كراسات "عروض"

سلسلة غير دورية تصدرها المكتبة الأكاديمية

تعنى بتقديم اجتهادات حديثة حول العلم والمستقبل

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

المراسلات: المكتبة الأكاديمية

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

حكايات التطابق والاختلاف

ثقافة الكيمياء

obeikandl.com

obeikandl.com

روالـــد هوفـــمان
Roald Hoffmann

حكايات التطابق والاختلاف

ثقافة الكيمياء

عرض

دكتور
أحمد السماحى
أستاذ الكيمياء الفيزيائية
نائب رئيس جامعة أسيوط وجنوب الوادى سابقا

دكتور
فتح الله الشيخ
أستاذ الكيمياء الفيزيائية
المستشار العلمى لرئيس جامعة جنوب الوادى

الناشر
المكتبة الأكاديمية
ش . م . م
٢٠٠١

obeikandl.com

obeikandl.com

حقوق النشر

الطبعة الأولى ٢٠٠١م - ١٤٢٢هـ

حقوق الطبع والنشر © جميع الحقوق محفوظة للناشر :

المكتبة الأكاديمية

شركة مساهمة مصرية

رأس المال المصدر ٩,٩٧٣,٨٠٠ 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 السلسة

هى الثالثة فى مشروع "الكراسات"، الذى تصدره "المكتبة الأكاديمية". والكراسات تعنى بمحورين كبيرين: العلم والمستقبل. لذلك فقد حملت السلسلة الأولى عنوان "كراسات مستقبلية"، وقد بدأ ظهورها عام ١٩٩٧، وفى عام ١٩٩٨ ظهرت السلسلة الثانية تحت اسم "كراسات علمية". وقد فكرنا فى البداية أن تضم السلسلتين، بجانب التأليف والترجمة، عروضا مطولة لبعض الإصدارات الهامة، التى لاتلاحقها حركة الترجمة. إلا أن أنشط أعضاء أسرة الكراسات، وللكراسات أسرة ممتدة ترحب دائما بالأعضاء الجدد، أقول إن أنشط الأعضاء الصديق الدكتور محمد رؤوف حامد، الأستاذ بهيئة الرقابة الدوائية، اقترح أن تصدر العروض فى سلسلة خاصة بها، وقد كان اقتراحا موفقا كما أرجو أن يوافقنى القارئ.

هذه الكراسة

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

obeikandl.com

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

والمؤلف حاصل على جائزة نوبل فى 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 جامعتى 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 الأخر، يعرف أنه أمام حالة جميلة من حالات "كيمياء العلاقات البشرية"، لأن صداقتهما زاخرة "بحكايات التطابق والاختلاف"!!!

أحمد شوقى

يناير ٢٠٠١

obeikandl.com

مقدمة العارضين

هذا الكتاب قصة وخروج هذا العرض إلى النور قصة أخـــرى. فقصـــة الكتاب علمية بالدرجة الأولى تعنى بالمعرفة وما يتشعب عنها ومايرفدهـــا من جداول وروافد. وينقسم الكتاب إلى عشرة أجزاء مقسمة فيما بينها إلى واحد وخمسين فصلاً تتناول مواضيع مختلفة فى الكيمياء يعرضها المؤلف فى سياق مايسميه القطبية أو الثنائية (Polarity-Dualism)، وهو سياق من الفلسفة والتاريخ والأدب والاجتماع، مستشهداً فى ذلك بروايات مشـــوقة ورسوم واضحة. وتبدأ قصة الكتاب بالعنوان الذى يكرس هذه الازدواجيـة بين التطابق والاختلاف. ويخصص المؤلف جزءاً كاملاً لطرق التعبير فى الكيمياء والعلوم بشكل عام، وهو أمر نادر الحدوث فى المؤلفـــات التـــى تتناول عرض العلوم لغير المتخصصين. ورغـــم تعدد أجزاء وفصـــول الكتاب، إلا أنه التـــزم بالحديث عـــن الثنائيـــات أو الازدواجيـــات فـــى الجزئيات كوحدات أساسية للمادة.

والقصة الأخرى هى قصة اختيار هذا الكتاب للعرض والجهد والإصـــرار من جانب رئيس التحرير الصديق العزيز الأستاذ الدكتور أحمـــد شـــوقى حتى ننجز هذا العرض، وهو أمر لم يكن سهلاً. لكننا عندما قرأنا الكتـــاب أيقنّا كم هو على حق، وعندما انتهينا من العرض داخلنا إحساس بأننا فعلنا شيئاً للقارئ العربى، هذا القارئ المحروم من رافد من أهم روافد الثقافـــة العصرية، العلوم وفى صميمها تكمن الكيمياء، التى أعطتنا الغذاء والكساء والدواء، فشكراً للأستاذ الدكتور رئيس التحريـــر وللمكتبـــة الأكاديميـــة ومديرها المثقف، على هذا الجهد العظيم.

فتح الله الشيخ **أحمد السماحى**

مقدمة المؤلف

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

١-ما الذى يبتغيه المرء عندما يأخذ والده المريض المحموم إلى طبيب؟ قطعا 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؟ قطعا 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. ومانريده 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. والكيماويات التى نتعاطاها كأدوية أو نخافها كملوثات هى وسط ذات حجم مناسب لتتعامل مع جزئيات أجسامنا.

ويعانى الإنسان الطبيعى من ازدواجية إزاء الكيماويات، ففيها الضار والمفيد، وليس هذا الأمر مؤشرا 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 فى 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 التى تعن لأى فرد مثل: كيف يمكن إنجاز ذلك؟ ما الذى أملكه؟ كيف حدث ذلك بالفعل؟ كيف أخبر الآخرين إذا كان لابد من ذلك؟ وهل لهذا الشىء قيمة ما؟

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

٤-ليس الكيمائيون 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 بالتناوب المثير بين الترابط والتفكك، هذه الهوية تهمنا 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، والذى يظهر من خلال القطبية يسمح لنا بإدراك أسباب حبنا وخوفنا من الكيماويات".

obeikandl.com

الجزء الأول

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

هكذا يبدأ المؤلف الجزء الأول من الكتاب، والذى يتناول فيه بالعرض والتبسيط الكيفية التى تتماثل (أو تتطابق) الجزئيات بها وتختلف فيما بينها. ويبدأ بالتساؤل الذى دائما يطرحه الكيمائيون عند رؤية أى شىء جديد: ما هذا؟ وفى الواقع لايوجد شىء نقى والأشياء الطبيعية عادة أقل نقاء من الأشياء المصنعة. والسبب فى عدم النقاء هو أن الكائنات الحية معقدة لأنها نتاج عمليات تطور، استخدمت فيها أعداد لانهائية من الكيماويات فى تجريب عشوائى 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 جزئيات متماثلة. ولكل مركب خواص مختلفة. وبعد فصل المكونات لابد من تمييز المركبات المكونة لها. وبالنسبة للكيميائى فإن البنية تعنى كينونة الذرات الموجودة فى المركب النقى وطريقة ارتباطها ببعضها وترتيبها فى الفراغ.

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

IR – الأشعة تحت الحمراء

UV – الأشعة فوق البنفسجية

MS – مطياف الكتلة

NMR – الرنين النووى المغناطيسى

وغيرها.

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

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

obeikandl.com

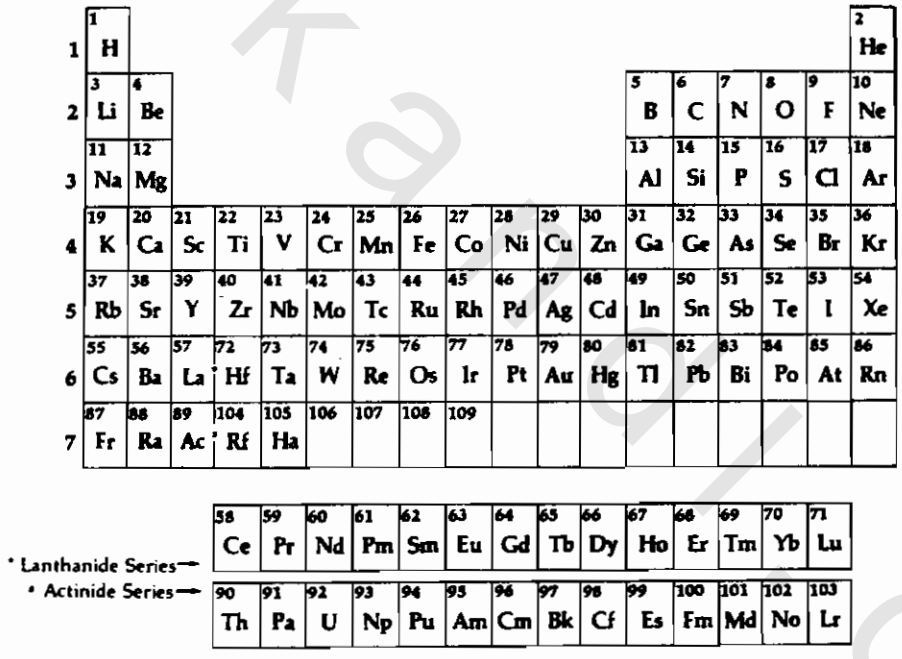
مركب مماثل لجاذب جنسى "لم تجذب هذه المادة الجنس الآخـــر لكنـــها جذبت الكثير من الكيميائيين".

من المعروف أن جميع المواد -بما فيها الأجسام الحيـــة- تتكـــون مـــن جزيئات. وقد تكون هذه الجزيئات من ذرات مختلفة أو متماثلة، فـــالحديد والكبريت والفوسفور جزيئات لنفس الذرات، أما عنصر مثل الـــهليوم أو الأرجون فيتكون من ذرات منفصلة غير متحدة. وتترابط الذرات داخـــل الجزيئات بعدد من الأربطة يختلف من ذرة لأخـــرى. ففـــى المركبـــات العضوية ترتبط ذرة الكربون بأربع روابط أما الهيدروجين فلا يرتبـــط إلا برابطة واحدة. ولايكفى أن نعرف عدد ذرات العناصر داخل الجـــزئ لأن طريقة اتحاد هذه الذرات ببعضها تعطى أحيانا جزيئات لها بنى مختلفة.

ويقدم المؤلف عرضا لقصة تبين كيف يمكن التعـــرف علـــى المركبـــات الكيميائية المعقدة بطرق مختلفة. وهذه القصة عن الخنافس التى تمضـــى حياتها طافية فوق الماء الآسنة وكيف تقوم بحماية نفسها مـــن الأســـماك والبرمائيات التى يمكن أن تلتهمها بسهولة. فقد أتضح أن هـــذه الخنـــافس تفرز مادة لبنية من غدتين كيسيتين لتعمـــل كعـــائق غذائـــى للأســـماك والبرمائيات يمنعها من التهام الخنافس. وقد تم فصل ٤ ملليجرامات مـــن زيت أصفر اللون مـــن خمســـين خنفســـة، وأطلـــق عليـــه جـــيرينيدال (Gyrinidal). ومن هذه الكمية الضئيلة أمكن التوصـــل إلـــى بنيـــة هـــذا المركب الحيوى ومن ثم تخليقه وتجربته على الطبيعة، فأثبت صحة البنية التى عينها الكيميائيون. وكان الكيميائيون قد استخدموا أجـــهزة القيـــاس الطيفية المختلفة التى ورد ذكرها آنفا ليتمكنوا من إحصاء وجـــود ١٤ ذرة كربون و٣ ذرات أكسجين و١٨ ذرة هيدروجين لا أكثر ولا أقل فى كـــل جزئ من هذه المادة. لكن الكيميائيين لايكتفون بمعرفة الصيغة الجزيئيـــة للمركب وهى $C_{14}H_{18}O_3$، بل لابد من معرفة الطريقة التى ترتبط بـــها هذه الذرات وشكل الجزئ الناتج عن ذلك.

كذلك قام العلماء بتعيين الجاذب الجنسي لأنثى الصرصور الأمريكي واقترحوا بنية معينة له، وعندما خلقوا الجزئ نفسه لم يعط النتائج المرجوة، الأمر الذى يعنى أن البنية المقترحة ليست صحيحة.

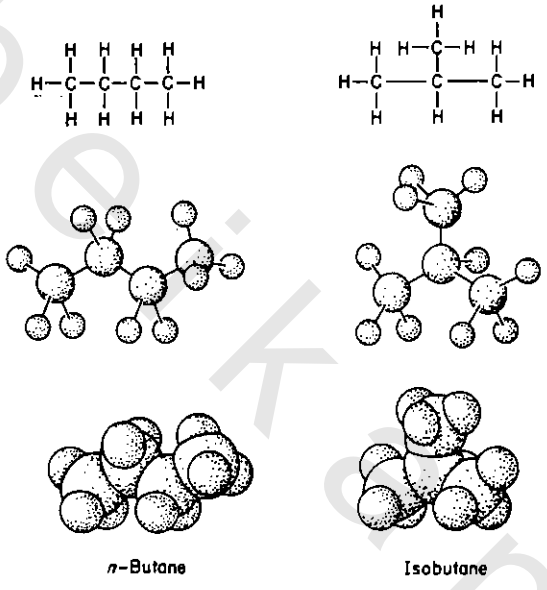
وحول موضوع الهوية فى الكيمياء، فإن المؤلف يذكرنا بأن جميع المواد تتكون من جزيئات وأن الجزيئات بدورها تتكون من ذرات، وتنتمى هذه الذرات لحوالى ١٠٥ عناصر. وقد رتب مندليف هذه العناصر (لم تكن ١٠٥ فى أيامه) فى جدول ينتظمها جميعا وتتدرج فيه خواصها فى دورات متكررة، لذلك سمى الجدول الدورى.



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

من هذه العناصر يوجد حوالى ٩٥ عنصرا فقط فى الطبيعة، أما بقية العناصر فهى 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 الكيميائيـــة، إلا أنهما يختلفان عن بعضهما. ومثال ذلك المركب $C_4 H_{10}$ فهو يوجد إمـا على شكل بيوتان عادى (n-butane) أو أيزو بيوتان (iso-butane).



شكل (٢): عدة طرق لتمثيل أيسومرى البيوتان.

وتسمى هذه الخاصية الأيسومرية (التناظر أو التشاكل أو التشـــبه) البنيويـــة. وقد كان اكتشافها نصرا مبينا للكيميائيين فى القرن التاسع عشر. ويـــزداد عدد الأيسومرات البنيوية للجزئ الواحد كلما ازداد عدد ذرات الكربـــون فيه، ويبين الجول الآتى تدرج أعداد الأيسومرات البنيوية مع ازدياد عـــدد ذرات الكربون.

obeikandl.com

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 البنيوية للهيدروكربونات $C_n H_{2n+2}$.

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

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

cis-1,2-dibromoethylene *trans*-1,2-dibromoethylene

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

سيس – cis وترانس – trans. وتتواجد ذرتا البروم فى الجانب نفسه بجوار بعضهما فى أيسومر سيس، أما فى الأيسومر ترانس فإنهما

obeikandl.com

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

ويظهر دور الأيسومرية الهندسية فى اختلاف النشاط البيولوجى حيث تقوم الأحماض الدهنية من نوع ترانس بزيادة الكوليسترول منخفض الكثافة (LDL) غير المرغوب فيه، وتقلل فى الوقت نفسه من الكولسيترول عالى 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 فى 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 تواجدها

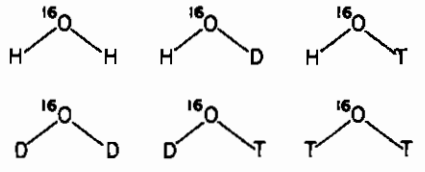
^{1}H 99.985%
$^{2}H = D$ 0.015%
$^{3}H = T$ 10^{-20} %

نظائر الأكسجين ونسب تواجدها

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

obeikandl.com

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):



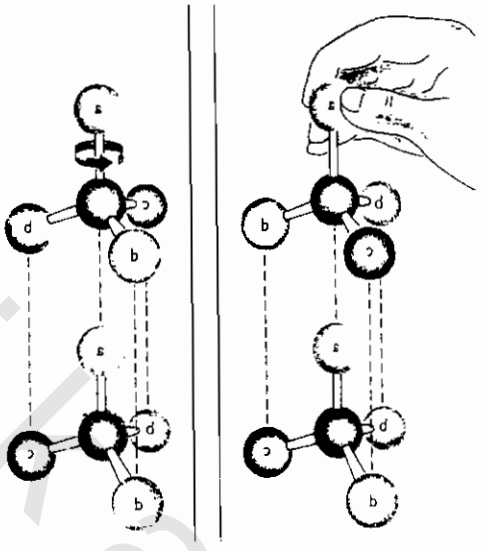
شكل (٤): الأيزوتوبومرات الستة لجزئ الماء مع ^{16}O.

ويحدث نفس الأمر للنظيرين ^{17}O و ^{18}O بالضبط. فإذا نظرنا إلى مركب أكثر تعقيدا من ذلك مثل الهيموجلوبين الذى يحتوى الجزئ 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 ٤ ذرات حديد F_e، ونظرا لوجود نظائر لكل ذرة من ذرات هذه العناصر، فإنه من المتوقع أن نجد عددا لانهائيا من الجزئيات المختلفة (التى تحتوى نظائر مختلفة) والتى 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 لجزئ تقابلها

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



شكل (٥): صورتا مرآة لاتنطبقان على بعضهما ومحاولة لانطباقهما.

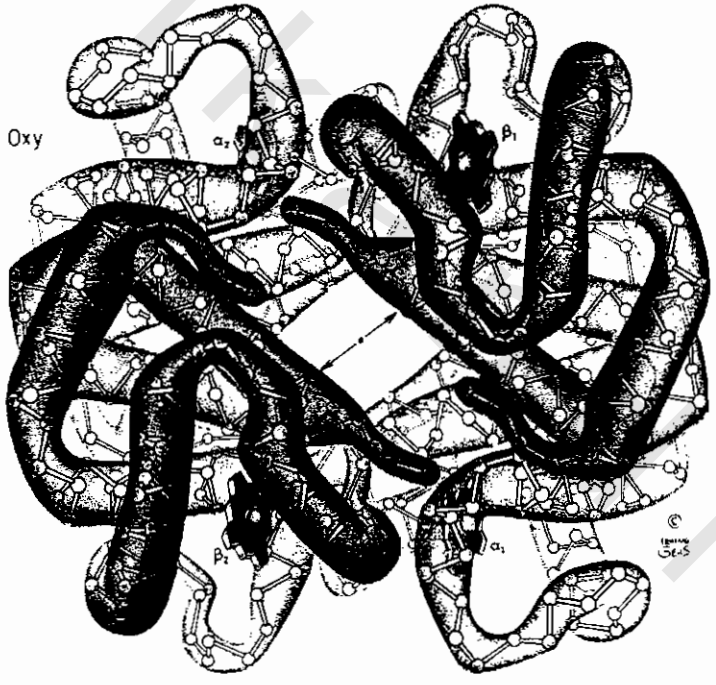
وتتمتع هذه الأيسومرات بخاصية النشاط الضوئى، حيث إنها تتسبب فى دوران مستوى الضوء المستقطب إذا مر خلال بلوراتها أو محاليلها. والضوء المستقطب هو موجات الضوء التى تتذبذب فى مستوى واحد فقط (يتذبذب الضوء العادى فى جميع الاتجاهات) مثل تلك التى تمر خلال الزجاج المسمى بولارويد.

وقد تمكن لويس باستير من فصل بلورات حمض الترتريك من نوع D (التى تدير مستوى الضوء المستقطب ناحية اليمين) عن بلورات الحمض نفسه من نوع L (التى 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 الراسيمى.

ويؤدى تماثل الجزيئات وتشابهها فى 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 الذى ينقل الأكسجين من الرئتين إلى جميع خلايا الجسم، وهو جزئ عجيب.



شكل (٦): الهيموجلوبين فى شكله المؤكسد بالأكسجين.

يقوم الهيموجلوبين بعمله عن طريق دخول الأكسجين من بوابة ليرتبط بالحديد داخل الهيموجلوبين (هناك أربعة ٤ أقسام فى جزئ الهيموجلوبين يقع فى مركز كل منها ذرة حديد، أى أن هناك أربع ٤ ذرات حديد). أما الطريق الذى يسلكه الأكسجين أثناء دخوله فيتشكل

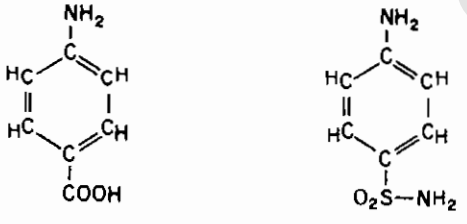
من لفائف البروتينات الموجودة حول الحديد، والتى تساعد على ارتباطه بالحديد.

ومع بزوغ شمس الحضارة التكنولوجية وحرق الوقود الحفرى 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 الإيثيلى 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 الزهرى. أما مركبات السلفانيل أميد (Sulphanilamide) فقد ظهرت إلى الوجود بعد عام ١٩٣٧ وأحدثت ثورة حقيقية فى العلاج الكيميائى. والعالم مدين لصناعة الكوك وصناعة الأصباغ الألمانيتين فى التوصل إلى الإنجازات العظيمة فى مجال الكيمياء، خلال النصف الثانى من القرن التاسع عشر وبداية القرن العشرين.

بدأت قصة العلاج الكيميائى بأدوية السلفا على يد الطبيب والعالم الألمانى جيرهارد دوماج (Gerhard Domagk) عندما تعرضت ابنته للإصابة بعدوى من بكتريا من نوع "ستربتو كوكاس" ولم ينقذها من براثن الموت إلا العلاج بالسلفا. جلبت أدوية السلفا العلاج لأمراض الالتهاب السحائى والالتهاب الرئوى 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 فى غذائنا (يدخل ضمن عائلة فيتامين B)، ولكن معظم أنواع البكتريا تقوم بتخليقه بنفسها مستخدمة فى ذلك إنزيمات معينة (الإنزيم حافز بيولوجى) وبمساعدة جزئ حمض بارا أمينو بنزويك (P-aminobenzoil) الذى يشبه جزئ السلفانيل أميد إلى حد بعيد. وعند تناول السلفانيل أميد فإنه يقوم بخداع الإنزيمات التى تخلق حمض الفوليك بمحاكاته لحمض بارا أمينو بنزويك، فيثبط نمو البكتريا فتهلك. وتعد أدوية السلفا من أوائل المضادات الحيوية التى سبقت البنسلين.

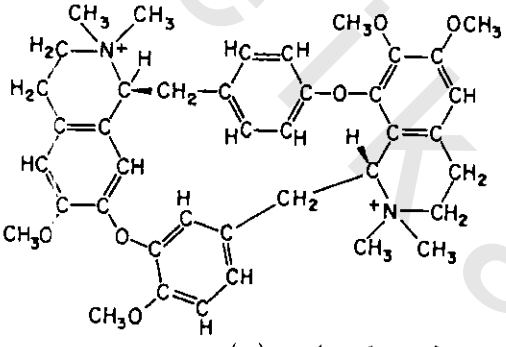


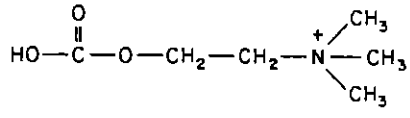
شكل (٧): إلى اليسار جزئ بارا أمينو حمض البنزويك وإلى اليمين جزئ بارا أمينو بنزين سلفوناميد (سلفانيل أميد).

٤- يعمل جزئ الآستيل كولين (Acetylcholine) كناقل عصبى حيث يرتبط بمستقبلات معينة على جدران خلايا العضلات. وهذه المستقبلات عبارة عن بروتينات أو قنوات فى جدران الخلايا. ويؤدى ارتباط الآستيل كولين بالمستقبلات إلى انقباض العضلات. وفى حوض

obeikandl.com

نهر الأمـــازون فى فنزويلا يستخدم الهنود أحد المركبات من أصـــل نباتى يسمى كوريـــر، وذلك لتسميم رؤوس سهامهم. وتكمن طريقـــة عمل هـــذا الســـم فى احتوائـــه على مركب دى تيو بوكيـــــورارين (d-tubocurarine) الذى يماثل جزيئه جزئ الآستيل كولين فينافسه فـــى الارتباط بالمستقبلات. وبمجرد ارتباط هذا السم مع مستقبلات الآســتيل كولين فإنه يوقف سلسلة التفاعلات التى تؤدى إلى انقباض العضـــلات فيصاب الإنسان بالشلل. ويستخدم هذا المركب فى الطـــب لاســترخاء العضلات حيث تؤدى جرعة منه مقدارها ٣٠ ملليجرام إلى الإصابـــة بالشلل لمدة ٣٠ دقيقة.





شكل (٨): جزئ الآستيل كولين الناقل العصبى (أ) جزئ دى-تيوبو كيورارين (ب).

obeikandl.com

الجزء الثانى

كيف تروى الحكاية

بدأت الكتابة العلمية مبكرا بعد إنشاء الجمعيات العلمية الملكية فى أوربا (عام ١٦٦٢ فى انجلترا وعام ١٦٦٦ فى فرنسا)، وكان النشر قبل ذلك مقتصرا 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 التجريبى ثم النتائج ومناقشتها والمراجع المستخدمة. وقد ساعد التطور الهائل فى الأجهزة فى إنجاز البحوث الكيميائية فى زمن قياسى، 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 مايمكن أن يكون قد دار خلال إجراء البحث فهو أمر ليس للنشر. فإذا أخذنا فى الاعتبار أمورا أخرى كثيرة تتعلق بالمقالة

obeikandi.com

العلمية نستطيع أن نخلص إلى أن المقالة العلمية الكيميائية ليست تعبيرا صادقا عما تم إجراؤه أو ما تعلمناه، لكنها فى المقابل مرجع أنشئ إنشاء.

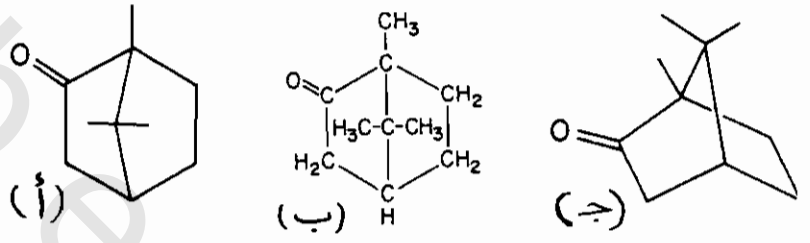
وفيما يتعلق باللغة وما يمكن أن ينشأ عنها من لبس، يورد المؤلف رأيه فى الآتى: "الكلمة إشارة أو شفرة وهى تعنى بالتأكيد شيئا ما، لكن ما هو هذا الشيء؟ لابد من إعادة حلِ شفرته أو تحليله بواسطة القارئ، فإذا اختلفت طرق حل هذه الإشارة فلا بد أن يختلف المعنى المقصود للكلمة. ولذلك وحتى يكون المقصود بالكلمة واضحا للكيميائيين جميعا فى أى 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 فى التعبيرات الكيميائية المتعلقة ببنية الجزئيات بشكل جليل.

كانت بنية الجزئيات أمرا مهما، فليس نوع الذرات فقط هو المهم بل الطريقة التى ترتبط بها فى الفراغ والسهولة التى تتحرك بها من مواقع اتزانها أيضا لها أهمية خاصة لأنها تحدد كل خاصية فيزيائية وكيميائية، وفى النهاية تحدد الخواص البيولوجية للجزئ.

ويعبر الكيميائيون عن المعلومات البنيوية باستخدام اللغة والأشكال، ولهذا الأمر تاريخ فهو يتعلق بالفن وبالعلوم معا. والأشكال التى يرسمها الكيميائيون ويتركونها وراءهم أحيانا على المظاريف أو المفارش فى المطاعم، هذه الأشكال إذا نظر إليها إنسان عادى أصابته بالإحباط لأنها تمثل إشارات غير مفهومة بالنسبه إليه تماما كما كتب رونالد بارثز

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



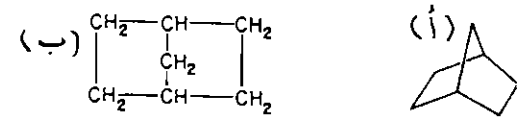
شكل (٩): البنية الكيميائية للكافور باختصار (أ) وبالتفصيل (ب) وفراغيا (جـ).

إلى الكافور، وهو مركب طبى شمعى أبيض اللون ذو رائحة نفاذة. وهذه الطريقة تماثل الاختزال فى الكتابة فمثلا تمثل كلمة يونسكو (UNESCO) منظمة الأمم المتحدة للتربية والعلوم والثقافة. غير أن المضلع المرسوم هو فى الحقيقة اختزال للجزئ الآتى (٩ب) والذى يمكن التعبير عنه فراغيا بالشكل (٩جـ).

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

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

رسم بنية الجزيئات فى 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 فيتعرض 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 فى شكل علاقة من الحب والكراهية. فالتجريبيون يعتقدون أن النظريين غير واقعيين ويقيمون قصورهم فى الهواء، مع أنهم فى حاجة إلى أطر من النظريات لفهم الأشياء. فى الوقت نفسه قد لايثق النظريون فى التجارب ويتمنون أن يقوم الناس فقط بالقياسات المهمة من وجهة نظرهم (النظريون)، لكن ما الذى كان سيصير إليه حالهم لو لم يكونوا على صلة بالواقع.

وتتسع المقالات العلمية مثل اتساع الحياة نفسها لرقصة الفالس التى تؤدى بين النظرية والتجربة على الدوام.

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

ويختتم المؤلف هذا الجزء الخاص بطريقة التعبير فى الكيميـــاء والعلـــوم بوجه عام بسرد بعض النقد الحاد الذى تعرضـــت لـــه بعـــض مقـــالات الكيميائيين، وهو نقد لاذع وساخر لم ينج منـــــه حتـــى هوفمـــان نفســـه (Hoffmann).

obeikandl.com

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 فى أوربا مع عصر الاكتشافات الجغرافية.

ويورد المؤلف فى 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 بولانى (Michael Polanyi) عالم الكيمياء الفيزيائية).

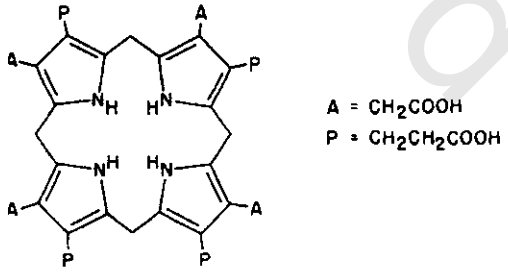
وقد تأثرت العلوم كثيرا بالفلسفة الاختزالية فى صميمها وذلك بفضل المنطقيين الفرنسيين ومنهجة علمى الفلك والفيزياء قبل بقية العلوم. وتناسب الفلسفة الاختزالية الاكتشافات، غير أن الاختزالية فى حد ذاتها هى أحد أوجه الإدراك وليس علينا أن نفكك أو نحلل الأشياء فقط، بل من واجبنا بناؤها. وقد كتب ريتشارد فينمان (Richard Feynman) على السبورة يوما ما "مالا أستطيع خلقه لا أفهمه" كما كتب جوته فى روايته الفريدة سنة ١٨٠٩ "الميول الانتقائية" فى محادثة بين إدوارد وشارلوت (من أبطال الرواية) على لسان شارلوت "تصبح الميول مهمة فقط عندما تؤدى إلى الطلاق، وهذه الكلمة الكئيبة المنتشرة هذه الأيام موجودة أصلا فى العلوم الطبيعية (!)" وقد رد إدوارد عليها بقوله "إن من دواعى الشرف للكيميائيين أن يدعوا فنانين فى 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 الجزئيات وتحولاتها، بينما كانت تعرف منذ حوالى مائة عام مضت بأنها علم المواد أو المركبات.

وهناك جزئيات مازالت لم تكتشف فى الطبيعة بعد، إلا أن الكيميائيين استطاعوا أن يخلقوا ما يربو على عشرة ملايين جزئ ليس لها وجود من قبل.

ويتدخل الكيميائيون بجزئياتهم المخلقة حتى عندما يتعاملون مع الجزئيات الموجودة فى الطبيعة، وأحد هذه الجزئيات والتى تستخدمها الخلايا لتخليق الكلوروفيل فى النباتات هو يوروبورفيرينوجين-٣ (Uroporphyrinogen-3) ويعرف اختصارا باسم يوروجين-٣ (Urogen-3) وتستخدم كل الخلايا النباتية مشتقات أخرى لليوروجين-٣ فى السيتوكرومات (Cytochromes) لنقل الإلكترونات.



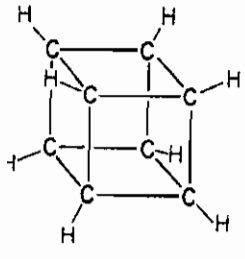
شكل (١١): جزئ يوروجين-٣.

وقد تمكن العلماء من تخليق هذا الجزئ فى سلسلة من التفاعلات وضعت الكيميائيين فى مصاف الفنانين.

obeikandl.com

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 أولا بإبداعات الخالق فى الطبيعة بدءا من الصقيع والندى الذى يتكون ليلا على أوراق الشجر وانتهاء بعمليات الخلق التى تتكرر يوميا من حولنا آلاف المرات كميلاد طفل مثلا. ويبدى إعجابه ثانيا 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 فى الكيمياء فى مصاف الإبداعات العظيمة والتى تقترب بالكيمياء من الفن. ومع أن التخليق يعد من أهم إنجازات الكيميائيين إلا أنهم يقومون أيضا بأمور أخرى مثل دراسة خواص الجزئيات وتحليلها ووضع نظريات تفسر ثبات هذه الجزئيات وأشكالها وألوانه، وكذلك دراسة آليات التفاعل، إلا أن صميم عملهم يكمن فى الجزئيات وعملية تخليقها إما فى الطبيعة أو بواسطة الإنسان.

ونورد هنا ما عرضه الكتاب لبعض أنواع التخليقات:

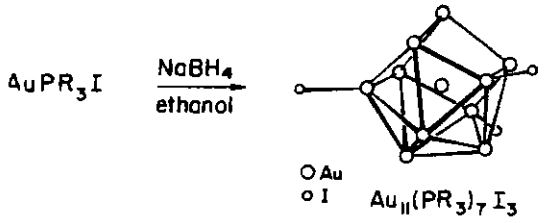
١- **التخليق من العناصر:** الصورة الموجودة فى أذهان عامة الناس عن التخليق الكيميائى كوميدية إلى حد بعيد، فمزج المادة A بالمادة B ثم تسخينهما أو تعريضهما للضوء أو إمرار تفريغ كهربى (شرارة) يعطى المركب الجديد C. وبالقطع ليس الأمر كذلك، ولايعتد بالتخليق بواسطة خلط العناصر إلا إذا كان الناتج جزيئات غير موجودة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

$$X_e + 2F_2 \xrightarrow{\text{حرارة}} X_eF_4$$

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

٢- **أحيانا بالتخطيط وأحيانا بالصدفة:** ويتضمن هذا النوع أنماطا مختلفة للتخليق. ففى 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 الذى قد ينجح وقد يفشل. فإذا فشل يمكن تغيير بعض الظروف مثل درجة الحرارة أو إضافة مادة أخرى وهكذا قد تتكرر العملية عدة مرات. وفى

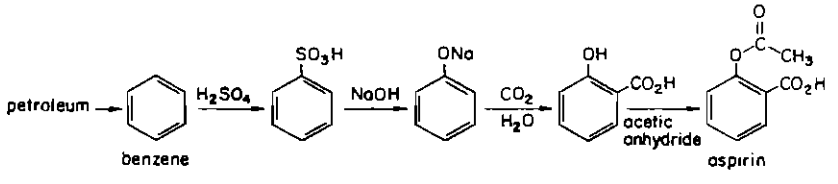
النهاية قد تحصل على شيء مختلف تماما عما خططناه. ومثال على ذلك تفاعل التخليق الآتى:



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

حيث يتكون تجمع مدهش من ذرات الذهب بدأه كيميائيون من ميلانو بالمركب البسيط يوديد فوسفين الذهب (A_u PR_3 I)، حيث عرضوه لظروف التفاعل (المادتان N_a BH_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.

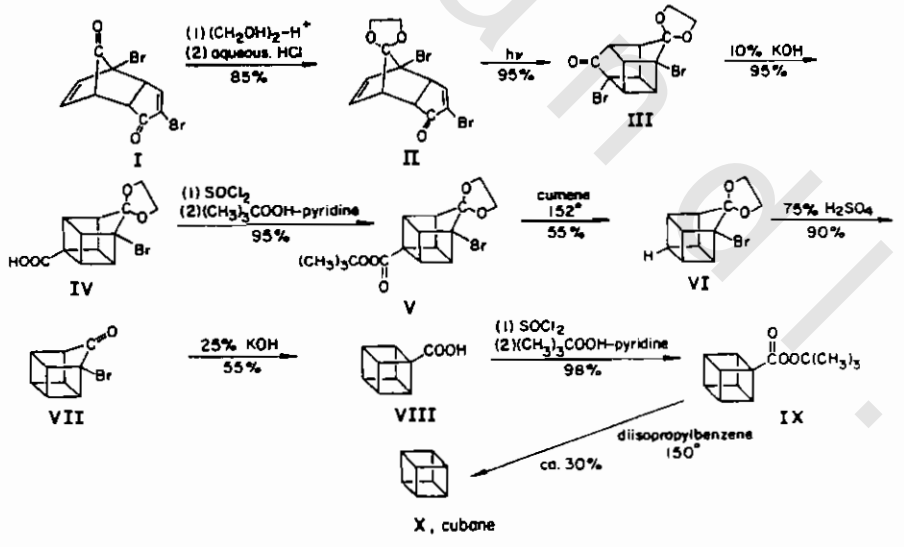
٣-**التخليق الصناعى:** يبلغ عدد أقراص الأسبرين التى تصنع فى الولايات المتحدة سنويا عدد الدولارات فى ميزانية الدفاع الأمريكى. ويحضر الأسبرين صناعيا من البنزين وهو أحد مكونات البترول وذلك بعد تعريضه لسلسلة من التفاعلات – كما هو واضح بالشكل (١٤).



شكل (١٤): إحدى طرق تحضير الأسبرين صناعيا.

منتهيا بحمض الأستيل ساليسيليك – الأسبرين، وليس الأسبرين استثناء فمعظم الكيماويات الدقيقة تحضر صناعيا من مكونات البترول. ومن أهم العوامل فى الصناعات الكيميائية عامل الأمن والبيئة والتكاليف. والعامل الأخير –التكاليف– هو الذى أملى سياسة "لنجرب المادة الكيميائية الأخرى" وذلك بهدف خفض تكاليف الإنتاج. وقد كان الضغط التنافسى لخفض تكاليف الإنتاج هو الدافع وراء عديد 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 ومنتهين 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 تحاكى 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 وتقترح بنفسها تخليقات مثيرة من النوع الذى لو تحقق لأمكن نشره كبحث فى مجلة من المستوى الرفيع. ومن الطبيعى ألا تحتمل 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 الجزئيات الوسيطة.

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

obeikandl.com

10^{-23} جزئ دقيق يتحرك كل منها حسب هواه، إلا أننا نتمكن من تطويعها لتعمل كما نريد فنخلق ترتيبا محدودا لنجعل الجزيئات تتحرك بصورة عشوائية حتى نصل إلى النتيجة المطلوبة".

وتحقيقا لهذه الصورة وكما قال كورى (Corey) مؤلف كتاب "منطق التخليق الكيميائى": "إن الكيميائى الذى يعمل فى التخليق ما هو إلا مكتشف مؤهل بقوة ليقترح 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.

ولايملك المرء إلا أن يعجب بالطريقة التى كتب بها المؤلف المدخل إلى أحد فصول الكتاب وعنوانه "طبيعى / غير طبيعى" متخذا 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 لنتعامل مع أكثر العناصر طبيعية وهو الماء لنخلق صورة إنسان طبيعى وفرس 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 صناعيا. 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 وتنوعا.

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

هى العلاقة السيئة بين أجـــهزة الإعـــلام ورجـــال الأعمـــال والكيميـــاء والكيميائيين.

وعلى الرغم من أن هناك حدودا فاصلة بين ما هو من صنع الإنسان وما هو مخلق وما هو غير طبيعى، إلا أن هذه التسميات يمكن أن تستخدم بـــدلا من بعضها البعض، ففى كل الأنشطة البشرية سواء كانت فنا أو علمـــا أو إدارة أعمال (تجارة) أو إنجاب الأطفال ليس من المنطق الفصل بين مـــا هو طبيعى وما هو غير طبيعى.

وكما قال الفنان العظيم إيجور سترافينسكى (Egor Stravinsky) "ليســت أصوات الطبيعة موسيقى، كما أن الموسيقى ليســت محاكـــاة لأصـــوات الطبيعة".

ويذهب الكيميائيون أبعد من ذلك فهم يعرفون أن كل الأشياء مثل المـــاء والبرونز والصدأ ويدى الفنان مـــايلز وعينـــى -كلـــها تملـــك تركيبـــا ميكروسكوبيا. فهى تتكون من جزيئات ثم من ذرات مرتبة فـــى الفـــراغ بشكل يمنح هذه الأشياء صفاتها الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية. فكمـــا لاحظنا، إذا كانت هناك بنية جزيئية صورة مرآة من بنية أخرى فقد يعنى هذا اختلافا كبيرا فى الصفات. ومن مصادر الجمال فى الكيمياء الحيويـــة الحديثة، حل ألغاز آليات العمليات البيولوجية فى الطبيعـــة، مثـــل كيـــف يرتبط الأكسجين بالهيموجلوبين؟ ولماذا يرتبط CO بصورة أقـــوى منـــه؟ ولماذا حل النايلون محل الحرير؟ وهل هى صدفة؟ أم أن هنـــاك تمـــاثلا بينهما على المستوى الجزيئ سواء فى التركيب الكيميائى أو فـــى البنيـــة (مجموعات أميد وكربونيل (Amide; Carbonyl) وبنية على شكل رفـــائق مطوية وأربطة هيدروجينية...إلخ)؟ولاشك أن أهم إنجاز فكرى للكيميـاء فى عصرنا الحالى هو إدراك بنية الجزيئات مـــن المـــاء وحتـــى بروتيـــن رودوبسين فى قاع العين (Protein Rhodopsin).

وللكيميائيين طريقتهم فى عرض الازدواجيات التى تحفل بها الكيمياء، فهم يستخدمون تعبير عضوى / غير عضوى منذ أمد بعيد عندما كان المصدر الوحيد للمركبات العضوية هى الكائنات الحية. وفى مجال إنتاج بعض الكيماويات الضرورية مثل فيتامين C، فإن مصدر الفيتامين يلعب دورا فى التسويق بالدرجة الأولى، ولايختلف 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 تعبيرا مثل "تخليق المنتجات الطبيعية" عندما يحاكون الطبيعة فى تخليق منتجاتها، لكنهم فى المقابل لايستخدمون 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 لهويتنا 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 لأمور طبيعية حنين لاطائل وراءه، فالأغنيات الرومانسية الريفية والرعوية (Pastorale) تمثل شجنا لأمور لم تعد قائمة ولايمكن أن توجد. لكنا مازلنا نستشعر رغبات دفينة أن نحس بالريح فى قلوع القوارب

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

وقد حققت المواد المخلقة النجاح الذى كفل لها أن تصبـــح فـــى متنـــاول الجميع لرخص ثمنها ومقدرتها على التحمل والتشكل، لكن الإنسان هـــذا الكائن العجيب لايقنع أبدا فدائما يطلب المزيد ويتـــوق لامتـــلاك النـــادر والأغلى. فبعد أن أصبحت المنتجات المخلقة سهلة المنال أخذت الأقطـــان والأصواف ترقى وتصبح مطمعا فى أعين الناس، فهو بطبعه ينفـــر مـــن الأشياء التى تنتج بكميات كبيرة ومتكررة والتى تشـــبه بعضـــها بعضـــا، فهناك دائما رغبة دفينة فى داخلنا تبحث عن بصمة أو توقيع الصانع أمـــا الأشياء الصناعية أو المخلقة فإنها تنتج فى مصانع، نتيجة عمليات متكررة ومتماثلة تؤدى إلى منتج متطابق لاتتميز وحداته عن بعضها بأى شىء.

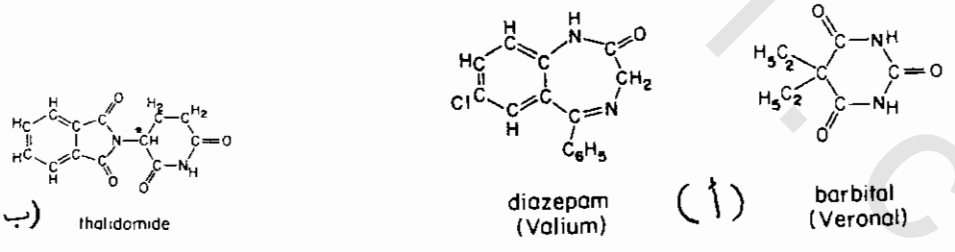
لكن ما الذى يجعل العلماء (والعلماء لايختلفون عن بقية البشـــر) دائمـــى البحث عن الأشياء الطبيعية (!) ليـــس هنـــاك فـــى الواقـــع تفســـيرات سيكولوجيى أو اجتماعية بسيطة لذلك. يقول جين بول مالريو (Jean-Paul Malrieu) "إن ارتداء الملابس الكتانية يجعلنا نتشارك -على الأقـــل فـــى خيالنا- مع أجدادنا وأسلافنا الأولين، ومع الأبطال والتاريخ. والأمر نفســـه يمكن قوله على الأخشاب والأحجار، فكلما تلامسنا مع هذه الأشياء تذكرنا صور الحياة الماضية السحيقة التى مرت على كوكب الأرض حتى مـــن قبل أن يظهر الإنسان".

obeikandl.com

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 أوربا، موضحا الظروف التى أحاطت بتحضير واختبار وتسويق هذا الدواء. ففى ألمانيا فى فترة مابعد الحرب العالمية الثانية، كانت سوق الدواء مفتوحة لكل من هب ودب، ولكل دواء، ولم يكن مطلوبا إثبات كفاءة أو درجة أمان أى دواء جديد بالتفصيل. وكانت الشركة الألمانية "تشيمى جروننتال (Chemie Grunenthal)" للأدوية بحكم حجمها الصغير لاتملك إلا معملا صغيرا للأبحاث على رأسه طبيب اسمه هنريتش موختر (Heinrich Müchter) وفى سنة ١٩٥٤ قام أحد الكيميائيين التابعين له ويدعى ولهلم كونز (Wilhelm Kunz) وهو فى الأصل صيدلى بتخليق المركب n –فثاليدميدور– جلوتاريميد (ثاليدوميد) – n-phthalidomido glutarimide (Thalidomide) وله جزئ يماثل جزيئات الفاليوم والليبريوم.



شكل (١٦): بنية الفاليوم والفيرونال (أ). بنية الثاليدوميد (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 خليطا راسيميا من D و L (بنسبة ١:١).

وقد ادعى باحثو شركة تشيمى جرونينتال المنتجة لهذا "الدواء" أنه مسكن، لكن اتضح فيما بعد أن ادعائهم عار عن الحقيقة. ودون الدخول فى التفاصيل، وعندما تمت محاكمة المسئولين 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 شفهيا لنا... وقد كان تقريرهم جيدا".

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

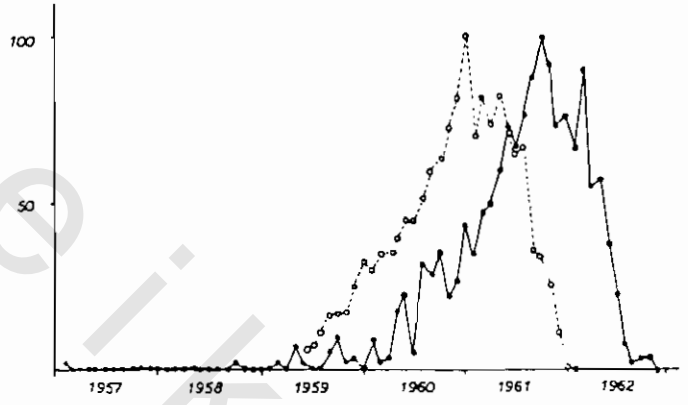
- "... لا أذكر بالضبط هل كان ذلك فى حوار أثناء لقائنا أم أثناء لعب الجولف أم أثناء تناول طعام الغذاء، لكننى أذكر أنه أكد لى ذلك".

- "أفاد الطبيب من سنغافورة 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 ماحدث أمرا فظيعا، فقد كان الأطفال يولدون بأكفهم وأقدامهم ملتصقة بأكتافهم وأردافهم. ثمانية آلاف طفل ولدوا بهذه الإعاقة أو بشكل قريب منها، معظمهم فى ألمانيا وانجلترا، والقليل منهم تم رصده فى عشرين دولة أخرى. ولم تسحب الشركة الدواء من الأسواق إلا بعد الفضائح الإعلامية.

obeikandl.com

كان أكبر دليل على ضلوع "الدواء" "ثاليدوميد" فى الجريمة هو التطابق المذهل بين مبيعات ثاليدوميد فى يناير من كل عام مع عدد حالات الإعاقة 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 الإعاقة (مستمر).

ويدعو المؤلف بعد ذلك إلى مواجهة بعض النقاط التى أثارتها 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 المخلقة 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 بالبنزين

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

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

ثانيا يمكن النظر إلى الثاليدوميد من زاوية أخرى، وهى كونه جزيئا كيراليا (كفيا) يمتلك فى بنيته ذرة كربون محاطة بأربع مجموعات مختلفة، وأثناء تخليقه ينتج كميات متساوية من نموذج اليد اليمنى ونموذج اليد اليسرى (L & D)، وهناك بعض الدلائل التى تشير إلى اختلاف بين بين خواص الأيسومرين، وأن أحدهما "غير مؤذ أو ضار" لكن المشكلة أنه يتحول إلى الأيسومر الآخر تحت تأثير الظروف الفسيولوجية، وهكذا تزداد المشكلة تعقيدا. وهناك حالات واضحة لاختلاف التأثير البيولوجى للأيسومر الكفى صورة المرآة من الجزئ الذى يعالج المرضى فيستخدم D – بنيسيل أمين (D-penicillamine) على نطاق واسع فى معالجة مرض ويلسون والتهاب المثانة والروماتويد، لكن الأيسومر الضوئى (الكفى) له يعطى نتائج معاكسة. والأيسومر الضوئى (الكفى) لأحد أدوية التدرن الرئوى (السل) هو إيثامبيوتول (Ethambutol) قد يتسبب فى فقدان البصر، بل إن الآثار الفظيعة التى تسبب فيها مسكن الألم بينو كسابروفين (benoxaprofen) كان يمكن تجنبها لو أن الدواء كان يقدم فى إحدى صوره الكفية فقط.

وإذا أخذنا أكثر ٢٥ دواء مبيعا فى الولايات المتحدة والتى يصل ثمنها إلى ٣٤,٤ بليون دولار أمريكى لوجدنا أن ٢٥% منها فقط ليست كيرالية (كفية) و ١١% يتم تسويقها كخليط من الأيسومرين الكفيين، و٦٤% يتم

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

٢) لاشك أن ماحدث دليل على علم سئ (الشركة المنتجة والفاحصون)، ولو نظرنا إلى الأقوال التى وردت فى التحقيق على ألسنة الأطباء الإسبان والأمريكان والصينيين، لن نرى شيئا جيدا (فارماكولوجيا، أو بيولوجيا، أو طب، أو كيمياء)، أو حتى شيئا روتينيا عاديا. لو كان ذلك قد حدث لما وقعت كارثة الثاليدوميد. فقد كان إجراء اختبار الأدوية على الحيوانات شيئا روتينيا فى ذلك الوقت، وهو مافعلته الشركة المنتجة للميلتون فى سنوات ١٩٥٤ و ١٩٥٩ على التوالى، أى قبل ظهور الثاليدوميد. وقد كانت الدكتورة فرانسيس كيلزى (Dr. Frances Kelsey) الطبيبة المسئولة 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 شخصيا التى اكتشفت أن جنين الأرنب لايستطيع 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 عالميا ببطء وثبات خلال الستينيات من القرن العشرين.

وفى رأيى يقول المؤلف– أن الأمر كله كان سيئا 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 ليفى (Primo Levi) أوردها فى كتابه "الجدول الدورى". فقد كان ليفى يحتاج لقطعة من الصوديوم لتجفيف أحد المذيبات العضوية (يمتص الصوديوم آثار الماء من أى مذيب عضوى) ولما لم يجد الصوديوم تذكر أن البوتاسيوم قريب الشبه من الصوديوم، فقرر استخدام قطعة منه بدلا من الصوديوم فوقع 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 O_3 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 الجزئ أو ذاك سيجده غيره من العلماء.

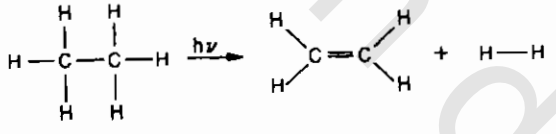
والعلماء مسئولون مسئولية كاملة عن سوء استخدام مخترعاتهم وإبداعاتهم، وعليهم أن يبينوا بوضوح تام لبقية الناس الأخطار والكوارث التى قد تنجم عن سوء استخدام ما يصنعونه. إنها مسئوليتهم تجاه البشرية، هذه المسئولية التى تجعلهم بشرا.

الجزء الخامس

الميكانيزم (الآلية)

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

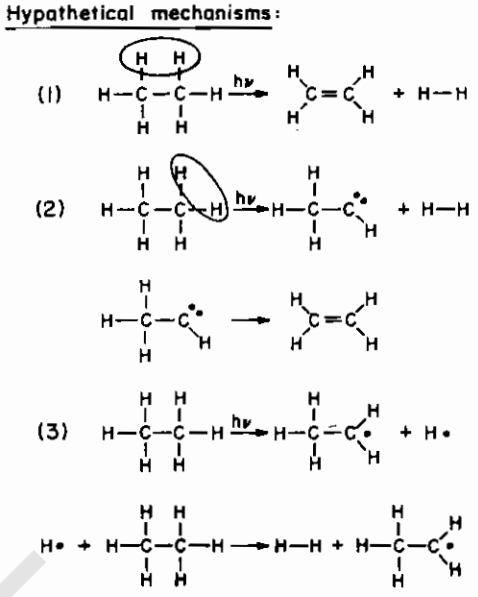
ويضرب المؤلف مثلا من ميكانيزم تحول الإيثان إلى إيثيلين وهيدروجين



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

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

obeikandl.com



شكل (١٩): ثلاثة ميكانيزمات للتحلل الضوئى 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 $١٠^{٢٠}$ جزئ) وتطلق ذرة هيدروجين. ولايقبع الهيدروجين ساكنا بل يمكن أن ينتزع ذرة هيدروجين أخرى تكفى لتكوين جزئ 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.

obeikandi.com

ويستطرد المؤلف فى عرض أفكاره فيتساءل إذا ما اكتشف أحد العلمـــاء الكبار أن بحثا حديثا قد نشر فى صميم تخصصه ولم يشر إليه كمرجـــع، فهل يعطيه ذلك الحق أن يدقق ويمحص فى 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 هنـــاك أيضا التطلع لامتلاك القوة واعتراف الآخرين والمال والجنس والجمـــال. وهى الأمور نفسها التى تحرك المبدعين الآخرين، فهل هناك خطـــأ فـــى ذلك. إنما الخطأ أن تفعل الصواب مستهدفا شيئا خاطئا. وكما قال إيليوت: "الخيانة هى آخر الرغبات، وأن تفعل الصواب من أجل هدف خاطئ".

والسبب فى تخيلنا وجود خطأ أو عيب فى البحث عن أخطـــاء الآخريـــن يكمن فى أننا فى بحوث الكيمياء نخلط بين البحث عن المعرفة والبحـــث عن الحقيقة. وهناك خطر كامن فى استبدال المعرفة بالحقيقة، فإذا صنفنـــا أنفسنا كباحثين عن الحقيقة، إذا لوضعنا أنفسنا فى زمـــرة رجـــال الديـــن والسياسة، بينما مكاننا الطبيعى، كما يعتقـــد المؤلـــف، ضمـــن الفنـــانين المبدعين. أولا لأننا بالفعل نبدع هذا العالم، وثانيا لأن الناس على قناعـــة 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 سيئا جدا فقط لأن أخطـــاءهم تبدو أكثر جسامة ووقعا على الناس. ويستشـــهد المؤلـــف بقصـــة مـــن الكلاسيكيات الغربية عن علاقة موتسارت وساليرى (الموسيقار الذى اتـــهم بقتل موتسارت ولم تثبت براءته أو إدانته حتـــى الآن). فنحـــن نتصـــور موتسارت ملاكا بينما هو فى الحقيقة موسيقار عظيم لكن نفسيته وحياتـــه معقدتين.

ويتناول المؤلف أحد المفاهيم العلمية الأساسية عن السكون والحركة متخذا من عملية البخر مثالا على ذلك. فإذا كانت زجاجة نبيذ مفتوحة سيتبخر منها الماء والكحول، لكن إذا كانت مغلقة بإحكام فإن الأمر سيبدو ساكنا سكونا تاما، على الأقل ظاهريا. وفى الحقيقة هناك حركة دائمة للجزيئات، ولأنها -أى الجزيئات- أصغر كثيرا من أن ترى حتى بأقوى الميكروسكوبات فإن حركتها لاتظهر لنا. وفى 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 سدادته 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 ثابتا كما هو بينما فى الواقع يتجدد الماء باستمرار ويكون مستواه فى حالة اتزان ديناميكى.

وقد يختل الاتزان الكيمائى أحيانا مما قد يسبب بعض الكوارث (انتشار الأمراض أو حدوث انفجار غير متعمد) لكن فى أغلب الأوقات يتعمد 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 تتقافز إذا وقعت فى مسار حزمة من ضوء الشمس، أو من الحركة الشواشية لدقائق الدخان. ويمكن أن نستنتج أن شيئا ما غير مرئى يصطدم بهذه الدقائق فيجعلها تتحرك وتنحرف فجأة فى مسارها. إنها فعلا تصطدم بجزيئات الهواء (النيتروجين والأكسجين).

وقد وضعت نظرية اسمها نظرية الحركة للغازات، وهى تتناول حركة الجزئيات السريعة كما فى الهواء وتقوم على عدة فروض:

١. تتركز كتلة الجزيئات فى حيز صغير جداً

٢. تتعامل الجزيئات مع بعضها ومع جدران الوعاء الذى يحتويها بالتصادم فقط

٣. صدمات الجزيئات تامة المرونة، الأمر الذى يعنى أنها عندما تتصادم تتبادل الطاقة (عزم الحركة) لكنها ترتد عن بعضها دون أن تلتصق

ويمكن من هذه النظرية حساب السرعة المتوسطة لجزيئات الغاز، والتى تعتمد فقط على درجة الحرارة وكتلة الجزيئات.

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

شكل (٢٠): معادلة حساب سرعة الجزيئات المتوسطة.

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

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

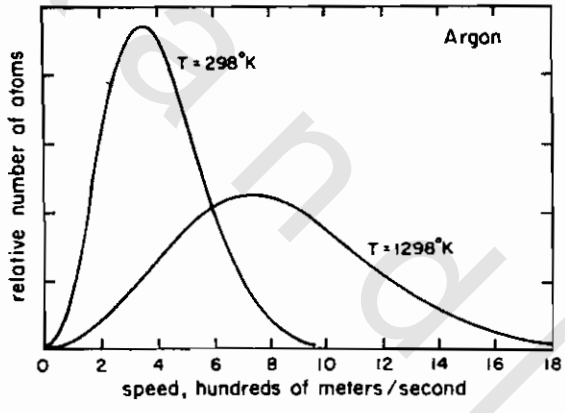
الجزئ	متوسط السرعة متر/ثانية m/&	متوسط المسار الحر بين صدمتين متر m	عدد الصدمات فى الثانية
H^2	1770	1.24×10^{-7}	1.43×10^{10}
O^2	444	7.16×10^{-8}	6.20×10^{9}
ثنائى كبريتيك ثنائى الليل(*)	208	1.42×10^{-8}	1.50×10^{10}

(*) صيغة هذا الجزئ هى: $CH_2\ CHCH_2\ SSCH_2\ CHCH_2$

obeikandl.com

وبمقارنة الأرقام الموجودة فى هذا الجدول (المسار الحر وعدد الصدمات) مع ما يحدث فى الفراغ الكونى بين النجوم (حيث الضغط منخفض جـــدا) فإننا نرى أن الجزئ يقطع ١٠^{٩} كيلو متر فى هذا الفراغ قبل أن يصطـــدم بغيره – أى أن الجزيئات فى هذا الفراغ لا تتصادم إلا مرة كـــل بضـــع مئات من السنين.

وليست كل الجزيئات لها سرعات متساوية وطاقتها واحدة، بل إنها تتوزع بطريقة معينة على سرعات وطاقات متفاوته لها قيم أكـــبر كثـــيرا مـــن المتوسط وتقل تدريجيا حتى تصل إلى قيم أقل كثيرا من المتوسط. ويبين شكل (٢١) توزيع ذرات الأرجون على السرعات المختلفة فـــى درجتـــى حرارة الفرق بينهما ١٠٠٠ درجة.



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

ومن الطريف أنه إذا فتحت قارورة من العطور فـــإن رائحتـــها ســـتفوح قاطعة المسافة بين العطر ومن يشمه فى زمن أطول بكثير مـــن الزمـــن المتوقع لو أن جزيئات المادة العطرية سارت دون أن تتصادم وتتشـــتت، لكنها تنفق الثوانى فى تصادمات جانبية تعوق حركتـــها ممـــا يعطلـــها، وتسمى ظاهرة حركة الجزيئات من مكان لآخر "الانتشار".

وينهى المؤلف الجزء الخامس بحديثه عن تعمد إحداث خلل فى الاتـــزان الكيميائى، ويعرض مثالا لذلك علاقة الإنسان بالنيتروجين، وهو المكـــون الأساسى فى الغلاف الجوى (٧٨%) والنيتروجين عنصر رئيسى يدخـــل فى معظم مكونات الأجسام الحية، ومن العجيب أننا ونحـــن علـــى قمـــة التطور لانعرف كيف نستفيد مباشرة من النيتروجين المحيط بنا فى الهواء الجوى، وكذلك الحيوانات والنباتات جميعا. غير أنه يوجـــد نـــوع مـــن البكتريا التى تتعايش مع جذور النباتات البقليـــة، تســـتطيع عمـــل ذلـــك. وتحصل النباتات على النيتروجين المطلوب لها من عدة مصادر، أهمـــها: النترات الموجودة فى التربة، والنيـــتروجين المثبـــت بواســـطة التفريـــغ الكهربى فى العواصف الرعدية (المؤكسد بالأكسجين) ليعطى فى النهايـــة النترات، والنيتروجين المثبت بواســـطة البكتريـــا، والأســـمدة الطبيعيـــة والأسمدة المخلقة. وتدين الزراعة الحديثة بالنجاحات التى توصلت إليـــها للكيمياء وللميكنة الزراعية.

وتبدأ قصة النجاح الحديث للكيمياء فى مجال الزراعة بتخليـــق الأمونيـــا (النشادر) بواسطة التفاعل

$$N_2 + 3\,H_2 \rightarrow 2\,N\,H_3$$

ومعروف أن النيتروجين يتحد بالهيدروجين ليعطينا الأمونيا إذا سخنا معا ولكن العائد ضئيل لأن التفاعل متزن. وقد تمكن عالم ألمانى 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:

$$N_2 + 3\,H_2 \underset{\leftarrow}{\overset{\rightarrow}{}} 2\,N\,H_3$$

obeikandl.com

ويمكن إيجاز فكرة إنتاج الأمونيا بالتدخل فى الاتزان فى 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 وتؤدى زيادة الضغط إلى تكون المزيد من العدد الأقل من الجزيئات أى من الأمونيا.

٤. مساعدة الروابط الكيميائية فى كل من N_2 وH_2 على التفكك باستخدام الحوافز.

openkandl.com

الجزء السادس

فريتس هابر
Fritz Haber

يفرد المؤلف جزءاً كاملاً على شكل الفصل ٣٣ لاستعراض تاريخ حياة ونشاط العالم الألمانى الأصل، اليهودى الذى اعتنق المسيحية فى آخر حياته – فريتس هابر. وهو الذى اكتشف "كيف يمكن أن نحصل على الخبز من الهواء". وهو إن كان قد اكتشف الطريقة المثلى لتثبيت النيتروجين، فقد اكتشف فى الوقت نفسه مصدراً للمتفجرات (نترات الأمونيوم $NH_4 NO_3$) وساعد على تفوق ألمانيا فى استخدام الغازات السامة والخانقة والحارقة أثناء الحرب العالمية الأولى.

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

ولا شك أن هابر كان محظوظاً فى أمرين، الأول أنه قام ببحوثه فى شركة BASF (كانت تسمى ومازالت كذلك) إحدى أكبر شركات الكيماويات فى العالم. والثانى أن المهندس الذى قام بتنفيذ هذه البحوث المعملية على نطاق نصف صناعى 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 فى وقت مناسب تماماً لألمانيا عشية وقوع الحرب العالمية الأولى، عندما انقطعت بسبب الحرب إمدادات الأسمدة التى كانت تصل لألمانيا من أمريكا الجنوبية. كما

obeikandl.com

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

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

وجدت قيادة الجيش الألمانى فى هابر شخصاً عبقرياً فى غاية النشاط كإدارى، 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 فُتِحت ٦٠٠٠ عبوة من غاز الكلور تحتوى 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 فى الثانية) فى اتجاه الأعداء (الفرنسيين). كانت السحابة بيضاء فى البداية لتكثف بخار الماء عليها، لكنها خلال دقائق معدودة تحولت إلى اللون الأصفر المخضر (لون غاز الكلور) وكان الجنود الفرنسيون والجزائريون فى مقدمة الجبهة وفى العمق قد أحيطوا بالسحابة وأخذوا يشعرون بالاختناق، أما الذين لم يصابوا بالاختناق فقد أصابتهم رعشة وأطلقوا سيقانهم للريح والغاز يتبعهم، وانهارت الجبهة.

وفى سياق "الدفاع" عن استخدام الغازات السامة كسلاح فى الحرب يدَّعى ابن هابر أن نسبة من تعرضوا للغازات السامة من بين جميع المقاتلين لم تزد عن ٣,٥% أما من لقى 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 فى مجال الحرب الكيميائية لكنه رفض.

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

انتهت حياة هابر سنة ١٩٣٤ مهاجراً بعد وصول النازيين بقيادة هتلر إلى الحكم فى ألمانيا. كانت هجرته سنة ١٩٣٣ إلى سويسرا بعد أن كتب خطاب استقالة من منصبه فى ألمانيا يدافع به عن سلوكه على مدى ٣٩ سنة وطريقة اختياره لمعاونيه مسترشداً فى ذلك بخبرتهم 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 شيء ما يضاف للتفاعل بكميات قليلة فيدفع التفاعل للإسراع، وهى مادة تدخل التفاعل ويعاد تكوينها مرة ثانية.

ويمكن فهم السمات الأساسية للحفز إذا تخيلنا التفاعل:

$$A + B \underset{\leftarrow}{\overset{\rightarrow}{}} C + D$$

متفاعلات نواتج

وكأى تفاعل فإنه متزن، لكن الوصول للاتزان يتم ببطء شديد، فإذا مزجنا A مع B لايحدث شيء تقريباً، والسبب هو أن المادتين A و B مكونتان من جزيئات، والجزيئات مكونة من ذرات مرتبطة مع بعضها بشكل معين، وكذلك النواتج C وD فإنها مكونة من جزيئات أخرى من الذرات نفسها. وللوصول من A و B إلى C وD 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). ولايعمل X

بالسحر ولكنه يتدخل منشطاً لسلسلة من التفاعلات التى تؤدى فى النهايـــة إلى إعادة إفرازه أو تكونه من جديد، فمثلاً

$$A + X \underset{\leftarrow}{\overset{\rightarrow}{}} A X$$

$$AX + B \underset{\leftarrow}{\overset{\rightarrow}{}} C + D + X$$

وتعاود X مرة أخرى التدخل فى سلسلة من التفاعلات وهكذا تكفى كميـــة قليلة من الحافز لتحفيز التفاعل. ومن أشهر التفاعلات الحفزية التى تؤثـــر فى حياتنا بصورة مباشرة مايحدث لطبقـــة الأوزون (O_3) الرقيقـــة فـــى الستراتوسفير حيث يســـتنزفها وجـــود مركبـــات الكلوروفلوروكربـــون. والأوزون يتكون ويعاد تكوينه بواسطة عمليات طبيعية معينة. ومركبـــات الكلوروفلوروكربون مركبات خاملة فى طبقات الجو السفلى، ولذلك فـــهى تصمد حتى يصعد بعضها إلى طبقة الستراتوسفير فتتفكك بواسطة أشـــعة الشمس لتعطى ذرات الكلور، وهنا يحدث الآتى:

$$Cl + O_3 \underset{\leftarrow}{\overset{\rightarrow}{}} OCl + O_2$$

$$OCl + O \underset{\leftarrow}{\overset{\rightarrow}{}} O_2 + Cl$$

ويسمى الجزئ OCl وسيطاً وهو ينتج ويستهلك أثناء التفاعل فهو حـــافز، أما ذرات الأكسجين O (التى تدخل فى التفاعل الثانى لتعيـــد تكويـــن Cl) فهى غير موجودة فى الطبقات السفلى من الغلاف الجوى لكنها متوفـــرة نسبياً فوق ارتفاعات أعلى من ٣٠ كيلو متراً، وهكذا فإن التفاعل النـــهائى هو تحول الأوزون وذرات الأكسجين إلى جزيئات الأكسجين

$$O_3 + O \underset{\leftarrow}{\overset{\rightarrow}{}} 2\,O_2$$

وكل مايفعله جزئ الكلوروفلوروكربون هو دفع التفاعل فى طريق آخـــر لاستنزاف الأوزون عن طريق الحفز بواسطة ذرة كلور.

ويتواجد عنصر الأكسجين كما رأينا فى ثلاث صور هى الأكسجين الذرى O، والجزيئى O_2 والأوزون O_3، وأكثر هذه الصور ثباتاً هو الأكسجين الجزيئى (ثنائى الذرية).

يبهرنا الحفز لأنه يبدو كالسحر، فهو يدفع الأحداث بشكل لم يكن ليحدث لولا وجوده (قد لاتكون أحداثاً مرغوباً فيها مثل استنزاف الأوزون). وتكفى كمية قليلة من الحافز لدفع التفاعل لفترة تبدو لانهائية، إلاَّ أن ذلك لايحدث 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 وسيده 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. والثمن 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 -الأوكتان مثلاً- إلى ثانى أكسيد الكربون والماء

$$C_8H_{18} + 12\ ^1/_2\ O_2 \rightarrow 8\ CO_2 + 9\ H_2O$$

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 فى حقيقة الأمر تحدث ثلاث عمليات أخرى ولو بنسبة ضئيلة:

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

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

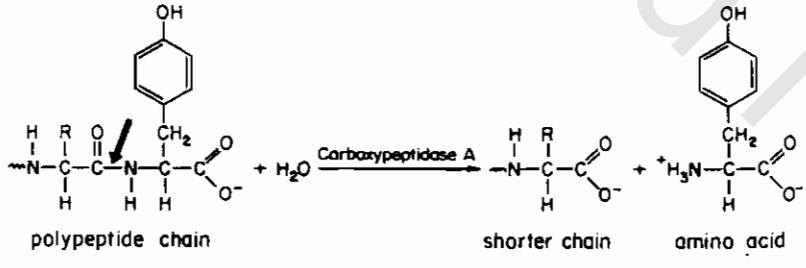
٣. يتأكسد النيتروجين الموجود فى الجو (وهو المرافق الخامل للأكسجين) داخل آلات الاحتراق الداخلى فى درجة الحرارة المرتفعة التى تماثل تماماً ما يحدث أثناء البرق فيتكون خليط من أكاسيد النيتروجين يشار إليها بالرمز NO_x وأهمها أكسيد النيتريكNO.

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

فى 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 فى 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 ذى 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 فى تركيب TWC بعض الفلزات الثمينة والنادرة مثل البلاتين والبالاديوم والروديوم (Pt, Pd, Rh) والأخير هو أهمها وبدونه لايعمل الحافز وسعره يصل إلى ثلاثة أضعاف سعر الذهب. ويأتى معظم الروديوم من جنوب أفريقيا (٧٤%) ومن روسيا (٢٤%). وليس معروفاً بالضبط طريقة عمل حافز TWC، وفيما يبدو يتكون التفاعل من عدة خطوات متتالية فى غاية السرعة. وهناك عديد من النظريات التى 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 الذى يفكك سلسلة البولى ببتيد، وهى من البروتينات بواسطة حافز هو إنزيم كربوكسى ببتيديز، (Carboxypeptidase) ويبين الشكل (٢٢) ما يحدث



شكل (٢٢): كيمياء الكروبوكسى ببتيديز.

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

ويمكن تلخيص عمل الإنزيم (الحافز) كالتالى

$$E + S \underset{\leftarrow}{\overset{\rightarrow}{}} ES$$

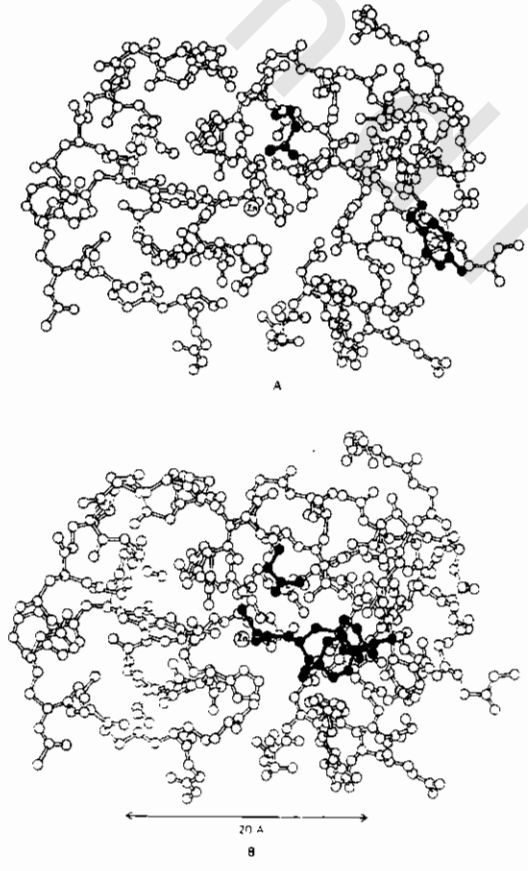
$$ES + H_2O \underset{\leftarrow}{\overset{\rightarrow}{}} E + P$$

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

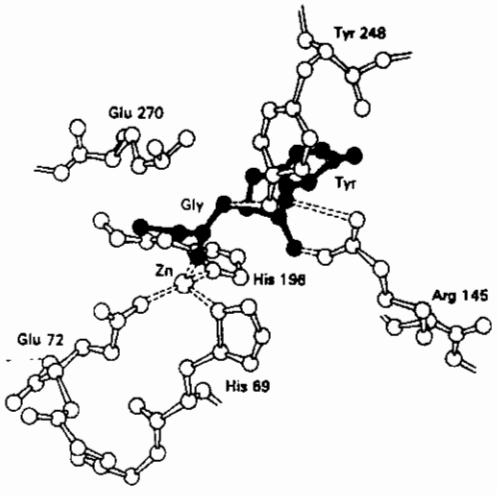
ويتكون الكربوكسى بتبيديز A من سلسلة ببتيد طولها حوالى ٩٠٠ ذرة مرتبط بها عديد من المجموعات فهى تتكون من ٣٠٧ أحماض أمينية. وتنثنى وتتلوى فى شكل مضغوط أبعاده حوالى:

Å 38 X 42 X 50

وللمقارنة يبلغ طول جزئ 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 و(أسفل) المتراكب.



شكل (٢٤)

يذكر المؤلف فى ختام هذا الباب كتاب ميرسيا إليادى (Mircea Eliade) المتميز، وهى أحد مؤرخى الأديان وعنوان كتابها "الكير والبوتقة"، ويتتبع الكتاب العلاقة بين الدين والتعدين والسيمياء (الكيمياء قبل عصر التنوير والمنهج العلمى). وتشير إليادى إلى بعض الملحوظات عن أهداف السيميائيين:

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

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

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

obeikandl.com

الجزء الثامن

القيمة والضرر والديموقراطية

أطلق المؤلف هذا العنوان على الجزء الثامن من الكتاب، والذى 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.

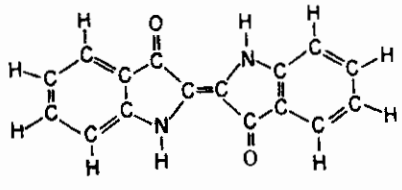
كانت هناك دائما صناعة كيمائية رافقتنا لآلاف السنين قبل معرفتنا بعلم الجزيئات، فالتعدين وأدوات التجميل والتخمر والتقطير والصباغة والدواء وتجهيز الطعام، أمور لايمكن أن نتخيل الحياة دونها. ومنذ أيام الإمبراطورية الرومانية كانت الصبغة المستخدمة لصباغة الصوف تتدرج من الأحمر إلى الأسود المزرق وكانت وقفا على علية القوم وكانت تثمن عاليا. 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

obeikandl.com

استخلاصهما مرهقة ومكلفة تستخدم فيها ثلاثة أنواع من المحار الحلزونى من البطن قدميات (Gastropod Snails) وصفها أرسطو بعناية شديدة. وتستخلص الصبغة من غدة فيها سائل أبيض إذا تعرض للأوكسجين وضوء الشمس يتحول تدريجيا إلى اللون الأصفر ثم الأخضر وأخيراً الأزرق والأرجوانى. غير أنه كان هناك مصدر اقتصادى جدا آخر لصبغة زرقاء قريبة الشبه بالأرجوان الصورى والأزرق التوراتى مستخلصة من جنس (Indigofera) وهو عشب من عائلة البازلاء ينبت بكثافة فى الأجواء الحارة، وكان يشكل جزءا مهماً من صادرات الهند. مصدر آخر للصبغة الأرجوانية هو نبات الوسمة (Woad Plant) وهو واسع الانتشار فى أوربا وآسيا، وكان يستخدم فى البلاد الشمالية حتى تم إستبداله بالنبات الجنوبى الإنديجو أو (النيلة) الذى كان يجلب مع تجارة الهند الشرقية.

ما الشىء المشترك بين نبات البازلاء والمحار الحلزونى لينتجا جزيئا متطابقاً؟ بالقطع إنها طرق التطور البيوكيميائى المشتركة التى ترتادها جميع الكائنات الحية، والأمثلة على ذلك كثيرة.

وقد تم التعرف على مصدر اللون الأرجوانى فى كل من المحار الحلزونى ونبات النيلة ونبات الوسمة فاتضح أنه يرجع إلى جزئ يسمى الانديجو (Indigo) له التركيب المبين فى شكل (٢٥)



شطل (٢٥): البنية الكيميائية للإنديجو.

Obeikandl.com

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 الصباغة الألمانية بمواد طبيعية، بقطران الفحم أولا 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 الصباغة الألمانية ونتج عنها الأدوية الكيمائية 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 الطبيعية 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 رئيسيا فى ٢٥% من الناتج القومى المحلى (G D P) للدول الصناعية. وقد باعت الصناعات الكيميائية فى الولايات المتحدة سنة ١٩٩٠ ما جملته ٤,٣٢X١٠[١٠] دولار. وهنا يورد المؤلف قائمة بأكبر ٢٠ صناعة كيميائية فى الولايات المتحدة سنة ١٩٩٣.

obeikandl.com

Table 3
Top Twenty Chemicals in the United States

Rank	Chemical	1993 U.S. Production (in billions of lbs.)
1	Sulfuric acid	80.31
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 *tert*-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

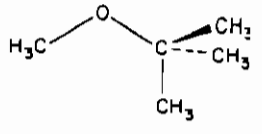
SOURCE: Data from "Facts and Figures for the Chemical Industry," *Chemical and Engineering News* (July 4, 1994): 31.

ولايتم إنتاج هذه الكيماويات بهذا الكم عبثا، فالبعض يشتريها والبعض يستخدمها، وليس الاستخدام هنا بغرض الرفاهية ولكن من أجل الخبز (حرفيا ومجازا)، حيث ينتهى المطاف بمعظم إنتاج حمض الكبريتيك (رقم واحد بالقائمة) فى صناعة الأسمدة. لكن إنتاج هذه الكيماويات بكمياتها الهائلة يتسبب أحيانا فى 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 المتزايده من سكان الأرض بالغذاء بفضل المخصبات الكيمائية، غير أن ذلك قد تسبب فى مشاكل نتيجة لصرف هذه المخصبات فى المياه مباشرة، وكذلك مياه الصرف من مصانع السماد والتهديد المباشر لنا ولصور الحياة المختلفة من مبيدات الأعشاب، والتدخل فى الحلقات الكيمائية العظمى لكوكب الأرض والتأثير فى مناخه. وكل هذه الأخطار ماثلة لكن الأفواه الجائعة تستصرخ الطعام الذى يوفره لهم على الأقل سبع مواد كيماوية من العشرين التى 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 والخيوط الصناعية.

ولو كنا نعد الجازولين مادة كيمائية لكان هو على القمة، إلا أننا لانجده هناك لأن استهلاكه يفوق حمض الكبريتيك سبع مرات. وبدلا من ذلك نجد مادة تستخدم كإضافة غازية فى الجازولين ضمن هذه القائمة هى إثير ميثيل رباعى - بيوتيل، ويرمز لها بإختصار- 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 البنيوية فى شكل (٢٦)



شكل (٢٦): جزئ MTBE.

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

obeikandl.com

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

وللعلم والتكنولوجيا جانب شيطانى يتجلى فى الدعاية والاستعباد (الاسترقاق) والتعذيب وما طرأ على أدواتها جميعا من "تقدم". لكن –على لسان المؤلف– مازلت عند رأيى من أن التقدم العلمى والتكنولوجى قد أتاحا لقطاعات أعرض من الناس ما كان حكراً على الطبقة العليا من شبع وبهجة وكساء، فأصبح العالم بالقطع أكثر ديموقراطية.

ويواصل المؤلف عرضه لدور العلم والكيمياء على وجه الخصوص فى الديموقراطية والبيئة فيسرد قصة زراعة التفاح واستخدام عدد من الكيماويات لتنظيم الإنتاج وتحسينه، منها الهرمون المسمى الآر (Alar). والآر هو داميوزايد (daminozide) منظم للنمو، وهو واحد من حوالى عشرين مادة كيمائية مسموح باستخدامها فى زراعة التفاح فى 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 أيضه إلى ثنائى ميثيل هيدرازين غير متماثل يشار

له (UDMH) اختصارا. ولايصل تركيز الأخير فى ثمـــار التفـــاح إلـــى المستوى الذى يستطيع فيه أن يؤثر فى الإنسان بيولوجيا. لكن مجموعـــة توعية شعبية اسمها "هيئة الدفاع عن الثروات الوطنية" قامت باستخدام كل وسائل الإعلام المتاحة لتشد انتباه الناس إلـــى خطـــورة نواتـــج أيـــض UDMH، وأنها عوامل مسرطنة. وبسرعة تم سحب التفاح المعالج بـــالآر من أرفف المحلات وفى النهاية توقفت الشركة المنتجة لالآر عن الإنتاج. جاء رد فعل الكيمائيين متباينا بين الانضمام للنـــاس والمطالبـــة بوقـــف استخدام هذا الهرمون من ناحية، وإنكار أى ضرر محتمل والقـــول بـــأن ماحدث من ضجـــة هـــى مـــن قبيـــل عقـــدة الخـــوف مـــن الكيميـــاء (Chemophobia) من ناحية أخرى.

ويستطرد المؤلف شارحا أنه كبقية الناس كان قد تعود غسيل ثمار التفـــاح لإزالة ما يعلق بها من قاذورات، لكن الوضع تغير الآن وأصبح همه مـــن غسيل التفاح هو إزالة الكيماويات، والمؤلف يعلم جيداً أن هنـــاك الكثـــير منها مثل المخصبات ومبيدات الأعشاب ومبيـــدات الحشـــرات ومبيـــدات الفطريات وعوامل النضج.

يقول المؤلف عن نفسه فى هذا الصدد أنه لم يكن يعرف أن الآر يســـتخدم فى معالجة التفاح، وأن الآر يعطى UDMH وبأى مستوى من التركـــيز. ويضيف المؤلف "إننى حاصل على درجـــة البكـــالوريوس مـــن جامعـــة كولومبيا وعلى الدكتوراه من هارفارد، ومن المفترض أننى كيميائى جيـــد ومع ذلك لم أكن أعرف ما الذى يحتويه التفاح، وحتى عندما سمعت بذلـــك لم أكن أعرف ما هو الآر وما الذى يفعله لقد جعلنى هذا الأمر غـــير سعيد لأننى لم أعرف، وغير سعيد من أجل منتجى التفاح، وغير ســـعيد لأن هذه الكيماويات تضاف للتفاح دون أن يخبرنى أحد. أما أن أكن إلـــى مقولة أنه إذا لم أعرف أنا فإن آخرين ســـيعرفون ويقومـــون بـــالواجب، وعلينا أن نثق بهم، هذه المقولة ساذجة وغير علمية وغير ديموقراطيـــة.

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

لعل علاقة أفلاطون وارسطو 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 التى تحكم بها الدول، إذن وآه من إذاً لاختفت المشاكل من هذا العالم. هكذا يبدأ المؤلف فصلاً خاصاً عن العلماء والمهندسين وإمكانية أن يحكموا العالم. ويؤكد أن العلم الحديث اختراع أوروبى غربى ناجح بشكل فائق، وهو استثمار لاكتساب معرفة يمكن الاعتماد عليها فى هذا العالم، ووسيلة لاستخدام هذه المعرفة فى تغيير مسار العالم. وفى صميم هذا العلم تقع الملاحظة الدقيقة للطبيعة ولتدخلات البشر فيها. فالمرء يبحث عن الجزئ الذى يكسب الأرجوان الصورى لونه المميز، أو يبحث عن طريقة يعدل بها ذلك الجزئ ليكتسب بريقا أفضل.

وتصبح دنيا العلماء أكثر بساطة بالتفكيك، وبإخضاعها للرياضيات، وهو مايمكن تسميته التحليل (من النوع غير الكيميائى). وعندما يقوم العالم بالاكتشاف أو الإبداع فإنه قد يحصل فى النهاية على أمور مفاجئة ليست فى الحسبان، لكن الذى لاشك فيه أن هذه الأمور يمكن تحليلها. فهناك بنية كصبغة الأرجوان الصورى، كما أن هناك أسباباً وراء عدم تمكن حيوان الباندا من التكاثر فى الأسر.

وفى مقابل هذا العالم الذى تم تصميمه بدقة بواسطة العلماء، هناك العالم المضطرب للأمزجة والطباع البشرية. فهل هناك سبب واحد ليقع شاب مـ

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 للمشتغلين بالعلم واهتمامهم بالسياسة بدءاً من لازاركارنو إلى حفيده سادى كارنو (صاحب حلقة كارنو فى الثرموديناميكا 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 وحرج يتعلق بردود الأفعال إزاء القلق الإعلامى الشديد على البيئة، ولايخفى المؤلف استياءه من بعض ما يكتبه أو يعلنه الكيميائيون من الاستهانة بتأثير الكيماويات على البيئة كما فى كتاب فيليب آبسون "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 لاتنطبق 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) فى المدى المقبول. ولا يجب الاستهانة بعملية تقييم الأخطار فهى تنتظم فى داخلها الكيمياء التحليلية والأجهزة الكيميائية، وتتطلب براعة المحترفين فى تصميم المقاييس ومعرفة بالكيمياء تسمح باكتشاف المواد بمستوى تركيزات فى غاية الضآلة.

وبالنسبة للأخطار المقيمة بنفاذ البصيرة والتى تحتوى عنصراً نفسياً فإن وجود درجة من التحكم فى تلك الأخطار يضفى إحساساً بالأمان. فنحن نشعر أن قيادة السيارة أكثر أمانا من ركوب الطائرة بينما نعرف جيداً أن احتمال الخطر إحصائيا أكبر فى حالة السيارة عن الطائرة، لكن عندما نقود السيارة فنحن نتحكم فى العملية أما الطائرة فشخص آخر يتحكم فيها.

والتحكم فى الأخطار يتطلب مدخلاً للحصول على المعرفة ونظام ديمقراطى سليم.

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

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

- **التطوع أو اختيار اجتياز الخطر**، وهو أمر أكثر قبولاً من مجرد الوقوع فى الخطر، فمثلاً عندما تمارس التزلق على الجليد من أعلى الجبل وأنت تمضى أجازة نهاية الأسبوع أمر يختلف عن أن يدفعك شخص من أعلى الجبل نفسه فتسقط (متزلقا).

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

- **عامل الامتداد فى الزمان والمكان،** فإذا كان أحد الأخطار (A) يفتك بخمسين شخصاً فى العام فى بلدٍ 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 البغض ينبؤنا أن (A) مقبول و (B) مرفوض.

ويدعو المؤلف الكيمائين ألاَّ يكونوا قساة القلوب تجاه الخوف الزائد من جانب من ليسوا كيميائيين، فالناس تخشى الكيماويات وتلويثها للبيئة بشكل قد يكون مضخماً، لكن العامل النفسى والحكم بطريقة ذاتية على المخاطر أشياء واردة، ولايمكن أن يكون رد فعلك تجاه أحد الكوابيس التى يمكن أن يراها ابنك أثناء نومه، هو أن تخبره بأن احتمال أن تدهسه سيارة أقل من احتمال أن يعضه كلب فى الطريق، فهذا الرد قاسٍ وغير مطلوب.

وليس متحمسى الحفاظ على البيئة أطفال لنهدئ من روعهم، ولكن الذى حدث هو أن فريقاً من الكيمياء والعلوم والتكنولوجيا قد غيرا العالم. فكل ما أضفناه لأغراض نبيلة أصبح خطراً على الحلقات الكيميائية العظمى فى عالمنا، فكمية النيتروجين التى تثبت بواسطة عمليات هابر - بوش الصناعية، وهى درة إنجازات الكيمياء، تقدر بمثل تلك التى تثبت بواسطة العمليات الطبيعية. قد تتكفل "جايا" (Gaia) - أم الأرض فى الأساطير الإغريقية، وهى الاسم الذى اختاره لوفلوك لفرضيته 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 لايلعب 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 لحماة 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 أحيانا لغرض التعلم. ويستخدم المؤلف عنوانا جذاباً لآخر فصول الجزء الثامن وهو الفصل ٤٥ "الكيمياء والتعليم والديمقراطية". والتعليم هو العامل الحاسم فى العملية الديمقراطية، فهو ميزة وواجب على كل مواطن، ولاتعيقه الأمية العلمية وهذا رأيه منذ زمن- إلاَّ 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 الاتزانات 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 التى قد تصاحب أى أمر جديد، لكن ليس للخبراء أن يتخذوا القرار... بل الناس.

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

obeikandl.com

الجزء التاسع

مغامرات ثنائى الذرة

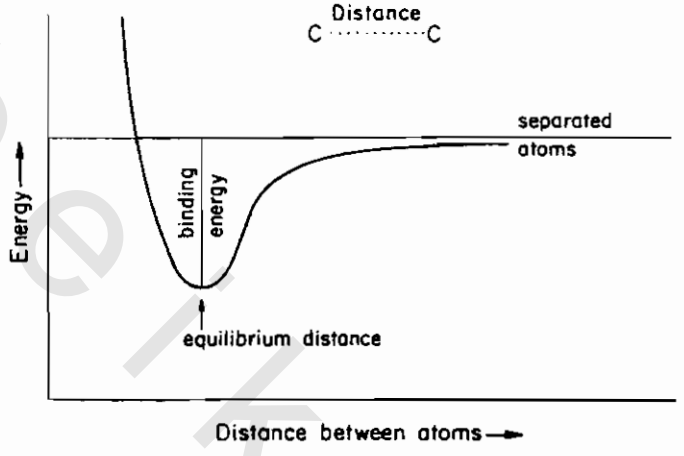
يبدأ هذا الجزء من الكتاب بفصل عنوانه "C_2 فى كامل هيئته"، وجزئ C_2 ثنائى الذرية وليس ثابتا مثل جزيئات O_2 ، N_2 ، F_2 ، لكننا يمكن أن نحصل على القليل منه أثناء التفريغ الكهربى بين ذرتى كربون (وكذلك القليل من الجزئ C_{60} الذى يشبه كرة القدم وله اسم طويل جداً بوكمينستر فوللرين، غير أن قصة C_{60} مثيرة وليس مكانها هنا)، وتوجد كمية من C_2 فى النيازك كما أن C_2 هو المسئول عن اللون الأزرق الذى نشاهده فى اللهب. ويشبه الجزئ فى بنيته "الدمبل"، والمتغير الوحيد الحر فى حركته هى المسافة بين ذرتى الكربون، والتى تبلغ ١,٢٤٢٥ Å (1 Å = 0.00000001 سم)، وتتفاوت المسافة بين أى ذرتين مرتبطتين فى أى جزئ بين ١ و ٣Å 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 الجزئ.

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

obeikandl.com

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



شكل (٢٧): منحنى طاقة الوضع للجزئ C_2.

ونرى من الشكل أن طاقة الجزئ تنخفض كلما اقتربت الذرتان من بعضهما، ثم ترتفع بشدة بعد مسافة معينة. وتسمى المسافة التى عندها يتحول انخفاض الطاقة إلى ازدياد "مسافة الاتزان". أما قيمة الطاقة التى انخفضت (عمق النهاية الصغرى) فتسمى طاقة الربط أو طاقة تفكك الجزئ. ويمتلك جزئ C_2 عدداً من الحالات المثارة تتغير فيها مسافة C-C، ويتضح من البيانات التى أوردها المؤلف أنه فى معظم الحالات المثارة يكون طول C-C أكبر من مسافة الاتزان فى الجزئ المستقر وهى ١,٢٤٢٥ Å .

ويعتمد طول الرابطة بين ذرتى الكربون على نوع هذه الرابطة. ويسوق المؤلف تأكيداً لذلك مثالاً من ثلاثة مركبات تحتوى على C-C هى الإيثان والإيثيلين والأسينيلين والتى تحتوى على رابطة مفردة ومزدوجة وثلاثية بين ذرتى كربون على الترتيب. وكلما زادت قوة الرابطة قَصُر طوله.

فالرابطة المفردة (أضعفها) طولها ١,٥٤ Å فى الإيثيلين، أما فى الأستيلين فطول الرابطة الثلاثية (أقواها) ١,٢١ Å .

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

١. $(t\text{-}Bu_3\ SiO)_3\ C_2$

حيث $C\ (CH_3)_3 = B_u$

٢. $R_{u4}\ (C_2)\ (PPh_2)_2\ (CO)_{12}$

حيث $C_6\ H_5 = Ph$

٣. $C_{o3}\ Ni_7\ C_2\ (CO)^{3-}_{15}$

٤. $Gd_{10}\ C_6\ H_{17}$

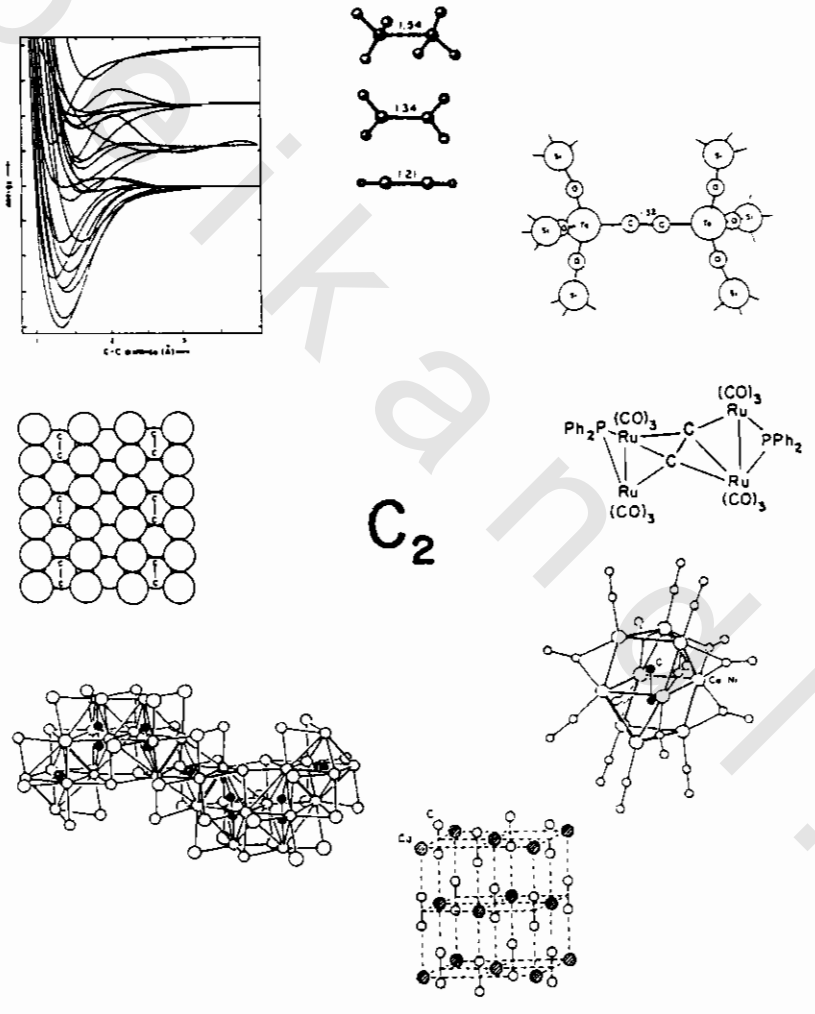
٥. كربيد الكالسيوم $C_a\ C_2$

ويستعمل كربيد الكالسيوم فى مصابيح الأستيلين لأنه يتفاعل مع الماء بسهولة ليعطى الأستيلين. وتسمى بنية كربيد الكالسيوم "البنية الممتدة" ويبلغ طول الرابطة فى هذا المركب ١,١٩ Å 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 فى أغلبها غير عضوية، فهى تشتمل على معادن وحوافز وموصلات فائقة (Superconductors) فى درجات الحرارة المرتفعة (نسبياً) وفلزات ومغناطيسات وسبائك وزجاجيات وحراريات والكثير غيرها.

obeikandl.com

وكأن الطبيعة تخبرنا أننا مهما قمنا بتجزئة وتقسيم علـم الكيميـاء، فـإن العالم واحد. فهناك وحدات C_2 الجزيئية فى كل فروع الكيمياء المذكـورة، وقد قام المؤلف بإعادة تجميع بنى الجزيئات التى تحتوى C_2 على شـكل محور مركزه C_2 نفسه تعبيراً عن وحدة الكيمياء فى شكل (٢٨)



شكل (٢٨): عجلة C_2.

الجزء العاشر

الإزدواجية المبهجة

يستعيد المؤلف فى 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 فى 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 فى الكيمياء، غير أن التخليق هو ما يميز الكيمياء عن غيرها، فعلوم كثيرة تستخدم تقنية التحليل، أما التخليق فهو الشىء الأكثر كيميائية فى الكيمياء. ويواصل المؤلف عرضه للثنائيات (الازدواجات) التى جاءت فى كتابه، فبعد التحليل والتخليق، يأتى دور المثالى والحقيقى، والطبيعى وغير الطبيعى، والساكن والمتحرك، والعلاج والأضرار.. وهكذا. ويقرر المؤلف أن آخر هذه الثنائيات يكمن فى طبيعة العلماء أنفسهم وليس الكيميائيين فقط. فقدر 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 فى هذا الجزء الأخير من كتابه ما قاله جيرالد هولتون عن "موضوعات فى العلم":

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

أحد هذه المحاور. فالموقع الذى يختاره الراصد يتحدد مسبقاً ويلتزم به العالم". ومن الموضوعات التى جاءت فى "موضوعات فى 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 الكيمائيين ردحاً طويلاً من الزمن خلال القرن العشرين، مثل حمض وقاعدة، وكذلك التجاذب والتنافر، والليونة والصلادة، والميل للإلكترونات والميل للنواة، والتساهم فى الأربطة والأربطة الأيونية، ومع أن هذه المفاهيم تقنية بحتة إلا أنها تشير إلى الاختلافات التى أذهلت الكيميائيين فى عصرنا.

وفى نهاية الكتاب والجزء العاشر يشير المؤلف إلى جدلية هيجل (ديالكتيك هيجل) كمنهج فى تحليل الظواهر الكيميائية، فلكل مقولة مقولة مضادة.

obeikandl.com

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

obeikandl.com

تعقيب

من الصعب ألاَّ تمدح كتاباً بهذا الشكل فهو جهد وعمـــل عظيـم، ومـــن العسير أن تجد عيباً أو خطئاً واحداً به. لكن إن كان لنا من تعقيب فهو أن كتاباً بهذا المستوى العلمى والفلسفى والتاريخى لم يذكر من قريب أو بعيد ولو بإشارة صغيرة اكتشافاً عظيماً هزَّ العالم وما زال يلعب دوراً رائعـــاً وخطيراً فى حياتنا، وهو التفكك الإشعاعى، والعلماء الذين قاموا بالجـــهد العظيم لاكتشافه: بيكيريل، كورى (مارى وبيير) ورذرفـــورد وبوهـــر، ولايجمع كل هؤلاء العلماء إلا شىء واحد قد يكون هو الذى تسبب فـــى عدم ذكر أسمائهم، وهو أنهم ليسوا يهوداً. (!!!)

obeikandl.com

رقم الإيداع : ٢٠٠١/٢٢٤٨
ISBN : 977-281-158-8

obeikandl.com