

F
Fluorine

وظيفة عنصر الفلور في حياتنا*

بروفيسور شلومو روزن**



هنري موانسان الذي نجح في عزل الفلور وحازَ على جائزة نوبل عن هذا

كان عنصر الفلور معروفاً منذ العصور الوسطى، لكن لم يكن له استعمالات سوى لحمض الفلور، (HF)، الذي كان يُستعمل لحرق الزجاج. من القليل المعروف عنه ضمّه مندلييف، أب القائمة الدورية، لمجموعة الهالوجينات، وهو الأول في هذه العائلة، مع الكلور، البروم واليود. وهو أيضاً الهالوجين الوحيد الذي لم يستطيعوا الحصول عليه بصورته الحرة. في نهاية القرن التاسع عشر فهم الكيميائي الفرنسي آنري موانسان، أنه لا يمكن فصل العنصر بطرق كيميائية، وكان الأول الذي استطاع فصله، من خلال استعمال الإلكتروليت. وحاز بهذا على جائزة نوبل.

سرعان ما اتضح أنّ عنصر الفلور فعال جداً، وعندما حاولوا ضمّه لتفاعلات كيميائية عضوية، التي نُفذت بأسلوب بداية القرن العشرين، كانت النتائج الوحيدة هي هدم كلّ مادة التي تلامست معه. أدى هذا إلى تجميد في تطوير كيمياء الفلور، وقليل جداً من الكيميائيين بذلوا جهداً للتعامل مع هذا العنصر. الشيء الوحيد الذي بدر على الذهن في تلك الفترة هو الحقيقة أنّ مُشتقة حمض الخلّ مع الفلور (CH_2FCOOH)

* بالاعتماد على مُحاضرة التي أعطيت في مؤتمر المهندسين والمعماريين آذار 2019

** بروفيسور شلومو روزن، كلية الكيمياء، جامعة تل أبيب

أنها غير سامة وغير قابلة للاشتعال ومُستقرّة للغاية ورخيصة للتّحضير. كانت هذه المواد أساسًا لتطوير مخازن التبريد الحديثة، الثلاجات المنزلية، والمُكيّفات الصناعية والسكنية ومكيفات السيارات. كما أنها تستخدم على نطاق واسع في نفخ البوليمرات وتنشيط الهباء الجوي. في السبعينيات من القرن الماضي، في جميع أنحاء، بدأوا في الشك في أنّ الجزيئات المذكورة أعلاه هي مواد مُدمّرة للأوزون. اتضح أنّ "المُذنبين" هم ذرّات الكلور أو البروم، وبالفعل دخلت الجزيئات الجديدة التي تحتوي فقط على الكربون، الفلور، وأحيانًا الهيدروجين. مثال على موادّ التبريد الجديدة هو HFO-1234yf ($CF_3CF=CH_2$) ومواد أخرى مُماثلة.



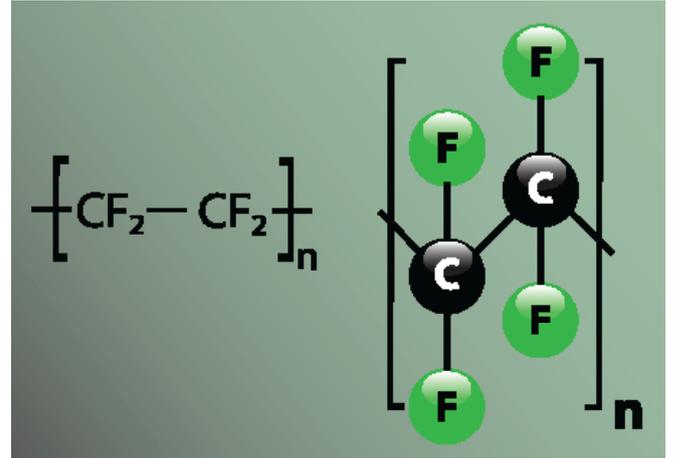
مثال لغيريئون $CFCl_3$

حدث تطوّر هائل آخر يتعلّق بذرّة الفلور، والذي أثار أيضًا بشكل كبير على البشرية، في منتصف سنوات الخمسينيات من القرن العشرين. نشر العالم اليهودي جوزيف فرايد من جامعة شيكاغو أنّ بعض الستيرويدات، مثل الكورتيزول، التي تمّ فيها إدخال ذرّة فلور واحدة أو أكثر، يزداد نشاطها البيولوجي 50 مرّة على الأقل! أدّى ذلك إلى قفزة هائلة في الجهود المبذولة لإدخال هذا العنصر في مجموعة كبيرة ومُتنوّعة من المواد. سنذكر القليل منها، مثل 5-فلورويوراسيل (5FU) الذي يُستخدّم كأساس للعديد من أدوية العلاج الكيميائيّ، المُضادّات الحيويّة الحديثة مثل عائلة الكافينولونات، الأدوية المُضادّة للدهان (بروزاك)، مُخفّضات الكوليسترول (ليبيتور)، وموادّ مُضادّة للالتهاب (بيتاميثازون) وغيرها الكثير. اليوم، يحتوي حوالي 30% من الأدوية الجديدة المُصادق عليها من قبَل إدارة الغذاء والدواء تحتوي على هذا المُكوّن. في الزراعة، هذا الرقم أكبر بكثير، وتُظهر النتائج الحديثة أنّ 50% (!) من المواد الجديدة المُستخدّمة في المجالات الزراعيّة المُختلفة تحتوي هي أيضًا على الفلور.

هي سامة جدًّا والأطراف المُتنازعة في الحرب العالميّة الأولى فكّرت في استعمالها لتسميم آبار مياه العدو. تأجيل تنفيذ هذا البرنامج أنقذ حياة آلاف الأشخاص من جميع الدُول المُتنازعة.

مع تقدّم الكيمياء والمعرفة في الصّفات الفيزيائية للمواد، اتّضح أنّ الرابط كربون - فلور (C-F) قويّ جدًّا، وبهذا في بدأوا في البحث في مركز الكيمياء الأكبر في العالم في ذلك الحين - مختبرات دوفونت في دالفار في الولايات المتحدة - عن طُرُق لإنتاج بوليميرات وموادّ أخرى التي تحتوي بالأساس على الكربون والفلور. استمرّ البحث لسنوات، لكن في النهاية، بفضل القليل من الحظ والكثير من العُند، نجحوا في هذا المركز من إنتاج التفلون الأوّل $-(CF_2-CF_2)_n-$ وموادّ أخرى مُشابهة له. وُجد أنّ هذه الموادّ ثابتة أكثر من ناحية حراريّة ومن ناحية كيميائية.

كما نعلم، خلال الحرب العالميّة الثانية، بدأت الولايات المُتّحدة مشروعًا هائلًا لم يكن له مثيل في التاريخ حتى ذلك الحين - مشروع "مانهاتن" - لتطوير أوّل قنبلة ذريّة. تطلّب التطوير الأوّل مركّبات مُتطايّرة من اليورانيوم، والمُرْكَب الوحيد الذي أُخذَ بعين الاعتبار هو المُرْكَب الغازي سداسي فلوريد اليورانيوم (UF_6). على أي حال، كان هذا المُرْكَب شديد التآكل وكان من المُستحيل وضعه في خلايا مُفرّغة لأنه لا توجد مادة يمكن أن تتحمّله. تمّ إيجاد حلّ للمشكلة بمساعدة مادة التفلون والموادّ المُماثلة التي لم تتأثر بتآكل سداس فلوريد اليورانيوم.



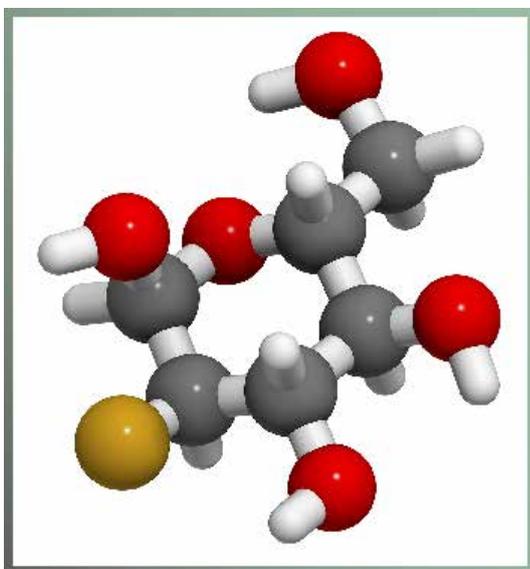
الوحدة المُتكرّرة المبنى منها البوليمير تفلون

لكن وجد الفلور استخدامه ليس فقط لأغراض الحرب. من أوائل الاستخدامات المُهمّة التي غيّرت وجه العالم وحسّنت الحياة البشرية إلى درجة لا يمكن التعلّف عليها، كان الفريثونات الأولى، الذين استخدموا بشكل أساسي للتبريد. كانت مصانع الثلج معروفة فعليًا في القرن التاسع عشر، لكن الغازات المُستخدّمة للتبريد كانت بالأساس غاز الأمونيا وثاني أكسيد الكبريت (NH_3 ; SO_2). كانت المشكلة أنّ هذه الغازات سامة وبعضها قابل للاشتعال وتسبّبت في حوادث لا حصر لها وأودت بحياة العديد من الأشخاص. مرة أخرى، ساهمت شركة دوفونت في إيجاد حلّ هائل للإنسانية. تمّ العثور على المركّبات التي تحتوي على واحد أو اثنين أو ثلاثة من ذرّات الكربون المُرتبّطة بكل من ذرّات الفلور، الكلور، أو البروم، مثل CFC-11 أو CFC-12 ($CFCl_3$; CF_2Cl_2)، على

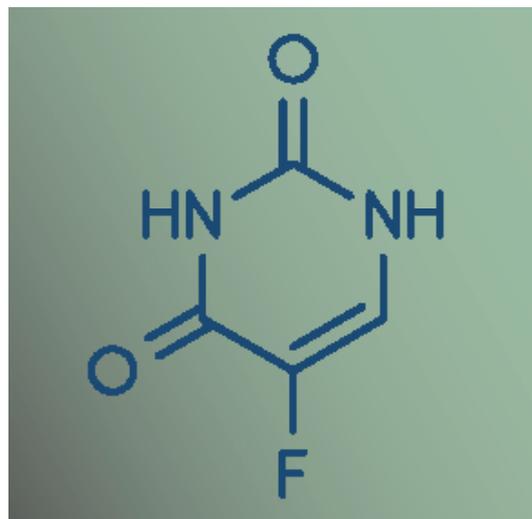
يلعب الفلور أيضًا دورًا مهمًا جدًا في علم المواد. من الصعب تخيّل أجهزة كمبيوتر بدون عوازل التي تعتمد على مركبات الـ بير-فلورو أو تخيّل مُحركّات تعمل لسنوات عديدة دون انقطاع بدون زيوت التي تعتمد على موادّ تحتوي على هذا العنصر. الألياف البصريّة الفريدة (تفلون AF)، والعديد من الموادّ السطحيّة، الطلاءات الخاصّة، البدلات الفضائيّة وغيرها - في كل هذه يمكنك العثور على العديد من ذرّات الفلور. بولي بير فلورو عبارة عن بوليمرات تُستخدَم أيضًا على نطاق واسع في العمليّات الجراحيّة، خاصّةً عندما يكون من الضروري لفّ أو تقوية الأعضاء المُصابة مثل الشرايين الرئيسيّة أو الأجزاء المُصابة من المعدة. الميزة الكبيرة لهذه البوليمرات هي أنّها غير سامّة ومُستقرّة مدى الحياة ولا تُسبّب رفض الجسم لها.

في ضوء القيود المفروضة على المقال، سنُنهي فقط بذكر مجال جديد نسبيًا سريع التطوّر - التصوير المقطعيّ البوزيتروني (PET). من الممكن اليوم، بمساعدة السيكلوترون، تحضير نظير غير طبيعيّ للفلور كتلته الذريّة 18. إنه نظير غير مُستقرّ، يطلق البوزيترونات (إلكترونات موجبة) وله زمن نصف حياة يبلغ حوالي ساعتين. عندما تلتقي الموادّ التي تحتوي على هذا النظير مع الموادّ الطبيعيّة، يتصادم البوزيترون المُنتقل مع الإلكترون، والنتيجة هي إطلاق أشعة جاما الفريدة التي يمكن اكتشافها باستخدام أجهزة الكشف الخاصّة. أدّى ذلك، من بين أمور أخرى، إلى تفصيل الدّماغ البشريّ بالإضافة إلى اكتشاف الخلايا السرطانيّة في الأماكن التي يصعب اكتشافها بطريقة أخرى. في إسرائيل، مركز تصنيع الموادّ المُحتوية على نظير F-18 هو مستشفى هداسا في القدس، تحت إدارة البروفيسور إيال مشعاني، ومن هناك يتم إرسالها إلى معظم المستشفيات في البلاد.

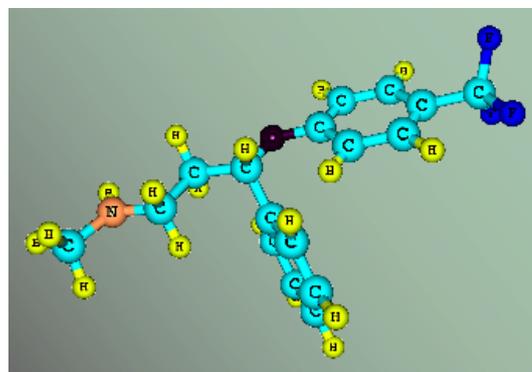
وفي الختام نلاحظ أن قيمة الموادّ المحتوية على الفلور المُنتجة في العالم تُقدّر بأكثر من 200 مليار دولار سنويًا. في الواقع، هذا سبب مُقنع لأهمية هذا العنصر الموجود في الزاوية اليُمنى العليا من القائمة الدوريّة.



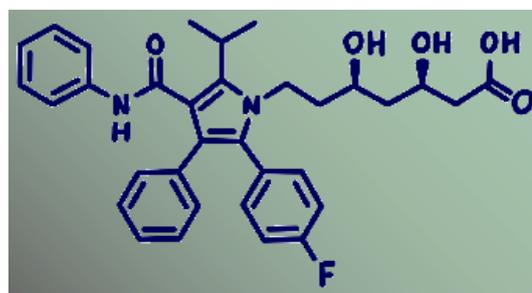
فلورودوكسي جلوكوز، يُستعمل كمادّة لتعيين المُخ وتمييز الخلايا السرطانيّة المُختلفة



5 فلورويوراسيل وهو الأساسي في تحضير أدوية العلاج الكيميائيّ



دواء مُضادّ للدهان - فروزك



ليبيتور، دواء لتقليل مُستوى الكوليستيرول في الدّم.

لا تكفي الصفحات لتفصيل جميع التقنيّات التي تستخدم الفلور، لكن لا يسعنا إلا أن نذكّر الدم الاصطناعي (مثل بيرفلورودكلين)، والذي يُتيح نقل الأكسجين إلى الخلايا وإخراج ثاني أكسيد الكربون منها. يتمّ استخدام هذه الموادّ عندما يكون هنالك نقص في الدّم المُناسب، كما هو الحال أثناء العمليّات الجراحيّة الطارئة وفي حالات أخرى. وإذا تطرّقنا إلى العمليّات الجراحيّة، فإنّ أدوية التخدير الحاليّة، التي تُعدّ أكثر أمانًا بعشرات المرات من أدوية التخدير من الجيل السابق، تحتوي على العديد من ذرّات الفلور (أيزوفلورين - $CF_3CHClOCHF_2$ ، ديسفلورين - $CF_3CHFOCHF_2$).