

جائزة نوبل في الكيمياء لعام 2021

د. طارق قابيل

2021-10-07

أعلنت "الأكاديمية الملكية السويدية للعلوم فوز العالمين بنجامين ليست وديفيد ماكملان بجائزة نوبل في الكيمياء لعام 2021، وحصل الباحثان على جائزة نوبل في الكيمياء لعام 2021 لتطويرهما لأداة جديدة ومبتكرة لبناء الجزيئات تعرف بالتحفيز العضوي، وهي طريقة ابتكرها العالمان لتحفيز تخليق المواد العضوية، وتشمل استخداماتها البحث في المستحضرات الصيدلانية الجديدة وقد ساعد أيضًا في جعل الكيمياء الخضراء أكثر اخضرارًا.

التحفيز العضوي غير المتماثل

تعتمد الصناعة على الجزيئات التي تدخل في جميع الصناعات بدءًا من بطاريات تخزين الطاقة ووصولًا إلى منع بعض الأمراض، وتعتمد صناعة الجزيئات على استخدام المحفزات، وهي مواد لا تدخل في التفاعل الكيميائي ولكنها تسرع التفاعل وتساعد على حدوثه.

هناك نوعان من المحفزات المتاحة التي اعتاد الكيميائيون استخدامها: المعادن والإنزيمات. غير أن العالمين طوروا بشكل منفصل طريقة ثالثة من الحفز يطلق عليها اسم التحفيز العضوي غير المتماثل، الذي يبنى على الجزيئات العضوية الصغيرة؛ وذكرت الأكاديمية في بيانها الصحفي أن "هذا النوع المبتكر من التحفيز الكيميائي بسيط، بشكل دفع العديد من الناس للتساؤل: لماذا لم نفكر فيه سابقًا".

تحتوي المحفزات العضوية على شكل ثابت من ذرات الكربون، التي يمكن أن تضاف إليها مجموعات كيميائية أكثر نشاطًا؛ مما يعني أن هذه المحفزات صديقة للبيئة وغير مكلفة في إنتاجها.

في القرن التاسع عشر، عندما بدأ الكيميائيون في استكشاف الطرق التي تتفاعل بها المواد الكيميائية مع بعضها البعض، توصلوا إلى بعض الاكتشافات الغريبة. على سبيل المثال، إذا وضعوا الفضة في دورق به بيروكسيد الهيدروجين فإنه يبدأ فجأة في التحول إلى الماء وأكسجين لكن الفضة - التي بدأت العملية - لا يبدو أنها تتأثر برد الفعل على الإطلاق.

وبالمثل، فإن المادة التي يتم الحصول عليها من انبات الحبوب يمكن أن تكسر النشا إلى جلوكوز.

في عام 1835، بدأ الكيميائي السويدي الشهير جاكوب برزيليوس في رؤية نمط في هذا. في التقرير السنوي للأكاديمية الملكية السويدية للعلوم، الذي يصف أحدث تقدم في الفيزياء والكيمياء، كتب عن "قوة" جديدة يمكنها "توليد نشاط كيميائي". سرد العديد من الأمثلة للتحفيز باستخدام الجزيئات العضوية كمفهوم جديد مع العديد من الفرص: "تصميم وفحص هذه المحفزات هو أحد أهدافنا المستقبلية".

في مختبر بشمال كاليفورنيا، كان ديفيد ماكملان يعمل أيضًا لتحقيق نفس الهدف، غير أن طريقته المبتكرة أخذت أهميتها نتيجة قدرتها على تحفيز تكوين المواد غير المتماثلة؛ فعندما تتكون الجزيئات فإنها تأخذ شكلين متعاكسين، ويكون فيها أحدهما صورة مرآة للآخر. ويرغب غالبًا الكيميائيون وصانعو المواد في شكل واحد فقط من هذه المواد عند صناعة المستحضرات الصيدلانية على سبيل المثال. ولذا، فقد فتحت طريقة التحفيز العضوي بابًا جديدًا منذ عام 2000؛ إذ أمكن استخدامها لتحفيز تخليق أي مادة بكفاءة أكبر، بدءًا من الجزيئات التي تلتقط الضوء في الخلايا الشمسية، ووصولًا إلى الجزيئات التي تدخل في صناعة الدواء.

ثورة في بناء الجزيئات

يمكن للكيميائيين إنشاء جزيئات جديدة من خلال ربط وحدات البناء الكيميائية الصغيرة معًا، ولكن التحكم في المواد غير المرئية بحيث تترابط بالطريقة المرغوبة أمر صعب. وتعتمد العديد من الصناعات ومجالات البحث على قدرة الكيميائيين على بناء جزيئات جديدة وعملية، يمكن أن تكون أي شيء من المواد التي تلتقط الضوء في الخلايا الشمسية أو تخزين الطاقة في البطاريات، إلى الجزيئات التي يمكن أن تصنع أحذية جري خفيفة الوزن أو تمنع تقدم المرض في الجسم.

ومع ذلك، إذا قارنا قدرة الطبيعة على بناء إبداعات كيميائية مع قدراتنا، فسنكون عالقين لفترة طويلة في العصر الحجري لأنها طورت أدوات محددة بشكل لا يصدق، مثل الإنزيمات، لبناء المركبات الجزيئية التي تعطي الحياة أشكالها وألوانها ووظائفها.

في البداية، عندما عزل الكيميائيون هذه الروائع الكيميائية، نظروا إليها بإعجاب. كانت المطارق والأزاميل في صناديق الأدوات الخاصة بهم للبناء الجزيئي صريحة وغير موثوقة، لذلك غالبًا ما انتهى بهم الأمر بالكثير من المنتجات الثانوية غير المرغوب فيها عندما قاموا باستنساخ المنتجات الطبيعية.

أدوات جديدة لكيمياء أدق

كل أداة جديدة أضافها الكيميائيون إلى صندوق أدواتهم زادت من دقة التراكيبات الجزيئية. ببطء ولكن بثبات، تطورت الكيمياء من النقش على الحجر إلى شيء أشبه بالحرف اليدوية الرائعة. كان لهذا فائدة كبيرة للبشرية والعديد من هذه الأدوات حصل على جائزة نوبل في الكيمياء.

توجد العديد من الجزيئات في نوعين مختلفين، أحدهما صورة معكوسة للآخر. غالبًا ما يكون لها تأثيرات مختلفة تمامًا في الجسم. على سبيل المثال، نسخة واحدة من جزيء الليمونين لها رائحة الليمون، في حين أن صورتها المرآة لها رائحة مثل البرتقال.

قبل عامين، انتقل ديفيد ماكميلان من جامعة هارفارد إلى جامعة كاليفورنيا في بيركلي. عمل في جامعة هارفارد على تحسين التحفيز غير المتماثل باستخدام المعادن. كان هذا مجالًا يجذب الكثير من اهتمام الباحثين، لكن ديفيد ماكميلان لاحظ كيف أن المحفزات التي تم تطويرها نادرًا ما تستخدم في الصناعة. بدأ يفكر في السبب، وافترض أن المعادن الحساسة كانت بكل بساطة صعبة للغاية ومكلفة للاستخدام.

يعتبر تحقيق الظروف الخالية من الأكسجين والخالي من الرطوبة التي تتطلبها بعض المحفزات المعدنية أمرًا بسيطًا نسبيًا في المختبر، ولكن إجراء التصنيع الصناعي على نطاق واسع في مثل هذه الظروف أمر معقد. وكان استنتاج ديفيد ماكميلان أنه إذا كانت الأدوات الكيميائية التي كان يطورها مفيدة، فإنه يحتاج إلى إعادة تفكير. لذلك، عندما انتقل إلى بيركلي، ترك المعادن وراءه.

بدلاً من ذلك، بدأ ديفيد ماكميلان في تصميم جزيئات عضوية بسيطة - تمامًا مثل المعادن - يمكنها توفير الإلكترونيات أو استيعابها مؤقتًا. هنا، نحتاج إلى تحديد ماهية الجزيئات العضوية - باختصار، هذه هي الجزيئات التي تبني كل الكائنات الحية. لديها إطار ثابت من ذرات الكربون. ترتبط المجموعات الكيميائية النشطة بهيكل الكربون هذا، وغالبًا ما تحتوي على الأكسجين أو النيتروجين أو الكبريت أو الفوسفور.

تتكون الجزيئات العضوية من عناصر بسيطة ومشاركة، ولكن اعتمادًا على كيفية تجميعها معًا، يمكن أن يكون لها خصائص معقدة. اختار العديد من الجزيئات العضوية ذات الخصائص الصحيحة، ثم اختبر قدرتها على تحفيز تفاعل Diels-Alder، والذي يستخدمه الكيميائيون لبناء حلقات من ذرات الكربون. كما كان يأمل، كانت بعض الجزيئات العضوية ممتازة أيضًا في التحفيز غير المتماثل. من بين صورتين متطابقتين محتملتين، تضمنت إحداها أكثر من 90 في المائة من المنتج.

البحث عن مصطلح

عندما كان ديفيد ماكميلان جاهزًا لنشر نتائجه، أدرك أن مفهوم الحفز الكيميائي الذي اكتشفه يحتاج إلى اسم. كانت الحقيقة أن الباحثين قد نجحوا سابقًا في تحفيز التفاعلات الكيميائية باستخدام جزيئات عضوية صغيرة، لكن هذه كانت أمثلة معزولة ولم يدرك أحد أن الطريقة يمكن تعميمها. أراد ديفيد ماكميلان العثور على مصطلح لوصف الطريقة حتى يفهم الباحثون الآخرون أن هناك المزيد من المحفزات العضوية لاكتشافها. كان اختياره هو التحفيز العضوي. وفي يناير/كانون الثاني 2000، قبل أن ينشر بنيامين ليست اكتشافه مباشرة، قدم ديفيد ماكميلان ورقته العلمية للنشر في مجلة علمية.

وبشكل مستقل عن بعضهما البعض، اكتشف بنجامين ليست وديفيد ماكميلان مفهومًا جديدًا تمامًا للحفز. ومنذ عام 2000، يمكن تقريبًا تشبيه التطورات في هذا المجال بالاندفاع نحو الذهب، حيث يحتفظ الباحثان بمراكز قيادية. لقد صمموا العديد من المحفزات العضوية الرخيصة والمستقرة، والتي يمكن استخدامها لتحريك مجموعة كبيرة من التفاعلات الكيميائية.

لا تتكون المحفزات العضوية غالبًا من جزيئات بسيطة فحسب، في السابق، كان من الضروري في عمليات الإنتاج الكيميائي عزل كل منتج وسيط وتنقيته، وإلا فإن حجم المنتجات الثانوية سيكون كبيرًا جدًا. أدى هذا إلى فقدان بعض المادة في كل خطوة من البناء الكيميائي. تعتبر المحفزات العضوية أكثر تسامحًا، حيث يمكن في كثير من الأحيان نسبيًا إجراء عدة خطوات في عملية الإنتاج في تسلسل غير منقطع. وهذا ما يسمى بالتفاعل التعاقبي، والذي يمكن أن يقلل بشكل كبير من النفايات في التصنيع الكيميائي.

الارتقاء بالبناء الجزيئي

أحد الأمثلة على الكيفية التي أدى بها التحفيز العضوي إلى إنشاءات جزيئية أكثر كفاءة هو تخليق جزيء الإستركنين الطبيعي والمعقد بشكل مذهل. سيتعرف الكثير من الناس الإستركنين من كتب أجاثا كريستي. ومع ذلك، بالنسبة للكيميائيين، يشبه الإستركنين مكعب روبيك: تحد تريد حله في أقل عدد ممكن من الخطوات. عندما تم تصنيع الإستركنين لأول مرة، في عام 1952، تطلب 29 تفاعلًا كيميائيًا مختلفًا و0.0009 في المائة فقط من المادة الأولية شكلت الإستركنين. الآن، أصبح تصنيع الإستركنين أكثر كفاءة بـ 7000 مرة.

أدى الاكتشاف الذي حصل على جائزة نوبل في الكيمياء 2021 إلى الارتقاء بالبناء الجزيئي إلى مستوى جديد تمامًا. فهو لم يجعل الكيمياء أكثر اخضرارًا فحسب، بل سهّل أيضًا إنتاج جزيئات غير متماثلة.

أثناء البناء الكيميائي، غالبًا ما تنشأ حالة يمكن أن يتشكل فيها جزيئين، والتي - تمامًا مثل أيدينا - هي صورة مرآة لبعضها البعض. غالبًا ما يرغب الكيميائيون في الحصول على واحدة من هذه الصور المرآة، خاصة عند إنتاج المستحضرات الصيدلانية، ولكن كان من الصعب العثور على طرق فعالة للقيام بذلك.

المفهوم الذي طوره بنيامين ليست وديفيد ماكميلان - التحفيز العضوي غير المتماثل - بسيط بقدر ما هو رائع. الحقيقة هي أن الكثير من الناس تساءلوا لماذا لم نفكر في الأمر من قبل.

بنجامين ليست

ولد بنجامين ليست عام 1968 في فرانكفورت بألمانيا، وحصل على شهادة الدكتوراه عام 1997 من جامعة جوتة في فرانكفورت بألمانيا، ويشغل الآن مدير معهد ماكس بلانك لأبحاث الفحم في ألمانيا.

ديفيد ماكميلان

وولد ديفيد ماكميلان عام 1968 في المملكة المتحدة، وحصل على شهادة الدكتوراه من جامعة كاليفورنيا-إيرفين في الولايات المتحدة، وهو حاليا أستاذ بجامعة برينستون في الولايات المتحدة.

فيديو الاعلان عن الجائزة



المصادر

- [Press release: The Nobel Prize in Chemistry 2021](https://www.nobelprize.org/prizes/chemistry/2021/popular-information/)
> <https://www.nobelprize.org/prizes/chemistry/2021/popular-information/>

طارق قابيل

أكاديمي، كاتب، ومترجم، ومحرر علمي
عضو هيئة التدريس - كلية العلوم - جامعة القاهرة
متخصص في الوراثة الجزيئية والتكنولوجيا الحيوية

الآراء الواردة في هذا المقال هي آراء المؤلفين وليست، بالضرورة، آراء منظمة
المجتمع العلمي العربي.

يسعدنا أن تشاركونا آرائكم وتعليقاتكم حول هذه المقالة عبر التعليقات المباشرة بالأسفل أو عبر
وسائل التواصل الاجتماعي الخاصة بالمنظمة