

كراسات "عروض"

سلسلة غير دورية تصدرها المكتبة الأكاديمية

تعنى بتقديم اجتهادات حديثة حول العلم والمستقبل

رئيس التحرير أ. د. أحمد شوقي مدير التحرير أ. أحمد أمين

المراسلات: المكتبة الأكاديمية

١٢١ ش التحرير - الدقى - القاهرة ت: ٧٤٨٥٢٨٢ - فاكس ٧٤٩١٨٩٠ (٢٠٢)

حكايات التطابق والاختلاف ثقافة الكيمياء

روالد هوفمان

Roald Hoffmann

حكايات التطابق والاختلاف ثقافة الكيمياء

عرض

دكتور

فتح الله الشيخ

أستاذ الكيمياء الفيزيائية

المستشار العلمي لرئيس جامعة جنوب الوادي

دكتور

أحمد السماحي

أستاذ الكيمياء الفيزيائية

نائب رئيس جامعة أسبوط وجنوب الوادي سابقا



الناشر

المكتبة الأكاديمية

ش. م. م.

٢٠٠١

حقوق النشر

الطبعة الأولى ٢٠٠١م - ١٤٢٢هـ

حقوق الطبع والنشر © جميع الحقوق محفوظة للناشر :

المكتبة الأكاديمية

شركة مساهمة مصرية

رأس المال المصدر ٩,٩٧٢,٨٠٠ جنيه مصرى

١٢١ شارع التحرير - الدقى - الجيزة

القاهرة - جمهورية مصر العربية

تليفون : ٧٤٨٥٢٨٢ - ٣٣٦٨٢٨٨ (٢٠٢)

فاكس : ٧٤٩١٨٩٠ (٢٠٢)

لا يجوز استنساخ أى جزء من هذا الكتاب بأى طريقة
كانت إلا بعد الحصول على تصريح كتابى من الناشر .

هذه السلسلة

هي الثالثة في مشروع "الكراسات"، الذي تصدره "المكتبة الأكاديمية". والكراسات تعنى بمحورين كبيرين: العلم والمستقبل. لذلك فقد حملت السلسلة الأولى عنوان "كراسات مستقبلية"، وقد بدأ ظهورها عام ١٩٩٧، وفي عام ١٩٩٨ ظهرت السلسلة الثانية تحت اسم "كراسات علمية". وقد فكرنا في البداية أن تضم السلسلتين، بجانب التأليف والترجمة، عروضاً مطولة لبعض الإصدارات الهامة، التي لاتباعها حركة الترجمة. إلا أن أنشط أعضاء أسرة الكراسات، وللكراسات أسرة ممتدة ترحب دائماً بالأعضاء الجدد، أقول إن أنشط الأعضاء الصديق الدكتور محمد رؤوف حامد، الأستاذ بهيئة الرقابة الدوائية، اقترح أن تصدر العروض في سلسلة خاصة بها، وقد كان اقتراحاً موفقاً كما أرجو أن يوافقني القارئ.

هذه الكراسية

تعرض كتاباً من الكتب النادرة في ثقافة الكيمياء، خصوصاً إذا قورنت بالأعداد الصادرة من الكتب التي تتعرض للفيزياء والبيولوجيا. وهو أحد كتب سلسلة "محاضرات جورج بجرام" التي تدعو العلماء المتميزين لتقديم رؤيتهم حول الربط بين العلوم وغيرها من المعارف البشرية في سيرة الحضارة. بدأ برنامج هذه السلسلة في مختبر بروكهافن القومي، وحمل اسم جورج براكستون بجرام الذي أمضى حياته العلمية أستاذاً للفيزياء وعميداً ونائباً لرئيس جامعة كولومبيا. وقد اهتم بجرام بشكل خاص بمحاولة الربط بين رافد العلم ونهر المعرفة وتوظيف هذا الربط لخدمة المجتمع. والكتاب يقدم هذا الربط في إطار مايسمى مؤلف الكتاب روالد هوفمان بالقطبية أو الازدواجية، ويثرى مناقشة حالاتها المختلفة بروايات ورسومات كفيلة بشد انتباه القارئ.

ومؤلف الكتاب ولد في بولندا وتلقى تعليمه في الولايات المتحدة ويعمل في جامعة كورنيل كأستاذ للعلوم الفيزيائية.

والمؤلف حاصل على جائزة نوبل في الكيمياء عام ١٩٨١ بالاشتراك مع كينيتشى فوكوى، وله برنامج تليفزيونى شهير "عالم الكيمياء" وعدة مقالات وكتب متنوعة من أشهرها "الكيمياء المتخيلة" وهو كتاب فى الفن والعلم والأدب، كتبه بالمشاركة مع فيفيان تورينسى، كما أنه يقرض الشعر وله عدة دواوين.

ولأول مرة فى الكراسات يشترك صديقان فى العمل، حيث عرض كتابنا الحالى الدكتور أحمد السماحى أستاذ الكيمياء الفيزيائية ونائب رئيس جامعة أسيوط وجنوب الوادى سابقا. والدكتور فتح الله الشيخ أستاذ الكيمياء الفيزيائية والمستشار العلمى لرئيس جامعة جنوب الوادى. ولكل منهما عدد من المقالات والكتب المترجمة، بجانب اهتماماتهما الجامعية والأهلية الأخرى. فالدكتور السماحى يدير مركز الخدمات الجامعية ويرأس مجلس إدارة جمعية تنمية المجتمع للأطفال ذوى الحاجات الخاصة بسوهاج. والدكتور الشيخ يدير مركز دراسات الجنوب بالجامعة. والغريب أن كل من يعرفهما ويدرك عمق صداقتهما والثراء الخاص لشخصية كل منهما بشكل يختلف عن الآخر، يعرف أنه أمام حالة جميلة من حالات "كيمياء العلاقات البشرية"، لأن صداقتهما زاخرة "بحكايات التناطبق والاختلاف"!!!

أحمد شوقى

يناير ٢٠٠١

مقدمة العارضين

هذا الكتاب قصة وخروج هذا العرض إلى النور قصة أخرى. فقصة الكتاب علمية بالدرجة الأولى تعنى بالمعرفة وما يتشعب عنها ومايرفدها من جداول وروافد. وينقسم الكتاب إلى عشرة أجزاء مقسمة فيما بينها إلى واحد وخمسين فصلاً تتناول مواضيع مختلفة في الكيمياء يعرضها المؤلف في سياق مايسميه القطبية أو الثنائية (Polarity-Dualism)، وهو سياق من الفلسفة والتاريخ والأدب والاجتماع، مستشهداً في ذلك بروايات مشوقة ورسوم واضحة. وتبدأ قصة الكتاب بالعنوان الذي يكرس هذه الازدواجية بين التطابق والاختلاف. ويخصص المؤلف جزءاً كاملاً لطرق التعبير في الكيمياء والعلوم بشكل عام، وهو أمر نادر الحدوث في المؤلفات التي تتناول عرض العلوم لغير المتخصصين. ورغم تعدد أجزاء وفصول الكتاب، إلا أنه التزم بالحديث عن الثنائيات أو الازدواجيات في الجزئيات كوحدات أساسية للمادة.

والقصة الأخرى هي قصة اختيار هذا الكتاب للعرض والجهد والإصرار من جانب رئيس التحرير الصديق العزيز الأستاذ الدكتور أحمد شوقي حتى ننجز هذا العرض، وهو أمر لم يكن سهلاً. لكننا عندما قرأنا الكتاب أيقناً كم هو على حق، وعندما انتهينا من العرض داخلنا إحساس بأننا فعلنا شيئاً للقارئ العربي، هذا القارئ المحروم من رافد من أهم روافد الثقافة العصرية، العلوم وفي صميمها تكمن الكيمياء، التي أعطتنا الغذاء والكساء والدواء، فشكراً للأستاذ الدكتور رئيس التحرير وللمكتبة الأكاديمية ومديرها المتقف، على هذا الجهد العظيم.

أحمد السماحي

فتح الله الشيخ

مقدمة المؤلف

يبدأ المؤلف كتابه بمقدمة عنه، وفي هذه المقدمة يجزم بأن الكيمياء شئ شيق للمشتغلين بفنون الجزيئات والحرفيين والعلميين ورجال الأعمال ولجميع المستهلكين لما تنتجه الكيمياء. ويسوق المؤلف عدة موضوعات في هذا الشأن:

١- ما الذى يبتغيه المرء عندما يأخذ والده المريض المحموم إلى طبيب؟ قطعاً يبتغى الرحمة به، لكن الأمر يتطلب إجراء تحاليل معملية وكيميائية للدم للوقوف على سبب الحمى وإيجاد الدواء من مضادات حيوية للقضاء على الكائنات المسببة للحمى. ولماذا ينزعج الإنسان عندما تقرر البلدية فى المدينة إنشاء مستودع ضخم لمعالجة القمامة بجوار بيته؟ قطعاً السبب هو زحام المرور والروائح الكريهة واحتمال تسرب بعض الجزيئات والأيونات إلى البئر الذى يستقى منه الماء، وكذلك تلوث الهواء.

وكل ماسبق كيمياء، فأنا وأنت عبارة عن كيمياء فى كيمياء بسيطة ومعقدة. وما نريده من الطب ليس مجرد دواء بل عناية ورحمة، وكذلك نفس الشيء من البلدية. غير أننا فى عالمنا الحقيقى المادى نتعامل ونتفاعل مع مواد هى فى حقيقتها كيميائية. والكيمائيات التى نتعاطاها كأدوية أو نخافها كملوثات هى وسط ذات حجم مناسب لتتفاعل مع جزيئات أجسامنا.

ويعانى الإنسان الطبيعى من ازدواجية إزاء الكيمائيات، ففيها الضرر والمفيد، وليس هذا الأمر مؤشراً على غياب المنطق، بل هو مؤشر على إنسانية الإنسان.

٢- هناك هدف ثان لهذا الكتاب ليس المقصود منه الدعاية للكيمياء، بل أن يفتح بابا للقارئ إلى عالم الكيمياء، ليرى كيف يمكن أن ترتبط هذه الازدواجية بالقوى النفسية الشائعة بيننا جميعا لتدخل في حياة من يعمل بالكيمياء. وعالم الكيمياء قابل للاختراق فإذا فهمه المرء زالت رهبته. وسيستعرض هذا الكتاب كيف يمكن توجيه الفكر والأدوات للإجابة عن بعض الأسئلة البسيطة التي تعن لأي فرد مثل: كيف يمكن إنجاز ذلك؟ ما الذى أملكه؟ كيف حدث ذلك بالفعل؟ كيف أخبر الآخرين إذا كان لابد من ذلك؟ وهل لهذا الشيء قيمة ما؟

٣- حيث إن موضوع الأقطاب (الثنائية أو الازدواجية) يربط بين المادة والأحاسيس، فإنه لا يمكن تجنب الإنسان فى هذا الشأن، بكل طاقته المندفعة للفضول وجرأة الخلق والإبداع والرهبة فى الوقت نفسه. وسأعرض لدواء التاليدوميد ولقصة حياة العالم الألمانى فريتس هابر (Fritz Haber) ولمسؤولية العلماء الاجتماعية من وجهة نظرى فى هذا الكتاب.

٤- ليس الكيميائيون أكثر فراسة من بقية الناس، لكن الأسئلة التى يضعونها والحرفية التى يجيبون بها عن هذه الأسئلة تجعلهم يدركون أمورا مثل القطبية وما يستتبعها من ضغوط، هى فى الواقع ضغوط الازدواجية فيما وراء الوعى فى أذهان الكيميائيين.

ويستطيع الكيميائيون الإجابة عن أسئلة مثل: "ما الذى أملكه؟" وما إذا كانت المادة التى تم تخليقها هى نفس المادة المقصودة نفسها أم لا؟ ومما لاشك فيه أن هويتنا التى تتشكل فى طفولتنا بالتأوب المثير بين الترابط والتفكك، هذه الهوية تهمننا بشكل عميق. فهناك رباط قوى بين ما يجرى فى الطبيعة من عمليات وبين عالمنا من الأحاسيس الداخلية.

وينهى المؤلف مقدمته الرائعة بالخلاصة الآتية:

"إننى أعتقد أن الرباط بين المادة والعوامل النفسية، والذي يظهر من خلال القطبية يسمح لنا بإدراك أسباب حبنا وخوفنا من الكيماويات".

الجزء الأول

"تمس الكيمياء كل جنبات حياتنا، فنحن نعيش الآن أطول كثيرا عن ذي قبل بفضل الكيمياء، وقد ارتفعت معدلات الشفاء من أمراض كثيرة نتيجة للعلاجات الكيميائية. والكيمياء - هذا العلم المتميز - هي الطريقة التي نتعرف بها الأشياء الطبيعية وغير الطبيعية عن طريق جزيئات هذه الأشياء. وقد تعلمنا الكثير عن جوهر المادة بدراستنا للجزيئات. وفي خضم حياتنا اليومية وبعيدا عن التصنيف البسيط للأمور على أنها فضائل ورذائل، فإن كل شيء من حولنا هو كيمياء.

هكذا يبدأ المؤلف الجزء الأول من الكتاب، والذي يتناول فيه بالعرض والتبسيط الكيفية التي تتماثل (أو تتطابق) الجزيئات بها وتختلف فيما بينها. ويبدأ بالتساؤل الذي دائما يطرحه الكيميائيون عند رؤية أى شيء جديد: ما هذا؟ وفي الواقع لا يوجد شيء نقي والأشياء الطبيعية عادة أقل نقاء من الأشياء المصنعة. والسبب في عدم النقاء هو أن الكائنات الحية معقدة لأنها نتاج عمليات تطور، استخدمت فيها أعداد لانهائية من الكيماويات في تجريب عشوائي على مدى ملايين السنين. ويتغير سؤال الكيميائيين من: ما هذا؟ إلى كم موجود من هذا؟ ولابد من فصل المادة إلى مكوناتها للإجابة عن هذه التساؤلات. وكل مكون عبارة عن مركب مكون من مجموعة من الذرات المرتبطة والمتماسكة ببعضها. وتسمى المجموعة جزيئات متماثلة. ولكل مركب خواص مختلفة. وبعد فصل المكونات لابد من تمييز المركبات المكونة لها. وبالنسبة للكيميائي فإن البنية تعنى كينونة الذرات الموجودة في المركب النقي وطريقة ارتباطها ببعضها وترتيبها في الفراغ.

ويستخدم الكيميائيون أجهزة حديثة لإجراء عملية الفصل مثل جهاز الكروماتوجراف الغازي، والذي تمكن من اكتشاف ٥٧ مركبا في الكاكاو منها ٣٥ مركبا لم يكن معروفا من قبل وجودها في الكاكاو. كما يستخدم الكيميائيون جهاز حيود الأشعة السينية (أشعة X) لتحديد البنية الفراغية للجزيئات. أما الطريقة التي يتبعها الكيميائيون في ذلك فتشبه إلى حد بعيد طريقة حل الألغاز البوليسية، فهم يقتفون آثار الجزيئات مستخدمين تقنية وأجهزة حديثة مثل أطياف:

- IR - الأشعة تحت الحمراء
- UV - الأشعة فوق البنفسجية
- MS - مطياف الكتلة
- NMR - الرنين النووي المغناطيسي

وغيرها.

وهنا يسرد المؤلف رأيه في تبسيط الأمور والاقتصار على مفاهيم محددة فقط لنفس العلم في تفسير المسائل فيقول "لايجوز الاقتصار على المفاهيم الخاصة بنفس العلم في تفسير الأمور، وهو مايسمى "الاختزالية"، لكن في المقابل علينا الاستعانة أفقيا ورأسيا بالتسلسل الهرمي للعلوم؛ فالعلوم الاجتماعية تستند على الإنسانيات (تقع فوقها)، وتأتي البيولوجيا فوقها ثم الكيمياء والفيزياء وأخيرا الرياضيات".

وعندما يضع الكيميائيون أيديهم على تركيبة معينة في الطبيعة مثل المادة الجاذبة للجنس الآخر في بعض الحشرات والفراشات، فإن ذلك لايعنى أن القصة قد انتهت، بل يذهب الكيميائيون أبعد من ذلك فيقومون بتخليق هذه المادة ثم اختبارها فيما هي مخصصة له في الطبيعة. وقد ينجحون أو يفشلون. وقد قالت كيميائية مشهورة مرة عن فشل زملائها في تحضير

مركب مماثل لجاذب جنسى "لم تجذب هذه المادة الجنس الآخر لكنها جذبت الكثير من الكيميائيين".

من المعروف أن جميع المواد -بما فيها الأجسام الحية- تتكون من جزيئات. وقد تكون هذه الجزيئات من ذرات مختلفة أو متماثلة، فالحديد والكبريت والفوسفور جزيئات لنفس الذرات، أما عنصر مثل الهليوم أو الأرجون فيتكون من ذرات منفصلة غير متحدة. وتترابط الذرات داخل الجزيئات بعدد من الأربطة يختلف من ذرة لأخرى. ففي المركبات العضوية ترتبط ذرة الكربون بأربع روابط أما الهيدروجين فلا يرتبط إلا برابطة واحدة. ولايكفى أن نعرف عدد ذرات العناصر داخل الجزيء لأن طريقة اتحاد هذه الذرات ببعضها تعطى أحيانا جزيئات لها بنى مختلفة.

ويقدم المؤلف عرضا لقصة تبين كيف يمكن التعرف على المركبات الكيميائية المعقدة بطرق مختلفة. وهذه القصة عن الخنافس التى تمضى حياتها طافية فوق الماء الآسنة وكيف تقوم بحماية نفسها من الأسماك والبرمائيات التى يمكن أن تلتهمها بسهولة. فقد أتضح أن هذه الخنافس تفرز مادة لبنية من غدتين كيسييتين لتعمل كعائق غذائى للأسماك والبرمائيات يمنعها من التهام الخنافس. وقد تم فصل ٤ ملليجرامات من زيت أصفر اللون من خمسين خنفسة، وأطلق عليه جيرينيدال (Gyrinidal). ومن هذه الكمية الضئيلة أمكن التوصل إلى بنية هذا المركب الحيوى ومن ثم تخليفه وتجربته على الطبيعة، فأثبت صحة البنية التى عينها الكيميائيون. وكان الكيميائيون قد استخدموا أجهزة القياس الطيفية المختلفة التى ورد ذكرها أنفا ليتمكنوا من إحصاء وجود ١٤ ذرة كربون و ٣ ذرات أكسجين و ١٨ ذرة هيدروجين لا أكثر ولا أقل فى كل جزئ من هذه المادة. لكن الكيميائيين لا يكتفون بمعرفة الصيغة الجزيئية للمركب وهى $C_{14}H_{18}O_3$ ، بل لابد من معرفة الطريقة التى ترتبط بها هذه الذرات وشكل الجزئ الناتج عن ذلك.

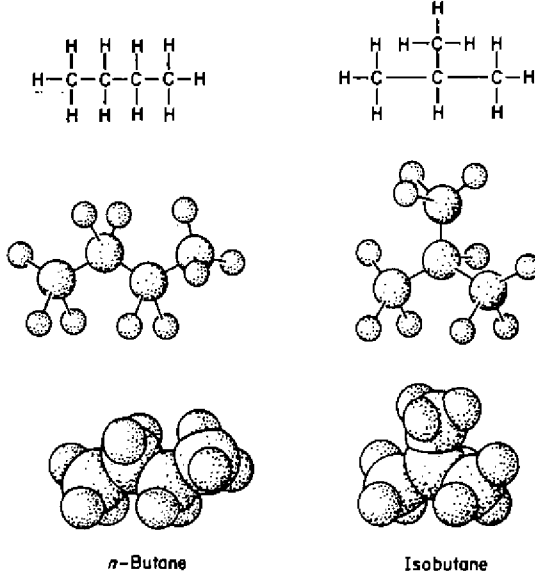
وحول موضوع الهوية في الكيمياء، فإن المؤلف يذكرنا بأن جميع المواد تتكون من جزيئات وأن الجزيئات بدورها تتكون من ذرات، وتنتمي هذه الذرات لحوالي ١٠٥ عناصر. وقد رتب مندليف هذه العناصر (لم تكن ١٠٥ في أيامه) في جدول ينظمها جميعا وتدرج فيه خواصها في دورات متكررة، لذلك سمي الجدول الدوري.

[illegible]

شكل (١): الجدول الدوري للعناصر (جدول مندليف).

من هذه العناصر يوجد حوالي ٩٥ عنصرا فقط في الطبيعة، أما بقية العناصر فهي من صنع الإنسان. وترتبط هذه الذرات ببعضها بروابط

كيميائية لتكون جزيئات بسيطة ومعقدة. وقد نجد جزيئين أو أكثر يحتويان على نفس نوع وعدد الذرات، وكذلك على نفس نوع الروابط الكيميائية، إلا أنهما يختلفان عن بعضهما. ومثال ذلك المركب C_4H_{10} فهو يوجد إما على شكل بيوتان عادى (n-butane) أو أيزو بيوتان (iso-butane).



شكل (٢): عدة طرق لتمثيل أيسومري البيوتان.

وتسمى هذه الخاصية الأيسومرية (التناظر أو التشاكل أو التشبه) البنوية. وقد كان اكتشافها نصرا مبينا للكيميائيين فى القرن التاسع عشر. ويزداد عدد الأيسومرات البنوية للجزئ الواحد كلما ازداد عدد ذرات الكربون فيه، ويبين الجدول الآتى تدرج أعداد الأيسومرات البنوية مع ازدياد عدد ذرات الكربون.

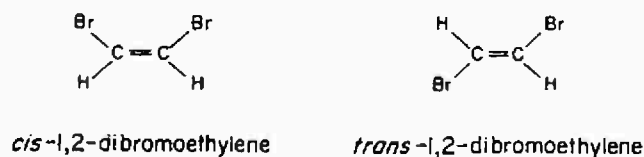
Table 1
Number of Structural Isomers of the Hydrocarbons C_nH_{2n-2}

Formula	Number of Isomers
CH_4	1
C_2H_6	1
C_3H_8	1
C_4H_{10}	2
C_5H_{12}	3
C_6H_{14}	5
C_7H_{16}	9
C_8H_{18}	18
C_9H_{20}	35
$C_{10}H_{22}$	75
$C_{15}H_{32}$	4,347
$C_{20}H_{42}$	366,319
$C_{30}H_{62}$	4,111,846,763
$C_{40}H_{82}$	62,491,178,805,831

جدول (١): عدد الأيسومرات البنوية للهيدروكربونات C_nH_{2n+2} .

وقبل أن ننكر على الطبيعة هذا التعقيد، علينا أن نتوقف لنتحقق من أن التعدد الوظيفي لشيء متكامل مثل الجسم البشري يتطلب مثل هذا التعقيد بل أكثر، فالتشعب يزودنا بالثراء. وقد تكون البساطة أمراً مريحاً لأذهاننا البسيطة لكنها ليست كذلك من أجل كتاب الحياة في هذا العالم.

وهناك نوع ثان من الأيسومرية، هي الأيسومرية الهندسية. وكمثال عليها لنأخذ جزئ ثنائي برومو الإيثيلين (dibromoethylene) حيث هناك أيسومران هما:



شكل (٣): الأيسومرات الهندسية سيس وترانس ثنائي برومو الإيثيلين.

سيس - وترانس - *trans*. وتتواجد ذرتا البروم في الجانب نفسه بجوار بعضهما في أيسومر سيس، أما في الأيسومر ترانس فإنهما

يتواجدان على جانبي الجزئ. ولهذه الأيسومرات الهندسية أهمية بيولوجية خاصة، فهي تلعب الدور الأساسي في كيمياء البصر. ففي شبكية العين يوجد مركب سيس - ريتينال (11-cis-retinal) الذي يتحول عند تعرضه للضوء إلى مركب ترانس ريتينال (all-trans-retinal) مرسلاً إشارة عصبية لترجمة الرؤية إلى المخ. ويأتى بعد ذلك دور أحد الإنزيمات الذي يقوم لحظياً بإعادة الأيسومر ترانس - إلى سيس - مرة أخرى لمداومة خاصية الرؤية عند الإنسان.

ويظهر دور الأيسومرية الهندسية في اختلاف النشاط البيولوجي حيث تقوم الأحماض الدهنية من نوع ترانس بزيادة الكوليسترول منخفض الكثافة (LDL) غير المرغوب فيه، وتقلل في الوقت نفسه من الكوليسترول عالي الكثافة (HDL). ومن أجل ذلك فإن الأحماض الدهنية غير المشبعة ليست على وجه التحديد مفيدة لنا.

وهناك سؤال يطرح نفسه على الكيميائيين: هل يوجد جزيئان متطابقان تماماً؟ وللإجابة عنه نشير إلى أن ذرة أى عنصر تتكون من نواة تتفاوت في عدد النيوترونات، وتسمى فيما بينها نظائر. فمن المعروف مثلاً أن للهيدروجين ثلاثة نظائر، كما أن للأكسجين ثلاثة نظائر كذلك، وتتواجد هذه النظائر بنسب مختلفة:

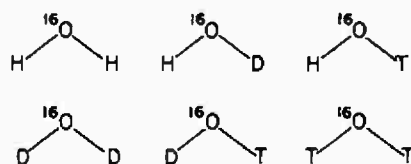
نظائر الهيدروجين ونسب تواجدتها

^1H	99.985%
$^2\text{H} = \text{D}$	0.015%
$^3\text{H} = \text{T}$	$10^{-20} \%$

نظائر الأكسجين ونسب تواجدتها

^{16}O	99.759%
^{17}O	0.037%
^{18}O	0.204%

وعندما تتحدد ذرتان من الهيدروجين (H أو D أو T) مع ذرة أكسجين (^{16}O أو ^{17}O أو ^{18}O) فإن ١٨ جزيئا مختلفا قد تتكون (بواقع ستة جزيئات لكل نظير من الأكسجين):



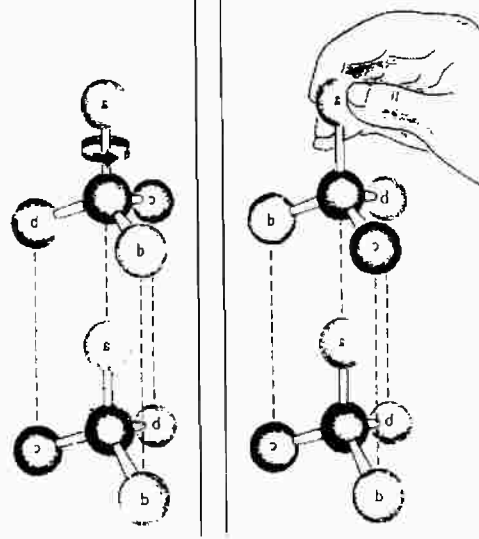
شكل (٤): الأيزوتوبومرات الستة لجزيء الماء مع ^{16}O .

ويحدث نفس الأمر للنظيرين ^{17}O و ^{18}O بالضبط. فإذا نظرنا إلى مركب أكثر تعقيدا من ذلك مثل الهيموجلوبين الذي يحتوى الجزيء الواحد منه على ٢٩٥٤ ذرة كربون C و ٤٥١٦ ذرة هيدروجين H و ٧٨٠ ذرة نيتروجين N و ٨٠٦ ذرة أكسجين O و ١٢ ذرة كبريت S وأربع ذرات حديد Fe، ونظرا لوجود نظائر لكل ذرة من ذرات هذه العناصر، فإنه من المتوقع أن نجد عددا لانهاثيا من الجزيئات المختلفة (التي تحتوى نظائر مختلفة) والتي تسمى فيما بينها أيزوتوبومرات (Isotopomers). وبذلك فإن احتمال وجود جزيئين متطابقين تماما من الهيموجلوبين بما فى ذلك التركيب النظائرى ومواقع النظائر أمر مستبعد.

ولذا فإن الإجابة عن تساؤل الكيميائيين حول تطابق جزيئين تطابقا تاما هى: لا، لكل الأسباب السابقة.

وهناك نوع ثالث من الأيسومرية يطلق عليه الكفية (من كلمة كف) أو الكيرالية (Chirality) والكلمة الأخيرة مشتقة من الإغريقية. وقد كان لويس باستير الشاب هو أول من تعرف هذا النوع من الأيسومرات وقام بفصلها عن بعضها. وتنشأ هذه الخاصية من وجود بنية لجزيء تقابلها

صورة مرآة لبنية أخرى للجزئ نفسه لاينطبقان على بعضهما، مثل كف اليد اليمنى وكف اليد اليسرى بالضبط.



شكل (٥): صورتنا مرآة لانتطبقان على بعضهما ومحاولة لانتطابقهما.

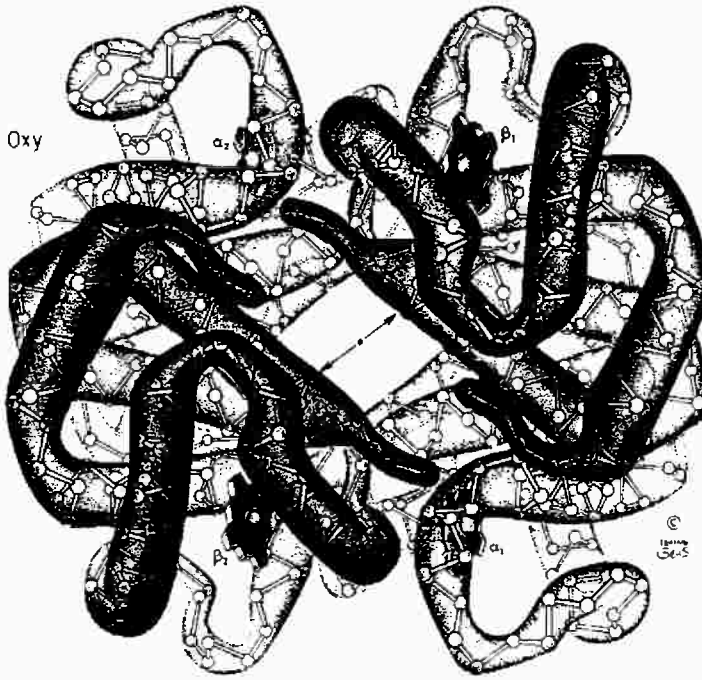
وتتمتع هذه الأيسومرات بخاصية النشاط الضوئي، حيث إنها تتسبب فى دوران مستوى الضوء المستقطب إذا مر خلال بلوراتها أو محاليلها. والضوء المستقطب هو موجات الضوء التى تتذبذب فى مستوى واحد فقط (يتذبذب الضوء العادى فى جميع الاتجاهات) مثل تلك التى تمر خلال الزجاج المسمى بولارويد.

وقد تمكن لويس باستير من فصل بلورات حمض الترترك من نوع D (التي تدير مستوى الضوء المستقطب ناحية اليمين) عن بلورات الحمض نفسه من نوع L (التي تدير مستوى الضوء المستقطب ناحية اليسار) باستخدام ميكروسكوب وملقاط. ولهذه الأيسومرات خواص مختلفة، فمثلا الأيسومر D-كارفون (D-Carvone) له رائحة الكراوية، أما الجزئ نفسه للمركب نفسه لكن الأيسومر L-كارفون (L-Carvone) فله رائحة النعناع.

ويسمى الخليط من D و L للجزئ نفسه بنسبة ١ : ١ بالخليط الراسيمي.

ويؤدي تماثل الجزيئات وتشابهها في بعض الأحيان إلى خداع أثناء التفاعلات، ويحفل تاريخ الكيمياء والطب بقصص عديدة لهذا الخداع، منها:

١- قصة الهيموجلوبين مع الأكسجين وأول أكسيد الكربون. فمن المعروف أن الهيموجلوبين هو الجزئ العملاق الذي ينقل الأكسجين من الرئتين إلى جميع خلايا الجسم، وهو جزئ عجيب.



شكل (٦): الهيموجلوبين في شكله المؤكسد بالأكسجين.

يقوم الهيموجلوبين بعمله عن طريق دخول الأكسجين من بوابة ليرتبط بالحديد داخل الهيموجلوبين (هناك أربعة أقسام في جزئ الهيموجلوبين يقع في مركز كل منها ذرة حديد، أي أن هناك أربع ذرات حديد). أما الطريق الذي يسلكه الأكسجين أثناء دخوله فيتشكل

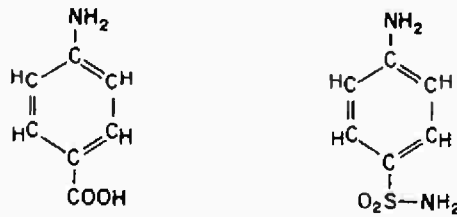
من لفائف البروتينات الموجودة حول الحديد، والتي تساعد على ارتباطه بالحديد.

ومع بزوغ شمس الحضارة التكنولوجية وحرق الوقود الحفري تولد عنه أثناء الاحتراق غير الكامل أحيانا غاز أول أكسيد الكربون CO. ولهذا الغاز المقدرة على دخول جيوب الهيموجلوبين للتشابه الموجود بينه وبين الأكسجين، غير أنه -أى أول أكسيد الكربون- أقوى مئات المرات فى ارتباطه بالحديد من الأكسجين، فلا يغادر جزئ الهيموجلوبين بعد ذلك لتتضور الخلية جوعا للأكسجين من أثر ذلك، الأمر الذى يؤدى إلى الوفاة.

٢- قصة الإيثيلين جليكول، وهو مركب مانع للتجمد وليس ساما فى حد ذاته إذا تناوله الإنسان، لكنه يتحول داخل الجسم إلى حمض الأكساليك السام بواسطة سلسلة من التفاعلات الحفزية مع الإنزيمات. ويدمر حمض الأكساليك الكلى. لكن العجيب فى الأمر أن الكحول الإيثيلي له مقدرة على منافسة الإنزيمات مما يحجب التأثير القاتل للإيثيلين جليكول، ويرجع ذلك إلى التشابه بين الجزيئين.

٣- وتتعلق هذه القصة باكتشاف العلاج الكيميائى بواسطة أدوية السلفا، حيث بدأت باكتشاف الدواء المسمى سلفارسان (Salvarsan) بواسطة بول إيرليش (Paul Ehrlich) سنة ١٩٠٩ لعلاج مرض الزهري. أما مركبات السلفانيل أميد (Sulphanilamide) فقد ظهرت إلى الوجود بعد عام ١٩٣٧ وأحدثت ثورة حقيقية فى العلاج الكيميائى. والعالم مدين لصناعة الكوك وصناعة الأصباغ الألمانية فى التوصل إلى الإنجازات العظيمة فى مجال الكيمياء، خلال النصف الثانى من القرن التاسع عشر وبداية القرن العشرين.

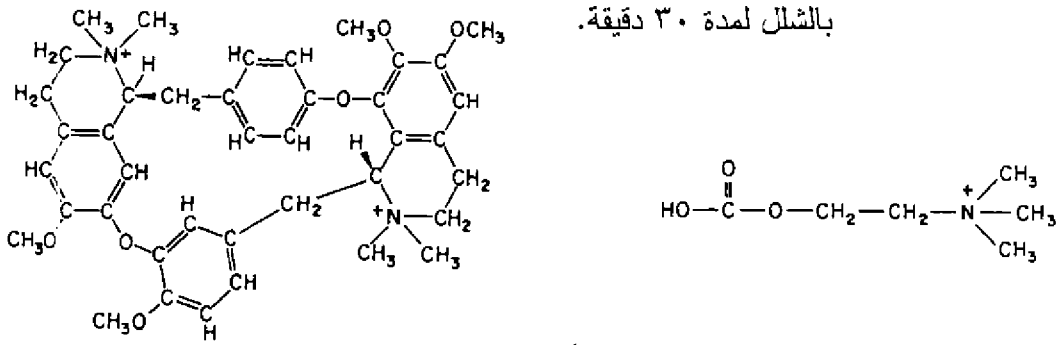
بدأت قصة العلاج الكيميائي بأدوية السلفا على يد الطبيب والعالم الألماني جيرهارد دوماج (Gerhard Domagk) عندما تعرضت ابنته للإصابة بعدوى من بكتريا من نوع "ستربتو كوكاس" ولم ينقذها من برائن الموت إلا العلاج بالسلفا. جلبت أدوية السلفا العلاج لأمراض التهاب السحائي والالتهاب الرئوي والحمى القرمزية بشكل فعال. وتعمل هذه الأدوية بالمحاكاة الجزيئية. فجزئ حمض الفوليك وشق الفولات من الجزيئات الأساسية داخل الخلايا لأنها تمثل محطات على طريق تخليق جزيئات أكثر تعقيدا. ونحن نحتاج حمض الفوليك في غذائنا (يدخل ضمن عائلة فيتامين B)، ولكن معظم أنواع البكتريا تقوم بتخليقه بنفسها مستخدمة في ذلك إنزيمات معينة (الإنزيم حافز بيولوجي) وبمساعدة جزئ حمض بارا أمينو بنزويك (P-aminobenzoil) الذي يشبه جزئ السلفانيل أميد إلى حد بعيد. وعند تناول السلفانيل أميد فإنه يقوم بخداع الإنزيمات التي تخلق حمض الفوليك بمحاكاته لحمض بارا أمينو بنزويك، فيثبط نمو البكتريا فتهاك. وتعد أدوية السلفا من أوائل المضادات الحيوية التي سبقت البنسلين.



شكل (٧): إلى اليسار جزئ بارا أمينو حمض البنزويك وإلى اليمين جزئ بارا أمينو بنزين سلفوناميد (سلفانيل أميد).

٤- يعمل جزئ الأسيتيل كولين (Acetylcholine) كناقل عصبي حيث يرتبط بمستقبلات معينة على جدران خلايا العضلات. وهذه المستقبلات عبارة عن بروتينات أو قنوات في جدران الخلايا. ويؤدي ارتباط الأسيتيل كولين بالمستقبلات إلى انقباض العضلات. وفي حوض

نهر الأمازون في فنزويلا يستخدم الهنود أحد المركبات من أصل نباتي يسمى كورير، وذلك لتسميم رؤوس سهامهم. وتكن طريقة عمل هذا السم في احتوائه على مركب دي تيوبو كيورارين (d-tubocurarine) الذي يماثل جزيئه جزئ الأسيتيل كولين فينافس في الارتباط بالمستقبلات. وبمجرد ارتباط هذا السم مع مستقبلات الأسيتيل كولين فإنه يوقف سلسلة التفاعلات التي تؤدي إلى انقباض العضلات فيصاب الإنسان بالشلل. ويستخدم هذا المركب في الطب لاسترخاء العضلات حيث تؤدي جرعة منه مقدارها ٣٠ ملليجرام إلى الإصابة بالشلل لمدة ٣٠ دقيقة.



شكل (٨): جزئ الأسيتيل كولين الناقل العصبي (أ) جزئ دي-تيوبو كيورارين (ب).

الجزء الثانى

كيف تروى الحكاية

بدأت الكتابة العلمية مبكرا بعد إنشاء الجمعيات العلمية الملكية فى أوربسا (عام ١٦٦٢ فى انجلترا وعام ١٦٦٦ فى فرنسا)، وكان النشر قبل ذلك مقتصرًا على الكتب، ثم أصبح ضمن رسائل موجهة إلى سكرتيرى الجمعيات العلمية أو على شكل محاضرات ورسائل علمية ضمن أنشطة هذه الجمعيات. صدرت بعد ذلك الدوريات التى أصبحت تضم فروع العلوم المختلفة. كان المطلوب من المقالات العلمية أن تكون محايدة دون اعتبار للأمزجة أو لشخصية كاتبها. لذا اتجه التطور فى الكتابة العلمية إلى التجريد ما أمكن لتصبح الرسوم البيانية والأرقام والمعادلات والصيغ المجردة هى حجر الزاوية فى الكتابة العلمية.

ويقارن المؤلف بين المقال العلمى منذ أكثر من مائة عام وبين المقال العلمى الحديث فلا يجد فروقا جوهرية، التسلسل نفسه: المقدمة فالجزء التجريبي ثم النتائج ومناقشتها والمراجع المستخدمة. وقد ساعد التطور الهائل فى الأجهزة فى إنجاز البحوث الكيميائية فى زمن قياسي، فما كان ليستغرق شهورا أصبح يتم فى دقائق أو ربما فى أجزاء من الثانية. وقد أدى ذلك إلى أن أصبحت الدوريات هى ناقلة المعارف.

ولابد أن تكون المقالة العلمية مباشرة ما أمكن فى تقديم أهداف البحث والنتائج ومناقشتها. أما ما يمكن أن يكون قد دار خلال إجراء البحث فهو أمر ليس للنشر. فإذا أخذنا فى الاعتبار أموراً أخرى كثيرة تتعلق بالمقالة

العلمية نستطيع أن نخلص إلى أن المقالة العلمية الكيميائية ليست تعبيراً صادقاً عما تم إجراؤه أو ما تعلمناه، لكنها في المقابل مرجع أنشئ لإنشاء.

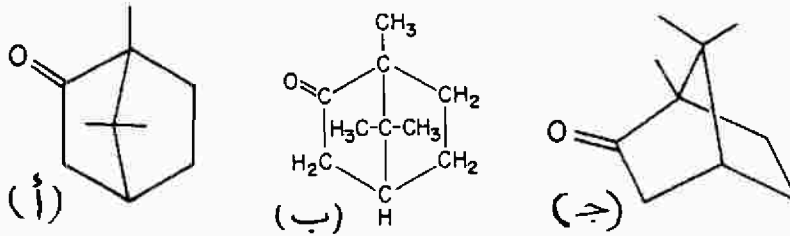
وفيما يتعلق باللغة وما يمكن أن ينشأ عنها من لبس، يورد المؤلف رأيه في الآتي: "الكلمة إشارة أو شفرة وهي تعني بالتأكيد شيئاً ما، لكن ما هو هذا الشيء؟ لابد من إعادة حل شفرته أو تحليله بواسطة القارئ، فإذا اختلفت طرق حل هذه الإشارة فلا بد أن يختلف المعنى المقصود للكلمة. ولذلك وحتى يكون المقصود بالكلمة واضحاً للكيميائيين جميعاً في أي مكان، أصبح الكيميائيون يتعلمون المجموعات نفسها من الإشارات" وقد قال لافوازييه مقولته الشهيرة "نحن نفكر فقط من خلال الكلمات، واللغات أدوات تحليل حقيقية".

ويستغرق علم السيموطيقا في التعبيرات الكيميائية المتعلقة ببنية الجزيئات بشكل جليل.

كانت بنية الجزيئات أمراً مهماً، فليس نوع الذرات فقط هو المهم بل الطريقة التي ترتبط بها في الفراغ والسهولة التي تتحرك بها من مواقع اتزانها أيضاً لها أهمية خاصة لأنها تحدد كل خاصية فيزيائية وكيميائية، وفي النهاية تحدد الخواص البيولوجية للجزيء.

ويعبر الكيميائيون عن المعلومات البنوية باستخدام اللغة والأشكال، ولهذا الأمر تاريخ فهو يتعلق بالفن والعلوم معاً. والأشكال التي يرسمها الكيميائيون ويتركونها وراءهم أحياناً على المطاريق أو المفارش في المطاعم، هذه الأشكال إذا نظر إليها إنسان عادي أصابته بالإحباط لأنها تمثل إشارات غير مفهومة بالنسبة إليه تماماً كما كتب رونالد بارث

(Roland Barthes) في كتابه عن اليابان حيث أسماها "إمبراطورية الإشارات". فعندما ينظر الكيميائي إلى الشكل (٩) يدرك مباشرة أنه يشير



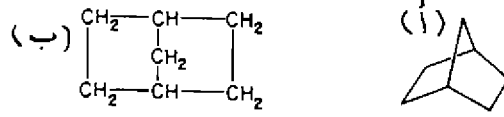
شكل (٩): البنية الكيميائية للكافور باختصار (أ) وبالتفصيل (ب) وفراغيا (ج).

إلى الكافور، وهو مركب طبي شمعي أبيض اللون ذو رائحة نفاذة. وهذه الطريقة تماثل الاختزال في الكتابة فمثلا تمثل كلمة يونسكو (UNESCO) منظمة الأمم المتحدة للتربية والعلوم والثقافة. غير أن المصنع المرسوم هو في الحقيقة اختزال للجزئ الآتي (٩ب) والذي يمكن التعبير عنه فراغيا بالشكل (٩ج).

وهناك صور أخرى للتعبير عن بنية الجزئيات مثل طريقة الكرة والعصا أو استخدام مقياس رسم حقيقي للذرات والمسافات التي بينها. لكن الكيميائيين دائما يتحدثون عن الإلكترونات التي حول الذرات، ومهمتهم معرفة أماكن تواجدها (احتمالات تواجدها)، ويقوم الكمبيوتر الآن برسم هذه الأشكال بدرجة كبيرة من الدقة.

ومن الغريب أن تصور الجزئيات العضوية في أشكال فراغية ذات ثلاثة أبعاد ظل مرفوضا لزم من طال أمده. ومنذ سنة ١٨٤٧ فقط أصبح معروفا للجميع أن ذرة الكربون رباعية الأسطح عندما ترتبط بروابطها الأربعة (Tetrahedral)، الأمر الذي يعني أن هذه الروابط تنطلق كالأشعة من منتصف شكل رباعي الأسطح متجهة إلى أركانه الأربعة. ولذلك يجئ

رسم بنية الجزيئات في ثلاثة أبعاد فراغية، فمركب نوربورنان (Norbornane) كان حتى الخمسينيات من القرن العشرين يرسم بالشكل (١٠ ب) وليس بالشكل الموجود (١٠ أ).



شكل (١٠): جزئ نوربورنان المستوى (ب) والفراغى (أ).

ويستطرد المؤلف عن الكتابة العلمية فيعرض لكلمة جدل: "ويقوم العلم على الجدل، وللجدل معان متعددة فهو قد يكون ببساطة مجرد شرح للأسباب أو سرد للحقائق، أو قد تعنى هذه الكلمة عدم الاتفاق أو مواجهة المعارضين". وهناك جدل شائع قائم بين النظريين والتجريبيين في شكل علاقة من الحب والكراهية. فالتجريبيون يعتقدون أن النظريين غير واقعيين وقيمون قصورهم في الهواء، مع أنهم في حاجة إلى أطر من النظريات لفهم الأشياء. في الوقت نفسه قد لا يثق النظريون في التجارب ويتمنون أن يقوم الناس فقط بالقياسات المهمة من وجهة نظرهم (النظريون)، لكن ما الذي كان سيصير إليه حالهم لو لم يكونوا على صلة بالواقع.

وتتسع المقالات العلمية مثل اتساع الحياة نفسها لرقصة الفالس التي تؤدي بين النظرية والتجربة على الدوام.

وهناك جدلية أخرى قائمة بين الكيمياء البحتة والتطبيقية بدأت في ألمانيا منذ منتصف القرن التاسع عشر، ولم يكن لها وجود واضح في إنجلترا في ذلك الوقت.

ويختتم المؤلف هذا الجزء الخاص بطريقة التعبير في الكيمياء والعلوم بوجه عام بسرد بعض النقد الحاد الذي تعرضت له بعض مقالات الكيميائيين، وهو نقد لاذع وساخر لم ينج منه حتى هوفمان نفسه (Hoffmann).

الجزء الثالث

صناعة الجزيئات

يصف العلماء أنفسهم بأنهم المختصون بالاكتشافات بينما تركوا الإبداع للفنانين. إلا أن المؤلف يعتقد أن الاكتشافات تمثل جزءا فقط من نشاط العلماء. وقد تزامن بزوغ عصر العلم الحديث في أوروبا مع عصر الاكتشافات الجغرافية.

ويورد المؤلف في هذا الجزء الثالث من الكتاب علاقة الفلسفة بالعلم بفروعها المختلفة، فيذكر أن فلاسفة العلوم الذين بدأوا حياتهم العلمية بممارسة العلم كانوا من علماء الفيزياء والرياضيات (باستثناء واحد هو ميشيل بولاني (Michael Polanyi) عالم الكيمياء الفيزيائية).

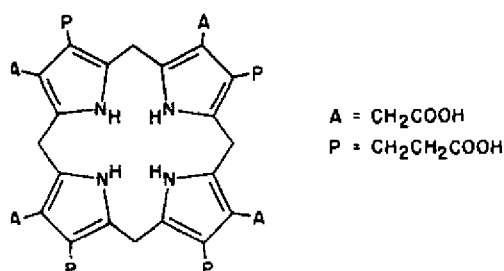
وقد تأثرت العلوم كثيرا بالفلسفة الاختزالية في صميمها وذلك بفضل المنطقيين الفرنسيين ومنهجة علمي الفلك والفيزياء قبل بقية العلوم. وتناسب الفلسفة الاختزالية الاكتشافات، غير أن الاختزالية في حد ذاتها هي أحد أوجه الإدراك وليس علينا أن نفكك أو نحلل الأشياء فقط، بل من واجبنا بناؤها. وقد كتب ريتشارد فاينمان (Richard Feynman) على السبورة يوما ما "مالا أستطيع خلقه لا أفهمه" كما كتب جوته في روايته الفريدة سنة ١٨٠٩ "الميل الانتقائية" في محادثة بين إدوارد وشارلوت (من أبطال الرواية) على لسان شارلوت "تصبح الميل مهمة فقط عندما تؤدي إلى الطلاق، وهذه الكلمة الكنيية المنتشرة هذه الأيام موجودة أصلا في العلوم الطبيعية (!)" وقد رد إدوارد عليها بقوله "إن من دواعي الشرف للكيميائيين أن يدعوا فنانين في فصل الأشياء عن بعضها" فأجابت

شارلوت "ليس الأمر مدعاة لكثير من الشرف الآن، حيث إن ربط الأشياء ببعضها أمر جيد، ويعد فنا أعظم من فعلها".

وتعرف الكيمياء بأنها علم الجزيئات وتحولاتها، بينما كانت تعرف منذ حوالي مائة عام مضت بأنها علم المواد أو المركبات.

وهناك جزيئات مازالت لم تكتشف في الطبيعة بعد، إلا أن الكيميائيين استطاعوا أن يخلقوا ما يربو على عشرة ملايين جزيء ليس لها وجود من قبل.

ويتدخل الكيميائيون بجزيئاتهم المخلقة حتى عندما يتعاملون مع الجزيئات الموجودة في الطبيعة، وأحد هذه الجزيئات والتي تستخدمها الخلايا لتخليق الكلوروفيل في النباتات هو يوروبورفيرينوجين-3 (Uroporphyrinogen-3) ويعرف اختصاراً باسم يوروجين-3 (Urogen-3) وتستخدم كل الخلايا النباتية مشتقات أخرى لليوروجين-3 في السيتوكرومات (Cytochromes) لنقل الإلكترونات.

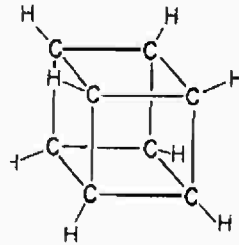


شكل (١١): جزيء يوروجين-3.

وقد تمكن العلماء من تخليق هذا الجزيء في سلسلة من التفاعلات وضعت الكيميائيين في مصاف الفنانين.

ويعرض الكتاب رأى دافيد بلنجتون (David Billington) حول العلاقة بين العلم والهندسة حيث قال: "يشترك العلم والهندسة فى تقنية الاكتشاف نفسها التجارب الفيزيائية والصياغة الرياضية- غير أن الطلاب يعرفون أن التقنية لها تطبيقات مختلفة بشدة فى كل من المجالين. فالدراسات الهندسية تتضمن ملاحظة واختبار عمل الجسور والسيارات والأشياء الأخرى المصنعة بواسطة الإنسان، بينما تعتمد الدراسات العلمية على تجارب معملية دقيقة أو ملاحظة الظواهر الطبيعية وعلى نظريات رياضية توضح ذلك، بينما يدرس المهندسون الأشياء ليغيروا منها فإن العلماء يدرسونها لتفسيرها".

وتحت عنوان "تمجيد التخليق" يبدى المؤلف إعجابه أولاً بإبداعات الخالق فى الطبيعة بدءاً من الصقيع والندى الذى يتكون ليلاً على أوراق الشجر وانتهاءً بعمليات الخلق التى تتكرر يومياً من حولنا آلاف المرات كميلاد طفل مثلاً. ويبدى إعجابه ثانياً بالإبداعات البشرية مثل موسيقى موتسارت ولوحات دافيد هاكنى، وتخليق جزئ الكيوبان البسيط بواسطة فيل إيتون وتوماس كول (Cubane by Phil Eaton & Thomas Cole) وهو الجزئ الذى يحتوى على ٨ ذرات كربون على شكل مكعب بسيط ترتبط كل منها بذرة هيدروجين واحدة.

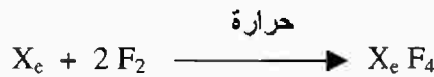


شكل (١٢): جزئ الكيوبان.

ويضع الكتاب عملية التخليق في الكيمياء في مصاف الإبداعات العظيمة والتي تقترب بالكيمياء من الفن. ومع أن التخليق يعد من أهم إنجازات الكيميائيين إلا أنهم يقومون أيضا بأمر آخر مثل دراسة خواص الجزئيات وتحليلها ووضع نظريات تفسر ثبات هذه الجزئيات وأشكالها وألوانه، وكذلك دراسة آليات التفاعل، إلا أن صميم عملهم يكمن في الجزئيات وعملية تخليقها إما في الطبيعة أو بواسطة الإنسان.

ونورد هنا ما عرضه الكتاب لبعض أنواع التخليقات:

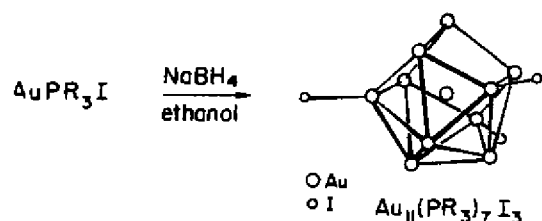
١- **التخليق من العناصر:** الصورة الموجودة في أذهان عامة الناس عن التخليق الكيميائي كوميدية إلى حد بعيد، فمزج المادة A بالمادة B ثم تسخينهما أو تعريضهما للضوء أو إمرار تفريغ كهربائي (شرارة) يعطى المركب الجديد C. وبالقطع ليس الأمر كذلك، ولا يعتد بالتخليق بواسطة خلط العناصر إلا إذا كان الناتج جزئيات غير موجودة مسبقا مثل فلوريد الزينون



وقد كان ذلك أول مركب لغاز نبيل مع هالوجين تم تحضيره بواسطة نيل بارلت (Neil Bartlett).

٢- **أحيانا بالتخطيط وأحيانا بالصدفة:** ويتضمن هذا النوع أنماطا مختلفة للتخليق. ففي البداية تكون هناك فكرة ليست واضحة تماما عن المطلوب تخليقه، قد تتضمن كسر رابطة هنا وتكوين أخرى هناك وهكذا. يكون العالم قد قرأ عن تفاعلات مشابهة فيكلف أحد مساعديه أو حتى أحد طلاب الدراسات العليا بإجراء هذا التفاعل الذي قد ينجح وقد يفشل. فإذا فشل يمكن تغيير بعض الظروف مثل درجة الحرارة أو إضافة مادة أخرى وهكذا قد تتكرر العملية عدة مرات. وفي

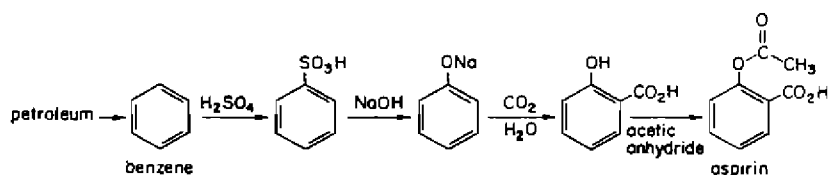
النهاية قد تحصل على شيء مختلف تماما عما خططناه. ومثال على ذلك تفاعل التخليق الآتى:



شكل (١٣): تخليق تجمع من ذرات الذهب الحاملة لمجموعات PR_3 .

حيث يتكون تجمع مدهش من ذرات الذهب بداهة كيميائيون من ميلانو بالمركب البسيط يوديد فوسفين الذهب $(Au PR_3 I)$ ، حيث عرضه لظروف التفاعل (المادتان $NaBH_4$ والإيثانول) التى تؤدى إلى تكوين روابط جديدة بين ذرات الذهب. لم يكن ممكنا أن يتنبأ الكيميائيون بما سيحدث، على الرغم من أنهم كانوا مستعدين لتتبع وتعيين الجزيئات التى ستتكون فى دورق التفاعل، وقد تكون بالفعل تجمع رائع من ذرة ذهب فى المنتصف تحيط بها عشر ذرات أخرى من الخارج.

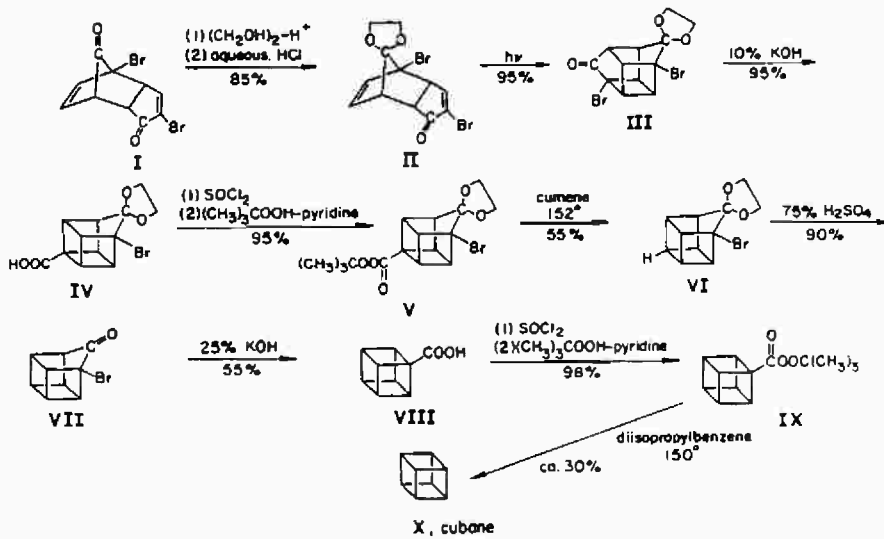
٣-التخليق الصناعى: يبلغ عدد أقراص الأسبرين التى تصنع فى الولايات المتحدة سنويا عدد الدولارات فى ميزانية الدفاع الأمريكى. ويحضر الأسبرين صناعيا من البنزين وهو أحد مكونات البترول وذلك بعد تعريضه لسلسلة من التفاعلات - كما هو واضح بالشكل (١٤).



شكل (١٤): إحدى طرق تحضير الأسبرين صناعيا.

منتهيا بحمض الأسيتيل ساليسيليك - الأسبرين، وليس الأسبرين استثناء
فمعظم الكيماويات الدقيقة تحضر صناعيا من مكونات البترول. ومن أهم
العوامل في الصناعات الكيميائية عامل الأمن والبيئة والتكاليف. والعامل
الأخير - التكاليف - هو الذى أملى سياسة "نحرب المادة الكيميائية
الأخرى" وذلك بهدف خفض تكاليف الإنتاج. وقد كان الضغط التنافسى
لخفض تكاليف الإنتاج هو الدافع وراء عدد من الإبداعات فى مجال
التخليق الصناعى.

ويستعرض الكتاب جزئ الكيوبان العجيب، وكيف تمكن كول وإيتون من
تحضيره سنة ١٩٦٤ فى سلسلة من التفاعلات تمت فى ٩ خطوات،
بادئين بمركب معقد ومنتئين بالكيوبان نفسه. كانت كل خطوة من
الخطوات التسع تتم بنسبة مردود أقل من ١٠٠%



شكل (١٥): طريقة كول وإيتون لتخليق الكيوبان.

مما يعنى أنه فى النهاية لن نحصل إلا على وزن ضئيل من المنتج
المستهدف (الكيوبان) رغم استخدامنا لكميات كبيرة فى بداية التخليق.

ويمكن تشبيه التخطيط لتخليق الجزيئات بتخطيط لاعب الشطرنج الذى يفكر فى عدة خطوات مسبقا، التى قد تأتى بنتيجة غير سارة، كذلك الأمر فى التخليق الكيميائى، وقد يتمكن لاعب لم يخطط إلا لعدد أقل من الخطوات من تحقيق النصر، كذلك الحال فى التخليق الكيميائى. ويمكن إيجاز مهمة الكيميائى الذى يعمل فى تخليق الجزيئات بأنها تخطيط لوضع معين على رقعة الشطرنج، يؤدى إلى القضاء على ملك الخصم.

واليوم أصبح فى الإمكان تصميم برامج للكمبيوتر تحاكي فكر الكيميائيين فى تخطيطهم لتخليق الجزيئات، وتستخدم هذه البرامج الآن فى بعض مختبرات المصانع، وهى تساعد فى عمليات التخليق الروتينية، غير أننا لم نتوصل بعد إلى تصميم برامج تفكر وتقرح بنفسها تخليقات مثيرة من النوع الذى لو تحقق لأمكن نشره كبحث فى مجلة من المستوى الرفيع. ومن الطبيعى ألا تحتل سيكولوجية البشر أن يحل محلها أجهزة الكمبيوتر.

ومن الطريف ملاحظة أن الجزيئات الوسيطة فى عملية تخليق الكيوبان أكثر تعقيدا من كل من الجزئ البادئ والمنتج النهائى، وليس الأمر مستغربا لأن عملية التخليق هنا تشبه التشييد المعمارى حيث يتطلب الأمر سقالات وشدادات وروافع تحيط بمكان المبنى حتى يتم البناء، كذلك الأمر فى التخليق الكيميائى حيث يكون الهدف حماية إحدى المجموعات الوظيفية على الجزئ الوسيط بواسطة شدادات وسقالات على شكل مجموعة أو مجموعات وظيفية أخرى، ومن هنا جاء التعقيد فى الجزيئات الوسيطة.

وهنا يرسم المؤلف صورة لما يحدث داخل ورق التفاعل فيقول "ليس التخليق الكيميائى إلا عملية تشييد لكنها ليست مجرد جمع أجزاء صندوق من الخشب ولاحتى مثل بناء فيلا، ففي ورق التفاعل يوجد فى المتوسط

٢٣١٠ جزئ دقيق يتحرك كل منها حسب هواه، إلا أننا نتمكن من تطويعها لتعمل كما نريد فنخلق ترتيباً محدوداً لنجعل الجزيئات تتحرك بصورة عشوائية حتى نصل إلى النتيجة المطلوبة".

وتحقيقاً لهذه الصورة وكما قال كورى (Corey) مؤلف كتاب "منطق التخليق الكيميائي": "إن الكيميائي الذي يعمل فى التخليق ما هو إلا مكتشف مؤهل بقوة ليقتراح ويتصور وفى النهاية يخلق". وأثناء صنع الأشياء يبدو أن المنطق والفن نقيضين يتجاذبان الأمور فى اتجاهين متضادين. وهناك أزواج أخرى - غير المنطق والفن - تعمل أثناء عملية التخليق.

ولا يملك المرء إلا أن يعجب بالطريقة التى كتب بها المؤلف المدخل إلى أحد فصول الكتاب وعنوانه "طبيعى / غير طبيعى" متخذاً مثالا من إحدى النافورات فى جزيرة قريبة من ستوكهولم تعرف بنافورة أجانيب من صنع كارل مايلز فيقول: "فى هذه النافورة خامات طبيعية وسبائك سبكت بتقنية غير طبيعية تستخدم بواسطة إنسان طبيعى فى سياق عمل غير طبيعى وهو النحت للتعامل مع أكثر العناصر طبيعية وهو الماء لنخلق صورة إنسان طبيعى و فرس ودولفين".

وترتبط بعض الصفات بأسماء الكيماويات مثل "متفجرة وسامة وضارة وملوثة" وهى صفات سيئة بينما فى المقابل ترتبط صفات حميدة بالأشياء عضوية المنشأ والتى لم تعالج صناعياً. ومع ذلك فإن المواد المخلقة تنتج على نطاق واسع وتباع وتشترى فى كل مكان، فهى تظلنا فى بيوتنا وتشفينا من أمراضنا وتجعل حياتنا أسهل وأكثر متعة وتنوعاً.

وينصح المؤلف الكيميائيين ألا يتألموا كثيراً آخذين على عاتقهم ذنب التسبب فى الأخطار التى تحدثها الكيماويات المختلفة، وفى النهاية ليسوا هم المسئولين عن طريقة التعامل السيئة مع هذه الكيماويات، وكل المشكلة

هى العلاقة السيئة بين أجهزة الإعلام ورجال الأعمال والكيمياء والكيميائيين.

وعلى الرغم من أن هناك حدوداً فاصلة بين ما هو من صنع الإنسان وما هو مخلوق وما هو غير طبيعي، إلا أن هذه التسميات يمكن أن تستخدم بدلاً من بعضها البعض، ففي كل الأنشطة البشرية سواء كانت فناً أو علماً أو إدارة أعمال (تجارة) أو إنجاب الأطفال ليس من المنطق الفصل بين ما هو طبيعي وما هو غير طبيعي.

وكما قال الفنان العظيم إيجور سترافينسكى (Egor Stravinsky) "ليست أصوات الطبيعة موسيقى، كما أن الموسيقى ليست محاكاة لأصوات الطبيعة".

ويذهب الكيميائيون أبعد من ذلك فهم يعرفون أن كل الأشياء مثل الماء والبرونز والصدأ ويدى الفنان مايلز وعينى -كلها تملك تركيباً ميكروسكوبياً. فهي تتكون من جزيئات ثم من ذرات مرتبة فى الفراغ بشكل يمنح هذه الأشياء صفاتها الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية. فكما لاحظنا، إذا كانت هناك بنية جزيئية صورة مرآة من بنية أخرى فقد يعنى هذا اختلافاً كبيراً فى الصفات. ومن مصادر الجمال فى الكيمياء الحيوية الحديثة، حل ألغاز آليات العمليات البيولوجية فى الطبيعة، مثل كيف يرتبط الأكسجين بالهيموجلوبين؟ ولماذا يرتبط CO بصورة أقوى منه؟ ولماذا حل النايلون محل الحرير؟ وهل هى صدفة؟ أم أن هناك تماثلاً بينهما على المستوى الجزيئى سواء فى التركيب الكيميائى أو فى البنية (مجموعات أميد وكربونيل (Amide; Carbonyl) وبنية على شكل رفائق مطوية وأربطة هيدروجينية... إلخ)؟ ولاشك أن أهم إنجاز فكرى للكيمياء فى عصرنا الحالى هو إدراك بنية الجزيئات من الماء وحتى بروتين رودوبسين فى قاع العين (Protein Rhodopsin).

وللكيميائيين طريقتهم في عرض الازدواجيات التي تحفل بها الكيمياء، فهم يستخدمون تعبير عضوى / غير عضوى منذ أمد بعيد عندما كان المصدر الوحيد للمركبات العضوية هي الكائنات الحية. وفي مجال إنتاج بعض الكيماويات الضرورية مثل فيتامين C، فإن مصدر الفيتامين يلعب دورا في التسويق بالدرجة الأولى، ولا يختلف فيتامين C المخلق عن ذلك المستخلص من مصادر طبيعية، لكن قد يشوب المواد الطبيعية بعض الشوائب بتركيزات ضئيلة (أجزاء فى الألف) تكسبها صفات محببة كالرائحة والمظهر.

ويستخدم الكيميائيون تعبيراً مثل "تخليق المنتجات الطبيعية" عندما يحاكون الطبيعة فى تخليق منتجاتها، لكنهم فى المقابل لا يستخدمون تعبير "تخليق المنتجات غير الطبيعية" فى حالة تحضير مركبات ليس لها وجود فى الطبيعة.

ويختتم المؤلف الجزء الثالث من الكتاب بفصل يجيب فيه عن التساؤل السائد: لماذا نفضل الأشياء الطبيعية؟ دون النظر لـهويتنا أو لأعمالنا. وهناك فى الواقع ست قوى نفسية (سيكولوجية وعاطفية) ضمن قوى أخرى عديدة تتداخل مع بعضها وتؤثر فى هذا الاتجاه، وهى: الرومانسية، والوضع الشرعى القانونى، والتنفير والابتعاد، والتذرع (الإدعاء)، ومقياس الأشياء ثم روحها.

ويستشهد الكاتب بأوبرا تشايكوفسكى الشهيرة على كلمات الشاعر الروسى (من أصل عربى) بوشكين "الداما البستونى" (Queen of Spades) على أن الحنين لأمر طبيعية حنين لاطائل وراءه، فالأغنيات الرومانسية الريفية والرعية (Pastorale) تمثل شجنا لأمر لم تعد قائمة ولا يمكن أن توجد. لكننا مازلنا نستشعر رغبات دفينة أن نحس بالريح فى قلوب القوارب

ورائحة الخشب وملمس العشب... حتى إذا لم تكن هذه الأشياء موجودة الآن.

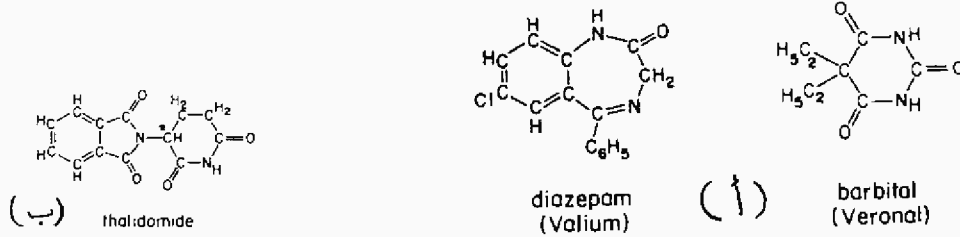
وقد حققت المواد المخلقة النجاح الذى كفل لها أن تصبح فى متناول الجميع لرخص ثمنها ومقدرتها على التحمل والتشكل، لكن الإنسان هذا الكائن العجيب لا يفتن أبدا فداثما يطلب المزيد ويتوق لامتلاك النادر والأغلى. فبعد أن أصبحت المنتجات المخلقة سهلة المنال أخذت الأقطان والأصواف ترقى وتصبح مطمعا فى أعين الناس، فهو بطبعه يفسر من الأشياء التى تنتج بكميات كبيرة ومتكررة والتى تشبه بعضها بعضا، فهناك دائما رغبة دفينة فى داخلنا تبحث عن بصمة أو توقيع الصانع أما الأشياء الصناعية أو المخلقة فإنها تنتج فى مصانع، نتيجة عمليات متكررة ومماثلة تؤدي إلى منتج متطابق لا تتميز وحداته عن بعضها بأى شىء.

لكن ما الذى يجعل العلماء (والعلماء لا يختلفون عن بقية البشر) دئى البحث عن الأشياء الطبيعية (!) ليس هناك فى الواقع تفسيرات سيكولوجية أو اجتماعية بسيطة لذلك. يقول جين بول مالريو (Jean-Paul Malrieu) "إن ارتداء الملابس الكتانية يجعلنا نتشارك -على الأقل فى خيالنا- مع أجدادنا وأسلافنا الأولين، ومع الأبطال والتاريخ. والأمر نفسه يمكن قوله على الأخشاب والأحجار، فكلما تلامسنا مع هذه الأشياء نذكرنا صور الحياة الماضية السحيقة التى مرت على كوكب الأرض حتى من قبل أن يظهر الإنسان".

الجزء الرابع

عندما يحدث خطأ ما

فى هذا الجزء من الكتاب يعرض المؤلف القصة الشهيرة للدواء المهدئ "ثاليدوميد" Thalidomide الذى تسبب فى إعاقة آلاف الأطفال فى أوروبا، موضحا الظروف التى أحاطت بتحضير واختبار وتسويق هذا الدواء. ففي ألمانيا فى فترة مابعد الحرب العالمية الثانية، كانت سوق الدواء مفتوحة لكل من هب ودب، ولكل دواء، ولم يكن مطلوباً إثبات كفاءة أو درجة أمان أى دواء جديد بالتفصيل. وكانت الشركة الألمانية "تشيمنى جروننتال" (Chemie Grunenthal) للأدوية بحكم حجمها الصغير لا تملك إلا معملًا صغيراً للأبحاث على رأسه طبيب اسمه هنريتش موختر (Heinrich Muehler) وفى سنة ١٩٥٤ قام أحد الكيميائيين التابعين له ويدعى ولهم كونز (Wilhelm Kunz) وهو فى الأصل صيدلى بتخليق المركب n - فتاليدوميدور - جلوتاريميد (ثاليدوميد) - n-phthalidomido - glutarimide (Thalidomide) وله جزئ يماثل جزيئات الفاليوم والليبريوم.



شكل (١٦): بنية الفاليوم والفيرونال (أ). بنية التاليدوميد (ب).

وكان المتبع فى ذلك الوقت أن تحاول كل شركات الأدوية البحث عن مركبات شبيهة (على المستوى الجزيئى) لكل دواء جديد. غير أنه من

الملاحظ أن جزئ ثاليدوميد به ذرة كربون (مرقمة بنجمة) حولها أربع روابط مختلفة، أى أن المركب أيسومر كفى وله نشاط ضوئى. وقد كان الدواء خليطاً راسيمياً من D و L (بنسبة ١:١).

وقد ادعى باحثو شركة تشيمى جرونينثال المنتجة لهذا "الدواء" أنه مسكن، لكن اتضح فيما بعد أن ادعائهم عار عن الحقيقة. ودون الدخول فى التفاصيل، وعندما تمت محاكمة المسؤولين عن هذا "الدواء" بعد الكوارث التى تسبب فيها، وردت العبارات الآتية فى محاضر التحقيق:

- "لا لم تكن هناك أوراق بل محادثة تليفونية أخبرنى فيها الدكتور... بصلاحية الدواء".

- "كلا لقد اكتفينا بما قالته الشركة الإسبانية شفها لنا... وقد كان تقريرهم جيداً".

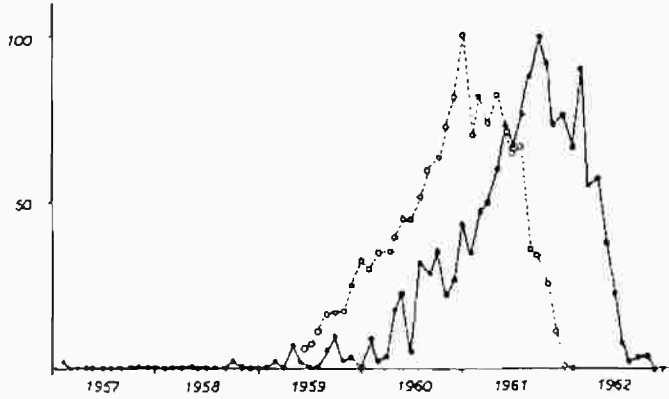
- "فى الواقع لم أر هذا البحث، وقد يكون لم ينشر قط".

- "... لا أذكر بالضبط هل كان ذلك فى حوار أثناء لقائنا أم أثناء لعب الجولف أم أثناء تناول طعام الغداء، لكننى أذكر أنه أكد لى ذلك".

- "أفاد الطبيب من سغافورة أنه لم يحدث أى تأثيرات ضارة على المرأة الحامل عند تناولها للدواء" - ولم يذكر ما الذى يمكن أن يحدث للجنين أو للطفل بعد الولادة".

لقد كان ما حدث أمراً فظيماً، فقد كان الأطفال يولدون بأقلامهم ملتصقة بأكتافهم وأردافهم. ثمانية آلاف طفل ولدوا بهذه الإعاقة أو بشكل قريب منها، معظمهم فى ألمانيا و إنجلترا، وال قليل منهم تم رصدده فى عشرين دولة أخرى. ولم تسحب الشركة الدواء من الأسواق إلا بعد الفضائح الإعلامية.

كان أكبر دليل على ضلوع "الدواء" "ثاليدوميد" فى الجريمة هو التّطابق المذهل بين مبيعات ثاليدوميد فى يناير من كل عام مع عدد حالات الإعاقّة فى مواليد أكتوبر (بعد ٩ أشهر) من العام نفسه. وقد عدلت أرقام الحالات على المنحنيات ليكون أقصى رقم = ١٠٠



شكل (١٧): مبيعات دواء ثاليدوميد (منقط) وحالات الإعاقّة (مستمر).

ويدعو المؤلف بعد ذلك إلى مواجهة بعض النقاط التى أثارها هذه القصة المرعبة:

(١) فهل الثاليدوميد كارثة كيميائية؟ يبدو أن أبطال القصة لم يكن بينهم سوى كيميائى واحد هو ويلهلم كونز، أما الباقين وعددهم سبعة فقد كان خمسة منهم أطباء، فقد كانت الشركة تدار بواسطة أطباء. لماذا إذا يقع اللوم على الكيمياء؟ أولا لأن ثاليدوميد مادة كيماوية، ولأنه من الواجب تحذير الناس من المواد الكيماوية المخلفة تماما كما نحذرهم من المواد الطبيعية الضارة. وتمتلك وسائل الإعلام الآن قائمة مليئة بالكوارث الكيميائية مثل كارثة بهوبال فى الهند (وستحدث هناك كارثة أخرى)، وكوارث سيارات الشحن المعبأة بالبترين

والكلور، وكوارث DDT ومركبات الكلوروفلوروكربونات، والتسمم بالزئبق في البرازيل واليابان.

ويمكن الدفع بأن الكيمياء ليست هي سبب الكوارث، بل إن الذين اكتشفوا العلاقة بين استنزاف طبقة الأوزون في الستراتوسفير ومركبات الكلوروفلوروكربونات كانوا كيميائيين (شيروود رونالد وماريو مولينا).

ثانياً يمكن النظر إلى التاليدوميد من زاوية أخرى، وهي كونه جزيئاً كبيراً (كفياً) يمتلك في بنيته ذرة كربون محاطة بأربع مجموعات مختلفة، وأثناء تخليقه ينتج كميات متساوية من نموذج اليد اليمنى ونموذج اليد اليسرى (L & D)، وهناك بعض الدلائل التي تشير إلى اختلاف بين خواص الأيسومرين، وأن أحدهما "غير مؤذ أو ضار" لكن المشكلة أنه يتحول إلى الأيسومر الآخر تحت تأثير الظروف الفسيولوجية، وهكذا تزداد المشكلة تعقيداً. وهناك حالات واضحة لاختلاف التأثير البيولوجي للأيسومر الكفي صورة المرأة من الجزئ الذي يعالج المرضى فيستخدم D - بنيسيل أمين (D-penicillamine) على نطاق واسع في معالجة مرض ويلسون والتهاب المثانة والروماتويد، لكن الأيسومر الضوئي (الكفي) له يعطى نتائج معاكسة. والأيسومر الضوئي (الكفي) لأحد أدوية التدرن الرئوي (السل) هو إيثامبيوتول (Ethambutol) قد يتسبب في فقدان البصر، بل إن الآثار الفظيعة التي تسبب فيها مسكن الألم بينوكسابروفين (benoxaprofen) كان يمكن تجنبها لو أن الدواء كان يقدم في إحدى صورته الكفية فقط.

وإذا أخذنا أكثر ٢٥ دواء مبيعا في الولايات المتحدة والتي يصل ثمنها إلى ٣٤,٤ بليون دولار أمريكي لوجدنا أن ٢٥% منها فقط ليست كيرالية (كفية) و ١١% يتم تسويقها كخليط من الأيسومرين الكفيين، و ٦٤% يتم

بيعها كأيسومرات نقية. وبمرور الوقت سيتم تسويق كل الأدوية ذات النشاط الضوئي منفصلة كل أيسومر على حدة.

(٢) لاشك أن ماحدث دليل على علم سئ (الشركة المنتجة والفاحصون)، ولو نظرنا إلى الأقوال التي وردت في التحقيق على ألسنة الأطباء الإسبان والأمريكان والصينيين، لن نرى شيئاً جيداً (فارماكولوجيا، أو بيولوجيا، أو طب، أو كيمياء)، أو حتى شيئاً روتينياً عادياً. لو كان ذلك قد حدث لما وقعت كارثة الثاليدوميد. فقد كان إجراء اختبار الأدوية على الحيوانات شيئاً روتينياً في ذلك الوقت، وهو ما فعلته الشركة المنتجة للميلتون في سنوات ١٩٥٤ و ١٩٥٩ على التوالي، أى قبل ظهور الثاليدوميد. وقد كانت الدكتورة فرانسيس كيلزى (Dr. Frances Kelsey) الطبيبة المسؤولة عن ترخيص الدواء فى هيئة FDA (هيئة الأغذية والأدوية الأمريكية) قد قاومت الضغوط التى مارسوها عليها لترخيص الثاليدوميد فى الولايات المتحدة لأسباب موضوعية، فقد كانت هى شخصياً التى اكتشفت أن جنين الأرنب لا يستطيع التخلص من الكينين بينما يستطيع كبد الأرنب البالغ أن يفعل ذلك بكفاءة عالية.

لقد فشل النظام القائم، كما فشل الطب والعلم (بما فى ذلك الكيمياء). وكان لابد للتشريع أن يحسم الأمر بالنسبة لاختبارات الدواء، الأمر الذى بدأ يفرض وجوده عالمياً ببطء وثبات خلال الستينيات من القرن العشرين. وفى رأى يقول المؤلف - أن الأمر كله كان شيئاً للغاية.

(٣) يتكلف اليوم أى دواء حتى يظهر على أرفف الصيدليات حوالى ١٠٠ مليون \$ دولار نظير أبحاث واختبارات الأمان والكفاءة، ويدفع البعض بأن هذا التعطيل والتكلفة المرتفعة إنما تجعلنا نفقد الكثير من الأرواح بطريق غير مباشر. وعندما أسمع هذه التعليقات يقول المؤلف - أشعر أننى يجب أن أفعل مالا أود فعله وهو أن أعرض

صورة أطفال الثاليدوميد. وليس الأمر كم حياة قد تكون معرضة للفقد نتيجة الإجراءات والقواعد الصارمة للأمان والكفاءة، ولكن كم أنقذنا من أرواح بمنعنا إنتاج أدوية مثل الثاليدوميد.

ويختتم المؤلف هذا الفصل عن الثاليدوميد برواية حادثة كيميائية جرت لعالم مشهور هو بريمو ليفي (Primo Levi) أوردها في كتابه "الجدول الدوري". فقد كان ليفي يحتاج لقطعة من الصوديوم لتجفيف أحد المذيبات العضوية (يمتص الصوديوم آثار الماء من أى مذيب عضوي) ولما لم يجد الصوديوم تذكر أن البوتاسيوم قريب الشبه من الصوديوم، فقرر استخدام قطعة منه بدلا من الصوديوم فوق انفجار شديد. وهنا الفرق، فقد يشبه عنصر عنصرا آخر لكنهما ليسا متطابقين تماما.

لاتوجد جزيئات رديئة إنما الإنسان هو الذى يحولها إلى ذلك بالإهمال. فهناك تقارير حديثة تفيد بأن للثاليدوميد (سئ السمعة) مقدرة على علاج التهابات الجذام، كما أنه يقاوم تكاثر فيروس HIV-1 المسئول عن مرض الإيدز. وأكسيد النيتريك NO ملوث للهواء لكنه ناقل عصبى طبيعى. والأوزون O₃ يعمل على حماية الحياة وهو فى الستراتوسفير على شكل طبقة رقيقة لكنه عند سطح الأرض ملوث خطير مسئول عن ظاهرة الضبخان الفوتوكيميائى (مثل السحابة السوداء فوق القاهرة)، ويدمر الأوزون إطارات السيارات والحياة النباتية وأنسجتنا الحية.

ويضيف المؤلف أن واجب العلماء هو البحث عن الجديد دائما، وأن يكتشفوا ويخترعوا وليس هناك من سبيل للتغاضى عن ذلك، فإذا لم يجد أحدهم هذا الجزيء أو ذاك سيجده غيره من العلماء.

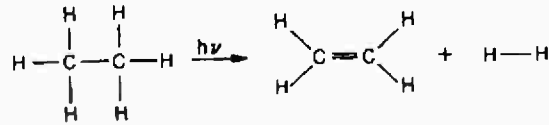
والعلماء مسئولون مسئولية كاملة عن سوء استخدام مخترعاتهم وإبداعاتهم، وعليهم أن يبينوا بوضوح تام لبقية الناس الأخطار والكوارث التى قد تتجم عن سوء استخدام ما يصنعونه. إنها مسئوليتهم تجاه البشرية، هذه المسئولية التى تجعلهم بشرا.

الجزء الخامس

الميكانيزم (الآلية)

يعرض المؤلف في هذا الجزء آليات حدوث التفاعلات والنظريات التى تحكمها. وتتشابه الخطوات التى يتحول بها أحد الجزيئات إلى جزيء آخر مع برامج الكمبيوتر أو وصفه إعداد وجبة معينة بدءاً من المواد الأولية. ويعتبر هذا الأمر تاريخاً لعملية حدثت فى الماضى ولكنها قابلة للتكرار. والميكانيزم أو الآلية هو الكيفية التى تتتابع بها الأفعال الميكانيكية التى ينقسم إليها الفعل المستمر.

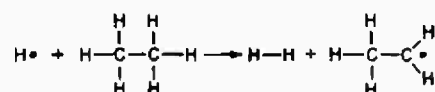
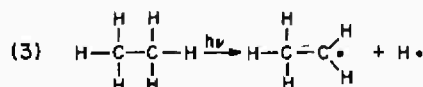
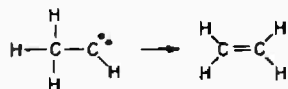
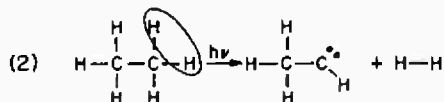
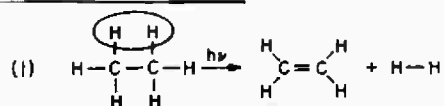
ويضرب المؤلف مثلاً من ميكانيزم تحول الإيثان إلى إيثيلين وهيدروجين



شكل (١٨): تأثير الضوء (التحلل الضوئى Photolysis) للإيثان إلى إيثيلين.

بواسطة أشعة الضوء فوق البنفسجية (UV). والتفاعل المكتوب بهذا الشكل يبدو سهلاً، فإذا دخلنا فى الموضوع سنجد أننا أمام عدة ميكانيزمات محتملة تحدث بها عملية انفصال الهيدروجين.

Hypathetical mechanisms:



شكل (١٩): ثلاثة ميكانيزمات للتحلل الضوئي للإيثان.

وللتوصل إلى ميكانيزم حقيقى (أكثر صدقا) علينا أن نستعرض جميع الميكانيزمات ثم نستبعد منها غير الصالح أولا بأول إلى أن ننتهى بأكثرها احتمالا. وفى إحدى هذه الميكانيزمات تتحرك الجزيئات بسرعة وتتصادم مع بعضها (عددها 10^{20} جزيء) وتطلق ذرة هيدروجين. ولايقبع الهيدروجين ساكنا بل يمكن أن ينتزع ذرة هيدروجين أخرى تكفى لتكوين جزيء هيدروجين. وتسمى هذه الميكانيزم بالتفاعل المتسلسل.

وتستخدم النظائر وجهاز مطياف الكتلة كجواسيس لاستيضاح أى الميكانيزمات أكثر احتمالا. فمن المعروف أن نظائر الهيدروجين أثقل منه مرتين (D) أو ثلاث مرات (T). ولايكفى استثناء ميكانيزمين ليكون الثالث هو الأكثر احتمالا، بل يجب إثبات صحة ذلك فقد يكون هناك ميكانيزم رابع وخامس و... هكذا.

ويستطرد المؤلف في عرض أفكاره فيتساءل إذا ما اكتشف أحد العلماء الكبار أن بحثاً حديثاً قد نشر في صميم تخصصه ولم يشر إليه كمرجع، فهل يعطيه ذلك الحق أن يدقق ويمحص في هذا البحث ليقع على أى خطأ فيه؟ ومن وجهة نظر المؤلف نعم، فالعلم يصنعه الإنسان، والإنسان تحركه مجموعة من الأمور من بينها الفضول والبحث عن المعرفة، لكن هناك أيضاً التطلع لامتلاك القوة واعتراف الآخرين والمال والجنس والجمال. وهى الأمور نفسها التى تحرك المبدعين الآخرين، فهل هناك خطأ فى ذلك. إنما الخطأ أن تفعل الصواب مستهدفاً شيئاً خاطئاً. وكما قال إيليو: "الخيانة هى آخر الرغبات، وأن تفعل الصواب من أجل هدف خاطئ".

والسبب فى تخيلنا وجود خطأ أو عيب فى البحث عن أخطاء الآخرين يكمن فى أننا فى بحوث الكيمياء نخلط بين البحث عن المعرفة والبحث عن الحقيقة. وهناك خطر كامن فى استبدال المعرفة بالحقيقة، فإذا صنفنا أنفسنا كباحثين عن الحقيقة، إذا لوضعنا أنفسنا فى زمرة رجال الدين والسياسة، بينما مكاننا الطبيعي، كما يعتقد المؤلف، ضمن الفنانين المبدعين. أولاً لأننا بالفعل نبدع هذا العالم، وثانياً لأن الناس على قناعة أكثر بالفنانين المبدعين.

ولماذا نظن أن بعض الناس ملائكة ونتطلب فيهم الأخلاق والذوق الرفيع، ونخلط بين عمل الإنسان وسلوكه. فقد رأينا كيف يشذ بعض رجال الدين والسياسة عن الخلق القويم، وكيف يبدو ذلك سيئاً جداً فقط لأن أخطاءهم تبدو أكثر جسامة ووقعا على الناس. ويستشهد المؤلف بقصة من الكلاسيكيات الغربية عن علاقة موتسارت وساليرى (الموسيقار الذى اتهم بقتل موتسارت ولم تثبت براعته أو إدانته حتى الآن). فنحن نتصور موتسارت ملاكاً بينما هو فى الحقيقة موسيقار عظيم لكن نفسيته وحياته معقدتين.

ويتناول المؤلف أحد المفاهيم العلمية الأساسية عن السكون والحركة متخذاً من عملية البخر مثلاً على ذلك. فإذا كانت زجاجة نبيذ مفتوحة سيبتخر منها الماء والكحول، لكن إذا كانت مغلقة بإحكام فإن الأمر سيبدو ساكناً سكناً تاماً، على الأقل ظاهرياً. وفي الحقيقة هناك حركة دائمة للجزيئات، ولأنها -أى الجزيئات- أصغر كثيراً من أن نرى حتى بأقوى الميكروسكوبات فإن حركتها لا تظهر لنا. وفي الزجاجة المغلقة التى قد تظل كذلك لسنوات عديدة تمارس الجزيئات حركتها الدائبة الدائمة فتنتقل من الحالة السائلة إلى حيز الهواء المحبوس فى الزجاجة، وفى الوقت نفسه، وبالمعدل نفسه تغادر الجزيئات حيز الهواء وتدخل فى الحالة السائلة، وبذلك يكون هناك اتزان ديناميكى قائم على تساوى سرعتى عمليتين متضادتين ومتساويتين (البخر والتكثف). وكمثال قريب من ذلك عندما نقوم بملء البانيو بالماء بينما سدائنه نصف مغلقة (أو نصف مفتوحة) فقد يحدث أن تتساوى سرعتا نزول الماء من الصنبور وتسربه من فتحة البانيو، وفى هذه الحالة سيظل مستوى الماء فى البانيو ثابتاً كما هو بينما فى الواقع يتجدد الماء باستمرار ويكون مستواه فى حالة اتزان ديناميكى.

وقد يختل الاتزان الكيميائى أحياناً مما قد يسبب بعض الكوارث (انتشار الأمراض أو حدوث انفجار غير متعمد) لكن فى أغلب الأوقات يعتمد الكيميائيون إحداث خلل فى الاتزان الكيميائى لدفع التفاعل فى اتجاه معين، لكن فى النهاية لابد من الوصول إلى اتزان ديناميكى.

أما كيف عرفنا بالحركة الدائمة لجزيئات الغاز أو السائل، فقد تم ذلك من ملاحظات الناس لدقائق الغبار التى تتقاذف إذا وقعت فى مسار حزمة من ضوء الشمس، أو من الحركة الشواشية لدقائق الدخان. ويمكن أن نستنتج أن شيئاً ما غير مرئى يصطدم بهذه الدقائق فيجعلها تتحرك وتنحرف فجأة فى مسارها. إنها فعلاً تصطدم بجزيئات الهواء (النيتروجين والأكسجين).

وقد وضعت نظرية اسمها نظرية الحركة للغازات، وهي تتناول حركة الجزيئات السريعة كما في الهواء وتقوم على عدة فروض:

١. تتركز كتلة الجزيئات في حيز صغير جداً
٢. تتعامل الجزيئات مع بعضها ومع جدران الوعاء الذي يحتويها بالتصادم فقط
٣. صدمات الجزيئات تامة المرونة، الأمر الذي يعنى أنها عندما تتصادم تتبادل الطاقة (عزم الحركة) لكنها ترتد عن بعضها دون أن تلتصق ويمكن من هذه النظرية حساب السرعة المتوسطة لجزيئات الغاز، والتي تعتمد فقط على درجة الحرارة وكتلة الجزيئات.

$$\bar{v} = \sqrt{\frac{8kT}{\pi m}}$$

شكل (٢٠): معادلة حساب سرعة الجزيئات المتوسطة.

حيث $\bar{v}$ السرعة المتوسطة، T درجة الحرارة بمقياس كلفن ($T = C + 273.15$)، m كتلة الجزيء، k ثابت، Π النسبة التقريبية للدائرة (ط).

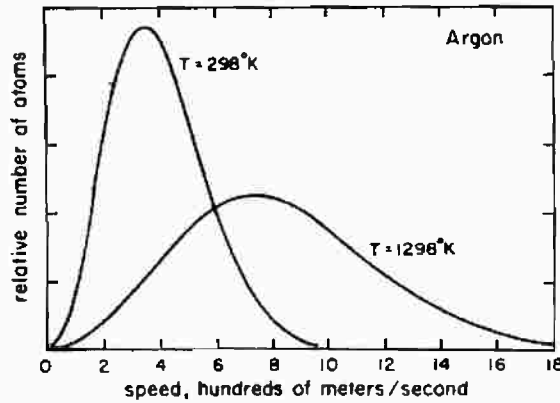
ويورد المؤلف جدولاً يضم ثلاثة غازات وسرعات جزيئاتها المتوسطة عند درجة حرارة 25°C وتحت ضغط جوى واحد، ويورد معها متوسط المسار الحر الذي يقطعه الجزيء في المتوسط بين كل صدمتين وعدد الصدمات في الثانية الواحدة.

عدد الصدمات في الثانية	متوسط المسار الحر بين صدمتين متر m	متوسط السرعة متر/ثانية m/s	الجزيء
1.43×10^{10}	1.24×10^{-7}	1770	H^2
6.20×10^9	7.16×10^{-8}	444	O^2
1.50×10^{10}	1.42×10^{-8}	208	ثنائي كبريتيك ثنائي الليل (*)

(*) صيغة هذا الجزيء هي: $CH_2CHCH_2SSCH_2CHCH_2$

وبمقارنة الأرقام الموجودة في هذا الجدول (المسار الحر وعدد الصدمات) مع ما يحدث في الفراغ الكوني بين النجوم (حيث الضغط منخفض جدا) فإننا نرى أن الجزيء يقطع 10^9 كيلو متر في هذا الفراغ قبل أن يصطدم بغيره - أي أن الجزيئات في هذا الفراغ لا تتصادم إلا مرة كل بضع مئات من السنين.

وليست كل الجزيئات لها سرعات متساوية وطاقتها واحدة، بل إنها تتوزع بطريقة معينة على سرعات وطاقات متفاوتة لها قيم أكبر كثيرا من المتوسط وتقل تدريجيا حتى تصل إلى قيم أقل كثيرا من المتوسط. ويبين شكل (٢١) توزيع ذرات الأرجون على السرعات المختلفة في درجتى حرارة الفرق بينهما 1000 درجة.

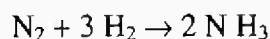


شكل (٢١): توزيع جزيئات الأرجون على السرعات المختلفة في درجتى حرارة 298K , 1298K .

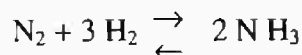
ومن الطريف أنه إذا فتحت قارورة من العطور فإن رائحتها ستفوح قاطعة المسافة بين العطر ومن يشمه في زمن أطول بكثير من الزمن المتوقع لو أن جزيئات المادة العطرية سارت دون أن تتصادم وتتشتت، لكنها تتفق الثواني في تصادمات جانبية تعوق حركتها مما يعطلها، وتسمى ظاهرة حركة الجزيئات من مكان لآخر "الانتشار".

وينهى المؤلف الجزء الخامس بحديثه عن تعمد إحداث خلل فى الاتزان الكيميائى، ويعرض مثالا لذلك علاقة الإنسان بالنيتروجين، وهو المكون الأساسى فى الغلاف الجوى (٧٨%) والنيتروجين عنصر رئيسى يدخل فى معظم مكونات الأجسام الحية، ومن العجيب أننا ونحن على قمة التطور لانعرف كيف نستفيد مباشرة من النيتروجين المحيط بنا فى الهواء الجوى، وكذلك الحيوانات والنباتات جميعا. غير أنه يوجد نوع من البكتريا التى تتعايش مع جذور النباتات البقلية، تستطيع عمل ذلك. وتحصل النباتات على النيتروجين المطلوب لها من عدة مصادر، أهمها: النترات الموجودة فى التربة، والنيتروجين المثبت بواسطة التفريغ الكهربى فى العواصف الرعدية (المؤكسد بالأكسجين) ليعطى فى النهاية النترات، والنيتروجين المثبت بواسطة البكتريا، والأسمدة الطبيعية والأسمدة المخلقة. وتدين الزراعة الحديثة بالنجاحات التى توصلت إليها للكيمياء وللميكنة الزراعية.

وتبدأ قصة النجاح الحديث للكيمياء فى مجال الزراعة بتخليق الأمونيا (النشادر) بواسطة التفاعل



ومعروف أن النيتروجين يتحد بالهيدروجين ليعطينا الأمونيا إذا سخنا معا ولكن العائد ضئيل لأن التفاعل متزن. وقد تمكن عالم ألماني من التوصل إلى عائد أفضل لهذا التفاعل فى الفترة التى سبقت الحرب العالمية الأولى، وكان نجاح هذا العالم هو بمثابة النجاح لفكر التدخل وإزاحة الاتزان:



ويمكن إيجاز فكرة إنتاج الأمونيا بالتدخل في الاتزان في النقاط التالية:

١. إزالة مايتكون من الأمونيا أولا بأول، وبذلك يزاح الاتزان تجاه إنتاج المزيد منها.

٢. تغيير درجة الحرارة (خفض درجة الحرارة) لأن التفاعل طارد للحرارة فيزاح تجاه تكوين NH_3 أكثر.

٣. تغيير الضغط (زيادة الضغط) لأن ناتج التفاعل جزيئان بينما يدخل التفاعل ٤ جزيئات وتؤدي زيادة الضغط إلى تكون المزيد من العدد الأقل من الجزيئات أي من الأمونيا.

٤. مساعدة الروابط الكيميائية في كل من H_2 و N_2 على التفكك باستخدام الحوافز.

الجزء السادس

فريتس هابر

Fritz Haber

يفرد المؤلف جزءاً كاملاً على شكل الفصل ٣٣ لاستعراض تاريخ حياة ونشاط العالم الألماني الأصل، اليهودي الذي اعتنق المسيحية في آخر حياته - فريتس هابر. وهو الذي اكتشف "كيف يمكن أن نحصل على الخبز من الهواء". وهو إن كان قد اكتشف الطريقة المثلى لتثبيت النيتروجين، فقد اكتشف في الوقت نفسه مصدراً للمتفجرات (نترات الأمونيوم NH_4NO_3) وساعد على تفوق ألمانيا في استخدام الغازات السامة والخانقة والحارقة أثناء الحرب العالمية الأولى.

وفي الواقع لم يكن الإنجاز العظيم الذي حققه هابر إلا خدمة جليلة للإنسانية. فمن أهم فوائد الأمونيا (النشادر) استخدامها في الأسمدة المختلفة، الأمر الذي جعل غلة الفدان الأمريكي من الذرة تتضاعف ست مرات.

ولا شك أن هابر كان محظوظاً في أمرين، الأول أنه قام ببحوثه في شركة BASF (كانت تسمى ومازالت كذلك) إحدى أكبر شركات الكيماويات في العالم. والثاني أن المهندس الذي قام بتنفيذ هذه البحوث العملية على نطاق نصف صناعي كان موهوباً وعبقرياً هو كارل بوش (Carl Bosh)، ولذلك يطلق على عملية إنتاج الأمونيا اسم "هابر - بوش". وقد جاء اكتشاف عملية هابر - بوش لتحضير الأمونيا في وقت مناسب تماماً لألمانيا عشية وقوع الحرب العالمية الأولى، عندما انقطعت بسبب الحرب إمدادات الأسمدة التي كانت تصل لألمانيا من أمريكا الجنوبية. كما

أن معظم المتفجرات يدخل في تركيبها النيتروجين (بدءاً من TNT ثلاثي نيتروبولوين)، ولم يكن اكتشاف هابر سبباً في ازدهار غلة الفدان الزراعية (في السلم فقط) بل كان ضروريا للحرب. وقد وضع هابر كل عبقريته وإمكانات معهده في خدمة تطوير الأسلحة الكيماوية.

ويذكر ابن هابر في مذكراته: "إنه في بداية الحرب بدأ العالم يزداد وعياً بأهمية الغازات والأدخنة، فلم يكن يستخدم حتى هذه اللحظة إلا غازات غير سامة ما عدا النوسجين"

وجدت قيادة الجيش الألماني في هابر شخصاً عبقرياً في غاية النشاط كإداري، ومن المحتمل أيضاً وجود ميول لا أخلاقية لديه، فقد ترك هابر اتخاذ قرار استخدام الغازات السامة للقيادة العسكرية العليا. وبالفعل تم لأول مرة استخدام الغازات السامة على نطاق واسع بعد ظهر ٢٢ أبريل سنة ١٩١٥ حين فُتِحَت ٦٠٠٠ عبوة من غاز الكلور تحوى على ١٥٠ طناً من الغاز، وعلى امتداد سبعة كيلومترات من الجبهة وعلى مدى عشرة دقائق كان المنظر مروعاً. امتدت سحابة أخذت تزحف ببطء (سرعتها نصف متر في الثانية) في اتجاه الأعداء (الفرنسيين). كانت السحابة بيضاء في البداية لتكثف بخار الماء عليها، لكنها خلال دقائق معدودة تحولت إلى اللون الأصفر المخضر (لون غاز الكلور) وكان الجنود الفرنسيون والجزائريون في مقدمة الجبهة وفي العمق قد أحيطوا بالسحابة وأخذوا يشعرون بالاختناق، أما الذين لم يصابوا بالاختناق فقد أصابهم رعشة وأطلقوا سيقانهم للريح والغاز يتبعهم، وانهارت الجبهة.

وفي سياق "الدفاع" عن استخدام الغازات السامة كسلاح في الحرب يدعى ابن هابر أن نسبة من تعرضوا للغازات السامة من بين جميع المقاتلين لم تزيد عن ٣,٥% أما من لقي حتفه منهم فلم يتعد ٦,٦% من المصابين. أما التأثير النفسى للغازات فهو أكبر كثيراً من الضرر الحسى الذى تسببه.

وقد انتحرت زوجة هابر لأنها حاولت منعه من مواصلة أبحاثه في مجال الحرب الكيميائية لكنه رفض.

وبعد نهاية الحرب حصل هابر على جائزة نوبل في الكيمياء عن تخليق الأمونيا. وبعد ذلك أخذ يهتم بإمكانية استخلاص الذهب من المحيط لسداد ديون ألمانيا التي بلغت ٣٣ بليون دولار نتيجة هزيمتها في الحرب. غير أن الفكرة لم تلق النجاح، لأن هابر كان قد بنى حساباته على أرقام العالم الأسترالي أرشيبالد ليفرسيدج (Archibald Liversidge)، والتي تنص على أن تركيز الذهب في المحيط هو ٣٠ - ٦٥ ملليجرام في الطن، لكن هابر اكتشف فيما بعد أن تركيز الذهب لا يتعدى 0.001 ملليجرام في المتر المكعب (حوالي طن)، وأنه يختلف من مكان إلى آخر، ويتواجد في المواد العالقة وليس ذائبا في ماء المحيط.

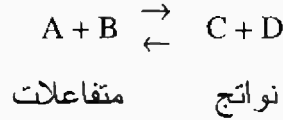
انتهت حياة هابر سنة ١٩٣٤ مهاجراً بعد وصول النازيين بقيادة هتلر إلى الحكم في ألمانيا. كانت هجرته سنة ١٩٣٣ إلى سويسرا بعد أن كتب خطاب استقالة من منصبه في ألمانيا يدافع به عن سلوكه على مدى ٣٩ سنة وطريقة اختياره لمعاونيه مسترشداً في ذلك بخبراتهم وشخصياتهم دون النظر لجنسيتهم.

الجزء السابع

السحر نفسه

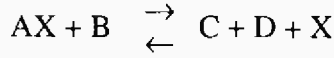
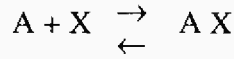
"لو كان لى أن أختار كلمة واحدة تتضمن الكيمياء كلها... لقلت الحفز" هكذا يبدأ المؤلف الجزء السابع من الكتاب بالفصل الخاص عن الحفز، والكلمة التى أوردها للكيميائى الشهير ريتشارد زار. وزار على حق، فالحافز هو شىء ما يضاف للتفاعل بكميات قليلة فيدفع التفاعل للإسراع، وهى مادة تدخل التفاعل ويعاد تكوينها مرة ثانية.

ويمكن فهم السمات الأساسية للحفز إذا تخيلنا التفاعل:

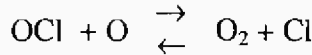
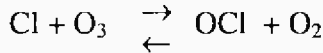


وكأى تفاعل فإنه متزن، لكن الوصول للاتزان يتم ببطء شديد، فإذا مزجنا A مع B لا يحدث شىء تقريباً، والسبب هو أن المادتين A و B مكونتان من جزيئات، والجزيئات مكونة من ذرات مرتبطة مع بعضها بشكل معين، وكذلك النواتج C و D فإنها مكونة من جزيئات أخرى من الذرات نفسها. وللوصول من A و B إلى C و D لابد من كسر الروابط فى المتفاعلات وتكوين روابط جديدة فى النواتج، الأمر الذى يتطلب طاقة مما يشكل حاجزاً. ولذلك تستخدم الحوافز، وهى مواد أو مركبات مكونة من جزيئات (خليط من جزيئات مختلفة غالباً) فتضاف إلى المتفاعلات ولنسمه X (وعادة ماتخفى الشركات طبيعة الحوافز التى تنتجها). ولا يعمل X

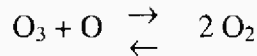
بالسحر ولكنه يتدخل منشطاً لسلسلة من التفاعلات التي تؤدي في النهاية إلى إعادة إفرازه أو تكونه من جديد، فمثلاً



وتعاود X مرة أخرى التدخل في سلسلة من التفاعلات وهكذا تكفي كمية قليلة من الحافز لتحفيز التفاعل. ومن أشهر التفاعلات الحفزية التي تؤثر في حياتنا بصورة مباشرة ما يحدث لطبقة الأوزون (O_3) الرقيقة في الستراتوسفير حيث يستنزفها وجود مركبات الكلوروفلوروكربون. والأوزون يتكون ويعاد تكوينه بواسطة عمليات طبيعية معينة. ومركبات الكلوروفلوروكربون مركبات خاملة في طبقات الجو السفلى، ولذلك فهي تصمد حتى يصعد بعضها إلى طبقة الستراتوسفير فتتكك بواسطة أشعة الشمس لتعطي ذرات الكلور، وهنا يحدث الآتي:



ويسمى الجزيء OCl وسيطاً وهو ينتج ويستهلك أثناء التفاعل فهو حافز، أما ذرات الأكسجين O (التي تدخل في التفاعل الثاني لتعيد تكوين Cl) فهي غير موجودة في الطبقات السفلى من الغلاف الجوي لكنها متوفرة نسبياً فوق ارتفاعات أعلى من ٣٠ كيلو متراً، وهكذا فإن التفاعل النهائي هو تحول الأوزون وذرات الأكسجين إلى جزيئات الأكسجين



وكل مايفعله جزيء الكلوروفلوروكربون هو دفع التفاعل في طريق آخر لاستنزاف الأوزون عن طريق الحفز بواسطة ذرة كلور.

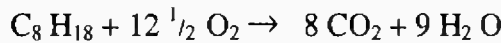
ويتواجد عنصر الأكسجين كما رأينا في ثلاث صور هي الأكسجين الذرى O، والجزيئى O₂ والأوزون O₃، وأكثر هذه الصور ثباتاً هو الأكسجين الجزيئى (ثنائى الذرية).

يبهرنا الحفز لأنه يبدو كالسحر، فهو يدفع الأحداث بشكل لم يكن ليحدث لولا وجوده (قد لا تكون أحداثاً مرغوباً فيها مثل استنزاف الأوزون). وتكفى كمية قليلة من الحافز لدفع التفاعل لفترة تبدو لانهائية، إلا أن ذلك لا يحدث لأن الحافز يستنزف فى النهاية بواسطة عمليات كيميائية أخرى.

يعرض الكتاب بعد ذلك تفاعلين حفزيين مهمين فى حياتنا أحدهما يعمل فى السيارات الحديثة، والآخر يعمل داخل أجسامنا.

لم تعرف البشرية مجتمعاً أثرت فيه السيارات مثل المجتمع الأمريكى، فهو يعتمد عليها اعتماداً كلياً، فهى خادم المجتمع وسيدة فى الوقت نفسه. وقد صاحب ازدهار صناعة واستخدام السيارات ظواهر سلبية لعل أهمها ماتنبهت إليه صناعة السيارات أخيراً. كانت هذه الصناعة لا تلقى بالاً إلى التحكم فى الوقود وكفاءته، وقد قامت الدول بدعم الطرق السريعة على حساب وسائل انتقال عامة أكثر كفاءة، مما أدى إلى نقص فعالية هذه الوسائل. والتمن هو أن الولايات المتحدة واجهت وتواجه الآن مشاكل التلوث الناتج من عادم السيارات قبل أى بلد آخر. وقد تكفل الحفز بحل هذه المشاكل.

ما يحدث داخل آلة الاحتراق الداخلى هو أكسدة الهيدروكربون -الأوكتين مثلاً- إلى ثانى أكسيد الكربون والماء



ولو كان ذلك كل ما يحدث لما كانت هناك مشكلة حيث إن ثانى أكسيد الكربون ليس ملوثاً خطيراً سوى أنه يشارك فى عملية تدفئة كوكب

الأرض. لكن في حقيقة الأمر تحدث ثلاث عمليات أخرى ولو بنسبة ضئيلة:

١. يتسرب بعض الوقود دون أن يحترق ويتبخر ويخرج إلى الغلاف الجوي مع العادم.

٢. لا يحترق كل الوقود احتراقاً تاماً فيتولد عنه غاز أول أكسيد الكربون CO، بالإضافة إلى CO_2 المتكون بصورة أساسية.

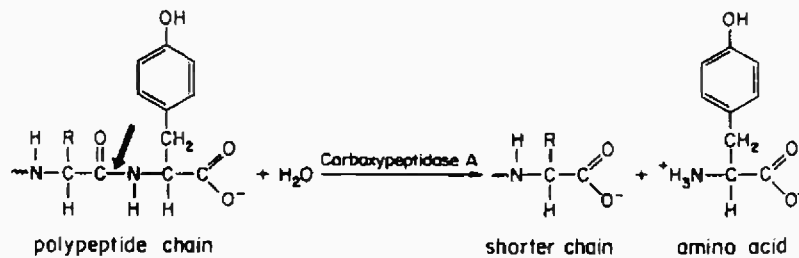
٣. يتأكسد النيتروجين الموجود في الجو (وهو المرافق الخامل للأكسجين) داخل آلات الاحتراق الداخلي في درجة الحرارة المرتفعة التي تماثل تماماً ما يحدث أثناء البرق فيتكون خليط من أكاسيد النيتروجين يشار إليها بالرمز NO_x وأهمها أكسيد النيتريك NO.

وهذه النتائج الثانوية الثلاثة ملوثات (الهيدروكربون وأول أكسيد الكربون وأكاسيد النيتروجين). وعند تركيزات معينة لهذه الملوثات وفي ظروف حيوية معينة وفي ضوء الشمس قد تحدث تفاعلات كيميائية ضوئية مكونة ضبخاناً (كلمة منحوتة من كلمتي ضباب ودخان). ويتسبب هذا الضبخان الفوتوكيميائي في إثارة العيون وضيق التنفس وتلف المواد الغذائية. أما أول أكسيد الكربون فيعطل من عمل أعضاء الحركة في أجسامنا عن طريق ارتباطه بالهيموجلوبين كما سبق شرحه.

في لوس أنجلوس وقبل عام ١٩٦٦ كانت السيارات تطلق ١٠,٦ جرام من الهيدروكربون و ٨٤ جراماً من أول أكسيد الكربون و ٤٠١ جراماً من أكاسيد النيتروجين لكل ميل تقطعه السيارات. وقد انخفض هذا المعدل في كاليفورنيا سنة ١٩٩٣ بعد أن وفقت المصانع المنتجة للسيارات أوضاعها ليصبح ٠,٢٥ جرام من الهيدروكربون و ٣,٤ جرام CO و ٠,٤ جرام من أكاسيد النيتروجين NO_x ، وهو انخفاض هائل يتراوح بين ١٠، ٤٠

مرة، ولقد تم التوصل لذلك باستخدام حافز أطلق عليه TWC، اختصاراً لكلمة حافز ذي ثلاث اتجاهات (Three Way Catalyst) ويتكون حافز TWC مثله مثل معظم الحوافز من خليط من عدة مكونات تضم أكاسيد بعض الفلزات محمولة على أكسيد الألومنيوم الموجود على سطح من السيراميك على شكل خلية نحل. ويدخل بنسب صغيرة متفاوتة في تركيب TWC بعض الفلزات الثمينة والنادرة مثل البلاتين والبالاديوم والروديوم (Pt, Pd, Rh) والأخير هو أهمها وبدونه لا يعمل الحافز وسعره يصل إلى ثلاثة أضعاف سعر الذهب. ويأتي معظم الروديوم من جنوب أفريقيا (٧٤%) ومن روسيا (٢٤%). وليس معروفاً بالضبط طريقة عمل حافز TWC، وفيما يبدو يتكون التفاعل من عدة خطوات متتالية في غاية السرعة. وهناك عديد من النظريات التي حاولت تفسير عمل هذا الحافز لكن ليست هناك واحدة مؤكدة. ومع ذلك فالحافز يعمل بنجاح.

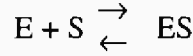
ينتقل المؤلف بعد ذلك إلى تفاعلات الحفز داخل أجسامنا فيبدأ بالتفاعل الذي يفكك سلسلة البولي ببتيد، وهي من البروتينات بواسطة حافز هو إنزيم كربوكسي ببتيداز (Carboxypeptidase) ويبين الشكل (٢٢) ما يحدث



شكل (٢٢): كيمياء الكربوكسي ببتيداز.

عندما يضاف جزئ ماء وينكسر رباط C-N مكوناً حمضاً أمينياً وسلسلة أقصر من الببتيد، ومن الطريف أنه لولا الإنزيم لاستغرقت عملية هضم (كسر الرباط C-N) في سندوتش الهامبورجر الذي نتناوله ٧ سنوات (!).

ويمكن تلخيص عمل الإنزيم (الحافز) كالتالى

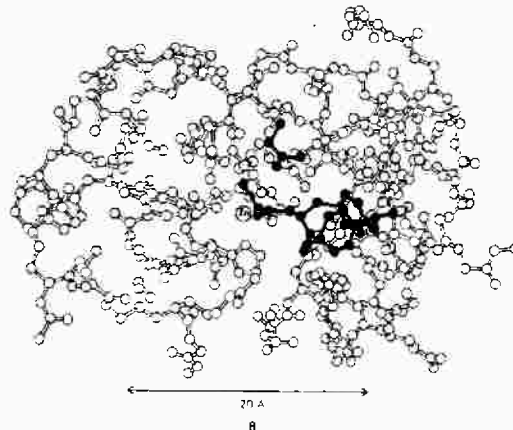
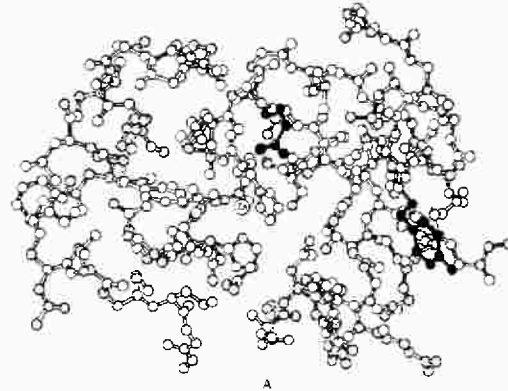


حيث تشير S إلى الجزيء الذى يتعامل معه الإنزيم E أما ES فهو المركب الوسيط، و P تمثل الناتج. ويقوم "مصنع" الإنزيم الواحد بالتعامل مع مائة مليون جزيء من الببتيد فى الثانية الواحدة.

ويتكون الكربوكسى ببتيديز A من سلسلة ببتيد طولها حوالى ٩٠٠ ذرة مرتبط بها عدد من المجموعات فهى تتكون من ٣٠٧ أحماض أمينية. وتنتهى وتتلوى فى شكل مضغوط أبعاده حوالى:

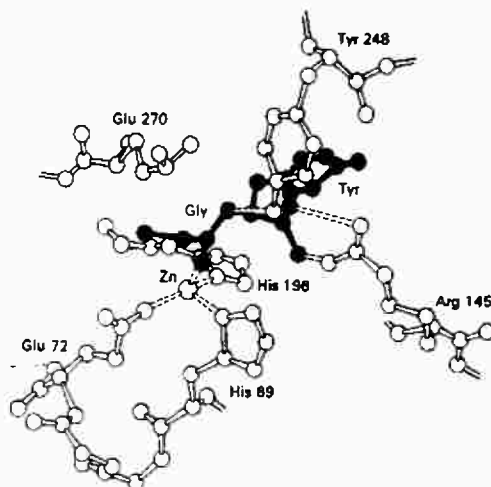
$$\text{\AA} 38 \times 42 \times 50$$

وللمقارنة يبلغ طول جزيء الأكسجين ٣ Å. ويبين الشكل (٢٣) جزءاً من بنية هذا الإنزيم مع قطعة من المتراكب الوسيط (ES⁻)، وكذلك قطعة مكبرة من هذا المتراكب شكل (٢٤).



شكل (٢٣): A - (أعلى) بنية الإنزيم E، B- (أسفل) المتراكب.

حكايات التطابق والإختلاف



شكل (٢٤)

يذكر المؤلف في ختام هذا الباب كتاب ميرسيا إليادي (Mircea Eliade) المتميز، وهي أحد مؤرخي الأديان وعنوان كتابها "الكير والبوتقة"، ويتتبع الكتاب العلاقة بين الدين والتعدين والسيمايا (الكيمياء قبل عصر التنوير والمنهج العلمي). وتشير إليادي إلى بعض الملحوظات عن أهداف السيميائيين:

١. الإسراع بعملية التطور "الطبيعي" للفلزات من القاعدة إلى الفلزات النبيلة.

٢. تأمين تحول الجسد من المرض إلى الصحة ومن الكائن الذي يموت إلى الكائن الأبدى الخالد.

فشل السيميائيون في النهاية، ولكن الكيميائيين والفيزيائيين حلوا محلهم في العصور الحديثة، ومع أن الأخيرين ينكرون تماماً أى صلة بأهداف السيميائيين إلا أنهم تمكنوا من تحقيقها جزئياً بواسطة الحوافز والمواد المركبة والأدوية.

الجزء الثامن

القيمة والضرر والديموقراطية

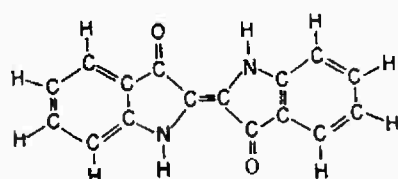
أطلق المؤلف هذا العنوان على الجزء الثامن من الكتاب، والذي يتناول فيه علاقة الكيمياء بالديموقراطية فى الصناعة والتعليم والبيئة قديما وحديثاً. ويبدأ أول فصول هذا الجزء باستعراض الازدواجية أو الثنائية بين الخير والشر التى يواجهها الإنسان فى كل شىء. فالسيارة وسكين تقطيع الخبز وبرنامج التلفزيون تعين على الحياة لكنها قد تؤذى. وتصبح هذه الازدواجية واضحة فى الصناعات الكيميائية الكبرى فى هذا العالم. فإذا فكرت فى القوى العاملة والإنتاج والصرف من مصانعنا الكبيرة والصغيرة فإنك سترى ذلك بوضوح.

كانت هناك دائما صناعة كيميائية رافقتنا لآلاف السنين قبل معرفتنا بعلم الجزيئات، فالتعدين وأدوات التجميل والتخمير والتقطير والصباغة والسواء وتجهيز الطعام، أمور لا يمكن أن نتخيل الحياة دونها. ومنذ أيام الإمبراطورية الرومانية كانت الصبغة المستخدمة لصباغة الصوف تتدرج من الأحمر إلى الأسود المزرق وكانت وقفا على علية القوم وكانت تتمن غالبا. كان اسم هذه الصبغة الأرجوان الصورى (Tyrian Purple) أو الأرجوان الملكى (Royal Purple)، وكانت توصف بأنها لون الدم المتخثر وتتموج ألوانها بين الأسود والأرجوانى فى ضوء الشمس. كان إنتاج هذه الصبغة محدودا يخضع لقيود شديدة فى الإمبراطورية. وقد ورد فى التوراة وصف للون الأزرق. والصبغتان من أصل حيوانى وعملية

استخلاصهما مرهقة ومكلفة تستخدم فيها ثلاثة أنواع من المحار الحلزوني من البطن قدميات (Gastropod Snails) وصفها أرسطو بعناية شديدة. وتستخلص الصبغة من غدة فيها سائل أبيض إذا تعرض للأوكسجين وضوء الشمس يتحول تدريجياً إلى اللون الأصفر ثم الأخضر وأخيراً الأزرق والأرجواني. غير أنه كان هناك مصدر اقتصادي جداً آخر لصبغة زرقاء قريبة الشبه بالأرجوان الصوري والأزرق التوراتي مستخلصة من جنس (Indigofera) وهو عشب من عائلة البازلاء ينبت بكثافة في الأجواء الحارة، وكان يشكل جزءاً مهماً من صادرات الهند. مصدر آخر للصبغة الأرجوانية هو نبات الوسمة (Woad Plant) وهو واسع الانتشار في أوروبا وآسيا، وكان يستخدم في البلاد الشمالية حتى تم استبداله بالنبات الجنوبي الإنديجو أو (النيلة) الذي كان يجلب مع تجارة الهند الشرقية.

ما الشيء المشترك بين نبات البازلاء والمحار الحلزوني لينتجا جزيئاً متطابقاً؟ بالطبع إنها طرق التطور البيوكيميائي المشتركة التي ترتادها جميع الكائنات الحية، والأمثلة على ذلك كثيرة.

وقد تم التعرف على مصدر اللون الأرجواني في كل من المحار الحلزوني ونبات النيلة ونبات الوسمة فاتضح أنه يرجع إلى جزئ يسمى الإنديجو (Indigo) له التركيب المبين في شكل (٢٥)



شكل (٢٥): البنية الكيميائية للإنديجو.

كان ذلك فى النصف الثانى من القرن التاسع عشر، وبحلول الربع الأخير من القرن نفسه ومع صعود نجم علم الكيمياء تعلم الكيميائيون الألمان كيف يخلقون هذا الجزئ محققين هدفين: الأول حاجة السوق والتجارة والثانى الفضول العلمى.

بدأت صناعة الصبغة الألمانية بمراد طبيعىة، بقطران الفحم أولاً ثم بعد ذلك بالبترول والإيثانول والبوتاسا الكاوية وحمض الخليك. وكانت هذه الصناعة قد توصلت إلى تخليق النيلة على مفرق القرنين سنة ١٩٠٠. تضخمت ونمت وتنوعت وازدهرت صناعة الصبغة الألمانية ونتج عنها الأدوية الكيميائية والمخصبات (الأسمدة) والمتفجرات. لم يقتصر الأمر على ألمانيا فقط، بل أصبحت الصناعات الكيميائية تحتل نصيب الأسد من الإنتاج القومى للدول الصناعية.

أصبحت رفاهية الأمم تعتمد على الكيمياء، سواء بطريق مباشر أو غير مباشر، الأمر الذى يعنى التحولات التى كانت تتعرض لها المواد الطبيعىة مثل إعداد ومعالجة الأغذية واستخلاص الفلزات من خاماتها وإنتاج الطاقة (احتراق البترول والفحم والغاز الطبيعى ليست سوى عمليات كيميائية). وبحسبة بسيطة نجد أن الكيمياء كانت تلعب دوراً رئيسياً فى ٢٥% من الناتج القومى المحلى (G D P) للدول الصناعية. وقد باعت الصناعات الكيميائية فى الولايات المتحدة سنة ١٩٩٠ ما جملته ٤,٣٢ × ١٠^{١١} دولار. وهنا يورد المؤلف قائمة بأكبر ٢٠ صناعة كيميائية فى الولايات المتحدة سنة ١٩٩٣.

Table 3
Top Twenty Chemicals in the United States

Rank	Chemical	1993 U.S. Production (in billions of lbs.)
1	Sulfuric acid	80.51
2	Nitrogen	65.29
3	Oxygen	46.52
4	Ethylene	41.25
5	Lime (calcium oxide)	36.80
6	Ammonia	34.50
7	Sodium hydroxide	25.71
8	Chlorine	24.06
9	Methyl <i>tert</i> -butyl ether	24.05
10	Phosphoric acid	23.04
11	Propylene	22.40
12	Sodium carbonate	19.80
13	Ethylene dichloride	17.95
14	Nitric acid	17.07
15	Ammonium nitrate	16.79
16	Urea	15.66
17	Vinyl chloride	13.75
18	Benzene	12.32
19	Ethylbenzene	11.76
20	Carbon dioxide	10.69

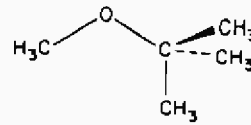
source: Data from "Facts and Figures for the Chemical Industry," *Chemical and Engineering News* (July 4, 1994): 31.

ولا يتم إنتاج هذه الكيماويات بهذا الكم عبثاً، فالبعض يشتريها والبعض يستخدمها، وليس الاستخدام هنا بغرض الرفاهية ولكن من أجل الخبز (حرفياً ومجازاً)، حيث ينتهي المطاف بمعظم إنتاج حمض الكبريتيك (رقم واحد بالقائمة) في صناعة الأسمدة. لكن إنتاج هذه الكيماويات بكمياتها الهائلة يتسبب أحياناً في المشاكل. ومن هذه الكيماويات العشرين ثلاثة أحماض (الكبريتيك والفوسفوريك والنيتريك) وثلاث قواعد (الجير وهيدروكسيد الصوديوم والأمونيا). وتعتبر الأحماض والقواعد منشطات للتغيير لأنها سهلة التفاعل لذا نجد ستة منها ضمن هذه القائمة.

وقد تمكنت الزراعة الحديثة من إمداد الأعداد المتزايدة من سكان الأرض بالغذاء بفضل المخصبات الكيميائية، غير أن ذلك قد تسبب في مشاكل نتيجة لصرف هذه المخصبات في المياه مباشرة، وكذلك مياه الصرف من مصانع السماد والتهديد المباشر لنا ولصور الحياة المختلفة من مبيدات الأعشاب، والتدخل في الحلقات الكيميائية العظمى لكوكب الأرض والتأثير في مناخه. وكل هذه الأخطار ماثلة لكن الأفواه الجائعة تستصرخ الطعام الذي يوفره لهم على الأقل سبع مواد كيماوية من العشرين التي على

القمة. ومن الطريف أن الكيماويات التى على القمة تتغير ببطء وتتبادل الأماكن فيخرج بعضها وتدخل أخرى، ومنذ سنة ١٩٤٠ دخلت هذه القائمة بعض الكيماويات مثل: الإثيلين، إثير ميثيل رباعى - بيوتيل، بروبولين، ثنائى كلوريد الأثيلين، كلوريد الفينيل، إيثيل بنزين. وكلها ماعدا واحد فقط مواد أولية فى صناعة البولمرات مصادر البلاستيك والخبوط الصناعية.

ولو كنا نعد الجازولين مادة كيميائية لكان هو على القمة، إلا أننا لانجده هناك لأن استهلاكه يفوق حمض الكبريتيك سبع مرات. وبدلاً من ذلك نجد مادة تستخدم كإضافة غازية فى الجازولين ضمن هذه القائمة هى إثير ميثيل رباعى - بيوتيل، ويرمز لها باختصار - MTBE (Methyl tert butyl ether) ووجود هذه المادة ضمن القمة شاهد على العلاقة المتداخلة بين ولعنا بالسيارات، والطريقة التى يهتم بها العلم والتكنولوجيا بالبيئة، والقوانين الحاكمة لهذا العالم. فمادة MTBE هى البديل لمادة رباعى إيثيل الرصاص كإضافة فى الجازولين لترفع من رقم الاوكتان. ويضاف MTBE بتركيزات تصل حتى ٧%، وله الصيغة البنوية فى شكل (٢٦)



شكل (٢٦): جزئ MTBE.

وينسب المؤلف عن حق - للعلوم والتقدم التكنولوجى، وفى صميمه الكيمياء أنها جعلت العالم أكثر ديموقراطية. ويشير إلى أننا، المجتمع القديم الذى حظى بقسط كبير من الديموقراطية للرجال (استغرق الأمر ٢٤٠٠ سنة ليحظى النساء بالمثل)، فقد قدمت أننا للبشرية مفاهيم مثل الثقة بال جماهير والخصوصية والعقد الاجتماعى بين المواطن والدولة.

وقد شهدت البشرية مضاعفة متوسط العمر، وانخفاض معدل الوفيات والمعاناة من الأمراض، والتحكم في الإنجاب مع تنوع شديد في أشكال الحياة اليومية. كما تخلص العالم من رائحة الصرف الصحي واكتشف طرقاً لعلاج معظم الأمراض، وأصبح يتمتع بضوء وطعام أكثر وهواء أنقى. وصار غذاء الأرواح أقرب لكل الناس سواء على شاشات العرض أو في الإذاعة من مسرحيات وموسيقى وأدب وفن رفيع. كل هذه الأشياء مدعاة للفخر الحقيقي من جانب العلماء والمهندسين. أما المعارضين الذين يترحمون على أيام ما قبل التقدم العلمي والتكنولوجي، فعلياً أن نذكرهم -وأبداننا تقشعر- بأن وفيات الأطفال كانت سبعة من عشرة، وكان الموت يترصد الأمهات أثناء الوضع، والحياة كانت أقل بهجة وأقصر زمناً بكثير. كان كل من يتعرض للمرض يترك في مواجهته وحيداً أعزلاً إلا من الأمنيات الطبية وبعض الأعشاب والتعاويذ.

وللعلم والتكنولوجيا جانب شيطاني يتجلى في الدعاية والاستعباد (الاسترقاق) والتعذيب وما طرأ على أدواتها جميعاً من "تقدم". لكن -على لسان المؤلف- مازلت عند رأيي من أن التقدم العلمي والتكنولوجي قد أتاحاً لقطاعات أعرض من الناس ما كان حكرًا على الطبقة العليا من شعب وبهجة وكساء، فأصبح العالم بالقطع أكثر ديمقراطية.

ويواصل المؤلف عرضه لدور العلم والكيمياء على وجه الخصوص في الديمقراطية والبيئة فيسرد قصة زراعة التفاح واستخدام عدد من الكيماويات لتنظيم الإنتاج وتحسينه، منها الهرمون المسمى الآر (Alar). والآر هو دامينوزايد (daminozide) منظم للنمو، وهو واحد من حوالي عشرين مادة كيميائية مسموح باستخدامها في زراعة التفاح في فترة نضجه، وهو يساعد على الاحتفاظ بالتفاح فترة أطول على الشجر، ويجعل الثمار منتظمة وجيدة المظهر. ويتسرب جزء ضئيل جداً من الآر إلى داخل التفاح، ويتم أيضاً إلى ثنائي ميثيل هيدرازين غير متماثل يشار

له (UDMH) اختصارا. ولا يصل تركيز الأخير في ثمار التفاح إلى المستوى الذى يستطيع فيه أن يؤثر فى الإنسان بيولوجيا. لكن مجموعة توعية شعبية اسمها "هيئة الدفاع عن الثروات الوطنية" قامت باستخدام كل وسائل الإعلام المتاحة لتشد انتباه الناس إلى خطورة نواتج أيض UDMH، وأنها عوامل مسرطنة. وبسرعة تم سحب التفاح المعالج بالآر من أرفف المحلات وفى النهاية توقفت الشركة المنتجة للآر عن الإنتاج. جاء رد فعل الكيميائيين متباينا بين الانضمام للناس والمطالبة بوقف استخدام هذا الهرمون من ناحية، وإنكار أى ضرر محتمل والقول بأن ما حدث من ضجة هى من قبيل عقدة الخوف من الكيمياء (Chemophobia) من ناحية أخرى.

ويستطرد المؤلف شارحا أنه كبقية الناس كان قد تعود غسل ثمار التفاح لإزالة ما يعلق بها من قاذورات، لكن الوضع تغير الآن وأصبح همه من غسل التفاح هو إزالة الكيماويات، والمؤلف يعلم جيدا أن هناك الكثير منها مثل المخصبات ومبيدات الأعشاب ومبيدات الحشرات ومبيدات الفطريات وعوامل النضج.

يقول المؤلف عن نفسه فى هذا الصدد أنه لم يكن يعرف أن الآر يستخدم فى معالجة التفاح، وأن الآر يعطى UDMH وبأى مستوى من التركيز. ويضيف المؤلف "إننى حاصل على درجة البكالوريوس من جامعة كولومبيا وعلى الدكتوراه من هارفارد، ومن المفترض أننى كيميائى جيد ومع ذلك لم أكن أعرف ما الذى يحتويه التفاح، وحتى عندما سمعت بذلك لم أكن أعرف ما هو الآر وما الذى يفعله لقد جعلنى هذا الأمر غير سعيد لأننى لم أعرف، وغير سعيد من أجل منتجى التفاح، وغير سعيد لأن هذه الكيماويات تضاف للتفاح دون أن يخبرنى أحد. أما أن أكن إلى مقولة أنه إذا لم أعرف أنا فإن آخرين سيعرفون ويقومون بالواجب، وعلينا أن نثق بهم، هذه المقولة ساذجة وغير علمية وغير ديموقراطية.

وهي غير ديموقراطية لأنه ليس فقط من حقنا أن نعرف، بل الأمر أخطر من ذلك لأنه من واجبنا أن نعرف. وإذا لم يعرف الكيميائي فمن إذاً سيعرف؟.

لعل علاقة أفلاطون وأرسطو بالديمقراطية قد شابها ما يكدر لأنهم رأوا كيف قضت الديمقراطية على أستاذهم سقراط بالتصويت المباشر ٢٨٠ ضد ٢٢٠ صوتاً، لذلك كانت دعوتهم أن تكون الحكومة برئاسة ملك فيلسوف أو خبير.

ولو كان من الممكن تطبيق الوسائل العلمية المنطقية على الطريقة التي تحكم بها الدول، إذن وآه من إذاً لاخترت المشاكل من هذا العالم. هكذا يبدأ المؤلف فصلاً خاصاً عن العلماء والمهندسين وإمكانية أن يحكموا العالم. ويؤكد أن العلم الحديث اختراع أوروبي غربي ناجح بشكل فائق، وهو استثمار لاكتساب معرفة يمكن الاعتماد عليها في هذا العالم، ووسيلة لاستخدام هذه المعرفة في تغيير مسار العالم. وفي صميم هذا العلم تقع الملاحظة الدقيقة للطبيعة ولتدخلات البشر فيها. فالمرء يبحث عن الجزئ الذي يكسب الأرجوان الصوري لونه المميز، أو يبحث عن طريقة يعدل بها ذلك الجزئ ليكتسب بريقاً أفضل.

وتصبح دنيا العلماء أكثر بساطة بالتفكير، وبإخضاعها للرياضيات، وهو ما يمكن تسميته التحليل (من النوع غير الكيميائي). وعندما يقوم العالم بالاكشاف أو الإبداع فإنه قد يحصل في النهاية على أمور مفاجئة ليست في الحسبان، لكن الذي لاشك فيه أن هذه الأمور يمكن تحليلها. فهناك بنية كصبغة الأرجوان الصوري، كما أن هناك أسباباً وراء عدم تمكن حيوان الباندا من التكاثف في الأسر.

وفي مقابل هذا العالم الذي تم تصميمه بدقة بواسطة العلماء، هناك العالم المضطرب للأمزجة والطباع البشرية. فهل هناك سبب واحد ليقع شاب م

فى بئر الإدمان؟ ولماذا يقتل الأخوة أخواتهم الآن فى البلقان؟ وقديما فى الحرب الأهلية الأمريكية؟ وما المنطق فى الحب الرومانسى؟

وإذا كان هناك من عيب فى العلماء فإنه عدم المشاركة بشكل كافٍ فى الحياة السياسية، فهم ليسوا بأفضل من الآخرين كما أنهم ليسوا بأسوأ منهم إذا دخلوا معترك السياسة. وهناك تقاليد فرنسية للمشغلين بالعلم واهتمامهم بالسياسة بدءاً من لازاركارنو إلى حفيده سادى كارنو (صاحب حلقة كارنو فى الترموديناميكا Carnot Cycle) إلى أحد العلملين معى فى البحوث واسمه آليان ديفاكى. ولا يدعى أحد أن أخطاء مارجريت تاتشر أو إنجازاتها يمكن أن تنسب لكونها قد تلقت أول درجة جامعية لها فى الكيمياء.

يترك المؤلف السياسة ليعرض لموضوع ملحٌ وخرج يتعلق برودود الأفعال إزاء القلق الإعلامى الشديد على البيئة، ولا يخفى المؤلف استياءه من بعض ما يكتبه أو يعلنه الكيميائيون من الاستهانة بتأثير الكيماويات على البيئة كما فى كتاب فيليب آيسون "الرعب السام: المخاطر الشبح" ويورد ما يجب أن يكون عليه رد فعل الكيميائيين تجاه القلق السائد على البيئة فى النقاط التالية:

١. الاعتراف بأن القلق مبنى على مخاطر تكنولوجية قابلة للتقييم (حقائق) ومخاطر مبنية على نفاذ البصيرة (سيكولوجية وغالباً ذاتية)، وقد لا تنطبق الطريقتان فى تقييم الخطر.

٢. التحقق من أن التحكم الذى يفرض على المخاطر التى يتعرض لها الأشخاص والممتلكات فى المجتمع الديمقراطى من النوع الذاتى (قائم على نفاذ البصيرة)، مشروع قانوناً سواء أعجبنا ذلك أم لم يعجبنا.

٣. تتطلب العملية الديمقراطية وجود مواقع للآراء الموازية، وأن تكون مواقف رجال البيئة (البيئيين) في المدى المقبول. ولا يجب الاستهانة بعملية تقييم الأخطار فهي تنتظم في داخلها الكيمياء التحليلية والأجهزة الكيميائية، وتتطلب براعة المحترفين في تصميم المقاييس ومعرفة بالكيمياء تسمح باكتشاف المواد بمستوى تركيزات في غاية الضآلة.

وبالنسبة للأخطار المقيمة بنفاذ البصيرة والتي تحتوى عنصراً نفسياً فإن وجود درجة من التحكم في تلك الأخطار يضيف إحساساً بالأمان. فنحن نشعر أن قيادة السيارة أكثر أماناً من ركوب الطائرة بينما نعرف جيداً أن احتمال الخطر إحصائياً أكبر في حالة السيارة عن الطائرة، لكن عندما نقود السيارة فنحن نتحكم في العملية أما الطائرة فشخص آخر يتحكم فيها. والتحكم في الأخطار يتطلب مَدْخَلاً للحصول على المعرفة ونظام ديمقراطي سليم.

ويورد المؤلف رأى أحد الخبراء المعروفين في مجال الأخطار وهو بيتر ساندمان مدير برنامج بحوث التمثيل البيئي (الرصد البيئي) في روتجرز:

"عندما نتعامل مع جمهور مزود بالمعرفة ويملك درجة من التحكم (ديمقراطي) فإن ذلك يبدو معقولاً، أما الجمهور الذي لم يزود بالمعرفة وليس له أى درجة من التحكم، بمعنى أنه لا يتحاور بل يتلقى الأوامر فقط، فإن الأمر كله يصبح غير ذى قيمة" ويرصد ساندمان النقاط التي تسبب الحالة النفسية لتوقع الأخطار، وهنا يختار المؤلف بعض أهم هذه النقاط:

♦ **التطوع أو اختيار اجتياز الخطر**، وهو أمر أكثر قبولاً من مجرد الوقوع في الخطر، فمثلاً عندما تمارس التزلج على الجليد من أعلى الجبل وأنت تمضي أجازة نهاية الأسبوع أمر يختلف عن أن يدفعك شخص من أعلى الجبل نفسه فتسقط (متزلقاً).

♦ **العامل الأخلاقي**، فقد قرر المجتمع الأمريكي أن التلوث ليس مجرد خطر بل هو الشيطان نفسه. والحديث عن احتمالات خطر ما عندما يكون الأمر غير أخلاقي هو حديث قاس يجرح. ولك أن تتخيل ضابط شرطة يتحدث عن أن نسبة احتمال تعرض الأطفال للاغتصاب نسبة مقبولة (!)

♦ **عامل الامتداد في الزمان والمكان**، فإذا كان أحد الأخطار (A) يفتك بخمسين شخصاً في العام في بلد ما، وكان خطر آخر (B) يفتك بنسبة ١٠% من خمسة آلاف شخص على مدى عشر سنوات، فإن حسابات الخطر تقول أن الاثنين (A)، (B) متساويان، لكن عامل البعض ينبؤنا أن (A) مقبول و (B) مرفوض.

ويدعو المؤلف الكيميائيين ألا يكونوا قساة القلوب تجاه الخوف الزائد من جانب من ليسوا كيميائيين، فالناس تخشى الكيماويات وتلويثها للبيئة بشكل قد يكون مضحماً، لكن العامل النفسي والحكم بطريقة ذاتية على المخاطر أشياء واردة، ولا يمكن أن يكون رد فعلك تجاه أحد الكوابيس التي يمكن أن يراها ابنك أثناء نومه، هو أن تخبره بأن احتمال أن تدهسه سيارة أقل من احتمال أن يعضه كلب في الطريق، فهذا الرد قاس وغير مطلوب.

وليس متحمسى الحفاظ على البيئة أطفال لنهدئ من روعهم، ولكن الذي حدث هو أن فريقاً من الكيمياء والعلوم والتكنولوجيا قد غيرا العالم. فكل ما أضفناه لأغراض نبيلة أصبح خطراً على الحلقات الكيميائية العظمى في عالمنا، فكمية النيتروجين التي تثبت بواسطة عمليات هابر - بوش الصناعية، وهي درة إنجازات الكيمياء، تقدر بمثل تلك التي تثبت بواسطة العمليات الطبيعية. قد تتكفل "جايا" (Gaia) - أم الأرض في الأساطير الإغريقية، وهي الاسم الذي اختاره لوفلوك لفرصته عن سلوك الأرض كأنها كائن أو كينونة واحدة بكل أغلفتها بالمحافظة على نفسها تجاه ما

تحدثه من تحولات، لكن قد يصبح العالم بعد ذلك مكاناً لا يلعب فيه الإنسان أى دور.

ونحن نرى رؤى العين ما الذى أحدثته اختراعاتنا وتقدمنا فى ثقب الأوزون وفى التلوث وازدياد حموضة الأوساط المائية والأمطار، وفى انهيار آثارنا التاريخية عند تعرضها للأمطار الحمضية. لذلك فإن هناك من الأسباب القوية ما يوقظ الشعور بالانتماء لحماية البيئة داخل كل منا.

لقد كانت قصة الآر بالنسبة للمؤلف درساً يتعلم منه أكثر منها فرصة للانفجار ضد ما يتحدث به أنصار حماية البيئة، فالمرء قد يوظف الأحداث السيئة أحياناً لغرض التعلم. ويستخدم المؤلف عنواناً جذاباً لآخر فصول الجزء الثامن وهو الفصل ٤٥ "الكيمياء والتعليم والديمقراطية". والتعليم هو العامل الحاسم فى العملية الديمقراطية، فهو ميزة وواجب على كل مواطن، ولا تعيقه الأمية العلمية وهذا رأيه منذ زمن - إلا بقدر ما يؤثر ذلك فى مقدرة المواطن (أو المواطنة) على المشاركة فى التنافس الإقتصادى على المستوى العالمى، ويهتم المؤلف فى هذا الشأن -شأن الأمية الكيميائية- بأمرين أولهما عدم معرفة ما يدور حولنا من كيمياء بما فى ذلك ما تضيفه البشرية من مواد جديدة وما تؤثر به فى الاتزان القائمة. وسيجعلنا ذلك نشعر بالعجز وعدم المقدرة على الفعل. وإذا لم نفهم العالم فسنخترع أرباباً كما فعل أسلافنا الوثنيون من قبل عندما اخترعوا آلهة للبرق والنار والبراكين والزلازل وهكذا.

الأمر الثانى يعود بنا إلى قضية الديمقراطية، فإهمال الكيمياء يضع الحواجز أمام العملية الديمقراطية. وأنا (المؤلف) أثق فى أعماقى بأن الناس العاديين لابد أن يمتلكوا المقدرة على اتخاذ القرارات تجاه الهندسة الوراثية، أو مواقع دفن النفايات، أو مدى خطورة وأمن مصانع جديدة، أو تجاه وضع القيود على الأدوية المسببة للإدمان. ويمكن لهؤلاء الناس أن

يدعوا الخبراء ليشرحوا لهم الأضرار والفوائد والمخاطر التي قد تصاحب
أى أمر جديد، لكن ليس للخبراء أن يتخذوا القرار... بل الناس.

ولذلك تأتي أهمية وضع مناهج الكيمياء فى المدارس، والتي تساعد الناس
على فهم ما يدور حولهم، وأهمية تدريب وإعادة تأهيل المعلمين. ولا بد
لمناهج الكيمياء أن تصبح جذابة ومثيرة للجدل ودافعة للمعرفة، ويجب أن
توضع هذه المناهج لتخاطب غير المتخصصين، بل عامة الناس. وعلينا
أن نعلم الكيمائيين بالشكل الذى يساعدهم على تفسير الأمور بنسبة
٩٩,٩% من الناس الذين هم غير كيميائيين.

الجزء التاسع

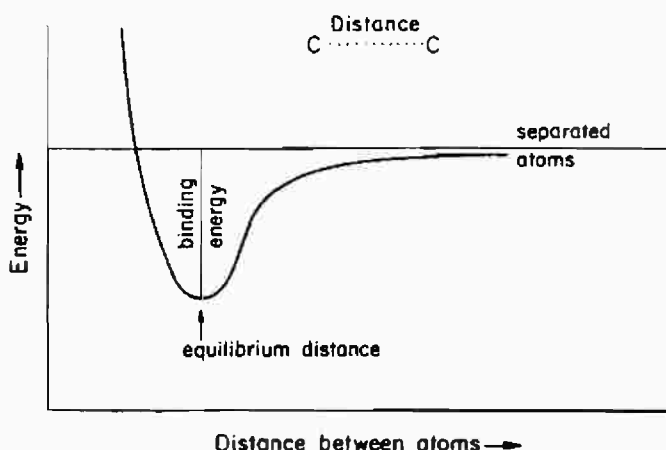
مغامرات ثنائي الذرة

يبدأ هذا الجزء من الكتاب بفصل عنوانه " C_2 في كامل هيئته"، وجزئ C_2 ثنائي الذرية وليس ثابتاً مثل جزيئات O_2 ، N_2 ، F_2 ، لكننا يمكن أن نحصل على القليل منه أثناء التفريغ الكهربى بين ذرتى كربون (وكذلك القليل من الجزيئ C_{60} الذى يشبه كرة القدم وله اسم طويل جداً بوكمينستر فولليرين، غير أن قصة C_{60} مثيرة وليس مكانها هنا)، وتوجد كمية من C_2 فى النيازك كما أن C_2 هو المسئول عن اللون الأزرق الذى نشاهده فى اللهب. ويشبه الجزيئ فى بنيته "الدمبل"، والمتغير الوحيد الحرف فى حركته هى المسافة بين ذرتى الكربون، والتى تبلغ $1.2425 \text{ \AA}$ ($1 \text{ \AA} = 0.00000001 \text{ سم}$)، وتتفاوت المسافة بين أى ذرتين مرتبطتين فى أى جزيئ بين 1 و $3 \text{ \AA}$ فى الحالة المستقرة.

وتتواجد الجزيئات كذلك فى حالات تسمى الحالات المثارة وتنتج بامتصاص الطاقة على شكل أشعة كهرومغناطيسية (تتفاوت من أشعة جاما δ -أقواها- إلى أشعة الراديو والتليفزيون -أضعفها-) بواسطة الجزيئ.

ولاتمكث الجزيئات طويلاً فى الحالة المثارة بل سرعان ما تعود إلى حالتها المستقرة وتشتع ما امتصته من طاقة على شكل أشعة كهرومغناطيسية. وعندما يعود جزيئ C_2 من حالته المثارة إلى الحالة المستقرة فإنه يشع ضوءاً أزرق.

ويمكن التعبير عن الجزيئات الثنائية (المكونة من ذرتين) بواسطة أشكال طاقة الوضع، وفيها يتم رسم طاقة الجزيء وتغيرها مع تغير المسافة بين ذرتيه كما في شكل (٢٧)



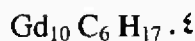
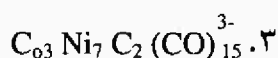
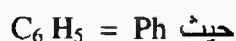
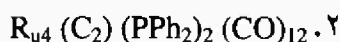
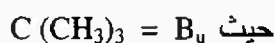
شكل (٢٧): منحنى طاقة الوضع للجزيء C_2 .

ونرى من الشكل أن طاقة الجزيء تنخفض كلما اقتربت الذرتان من بعضهما، ثم ترتفع بشدة بعد مسافة معينة. وتسمى المسافة التي عندها يتحول انخفاض الطاقة إلى ازدياد "مسافة الاتزان". أما قيمة الطاقة التي انخفضت (عمق النهاية الصغرى) فتسمى طاقة الربط أو طاقة تفكك الجزيء. ويمتلك جزيء C_2 عدداً من الحالات المثارة تتغير فيها مسافة C-C، ويتضح من البيانات التي أوردتها المؤلف أنه في معظم الحالات المثارة يكون طول C-C أكبر من مسافة الاتزان في الجزيء المستقر وهي $1.2425 \text{ \AA}$.

ويعتمد طول الرابطة بين ذرتي الكربون على نوع هذه الرابطة. ويسوق المؤلف تأكيداً لذلك مثلاً من ثلاثة مركبات تحتوى على C-C هي الإيثان والإيثيلين والأسيتيلين والتي تحتوى على رابطة مفردة ومزدوجة وثلاثية بين ذرتي كربون على الترتيب. وكلما زادت قوة الرابطة قصر طولها.

فالرابطة المفردة (أضعفها) طولها Å 1,04 في الإيثيلين، أما في الأستيلين
فطول الرابطة الثلاثية (أقواها) Å 1,21 .

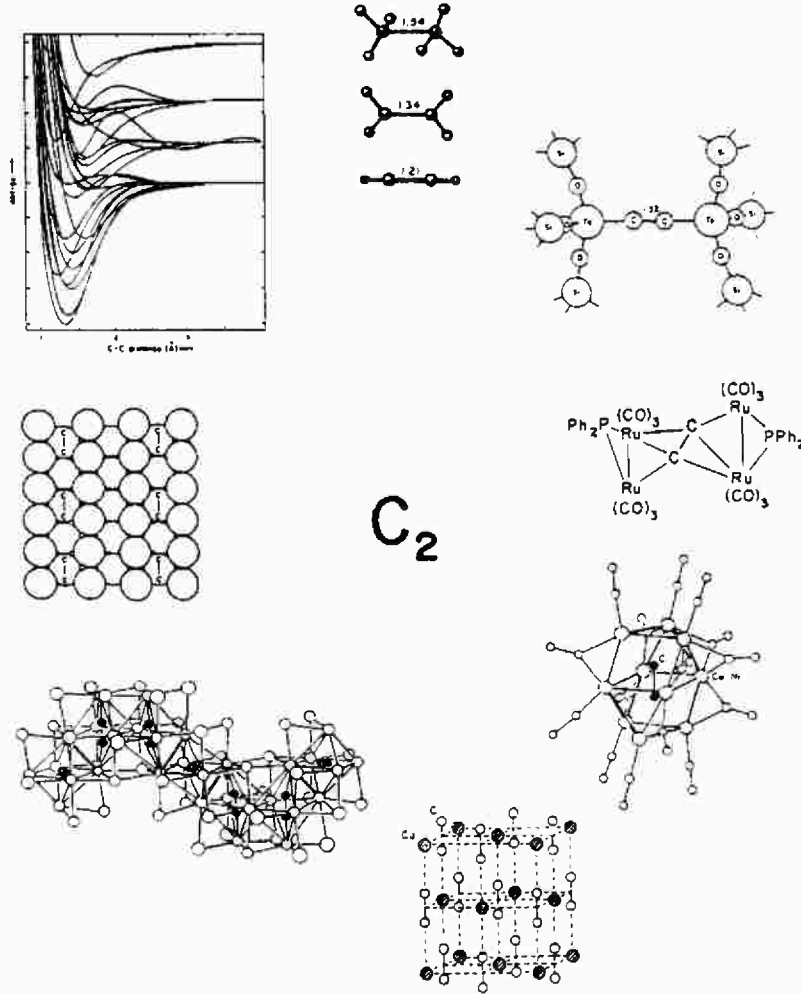
وينتقل المؤلف بعد ذلك إلى نوع من المركبات يسمى العضو فلزيه
(Organometallic) وهي تقع على خط التماس بين الكيمياء العضوية
وغير العضوية. ويورد عدة أمثلة على هذه الجزيئات مثل:



ويستعمل كريد الكالسيوم في مصابيح الأستيلين لأنه يتفاعل مع الماء
بسهولة ليعطي الأستيلين. وتسمى بنية كريد الكالسيوم "البنية الممتدة"
ويبلغ طول الرابطة في هذا المركب Å 1,19 فقط.

وهكذا يكون المؤلف -كما قال عن نفسه هو- قد عبر من الكيمياء
العضوية إلى غير العضوية ثم من غير العضوية إلى كيمياء الجوامد
مروراً بالعضو فلزية. وتتضمن كيمياء الجوامد أنواعاً متعددة من
المركبات الكيميائية في أغلبها غير عضوية، فهي تشمل على معادن
وحواجز وموصلات فائقة (Superconductors) في درجات الحرارة
المرتفعة (نسبياً) وفلزات ومغناطيسات وسبائك وزجاجيات وحراريات
والكثير غيرها.

وكأن الطبيعة تخبرنا أننا قمنا بتجزئة وتقسيم علم الكيمياء، فإن العالم واحد. فهناك وحدات C_2 الجزيئية في كل فروع الكيمياء المذكورة، وقد قام المؤلف بإعادة تجميع بنى الجزيئات التي تحتوى C_2 على شكل محور مركزه C_2 نفسه تعبيراً عن وحدة الكيمياء في شكل (٢٨)



شكل (٢٨): عجلة C_2 .

الجزء العاشر

الازدواجية المبهجة

يستعيد المؤلف في هذا الجزء بفصوله الخمسة (٤٧ - ٥١) ما أورده من كيمياء بادئا بالسؤال الأول عن الهوية، ووجود التطابق وعدم التطابق - أى أن يكون جزيئان متطابقين لكنهما مختلفان، كما في حالة الأيسومرات الكفية مثلاً. وقد تمكن الكيميائيون من كتابة بعض فصول سيناريو تطور الحياة، وقاموا بتصميم بعض الأدوية الرائعة التى أنقذت الحياة بفضل هذه التطابقات والاختلافات.

كان التخليق والتحليل متلازمين في الكيمياء، غير أن التخليق هو ما يميز الكيمياء عن غيرها، فعلوم كثيرة تستخدم تقنية التحليل، أما التخليق فهو الشيء الأكثر كيميائية في الكيمياء. ويواصل المؤلف عرضه للثنائيات (الازدواجات) التى جاءت في كتابه، فبعد التحليل والتخليق، يأتى دور المثالى والحقيقى، والطبيعى وغير الطبيعى، والساكن والمتحرك، والعلاج والأضرار.. وهكذا. ويقرر المؤلف أن آخر هذه الثنائيات يكمن في طبيعة العلماء أنفسهم وليس الكيميائيين فقط. فقدّر العلماء جميعاً هو الفعل، والفعل يعنى الخلق، أما ما يتبع هذا الخلق فقد يكون أمراً طيباً أو سيئاً. وليس من السهل أن يصبح العالم مسئولاً أمام مجتمعه عما يبدعه، لأنه بالقطع ليس من السهل أن يكون الإنسان إنساناً.

ويورد المؤلف في هذا الجزء الأخير من كتابه ما قاله جيرالد هولتون عن "موضوعات في العلم":

"هناك أنواع راقية من التفكير في كل فرع من فروع العلم يمكن اعتبارها محاور. ويتحدد الطريقة التى ننظر بها إلى العلوم بموقع الراصد على

أحد هذه المحاور. فالموقع الذي يختاره الراصد يتحدد مسبقاً ويلتزم به العالم". ومن الموضوعات التي جاءت في "موضوعات في العلم" على شكل ثنائيات:

- التحليل - التخليق
- الثبات - التغير
- كثير - واحد
- التعقيد - التبسيط
- أجزاء - كل
- رياضيات - نماذج مادية
- تناثر - تجميع
- تمثيل - حقيقة
- اختزالية - كلية
- تقطع - استمرارية
- تفكك - وحدة
- تفاضل - تكامل

ويستطرد المؤلف مشيراً إلى أن بعض هذه الثنائيات كان قد ناقشها مسبقاً، ويسرد ما أشار إليه هاننج هوف من أزواج متميزة شغلت الكيميائيين ردحاً طويلاً من الزمن خلال القرن العشرين، مثل حمض وقاعدة، وكذلك التجاذب والتنافر، والليونة والصلادة، والميل للإلكترونات والميل للنواة، والتساهم في الأربطة والأربطة الأيونية، ومع أن هذه المفاهيم تقنية بحتة إلا أنها تشير إلى الاختلافات التي أذهلت الكيميائيين في عصرنا.

وفي نهاية الكتاب والجزء العاشر يشير المؤلف إلى جدلية هيجل (ديالكتيك هيجل) كمنهج في تحليل الظواهر الكيميائية، فكل مقولة مقولة مضادة.

ويختتم المؤلف الكتاب بعرض موجز لثنائيات أخرى مثل دكتور جيكل
ومستر هايد (الرجل الذئب) وهى القصة التى خرجت للنور على شكل
شريط سينمائى ذائع الصيت، وكذلك ثنائية سينتاورا (الرجل الحصان)
ووصية أخيل من الأساطير الإغريقية.

تعقيب

من الصعب ألاّ تمدح كتاباً بهذا الشكل فهو جهد وعمل عظيم، ومن العسير أن تجد عيباً أو خطأ واحداً به. لكن إن كان لنا من تعقيب فهو أن كتاباً بهذا المستوى العلمي والفلسفي والتاريخي لم يذكر من قريب أو بعيد ولو بإشارة صغيرة اكتشافاً عظيماً هزّ العالم وما زال يلعب دوراً رائعاً وخطيراً في حياتنا، وهو التفكك الإشعاعي، والعلماء الذين قاموا بالجهد العظيم لاكتشافه: بيكيريل، كوري (ماري وبير) وذرфорд وبوهر، ولايجمع كل هؤلاء العلماء إلا شيء واحد قد يكون هو الذي تسبب في عدم ذكر أسمائهم، وهو أنهم ليسوا يهوداً. (!!!)

رقم الإيداع : ٢٠٠١/٢٢٤٨

ISBN : 977-281-158-8