساحات أخرى لزراعتها للوفاء بمطالب الغذاء المتزايدة.

وفي استطاعة الكيماوي الآن أن يعاون الزراعي، ومع أن مهارة الزراع وخبرته لا تزال لهما الصدارة في الأهمية، إلا أن الكيمياء قد أصبحت وصفية للزراعة. وكان تشاركهما في بادئ الأمر مفعما بالصعاب، إذ علاوة على تشكك الزراع بطبيعته في أهل النظريات، فلم يكن من

اليسير تبين المبادئ العلمية الكامنة تحت كثير من الوسائل التحسسية التي يزاولها الزراع الناجح.

وقد شهد النصف الأول من القرن التاسع عشر مبادئ هذه المحاولات والتي كان أكثرها على يد بوسينيول في فرنسا، وليبيج في ألمانيا ولوز وجيلبرت في إنجلترا.

وجدير بالذكر أن المشاركة العلمية بين الأخيرين دامت سبع وخمسين سنة وهي مدة لم يضرب رقمه القياسي إلا في القليل من الأحوال. فقد أسس ج. ب. لوز محطة تجارب روثامستد بمعاونة ج. ه. جيلبرت في سنة ١٨٤٣. وزادت أهمية هذه المحطة على مر السنين حتى صارت تتناول الآن الزراعة بالبحث من جميع نواحيها، وكان ما تم هناك من أعمال من أهم الوسائل لتنمية صلة نافعة سارة بين رجال العلم والزراعة العلمية. وقد تولى لوز إبان حياته الإنفاق على ذلك المعهد، ثم أنشأ قبل وفاته بوقت قصير مؤسسة لوز الزراعية بهبة قدرها مائة ألف من الجنيهات.

وكانت الأبحاث الأولى التي أجريت بالمحطة تدور حول خصب التربة، وكان قد عرف قبل ذلك بزمن طويل أن النباتات تستمد جزءاً من غذائها من الأرض التي تستنفد بمرور الزمن فتتضاءل غلتها، كما عرف بالخبرة أن خصب الأرض المستنفدة يمكن تجديده باستعمال سماد الإسطل (السياخ البلدي).

وكانت نقطة الابتداء في هذا البحث إذا هي معرفة التركيب الكيماوي للسماد المذكور. وانتهى لوز وجلبرت إلى أن القيمة المخصصة لسماد الإسطل تعزى إلى وجود العناصر الثلاثة: الآزوت (النروجين) والبوتاسيوم والفسفور. وخطر لهما أن من الممكن إضافة مركبات هذه العناصر إلى التربة دون الحاجة إلى السماد المذكور، الذي كانت كمياته أقل مما هي الآن، بل لم يكن من اليسير للزراع أن يحصل دائماً على حاجته منه. وخيل للباحثين أن خليطاً من سلفات النشادر (وهي مركب آزوتى)، ومركبات البوتاسيوم المستمدة من رماد النباتات أو أعشاب البحر، ومركبات الفسفور في صورة العظام المدقوقة أو صخر الفوسفات - قد يكون بديلاً نافعاً، بل كانت للخليط مزية أخرى هي أنه أكثر تركيزاً من سماد الإسطل مما يعني اقتصاداً هائلاً في نفقات النقل.

وأسس لوز مصنعا في ديتفورد لصنع الأسمدة الصناعية، ومن ثم بدأ صناعة نمت منذ ذلك الوقت نموا هائلاً، فإن الإنتاج العالمي الآن للأسمدة الصناعية يحسب بملايين الأطنان.

ومع أن الاستنتاج الأصلي الذي وصل إليه لوز وجلبرت كان صحيحاً لغاية الحد الذي ذهب إليه إلا أنه لم يكن كل الحقيقة، فإن النظرة الكيماوية البحتة إلى العلاقة بين النبات والتربة لا تفسر كل شيء.

صحيح أن الأزوت، والبوتاسيوم والفسفور هي عناصر أساسية لحياة النبات حياة صحية، وأن استخدام مخصبات صناعية حاوية لهذه العناصر الثلاثة يمكن أن يؤدي إلى زيادة غلة المحاصيل زيادة كبيرة، ولكن يظهر

أن العناصر الثلاثة المذكورة لا تعطي للنبات كل ما يحتاجه من التربة، ولا يزال المحنكون من الزراع يعتبرون سماد الإسطل السمد الذي لا يباريه سماد، فالحق أن التربة التي تتلقى هذا السماد بانتظام لا نرى فيها شيئاً من علامات التدهور، بينما تظهر هذه العلامات بعد وقت على التربة المسمدة بالأسمدة الصناعية. ذلك أن التربة الخصبة ليست مجرد خليط بسيط من المواد المعدنية وحسب، بل إنها تحوي مقادير مختلفة من المادة العضوية الناتجة من انحلال ما مات من حيوان أو نبات؛ وتعرف هذه المادة باسم الدبال، وتكون بالتقريب ذلك الجزء من التربة الذي يختفي بالحرق حين نسخنها إلى درجة عالية. كما أن هناك الأحياء الزاخرة بالتربة؛ لا من الديدان وما كبر من المخلوقات الأخرى التي نبصرها، وحسب، ولكن من الأحياء الدقيقة التي لا تدركها العين المجردة؛ وإن جاوز عددها الملايين في ملء ملعقة شاي من التربة.

ولا ندرك على وجه التحقيق الدور الذي تلعبه كل هذه المكونات المتباينة في تقدم نمو النباتات، ولو أن هذا الدور موجود لا ريب فيه. وقد تكون القيمة الخاصة لسماد الإسطل هي في كونه مصدراً للدبال ومنظماً لحياة الكائنات الدقيقة في التربة، وقد تكون أيضاً في احتوائه على مقادير صغيرة من مركبات نافعة لا تمده بها المخصلات الكيماوية.

وفي أنحاء أخرى، تعلم الكيماوي أن يقدر قيمة المواد الضئيلة، أو آثارها فمن المحتمل أن يكون لكل كمية، مهما دقت، من مواد معينة أثرها الكبير في حياة كائن متوازن كالنبات.

وعلى ذلك فالزراع الماهر يستخدم كل ما استطاع الحصول عليه من سماد الإسطل، ويعززه بكميات من الأسمدة الصناعية، ويستطيع ضبط كمياته هذه طبقاً لنوع المحصول وحالة التربة، فإننا نعرف الكثير من التأثير الخاص. لكل نوع من الأسمدة على النبات. فالأسمدة الآزوتية عادة تشجع النمو السريع وخصوصاً الجزء الخضري من النبات، ويساعد البوتاسيوم على إنتاج النشا والصور الأخرى من الكربوهيدرات، أما الفسفور فيشجع النمو الجذري ويعاون على عمليات النضج.

وقد نالت مركبات الأزوت، من وجهة النظر الخاصة بالاحتياجات النباتية، عناية أكبر مما نال البوتاسيوم أو الفسفور، فالأخيران من أصل معدني في الغالب، ولا يفقدان من التربة بسرعة، اللهم إلا بقدر ما يحتاجه النبات منهما. أما مركبات الأزوت فالأمر فيها على خلاف ذلك، إذ تكاد جميعاً في أصلها إلى انحلال المواد العضوية، كما أنها تفقد من التربة بطرق متباينة.

وبما أن الغذاء السائل هو وحده الذي يستطيع دخول الجذور، فإن مواد التربة الصلبة التي تذوب في الماء هي التي تصلح غذاء مباشراً للنبات.

والمركبات الآزوتية على صورها المتعددة تتناولها أيدي التغيير في التربة، وتتحول أخيراً إلى آزوتات ذائبة هي غذاء النبات، ومن دواعي الأسف أن قابلية الآزوتات للذوبان السريع تؤدي إلى سهولة فقدها من التربة بالغسيل ولهذا السبب لا تبقى الآزوتات بالتربة طويلاً، فما لا

يمتصه النبات منها يذهب على الأرجح هباء في مياه الصرف.

ويحتوي سماد الإسطلب والمواد النباتية المنحلة على مركبات آزوتية معقدة، وتجري التغييرات الكيميائية فيها بواسطة بكتريا التربة التي تحيلها أخيراً إلى آزوتات. وقد أثبت هذا لأول مرة شلوزنج ومنتز في سنة ١٨٧٧، فقد كانا بسبيل دراسة تأثير مرشحات الرمل على سائل المجاري، فلاحظا عند إمرار تيار بطنيء من السائل المذكور في سنةود من خليط الرمل والطباشير، أن النشادر تمر دون تغير فيها طيلة عشرين يوماً، ثم تقل كمياتها بعد ذلك ولكنها تظهر مختلطة بالأزوتات وأخيراً تختفي النشادر كلية ولا يكون بالسائل غير الأزوتات.

وكان الظن حتى ذلك الوقت أن تحول النشادر إلى آزوتات بواسطة مرشحات الرمل لا يخرج عن كونه عملية كيميائية ترجع إلى تأكسد النشادر بواسطة أوكسجين الهواء الموجود في مسام المرشح. ورأى شلوزنج ومنتز في تأخر هذا التأكسد عشرين يوماً ما يدل على أن العملية بكتيرية أكثر منها كيميائية، وإذ لو كانت عملية تأكسد بسيط لبدأت تَوًّا دون إبطاء، أما العملية البكتيرية فتبدأ بعد نمو الأحياء اللازمة وتكاثرها التكاثر الكافي لملء فراغات المرشح.

وكان من السهل اختيار النظرية المذكورة. فأضافا شيئاً من أبخرة الكلوروفورم إلى المرشح قاصدين تعقيمه بقتل ما قد يكون فيه من الأحياء، فوقف التغير من النشادر إلى الأزوتات في الحال. ثم غسل المرشح من الكلوروفورم جيداً، وأضيف إليه جزء من تربة مرشح آخر

تحتوي الكائنات الحية المطلوبة، فبدأت الأزوتات حالا في الظهور مرة أخرى.

وأثبتت تجارب تالية أجراها بحاث آخرون صدق ما استنتجه الباحثان الأولان، وهو أن تكون الأزوتات في التربة من مركبات أزوتية أخرى هو عمل من أعمال البكتيريا.

وكان هدف الكيميائي هو دراسة هذه التغيرات لاقتراح الطرق الواجبة لاستخدام الأسمدة الطبيعية والصناعية المحتوية على الأزوت استخدامًا اقتصاديًا. فالأسمدة الأزوتية أعلى الأسمدة ثمنًا، ولذا وجب في استعمالها مراعاة القصد كل القصد في ما سيغسل من الأزوت في مياه الصرف.

واستعملت نترات الصودا من الشيلي بكميات كبيرة ولسنوات طويلة، ومن مميزات أنها سماد صالح للاستعمال في التو بواسطة النبات. ومن أجل هذا وجب إعطاؤها للنبات باحتراس، ذلك أنه لو أضيفت نترات الصودا إلى الأرض قبل البذر أو قبل تكون الجذور النباتية الكافية لامتناسها لضاعت كلها تقريبًا في مياه الصرف دون إفادة النبات منها، وعلاوة على ذلك فإن النبات يمتص بجذوره محاليل مخففة جدًا، وإضافة سخية من ملح كهذه النترات السهلة الذوبان في الماء سينتج عنه تكون محلول قوي في التربة وسيترب عليه خروج الماء من خلايا الجذور بدلاً من دخول المحلول المذكور فيها، وبذا تذوى الأوراق، وقد يموت النبات.

وعلى ذلك فإن إعطاء سماد النترات على دفعات صغيرة متعددة تيسر للنبات امتصاصها أدعى إلى إفادته من السماد ولا يعرضه للضياع.

على أن هذه السياسة، إذا تيسرت لزراع الحديقة أو رقعة صغيرة من الأرض. فهي غير ممكنة عملياً في أحوال كثيرة للزراع الكبير. ذلك أن عليه استخدام السماد إما قبل البذر، وإما قبل أن تصير النباتات عالية إلى درجة يخشى عليها فيها من أن تدوسها الأقدام، ولذا يفضل في العادة من الأسمدة ما يكون أقل ذوباناً من الأزوتات.

ولم يعرف من صور الأسمدة الكيميائية الأزوتية الشائعة حتى ختام القرن التاسع عشر غير اثنين هما نترات الصودا أو كبريتات النشادر، ثم ارتفع صوت النذير على لسان سير ويليام كروكس في اجتماع الجمعية البريطانية في سنة ١٨٩٨ ببريستول، حين قال إن العالم مهدد بالمجاعة في وقت غير بعيد، وذلك للأسباب الآتية:

أن عدد سكان العالم يتزايد بسرعة، وعلى الأرض الزراعية إنتاج كميات من القمح تتزايد بالتعبئة لتغذية السكان، وسيحتاج هذا إلى كميات أكثر وأكثر من الأزوت للاحتفاظ بخصب التربة إلى المستوى العالي المطلوب، ولا يكفي سماد الإسطلبل لأداء هذا الغرض، كما أن طبقات النترات في شيلي ستنفد بعد ستين سنة، أما كبريتات النشادر من مصانع الغاز فكمياتها محدودة أيضاً، وبناء على ذلك فلن يمضي وقت طويل حتى يبدأ خصب الأرض في التناقص ويأخذ الحرمان في الانتشار. وسيكون من دواعي السخرية أن تنضور نباتات القمح جوعاً إلى الأزوت،

بينما يملأ هذا العنصر الجو من حواليتها، وهو ممتنع عليها لأنه في حالة منفردة!

وعلى كل حال فقد بين هذا العالم أن مستقبل الأزوتات بيد الكيماويين، فلو أنهم استطاعوا فقط، بطريقة ما، أن يحملوا أزوت الهواء على الاتحاد بمواد أخرى، لاستطاع العالم أن ينعم برصيد لا يكاد ينفد من مركبات الأزوت.

ولم تكن المهمة يسيرة، فقد علمنا أن الأزوت عنصر ضئيل الميل إلى الاتحاد، وكانت هناك طريقتان معروفتان من قبل تتم بهما الطبيعة هذا الاتحاد- إحداهما بيولوجية، والثانية كيميائية.

أما عن الأولى فقد كان معروفاً منذ آلاف السنين أن نباتات البقول كالبسلة والبقول والبرسيم تحسن التربة التي تزرع فيها، وأنا مركبات الأزوت في الأرض التي ينمو فيها البرسيم مثلاً تصبح أكثر بعد الزراعة عما كانت قبلها. وبقي هذا الأمر الغريب غامضاً حتى كان سنة ١٨٨٦ حين جلاه باحثان ألمانيان.

فقد وجدوا أن بذور نباتات الفصيلة البقولية تنمو عليها درنات صغيرة، وأن في هذه الدرنات يسكن صنف من البكتيريا يستطيع استخدام الأزوت الجوي في تكوين مواد نافعة له وللنبات الذي تعيش على جذوره البكتيريا، وهكذا يصير هناك تبادل نفعي بين النبات البقولي والبكتيريا، فالنبات يوفر المأوى للبكتيريا؛ وهذه تصنع له الغذاء الأزوتي؛

ويجب أن ننبه إلى أن هذه البكتريا تختلف عن النوع الذي يحل مركبات الأزوت المعقدة بالتربة فيحيلها إلى أزوتات.

واكتشفت بعد ذلك أنواع أخرى من البكتيريا تستطيع تثبيت الأزوت، وهي أنواع تختلف عن سابقها في أنها تعمل مستقلة عن النبات، وقد أصبح موضوع بكتريا التربة، وخصوصاً القائمة بتثبيت الأزوت؛ من أهم حقول الدراسة وأوسعها.

ولما لم يمكن تقليد هذه العمليات الطبيعية في المعمل. فقد أصبح ضروريًا أن تجرب الطرق الكيمياوية البحتة في محاولة اكتشاف وسائل لصنع مركبات الأزوت بكميات وفيرة. وامتدت البحوث في جهات متفرقة، ومع بطء الحصول على التقدم المنشود في مبدأ الأمر؛ إلا أننا نستطيع القول الآن بأن الكيمياء قد أنقذت الموقف مرة أخرى.

ففي النرويج جعل بيركيلاند وأيد نقطة الابتداء من الحقيقة المعروفة وهي ظهور كميات صغيرة من أكاسيد الأزوت في الجو إبان عواصف الرعد، فإن الحرارة العالية الناشئة من مرور تفريغ البرق تسبب اتحادًا مباشرًا بين الأكسجين والأزوت.

وقد استطاع العالمان المذكوران، باستخدام القوى الكهربائية القليلة النفقة في النرويج، أن يقلدا الطبيعة في هذه العملية إلى حد ما، فقد صنعا قوسًا كهربائيًا قويًا من قطبين صنعا من ماسورة سميكة من النحاس يمر فيها تيار من الماء للتبريد.

ووضع مغناطيس كهربى قوى بحيث ينشر لهب القوس في قرص يبلغ قطره ثلاثة أمتار، واحتوت الجميع غرفة مقفلة مبطنة بالطوب الناري تشبه الصندوق المنبسط، فيمر الهواء خلال الغرفة، ويتأكسد بعض الأزوت بملامسة القوس الساخن إلى أكسيد الأزوتيك، وبعد ذلك يتحول هذا الأكسيد إلى حامض الأزوتيك، الذي يتفاعل بدوره إما مع الجير ليكون أزوتات الكالسيوم أو مع الصودا ليكون أزوتات الصوديوم. ولا يتأكسد إلا القليل جدًا من الأزوت الجوى المار بالقوس الكهربائى إلى أكسيد أزوتيك، وعلى ذلك فالعملية لا تكون اقتصادية إلا حيث تتوافر القوى المائية التي منها تولد الكهرباء الرخيصة الثمن.

وقد نجحت طريقة أخرى لتثبيت الأزوت الجوى، تتلخص في تسخين كربيد الكالسيوم في وجود الأزوت الجوى إلى درجة حرارة عالية، فيتكون سيناميد الكالسيوم. وهي عملية أخرى تكاد تنحصر في الأماكن التي تتوافر فيها القوى المائية، ومن ثم القوى الكهربائية الرخيصة المطلوبة لا للعملية النهائية وحسب، بل أيضًا لتحضير كربيد الكالسيوم من الجير وفحم الانتراسيت.

على أن الذروة فيما بلغه العلم في موضوع تثبيت الأزوت كان الفضل فيها للدكتور هابر في ألمانيا. فقد اكتشف سنة ١٩١٣ طريقة لتحضير النشادر من الأزوت الجوى.

ومع أن النشادر مركب بسيط مكون من الأزوت والهيدروجين، فإن العالم لم يكن يعرف حتى تلك السنة طريقة اقتصادية يتحد بها هذان

العنصران لتكوين النشادر.

واكتشف هابر الطريقة المنشودة، إذ وجد أن الغازين يتحدان لتكوين النشادر إذا ضغط مخلوطهما بشدة وسخن إلى درجة حرارة عالية في وجود مركب معين من مركبات الحديد.

ومفتاح العملية هو ذلك المركب الحديدي، الذي بدونه لا يتم الاتحاد مهما رفعنا من ضغط أو حرارة. والحق أن المواد المساعدة تعد من خفايا العلم فكل ما نعرفه عنها هو أن مواد معينة تتمتع بقدرة حث تفاعل كيميائي أو تأخير، دون أن تتغير هي تغيرًا دائمًا. ومع أن هذه المواد العديدة - صلبة كانت، أو سائلة أو غازية تقوم بالمهمة المذكورة، إلا أن لكل تفاعل في العادة سنةً لمساعدًا معينًا، وكان انتصار هابر هو في الكشف عن السنّال الخاص لمساعدة عملية الاتحاد بين الأزوت والأيدروجين.

ومن المهم أن نعلم أن السنّال المساعد يمكن أن يتسمم ويفقد فائدته إذا تعرض لكثير من السموم المعروفة وكذا لمواد أخرى عديدة، ولذا يجب أن يحرص كل الحرص على العوامل المساعدة في أي عملية صناعية - من أن تنالها الشوائب.

وفي عملية هابر يخلط الأزوت الجوي بثلاثة أمثال حجمه من الأيدروجين ثم يضغط المخلوط إلى مائتي جو (٣٠٠٠ رطل على البوصة المربعة) ويسخن إلى درجة ٥٠٠ مئوية في وجود السنّال

المساعد. وناهيك بالصعوبات الهندسية التي اعترضت بناء محولات من الصلب تحتل ذلك الضغط الهائل على نطاق لم يسمع به من قبل.

وكانت النتيجة المباشرة لكشف هابر أن ألمانيا استطاعت خلال الحرب العالمية الأولى وقد منعت عنها نترات شيلي - أن تصنع كبريتات النشادر للتسميد، كما صنعت مركبات الأزوت اللازمة للمفرقات، واستغنت بذلك عن المصادر الخارجية.

وأنشئ في إنجلترا بعد الحرب المذكورة مصنع لإنتاج النشادر التركيبية في بيلينجهام أون تيز لشركة الصناعات الكيماوية الإمبراطورية ويستطيع المصنع المذكور أن يصنع مركبات الأزوت بنفقات تنافس بنجاح مع نفقاتها من المصادر الأخرى، وعلى كل حال فإن شبح المجاعة القمحية نتيجة لاستفاد الأزوتات أصبح لا يقلقان الآن.

وجميع التربات الخصبة تحتوي على البوتاسيوم، ويزيد رصيدها منه ببطء نتيجة لتفتت صخور معينة وخاصة الفيلسبارات التي هي مركبات بوتاسية في أساسها. وقد يكفي هذا المصدر، تحت الظروف العادية، لمد النباتات بما تحتاجه من البوتاسيوم، ولكن الاستغلال الزراعي الحديث يجري على نطاق يجعل الاستجرار من رصيد التربة في مركبات البوتاسيوم أسرع من صيرورة ما فيها صالحًا نتيجة لتفتت الصخور المشار إليها.

ومن الصدفة أن هناك رواسب لمركبات البوتاسيوم يسهل استغلالها

في أنحاء متفرقة من العالم وتظهر عادة في الأسواق في صورة كبريتات البوتاسا وهي مركب بلوري سهل الاستعمال. ومن النادر أن يرى الرجل العادي عنصر البوتاسيوم، وهو معدن رخو فضي اللون، ذو شره شديد للأوكسجين حتى ليتحول بسرعة عند تعرضه للهواء إلى أوكسيد أبيض يعرف بالبوتاسا، لو أن اسم "البوتاسا" يطلق دون تدقيق على أي مركب بسيط للبوتاسيوم.

وللبوتاسا كما سبق القول أهمية في إنتاج الكربوايدرات ولهذا تستخدم كثيراً في تسميد البطاطس وأشجار الفاكهة. وإذا قصرت مصادر البوتاسيوم المعدنية عن حاجتنا يوماً ما -ولا نزن هذا اليوم بقريب- فعلى الكيماويين بحث إمكانيات قيعان المحيط، إذ يقدر ما تحمله الأنهار من أملاح البوتاسيوم سنوياً إلى البحر بما يزيد عن خمسين مليوناً من الأطنان.

والفسفور نفسه عنصر غير معدني، ذو مظهر شمعي، يحترق تلقائياً في الهواء فيتحول إلى أكسيد أبيض يكون مع المعادن مركبات تسمى بالفوسفات، وتستنفد صناعة الثقاب كميات هائلة من فسفور العالم، وهو أمر يساعد على الاحتفاظ بسعر الفسفور الزراعي.

وكانت الأسمدة الفوسفاتية مدار بدء اشتغال سير جون لوز بالكيماة الزراعية وارتباطه بها ردحاً طويلاً من الزمن ذلك أن المشتغلين بالزراعة أدركوا عند مطلع القرن التاسع عشر أن الأراضي المستغلة بشدة قد أخذت تفقد خصبتها لتناقض فوسفاتها، فإن محصول القمح، عند نضج

الحب، يكون قد انتزع من الفدان الواحد ما يصل إلى مائتي رطل من فوسفات الكالسيوم.

وشاع استخدام العظام سمادًا، فهي غنية بفوسفات الكالسيوم، ولكن وجد أن التأثير السمادي للعظام، حتى المطحونة منها، كان بطيئًا جدًا لعدم ذوبان فوسفات الكالسيوم. فعالجها لوز في مصنع سماده بحامض الكبريتيك لينتج منها مركبًا فسفوريًا سريع الذوبان.

وكان نجاح هذه المادة الجديدة عظيمًا فصنعت منها كميات كبيرة، لا من العظام وحسب، ولكن من الفوسفات المعدنية أيضًا، ومنذ ذلك الوقت صار سوبر فسفات الجير وهو اسم المادة الجديدة، أحد المخصبات الفوسفاتية الرئيسية في العالم.

وقد تبدو الصلة واهية بين صناعة الصلب والمخصبات الزراعية، ومع ذلك فقد شهد النصف الأخير من القرن التاسع عشر نشوء عملية جديدة في صناعة الحديد والصلب أتاحت للزراعة مصدرًا آخر للأسمدة الفوسفاتية.

فقد رأى توماس وجيلكرايست تبطين الفرن أو البودقة التي يصهر فيها الحديد ببطانة قاعدية أغلبها من الجير، وذلك لإزالة الفسفور من الحديد الخام قبيل تحويله إلى صلب، فوجد أن جزءًا من البطانة قد انصهر وطفأ فوق الحديد المنصهر حاملاً معه الشوائب الفوسفورية. وكان هذا الخبث، كما دعوه، ينزع ثم يهمل في مبدأ الأمر، ولكنهم عرفوا فيه

بعد ذلك مصدرًا قيمًا للفوسفور.

ويستعمل الآن هذا الخبث بعد طحنه ناعمًا جدًا بكميات كبيرة في الزراعة. وهو عديم الذوبان في الماء، ولو أنه يذوب إلى حد قليل في الأحماض الضعيفة التي قد توجد في منطقة جذور النبات، ومع بطء مفعوله كثيرًا عن السوبر فوسفات إلا أن هذا المفعول مؤكد على كل حال.

ولن يكون استعراضنا لخصب التربة كاملاً دون الإشارة إلى استخدام الجير في الزراعة: فإذا سخن بشدة حجر الجير أو أية صورة أخرى من صور كربونات الكالسيوم، لخرج غاز ثاني أكسيد الكربون وتختلف أكسيد الكالسيوم أو الجير الحي. وإذا عرض هذا إلى الجو لامتنع من الرطوبة أولاً. وانقلب إلى الجير المطفأ أو ايدروكسيد الكالسيوم. ثم اتحد هذا بعد وقت مع ثاني أكسيد الكربون. الموجود في الجو ليعود كربونات كالسيوم مرة أخرى وكثيرًا ما يطلق لفظ "الجير" في غير تدقيق على المواد الثلاثة المذكورة.

وكان سكان إنجلترا الأقدمون، يحفرون الأرض عند بحثهم وراء الصوان، فتخرج منها كميات هائلة من الطباشير الذي تبعث وانتشر بمضي الوقت ثم اندمج مع التربة.

ولوحظ إبان الاحتلال الروماني الذي تلا ذلك العصر أن هذه الحقول الجيرية قد أنبتت غلات كبيرة من القمح. ومنذ ذلك الوقت صار

"تجيير" الأرض تقليدًا متبعًا حتى اليوم اللهم إلا خلال فترة معينة وجد فيها أن الإجراء المذكور ساعد في إنتاج المحاصيل لدرجة نظر إليه فيها بوصفه بديلاً رخيصاً عن التسميد. واستمرت هذه العملية البسيطة تعطى نتائج جيدة وتدر على الزراع الربح الوفير؛ ثم تدهورت الأرض المجيرة حتى هددت أصحابها بالخراب، ومتى ثم قيل في الأمثال إن "الجير يغني الوالد ويفقر الولد".

ولم يكن الخطأ خطأ الجير، ولكنه الخطأ في إدراك وظيفته بالتربة. ذلك أن الجير (أو الطباشير) ليس في ذاته غذاء نباتياً ذا شأن، ولكنه يخرج من الأرض ما فيها من الغذاء النباتي ويزيده صلاحية، فإذا ما استنفد هذا الغذاء، ضؤل المحصول أو انعدم حتى تسعف التربة برصيد آخر من الغذاء في صورة أسمدة طبيعية أو صناعية، وعلى ذلك نرى أن التسميد والتجيير عمليتان متكاملتان تسييران يداً في يد.

وبما أن الجير ينقلب بسرعة إلى طباشير بعد نشره على الأرض، فلا يعيننا في أي صورة نستخدمه، إلا إذا ذكرنا أن الجير الحي قد يحرق المحصول القائم في الأرض، وفيما عدا هذا فإن نعومة الحبيبات، والسعر، وتوافر المادة، ونفقات النقل هي التي تحدد الاختيار، كما يجب أن نذكر، ونحن نأخذ العوامل المذكورة، في الحسبان، أن ٥٦ جزءاً من الجير الحي إذا نشرت على الأرض أصبحت بعد وقت مائة جزء من الطباشير، والجير مفيد أيضاً في معالجة التربة الحامضية، وتحسين طبيعة الطين.

على أن مهمة الكيمياء لا تزال بعيدة عن الإنجاز، ولا يزال -
بالتعاون مع البيولوجي- يزيد كل يوم في جعبة معلوماته عن التربة، ليعين
بها الزارع في استعادة ما يتكبده من نصب ومال.

الكيمياء وربة البيت

إذا كان "نصيب رجل الشرطة في الحياة، كما يقولون، نصيباً غير سعيد". فإن نصيب ربة البيت أسعد بكثير عما كان، ولا ريب أن قسماً كبيراً من هذا التحسن يعود فيه الفضل إلى الكيمياء. وقد برزت هذه الحقيقة بوضوح خاص منذ ساعد تطور الكيمياء على إزالة كثير من العبودية التي صاحبت دائماً إدارة البيوت. فقد تولت تلك الأيام التي كان إشعال النار فيها يستلزم الصوان والصلب والفتيل. وما عيدان الثقاب التي نستخدمها الآن إلا من فضل الكيمياء وقد أدخل الثقاب من فرنسا إلى إنجلترا حوالي سنة ١٨١٠، وكان عبارة عن عيدان رفيعة من الخشب غطيت أطرافها بخليط من كلورات البوتاسيوم والسكر والشمع، وكان بيبلتييه قد اكتشف قبل ذلك ببضع سنوات أن الخليط المذكور يشتغل إذ أدنى من حامض الكبريتيك المركز، فكان ضرورياً إذا أن نحصل على هذا الحامض لاستخدام الثقاب، وذلك بشراء ما كانوا يسمونه "علبة الإشعال الفوري" المحتوية على زجاجة صغيرة ملأى بخيوط الحرير الصخري (الاسبستوس) المغموسة في حامض الكبريتيك. ثم اخترعت عيدان الاحتكاك في ١٨٢٦ بواسطة جون ووكر من بلدة ستوكتون أون تيز ، واحتوت رؤوسها على كلورات البوتاسيوم وكبريتيد الانتيوم والشمع، وكانت تشعل بإمسакها بين طيتين من ورق الصنفرة ثم

سحبها بشدة من الطرف الآخر، وقد عرض الثقب المذكور بالسوق، كما يظهر، صانع ثقب لندن اسمه صامويل جونز ، وكان جونز هذا قد صنع وباع من قبل نوعاً من الثقب يحتاج في إشعاله إلى حامض الكبريتيك، وعرف باسم ثقب برومسيان، ولكنه باع تقليده لثقب ووكر تحت اسم ثقب لوسيفار أو الشيطان.

وقد نشأ الثقب الحديث وتطور مع دراسة الفسفور ومركباته؛ ويظهر أن هذا العنصر قد اكتشفه طبيب بمدينة هامبورج اسمه براند توفي في سنة ١٦٧٤، ورأى بويل عينة منه فأعاد اكتشاف طريقة صنعه في سنة ١٦٨٠.

وكان الفسفور نادراً جداً! غالي الثمن، حتى اكتشف وجوده في رماد العظام الذي يحتوي كما نعرف الآن، على نسبة عالية من فوسفات الكالسيوم؛ ثم اكتشف شيلا بعد ذلك كيف يحضر الفسفور من رماد العظام. والفوسفور العادي المعروف بالفوسفور الأبيض جسم صلب، شمعي القوام، سريع الالتهاب، سام جداً، ولكنه إذا سخن، في أوعية حديدية مغلقة خالية من الهواء، إلى درجة ٢٣٠° مئوية نتجت عنه حرارة فائقة وتحول الفوسفور الأبيض الشمعي مسحوقاً أحمر بنفسجياً يعرف بالفوسفور الأحمر. وهذا الصنف الأحمر غير سام، ولا يحترق بسهولة كما يفعل الصنف الأبيض.

وصنع الثقب المحتوي على الفسفور لأول مرة حوالي سنة ١٨٣٠، وكانت الرؤوس تتركب في أول عهدها من عجينة مكونة من الفوسفور

الأبيض وكلورات البوتاسيوم والصمغ. والمفروض فيها أن تمد كلورات البوتاسيوم الفسفور بما يلزمه من الأكسجين لإحراقه بصرعة وإشعال الثقاب. ويمكن إشعال هذا النوع من الثقاب بحكه على أي سطح صلب أو خشن، ولكنه كان معرضاً للاحتراق مع الانفجار نتيجة للتحلل الفجائي لكلورات البوتاسيوم، ولذا استبدلت هذه المادة بمورد آخر للأكسجين أقل خطراً مثل ثاني أكسيد المنجنيز أو الرصاص الأحمر.

وفي سنة ١٨٥٥ صنع بالسويد لأول مرة ثقاب "الأمن" الذي يشعل بحكه على العلبة، ولا تزال بلاد السويد موطناً لهذه الصناعة. ولا يستعمل الفسفور في هذا الثقاب، فإن رؤوسه تتركب من خليط من الصمغ وكبريتيد الانتيمون وسنقل مؤكسد مثل كلورات البوتاسيوم أو الرصاص الأحمر، كما يستخدم الفسفور الأحمر غير السام بوضعه على العلبة بدلاً من العود.

ويحترق كبريتيد الانتيمون بسرعة حين يشعل، ولكنه لا يلتهب بسهولة كالفسفور، وهكذا لا يشتعل ثقاب الأمن بحكه على ورق الصنفرة أو نحوها لأن حرارة الاحتكاك غير كافية لإشعاله. ولكنه، مع ذلك، يشتعل بسهولة إذا حك على سطح محضر من طبقة من الفسفور الأحمر وكبريتيد الانتيمون ومسحوق من الزجاج والصمغ، فمتى سحب رأس العود على هذه الطبقة اكتسب غشاء رقيقاً من الفسفور الذي يحترق بحرارة الاحتكاك البسيطة فيشتعل رأي الثقاب.

وثقاب الأمن؛ علاوة على كونه غير سام؛ فهو لا يشتعل تلقائياً، ومع

ذلك فمن الممكن إشعاله إذا سحب بسرعة في دائرة واسعة على لوح من الزجاج، والسبب في ذلك أن الزجاج موصل رديء للحرارة حتى أن الحرارة الضئيلة المولدة على رأس الثقب لا تفقد بالتبدد على الزجاج بل تبقى على الرأس لتشعلها.

وقد انقطع الآن استخدام الفسفور الأبيض في صناعة الثقب، وذلك لسميته البالغة، كما يلحق العمال المشتغلين به مرض غريب في العظام، كثيرًا ما يصيب عظام الفك ويسمى "الفك الفسفوري"، وتحتوي عادة رؤوس الثقب الحديد الذي "يحك على أي شيء" على كبريتيد الفسفور الذي لا يسم ولكنه يشتعل سريعًا بالحك.

وعلاوة على التحسينات التي أدخلت على رأس العود، فقد استحدث خشب للعود ينتهي توهجه بمجرد إطفاء لهب الثقب، وبذا يتقي شر الأخطار التي كثيرًا ما نجمت في الماضي من رمي عود ثقب بمجرد إطفاء لهبه. وفي العيدان المذكورة ميزة أخرى هي أن الجزء المحترق منها لا يسقط بسهولة، وإذا سقط انطفاً بسقوطه حياته، ويعزى هذا التحسين إلى غمس الخشب قبل تصنيعه في محاليل أملاح مختلفة ثم تجفيفه وتتم صناعة الثقب بواسطة آلات تلقائية الحركة في الأغلب، فتدخل أخشاب العيدان في ثقب يحملها شريط دائر يغمسها في شمع منصهر، ثم يغمس الرأس في مخلوط الإشعال. بعد ذلك تجفف العيدان وتنزع من الشريط الدائر، وتعبأ بالآلات في العلب.

وقديمًا كان لأجدادنا غلايات من النحاس الأحمر أو الأصفر

يحتفظون بها دائماً نظيفة براقية، ولم يكن هذا بالأمر السهل: فالنحاس يغطيه الهباب بسرعة إذا سخن بنار الفحم، ويمكن طبعاً تنظيفه بملمعات المعادن التي اخترعها الكيماوي، ولكنه مضيعة للوقت والجهد! ذلك أن غلايات الألومنيوم أنسب وأرخص ثمناً بفضل تقدم الكيمياء. ولم يكد الألومنيوم يكون معروفاً منذ خمسين سنة، رغم احتواء كل أنواع الطين عليه وانتشاره لذلك انتشاراً واسعاً كما يظهر. والواقع أن الاهتمام إلى تحضيره من الطين لم يكن أمراً سهلاً.

والمصدر المستخدم لتحضير الألومنيوم هو أكسيده غير النقي المسمى بالبوكسيت ويجب أن يمر البوكسيت قبل كل شيء بعملية كيميائية تنقيه من أكسيد الحديد، ثم يذاب في الكربوليت المنصهر (فلوريد مزدوج للصدوديوم والألومنيوم) ويحلل كهربائياً وبما أن هذا يستلزم كميات هائلة من التيار الكهربائي فيجب أن يكون المصنع حيث يسهل الحصول على القوة الكهربائية بنفقات قليلة. ومع أن الألومنيوم يحتفظ بمظهره الفضي عند استعماله ولا تظهر عليه مطلقاً علائم الصدأ إلا أن سطحه في الحقيقة تعلوه طبقة رقيقة جداً من الأكسيد تحفظه من ازدياد الضرر. ويتآكل الألومنيوم سريعاً بفعل ماء البحر أو الماء الملح، كما أنه يذوب بسرعة في السوائل المحتوية على الصودا، وهي نقطة يجب أن نذكرها عند استعمال الأواني الألومنيومية أو تنظيفها. ولا يزال هناك من يعتقدون بأن الأواني الألومنيومية ينبغي ألا تستخدم

مطلقاً للطهو لاحتمال ذوبان جزء منها واختلاطه بالطسنة، وهو

احتمال لا يمكن غض النظر عنه، ولو أن الحقائق المعروفة عنه متضاربة. ويظهر أنه ولو أن آثاراً من المعدن المذكور تجد طريقها إلى الطسنة المطهو في الأوعية المصنوعة منه إلا أن كميتها ينذر جداً أن تكون بالقدر الذي يسبب الضرر، ولم يعثر في العادة على شيء منها ذائباً في الطسنة.

والواقع أن من الصعب الاحتفاظ بنظافة الغلاية إذا استخدمنا نار الفحم دائماً، حتى إذا كانت الغلاية من الألومنيوم، ولكن هذه النار في أغلب البيوت ذاهبة إلى الزوال لتحل محلها مواقد الغاز. وصناعة غاز الاستصباح واحدة من أهم الصناعات الكيماوية، لا لأن الغاز المذكور مادة نافعة وحسب، ولكن من أجل النواتج الأخرى وهي الكوك (أو مواد أخرى للوقود عديمة الدخان) وقطران الفحم، والشادر. وقطران الفحم وحده يحوي مئات من المركبات كلها تقريباً ذو استعمال يعيدها إلى حظيرة البيت في صورة العقاقير والمطهرات، والألوان.

وكان الغرض من صنع غاز الاستصباح للإنارة فقط، وذلك بإشعاله في مصابيح تشبه جناح الوطواط أو ذيل السمكة، ذات لهب أصفر منبسط. وهي مصابيح تعد تقدماً كبيراً بالنسبة للهب الشمعة أو قناديل الزيت التي كانت مستخدمة من قبل، ولكنها لم تكن تفضلها كثيراً حين تستخدم للتسخين في المعامل الكيماوية. وكانت العادة في مصانع الغاز المذكور أن لا يفصل منه كثير مما يفصل الآن من الأيدروجينات المركبة لتحسين قوته الإضاءة. بل إن المصانع ذهبت إلى أبعد من ذلك

فأضافت إليه من هذه المركبات مزيداً لتحسين ضوئه. ويجب خلط الهواء بالغاز المذكور قبل إشعاله، وذلك للحصول على لهب نظيف غير مضيء، وهي حقيقة كان تقديرها سبباً في اختراع بنسين الكيمياوي الألماني للمصباح المعروف عادة باسمه الآن، وقد اخترع المصباح المذكور للحصول على لهب نظيف غير مضيء، يصلح استخدامه في المسننل أداة للتسخين.

ومصباح بنسين بسيط جداً، فقد صنع بحيث يخرج الغاز من فتحة ضيقة إلى داخل أنبوبة أوسع منها، بها ثقب يمكن التحكم في سعتها لإدخال الهواء.

ومتى دخل تيار الغاز السريع من الفتحة الضيقة إلى الأنبوبة الواسعة هبط الضغط فيها فيسر بذلك للهواء الدخول للاختلاط بالغاز فالخروج معاً من أعلى الأنبوبة حيث يشعلان. ويضمن هذا النظام وجود الكافي من الهواء ليحترق فيه الغاز احتراقاً تاماً. وبذا نحصل على لهب نظيف حار غير مضيء والعيب الوحيد المحتمل في هذا المصباح هو ارتداد الغاز فيه للاشتعال من أسفل حين يقل ضغط الغاز عن حد معين. ذلك أن اللهب يحترق إلى أسفل بمعدل محدد، يكون في العادة، أقل من سرعة مخلوط الغاز والهواء المتحرك إلى أعلى، فإذا قللتنا السرعة المتجهة إلى أعلى بنقص الغاز الداخل فإن اللهب قد يرتد إلى الفتحة الضيقة التي في الأنبوبة الأوسع، ويصبح الاحتراق غير كامل في هذه الحالة فتسخن الأنبوبة كثيراً، وتنبعث منها رائحة كريهة سامة. ولهذا

السبب فإن جهاز تسخين الماء بحمامات المنازل لا يزال تسخينه يجري بمصباح ذيل السمكة القديم، لأن لهبه لا يرتد كما في مصباح بنسين. وقد صار هذا المصباح الأخير الذي اخترع للاستعمال خصيصاً في المسنل، شائع الاستخدام الآن لأغراض التسخين سنة كما في مواقد الطهو بالغاز، وأجهزة التدفئة، ولكنه لا يستخدم في أجهزة تسخين الماء.

وبعد اختراع بنسين لمصباحه بيضعة أعوام اهتدى كارل فون أوار إلى كشف آخر وهو يعمل في نفس معمل بنسين، فأحدث الاكتشاف الجديد ثورة في طرق الإضاءة بالغاز، كما سبب في النهاية تغييراً تاماً في تركيب الغاز الذي تمد به البيوت. وكان فيلسباخ مشغلاً بفحص طيف الضوء المنبعث من عناصر مختلفة، فاستخدم كمصدر للضوء في جهاز تحليل الطيف خيوطاً من القطن مغموسة في أملاح معدنية مختلفة، ومسخنة بمصباح بنسين، فكان من نتاج ملاحظاته أن اخترع رتينة الغاز المتوهجة وهي تشبه كما نعلم جيداً كيساً من نسيج القطن منكساً على لهب غير مضيء. وتصنع هذه الرتاين أو الشبكيات من خيوط القطن أو الرامي بعد غمسها في محاليل ملحية أهمها نترات الشريوم ونترات السيريوم، ويجب "إحراق" الشبكة قبل استخدامها. أو إحراق الكللود بون الذي سبقت إضافته إليها لتبيسها، كما تتحول النترات في عملية الإحراق هذه إلى الأوكسيدين (ثوريا وسيريا) اللذين يشعان الضوء عند تسخينهما.

لما استخدم غاز الاستصباح لأول مرة منذ نحو مائة سنة، كانت قيمته الرئيسية في أنه يعطي لهباً مضيئاً، ثم تغيرت مواصفات الغاز تدريجاً بعد ذلك فيما يخص البيوت بعد اختراعي بينسين وفيلسباخ، فقد أصبح المطلوب من هذا الغاز أن يعطي الحرارة أكثر من الضوء، ولولا هذين الاختراعين لحلت الكهرباء قطعاً محل الغاز حلواً كاملاً فيما يتعلق بجميع أنواع الإضاءة. وقد اعترفت السلطات المسؤولة بهذا التغير في الغاز، فصدرت التشريعات بإلزام شركات إنتاج الغاز أن يمدوا المستهلكين بغاز ذي قيمة حرارية معينة، وأن يقدر سعر الغاز على هذا الأساس، ولما أدخل هذا النظام تسبب عنه في بادئ الأمر بعض الارتباك. كما يحصل عادة في مثل هذه الأحوال، فلم يدرك بعض المستهلكين فيما يظهر طريقة ربط السعر، ولذا فقد يكون من المفيد أن نشرح الأمر، وهو بسيط للغاية، إذ لا يزال عداد الغاز يسجل حجم الغاز المستهلك، وكان المستهلك قبل إدخال النظام الجديد يدفع طبقاً لعدد الأمتار المكعبة أو الأقدام المكعبة التي يسجلها العداد، أما في النظام الجديد، فإنه يدفع طبقاً لعدد وحدات الحرارة التي يستمدّها من إحراق الغاز المستهلك.

والوحدة الحرارية البريطانية والمرموز لها بالحروف B, T. U هي مقدار الحرارة اللازمة لرفع رطل من الماء درجة حرارة واحدة بمقياس فهرنهايت، ومقدار الغاز الذي يمدنا بهذه الوحدة الحرارية يسمى ثيرم من الغاز.

وطبيعي أن كمية الغاز التي تكون ثيرما منه تتوقف على نوع الغاز،

ولكنها في العادة حوالي مائتي قدم مكعب، ويمكن القول بأن هذه الكمية تسخن الماء الكافي لستة حمامات أو تضيء غرفة متوسطة لمدة أربع وأربعين ساعة.

وتلزم شركات إنتاج الغاز باستخدام شخص يختص بقياس القيمة الحرارية للغاز المنتج، وتسجيلها حتى يمكن الرجوع إلى الأرقام المذكورة لتقدير تلك القيمة في أي فترة من الفترات، وتسجل الشركات في إنجلترا على الفاتورة المعطاة للمستهلكين حجم الغاز المستهلك وكذا قيمته الحرارية وهي التي يبنى عليها الثمن المطلوب منهم.

وقد تغيرت الحياة المنزلية تغيرًا عظيمًا عما كانت عليه من قبل، وتناول أحد وجوه هذا التغيير الطريقة المسرفة التي نستخدم بها الماء. فقد كان من نتائج نمو المدن وضواحيها أن فاقت الكميات المطلوبة من الماء كل ما كان متوقعًا من قبل. وكل المياه التي نستخدمها سقطت في مبدأ الأمر أمطارًا، ثم غارت خلال الطبقات السطحية للأرض إلى الأنهار، أو غاضت في الأرض ثم ظهرت في الينابيع، وبذا نالها قدر كبير أو صغير من الشوائب قبل أن تصل إلى خزانات المياه التي نستعملها. وفي الأحوال المعتادة يستمد الأكسجين اللازم لتنقية المياه، خلال التخزين والترشيح، من الهواء الجوي، فما عملية التنقية إلا نوعًا من الاحتراق البطيء. وبما أن هذه العملية بطيئة، والحاجة إلى الماء متزايدة، فقد ألتجئ مرة أخرى إلى الكيمياء لاختصار المدة اللازمة لهذه التنقية.

والمادة المستعملة الآن هي الكلور، وهو كما نعلم غاز مخضر

اللون، وهو بذاته الذي استخدم خلال الحرب العالمية الأولى غازًا سامًا، إذ يسبب استنشاقه بأي كمية ملحوظة اختناقًا، كما يصيب الرئتين والشعب بأضرار قد تنتهي بالمصاب إلى الموت. وقد يبدو غريبًا أن تستعمل مادة سامة كهذه لتنقية الماء الذي نشربه. ونظرية مفعول الكلور غاية في البساطة، فإن هذا الغاز يتفاعل مع الماء، فيأخذ منه الأيدروجين لتكوين حامض الأيدروكلوريك، وتنطلق بهذا التفاعل كمية معادلة من الأكسجين، تقوم بعملية التطهير ومن الضروري طبعًا حين نستخدم الكلور لهذا الغرض أن نتحكم في كمياته بالتنظيم، فالكلور الزائد عن الحد يكسب الماء ذلك الطعم الكريه الذي يعرفه الجنود القدماء في الماء الذي كانوا يمونون به في ميدان القتال، حيث لا يتيسر طبعًا، تحت ظروف الميدان، اختبار كل الماء الذي يمون به الجيش، ولذا تقوم السلطات بتكثير (إضافة الكلور) لجميع المياه، من باب الاحتياط الصحي، كما أن هذه الإضافة تكون عادة بكميات أكثر من اللازمة، وتتم العملية بإضافة مسحوق التبييض (ويسمى أحيانًا بكلوريد الجير) إلى كل عربة من عربات المياه. أما في محطات المياه فتجرى العملية في حرص وعناية، وباستعمال أسطوانات الكلور الذي سبق تحويله إلى سائل باستعمال الضغط، وما على السنبل إلى أن يصل الأسطوانة بماسورة المياه الرئيسية، وأن يدع نقطًا متناهية في الصغر تتساقط في الماء، فيكون من شأن هذه الآثار من سائل الكلور أن تسرع عملية التطهير، كما يتحول كل الكلور المستعمل إلى حامض الأيدروكلوريك وكمية هذا الحامض المتكونة صغيرة جدًا تعادلها بعض محتويات المياه، وحتى على

فرض بقائها دون تغيير، فإن كميتها أضال من أن يكون لها أي تأثير غير مقبول.

ومع أننا نستعمل في بيوتنا من الماء أكثر بكثير مما فعل أجدادنا فإن الكميات المستهلكة فعلاً قد تكون أكبر حتى مما أشرنا إليه، إذا ذكرنا أن كثيراً من الناس يرسلون بعض ملابسهم أو مفروشاتهم لتغسل خارج بيوتهم.

ومواد الغسيل الرئيسية هي الماء والصابون، وكذا المواد المبيضة التي توجد طبعاً في جميع المغاسل الآلية حيث يحل استعمالها بحكمة مشاكل شتى، كإزالة بقع الشاي والقهوة أو عصارات الفواكه. وكثيراً ما يكون الماء "عسراً" أي يصعب تكوين رغوة الصابون معه، ويترتب على هذا استخدام كمية كبيرة من الصابون قبل أن تتكون الرغوة، وعلاوة على هذا الإسراف في الصابون، فإن الماء العسر يكون رغوة خثرة (تعرف بصابون الجير) وهي رغوة كريهة تلتصق بالأقمشة التي تغسل التصاقاً شديداً، مما يدعو إلى تكرار الغسل، وإلى خلع لون رمادي على القماش، بدلاً من اللون الأبيض المطلوب، وعلى هذا فالماء العسر يسبب الإسراف في الصابون، وإفساد لون المغسول، وهنا نتجه كالعادة إلى الكيماوي الذي ينصحنا باستخدام جهاز تيسير الماء.

ولكي تدرك تماماً ضرورة هذا التيسير، يجب علينا أن نعرف شيئاً عن أسباب عسر الماء، وكيف تحيل المواد الذائبة الضارة، بطريقة كيماوية، إلى مواد غير ضارة. فالماء يكون عسراً، كما قلنا، حين يعيق الصابون عن تكوين الرغوة. والصابون عبارة عن مادة كيماوية تنتج من

غلي الصودا مدة طويلة مع زيت نباتي أو حيواني (لا معدني). والزيت النباتية أو الحيوانية ذات تركيب متشابه، فهي عبارة عن جلسرين متحد مع أحماض تسمى بالأحماض الدهنية، وتتحد الصودا مع الأحماض لتكوين الصابون ثم تطلق الجليسرين حرًا (وهذا الجليسرين الذي يفضل الكيميائي أن يدعوه جليسيرول والذي نستعمله لأغراض العلاج والتزين وصنع المفرقات، هو إذا منتج ثانوي في صناعة الصابون، وكان منذ سنين غير عديدة جدًا يرمى مع المهملات قبل أن تدرك منافعه)، وهكذا نرى أن الصابون خليط من مواد كيميائية هي عبارة عن أملاح نتجت من اتحاد الصودا بالأحماض الدهنية. وعليه فإن خصائصه تتغير تبعًا للزيت الذي صنع منه، كزيت الزيتون أو الشحم. الخ ومع ذلك، فمهما كان نوع الصابون، فإننا حين نحاول إذابته للاستعمال في ماء يحتوي على بيكربونات الكالسيوم وأشباهه من المواد - لكونت تَوًّا هذه المواد ما سبق أن أشرنا إليه باسم "صابون الجير" ولتحتّم علينا إذا أن نستمر في إضافة كميات متزايدة من صابون الصودا حتى نحصل على الرغوة المنشودة. والصابون الضائع في هذه الحالة أكثر بكثير مما يظن لأول وهلة "فهو لا يقل، في حالة ماء مدينة لندن مثلاً عن أربعة أحماس الكمية المستخدمة؛ وهناك مياه أشدّ عسراً من ماء لندن والضائع إذاً من الصابون فيها أكثر ويبين من هذا إذا أن مة تيسير الماء تنحصر في إحالة أملاح الكالسيوم وأشباهها الموجودة فيه إلى مادة لا ترسب الصابون.

ويمكن الحصول على هذا الغرض بوحدة من الوسائل الآتية:

أ- إضافة صودا الغسيل وحدها أو مع الصودا الكاوية.

ب- إضافة الجير وصودا الغسيل.

ج- ما يسمى بطريقة التبادل القاعدي.

وتصلح (أ) لأنواع معينة من المياه. وتحتاج - كما تحتاج (ب) الشائعة جدًا في الصناعة- إلى أحواض ترسيب أو مرشحات لجمع الطباشير الذي ينفصل، وكذا إلى رقابة فنية محكمة. أما (ج) فلا تحتاج إلى رقابة؛ ويكاد يعمل جهازها بطريقة آلية. وعلاوة على ذلك فإنها تنتج ماء يسرًا ذا صفات تصلح خاصة لأغراض الغسيل. وهي أيضًا نفس الطريقة المستعملة في أجهزة تيسير الماء المنزلية. والتي يزيد من اهتمامنا بها سهولة الحصول عليها. والمادة التي تقوم بالتيسير عبارة عن طبقة من الزيوليت وهي مادة معدنية الأصل، محدودة مواردها الطبيعية نوعًا ويحضر الصناعي منها للاستخدام في أجهزة التيسير بصهر الفلسبار مع الطين الصيني وكربونات البوتاسيوم والصودا. ومن الطريف أن خصائص الزيوليت الغريبة هذه اكتشفها أحد علماء الإدارة الجيولوجية الألمانية إبان بحثه عن تركيب مواد معدنية مختلفة. وهو بحث لا فائدة منه كما يظهر غير قيمة أكاديمية. والزيوليت الطبيعية ذات تركيب معقد ولكن القاعدة فيها هي الصودا أو البوتاسا. والماء العسر يحتوي مواد قاعدتها الجير أو الماغنيسيا، فإذا جعلنا الماء العسر يرشح خلال طبقة من الزيوليت تبادلت المواد الصلبة الذائبة في الماء قواعدها مع الزيوليت وأصبح بذلك الماء المحتوي على قاعدة جيرية. بعد ترشيحه خلال

الزبوليت محتويًا على أملاح ذات قاعدة صودية، وبما أن هذه الأملاح الأخيرة لا ترسب الصابون، فقد صار الماء بذلك يسرًا. ويستمر هذا التبادل القاعدي حتى تفقد الزبوليت كل ما كان بها من الصودا، ويتوقف الوقت الذي يحدث فيه هذا الاستنفاد على كمية المياه التي رشحت خلالها، ودرجة ما كان بها من عسر، ولا يستغنى عن الزبوليت بعد هذا، إذ يمكن تنشيطها بغمرها في سائل نستطيع استمداد قاعدة صودية منه، ويمكن الحصول على السائل المذكور بإذابة شيء من ملح الطسنة في الماء لتحضير محلول مركز، إذا تركت فيه الزبوليت مدة قصيرة تخلت عما فيها من جير وأخذت بدلاً منه الصودا وصارت بذلك مستعدة لتيسير ماء جديد.

وهذا النوع من أجهزة التيسير كما يرى ليس في حاجة إلى أحواض ترسيب، ولا إلى قياس مقدار المواد الكيماوية اللازمة، فإن الماء يأخذ منها يحتاجه بالضبط. وكل ما علينا عمله هو أن نستوثق من وجود القاعدة الصودية، وذلك بتنشيط الزبوليت بين الحين والآخر كلما لزم الأمر. وفي الطريقة المشار إليها ميزة أخرى هي إمكان تركيب الجهاز على مورد الماء مباشرة، فيساعد ضغط المورد على مرور الماء خلال الزبوليت. وتترك هذه الطريقة في الماء المعالج مركبات صودية القاعدة، تتوقف كمياتها على درجة العسر الذي كان في الماء قبل تيسيره، وتكون هذه الأملاح في العادة كبريتات وبيكربونات الصودا، وتعرف الأولى بملح جلوبر والثانية بصودا الخبيز. والظروف وحدها هي التي تقرر ما إذا كانت كميات هذه الأملاح مقبولة أم غير مقبولة وأحد الأسباب التي

يفضل بعض الناس استعمال هذه الأجهزة من أجلها هو قولهم إن في استخدام مائها اقتصاداً للشاي والقهوة، فالماء المحتوى على مواد قلوية كصودا الخبيز يستطيع دون ريب استخلاص الألوان من الشاي أو القهوة أكثر مما يستطع غيره، أما أثر هذا على الطسنة فمسألة لا تزال قابلة للمناقشة. كما أن الماء الشديد العسر إذا يسر بالزيوليت لصار حتماً من القلوية بدرجة تستطيع إذابة آثار من ألومنيوم الإناء الذي يغلى فيه. وهنا أيضاً تختلف الآراء اختلافاً بينا في درجة ما يتصل بهذه الحقيقة من أهمية.

الكيمياء في البيت

كان للخطى الواسعة التي قطعها العلم الكيمياوي في النصف الثاني من القرن التاسع عشر الفضل في إبراز الثروة العجيبة من المواد التي يمكن الحصول عليها من قطران الفحم، أو بعبارة أخرى، من الفحم بطريق غير مباشر. وبالعكس كان اكتشاف الكثير من المواد العجيبة الجديدة، ودراستها حافزاً مدهشاً على البحث الكيمياوي، فقد تجمعت الحقائق المكتشفة بمتزايد باستمرار حتى صار من المستحيل على أي فرد اليوم أن يقدر قيمتها تمام التقدير. على أن بإمكاننا، مع ذلك، أن ندرس بعض مطالع العلم، وأن نرى كيف قادتنا دراسة قطران الفحم بالذات، إلى اكتشاف مواد جديدة ملونة، تستطيع الحلول محل الأصباغ القديمة البدائية التي كانت مستعملة فيما مضى، وقد أدت دراسة تلك الأصباغ القديمة، بدورها، إلى اكتشاف أصباغ من أنواع جديدة ثم تفاعلت هذه الاكتشافات ب جعل من الضروري الاستزادة من معرفة طبيعة مواد النسيج الشائعة وخواصها وهكذا عمل الكيمياويون على تفهم مواد الطبيعة وتحسينها فاستطاعوا في النهاية أن ينتجوا الخيوط الصناعية الحديثة التي يمكن الآن صنعها بتكاليف قليلة حتى صار أفخمها منظرًا من الشيوخ بدرجة يقبل معها دون بحث أو تفكير.

ومنذ مائة سنة كانت الألوان المختلفة التي يمكن استعمالها في

صباغة المنسوجات أقل بكثير منها اليوم، ومع أن في الإمكان الحصول على الأصباغ التي كانت مألوفة في ذلك الوقت إلا أن استعمالها الآن يكاد يكون معدومًا، وفي الواقع يمكن القول إنها، فيما عدا النيلة، لا تستعمل الآن مطلقًا. والسبب الرئيسي في ذلك طبعًا هو أن الأصباغ القديمة لا تبلغ في تألقها ما بلغته الأصباغ المستعملة الآن، كما أن هذه الأصباغ الجديدة أقوى تحملًا في الاستعمال، بوجه سنة، من القديمة. صحيح أن بعض الأخيرة كانت ألوانه على درجة جيدة جدًا من الثبات.. الخ.

ولكنها كانت مضجرة من حيث تفاوت جودتها حتى أصبح الاطمئنان إلى استخدامها أقل بكثير مما في حالة الألوان الجديدة.

وقد نسمع أحيانًا أن الألوان الحديثة ليست في جودة القديمة، وهي شكوى على غير أساس صحيح، إذا أنه إذا وجدت اليوم صبغة ثبت أحيانًا عدم الرضا عنها، رجع ذلك على العموم، إلى عدم ملاءمتها لما استعملت من أجله. كأن يستعمل القماش في هذه الحالة لغرض لم يتوقعه الصباغ.

وتختلف عملية الصباغة في تفاصيلها وإن اتفقت في أساسها. فتذاب الصبغة في الماء، ويغمس القماش المراد صبغه في المحلول الذي يسخن بعد ذلك. ولكي تنتقل الصبغة في المحلول إلى القماش يجب أن تكون ذات جاذبية خاصة لهذا القماش. وإلا وجب تغيير خواص القماش بمعالجة سابقة، وتسمى هذه المعالجة أو الإعداد بالتثبيت.

ومن الأدق دون ريب أن ندعو الصباغة فنا لا علما، فقد وجد بالخبرة أن هناك أصنافاً عديدة من الصبغة، وتفاوتاً كبيراً في تفاصيل استخدام هذه الأصناف، حتى لم نستطع بنظرية واحدة أن نفسر جميع الحقائق تفسيراً وافياً. فقد كانت هناك، على سبيل المثال، نظريات كيميائية للصبغة توعد بأن النسيج المصبوغ هو مركب كيميائي من النسيج والصبغة وكانت هناك نظريات ميكانيكية، حاولت تفسير عملية الصبغ بأنها اختراق مادة الصباغة لمسام النسيج، وهكذا. ولا تفي التفسيرات المقترحة بأكثر من تفسير قدر يسير من الحقائق.

وقبل اكتشاف أصباغ قطران الفحم، كان الاختيار في مواد الصباغة محدوداً نسبياً، فكان يمكن الاختيار في الألوان الحمراء مثلاً بين الصبغة المستخرجة من دودة القز والمستخرجة من نبات الفوه وفي الألوان الزرقاء بين الأزرق البروسي والنيلة، ونبات البقم. وهكذا من القلة في الألوان الأخرى. أما منذ اكتشاف أصباغ قطران الفحم فقد كان عدد الأصباغ يصبح غير محدود. ومع أن كثيراً منها قد اتضح بالخبرة أنه عديم القيمة، إلا أن المئات منها ممتاز دون ريب، ومن هذه يستطيع الصباغ أن ينتقي ما يروقه من حيث السعر. أو من حيث وجود خاصية معينة تجعل الصفة المختارة مناسبة بصنعة بارزة لنوع الصباغة التي يتخصص فيها، وكل الصباغين أخصائيون، إذ يحصر الواحد منهم عنايته في طراز معين، كصبغ الأقمشة القطنية، أو الحريرية، أو الغزل أو الخيوط الصوفية وحدها وهكذا.

وكان البنفسجي الباهت أول أصباغ قطران الفحم - حصل عليه و. هـ. بيركين سنة ١٨٥٦ على غير انتظار وهو يؤكسد الانيلين الغير النقي، ومع أن الكشف المذكور ن، إلى حد ما، بالصدفة إلى أن بيركين قدر قيمته كما قدرها كيميائيون آخرون. فاندفعوا يبحثون عن مواد مماثلة، وشملت مناشط كيميائي الألوان بحثاً في التركيب الكيميائي للمواد الأساسية الملونة في أحسن الموجود من الأصباغ الطبيعية القديمة.

وقد نجحت بحوثهم في التعرف على المواد الكيميائية المفردة الموجودة. فمثلاً وجدوا أن جذر الفوة تعزى قوته الصبغية إلى وجود مادة ملونة أسموها الاليزارين كما أثبتوا أن لون النيله يرجع إلى مادة مختلفة أطلقوا عليها اسم الانديجوتين. ويختلف كميات هذه الألوان في العينات المختلفة من جذر الفوة، أو النيله، طبقاً لاختلاف ظروف النمو أو المناخ إبان حصد المحصول... الخ. حتى لينبغي دائماً على مستخدم هذه المواد أن يتحسس طريقه، وواضح أن في الأمر دعوة صريحة إلى الكيمياءوي "لتركيب" هذه الألوان، إذ لو تم هذا لأمكن تثبيت نوعها، ولصارت أسعارها أكثر اتزاناً، ولو أن هذا سيؤدي طبعاً إلى اختفاء أسواق زراع الفوة والنيله. وكان الأول من هذين النباتين يزرع بكميات كبيرة خصوصاً في فرنسا حتى بلغ المحصول سبعين ألف طن في سنة ١٨٦٨، ولو أنه لا يزرع منه الآن شيء. وكانت النيله أحد منتجات الهند، ولا يزال هناك منها القليل، ولكن آلافاً من الأفدنة قد تحول استغلالها إلى وجه آخر، وهكذا كانت إحدى نتائج التقدم الكيميائي بطلاة مؤقتة في فرنسا والهند.

ويصنع الاليزارين الآن من الانتراسين دون غيره، وهو إيدروكربون عبارة عن مادة صلبة صفراء تستخرج من قطران الفحم. ومع أن الكشف عن التركيب الكيميائي للاليزارين استغرق عدة أعوام، وأن العثور على طريقة صناعية ناجحة استغرق مدة طويلة أخرى، فقد توصل كارو وجريبا وليرمان في ألمانيا، وبيركين في إنجلترا بمصادفة عجيبة- إلى نفس الطريقة، فطلب الفريق الألماني تسجيلها يوم ٢٥ يونيو سنة ١٨٦٩ وطلب بيركين ذلك التسجيل في اليوم التالي!

ولم يمضي أقل من ثلاثة وأربعين سنة منذ بدأت التجارب على النيلة حتى يوم الثبت نهائياً من تركيبها بواسطة باير ؛ كما انقضت عشرون سنة أخرى قبل بدء العمل فعلاً بطريقة ناجحة لصنعها تجارياً. وقد يكون صحيحاً ما قيل من أن أصحاب المصنع صرفوا مالا يقل عن نصف مليون من الجنيهات قبل أن يتمكنوا من بيع النيلة التركيبية. ويمثل هذا النوع أغلب ما يستخدم اليوم من النيلة، وهو قدر هائل لا شك في ذلك. ومعظم الملابس الزرقاء للرجال ونحوها مصبوغ بالنيلة أو بأصل من أصولها، بعد إضافة قليل من صبغة أخرى للحصول على ظلال متباينة.

وحتى في سنة ١٨٤٤ كان جون ميرسر يجري التجارب ليرى تأثير مواد كيميائية مختلفة على ألياف القطن، وكان من بين تلك المواد محلول الصودا الكاوية بتركيزات متفاوتة سبق أن لاحظ تأثيرها في درجات حرارة مختلفة. وترى خيوط القطن تحت المجهر أشربة أو

أنابيب منبسطة، فإذا عوملت بمحلول الصودا الكاوية بدت وكأن الأنابيب المنبسطة قد انتفخت بالهواء، كما قصرت طولاً، وكادت أن تشف لونا وفي سنة ١٨٩٥ كرر توماس وبريفوست بعض تجارب ميرسر مع فارق واحد هام، هو أن الخيوط منعت من الانكماش الطولي بإبقائها مشدودة أثناء معالجتها بالصودا الكاوية، وأثناء غسلها بالماء بعد ذلك لإزالة آثار الصودا؛ وكانت من نتيجة ذلك أن ازدادت الألياف لمعانا. وحسنت الطريقة، وصممت الآلات لمعالجة القطن بمحلول الصودا الكاوية مع استبقاء الشد وذلك في حالتي الغزل والثوب المنسوج. وسميت العملية بالمرسرة نسبة إلى مؤسسها جون ميرسر، وأصبحت واحدة من أهم العمليات التي تجري على الأقمشة القطنية في آخر مراتب صناعتها.

والمرسرة كما نرى عملية كيميائية وهي واحدة من كثيرات غيرها تتصل بصميم صناعة النسيج، خصوصاً بما يسمى سنة بعملیات الصقل النهائية، وهي عمليات متباينة كالانكماش، ومنع الانكماش والإصماء ضد الماء، والوقاية من الحريق، والصبغة، والطباعة، والصقل وتثقيب الحرير، وغيرها مما لا يمكن حصره. وقد توصل الكيميائي الذي أشرف على إنتاج كل أنواع النسيج من السجاد الثقيل إلى أخف أصناف "الكريب دوشين" توصل في السنوات الأخيرة إلى حل مة إنتاج ألياف جديدة تشابه الحرير، وسميت لذلك بالحرير الصناعي. وتدعو التسمية المذكورة إلى شيء من الأسف، ذلك أن كلمة "صناعي" توحى بأن الشيء مقلد، فهو لذلك من درجة أقل، مع أن الألياف التي تعينها من

طراز مستقل، وتستطيع أن تبقى أو تزول من الميدان تبعًا لمزاياها أو لعيوبها هي وحدها.

والألياف الطبيعية قسمان: أحدهما من أصل حيواني كالحرير وأنواع الصوف المختلفة. والثاني يضم الألياف النباتية، كالقطن والكتان والجوت والقنب الخ وكل هذه الألياف، فيما عدا الحرير، قصيرة نسبيًا (٢ - ١٥ سنتي تقريبًا) ولا بد إذنًا من غزلها إلى ما يسمى بالغزل، وذلك بمرمها معًا حتى تتماسك وتصير خيطًا واحدًا مستمرًا. أما فتل الحرير فقد يبلغ طول الواحدة منها أحيانًا مئات من الأمتار، وعلى ذلك يستعمل عدد منها كخيط واحد، فلا يستلزم الأمر إلا قليلًا من البرم. وعلى هذا الأساس فمن الأيسر صنع غزل الحرير عن صنع غزل آخر. وزيادة على ذلك، فإن الاستغناء تقريبًا عن عملية الغزل تتيح للحرير الاحتفاظ بلمعانه وأفضليته، وهذه هي الصفة الوحيدة التي يشترك فيها ما يسمى بالحرير "الصناعي" مع الطبيعي، إذ أن فتلته هو الآخر عبارة عن خيط واحد مستمر. وكل أنواع الحرير الصناعي (أو الرايون) مصنوعة من الخلووز، وهي مادة واسعة الانتشار جدًا في عالم النبات، إذ أنه تكون حيطان الخلايا النباتية الحية، وتوجد إذا في القطن والتيل والكتان والخشب وأمثالها، بل أنها تكون الجزء الأغلب منها.

والحرير الصناعي نوعان أحدهما يماثل الخلووز في تركيبه، والآخر من مادة مشتقة من الخلووز وتسمى خلات الخلووز، وليس بين النوعين فرق ظاهر، ولكن الاختلاف في التركيب معناه الاختلاف في الخواص،

فخلات الخلووز مثلاً لا يمكن صبغها بنفس الصبغات المستعملة للنوع الآخر، كما أن تأثيرها بالحرارة أشد من تأثير الآخر، فهي تلينها، أو حتى تذيبها، وكذا تفعل بها المواد المذيلة للبقع كالأستيون ولذا وجب المزيد من الحرص عند تناول الأقمشة المصنوعة من هذا النوع من الحرير الصناعي عند الغسيل أو التنظيف.

وكان أول نوع أنتج من الحرير الصناعي في فرنسا بطريقة شاردونيه وعرضت منه عينات بمعرض باريس سنة ١٨٩٩، وفي هذه الطريقة يبدأ بمسئلة القطن بمزيج من حامض الكبريتيك والنتريك المركزين حتى يصير تركيبه أقرب ما يكون إلى تركيب قطن البارود، ثم يذاب هذا القطن الذي دخل تركيبه الأزوت في مزيج من الكحول والأثير، ويرشح ثم يسخن في الهواء الحار خلال أنابيب شعرية رفيعة، فيتبخر المذيب بسرعة تاركاً فتلاً من النيتروخلووز، بعد ذلك يجمع معاً العديد من هذه الفتل لتكوين خيوط تلف على بكرة. ولهذه الخيوط مظهر الحرير في نعومتها ولمعانها، ولكنها بحكم تركيبها شديدة الاشتعال لدرجة خطيرة، وللتغلب على هذا العيب تمر الخيوط في حمام من محلول كبريتيد الأمونيوم لإزالة النتروجين عنها وردها إلى الحالة الخلووزية، فيصبح الناتج النهائي إذا عبارة عن خيط خلووزي مكون من عديد الفتل الناعمة المستمرة ذات المنظر الحريري والتركيب القطني. وقد قل استعمال هذا النوع لحلول أنواع أخرى محله.

ولصنع الحرير الصناعي من أي نوع كان تستعمل نفس المبادئ

السنة لإنتاج الفتلة الواحدة، أي بواسطة ضخ المحلول إما في الهواء الحار خلال ثقوب رقيقة جدًا (طريقة شاردونيه وطريقة الخلات) أو في حوض يحتوي محلولاً مرسباً ويصنع حرير الفسكوز عادة من عجينة الخشب، وهي خلووز منقى محضر من خشب التنوب ويحول خلووز الخشب بطريقة كيميائية معقدة بعض الشيء إلى زائثات الخلووز التي تذاب في الماء، ثم تضخ وترسب كع ردها في نفس الوقت إلى خلووز بإمرار الفتل في محلول مخفف، من حامض الكبريتيك.

وهناك نوع آخر من الحرير الصناعي يعرف باسم جلانزشتوف أو حرير بيمبرج أوبريسيلكا ويستعمل في صنعه عجينة الخشب حيث يذاب في سائل عبارة عن محلول ايدرات النحاس في النشادر، والمحلول المرسب المستعمل هنا هو محلول حامض الكبريتيك. ويلاحظ أن الأنواع الثلاثة من الحرير الصناعي التي ذكرناها حتى الآن كلها شبيهة في تركيبها بالقطن.

على أن هناك نوعاً آخر ذا تركيب مختلف، يعرف عادة في إنجلترا باسم سيلانيز ومادته الأولية هي الخلووز المستمد من زغب القطن؛ أي شعر القطن الصغير الذي يظل عالقا بالبذرة بعد حلج القطن. ويحول الخلووز أولاً إلى خلات الخلووز وهي مادة بيضاء تشبه شعر القطن إلى حد كبير، ثم تذاب هذه في الأستون ومن المحلول تتكون الفتل. ويتم الترسيب في بعض المصانع بإمرار الفتل في محاليل أملاح مختلفة كما يتم في البعض الآخر منها بترك الأستون ليتبخر بواسطة الهواء الحار.

وقد تبدو العلاقة لأول وهلة واهية جدًا بين الحرير الصناعي، حتى في صورة الجوارب "الحريرية"، وبين صناديق الشكولاتة، ولكننا نجد الأخيرة تلف الآن دائمًا تقريبًا بورق رقيق شفاف اسمه السيلوفان وتستعمل هذه المادة العجيبة للف أشياء عديدة متباينة كعلب السجائر، وصناديق الكعك. الخ كما تستخدم لصنع الأزهار الصناعية، ولا شك أن الجمهور الذي يشاهد الأزهار الصناعية في المواكب والشوارع وهي مصنوعة كما يظهر من الورق، ليتساءل عما يحصل لهذه الأزهار إذا هطل عليها المطر، ولو علم لما تساءل لأن الأزهار المذكورة مصنوعة من السيلوفان الذي لا يكاد يؤثر عليه المطر في كثير أو قليل. والسيلوفان في مادته كالحرير الصناعي؛ غير أنه في صورة صفحات لا خيوط، وهو نوعان: أحدهما يحترق بسهولة كالقطن ويصنع بطريقة الفسكوز؛ والثاني لا يحترق بسهولة، ويصنع من خلات الخلووز، وإذا سخن لان، وانصهر تقريبًا، ثم أسود لونه قبل أن يتابع احتراقه في بطن شديد.

وكان لدراسة كيمياء المعادن نتائج عجيبة، فكثير من المعادن التي ندر أن كنا نشاهدها في الماضي قد أصبحت شائعة الاستعمال، لا في المصانع الكيماوية وحسب؛ بل في الورش الهندسية أيضًا؛ وحتى في البيوت. ونذكر الآن التنجستن والتانتالام اللذين يستعملان لعمل السلوك الرفيعة داخل المصابيح الكهربائية، والبلاتين الذي يستعمل في صياغة المجوهرات، والنيكل كروم المستخدم لتغطية معادن أخرى، والكروم مع الحديد الصنع سبائك لا تصدأ وهكذا، وإذا أضفنا سيارة الأسرة إلى

قائمة الأثاث المنزلي، وهو عمل جائر اليوم في بلاد كثيرة، لاستطعنا أن نضع قائمة طويلة من السبائك المختلفة التي اكتشفت ودرست خصيصاً بغرض استخدامها فيما يتصل بآلات الاحتراق الداخلي.

وكان أسلافنا يستعملون حزاماً من الجلد ينشرون عليه مسحوق الطين الرملي لتنظيف السكاكين عليه وتلميعها، وهي طريقة جيدة في نتيحتها متعبة في تنفيذها؛ ثم اخترعت منظفات بالجملة تنظف عددًا من السكاكين في وقت واحد، فتوضع السكاكين كل في فتحة بين أقراص مستديرة منبسطة من المطاط تدور وقد رش عليها مسحوق الصنفرة، وبذلك تنظف السكين بحك سطحها في آن واحد. كان يجري هذا بينما أخذ الكيمياءيون يعملون ويدرسون الظروف التي يتآكل فيها الحديد، ثم بدأوا يتهايمسون عن "الصلب الذي لا يصدأ" وفي حوالي ذلك الوقت ظهرت بالأسواق سكاكين ادعى المتاجرون فيها بأنها لا تصدأ، ولكنها كانت لا تختلف عن السكاكين العادية إلا أنها قد غطيت بطبقة من النيكل مما جعل حدها لسوء الحظ، تالماً، فإذا حاولنا شحذه أفسدنا طبقة النيكل ولذا حذر المشترون من أن يحاولوا تحسين نصل السكين، وقيل لهم إن الصلب الذي لا يصدأ لا يجوز شحذه وكانت النتيجة أنه حين أنتج الناس الصلب الذي لا يصدأ الحقيقي لم يؤمنوا به كثيراً، ووطد من هذا الاعتقاد إلى حد ما مضى بعض الوقت قبل إنتاج الصناعة لسكاكين من الصلب المذكور يمكن شحذها جيداً، ولا يزال الكثيرون يعتقدون أن السكاكين التي لا تصدأ يجب أن لا تشحذ. وهو اعتقاد خاطئ، إذ يمكن شحذها كما نفع مع أي سكين أخرى لأن

خاصية عدم التبقع ليست في طبقة مضافة إلى السطح، ولكنها كامنة في تركيب المعدن نفسه. ويصنع النوع العادي من الصلب الذي لا يصدأ من سبائك الحديد والكروم المحتوية على ١٥ - ٢٠% من المعدن الأخير.

ويبدو لأول نظرة أن إصداء الحديد (أو الصلب) مسألة بسيطة يمكن تفسيرها بسهولة. والصدأ هو أكسيد الحديد، والحديد إذا عرض للهواء ناله الصدأ، فيمكن القول إذا بأن الأصداء هو حالة تأكسد بسيط. ومع ذلك فمن اليسير أن نبي أن الهواء وحده لا يسبب الصدأ، كما لا يسببه الماء الذي غلى لطرد كل الهواء الذائب فيه، فلا يمكن استنتاج أن الحديد يصدأ في وجود الماء لأن المعدن المذكور يحلل الماء ويأخذ منه الأوكسجين. والممة في الواقع معقدة، وكان حلها من أحدث الاكتشافات. ويبدو أنه للحصول الأصداء يجب وجود الأوكسجين، كما يجب وجود ماء به شيء مذاب يسمح بمرور تيارات كهربائية صغيرة (الشيء الذي يسميه الكيمياوي بالايكترولايت). وزيادة على ذلك فيجب أن تكون بعض أجزاء الحديد مهواه أكثر من بعضها الآخر، أي لخلق حالة من التهوية التفاضلية وحينئذ يحصل الأصداء، لا حيث يكون الأوكسجين بأعظم كمية. بل حيث يكون على أقلها ويتفق هذا مع الحقيقة المعروفة وهي ظهور أغلب الصدأ عادة عند الزوايا الداخلية للمفصلات والروافد، كما أنه يفسر لماذا يستمر الأصداء عادة في النقطة التي يبدأ منها، إذ تكفي طبقة الأوكسيد المتكونة لحماية المعدن حماية جزئية هناك فتنشأ حالة التهوية التفاضلية.

ولا تقتصر دراسة التآكل، لحسن الحظ، على نتائجه الضارة. فالمعادن لا تتآكل دائماً حين قد يتوقع التآكل. ويمكن إذا معالجتها بطرق متباينة لمنع الأصداء، ولنفر مثلاً أن معدنا قد غطى بطبقة من الأوكسيد تغطية متساوية فإن هذه الطبقة ستؤدي إلى منع المزيد من التآكل. والألومنيوم مثال للمعدن المشار إليه؛ فإن إزالة الأوكسيد من سطحه تؤدي حالاً إلى تكون غيره (ومن هنا تنشأ صعوبة لحام الألومنيوم). وتذيب هذه الغشاء الواقي مياه البحر أو المياه المحتوية على صودا الغسيل.

ويمكن وقاية الحديد من التآكل المفرط بطرق عديدة أحداها تسخين المعدن في جو من غاز النشادر، فيتكون عليه غشاء واق شديد الصلابة من نيتريد الحديد. وطريقة أخرى هي غمس المعدن في محلول حامض الفوسفوريك فتكون عليه طبقة رقيقة من فوسفات الحديد، ولكن أكثر هذه الطرق شيوعاً هي جعل الحديد يقي نفسه بنفسه.

(ويعود بنا هذا إلى الصلب الذي لا يصدأ) فالكروم معدن يتكون عليه تلقائياً غشاء من الأوكسيد، وهو غشاء من الرقة بحيث لا تراه العين؛ وله القدرة على تجديد نفسه آلياً إذا كسر، وقد وجد أنه إذا سبك الحديد مع الكروم بكمية كافية، فإن القدرة على تكوين الغشاء المذكور تخلع أيضاً على الحديد، فيصير هذا كما نقول "غير قابل للأصداء" ومن الأدق طبعاً أن ننظر إلى السبيكة على أنها قد أصدأت بصفة دائمة، ولكن غشاء الصدأ من الرقة بحيث لا يرى، غير أنه كاف وحسب

لوقايتها من المزيد من التآكل. وكذلك يستخدم الكروم في المنزل مسبوكا مع الحديد في صورة الصلب الذي لا يصدأ، كما يستعمل المعدن المذكور (الكروم) بكثرة في طريقة الطلاء بالكهرباء، لحفظ صنابير المياه براقه، ووقاية تراكيب الحمامات، ومقابض الأبواب، وعاكسات المدافئ الكهربائية، والأجزاء المطلية بالمعادن من السيارات الخ.

وقد تكلمنا فيما سبق عن الألومنيوم في صورة الأواني المنزلية، كما نجد بالمنزل مركباته في صور أخرى. فأقلام الشب القابضة تستعمل لوقف سيلان الدم من خدوش الحلاقة، وأوكسيد الألومنيوم هو المادة الرئيسية التي تستخدم لجعل الأقمشة صادة للزئذ، ولا يمكن جعلها غير منفذة للمطر إلا بتغطيتها بأمثال المطاط والزيت. والواقع أن ليس ثمت صورة في الأحوال العادية وحتى في الأجواء الممطرة، الكثيرة الثقلب للمعاطف المغطاة بالمطاط الثقيل أو المشمع، بل يكفي استخدام قماش لا يبتل بسهولة كبيرة، ويفضل عادة مثل هذا القماش لأنه لا يمنع مرور الهواء فيه، ولذا كان ضرورياً فقط أن يعالج القماش بطريقة تجعله صادا للماء، وذلك بإمراره في أحواض تحتوي على محلول خلات الألومنيوم ثم يزال الزائد من المحلول بواسطة أسطوانات تعصر القماش. بعد ذلك يجفف هذا بالتسخين فتتحلل خلات الألومنيوم، ويبقى أكسيد الألومنيوم مترسباً في مسام القماش بحيث يصعب تبليل هذا القماش ما دام قد سبق تجفيفه جيداً، ويوسع نطاق العملية أحياناً باستعمال محلول آخر من الشمع المذاب في مذيب ما كالبنزين (المستخرج من قطران الفحم).

ويحضر محلول خلاات الألومنيوم المستخدم في صد الرذاذ بإضافة محلول كبريتات الألومنيوم إلى محلول خلاات الرصاص، فتترسب كبريتات الرصاص وهي غير ذائبة، ثم يدفق محلول خلاات الألومنيوم الصافي من فوقها. ويستعمل المحلول المذكور في صناعة النسيج أيضاً بوصفه مثبتاً وخصوصاً في الصباغة بالاليزارين، وقد نجد إذا عند فحص الأقمشة القطني الحمراء أن المثبت لصبغتها هو الألومنيوم.

ويندر أن لا يحتوي الآن بيت من البيوت على شيء أو أكثر مصنوع من المادة المسماة (ولو خطأ في بعض الأحيان) بالبيكلايت فرى هذه المادة العديدة الأشكال في صورة مقابض للأبواب، ومظلات للمصابيح ولوحات للراديو، ومفاتيح للكهرباء، والأمشاط، وفناجين الشاي، وحتى المناضد والمقاعد.

ولا تكاد تكون هناك حدود لاحتمالات استخدامها فإن نمو وتوسع صناعة اللداتن (البلاستيك) كما تسمى الصناعة المنتجة لهذه الأشياء- يكون صفحة روائية من تاريخ الكيمياء.

وكانت البيكلايت أولى المواد التي صنعت من هذا النوع وتصنع الآن للاستخدام مواد أخرى عديدة ذات تركيب مختلف وصفات متماثلة. وقد يكون عسيرا أن نصدق أن بالإمكان تفاعل سائلين عديمي اللون، لإنتاج مادة جامدة شديدة الاحتمال، ولكن هذا هو الواقع تماماً في حالة البيكلايت، فالسائلان هما الفينول ومحلول الفورمالديهد في الماء. والفينول هو الاسم الذي يطلقه الكيميائي على حامض الكربوليك

أو الفنيك، أما الفورمالديهيد فقد تعرفه الغالبية باسم الفورمالين.

إذا خلط هذان السائلان وسخنا معًا لما حصل تغير يذكر، ولكننا إذا أضفنا قبل التسخين بضع نقط من النشادر، لحدث تغير مدهش بعد التسخين بمدة قصيرة، إذ يرغى المزيج فجأة، ثم يهدأ منفصلاً إلى طبقتين إحداهما صفراء والأخرى لا لون لها، والأخيرة هي الماء، أما الأولى فسنجد بعد فصلها وتبريدها أنها مادة صلبة تشبه الراتينجات، والواقع أن لها كثيرًا من صفات راتنج حمضي طبيعي كالذي نحصل عليه من الأشجار.

وهذه هي المرحلة الأولى لصنع مادة البيكلايت، ويليها الخلط مع مادة "مائلة" كمنشارة الخشب الرفيعة أو دقيق الخشب، ثم إضافة مادة ملونة إذا أريد ذلك، فالتسخين الهين بعض الوقت. وتقوم المادة المائلة هنا مقام الرمل المضاف إلى الإسمنت في صناعة الإسمنت المسلح، بينما يؤدي التسخين وظيفته الخض المستمر وكذا الخلط في شبه مفرمة كبيرة. ويحصل إبان المسئلة المذكورة تفاعل كيميائي آخر تنتج عنه مادة صلبة يمكن تليينها بالحرارة وإذا طحنت ناعمة عرفت باسم مسحوق التشكيل، وأمكن تشكيلها في أية صورة نريد.

ويحتاج تشكيل اللدائن إلى مهارة فنية خاصة، فاللدائن مواد لا يمكن صهرها إلى سائل ثم صبها في قالب لتجمد، كما نفعل بالشمع أو المعادن ولا بد من تشكيلها وهي في حالة نصف سائلة أو عجينية، ثم يضغط على القالب عند إقفاله حتى تندفع المادة إلى جميع أجزائه.

ويعرف أحد أنواع اللدائن باسم اللدائن الحرارية أي المواد التي تلين بالحرارة بما يكفي لتشكيلها ثم تصير جامدة متى بردت. ومن هذا النوع الفلكانايت والباغة اللذان يمكن تليينهما مرة أخرى وتشكيلهما عند الضرورة، فيستطاع إعادة تشكيل طقم الأسنان المصنوع من الفلكانايت إذا اكتشف به عيب.

وهناك نوع آخر يختلف في الخواص عن سابقه ويسمى باللدائن التي تجمد بالحرارة وهو يلين أولاً بالحرارة، ولكنه يتغير كيميائياً - وهو لا يزال ساخناً - ثم يتحول نهائياً إلى مادة جامدة. وينتمي مسحوق البيكلايت التشكيلي إلى هذا النوع، ولا يمكن تليينه ثانية بالتسخين ما دام قد تجمد مرة.

وبناء على ما سبق يمكن تلخيص مراحل تكوين البيكلايت فيما يأتي: تنتج العملية الابتدائية راتينجا يسهل صهره، ويتحول هذا بمزيد من الحرارة إلى مادة أقل سهولة في انصهارها، ولكنها لا تزال قابلة للانصهار إلى حد ما، ويستمر التغير الكيميائي فيها بالمزيد من التسخين فتنتج منها في النهاية مادة دائمة الصلابة ولا يمكن تليينها مرة أخرى.

وعلى هذا وجب أن يحرق التسخين النهائي مع عملية التشكيل. حتى يتم إنتاج المادة النهائية في صورة فنجان شاي، أو منفضة سجائر، أو غيرهما.

وقوالب التشكيل مصنوعة من الصلب الثقيل، جيدة الصقل، مبطنة

من الداخل بالكروم حتى نضمن صقلا ناعما للمواد المة، وتسخن القوالب قبل الاستعمال، وتوضع بداخلها المقادير المطلوبة من المسحوق، ثم يطبق النصفان مع تسخينهما، ويضغطان معًا جيدًا باستعمال الضغط المائي (الايديروليكي).

ويزال الضغط بعد دقائق قليلة؛ وتفتح القوالب؛ فتخرج منها المواد المة للتسويق دون أي إعداد آخر.

وقد استطاع البحث الكيماوي، منذ إدخال البيكلايت في الصناعة أن يهيئ وسائل اللدائن من مواد كيميائية متعددة الأنواع.

ويصنع أحد هذه الأنواع من الفورمالديهيد والبولينا، وآخر من الجليسرين واندريد الثالليك. وثالث من كازين اللبن، كما أجرى أيضًا تعديل في إحدى طرق صنع الحرير الصناعي بحيث يمكن إنتاج اللدائن من الخلوز، وكان لا يستطيع إنتاج أغلب اللدائن القديمة إلا بألوان قاتمة، فأمكن إنتاجها الآن بيضاء أو باي لون آخر حسب الطلب، بل يمكن صنع لدائن لا لون لها؛ شفاقة كالزجاج، ومع أن هذه- كما تصنع الآن- أسهل انخدائًا من الزجاج غير أنها أقل قابلية للانكسار، وأكثر قابلية للانثناء، ولها احتمالات أخرى لا ريب فيها، لأنها غير قابلة للاشتعال.

وللدائن، أو الراتينجات التركيبية كما يسمى بعضها حتى الآن- استخدام آخر، هو في صناعة الورنيش حيث تحل محل الأصماغ والراتينجات الطبيعية.

وقد تكون صناعة اللدائن لا تزال في طفولتها، ولكن مستقبلها
زاخر، دون ريب، بالتقدم، وبالجديد من الاستعمالات، ولا يمكن التكهن
الآن بما ستقودنا هذه إليه. والوقت وحده كفيل بتحقيق أو تكذيب نبوءة
القائل أننا سنبنّي، يوماً ما، بيوتنا، بحوائطها، وأرضياتها، وسقوفها،
ونوافذها - من اللدائن وحدها، ثم نملأها بأثاث من اللدائن أيضاً.

الكيمياء والتزوين

قلنا في موضع آخر أن الزراعة من أقدم فنون العالم، وهناك فن آخر يكاد يدانها في القدم- هو تزوين المرأة. فالجواهر، ومواد التجميل، ووسائل التزوين الأخرى ليست جديدة على الإنسان، وهي -كما في الزراعة- قد ارتبطت في الأزمان الحديثة فقط بفن الكيمياوي واعتمدت عليه.

وقد يظن المرء - فيما يختص بالأحجار الكريمة- أن الكيمياء قد اتصلت إلى د كبير بإنتاج الجواهر المقلدة.

ومع أن هذا صحيح إلى حد ما، إلا أن الإشارة واجبة إلى أن البحوث في التركيب الكيمياوي لأحجار المجوهرات قد أنتجت ثروة من المعرفة تمكن الخبير من التمييز بسهولة أكثر بين الجواهر الحقيقية والزائفة.

كذلك تمكن الكيمياوي في أحوال معينة، كما سنرى من صناعة جواهر لها تقريباً تركيب الحجر الطبيعي وصفاته حتى يجب اعتبارها نسخاً أكثر منها تقليداً.

وتستطيع بعض النسخ المذكورة منافسة منتجات الطبيعة بنجاح، كما أن لبعضها أهمية علمية فقط دون أي قيمة تجارية وإلى هذا القسم الأخير ينتمي الماس الذي يعتبر في العادة أعلى الأحجار الثمينة قيمة، فهو يتمتع بدرجات عالية من صفات الجمال والاحتمال، فإذا اقترن هذان بالندرة. كانت هي العوامل التي كثيرًا ما تقرر قيمة نوع معين من الجواهر.

ولم يتسنى الماس دائمًا مكان الصدارة في الجمال، فهو في حالته الطبيعية ذو مظهر خامل لا يلفت النظر. ولا يرى ببريقه المتألق إلا بعد قطعه، وصقله، وتبين سطوحه الصغيرة ذات الزوايا المحددة. وفن القطع والصقل لا يعود إلى زمن بعيد، ولذا كان الياقوت الأحمر والأزرق والزمرد فيما مضى أرفع قيمة من الماس.

والماس، من الوجهة الكيميائية، أبسط الأحجار الثمينة، فهو صورة بلورية من صور الكربون، ولا يحوي أي عنصر آخر الللم إلا أثرًا ضئيلاً من الشوائب، ومن العسير أن نصدق أن الماس بصلابته المتناهية وبريقه، هو من نفس العنصر الذي ينتمي إليه الجرافيت المستعمل في أقلام الرسم، أو الهباب المتساقط من دخان المداخن!

على أن من السهل توضيح تركيبه، وذلك بوضع قطعة صغيرة من الماس في قفص صغير من البلاتين ليتمكن تسخينه بالكهرباء، ويعلق القفص في إناء محكم الأقفال لا يحتوي إلا الأوكسجين وقليلًا من ماء الجير، ثم يمر التيار في القفص حتى يصل إلى درجة حرارة لتوهج

الأبيض فترى قطعة الماس وقد انتفخت ثم احترقت احتراقاً تاماً، وإذا رج الإناء استحال ماء الجير لبنياً دليلاً على وجود ثاني أكسيد الكربون. ولا يمكن أن يكون هذا الغاز قد نتج إلا من اتحاد مادة الماس مع الأوكسجين، وبما أن الإناء لا تبقى فيه بعد ذلك مادة أخرى؛ فإن التجربة تبين أن الماس مركب من الكربون فقط.

ولا نعرف على التحقيق كيف تصنع الطبيعة الماس، والظاهر أنه يتكون في طبقات عميقة تحت سطح الأرض، وفي ظروف حرارية عالية وضغط كبير.

وقد حاول الكيميائي الفرنسي مواسان سنة ١٨٩٧ أن يحاكي ظروف الطبيعة؛ فأذاب كربونا نقياً في حديد مصهور داخل بودقة، ثم غمر البودقة في ماء بارد راجياً أن تتجمد بذلك الطبقة الخارجية للحديد، حتى إذا ما أخذت الكتلة المنصهرة الداخلية في التجمد فالتمدد (كما يحدث في حالة الحديد) سببت بذلك ضغطاً هائلاً على ما بداخلها من الكربون المذاب.

وباءت تجربته الأولى بالفشل، لأن الحديد الساخن بخر الماء من حواليه في التو، فحالت هذه الطبقة البخارية الدرئية التوصيل - دون أن يبرد الحديد بسرعة. ولم يشبط هذا من همة مواسان، بل كرر التجربة مستخدماً في هذه المرة الرصاص المصهور بدلاً من الماء لتبريد الحديد المصهور، فالرصاص المصهور في درجة ٣٢٦ مئوية على درجة منخفضة من الحرارة بما يكفي لتجميد الحديد المصهور، كما أنه لا يتبخر

بسهولة. فلما بردت محتويات البودقة تمامًا أذاب مواسان الحديد بحامض، ووجد لفرط سروره بين ما تبقى شذرات صغيرة من الماس. ومع ما في هذه التجربة من ظفر علمي فإنها لم تنجح تجاريًا؛ ولم يكن موقعًا لها أن تنجح، إذ أنها أنتجت من الماس الفج ما قيمته بضعة قروش وتكلفت نفقات هائلة.

وقد ادعى الغير، من وقت إلى آخر النجاح في تحضير الماس التركيبي، ولكن ما لبث الادعاء حتى ظهر زيفه في جميع المرات.

والماس أصلب مادة معروفة، ويقرب منه في ذلك الياقوت الأحمر والأزرق، ولهاتين الجوهريتين الملونتين تركيب بسيط؛ فهما صورتان من خام اسمه الكوراندوم وهو أكسيد الألومنيوم، والكوراندوم النقي لا لون له، أما الحجران القيمان الملونان فيعزى لونهما إلى آثار من أكاسيد معدنية، فيعرف الكوراندوم الأحمر بالياقوت، والمشوب بالزرقة بالياقوت الأزرق.

وتستعمل الحجارة التي لا لون لها أو المعتمة لأغراض الكشط، فأوراق الصنفرة الشائعة في البيوت يدخل في صنعها نوع غير نقي من الكريوراندم.

ونظرًا لمكانة الياقوت الأحمر وتركيبه البسيط، فلم يكن غريبًا أن تبذل المحاولات لمحاكاته صناعيًا، وانتهت كلها بدرجات هينة من النجاح، حتى كان مطلع هذا القرن حين استطاع فيرنوى الفرنسي أن يصهر خليطًا نقيًا من أوكسیدی الألومنيوم والكروم، مستعملًا لذلك بوريا من تصميمه. فحصل

على نقطة من سائل صاف تجمدت حين بردت، فصارت جسمًا صلبًا، كمشري ال له كل خصائص الياقوت الطبيعي تقريبًا. وقد توطدت الآن صناعة الياقوت الأحمر حتى صار من المحتمل أن كثيرًا من هذا الياقوت الصناعي يباع ويشرى بوصفه طبيعيًا دون أن يفطن متداولوه إلى حقيقته.

واللؤلؤ صنف آخر من الأحجار الكريمة، عبارة عن سيليكات مزدوجة من الألومنيوم والبيريليوم، وهي عديمة اللون إذا كانت نقية، ولكنها أكثر ما تكون مشوبة بلون أو آخر لوجود آثار من معادن أخرى بها. ومن هذه الحجاره ما هو شديد الخضرة ويسمى بالزمرّد، ذي الجمال المشتهر منذ وقت كليوباترا، ومنها نوع أبهت لونا وتشبه زرقته لون البحر ولذا سمى بالأكوامارين ويوجد في كثير من الحالات على جانب كبير من الجمال، وقد بذلت محاولات لصنع الزمرّد والاكوامارين بنفس الطريقة التي صنع بها الياقوت، ولكن نجاحها كان محدودًا.

ولا ترجع الجواهر في مصدرها إلى المملكة المعدنية وحدها، فإن بعضا منها نتاج الحيوان أو النبات، وأشهر هذه الجواهر اللؤلؤ، وهو وإن كان وليد ضيق وشدة إلا أنه مصدر سرور وبهجة للكثيرين، ذلك أن حبة أو حصوة صغيرة غريبة تلتصق بداخل صدفة المحار، فتسبب فيها تهيجًا، وبما أن المحار لا يستطيع طرد هذا الزائر الغريب، فإنه يغطيه بطبقة رقيقة من مادة ناعمة، فلعله بهذا الإجراء يوقف التهيج المذكور. ولكن المحار لا يستطيع الوقوف عند هذا الحد، بل لعل ضغط هذا الجسم الغريب هو السبب في فعل منعكس يحمل المحار على بناء

طبقة فوق طبقة، حتى تتكون اللؤلؤة.

وتتكون الطبقات المذكورة بطريق التعاقب من كربونات الكالسيوم ومادة قرنية تعرف بالكونشيولين. ولا تحتاج اللآلى إلى قطع أو صقل؛ إذ أن جمالها المتعدد الألوان راجع إلى وقع الضوء على الطبقات الرقيقة المتراكم بعضها فوق بعض. وليس للآلى من قوة الاحتمال ما للجواهر المعدنية، إذ أن كربونات الكالسيوم التي تكون الجزء الأغلب منها تسهل إذابتها بالأحماض، كما أن من اليسير خدشها أو سحقها ومن ثم كانت ضرورة تناولها في عناية وحرص.

وقد نشأت في اليابان صناعة أسموها باللؤلؤ المزروع وفيها تدفع قطعة صغيرة من عرق اللؤلؤ أو غيره إلى داخل صدفة حيوان محاري وهو حي على أمل أن يستطیع المحار - على مر الوقت - إنتاج لؤلؤة. ولا يستطیع غير الخبير أن يميز بسهولة بين الأصناف الممتازة الناتجة من هذه الطريقة واللؤلؤ الطبيعي، إذ هي على كل حال، منتج طبيعي أيضاً. على أنه ليست هناك صعوبة نهائية للتمييز بين الاثنين، فقد اكتشف ج. ف. ه. سميث و أ. هوبكنس سنة ١٩٢١ أن الأشعة فوق البنفسجية تكشف عن ضوء أخضر بدلاً من الأزرق السماوي في اللؤلؤة الهندية.

وينبغي التفريق بين الأحجار التركيبية أو الصناعية والجواهر المقلدة، فالأولى تماثل الأحجار الحقيقية لا في المظهر وحسب ولكن في الصفات الأخرى الطبيعية والكيميائية، بينما لا يجمع بين الثانية

والأحجار الحقيقية إلا المظهر فقط.

وتصنع ما يسمى بجواهر العجينة من الزجاج بعد تشكيله إلى الصورة المطلوبة ثم صقله ويلون الزجاج بأكاسيد معدنية مختلفة لتقليد الأحجار الملونة ومن دواعي الأسف للمقلد أن أصلح أنواع الزجاج لهذا الغرض أي ذي القوة الانكسارية العالية، هو الزجاج الرخو، ولهذا السبب يكثر انخداس وجواهر العجينة أثناء الاستعمال، وسرعان ما تفقد لمعتها، ومع ذلك فبعض الأحجار المقلدة تشبه الجواهر الحقيقية شبهها عجيبيًا.

وتأتي بعد الجواهر، بوصفها وسيلة عتيقة للترزين - مواد التجميل، وهي مواد اختيرت لما فرص فيها من تجميل للجلد، والشعر، والعيون، والأعضاء، وقديمًا اختاروا كثيرًا من الأصباغ ومساحيق الوجه لما تضيفه على المظهر من أثر، دون العناية بتأثيرها على الجلد.

وقد استطاعت الكيمياء في العصر الحديث أن تبين مخاطر المواد غير الصالحة، وأن تستنبط الوسائل التي تضمن نقاء المواد المستخدمة، ولا يزال ميدان العمل فسيحًا في هذا الشأن، كالاتمرار في دراسة الوظائف الطبيعية لنسج جلد الإنسان الحي، وإخضاع مواد التجميل لمثل القوانين والفحص الدقيق الذي يهيمن على الأغذية والعقاقير.

وكان من أوائل الكتب التي ظهرت في الكيمياء الحديثة ما ألفه الطبيب الفرنسي نيكولا ليمبري سنة ١٦٧٥، وفيه ظهرت وصفات للتجميل تحتوي على الرصاص، والقصدير والانتيمون، فليت شعري، ما

عدد حوادث التسمم التي نجمت من استعمال تلك المركبات الرصاصية! وجدير بالذكر في هذا الصدد أن ويليام نيكولسن ألف بعد مائة سنة كتابًا آخر في الكيمياء، أشار فيه إلى المركبات المذكورة وندد باستعمالها لما تسببه للجلد من أضرار.

وعند بحث تأثير المساحيق أو "الكريمات" أو المركبات الأخرى على الجلد، وجب أن نأخذ في الاعتبار تركيب الجلد ووظائف أجزائه. فالجلد في حالة الصحة يكاد يفرز العرق باستمرار، وإذا أعقب الإفراز، نتج عنه ما يؤدي الجلد والجسم معًا. ويتكون العرق في جزئه من الماء المحتوى على نفايات يفرزها الجسم، وفي جزئه الآخر من مادة زيتية تفرزها الغدد الدهنية، ووظيفة هذه المادة هي تزييت الجلد لوقايته من الجفاف والتصلب، كما أن تبخر الماء من سطح الجلد يبرده ويساعد على تنظيم حرارة الجسم.

واستعمال مساحيق الوجه المحتوية على مواد لا تذوب في الماء أو في العرق الطفيف الحامضية قد يؤدي إلى سد مسام الجلد وإعاقة غدد العرق عن القيام بوظائفها كاملة. والمساحيق التي تستبقى على الوجه مدة طويلة يغلب احتواؤها على مواد غير ذائبة، ولذا فقد يزيد ضررها عن ضرر تلك التي لا تبقى على الجلد طويلاً. وليس ثمت غير ذلك من ضرر يذكر، فالمواد المستعملة في تلك المساحيق خاملة بوجه سنة، ولا يعرف لها تأثير مهيج على الجلد، وبعض المواد المستخدمة هي الطلق (سيليكات الماغنيسيوم) والطباشير المرسب؛ وكربونات الماغنيسيوم،

والكاؤولين وأكسيد الخارصين، وأكسيد التيتانيوم. ونشا الأرز وحامض الساليسيليك.

والطلق، مع أنه كامل النعومة لا يذوب ولكن هناك ما يسمى بمسحوق الطلق مع أنه خليط من كربونات الماغنيسيوم وحامض البوريك، ويناسب الأخير أن الجلد الحساس وخاصة جلد الأطفال ذلك أن كربونات الماغنيسيوم تذوب في العرق وحامض البوريك يلفظ ويظهر.

ويقال إن مساحيق الوجه الملونة وصبغة الحمرة (الروج) ضارة لاحتمال احتوائها على مواد غير ذائبة تسد المسام، أو على مواد ملونة تهيج الجلد. وقديماً كان الروج المستعمل نوعاً من أكسيد المستعمل لصقل الفضة، ولكن الكارمين المحضر من الكوشنيل يفضل عليه الآن.

و"كريمات" الوجه عبارة مستحضرات زيتية أو دهنية في أساسها، وقد تحتوي أو لا تحتوي على مكونات معدنية، وأحد الأسس الشائعة لكريم الوجه هو اللانولين أو الدهن الذي يفرزه جلد الأغنام ويمتصه صوفها، وفي تحضير هذا الصوف لصناعة النسيج، يستخلص الدهن المذكور وينقى.

والبترولانم، أو الفازلين الأبيض المنقى يستعمل أساساً آخر لكريم الوجه، كما يستعمل زيت اللوز، وزيت الهماميليس، وشمع البرافين.

وتحتوي "الكريمات" المضادة للعرق إما على مواد تستطيع امتصاص الرطوبة، أو على مواد قابضة يقصد منها تضيق المسام، ومن

هذه المواد أكسيد الخارصين، والشب والكحول، والجليسيرين،
وحامض الساليسيليك وحامض البوريك.

ومن مستحذات كريم الوجه الكريم المنظف، يستعمله من يفضلون،
لسبب أو لآخر، عدم استخدام الطريقة العادية للغسيل بالماء والصابون.
ويحتوي هذا النوع من الكريم على زيت معدني ليزيد دهون العرق
ويترك المواد المسببه للوساخة في حالة تعليق فتسهل إزالتها بالمنشفة أو
بالورق الماص. ويسهل العملية استخدام مادة كيميائية حديثة تعرف باسم
تراي إيفا نولامين تعمل مستحلبة (والمستحلبات هي مواد تعاون على
مزج السوائل التي لا تمتزج بطبيعتها كالماء والزيت) ويتصل المركب
المذكور جزئياً بالكحول وجزئياً بالنشادر، في تركيبه الكيميائي.

وأحد مكونات بعض أنواع الكريمات المنظفة هو الكارببتول واسمه
الكيميائي داي ايشيلين جلايكول مونوميثيل إيثر ، وهو مذيب علاوة على
كونه ملطف للجلد كما يقال.

والتاريخ الكيميائي للمستحضرات المزيلة للشعر غريب بعض
الشيء، فقد استعمل كبريتيد الزرنيخ زمنا طويلا في صناعة الجلود لنزع
الشعر عنها، كما عرف أن المادة المذكورة قادرة أيضاً على إزالة الشعر
من الجسم، وقد استعملت في الشرق خاصة، ب عجينة، استعمالاً سنة
للغرض المذكور.

والمخاطر التي ينطوي عليها شيوع مادة سامة كهذه واضحة، فهناك

حالات معروفة، استخدمت فيها المرأة العجينة المذكورة للتخلص من زوج غير مرغوب فيه، بدلاً من إزالة الشعر.

ووجد بعد ذلك أن خاصية إزالة الشعر لا ترجع إلى الزرنيخ ولكنها تكمن في الجانب الكبريتي من المركب، وقد أدى هذا إلى استخدام أنواع من الكبريتيدات أقل خطراً من كبريتيد الزرنيخ، ككبريتيد الباريوم، والكالسيوم، والاسترونشيوم، والصوديوم. ومما يدعو إلى الأسف أن هذه المواد لا تؤثر في جذور الشعر، بل يقتصر فعلها على الجزء البارز منه، وعلى هذا ينمو الشعر ثانية، وقد يكون نموه أكثر من ذي قبل.

ومن سخريّة الأقدار أنه بينما لا نجد مستحضراً مأموناً يمنع نمو الشعر في أجزاء الجسم المرغوب عنه فيها، فليس هناك أيضاً أي مستحضر ثبت تشجيعه شعر الرأس على النمو. ويقال إنه في جميع الحالات التي ظهر فيها نجاح مركب لإعادة الشعر، فإن النجاح المذكور يرجع إلى تدليك جلدة الرأس أكثر مما يرجع إلى المستحضر نفسه.

الكيمياء والبناء

الرمل والطين من أهم المواد الأولية في صناعة البناء، فهما المادتان الأساسيتان للمساكن الطينية البسيطة، أو المباني الأكثر اتقاناً من الطوب والمونة، أو المنشآت الضخمة الحديثة من الخرسانة المسلحة.

وكلا من الرمل والطين من مركبات السيليكون، ثاني العناصر الشائعة الانتشار في القشرة الأرضية، كما تكون كلاهما نتيجة لانحلال الصخور العتيقة أو تفتتها بفعل العوامل الجوية.

والرمل صورة من صور السيليكا أو ثاني أكسيد السيليكون، وهو أبيض إذا كان نقياً، ولكنه ففي العادة يضرب إلى الصفرة أو الحمرة لاحتوائه على كميات صغيرة من مركبات الحديد.

والطين مركب معقد من السيليكون والألومنيوم، ولا يوجد عادة في صورة نقية كنعاء الرمل.

وهو يقع، في التقسيم الجيولوجي، مع الصخور الرسوبية، أي أن الماء قد حمله حبيبات رقيقة، ثم رسب حين بطأت سرعة الماء. وتختلف صورته وتركيبه باختلاف أصله والتغيرات التي جرت فيه منذ ترسبه.

وفي بعض الأحوال يحمل الماء المواد الأخرى التي كانت في الصخر الأصلي، ويتخلف الطين بوصفه "طينا متبقيا"، وفي البعض الآخر يحمل الماء الطين نفسه حتى يرسبه على قاع النهر أو البحيرة أو البحر، ويعرف حينئذ باسم "الطين المنقول".

وحبيبات الطين صغيرة جدًا، ولا تستقر وتنفصل عن الماء بسهولة إذا مزجت معه. وإذا حمل الطين مسافة ما بتيار يتحرك بسرعة، لرسبت على القاع حبيبات الرمل والحصى المختلطة به، بينما تظل حبيبات الطين الناعمة معلقة، فلا ترسب إلا إذا هدأت نسبيا البحيرة أو المحيط، وحتى في هذه الحالة، فإن كثيرًا من الحبيبات الناعمة لمواد أخرى تبقى مع الطين، ولذا ينذر أن يكون نقيًا. ومادة الطين بالذات، من الوجهة الكيميائية، عبارة عن خليط من سيليكات الألومنيوم المأدرة، أما الشوائب فقد تكون من حبات حجر الجير أو الطباشير أو السيليكات أو مواد أخرى تبعًا لأصل الطين وطبيعة الأرض التي نقل فوق سطحها.

ومن أشهر خصائص الطين أنه يتعجن إذا بلل وتستغل هذه الخاصية في تشكيل الطوب وأشياء أخرى. فإذا جفف الطين في درجة حرارة معتدلة لانكمش وفقد عجينيته ثم يستعيد حالته الأولى إذا أعيد تبليله.

ولكنه إذا سخن إلى درجة ٧٠٠ مئوية لتغير تركيبه الكيميائي ففقد ماءه المتحد، وتصلب كالحجر، أي أصبح طوبًا، ولا يمكن إعادته إلى حالته الأولى.

ويصنع الطوب لأغراض البناء على هذا النسق، في الطين أولاً وهو عجينة، ثم يجفف في الهواء "ويحرق" بعد ذلك في قمينة مناسبة. والطوب الناتج مسامي، يصلح لأغراض البناء سنة، أما إذا أردنا صنع طوب غير مسامي فيجب إجراء عملية "الأحراق" في حرارة أعلى بكثير من الحرارة السابقة ينصهر فيها الطوب انصهاراً جزئياً، فيصير كتلة زجاجية حتى إذا بردت سببت تماسك الحبيبات التي لم تنصهر وانسدت بذلك المسام.

ولا يمكن التنبؤ بلون الطوب من معرفة لون الطين الذي يصنع منه، فلون الطين الطبيعي يعزى في الأكثر إلى الشوائب الكربونية فيه، وهي أشياء تختفي بالاحتراق. ويرجع لون الطوب الأحمر العادي إلى الأكسيد الأحمر الناتج من تسخين مركبات الحديد الموجودة في الطين.

والمفترض أن استخدام المونة قديم كاستخدام الطوب إن لم يكن أقدم منه. وأبسط صور المونة خليط من الجير المطفأ والرمل يعجن بالماء حتى يجمد قوامه، وتحدث عدة تفاعلات كيميائية في صنع المونة، وأثناء تصلبها.

ويصنع الجير عادة بإحراق حجر الجير، كما يمكن الحصول عليه من إحراق الطباشير أو الرخام، فإن هذه المواد الثلاثة عبارة عن صور من كربونات الكالسيوم، وفيما عدا الشوائب المحتمل وجودها في كل منها، فليس ثمت فرق في تركيبها الكيميائي.

والتعبير بكلمة "إحراق" في صناعة الجير، تعبير خاطئ وأن عم استعماله، فالعملية عملية انحلال بالحرارة، لا إحراق.

وتشحن القمينة بكتل من الحجر الجيري، وتسخن بشدة، إما بواسطة نار الفحم، أو الغاز المنتج فيتحلل حجر الجير بذلك إلى ثاني أكسيد الكربون الذي يتطاير غازاً، وأكسيد الكالسيوم الذي يبقى في القمينة على صورة كتل صلبة تعرف بالجير الحي، وهي التي يتسلمها البناء.

وتأثير الماء على الجير الحي عجيب، فإذا صب عليه الماء بمقادير معتدلة لما رأينا ابتلالاً، ولكننا نشهد تولد حرارة عظيمة، وتفتت الكتل الصلبة الشبيهة بالصخر إلى مسحوق ناعم جاف، وهو ما يسمى بالجير المطفأ أو إيدروكسيد الكالسيوم. وأما الحرارة الناشئة من إطفاء الجير فنتج من تفاعل كيميائي هو اتحاد الماء بأكسيد الكالسيوم لتكوين الإيدروكسيد المذكور.

وفي صنع المونة تستعمل كميات زائدة من الماء إذ لا يقتصر عملها على إطفاء الجير، ولكنها تحيله أيضاً إلى عجينة كثيفة، وتترك العجينة المسماة في صناعة البناء "بالمعجون" (وإن انعدمت العلاقة أو الشبه بينها وبين معجون الزجاج) في حفرة لتتضج، وحيث يتحول أي جزء من الجير الحي فات انطفاؤه إلى جير مطفأ، فإذا خلطنا المعجون المذكور بالرمل حصلنا على المونة.

وتصلب المونة عملية فيزيائية في جزء منها وكيمياوية في جزء آخر، فيعزى الجزء الأول من العملية المذكورة إلى جفاف الماء الزائد بالتبخّر. وكذا بالامتصاص في مسام الطوب، أما الجزء الكيماوي فهو تفاعل إيدروكسيد الكالسيوم ببطء مع ثاني أكسيد الكربون الجوي لتكوين كربونات الكالسيوم، وهي عملية يتخلف عنها الماء.

وعلى ذلك يستحيل الجير في المونة إلى كربونات الكالسيوم مرة أخرى، ومع أن الكربونات المذكورة قد لا تكون في صلابة حجر الجير الذي منه صنعت إلا أنها مركب صلب جاف له نفس التركيب الكيماوي. ويحدث في العملية مقدار معقول من الانكماش، ولولا وجود الرمل لتشققّت المونة. ولا يجري بالرمل أي تغيير كيماوي، ولكنه - وهو موجود بنسبة أربعة أجزاء منه إلى جزء من الجير تقريباً، يؤدي عمل "المالي"؛ فيقلل الانكماش إلى أقل قدر ممكن.

وتجري المرحلة الأولى في جفاف مونة الجير بسرعة نسبياً، وقد تتم، تحت الأحوال المناسبة، في بضعة أيام فقط، أما التصلب النهائي فقد يستغرق شهوراً أو أعواماً إذ أنه يتوقف على وصول ثاني أكسيد الكربون الجوي إلى جميع أجزاء المونة، مما في شأنه استغراق مدة طويلة خصوصاً في الحيطان السميكة. وقد وجد عند ترميم كاندرائية سان بول بإنجلترا منذ قريب أن المونة التي في داخل أحد العمدان الضخمة لا تزال تحتوي على جير مطلقاً وذلك رغم مرور قرنين ونصف قرن من تاريخ الإنشاء!

وقد قلنا فيما سبق إن الماء يزول لا في المرحلة الأولى للجفاف وحسب ولكن كنتيجة للتفاعل الكيماوي الحادث عند التصلب النهائي لمونة الجير. ويلاحظ هذا ب واضح في حالة ملاط الحيطان، وهو عبارة عن نوع من المونة يمسكها معا الشعر أو الألياف.

وقد نرى علائم "العرق" بعد سنة أو أكثر على حيطان المباني الجديدة حتى تجفيفها بالتهوية أو بالنار، ولا يقف رشح الماء المذكور إلا بعد انتهاء التفاعل بين ثاني أكسيد الكربون الجوي والجير الموجود في الملاط، حتى ليظن ساكن البيت الجديد وهو يرى البقع الرطبة على الحيطان أن البيت غير محمي من غوائل الجو، خصوصا وأن الرشح المذكور يزيد ظهوره إبان الجو الرطب. وجلي أن مخاوف الساكن ليس لها، في أكثر الأحيان من أساس، فإن الرطوبة التي يراها لم تأت من الخارج، وإنما هي نتيجة كيماوية لتصلب الملاط، وطبيعي أنها تظهر بوضوح أكبر أثناء الجو الرطب وذلك لبطء التبخر في الجو المذكور.

وقوة الربط في مونة الجير النقية ليست كبيرة، إذ أنها مهاد للطوب أكثر منها بيئة تمسكه معاً؛ وقد ظن في وقت ما أن تفاعلاً كيماوياً بطيئاً يتم خلال سنوات بين الرمل وكربونات الكالسيوم لتكوين سيليكات الكالسيوم الشبيهة بالصخر الجامد. وعزز هذا الزعم، فيما يظهر، أن المونة في كثير من المباني العتيقة أصلب وأشد تماسكا من مونة الجير الحديثة التصلب. على أن الأبحاث الأخيرة قد أثبتت بطلان الزعم المذكور، فإن مونة القرون الوسطى الصلبة كانت تصنع بإحراق حجر

الجير المحتوى على شوائب عارضة خلعت على المونة ما يشبه صفات الإسمنت.

ويصل البناء الحديث إلى نتيجة مشابهة بخلط كمية صغيرة من الإسمنت مع مونته.

وتعرف أغلب أنواع الإسمنت المستخدمة الآن في البناء باسم "الإسمنت الأيدروليكي"، إذ أن لها قدرة التصلب تحت الماء، وذلك بامتصاصها للماء ثم اتحادها معه بدلاً من التخلص منه، وكثير من المونات الصلبة البدائية التي قاومت غوائل الزمان منذ القرون الوسطى - كانت محتوية دون ريب على مواد أيدروليكية، ولو أن وجودها كان وليد المصادفة أكثر منه نتيجة تطبيق علمي.

ويظن أن الرومان كانوا أول من حضروا سنة دين الإسمنت الأيدروليكي، وأن هذا الفن قد ضاع بعدهم ثم أعيد اكتشافه في العصور الحديثة.

وأضاف الرومان إلى مونة الجير مواد سيليكية معينة مجروشة أو مطحونة تسمى بوزولاناس فلبعض السيليكات في هذا الرماد خاصة الاتحاد بالجير (وذلك بخلاف سيليكات الرمل) لتكوين سيليكات كالسيوم صلبة.

ويبدأ التاريخ الحديث للإسمنت الأيدروليكي بعيد إحراق منارة أديستون الثانية سنة ١٧٥٦، وفي السنة التالي طلب إلى سميتون أن يستبدل بناء حجريا بالخشبي الذي احترق، وأدرك سميتون أن نجاحه

سيتوقف إلى حد كبير على المادة التي ستستخدم لربط الكتل الحجرية، ورأى طبعاً صرف النظر عن مونة الجير العادية، فهو يريد مادة تتصلب تحت الماء، فتصير جامدة ناعمة، ذات خواص ربطية عظيمة. وعلى هذا الأساس طفق سميتون يجمع المعلومات، ويجري التجارب على أنواع من الجير جيء بها من جهات متباينة بالبلاد؛ وخاصة على واحد منها ينتج من إحراق صخر يوجد في أبيتو على شاطئ كلامور جانشاير. وأجرى سميتون بمساعدة صديقه الكيماوي كوكويرذي تحاليل تقريبية لمختلف أنواع الجير، وانتهى إلى أن إحراق حجر الجير المختلط بالطين. ينتج جيراً ذا خواص أيدروكيلية.

وكان بقاء منارة سميتون مدة تزيد عن مائة سنة وعدم استبدالها حتى بدأ البحر يقوض الصخر الذي تقوم عليه دليلاً كافياً على صحة هذا الاستنتاج.

وفي سنة ١٨٢٧ بدأ أحد ضاربي الطوب في بوركشير والمسمى آسبين في صنع أسمنت أيدروليكي من إحراق خليط من الطين والطباشير، وسمى هذا بأسمنت بورتلاند لمشابهته حين يتصلب لحجر بورتلاند ويصنع أسمنت بورتلاند الحديث بطريقة مماثلة ولكن تحت ظروف يتحكم فيها. ومن مواد مختارة طبقاً لتحليلها الكيماوي، فيخلط الطين المسحوق ناعماً مع الطباشير أو حجر الجير خلطاً جيداً، ثم يسخن الخليط في قمينة دوارة إلى درجة حرارة تلين معها الكتلة كلها وتنصهر جميعاً. وتطحن الكتلة الناتجة في طاحونة ذات أكر أو غيرها

من الطواحين، حتى يمر المسحوق الناتج من غربال به ٩٠٠ ثقب بالسنتي متر المربع. ويخرج الإسمنت "سريع" المتصلب أو "بطيئة" تبعًا للمواد المستعملة ولطريقة الصنع. ويختلف الزمن اللازم للتصلب في أقل من نصف ساعة للنوع السريع إلى سبع ساعات للنوع البطيء من الإسمنت.

وملاط باريس نوع آخر من الإسمنت الأيدروليكي يصنع بتسخين الجبس (كبريتات الكالسيوم) إلى درجة حرارة ١٢٠ مئوية، وعندها يفقد الجبس جزءًا من ماء تبلوره ويصير مسحوقًا ناعمًا أبيض. فإذا خلط بالماء استعاد المسحوق ماء تبلوره المفقود. وتصلب بسرعة إلى جامد أبيض مكون من بلورات دقيقة إبرية ال. وهذا الملاط يتصلب بسرعة لا تسمح باستخدامه في عمليات البناء؛ ولو أن السرعة المذكورة يمكن الإقلال منها بمزج كمية صغيرة من الجليسرين مع الماء الذي يضاف للمسحوق.

وإذا سخن الجبس إلى درجة حرارة تزيد كثيرًا عن ١٢٠ مئوية فقد كل ماء تبلوره وصار إلى ما يسمى بالملاط "الميت" أو "فوق المحروق"، وهذا النوع أكثر بطنًا في تصلبه ولكنه أشد صلابة.

ويستعمل إلى حد ما هذا النوع الأخير من الجبس، أو ما يشبهه، في الأجزاء الداخلية من الأبنية. فالطبقة النهائية من ملاط الحيطان تحتوي عادة على نوع ما من الجبس.

ولطريقة العادية لهذه الوقاية هي استعمال البويات والورنيش. وهنا تلعب الكيمياء دورها مرة أخرى. ولا تقتصر قيمة البوية على الوقاية. فقد تكون للزينة أيضاً، ومن حسن الحظ أن بالإمكان التزيد من ناحية الزينة دون التدخل في الناحية الوقائية.

وتتكون البوية أصليا من مسحوق ملون يسمى "باللون" مخلوطا مع سائل يسمى "الحامل" لتشكيل عجينة رقيقة نوعا. ويمكن القول بصفة سنة إن اللون يتكفل بالناحية الزيتية من البوية. بينما تتوقف قيمتها الوقائية. إلى حد كبير، على طبيعة السائل المستخدم حاملاً.

وفي بويات الماء التي يستعملها الفنان لا يعدو الحامل أن يكون محلولاً مائياً للصبغ وتجف البوية بتبخر الماء تاركا غشاء رقيقاً من الصمغ فوق السطح المدهون بالبوية. وبما أن القيمة الوقائية لهذه الطريقة قليلة، فإن صور البويات المائية تغطي بالزجاج. وبوية الحيطان الرخيصة ذات تركيب مماثل لتلك، ويستعمل فيها الغراء بدلاً من الصمغ كسنةل رابطة وقد تحتل هذه البوية الغسل بالماء البارد، أما الساخن فسرعان ما يلين الغشاء الغرائي الواقي ثم يذويه. وبوية الحيطان التي تحتل الغسل تحتوي بعض الزيت بوصفه حاملاً وهي أشد بقاء واحتمالاً متى جفت.

وليس لأي نوع من البويات التي ذكرت حتى الآن، قيمة وقائية تذكر، ولذا فهي غير صالحة للطلاء بها من الخارج فبويات السطوح المعرضة للجو الخارجي كلها تقريباً بويات زيتية، أي أن الحامل فيها

يتكون رئيسيا من الزيت، وهي لهذا أشد احتمالا بكثير من سابقتها. كما أنها كبيرة الأهمية حتى لتقصر عليها في الاستعمال العادي كلمة "بوية" اللهم إلا إذا قصد بها نوع آخر محدد.

وأغلب الزيوت لا يتغير كيميائيا حين يعرض للهواء وبعضها يترنخ، وقلة منها تسمى بالزيوت الجافة تمتص الأكسجين من الهواء، فتفقد طبيعتها الزيتية، وتتحول إلى مواد صلبة مرنة تشبه الراتينجات. وهذه الزيوت وحدها -وأهمها زيت بذر الكتان- هي التي تصلح لتحضير البويات الزيتية.

وعلى هذا فجفاف بوية الزيت هو نتيجة تغير كيميائي في الزيت ينتج عنه غشاء قوى غير نفاذ، يربط حبيبات اللون معًا، ويحمي السطح المدهون من غائلة الجو.

وفي حالة زيت بذر الكتان والزيوت الجافة الأخرى المستخدمة في صناعة البويات، تستغرق عملية التأكسد والتي تختلف باختلاف الظروف الجوية- أيامًا عديدة حتى تنتج سطحًا جامدًا. ولا يرضى النقاش بهذا، فهو ينشد البويتة التصلب (الشك) إلى درجة كافية في ثماني أو تسع ساعات حتى لا يلتصق بها التراب، كما يطلب أن تجف في أربع وعشرين ساعة لدرجة تحتل معها طبقة أخرى.

ومن حسن الحظ أن بالإمكان تعجيل العملية الكيميائية المسماة بالجفاف، وذلك بوسيلة بسيطة، فإن مركبات معادن معينة، وخاصة

الرصاص والمنانجانيز والكوبلت، إذا أضيفت بكميات صغيرة لقامت بوظيفة السننل المساعد؛ وعجلت عملية التأكسد ومن ثم جفاف الزيت. ولذا تستغل هذه الخاصية عند تحضير هذه البويات، فنضاف إلى الزيت قبل مزجه باللون كميات صغيرة من تلك المركبات المعدنية المسماة في الصناعة بالمجففات.

وتستعمل أكاسيد المعادن أحياناً كمجففات، أما في أكثر الأحوال فيستعمل مركب من المعدن المختار مع الأحماض الدهنية لزيت بذر الكتان أو للقفونية، فإن هذه المركبات أسرع اندماجاً بالزيوت الجافة.

ويعد الزيت الخام المستخلص من بذرة الكتان للاستخدام في صناعة البويات بطرق متباينة. فأحياناً ينقى الزيت لتخليصه من الرطوبة والمادة الصمغية، ويسمى السائل الشفاف الناتج بزيت بذرة الكتان "النقي" وتحول كمية كبيرة من الزيت الخام إلى "زيت مغلي" وذلك بإبقائه في حرارة تتراوح بين ٢٠٠ و ٢٦٠ درجة مئوية ملامسا للهواء مع إضافة كمية لا تتجاوز ٢% من مادة "مجففة".

والزيت المغلي يجف بسرعة مكونا غشاء جامدا، ولذا فهو كبير القمة في البويات، وهو لا يستعمل وحده في العادة ولكنه يمزج ببعض الزيت الخام. وإلا كان من المحتمل تكون غشاء أكثر قابلية للانكسار يؤدي إلى تشقق السطح المدهون.

وكان الصانع قديما يحضر في العادة بويته بنفسه، فيفرك "اللون"

المسحوق سحقاً ناعماً مع زيت بذر الكتان على لوحة من الزجاج أو الرخام بواسطة سكين أو مجرشة، ويستمر يفعل ذلك حتى يحصل على عجينة متجانسة جامدة القوام كالمعجون. وعند الاستعمال تخفف العجينة المذكورة بإضافة الكمية اللازمة من الزيت "والمجففات".

وهذه العملية كبيرة النفقة. كما أنها أبطأ من أن ترضى المطالب الحديثة، ولذا تحضر اليوم عجينة البوية في الصناعة بخلط الزيت واللون مبدئياً في خلط مناسب، ثم تطحن العجينة وتخلط جيداً. بطاحونة ذات أسطوانات أو غيرها من الطواحين. بعد ذلك يمكن تحويل العجينة في المصنع إلى بوية معدة للاستعمال، وتباع إلى طالبها بوية مخلوطة، على أن بعض النقاشين يفضل شراء عجينة البوية، ثم يقوم بنفسه بعملية التخفيف.

وألوان الزيت التي يستعملها الفنانون ما هي إلا عجينة البوية معبأة في أنابيب، ويستعمل فيها زيت بذر الخشخاش بدلا من زيت بذر الكتان، وذلك لونه الباهت.

فإذا وجد أن البوية كثيفة القوام أكثر مما يسهل نشرها بالفرشاة أضيف إليها مخفف عضوي. وهو كما يفهم من اسمه يخفف من قوامها، ولكنه لا دخل له في تكوين غشاء واق، ذلك أنه يتبخر—وهو بعد مادة متطايرة— من السطح المدهون بعد طلائه بوقت قصير.

والتربنتينا "والسبرتو الأبيض" هما المخففان المستعملان في العادة،

ويحصل على المادة الأولى من الإفرازات الراتنجية لأنواع مختلفة من شجر الصنوبر، فتجرح الأشجار. وتجمع العصارة الصمغية في أوعية؛ وتقطر هذه المادة المسماة بالراتنج الزيتي، فتنتج عنها التربينات تاركة وراءها في المقطر راتنجًا جامدًا يعرف بالقلفونية.

أما "السبرتو الأبيض" فهو مادة بتروولية، يشبه البنزين ولكنه أقل منه تطايرًا، ويدعى أحيانًا بالتربينات المعدنية أو بديل التربينات، وكان ينظر إليه فيما مضى على أنه بديل رخيص ورتدي للتربينات. ولكنه استخدم على نطاق واسع

بوصفه مخففًا للبويا، ويظهر أنه مساو للتربينات لتخفيف بويا الزيت العادية، ولكن جودته تقل كمخفف للورنيش. وهو مفضل على التربينات لتنظيف فرش الرسامين والآلات المستخدمة في صنع البويات.

وتتوقف إلى حد لمعة بويا الزيت حين تجف على نسبة المخفف المستعمل، فإذا ضربت عجينة البويا بزيت بذر الكتان المحتوى على قدر صغير من المخفف لجفت البويا بلمعة ناعمة. أما إذا استعمل المخفف بنسبة أربعة أجزاء إلى واحد من الزيت لحصلنا على سطح "مطفأ" لا يلمع.

وإذا أريد الحصول على لمعة أكثر صقلا، غطي السطح المدهون بعد جفافه بطبقة من الورنيش لا تحسن مظهره وحسب بل تضيفي عليه حماية إضافية.

والورنيشات عبارة عن محاليل للراتينجات أو الأصماغ أو اللك Lac في مذيب مناسب. فورنيش السبرتو ما هو إلا محلول لراتينج مناسب في الكحول أو مذيب مشابه، ويجف هذا النوع من الورنيش بتبخير المذيب تاركاً غشاء رقيقاً لامعاً من الراتينج فوق السطح المسنل بالورنيش، ولورنيشات السبرتو ميزة الجفاف بسرعة لا تعدو الدقائق في العادة، ولكن الغشاء الذي تتركه يتلف بسهولة، ولذا لا تستعمل عادة في الدهان من الخارج، وتحضر هذه الورنيشات بكثرة من الجمالاكه وتسمى "باللاكيه"، والجمالاكة إفراز يوجد على أشجار شرقية معينة تنتجه حشرة تعرف بحشرة اللك. وتتغذى الحشرة المذكورة بعصارة الشجرة بعد ثقب قشرتها ثم تفرز كميات كبيرة من اللك الذي يكون راسباً على الفروع. وتجمع هذه الفروع فيفصل منها الراسب وينقى. ويصنع ورنيش العقد؛ الذي تغطي به العقد في الخشب، كما يصنع الورنيش الفرنسي من أذابة الجمالاكة في السبرتو.

والورنيش الذي يستخدمه مزخرفو المنازل عبارة عن ورنيش زيتي في العادة ويحضر بإدماج الصمغ أو الراتينج مع زيت جاف.

ويحتاج تحضير هذا النوع من الورنيش قدرًا من المهارة والتمييز، فلا يقوم به -حتى إلى وقت غير بعيد- إلا المختصون، وكان ينظر إلى هؤلاء على أنهم العارفون بكنه الأسرار، والحافظون لها بالصون والكتمان، حتى نزلت الكيمياء بهذه الخبرة في صناعة الورنيش إلى مسألة مقاييس ودرجات حرارة، فمكنتنا من استخدام مواد أكثر تنوعاً، ومن إنتاج مواد

محددة الصفات تناسب أغراضاً متباينة.

ولا يذوب الراتينج عادة في زيت بذر الكتان، ولذا كانت العملية الأولى في صنع الورنيش هي المعروفة بإسالة الصمغ، وتتلخص في تسخين الراتينج حتى ينصهر. وتحدث فيه تغيرات كيميائية معينة. يفقد الماء وبعض المركبات الغازية الناشئة من الانحلال أثناء العملية المذكورة.

ويجري هذا بينما يسخن الزيت على انفراد إلى درجة ٢٦٠ مئوية، ثم يضاف ببطء إلى الراتينج المنصهر ويمزجان بعناية، بعد ذلك يسخن المزيج ثانية للتأكد من اندماج الزيت اندماجاً كاملاً ويختبر الصانع الماهر المزيج المنصهر من وقت إلى آخر ليرى أنه يكون خيوطاً طويلة إذا ضغطنا نقطة منه بين الإبهام والسبابة ثم فصلناهما. ويتوقف قدر "التحط" الذي يستهدف على نوع الورنيش. وتضاف "المجففات" إما خلال عملية التسخين أو بعدها، فإذا برد الورنيش بعض الشيء خفف بالترينتين إلى القوام المناسب.

وتختلف الراتينجات المستخدمة تبعاً لنوع الورنيش المطلوب. وكل الراتينجات الطبيعية عبارة عن إفرازات من أشجار البلاد الحارة غالباً، وبعض هذه الراتينجات المستخدمة في صنع الورنيش هي الكوبال الإفريقي والمانيلا والكاوري والدمار، والساندراك؛ والماستيك، وتصنع بعض الورنيشات من زيت التونج أو زيت الخشب الصيني وذلك بدلا من زيت بذر الكتان، ويزداد استعمال هذا الزيت في صناعة الورنيش

خصوصًا في الأنواع المصنوعة من الراتينجات التركيبية، وهو يختلف عن زيت بذر الكتان في أنه إذا سخن تحول بسهولة إلى جامد هلامي، ولذا يجب اتخاذ احتياطات خاصة لاستخدامه بنجاح.

ومع أن من العادة وضع طبقة من الورنيش على سطح مدهون بالبوية إلا أن البويات تحضر أحيانًا بتخفيف عجينة البوية بالورنيش وإذا استخدم ورنيش مطاط من درجة عالية عرف الناتج باسم الميناء، ولكن كثيرًا مما يسمى ببوية الورنيش يصنع من ورنيش أرخص وأقل مرونة ويطلق عليه هذا الاسم، وهو يجف بدرجة عالية من اللمعة، ولو أنها قليلة الاحتمال ولا تصلح إلا للأشغال الداخلية.

ولا يتسع المقام إلا لموجز صغير عن "الألوان" المستعملة في صناعة البويات، فهي، في كثير من الأحوال، عبارة عن مركبات ملونة لمعادن مختلفة، وتحضر إما من المواد الطبيعية بواسطة السحق باحتراس، وإما بتحضيرها كيميائياً في مسحوق دقيق بواسطة الترسيب وغيره من العمليات، وقليل من البويات. فإما ألوان الفنانين، يحتوي لونها واحداً، وحتى البويات الملونة تحضر عادة بطريقة المزج مع بويه بيضاء خاملة.

وأبيض الرصاص أو الاسفيداج من أقدم البويات البيضاء ويحضر من فعل أبخرة الخل بالاشتراك مع الهواء الجوي على صفائح الرصاص، وللبوية المذكورة قوة تغطية جيدة، وعتامة، مع احتمال عظيم، ولو أن الكثير من السلطات لا تنظر إليها بارتياح لخواصها السامة، فقد حدث

أن تسمم بالرصاص نقاشون تنفسوا المسحوق الناعم المنبعث من صنفرة سطوح كانت مدهونة بأبيض الرصاص، وقد انتهت بعض هذه الحوادث الحادة بالمرض الخطير أو حتى بالموت. وتحظر بعض البلاد بقوة القانون استخدام هذه البوية، أما في إنجلترا حيث يجوز استعمالها فإن القانون يلزم اتباع طريقة مبتلة لإزالتها حتى تتجنب إثارة ترابها السام. وللبوية المذكورة عيب آخر. فقد يهتم لونها بالتعرض لجو المدن، لأنها كيميائياً، عبارة عن كربونات الرصاص القاعدية، ويعزى هذا التغيير إلى تأثير الغازات الكبريتية من مداخن المصانع والبيوت إذ تحول البوية المذكورة إلى كبريتيد الرصاص الأسود، ورغم هذه العيوب فإن أبيض الرصاص لا يزال مطلوباً لجودته العالية.

وقد حل أكسيد الخارصين أو أبيض الخارصين أو الأبيض الصيني عند الفنانين - محل أبيض الرصاص إلى حد ما، وخاصة في تحضير أنواع الميناء، وهو غير سام كما أنه لا يكون كبريتيد أسود.

وإحدى قواعد البويات البيضاء الأخرى من الطراز الممتاز هي أبيض التيتانيوم أو أكسيد معدن التيتانيوم، ولم يمض وقت طويل منذ كان يعتبر هذا المعدن ومركباته من المواد النادرة، ولكن التقدم الكيميائي قد يسر اليوم صنع هذا الأوكسيد على نطاق تجاري، ومن المحتمل أن يكون له مستقبل هام في البويات.

وتمدنا أكاسيد متنوعة للحديد بالألوان الحمراء والسمراء والصفراء، كما أن أكسيد الرصاص الأحمر (السلاقون) لون أحمر يستعمل كثيراً

في البويات الأولية. خصوصًا لتغطية الحديد المشغول بطبقته الأولى من البوية.

ومن الألوان المحضرة كيمياويا نذكر الأزرق البروسي، وهو من ملح حديدي وحديدو سيانور البوتاسيوم وصفرة الكروم وهي مركبات مزدوجة من الكروم ومعادن أخرى متنوعة، وأيضًا ما يسمى بألوان اللايك، وهي تصنع من ترسيب صبغة أنيلينية على قاعدة بيضاء خاملة مثل أكسيد الألومنيوم فتيسر بذلك المرسام ألوانًا وظلالاً متباينة لم تعرفها الأجيال السابقة من مهرة الصناع.

الكيمياء والكشف عن الجريمة

الشرطي السري الذي يعتمد على العلوم هو إحدى الشخصيات المعروفة في القصص. تشهد بذلك شهرة شرلوك هولمز ودكتور ثورنديك وغيرهما. ويعلم الجميع أن لكل إدارة بوليسية معملاً خاصاً كاملاً بموظفيه، كما أن لها مستشاريها العلميين. وسنن في هذا الفصل بعض المسائل التي تعرض لهم والتي يهتم بها الكيمياءوي بوجه خاص.

وكان الشرطي السري في وقت مضى يلجأ إلى الطبيب حين يحتاج إلى بحث نقطة علمية، فقد اعتبر الطبيب خبيراً، لا فيما يتصل بالطب والجراحة فقط، ولكن في السموم، وتحليل الأغذية، والأنسجة، والمياه، وما إليها من الأشياء. وقد تغير الأمر الآن، ولو أن الأطباء لا يزالون أكثر الشهود الخبراء في دور المحاكم، فهم ذوو صلة مستمرة بمسائل الولادة، والموت، وشرعية البنوة ونحوها. ومنذ بلوغ الكيمياء مرتبة العلم الدقيق. لعب الكيمياءوي دوراً متزايداً في الكشف عن الجريمة واقتصاص العدالة من المجرمين.

وأول ما يطرأ على الفكر هو الكشف عن السموم، وهنا قد يبدو طبيعياً أن نلجأ إلى الطبيب، لأن أغلبية المواد المستخدمة سموماً تستخدم أيضاً للتداوي ولو بجرعات أصغر على أن علينا أن نذكر أن

الطبيب وإن أحاط بالتأثير العلاجي لاستخدام الجرعات الصغيرة إحاطته بالتأثير القاتل للجرعات الكبيرة- إلا أن البرهان النهائي بالتحليل الذي لا يقربه الشك على أن سمًا معينًا قد استخدم هو أمر يخص الكيمائي وحده- أو هو، على أية حال، مسألة كيميائية. وهذه حقيقة يزيد الاعتراف بها يومًا عن يوم. والمحلل السنة في إنجلترا لا يعين اليوم إلا من بين الحائزين على لقب زميل بمعهد الكيمياء الذين اجتازوا الامتحان المقرر في تحليل الأغذية والعقاقير وما إليها.

وكان الزرنيخ هو السم المفضل للمجرمين إذ يسهل الحصول عليه عادة بحجة قتل الأعشاب أو الجرذان، وما زالت حوادث التسميم به تقع حتى اليوم، وذلك رغمًا عن كونه من أسهل السموم كشفًا عنها- ومعنى السهولة هنا، أن اختباره قاطعة ونهائية، وأن السم المستخدم نفسه، يمكن فصله بكمية كافية لإبرازها في المحكمة إذا أريد ذلك. ويجري الاختبار المذكور بتحضير محلول من المواد المشتبه فيها كالأمعاء، والشعر، والأظافر وهكذا. ثم وضعه في جهاز يتكون فيه ايدروجين حديث التولد، ويحضر هذا من تحليل الماء تحليلًا كهربائيًا أو من تأثير حامض على الخارصين. فيختزل الايدروجين المتولد مركبات الزرنيخ الموجودة ويتحد مع هذا العنصر لتكوين غاز الأرسين (الإيدروجين المزنخ) الذي يخرج من الجهاز بواسطة أنبوبة ذات فتحة ضيقة قد سخنت إلى درجة يتحلل فيها غاز الأرسين ويترسب الزرنيخ على الأجزاء الباردة من الأنبوبة فتتكون بهذا "مرآة" معدنية يمكن تقدير الزرنيخ فيها بالنظر عند موازنتها بمرايا أخرى تكونت تحت نفس الظروف

من مقادير معروفة أصلاً من الزرنيخ. وبهذه الطريقة يمكن الكشف عن كميات متناهية في الصغر وتقديرها أيضاً بدقة، فإن جزءاً من ٤٨٠ مليون جزء من الجرام ينتج مرآة واضحة. وتوجد هذه الكمية، بل أكثر منها في عينة بريئة دون أن يتحتم كونها استخدمت بغرض الإجرام. إذ أن أكثر المواد الغذائية يحتوي على كميات ضئيلة من الزرنيخ. ولذا وجب البحث عن كميات أكبر بكثير في قضايا التسميم، ويتضح من ذلك أن دقة الاختبار المذكور كافية للمطلوب منه.

وليس الكشف عن كل السموم أو قياسها بهذه السهولة، ولو أنه حتى هذه الطريقة الواضحة نسبياً لا يجريها إلا الخبراء فالمسئولية الواقعة على عاتق المحلل خطيرة جداً، ولا يقرب هذا العمل إلا من نال المران والعلم اللازمين عن الظروف الواجب توافرها لإجراء مثل هذا الاختبار الذي يستطيع وحده ضمان نتائج يعتمد عليها.

وكثير من اختبارات السموم الأخرى يجب القيام بها أكثر من مرة، ويستوجب القانون في بلاد كالهند أن يحصل المحلل على أكثر ما يمكن من المعلومات عن القضية قبل بدء التحليل، وذلك حتى يتجنب -بقدر الإمكان- إتلاف الأدلة دون قصد. فمن المعلومات التي تعين المحلل وترشده مبدئياً في مهمته عدد الأشخاص المشتبه في تسممهم، والأعراض التي لوحظت، وما إذا كانت هذه الأعراض قد ظهرت على الأشخاص اللذين كان من المحتمل تسممهم فبدون هذه المعلومات قد يتلف الكيمياوي -إذا اكتفى باختبار واحد- بعض المواد التي قد يحتاج إليها فيما بعد.

ولا يتيسر في حدود كتاب كهذا، حتى الإشارة الوجيزة إلى المنوال الذي يبحث به المحلل عن كل السموم الممكنة.

فالسموم الشائعة، غير مركبات الزرنيخ، تضم القلويات (كالأمورفين والاسترئين والهيوسيلين والكوكايين.. الخ). والعقاقير (كالاسبيرين والفينازون والانتيفيرين والفيرونال والسلفونال ومنومات أخرى عديدة تعتبر كلها سامة إذا أعطيت بجرعات زائدة) والمعادن (كالأنثيمون والرصاص والنحاس والزنك ومركباتها) والمواد الكيماوية (كحامض الكربوليك وحامض الأوكساليك وأملاحه والكلوروفورم والكلورال وحامض البروسيك.. الخ).

وتؤدي الكيمياء، بالإضافة إلى الكشف عن السموم خدمات عديدة أخرى لقوى القانون والنظام، ولتصور كم عاون سير العدالة فحص أشياء كبقع الدم والأنسجة، والدوبارة، والحبال، والتراب وبقع مواد مختلفة، ونستطيع أيضاً أن نذكر استخدام المجهر، والتصوير الشمسي، والتصوير الميكروفوتوغرافي، واستعمال الأشعة فوق البنفسجية لفحص الوثائق والحبر والبويات، ومع أن مثل هذه الأعمال ليس كيمائية بالضرورة إلا أنها جزء من عمل الكيمائي إذ يكاد يكون من المؤكد ضرورة تحليل جزء من المواد المشتبه فيها.

وكثيراً ما تخضع النقود للتحليل الكيمائي، وفيما عدا النقود الذهبية التي كان العالم أن ينسى رنينها، فإن النقود المتداولة هي عملة رمزية، لا تساوي فعلاً القيمة الأصلية المعينة لها. وليس للعملة البرونزية

من القيمة ما يحرض على تزييفها، أما العملة الفضية الأكبر حجمًا فإن إغراءها على التزييف شديد نظرًا لأن الثمن الفعلي لما فيها من الفضة أقل بكثير من قيمتها الاسمية. وتصب النقود المزيفة أحيانًا في قوالب، وتضرب أحيانًا أخرى بأختام كما تضرب النقود الحقيقية، ولولا وجود فروق طفيفة في التركيب لكان من العسير التمييز بين الزائف والصحيح. وهنا تأتي النجدة من المحلل فكثيرًا ما كان تحليل معدن النقود المزيفة كافيًا لإثبات جرم الصائغ الذي ضبط بمحله المعدن المريب، والجهاز الملائم للتزييف.

وعلى الكيمياوي عند فحص بقع مشتبه فيها بأنها دماء، أن يقرر أولاً ما إذا كانت بقعة معينة يمكن أن تكون من الدم أم لا، أي أنه يجري اختبارًا ابتدائيًا يستطيع من نتيجته أن يقرر حالاً أن البقعة ليست من الدم. وليس ثمة اختبار كيمياوي بحث يستطيع بسهولة أن يمدنا ببرهان قاطع مطلق على وجود الدم، ولكن هناك عددًا من الاختبارات يمكن بواسطتها استبعاد بقعة من أن تكون دمًا فإذا حدث أن بقعة لم تستبعد، وجب فحصها أولاً تحت المجهر لمحاولة رؤية الكرات الدموية، ويلي هذا اختبار ميكروكيمياوي ثم فحص للطفيف بجهاز الميكروسبكتروسكوب وتكفي هذه الاختبارات لتقرير أن البقعة من الدم، وبعد ذلك يمكن عادة باختبار كيمياوي حيوي، أن نبين أصل الدم (من إنسان أو ثور.. الخ) فإذا كان إنسانيًا عينت فصيلته بين الفصائل الأربع.

وليس قليلاً أن يطلب إلى المحلل فحص أجزاء من أنسجة أو

ملابس أو أكياس مختلفة.. الخ حتى يتسنى إلقاء الضوء على ماضيها. وقد أثمر هذا البحث أحياناً، مع ضعف الأمل فيه ظاهرياً، ثمرات هامة، إذ أن لكل نوع من الألياف أو الخيوط أو النسيج خصائص يمكن قياسها، ومن دراستها يمكن تعلم الكثير، وزيادة على ذلك، فكثيراً ما يفيدنا.

التراب اللاصق بالأشياء المفحوصة، والبقع حين تكتشف طبيعتها أو أسبابها، وهذا النوع من العمل مقصور على الأخصائيين، فخبير الأنسجة الملم مثلاً بمظهر الألياف تحت المجهر يستطيع أن يرى خلال مجهره أكثر بكثير من الخبير بالمجهر الذي لا يحيط بالألياف المختلفة، فهو يستطيع دون شك أن يميز، من النظرة الأولى، بين الألياف الحيوانية كالصوف والألياف النباتية أو الصناعية، بل قد يستطيع أن يتعرف على أصل الألياف الحيوانية- مثلاً على أي نوع من الحيوان نمت، بل وأحياناً على أي جزء من جسم الحيوان، كما أن في مكنته أن يميز بسرعة بين أشياء كشعر الإنسان وشعر البقرة وشعر القط وهكذا.

وقد درست الألياف والأنسجة بعمق كاف حتى عرف بالضبط تركيب الرماد المتبقي من إحراق كل نوع من الألياف وبذا قد يهين لنا تحليل الرماد، في أي حالة معينة، معلومات مدهشة عن تاريخ المادة المفحوصة. وللتمثيل بمثل بسيط، لنفترض أن قطعتين متماثلتين تماماً من التيل قد غسلت إحداهما في ماء عسر، والأخرى في ماء يسر، فإن التحليل الكيماوي يميز بينهما بسهولة.

وفي كتاب "الكيمياء الشرعية" لمؤلفه ا. لوкас تفصيل لمثل مدهش من الأدلة المستمدة من فحص الملابس. فقد قبض إبان الحرب على رجل في ظروف مريبة على مقربة من قنال السويس، وأخذت صدرته للفحص الكيماوي، وكان من نتائج ذلك اشتباه السلطات في أنه سافر إلى مصر من باتافيا (ربما على باخرة هولندية إذ كانت تلك البواخر هي الوحيدة في ذلك الوقت التي تستعمل القنال قادمة من باتافيا) وأنه قفز من الباخرة (ربما ليلاً)، وأنه إلى الشاطئ فوصل إلى كتيان رمل معينة. وقد أوحى بهذه النظرية طبيعة قماش الصدرية، وطرازها، وأزوارها، وملح البحر الذي أثبت التحليل وجوده في القماش، ونوع حبات الرمل التي وجدت بالجيوب، وأثبت التقصي، على أساس النظرية المذكورة، صحتها في جميع التفاصيل.

وكثيراً ما يفحص التراب والرمل فحصاً كيميائياً، وهناك قضايا حلت فيها التراب الذي حك من الأظافر، كما أختبر الرماد من مكان ارتكبت فيه جريمة واتهم فيها القاتل بإحراق ضحيته، وهناك أيضاً قضايا عديدة فحصت فيها ملابس المصاب بطلق ناري في المنطقة المحيطة مباشرة بالثقوب التي سببها الرصاص أو الرش، وأفاد الفحص في تقرير نوع المقذوف الناري سواء أكان هذا من الرصاص أو من المغطى بالنيكل.. الخ، وكذا طبيعة تعبته - سواء أكان ذلك بالبارود الأسود، أو البارود العديم الدخان.. الخ.

وجد مرة رجل مقتولاً، ولكن شخصيته لم تعرف إلا بعد أيام، فلم

يظهر من فحص الجثة بعناية أي علامات مميزة، ولم تكن بصمات أصابعه في سجلات البوليس كما لم يتقدم من يستطيع التعرف بالتحقيق على الرجل من صورته. ثم عثر بباطن فردة حذائه على آثار مادة حمراء داكنة، وتحليلها وجد من تركيبها كما لو كان القتل قد سار على أرضية فرشت بأسمنت لا يزال رخوا. وكان على مقربة من المكان الذي وجدت فيه الجثة مقهى أنشئ حديثاً وفرشت ردهته بذلك النوع من الأسمنت، وبفحصه وجدت عليه أثر قدم طابقت حذاء القتل تماماً. وهكذا استطاع صاحب المقهى أن يتعرف على الرجل وأن يدل على الرجلين اللذين كانا معه واللذين صاحبا فيما تبين أنه رحلته الأخيرة، ومن هذه الحلقة جمع من الأدلة العرضية ما كفى لإدانة رفيقيه اللذين قتلاه.

والرجل العادي ينظر إلى الورق من حيث لونه رقيقاً أو سميكاً، خشناً أو ناعماً، أبيض أو ملوناً، مسطراً أو غير مسطر، أما عند الكيماوي فالورق شيء أكثر من هذا بكثير، ويندر أن يفشل الفحص الكيماوي في إلقاء الضوء على أصله. وكان الورق بالذات، لا الجلد أو رق الكتابة، يصنع دائماً من الخرق الكتانية في مبدأ الأمر ثم أصبح يصنع من القطنية أيضاً، واستعمل الكتان وحده حتى حوالي سنة ألف، فأقدم وثيقة إنجليزية على ورق من القطن أرخت سنة ١٠٤٩، ومن ذلك الوقت حتى مطلع القرن التاسع عشر استعمل الكتان والقطن، ثم أدخل القش في الصناعة ولو أن استعماله لم ينتشر حتى سنة ١٨٥٠، واستعملت الحلفا في ١٨٦٠ ثم أنواع متباينة من عجائن الخشب بين ١٨٧٠ و ١٨٩٠. وكان الورق يصنع كله باليد قبل ١٨٠٠، والمعروف أن ورق النشاف قد

استعمل منذ القرن الخامس عشر.

ويمكن بفحص الورق فحصًا منظمًا أن نفصل محتويات أليافه ونتعرف عليها، وكذا على المواد المستعملة في صقله كالغراء والصمغ والراتنج والكازين والنشا أو المواد المعدنية. ومن هذا نرى أن للورق خصائص محددة لا يعرفها دائمًا -لحسن الحظ- من يحاول التزوير والغش، فقد قيل إن رجلاً ادعى أنه وارث ضيعة كبيرة وعزز دعواه بوثائق كثيرة، ثم تبين بالتحليل أن أهمها، وقد أرخت سنة ١٧٢٨ وليس بمظهرها ما يريب قط- كانت مصنوعة من نوع معين من عجينة الخشب لم يعرف قبل سنة ١٨٨٠! فهل نعجب إن كان جزاؤه الأشغال الشاقة؟

ويتصل الورق غالبًا بالحبر، وهو مادة أخرى ذات خصائص معينة. وأنواع الحبر الرئيسية (للكتابة المنظورة بخلاف الكتابة غير المنظورة) هي حبر الكربون. وحبر خشب البقم وحبر العفص الحديدي، وحبر الأنيلين، وقد سمي بذلك لأنه يحتوي على صبغة تركيبية حضر أقدمها من الأنيلين. وحبر الكربون أقدم هذه الأنواع، ولا يزال مستعملًا في بعض بلاد الشرق. ويؤخذ الكربون من مصادر شتى، ولكن في العادة من الهباب فيمزج بالصمغ والماء، أما حبر العفص الحديدي فقد عرف دون شك منذ أكثر من ألف سنة، وكانت تذاب أصلاً كبريتات الحديد في منقوع العفص فتنتج سائلًا باهت اللون، ولكن التأكسد بعد الاستعمال يحيل لون الكتابة إلى السواد. وقد سبق أن حسن هذا الحبر بإضافة الألوان إليه كالنيلة وكان من شأنها إظهار الكتابة فورًا، دون تدخل في

القتامة اللاحقة. واستعملت بعد ذلك الأصباغ المختلفة من قطران الفحم محل النيلة، ومن هذا النوع الحبر الأزرق الأسود المعروف اليوم. وبعد منتصف القرن الثامن عشر، كان يضاف مستقطر خشب البقم إلى أحبار الحديد أحياناً، ثم استعملت فيما بعد خلاصة ذلك الخشب بعد إضافة محلول الشب أوبيكرومات البوتاسا إليها. ويندر أن نرى الآن مثل هذه الأحبار. ولا تستخدم في إنجلترا كثيراً أحبار (فيما عدا الحبر الأحمر) مصنوعة كلياً أو في أغلبها من أصباغ قطران الفحم، وهذه الأصباغ لا توجد إلا في أحبار ما بعد سنة ١٨٦١، لأنها استعملت لأول مرة في السنة المذكورة بعد أن حضر. و. هـ. بيركين أولها من الأنيلين سنة ١٨٥٦.

وفي بعض البلاد المسيحية تعزز طلبات الحصول على معاش الشيخوخة بما سبق تسجيله في إنجيل الأسرة من حوادثها التاريخية، وحدث في حالة معينة من هذه الحالات أن كان الطالب في صحة جيدة استثنائية، ففحص التسجيل جيداً ووجد أن تاريخ الميلاد كان ١٨٦٢ ثم غير إلى ١٨٥٢ إذ كان من سوء حظ المزور أنه استعمل نوعاً من أحبار الأنيلين لم يكن معروفاً في ١٨٥٢! وبذا تعين على الطالب أن ينتظر المعاش عشرة أعوام أخرى.

ويتم الإثبات أو المحو أحياناً بدرجة من المهارة تتحدى الكشف عنه بالعين المجردة، ولكن المجهر يكاد دائماً أن يفضحها، كما يتضح المحو جيداً عند الفحص بالأشعة فوق البنفسجية، إذ أن من المستحيل

عمل محو لا يترك أثرًا، ذلك أن الطبقة السطحية من الورق، حيث يوجد أغلب المادة الصاقلة، تتلف بالمحو تلفًا غير قابل للإصلاح، ولذا يسهل كشف هذا التزوير إذا ما ثار من الشك ما يكفي لفحص الوثيقة المزورة. كما أن مجرد ترطيب سطح الورق، يعيد توزيع المادة الصاقلة وهو شيء لا يمكن إخفاؤه، كما أن أي نوع من الحك سيترك آثاره، وقد شاع استعمال مصابيح الأشعة فوق البنفسجية بازدياد استعمالها في المسننل للأعمال الدورية (الروتينية).

وهناك حالة طريفة حدثت في ألمانيا واستطاع الكيماوي فيها أن يقدم دليلًا هامًا، ذلك أن سنةً لاً في مصنع مفرقات اختفى في يوم من الأيام. وبما أن سقوطه في أحد أحواض خليط حامض الكبريتيك والنيتريك كان من الاحتمالات، فقد طالبت زوجته شركة التأمين بمبلغ التأمين، ورفض ممثل الشركة في فورة ولأته للشركة أن يوافق على صرف المبلغ قائلاً: إن الرجل لا يمكن اعتباره ميتًا لأن الجثة لم يعثر عليها، ولمح أيضًا -بناء على معرفته بالزوجة- إلى أن الزوج قد هرب، ربما إلى أمريكا، ليكون بعيدًا عن متناول زوجته. ولكن بتحليل محتويات الحوض المذكور وجد به ذائبًا من مركبات الفسفور ما قد ينتج من إذابة جسم إنسان، وبذا اعترف بحق الأرملة، ودفع لها المبلغ المؤمن به.

الذرات والجزيئات

مع أن معلوماتنا عن تركيب المادة لم تكتمل بعد، إلا أنها قد أصبحت في السنوات الأخيرة أكثر دقة بكثير مما كانت. وفي ١٦٦١ تقدم بويل بفكرة أن المادة مكونة من عناصر، أي من مواد بسيطة، هي الجواهر التي منها تتكون الأجسام الأخرى. وفي سنة ١٧٨٩ قدم لنا لافوازييه التعريف الحديث للعنصر على أنه الجسم الذي لا تمكن تجزئته إلى أجسام أبسط.

ويمكن القول بأن العناصر هي مواد البناء في الطبيعة، وكما يستخدم البناء الأجر والحجارة والحديد والخشب والزجاج في بناء قنطرة، أو بيت، أو كنيسة، كذلك الطبيعة بالعناصر التي تحت إمرتها، تقدم لنا الذهب، أو قطعة من الطباشير، أو كتلة من الكهرمان.

ولم يعرف لافوازييه إلا ثمانية وعشرين عنصراً، أما الآن فقد صار عددها اثنين وتسعين.

ويخرج عن نطاق هذا الكتاب أن نبين في تفصيل سلسلة الأبحاث والاكتشافات التي تمدنا بالدلائل على العدد المحتمل من العناصر، ولكن يمكن القول إن أول هذه الأدلة كان إدراك نوع من التشابه في خواص مجموعات معينة من العناصر كالتشابه الموجود بين أعضاء الأسرة الواحدة.

وفي سنة ١٨٦٣ وجد نيولاندرز أننا لو كتبنا أسماء العناصر حسب ترتيب أوزانها الذرية، فسنجد أن كل عنصر ثامن في ترتيبه يشابه إلى حد العنصر الأول، كما أن النغمة الثامنة على البيانو هي نوع من التكرار للأولى. ولم تثر فكرة نيو لاندرز والتي عرفت باسم قانون الثمانيات، التفاتاً كبيراً في وقتها، فقد قيل إن القانون المذكور صحيح في حالات معينة فقط ومضلل في حالات أخرى.

وبعد ستة أعوام أدرك الكيميائي الروسي مينديليف أن للترتيب الثماني الذي تصوره نيولاندرز بعض القيمة، ولكنه يحتاج إلى تعديل، ولم يكن معروفاً في ذلك الوقت غير سبعة وستين عنصراً، وأحس مينديليف بأن التطابق بين العناصر لم يكتمل بعد، فرتب أسماء العناصر تبعاً لخصائصها في مربعات تشبه لوحة الشطرنج وبحيث تشابه العناصر في خصائصها الواقعة في أي سنةود رأسي، أو كما نقول الآن التي تقع في مجموعة واحدة.

ولكن لوحة مينديليف الشطرنجية كان بها مربعات خالية معينة، فأعلن في جراءة أنها تمثل عناصر لم تكتشف بعد، بل ذهب إلى أبعد من ذلك؛ فقد تنبأ بما ستكون عليه العناصر المجهولة من صفات، وذلك بالإحالة إلى العناصر الموجودة في نفس المجموعات. ولو أعلن كولومبوس قبل كشفه العظيم اعتقاده في وجود قارة غريبة، ثم أعطى تفاصيل دقيقة عن ارتفاع جبالها وأطوال أنهارها، وطباع سكانها، لاعتبره العالم مجنوناً، ومع ذلك فإن تنبؤات مينديليف لم تكن أقل غرابة، فقد أعلن، في حالة ثلاثة على الأقل من مربعاته الخالية - تفاصيل عن لون

العناصر التي لم تكتشف بعد، وعن صورها، وكثافتها النوعية، ودرجة انصهارها وصلابتها، ونشاطها الكيميائي. فلما اكتشفت هذه العناصر لم تدع دقة تنبؤات مينديليف مكاناً للنقد، وهاك مثالاً لإحدى هذه الحالات.

الخاصية	تنبؤ مينديليف في سنة ١٨٧١	عنصر الجرمانيوم المكتشف في ١٨٨٦
الوزن الذري	٧٢	٧٢,٣
الكثافة النوعية	٥,٥	٥,٤٧
اللون	رمادي متسخ	أبيض رمادي
تأثير تسخينه في الهواء	يتحول العنصر إلى أكسيد أبيض	ينتج العنصر أكسيداً أبيض
التأثير على الماء	يحلل العنصر بخار الماء بصعوبة	لا يحلل عنصر الماء
تأثير الأحماض	خفيف	خفيف
تأثير القلويات	غير ملحوظ	غير ملحوظ
خواص الأوكسيد	صعب الانصهار وكثافته النوعية ٤,٧	صعب الانصهار وكثافته النوعية ٤,٧٠٣
خواص الكلوريد	سائل يغلي في أقل من ١٠٠° مئوية وله كثافة نوعية تبلغ ١,٩	سائل يغلي في ٨٦° مئوية وله كثافة نوعية تبلغ ١,٨٨٧

ولما بدئ في ملء فراغات الجدول الدوري، كما سمي ترتيب مينديليف، بدأت فائدة الجدول المذكور تتضح، إذ فضلاً عن إلقائها

الضوء على وجود عناصر جديدة، فإنها كشفت عن إخطاء في تقدير الأوزان الذرية لعناصر معينة موجودة. كما أنها يسرت كثيرًا من دراسة الكيمياء، فصار من الممكن دراسة خواص مجموعات أو أسر من العناصر، وتنظيم معلوماتنا عن مكافئتها وتكون مركباتها... الخ. وكان بالجدول بعض المفارقات، فإن بعض العناصر لم يتيسر وضعها بإحكام في أي مكان بالجدول، والواقع أن خمسة عشر عنصرًا من العناصر الأرضية النادرة لم يعرفها كلها مينديليف - ظهر أنها مؤهلة لوضعها في مربع واحد ومع ذلك فإن اتساع معلوماتنا فيما بعد، قد علمنا كيف نعدل الجدول حتى يتسع لكل العناصر.

وكان العمل الرائع الذي قام به موزلي في ١٩١٤ آخر ما احتيج له من الأدلة لتفهم الجدول وكل ما تضمنه تفهمًا كاملاً. فقد وجد موزلي أن كل عنصر يمكن حمله، تحت ظروف خاصة، على بعث أشعة إكس بموجة من طول خاص، وأن هناك علاقة عددية بسيطة بين أطوال موجات العناصر المختلفة استطاع منها أن يعين لكل عنصر عددًا طبقًا لطول موجته. فالإيدروجين مثلاً، وهو أخف العناصر، عدده الذري ١ واليورانيوم وهو أثقلها عدده الذري ٩٢. وهناك من الأسباب القوية ما يحمل على الاعتقاد بأن ليس ثمت عناصر تخرج عن هذين الحدين أي أنه لا توجد ذرة أخف من ذرة الإيدروجين، أو أثقل من ذرة اليورانيوم.

وأغلب الاثني وتسعين عنصرًا من الفلزات. وأكثر هذه الفلزات من الندرة بحيث يفقد أهميته المباشرة للرجل العادي. ونصف وزن الأرض والماء والهواء من هذا العالم مكون من الأوكسيجين ونصف من السيليكون، ويأتي بعد هذين

العنصرين بالترتيب الألومنيوم، فالحديد، فالكالسيوم؛ فالصوديوم، فالبوتاسيوم، فالماغنسيوم، فالإيدروجين، فالتيتانيوم، فالكلور، فالكربون.

وتكون هذه العناصر الاثنا عشر ٩٩% من الوزن الكلي للقشرة الأرضية. أما الباقي أي الواحد في المائة فيتكون من الثمانين عنصراً الأخرى، وتركيب جوف الأرض غير معروف، والمظنون أنه أغنى بكثير في الفلزية؛ وخاصة الحديد والنيكل.

وكان ممكناً من كهذا أن نستنتج وجود فضاءات بين الذرات، مما يفسر إلى حد ما مسامية المواد الصلبة. وفي سنة ١٨١١ اقترح أحد علماء الفيزياء الإيطاليين واسمه أفوجادرو - فكرة قدر لها أن تكون قاعدة لا لنظريتنا الكيميائية الحديثة، فحسب، ولكن لفهم خصائص عديدة للجوامد والسوائل والغازات، فقال إن الصورة النهائية للجسيمات من المادة هي مجموعة من الذرات أكثر منها ذرة واحدة، وأطلق اسم "الجزيء" على مثل هذه المجموعة، ونحن نفكر الآن في الجزيء على أنه أصغر جزء من المادة - سواء أكانت عنصراً أم مركباً- يستطيع الوجود منفرداً، كما نفكر في الذرة على أنها أصغر جزء من العنصر يستطيع الدخول في تفاعل كيميائي.

ومع أننا لا نستطيع إثبات وجود الجزيء، بالنظر أو باللمس، إلا أنه حقيقة لا شك فيها عند رجال العلم. ولا نستطيع القطع بعدد الذرات التي تكون الجزيء ولكننا عادة نتصور جزيء غاز أولي مكوناً من ذرتين، وربما كان هذا العدد أربعة، أو ستة، أو ثمانية، أو أي عدد زوجي، ولكن هذا لن يؤثر على النظرية.

ومهما كان عدد الذرات في جزيء عنصر فإنها جميعًا متماثلة، أما جزيء المركب فذراته هي ذرات عناصر مختلفة، فجزيء الماء مثلاً مكون من ذرتين من الهيدروجين، وذرة واحدة من الأكسجين، أو مكرر هذين العندين. وما العلامات التي يستعملها الكيميائيون إلا صورة تمثل تركيب الجزيئات، وليست كما يظن البعض كتابة مختزلة أو علامات خفية لأسماء المواد، فجزيء حامض الكبريتيك مثلاً يمثله يد ٢ ك ب ٤١، ومعناها أنه مكون من ذرتين من الهيدروجين وذرة من الكبريت، وأربعة من الأكسجين.

وجزيئات الجوامد متقاربة، ولكنها غير متلامسة، وتربطها معًا قوة التماسك. والجزيئات في حالة اهتزاز دائم، وكلما ارتفعت حرارة الجامد كلما ازدادت سرعة اهتزاز جزيئاته، ولا تقف هذه الحركة إلا إذا ذهبت عن الجسم كل حرارته، أي إذا برد حتى وصل إلى درجة الصفر المطلق (-٢٧٣° مئوية).

وللحرارة تأثير آخر هو تغلبها على قوة التماسك بين الجزيئات؛ وكذا تسمح لها بالتباعد، وما تمدد جسم صلب بالحرارة إلا نتيجة لامتداد الفراغات بين الجزيئات وليس لزيادة حجمها.

فإذا اعتنقنا النظرية الجزيئية، كان علينا أن نتصور كتلة من المادة، ذات بنية أرحب مما رسمناه في ٣١ وعلى افتراض وجود ذرتين في كل جزيء يكون تمثيل حبة صغيرة في مادة صلبة، بعد تكبيرها تكبيراً عظيماً، كما يرى في ٣٢.

وتمثل الدوائر هنا حدود الجزيء، أما الجزيء المادي الفعلي للمادة الصلبة فهو النقط السوداء التي تمثل الذرات، وسنرى فيما بعد أن حتى فكرة صلابة الذرة تحتاج إلى تعديل.

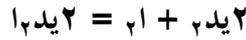
أما في السوائل فإن الجزيئات تكون أكثر حرية في التحرك، ولو أنها لا تزال خاضعة لقوة التماسك. ونستطيع تكوين فكرة عن حالة السائل الجزيئية من كوب ممتلئ بالرمل الناعم الجاف أو مخردق الرصاص الصغير، فالجزيئات يتدحرج بعضها فوق بعض، ولذا نستطيع سكب السائل، وإذا دفعنا فيه اليد أزاحت كتلا من الجزيئات من طريقها.

وإذا سخنا سائلاً إلى درجة غليانه لتغلبنا على قوة التماسك إلى حد انفصال الجزيئات انفصلاً تاماً، ولتحول السائل إلى غاز. ونستطيع تمثيل حالة الغاز الجزيئية تمثيلاً تقريبياً بجماعة من النحل وقد انطلقت في ردهة كبيرة، سوى أن النحل يستطيع الوقوف على الحائط أو الأرضية، بينما لا تكف جزيئات الغاز عن الحركة قط، ولكنها تتحرك على الدوام بسرعة المقذوفات النارية في خطوط مستقيمة، فلا تغير في اتجاهها إلا إذا اصطدمت بجزيئات أخرى. أو بحائط الإناء الذي يحتويها.

وقد استطعنا حساب حجم الجزيئات، ولكن العقل العادي لا يستطيع تصور كنه مقاييسها الفعلية. إذ لو كان جزيء الأكسجين أكبر مما هو فعلاً بخمسة آلاف مثل في كل اتجاه، لما تمكنت العين المجردة مع هذا من رؤيته قط ولكنها قد تتمكن من إدراكه بالنظر بمساعدة مجهر قوي، يستطيع التكبير إلى خمسة آلاف مثل.

ومما نعرف عن الجزيئات يمكن أن نتصور صورة مذهلة من عدم استقرار الطبيعة، فالجبل الصامد، أو مياه البركة الوداعة، أو الهواء الساكن في يوم هادئ- تظهر كلها ساكنة على قدر ما تستطيعه حواسنا من إدراك، والواقع أن جزيئات الجوامد والسوائل والغازات كلها في حركة دائمة لا تهدأ قط.

والتفاعل الكيمياوي بين مادتين عبارة عن مجموعة تفاعلات بين الجزيئات الفردية، كما كانت المواقع في الزمن الغابر عبارة عن مجموعة من النزال بين الأفراد. فإذا خلط الأوكسجين بالإيدروجين واشعل الخليط نتج من ذلك انفجار، وانبعث منه البخار، ويمكن تمثيل هذا التفاعل ببساطة في الكيمياء بالمعادلة الآتية:



ومنذ اكتشاف الراديوم بدأ الكيمياويون يعتقدون أن الذرات ليست بالجسيمات المصمتة التي لا تتغير كما صورها دولتون. ففي سنة ١٨٩٦ وبعد أشهر من اكتشاف أشعة إكس بواسطة الأستاذ روننجين في فورز بوج بدأ هنري بيكريل بباريس سلسلة من التجارب بالأجسام المضيئة فسفورياً، وكان من بينها بلورات أحد مركبات اليورانيوم فكتشف لدهشته، أن هذه البلورات تترك على اللوح الفوتوغرافي. حتى في الظلام، أثراً يشبه الضباب، مع أنها لا تبعث ضوءاً مرئياً، وزيادة على ذلك فإن التأثير المذكور يحصل رغم وقاية اللوح بورق مانع للضوء، مما أوحى إلى بيكريل أن البلورات المشار إليها تقذف أشعة تشبه أشعة

رونجنين أو إكس. وأخذ الأستاذ كوري وزوجته يفحصان مركبات أخرى لليورانيوم، فوجدا أن الخام المسمى بيتشبليند وهو أكسيد اليورانيوم، له نفس الخاصية وبدرجة أكبر مما للمركبات الأخرى.

وانتهت سلسلة من الأبحاث الرائعة والمضنية باكتشاف كوري وزوجته أن ذلك التأثير لا يعزى إلى البيتشبلند بقدر ما يعزى إلى مادة موجودة دائماً في البيتشبلند الطبيعي وباستخدام مقادير هائلة من ذلك الخام استطاعا أن يستخلاصا قدرًا صغيرًا من تلك المادة الشديدة النشاط، وهكذا انتزع من الطبيعة سر آخر، فقد كانت المادة الجديدة عبارة عن بروميد عنصر غير معروف، سمي منذ ذلك الوقت بالراديوم وقد فصل العنصر نفسه في ١٩١٠ بواسطة مدام كوري التي ظلت - حتى بعد وفاة زوجها إثر حادث مؤلم- تواصل العمل الذي شاركته فيه من قبل.

والراديوم معدن أبيض، رخو، ينتمي إلى مجموعة الكالسيوم، والباريوم، والاسترونتيوم التي يشابهها في الخواص الكيميائية، والفرق العظيم بين الراديوم وبقية أعضاء مجموعته هو نشاطه الإشعاعي. فإذا شوهدت شذرة صغيرة من هذا المعدن أو من أحد مركباته؛ تحت المجهر، لرؤيت تبعث ضوءًا خافتًا، قاذفة بالإشعاع في جميع النواحي. وتؤثر إشعاعات الراديوم في اللوح الفوتوغرافي وتجعل ما حولها من الهواء موصلًا للكهربائية، كما تضيء على مواد معينة القدرة على الإضاءة الفسفورية. وتسبب الإشعاعات أيضًا تآكل أنسجة الجسم وانحلالها.

وبذا تورث الحروق المؤلمة لأي جزء من الجلد يتعرض لفعالها ولو ببضع ساعات، وينتفع بهذه الخاصية في معالجة السرطان وذلك بعد توجيهها والتحكم فيها.

على أن أعجب ما في الراديوم هو استمرار قذفه بالطاقة في صورة ضوء وحرارة وكهرباء. وأحد المبادئ المقررة في العلم أن الطاقة لا يمكن أن تخلق أو تفسى، وبناء على ذلك إذا كانت كل ذرة من الراديوم تنتج الطاقة باستمرار فلا بد أن هذه الطاقة تنطلق نتيجة لتغيير ما في بناء الذرة، وبعبارة أخرى، فإن ذرة الراديوم لا بد متفككة إلى ذرات من نوع آخر، وقد ثبت هذا فعلاً فإن فريقاً من الإشعاعات يتكون من جسيمات من الهيليوم تحمل شحنة موجبة. ومعنى هذا أن ذرة الراديوم تنحل فعلاً، وتنتج، فيما تنتج، ذرات من الهيليوم، ومخلقة وراءها ذرات عنصر آخر، والعنصر المتخلف حين تنطلق ذرة الهيليوم من ذرة الراديوم يسمى رادون، ثم ينحل هذا بدوره. وتستمر عملية التجريد حتى يصبح ما كان ذرة من الراديوم ذرة من الرصاص.

وفي سنة ١٩٢١ أهدى نساء أمريكا إلى مدام كوري جراماً من الراديوم، وكانت قيمة هذا القدر الكبير من المعدن عشرين ألف جنيه إسترليني، فكم سيمضي من الوقت قبل أن تتحول هذه الهدية القيمة إلى قطعة صغيرة من الرصاص لا تكاد تكون لها قيمة؟! والواقع أن نسبة محددة من الذرات، في أي كتلة من الراديوم، تتفكك كل ثانية من الزمن، وستمضي ألفان من السنين لينقص جرام الراديوم إلى نصف جرام، ثم ألفان أخرى ليختفي نصف الباقي، وهكذا سيحتفظ جرام الراديوم حتى

بعد عشرة آلاف سنة من الآن، بجزء من اثنين وثلاثين جزءاً من نشاطه الحالي.

أما وقد أدركنا الطبيعة المعقدة لذرة الراديوم فقد حق علينا أن نعدل تصور دولتون للذرات، فالرأي الحديث هو أن الذرة، ولو أنها لا تزال غير قابلة للانقسام، فيما يخص التفاعل الكيميائي، مكونة من عدد من وحدات صغرى على نوعين. فيتتركب جزء من الذرة من جسيم أو أكثر يسمى بروتون وهو في الحقيقة وحدة موجبة من الكهرباء، ويتتركب الجزء الآخر من الذرة من إلكترونات وهي وحدات سالبة من الكهرباء، ويوحى هذا التركيب بوجود علاقة وثيقة بين المادة والكهرباء، كما تساعد النظرية الحديثة للبناء الذري على تفسير ظواهر كهربائية عديدة.

والمفروض أن البروتونات تكون مع بعض الإلكترونات نواة الذرة، أما بقية الإلكترونات فتدور حول النواة في أفلاك منتظمة، وبذا تشبه الذرة نظاماً شمسياً مصغراً. وتتكون ذرة الأيدروجين من بروتون واحد وإلكترون واحد وذرة الهيليوم من أربع بروتونات وأربع إلكترونات، وذرة الصوديوم من ٢٣ بروتونات و ٢٣ إلكترونات.

ويساوي عدد البروتونات (وعدد الإلكترونات) العدد الممثل للوزن الذري، كما يساوي عدد الإلكترونات الفلكية أو السيارة العدد الذري، أما بقية الإلكترونات فهي في النواة.

ويزيد وزن البروتون عن ١٨٠٠ مثلاً من وزن الإلكترون، وبذا تكاد

كتلة الذرة أن تتركز في نواتها.

ومع أن صورة كهذه قد تبدو لأول وهلة محيرة، إلا أنها تعاوننا في الحقيقة على رؤية ظواهر علمية عديدة بجلاء أكثر. فانشطار ذرة الراديوم يصبح الآن عبارة عن انفصال عدد معين من البروتونات والإلكترونات وانطلاقها. كما يمكن فهم مرور أشعة إكس خلال الأجسام المعتممة، وطول موجات هذه الأشعة أصغر بكثير من طول موجات الضوء العادي، ويمكن أن نتصورها أشعة قادرة على المرور خلال الفضاء الموجود بين وحدات الكهرباء التي تكون الجسم المعتم، فأشعة الضوء العادي لا تستطيع أن تجد ممراً. ونستطيع أيضاً أن نفهم لماذا لا يسمح الرصاص، الذي تتكون ذراته من أكثر من أربعمئة جزء من الكهرباء الموجبة والسالبة بمرور حتى أشعة إكس.

وكان حلم الكيمياوي القديم هو استحالة المعادن، والآن، وبعد موت الكيمياء القديمة، نجد أن الطبيعة، فيما يخص العناصر المشعة على الأقل، تزاوّل هذه الإحالة. والمظنون أن أثقل العناصر، وهو اليورانيوم، ينحل ببطء، منتجاً الراديوم، ولكن بسرعة أقل من سرعة انحلال الراديوم نفسه بمليون مثل، وإذا كان هناك ميل سنة من العناصر لتفتت إلى أجسام أبسط للوصول الحتمي إلى الهيليوم والأيدروجين، فإن العملية أبطأ من أن تقاس، وإن فكرة الكيمياوي القديم عن تحول الرصاص إلى ذهب في أعماق الأرض لا يحتمل تحققها في عمر الجنس البشري.

الفهرس

مقدمة	٥
الفصل الأول: الكيمياء القديمة - كيمياء العصور الوسطى	١٣
الفصل الثاني: مولد الكيمياء	٢٥
الفصل الثالث: الكيمياء والطبيعة	٤٢
الفصل الرابع: الكيمياء والتربة	٥٨
الفصل الخامس: الكيمياء وربة البيت	٧٦
الفصل السادس: الكيمياء في البيت	٩٢
الفصل السابع: الكيمياء والتزين	١١١
الفصل الثامن: الكيمياء والبناء	١٢٢
الفصل التاسع: الكيمياء والكشف عن الجريمة	١٤١
الفصل العاشر: الذرات والجزيئات	١٥٢