عالم الذرّة

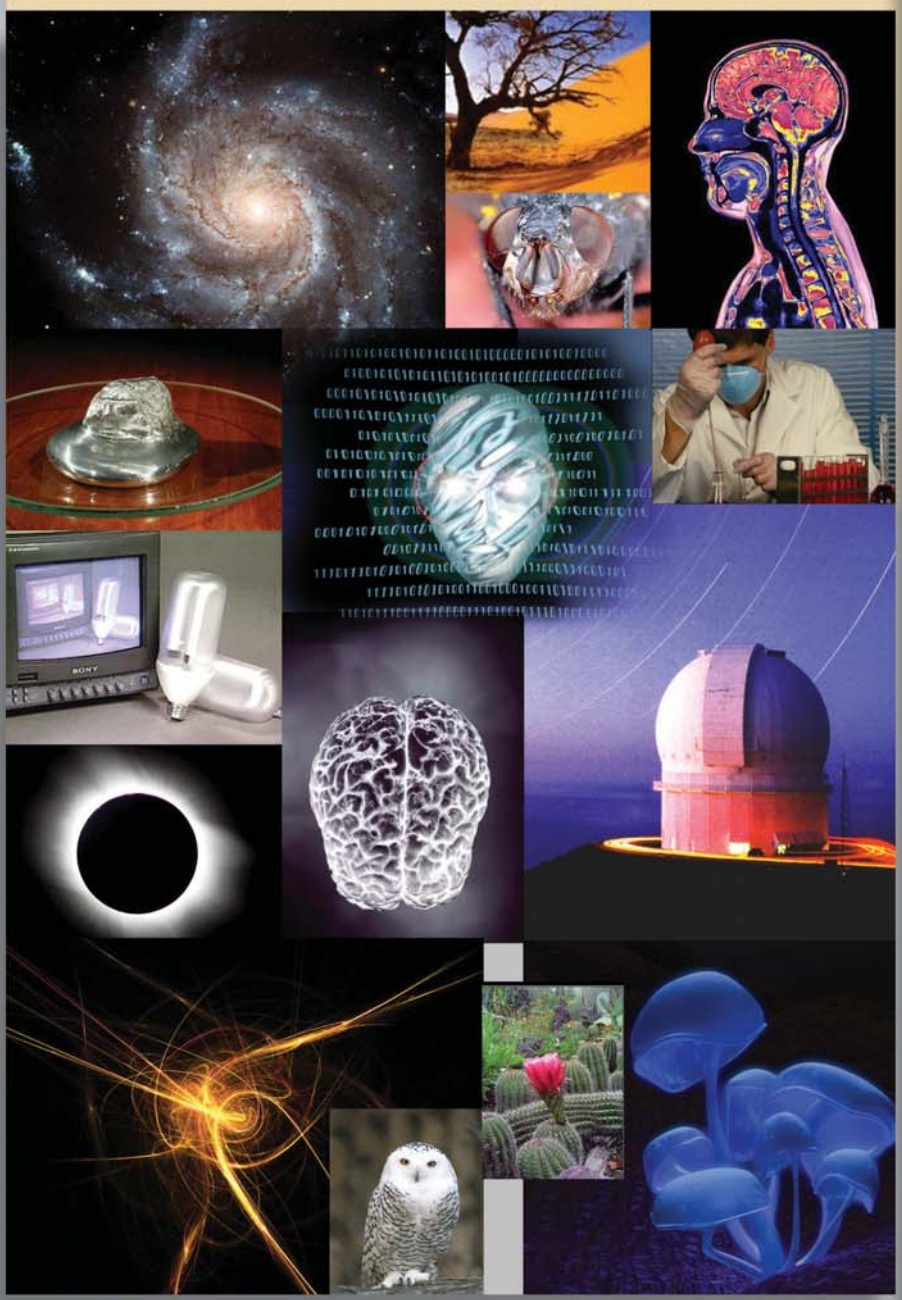
مجلة هيئة الطاقة الذرّية السورية

NO. 125

مجلة عالم الذرّة

مجلة دورية تصدر ست مرات في السنة عن هيئة الطاقة الذرّية في الجمهورية العربية السورية.

وتهدف إلى الإسهام في نشر المعرفة العلمية باللغة العربية في الميدانين الذرّي والنووي، وفي كل ما يتعلق بهما من تطبيقات.



المدير المسؤول

أ. د. إبراهيم عثمان

المدير العام لهيئة الطاقة الذرّية

هيئة التحرير

(رئاسة هيئة التحرير)

أ. د. عادل حرفوش

أ. د. محمد قعقع

(الأعضاء)

أ. د. أحمد حاج سعيد

أ. د. مصطفى حمو ليلا

أ. د. نجم الدين شرابي

أ. د. فوزي عوض

أ. د. فواز كردعلي

أ. د. توفيق ياسين

المحتويات

مقالات

7 **محاولات لإنقاذ طبقة الأوزون**

عندما قامت الدول برسم خطط من أجل إنقاذ طبقة الأوزون، فإنها لم تأخذ بالاعتبار عوامل الاحترار العالمي.

ك. شييرماير

13 **مَرْكبات وقودُها الهدروجين**

يعتبر الهدروجين وقوداً صناعياً غير ملوِّث للبيئة ويمكن أن يحل محل النفط وخاصة بالنسبة لوسائل النقل. إن التقانة التي يمكن أن تجعل هذا الأمر حقيقةً، وبخاصة المواد المخزِّنة للهدروجين، تمَّ تطبيقها منذ زمن، أما بالنسبة للمَرْكبات التجارية فما زالت تحتاج إلى سنوات عديدة.

ل. سكلاباش

18 **القطرات المتعاكسة الشحنة لا تندمج**

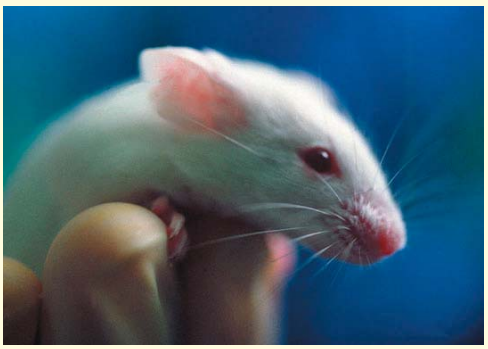
رستنبارت وآخرون

23 **آن الأوان لتغيير مصباح الإنارة**

س. تونزاني

أخبار علمية

29 **فئران منشّأة من خلايا جذعية محرَّضة**



31 **نقص النظائر الطبية يصل مستوى الأزمة**

33 **الحياة المميّزة لعبد السلام**

35 **دروس في الاصطناع الكيميائي تَعرضُها الطبيعة**

37 **مستقبل المناخ**

39 **الشَوَش الخفي في النظام الكوني**

41 **الحديد**

46 **مقتطفات**

إطلالة علمية

49 **الأكسجين**

أعمال الباحثين في هيئة الطاقة الذرّية السورية،
نشرت هنا كما وردت من مكتب الأمانة العلمية في الهيئة

ملخصات ورقات البحوث

57 الزاوية المثلى لميل اللواقط الشمسية في سورية واتجاهها

57 الوفرة الطبيعية لنظائر الآزوت ^{15}N والكربون ^{13}C في أوراق بعض الأشجار والأنجم المثبتة وغير المثبتة للآزوت الجوي في سورية

58 تأثير تلدين سطوح α-Al_2O_3 (0001) في النمو المنضد غير المتجانس لحبيبات الفضة النانوية

58 سلوك الخفض الضوئي لمركب أزرق الحمض 29 عند تشعيعه بليزر هليوم-نيون مستمر منخفض الاستطاعة

59 تأثير طول موجة الإنارة على خواص التألق المرئي من السليكون المسامي من النوع - p المحضر بالتنميش الفوتو-كهركيميائي

59 تحديد معاملات التصحيح في التحليل الغاماوي للعينات الكبيرة باستخدام إشعاعها الغاماوي الذاتي المتعدد الخطوط

60 توصيف بلازما محرقية صغيرة طاقتها 2.8 kJ باستخدام نموذج إشعاعي خماسي الطور

60 نمذجة الإصدار الديناميكي للبلورة المستقطبة Cr^{4+}:YAG المدروس بوساطة نبضة ضخ مزدوجة مولّدة من ليزر نيوديميوم

ملخصات تقارير علمية

63 دراسة انتشار سموم للفطر (Zearalenone, Deoxynivalenol (DON), T2, Fumonisin) Fusarium sp. في بعض المواد الغذائية والعلفية في سورية

63 تصميم جهاز لفتح عبوات التشعيع البلاستيكية وتنفيذه

64 شاشات البلازما (Plasma Display Panels): فيزياء الانفراغ فيها، مبدأ عملها، تقانتها واستخداماتها

64 تصميم منظومة التذرية الليزرية المدعومة بالبلازما المولدة بواسطة الأمواج الميكروية وتنفيذها

65 تشخيص بلازما الانفراغ الراديوي للمهبط المجوف المولدة في جو من المادة العضوية السليكونية HMDSO المستخدمة لتوضيع أفلام رقيقة عازلة ضد التآكل

65 نمذجة ليزرات Nd:YAG المضخوخة بديودات ليزرية وأمثلتها

66 تنميط بعض سلالات بكتيريا حمض اللبن في سورية باستخدام تقانتي الـ PCR والـ FT-IR

66 تحديد طاقة التناظر النووي في النماذج الهادرونية المتعلقة بالكثافة

67 بناء مطيافية غلفانو ضوئية Optogalvanic

67 المعالجة البلازمية لسطح زرنيخيد الغاليوم المسامي المحضر بطريقة التنميش الكهركيميائية: توصيف وخواص

إرشادات منشودة إلى المشاركين في المجلة

حول علامات الترقيم وبعض الحالات الأخرى عند كتابة النصوص باستخدام الحاسوب

بقلم أ. د. زياد القطب

تساعد علامات الترقيم الكاتب على تقسيم كلامه وترتيبه وتوضيح مقصوده، كما تساعد القارئ على فهم ما يقرأ ومعرفة أماكنِ التوقف وأداء النبرة المناسبة.

غير أن المقصود من استعراض علامات الترقيم هنا هو كيفية توظيفها وتلافي الأخطاء عندما نستخدم الحاسوب في كتابة النصوص، الأمر الذي يواجه المنضّد لدى التحكم في مكان الفراغات بين الكلمات وعلامات الترقيم، ولطالما انعكس ذلك سلباً على كادر التنضيد في مكتب الترجمة بالهيئة عند عدم مراعاة الإرشادات المدرجة أدناه.

لذا فإننا نهيب بالعاملين في أقسام الهيئة ودوائرها ومكاتبها المختلفة التقيّد بمضمون هذا التعميم تلافياً لكل إشكال قد يواجه كادر التنضيد. وسنورد في طيّه مثالاً عن كل واحدة من علامات الترقيم لبيان القاعدة التي ينبغي اتباعها، ذاكرين في هذا السياق الإشكالية التي قد تحصل في حالة عدم التقيد بالقواعد المدونة أدناه. فمثلاً عندما نترك فراغاً بين القوس والكلمة التي تلي قوس البداية أو تسبق قوس النهاية في المثال التالي: "في الواقع قلبت المعالجة بسلفيد الهدروجين الفئران التي نجري عليها تجاربنا من حيوانات ذات دم حار إلى حيوانات ذات دم بارد [3]"، يتضح الإرباك الذي قد يقع فيه القارئ نتيجة ترك فراغ مفروض من الحاسوب بين الرقم 3 والقوس النهائي دونما قصد من جانب المنضد.

وبهدف تجنب مثل هذه الحالات وتوخّياً منّا للإخراج المتناسق والموحّد فإننا نأمل التقيّد بالملاحظات التالية المتعلقة بقواعد كتابة العلامات المدرجة أدناه:

البند الأول

علامات الترقيم: النقطة (.)، الفاصلة (،)، الفاصلة المنقوطة (؛)، النقطتان (:)، علامة الاستفهام (؟)، علامة التعجب (!)، النقاط المتتالية (...)، علامة الاعتراض (–...–)، علامة الاقتباس ("...")، الواصلة الصغيرة (–)، الأقواس ({}، []، ())، الشرطة المائلة (/).

وذلك مع التنبيه إلى ترك فراغ واحد بعد علامة الترقيم وليس قبلها، كما هو مبيّن أدناه:

النقطة (.): توضع في نهاية الجملة لتدلَّ على تمام المعنى، وفي نهاية الكلام.

- مثال: صدر اليوم العدد الجديد من مجلة عالم الذرّة. نأمل أن يحوز هذا العدد رضاء القارئ الكريم.

الفاصلة (،): توضع بين الجمل القصيرة المتعاطفة أو المتّصلة المعنى.

- مثال: ولذلك فإن علماء المناعة لديهم اهتمام شديد، ليس فقط باكتشافات ماهية الجزيئات المشتركة في هذه الحوارات، ولكن أيضاً بكيفية تفاعلها لتتمكن من اتخاذ مثل تلك القرارات الحاسمة.

الفاصلة المنقوطة (؛): توضع بين الجمل الطويلة المتّصلة المعنى، أو بين جملتين تكون إحداهما سبباً في الأخرى.

- مثال: من أهدافنا نشر المعرفة العلمية؛ بمعنى إتاحتها لجميع الراغبين بالمعرفة.

النقطتان (:): توضعان بعد كلمة قال أو ما في معناها وعند الشّرح والتفسير دون ترك فراغ قبلهما.

- مثال: الهدفان المهمان هما: إنتاج عمل مهم وإيصاله إلى القارئ الكريم.

علامة الاستفهام (؟): توضع بعد الجملة الاستفهامية مباشرة دون ترك فراغ قبلها.

- مثال: أين ذهبت المادة المضادة بكاملها؟

علامة التعجب (!): توضع بعد التَّعجب أو النداء أو ما يدلُّ على الفرح أو الألم أيضاً دون ترك فراغ قبلها.

- مثال: كيف كان الكون بعد الانفجار العظيم!

النقاط المتتالية (...): تدلُّ على أنَّ الكلام فيه حذف أو أنَّه لم ينته ويترك فراغ قبلها وبعدها.

- مثال: يرى هولستون وأبادوراي "أن في بعض الأماكن، لا تكون الأمة وسيطاً ناجحاً للمواطنة ... وأن مشروع المجتمع القومي للمواطنين، خاصة الليبرالي ... يبدو، أكثر فأكثر، كأنه استنفد أغراضه وفقد مصداقيته".

علامة الاعتراض (–...–): وهي خطَّان صغيران توضع بينهما جملة معترضة داخلة بين شيئين متلازمين من الجملة كالفعل والفاعل أو الفعل والمفعول به، أو المبتدأ والخبر، أو المتعاطفين.

- مثال: إن المؤتمر الدولي –للجيل الرابع من المفاعلات– مبادرة هامة.

علامة الاقتباس ("..."): وهي قوسان صغيران يوضع بينهما ما ننقله من كلام بنصِّه دون تغيير.

- مثال: أنجز الباحث مقالاً بعنوان "سوق اليورانيوم ومصادره" وهو في طريقه إلى النشر.

الواصلة الصغيرة (–): توضع في أوَّل الجملة وبأوَّل السَّطر للدَّلالة على تغير المتكلِّم اختصاراً لكلمة (قال أو أجاب) أو للإشارة إلى بند جديد. ونشير هنا إلى ضرورة وضع فراغ بعدها.

- مثال: – المقدمة.

وتوضع للوصل بين كلمتين أو للوصل بين رقمين وذلك بدون ترك فراغ قبلها أو بعدها.

- مثال: مركبات عضوية–معدنية.

وكذلك توضع بين رقمين.

- مثال: انظر المراجع 161-154.

الأقواس {...} [...] (...): عند كتابة أي من هذه الأقواس يُترَك فراغٍ قبلها وآخر بعدها وليس بينها وبين ما بداخلها.

- مثال على واحد من هذه الأقواس: يجب أن يشمل مفهوم الإنتاجية كلاً من القيمة (الأسعار) والكفاءة.

الشَّرطَةُ المائلة (/): لا يُترَك فراغ قبلها ولا بعدها.

- مثال: نيسان/أبريل.

البند الثاني (حالات أخرى):

الأرقام: يجب التقيد بكتابة الأرقام العربية (0، 1، 2، .... 9) وليس الهندية (٠، ١، ٢، .... ٩) وعدم ترك فراغ بين الرقم والفاصلة في حين يترك الفراغ بالضرورة بعد الفاصلة والرقم الذي يليها.

الأرقام التي نكتبها داخل الأقواس لا يترك فراغ قبل الأول منها ولا بعد الأخير منها (مثال: [1، 4، 7]، أما إذا كانت متتابعة فتكتب على النحو التالي [1-5]).

الكلمات الأجنبية في النص العربي: داخل النص العربي لا تبدأ الكلمات الأجنبية بحرف كبير إلا إذا كانت اسم علم أو بلد (مثال: Syria ،superconductivity). ولطالما خلقت لنا هذه الإشكالية متاعب جمّة.

الكلمات المفتاحية: نضع الفاصلة بين الكلمة المفتاحية والتي تليها، وإذا كانت الكلمات المفتاحية مترجمة إلى الإنكليزية أو الفرنسية فنبدؤها بالحروف الصغيرة إلاّ إذا كانت الكلمة اسم علم أو بلد عندها نكتب الحرف الأول من الكلمة كبيراً (مثال: Alfred.)

حرفا العطف (و) و (أو): لا يترك فراغ بعد حرف العطف (و)، مثال: إن التنافسية الاقتصادية هي ضرورة للسوق، وهي أساسية لمنظومات الجيل الرابع، أمّا إذا بدأت الكلمة التالية لحرف العطف (و) بحرف الواو أيضاً فإنه يُفضّل ترك فراغ بين الواو والكلمة التي تليه (مثال: تركت أهلي صباح اليوم و ودّعتهم في المطار).

أما في حالة الأسماء، نضع حرف الواو (و) منفصلاً بين اسم المؤلف وبين الاسم الذي يليه (مثال: طريف شربجي و زهير أيوبي و فاطر محمد).

في حالة (أو)، ينبغي ترك فراغ بعدها (مثال: حُدِّدت المسائل المتوقع حلّها سواء على المستوى الثقافي أو التنظيمي أو الإداري).

النسبة المئوية (%): نجعلها دائماً على يسار الرقم وبدون فراغ بينها وبين الرقم (مثال: 40%).

الواحدات (ميغاهرتز، سم، كيلوواط، ...): إذا كانت بالعربية نضعها على يسار الرقم وإذا كانت بالإنكليزية نضعها على يمين الرقم ونترك فراغاً بينها وبين الرقم ونذكر مثالاً: (15 كيلوغراماً (15 kg)).

أشهر السنة الميلادية: نكتبها كما يلي دون ترك فراغات بينها وبين الشرطة المائلة:

كانون الثاني/يناير، شباط/فبراير، آذار/مارس، نيسان/أبريل، أيار/مايو، حزيران/يونيو، تموز/يوليو، آب/أغسطس، أيلول/سبتمبر، تشرين الأول/أكتوبر، تشرين الثاني/نوفمبر، كانون الأول/ديسمبر.

شروط الترجمة والتأليف للنشر في مجلة عالم الذرّة

1- تُرسل نسختان من مادة النشر باللغة العربية مطبوعتان بالآلة أو مكتوبتان بالحبر بخط واضح على وجه واحد من الورقة، وبفراغ مضاعف بين السطور.

2- يُكتب على ورقة مستقلة عنوان مادة النشر واسم الكاتب وصفته العلمية وعنوانه مع ملخصين لها أحدهما بالعربية والآخر باللغة الإنكليزية حصراً، في حدود عشرة أسطر لكل منهما، ويطلب من كل من المؤلف أو المترجم كتابة اسمه كاملاً، باللغتين العربية والأجنبية، ولقبه العلمي وعنوان مراسلته.

3- يُقدم المؤلف (أو المترجم) في ورقة مستقلة قائمة بالعبارات التي تشكل الكلمات المفتاحية " Key Words" (والتي توضح أهم ما تضمنته المادة من حيث موضوعاتها وغايتها ونتائجها والطرق المستخدمة فيها) وبما لا يتجاوز خمس عبارات باللغة الإنكليزية وترجمتها بالعربية.

4- إذا سبق نشر هذا المقال أو البحث في مجلة أجنبية، ترسل الترجمة مع صورة واضحة عن هذه المادة المنشورة ويستحسن إرسال نسخة الأصل المطبوع والأشكال (الرسوم) الأصلية إن وجدت، ولو على سبيل الإعارة.

5- إذا كانت المادة مؤلفة أو مجمعة من مصادر عدة، يذكر الكاتب ذلك تحت العنوان مباشرة كأن يقول " تأليف، جمع، إعداد، مراجعة " وترفق المادة بقائمة مرقمة للمراجع التي استقاها منها.

6- إذا تضمنت المادة صوراً أو أشكالاً، ترسل الصورة الأصلية وكذلك الأشكال مخططة بالحبر الأسود على أوراق مستقلة، إلا إذا كانت موجودة في المادة المطبوعة بلغة أجنبية (كما جاء في الفقرة "4") مرقمة حسب أماكن ورودها.

7- يُرسل مع المادة قائمة بالمصطلحات العلمية العربية المستخدمة فيها مع مقابلاتها الأجنبية إذا لم تكن واردة في معجم الهيئة للمصطلحات العلمية والتقنية في الطاقة الذرية الذي تم نشره في أعداد المجلة (2-18).

8- تكتب المصطلحات وكذلك أسماء الأعلام باللغتين العربية والأجنبية عند ورودها في النص أول مرة ومن ثم يكتفى بإيراد المقابل العربي وحده سواء أكان هذا المقابل كاملاً أو غير كامل وتستعمل في النص المؤلف أو المترجم الأرقام العربية (1، 2، 3) أينما وردت مع مراعاة كتابتها بالترتيب العربي من اليمين إلى اليسار وإذا وردت في نص معادلة أو قانون أحرف أجنبية وأرقام نكتب المعادلة أو القانون كما هي في الأصل الأجنبي.

9- يُشار إلى الحواشي، إن وجدت، بإشارات دالة (*، +، X، ...) في الصفحة ذاتها، كما يشار في المتن إلى أرقام المصادر والمراجع المدرجة في الصفحة الأخيرة، وذلك بوضعها ضمن قوسين متوسطين [ ].

10- ترقم مقاطع النص الأجنبي والنص العربي بترتيب واحد في حالة الترجمة.

11- يرجى من السادة المترجمين مراعاة الأمانة التامة في الترجمة.

12- تخضع مادة النشر للتقييم ولا ترد إلى أصحابها نشرت أم لم تنشر.

13- يمنح كل من الكاتب أو المترجم أو المراجع مكافأة مالية وفق القواعد المقررة في الهيئة.

جميع المراسلات توجه إلى العنوان التالي:

الجمهورية العربية السورية- هيئة الطاقة الذرّية - مكتب الترجمة والتأليف والنشر - دمشق : ص.ب : 6091

هاتف 6111926-11(963+) فاكس 6112289-11(963+)

E-mail: tapo@aec.org.sy

ISSN 1607-985X

رسوم الاشتراك السنوي

-يمكن للمشتركين من خارج القطر إرسال رسم الاشتراك إلى العنوان التالي:

المصرف التجاري السوري - فرع رقم 13- مزة جبل- دمشق- ص.ب: 16005، رقم الحساب 2/3012 أو بشيك باسم هيئة الطاقة الذرّية السورية.

-يمكن للمشتركين من داخل القطر دفع قيمة الاشتراك بحوالة بريدية على العنوان التالي:

مجلة عالم الذرّة-مكتب الترجمة والتأليف والنشر-هيئة الطاقة الذرّية السورية-دمشق- ص.ب:6091 مع بيان يوضح عنوان المراسلة المفضل.

أو يدفع رسم الاشتراك مباشرة إلى مكتب الترجمة والتأليف والنشر في الهيئة: دمشق-شارع 17نيسان

-رسم الاشتراك من داخل القطر: للطلاب (200) ل.س. للأفراد (300) ل.س. للمؤسسات (1000) ل.س.

-رسم الاشتراك من خارج القطر: للأفراد (30) دولاراً أمريكياً. للمؤسسات (60) دولاراً أمريكياً.

سعر العدد الواحد

سوريا : 50 ل.س مصـر : 3 جنيهات لبـنان : 3000ل.ل الجزائر : 100 دينار

الأردن : 2 دينار السعودية : 10 ريالات وفي البلدان الأخرى : 6 دولارات

الإعلانات

تود مجلة عالم الذرّة إعلام الشركات والمؤسسات العاملة في قطاع التجهيزات العلمية والمخبرية كافة والصناعات المتعلقة بها عن فتح باب الإعلان التجاري فيها، للمزيد من الاستفسار حول رغبتكم بنشر إعلاناتكم التجارية يرجى الكتابة إلينا أو الاتصال بنا وفق العنوان الوارد أعلاه.

يُسمح بالنسخ والنقل عن هذه المجلة للاستخدام الشخصي بشرط الإشارة إلى المرجع، أما النسخ والنقل لأهداف تجارية فغير مسموح به إلا بموافقة خطية مسبقة من الهيئة.

محاولات لإنقاذ طبقة الأوزون

كيرين شييرماير Quirin Schiermeier هي مراسلة ألمانية لمجلة Nature.

عندما قامت الدول برسم خطط من أجل إنقاذ طبقة الأوزون، فإنها لم تأخذ بالاعتبار عوامل الاحترار العالمي. يكشف كيرين شييرماير Quirin Schiermeier كيف أن هاتين المسألتين البيئيتين تُعقّد إحدَهما الأخرى.

الكلمات المفتاحية: طبقة الأوزون، احترار عالمي، بروتوكول مونتريال، كلورفلور الكربون.

في شهر آب من كل عام يحدث شيء مشؤوم فوق منطقة القطب الجنوبي. إذ إن سطوع ضوء الشمس في سماء القطب الجنوبي بعد فترة شتاء طويلة سيسمح لمركبات الكلور والبروم الموجودة في أعلى الغلاف الجوي ببدء تدمير جزء من طبقة الأوزون المحيطة بسطح الكرة الأرضية والتي تحمي الأرض من الإشعاعات فوق البنفسجية المخربة للمادة الحيّة. وعبر بضعة شهور يمكن لهذه الملوثات البيئية تدمير ما يكفي من الأوزون لإحداث ثقب في هذه الطبقة الواقية فوق القارة القطبية الجنوبية.

تتكرر هذه الظاهرة نفسها في كل ربيع منذ نهاية سبعينيات القرن الماضي، إضافة إلى أنها حدثت ولسنوات عدة قبل أن يتعرف إليها العلماء ويوصفونها في الأدبيات العلمية. فمنذ عام 1985، عندما قام باحثون بريطانيون بمسح القطب الجنوبي ونشر ورقة في مجلة Nature يُوصِّفون فيها الثقب الحاصل في طبقة الأوزون، وُضِعَ العالم في حالة تأهب قصوى. وفي الفترة نفسها تقريباً، بدا جلياً أن درع الأوزون الواقي فوق الكرة الأرضية أصبح معرضاً للملوثات المنطلقة عبر الجو في مناطق واسعة. دفع هذا الواقع بعض الدول عام 1987 لإبرام معاهدة تقضي بمنع تصنيع المركّبات التي تسبب تدمير الأوزون (وما يزال هذا التوجه الطموح قائماً بغية إنهاء هذه المشكلة العالمية).

وبفضل هذه المعاهدة التي أُطلق عليها "بروتوكول مونتريال"، حيث قامت الدول بخطوات واسعة نحو صيانة هذه الطبقة التي تقي الأرض من الأشعة الشمسية فوق البنفسجية. رغم ذلك ما يزال ثقب الأوزون المشؤوم الذي يظهر كل عام فوق منطقة القطب الجنوبي قائماً باستمرار، علماً أن كمية الكلور بدأت تتناقص في الجو وما تبقّى من طبقة الأوزون بدأ يُظهر إشارات التعافي، في حين تستمر الخطورة ولو بقدر ضئيل.

وبين الأخبار الجيدة، من ناحية أخرى، تندس التساؤلات الهامة حول مدى الفترة الزمنية اللازمة لإصلاح السماء. فقبل عشرة أعوام، تنبأ الباحثون بأن طبقة الأوزون ستتعافى كلياً في العام 2050، لكن الآن تظهر شكوكٌ متزايدة حول دقة تقديراتهم. إذ إن واحداً من العوامل المُعقّدة هو أن غازات الدفيئة، وبعد أن جرى توقيع معاهدة مونتريال، قد بدّلت الشروط البيئية نحو اتجاهات عدّة. فبعض هذه التبدّلات يُسرِّع ترميم طبقة الأوزون والبعض الآخر يؤخّر ترميمها.

نُشر هذا المقال في مجلة Nature, Vol 460, 13 August 2009، ترجمة د. عادل حرفوش ، رئاسة هيئة التحرير.

في الوقت الحاضر فقط تمكن العلماء من الحصول على قدرات حسابية تتيح إمكانية تطوير محاكيات طويلة الأمد تسمح لهم باختبار تأثيرات الاحترار العالمي التي قد تأخذ الغلبة على غيرها. تقترح هذه الأنماط الدراسية أن جزءاً من طبقة الأوزون سيُرمَّم قبل عقود زمنية مما كان متوقعاً، في حين أن ثقب الأوزون قد يستمر وجوده لعقود عدة أطول مما كان مأمولاً سابقاً.

تفاعلٌ معقَّد

تماماً كما يؤثر المناخ بالأوزون، فإن التغيّرات في طبقة الأوزون، بالمقابل، تغير في المناخ. إذ إن نقص الأوزون فوق القطب الجنوبي قد أثر في المناخ هناك. فعلى سبيل المثال، إن احترار شبه جزيرة القطب الجنوبي، وما يحيط بها، قد ساهم في تدمير جروف جليدية عديدة، وربما ساهم ذلك في تزايد تواترات حدوث الأعاصير والحرائق في أستراليا.

تقول سوزان سولومون Susan Solomon، المتخصصة في الكيمياء الجوية في الإدارة الوطنية المحيطية والجوية في كولورادو: "إن طبقة الأوزون وسطح المناخ المحيط بها مترابطان بأشكال عدة، وذلك من خلال تفاعل مُعقَّد لم نتمكن بعد من فهم قصته".

منذ زمن بعيد، وقبل التعرف إلى ثقب الأوزون، بدأ العلماء بالتخوف من التأثيرات التي يفرضها البشر على طبقة الأوزون. ففي عام 1974، نبّه شيروود رولاند Sherwood Rowland وماريو مولينا Mario Molina، الكيميائيان في جامعة كليفورنيا في إيرفين، إلى أن مركبات فلوركلوركربون chlorofluorocarbons (CFCs) يمكن أن تتفكك في منطقة الستراتوسفير، ويمكن للكلور المتحرر أن يُدمِّر أوزون الستراتوسفير. وبسبب هذا العمل الطليعي في فهم كيمياء الأوزون، فقد تقاسما لاحقاً في العام 1995 جائزة نوبل للكيمياء مع بول كروتزن Paul crutzen من معهد ماكس بلانك للكيمياء في مينس بألمانيا.

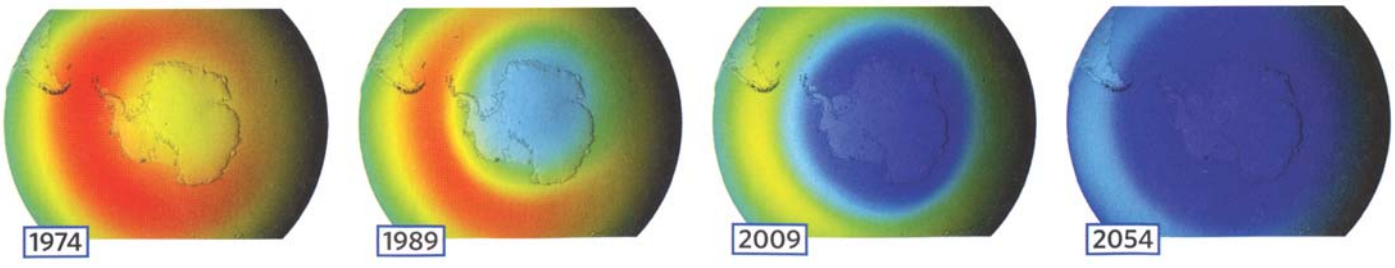
إن ما يتعلق بهذه المشكلة العالمية وبثقب الأوزون قد أدى في العام 1987 إلى معاهدة عرفت ببروتوكول مونتريال حول المواد التي تدمر طبقة الأوزون. أُتبعت هذه المعاهدة، التي دخلت حيِّزَ التنفيذ منذ عشرين عاماً مضت، بتعديلات حظرت الكيميائيات السيئة التي تدمر الأوزون، مثل CFCs (المستخدمة في التبريد والتكييف وفي إنتاج الرغوة) والمواد المحتوية على البروم (المستخدمة في إطفاء الحرائق). قادت هذه المعاهدة وتعديلاتها إلى مردودات سريعة، إذ وصلت تراكيز المركبات المدمرة للأوزون ذروتها في نهاية تسعينيات القرن الماضي وتراجعت بعد ذلك.

قدمت الشروط التي وضعتها معاهدة مونتريال هدية مجانية للمناخ أيضاً، لأن CFCs ومثيلاتها من تُعدُّ غازات الدفيئة الأقوى بكثير من ثنائي أكسيد الكربون. وبالتخلص من هذه المركبات، أنجزت اتفاقية الأوزون تخفيضاً في الأثر الحراري يزيد على خمس أو ست مرات ممّا أحدثه بروتوكول كيوتو.

وتقول سولومون: "يعد بروتوكول مونتريال أكثر البروتوكولات نجاحاً بين التشريعات البيئية الدولية التي أنجزت حتى الآن، إذ إنه يتضمن أيضاً رسالة غير مكتوبة حول مباحثات المناخ التي نحتاجها، والتي بإمكانها أن تقدم ما هو أفضل ممّا حدث على الإطلاق في مراقبة الاحترار الذي تسببه غازات الدفيئة".

العالم يتفادى الخطر

إن إلقاء نظرة على مستقبل مُفترضٍ خالٍ من طبقة الأوزون يُوضِّح ما كان يمكن أن يكون. ولهذا الغرض، استخدم بول نيومان وزملاؤه، من مركز غودّارد الطيران الفضائي التابع لناسا بمنطقة غرينبلت في ماريلاند، نموذجاً يحاكي التفاعلات الكيميائية والتيارات المناخية والإشعاع الشمسي للتنبؤ بمستقبلٍ لا يمكن فيه تنظيم إنتاج المركبات المدمرة للأوزون ويتزايد إنتاجها بمعدل سنوي قدره 3%. فاستنتجوا أنه مع حلول العام 2065 سيزول ما يعادل ثلثي الأوزون، وذلك ليس فوق القطبين فحسب بل في كل مكان أيضاً. فمركبات CFCs ستدمر عملياً طبقة الأوزون العالمي بحلول نهاية القرن الحالي. فالبشر الذين يعيشون في نيويورك وبونسآيروس وطوكيو، وكأي شخص آخر يعيش في منطقة متوسطة خط العرض



أظهرت محاكاة أجرتها ناسا أنه في عالم لا توجد فيه رقابة على التلوث بالكلور والبروم ستحدث خسارة فادحة للأوزون (الألوان الزرقاء) فوق القطب الجنوبي.

(المناطق المعتدلة بين خطي العرض 30° و60° على جانبي خط الاستواء)، سيتعرضون للإشعاع فوق البنفسجي الكثيف لدرجة أنهم سيعانون من حروق جلدية خطيرة خلال 5 دقائق وسطياً (للاطلاع على التفاصيل انظر المؤطر: "الأوزون والسرطان").

"إذا كان لابد من وجود ثقب في الأوزون فالمكان الأفضل هو القطب الجنوبي. وإذا ما وُجِدَ في المناطق الاستوائية سيكون له أثر مدمر جداً على الحياة". سوزان سولومون

لكن معاهدات الأوزون ستعطي البشرية فرصة العيش في عالم محميٍّ من جبروت الشمس. فيقول مارتن داميريس، عالم المناخ والجو في مركز الفضاء الألماني قرب ميونيخ: "لقد جرى تجنب الأسوأ، غير أن ذلك يجب ألاّ يدفعنا لإهمال البروتوكول".

ملوثات مستمرة التأثير

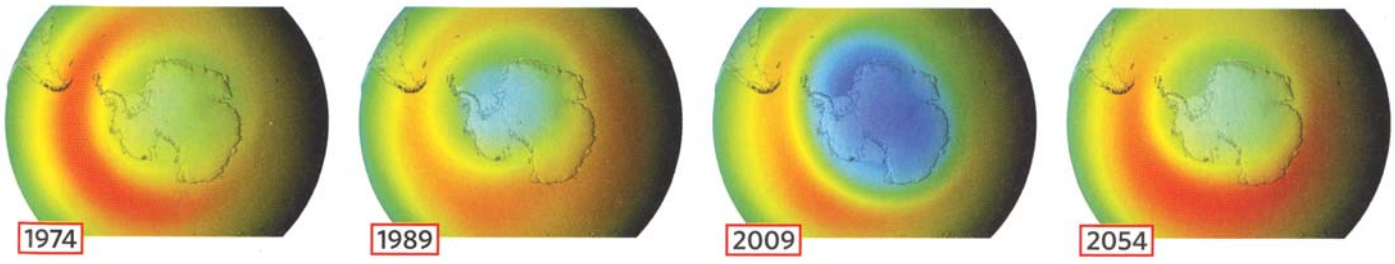
إن المجموعات البيئية قلقة، بشكل خاص، من بروميد الميثيل الذي يستخدم في الزراعة للسيطرة على الحشرات. إذ إنه، وبموجب شروط معاهدات حماية الأوزون، يُفترض أن تتوقف الدول المتقدمة عن استخدام هذا المركب في العام 2005، وبعد عشر سنوات تتبعها الدول النامية في هذا الإجراء. لكن ضغط مجموعات الإنتاج الزراعي أدى إلى عدم تنفيذ هذا الشرط،، ولا يزال هذا المركب قيد الاستخدام في بعض الدول المتقدمة. هناك تحدٍّ آخر يتمثل في الكميات الهائلة من الكلور والبروم المُخزَّنين في أجهزة التكييف ومنظومات معالجة الحرائق، واللذين يجدان طريقهما إلى الجو باستمرار.

إن وصول هذه المواد إلى الجو سيفسح المجال لبقائها عقوداً مديدة. فرغم توقف إنتاج CFCs والعديد من المركبات المدمرة للأوزون إلاّ أنها ستستمر في تدمير الأوزون لسنوات عدة نتيجة تسرباتها المستمرة إلى الجو. حالياً، إن تراكيز أوزون الستراتوسفير حول كوكب الأرض هي حوالي 4% وهي أقل من وسطي ما كانت عليه بين عامي 1964 و1980، لكن استنزافات الأوزون تختلف عملياً بين منطقة خط الاستواء وما عداها من الغلاف الجوي. ففي المناطق الاستوائية هناك استنزاف للأوزون قليل نسبياً. أما فوق المناطق الواقعة بين كل من القطبين وخط الاستواء، حيث يختلط الهواء بسهولة مع الهواء القادم من القطبين والمُستنزَف من الأوزون جزئياً، فقد وصل فَقْدُ الأوزون الكلي فيما بعد 1980 إلى 3% في النصف الشمالي و6% في النصف الجنوبي من الغلاف الجوي.

ورغم أن فَقْدَ الأوزون ضعيف نسبياً في المناطق الواقعة بين كل من القطبين وخط الاستواء بالمقارنة مع الفقد الحاصل في القطب الجنوبي كل ربيع، إلاّ أن التغيّرات في تلك المناطق لها تأثيرات كبيرة لأن عدد البشر الذين يقطنوها كبير جداً. ويمكن للضوء الزائد من الأشعة فوق البنفسجية الوارد فوق تلك المناطق أن يسبب مئات الألوف من حالات سرطان الجلد الإضافية عبر العالم كل عام، إضافة لما يترك ذلك من آثار دائمة خلال عقود لاحقة.

مع ذلك هناك أخبار سارة فيما يتعلق بتلك المناطق، حيث توجد إشارات لتزايد تراكيز الأوزون. فيقول ريتشارد ستولارسكاي Richard Stolarsky، الكيميائي الجوي في غودّار: "يبدو كأن أوزون هذه المناطق آخذ في التزايد". ويقول أيضاً: "إن هذا التوجه بالتزايد ليس واضحاً بما يكفي للتأكد من أسبابه، لكننا متأكدون إلى حدٍّ ما بأن تناقص تركيز الكلور يساهم في تزايد تركيز الأوزون".

رغم أن الباحثين كانوا قد توقعوا عودة طبقة الأوزون في المناطق الواقعة بين كل من القطبين وخط الاستواء إلى حالتها الطبيعية في العام 2050، فإن نماذج المحاكاة المقترحة حالياً تشير إلى أن تعافي طبقة الأوزون ربما سيحدث قبل 20 عاماً من التاريخ المتوقع، وبخاصة في النصف الشمالي من الغلاف الجوي الذي لم يتأثر بشكل كبير بثقب الأوزون الحاصل في القطب الجنوبي. يمكن اعتبار هذا التعافي السريع ميزة وفرتها ظاهرة الاحترار العالمي، إذ إن



خطط حول التلوث وضعت للحث على ترميم ثقب الأوزون في نهاية القرن الحالي.

احتفاظ غازات الدفيئة بالحرارة في الطبقات السفلى من الجو سيؤدي إلى تبرُّد الطبقات العليا من الغلاف الجوي، وهو ما يبطئ من التفاعلات الكيميائية المدمرة للأوزون. فضلاً عن ذلك، تقترح النماذج التي تحاكي المناخ والكيمياء الجوية أن الاحترار العالمي سيسرّع أنماط جريان الهواء الغني بالأوزون من المناطق الاستوائية إلى مناطق ما بين القطبين وخط الاستواء، مما سيزيد من كمية الأوزون فيها.

تفاعلات سريعة

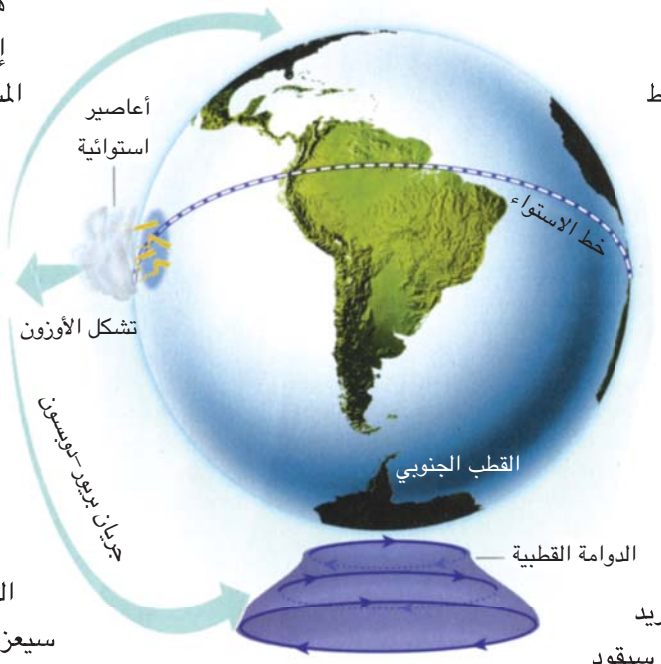
يتضاءل وضوح تأثير الاحترار العالمي هذا كلما اقتربنا من قطبي الكرة الأرضية، وبخاصة عند منطقة ثقب الأوزون في القطب الجنوبي، إذ إن التبريد الذاتي في ستراتوسفير هذه المنطقة سيقود إلى تدمير إضافي للأوزون بسبب تحرُّض تشكُّل غيوم الستراتوسفير القطبية. ففي منطقة الستراتوسفير الشديدة الجفاف فوق القطب الجنوبي، تتشكل مثل هذه الغيوم عندما تنخفض درجة الحرارة إلى ما دون –78 درجة سلزيوس، وفي الوقت نفسه توفر هذه الغيوم سطحاً للتفاعلات الكيميائية التي تخلع بشكل سريع ذرة أكسجين من جزيء الأوزون المحتوي على ثلاث ذرات أكسجين.

تُؤدي جسيمات الجليد دوراً مهماً في هذه التفاعلات. فخارج المناطق القطبية يمكن لذرة الكلور الموجودة في الستراتوسفير أن تدمر مئات عديدة فقط من جزيئات الأوزون قبل أن تتفاعل مع غازات أخرى مثل أكسيد النتروجين وتتوقف سلسلة تدمير الأوزون. أما على سطح جسيمات الجليد القطبي فيمكن لذرة الكلور أن تدمّر عشرات الألوف من جزيئات الأوزون، ويتم ذلك بشكل سريع. وفي قلب ثقب الأوزون القطبي، في منطقة تنحصر بين 12 و14 كيلومتراً فوق سطح الغيوم، يمكن أن يصل معدل نقص الأوزون إلى 3% يومياً. ففي بداية شهر تشرين الأول تُحرِّض الغيوم تفاعلات بإمكانها تدمير أي جزيء من الأوزون في منطقة ثقب الأوزون.

في العام 1992 تنبأ الباحثون بأن الاحترار الناجم عن غازات الدفيئة سيسرع استنزاف الأوزون بشكل كبير، لدرجة أنه سيسبب تشكُّل ثقوب في الأوزون فوق القطب الشمالي أيضاً. غير أن جون أوستون Jeon Austin، العامل في مخبر جيوفيزياء ديناميكية السوائل في برينستون يقول: "إن هذا التنبؤ قد أهمل عاملاً مهماً"، إذ إن التدفق الجوي العادي، المسمى جريان بريور–دوبسون Brewer-Dobson circulation، سيؤدي إلى تزايد تدفق الهواء ضمن الستراتوسفير فوق المناطق الاستوائية، ومن ثم إلى انتقال هذا الهواء نحو طبقات جوية أعلى، ليعود من جديد إلى طبقة جوية أدنى، فيَسخُنُ بسبب انضغاطه. وإذا ما سرَّعَ التغير المناخي هذه الحلقة، فسيتسارع التدفق النازل فوق المناطق القطبية، مما سيعزز انضغاط الهواء النازل ويزيد درجة الحرارة في تلك المنطقة، وبخاصة في القطب الشمالي. وهذا التأثير الحراري في ستراتوسفير القطب سيعيق تناقص الأوزون، كما يقول أوستون.

رحلة طويلة للأوزون

تتشكل جزيئات الأوزون في منطقة الستراتوسفير فوق المناطق الاستوائية ومن ثم تنتقل نحو االقطبين لتنخفض بعدها إلى الستراتوسفير السفلي. وفوق القطب الجنوبي تنشأ دوامة من الرياح تعزل الستراتوسفير القطبي خلال الشتاء والربيع، مما يحجز الهواء البارد هناك ويعزز تشكل ثقوب الأوزون خلال الفترات الربيعية.



ومع هذا التغير المناخي ذي الأثر الحراري والتبريدي للستراتوسفير القطبي، لم يتمكن الباحثون حتى الآن من معرفة لأي الأثرين ستكون الغلبة. وتقول دارين ووف Darryn Wauph، وهي عالمة جوية في جامعة جون هوبكينز في بالتيمور: "النتائج ليست متناغمة بين نموذج وتالٍ له، ولا تزال الشكوك كبيرة حول هذا الموضوع".

العامل المحدِّد للتقدم في هذا المجال هو الزمن اللازم لإجراء البحث. هناك عدد قليل نسبياً من المجموعات ممّن يمتلكون قدرات حاسوبية لإجراء محاكيات ضخمة ذات نماذج كافية التعقيد تحاكي الكيمياء الجوية والمناخ في آن معاً. ففي حالة مخبر برينستون، يقول أوستون: "يلزمنا لهذا العمل 3 أشهر من الحوسبة المستمرة باستخدام منظومة استطاعتها مئة معالج لمحاكاة 100 عام، وعلينا أن نتابع الأمر يومياً للتأكد من جاهزية التجربة وإلا سنحتاج لأربعة أو خمسة أشهر بدلاً من ثلاثة".

وفيما يتعلق بالوضع الحالي، لم يُظهر ثقب الأوزون فوق القطب الجنوبي أية إشارة تحسُّن. ففي العامين 2002 و2004 كان نقص

الأوزون أقل قساوة، غير أن سويات الأوزون في العام 2006 سجلت انخفاضاً قياسياً جديداً وتتابع انخفاضها منذ ذلك الحين. لا يتوقع غالبية العلماء بدء حالة الشفاء قبل 20 سنة قادمة على الأقل، أي بتأخر مدته عقد أو ما شابه ذلك عمّا كان مفترضاً قبل خمس سنوات.

يعود ذلك إلى أن نماذج محاكاة حركة المواد الكيميائية تقترح أن الستراتوسفير فوق القطب الجنوبي سيظل مشبعاً بالمواد المدمرة للأوزون لعشر سنوات أو عشرين سنة قادمة. وبالاستناد إلى كثير من النماذج، يلزمنا انتظار العام 2060 أو 2065 للوصول إلى إصلاح كامل لطبقة الأوزون، أي عندما تنخفض تراكيز المركبات المدمرة للأوزون في منطقة القطب الجنوبي إلى أدنى من قيمها في العام 1980.

أثارت النتائج الأخيرة للنمذجة تعقيداً إضافياً هو تأثير مركبات البروم. إذ إن تراكيز البروم في الستراتوسفير أعلى مما توقعتها النماذج، وربما يعود ذلك إلى أن زيادة من البروم وجدت طريقها إلى الستراتوسفير أكثر ممّا كان متوقعاً. وإذا ما استمر هذا التوجه، سيستمر معه تشكل ثقب صغير في طبقة الأوزون، خلال عقود بعد العام 2065، قدّه يقارب عُشرَ قدّ الثقب الحالي، وهذا ما كشفه عمل نُفِّذَ في مخبر برينستون. فيقول أوستون، الذي يُحذِّر من أن هذه النتائج ما تزال أولية: "وحتى بعد نهاية القرن الحالي فلن تحصلوا على شفاءٍ تام لطبقة الأوزون".

قد لا تشكل الزيادة في الأشعة فوق البنفسجية التي تنفذ عبر ثقب الأوزون مشكلة حقيقية للإنسان أو النبات أو الحيوان. إذ إن ذروة نقص الأوزون تحصل في بداية الربيع، عندما تكون شدة الشمس ضعيفة فوق الأفق، مما يحدُّ من كمية الإشعاع فوق البنفسجي الواصل إلى سطح الأرض.

وتقول سولومون: "إذا كان لابد من وجود ثقب في الأوزون، فالمكان الأفضل هو القطب الجنوبي. وإذا ما وجد في المناطق الاستوائية فسيكون له أثر مُدمر جداً على الحياة".

وبغض النظر عمّا يمكن أن يحدث من زيادة للإشعاع، فلثقب الأوزون تأثير غير مباشر على تغير المناخ المحلي، الأمر الذي يسبب تغيرات بإمكانها ترك أثر محسوس عبر مساحات واسعة في النصف الجنوبي من الغلاف الجوي. يعدُّ الأوزون عادة مصدراً هائلاً لحرارة الستراتوسفير بسبب امتصاصه للأشعة الشمسية فوق البنفسجية. فغياب الأوزون فوق منطقة واسعة من الستراتوسفير القطبي يقود إلى تبريدٍ يصل إلى 6 درجات سلزيوس أو ما شابه ذلك في تلك المنطقة من الستراتوسفير. وجدت سولومون أن هذا الأثر التبريدي يساعد في حماية القارة القطبية الجنوبية من دوامة الرياح الغربية التي تتدفق حول القمة القطبية.

ساعد هذا الاكتشاف في شرح خصائص عديدة محيّرة لمناخ القطب الجنوبي. فالدوامة القوية تحتجز هواءً بارداً جداً فوق الصفائح العالية داخل القارة القطبية، وبالتالي تحمي المناطق الأكثر برودة على الأرض من تأثيرات الاحترار الناجم عن غازات الدفيئة. وقد مارست أجزاء كبيرة من القطب الجنوبي نزعة تبريدية خلال الثلاثين سنة الماضية. وهي واقعة يستخدمها هؤلاء الذين يتنكرون لأية حقيقة حول الاحترار العالمي. لكن أعمال سولومون أظهرت أن نقص الأوزون يساعد في شرح غياب الاحترار في الأجزاء الداخلية من القطب الجنوبي.

رسالة في زجاجة

إن هذا الهواء الأكثر برودة، المُحتَجَز فوق القطب الجنوبي، قلّما يتدفق باتجاه حواف القارة القطبية؛ وذلك يساعد في شرح سبب تحوُّل شبه الجزيرة القطبية، المعرضة للهواء المحيطي المعتدل نسبياً، إلى أحد الأماكن الأرضية الأسرع احتراراً. ففي السنتين الأخيرتين جرى تحطُّم جرفين جليديين كبيرين عند حافة شبه الجزيرة القطبية، في حين أن ستة جروفٍ أخرى أظهرت إشارات انسحاب، دافعة جبالاً جليدية ضخمة لتعوم متقدمة فوق سطح المحيط الجنوبي.

"كيمياء الأوزون والديناميكية الجوية يتآثران فيما بينهما. فمن الصعوبة فصل ما هو دافع عمّا هو جاذب". مارتن داميريس

إن تضيُّق ثقب الأوزون خلال هذا القرن، سيؤدي إلى انطلاق الهواء البارد المحتجز فوق القارة القطبية. وتقول سولومون: "لن تبقى الدوامة قوية بعد الآن، وسوف يغطي الهواء الداخلي البارد شبه القارة القطبية بشكل أكبر من قبل ... ويمكن لذلك أن يقدم العلاج".

وفي مكان آخر حول القطب الجنوبي، في بحر روس Ross، على سبيل المثال، نجد أن الغطاء الجليدي البحري في حالة نماء (توسع). لقد كانت سولومون من بين الأوائل الذين اقترحوا أن جريانا جوياً قوياً حول القطب الجنوبي هو أيضاً السبب وراء ذلك النماء المفاجئ. وبالفعل، أكدت مؤخراً تجارب نموذجية أن ثقب الأوزون يُغيّر أنماط التيارات الدورانية بطريقة معينة، وبما يفسّر التوسع الجليدي البحري والتبدّلات المناخية الإجمالية في القطب الجنوبي.

وبالنظر لما هو أبعد من القطب الجنوبي، يقترح جيمس رسباي James Risby، من مركز علم المناخ الديناميكي والتصوير المحيطي في جامعة موناش في كليتون، بأستراليا، أن نقص الأوزون هو المسؤول عن انحسار الهطول المطري وزيادة تواتر الجفاف في مناطق جنوب أستراليا. ويضيف: "إن ذلك يحدث لأن التبريد الحاصل بسبب استنزاف الأوزون في القطب الجنوبي قد خفّض من الضغوطات الجوية في تلك المناطق، وهذا ما سرَّع دوامة الرياح حول القارة (انظر الأشكال). كما أن ذلك يؤدي إلى دفع الرياح الغربية المُحمَّلة بالأمطار نحو الجنوب، ممّا يبقيها بعيدة عن أستراليا. ويخمّن رسباي أن نقص الأوزون فوق القطب الجنوبي قد سبب 20% من الشح المطري في موسم الجفاف فوق أستراليا".

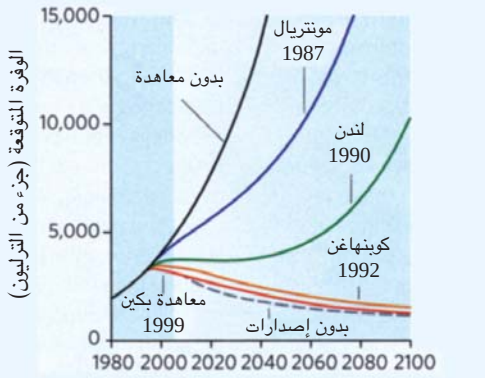
يقول داميريس: "كيمياء الأوزون والديناميكية الجوية (النواميس الخاصة بالقوى المحركة الطبيعية الجوية) يتآثران فيما بينهما. فمن الصعوبة فصل ما هو دافع عمّا هو جاذب، وما يزال عنصر التخمين هو الغالب، وقد يكون هناك مفاجآت".

تشير تجارب داميريس، التي أجراها وفق نموذج يحاكي المناخ وكيمياء الجو، إلى أن ارتفاع حرارة سطح البحر في المحيطات الاستوائية سوف يزيد قوة جريان بريور–دوبسون، وقد يؤدي ذلك إلى انحسار كمية الأوزون في المناطق الاستوائية وزيادته خارجها، وهو ما يقود إلى وجود تراكيز عالية من الأوزون بشكل غير اعتيادي في مناطق خطوط العرض الوسطى على جانبي خط الاستواء. ويضيف: "إن هذا الأوزون الفائض قد يفيد في وقاية البشر، بيد أنه قد يحمل تأثيرات غير مرغوبة، وذلك ربما يكون عن طريق تغيير كيمياء طبقة الستراتوسفير الجوية أو عن طريق إعاقة نمو النباتات".

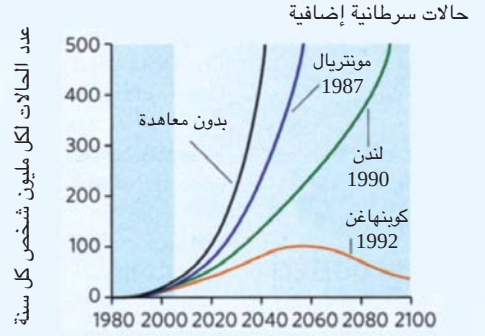
المعاهدة المنفذة

بدون معاهدة مونتريال وتعديلاتها، ستستمر كمية المركبات المدمرة للأوزون بالتزايد مؤدية إلى تزايد معدلات سرطان الجلد.

المركبات المدمرة للأوزون



حالات سرطانية إضافية



ويقول داميريس: "على الأمد الطويل، وبينما يتم تنظيف الأجواء من الكلور والبروم، سيظل التبدل المناخي مسيطراً وسيبقى كذلك حال تأثير الإنسان على تراكيز الأوزون". ويضيف أيضاً: "إن عدد البشر الذين يفكرون بهذا الاتجاه ليس كبيراً، غير أن مرور الزمن سيزيد من عددهم".

الأوزون والسرطان

مع ضمور ثخن طبقة الأوزون العالمية خلال الثلاثين سنة الماضية، يمكن توقع زيادة معدل سرطان الجلد. ومن النظرة الأولى، يبدو أن ذلك قد حدث. إن معدل حدوث الورم السرطاني في الولايات المتحدة قد تجاوز الضعف منذ العام 1975، مع توقع كشف 69000 حالة هذا العام. وفي بعض مناطق أستراليّة ونيوزيلاندية، حيث توجد أعلى المعدلات العالمية للموت بالأورام السرطانية، قفز العدد لأكثر من 50% منذ 1994. مع ذلك، قد يبدو من الصعوبة إرجاع هذا التوجه إلى نضوب الأوزون، لأن معدلات سرطان الجلد تتعلق بعوامل أخرى مثل نمط الحياة واستخدام الواقيات الشمسية وبتكرارية تشخيص الأورام، وكل ذلك يتبدل من مرور الزمن. كما أن سرطان الجلد يحتاج ظهوره أيضاً لعقود عديدة بعد التعرض للمسببات. ومن ثم لم يتم التعرض بعد لقمة حدوث السرطان الناجم عن ضمور طبقة الأوزون.

بالاستناد إلى الزيادات المتوقعة في كمية الإشعاع فوق البنفسجي، وبافتراض أن عوامل أخرى غير الأوزون تبقى ثابتة، يفترض كل من منظمة الأرصاد الجوية العالمية وبرنامج البيئة للأمم المتحدة أن حالات سرطان جلدي إضافية ستسود حول منتصف القرن بمعدل 100 حالة أو ما يشابه ذلك سنوياً من أجل كل مليون شخص زيادة عمّا كان عليه الحال عام 1980 (مما يعني 700000 حالة إضافية على الأقل عبر العالم).

وبدون معاهدة مونتريال وتعديلاتها اللاحقة فيما يخص مركبات كلورفلوركربون، كان متوقعاً أن تتضاعف حالات السرطان الجلدي أربع مرات عند حلول العام 2050 وأن تتزايد بشكل حاد فيما بعد ذلك التاريخ (انظر المخططات أعلاه).

مركبات وقودها الهدروجين

تأليف: لويس سكلاباش.

يعتبر الهدروجين وقوداً صناعياً غير ملوِّث للبيئة ويمكن أن يحل محل النفط وخاصة بالنسبة لوسائل النقل. إن التقانة التي يمكن أن تجعل هذا الأمر حقيقةً، وبخاصة المواد المخزِّنة للهدروجين، تمَّ تطبيقها منذ زمن، أما بالنسبة للمركبات التجارية فما زالت تحتاج إلى سنوات عديدة.

الكلمات المفتاحية: هدروجين، وقود، مواد مخزِّنة للهدروجين.

ما الذي يجعل من الهدروجين وقوداً جيداً لوسائل النقل؟

إن الهدروجين يعتبر أخف عنصر في الجدول الدوري، وإن جزيء الهدروجين لديه أعلى نسبة طاقة إلى كتلة من أي عنصر كيميائي آخر ولذلك يتم استخدامه في الصواريخ الدافعة حيث من الضروري التقليل من حجم الوقود المحمول. إن الهدروجين خال من الكربون وغير سام، وإن احتراقه الحراري أو الكهركيميائي مع الأكسجين لا ينتج عنه سوى طاقة وماء – على الرغم من أن احتراقه في الجو يمكن أن يولد أكسيد النتريك الملوِّث للجو ولكن بمقادير يمكن التحكم بها. وهناك ميزة أخرى هي أن المصدر الأساسي للهدروجين هو الماء وهو مصدر لا ينضب.

ما هي العوائق؟

إن المشكلة الأساسية للهدروجين أنه غاز في درجة الحرارة العادية، لذا فهو يشغل حيّزاً واسعاً من المكان. لذلك يجب ضغطه بطريقة تجعله متراصاً بشكل كاف من أجل الاستخدامات الحركية. وهناك مسألة أخرى أقل وضوحاً: وهي أن الهدروجين حامل للطاقة وليس منبعاً لها. وهو ليس كالمنابع الحقيقية للطاقة (مثل الإشعاع الشمسي، والمستحثات الهدروكربونية، والقدرة الكهرمائية– والطاقة النووية)، والهدروجين غير متوفر بشكل طبيعي وبكميات كافية للاستعمالات الواسعة الانتشار، ولذلك يجب تحليل الماء إلى هدروجين وأكسجين للحصول عليه. إن التحليل يتطلب طاقة إما عن طريق الكهرباء، أو الضوء، أو الحرارة، أو المواد الكيميائية، لكن معظم تلك الطاقة يُستَرد عندما يحترق الهدروجين.

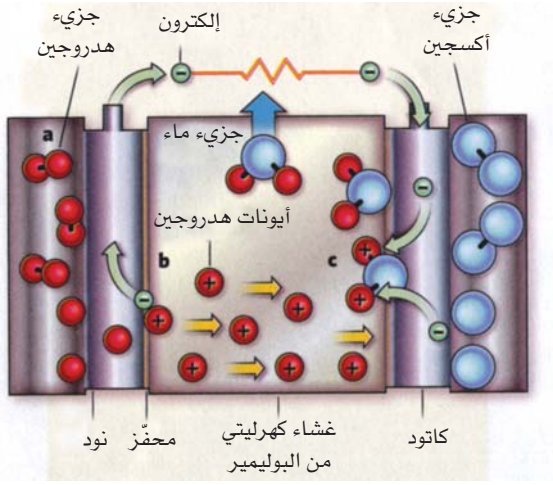
أليس الهدروجين انفجارياً بشكل خطير؟

من الناحية العملية، ليس الهدروجين انفجارياً أكثر من البترول. وغالباً ما يظن الناس بالحريق الذي دمر منطاد زبلن في هندنبيرغ عام 1937 والذي كان مملوءاً بالهدروجين، أن هذا الغاز قابل

نُشر هذا المقال في مجلة Nature, Vol 460, 13 August 2009، ترجمة هيئة الطاقة الذرّية السورية.

للاحتراق بشكل خطير. في الحقيقة، إن المشكلة التي كانت في الانفجار الذي حصل في هندنبيرغ هو أن قشرة المنطاد كانت قابلة للاشتعال بسرعة. صحيح أن مزائج الهدروجين والهواء تحترق ضمن مجال تركيب واسع (تحترق المزائج المحتوية على الهدروجين بنسبة 4-75% حجماً، وبالمقارنة، تحترق مزائج البترول مع الهواء عند نسبة للبترول تتراوح بين 1-8% حجماً للبترول).

علاوة على ذلك، إن الهدروجين أكثر تطايراً من النفط وينتشر بشكل أسرع في الهواء لكن دراسات الأمان المقارنة لتسربات الوقود من السيارات التي تعمل على الهدروجين وعلى البترول، والتي أنجزت في جامعة ميامي تظهر بوضوح أن وضع سيارات الهدروجين أقل تعرضاً لخطر الحريق من مركبات البترول.



الشكل 1: يحترق الهدروجين بشكل كهروكيميائي في خلية الوقود لإنتاج الطاقة. **a.** يمرر الهدروجين إلى الأنود (المصعد) من أحد جوانب الخلية حيث ينقسم جزيء H_2 إلى ذرات الهدروجين، **b.** عندما يمر الحفاز بالأنود فإنه يسبب بانقسام ذرات الهدروجين إلى أيونات الهدروجين (H+) وإلكترونات. يسمح غشاء البوليمير الكهرليتي لأيونات الهدروجين بالمرور بين الأنود والكاتود (المهبط)، لكن الإلكترونات يجب أن تمر عبر دارة خارجية لتصل إلى الكاتود مشكلة تياراً. **C.** يمر الأكسجين عن طريق قناة إلى الكاتود، حيث يتفاعل مع الإلكترونات وأيونات الهدروجين لتشكيل الماء وهو الناتج الوحيد. بعدها يتدفق الماء من الخلية.

ما الذي يجب فعله لجعل الهدروجين الوقود المستعمل الأكثر انتشاراً؟

يوجد ثلاث خطوات حاسمة. أولاً، يجب أن تتطور المناهج الاقتصادية القابلة للتطبيق لتقدم كميات كبيرة من الهدروجين، واستخدام مصادر جديدة للطاقة. إن تقنيات تحليل الماء المتقدمة والتي تستخدم الكهرباء وبعض الحرارة كمصادر للطاقة تعتبر طاقة كافية جداً، ويوماً ما سوف تحقق ما هو مطلوب. ثانياً، إن أنظمة توزيع الهدروجين وخزنه مطلوبة. إن شبكات توزيع الغاز الموجودة في المدن وبين المواقع الصناعية يمكن أن تستعمل لنقل كميات كبيرة من الهدروجين، لكن الهدروجين المتحرك والمخزَّن في المركبات والمحطات ضروري لوسائل النقل. توجد حالياً نماذج أولية للعديد من محطات تعبئة بالهدروجين تخدم قافلة الباصات التي وقودها الهدروجين، على سبيل المثال، في مطار Nagoya في اليابان وفي برلين. ولكن حتى الآن لم تنشىء أي بلد بُنية تحتية مبنية على الهدروجين على الرغم من أن ألمانيا طورت أداة تسمى (H_2 invest) لبناء بنية تحتية كهذه.

إن الخطوة الثالثة هي أن يتم تطوير تقانات وأدوات لتحويل الطاقة الكيميائية المخزنة في الهدروجين إلى أشكال أخرى من الطاقة المفيدة. في الوقت الحالي، يستطيع الهدروجين أن ينتج طاقة حرارية في محرك الاحتراق، أو طاقة كهربائية في خلية الوقود.

هل من الممكن تحويل محركات السيارات التي تعمل على النفط كوقود لتستخدم الهدروجين؟

نعم، وذلك بعمل تعديلات ثانوية، لكن هذا ليس حلاً يمكن الاعتماد عليه على المدى الطويل، حيث إن محركات الاحتراق تحول الطاقة الكيميائية إلى طاقة ميكانيكية (من خلال الطاقة الحرارية) وبمردود منخفض. وعلى سبيل المثال، إن مردود تحويل الطاقة لسيارة نموذجية تعمل على النفط في كل يوم في كل حالات المرور اليومية هو أكثر من (10%). ولفعالية أكثر يحتاج الأمر إلى منظومة محرك تجمع كلاً من الهدروجين، وخلية الوقود، والكهرباء، (Hy-Fc-EM)، وتعرف باسم قطار القدرة، لكن تطويرقدرة قطار قابلة للتطبيق من الناحية الاقتصادية أثبت أنها أكثر صعوبة مما كان متوقعاً.

ما هي المشاكل في تطوير قطارات قدرة؟

يوجد ثلاث قضايا أساسية: أولها الكلفة فخلايا الوقود بشكل عام تتطلب مواد حفازة تحتوي على عناصر نادرة باهظة الثمن. والمسألة الثانية هي أن خلايا الوقود لا تعمّر طويلاً. ومع ذلك تغلبت شركات عديدة على هذه المشاكل لتطوير خلايا وقود للهدروجين يمكن استعمالها في تطبيقات النقل. إن العقبة الكبيرة الباقية هي

أن نجد أنظمة تخزين للهدروجين الخفيف الوزن والمدمج لكي تكون قادرة على إيصال غاز الهدروجين إلى خلية الوقود في درجة الحرارة العادية تقريباً، وأن لا يكون الضغط أعلى من الضغط الجوي.

لتحفيز البحث والتطوير في هذا المجال، قامت وزارة الطاقة في الولايات المتحدة، في عام 2002 بوضع الأهداف الكمية لمحتويات الهدروجين في أجهزة التخزين 6% حجماً بحلول عام 2010 ثم 9% حجماً في 2015. وحتى الآن لم تتحقق الأهداف، والحكومة الجديدة للولايات المتحدة سوف تقتطع من اعتمادها المالي على أبحاث تخزين الهدروجين، حيث فضلت على ذلك أن تنفق أموالاً أكثر على تطوير البطاريات في المركبات التي تعمل بشكل كامل على الكهرباء. لكن مجلس النواب الأمريكي كان قد صوت لاحقاً على تخزين معظم هذا الاعتماد ولذلك عدلت وزارة الطاقة الأهداف إلى 5.5% حجماً لعام 2015.

هل هذه الأهداف معقولة؟

لا– إن السيارة بحاجة لأن تكون أقرب إلى الكمال في الحجم وليس فقط في خزان الوقود. في الحقيقة، هناك العديد من صانعي السيارات، والمالكين والوكالات العامة لا تهتم فيما إذا استخدم طن واحد أو أكثر من الكتلة بشكل غير فعال في العربات الثقيلة (والتي يمكن أن يصل وزنها إلى 2.5 أطنان). إن الجهود التي تركز على حجم خزان الوقود فقط هي كمن يطلب من مريض بالسمنة أن يفقد وزنه من ذراعه اليسرى ليتحكم بوزنه الكامل.

ما هي كمية الهدروجين التي تحتاجها السيارة للتخزين؟

باستخدام التقانات الحديثة، فإن سيارة آمنة، ذات وزن كافٍ يتسع لخمسة أشخاص قد تزن (1.5-1.2) طن. وهذه تقطع على الأقل 500 كم وتستهلك من 30-35 ليتر بترول أو ديزل بهذه الكتلة المشتركة للوقود وخزان يبلغ (80 كغ)، لقطع المسافة نفسها باستخدام قطار القدرة HY-FC-EM، تحتاج تلك لسيارة إلى 5 كغ من الهدروجين. وتحتاج السيارة نفسها التي تحتوي على محرك احتراق للهدروجين إلى 10كغ من الهدروجين أو أكثر. المشكلة هي أن 5 كغ من الهدروجين في درجة الحرارة والضغط العاديين تشغل حوالي 56 ألف ليتر –وهذا يكافيء بالوناً قطره 4.8 أمتار. فلا بد إذاً من بعض الطرق لضغط هذا الحجم وخفضه 1.000 ضعفٍ.

هل يمكن تخزين الهدروجين عند الضغط العالي، أو تحويله إلى سائل لتقليل حجمه؟

نعم، لكنه ليس بالشيء العملي بالنسبة لتخزين الهدروجين في السيارات. إذا سلك الهدروجين سلوك الغاز المثالي، عندها سنحتاج إلى ضغط قدره 100 ميغا باسكال (100 MPa, 1.000) تعادل ألف ضغط جوي، كي يصل حجمه إلى جزء من ألف من حجمه عند الضغط الجوي، لكن الهدروجين يسلك سلوك الغاز المثالي فقط حتى ضغط قدره 10 MPa، أما إذا وصل الضغط إلى 50 MPa فإنه يبتعد بشكل ملحوظ عن هذا السلوك، بل إنه يتطلب ضغطاً أكثر ليتم تكثيفه أكثر. كما إن قضايا السلامة المتعلقة بتخزين الغاز عند هذه الضغوطات العالية أصبحت محط الاهتمام الأعظم، لذا فإن ضغط الهدروجين فوق 100 MPa لا يُعتبر خياراً معقولاً. إن عملية التمييع تنتج بكل تأكيد الهدروجين على هيئة طاقة كثيفة بشكل مفرط (كما يستخدم في تقانة الفضاء)، لكن هذه العملية تتطلب درجة حرارة دون 250°C. هذه الشروط والتقانات القرّية هي من الأشياء المطلوبة لكنها غير ملائمة لمحطات النفط العادية. تؤدي عملية التمييع إلى فقدان حوالي 30% من الطاقة الكيميائية للهدروجين الغازي.

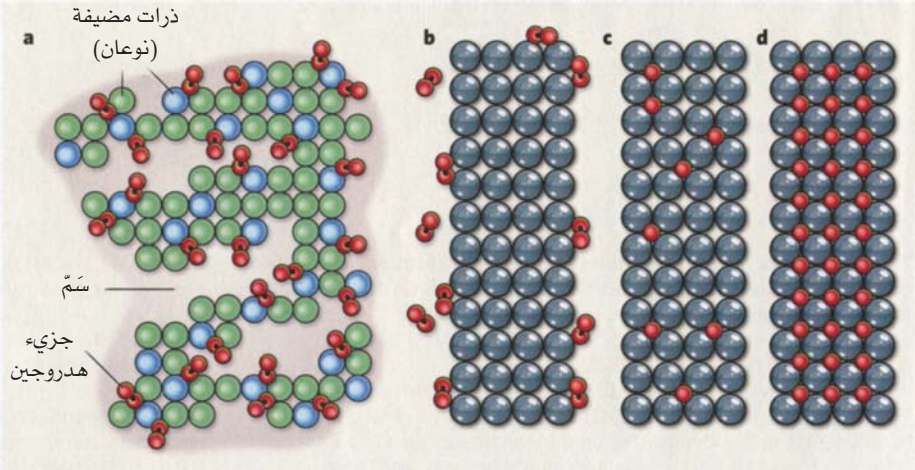
ما الذي يمكن فعله أيضاً؟

يمكن للهدروجين أن يمتص أو يُمتَزّ بصورة عكوسة (متراكماً على السطح) بواسطة بعض المواد الصلبة فيقلّ حجمه. ينطلق الغاز عندها عند التعرض للحرارة أو عند تخفيض ضغط غاز الهدروجين. يوجد نوعان من مواد تخزين الهدروجين يوافقان آليتين من الاشتراب: الاشتراب الفيزيائي، حيث يتم امتزاز جزيئات H_2 بشكل ضعيف بواسطة هذه المادة، لكن لا تتفاعل كيميائياً معها، واشتراب كيميائي، حيث تتفاعل جزيئات H_2 مع سطح المادة، متفككة إلى ذرّات الهدروجين التي تمتصها المادة الجرمية، حيث تشكل روابط معدنية، تساهمية أو أيونية مع المادة (الشكل 2).

ما نوع المواد التي تمتّز الهدروجين بالاشتراب الفيزيائي؟

هي المواد التي لها مساحات سطحية عالية لكل واحدة من الكتلة، مثل بعض المواد الغرافيتية أو المركبات ذات المسامية العالية. عندما تكون سعتها كاملة فإن محتواها من الهدروجين يصل إلى 8% بالكتلة. إن المشكلة هنا هي أن الاشتراب الفيزيائي

على السطح المستوي (والذي يظهر في مواد عديدة) يكون ضعيفاً. لذا فدرجات الحرارة دون 200°C– (وهي درجة حرارة النتروجين السائل تقريباً) تكون ضرورية بشكل عام لامتزاز كميات مفيدة من الهدروجين. إن الاشتراب الفيزيائي أقوى في المواد التي تحتوي على مسام منحنية وضيقة. وعند سطوح مزينة بذرات جاذبة للهدروجين إن الزيوليتات (aluminosilicates) والهياكل العضوية المعدنية (وهي معقّدات مؤلفة من أيونات المعدن وجزيئات عضوية صلبة) يمكن أن تزودنا بهذه الميزات، رافعة الأمل بأن الاشتراب الفيزيائي للهدروجين يمكن أن يتحقق في يوم من الأيام عند درجة حرارة الغرفة في هذه المواد.



الشكل 2: آليات تخزين الهدروجين. **a.** المواد التي تحتوي على تخزين مَساميّ porosity عالٍ للهدروجين مستخدمة الاشتراب الفيزيائي حيث تتراكم الجزيئات الغازية على سطح المادة، لكن لا تتفاعل معها كيميائياً. **(b-d)** بعض المعادن والسبائك ومركبات أخرى تخزن الهدروجين مستخدمة الاشتراب الكيميائي. في هذه العملية تتفاعل جزيئات الهدروجين مع سطح المادة **b.** حيث تنقسم إلى ذرات متفرقة. في البدء ذرّات الهدروجين تتخذ أماكن عشوائية في المادة المضيفة. **c.** أخيراً، تشكل روابط معدنية أيونية، أو تشاركية مع الذرّات المعدنية لتعطي مركباً هيدريدياً، ومن خلال ذلك تتخذ ذرات الهدروجين ترتيباً منظماً.

ما هي المواد التي تستعمل الاشتراب الكيميائي؟

يتفاعل الهدروجين مع العديد من المواد –وغالباً ما تكون من المعادن أو السبائك ومركبات أخرى أيضاً– ليشكل الهيدريدات التي يمكن أن تستخدم كأوساط لتخزين الهدروجين. إن التفاعلات غالباً ما تكون سريعة وعكوسة في درجات حرارة مقبولة عملياً (20-100°C)، لذلك فإن تلك الكميات الكبيرة من الهدروجين يمكن امتصاصها ومن ثم استعادتها. إن المواد التي تمت دراستها بشكل مكثّف من أجل تخزين الهدروجين تتضمن: هيدريدات المعادن الأولية (مغنزيوم، بالاديوم، ثوريوم)؛ إن هيدريدات المركبات التي لها صيغة AB_5 (حيث A وB تكون عادة معادن) مثل هدريد نيكل–اللانثيوم ($LaNi_5H_6$)؛ وهيدريدات معقدة مثل هيدريد نيكل– المغنزيوم (Mg_2NiH_4) أو هدريد روديوم الباريوم ($BaRhH_9$).

كيف تقوم الهيدريدات بعملها بشكل جيد؟

يمكن أن تصل الهيدريدات إلى كثافات حجمية للهدروجين أعلى بكثير من كثافة الهدروجين السائل، ويمكن إعادة شحنها عشرات آلاف المرات. لكن بما أن المواد المضيفة ليست خفيفة فإن كمية الهدروجين المخزنة لا تزيد على 4% من الكتلة. إن معظم هذه المركبات غير مفيدة لتخزين الهدروجين المتحرك، لأن قدراتها على تخزين الهدروجين بواحدة الكتلة صغيرة جداً أو لأن الحرارة اللازمة لتحرير الهدروجين المخزن تكون عالية جداً. لكن قدراتها الحجمية على تخزين الهدروجين وميزاتها الآمنة رائعة.

هل هذا يعني أن أبحاث الهيدريدات لم تعطِ نتائج مثمرة؟

على العكس، كان هناك اكتشافات عديدة مفيدة في هذا المجال. فالهيدريدات المعدنية تستعمل الآن كإلكترودات للبطاريات كتلك التي في السيارات الهجينة المتوفرة تجارياً. إن هذه البطاريات تعتبر آمنة ومدمجة وتتم إعادة شحنها بسرعة. كما أن الهيدريدات المعدنية تشكل أساس حساسات معينة للحرارة في الطائرة، وربما يوماً ما سيتم استخدامها في أغشية الطلاء الذكي الذي يتحكم بشفافية النوافذ. علاوة على ذلك فإن تقنيات السحق المحرَّض بالهدروجين والتي تمَّ اكتشافها خلال الأبحاث التي أجريت على الهيدريد المعدني يتم استخدامها الآن في صناعة المغانط الدائمة.

ما هو أحدث شيء في المواد التي تخزن الهدروجين؟

إن الدراسات الحالية تركز على التخزين في الحالة الصلبة

مستخدمة الهيدريدات المركبة للعناصر الخفيفة (ذات الكتل الذرّية المنخفضة)، أو خزانات ذات ضغط عالٍ (35 MPa) مملوءة بهذه المواد. إن هذه الهيدريدات المركبة تضم الألَنيتات alanates (معقدات هيدريدات الألمنيوم) (والتي تحتوي على أنيونات AlH_4^- حيث Al هو ألمنيوم)؛ وهيدريدات البور (حيث تحتوي على أنيونات BH_4 حيث B هو البور)؛ وهيدريدات الأميد (حيث تحتوي على ليثيوم ونتروجين وهدروجين)؛ ومركبات من تلك المصادر. إن محتويات الهدروجين في هذه المواد تصل إلى نسبة عالية من 8-20%. وبالنسبة لهذه المواد فإن تشكيل الهيدريدات وتفكيكها يتم على مراحل عديدة من خلال مركبات متوسطة. إن الجهود التجريبية والنمذجة تهدف إلى ضبط دقيق لهذه التفاعلات وإيجاد حفازات لتسرع إطلاق الهدروجين. إن جهوداً كهذه سوف ينتج عنها مواد تشحن الهدروجين وتفرغه في مجال درجة حرارة يمتد من 20 إلى 100°C، وحالياً فإن درجة حرارة تبلغ 300°C أو أكثر هي مطلوبة. لكن التطبيقات العملية لهذه المواد ما تزال بعيدة عن الواقع. وهناك طريقة أخرى في تخزين الهدروجين تم إحياؤها بعد أن خرجت من الخدمة في السابق بسبب الأداء الضعيف. تستخدم، في هذه الطريقة، الهدروكربونات السائلة كمصدر لغاز الهدروجين. إن هذه العملية تولد المُنتَج الجانبي الهدروكربونات المنزوع منها الهدروجين، والتي يمكن إعادة هدرجتها في مركز إعادة تدوير لتوليد المزيد من الوقود.

متى سنشاهد سيارات في السوق وقودها الهدروجين؟

إن الباصات التي وقودها الهدروجين في ألمانيا واليابان ناجحة، كما اختُبر حوالي 50 نموذجاً أولياً للسيارات –تعمل على الاحتراق الحراري وخلية الوقود– وكانت النتائج جيدة. لذلك أنا لن أُفاجأ من رؤية سيارات Hy-FC-EM للبيع في غضون خمس السنوات القادمة.

ما هي الخيارات الأخرى لتزويد المركبات بالطاقة؟

إن الوقود الذي يعتمد على النفط هو المسيطر حالياً وبدون أدنى شك ستستخدمه المركبات في الأيام المقبلة، ولكن من المحتمل أن تكون هذه الأيام معدودة. هناك أنواع جديدة من البطاريات القابلة للشحن –بطاريات ليثيوم آمن وليثيوم، وبطاريات هوائية، وبطاريات معدن، وهيدريدات ذات سعة عالية– ستزيد السوق بمركبات كهربائية وسيارات هجينة. ويجب ملاحظة أن معظم مالكي السيارات يحوّلون سياراتهم إلى السيارات الكهربائية بالكامل، فإن دولاً عديدة سوف تحتاج لأن تزيد من إنتاجها للكهرباء. وبشكل مماثل فإن إنتاج الهدروجين يتطلب أيضاً طاقة مثل الكهرباء.

كيف سينافس الهدروجين مصادر أخرى للطاقة؟

يعتمد هذا التنافس على النزعة المتبعة في تصميم السيارة والتكاليف المستخدمة في تقانة الهدروجين. إن السيارات التي وقودها الهدروجين ملائمة تقنياً، لكن إذا كانت ستستخدم بشكل واسع، فيجب أن تنافس مركبات أخرى تستخدم أنواعاً أخرى من الوقود. وهذا سيحدث بعد سنوات عديدة على السيارات الصغيرة (التي يصل وزنها حوالي 1 طن). إن الاتجاه نحو العربات ذات الوزن الخفيف سوف يساعد السوق أن يبدأ بداية سريعة، ولكن على الرغم من أن مصنّعي السيارات يستعملون وبشكل متزايد المواد العالية القوية والخفيفة الوزن، فإن معدل حجم السيارة ازداد في العقد الماضي، حيث ازدادت المركبات بالحجم والطاقة والراحة والأمان.

ما هي الأشياء المتوقعة كي يستخدم الهدروجين كوقود؟

توجد نزعة ضعيفة لدى الزبائن الذين يفضلون مركبات صغيرة، وهذه النزعة ستشتد لأن سعر السيارات والاقتصاد في الوقود يصبح أكثر أهمية للمشترين. إن أجهزة الأمان الحديثة لا تعطي إنذاراً للسائقين فقط بل تعمل بشكل مباشر على السيارة من حيث إنقاص احتمال وقوع الحوادث فتقلل بذلك الحاجة إلى الحماية القوية في المركبات. وذلك سوف يفتح الباب للمركبات ذات الوزن الخفيف وتعتمد حركتها على وقود الهدروجين. لذلك سيكون للهدروجين مكان على المدى الطويل في استراتيجيات النقل. ولكن لتأكيد النجاح، فإن التحديات تتطلب أهدافاً ذكية ودعماً طويل الأمد لأفضل العلماء والمهندسين –وليس إلى سياسة "قف ثمَّ انطلق" من قبل الحكومات المتعاقبة، كما هو الوضع في الوقت الحالي.

لويس سكلاباش: يعمل في Empa – لعلم المواد والتقانة في دوبندورف – سويسرا، وفي المعهد الوطني لعلم المواد في تسوكوبا – اليابان.

القطرات المتعاكسة الشحنة لا تندمج

■ رستنبارت - قسم الهندسة الكيميائية وعلم المواد، وبيرد - قسم علم الأغذية وتقانتها، جامعة كاليفورنيا، وبيلمونت - مدرسة الهندسة والعلوم التطبيقية، جامعة هارفارد، ماساشوسيتس الولايات المتحدة، ودولار - ديفس، الولايات المتحدة، وستون - مختبرات بيتشهارد، قسم الرياضيات، جامعة ولاية بنسلفانيا.

الكلمات المفتاحية: حقل كهربائي، صهارة بوليميرية، قطرات متعاكسة الشحنة.

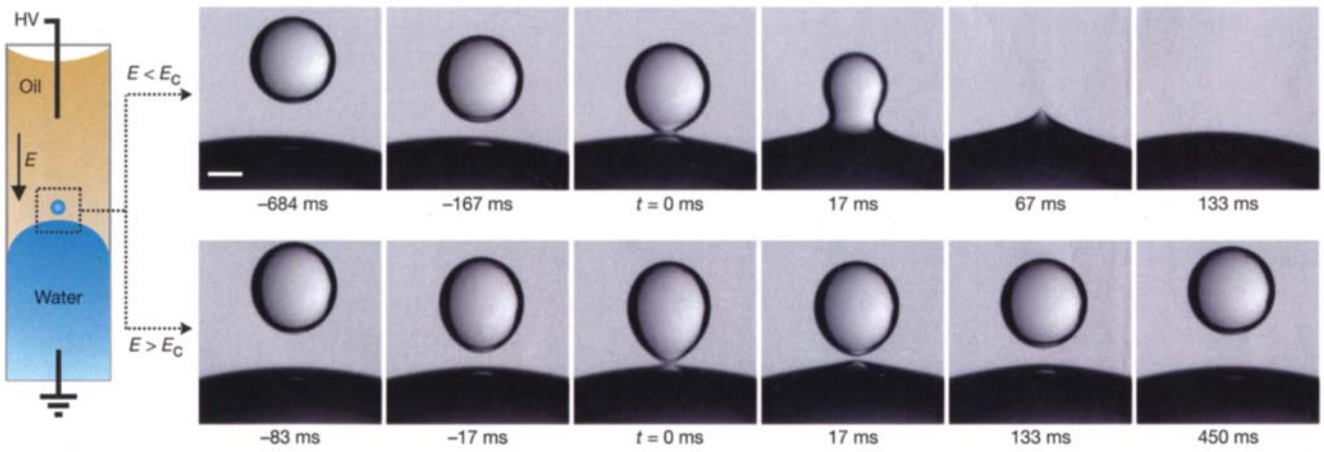
تحرّض الحقول الكهربائية حركات في العديد من منظومات الموائع، بما فيها الصهارات البوليميرية، وخافضات التوتر السطحي المذيّلة، والمعلقات الغروانية. وبالمثل، يمكن استعمال الحقول الكهربائية لتحريك قطرات سائل. تتبدّى حركات القطيرات المحرّضة كهربائياً في عمليات متباينة جداً بدءاً من تكوّن الغيوم العاصفة و نفث الحبر في الطابعات التجارية، ونزع الماء من زيت الخضار والبترول والتأيين بالرش الكهربائي للاستعمال في مطيافية الكتلة والبلّ الكهربائي والمناولة في التحليل الكيميائي باستعمال مختبر على جُذاذة. إن ميل القطرات المتجاورة للاندماج أمرٌ مهم في جميع التطبيقات العملية، وقد افترض منذ مدة طويلة معاناة القطرات المشحونة بشحنات متعاكسة من قوة تجاذبية تفضل اندماج بعضها مع بعض. نورد هنا وجود شدة حقل حرج إذا ما تم تجاوزها لن تندمج القطرات المشحونة بشحنات متعاكسة. نلاحظ أن قطرات مشحونة بشحنات متعاكسة ومتوضعة بصورة مناسبة ستهاجر باتجاه بعضها عند تطبيق حقل كهربائي؛ لكنه في حين تندمج هذه القطرات من أجل شدات حقل منخفضة، كما هو متوقع، فإنها تتنافر فيما بينها بعد تلامسها من أجل شدات حقل عالية. ويظهر كيفياً، كأنها "تقفز مرتدّة" واحدة عن الأخرى. لقد صورنا مباشرة الجسر الهلالي الانتقالي بين القطرات القافزة، ونقدّم فرضية تقول بأن هذا الجسر المؤقت غير مستقر من ناحية الضغط الشعري عند تكوّنه مع وجود حقل كهربائي تتجاوز شدته الشدة الحرجة. بالتالي فإن مشاهدة قطرات مشحونة بشحنات متعاكسة تقفز مرتدة عن بعضها عوضاً عن أن تندمج في حقول كهربائية شديدة سيؤثر في فهمنا لأية عملية تتضمن قطرات مشحونة، بما فيها إزالة الاستحلاب والتأيين عند الرش الكهربائي والنقل الجوي بالإيصال.

يتوضح السلوك غير الاندماجي مباشرة تجريبيا (الشكل 1، على اليسار) باستعمال حاوية نصفها الأسفل مملوء بالماء ونصفها العلوي مملوء بزيت غير قابل للامتزاج ذي ناقلية كهربائية ضعيفة. تغرز أسلاك معدنية في كل سائل (في الأعلى وفي الأسفل) لتعمل عمل مساري (إلكترودات). يزود منبع تغذية عالي الجهد فرق الكمون من رتبة 1 كيلو فولط على مسافة تقارب 1 سنتيمتر. ومع كون الكمون المطبق عالياً، إلا أن كثافة التيار الكلية منخفضة بسبب وجود الزيت العازل. توضع، بعد تطبيق الحقل، قطرة ماء بوساطة سحاحة يدوياً في الزيت قرب المسرى العلوي، فتحرك القوى الكهربائية المحرضة بالتأثير تلك القطرة نحو نقطة تلامس المسرى العلوي، مما يزود القطرة بشحنة كهربائية صافية. وتتحرك القطرة بعدئذ نحو الأسفل باتجاه الهلالة المتشكلة بين الزيت والماء المشحونة شحنة معاكسة. تسجل حركة القطرة بوساطة فيديو عالي السرعة.

يُلتقط سلوك قطرة حجمها 2 ميكرو ليتر (0.2 mM KCl) في زيت سليكوني في سلسلة من الصور المبينة في الشكل 1، على اليمين. فنجد من أجل شدات حقل منخفضة (أعلى الشكل 1) اقتراب القطرة ببطء من هلالة الزيت والماء واندماجها لحظيا عند التلامس. ينسجم

■ نُشر هذا المقال في مجلة Nature, Vol 461, 17 September 2009، ترجمة د. فوزي عوض، عضو هيئة التحرير.

الشكل1: قطرة الماء القافزة في الزيت والمساقة كهربائياً.



على اليسار، مخطط الجهاز المستعمل في التجربة ("الماء" يقابل 0.2M KCl). يزوّد منبع تغذية عالي الجهد (HV) الحقل الكهربائي. على اليمين، اندماج القطيرات (الصف العلوي) والقطيرات القافزة (الصف السفلي)؛ قدّر الزمن (t ms) نسبة إلى رقم إطار صورة الفيديو بدءاً من t=0. كان الحقل بالنسبة للصف العلوي E =160 Vmm^{-1} dc. تقترب القطرة ببطء من سطح هلالة الزيت والماء، ثم تندمج عند التماس. أما في الصف السفلي فكان الحقل E = 300Vmm^{-1}dc. تقترب القطرة بسرعة من هلالة الزيت والماء، ملامسة إياها ظاهريا لبرهة ثم تتحرك مبتعدة في الاتجاه المعاكس. مقياس الخط في الشكل 0.5mm. أما الزيت فهو متعدد ثنائي الميثيل سيلوكسان (polydimethylsiloxane) ذي اللزوجة 1000cSt (سنتي ستوكس).

هذا السلوك مع أعمال سابقة في الاندماج الكهربائي، حيث وجد أن تطبيق الحقل يزيد معدّل الاندماج ببساطة، وقد عزيت هذه الزيادة إلى استقطاب الشحنة المحرّض نتيجة تطبيق الحقل. أما في الترتيب التجريبي لدينا المبين في الشكل 1؛ تصبح الحافة السفلية للقطيرة الصغيرة مشحونة إيجاباً، بينما تصبح هلالة الزيت والماء تحتها مشحونة سلباً. فتتجاذب الشحنات المتعاكسة مما يجبر القطرة على التماس ويسرّع معدل الاندماج.

غير أنه إذا تجاوزت شدة الحقل القيمة الحرجة E_c، تفشل القطرات في الاندماج (أسفل الشكل1)، إذ تتطاول الحافة الأمامية للقطرة، قبل التماس، تطاولاً ملموساً. ينتج هذا التطاول (التخصّر) عن الإجهاد الكهربائي الفاعل عند السطح البيني السائل/سائل؛ ويشار عادة إلى الشكل المخروطي الناتج غالباً باسم مخروط تايلور. يكون هذا المخروط في هذه التشكيلة، مشحوناً بشحنة إيجابية، مما يجعله ينجذب نحو هلالة الزيت/ماء المستقطبة سلبياً. غير أنه بعد التماس الظاهري مع الهلالة يرتدّ المخروط وتعكس القطرة اتجاه حركتها، متحركة نحو الأعلى بعكس الثقالة الأرضية. وبعد قفزتها تتحرك القطرة نموذجياً عائدة نحو المسرى العلوي. ولدى تماسها مع المعدن، تعكس القطرة اتجاهها ثانية لتهاجر راجعة نحو هلالة الزيت/ماء، حيث تقفز عائدة مرة أخرى مكررة الدورة نفسها. وبهذه العادة، يلاحظ قفز القطرات فرادى نحو الأمام والخلف إلى ما لانهاية. ونؤكد أن فرق الجهد المطبق يبقى ثابتاً خلال التجربة كلها وأن الاندماج لا يحدث حتى ينقص الحقل المطبق نقصاناً كافياً. ومع أنه من المعروف أن قطرات الماء ترتدّ عن المساري المعدنية، ووفق علمنا فإن المشاهدة الوحيدة المسجلة سابقاً للقفز المرتدّ عن هلالة ماء/زيت كانت للعالمين ألن وميسون Allen and Mason، حيث أخبرا عن قطرات ماء في زيت سليكوني "تتنافر" فيما بينها بعد تحرك القطرات عبر مسافة فاصلة حرجة. وقد خمّنا عندئذ أن السبب حدوث انفراغ كهربائي، عدا ذلك لم يفسرا سلوك القفز المرتد.

والسؤال الآن، لماذا تقفز القطيرات مرتدة؟ يحدث القفز المرتد لكرة عادة بسبب تركيبة من العطالة والمرونة، لكن حجج نسبية المقاس المعتمدة على سرعات القطيرات المشاهدة تشير إلى عدم سيطرة العطالة هنا. عوضاً عن ذلك، يظهر القفز الموضح في الشكل1 منساقاً بكامله بواسطة تحريك انتقال الشحنة. فإذا تذكرنا بقاء الحقل المطبق ثابتاً، لن يكون من سبيل لتحرك القطرة نحو الأعلى ضد الثقالة إلا إذا كانت القوة الكهراكدة متجهة في ذلك الاتجاه. ويشير انعكاس الاتجاه عقب كل قفزة إلى أن الشحنة في القطرة تغير من إشارتها، مما يعني وجوب انتقال الشحنة خلال كل قفزة. يظهر الشكل 2 نتيجة ملفتة للنظر لهذا الانتقال، حيث تقحم قطرات ماء متعددة في الزيت. وتشكل هذه القطرات سريعاً سلسلة تبدأ من هلالة الزيت/الماء، حيث تهتز كل قطيرة جيئة وذهاباً ضمن السلسلة بين جاراتها في نظام منسجم. كما تمتد نهايتا كل قطرة من القطرات نحو بعضها وفق هندسة "مخروط – مضاعف" تتلامس

لفترة وجيزة ثم ترتد مبتعدة بعضها عن بعض. وتنتشر حوادث القفز مرتفعة ومنخفضة عبر السلسلة كلها، مما يوحي بإيصال الشحنة عبر السلسلة بهذه الطريقة. يشبه هذا السلوك سلوك حركة "أرجوحة نيوتن" (هي حركة سلسلة من النواسات الشاقولية البسيطة المتوازية عندما تجبر على الحركة نتيجة تماس واحدها مع الآخر)، عدا أنه في هذه الحالة يتم انتقال الاندفاع الخطي، على ما يبدو، عبر انتقال الشحنة وهو ليس بالضرورة خاضعاً للانحفاظ. على سبيل المثال، تشاهد القطرات في مرات عديدة ترتد بسرعة مطلقة أكبر بعد التماس، معطية معامل تبادل ظاهري أكبر من الواحد. وبما أن الحركة منساقة كهربائياً، فإن السرعة الزائدة تشير إلى زيادة مكتسبة في الشحنة المحصلة خلال القفز المرتد.

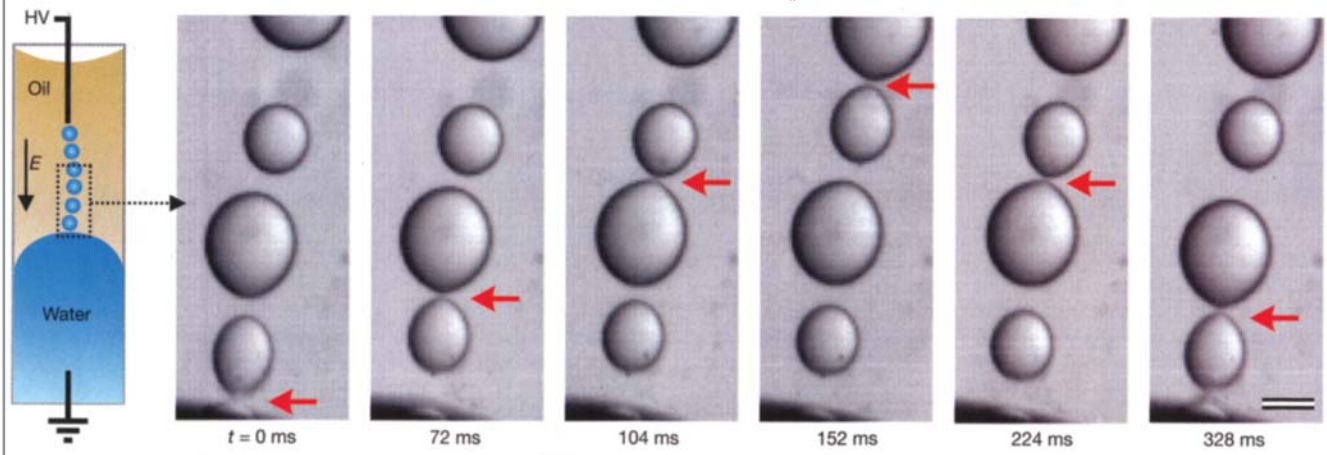
بما أن الشحنة مؤلفة من أنواع متعددة من الأيونات المفصولة (مثل أيونات K^+ و Cl^-) في الطور المائي، يجب على الأيونات الانتقال من قطرة إلى أخرى خلال كل قفزة. يوجد عدة احتمالات لآليات ممكنة لانتقال الشحنة، تتضمن الإيصال عبر الزيت، أو انهيار العازلية أو البخ الكهربائي منتجاً قطيرات أصغر حجماً، غير أن مشاهداتنا عن طريق التصوير بالسرعة العالية تبين تشكل جسور مائية قصيرة العمر بين القطرات في زيت السليكون على الأقل. فإذا ما حدّقنا بالمجهر في إحدى القفزات (بوساطة عدسة جسمية تكبيرها 10×a) والتقطنا الصور بسرعة 25000 إطار في الثانية يمكن التقاط صورة لمثل هذا الجسر (الشكل 3a). كان الجسر قصير العمر – إذ يظهر الإطار السابق له واللاحق به مباشرة فجوة بين الزيت والقطرات، مما يشير إلى بقاء الجسر لمدة زمنية أقل من 80μs. وبالتالي نخمن ضمناً أن حدوث انتقال الشحنة بالإيصال الكهربائي عبر الطور المائي يحدث خلال مدة حياة الجسر القصيرة.

نجد إذن أن جسر الهلالة المؤقت هو موصل الشحنة بين القطرات المتقافزة، لكنه من غير الواضح سبب تخصّره. إذ يمكن للاندماج أن ينقص من طاقة المنظومة نتيجة التقليل من مساحة السطح الإجمالي والطاقة السطحية المقابلة. تعتمد التفسيرات المعتادة لاستقرار القطرة إدخال منع التماس المباشر بسبب وجود المواد الفعالة بالسطح مثل البوليمرات أو المستحلبات عند السطح البيني للزيت/الماء، لكن هذه التفسيرات لا تنطبق هنا لأن القطرات تقوم بالتماس الفيزيائي فعلا (كما هو مبين في الشكل 3a).

قمنا بقياس شدة الحقل الحرج E_c المقابل لحدوث القفز إذا ما تم تجاوزها، بصورة منهجية لكي نستكشف القوى المسيّرة لعملية التخصّر. فوجدنا اعتماد شدة الحقل عند العتبة اعتماداً حساساً على قيمة الشحنة التي تحملها القطيرة Q، وهذه بدورها تعتمد على انتقال الشحنة بالتفصيل بين القطيرات وعلى التماسات السابقة مع السطوح البينية (على سبيل المثال، تماسها مع المسرى المعدني). لقد عيّنا Q باستعمال قوة ستوكس الجارة لكرة وقسنا سرعة القطرة. فوجدنا عندما أخذنا في الحسبان QوEg كليهما، أن العتبة التي تفصل بين حادثتي الاندماج والقفز المرتد للماء في الزيت السليكوني معرفة بصورة حسنة بدلالة قوة كهربائية حرجة $F_E^{crit} = QE_c$، تعتمد قيمتها على تركيز الملح المنحلّ. ومتى كان حاصل ضرب شحنة القطرة بالحقل المطبق بحيث أن $QEc > F_E^{crit}$ فستقفز القطرة مرتدة دائما (القسم العلوي من الشكل 3c).

تستثني البيانات في الشكل 3c أن تكون القوة المسيّرة للتخصّر ناتجة عن حدوث جريان حراري من نوع مارانغوني (Marangoni) أو أن تكون نتيجة إجهادات مكسويل Maxwell stresses، بل تشير عوضاً عن ذلك إلى جعل القوى الشعرية جسر الهلالة غير مستقر

الشكل2: القفز ضمن سلسلة من قطيرات الماء في الزيت.



على اليسار، مخطط للجهاز المستعمل، ويظهر المساحة المكبّرة على اليمين ("زيت" و"ماء" كما في الشكل 1). على اليمين، قفز القطيرات. تشير الأسهم إلى مكان حدوث تبادل الشحنة عند كل قفزة. $E = 300\ V\ mm^{-1}$, d.c. القطعة المستقيمة تقابل 0.5 mm.

ذاتياً إذا ما تجاوزت زاوية المخروط قيمة حرجة. تظهر المشاهدات التجريبية امتلاك القطرات هندسة "مخروط مضاعف" بجوار جسر الهلالة (الشكل 3b). تعطي معادلة يانغ – لابلاس Young-Laplace الضغط الشعري داخل الجسر بصورة تقريبية على الصورة:

حيث p_0 هو ضغط الوسط، وγ التوتر السطحي بين الماء والزيت، ويعرف الانحناءان بنصف قطر جسر الهلالة وعرضه، r_m و w_m على الترتيب (الشكل 3b). تهمل هذه العلاقة التقريبية الآثار التحريكية، لكنها تساعد في تقدير اتجاه الجريان لجسر الهلالة. ويعطى عرض الهلالة بما يتوافق مع $w_m \approx r_m \tan\theta$ في حالة المخروط المزدوج ذي الزاوية θ المتشكل نتيجة تقاطع مخروطي تايلور، وبما أن الضغط الشعري داخل حجم القطرة (التي يفترض امتلاك كل منها نصف قطر R) يعطى بالعلاقة $Pdrop = p_0 + 2\gamma / R$

فإن فرق الضغط بين جسم القطرة وجسر الهلالة هو

$$\Delta p = Pdrop - Pbridg = 2\gamma / R - \gamma / r_m(1 - \cot\theta) \quad (1)$$

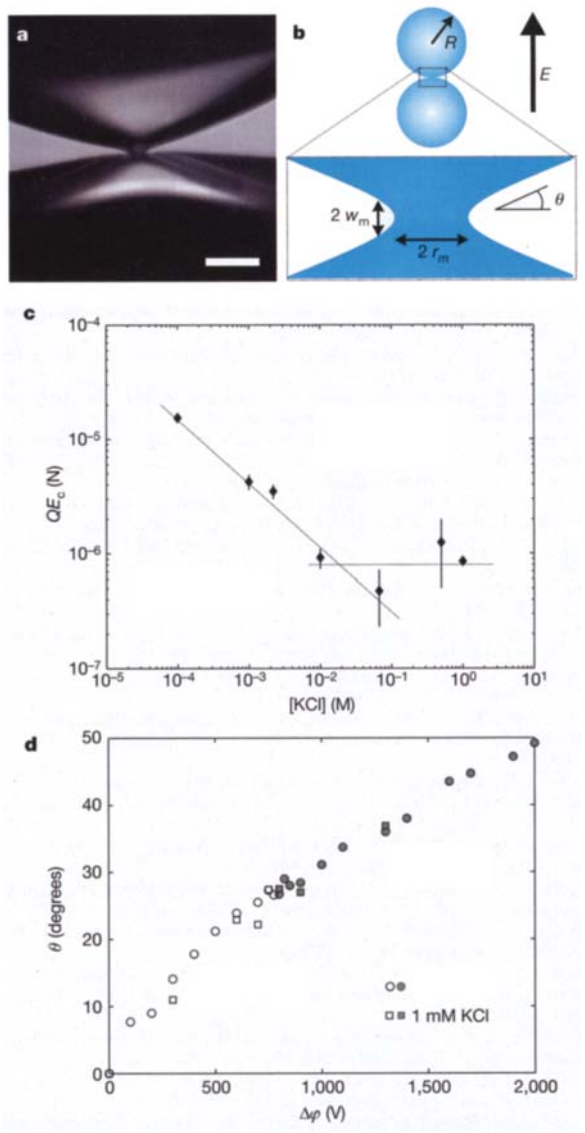
وبسبب صغر جسر الهلالة فإنه تصح المتراجحة $r_m \ll R$ ويكون لدينا فرق الضغط بتقريب جيد مساوياً:

$$\Delta p \approx (\gamma / r_m)(\cot\theta - 1) \quad (2)$$

نجد لذلك أن إشارة فرق الضغط وبالتالي اتجاه الجريان المقابل يعتمد فقط على θ. ومن أجل مخاريط منحدرة انحداراً كافيا ($\theta > 45^o$) يكون الضغط في جسر الهلالة هو الأعلى (أي أن $\Delta p < 0$) مما يحرك المائع من الهلالة عائداً باتجاه القطرة، مسبباً التخصّر. وتزداد زاوية المخروط بين القطرات المتواجهة مع ازدياد شدة الحقل، كما يتضح ذلك من المشاهدات هنا ومن دراساتنا السابقة (التي لم تأخذ في الحسبان السلوك بعد التماس). وبالمثل، فإن القطرات ذات الشحنة الصافية الأعلى تكوّن المخاريط بجاهزية أعلى عند تطبيق حقل، وهذا ينسجم مع اعتماد عتبة القفز المشاهدة على شحنة القطرة من أجل شدة حقل مطبق معطى.

لا يتحدث النموذج السابق أبداً عن الناقلية الكهربائية للقطيرة، بينما يبين الشكل 3c إمكان لعبها دوراً مهماً، وخاصة في حالة تراكيز الملح المنخفضة. لذلك قمنا بقياس زاوية المخروط لحظة التماس بين قطيرتي ماء في الهواء وتبعيتها للجهد المطبق (الشكل 3d). ولكي نعزل تحريك المخروط عن حركة القطرة، ألحقت قطرات الماء مباشرة بأنوف مكهربة وجعلت يقترب بعضها من بعض ببطء؛ وقد مكّن هذا المنهج أيضاً من التأكد من ملامسة بعض المخاريط لبعض في مواقع معروفة، مما يسهل التصوير العالي السرعة (67 000 frames s^{-1}). فحصلنا على نتيجتين مهمتين. الأولى، ملاحظة اندماج القطرات دائماً عندما تكون $\theta \leq 30^o$، وارتدادها عند الزوايا الأكبر من ذلك.

الشكل3: جسر الهلالة، وشدة الحقل الحرج وزاوية المخروط الحرجة.



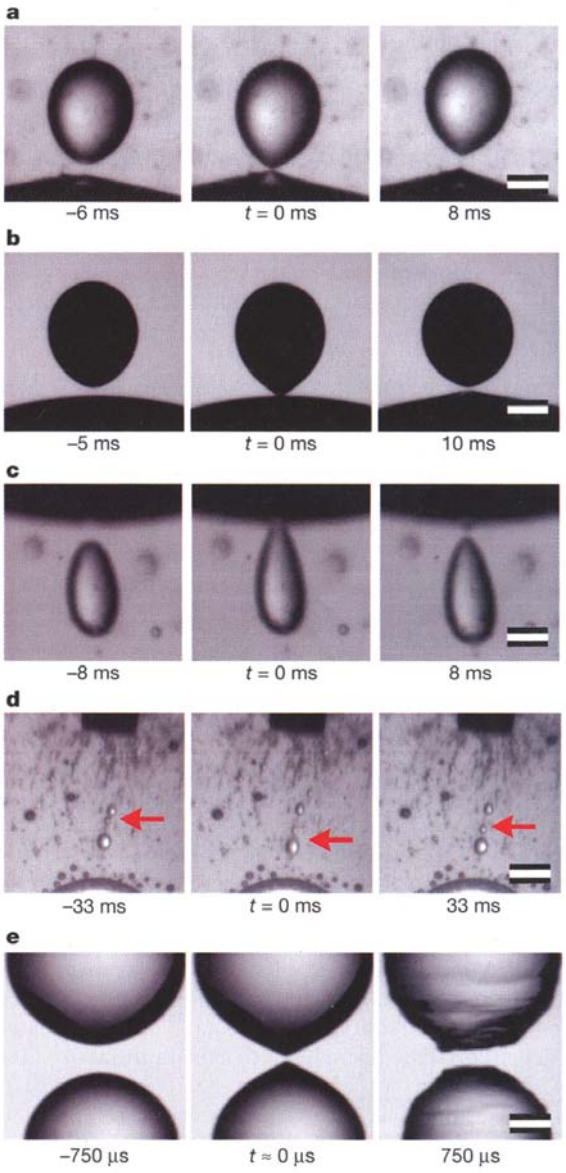
a) صورة عالية التكبير التقطت بسرعة عالية لجسر هلالة يظهر بصورة مؤقّتة بين قطرتي ماء ملحي (1M KCl) تقفزان في زيت سليكوني، لزوجته (1000 cSt). تمثل المناطق الداكنة الماء، أما المناطق الفاتحة ضمن الماء فهي انعكاسات. $E=200\ V\ mm^{-1}$ و تمثل القطعة المستقيمة. 0.1 mm. **b)** تخطيط يعرّف جسر الهلالة. **c)** بيان لتغير قوة الحقل الكهربائي الحرج تبعاً لتركيز الملح من أجل قطيرات ماء بحدود 2µl في (1000 cSt) زيت سليكوني. والخطوط هي للتوجيه فقط. وتشير خطوط الخطأ إلى المجال المشاهد المقابل للانتقال بين قطرات قافزة وقطرات مندمجة. د) بيان تغير زاوية المخروط عند التماس بين قطرات الماء في الهواء بدلالة الجهد المطبق ($\phi\Delta$). تشير الرموز الفارغة إلى حدوث الاندماج؛ أما الرموز المتلئة فتشير إلى تلك القافزة. الدوائر في حالة ماء منزوع الأيونات (4µScm-1)؛ المربعات في حالة ماء مالح ($163\ \mu Scm^{-1}$) 1mM KCl.

الثانية، بقاء الزاوية الحرجة نفسها للقطرات التي لم يضف لها ملح (ماء منزوع الأيونات) أما من أجل القطرات ذات التركيز1mM KCl المقابل لنظام عالي الحساسية لتركيز الملح فيظهر في الشكل 3c. إذ تشير البيانات إلى لعب الناقلية الكهربائية دوراً مهماً في تحديد الحقل الكهربائي الواجب تطبيقه لتحريك القطرات المشحونة كي تصل إلى زاوية مخروط محددة؛ لكن حدوث الاندماج أو عدمه يعتمد فقط على زاوية المخروط التي تلي التماس.

يلمّح الشكل 3d عند التدقيق فيه، إلى أن زاوية المخروط الحرجة أقرب إلى الزاوية 30^{o} منه إلى الزاوية 45^{0}، ويتنبأ تحليل مفصّل تفصيلاً أوسع لمسألة الحدود الحرّة اللاخطية التي تتناول الضغط الشعري (عالجها المؤلفون أنفسهم عدا دولار F.Dollar في نشرة تحت المراجعة الآن) بأن الزاوية في الواقع قريبة من 31^{o}. غير أن النقطة المفتاحية هنا هي أنه عند تجاوز شدة الحقل الحرجة فإن التخصّر هو المفضل ذاتياً، أما بقية العوامل فلها تأثير غير مباشر فقط في التحكم بسلوك الاندماج. وبالتحديد فإن التوتّر بين السطحي والناقلية الكهربائية والحقل الكهربائي تحدّد معاً زاوية المخروط قبل التماس؛ لكن المهم بعد التماس هو هندسة جسر الهلالة فقط. ومن الأمور الهامة المتضمنة في هذا النموذج التنبؤ بعدم حدوث الاندماج بين منظومة أي سائل\سائل أو غاز/سائل، شريطة أن يحرّض الحقل الكهربائي جسر هلالة حادّاً كفاية. وبالفعل، تبين تجاربنا أن سلوك القفز عام تماماً، فهو يحدث في منظومات متباينة بما فيها منظومات تحتوي زيت زيتون وزيتاً خاماً وهواء (الشكل 4). ينسجم عدم حدوث الاندماج هذا في منظومات مختلفة مع استقلالية هذه الظاهرة عن خواص مواد المنظومة التي يتنبأ بها نموذج التخصّر الشعري.

يمكن للطبيعة العالمية لسلوك عدم الاندماج أن يفسّر مشاهدات في حقول متباينة جداً. على سبيل المثال، تقرر دراسة لإيصال الشحنة في الجو أن كفاءة الاندماج لقطرات الماء المشحونة بشحنات متعاكسة في الهواء تصل إلى هضبتها عند تجاوز كثافة شحنة حرجة. لقد شوهدت هضبة مماثلة عند دراسة نزع ماء الزيت، بينما تظهر تجارب على أزواج من القطرات في أدوات مكروميائعية أن قطرات الماء المتجاورة تدفع بعضها بعضاً عند تجاوز شدة حقل حرج يعتمد على التواتر. فمع أن شكل الموجة المطبق في هذه الدراسات يختلف عن حالتنا، فإن الإجهادات الناشئة عن مخاريط تايلور (وبالتالي هندسة المخروط المضاعف) تتغير بالمقياس مثل مربع شدة الحقل المطبق. بهذا نجد أن الحقول الكهربائية سواء أكانت مستقرة أم مهتزة أم نبضية ستفشل كلها في التحريض على الاندماج إذا ما تجاوزت شدة حقل حرج. فقد لاحظ إيوه Eow وزملاؤه أن "سلسلة من قطيرات الماء تخلق بالعادة خلال أدوار الجهد العالي، يتبعها اندماج سريع خلال أدوار جهد مخفض أو عند انعدام الجهد". تساعد آلية التخصّر الشعرية المقدمة هنا في تفسير هذه المشاهدات.

الشكل4: سلوك غير اندماجي في منظومات سوائل مختلفة.



a) خلّ (5% حمض الخل) في زيت الزيتون. E=600V mm^{-1}. **b)** ماء منزوع الأيونات مع جسيمات بوليسترين (0.82-µm قطرها، 2.2%) في زيت سليكوني لزوجته 1000 cSt؛ E=300 V mm^{-1}. **c)** إيثانول (95% ، في الجزء العلوي من المنطقة المظلمة) في زيت معدني؛ E= 400 V mm^{-1}. **d)** قطيرات متعددة من 1M KCl في زيت خام حلو خفيف من زيت غولف (لويزيانا)، E= 300 Vmm^{-1}. إن المستطيل الغامق قرب القمة هو المسرى، والمنطقة المنحنية المظلمة قرب القعر هي هلالة الماء والزيت. **e)** قطيرات ماء منزوع الأيونات في الهواء؛ E=500 V mm^{-1}. أرفقت القطرات مباشرة برؤوس مؤنفة مكهربة. قطع المقياس المستقيمة في الأشكال من a-b 0.5 mm، أما في هـ فتساوي 0.3mm.

آن الأوان لتغيير مصباح الإنارة

يجري الاستغناء تدريجياً عن المصباح المتوهج، ولكن ما الذي سيحل محله؟

يحاول ستيفانو تونزاني Stefano Tonzani التقصي عن التقانات التي تتنافس على مقابسنا.

الكلمات المفتاحية: ديودات مصدرة للضوء، مصابيح التحريض، مصابيح الكاثود.

يُعدُّ المصباح الكهربائي الذي تجاوز عمره مئة عام، والذي يُرى معلقاً في محطة إطفاءٍ في Livermore، كاليفورنيا، أقدم مصباح إنارة كهربائي يعمل على وجه الأرض. لقد بدأ المصباح الليلي الذي استطاعته 4 واط العمل في العام 1901، وظل منذ ذلك الوقت يشع ويضيء دونما توقف تقريباً، مستهلكاً من الطاقة ما يقارب في مجمله 3500 كيلو واط ساعي. وكما تبين الصورة المقابلة، فالمصباح يبدو أيضاً مألوفاً بشكلٍ غريب: فتقانة المصابيح المتوهجة لم تتغير كثيراً خلال سنوات عمرها. ففي داخل المصباح توجد شعيرة –هي من الكربون في هذا المصباح ومن التنغستين في النماذج الحالية– يتم تسخينها بجريان الكهرباء فيها حتى يتوهج بلونٍ أبيض فتضيء الغرفة. ويعتبر التصميم بسيطاً ورخيصاً ومتعدد الاستخدامات، تماماً كما كان عندما صنع منه توماس أديسون Thomas Edison نجاحاً تجارياً للمرة الأولى في ثمانينيات القرن التاسع عشر.

ومع ذلك، فإن تلك التقانة آخذة في التنحي. في عالمنا الحالي المتعطش للطاقة، تعتبر الأجهزة فائقة التبذير: فما يقارب 98% من الطاقة الداخلة تتحول إلى حرارةٍ عوضاً عن الضوء. وليست

نُشر هذا المقال في مجلة Nature, Vol 459, 21 May 2009، ترجمة هيئة الطاقة الذرّية السورية.

مصابيح الهالوجين أفضل من ذلك وهي التي تبدو أكثر تقانة وتطوراً. فإذا ما ضَرَبْتَ ضياع الطاقة بعدد المصابيح المتوهجة في المواقع السكنية والصناعية والتجارية –والمقدرة بحوالي 4 بليون مقبس ضوئي عياري وذلك في الولايات المتحدة وحدها– سيتضح السبب وراء سعي بلدان عديدة للتخلص من المصابيح بشكلٍ كاملٍ كطريقة للسيطرة على انبعاثات غاز ثنائي أكسيد الكربون. فعلى سبيل المثال، أصبحت أستراليا في عام 2007 الدولة الأولى التي منعت المصابيح المتوهجة بشكل كامل؛ وقد تمت برمجة عملية الاستغناء عن هذه المصابيح وستستكمل بحلول عام 2012. وقد وافقت الدول الأعضاء في الاتحاد الأوربي على حظرٍ شبيهٍ في العام 2008. وتقدمت الولايات المتحدة بطلبٍ لمنع معظم المصابيح المتوهجة بحلول 2014.

يقول كارل ليو Karl Leo، وهو اختصاصي بالإلكترونيات الضوئية ومؤسس شركة Novaled في دريسدن بألمانيا، التي تعمل على تطوير الديودات Diodes العضوية المصدرة للضوء (OLEDs):

نعم يتطور ولكن إلى ماذا؟ فعلى الرغم من أن التخلص من المصابيح المتوهجة يبدو منطقياً بيئياً واقتصادياً، إلا أن السباق نحو بديلٍ مستدامٍ مازال دون المدى المنظور.

وفي الوقت الحاضر، فإن التقانة الوحيدة التي تعتبر ناضجة بما يكفي لتستحوذ على مكان المصباح الكهربائي التقليدي هي الإنارة بالمصباح المُفَلَور Fluoresent، والقادر على تحويل 15%-

"يعتبر حقل الإنارة حقلاً محافظاً نوعاً ما، لذلك فإن تلك التفويضات الحكومية تضع ضغطاً مبدئياً عليه حتى يتطور."

10 من الطاقة الداخلة إلى ضوء. لقد تطورت تقانة التّفَلْور بشكل أساسي منذ أن كانت رديفة لصفة القسوة وغرابة اللون، وقد آل بها الحال إلى أن تنتشر في المواقع التجارية والصناعية، حيث تُعد كفاءة الطاقة واستدامتها من الأمور الأساسية. إن المصابيح المُفَلْورة المتراصة التي يمكن تثبيتها في المقابس المعتادة قد جعلت هذا الأمر، في السنوات الأخيرة، أكثر قرباً لنا في منازلنا.

بيد أن الإنارة المُفَلْورة لها عدد من العوائق. فعلى سبيل المثال، لا تعمل المصابيح المُفَلْورة جيداً في درجات الحرارة المنخفضة، ويمكن أن يَقصر عمرها الاستهلاكي في الأساس إذا ما تم تشغيلها وإطفاؤها بشكلٍ متكرر. وقد يكون الأسوأ من ذلك كله، أن كل مصباح يحتوي على كمية صغيرة من الزئبق الذي يعتبر ساماً. ويبرز هذا بالنسبة للمستهلكين كمشكلةٍ في التخلص من المصباح عقب انتهاء صلاحيته (عمر استخدامه).

وما يزال بعض الناس أيضاً يشتكون من معالجة اللون (الأداء اللوني color readering) في المصابيح المُفَلْورة –أي الطريقة التي تبدو بها الأجسامُ في ضوء المصابيح بالمقارنة مع مظهرها في ضوء الشمس الطبيعي. وعلى الرغم من التطور المهم، فالمستخدمون في المنازل على الأخص يميلون إلى تفضيل المصابيح الضوئية المتوهجة الأكثر دفئاً ذوات درجات الألوان المشوبة بالحمرة قليلاً– على الرغم من أن التفضيل هو أمر شخصي للغاية، كما يقول شارلز هانت Charles Hunt وهو مهندس إلكترون من جامعة كاليفورنيا، Davis: "إن الولع الشخصي بأنواع درجات ألوان المصابيح يعتمد على الجنس (النساء يملن إلى تفضيل الأضواء ذات الألوان الأكثر دفئاً وأقل حدة) وأيضاً على أصل الشخص (يفضل الأشخاص من بلدان شمال أوروبا الأضواء الدافئة في حين يفضل الأوربيون الشرقيون الأضواء ذات الألوان الأكثر زرقة وبرودة)". والأمر الآخر هو أن المصابيح المُفَلْورة تتطلب مجموعة دارات كهربائية خاصة لتعمل مع مفتاح تعتيم. ويعد المصباح القابل للتعتيم مرغوباً، يقول هانت: "خمسون بالمئة من المصابيح المنزلية في الولايات المتحدة هي مصابيح قابلة للتعتيم".

يحتمل أن يتم التغلب على هذه المشكلات –إلا أنها تبدو هامة بما يكفي لتشجيع المبتكرين على البحث عن تقانةٍ تخلف سابقتها.

استثمار من النوع الثقيل

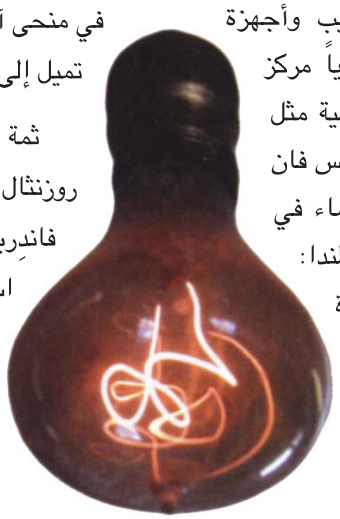
ربما تكون التقانات المتوقع منافستها على الرتبة الأولى هي تقانة الديود المصدر للضوء (LED)، الذي يتألف من نوعين من أنصاف النواقل في حالة تماس. فعندما يتم تطبيق فولطية ما، تجري الشحنات الموجبة القادمة من أحد الأطراف متجهةً نحو الوصلة وتلتقي بشحناتٍ سالبةٍ قادمةٍ من الطرف الآخر. عندما تتحد هذه الشحنات، تقوم بإطلاق طاقتها على شكل ضوء، ذي لونٍ واحدٍ متميّزٍ.

تُعدُّ الديودات المصدرة للضوء (LEDs) طويلة العمر، ومتينة

وتكاد تكون أكثر كفاءة من المصابيح المُفَلْورة بمرتين. وبالفعل فهي مستخدمةٌ على نطاق واسع في الحواسيب وأجهزة التلفاز وأجهزة إلكترونية أخرى، وهي تتبوأ حالياً مركز الصدارة في الأسواق بالنسبة للتجهيزات الخارجية مثل إشارات المرور والمؤشرات في السيارات. يقول هانس فان سبرانغ Hans van Sprang، وهو من كبار العلماء في مختبرات أبحاث Philips في Eindhoven في هولندا: "توجد العديد من المميزات لدى الديودات المصدرة للضوء LEDs والتي نعتقد أنه يَكمن بها مستقبل الإنارة". إن Philips وشركاء الصناعة الكبيرة الآخرين يحاولون الاستثمار بشكلٍ ضخم في التقانة، محاولين دعم أبحاث علوم المواد التي تساعد تقانة LED في التطور بشكل سريع.

وعلى الرغم من ذلك، لم يتم تبنّي الديودات المصدرة للضوء LEDs على نطاق واسع في التطبيقات العامة للإنارة. فإحدى المشكلات تكمن في أن مصباح LED بقدرةٍ كافية لإنارة غرفة تكون كلفته الأولية مرتفعة جداً بالمقارنة مع مصباحٍ متوهج مكافىء له في القدرة. قد يشكل ذلك مانعاً نفسياً كبيراً لدى المستهلكين، حتى ولو كانت تكلفة الطاقة والصيانة أقل بشكل ملحوظ. وأما المشكلة الأخرى فهي في عمر الديودات LEDs التي يمكن أن تنخفض بشكل كبير إذا ما تم تشغيلها في حرارةٍ عالية. وهذا ما يجعل تبديد الطاقة أمراً هاماً، خصوصاً بالنسبة للمصابيح ذات القدرة العالية، ويشكل تعقيداً للجهود المبذولة من أجل تخفيض التكاليف. إن صنع أنصاف نواقل للديودات LEDs من ركازات بدلاً من الياقوت الأزرق قد يكون أرخص كلفةً، وأما البدائل، ومنها الركازات المعتمدة على السيليكون، فيمكنها أن تُحسِّن التدابير الحرارية.

أما بالنسبة للتحدي الآخر، فهو كيفية توليد ضوء أبيض من الديودات LEDs. إن التقانة المفضلة بالنسبة للأجهزة المتوفرة تجارياً هي كسوة ديود LED يعطي لوناً أزرق أو فوق بنفسجي بمادة فسفورية تمتص الإصدارات الأحادية اللون، ثم تقوم بإعادة إصدار الطاقة كضوءٍ أبيض واسع الطيف. توجد طريقة أخرى لتوليد الضوء الأبيض يؤمل منها أن تكون ذات كفاءةٍ طاقية أعلى، وهي مزج أضواء الديودات LEDs الأحمر والأزرق والأخضر. ولكن لكلٍ من هاتين الطريقتين عواقبها في الأداء اللوني. وقد أضافت الطريقة الأخيرة مشكلةً وهي أن أعمار الأنواع الثلاثة المختلفة من الديودات المصدرة للضوء LEDs ليست متساوية، لذلك فإن لون الضوء سوف يتغير كلما ازداد عمر المصباح. أي هناك كسب في منحى وخسارة في منحى آخر – والأجهزة التي تتميز بمعالجة لونية جيدة جداً تميل إلى أن تكون ذات كفاءة طاقية ضعيفة.



ثمة حلٌ ممكن هو الآن تحت التطوير على يد ساندرا روزنثال Sandra Rosenthal، وهي كيميائية من جامعة فاندِربيلت في ناشْفيل في تينيسي. وتتلخص فكرتها في استخدام ديود LED مصدر للضوء فوق البنفسجي لمدّ الإلكترونات في بلّورات نانوية من سيلنيد الكاديوم بالطاقة، فتستجيب بإعادة إصدار ضوء أبيض يتميز بأداء لوني جيد جداً. تقول روزنثال: "قد يكون هذا بديلاً قابلاً للتطبيق إذا استطعنا بشكلٍ أساسي تحسين كفاءتها".

أما المركبات العضوية، والتي نُظِر إليها بالفعل كبديلٍ محتملٍ للسليكون في الخلايا الشمسية، فالاستقصاء والبحث جاريان حولها من أجل استخدامها في الديودات LEDs. تصدر الديودات العضوية OLEDs الضوء بنفس الطريقة التي تعمل بها الديودات LEDs العادية تقريباً، فيما عدا أن الشحنات الموجبة والسالبة تنشأ من مركبات عضوية بدلاً من أنصاف النواقل البلّورية. تكون هذه المركبات العضوية بالشكل النموذجي مرتبطةً بصفيحةٍ ثابتة من البوليمير. تكمن ميزة المواد العضوية في أن إنتاجها يمكن أن يكون –على الأقل نظرياً– بتكلفةٍ أقل بالمقارنة مع نفس التقانة المستخدمة في معالجة أنواع أخرى من الأفلام البلاستيكية.

أما المشكلة الأساسية المتعلقة بالديودات العضوية OLEDs فهي أن المواد العضوية قابلة للانحلال بالماء والأكسجين، مما يؤدي إلى جعل عمر المصابيح قصيراً. يمكن إيجاد حلٍّ لهذا، إلى حدٍّ معين، عن طريق وضع المركبات العضوية في حافظات بوليميرية شفافة خاملة مثل epoxy resin. لكن المركبات تتحلل ذاتيّاً في كل الأحوال، وخصوصاً الديودات العضوية OLEDs الزرقاء الضرورية للمزج مع الأحمر والأخضر لتوليد الضوء الأبيض.

الدخلاء

بعيداً عن الاتجاه السائد –بمعنى أن التقانات يتم تطويرها في شركاتٍ مبتدئة صغيرة– توجد مصابيح التحريض والتألق الكاتودي.

لقد كانت مصابيح التحريض موجودةً، وتعرف أيضاً بالمصابيح الخالية من الإلكترودات، ومستخدمةً منذ التسعينيات من القرن التاسع عشر، وذلك عندما اخترع نيقولا تسلا Nikola Tesla المصباح المفلور تغذيه بالطاقة تيارات مهتزة في ملف من الأسلاك مثبت على الأنبوب من الخارج، بدلاً من الإلكترودات الموجودة في الداخل. لكن بعض الناس يعتقدون أن هذه المصابيح جاهزة في النهاية للحظة العرض prime time. وتظهر أحدث النبائط (أي المصابيح) على هيئة زجاجة خالية من الإلكترودات ممتلئة بغاز الآرغون بالإضافة إلى كميةٍ صغيرةٍ من أملاح الهاليد المعدني. يولّد مولّد للموجات المكروية، كالذي

إن مزج الديودات المصدرة للضوء من ألوان أساسية قليلة، يمكن أن ينتج لوحة لونية كبيرة الاتساع.

يوجد في أفران (الأمواج المكروية)، موجةً موجهةً عبر دليل موجي ومركَّزةً على العبوة حيث تؤين الغاز لتكوّن بلازما وتبخر الأملاح. يُولّد البخار مع البلازما مجتمعيْن ضوءاً أبيض واسع الطيف بكفاءةٍ مماثلةٍ لتلك التي تتميّز بها ديودات LED. تبدو المصابيح أيضاً ساطعة جدّاً، مما يعني أنه يحتمل أن تجد تطبيقاتها المبدئية في الأماكن التي يكون فيها الضوء القوي ضرورياً، تماماً كما هو الحال في الأضواء الأمامية للسيارة أو الإنارة الصناعية.

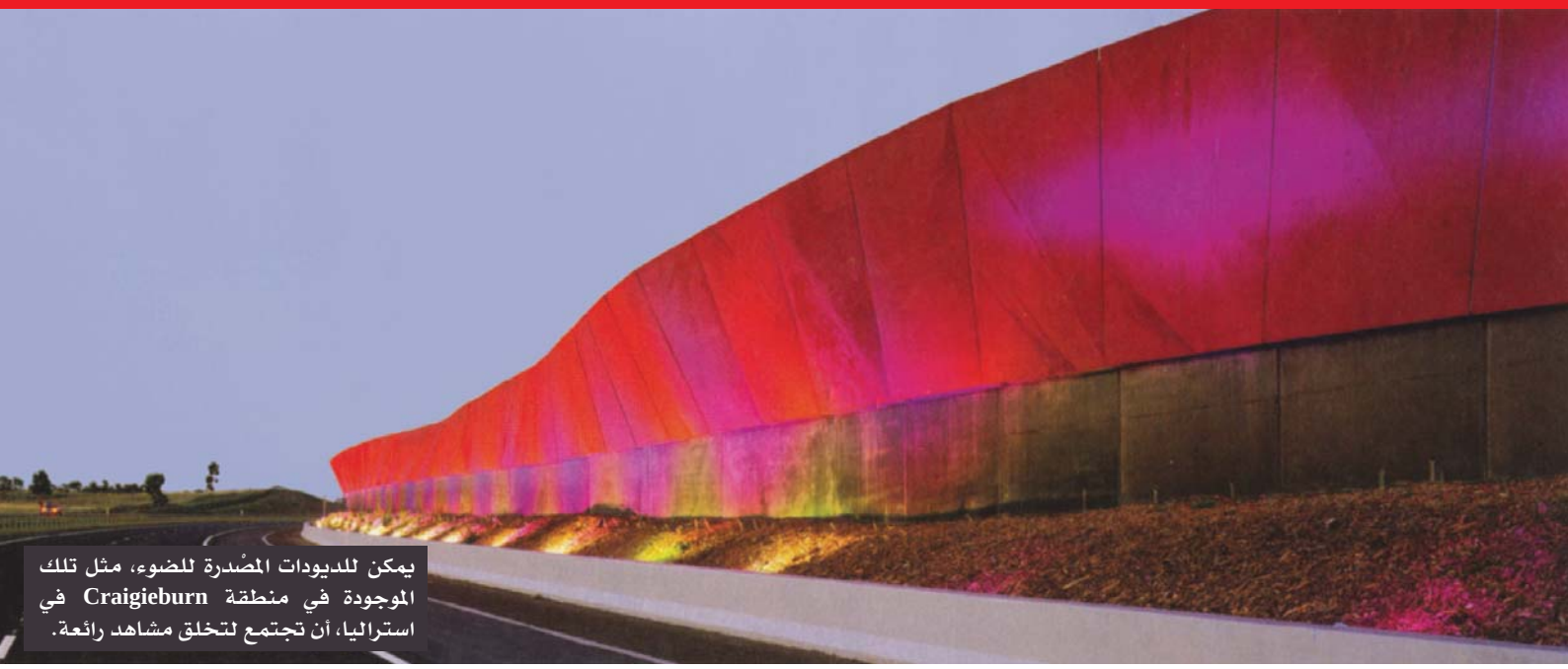
"ستستغرق ديودات LED وقتاً طويلاً حتى تضاهي قوة الإنارة المحتملة التي تعطيها مصابيح التحريض"، ذلك ما يعتقده روبين ديفونشايَر Robin Devonshire، وهو من كبار علماء Ceravision، وهي شركة في Milton Keynes في المملكة المتحدة، تعدُّ واحدة من عدة شركات تعمل على تطوير هذه التقانة. وبما أن هذه المصابيح لا تتوضع فيها الإلكترودات بتماس مع بنية البلازما القاسية، لذلك يحتمل أن تبقى لعقود.

يعمل التألق الكاتودي بشكل يماثل أنابيب الأشعة الكاتودية (المهبطية) الموجودة في أجهزة التلفزيون القديمة الطراز. فهو يستخدم مصدراً إلكترونياً لرجم مادةٍ مفسفرة مطلية على السطح الداخلي لأنبوب زجاجي، مسببةً إصدار المادة للضوء. يستخدم حقل كهربائي، أو حرارة مرتفعة، أو مفعول كهرضوئي لجعل السطح يصدر الإلكترونات. يمكن لمثل هذا المصدر الضوئي أن يكون فعّالاً تماماً، بالمقارنة مع المصادر المُفْلورة المتراصة فهي تعالج الألوان جيداً، ويمكن تشكيل المصابيح لتبدو مشابهة لزجاجات المصابيح المتوهجة. وسوف تبدأ التطبيقات الأولية لتسخّر في الاستخدام المنزلي.

وعلى أية حال، فكل من مصابيح التحريض ومصابيح التألق الكاتودي لها مشكلة فهم وإدراك. يقول بروسي بلتون Bruce Pelton، وهو مدير هندسة مركز تقانة الإنارة في جامعة كاليفورنيا من Davis في كاليفورنيا: "ثمة شك في الصناعة فيما يتعلق بهذه التقانات التي ليست في الحالة الصلبة". يعود ذلك جزئياً إلى أن نبائط الحالة الصلبة، مثل الـ LEDs– والتي تولد الضوء من خلال عمليات في مادةٍ صلبة، ليس لها قطع متحركة أو زجاجات يمكن كسرها – يعتقد أنها تتصف بميزات كبرى في الوقت الحالي عندما يتعلق الأمر بالصلابة والحياة الطويلة. لكنها أيضاً وبسبب تجسيد سابق لمصباح التحريض، المعتمد على الكبريت، فشلت في الحصول على مكان لها في السوق. كان مصباح الكبريت فعالاً وساطعاً، ولكنه كان كبيراً ويتطلب تبريداً بالهواء لإيقاف انصهار القطع في درجات الحرارة العالية التي تصل إليها بلازما الكبريت.

تنافس ملتهب

يحتمل أن يكون التنافس للاستعاضة عن زجاجات ضوء التوهج عنيفاً. إلا أن تقبل المستهلك لن يكون مضموناً بالنسبة إلى أي من



يمكن للديودات المصْدرة للضوء، مثل تلك الموجودة في منطقة Craigieburn في استراليا، أن تجتمع لتخلق مشاهد رائعة.

التقانات المتنافسة. وإحدى المشكلات تكمن في التشويش المتولد عن العدد المطلق للبدائل. أما المشكلة الأخرى فهي أن كلاً من هذه النبائط له عدة أجزاء، لذلك فأعمار وكفاءات الطاقة المعلنة بالنسبة للتقانة الأساسية لا تتوافق مع تلك التي في النبيطة كاملةً، والتي ليست، حتى الآن، ببعيدة عن المصابيح المتوهجة. وفي مصابيح LED (أي الديودات المصدرة للضوء) على سبيل المثال، قد تنحل الإلكترونيات أو الفسفورات بصورة مبكرة أكثر من نبيطة الحالة الصلبة نفسها. لقد اكتشفت البيانات التي نشرتها إدارة الطاقة الأميركية عام 2008 أن المصابيح LED المتوفرة تجارياً كانت تقريباً بحدود نصف الكفاءة التي تتصف بها المصابيح المُفْلورة المتراصة. وعلى الرغم من أن التطور منذئذ كان سريعاً، إلا أن المشكلات باقية.

في الوقت نفسه، ونظراً لكون القبول الواسع لهذه التقانات حاسماً في تغيير عادات المستهلكين –وفي النهاية، توفير كميات كبيرة من الطاقة– فالحكومات متحمسة لتجنب الأخطار المرتكبة مع التقنيات السابقة، مثل المصابيح المُفْلورة الأولى، والتي مقتها الكثير من المستخدمين. فإذا نُظِر إلى تقانة ما بشكل سلبي منذ البداية من قبل العامّة، فقد يؤدي هذا إلى إفساد تطورها اللاحق –وهو سبب وجيه يدعو لئلا تُخَوّل التقانة قبل فحص جاهزيتها للتسويق. إن التعليقات في المواقع الإلكترونية –التي تذكر فترات سحب المصابيح المتوهجة – قد أبرزت أن الكثير من آراء الناس حول المصابيح المُفْلورة لم تختلف كثيراً بمرور الزمن. فالتكلفة، ومعالجة اللون، والرجفان ووجود الزئبق، ما هو إلا قليل مما ذكر من الأمور. ما تزال المصابيح المُفْلورة تمثل نسبة قليلة في السوق بالمقارنة مع المصابيح المركَّزة الطاقة.

ومن أجل تلك الأسباب، فقد لا يتم استبدال زجاجة المصباح

"ستستغرق ديودات LED وقتاً طويلاً حتى تضاهي قوة الإنارة المحتملة التي تعطيها مصابيح التحريض."

المتوهج المتعدد الأغراض بمصدر جديد وحيد، ولكن بمجموعة من التقانات، كلٌّ يلائم استخداماً معيناً. فعلى سبيل المثال، إذا أمكن إنتاج مصابيح الإنارة بالديودات (العضوية OLED) ضمن ألواح متصلة بتقانات متراكبة صناعية (roll toroll)، فسوف يكون مرشحاً طبيعياً للّوحات المسطحة التي تنتج توهجاً منتشراً لإنارة المنطقة. وهذا سيجعل المصابيح العضوية للديودات OLEDs مكملاً طبيعياً للضوء الساطع الموجة الصادر عن LED من أنصاف النواقل، والتي يمكن عوضاً عن ذلك استخدامها لمهام تحتاج لضوء مكثف أكثر كالقراءة. يمكن أن تقود مثل تلك التركيبات إلى مفاهيم جديدة للتصميمات الضوئية، لكي يستطيع المهندسون المساعدة في توفير الطاقة عن طريق عدم تبديد الضوء عندما لا يكون ضرورياً.

ستيفانو تونزاني: هو محرر مساعد في مجلة Nature.

أخبار علمية

فئران منشّأة من خلايا جذعية محرَّضة

عمل تقني يظهر طريقاً مختلفاً للخلايا الجذعية يمكن من خلاله إنشاء جسد حيوان كامل من الثدييات.

أنشأ فريقان من الباحثين الصينيين فئراناً حية من خلايا جذعية متعددة الفعاليات محرَّضة induced pluripotent stem cells (iPS). فأجابوا بذلك على السؤال الذي ظل يتردد حول التطور الممكن لهذه الخلايا.

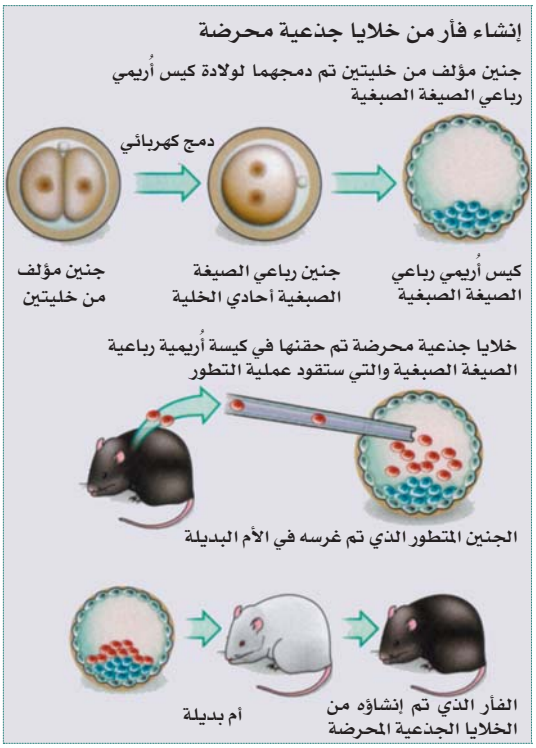
ومنذ أن قام شينيا ياماناكا Shinya Yamanaka من جامعة كيوتو في اليابان بإنشاء أول خلية جذعية محرَّضة (iPS) في عام 2006، قد تساءل الباحثون فيما إذا كانوا قادرين على إنشاء جسم حيوان كامل من الثدييات من خلايا (iPS) كما فعلوا في السابق من خلايا جذعية جنينية حقيقية. نقلت التجارب المعلنة على الإنترنت هذا الأسبوع في مجلتي Nature وCell Stem Cell اقتراحاً مفاده أن الجواب هو نعم، على الأقل بالنسبة للفئران.

في دراسة أولية حول استنساخ الحيوان، قام كل من كي زهو Qi Zhou من معهد علم الحيوان في بكين وفاني زنغ Fanyi Zeng من جامعة "Shanghai Jiao Tog" بتشكيل خلايا جذعية محرضة معتمدين طريقة ياماناكا نفسها ومستخدمين حشرة ناقلة للفيروس لإدخال أربع جينات في خلايا الأرومة الليفية عند الفئران. لقد أمل الباحثون أن هذه العوامل المدخلة سوف تعيد برمجة الخلايا ومن ثمَّ تستطيع أن تتحول إلى أي نوع من أنواع الخلايا في الجسم.

ومن أجل التحقق من نجاح هذه التجربة، قام كل من زهو وزنغ أولاً بتنفيذ مجموعة من الاختبارات المعيارية متضمنة تحليلاً للخلايا الجذعية المحرضة (iPS) والتأكد من أنها تملك نفس العلامات السطحية للخلايا الجذعية الجنينية. وبخطوة متقدمة، قاما بإنشاء جنين رباعي الصيغة الصبغية (tetraploid embryo) من خلال صهر خليتين لجنين مخصَّب في مرحلته الأولى (انظر الشكل). إن هذا الجنين tetraploid يقوم بتطوير مشيمة وخلايا أخرى ضرورية في عملية التطور، ولكنه لا يطور الخلايا الجنينية التي ستتحول إلى جسد. ويمكن القول إنها سيارة بدون سائق.

عندما تُغرَز الخلايا الجذعية المحرَّضة (iPS) في هذه الأجنة، تبدأ بالتطور. نُقل الجنين المتطور الذي نما إلى أم بديلة، وبعد عشرين يوماً وُلد الفأر. كان أسود اللون، مثل الفئران التي استخدمت لإنشاء خلايا (iPS) وليس كالفئران البيضاء التي استخدمت لإنشاء الجنين الرباعي الصيغة الصبغية. أكدت اختبارات DNA التي أجريت على الفأر الصغير المسمى Xiao Xiao or Tiny أنه نشأ من الخلايا الجذعية المحرَّضة (iPS).

حاول رودولف جينيش Rudolf Jeanisch خبير استنساخ من معهد ساهيوستِس للتقانة في كامبردج، أن يعمل التجربة نفسها عام 2007، لكنه لم ينجح في الحصول على أجنة بعد



المرحلة المتأخرة. قال معللاً ذلك: "يوجد تفسيران محتملان لفشل فريقه، إما أن هذه الخلايا الجذعية المحرَّضة (iPS) لم تكن متعددة الفعاليات لذلك كان نجاحها مستحيلاً، أو أن محاولتنا لم تكن كافية. قد يكون التفسير الأول أكثر إثارة للاهتمام، لكني أفترض أن التفسير الثاني هو الصحيح.

حاول الفريق الصيني بجهد أن يثبت وجوده في الوسط الثقافي، فقام بتحليل (250) جنيناً متطوراً قبل أن يحصلوا على فأرهم الأول. هذا وقد أعلن الفريق عن (27) ولادة حية. مع أفضل الخلايا لهذه الأجنة وأفضل طريقة معالجة، كانوا قادرين على أن يحصلوا على (22) مولوداً حياً من أصل (624) جنيناً تم حقنها وبذلك يكونون قد حققوا نسبة نجاح تعادل (3.5%).

وأفاد زنغ أن نسبة الموت تبدو عالية عند هذه الفئران، حيث يموت بعضها بعد يومين فقط، وأخرى تُظهر شذوذات جسدية، وهناك تفاصيل لم يفصح عنها الفريق. ولكن بعض فئرانهم نجحت في أكثر الاختبارات الصحية الأساسية: إن جميع الفئران الاثني عشر التي تزاوجت أنتجت ذرية، وهذه الذرية لم تظهر أي شذوذ. وأضاف الفريق أنه يوجد الآن المئات من الجيل الثاني وأكثر من مئة من الجيل الثالث للفئران. ولم يجد الفريق أية أورام في هذه الفئران على الرغم من أنهم لم يبحثوا عنها بشكل نظامي.

إن قائد الفريق الثاني شاورونغ غاو Shaorong Gao، من المعهد الوطني للعلوم البيولوجية في بكين، واثق من الاستمرار في النجاح. فمجموعته التي استخدمت التقنية الأساسية نفسها التي استخدمها زهو وزنغ نقلت خلايا جذعية محرَّضة (iPS) إلى (187) جنيناً كاملاً رباعي الصيغة الصبغية ليحصلوا فقط على مولودين اثنين حيّين (نسبة الفعالية 1.1%)، على الرغم من موت أحدهما في مرحلة الطفولة. هذا وقد أفاد غاو أن "الفرصة لولادة سلسلة من الخلايا كهذه نادرة جداً ولكننا حاولنا بصعوبة جداً". أما الآن فإن فريقاً يحاول أن يزاوج الفأر الذي بقي على قيد الحياة.

إن كلا المجموعتين تحاولان الآن أن تفهما ما هي الاختلافات بين الخلايا الجذعية المحرَّضة (iPS) والخلايا الجذعية الجنينية، التي يمكنها أن تفسر الشذوذات، ومعدلات الوفيات العالية، ومعدلات الفعالية المنخفضة، وحقيقة أن غالبية سلسلة الخلايا الجذعية المحرَّضة (iPS) لا تصلح لإنشاء الفئران. اكتشف زنغ وزهو أن التوقيت عنصر مهم جداً؛ فالخلايا التي شكلت مستعمرات من الخلايا الجذعية المحرَّضة (iPS) بسرعة –بعد 14 يوماً– كانت ناجحة، بينما تلك التي شكلت مستعمرات بعد /20 أو 36/ يوماً لم تنجح.

واقترح غاو أنه يمكن إلقاء اللوم في إعادة البرمجة الشاذة، على الأقل، على نسب الفعالية المنخفضة.

إن هذه الدراسات حول الفئران يجب أن تساعد الباحثين ليدركوا الاختلافات الجوهرية بين الخلايا الجذعية الجنينية البشرية والخلايا الجذعية المحرَّضة (iPS). وأفاد باحثون من جامعة كاليفورنيا، لوس أنجلس، في أوائل هذا الشهر، أن الخلايا الجذعية المحرَّضة (iPS) البشرية التي نجحت في اختبارات الفعالية المتعددة التقليدية تختلف في الصيغة الجينية عن الخلايا الجذعية الجنينية البشرية.

تقول كاترين بلاث Kathrin Plath، وهي من أعضاء الفريق: "إن الخلايا الجذعية المحرَّضة يمكن أن تصنع أشياء أحسن أو أسوأ من الخلايا الجذعية الجنينية". ويضيف زميلها وليام لوري William Lowry قائلاً: لا أعتقد أننا نعرف الإجابة على هذه النقطة ونظراً لأن عمل الخلايا ذات الصيغة الصبغية الرباعية، لا يمكن تجريبه على الأجنة البشرية، فإن الدراسات الصينية لا تستطيع أن تقول الكثير حول التطبيقات السريرية لسلسلة الخلايا المتعددة الفعاليات.

يتابع زنغ وزهو طرقاً حديثة عديدة متضمنة مقارنة الخلايا الجذعية المحرَّضة (iPS) للفئران مع الفئران المستنسخة بالتقنيات التقليدية، والعمل على إثبات أن التجربة نفسها يمكن تطبيقها على الفئران البالغة. (وإن الأورمة الليفية المستخدمة لإنشاء خلايا جذعية محرَّضة (iPS) في كلا الدراستين مصدرها أجنة ذات مرحلة متأخرة).

هذه ستكون وبشكل أساسي طريقة جديدة لاستنساخ حيوانات بالغة من الثدييات وذلك بإعادة برمجة DNA من حيوان بالغ ومن ثمّ توليد فرد متطابق جينياً.

بما أن هذه الطريقة ممكنة وسهلة أكثر وتقدم شذوذات أقل من الاستنساخ التقليدي، فقد تثير الاهتمام حول الحيوانات الموسومة كوسيلة للاستنساخ البشري. والصين شددت حديثاً قانون منع مثل هذا الاستنساخ.

إن زهو يتمنى على الباحثين أن يستفيدوا من هذه التقنية "كنموذج مهمّ لفهم إعادة البرمجة". يضيف: إنه لم تكن النية بالدرجة الأولى استخدام خلايا (iPS) لخلق كائن بشري.

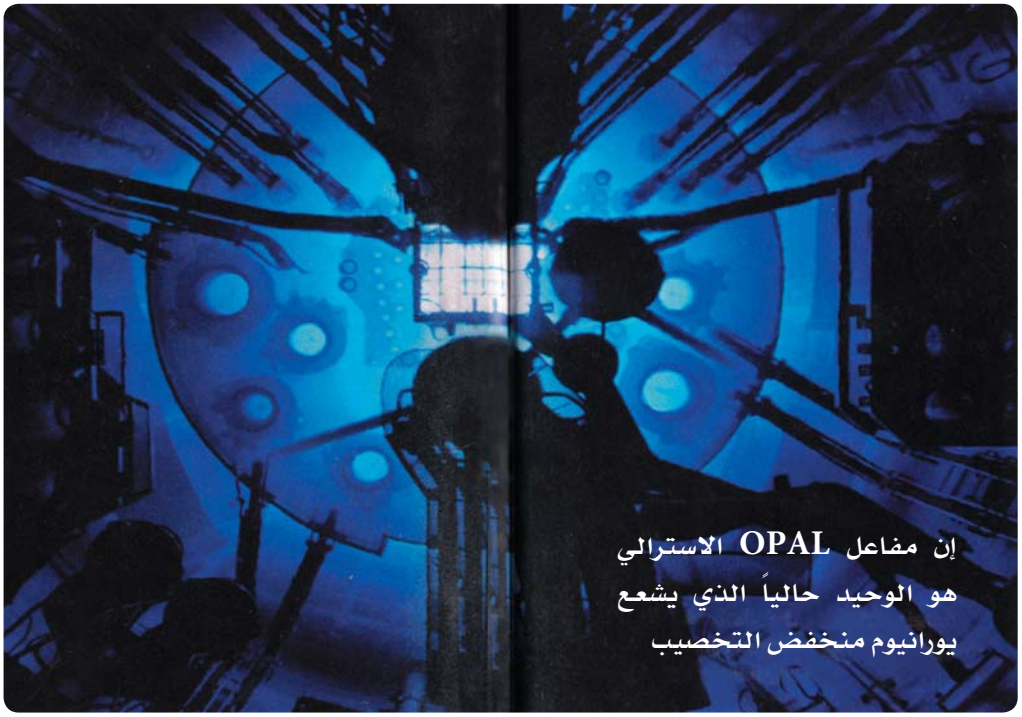
نُشر هذا الخبر في مجلة Nature,Vol 460, 30 July 2009.

ترجمة هيئة الطاقة الذرّية السورية.

نقص النظائر الطبية يصل مستوى الأزمة

تلمّس حلول جذرية عاجلة لدعم سلسلة التزويد الهشة

يزداد النقص في النظائر الطبية سوءاً، على مستوى العالم هذه الأيام، حيث أغلق مفاعل بيتن العالي التدفق في هولندا، بغرض التفتيش والصيانة لمدة شهر، لينضم إلى مفاعل البحث الوطني الشامل في تشوك ريفر في أونتاريو–كندا والذي أغلق منذ 15 أيار بسبب تسرب الماء الثقيل، ولا يتوقع عودته إلى العمل قبل أواخر عام 2009 حسب معطيات الطاقة الذرية الكندية المحدودة، الجهة المشغلة للمنشأة والمعتمدة من قبل الحكومة.



إن مفاعل OPAL الاسترالي هو الوحيد حالياً الذي يشعع يورانيوم منخفض التخصيب

ينتج هذان المفاعلان مجتمعين، ثلثي المعروض العالمي من الموليبدنوم-99، الذي يتفكك لتشكيل التكنيشيوم 99m وهو نظير يستعمل يومياً في حوالي 70000 عملية تصوير طبي على مستوى العالم.

استدعت عملية الإغلاق هذه مراجعة أساسية للطريقة التي يتم وفقها إنتاج النظائر الطبية وتوزيعها. يعود عمر جميع المفاعلات النووية التجارية الخمسة والتي تستعمل تقنية انشطار اليورانيوم–235 العالي التخصيب، المحرض بالنترونات لإنتاج الموليبدنوم-99، إلى أكثر من 40 سنة مضت، حيث بدأت الصدوع بالظهور. ومن المخطط له أن يغلق مفاعل بيتن ثانية في أوائل عام 2010 لمدة ستة أشهر لإصلاح الأنابيب المشوهة في منظومة تبريده.

عند عدم توافر كلا المفاعلين لفترة زمنية معتبرة عليك حقاً أن تقول: دعونا نصحو ونثب في كل الاتجاهات. وهذا ما قاله توماس روس، كبير الباحثين في مخبر كندا الوطني للفيزياء النووية الجسيمية TRIUMF في فانكوفر.

نشأت هذه المشكلة بسبب عدم إمكانية تخزين النظائر في المستودعات؛ فللموليبدنوم-99 عمر نصف بحدود 66 ساعة وللتكنيشيوم- 99m عمر نصف يبلغ فقط ست ساعات. لذلك يجب شحن الموليبدنوم-99 المنتج في المفاعلات النووية، بسرعة إلى المنشآت التي تعالجه وتنتجه على شكل مولدات التكنيشيوم- 99m والتي تنقل بدورها إلى المشافي بشكل أسبوعي، حيث تُجلب كل صباح لتقدم التكنيشيوم- 99m. ورغم أن المفاعلين الموجودين في بلجيكا وجنوب أفريقيا، سيعملان بكامل استطاعتيهما خلال بضعة الأسابيع القادمة لإنتاج موليبدنوم-99 أكثر من العادة، إلا أن الشركات المزودة للنظائر الطبية تصرح باحتمال عدم مقدرتها لتغطية العجز الحاصل.

إن هذا النقص حاد بشكل بارز في كل من الولايات المتحدة الأمريكية وكندا، ويؤكد ميشال غراهام، مدير الطب النووي في جامعة أيوا ستي ورئيس الجمعية الدولية للطب النووي التي مقرها في فرجينيا، "سيسوء الوضع أكثر، ومن المحتمل إلغاء أو تأجيل الكثير من الدراسات".

خط الأنابيب المسرِّب

ينسق حالياً توافر الموليبدنوم-99m أسبوعياً من قبل رابطة منتجي التصوير ومزودي التجهيزات التي مقرها مدينة بروكسل (AIPES) والتي أخذت المبادرة في السنة الماضية للحث على دور عالمي حول أزمة النظائر. بدأت كل من AIPES ومنظمة التعاون والتطوير الاقتصادي (OECD) التي مقرها باريس، بدراسة إيجاد حلول طويلة الأجل للنقص الحاد في الموليبدنوم-99 في بداية عام 2009، ولكن نظراً لأهمية التكنيشيوم-99m في الرعاية الصحية، تتطلب البنى التحتية للمفاعلات المتقادمة وشبكة التزويد المتباعدة بشكل كبير، إصلاحاً بشكل جذري وسطحي.

يقول جورج سيغال، رئيس خدمات الطب النووي في منظومة الرعاية الصحية Veterans`Affairs Palo Alto في كاليفورنيا: "علينا أن نطوّر ونستثمر في تحديث هذه المفاعلات المتقادمة. فالعديد من هذه المفاعلات قد تجاوزت فعلاً عمرها المفيد ولم يتوقع أحد عند بنائها بأنها ستبقى لازمة إلى هذا الوقت".

ما تزال الحكومة الكندية تعارض الدعوات لتشغيل مفاعلين متعددي الأغراض لبحوث شبكة الفيزياء التطبيقية (MAPLE) حيث بنيا في موقع تشوك ريفر ليحلا محل مفاعل البحث الوطني الشامل الذي عمره 52 عاماً. وقد كان مفاعلا MAPLE أول مفاعلين نوويين في العالم كرِّسا لإنتاج النظائر الطبية لكنهما مازالا يتربصان سباتاً بعدما أوقفت الطاقة الذرية الكندية المحدودة تطويرهما في أيار 2008، بدواعي قضايا أمان مكلفة الحل. فلو شغل هذان المفاعلان وحدهما، لاستطاعا تقديم أكثر من متطلبات العالم الحالية من النظائر الطبية حسب زعم هارولد سميث الذي شغل منصب مدير مشروع MAPLE.

يتطلع بعض مزودي النظائر الطبية نحو مفاعلات البحوث الأكاديمية لملء الثغرة. تتفاوض شركة MDS Nordion (شركة تزويد نظائر طبية مقرها أوتاوا–كندا والتي استثمرت بشكل كبير في مشروع MAPLE سيِّئ الطالع) مع معهد Karpov للكيمياء الفيزيائية في موسكو والذي يملك 90% من أسهم سوق التكنيشيوم-99m في روسيا.

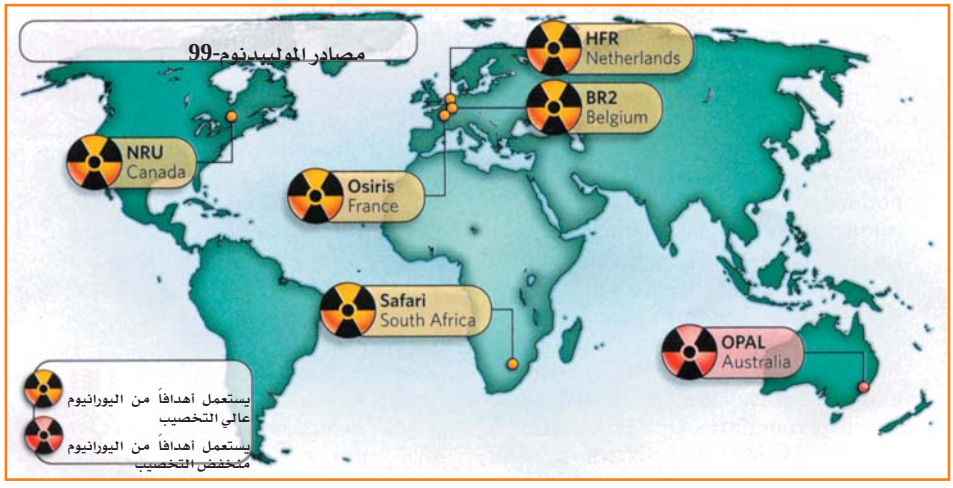
يأمل باحثو جامعة ميونخ التقنية في ألمانيا دعماً مالياً من الحكومة لدعم تحديث منبع النترونات الجامعي FRM II لإنتاج الموليبدنوم-99. فلو استخدمت أهداف يورانيوم-235 عالية التخصيب، يمكن عندها أن يحقق المفاعل بعد وصوله حالة التشغيل القصوى حاجة أوربا من التكنيشيوم-99m هذا ما يقوله وينفرايد بيتري المدير العلمي للمفاعل FRM II.

يقول روس: هناك خيار بديل بقذف إلكترونات عالية الطاقة على أهداف موليبدنوم-100 محررة نترونات ومولدة موليبدنوم-99. يمكن حدوث هذه العملية في مسرعات جسيمية صغيرة مماثلة لتلك المستعملة لصنع نظائر طبية مثل الفلور-18 من أجل مسوح التصوير الطبقي بالإصدار البوزيتروني. ورغم كون هذه الإستراتيجية أقل كفاية من انشطار اليورانيوم-235 إلا أنها تستطيع في حدود دنيا خفض العجز في التكنيشيوم-99m على مستوى محلي.

هناك مسار آخر ممكن، وهو انشطار اليورانيوم-238 المحرض بالإلكترونات. هذا المسار أيضاً سوف يجنب الحاجة إلى المفاعلات النووية رغم أنه يتطلب أن يجري في مسرعات عالية الاستطاعة مكرسة لهذا الغرض (توماس روس Nature,457,536-537-2009).

في الوقت الحاضر، يبقى انشطار اليورانيوم-235 الطريقة الأكثر كفاية لتوليد الموليبدنوم-99 بالكميات المطلوبة من قبل المجتمع الطبي. وعلى كل حال، فإن الاعتماد على اليورانيوم-235 العالي التخصيب جعل العديد من الحكومات تعارض بناء مفاعلات أخرى بسبب الخوف من إمكانية استعمال المواد المستخدمة لصنع أسلحة نووية.

إن مفاعل OPAL الأسترالي الموجود في نيوساوزويلز، هو المفاعل الوحيد في العالم الذي يشعع أهداف يورانيوم-235 منخفضة التخصيب والذي يضمن أقل تهديداً بالانتشار كما يولد نفايات أقل



خطورة. على كل حال فإن جامعة ميسوري في كولومبيا تبحث عن تمويل لتحديث مفاعلها النووي حيث ينص المقترح بإمكانية البدء بإنتاج الموليبدنوم-99 من اليورانيوم المنخفض التخصيب في نهاية عام 2011. في غضون ذلك، فإن شركة بناء المفاعلات Babcock&Wilcox في لينشبرغ–فرجينيا وبالمشاركة مع مزود النظائر الطبية Covidien of Mansfield ماساشوستس، تريد بناء سلسلة من المفاعلات النووية الصغيرة ذات قلب سائل جديد، تستعمل اليورانيوم المنخفض التخصيب.

أخيراً تحتاج حالياً الحكومات إلى ضمان الإمداد الطويل الأمد بالنظائر الطبية، ويقول غراهام: "إن حاجاتهم أن يكون هناك جهد أساسي في دول عديدة من أجل تحويل المفاعلات الموجودة أو بناء مفاعلات جديدة لضمان إمداد بالموليبدنوم-99، طويل الأجل ومستقر".

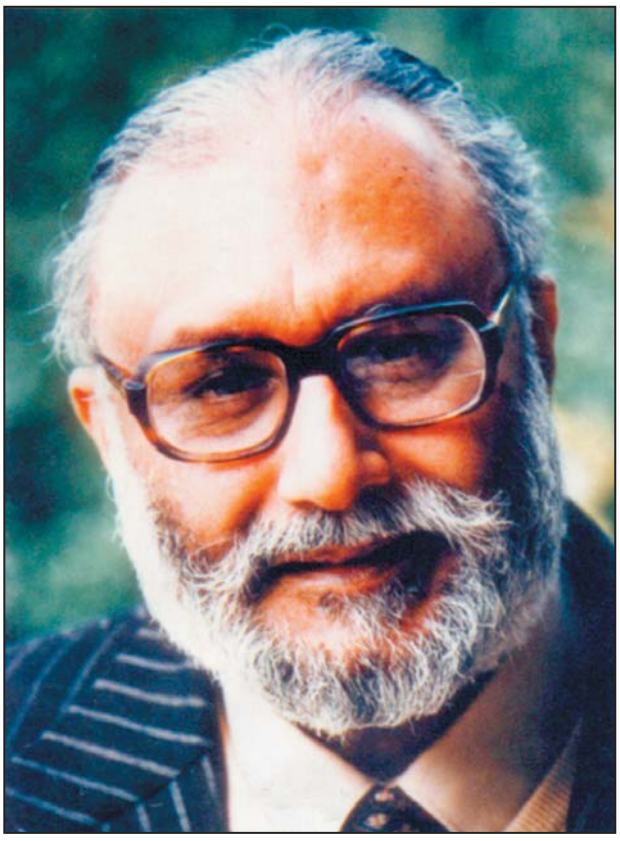
نُشر هذا الخبر في مجلة Nature,Vol 460, 16 July 2009.
ترجمة د. توفيق ياسين، عضو هيئة التحرير.

الحياة المميّزة لعبد السلام

محمد عبد السلام أول عالم مسلم يحصل على جائزة نوبل للفيزياء عام 1979، ويتقاسمها مع شيلدون غلاشو Sheldon Glashow وستيفن وينبيرغ Steven Weinberg لعملهم في توحيد التآثرات الكهرمغنطيسية والضعيفة وهو ما يعرف بنظرية الكهرضعيفة electroweak theory.

تقدم مجلة عالم الذرّة العرض والتحليل الذي أعده جون موفات John Moffat (حيث كان عبد السلام مشرفاً على رسالته في تحضير الدكتوراه في جامعة كامبردج عام 1958) عن الكتاب الذي ألفه غوردون فريزر Gordon Fraser عن العالم عبد السلام عنوانه: "غضب كوني: عبد السلام أول عالم مسلم يحمل جائزة نوبل Cosmic Anger: Abdus Salam-The First Muslim Nobel Scientist".

ولد عبد السلام في 29 كانون الثاني/يناير عام 1926 في الهند التي كانت آنذاك خاضعة للحكم الإنكليزي. واستجابة لحلم خالج والده، العضو في أقلية مسلمة من طائفة الأحمديّة، سماه عبد السلام، أو "خادم السلام". أظهر عبد السلام كفاءة استثنائية مميّزة عندما كان طالباً في المدرسة، وفي جامعة لاهور حصل على أعلى علامة في الامتحانات. يصف فريزر في كتابه تقدم عبد السلام السريع في حياته الأكاديمية وكيف تفوق في الامتحانات الحسابية في جامعة كامبردج في المملكة المتحدة، حيث كان مدعوماً بمنحة



خادم السلام: كان عبد السلام الحائز على جائزة نوبل ضوءاً هادياً لفيزياء العالم النامي.

مدرسية من الحكومة الهندية.

تتضمن معظم تفاصيل الكتاب العمل الأولي الهام لعبد السلام، الذي بدأ حتى قبل أن يحصل على شهادة الدكتوراه من كامبردج عام 1952، وهو تحليل نظرية إعادة الاستنظام renormalization theory ونظرية الحقل الكمومي quantum field theory. كما وصف عمله مع بول ستونتون ماثيوز Paul Staunton Matthews، والذي بدأ بتعاون وصداقة داما طيلة حياة عبد السلام. بيّن فريزر كيف كان عبد السلام يعتمد في حياته العلمية على مداخلات من ماثيوز ومشاركين آخرين مهمين، بمن فيهم جون ستراثدي John Strathdee وجون وارد John Ward وجوغش باتي Jogesh Pati. فقد لعبوا دوراً مهماً كذخيرة لسبر الأفكار الكثيرة التي كانت تدور بنشاط في دماغ عبد السلام واستبعاد الخاطئة منها. وقد كان من النادر أن ينشر عبد السلام ورقة علمية في الفيزياء دون أن تتضمن اسم مشارك له.

لقد كان عبد السلام مشرفاً على رسالتي في الدكتوراه في كامبردج، وفي عام 1958 حصلت على وظيفة ما بعد الدكتوراه في مجموعة بحث فيزياء الجسيمات في المعهد الملكي اللندني، حيث كان أستاذاً في الرياضيات التطبيقية منذ العام 1957 وحتى تقاعده. لقد كنت الشاهد الأول على كيفية تطوير عبد السلام لأفكاره، وبإمكاني التأكيد أن فريزر أعطى عملية التطوير القيمة الحقيقية التي تستحقها. كنا نلتقي خلال فرص الغداء اليومية، ماثيوز وجون تايلور John Taylor وأنا، في غرفة الجلوس بالكلية الملكية بهدف لقاء عبد السلام، الذي كان يرغب في التحدث إلينا عن أحدث أفكاره. وقد كنا ننتقدها عادة. رغم ذلك، لم نكن في بعض الحالات قادرين على تخريب واحدة من نظرياته، وفي آخر الأمر كانت تنشر بالاشتراك مع ماثيوز.

وفي ذاك الوقت، كان عبد السلام محبطاً بشدة لأنه كان مشغولاً بشكل منعزل بفكرة انتهاك التكافؤ في التفاعلات الضعيفة، وقام خطأً بإرسال مخطوطة لـ وولف غانغ باولي Wolfgang Pauli في زيورخ. فرفض باولي الفكرة وبشكل ساخر، مدعياً أن التكافؤ لا يمكن انتهاكه. قدّم فريزر تفسيراً مفحماً كيف أن تسونغ داو لي Tsung-Dao Lee وشين ننغ يانغ Chen-Ning Yang، اللذين لم يتواصلا مع باولي، نشرا ورقتهما مفترضين انتهاك التكافؤ في التفاعلات الضعيفة، وتقاسما جائزة نوبل للعام 1957 من أجل عملهما هذا. بعد هذه التجربة، أصبح عبد السلام يصرُّ دائماً على نشر جميع نظرياته، جيدة كانت أم سيئة، معطياً بذلك الفرصة لكل صحيح أن يُثبَت، فينال بدوره نتيجة عمله وتعبه.

فريزر، المحرر السابق لمجلة ساعي سيرن CERN Courier Magazine، هو كاتب علمي ذو خبرة جيدة في الفيزياء. رغم ذلك، فقد أخفق فريزر في الفصل الثاني الذي وصف فيه علم نظرية الكهرضعيفة، إذ لم يوضّح بشكل كافٍ أن المحور الأساسي للإنجازات المشتركة لـ وينبيرغ عام 1967 وعبد السلام عام 1968، والتي تقاسما بموجبها جائزة نوبل مع غلاشو، هو جسيم هيغز Higgs. وعند تقديم جائزة نوبل لم يكن ذلك قد اكتشف بعد، ولازال الحال عمّا هو عليه إلى الآن. لذا لابد من مراجعة المفاهيم الهامة لنظرية الكهرضعيفة.

من جهة أخرى، نجد بحثَ فريزر الدقيق جليّاً في توصيف الاضطراب السياسي الذي قاد إلى تشكل دولة باكستان بغالبية مسلمة، وهذا ما لعب دوراً في قرار عبد السلام مغادرة مسقط رأسه بعد قيود محددة فرضت على كلية لاهور الحكومية وعلى جامعة البنجاب في بداية خمسينيات القرن الماضي. تحتوي الفصول الأولى على تفسير مهم لتاريخ شبه القارة الهندية، الذي قاد إلى انفصال الهند وباكستان عندما انتهى الحكم البريطاني في العام 1947. ويجب على القارئ أن يكون متأنياً في متابعة التطورات السياسية قبل أن ينخرط في تفاصيل أحداث حياة عبد السلام، وقد يتمنى البعض تجاوز هذا الجزء من الكتاب.

رغم ذلك، إن بعض المعلومات في هذه القصة تبدو ضرورية لفهم السيرة المهنية التالية لعبد السلام، بما في ذلك قراره إنشاءَ المركز الدولي للفيزياء النظرية International Center for Theoretical Physics (ICTP) في تريستا بإيطاليا، والذي مكّن الفيزيائيين الشباب من الدول النامية من القيام بأبحاثهم، مع البقاء مرتبطين بوطنهم الأم. وصّف فريزر بدقة كيف أن إيمان عبد السلام بالإسلام كان أساسياً في حياته وفي إبداعه كفيزيائي، وكيف جعله ذلك في آخر الأمر غير متحيز لبلده الأم بسبب انتسابه المستمر للطائفة الأحمدية.

تقدم عبد السلام في العام 1987 بترشيح نفسه ليكون مديراً عاماً لليونسكو (UNESCO) لكنه خسر لصالح الإسباني فريديريكو مايور زاراغوزا Frederico Mayor Zaragoza. أشار فريزر إلى أن بعض زملاء عبد السلام كانوا مسرورين لهذه النتيجة لأنه لم يكن واضحاً بالنسبة لهم كيف سينفذ مهامه الصعبة كمسؤول عن اليونسكو في الوقت الذي سيقوم فيه بكامل واجباته كأستاذ في لندن. وكما يبين فريزر، فقد بذل عبد السلام جهداً استثنائياً متنقلاً من دولة إلى أخرى، مترقياً ببحثه الفيزيائي ومحاولاً الحصول على تمويلات لدعم ICTP.

لخّص فريزر دور عبد السلام العلمي بشكل متأرجح: "إن مساهماته العلمية الأساسية: نظرية استبعاد إعادة التطبيع في بداية ستينيات القرن الماضي وتضمين نترينو عديم الكتلة في 1956 وتوحيد التفاعلات الضعيفة والكهرمغنطيسية في العام 1968، سبق وتم التوصل إليها أو على الأقل كان يمكن لغيره أن ينجزها". ومن جهة أخرى، أكد على مساهمات عبد السلام الأساسية في تفعيل الثقافة في الدول النامية وفي تحسين حالة العلم الحديث في الدول الإسلامية. كما أشار إلى أن المركز ICTP أصبح قيمة نموذجية بالنسبة لمراكز بحثية دولية لاحقة.

وعلى الرغم من أن ادعاء فريزر بأن مساهمات عبد السلام في الفيزياء سبق وتم اكتشافها من قبل، إلاّ أن هذا النقد يمكن أن يوجّه إلى اكتشافات مهمة وعديدة أخرى في الفيزياء، بما في ذلك تطوير النظرية النسبية في بداية القرن الماضي، حيث إن فيزيائيين آخرين، إضافة لآينشتاين، كانوا يبحثون في هذه النظرية. وهكذا، فإن كتاب فريزر، رغم عنوانه المحيّر، يمكن أن يشكل السيرة الذاتية المميزة لعبد السلام. فقد كُتِبَ بشفافيةٍ عالية وبطريقة تجذب الفيزيائيين وغير الفيزيائيين على حدٍّ سواء.

◄ *نُشر هذا الخبر في مجلة* Physics World, December 2008.

ترجمة د. عادل حرفوش، رئاسة هيئة التحرير.

دروس في الاصطناع الكيميائي تَعرضُها الطبيعة

تهدف عمليات الاصطناع في الكيمياء العضوية إلى الحصول على مركب واحد، أو على عدد قليل من مماثلاته على الأكثر. لكن قراءة صفحة من كتاب الطبيعة، يفتح الباب على مصراعيه أمام إستراتيجية اصطناع أسرة كاملة من المركبات.

لعبت المركبات الموجودة في الطبيعية، المعروفة لدى الكيميائيين بـ 'المنتجات الطبيعية'، دوراً مرجعياً ثابتاً في عملية اكتشاف العقاقير. فالكثير منها يتمتع بفعاليات حيوية مفيدة، ويشكل مرتكزاً لاصطناع أصناف جديدة لوسائل علاجية. إن ما يحدُّ من إمكانية اصطناع هذه الأصناف الجديدة هو الإتاحة المحدودة لكثير من المنتجات الطبيعية التي غالباً ما توجد بكميات قليلة جداً في متعضياتها الأصلية. إن اصطناع مركبات مماثلة للمنتجات الطبيعية انطلاقاً من مركبات بسيطة هو حقل بحثي هام، لأنه يزيد من فرصة إتاحة تصنيع مركب موجود في الطبيعة، ويتيح أيضاً تحضير مركبات مماثلة متعددة قد تكون لها فعالية أفضل من المركب الطبيعي. ففي الصفحة رقم 824 من العدد 459 الصادر في 11 حزيران /يونيو 2009 من مجلة Nature مقالاً للمؤلفَين شين Chen وباران Baran يصف تقدماً هائلاً في هذا المجال: يتلخص هذا التقدم في استراتيجية مستوحاة من محاكاة حيوية أتاحت تركيباً سريعاً لمجموعة من منتجات تربينية طبيعية، انطلاقاً من مركب متوسط مشترك.

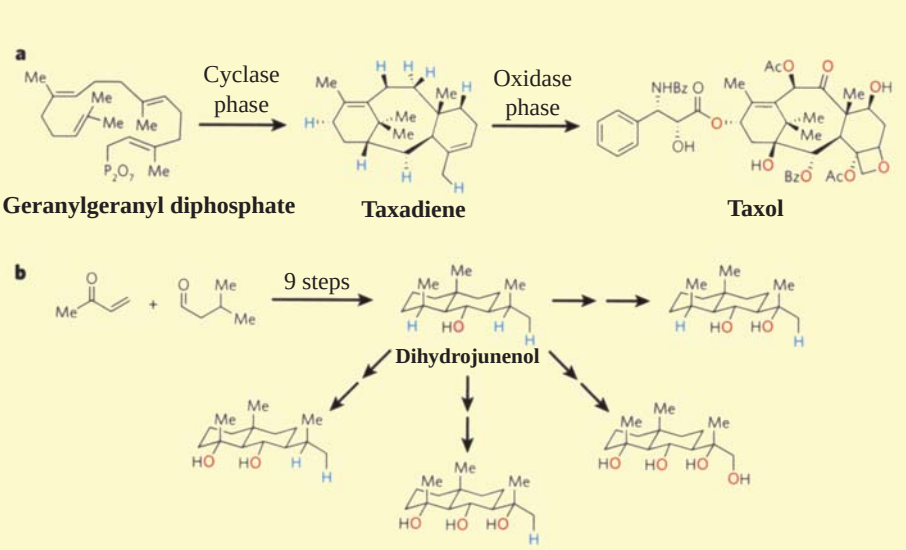
ركزت مجموعة باران على تصميم مثل هذه الاستراتيجيات من أجل تركيب سريع لمواد شبه قلوية alkloid (حاوية على النتروجين) طبيعية. تبدي التربينات terpenes، وهي مركبات تحتوي سلاسل كربونية مطعمة بمجموعات تحوي الأكسجين، تحديات اصطناعية مختلفة، وتشكل الطراز الأوسع انتشاراً بين المواد الطبيعية، فارضة أدوارها كمعطّرات ومنكّهات ومستحضرات صيدلانيّة. أدرك شين وباران أن الاصطناعات الحيوية biosyntheses للتربين، بالمقارنة مع اصطناعاتها المخبرية التقليدية، تكون بالغة الانسيابية، إذ يتم بدايةً توليد أجزاء مركزية هدروكربونية hydrocarbon cores بسيطة نسبياً (خالية من مجموعات كيميائية أخرى) وذلك باستخدام مجموعة مرجعية من أنزيمات خمائر–حلقية cyclase enzymes. ومن ثم يتم إدخال تنوّع بنيوي عبر سلسة من تفاعلات أكسدة، قادرة على ضم مجموعات محتوية على الأكسجين إلى مواقع محددة في الجزء المركزي الهدروكربوني.

يوضح المؤلفان الفروقات بين الاصطناعات الحيوية والمخبرية للتربينات في حالة التاكسول Taxol (paclitaxel)، وهو تربين يستخدم بوصفه عاملاً مضاداً للسرطان (انظر الشكل 1-a). التاكسول هو جزيء معقد بنيوياً، وتكون اصطناعاته المخبرية طويلة وغير مجدية، إذ تتولد كميات صغيرة (بحدود المليغرام) فقط من المادة. يمكن تحضير المركب بكميات كبيرة من مصدره الطبيعي (أشجار الطَّقْسوس في

منطقة المحيط الهادي)؛ في الواقع، يمكن عزل التاكسول، الذي يحتوي غالبية التعقيدات البنيوية كعامل مضاد للسرطنة، بكميات من مرتبة الأطنان سنوياً انطلاقاً من شجر الطَّقْسوس الأوربي، ويتم استخدامه في إنتاج كميات كبيرة من العقار. وإذا ما استخدمت الاستراتيجية المقترحة من قِبَل الكاتبين، أو ما يماثلها، في التحضير المخبري للتاكسول وتربينات أخرى، لن تكون الاصطناعات الكيميائية الناتجة سريعة وعمليةً اقتصادياً فحسب، بل ستوفر أصالة هذه المقاربة امتيازات فيما يخص تحضير طيف متنوع من منتجات التربين الطبيعية أيضاً.

يصنع الكيميائيون العضويون بشكل تقليدي مركباتهم من خلال التحكم بفعالية المجموعات الوظيفية، أي المواقع الفعالة ضمن جزيء الانطلاق (الركازة). تتضمن هذه المواقع الفعالة عادة روابط غير مشبعة ومستقطبة أو روابط ضعيفة. غير أن معظم الجزيئات العضوية تتضمن روابط كربون–كربون وكربون–هدروجين (C-H) قوية وغير قطبية، وهي روابط مستقرة تجاه غالبية الشروط التفاعلية. توجد حالياً برامج بحثية عديدة تتطلع إلى تحدي مبدأ اصطناع ثابت من خلال تطوير تفاعلات يتم فيها تورُّط الروابط كربون–هدروجين. ولأن هذه الروابط مسيطرة في الجزيئات العضوية، فالمهارة في توجيه التفاعلات نحو روابط كربون–هدروجين محددة تُعدُّ تحدياً هائلاً يواجه الباحثين في مجال الكيمياء العضوية. إن مقاربة شين وباران لتصنيع التربينات هي مغامرة على وجه الخصوص لأنها تتطلب تفاعلات متتالية عديدة لأكسدة الرابطة كربون–هدروجين. ويجب تنفيذ كل من هذه التفاعلات بانتقاء تحكُّم متقن، نظراً لأن الجزيئات المعنية تحتوي مواقع عديدة قابلة لمثل هذه التفاعلات، وإلا فأكسدة المواقع الخاطئة ستقود إلى تشكّل مواد ثانوية secondary products وتقلّل بالتالي من مردود المنتج المطلوب.

يوضّح شين وباران مبدأ إستراتيجيتهم في الاصطناع من خلال تصنيع خمسة مركبات تربينية من نمط إيدسمان (الشكل b-1). ولتنفيذ ذلك بدأا بتحضير سريع لـ ثنائي هدروجونينول dihydrojunenol، وذلك وفق عدد عملي من المراحل والمردود الإجمالي، حاصلين على كمية وفيرة من مادة تمثل المنطلق للوصول إلى الأهداف المتبقية. تحتوي مادة ثنائي هدروجونينول مجموعة وظيفية واحدة فقط (مجموعة هدروكسيل، OH)، وهكذا يحاكي تحضيرها طور الخميرة الحلقية في الاصطناع الحيوي للتربين. ومن ثم يستخدم المولفان مجموعة الهدروكسيل بوصفها حاملاً كيميائياً للتحكم بأكسدة مواقع C-H المختلفة المختارة، وهكذا تتم محاكاة الطور الثاني في الاصطناع الحيوي للتربين. وبهذه الطريقة صنّع الباحثان، بواسطة مراحل تصنيع قليلة جداً بالمقارنة مع مقاربات التصنيع التقليدية،



اصطناعات التربينات الحيوية والمحاكية للحيوية

a, تمر الاصطناعات الحيوية لجزيئات التربين بعمليات ثنائية الطور، كما هو موضح في حالة التاكسول المنتج طبيعياً والذي يعمل كمضاد سرطاني. ففي الطور الأول، يتحول الجزيء الأولي (جيرانيلجيرانيل ثنائي الفسفات geranylgeranyl diphosphate) بوساطة خمائر حلقية cyclases إلى سلسلة هدروكربونية (تاكساديين taxadiene). ومن ثم تحل خمائر مُؤكسِدة oxidases محل ذرات هدروجين مختارة (زرقاء) من السلسلة المتضمنة مجموعات حاوية على الأكسجين (حمراء) لتشكيل التاكسول. Me هي عبارة عن مجموعة ميثيل methyl group; Bz هي مجموعة بنـزويل benzoyl group; Ac هي مجموعة أسيتيل acetyl group.

b, يقلّد شين وباران هذه المقاربة في اصطناعاتهما الكيميائية لتربينات الإيدسمان eudesmane terpenes. ففي الطور الأول صنّعا ثنائي هدروجونينول dihydrojunenol، وهو تربين بسيط يشكل السلسلة لمركبات أخرى عديدة. ومن ثم حوّلا واحدة أو أكثر من ذرات الهدروجين في ثنائي هدروجونينول إلى مجموعات هدروكسيلية في متتاليات من تفاعلات أكسدة مُحدَّدة المواقع، وذلك للحصول على أربعة منتجات طبيعية إضافية.

أربعة منتجات طبيعية إضافية من تربينات إيدسمان.

خففت الفعالية الرائعة لاستراتيجية شين وباران في تصنيع تربينات إيدسمان من سلطة التفاعلات الوظيفية في اختيار مواقع C-H في الاصطناع العضوي. تستند مقاربة المؤلفين بشكل شامل على تأثير مجموعة هدروكسيل ثنائي هدروجونينول في توجيه تفاعلات الأكسدة إلى مواقع محددة في الجزيء، لكن هناك طرائق جديدة لإحداث تفاعلات وظيفية تحفز الرابطة C-H، ولا تتطلب توجيه المجموعات نحو المادة الخاضعة لفعل الخمائر. ونظراً لنضوج هذه الطرائق، فقد أصبحت على الأرجح حيوية لإشاعة استراتيجيات مستخدمة من أجل تسهيل الاصطناع الكلي للمواد الطبيعية ومشتقاتها.

نُشر هذا الخبر في مجلة Nature,Vol 459, 11 June 2009.

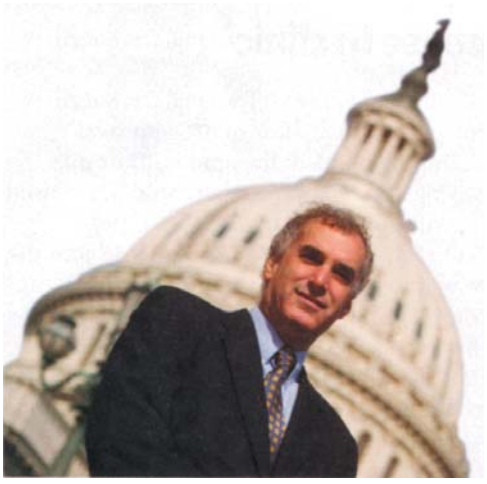
ترجمة د. عادل حرفوش، رئاسة هيئة التحرير.

مستقبل المناخ

إن اتخاذ قرار في كيفية تقييم برنامج السقوف والمقايضة cap-and-trade*، يثير بعض الأسئلة الشائكة، على حدّ تعبير ديفيد غولدستون David Goldston.

يصف العلماء أحياناً الطريقة التي تُغيّر بها الأنشطة الإنسانية تركيب الغلاف الجوي للأرض بكونها تجربة ضخمة (وخطيرة): إننا لا نعرف ما يكفي حول التعقيدات التي تكتنف النظام المناخي وذلك حتى نُقيِّم بشكلٍ كاملٍ تأثيرات ارتفاع مستويات غاز الدفيئة. والأمر الذي أُغفل ذكره بشكلٍ ما هو كون علاج التغيّر المناخي العالمي يتمثل أيضاً بتجربة ضخمة (وهي ضرورية بالرغم من ذلك): فنحن لا نعرف ما يكفي حول تعقيدات المنظومة الاقتصادية حتى نُقيِّم جميع تأثيرات نظام السقوف والمقايضة كاملة بغية الحدّ من انبعاثات غاز الدفيئة. إن هذه الشكوك تمثل سبباً يدفعنا للانتباه إلى جزئيتين قلما تلاحظان عن القانون المناخي الذي يبدأ حالياً ليأخذ طريقه من خلال مجلس الكونغرس الأمريكي: القسم المتعلق بالبحث، ولاسيما القسم المتعلق بتقييم البرنامج.

وبالطبع فالحقيقة التي تستحق الذكر هي كون القانون المناخي في طور التحرك، على الرغم من كون الوقت ما يزال مبكراً جداً لمعرفة إذا ما كان سيمر عبر مجلس النواب ومجلس الشيوخ. لقد كان الحدث مفصلياً عندما وافقت لجنة مجلس النواب للطاقة والتجارة في 21 من شهر أيار/مايو على مشروع قانون (مؤلف من



ما يقارب 1000 صفحة) للعمل على الحدّ من انبعاثات غاز الدفيئة في الولايات المتحدة. لقد كان هذا التصويت الأول من نوعه في المجلس لمشروع قرارٍ شاملٍ، والأهم من ذلك كونها المرة الأولى التي يعمل بها الكونغرس على تشريع مناخي مع رئيس يتولى التوقيع عليه كي يصبح قانوناً. ومن أجل ذلك قامت مجموعات صناعية، متضمنةً تلك التي تمثل خدمات الطاقة الكهربائية ومحطات تكرير

* برنامج أو آلية "السقوف والمقايضة" نظام يحدّد مستويات انبعاثات الغازات المسبّبة للاحتباس الحراري، ويلزم لكلّ منشأة صناعية نظامية.

النفط (مصفاة التكرير)، بعقد اتفاقات مع راعيي مشروع القانون، وهما الديمقراطيان هنري واكسمان Henry Waxman من كاليفورنيا وإدوارد ماركي وEdward Markey من ماساتشوستس.

إن أكثر ما تريده الصناعة من البرنامج المناخي هو الثقة التنظيمية. بيد أن أي مشروع قانون لا بد له ليغدو مؤثراً من أن يكون منفتحاً على التعديل على اعتبار أنه ما يزال هنالك المزيد لنعرفه حول كلٍّ من المناخ ونتائج القانون. يتضمن مشروع قانون واكسمان–ماركي عدة بنود تتطلب تقييم برنامج السقوف والمقايضة. ومع أن هذا يبدو بسيطاً، فهو يثير بعض الأسئلة الأساسية: كم يلزم من الوقت لتتم إعادة مراجعة البرنامج؟ ومن الذي يجب أن يقوم باختباره؟ ما المصير الذي ينبغي عليهم تقييمه؟ ما المصير الذي ستؤول إليه توصياتهم؟

إن أغلب مشاريع قوانين المناخ توكِلُ أمر التقييم إلى لجنة حكومية وسيطة أو إلى الأكاديمية الوطنية للعلوم National Academy of Sciences. إن محاسن اللجنة الحكومية تتلخص في كون أعضائها يتميزون بمعرفتهم المبدئية لمدى نجاح عمل مراقبة الانبعاثات وما هي مستويات الانبعاثات التي يتم تسجيلها، وأن بمقدورهم إعطاء توصيات بشكل مناسب. وتتمثل حسنات الأكاديمية بمكانتها واستقلاليتها المفترضة، إلا أن المهمة قد تقود الأكاديمية إلى مجالاتٍ قد ترهق خبرتها وقد يتطلب الأمر منها تقييم أسئلتها التي تنطوي على القيم والعلم على حدٍّ سواء. وليس ثمّة إجابة صحيحة وحيدة، كاتخاذ قرارٍ يختص بمقدار المال الذي ينبغي لمجتمع ما أن ينفقه ليقاوم حدوث أثر محتمل للتغيّر المناخي على سبيل المثال. بالإضافة إلى ذلك، فإن إلزام الأكاديمية بالانخراط في كل أوجه الجدل المناخي يمكن أن يضعف من مقدرتها على العمل كـ "وسيط صادق" في مجموعةٍ من القضايا –وهو دور وظيفي حيوي لا تقدر على القيام به إلا قلةٌ من المؤسسات الأخرى.

يتميز مشروع قرار واكسمان–ماركي بتبنّيه للوجهين معاً: مطالبة إدارة حماية البيئة Environmental Protection Agency EPA بتقديم تقرير للكونغرس الأمريكي مرةً كلّ أربع سنوات، ومن ثم جعل الأكاديمية تصدر مراجعة لهذا التقرير في السنة التالية لتقديمه. سيكون التقرير شاملاً، ومتضمناً مراقبة مستويات الانبعاثات الأمريكية والدولية، مع آثارها، ومعرفة ما إذا كان يتوجب تغيير الحدود العليا للمواد المنبعثة. إن هذا الدمج بين إصدار تقرير ومراجعة قد يكون الأفضل لكلا العالَمين، وخصوصاً إذا كانت احتمالية نجاح رقابة الأكاديمية تجعل من EPA أكثر دقةً، إلا أنها يمكن أيضاً أن تضرم صراعاً علنياً بين الأكاديمية والإدارة، أو تدفع لجنة الأكاديمية لخفض أشرعتها (الحدّ من المقاومة) وذلك لتفادي صراعٍ كهذا.

بموجب مشروع القانون، ستقوم الأكاديمية أيضاً بتقديم تقرير إضافي مرةً كل أربع سنوات حول "إمكانية خفض الانبعاثات، وإمكانية النجاح على الصعيد التجاري، واختراق السوق، وتوجهات الاستثمار وانتشار التقانات التي يمكنها خفض نسبة الانبعاثات. والمثير في الأمر، أن مشروع القانون يتطلب أن تقوم لجنة الأكاديمية بـ "إدراج مشاركة الخبراء التقنيين من القطاعات الصناعية الخاصة المثيلة". إنها فكرةٌ معقولةٌ وربما تكون بالفعل الطريقة الوحيدة لاستغلال الخبرات اللازمة. إلا أنها تُصعّد من طيف اتهاماتٍ بتصادم المصالح، وتشير إلى نقطتين؛ أولاهما إمكانية اتساع مدى هذا التقرير بالنسبة للأكاديمية، وثانيهما: مدى الصعوبة التي يواجهها أي تقرير حول الموضوع ليتم اعتباره موضوعياً.

بعد عام من إصدار الأكاديمية لوثيقتيها الاثنتين، يُخوّل مشروع القانون الرئيس ليقوم بتوجيه الوكالات الفدرالية "لاتخاذ الإجراءات التي عرَّفتها تقارير الـ (EPA) والأكاديمية". يقترب ذلك من مطالبة الرئيس القيام بمتابعة توصيات الأكاديمية –وهي فكرة سيئة، وذلك لأن توصيات الخطة تتضمن ما هو أكثر من العلم، ولا ينبغي لها أن توكَل إلى لجنةٍ غير قابلة للمحاسبة اختيرت من قبل الأكاديمية. لكن التغيّر الجوهري الأكبر الذي يمكن التوصية به –وهو تغيير الحدّ العام لسقف الانبعاثات– يمكن أن يتطلب إجراءات من الكونغرس.

لقد كان ثمّة القليل من العلماء والفرق العلمية ممن ناقشوا بهذه اللهجة (وقد طلبت مني اللجنة إبداء الرأي في وقت مبكر ودون إفادتي بأي نصوص)، إلا أن هذه الناحية من مشروع القانون تستحق مناقشة أوسع –متضمنة كلّ ما يتعلق بآليات (عملٍ) جديدة ينبغي خلقها بالنسبة للآراء في نقطة التقاطع العلمية هذه، والتقانة، والسياسة. لا يحتمل أن يبقى التشريع المناخي ثابتاً طوال الأربعين عاماً التي يغطيها مشروع القانون، كما أن الكيفية التي ستوضع بها التغيّرات المحتملة لدى صناع القرار، يمكن أن تبرهن على أهميتها.

إن إحدى مظاهر مشروع القانون والتي يحتمل أن تكون موضوع النقاش الأكبر خلال الأشهر القادمة هي إمكانية وكيفية تمويله للبحث العلمي. وعلى الرغم من أن الرئيس باراك أوباما اقترح تخصيص 10 بلايين دولار أمريكي في كلّ عام للبحث والتطوير، إلا أن مشروع قانون واكسمان–ماركي يتضمن فقط حوالي 1 مليون دولار أمريكي في كلّ عام لإعداد مراكز البحث الجامعية (مع أنه توجد أموال أكثر مخصّصة للتطوير التقاني). ولم يقم أي من حكومة أوباما ولا حتى أعضاء الدفاع عن الجامعة بالإلحاح على هذه النقطة

بعد، إلا أن مجموعات الجامعة تخطّط لمناقشتها في حين تتقدّم عجلة مشروع القانون قدماً. ويُعدُّ التمويل في مشروع قانون واكسمان–ماركي مهمّاً بشكل خاص لأنه سيكون متوفراً دون وجود المزيد من العمل من قبل الكونغرس، فليس ثمّة حاجة لتمريره كجزءٍ من المعارك السنوية حول التشريع الإنفاقي.

ومن غير المفاجئ أن هذه البنود كانت تجري دونما رقابةٍ حتى الآن، فمشروع القانون بأكمله لم يحظَ إلا بالقليل من التغطية الإعلامية الواضحة (في الصفحة الأولى من الصحف)، إلا أن تقييم البرنامج والبحث يحتاج إلى أن يكون جزءاً من النقاش بينما يتحرك (مشروع القانون) قدماً –وذلك لأن أي تشريع مناخي لا يستطيع أن يحصل على كلّ شيء بصورة صحيحة حين يطبَّق للمرة الأولى.

نُشر هذا الخبر في مجلة Nature,Vol 459, 4 June 2009.
ترجمة هيئة الطاقة الذرّية السورية.

The Andromeda galaxy.

الشَّوَش الخفي في النظام الكوني

"المجرّات كالفيَلة، لها ذاكرة مديدة"، هذا ما ذكرته مقالة مؤثّرة منذ ثمانينيات القرن الماضي. إن نظرة عميقة لهذه الذواكر كانت قد أفشت بعض الحقائق المذهلة عن تاريخ مجرّة أندروميدا Andromeda galaxy المجاورة لنا.

في الأدبيات العامة والكتب التدريسية في المرحلة الجامعية الأولى، تدعى المجرّات لبنات البناء لهذا الكون. وهذا يدل ضمناً على أن المجرّات هي لبنات مفردة، مكتملة، لا يمكن تجزئتها ومنها تتكون كلّ البنى الكونية الأخرى. فعلاً، ولزمن طويل كان هذا الرأي

مشتركاً لدى العديد من الفلكيين. وبالنتيجة، فإن معظم المجرّات التي نراها اليوم في الكتب وعلى شبكة الإنترنت –وحتى في مطار Chicago's O'Hare الدولي، الذي احتفل في العام 2009 باعتباره عاماً عالمياً للفلك من خلال تزيين أروقته بصور فلكية– هي مجرّات كاملة بالتناظرات في أشكالها الخارجية. يعود هذا الاعتبار للجمال الخاص بمظهر المجرّات، وبدرجة كبيرة، إلى إدون هَبِل Edwin Hubble، وما يزال تصنيفه للمجرّات اعتماداً على مظاهرها وخواصها البنيوية مستخَدماً بشكل واسع في أيامنا هذه. ولكن هذا الكمال لم يكن مكتملاً، وكان على هَبِل أن يتخطّى كل الاستثناءات التي لم تتوافق مع صنفيه الرئيسيين من مجسّمات القطوع الناقصة التامة أو من الأقراص الحلزونية التامة Perfect ellipsoid and spiral disks، وهو يضعها في صنف "المجرّات غير المنتظمة". هذه المجرّات غير المنتظمة هي دائماً عرضة للتصادم أو الاندماج مع مجرّات أخرى. المجرّات هي منظومات كبيرة ومعقدة، وعندما تتصادم يصبح كل شيء عرضة للفوضى.

وكما يستمتع المهندسون المعماريون بالجمال الدقيق لمبانيهم الجديدة ويزدرون بشاعة الخراب، فإن العديد من علماء الفلك في القرن العشرين عبّروا عن ازدرائهم لذلك الصنف (وهو ليس صغيراً) من المجرّات غير المنتظمة بتسميتها حطام قطار train wrecks. ولكن حالما أصبح المقراب (التلسكوب) أكبر والكاميرات الفلكية أكثر دقة، وجد العديد من الفلكيين أنفسهم يقومون بدور علماء آثار أكثر منهم مهندسين معماريين –وذلك بالنسبة للنقطة التي يتم فيها تبنّي كلمة (علم الآثار) في دراساتهم. عرض ماك كونّاشي McConnachie ومساعدوه في مجلة Nature مراجعة آثارية عامة عن مجرّة بان أندروميدا Andromeda Pan- (PAndAS)، وهي مثال ممتاز عن علم الآثار المتعلق بالمجرّات في ساحتنا الكونية الخاصة. بدأت هذه المجموعة الكبيرة من الفلكيين دراسة شاقّة وحذرة باستعمال مقراب هاواي–فرنسا–كندا قطره 3.6 متر ليرسموا وبحساسية عالية غير مسبوقة (أو بعمق كما يحب علماء الفلك تسميتها) خارطة قطاع واسع حول مجرّة أندروميدا، وهي المجرّة الأخت والمجاورة لمجرّتنا درب التبانة Milky Way.

تتواجد مجرتا درب التبانة وأندروميدا في زاوية غير بارزة من الكون وبصورة متخالفة. ويحتلّ كلٌّ من المجرّتين مرتبة "السيدة الأولى" بالنسبة لجيرانهما، ولكلّ واحدة منهما حوالي 100 بليون نجم، وتُحاط كلٌّ منهما بمجرّات قمرية تتراوح ما بين صغيرة (تحتوي بليوني نجم) إلى بالغة الصغر (تحتوي 1000 نجم فقط). وكما السيدات الحقيقيات، تحتاج هاتان المجرّتان إلى متّسع تتحرك فيه بحرية، وهما بعيدتان بشكلٍ كافٍ بحيث لا تسبّب قواهما التجاذبية اضطراباً كبيراً جداً لكلٍّ منهما.

لكن دعونا نركز على مجرّة أندروميدا Andromeda. كلّ صباح، حين أكون قادماً إلى مكتبي، أمرُّ بمحاذاة صورة جميلة لمجرّة أندروميدا بحجم الجدار مأخوذة من منظر للسماء الرقمية التي موّل إنشاءها مؤسسة ألفرد سلون (Sloan Digital Sky Survey). ولطالما يذكّرني تناظر وعظمة مجرّة أندروميدا بالكاتدرائيات القوطية. ماذا يوجد هناك كي يبحث عنه علماء الآثار؟ كلّ شيء، كما يدّعي فريق .PAndAS فكما تتربّع الكاتدرائيات القوطية عادة على طبقات من كنوز أثرية، كذلك هو حال كاتدرائيات الكون. اكتشف فريق PAndAS من خلال الصور الضاربة في عمق مجرّة أندروميدا وجوارها معلومات غنيّة عن الماضي العنيف لمجرّة أندروميدا وعن علاقاتها بأشهر المجرّات القمرية، ألا وهي مجرّة تري أنغولوم Triangulum galaxy.

كيف فعلوا ذلك؟ هنا تكمن فرصتك لترى علم الآثار المجرّي وهو يعمل. أظهرت الصور الضاربة في عمق المجرّة تري أنغولوم غمامة ضخمة، لكنها مبعثرة جداً وباهتة، من النجوم تحيط بمجرّة تري أنغولوم الصغيرة والكثيفة. وتتداخل هذه النجوم بشكل واضح مع المجرّة نفسها، ولكن أية قوة هذه استطاعت بعثرة ملايين النجوم ضمن حدود الطبقة الخارجية لهذه المجرّة؟ الجواب واضح جداً: فالغوريلا التي تزن 800 باوند فقط (هي في الحقيقة غوريلا تزن 7×10^{42} باوند) في الحيّز هي مجرّة أندروميدا، وقوتها الثقالية كبيرة جداً لدرجة أن مجرّة كمجرّة تري أنغولوم تحتوي على 2 بليون نجم لا يمكنها مقاومتها.

إن وجود هالة نجمية هو إشارة مهمّة لمعرفة ماضي مجرّة تري أنغولوم التي اقتربت جداً من جارتها الضخمة. ومن خلال الربط بين محاكاة الكمبيوترات الفائقة والصور العميقة المأخوذة لمجرّة تري أنغولوم وأندروميدا، تمكن فريق PAndAS من إعادة بناء المسار الأكثر شبهاً بالمسار القديم لمجرّة تري أنغولوم. ووفقاً لهذه

الحسابات، فقد وقع التصادم الجليّ منذ حوالي 2.5 بليون سنة، عندما اقتربت مجرّة تري أنغولوم من مجرّة أندروميدا مسافة لا تتجاوز 40000 فرسخ فلكي (أي 130000 سنة ضوئية). وقد تسبّبت جاذبية أندروميدا الكبيرة بحركة مدٍّ وجزرٍ وهذا بدوره أدّى إلى قذف ملايين النجوم إلى ما وراء حدّ مجرّة تري أنغولوم.

ولكن من المؤكد أن هذا المرور القريب لمجرّة تري أنغولوم، وبوجود بليوني نجم، يجب أن يخلّف آثاراً على مجرّة أندروميدا. وبالفعل، فإن الرصد الفائق العمق لفريق PAndAS يدلّ على وجود انثناء ضئيل واضطراب صغير في القرص النجمي لمجرّة أندروميدا، وبالضبط في البقعة التي كانت مرت تري أنغولوم بالقرب منها فكانت سبب حدوث هذا الانثناء والاضطراب. إن هذه الدلالات كافية كي تصدقها أي محكمة قانونية.

وللأسف، فإن جمال الكاتدرائيات الكونية لا يكون مكتملاً إلا من خلال نظرة قريبة؛ فإذا نظرنا بشكل أعمق، وتحت حجاب من الكمال، سنجد الآثار الفوضوية للماضي العنيف لهذه الكاتدرائيات الكونية. كلّ مجرّة هي مجرّة غير منتظمة إذا ما نظرنا إليها بعمقٍ كافٍ. ومثلما يتعلّم علماء الفلك كيف يقرؤون هذه الآثار، فإنهم يقدّرون ذلك أكثر وأكثر، كما هتف بينّي Binny وماي May في مقالتهما "المجرّات كالفيَلة، لها ذاكرة مديدة".

نُشر هذا الخبر في مجلة Nature,Vol 461, 3 September 2009.
ترجمة هيئة الطاقة الذرّية السورية.

الحديد

إعداد: د. عادل حرفوش، رئاسة هيئة التحرير

الرمز:	Fe
العدد الذرّي:	26
الوزن الذرّي:	56
درجة انصهاره	$T_m = 1808$ K
درجة غليانه	$T_b = 3023$ K

مصدره

الحديد عنصر معدني، واسمه في اللاتينية Ferrum. يقع في المجموعة الثامنة والدور الرابع في الجدول الدوري، ويصنف بوصفه عنصراً انتقالياً. يُعدُّ الحديد وخلائطه الفولاذية إلى حدٍّ كبير من المعادن الشائعة الاستخدام ومن أكثر المواد الحديدية المغنطة المستخدمة في الحياة اليومية. يبدو سطح المعدن لماعاً ويتمتع بلون

فضي رمادي بعد قطعه مباشرة، لكنه يتأكسد في الهواء ليشكل طبقة حمراء أو بنية من أكسيد الحديد أو الصدأ. تكون بلورات الحديد النقية المعزولة طرية (أطرى من الألمنيوم)، وإضافة كمية قليلة من الشوائب، مثل الكربون، تؤدي إلى تقسيته بشكل كبير، كما أن خلطه مع كميات بسيطة مناسبة (ربما نسبة مئوية قليلة) من الكربون وبعض المعادن الأخرى يقود إلى تشكل الفولاذ، الذي قد تتجاوز قساوته 1000 مرة قساوة الحديد النقي.

يعتبر الحديد-56 أثقل النظائر المستقرة الناتجة عن آلية ألفا alpha process (وهي أحد نمطي تفاعلات الاندماج النووي، حيث يقوم النجم بتحويل الهليوم إلى عناصر أثقل) في تشكل نوى النجوم، وإن تشكل عناصر أثقل من الحديد والنيكل يتطلب انفجاراً عظيماً supernova. ويشكل الحديد العنصر الأكثر وفرة في قلب العملاق الأحمر (وهو نجم عملاق مضيء ذو كتلة صغيرة أو متوسطة يحصل خلال المرحلة الأخيرة من التطور النجمي)، كما أنه أكثر المعادن وفرة في النيازك الحديدية وفي قلب الكواكب كما في حالة الأرض.

ماهيته

نادراً ما يتوفر الحديد النقي بشكل طبيعي على سطح الأرض لأنه يتأكسد بسهولة بوجود الأكسجين والرطوبة. وللحصول على الحديد المعدني لابد من إزالة الأكسجين بوساطة إرجاع كيميائي، ويتم ذلك بشكل خاص في حالة أكسيد الحديد، Fe_2O_3، باستخدام الكربون عند درجات حرارة مرتفعة. يمكن تعديل خصائص الحديد لدى خلطه بعدة معادن أخرى (وبعض العناصر اللامعدنية، وبخاصة الكربون والسليكون) لتشكيل الفولاذ.

تُقيَّم الخصائص الميكانيكية للحديد وخلائطه باستخدام قياسات مختلفة، مثل اختبار برينيل Brinell test (يصف اختبار برينيل قساوة المادة عبر سلم انغماس مسنن يضغط على سطح المادة المختبرة) وغيره. تظهر هذه القياسات أن الخصائص الميكانيكية للحديد تتعلق بشكل أساسي بنقاوته. إن إضافة الكربون بمقدار عشرة أجزاء من مليون جزء من الحديد تضاعف قساوته، وتتزايد القساوة بشكل كبير مع إضافة الكربون حتى القيمة 0.2% ويحصل الإشباع عند القيمة 0.6% تقريباً.

يتشكل نظير الحديد ^{56}Fe بوساطة الاندماج النووي في النجوم، وهو الأكثر وفرة بين النوى العالية الاستقرار في الكون. تُعدُّ شاردة الحديدي Fe^{2+} عنصر أثرٍ ضرورياً لجميع الكائنات الحية، والاستثناءات هي الكائنات التي تعيش في أوساط فقيرة بالحديد والتي طوَّرت آليات الاستقلاب لديها باستخدام عناصر مختلفة، مثل المنغنيز بوصفه وسيطاً بدلاً من الحديد، أو الهيموسيانين hemocyanin (وهو بروتين تنفسي على هيئة بروتين معدني حاوٍ على ذرتي نحاس ترتبطان بجزيء أكسجين) بدلاً من الهيموغلوبين. إن الأنزيمات الحاوية على الحديد غالباً ما تحتوي على الهيماتين (مركب كيميائي غير بروتيني مرتبط ببروتين وهو ضروري للنشاط الحيوي البروتيني)، وهذه الأنزيمات تساهم في تحفيز تفاعلات الأكسدة في المادة الحية وفي نقل عدد من الغازات المنحلة.

وبرغم أن الحديد يشكل حوالي 5% من القشرة الأرضية فالاعتقاد سائد بأن قلب الأرض يتكون بشكل أساسي من خليط الحديد والنيكل الذي يمثل 35% من كتلة الأرض بكاملها. وهكذا فإن الحديد هو العنصر الأكثر وفرة في الأرض، غير أن وفرته تأتي في المرتبة الرابعة في القشرة الأرضية. كما أن غالبية الحديد في القشرة الأرضية مرتبط مع الأكسجين على هيئة فلز أكسيد الحديد مثل الهيماتيت hematite والماغنيتيت magnetite. ويعتقد أن اللون الأحمر لسطح المريخ يعود إلى كثافة وجود أكسيد الحديد.

نظائر الحديد

توجد أربعة نظائر للحديد: نظير مشع ^{54}Fe (عمر نصفه أكثر من 3.1×10^{22} سنة) ونسبته 5.845%، ونظير مستقر ^{56}Fe نسبته 91.754%، ونظير مستقر ^{57}Fe نسبته 2.119% ونظير رابع مستقر ^{58}Fe نسبته 0.282%. وهناك نظير بائد ^{60}Fe ذو عمر نصف مديد (1.5 مليون سنة).

كيمياء الحديد ومركباته

يشكل الحديد مركباته وفق حالتي الأكسدة 2+ و3+ بشكل أساسي. تطلق كلمة الحديدي ferrous على مركبات الحديد (II)، وكلمة الحديد على مركبات الحديد (III). هناك العديد من المركبات في كل من حالتي الأكسدة، مثل سلفات الحديدي (II) $FeSO_4$ وكلورات الحديد (III) $FeClO_3$.

الإنتاج الصناعي

تبدأ أولى مراحل إنتاج الحديد أو الفولاذ من خاماته باستخدام الفرن العالي، أما المرحلة الثانية فتتمثل بتصنيع الحديد النهائي أو الفولاذ من الحديد المنتج في الفرن العالي باستخدام عملية إضافية.

الفرن العالي

يستخدم 90% من مناجم الخامات المعدنية من أجل استخلاص الحديد. تنطلق عمليات التصنيع من خامات الحديد، وبخاصة الهيماتيت Fe_2O_3 والماغنيتيت Fe_3O_4، بوساطة تفاعل حراري مع الكربون (إرجاع بوساطة الكربون) في الفرن العالي عند درجة حرارة 2000ºC تقريباً. يحقن من أعلى الفرن العالي كل من خام الحديد والكربون (على هيئة فحم الكوك) إضافة إلى سيل من الحجر الكلسي (الذي يستخدم لإزالة الشوائب من خامات الحديد، التي قد تؤدي إلى انسداد الفرن بالمواد الصلبة) بوجود تيار هواء ساخن متدفق من الأسفل.

في الفرن، يتفاعل الكربون مع الأكسجين الهوائي المتدفق من الأسفل لإنتاج أول أكسيد الكربون:

$$2\,C + O_2 \rightarrow 2\,CO$$

ثم يقوم أول أكسيد الكربون بإرجاع خام الحديد (المعبر عنه في المعادلة التالية بخام الهيماتيت) إلى صهارة الحديد متحولاً إلى ثنائي أكسيد الكربون وفق المعادلة التالية:

$$3\,CO + Fe_2O_3 \rightarrow 2\,Fe + 3\,CO_2$$

يقوم الحجر الكلسي بصهر شوائب الخام، وبخاصة رمال ثنائي أكسيد السليكون والسيليكات الأخرى. يُستخدم لهذه الغاية عادة الحجر الكلسي (كربونات الكالسيوم) والدولوميت (كربونات الكلسيوم والمغنيزيوم). ويمكن استخدام مواد أخرى حسب طبيعة الشوائب التي تلزم إزالتها من خام الحديد. فضمن حرارة الفرن يتفكك الحجر الكلسي إلى أكسيد الكلسيوم quicklime:

$$CaO_3 \rightarrow CaO + CO_2$$

ومن ثم يتحد أكسيد الكلسيوم مع ثنائي أكسيد السيليكون ليشكلا الخبث:

$$CaO + SiO_2 \rightarrow CaSiO_3$$

يتحول الخبث إلى صهارة بفعل حرارة الفرن، وفي الفرن تطفو هذه الصهارة فوق صهارة الحديد الكثيفة لتخرج صهارتا الخبث والحديد فيما بعد منفصلتين عبر فتحتين مخصصتين في جدار الفرن. وبعد أن يتجمد الحديد الخارج من الفرن يطلق عليه اسم المعدن الخام pig iron، في حين يستخدم الخبث كمواد أولية للطرق العامة أو لتحسين خصائص الترب الفقيرة.

في العام 2005، تم استخلاص ما يقارب 1544 مليون طن متري من الحديد الخام عبر العالم. تصدرت الصين قائمة المنتجين بما يقارب ربع الإنتاج العالمي وتلتها البرازيل وأستراليا والهند.

العمليات اللاحقة

لا يكون المعدن الخام الناتج نقياً، إنما يحتوي على 4–5% من الكربون المنحل فيه مع كميات بسيطة من الشوائب الأخرى مثل الكبريت والمغنيزيوم والفسفور والمنغنيز. إن هذه النسبة من الكربون تجعل المعدن الخام هشاً وصلباً. يستخدم هذا النوع من الحديد في سبائك لصنع مواقد التدفئة والأنابيب والمشعات الحرارية وسكك القطارات.

يمكن بالإضافة إلى هذه الاستخدامات أن يستعمل هذا الحديد الخام لصناعة الفولاذ (أي الحاوي على أقل من 2% كربون) أو لصناعة المزخرفات (على هيئة حديد نقي). وقد استخدمت عمليات مختلفة للحصول على هذه الأنواع من الحديد، بما في ذلك عمليات المعالجة المفاجئة وأفران الصهر وأفران الصهر ذات القلب المفتوح

والأفران المعتمدة على الأكسجين الصرف والأقواس الكهربائية. والغاية الأساسية لهذه المعالجات هي أكسدة بعض الكربون الموجود في الحديد الخام أو غالبيته، بما في ذلك الشوائب الأخرى. ومن جهة ثانية، يمكن إضافة معادن أخرى للحصول على خلائط فولاذية.

تتعلق قساوة الفولاذ بكمية محتواه من الكربون، فكلما تزايدت نسبة الكربون تتزايد القساوة وتتناقص قابلية السحب. ولتقسية الفولاذ ، يمكن تعريضه للحرارة حتى يتحول إلى الأحمر المتوهج ومن ثم غمسه بالماء فجأة. وبهذه المعالجة يصبح أكثر قساوة وأكثر قابلية للسحب. وإذا ما عرضنا هذا الفولاذ لدرجة حرارة معينة ومن ثم تركناه يبرد ببطء فإنه يصبح أقل قابلية للسحب.

استخداماته

الحديد العنصري

يعد الحديد أكثر المعادن استخداماً بين جميع المعادن الأخرى، ويشكل 95% من الإنتاج العالمي للمعادن. لأن سعره المتدني وقوته العالية تجعلانه أساسياً في التطبيقات الهندسية مثل صناعة الآلات وأدوات التصنيع والسيارات وهياكل البواخر التجارية العملاقة ومكونات الأبنية. ونظراً لكون الحديد النقي شديد الليونة، فإنه يستخدم عادة على شكل فولاذ. ومن بين الأشكال التي ينتج فيها الحديد تجارياً نذكر:

- معدن خام pig iron حاوٍ على 3.5 إلى 4.5% كربون وعلى كميات متنوعة من الشوائب مثل الكبريت والسليكون والفسفور.
- سبيكة حديدية حاوية على 2 إلى 4% كربون و1 إلى 6% سليكون وكميات بسيطة من المنغنيز. وفي هذا النوع تخفض الشوائب مثل الكبريت والفسفور إلى سويات مقبولة لأنها تؤثر سلباً في الخصائص المادية. وتكون درجة حرارة انصهاره بين 1147 و1197 سلزيوس، والتي هي أقل من درجة انصهار أيٍّ من مكونيه، الحديد والكربون، وتجعل منه أول منتج ينصهر عند تسخين الكربون والحديد معاً. وتتغير الخصائص الميكانيكية لهذا النوع بشكل كبير، ويعود ذلك إلى شكل الكربون الموجود في الخليط، فيكون الكربون في سبائك الحديد الأبيض على شكل كربيد الحديد cementite، أو كربون الحديد. وهذا الحديد القاسي، تسيطر قابلية السحب على خصائصه الميكانيكية، مما يجعله قاسياً ولكن غير مقاوم للصدم. إذ يظهر على السطح المكسور حديثاً لهذا النوع كثير من التشققات الناجمة عن تصدع كربيد الحديد والذي يكسبه لوناً باهتاً وفضياً.
- حديد قابل للطرق حاوٍ على أقل من 0.25% كربون، وهو منتج متين وقابل للسحب، ولكنه غير صهور مثل المعدن الخام. ويتميز هذا النوع بوجود ألياف ناعمة من الخبث المحتجز في المعدن، وهو أكثر مقاومة للتآكل من الفولاذ.
- فولاذ كربوني حاوٍ على 2.0% أو أقل من الكربون، مع كميات قليلة من المنغنيز والكبريت والفسفور والسليكون.
- خلائط فولاذية حاوية على كميات مختلفة من الكربون ومن المعادن الأخرى، مثل الكروم والفاناديوم والملبدينوم والنيكل والتنغستن وغيرها. إن محتواها الخلائطي يرفع من أسعارها، وبالتالي تستخدم فقط في حالات محددة.

إن السلبية الأساسية للحديد والفولاذ هي أن الحديد النقي وغالبية خلائطه تعاني بشكل كبير من الصدأ إذا لم يتم العزل بطريقة ما. وتستخدم تقانات عديدة لعزل الحديد عن الماء والأكسجين لتجنب الصدأ، وذلك باستخدام الدهانات والغلفنة والإكساء بالمواد البلاستيكية أو بالنيلة (صبغ أزرق).

مركبات الحديد

- أكاسيد الحديد (FeO، Fe_3O_4 ، وFe_2O_3)، وهي خامات تستخدم لاستخلاص الحديد، كما تستخدم أيضاً على أنها محفزات كيميائية وفي إنتاج وسائط التخزين المغنطيسية في الحواسيب. وغالباً ما تخلط مع مركبات أخرى، وتحتفظ بخصائصها المغنطيسية في المحلول.
- خلات الحديدي ($Fe(CH_3CO_2)_2$) (II)، تستخدم في تثبيت اللون على الأقمشة والجلود وفي حفظ الخشب.
- سترات أمونيوم الحديد ($C_6H_{5+4y}Fe_xN_yO_7$) (III)، تستخدم في الطباعة الزرقاء.
- زرنيخات الحديد ($FeAsO_4$) (III)، تستخدم في المبيدات الحشرية.

- كلوريد الحديد ($FeCl_3$) (III)، يستخدم في تنقية المياه ومعالجة أقذار مياه الصرف الصحي، وفي صباغة الأقمشة والدهانات وتغذية الحيوانات والحفر على النحاس وفي طباعة الدارات الكهربائية.
- كرومات الحديد ($Fe_2(CrO_4)_3$) (III) صباغ أصفر اللون للرسم والسيراميك.
- هيدروكسيد الحديد ($Fe(OH)_3$) (III)، ملونٌ بني للمطاط ويستخدم في تنقية المنظومات المائية.
- فسفات الحديد ($FePO_4$) (III)، تستخدم في صناعة الأسمدة وفي أغذية الإنسان والحيوان كمضافات.
- غليكونات الحديدي ($Fe(C_6H_{11}O_7)_2$) (II)، يستخدم في إضافات أدوية الحمية.
- أوكسالات الحديدي (FeC_2O_4) (II)، صباغٌ أصفر تستخدم للرسم على البلاستيك والزجاج والسيراميك وتستخدم في التصوير.
- سلفات الحديدي ($FeSO_4$) (II)، يستخدم في تنقية المياه ومعالجة قذارة مياه الصرف كما تستخدم بوصفها محفزاً في صناعة النشادر والأسمدة والمبيدات العشبية وتضاف إلى أغذية الحيوانات وإلى الطحين لرفع تراكيز الحديد، كما تستخدم في حفظ الأخشاب.

تستخدم مركبات الحديد في الصناعات العضوية بشكل أساسي من أجل إرجاع المركبات النتروجينية. إضافة لذلك استخدم الحديد لإزالة الكبريت، وإرجاع الألدهيدات، ونزع الأكسجين من الأكاسيد الأمينية.

الأثر البيولوجي

يعد الحديد عنصراً ضرورياً لغالبية الكائنات الحية المعروفة. يُختزن الحديد بشكل عام في مركز المركبات البروتينية المعدنية metalloproteins في الخلايا، لأن الحديد الحر، الذي قد يرتبط بشكل غير دقيق بمركبات الخلية، يمكنه تحفيز إنتاج جذور حرة سامة. هذا وإن نقص الحديد يمكن أن يقود إلى فقر الدم.

تعد اللحوم الحمراء والسمك والعدس والبقوليات وأوراق الخضار مصادر أساسية لما يحتاجه جسم الإنسان من الحديد، ويوجد الحديد بكميات ضئيلة في دبس السكر وفي نشاء الدقيق. ويتم امتصاص الحديد من اللحوم بنسبة أكبر من امتصاصه من الخضار، غير أن الحديد المتوافر في اللحم الأحمر له آثار قد تزيد من حدوث سرطان القولون. يُنظَّم امتصاص الحديد بشكل دقيق من قبل جسم الإنسان نفسه، غير أن هناك العديد من البشر الذين توجد لديهم عوامل وراثية تفسد عملية تنظيم امتصاص الحديد، إذ تشير الدراسات إلى تراكم كميات زائدة من الحديد في دماغ مرضى كل من الزهيمر وداء باركنسون.

إن تناول كميات كبيرة من عنصر الحديد يمكن أن يسبب زيادة تركيزه في الدم، وإن التراكيز الزائدة من أيونات الحديدي الحرة تتفاعل مع فوق الأكاسيد لتشكل جذوراً حرة شديدة الفعالية بإمكانها تخريب جزيئات الدنا والبروتينات والليبيدات ومركبات أخرى في الخلايا.

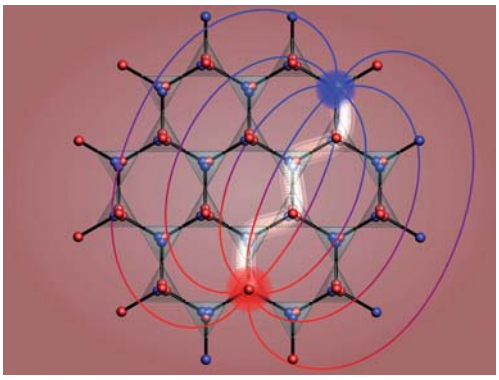
الأوزون...ربح وخسارة

إن التغيّرات في التيارات الجوية والتي سببها الاحترار العالمي يمكن أن تزيح التوزع العالمي للأوزون نحو الشمال. هذا ما استنتجته ميشيلا هيغلين Michaela Hegglin وتيودور شيفرد Theodore Shepherd من جامعة تورنتو في كندا عندما عزلا تأثيرات الاحترار العالمي بوساطة نموذج لمحاكاة تفاعلات الأوزون في مناخ كيميائي جوي، حيث ركّزا على العقدين 1960–1970 و2090–2100، الممثلين لفترة ما قبل التأثيرات العميقة في الاستنزاف الكيميائي للأوزون وما بعدها. إذ إن التغيّر المناخي يزيد من التيارات الاستوائية التي تدفع الأوزون إلى مناطق الشمال، الأمر الذي ينقص تجوّل الأوزون في المناطق الجنوبية.

ونتيجة ذلك، بيّن المؤلفان أنه بنهاية هذا القرن يمكن أن تنقص الإشعاعات فوق البنفسجية بمقدار 9% في المناطق الشمالية، ويمكن أن تشهد المناطق الاستوائية زيادة قدرها 4%، أما في المناطق الجنوبية فيمكن أن تصل زيادة الإشعاع إلى 20% في أواخر فصل الربيع وبداية فصل الصيف.

* مقتبس عن مجلة Nature, Vol 461, 10 September 2009.

مغانط أحادية القطب



بحث الفيزيائيون لعقود عدة عن مغانط أحادية القطب. وفي الوقت الحالي، أظهرت مجموعتان مستقلتان آخر الإضاءات حول مغانط أحادية الأقطاب في زجاج من مواد بلّورية يسمّى «الجليد المغزول spin ice».

عندما تُبرّد هذه البلّورات إلى درجة الصفر تقريباً، تبدو متخمةً بنقاطٍ منعزلةٍ صغيرةٍ جنوبية وشمالية منفصلة بأجزاء من النانومتر.

استخدم جوناثان موريس Johathan Morris وزملاؤه من مركز هيلمهولتز Helmholts للمواد والطاقة في برلين مركّب Dy2Ti2O7 لهذا الغرض، في حين استخدم توم فينيل Tom Fennell ومساعدوه من معهد لاو لانجفين Laue–Langevin في غرونوبل Grenoble المركّب Ho2Ti2O7.

تتوزّع الذرّات في البلّورات في زوايا رباعي وجوه، وتسلك كلّ ذرّة كأنها شريط مغنطيسي دقيق، وعندما تُبرَّد البلّورة فإن الذرّات تَصطفُّ مشكِّلةً مناطق من حشوات مغنطيسية شمالية وجنوبية تفصلها سلسلة من ذرّات مترادفة (انظر الشكل). لا ترتبط الحشوة بأي جسم مادي، إلا أنها تتصرّف كقطب منفرد.

* مقتبس عن مجلة Nature, Vol 461, 10 September 2009.

ما هو الخطأ في عمل اليونيسكو

يحتاج المدير العام لتجاوز كافة الآمال الموروثة وتغيير وضع الوكالة.

نقلت مجلة Nature أن إيرينا جيورغوفا بوكوفا Irina Gueorguieva Bokova، الدبلوماسية البلغارية، وفاروق حسني وزير الثقافة المصري، قد تواجها في جولة انتخابية نهائية للوصول إلى منصب مدير عام منظمة الأمم المتحدة للتربية والثقافة والعلوم (يونيسكو). ويخضع التصويت الذي يجريه المجلس التنفيذي للوكالة لمصادقة المؤتمر العام للوكالة في تشرين الأول/أكتوبر.

كشف التصويت أخطاء الوكالة. إذ نشرت الوكالة قائمة بأسماء المرشحين، لكنها لم تذكر شيئاً عن مؤهلاتهم أو عن رؤيتهم تجاه الوكالة. في الحقيقة، تخضع الترشيحات والتصويت السري بشكل كبير للمصالح المتبادلة horse–trading بين الدول الأعضاء.

وتحتاج مثل هذه العمليات المنطوية على مفارقات تاريخية إلى تغيير، ولكن الأمر يحتاج إلى كثير من الأشياء الأخرى في هذه البيروقراطية الخانقة. وقد توصّلت إعادة النظر في الحقيقة العلمية لليونيسكو في عام 2007 إلى نتيجة رديئة مفادها «أن اليونيسكو مع مرور الوقت فقدت مصداقيتها كمتحدث دولي عن العلم، والآن يتم النظر إلى برامجها من قبل المجتمع العلمي على أنها برامج مجزّأة وغير واقعية وغير مركّزة وتفتقر إلى رؤية واضحة واستراتيجية علمية».

إن ذلك يجب أن يشكّل جرس إنذار من أجل الاستيقاظ. لكن التوصيات في حاشية جدول المحلّفين، والتي تتضمّن إعطاء الأولوية وإعادة التركيز على النشاطات العلمية للوكالة وتأسيس لجنة استشارية من علماء بعيدون عن الوكالة يقدمون تقاريرهم إلى المدير العام، لاقت تجاوباً سلبياً. ورفضت الوكالة فكرة إنشاء لجنة خبراء، ولم يتم تطبيق توصيات جدول المحلّفين بالشكل المطلوب. إنه عالم المصالح المستمر.

يحظى القسم العلمي للوكالة بميزانية سنوية مقدارها 55 مليون دولار أمريكي، وفيه كادر مؤلف من 160 عنصراً. وتحتاج الوكالة لتركيز جهودها على عدد قليل من المجالات التي يمكن أن تفعل فيها بشكل مؤثر. فيجب على الوكالة أن تتوجه بشكل واضح لإنجاز برنامج خاص بها يتعلق بالطاقات المتجدّدة.

إن اليونيسكو لديها قدرات للاستمرار، فبرنامجها المائي يعتبر برنامجاً واسعاً وفضفاضاً، لكن نسبة من العلماء خارجها يسيطرون على قسم كبير منه، مثل البرنامج الهدرولوجي الدولي حول البحث في مجال المياه وإدارتها. إن هذه البرامج يجب أن يتم تعزيزها ودمجها مع أعمال مجموعات أخرى في الوكالات التابعة للأمم المتحدة (UN) والتي تعمل غالباً على المياه، ولكن هذه البرامج العلمية لليونيسكو منفصلة عن أي عمل آخر حتى أنها منفصلة عن مجتمعها العلمي وعن فروعها الثقافية والتعليمية.

وتمتلك الوكالة أيضاً مصدراً مهمّاً في شبكة مكاتبها الوطنية ومراكزها الحقلية المتنوعة مثل الخدمات الحيوية الجوية biosphere والمخابر العلمية، حيث هناك عدة إمكانيات للتعاون، ونعطي مثالاً على ذلك في مجال المراقبة البيئية، حيث إنها قيد الاستثمار. وعلى الرغم من عيوبها، فإن اليونيسكو تعتبر، وبشكل خاص، الوكالة التابعة للأمم المتحدة المتمتعة بإمكانية إصدار أوامر رسمية واضحة لتعزيز العلم. وإن وضعها ما بين الحكومي، على الرغم من وجود عقبات، يعطيها القوة لتجمع أفضل الخبرات في العالم وتتبنّى أجندات مهمّة.

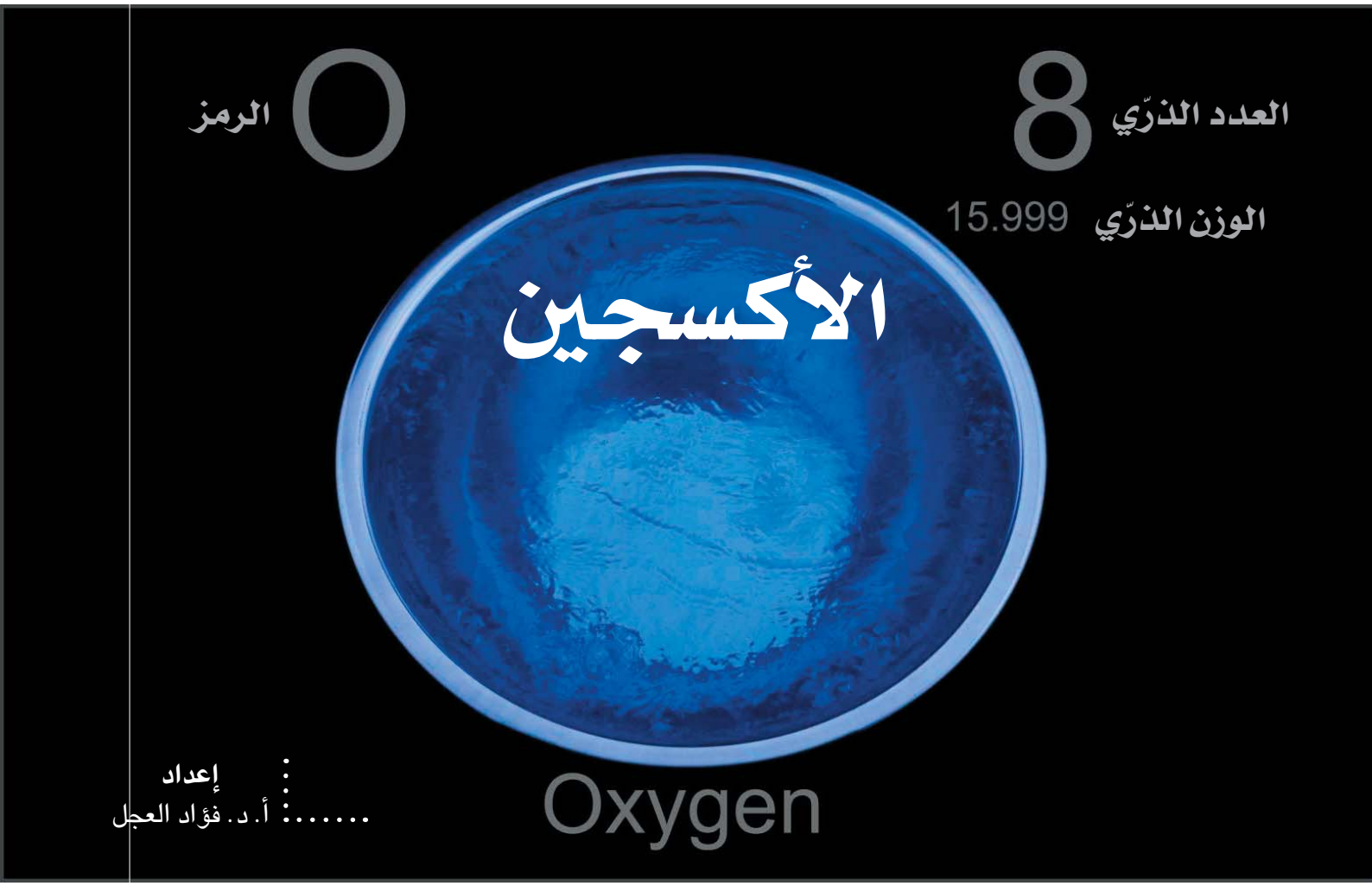
بدأت اليونيسكو بهذه التوجهات، حيث نصحت الحكومة النيجيرية ببناء منظومة علمية متميزة التزمت بموجبها بدفع 5 بلايين دولار أمريكي عام 2006 لإنشاء هذه المنظومة. وتتمتع اليونيسكو بقدرة كامنة لتصبح القائدة في هكذا مناطق، وذلك من خلال تقديم سياسة تحليلية ونماذج تسويقية لدول تفتقر للتقدم العلمي، الأمر الذي يعتبر أفضل طريق لتعزيز البنية التحتية وأكثر نجاعة من تقديم منح صغيرة تغطي برنامجها الدولي في العلوم الأساسية. فيجب على اليونيسكو أن تتخلى عن فكرة يائسة في تمويل البحث العلمي وأن تركّز على الحكمة العملية والفائدة.

قام المدير العام السابق كويشيرو ماتسورا Koïchiro Matsuura، الدبلوماسي الياباني، بإصلاحات مالية وتطبيقية في اليونيسكو، لكنه قدّم رؤية وتغيّراً ضعيفين للبرنامج العلمي. ويجب على خليفته أن يعيد النظر في مراجعة العام 2007 كنقطة بداية لمراجعة جذور وفروع البرنامج العلمي، وإقناع الدول الأعضاء بإزالة كل الأعمال ذات التأثير القليل أو المعدوم، وخلق ثقافة إصلاح وشفافية وتقييم. إن موجة التراجع في اليونيسكو تمثّل فرصة لتجديد الدم فيها.

إن تاريخ وثقافة اليونيسكو لا يبشّران بتغيير حقيقي، لكن العمل العادي لا يعتبر خياراً إذا كان لدى اليونيسكو فرصة لوجود علمي.

* مقتبس عن مجلة Nature, Vol 461, 24 September 2009.

إطلالة علمية



إعداد
أ. د. فؤاد العجل

الأكسجين ضروري لمعظم الكائنات الحية وهو واحد من أكثر العناصر الكيميائية انتشاراً على الكرة الأرضية وفي الكون

مقدمة

يعدُّ الأكسجين أكثر العناصر غزارة على الكرة الأرضية فهو يشكّل من حيث الكتلة 21% من الهواء ونحو 46% من قشرة الكرة الأرضية الصلبة ونحو 89% من الماء. يكون الأكسجين الحر (غير المرتبط مع أي عنصر آخر) في درجات الحرارة والضغط الاعتيادية غازاً لا لون له ولا رائحة ولا طعم وله خواص مغنطيسية. وهو أساسي لوظيفة تنفّس الإنسان والحيوان والنبات وبعض أنواع الجراثيم، ويشكّل أيضاً عنصراً أساسياً لعمليات أيض (استقلاب) الجسم البشري التي تُبقي على حياتنا. فالجسم البشري لا يختزن الأكسجين لاستخدامه فيما بعد كما يختزن السكريات والدهون. فإذا حُرِم هذا الجسم من الأكسجين لأكثر من بضع دقائق يفضي ذلك إلى فقدان الوعي والموت. إذ تتلف نسج الجسم والأعضاء (وبصورة خاصة نسج القلب والدماغ) جراء حرمانها من الأكسجين. وبالمقابل إذا تنفّس الإنسان تراكيز عالية نسبياً من الأكسجين لمدد طويلة فإنّ ذلك يؤدي إلى تأثيرات سميّة. يشكّل الأكسجين عند اتحاده مع العناصر الأخرى تشكيلة متنوعة من المركبات، وأكثر هذه المركبات أهمية الماء، ولولا الماء لما وجدت الحياة على الكرة الأرضية. يتنقّل الأكسجين عبر الغلاف الجوي والغلاف الأحيائي والغلاف الصخري منجزاً بعض العمليات مثل التركيب الضوئي والتجوية weathering السطحية.

مَن اكتشفه؟

أول من اكتشف الأكسجين البولوني الكيميائي والفيلسوف ميشيل سدزيووج Sedziwoj في أواخر القرن السادس عشر. أدرك سدزيووج أنّ الهواء مؤلف من خليط من الغازات؛ أحدها، الذي دعي فيما بعد الأكسجين، يعطي الحياة وينطلق عند تسخين نترات البوتاسيوم.

أعيد اكتشافه من قبل الصيدلاني السويدي كارل ويلهلم سكيل Scheele قبل العام 1773، إذ حصل عليه أيضاً بتسخين نترات

البوتاسيوم أو أكسيد الزئبق أو مواد أخرى كثيرة، ولكنه لم ينشر اكتشافه في حينه. وفي شهر آب من العام 1774 نشر جوزيف بريستلي Priestley اكتشافه للأكسجين بتسخين أكسيد الزئبق قبل سكيل ولذلك كان لـ بريستلي حق الأولوية في الاكتشاف.

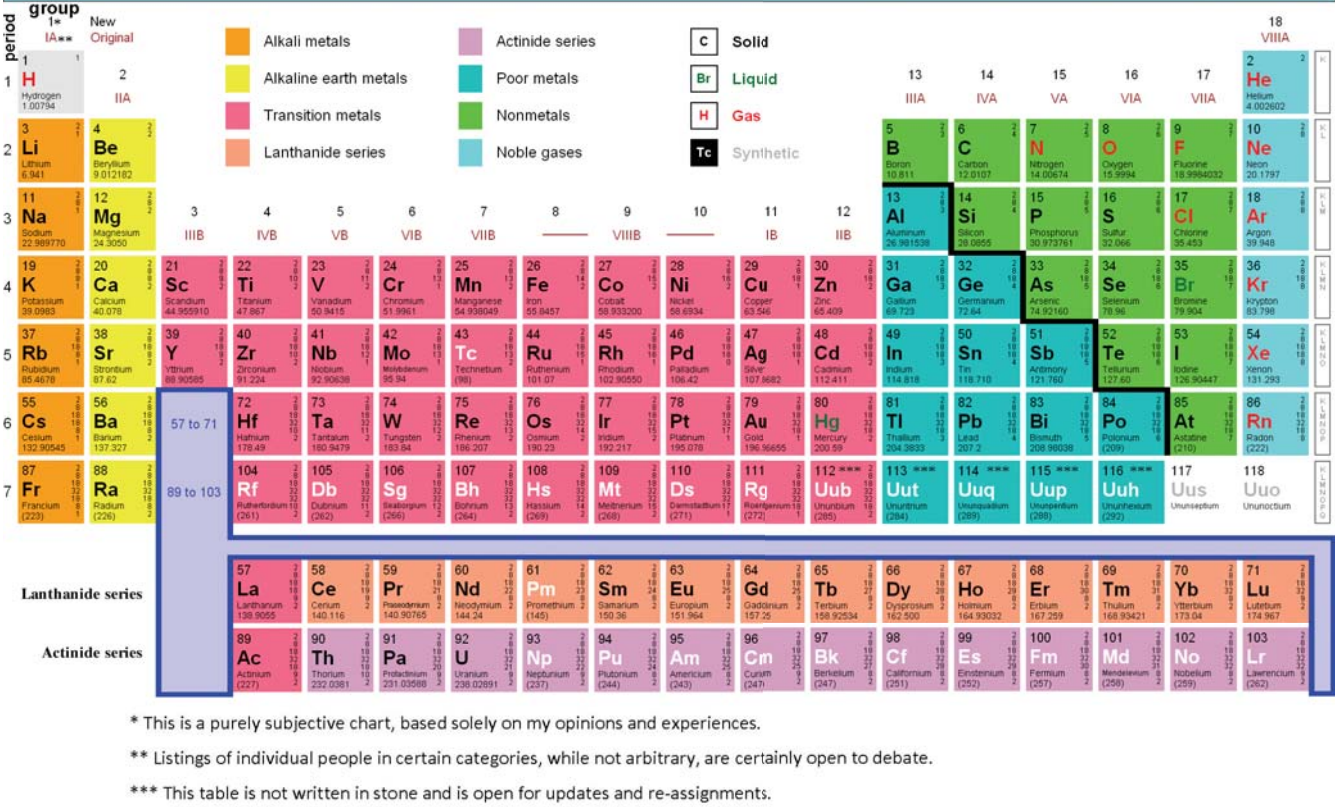
قلّلت نظرية الفلوجيستون "phlogiston theory" التي كانت سائدة في ذلك الحين من تفسير ملاحظات بريستلي. وبحسب هذه النظرية فإنّ المواد الوحيدة المجهزة بمائع خاص "الفلوجيستون" هي التي تكون قابلة للاشتعال: وهذا السائل ينطلق من هذه المواد لحظة احتراقها. غير أنّ بريستلي وجد أنّ الغاز الذي اكتشفه يقوّي الاحتراق أكثر من الهواء العادي. واستخلص أنّ هذا الغاز لا يحوي فلوجيستون ولذلك سمّى "الهواء المنزوع الفلوجيستون dephlogisticated air".

أمّا أنطوان لوران لافوازييه Lavoisier فكان أول من عرّفه على أنّه عنصر من العناصر وابتكر اسمه "الأكسجين oxygen" من كلمتين يونانيتين – تعني الأولى حمض وتعني الثانية مولّد– أي مولّد الحموضة استناداً إلى الاعتقاد بأنّ كل الحموض تحوي الأكسجين – مثلما ابتكر اسم الهدروجين الذي يعني مولد الماء. وبالإضافة إلى ذلك فقد ساهم في دحض نظرية الفلوجيستون، عندما قام بوزن المعادن قبل أكسدتها وبعدها ووجد أنّ وزنها لا ينقص عند أكسدتها نتيجة انطلاق الفلوجيستون المزعوم، وإنّما يزداد لاتحادها مع الأكسجين.

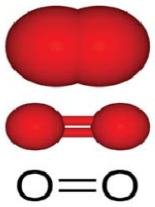
ما هي أشكال وجوده؟

يشكّل الأكسجين أحد العناصر الكيميائية اللامعدنية الخمسة التي تنتمي إلى مجموعة الكالكوجينات Chalcogens، فهو يقع في قمة المجموعة 16 (التي كانت تدعى سابقاً المجموعة 6A) المؤلفة من الأكسجين والكبريت والسيلينيوم والتلوريوم والبولونيوم. وبالإضافة إلى ذلك فهو يقع بين النتروجين والفلور. (انظر الجدول الدوري).

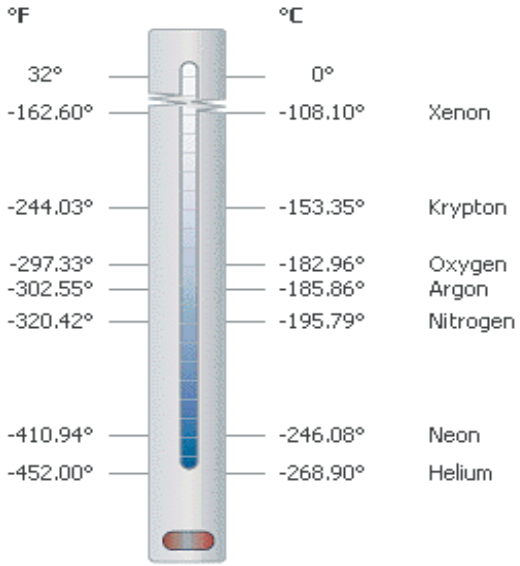
الجدول الدوري للعناصر



يوجد الأكسجين بصورة رئيسة على شكل جزيئات أو متحداً مع عناصر أخرى. يتألّف الأكسجين الغازي – ويدعى أيضاً دي أكسجين dioxygen– في الطبقة السفلى من غلاف الكرة الأرضية الجوي من جزيئات مكونة من ذرتين O_2 وهو خليط من ثلاثة نظائر مستقرة: الأكسجين–16 (99.759%) والأكسجين–17 (0.037%) والأكسجين–18 (0.204%).



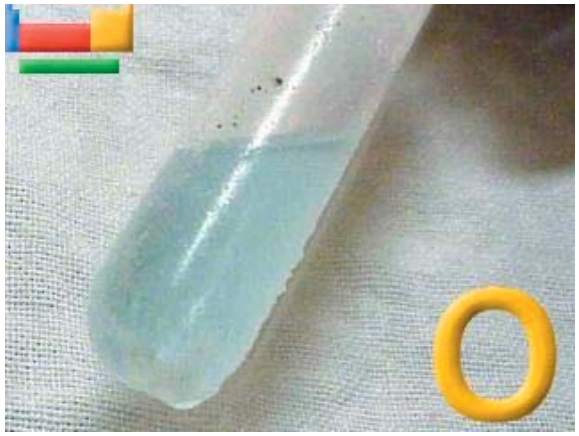
يرمز إلى شكل الأكسجين الأكثر شيوعاً في الهواء بالصيغة O_2
وهذا ما يشير إلى أنّ كل جزيئة مؤلفة من ذرتين من الأكسجين مرتبطتين مع بعضهما.



نقاط غليان غازات الهواء

تستخدم عملية التقطير المجزأ لفصل الأكسجين السائل عن غازات الهواء المسيّل بالاستفادة من نقاط غليانها المختلفة.

يصبح الأكسجين الغازي تحت درجة حرارة – 183 سلزيوس سائلاً بلون أزرق فاتح، ويتصف بأنه ذو مغنطيسية مسايرة paramagnetic أي ينجذب بشدة بحقل مغنطيسي خارجي، حيث تسلك جزيئاته سلوك مغانط صغيرة. وعند ضغط السائل يتجمّد عند الدرجة – 218 درجة سلزيوس تقريباً.



لون الأكسجين السائل الأزرق

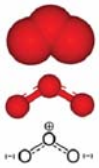
إطلالة علمية

ينحل الأكسجين في الماء ولكن بتراكيز منخفضة وهي كافية لتنفس الأسماك والكائنات المائية الأخرى. ويتحد بسهولة مع العناصر ويشكّل تنوعاً كبيراً من المركبات. ويصنّف على أنّه عنصر كهرسلبي electronegative element – وبتعبير آخر إنّه ينزع إلى جذب إلكترونات عندما يرتبط برابطة كيميائية مع عنصر آخر. وهو يتمتع بأعلى كهرسلبية electronegativity من أي عنصر آخر في مجموعته: مجموعة الكالكوجينات Chalcogens.

خلال التنفس، تأخذ الحيوانات وبعض الجراثيم الأكسجين من الغلاف الجوي وتعيد إليه ثنائي أكسيد الكربون، بينما، بعملية التركيب الضوئي ، تأخذ النباتات الخضراء ثنائي أكسيد الكربون بوجود أشعة الشمس وتطلق الأكسجين الحر. وكل الأكسجين الحر في الغلاف الجوي الحالي تقريباً ينتج من عملية التركيب الضوئي.

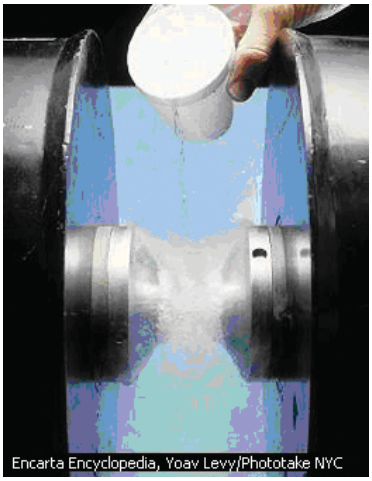
ما هي أشكال الأكسجين الأخرى Allotropes؟

الأوزون Ozone (من الكلمة اليونانية "ozein to smell" وتعني: يفوح برائحة كريهة) شكل آخر من أشكال الأكسجين يتألّف من جزيئة مؤلفة من ثلاث ذرات أكسجين "O_3" ويعرف أيضاً "بالتري أكسجين" trioxygen. وهو غاز أزرق فاتح سام جداً له رائحة قوية مميزة تصدر عند تشكّله في المناطق المغلقة التي تحصل فيها شرارات كهربائية مثل أماكن توليد الكهرباء.



الأوزون وصيغته O_3 هو شكل آخر للأكسجين
حيث يتألّف كل جزيء من ثلاث ذرات من الأكسجين

يغلي سائله عند الدرجة – 111.9 °C وينصهر الأوزون الجامد عند الدرجة – 192.5 °C وتبلغ كثافته النسبية 2.144. يكون في درجات الحرارة والضغط الاعتيادية غازاً بلون أزرق فاتح. أمّا سائله فيكون لونه أزرق قاتماً ويتصف بأنه ذو مغنطيسية مسايرة paramagnetic أي ينجذب بشدة بحقل مغنطيسي خارجي حيث تسلك جزيئاته سلوك مغانط صغيرة.



المغنطيسية المسايرة Paramagnetism

يصبح كل من الأكسجين السائل والأوزون السائل محتبساً في حقل مغنطيسي لأن الأكسجين O_2 والأوزون O_3 عنصران يتمتعان بمغنطيسية مسايرة، ولذلك تسلك جزيئاتهما السائلة سلوك مغانط صغيرة حيث تحتبسان بين قطبي مغنطيس كهربائي.

ترتكز طريقة استحصال الأوزون التجارية على تمرير الأكسجين الجاف والمبرّد على شحنة كهربائية. ولكنه يتشكّل بصورة طبيعية في طبقات الغلاف الجوي العليا (الستراتوسفير) حيث تشكّل جزيئاته طبقة واقية تمتص الأشعة فوق البنفسجية التي تكون مؤذية لحياة الكائنات الحية على سطح الكرة الأرضية.

وهو غاز غير مستقر شديد الفعالية الكيميائية يستخدم ككاشف كيميائي ومطهّر (مبيد للجراثيم) كما يستخدم في معالجة مياه الصرف الصحي وتطهير مياه الشرب من الجراثيم ويستخدم أيضاً في تبييض الأنسجة.

ويعدّ الأوزون أيضاً عامل أكسدة قوياً قادراً على تحويل ثنائي أكسيد الكبريت إلى ثلاثي أكسيد الكبريت والكبريتيت إلى كبريتات والإيوديد إلى إيودينات والكثير من المركبات العضوية إلى مشتقاتها المؤكسجة مثل الألدهيدات والحموض. إذا ازداد تركيز الأوزون بالقرب من سطح الأرض يكون ضاراً للصحة؛ فهو يهيّج الرئة ويسبب التهاباً وأزيزاً وسعالاً وصعوبات تنفسية.

هذا وقد اكتشف مؤخّراً شكل آخر لا مغنطيسي يحتوي على أربع ذرات أكسجين (**تترأكسجين tetraoxygen (O_4)**) يتفكّك بسهولة إلى الأكسجين العادي، يتشكّل عند رفع ضغط O_2 إلى 20 غيغا باسكال وهو عنصر جامد ذو لون أحمر قاتم. يستخدم كوقود للصواريخ ولتطبيقات مشابهة أخرى، وهو مُؤكسِد شديد فعاليته تفوق فعالية O_2 و O_3.

من أين أتى أكسجين الهواء؟

إنّ الخليط الغازي للهواء في الوقت الحاضر له تاريخ تطوري طويل الأمد يرجع إلى ما قبل 4.5 بليون سنة من تاريخ الكرة الأرضية. فالغلاف الجوي الأولي كان يتألّف من الغازات المنبعثة من البراكين. والغازات التي تنبعث من البراكين الحالية هي في الأغلب خليط من بخار الماء وثنائي أكسيد الكربون وثنائي أكسيد الكبريت وخالية من الأكسجين تقريباً. وإذا كان هذا الخليط هو نفسه الذي كان موجوداً في الغلاف الجوي الأولي للكرة الأرضية كان لا بد وأن تكون عمليات متنوعة قد جرت لإنتاج الخليط الغازي الجوي الموجود في الوقت الحاضر.

إنّ إحدى هذه العمليات كانت عملية تشكيل الماء نتيجة تكثيف لبخار الماء المنبعث من البراكين عند تبرده، مع احتمال حصول تفاعلات كيميائية أيضاً، أدت إلى ملء المحيطات والبحار الأولية. ويحتمل أنّ بعض ثنائي أكسيد الكربون قد تفاعل مع صخور قشرة الكرة الأرضية وشكّل فلزات كربوناتية وبعضه الآخر انحل في مياه المحيطات والبحار حديثة التشكّل. وفيما بعد عندما تطورت أشكال من الحياة البدائية في المحيطات القادرة على القيام بعملية التركيب الضوئي، بدأت هذه الكائنات الحية البحرية الجديدة في إنتاج الأكسجين.

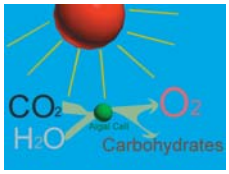
ويعتقد أنّ كل الأكسجين الحر الموجود في الغلاف الجوي الحالي للكرة الأرضية تشكل نتيجة عملية التركيب الضوئي وذلك باتحاد ثنائي أكسيد الكربون مع الماء. فمنذ ما قبل 570 مليون سنة أصبح محتوى الغلاف الجوي والمحيطات من الأكسجين مرتفعاً بصورة كافية ليتيح للحياة البحرية أن تتنفّس. وفيما بعد ومنذ ما قبل 400 مليون سنة احتوى الغلاف الجوي على كمية كافية من الأكسجين أتاحت للحيوانات الأرضية أن تتنفّس الهواء الجوي. وهكذا فإنّ غزارة الأكسجين الحر في الغلاف الجوي في الأحقاب الجيولوجية الأحدث ووصولها إلى النسبة الحالية أطلقتها بصورة رئيسة الكائنات الحية التي تقوم بعملية التركيب الضوئي – ثلاثة أرباعها تقريباً أطلقتها العوالق النباتية phytoplanktons والطحالب algae التي تعيش في المحيطات والبحار والربع الأخير أطلقتها النباتات الأرضية اليخضورية (التي تعيش على اليابسة). وهكذا فقد تأسّس توازن بين الأكسجين الذي ينطلق من عملية التركيب الضوئي من جهة وبين الأكسجين الذي يستهلكه تنفّس الكائنات الحية وتأكسد الصخور وتفسّخ المواد العضوية من جهة أخرى.

كيف يدور الأكسجين في الطبيعة؟

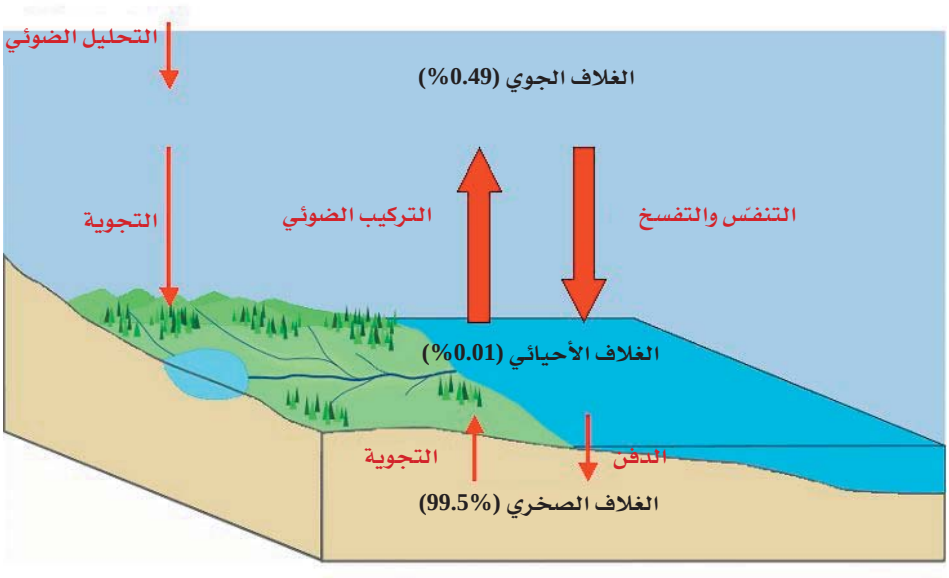
إنّ معظم كمية الأكسجين الجزيئي (99.5%) تكون مختزنة في الغلاف الصخري Lithosphere أي في صخور الكرة الأرضية وفلزاتها. توجد كمية صغيرة منه (0.01%) في الغلاف الأحيائي Biosphere وكمية (0.49%) في الغلاف الجوي Atmosphere.

تمثّل عملية التركيب الضوئي المصدر الرئيس لأكسجين الغلافين الأحيائي والجوي، وهذه العملية هي التي تتحكّم في الغلاف الجوي الحالي على الكرة الأرضية وفي حياة كائناتها الحية. تقوم عملية التركيب الضوئي بتحويل ثنائي أكسيد الكربون والماء بوجود طاقة أشعة الشمس إلى هدرات الكربون (سكريات) وأكسجين. ويكتب هذا التحويل في أبسط شكل كما يلي:

$$CO_2 + H_2O + energy \rightarrow CH_2O + O_2$$



خزانات دورة الأكسجين وتنقله



دورة الأكسجين

يدور أكسجين الكرة الأرضية عبر ثلاثة خزّانات 1- الغلاف الجوي Atmosphere 2- الغلاف الأحيائي Biosphere (الذي هو جزء من قشرة الكرة الأرضية الذي تعيش فيه الكائنات الحية 3- الغلاف الصخري Lithosphere الذي يمثّل قشرة الكرة الأرضية والطبقة الأعلى من معطف الكرة الأرضية. إن هذه الحركة الدورية التي تدعى دورة الأكسجين والمعروفة بالدورة الحيوية الجيولوجية الكيميائية – تتضمّن عمليات كيميائية وجيولوجية وحيوية.

وثمة مصدر إضافي لأكسجين الغلاف الجوي ينتج من عملية التحلّل الضوئي photolysis حيث تفكّك الأشعة فوق البنفسجية العالية الطاقة بعض الجزيئات في الغلاف الجوي:

$$2N_2O + \text{طاقة} \quad 4\,N + O_2$$

$$2H_2O + \text{طاقة} \quad 4\,H + O_2$$

ينتج من هذين التفاعلين ذرات الهدروجين والنتروجين التي تنطلق نحو الفضاء تاركة الأكسجين في الغلاف الجوي.

يخسر الغلاف الجوي أكسجينه بطرائق متعدّدة. وأهمها آليات عمليات التنفّس والتفسّخ التي تستهلك فيها الكائنات الحية الأكسجين وتطرح ثنائي أكسيد الكربون. وبالإضافة إلى ذلك تستهلك التجوية السطحية لصخور الكرة الأرضية الأكسجين. وكمثال على استهلاك التجوية السطحية تشكّل أكاسيد الحديد (الصدأ) في الصخور السطحية التي تظهر بألوانها الحمراء التي تميزها:

$$4FeO + O_2 \rightarrow 2Fe_2O_3$$

وكذلك يدور الأكسجين بين الغلاف الأحيائي والغلاف الصخري. تفرز الكائنات الحية البحرية في الغلاف الأحيائي هياكلها وقواقعها المؤلفة من كربونات الكلسيوم ($CaCO_3$) وهو مركب غني بذرة الأكسجين. وعندما تموت هذه الكائنات الحية فإن قواقعها وأصدافها وهياكلها تترسّب على قعور البحار الضحلة حيث تُدفن وتساهم مع الزمن في تشكيل الصخور الكلسية التي تنضم إلى صخور الغلاف الصخري.

كيف يستخلص الأكسجين في المختبر؟

تعتمد طرائق الحصول على الأكسجين على الكمية المراد الحصول عليها:

ففي المختبر يستخلص الأكسجين بالتحليل الحراري لبعض الأملاح مثل كلورات البوتاسيوم أو نترات البوتاسيوم. ويسرّع هذا التحليل إضافة ثنائي أكسيد المنغنيز الذي ينقص حرارة التفاعل من 400 درجة مئوية إلى 250 درجة مئوية. كما يستخلص بتسخين أكاسيد المعادن الثقيلة كتسخين أكسيد الزئبق أو فوق الأكاسيد المعدنية مثل فوق أكسيد الباريوم وفوق أكسيد الصوديوم أو تسخين فوق أكسيد الهدروجين.

هل يمكن استخلاصه من هواء الغلاف الجوي؟

نعم، وذلك بفصله عن مكونات الهواء الجوي الذي يتألّف كما ذكرنا من 21% أكسجين و 79% نتروجين. ويتم ذلك بتجفيف الهواء وتخليصه ممّا يحويه من ثنائي أكسيد الكربون ثم ضغطه وتبريده إلى درجات منخفضة جداً من الحرارة لتحويله إلى سائل. وبعملية التقطير المجزأ يتم فصل النتروجين السائل أولاً عن الأكسجين السائل نظراً لأنّ نقطة غليانه (-195.79 درجة سلزيوس) أخفض من نقطة غليان الأكسجين السائل (-182.96 درجة سلزيوس) تاركاً الأكسجين بحالته السائلة. يخزّن الأكسجين ويُنقل إمّا بحالته السائلة أو الغازية. فالأكسجين السائل المبرّد creogenic oxygen إلى درجات حرارة منخفضة جداً يخزّن في أوعية عزل ذات جدارين تشبه أوعية الترموس Thermos، حيث يحتل في هذه الحالة السائلة حجماً صغيراً إذ يعطي اللتر الواحد منه نحو 850 لتراً من الغاز في الضغط الجوي العادي. أمّا في حالته الغازية فيحفظ الأكسجين تحت ضغط 200 ضغط جوي في أوعية خاصة.

ويعد التحليل الكهربائي للماء المضاف إليه نسبة صغيرة من أملاح أو حموض أيضاً من أهم الطرائق الصناعية للحصول على الأكسجين، أي تفكيك الماء إلى هدروجين وأكسجين بتأثير التيار الكهربائي. وتُستخدم هذه الطريقة بصورة خاصة لتزويد الغواصات النووية والمحطات الفضائية بالأكسجين وذلك باستخدام الطاقة الكهربائية التي تولدها مفاعلاتها النووية أو ألواحها الفوتوفولطية الشمسية.

والأكسجين التجاري أو الهواء الغني بالأكسجين حلّ محلّ الهواء العادي في صناعة الفولاذ وفي عمليات التعدين الأخرى وفي الصناعات الكيميائية لتصنيع المركبات الكيميائية مثل الأستيلين وأكسيد الإتيلين والميتانول. أمّا تطبيقاته الطبية فتشمل استخدامه في خيم الأكسجين oxygen tents ومناشق inhalators الأكسجين وحاضنات الأطفال. وتؤمّن المواد المخدرة anesthetics الغازية الغنية بالأكسجين دعم البقاء على الحياة أثناء التخدير العام. ويعدّ الأكسجين مهماً في عدد من الصناعات التي تستخدم الأفران الصناعية. ويستخدم الأكسجين في حالته السائلة أيضاً كوقود لإطلاق الصواريخ.

مركبات الأكسجين

الأكسجين ثنائي التكافؤ ويشكّل عدداً كبيراً من المركبات من بينها الأكاسيد اللامعدنية، مثل الماء (H_2O) وثنائي أكسيد الكبريت (SO_2) وثنائي أكسيد الكربون (CO_2)؛ ومركبات عضوية مثل الكحولات والألديهيدات والكتونات والأثيرات والحموض الكربوكسيلية والحموض الأمينية (الكتل البانية للبروتينات) والنكلوتيدات (الكتل البانية للحموض النووية) والكربوهدرات ....؛ والأحماض المعروفة مثل حمض الكبريت (H_2SO_4) وحمض الكربونيك (H_2CO_3) وحمض النتريك (HNO_3)؛ والأملاح مثل كبريتات الصوديوم (Na_2SO_4) ونترات الصوديوم ($NaNO_3$).

المراجع

References

1- La Recherche Avril 2009 No 429

2-New World Encyclopedia

3- WebElements: the periodic table on the web

4- Encyclopedia Britanica 2007

5- Microsoft Encarta 2007 Reference Library

ورقات البحوث والتقارير العلمية

الزاوية المثلى لميل اللواقط الشمسية في سورية واتجاهها

Optimum tilt angle and orientation for solar collectors in Syria

د. كمال سكيكر
قسم الخدمات العلمية

ملخص

تعد زاوية ميل اللاقط الشمسي على الأفق إحدى أهم الوسطاء التي تلعب دوراً ملحوظاً في تعيين مردوده. تكمن أهمية هذا الوسيط في تناسب كمية الإشعاع الشمسي الوارد إلى سطح اللاقط مع زاوية ميل سطحه. فتم في إطار هذا العمل اقتراح نموذج رياضي لتعيين الزاوية المثلى لميل اللاقط بالنسبة للأفق واتجاهه المتمثل بزاوية سمت سطحه، ولتقديرالإشعاع الشمسي الوارد إلى ذلك السطح، وذلك لكل يوم من أيام العام التقويمي ولفترة اختيارية محددة. استثمر هذا النموذج لتعيين زوايا الميل المثلى اليومية، والشهرية، والفصلية، والسنوية وحساب الإشعاع الشمسي الوارد إلى سطح اللاقط لسلسلة من زوايا العرض الجغرافي، و لكل من المحافظات السورية الرئيسة.

تم تعيين زاوية الميل المثلى عن طريق حساب الحد الأعظمي لكمية الإشعاع الشمسي الوارد إلى سطح اللاقط في اليوم أو الفترة المختارة المدروسة. بينت نتائج الدراسة أنه بنتيجة تعديل زاوية الميل المثلى لسطح اللاقط اثنتي عشرة مرة في السنة (تطبيق زاوية الميل المثلى الشهرية) ترد كمية من الإشعاع الشمسي تساوي تقريباً تلك الواردة إلى السطح نفسه بنتيجة تعديل زاوية ميله وفقاً للقيم المثلى اليومية. وأظهرت النتائج أيضاً ربحاً طاقياً سنوياً يقدر بـ 30% بالنسبة إلى كمية الإشعاع الشمسي الوارد إلى سطح اللاقط المركب موازياً للأفق.

الكلمات المفتاحية: زاوية الميل؛ اللاقط الشمسي؛ الإشعاع الشمسي؛ نموذج رياضي.

نُشرت ورقة البحث هذه في مجلة: *Energy Conversion & Management*.

الوفرة الطبيعية لنظائر الآزوت ^{15}N والكربون ^{13}C في أوراق بعض الأشجار والأنجم المثبتة وغير المثبتة للآزوت الجوي في سورية

Natural abundances of ^{15}N and ^{13}C in leaves of some ^{N2}-fixing and non ^{N2}-fixing trees and shrubs in Syria

د. فواز كردعلي، محمد الشماع
قسم الزراعة

ملخص

أجريت دراسة على غطاء نباتي مزروع في منطقتين مختلفتين من المناطق شبه الجافة في سورية لتعيين الاختلافات في قيم الوفرة الطبيعية من النظائر المستقرة للآزوت ^{15}N والكربون ^{13}C وذلك في أوراق عدد من الأنواع النباتية البقولية الخشبية وغير البقولية لمعرفة أهمية هذه الاختلافات في تثبيت الآزوت الجوي وتمثيل الكربون. ففي الموقع الأول (تربة غير متأثرة بالملوحة)، كانت قيم $\delta^{15}N$ في بعض الأنواع البقولية مثل السنط الأزرق Acacia cyanopylla ‰1.73 أو Acacia farnesiana ‰0.55 أو Prosopis juliflora-1.64‰ أوالفصة الشجيرية Medicago arborea+1.6‰، وفي الزيزفون Elaeagnus angustifolia الذي يتبع مجموعة النباتات الأكتينوجذرية (0.46- و 2.1- ‰) قريبة من قيمة $\delta^{15}N$ للآزوت الجوي، حيث تشير إلى وجود مساهمة عالية من الآزوت المثبت في هذه الأنواع النباتية. أما في الأنواع النباتية غير المثبتة للآزوت الجوي، فقد كانت قيم $\delta^{15}N$ موجبة ومرتفعة. من ناحية أخرى، تراوحت قيم $\delta^{13}C$ ‰ في أوراق نباتات C3 بين 23– ‰ و 28.67– ‰ والتي اختلفت باختلاف النوع النباتي، غير أنه لوحظ عدم تأثر $\delta^{13}C$ ‰ كثيراً ضمن النوع النباتي نفسه والمزروع في أماكن مختلفة. في الموقع الثاني من الدراسة (تربة متأثرة بالملوحة)، بينت نتائج التحليل النظيري المزدوج للآزوت والكربون في أوراق نبات Prosopis juliflora أن الملوحة لم تؤثر في تمثيل الكربون نظراً لارتفاع قيمة التمييز النظيري للكربون فيه، مما يشير إلى مقدرته على تحمل الملوحة، أما مقدرته على تثبيت الآزوت الجوي فقد تأثرت سلباً نظراً لقيمة $\delta^{15}N$ الموجبة والعالية (+7.03‰). وبناءً على ذلك يمكن الاستنتاج بإمكانية تحسين كفاءة تثبيت الآزوت الجوي في المناطق المتأثرة بالملوحة من خلال انتقاء سلالات ريزوبيوم متحملة للملوحة.

الكلمات المفتاحية: الكربون 13، بيئة النظائر، إختلافات النظائر الطبيعية، الآزوت ^{15}N، تثبيت الآزوت الجوي، ملوحة، أنجم، أشجار.

نُشرت ورقة البحث هذه في مجلة: *Isotopes in Environmental & Health Studies*.

أثر تلدين سطوح $(0001)\alpha\text{-}Al_2O_3$ في النمو المنضد غير المتجانس لحبيبات الفضة النانوية

Effect of Annealed $(0001)\alpha\text{-}Al_2O_3$ Surfaces on Heteroepitaxial Growth of Silver Nano-particles

د. أحمد المحمد
مخابر المواد النانوية – قسم الفيزياء

ملخص

دُرِس تأثير تلدين سطوح $(0001)\alpha\text{-}Al_2O_3$ في النمو المنضد غير المتجانس لحبيبات الفضة النانوية Ag NPs باستخدام انعراج الإلكترونات المنعكسة العالية الطاقة RHEED والمجهر الإلكتروني النافذ TEM وانعراج الإلكترونات عند مساحة محددة SAED. رُسِّبت حبيبات الفضة النانوية Ag NPs على السطحين (1×1) المتساوي التكافؤ و(111)Ag//(0001) المعاد بناؤه من البلورة $\alpha\text{-}Al_2O_3$ باستخدام خلية كنودسن. تم البحث عن أفضل الشروط لتشكّل السطح البيني $(111)Ag//(0001)\alpha\text{-}Al_2O_3$ باستخدام كلٍّ من طريقة الكثافة الأعظمية للعناقيد الذرية ونظرية ليفتنز Lifethenz في طاقات فاندرفالس Van der Waals. تعتمد أنماط النمو ومعاملات الشبكة وأشكال حبيبات الفضة النانوية وأحجامها بشدة على البنية البلورية السطحية للركازات. تنمو حبيبات الفضة في البدء وفقاً للاتجاهات الثلاثة وذلك على نوعي الركازات (المتساوية التكافؤ والمعاد بناؤها) مشكلةً حبيبات شبه سداسية. ثم أدى ترسيب Ag NPs على الركازات المتساوية التكافؤ إلى تشكل السطح البيني $(111)Ag//(0001)\alpha\text{-}Al_2O_3$ دون تمييز أي توجه تنضيد مفضل لنمو حبيبات الفضة. يُبرهن التوزع الغوصي لأبعاد الحبيبات على أن نمط نمو ذرات الفضة هو ذرة– ذرة (atom-by-atom) على الركازات المتساوية التكافؤ عندما تكون كثافة Ag NPs أقل من كثافة الإشباع، وعندما تصبح الكثافة أكبر من كثافة الإشباع يظهر نمط النمو الاندماجي (coalescence growth mode) الناتج عن التصادمات الثنائية بين Ag NPs. أما في حال الركازات المعاد بناؤها فتكون علاقة التنضيد بين Ag NPs والركازات كما يلي:

$(111)Ag//(0001)\alpha\text{-}Al_2O_3$

$<01\bar{1}>Ag//[12\bar{3}0]\ \alpha\text{-}Al_2O_3$ or $<011>Ag//[1\bar{1}00]\ \alpha\text{-}Al_2O_3$

لُوحِظ أن Ag NPs تصنع زوايا محصورة بين ±6° مع الاتجاهات التنضيدية المفضلة $<00\bar{1}1>$ أو$<0\bar{3}12>$. وُجِد أن نمط النمو (ذرة– ذرة) سيطر خلال جميع مراحل النمو.

الكلمات المفتاحية: بنية الغشاء الرقيق وتشكله، نظريات نمو الأغشية ونماذجه، انعراج الإلكترونات العالية الطاقة المنعكسة، بنية البلورات النانوية والحبيبات النانوية.

نُشرت ورقة البحث هذه في مجلة: *Acta Physica Polonica A*.

سلوك الخفض الضوئي لمركب أزرق الحمض 29 عند تشعيعه بليزر هليوم–نيون مستمر منخفض الاستطاعة

Optical Limiting Behavior of Acid Blue 29 under Low Power CW He-Ne Laser Irradiation

د. محمد درغام زيدان، د. علاء الدين منيع، د. عبد الوهاب علاف، د. زكي العجي، أحمد اللحام
قسم الفيزياء

ملخص

بحث أداء الخفض الضوئي لمركب أزرق الحمض 29 باستخدام ليزر هليوم–نيون مستمر ذي طاقة 35 ملّي واط. لقد دُرس سلوك الخفض الضوئي بقياس نفاذية العينة عند عدة تراكيز مختلفة. أظهرت نتائجنا أن كفاءة الخفض الضوئي تعتمد على التركيز. لوحظ وجود أشكال لظاهرة الانعراج المحرض ذاتياً عند الشدات المرتفعة ابتداءً من 15 ملّي واط.

الكلمات المفتاحية: الضوء اللاخطي، الامتصاص اللاخطي، الخفض الضوئي، أزرق الحمض 29.

نُشرت ورقة البحث هذه في مجلة: *ACTA Physica Polonica A*.

تأثير طول موجة الإنارة على خواص التألق المرئي من السليكون المسامي من النوع p- المحضر بالتنميش الفوتو-كهركيميائي

Visible luminescence in photo-electrochemically etched p-type porous silicon: Effect of illumination wavelength

د. منذر نداف، د. حسن حمادة
قسم الفيزياء

ملخص

دُرس تأثير ضوء وحيد اللون بكثافة قدرة منخفضة ($\sim 5\ \mu Wcm^{-2}$) وبأطوال موجية مختلفة في خواص التألق الفوتوني (PL) المرئي للسليكون المسامي (PS) من النوع p- المشكل بطريقة التنميش الفوتو-كهركيميائية. وجد أن عصابة التألق الفوتوني (PL) لعينات السليكون المنمشة تحت الإنارة بطول موجة يقع في المجال أزرق-أخضر: 480.533 nm و 580 يمكن أن تحلل إلى قمتي PL واحدة تقع في المجال الأحمر والأخرى في المجال الأزرق من الطيف المرئي. ووُجد أن شدة قمة PL في المجال الأخضر تكون عظمى من أجل العينة المنارة بطول الموجة 533 nm. بينما لم تُظهر أطياف السليكون المسامي المحضر تحت تأثير الإنارة بضوء أحمر أو المحضر في الظلام عصابة تألق فوتوني في المجال الأخضر، لكنها تُبدي زيادة كبيرة في شدة قمة التألق الفوتوني في المجال الأحمر. أظهر التحليل الطيفي للأشعة تحت الحمراء بتحويل فورييه (FTIR) العلاقة بين بنى الربط الكيميائي في السليكون المسامي وسلوك التألق الفوتوني الملاحظ. حيث تبيّن بشكل خاص بأن فعالية التألق الفوتوني تتأثر بشكل كبير بتعديل المحتوى النسبي لأنواع الهيدريد والأكسيد والكربوكسيل. وجد علاوةً على ذلك بأن التألق الفوتوني في المجال الأزرق يتعلق بشدة بالمحتوي النسبي لمجموعة الكربوكسيل بالنسبة إلى الأكسيد. على الرغم من أن القيمة المحسوبة لفرجة طاقة عينات السليكون المسامي أكبر بشكل ملحوظ من قيمتها في السليكون البلوري، فإن قياسات التألق الفوتوني عند درجة حرارة منخفضة وتحليل رامان أظهرت تضارباً مع نموذج الحصر الكمومي في السليكون المسامي.

الكلمات المفتاحية: سليكون مسامي، طول موجة الإنارة، تألق فوتوني، مطيافية الأشعة تحت الحمراء بتحويل فورييه.

نُشرت ورقة البحث هذه في مجلة: Materials Science and Engineering C.

تحديد معاملات التصحيح في التحليل الغاماوي للعينات الكبيرة باستخدام إشعاعها الغاماوي الذاتي المتعدد الخطوط

Correction factors determination in large samples gamma assay using its own multi gamma lines spectrum

د. خالد حداد، راتب البيات
قسم الهندسة النووية

ملخص

قُدِّمت في هذا العمل طريقة سهلة وبسيطة للتحليل الغاماوي للعينات الكبيرة. يتم التحليل بهذه الطريقة باستخدام معايرة المنبع النقطي. تُستنتج معاملات تصحيح الحجم والتوهين الذاتي تجريبيا من أطياف عينات مختلفة السُمْك بالاستفادة من الحقيقتين البسيطتين والمعروفتين التاليتين: إن النشاطية النوعية للعينات الكبيرة والصغيرة لمادة متجانسة واحدة هي نفسها؛ يتناقص التوهين الذاتي لخطوط غاما بزيادة طاقاتها. طُبِّقت الطريقة بنجاح على عينات نورم (المواد المشعة الموجودة بشكل طبيعي) كبيرة. لاتتطلب هذه الطريقة إجراءات رياضية معقدة. ولا تحتاج لمعطيات عن مادة العينة أو تركيب وحدة الكاشف.

الكلمات المفتاحية: العينات الكبيرة، تحليل غاما، حجم، توهين ذاتي، نورم.

نُشرت ورقة البحث هذه في مجلة: Applied Radiation and Isotopes. 2009.

توصيف بلازما محرقية صغيرة طاقتها 2.8 kJ باستخدام نموذج إشعاعي خماسي الطور

Characterization of a 2.8 kJ small plasma focus using a five phase radiative model

د.شريف الحواط، د.صقر سلوم
قسم الفيزياء

ملخص

جرى تطبيق نموذج بلازما محرقية إشعاعي بخمسة أطوار (الطور المحوري والطور القطري الأمامي وطورالصدم المنعكس والطور الإشعاعي والطور الانبساطي) على جهاز بلازما محرقية طاقته 2.8 kJ و ذلك لإيجاد بنية تشكل البلازما المحرقية ولحساب وسطاء البلازما والإشعاع الصادر من تضيق البلازما. للتحقق من النموذج، دُرس احتمال الإشعاع من الجهاز في بلازما النيون، وطُبقت طريقة التقريب الخطي بوساطة برنامج فورتران كُتب لهذا الغرض. تم الحصول على النتائج النظرية والتجريبية للتطور الزمني للتيار و الجهد عند ضغط 0.9 mbar للنيون، و من أجل جهود سفوة عند ضغوط مختلفة لغاز التعبئة، و مقارنتها.

بالإضافة لذلك قورن جهاز البلازما المحرقية لدينا مع أجهزة بلازما محرقية مختلفة فيما يتعلق بكثافة طاقة البلازما ووسيط القيادة.

الكلمات المفتاحية: بلازما محرقية، نموذج الثلج المجروف و نموذج الكبسولة، نموذج إشعاعي.

نُشرت ورقة البحث هذه في مجلة: *Contributions to Plasma Physics* .

نمذجة الإصدار الديناميكي للبلورة المستقطبة Cr^{4+}:YAG المدروس بوساطة نبضة ضخ مزدوجة مولّدة من ليزر نيودميوم

Modeling the dynamic emission of a polarized Cr^{4+}: YAG crystal investigated by doublepulse pumping generated by a Nd-laser

د. بشار عبد الغني، مصطفى حمادي
قسم الخدمات العلمية

ملخص

تم تطوير نموذج رياضي يصف الإصدار الديناميكي في البلورة المتناحية المستقطبة المتوضعة بداخل التجويف الليزري كماص إشباع في الحالة الصلبة. يستعمل هذا النموذج نبضات الضخ الليزري المزدوجة لمحاكاة الفعلين في البلورة Cr^{4+}:YAG ثنائية مفتاح الجودة (1.06 μm) وفي وسط ليزري (1.40 μm). يصف النموذج التطور الزمني للتفاعل المتبادل بين نبضة الضخ الليزري والمقطب الجزئي والماص المستقطب القابل للإشباع. يبنى تحليل عملية الاستقطاب على فرضية أنه في كل لحظة من تطور الليزرة تمثل حالة الاستقطاب بحالة ذاتية تقابل حالة الضياعات الأدنى للإشعاع. يقدم النموذج آلية بسيطة لدراسة حركية الليزرات النبضية وتأثير تغيرات استطاعة نبضة الضخ ووسيط عدم التناحي اللاخطي على مميزات نبضات الخرج الليزري 1.06 μm و 1.40 μm. يكشف الدوران الزاوي لمفتاح الجودة المنفعل Cr^{4+}:YAG عن أن نفاذ الإشعاع الليزري المستقطب 1.06 μm يكون غير متناحٍ بشكل شديد في نظام الإشباع. يقدّر النموذج المقترح كثافة ليزر الضخ النافذة لإشعاع الضوء المستقطب 1.06 μm تابعة لوسيط عدم التناحي اللاخطي والسلوك الزمني لانقلاب الإسكان النسبي لليزر النيوديميوم وكثافات إسكان السويات المستقطبة المختلفة لبلّورة Cr^{4+}:YAG وكثافات نبضات الخرج الليزري بنتيجة تأثير القيم المختلفة لعدم التناحي اللاخطي التي تعود إلى عدم التناحي المحرض ذاتياً الناتج عن الامتصاص.

الكلمات المفتاحية: إصدار ديناميكي، نمذجة، البلورة المستقطبة ، ليزر نيوديميوم.

نُشرت ورقة البحث هذه في مجلة: *Acta Physica Polonica A*.

2010 CALENDAR AECS

January

S		3	10	17	24	31
M		4	11	18	25	
T		5	12	19	26	
W		6	13	20	27	
T		7	14	21	28	
F	1	8	15	22	29	
S	2	9	16	23	30	

February

S		7	14	21	28
M	1	8	15	22	
T	2	9	16	23	
W	3	10	17	24	
T	4	11	18	25	
F	5	12	19	26	
S	6	13	20	27	

March

S		7	14	21	28
M	1	8	15	22	29
T	2	9	16	23	30
W	3	10	17	24	31
T	4	11	18	25	
F	5	12	19	26	
S	6	13	20	27	

April

S		4	11	18	25
M		5	12	19	26
T		6	13	20	27
W		7	14	21	28
T	1	8	15	22	29
F	2	9	16	23	30
S	3	10	17	24	

May

S		2	9	16	23	30
M		3	10	17	24	31
T		4	11	18	25	
W		5	12	19	26	
T		6	13	20	27	
F		7	14	21	28	
S	1	8	15	22	29	

June

S		6	13	20	27
M		7	14	21	28
T	1	8	15	22	29
W	2	9	16	23	30
T	3	10	17	24	
F	4	11	18	25	
S	5	12	19	26	

July

S		4	11	18	25
M		5	12	19	26
T		6	13	20	27
W		7	14	21	28
T	1	8	15	22	29
F	2	9	16	23	30
S	3	10	17	24	31

August

S	1	8	15	22	29
M	2	9	16	23	30
T	3	10	17	24	31
W	4	11	18	25	
T	5	12	19	26	
F	6	13	20	27	
S	7	14	21	28	

September

S		5	12	19	26
M		6	13	20	27
T		7	14	21	28
W	1	8	15	22	29
T	2	9	16	23	30
F	3	10	17	24	
S	4	11	18	25	

October

S		3	10	17	24	31
M		4	11	18	25	
T		5	12	19	26	
W		6	13	20	27	
T		7	14	21	28	
F	1	8	15	22	29	
S	2	9	16	23	30	

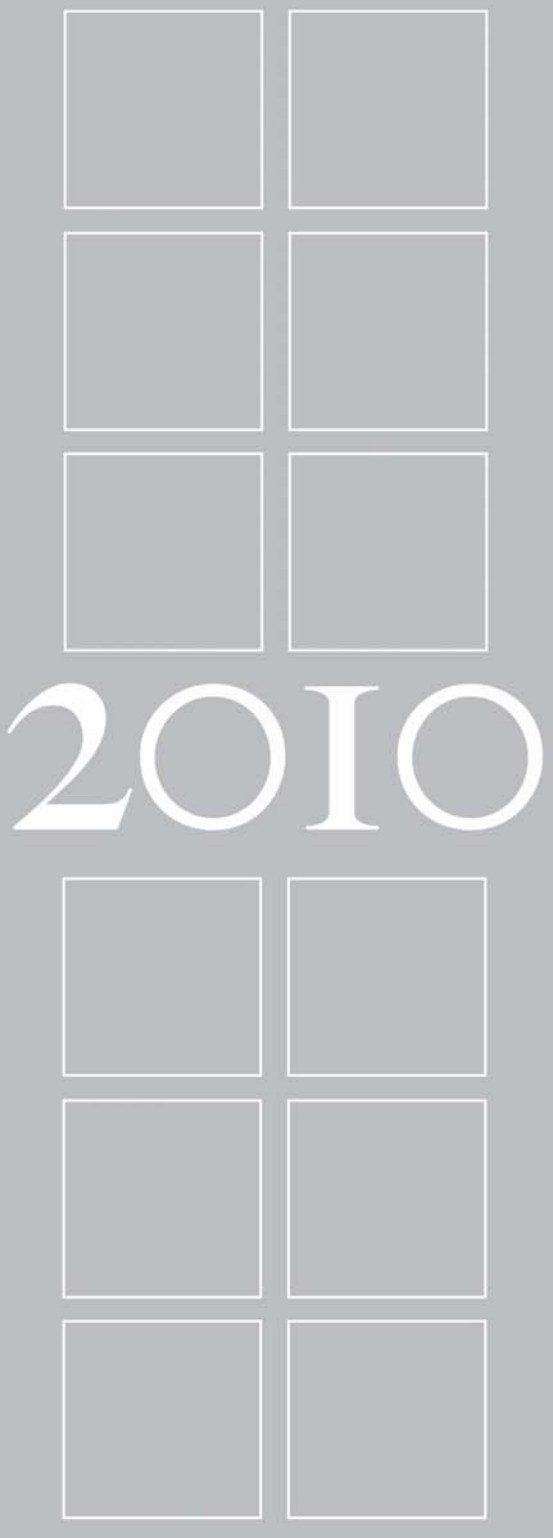
November

S		7	14	21	28
M	1	8	15	22	29
T	2	9	16	23	30
W	3	10	17	24	
T	4	11	18	25	
F	5	12	19	26	
S	6	13	20	27	

December

S		5	12	19	26
M		6	13	20	27
T		7	14	21	28
W	1	8	15	22	29
T	2	9	16	23	30
F	3	10	17	24	31
S	4	11	18	25	

http://www.aecs.sy


2010

1

دراسة انتشار سموم للفطر (Zearalenone, Deoxynivalenol (DON), T2, Fumonisin) Fusarium sp. في بعض المواد الغذائية والعلفية في سورية

The occurrence of Fusarium toxins (zearalenone, DON, fumonisin, and T2) in some food commodities and feedstuffs in Syria

إياد غانم، مالك العرفي
قسم البيولوجيا الجزيئية والتقانة الحيوية

ملخص

جرى تقدير أربعة سموم للفطر fusarium sp.: T2, fumonisin, DON ,Zearalenone في 129 عينة تتألف من: 77 عينة قمح، 12 عينة شعير، 10 عينات نخالة، 6 عينات ذرة صفراء، 6 عينات كسبة قطن، 3 عينات كسبة صويا و15 عينة لخلطات علفية محبحبة، جمعت بين عامي 2006–2008، وذلك باستخدام المقايسة المناعية الامتزازية المرتبطة بالأنزيم ELISA

وأظهرت نتائج الدراسة تلوث عينات القمح بكل من السموم الفطرية Zearalenone، DON، fumonisin، T2 بنسبة 33%، 31%، 11.6%، 12.9%، على التتالي؛ ووقع تركيز كل من هذه السموم ضمن المدى 81–350، 330 – 1330، 270 – 420، 42 – 67 مكغ/كغ، على التتالي. وبلغت نسب تلوث عينات الشعير بكل من السموم المذكورة آنفاً 75%، 83.4%، 75%، 83.3% على التتالي؛ ووقع تركيز كل من هذه السموم ضمن المدى 145، 89 – 102، 42 – 650، 340 – 1230، 270 – 1230 مكغ/كغ، على التتالي. وكانت نسب تلوث عينات النخالة 80%، 100%، 100%، 100% وتراوح تركيز السموم الفطرية فيها بين 81 – 322، 510 – 1670، 280 – 750، 42 – 81 مكغ/كغ، على التتالي. وكانت جميع عينات الذرة العلفية ملوثة بالسموم الفطرية المذكورة آنفاً والتي وقع تركيز كل منها ضمن المدى 112 – 456، 370 – 1820، 590 – 1080، 63 – 112 مكغ/كغ، على التتالي. كذلك، كانت جميع عينات كسبة الصويا ملوثة بالسموم المذكورة والتي تراوح تركيز كل منها 98 – 42، 1340 – 2220، 330 – 93 800، – 114 مكغ/كغ، على التتالي. واحتوت عينات كسبة القطن على تراكيز تراوحت ما بين 94 –138، 1120 – 1120، 1920 – 280، 1340 – 56، 132 مكغ/كغ، لكل من السموم الأربعة على التتالي. أما في عينات الخلطة العلفية المحبحبة، فكانت نسب التلوث 87%، 100%، 100%، 100%، وتراوح تركيز كل من السموم الفطرية فيها 79 – 113، 330 – 1120، 290 – 1220، 44 – 114 مكغ/كغ، على التتالي.

الكلمات المفتاحية: غذاء علف – T2–Toxin – Zearalenone – DON – Fumonisins.

2

تصميم جهاز لفتح عبوات التشعيع البلاستيكية وتنفيذه

Construction of an Irradiation Plastic Capsule Opener

د. سامر الأيوبي، بدر الدين نعوم، عيسى العمار، وسيم الأحمد
قسم الهندسة النووية

ملخص

تم في هذا العمل تصميم جهاز كهربائي وتنفيذه لاستخدامه لفتح عبوات التشعيع البلاستيكية (المحتوية على قفاءات مشعة عالية النشاط الإشعاعي) عن بعد وضمن الخلايا الحارة. وقد تميز الجهاز ببساطة المبدأ وسهولة التعامل مع عبوات التشعيع، هذا إضافة إلى تكلفته المنخفضة وكانت نتائج اختباراته مرضية تماماً.

الكلمات المفتاحية: عبوات التشعيع، قفاءات مشعة، خلايا حارة.

3 شاشات البلازما (Plasma Display Panels) : فيزياء الانفراغ فيها، مبدأ عملها، تقانتها واستخداماتها

Plasma display panels (PDP): discharge physics, operation principle, technology and applications

د. شريف الحواط،
د. محمد عاقل
قسم الفيزياء

ملخص

تهدف هذه الدراسة إلى التعريف بالمبادئ الفيزيائية لعمل شاشات البلازما وتقانتها واستخداماتها، وبالأسس الفيزيائية لانفراغ الحاجز العازل الكهربائي المستخدم في صناعة هذه الشاشات.

عرضت الأسس الفيزيائية وتشكيلات انفراغ الحاجز العازل وبعض تطبيقاته في مجالات متعددة مثل: شاشات البلازما، وتوليد الأوزون، وليزرات ثاني أكسيد الكربون، ولمبات الإكسايمر، والتحكم بالتلوث، وتعديل السطوح وتغشيتها.

تم استعراض المبادئ الأساسية وشروط تحضير شاشات البلازما وتشغيلها، وعملية تصنيعها، وأدائها، واستعرضت المزج الغازية والمواد المستخدمة في صناعة شاشات البلازما، وكيفية توليد الأشعة فوق البنفسجية والمرئية، وقياسات منتوج الإصدار الثانوي.

وجرت أيضاً في هذه الدراسة مقارنة شاشات البلازما مع شاشات البلورات السائلة والشاشات التقليدية من حيث الخواص التالية: معدل التباين، والإشباع اللوني، وزوايا الرؤية، ومدة الاستثمار، واستهلاك الطاقة، ومستوى الإشعاع الناتج، وزمن الاستجابة.

تم استعراض بعض شاشات البلازما المتوافرة في السوق المحلية والعالمية.

الكلمات المفتاحية: شاشات البلازما, الانفراغ بالحاجز العازل الكهربائي.

4 تصميم منظومة التذرية الليزرية المدعومة بالبلازما المولدة بواسطة الامواج الميكروية وتنفيذها

Design and Construction of Microwave Plasma Assisted Laser Ablation System

د. أنس الخوام
قسم الفيزياء

ملخص

جرى في هذا العمل تصميم منظومة التذرية الليزرية المدعومة بالبلازما المولدة بواسطة الأمواج الميكروية وتنفيذها. تمكّن هذه المنظومة من توضيع أفلام رقيقة ذات مواصفات مميزة وذلك عن طريق تذرية هدف معين بواسطة أشعة الليزر ضمن وسط من بلازما بعد التوهج الميكروية. استخدمت المنظومة في تجارب توضيع أفلام رقيقة من نتريد الكربون ونتريد البور بواسطة التذرية الليزرية لهدف من الغرافيت أو البور ضمن وسط بلازما بعد التوهج الميكروية لغاز الآزوت.

الكلمات المفتاحية: التذرية الليزرية، بلازما بعد التوهج، أفلام رقيقة، التوضع باستخدام الليزر النبضي.

5 تشخيص بلازما الانفراغ الراديوي للمهبط المجوف المولدة في جو من المادة العضوية السليكونية HMDSO المستخدمة لتوضيع أفلام رقيقة عازلة ضد التآكل

د. صقر سلوم، د. منذر نداف
قسم الفيزياء

Diagnostic of a Hollow Cathode Radio-Frequency Plasma Excited in Organosilicon HMDSO, used for Barrier Anti Corrosion Thin Films Deposition

ملخص

تضمّن هذا العمل دراسة بلازما المهبط المجوف الراديوية البعيدة المتشكلة من المونومير سداسي ميثيل ثنائي السيلوكسان (HMDSO) كمولد طليعي والأرغون كغاز تغذية، وكذلك بلازما المزيج HMDSO مع الأكسجين، وذلك بتبعية بارامترات مختلفة للبلازما مثل الاستطاعة الراديوية المطبقة (100–300 واط)، ومعدل تدفق HMDSO (2–32 sccm)، وزمن الترسيب (5–20 دقيقة)، ونسبة الأكسجين في المزيج $HMDSO/O_2$ (0–0.91). جرى تشخيص البلازما وتوصيف الأفلام الرقيقة المحضرة.

الكلمات المفتاحية: بلازما المهبط المجوف، سداسي ميثيل ثنائي السيلوكسان، تشخيص البلازما، أفلام رقيقة.

6 نمذجة ليزرات Nd:YAG المضخوخة بديودات ليزرية وأمثلتها

د. محمد الشيخ خليل،
د . بسام عباس
قسم الفيزياء

Simulation and Optimization of Nd:YAG lasers pumped by laser diodes

ملخص

تتألف هذه الدراسة من ثلاثة أجزاء متكاملة. يهتم الجزء الأول بنمذجة ليزر ذي مفتاح جودة فعال مضخوخ بديود .حيث سنفترض في هذا المقطع من الدراسة أن توزع كثافة الفوتونات ضمن المجاوب غوصي. حددت طاقة النبضة والاستطاعة العظمى وعرض النبضة وشروط الاقتران المثلى.

أما الجزء الثاني فيناقش نمذجة ليزر ذي مفتاح جودة منفعل مضخوخ بديود ليزري. درست مميزات النبضة كالاستطاعة العظمى وطاقة النبضة الليزرية والعرض الزمني للنبضة.

وفي الجزء الثالث درس ضخ الليزرات الصلبة التي تحوي بلّورة لاخطية لتوليد المدروج الثاني ذي مفتاح الجودة المنفعل داخل المجاوب الليزري؛ حيث تكون الحقول داخل المجاوب الليزري أعلى بكثير من الحقول الخارجية. أدخل معامل الضياع اللاخطي في معادلات المعدل الذي تتسبب به مضاعفة التواتر داخل المجاوب الليزري. استنتجت المعادلات الواصفة لجملة ليزر صلب Nd:YAG ومفتاح جودة منفعل Cr^{4+}:YAG. كما درست أيضاً مميزات النبضة كالاستطاعة العظمى وطاقة النبضة الليزرية والعرض الزمني للنبضة.

الكلمات المفتاحية: ماص مشبع – ديود ليزري – مفتاح جودة منفعل – ليزر – مدروج ثانٍ.

7 تنميط بعض سلالات بكتريا حمض اللبن في سورية باستخدام تقانتي الـ PCR والـ FT-IR

Typing some of lactic acid bacteria in Syria using PCR and FT-IR techniques

أ.د. نجم الدين شرابي
كلية الزراعة
د. أيمن المريري
دائرة الميكروبيولوجيا والمناعيات، قسم البيولوجيا الجزيئية والتقانة الحيوية

ملخص

تعتبر بكتريا حمض اللبن من أكثر المتعضيات المجهرية فائدةً للإنسان، حيث يمكن الاستفادة منها في تحسين نكهة بعض الأطعمة، وفي تثبيط بعض العوامل الممرضة وربما قتلها في بعض هذه المنتجات. عُزلت سلالات من بكتريا حمض اللبن من بعض منتجات الحليب التقليدية في سورية، والتي جُمعت عيّناتها من مناطق مختلفة من سورية. دُرِس الطابع الظاهري لهذه السلالات واسْتُخدمت تقنية التفاعل السلسلي للبوليميراز PCR لتنميطها، حيث اختيرت مورثة محافظة للنوع لدى بكتريا حمض اللبن. وُجِدَت الأنواع E .faecium, E. faecalis وS. thermophilus في الجبنة البلدية وفي اللبن الرائب. وقد أوضحت نتائجنا أنه يمكننا استخدام مطيافية تحويل فورييه للأشعة تحت الحمراء (FT–IR) لتحديد أنواع بكتريا حمض اللبن.

الكلمات المفتاحية: بكتريا حمض اللبن، تقنية الـ API، تفاعل التضخيم المورثي، الـ FT–IR.

8 تحديد طاقة التناظر النووي في النماذج الهادرونية المتعلقة بالكثافة

Nuclear symmetry energy in density dependent Hadronic models

د. سامي حداد
قسم الفيزياء

ملخص

يجري بحث تعلق طاقة التناظر النووي بالكثافة والترابط بين وسائط طاقة التناظر وسُمْك القشرة النترونية في النواة 208Pb، وذلك باستخدام نماذج هادرونية نسبية. تعلق طاقة التناظر بالكثافة خطي حول كثافة الإشباع النووي. ويوجد ترابط بين سُمْك القشرة النترونية في النواة 208Pb وقيمة طاقة التناظر النووي عند كثافة الإشباع، ولكن ليس مع ميل طاقة التناظر عند كثافة الإشباع.

الكلمات المفتاحية: طاقة التناظر النووي، نماذج هادرونية نسبية، سُمْك القشرة النترونية.

9

بناء مطيافية غلفانو ضوئية Optogalvanic

Setup for Optogalvanic Spectroscopy

د. أحمد اللطيف، د.عبد القادر جزماتي
قسم الفيزياء

ملخص

تم تصميم مطيافية ضوئية وبنائها لقياس الفعل الغلفانوضوئي Effect Optogalvanic وذلك باستخدام ليزر صباغي ذي عرض طاقي ضيق مضخوخ بليزر Nd:YAG ولمبات انفراغ غازي (hollow cathode discharge lamps) حيث تم تسجيل الإشارة للغاز الدارىء (النيون) عند طول موجة 588.19 nm والذي يوافق الانتقال ($1S_5^2 \rightarrow 2P_2^1$) من السوية الأساسية إلى سوية مثارة.

الكلمات المفتاحية: المطيافية الغلفانية الضوئية, مطيافية الإشباع, المطيافية الخالية من تعريض دوبلر, المطيافية الفائقة الدقة, امتصاص ضوء الليزر.

10

المعالجة البلازمية لسطح زرنيخيد الغاليوم المسامي المحضر بطريقة التنميش الكهركيميائية : توصيف وخواص

Plasma treatment of porous GaAs surface formed by elctrochemical etching method: Characterization and properties

د. منذر نداف، د. صقر سلوم
قسم الفيزياء

ملخص

حُضّرت عيّنات من زرنيخيد الغاليوم المسامي بطريقة التنميش الكهركيميائي لرقائق من زرنيخيد الغاليوم البلّوري من النوع p بتوجه بلّوري (100) المشوب بالزنك عند بارامترات تنميش مختلفة (زمن التنميش، نمط التيار أو الجهد المطبق، نوع الكهرليت). درس تأثير بارامترات التنميش والمعالجة السطحية بالبلازما في الخواص الضوئية للعيّنات المحضّرة، باستخدام مطيافية التألق الفوتوني (PL) ومطيافية رامان ومطيافية الانعكاس الضوئي في المجال (400–800 nm). ودرست التغيرات في مورفولوجية السطح باستخدام مجهر القوة الذرية (AFM).

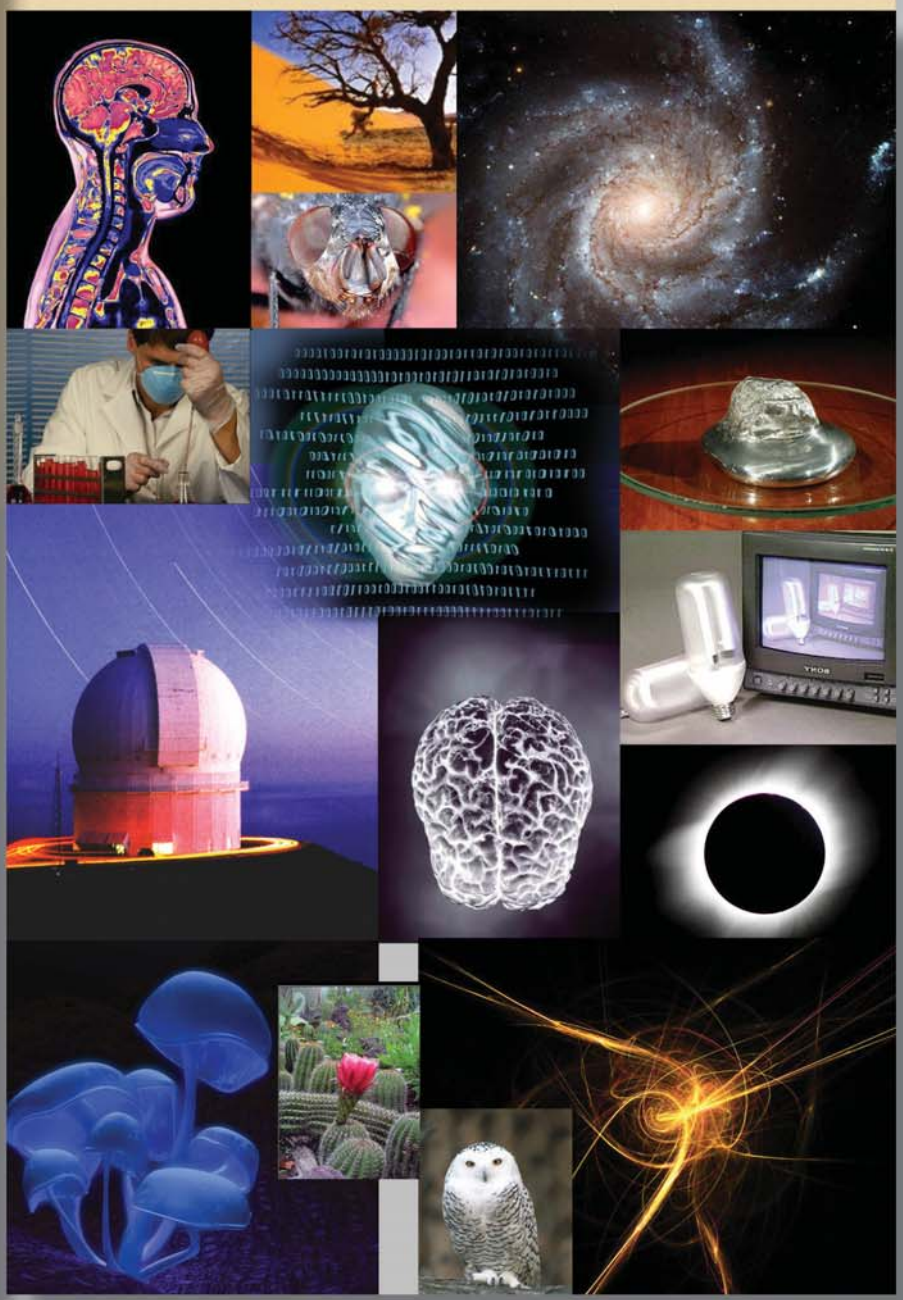
الكلمات المفتاحية: زرنيخيد الغاليوم المسامي، تنميش كهركيميائي، خواص ضوئية، المعالجة بالبلازما.

Aalam Al-Zarra

Journal of The Atomic Energy Commission of Syria

NO. 125

A journal published in Arabic six times a year, by the Atomic Energy Commission of Syria. It aims to disseminate Knowledge of nuclear and atomic sciences and all different applications of Atomic energy.



Managing Editor

Prof. Dr. Ibrahim Othman

Director General of A.E.C.S

Editing Committee

(Editors In-chief)

Prof. Dr. Adel Harfoush

Prof. Dr. Mohammad Ka'aka

(Members)

Prof. Dr. A. Haj Saeed

Prof. Dr. M. Hamo-leila

Prof. Dr. N. Sharabi

Prof. Dr. F. Awad

Prof. Dr. F. Kurdali

Prof. Dr. T. Yassin