



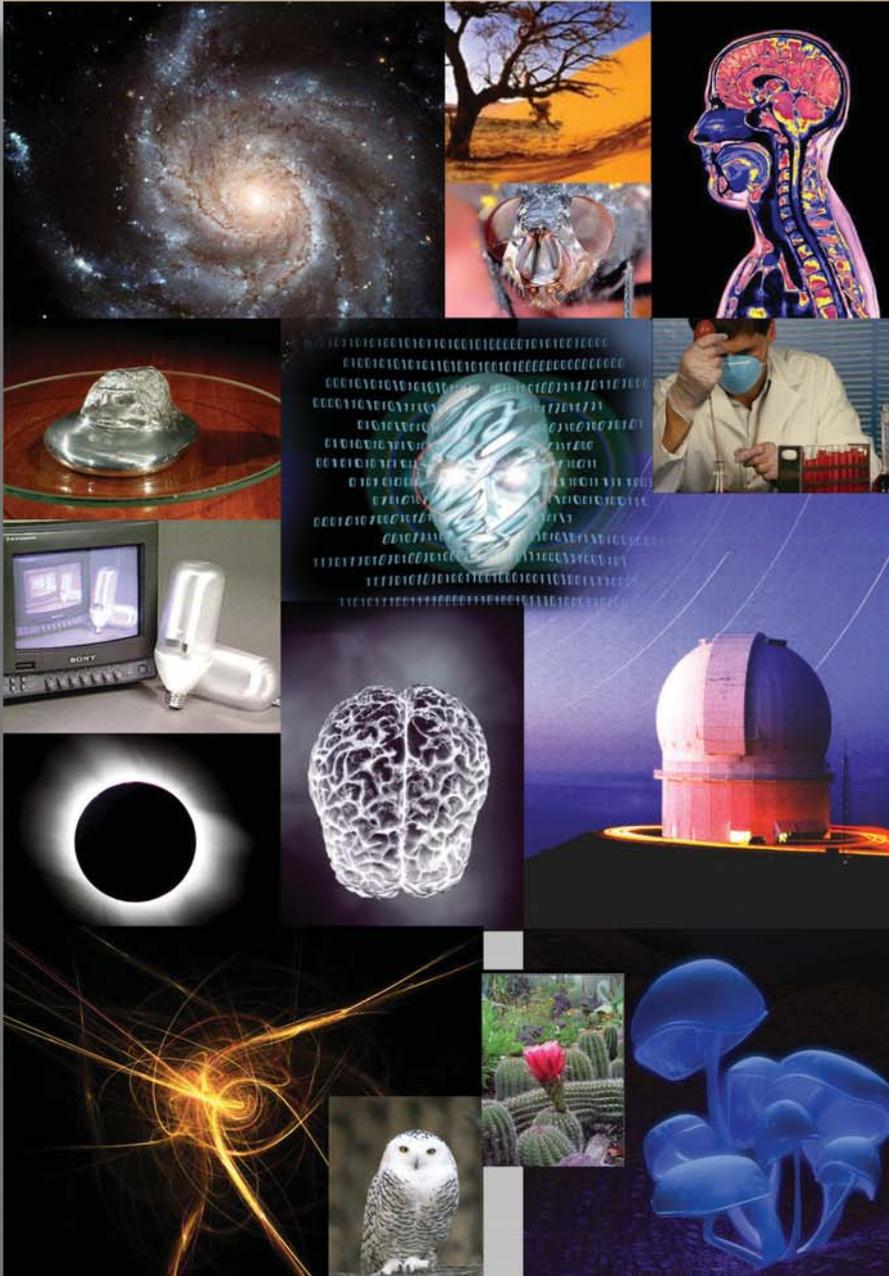
NO. 121

# عالم الذرة

مجلة هيئة الطاقة الذرية السورية

## مجلة عالم الذرة

مجلة دورية تصدر ست مرات في السنة عن هيئة الطاقة الذرية في الجمهورية العربية السورية. وتهدف إلى الإسهام في نشر المعرفة العلمية باللغة العربية في الميدانين الذري والنووي، وفي كل ما يتعلق بهما من تطبيقات.



## المدير المسؤول أ. د. إبراهيم عثمان

المدير العام لهيئة الطاقة الذرية

## 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

## مقالات

### 7 نشوء السرطان

تختلف بعض الخلايا السرطانية عن بعضها الآخر، وتتنافس فيما بينها، وأكثرها كفاءة تعيش.

ب. جويمر

### 11 هل سيصبح ممكناً معرفة متى وأين ستحدث الزلازل؟

قد تنفذ القدرة على التنبؤ بحدوث الزلازل آلاف الأرواح كل سنة. ولكن بالنسبة إلى معظم العلماء فإن معرفة متى وأين ستحدث مثل هذه الأحداث بصورة مسبقة هي أضغاث أحلام.

ج. كارترائيت

### 17 ازدهار الحياة الحيوانية في الدور الكمبري

تنوعت الحيوانات في المحيطات التي أُغْنيت بالأكسجين بعد تخلصها من فترة جليدية استثنائية. فهل غيرت هذه البيئة غير الاعتيادية تعضي الكائنات الحيّة؟

د. إروين



### 23 تنبؤات: والآن ماذا عن العشرين سنة القادمة؟

ستت من القادة الفيزيائيين يكتبون عن التحديات الكبيرة المنتظرة.

### 27 دارات متكاملة متوسطة النطاق من أفلام رقيقة من

أنابيب نانوية على ركازات بلاستيكية مرنة

ج. أ. روجرز

### 34 تصوير كيميائي بمقياس نانوي لحفّاز عامل

بواسطة مجهرية أشعة-X

ي. سميت

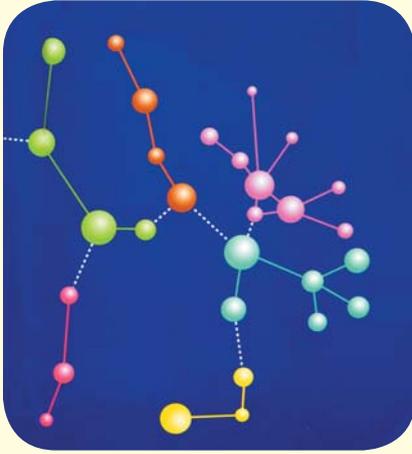
## أخبار علمية

41 ■ أكل الفيروس "يشير إلى أن الفيروسات متعضيات حيّة"

42 ■ التراقص مع كاتيونات الهيدروجين

44 ■ مسألة الموافقات تحدّ من استخدام الخلايا الجذعية

46 ■ خارطة الفيزياء



48 ■ نظرة جديدة إلى القضايا النووية

50 ■ خطروفرصة

52 ■ التيتانيوم



54 ■ مقتطفات

## إطالة علمية

56 الإشعاع والنشاط الإشعاعي

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

## ملخصات تقارير علمية

- 67 ■ تأثير محلول ثنائي ميثيل سلفوكسيد على استجابة ثنائي إيثيل فومارات كمقياس جرعة للجرعات الإشعاعية العالية
- 67 ■ تعيين الكروم الكلي في وسط حمض الكبريت بطريقة المطيافية الضوئية
- 68 ■ زيادة إنتاج العلف الأخضر وتثبيت الآزوت الجوي بتطبيق نظام الزراعة المختلطة للزرغل الملحي *Atriplex halimus* مع الفصاة الشجرية *Medicago arborea* فوق تربة مالحة
- 68 ■ مقارنة نتائج تطبيق بروتوكولي الوكالة الدولية للطاقة الذرية TRS-277 & TRS-398 لتعيين الجرعة الإشعاعية
- 69 ■ دراسة جزيئية لتفاعل الفطر *Cochliobolus sativus* مع طرز وراثية من الشعير
- 69 ■ تأثير المحرضات العضوية على درجة مقاومة نباتات البطاطا للإصابة بحشرة فراشة درنات البطاطا *Phthorimaea operculella* Zeller (Lep., Gelechiidae)
- 70 ■ تحديد تراكيز السم الفطري *Ochratoxin A* في بعض أنواع الأغذية والمحاصيل العلفية المستهلكة في سورية
- 70 ■ دراسة النشاط الإشعاعي الطبيعي في مياه الشرب في مدينة حمص
- 71 ■ بوابة انترانت للمعلومات البيئية في هيئة الطاقة الذرية السورية
- 71 ■ علاقة كاتيون الكالسيوم بتحمل نبات الذرة للملوحة في المزارع المائية

## ملخصات ورقات البحوث

- 62 تقييم التنشيط الإشعاعي لخرسانة تدرع مفاعل محلي
- 62 استخلاص سائل- سائل لحمض الكبريتيك باستخدام ثلاثي-ن-دوديسيل أمين/كبروسين
- 63 تأثير جزء الأكسجين في التآلق الفوتوني المرئي من الأفلام الرقيقة السليكونية العضوية المبلعمة بالبلازما والمرسبة من البلازما البعيدة المحرّضة في المزيج الغازي HMDSO/O2
- 63 عيوشية الأيشريكيما القولونية O157:H7 وتكاثرها داخل البالعات الكبيرة الموجودة في غشاء البيريتوان عند الفئران
- 64 استجابة القطن لطرق الري والتسميد الأزوتي مؤشرات الإنتاج، كفاءة استخدام مياه الري، الأزوت الممتص والمسترد
- 64 فعل الخفض الضوئي في متعدد (ثنائي ميثيل أستيلين ثنائي الكاربوكسيلات)
- 65 التباين الجزيئي والمرضي المحدد بين عزلات الفطر *Rhynchosporium secalis* في سورية
- 65 تفاعلات سهلة لإدخال وهجرة الهالوجن للقفس سداسي فسفا خماسي موشوري  $P_6C_4Bu_4$  مع معقدات البلاتين ذات التكافؤ صفر والتكافؤ الثنائي
- 66 طريقة مؤتمتة للتفسير المباشر لبروفيلات شاذات جاذبية متبقية عائدة لكرات واسطوانات
- 66 محاكاة حادثتي LOFA و RIA لمفاعل البحث IEA-R1 باستخدام الكود MERSAT

# 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 أماكن 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 المنضد 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 التقيد بمضمون هذا التعميم تلافياً لكل إشكال قد يواجهه كادر التنضيد. وسنورد في طيه مثلاً 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 تجري 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 وتوحيها من الإخراج المتناسق والموحد فإننا نأمل التقيد 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 مبين أدناه:

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

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

**الفاصلة (،):** توضع بين الجمل القصيرة المتعاطفة أو المتصلة 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 المتصلة المعنى، أو بين جملتين تكون إحداها سبباً في الأخرى.

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

**النقطتان (:):** توضعان بعد كلمة قال أو ما في معناها وعند الشرح 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 التّعجب أو النداء أو ما يدل على الفرح أو الأمل أيضاً دون ترك فراغ قبلها.

- مثال: كيف كان الكون بعد الانفجار العظيم!

**النقاط المتتالية (...):** تدل على أن الكلام فيه حذف أو أنه 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 خطآن صغيران توضع بينهما جملة معترضة داخلية 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 بنصّه دون تغيير.

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

**الواصلة الصغيرة (-):** توضع في أوّل الجملة وبأوّل السطر للدلالة على تغير المتكلم اختصاراً للكلمة (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 154-161.

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

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

الشَّرْطَةُ المائِلة (/): لا يُترك 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 فنبدوها بالحروف الصغيرة إلا 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 تليها (مثال: تركت أهلي صباح اليوم و ودّعتهم في المطار).

أمّا في حالة الأسماء، نضع حرف الواو (و) منفصلاً بين اسم المؤلف وبين الاسم الذي يليه (مثال: طريف شرجي و زهير أبوي و فاطر محمد). في حالة (أو)، ينبغي ترك فراغ بعدها (مثال: حُدّدت 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%).

**الوحدات (ميغاهرتز، سم، كيلواط، ...):** إذا كانت بالعربية نضعها على يسار الرقم وإذا كانت بالإنكليزية نضعها على يمين الرقم ونترك فراغاً بينها وبين الرقم ونذكر مثلاً: (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.

- 1- تُرسل نسختان من مادة النشر باللغة العربية مطبوعتان بالآلة أو مكتوبتان بالبر 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 بالبر 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 تكتب 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- يرحي 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 الذرية - 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 للمشاركين من خارج القطر إرسال رسم الاشتراك إلى العنوان التالي:
- المصرف التجاري السوري - فرع رقم 13- مزرة جبل- دمشق- ص.ب: 16005، رقم الحساب 2/3012
- أو بشيك باسم هيئة الطاقة الذرية السورية.
- يمكن للمشاركين من داخل القطر دفع قيمة الاشتراك بحوالة بريدية على العنوان التالي:
- مجلة عالم الذرة-مكتب الترجمة والتأليف والنشر-هيئة الطاقة الذرية 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 17 نيسان
- 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. مصر: 3 جنيهات لبنان: 3000 ل.ل. الجزائر: 100 دينار  
الأردن: 2 دينار السعودية: 10 ريالات وفي البلدان الأخرى: 6 دولارات

### الإعلانات

تود مجلة عالم الذرة إعلام الشركات والمؤسسات العاملة في قطاع التجهيزات العلمية والمخرية 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.

# نشوء السرطان

تختلف بعض الخلايا السرطانية عن بعضها الآخر، وتتنافس فيما بينها، وأكثرها كفاءة تعيش. يقدم *Patrick Goymer* فيما يلي تقريراً حول كيفية تطبيق نظرية النشوء والتطور البيولوجي على حالة السرطان، وما يمكن أن تفعله هذه النظرية من أثر إيجابي.

**الكلمات المفتاحية:** نشوء السرطان، فرط نمو خلايا نقي العظم، طفرة المورثة.

أن تصبح سرطاناً). تلعب التغيرات الحادثة للمورثة JAK2 في هذه الاضطرابات دوراً ابتدائياً فاسحة المجال للخلايا بتجاوز آليات السيطرة على نموها. بدأ غرين وزملاؤه بدراسة هذه الطفرات خلال مراحل تطور هذه الاضطرابات، في بعض الحالات، إلى سرطان خلايا الدم البيضاء والذي يدعى ابيضاض الدم النقوي الحاد (AML). وكما هو متوقع، تنشأ طفرة المورثة JAK2 غالباً وبشكل مبكر في اضطرابات التكاثر النقوي بسبب ميزة النمو التي تمنحها للخلايا. ولكن لم تشاهد تلك الطفرة في 3 من كل 4 أشخاص ممن تطور الاضطراب لديهم لحالة AML Acute Myeloid Leukaemia. وكان ذلك مفاجأة لغرين بحسب ما قال: "الطفرة لم تكن موجودة في معظم حالات التطور".

هل تفقد الخلايا السرطانية مع مرور الزمن طفرات JAK2 التي اكتسبتها سابقاً لتحل محلها طفرات وتغيرات فيزيولوجية أخرى في السيطرة على المرض؟ أم هل تمت منافسة طفرات JAK2 من قبل

لا تعتبر عيادة الأورام مكان عمل بيولوجي متخصص في النشوء والتطور كما يتوقع البعض. ولكن داخل جسم الإنسان، بوصفه منظومة بيئية معقدة، تنمو الأورام وتطفر وتواجه ضغوطاً انتقائية متنوعة من خلال تحولها وتفاعلها مع البيئة المحيطة بها. تكتسب الخلايا وعلى مدى مئات الأجيال طفرات تُحرض نموها الشاذ وبقائها. يفرض ذلك إلى تنوع في أنماط السرطان وضمن الورم الواحد على السواء. وكما هو الحال في الكائنات أو السلالات التي طورت تشابهات متقاربة فيما بينها، فإن السرطانات تمتلك أيضاً أشكالاً وخطوات مشتركة تتحقق من خلال مساراتها التطورية. إن التفكير الجيد والدقيق في نظرية النشوء يجعل معالجة السرطان أكثر فعالية (انظر المؤطر "استهداف ما هو غير موجود").

تفحص العالم توني غرين Tony Green وزملاؤه من جامعة كامبردج، المملكة المتحدة، عمليات نشوء اضطرابات تكاثر نقي العظم (فرط نمو خلايا نقي العظم المولدة لعناصر الدم والتي يمكن

## استهداف ما هو غير موجود

أخذ مطورو العقاقير ومنذ زمن بعيد يعين يتخيل فارشفسكي حاملاً موجهاً لكان خاصة للتغلب على المصاعب التي تواجهه الاعتبار الطفرات المسببة للسرطان. لكن حذف نوعي deletion-specific targeting بما في ذلك بروتينات الحمل القاتلة. فضلاً الخلايا السرطانية تقوم باستمرار بتطوير vector (DST) وهو حلقة من الـ DNA عن ذلك، تم التنبؤ بالاستراتيجيات حول طرائق لمقاومة العقاقير وتأمين استمرار مرمزة حمل (Payload) بروتين قاتل خلوي تقنيات نقل الجينات والتي لم يتم إثباتها حياتها. اقترح ألكسندر فارشفسكي وأزميات مأمونة من الإخفاق fail-safe بعد في السرطان.

Alexander Varshavsky من معهد enzymes والتي ستقضي على الحامل ولا يزال الخبراء متحمسين. ويقول كاليفورنيا للتقانة في باسادينا Pasadena Vector لدى تعرفهم التسلسلات النوعية فوجلشتاين من جامعة جون هوبكن في أنه يتوجب علينا توجيه الأدوية والعقاقير للـ DNA ضمن الخلية. ففي الخلايا بالتيومور-ميريلاند إنها فكرة رائعة، "لأنها إلى شيء محدد ينشأ من خلال تطور الخلية الطبيعية تتفعل الأزميات المأمونة من تستخدم المواقع غير المنيعة للسرطان، السرطانية ونشوتها وهو أمر ليس تحقيقه الإخفاق وتقضي على الحامل قبل فرصة وعلى الأغلب فإن الحذف يوجد في كل سهلاً، كحالات حذف قطع الـ DNA. إطلاقه حمولته من البروتينات. وباعتبار سرطان".

إن المبدأ الرئيسي للوراثة التطورية هو أن التسلسلات النوعية للـ DNA في يأمل فارشفسكي أن جائزة Gotham أنه لدى فقد جين ما من غير المتوقع خلايا السرطان مفقودة فإن هذه الأزميات والبالغة 1 مليون دولار أمريكي والتي إعادة كسبها وتعرف هذه الظاهرة لا يمكن لها أن تتفعل ويبدأ الحامل منحت له في العام الماضي سوف تسمح له باسم ظاهرة نولاب مولر المسن الدائر بالتعبير عن حمولته الميئة (انظر الشكل). بتطوير برنامج عمل في الواقع السريري. Muller's ratchet. يعتقد فارشفسكي تحذيرات سائدة: إن طبيعة تغير الشكل "إنني ملتزم بتطبيق استراتيجية المعالجة أن فرصة الحذوق الحادثة مكرراً خلال وتنوع السرطان يجعل من الصعوبة يمكن النوعية للحذف و/أو ما ينحدر منها من تطور السرطان، يمكن أن تعتبر السمة تحديد تسلسل حذف فعال. يحذر كارول والمضي بهذه الاستراتيجيات إلى المميزة لهذا الورم بغض النظر عن المسار مالي من معهد ويستر في فيلادلفيا- أقصى مدى أستطيع، وأمل أن أصل التطوري الحادث فيما بعد. بنسلفانيا من أن السرطان يمتلك مقدرة بنهاية الطريق إلى المرضى".

خلايا أخرى مستفيدة من فرصة التغير في البيئة لدى الأفراد المصابين بالسرطان؟.

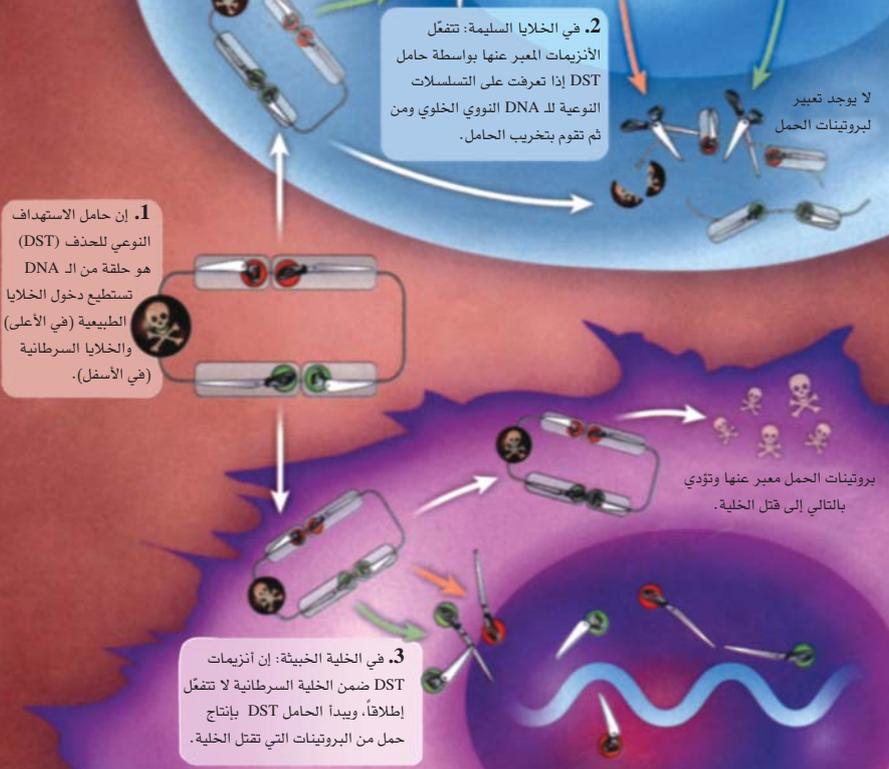
إن تعثر Green في إثبات التماثل التطوري هذا قاد عدداً من العلماء في التخصص في مجال مقارنة التشابهات ما بين التغيرات الحادثة على خلية في الجسم وتطور المتعضيات في نظام بيئي ما. وعندما ازدادت الحاجة لمعلومات أكثر حول الوراثة الجينية للأورام أصبحت أهمية التماثل التطوري هذا وفائدته واضحة تماماً.

لا يزال العلم يبحث عن الأمور المشتركة في السرطان، وأبدت الأبحاث العديدة التي أجريت على نطاق واسع وهدفت إلى تتبع التغيرات الجينية في المراحل المبكرة من سرطانات مختلفة مخاوف عديدة. ويقول العالم Bert Vogelstein برت فوجلشتاين من جامعة جون هوبكنز في بالتيومور - ميريلاند: "إن الملمح الرئيسي للسرطان هو تعقده وعدم تجانسه". ويضيف Vogelstein أيضاً "إن معظم الطفرات التي وجدت في السرطان هي نادرة. ويوجد عدد قليل من الجينات التي تطفّر عادة، ونسبي هذه المورثات بالجبال، لكن المنظر العام تسيطر فيه الهضاب". يمكن أن تساعد نظرية النشوء، وبالترام مع تتبع جينوم السرطان، على وضع خريطة المنظر العام بسرعة أكبر.

## التنوع يُولّد النجاح

طوّر العالم بيتر نويل Peter Nowell من جامعة بنسلفانيا في فيلادلفيا فكرة السرطان لأول مرة في العام 1976 كعملية داروينية. فالسرطان معروف بأنه نتيجة لتراكم تدريجي للطفرات في خلايا معينة من الجسم. وأضاف نويل لذلك فكرة أن الجمهرة-الجينية للتوسع النسيبي، التي تنمو فيها الخلايا الحاملة للطفرة بسرعة

## الاستراتيجية المضادة للنشوء



## سريع وسهل

لعل التقدم الأكثر أهمية في بيولوجيا السرطان كان إحداث تسلسل غير مكلف وسريع للـ DNA. وأصبحت هذه التقانة، التي تسمح للباحثين بسلسلة جينوم مئات السلالات وأفراد البشر، تطبق الآن على جينوم الأورام. وقد سمحت معرفة سلسلة جينوم الخلية السرطانية للعلماء بالنظر، بشكل مفصل، في كيفية تطور سرطان ما بدءاً من خلايا سليمة في جسم الإنسان، وأياً من المورثات قد طفرت، وما هو مقدار الجينوم الأصلي المفقود أو المضاعف، وفيما إذا كانت عملية التطور قد كشفت التشابه في كل حالة إفرادية.

استعملت هذه الطريقة على نطاق واسع في العديد من المشاريع البحثية، بما في ذلك مشروع جينوم السرطان والذي يقوم بسلسلة الجينات المرزمة للبروتين في الخلايا السرطانية للبحث عن الطفرات، وكذلك مشروع تشريح جينوم السرطان، الذي ينظر إلى مستويات التعبير الجيني في خلايا السرطان، إضافة إلى مشروع أطلس جينوم السرطان، والذي ينظر إلى أنماط متنوعة للتغير الجينومي في عينات سرطانية نوعية.

وعلى الرغم من ذلك لا تستطيع سلسلة جينوم السرطان بحد ذاتها شرح عملية نشوء السرطان وتطوره. وبالواقع أشار مالي وغيره، إلى أن التسلسلات تعطي "لمحة خاطفة" عن عملية النشوء، ولذلك لا تزال هناك حاجة لأعمال أخرى لاستكمال النواقص مثل ترتيب ظهور الطفرات. إن ما تقدمه التقانات الحالية يعني أن تسلسلات الجينوم، بالواقع، هي تسلسل وسطي مأخوذ من مجموعة غير متجانسة من خلايا ورمية، في حين أن أكثر التفصيلات أهمية هي الاختلافات ما بين الخلايا الفردية ضمن الورم وبعد كل هذا فإن التنوع هو المادة الأساسية التي يعمل عليها الانتقاء الطبيعي.

قادت الحاجة إلى الفهم العميق لنشوء السرطان فوجلشتاين Vogelstein لتشكيل فريق عمل واحد مع مارتن نواك Martin Nowak البيولوجي وعالم الرياضيات من جامعة هارفرد في كامبردج-ماساتشوستس. وكان نواك قد قام بتطبيق أفكار النمذجة الموجودة لديه على مسائل متنوعة ومختلفة بشكل كبير مثل نشوء مرض الايدز، والإيثار، وسياسات تغير المناخ. ويقول: "إن السرطان يماثل تماماً أية عملية تطورية أخرى ولكنه أبسط، وبسبب ذلك نستطيع أن نسأل أسئلة أكثر تعقيداً".

ويقول نواك: "يمكن لسلسلة جينومات الخلايا السرطانية مساعدتنا في الحصول على بيانات كمية لمعايرة نماذج النشوء التي وضعناها". فاستطاع نواك ومن خلال بيانات فوجلشتاين Vogelstein حول اختلاف السلسلة ما بين سرطانات الكولون والمستقيم لدى عدد من الأفراد أن يتنبأ متى يمكن لأورام خبيثة أن تنشأ من أورام سليمة، ومتى يمكن أن تعطي انتقالات أو تنتشر إلى نواح أخرى من



أكبر أو بقابلية أكبر للبقاء، تنتج نسائل أكثر من الخلايا المحيطة غير الحاوية على الطفرة.

**يقول مارتن نواك:  
"تساعدنا جينومات  
السرطان في الحصول  
على بيانات كمية لمعايرة  
نماذجنا التطورية".**

ويرى العالم كارلو مالي Carlo Maley من معهد ويستار في فيلادلفيا أن تنوع الخلايا السرطانية هو المفتاح لفهم مقاومتها للمعالجة الدوائية. ويقول: "إن واحدة من الأشياء المثيرة للدهشة هي أن المعالجة المتعددة الأدوية للسرطان لم تعمل تقريباً بنفس الجدوى كما هي الحال في مرض نقص المناعة المكتسب (HIV)، وهذا يُطلي علي السؤال الأساسي الجدير بالبحث حول نشوء السرطان والذي يجب أن يشكل محور توجهننا فيما يتعلق بعدم مقدرتنا على شفاء السرطان".

وقام مالي بتطبيق نظرية النشوء على حالة تدعى مري باريت (Barret's oesophagus) والتي يمكن أن تتطور لتصبح سرطاناً. وباعتبار أن المعالجة الجراحية لهذه الحالة محفوفة بمخاطر كبيرة، فإن الإجراء الطبي التقليدي هنا يكون بمراقبة الخلايا في المري لحين ظهور العلامات التي تشير لبدء التطور باتجاه السرطان. ويقوم Maley من خلال إجراء عدة خزعات متتالية بمتابعة تطور هذا الاضطراب مع تفحص كل خزعة لملاحظة التغيرات في جينات نوعية مثل CDKN2A وP53. وجد فريق عمل Maley أنه في المرحلة البدئية من الاضطراب يكون الأفراد الذين لديهم جمهرات خلوية متنوعة مخفية أكثر عرضة لتطور الإصابة لديهم إلى سرطان. وهذا يمكن أن يفسر بأن الجسم يحاول الدفاع عن نفسه ضد معظم أنواع الهجمات. ويقوم Maley باستعمال طرق مستعارة من علم البيئة لقياس التنوع والتنبؤ بالتطور الحاصل.

ولا تحتاج الخلية السرطانية الناشئة إلى التنافس مع خلايا الجسم الطبيعية فقط، ولكن يجب عليها أيضاً تجنب مهاجمة الجهاز المناعي لها، وإذا ما وصلت إلى حالة سرطانية متقدمة فإنها تحتاج إلى التعاون مع خلايا أخرى ومن ثم الهجرة واستعمار أجزاء أخرى من الجسم. فعلى سبيل المثال، لدى وصول ورم إلى كتلة حرجة معينة فإن خلاياه تحتاج إلى تروية دموية للحفاظ على أكسجتها. هذا يعني أن الورم يحتاج إلى التأثير على نظام الجسم لتوليد أوعية دموية إضافية.

إن معرفة آلية حدوث هذه العمليات هي من مهام بيولوجي التطور وعلماء البيئة، وكان ذلك من الأمور التي شجعت مالي وزميله جون بيبر John Pepper من جامعة أريزونا في Tucson لتنظيم ورشة عمل مؤخراً حول هذا الموضوع في معهد سانتافي Santa Fe، في نيومكسيكو. وفي الواقع، إن ورشة عمل مشابهة كانت قد نظمت من قبل المعهد الوطني للسرطان (الجهة الممولة الرئيسية)، والتي اقترحت أن الجائزة ستعقب ذلك. وبالتأكيد فإن مالي أمل ذلك. ويقول: "إنني أرى دوري، من خلال محاولة إقحام بيولوجي التطور في مجال بيولوجيا السرطان وتأييد الحاجة إلى بيولوجي التطور بوصفهم جزءاً من فرقاء عمل ذوي معارف متعددة ومتبادلة". وفيما إذا كان هذا البحث المتعدد المعرفة سيجذب البيولوجيين التطوريين لتوجيه حقل دراستهم باتجاه الطب السريري، يبقى هذا التساؤل في مجال الترقب، ولكن وبقصد تقصي التنوع والانتقاء تبقى السرطانات ولسوء الحظ تقدم مواضيع دراسية واسعة.



الجسم. وجد نوواك أن الأورام الخبيثة لا تطفر بتواتر أكثر من تواتر تطفر الخلايا السليمة، كما اعتقد غالباً. وبدلاً من ذلك، تحدث هذه الطفرات تلك الأمور ضمن البيئة أو المحيط النشوي والتطوري.

وتهتم فرانزيسكا ميشور Franziska Michor، وهي طالبة سابقة لنوواك وتعمل حالياً في مركز Memorial Sloan-Kettering للسرطان في نيويورك، بتطوير مقاربتها لنمذجة عملية تطور السرطان. وتعود جذور هذه المقاربة إلى نصف قرن مضى. ففي الخمسينيات من القرن الماضي وجد ريتشارد دول Richard Doll من جامعة أكسفورد في المملكة المتحدة أن حل معادلات تحتوي على حدود تتعلق بمعادلات النمو والتطفر سمح له بالتنبؤ بعدد الطفرات اللازمة لظهور الورم. طور دول Doll نموذجاً يعتمد فيه الزمن اللازم لظهور السرطان على احتمالات كل من الطفرات اللازمة لحدوث السرطان الفعلي، ولاعتماد نموذج مع احصائيات الحدوث الحقيقي. ولكن ميتشور Michor تقول إن مقاربتها هذه فشلت في أن تأخذ بعين الاعتبار نظرية الجمهرة الوراثية. تتطرق مقاربة دول إلى خلايا منفردة متجاهلة حقيقة أنه إذا أدت الطفرة الأولى إلى زيادة الملازمة التطورية لتلك الخلية فإن هذه الطفرة ستمتد إلى خلايا عديدة مؤدية إلى زيادة احتمالية حدوث طفرات لاحقة.

إن فهم تأثير الجمهرة هذا سيكون في غاية الأهمية للتغلب على حدوث المقاومة للأدوية. ولذلك يعد استعمال مزيج من الأدوية التي تتعامل مع مظاهر مختلفة للسرطان واحداً من الطرق المستعملة في التغلب على هذه الظاهرة. وتقول ميتشور Michor: "نستطيع محاولة إيجاد استراتيجيات علاجية للسرطان إذا أدركنا كم من الطفرات تلزم للمقاومة". وتضيف: "نستطيع كتابة المعادلات التي تنبئ بعلامة خطورة المقاومة بعدد الأدوية المستعملة". والهدف الجوهرى هو جعل تلك النماذج تتنبأ بما يجري في الأجسام في مسارات تطويرية معقدة مثل AML: ابيضاض الدم الحاد Acute Myelomas Leukemia.

## مغامرة التماثلات

والآن إلى أي حد يمكن توسيع فكرة النشوء؟ يعتبر العدد القليل للانقسامات الخلوية في النسيج السرطاني بالمقارنة مع نشوء الأنواع المختلفة وتطورها محددًا واضحاً، وبالرغم من ذلك فلا يزال المزيد من الأفكار المتعلقة بنشوء السرطان يحتاج إلى التحري والسبر، وتأتي هذه الأفكار العديدة من خلال التفكير بكامل النظام البيئي للمرض. وكما هو الحال في الأنظمة البيئية الحقيقية، تشتمل هذه الأفكار ليس فقط على الأنواع والأصناف موضوع السؤال ولكن تشمل أيضاً على منافساتها ومفترساتها ومتكافلاتها.

المؤلف: Patrick Goymer.

• نُشر هذا المقال في مجلة Nature, Vol 454, 28 August 2008.

ترجمة د. عادل باكير، هيئة الطاقة الذرية السورية.

# هل سيصبح ممكناً معرفة متى وأين ستحدث الزلازل ؟

قد تنقذ القدرة على التنبؤ بحدوث الزلازل آلاف الأرواح كل سنة. ولكن بالنسبة إلى معظم العلماء فإن معرفة متى وأين ستحدث مثل هذه الأحداث بصورة مسبقة هي أضغاث أحلام. يروي لنا جون كارتررايت *J. Cartwright* قصة أحد الفيزيائيين الذي يعتقد أن مثل هذه الإشارات المحذرة من الزلازل يمكن أن تصبح قريباً ممكنة.

**الكلمات المفتاحية:** الزلازل، صخور اندفاعية، آثار كهرومغناطيسية مرافقة.

نشطة زلزالياً، وعادة ما يكون هذا التوقع ضمن فترة 30 سنة. لقد ثبت أنه يصعب الحصول على التنبؤات التي تتطلب تحديداً دقيقاً لزمن ومكان وشدة magnitude هزة أرضية متوقعة. إن جزءاً من المشكلة يكمن في أن علماء الزلازل لا يحوزون على صورة واضحة للطريقة التي تؤدي إلى حصول تشققات في طبقات الأرض. فعلى الرغم من أن دراسة تكتونية الصفائح أتاحت للباحثين تعرّف معظم المناطق المعرضة للزلازل، فإن التفكير السائد يكمن في أن كل كسر صغير في قشرة الكرة الأرضية ينتشر بشكل عشوائي. وهذا يعني أنه تصعب معرفة أي من الانكسارات سيتوقف تشققه وأي من الانكسارات سيستمر تشققه ليشكل حدثاً يهز الكرة الأرضية. ويعتقد معظم علماء الزلازل أن الزلازل المتوقعة لا ترسل إشارات تحذيرية موثوقة.

كان لفريناند اعتقاداً آخر. ففي أعماق باطن الأرض تكون الشروط في المناطق التي تتصادم فيها صفائح الكرة الأرضية التكتونية، حيث تتشكل الزلازل، بعيدة عن الشروط الاعتيادية. فبينما تتقدم الصفائح لتتصادم بعضها مع بعض، تتنامى الضغوط (الإجهادات) إلى سوية عالية تنزلق عندها الصفائح التكتونية في النهاية مع انطلاق طاقة مخربة. يفترض فريناند أن هذا الضغط (الإجهاد) المرتفع الذي يتعاظم قبل حدوث زلزلة من الزلازل يمكن أن ينتشر في الصخور المجاورة على شكل شحنة كهربائية. فهو يعتقد، في الواقع، أنه في الساعات أو الأيام التي تسبق حدوث الزلزلة يمكن للأرض أن تُشحن بشحنة كبيرة للغاية لدرجة تولّد عدداً من الآثار المرئية فوق سطح الأرض، مثل انبعاث أشعة تحت حمراء وانطلاق انفراغات إكليلية corona discharges. ويمكن أن تمثل هذه الظواهر الكهرومغناطيسية إشارات تحذيرية لحدوث الزلازل.

ولكن على الرغم من أن فريناند يعيش على مسافة غير بعيدة من صدع سان أندرياس المشهور، فإنه لم يهتم في علم الزلازل. فقد حدث اهتمامه بسبب بحثه في بداية الثمانينيات عندما كان يدرس خواص البلورات البسيطة مثل أكسيد المغنيزيوم (MgO). فقد وجد أن أكسيد المغنيزيوم يمتص دوماً الضوء تحت الأحمر عند أطوال موجات ذرات الهيدروجين المتميزة. والطريقة الوحيدة لوجود الهيدروجين، كما يظن، ستكون فيما إذا زحف الماء إلى بنية البلورة خلال تبلورها كمجموعات شائبة OH<sup>-</sup> بين أيونات Mg<sup>2+</sup>

بالقرب من مختبره في مركز أبحاث إيمز التابع إلى إدارة الطيران والفضاء الوطنية NASA الواقع جنوب سان فرانسيسكو، كاليفورنيا، يزور فريناند فرياند F. Freund بصورة منتظمة متحف مواد البناء التذكاري. فمن بين صفوف بلاطات الأضرحة المنحوتة يتمتع فريناند باستعراض صفّ الأكوام المتعددة من الصخور غير المنحوتة المستوردة من أماكن بعيدة مثل النرويج والصين. فهو يعلّل سبب استعراضه لهذه الصخور بأنه "عند النظر إلى صخرة من الصخور يتمكّن من أن يقول، بالتأكيد، أن هذه الصخرة مفيدة لنا، وأن الصخور السود أفضلها، ومن المحتمل أنها تنقل الشحنة الكهربائية بصورة جيدة".

لا تُعدّ خاصية الناقلية الكهربائية في الغالب من خاصيات الصخور التي تكون في الأحوال العادية من العوازل. ومع ذلك فإن فريناند يهتم بالصخور التي تعرّض إلى شروط استثنائية غير اعتيادية. تشمل تجاربه المخبرية دراسة ما يحدث عندما تطبّق ضغوط ميكانيكية عالية على الصخور الاندفاعية - وهي الصخور التي تصلبت من المهل magma الذي يكون وجوده شائعاً في أعماق قشرة الكرة الأرضية، حيث تتشكل الزلازل. وتطبيق هذه الشروط سهل وبسيط: فهو يضع بلاطات كبيرة من الصخر تحت مكبسين ويضغطها بينما يقوم بالتحري عمّا تحدثه هذه التجربة من آثار كهرومغناطيسية مرافقة. ويستطرد فريناند قائلاً: "في البداية، كنت دائماً أحطمها ولكننا الآن نعالجها بضغط أقل، حيث تتحمل البلاطة الصخرية الضغط لأسابيع أو أشهر بدون أن تتكسر. ويمكن أن نقوم بإجراء عشرات التجارب على الصخر بدون أن نكسره". وهو يأمل أن يأتي اليوم الذي يساعد عمله هذا في إنقاذ آلاف الأرواح. يريد فريناند أن يعرف الطريقة التي تمكّنه من التنبؤ بحدوث الزلازل.

## فهم غير موثوق

الزلازل هي الأحداث الطبيعية الوحيدة التي لم يستطع العلماء التنبؤ بحدوثها بصورة مسبقة بشكل موثوق. ترصد المؤسسات، مثل مصلحة المساحة الجيولوجية في الولايات المتحدة الأمريكية (USGS)، التشوه (الانفعال) strain الناجم عن الضغط في سطح الكرة الأرضية عبر مكاشيف للحركة movement sensors موضوعة في الأرض تمكّنهم عادة، بالإضافة إلى سجلات النشاطات الزلزالية التاريخية، من التنبؤ بتوقع حدوث زلازل في المستقبل في مناطق



**Pressing on** تستمر ادعاءات فرياند، العالم في إدارة الطيران والفضاء الوطنية NASA، بأن الصخور المعرضة للإجهاد (للضغط) تُعطي العديد من الإشارات التحذيرية عن حدوث زلزال.

فقد تابع تجربته الأصلية بطريقة غير تقليدية: فقد استخدم ألعوبة محوّرة عن ألعوبة القوس والنشاب، حيث قذف خرادق من الفولاذ بحجم حبة البازلاء بسرعة 100 م/ثا أسطوانات صخرية صغيرة. لقد نجحت فكرته. إنّه لم يقد فقط بقياس الكمون السطحي الموجب البالغ نحو 400 mV المنتشر من منطقة التصادم عبر الصخر، وإنما أيضاً سجّل انفجاراً متواتراً من انبعاث ضوء تحت أحمر [انظر (2002, 543, 33, J. Geodynamics)]. عزى فرياند الحدث الأخير إلى الثقوب الموجبة التي حرّرت طاقتها المخزّنة وهي تتحد في ارتباطات بيروكسكية على السطح. يستطرد فرياند قائلاً: "لقد حصل ما ندعوه اكتشافاً بالمصادفة".

## تكهنات سيئة

يعتقد فرياند أنّ اكتشافه قد يفسّر بعض الأحداث التي قيل أنّها تشير إلى حدوث زلزلة متوقعة، مثل الأضواء المخيفة وسلوك الحيوانات الغريب. ففي العام 1966 تمّ في مدينة ماتسوشيرو في اليابان تصوير أشباح منيرة أثناء سلسلة من الهزّات الأرضية. وفي العام الماضي،

و $O_2^-$ . إذن يمكن لزوجين من مجموعات  $OH^-$  أن يتّحدا لتشكيل  $H_2O$  تاركين أيونات  $O^-$  المتبقية لترتبط في مجموعات  $O_2^-$  الأكثر استقراراً والمعروفة باسم ارتباطات بيروكسكية peroxy links.

إنّ هذه الارتباطات البيروكسكية بحسب فرياند هي أساسية في تغيير  $MgO$  وعوازل أخرى إلى نواقل. ومع القليل من الحرارة، فإنّ الدالات (التوابع) الموجبة لأيونات  $O^-$  المكوّنة للارتباطات البيروكسكية "تترخي loosen up" وتنتشر فوق مئات من الأيونات المجاورة: تزداد درجة الحرارة أكثر وتتفكك تماماً أيونات  $O^-$  بعضها عن بعض. وفي هذه الحالة، يفقد كلّ أيون من أيونات  $O^-$  إلكترونًا واحدًا من إلكتروناته الذي يحتاج إليه كي يبقى مستقرًا. ولكن الإلكترون المفقود أو الثقب "hole" الموجب -الذي يُفضّل فرياند أن يدعوه "phole" (أي الثقب الموجب)- قابل للقفز إلى الأيون  $O_2^-$  المجاور الذي لا عيب فيه. في الواقع تتصرّف البلورة المسخّنة كنصف ناقل نقي تتدافع فيه الثقوب الموجبة الواحد مع الآخر عبر بحر (عدد كبير) من أيونات  $O_2^-$  لتشكيل غطاء من شحنة موجبة على السطح.

بحلول عام 1994 جمع فرياند براهين جديدة على الثقوب الموجبة من خلال قياسات الناقلية الكهربائية وخصائص أخرى، وبدأ بالتفكير بطرائق أخرى لإعادة إحداث هذه الظاهرة مرة ثانية. ويذكر أنّ "الاستنتاج كان في السؤال التالي: ما الذي يؤدي إلى كسر الرابطة البيروكسكية؟ فعندما نسخّن البلورة فأبنا نزيد بذلك، في الواقع، سعة اهتزاز الأيونات. وبعد ذلك بدأت أفساءل فيما إذا كانت الانخلاعات dislocations في البلورة التي كانت تنتج بالتشوه الميكانيكي يمكن أن تقوم بالعمل".

أدرك فرياند أنّ بلورات  $MgO$  هشة لدرجة أنها لا تتحمّل التشوه، وهكذا فقد وجّه انتباهه إلى مواد متبلورة أكثر صلابة. يمكنها أن تسمح بتشويه ارتباطات بيروكسكية -ألا وهي الصخور.

**الزلازل هي الأحداث الطبيعية الوحيدة التي لم يستطع العلماء التنبؤ بحدوثها على شكل موثوق، لأنّ التنبؤات، تحتاج إلى تحديد دقيق لزمان ومكان وشدة هزة أرضية متوقّعة.**

عمل فرياند يمكن الناس من النظر إلى بارامترات متعدّدة ويمكن أن يكون كلّ وسيط مؤشراً للبحث عن تحذير مبكر لحدوث زلزال.

سلبياً (مطبق عليها فولطية سالبة) أن تمرّر تياراً من الأيونات الموجبة شدته 25 – 10 nA عبر فرجة هوائية قدرها 5 mm. ومن جهة أخرى، إذا كانت الصفيحة منحازة إيجابياً فإنها يمكن أن تجعل الإلكترونات تنهمر على الصخر بوابل من تيار سريع الزوال شدته 100 nA. يُؤدي هذا الانهيار الكهربائي إلى إنتاج ومضة من الضوء المرئي، أو ما يعرف بالانفراج الإكليلي.

يعتبر فرياند أنّ منشأ معظم أشارات التحذير المفترضة من حدوث الزلازل الأخرى، يرجع أيضاً إلى انتشار الثقوب الموجبة. فقد لفت الانتباه إلى ما أشارت إليه الاختبارات التجريبية السابقة من أنّ الأيونات الموجبة يمكن أن تزج الحيوانات -مع أشياء أخرى، فتؤدي إلى صعوبات تنفسية ورفع حساسيتها إلى الألم- الذي ينبغي أن يكون السبب في رؤيتها أحياناً وهي تسلك سلوكاً غريباً. فقد ذكر أيضاً أنّ الأيونات الموجبة يمكن أن تجذب أو تنبذ مناطق من الغلاف الأيوني، وهو تأثير كان الباحثون قد سجّلوه بوضوح في معظم الزلازل التي حدثت بالقرب من "تاوان" بين العامين 1999 و2002. وأنداك سجّلوا أيضاً إصدار أشعة تحت حمراء. هذا، وقد سجلت سواتل متعددة ما اعتبرته "شذوذات حرارية thermal anomalies" فوق مراكز الهزّات الأرضية السطحية الكبرى، التي تتضمن بعض الزلازل التي حدثت قبل الهزة الأرضية وشدتها 6.2 التي ضربت إقليم زانغباي في الصين عام 1998. ويعتبر فرياند أنّ لهذه الشذوذات نفس المصدر، مثل مصدر الإشعاع تحت الأحمر في تجاربه، أي إعادة ضم (توحيد) الثقوب الموجبة في الرابطات البيروكسية.

كلّ ذلك يمكن أن يكون مجموعة أشياء لا بد من قبولها، لكن تلك كانت الفكرة الأساسية. فكلّ الذين كانوا يحاولون في الماضي تقريباً البحث عن إشارات محدّرة بحدوث الزلازل كانوا يحوزون فقط على تسهيلات لمراقبة نوع واحد من التحذير، بينما يدعي فرياند بأنّ آليته تُظهر لهم كيف أنّ كلّ الإشارات المحدّرة مرتبط ببعضها ببعض، وبالتالي تظهر لهم أين عليهم أن ينظروا. فهو يوضّح أنّه "يوجد أناس يحلّلون الغلاف الأيوني، على سبيل المثال، فإذا ما عثروا على ضجة في المعطيات يدعون أنّ هذه الضجة تمثل إشارة إلى حدوث زلزلة وشيكة". حينئذ يقول الناس بحق أن ذلك كثير جداً -فلا يمكن ربط شيء بشيء آخر لمجرد بارامتر (وسيط) واحد. إنّ عملي قد يمكن الناس من النظر إلى بارامترات متعدّدة، ويمكن أن يكون كلّ بارامتر مؤشراً للبحث عن تحذير مبكر لحدوث زلزال".

أوردت مجلة التايمز في المملكة المتحدة، بعد حصول زلزلة متوسطة الشدة هزّت بلدة لنكوشاير الصغيرة في "ماركت رانسن"، رواية رؤية امرأة مرتعبة لكرات متوهجة بحجم البرتقالة تطوف فوقها في غرفة نومها، ورواية آخرين ادّعوا رؤيتهم لأضواء متوهجة على الرغم من عدم وجود أية عواصف رعدية.

وفي شتاء العام 1975 أعلنت تقارير واسعة الانتشار في بلدة "هايشينغ" في الصين عن سلوك غريب للحيوانات: بدت الكلاب شديدة الالتهياج وركضت قطعان الماشية مسعورة وحتى الأفاعي التي كانت في سباتها الشتوي خرجت من أوكارها لتموت بسبب شروط البيئة الباردة التي كانت سائدة. وبتشجيع من علماء الزلازل الذين بدؤوا أيضاً بتسجيل نشاط زلازل ذات سعة ضعيفة، قرّرت السلطات المحلية إخلاء المنطقة. وبعد مرور يومين ضربت هزة أرضية قدرها 7.3 المنطقة وأدت إلى قتل أكثر من 2000 إنسان. وهذا الرقم يمكن أن يكون أكبر بمئة مرة لو لم يتم إخلاء السكان من منازلهم.

ومع ذلك شكك علماء الزلازل بأهمية هذه الإشارات التحذيرية. فقد حاولوا على مدار مئات السنين عبثاً ربط مثل هذه الأحداث مع النشاطات السيسمية (الزلزالية) ووجدوا أنّها إشارات تحذيرية غير موثوقة، وبصورة خاصة معظمها تمت روايته بعد حدوث الزلازل. لقد اعتبروا أنّ التنبؤات الناجحة، مثل التي تمت روايتها قبل زلزال "هايشينغ"، كانت "ضربة حظ" بسبب عدم وجود نموذج موثوق للتنبؤات الدقيقة.

ويقرف فرياند بأننا ما زلنا لا نحوز على تقنية تنبؤ راسخة، ولكنه يعتبر أنّ الباحثين لم يعالجوا تماماً كلّ جوانب الموضوع. فهو واثق من حوزته على آلية أساسية ستشير إلى المكان الذي يفتش فيه عن الإشارات المنذرة -إنه واثق في الواقع لدرجة أنّه يمول بحثه بأكثر من مليون دولار من جيبه الخاص.

وتكمن فكرة فرياند أنّه يمكن، في أعماق كيلومترات في باطن الأرض، أن يؤدي انضغاط (إجهاد) مركز زلزلة من الزلازل إلى سحب من الثقوب الموجبة تندفع إلى السطح محدثة اضطرابات كهرومغناطيسية مثل أضواء (وهج) الزلزال. لقد رأى بالفعل ظاهرة مماثلة في المختبر. إنّ بوضعه مكبسين فوق وتحت بلاطة من الصخر لتطبيق أحمال كبيرة عليها، وجد أنّ فوق كتلة تزن بضعة أطنان، يمكن لصفيحة معدنية مجاورة ومنحازة

## عمل مجهد

إنَّ أحدَ الأسئلة الأكثر شيوعاً الذي يوجّه إلى فرياند هو فيما إذا كان هناك أي تفسير آخر لناقلية الصخور والظواهر الكهروضغية المرتبطة بها. والجواب الأكثر وضوحاً سيكون في ظاهرة الكهروضغية piezoelectricity، وبها تُنشئ بعض المواد -على الخصوص بلّورات الكوارتز- عدم توازن في شحنتها الكهربائية عندما تتعرّض إلى الضغط. إلاّ أنّه وبينما يكون ذلك صحيحاً بالنسبة إلى الكثير من الصخور التي انتخبها فرياند، مثل صخور غرانيت "سييرا وايت"

التي يكون مصدرها كاليفورنيا ويكون ثلث تركيبها أو أكثر مؤلفاً من بلّورات الكوارتز، تكون الصخور الذي مصدرها من مكان أبعد، مثل صخور الغابرو السوداء اللون من جنوب الصين، خالية من بلّورات الكوارتز.

وهناك إمكانية أخرى هي أنّ سبب الناقلية يكمن في ظاهرة تُعرف بظاهرة الكمون الانسيابي streaming potential. يتولّد أحياناً هذا النوع من الفولطية في الماكينات (الآلات) عندما تُضخ الموائع الناقلة ببطء مثل الوقود أو زيت المحوّلّات عبر الأنابيب، ومع ذلك يحدث هذا النوع من الفولطية أيضاً في الصخور إذا وجدت المياه الملحية. فالمياه أثناء تسربها عبر المسامات الصخرية تسحب معها أيونات شحنة معينة في حين تُخلّف وراءها أيونات من الشحنة المعاكسة. يشير فرياند إلى أنّ الشحنة في تجارب الصدم التي أجراها تجري بسرعة ما بين 100 و300 م/ثا، وهي سرعة عالية جداً لا تستطيع بها أن تكون كموناً انسيابياً في الصخور. وعلاوة على ذلك عندما حسّن فرياند فيما بعد لعبته القوس والنشّاب إلى قاذف يقذف كرات صغيرة من الحديد في مركز أبحاث إيمز التابع إلى إدارة الطيران والفضاء الوطنية NASA والذي يُعرف بصورة خاصة باسم "المدفع الكبير Big Gun" -وهو أداة للبحث استخدمت بصورة نموذجية لدراسة تشكّل الفوهات الناجمة عن سقوط النيازك- فإن موجات الصدم الناجمة عن عمليات التصادم بسرعة 1.5 كم/ثا بدت تعرّض شحنتات عبر الصخور بصورة فورية.



يُعتقد أنّ هذا المشهد يمثّل أضواء زلزالية، ومثل هذه الأضواء التي صُوّرت قبل زلزال عام 1966 الذي ضرب ماتسوشيرو في اليابان تمثّل إحدى الظواهر الغريبة التي ذُكر أنّها إشارة تحذيرية إلى كارثة وشيكة الحدوث.

غير أنّ مساوئ المياه بحسب طوني فريزر-سميث، الجيوفيزيائي في جامعة ستانفورد، بكاليفورنيا، تكمن في أنّ المياه توقف التيار الكهربائي بدارة قصر أية شحنتات موجودة. ويعترف فرياند أنّ الثقوب الموجبة قد تتفاعل مع المياه، على الرغم من اعتقاده بأن العملية ستكمل الدارة في الواقع لتحافظ على حركة الشحنتات. ويذكر أيضاً: "أنّ فريزر-سميث يكون على حق عندما يذكر أنّ المياه قد تقوم بعمل شيء ما إلى التيارات"، ولكنها لا تسبّب تخريباً كما يعتقد".

ومهما يحدث من أحداث، لم يكن فرياند الباحث الوحيد الذي أشار إلى الناقلية الكهربائية في الصخور، فقد أمضى آل دوبا الجيوفيزيائي المتقاعد الذي كان يعمل في مختبر لورانس ليفرمور الوطني، بكاليفورنيا، معظم وقته في التحري عن الناقلية الكهربائية الشاذة في الصخور. ومع ذلك، استنتج أنّ هذه الناقلية ناجمة عن التلوث وعمل على التخلص منها وذلك بتسخين العينات فوق 700 درجة مئوية في خليط من أول وثنائي أكسيد الكربون. حاول فرياند أن يبرهن أنّ هذه العملية تستخدم فقط لتبعد أيونات O<sup>-</sup> الحاسمة. ويذكر: "لقد اعتدنا أن نجري بشأنها مناقشات ودية". وقد ظن دوبا أنّ هذه يجب أن تكون خردة، وأنك يجب أن تتخلّص منها، ولكنني أجبته كلا، فأنت تتخلص بذلك من شيءٍ ثمين!".

## لا تذكر كلمة تنبؤ

إن كلمة التنبؤ عن الزلازل تعبير مستهجن -على الأقل بين معظم علماء الزلازل الذين يشكّلون كلّ الباحثين فيما يتعلّق بالزلازل. على

يعتقد توم هيتون الجيوفيزيائي في معهد كاليفورنيا التقاني أنّ المسألة الأساسية تكمن في أنّ جمهور علم الزلازل قد "انخدع" كثيراً في الماضي بهؤلاء الذين كانوا يعتقدون أنّ ملاحظاتهم في المختبر ستطبّق على العالم الحقيقي. وهذا ما حدث في السبعينيات من القرن الماضي، عندما تنبّه الكثير من علماء الزلازل إلى أنّ الصخور عند تعرّضها لضغوط عالية في المختبر يزداد حجمها نتيجة لتشكيل انكسارات مكروية. ومع ذلك فشلت المحاولات اللاحقة لاستثمار هذه النتيجة في التنبؤ بحدوث الزلازل. ويوضّح أنّه "في ظل هذه الظروف عندما نرصد الضغط في بداية زلزال قوي وفي بداية زلزال ضعيف لا نرى أي اختلاف في الضغط". هكذا، وحتى إذا تمكّن الناس من التنبؤ بحدوث الزلازل، فإنّ تنبؤاتهم ستتناول المئات من كلّ الزلازل الصغيرة وأيضاً الزلازل الكبيرة. فماذا سنعمل بمئة أو بهذا العدد الكبير من هذه التنبؤات؟

ولكن يصرّ فرياند أنّ هذا لا يمنح إمكانية تحذيرات مفيدة. إذ يذكر أنّه "عندما يتكلّم علماء الزلازل عن الإجهاد والانفعال (الضغط والتشوّه) فهم يقصدون بوضع أجهزة قياس في حفر عميقة يبلغ عنقها ما بين 200 و1000 م تحت سطح الأرض. ولكن معظم الزلازل تنشأ في عمق يتراوح بين 10 إلى 30 كم. وعلى علماء الزلازل أن يعتمدوا على نماذج خطيّة واستقرائية، وهم يعرفون أنّها لا تكون فعّالة".

مؤخراً، ورغم ذلك، فقد غيرت مصلحة المساحة الجيولوجية في الولايات المتحدة الأمريكية (USGS) على ما يبدو موقفها: حيث دعت فرياند لإلقاء محاضرة. وهذه القضية بالنسبة إلى رجل اهتم بعمله وموّه من جيبه الخاص، لا تشكّل غروراً، وإنّما هي فرصته الوحيدة لتوضيح الخلاف الملاحظ الذي يفصل بين عمله وبين العلم المؤكّد، وربما لتعطي استقراراً للكثير من ملايين الناس الذين يعيشون على أرض غير آمنة.

Jon Cartwright صحفي مستقل مقيم في بريستول بالمملكة المتحدة.

• نُشر هذا المقال في مجلة Physics World, Vol 22, January 2009.

ترجمة د. فؤاد العجل.

الرغم من أنّ فرياند يفضل أن لا يستخدم كلمة تنبؤ ذاكراً أنّها كلمة مقنعة للغاية، فإنّ بحثه يقع تحت ذلك السياق بسبب ادعاءاته التي قد تقود إلى نظام تحذير مبكر من الزلازل.

والقلق الذي يساور التنبؤ عن الزلازل هو أنه استحوذ على تاريخ طويل من الفشل. كرّس معظم علماء الزلازل في القرن الماضي جهودهم لإيجاد تحذيرات إحصائية موثوقة، ولكنهم فشلوا في إيجاد أي تحذير من التحذيرات التي خطرت على بالهم بصورة موثوقة قبل حدوث الهزات الكبيرة. والشيء الأقرب الذي تمّ الاتفاق عليه هو أنّ التنبؤ هدف بعيد الاحتمال على الأقل لفترة قصيرة وأنّ الباحثين يحتاجون في البداية إلى فهم أفضل للكيفية التي تتنوّى nucleate (تنشأ) من خلالها الانكسارات وتنتشر عبر طبقات قشرة الكرة الأرضية.

ولكن بالنسبة إلى بعض الباحثين الآخرين، ينبغي أن يحظّر البحث في التنبؤ تماماً. يستهجن روبرت جيلر، عالم الزلازل في جامعة طوكيو، حقيقة أنّ بعض البلدان، مثل اليابان، تعطي تمويلاً غير متكافئ إلى أولئك الذين يحاولون تحسين طرائق بحث التنبؤ التي، كما يذكر، سوف لا تتقدّم على الإطلاق. ويذكر أيضاً: "موقفي في هذا الأمر ما يلي: أي إنسان يريد أن يُجري بحثاً عن التنبؤ بحدوث الزلازل ينبغي أن يرسل طلبه أو طلبها إلى منظومة التمويل العامة حيث تُدرس بالتنافس مع الأبحاث الأخرى في علم الجيوفيزياء -التي لا تُعامل باستحسان ولا بعدم استحسان. وكل الأعمال التي تمرّ بمثل هذه الدراسة ينبغي أن تموّل".

ويرى فرياند أنّه لا يوجد شيء منطقي حول منظومة التمويل في الولايات المتحدة. فهو يذكر أنّه كان يرسل كلّ سنة خلال السنوات الخمس الماضية اقتراحات لطلب تمويل البحث إلى مصلحة المساحة الجيولوجية في الولايات المتحدة الأمريكية (USGS)، وكلها رفضت ما طلبه على أساس أنّها موضوعات "غير علمية". وعلى الرغم من أنّ إدارة الطيران والفضاء الوطنية في الأيام المبكرة من بحثه قد دعمته بتمويل متواضع، فإنّه منذئذ كان عليه أن يموّل نفسه بنفسه. ويذكر أيضاً أنّ اسمه وضع بالفعل في القائمة السوداء من قائمة مجتمع علم الزلازل.



## ازدهار الحياة الحيوانية في الدور الكمبري

**بكلمتين:** تعرّضت الكرة الأرضية ما بين 635 و530 مليون سنة سابقة إلى تغييرات بيئية استثنائية كبيرة. فقد تخلّصت من جليدية ضخمة كانت تغطي كامل سطح الكرة الأرضية تقريباً. وفيما بعد، تطوّرت في المحيطات التي أصبحت غنية بالأكسجين تدريجياً أنواع الكائنات الحية الباقية على قيد الحياة، إذ استفادت من الكميات الكبيرة من المواد الغذائية الناتجة من انحنات السلاسل الجبلية الجديدة.

## الكرة الأرضية

## في أكبر تحولاتها

تنوّعت الحيوانات في المحيطات التي أُغْنيت بالأكسجين بعد تخلصها من فترة جليدية استثنائية. فهل غيرت هذه البيئة غير الاعتيادية تعضي الكائنات الحية؟

**الكلمات المفتاحية:** تنوع الكائنات الحية، الدور الكمبري، سترونسيوم-87، كربون-13، كربون-12، عوالق نباتية (الفيثو بلانكتون)، جليديات، مفعول الدفيئة، حقب البروتروزوي، حركة القارات، الأكسجة، كربونات الكلسيوم.

فبالنسبة إلى الجيولوجيين، يكمن الرهان في الوصول إلى تمييز الشروط البيئية المختلفة بغية الكشف عن الشروط التي استطاعت أن تدفع، أو على الأقل تسهّل، تطوّر الكائنات الحية والشروط التي كانت تأثيراتها ضعيفة. وبتعبير آخر، تمييز الأسباب المرتبطة بالعلاقات الزمنية.

تشير أيضاً دراسات المستحاثات والدراسات التي حلّت التطوّر الجيني لأجناس الكائنات الحية المعاصرة وأنواعها إلى أن تنوع اللّسعات cnidaires (المرجانيات والميدوسات إلخ....) ومتعضيات دور الإدياكاري (زمن جيولوجي: "الدور الثالث والأخير من حقب النيوبروتروزوي Néoproterozoique الذي يمتد بين 635 و542

منذ 650 مليون سنة، دخلت الكرة الأرضية في فترة جليدية شديدة. فلم تكن حينذاك المحيطات، الباردة والقليلة العمق والغنيّة بالكبريت والفقيرة بالأكسجين، ملائمة لازدهار الكائنات الحية. وفي ذلك الزمن كانت القارات موزعة في كتلتين. وبعد 120 مليون سنة تجمّعت قارات الكرة الأرضية كلّها تقريباً في نصف الكرة الجنوبي، وتعرّضت إلى مفعول دفيئة شديد جداً، واغتنت أعماق المحيطات بالأكسجين. وبين هذين الزمنين دشّن المجموع الحيواني الذي كان يعيش في المحيطات خطاً تشريحية جديدة ووضعها في الاستعمال. فهل ثمة علاقة بين هذه التحولات البيئية وبين الابتكارات الشكلية الجديدة التي طرأت على الكائنات الحية؟

المؤلف: دوغلاس إروين D. Erwin، عالم بالحياة القديمة (باليوبولوجي) في متحف التاريخ الطبيعي الوطني في واشنطن. وهو أيضاً أستاذ في معهد "سانتا في" في نيومكسيكو.

• نُشر هذا المقال في مجلة La Recherche, No 428, Mars 2009، ترجمة د. فؤاد العجل.

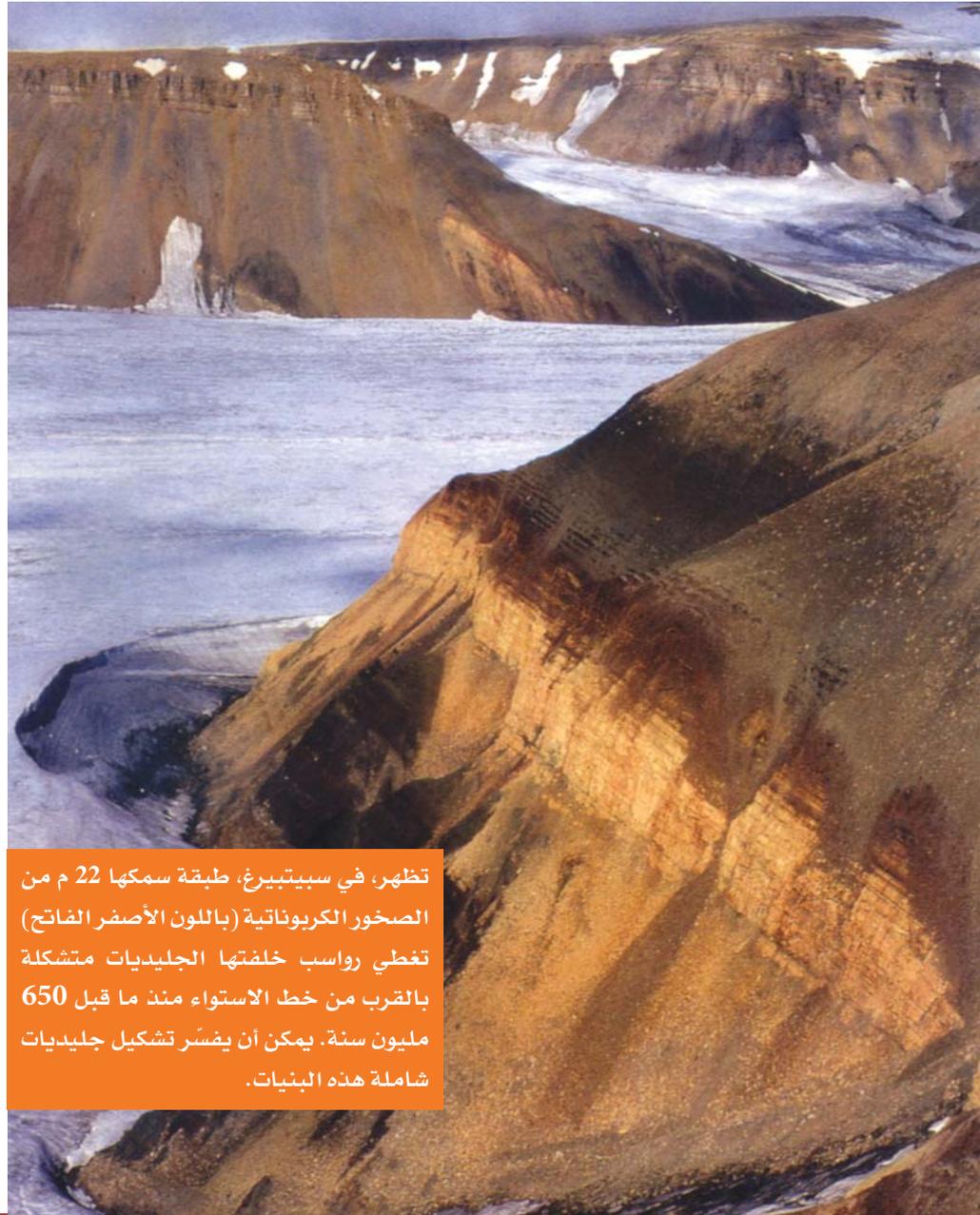
فقد غطت الكرة الأرضية في الواقع خلال 15 مليون سنة جليديات واسعة الامتداد. وخلال هذه الفترة الجليدية، التي دعت بفترة مارينويين Glaciation marinoenne الجليدية، لم يبق إلا بضعة أماكن من المياه البحرية الاستوائية غير مغطاة بالجليديات، ولابد أن رؤية الكرة الأرضية من الفضاء كانت تبدو كأنها كرة بيضاء وكان الإنتاج البيولوجي production biologique معدوماً تقريباً. فقد اقترح بول هوفمان وزملاؤه، وبصورة خاصة دانييل شراغ D. schrag من جامعة هارفارد أيضاً، فكرة "الأرض كرة ثلجية" عندما يحاولون فهم الفترات الجليدية المتكررة في نهاية حقبة نيوبروتيزوري Neoproterozoique، هذا الحقب الذي بدأ قبل بليون سنة وانتهى في بداية الدور الكمبري Cambrian، أي قبل 542 مليون سنة. لابد وأن تغطية كامل الكرة الأرضية بجليديات فترة مارينويين قد دلت عليها الصخور التي درسها

الجيولوجيون في ناميبيا: طبقات كربونات الكسيوم (الصخور الكلسية) والمغنيزيوم (صخور الدولوميت) التي تغطي الرواسب الجليدية، أي الرواسب التي خلفتها الجليديات بعد ذوبانها. إن وجود هذه الصخور الكربوناتيّة التي تُدعى الصخور الغطائية نادر جداً، وإن منشأها لم يُفهم تماماً إلا في نهاية التسعينيات من القرن الماضي عندما قام عدد من الجيولوجيين بتحليل ما تحمله الرواسب الجليدية من الإشارات المغنطيسية التي تميّزها. وقد دل ذلك على أن هذه الرواسب تشكلت بالقرب من خط الاستواء أكثر من تشكلها في مناطق القطبين. وإن الصخور الكربوناتيّة التي تغطي الرسوبيات هي صخور بحرية المنشأ. ولكن كيف تمكنت من التشكل في سوية البحر وبالقرب من خط الاستواء، ومن ثم تغطت فيما بعد بالصخور الكربوناتيّة؟ فبحسب بول هوفمان، الذي استوحى فكرته من اقتراح قدّمه قبل عدة سنوات الأمريكي جو كيرشفينك J. Kirshvink، لابد أن يكون الجواب على هذا اللغز حدياً: لابد أن الكرة الأرضية كانت تشبه كرة من الثلج وأن كرات الجليد القطبية كانت تنتشر على كامل سطح الكرة الأرضية أو تقريباً على كامل

مليون سنة) بدأ بعد 575 مليون سنة. وبعد أقل من 20 مليون سنة بدأت المتعضيات ذات التناظر الجانبي بالتنوع. وفي الوقت نفسه، فقد تطوّرت أيضاً فروع مستقلة عديدة، مما يشير إلى أن حدثاً ما على مستوى الكرة الأرضية قد سبّب ذلك.

## الكرة الأرضية كانت ككرة من الثلج

مع هذه المخططات التشرّحية الجديدة تغيّر تعضّي الكائنات الحية تغيّراً كاملاً. وهذا التغيّر كان فريداً من نوعه في تاريخ الكرة الأرضية لدرجة أنه نشأ بالتأكيد في شروط خاصة جداً. كان بول هوفمان P. Hoffman، في العام 1998 من جامعة هارفارد، أول من اقترح تعرّض كرتنا الأرضية إلى بيئة حديّة قبل 650 مليون سنة وأن هذه البيئة كانت السبب في تنوع الحيوانات الذي حصل فيما بعد.



تظهر، في سببتيبرغ، طبقة سمكها 22 م من الصخور الكربوناتيّة (باللون الأصفر الفاتح) تغطي رواسب خلفتها الجليديات متشكلة بالقرب من خط الاستواء منذ ما قبل 650 مليون سنة. يمكن أن يفسّر تشكيل جليديات شاملة هذه البنيات.

في العام 1992 اقترح جو كيرشفينك من جامعة كاليفورنيا سيناريو "كرة الأرض الثلجية" لتفسير الفترة الجليدية الكبيرة منذ ما قبل 2.2 مليون سنة. ومن الممكن تطبيق هذا السيناريو على فترتين جليديتين حصلتا فيما بعد، فترة ستورتين sturtienne الجليدية منذ ما قبل 710 مليون سنة وفترة مارينويين الجليدية منذ ما قبل 650 مليون سنة. تشير النماذج المناخية إلى أن الوضع معقول. تقترح هذه النماذج أنه إذا ما تشكلت كتل جليدية ذات أبعاد قارية تحت خط العرض 35°، فإن الثورة العاكسة لسطح الأرض ستزداد لدرجة يعقّبها تبريد شامل. وبذلك تتحول معظم المحيطات إلى حلبات عملاقة للترحلق على الجليد.

يمكن للكرة الأرضية أن تتخلّص من هذا العهد الجليدي بفضل ثنائي أكسيد الكربون (CO<sub>2</sub>) المنبعث من الانفجاعات البركانية. في الواقع، مع حياة بحرية بطيئة جداً ومحيطات مغطاة بالجليد، تكون كمية الكربون المخزّنة في المحيطات قليلة جداً. وعندها يتراكم (CO<sub>2</sub>) في الغلاف الجوي محدثاً مفعول دفيئة شديد، وهذا ما يؤدي إلى ذوبان الجليديات. وعند ذلك تبدأ المحيطات بالقيام بوظيفتها كمضخات بيولوجية ودينامية، فيتسرب (CO<sub>2</sub>) على شكل صخور كلسية مشكلة صخور الكربونات الغطائية الملاحظة في الوقت الحاضر في مناطق مختلفة من الكرة الأرضية.

الإسفنجيات الأولى يرجع إلى ما قبل 635 مليون سنة، أي إلى نهاية فترة مارينويين الجليدية. ويرجع ظهور متعضيات الإدياكارا الأولى إلى ما قبل 575 مليون سنة أي إلى ما بعد الفترة الجليدية الأخيرة، الأقل شدة دون أي شك، أي إلى فترة غاسكييه Gaskiers الجليدية. ومع الأسف، فإن هذه الأمور ما هي إلا علاقة مقارنة (زمنية) بين

هذا السطح. ويبدو أن هذه الفترة الجليدية قد انتهت بفضل مفعول شديد لدفيئة سببها انبعاث ثنائي أكسيد الكربون نتيجة اندفاعات بركانية (اقرأ المؤطر).

## عمد الرماد البركاني

التوافق تام بين المعطيات الزمنية والمكانية، وهذا ما يبيّنه سام بورينغ s. Bowring من معهد ماساتشوستس للتقانة، الذي حدّد بدقة عمر طبقات الرماد البركاني التي تغطي الرواسب الصخرية التي خلفتها الجليديات في الصين وناميبيا. ففي الموقعين المذكورين، ترسّبت طبقات الرماد البركاني منذ ما قبل 635 مليون سنة. لقد كان ذوبان الجليديات شاملاً لأن المنطقتين، في ذلك الزمن، كانتا على الأقل متباعدتين الواحدة عن الأخرى أكثر ممّا هي عليه في الوقت الحاضر. هذا، وعلى الرغم من أن هذا السيناريو لفكرة أن "الأرض كرة من الثلج" لم يتم الاتفاق عليه بعد، إلا أنها الفكرة الوحيدة التي يمكن أن تفسّر تشكّل الصخور الغطائية الكربوناتيّة عند خط الاستواء.

لا أحد يشكّك في تأثير الجليديات على عالم الكائنات الحية؛ فقط بضعة أعشاش بيئية كانت ما تزال موجودة. إذن، بدءاً من هذه الأعشاش تطوّر فيما بعد عالم الحيوان. لقد مكّن تشكّل الجليديات ثم ذوبانها السريع من انقراض أنواع كثيرة وتآكل بعض الأنواع التي بقيت على قيد الحياة ليجعل سرعة التطور تتزايد بصورة فعّالة. فظهور بعض الأنواع يتوافق زمنياً مع تشكّل الجليديات. وهكذا فأتار

## إن أكسجة المحيطات يمكن أن تفسّر

### التنوع الحيوي

شيئين وليس أحدهما هو سبب الآخر. وباختصار، على الرغم من أن فرضية "الكرة الثلجية" هي فرضية مثيرة للاهتمام، إلا أنها عاجزة عن تفسير مجموع التجديدات الشكلية المدهشة الملاحظة لدى المتعضيات الإدياكارية والكمبرية.

### مدنوى الصخور

بوساطة الترابطات الزمنية بين تشكّل الجليديات وتنوّع الكائنات الحية فقط، يجب أن نتحرى قرائن أخرى. إذ يبدو أن قرينة الخصائص الفيزيائية الكيميائية للمحيطات والغلاف الجوي تكون واعدة. يمكن أن يتعرّف الجيوكيميائيون إلى حالة المحيطات والغلاف الجوي التي كانت خلال العصور الجيولوجية بفضل تقنيات كيمياء النظائر المشعّة. ففي الواقع، إن صخور نهاية حقبة النيوبروتوزوري قد سجّلت ضمنها التحولات الكيميائية التي طرأت على البيئات التي كانت سائدة في ذلك

## الشكل

1

## إنتاج الكربون العضوي



بدءاً من 600 مليون سنة، يُلاحظ ازدياد كمية الكربون العضوي. وهذا يُفسَّر بانخفاض محتوى الصخور بالكربون-13 لصالح الكربون-12 ( $\delta^{13}C$ ). نلاحظ عند شنود شورام Shuram Anomalie de نسبة الأعلى من الكربون-12، ناجمة، بدون أدنى شك، عن ازدياد كبير في أكسجة oxygenation المحيطات.

## منشأ إصدارات الأوكسجين

من أين أتت هذه الزيادة؟ لا يوجد أي اتفاق جماعي حول هذه الظواهر. فبعض الباحثين تحدث عن الإصدار الكبير لثنائي أكسيد الكربون في الغلاف الجوي خلال فترة مارينويين الجليدية. فعندما ذابت الأغشية الجليدية قامت العوالق النباتية (الفيثوبلانكتون) البحرية بامتصاص هذا الغاز وتمثلته. وبالتدرج اختزن الكربون في المادة العضوية البحرية مما أدى إلى تحرير الأوكسجين في المحيطات.

اقترح البيوجيوكيميائي الأسترالي غراهام لوغان G. logon في العام 1995 تفسيراً آخر. فبحسب لوغان: "إن الحيوانات التي كانت تعيش بعيدة عن الشواطئ وبسبب تطورها أنبوباً هضماً نتيجة تغذيتها على المواد العضوية الموجودة في المياه السطحية، فقد كانت تُخرج مواد برانزية غنية بالأوكسجين". وهذه المواد كانت تهبط إلى قعر المحيطات بسبب وزنها، مما غير الحد الفاصل بين المياه الغنية بالأوكسجين وبين المياه الغنية بالكبريت، وتجاوز المياه السطحية نحو الرواسب. وهكذا أصبحت المحيطات أكثر غنى بالأوكسجين. ولكن مع الأسف، ورغم أن هذه الفكرة جذابة، يبدو أن نسبة الأوكسجين قد بدأت بالزيادة قبل أن تظهر الحيوانات التي تحوز على أنبوب هضمي. فالعملية التي وصفها لوغان ليست إذن هي السبب الرئيس في زيادة نسبة الأوكسجين، وإنما تكون، على الأرجح، قد ساهمت برفع هذه النسبة.

الزمن الجيولوجي. فقد قاس الجيولوجيون، بالاستعانة بمطياف الكتلة، محتوى الصخور من أشكال الكربون والكبريت المختلفة (نظائرها المختلفة)، ووصفوا تطور دورات هذه العناصر. وهكذا، فقد تمكّنوا من تمييز العمليات الجيولوجية والبيولوجية المختلفة التي تنسجم مع التركيب النظائري الذي وجدوه. وبتحليل محتوى الصخور من الكربون، تُتاح دراسة تطور المخزون العضوي للكربون، الذي يجمع كل الكائنات الحية والكربون الناجم عنها، مثل الفحم. وهذا المخزون من الكربون العضوي يختلف عن الصخور الكلسية (كربونات الكالسيوم) والأشكال الأخرى اللاعضوية من الكربون بمحتواه من الكربون-12 والكربون-13. ففي مخزون الكربون اللاعضوي، تبقى العلاقة بين محتوى هذين النظيرين ثابتة، في حين تكون هذه العلاقة في

المخزون العضوي متغيرة، إذ تقوم عملية التركيب الضوئي بإغناء الكربون-12. فازدياد نسبة الكربون-12 في الصخور يعني ازدياداً في مخزونها من الكربون العضوي بسبب تنشيط عملية التركيب الضوئي التي تقوم بها العوالق النباتية (الفيثوبلانكتون) البحرية. وهذه الآلية أيضاً تزيد محتوى المحيطات بالأوكسجين. أمّا فيما يتعلق بالكبريت، فهي عملية أكثر تعقيداً، ولكن نسب نظائره تتيح الوصول إلى كمية الكبريتات في المحيطات، وهذه الكمية نفسها مرتبطة بمحتوى الغلاف الجوي من الأوكسجين.

إن زيادة محتوى الغلاف الجوي والمحيطات بالأوكسجين، الذي يعدّ الغاز الحيوي للكائنات الحية، تفسّر بحسب عدد من الجيولوجيين، لغز تنوع الحيوانات. فقد كانت تغييرات دورات الكربون والكبريت في أزمنة دور الإدياكاري وبداية الدور الكمبري التغييرات الأكبر في تاريخ الكرة الأرضية. وتشير نظائر الكبريت إلى تحولات كبيرة حصلت مباشرة بعد فترة مارينويين الجليدية أي منذ ما قبل 635 مليون سنة. كما أنّ صخور عُمان وناميبيا والصين سجّلت أيضاً منذ ما قبل 560 مليون سنة، أكبر الزيادات في الكربون-12 في تاريخ الكرة الأرضية، وبالتالي وبصورة غير مباشرة أكبر الزيادات في محتوى المحيطات من الأوكسجين. وتشير الأبحاث المنشورة المتعددة، حتى ولو اختلفت في تحديد التاريخ الدقيق، إلى زيادة مستمرة لمستويات الأوكسجين في المحيطات بعد ما قبل 600 مليون سنة.

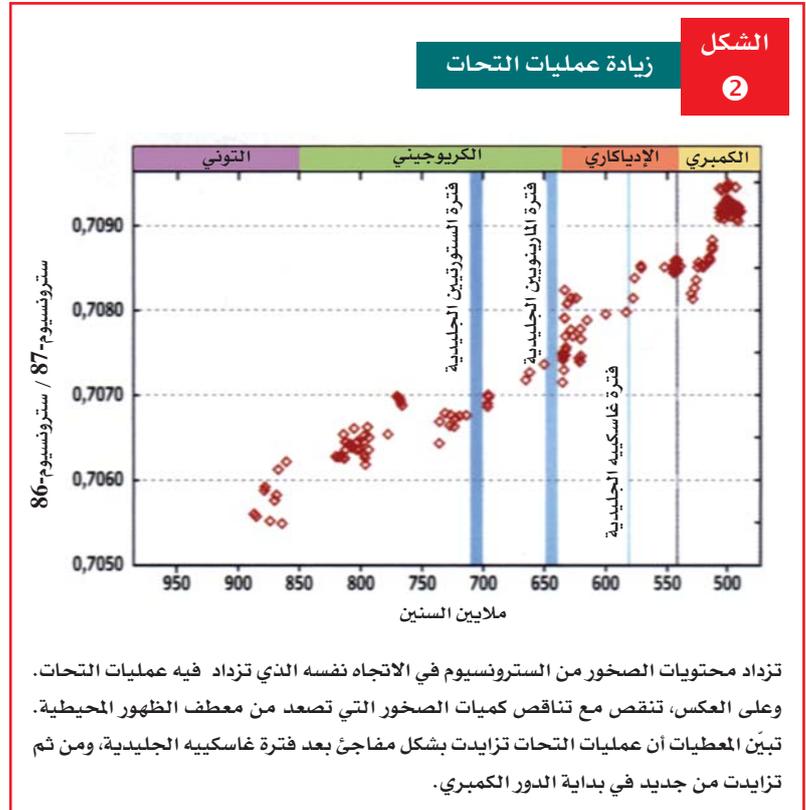
600 مليون سنة، تجمّعت القارات ثانية، بعد أن كانت قد تباعدت عند تقطّع قارة رودينيا العملاقة Rodinia Supercontinent قبل ذلك بـ 150 مليون سنة. فقد اتّحدت كتلتان كبيرتان لتشكيل ما يُعرف بقارة غوندوانا Gondwana. وعند تصادم هاتين الكتلتين، توّحدت القارة الأفريقية التي تقع في منطقة التماس بينهما، وتشكّلت نتيجة لتصادمهما سلسلة جبال عموم أفريقيا chaine panafricaine. وهذه الحركة المولّدة للجبال شجّعت عمليات التحات. وفي الوقت نفسه، انفصلت ثلاث "جزر" تمثلها: لورانسيا Laurentia وأوربة الشمالية وسيبيريا. وهذا الانفصال، بالإضافة إلى ذوبان جليدية مارينويين الناجم عن طرح كميات كبيرة من ثنائي أكسيد الكربون (CO<sub>2</sub>)، زاد في عمليات التحات. وما يشير إلى هذه العمليات العلاقة rapport بين محتويات الصخور من السترونسيوم-87 والسترونسيوم-86 التي تعتمد على معدل عمليات التحات وانتشار مواد صخور معطف الظهور المحيطية. وهذه الزيادة في عمليات التحات كانت كبيرة جداً ما قبل 580 مليون سنة، أي في نهاية فترة غاسكويه الجليدية (الشكل 2). فقد حرّرت عمليات التحات المتزايدة حتى بداية الدور الكمبري (قبل 580 مليون سنة) كميات إضافية من مركّبات الحديد والكلسيوم والفسفور والكربونات الثنائية. وهذه المقادير من المغذيات مكّنت من زيادة تكاثر العوالق النباتية في المحيطات الدافئة والمؤكسجة (المزودة بالأكسجين) حديثاً وساعدت على تطوّر الحيوانات الأولية. تحتاج هذه النظرية إلى مزيد من الدراسة والبحث.

إنّ ذوباناً شاملاً global للمغذيات متبوعاً بمفعول دفيئة شديد وزيادة في أكسجة المحيطات، بالإضافة إلى قابلية الحصول على كميات وافرة من المغذيات، يمكن لكلّ منها أن تكون قد ساعدت على تنوّع الكائنات الحية التي كانت تعيش على الكرة الأرضية بين ما قبل 600 و530 مليون سنة سابقة. ومع ذلك، فإنّ كلّ تغيير بيئي منفرد لا يبدو أنّه كافٍ لمعرفة سبب هذا التنوّع. ويمكن أن يكون اجتماع كلّ هذه الأحداث في تاريخ الكرة الأرضية سبباً في منشأ هذا التنوع.

لقد بيّن، كلّ من إريك سبرلينغ E. Sperling من جامعة يال وكيفن بيترسون K. Peterson من جامعة دارتماوث، في نيوهامشير، الأهمية المحتملة للإسفنجيات éponges. إن هذه الحيوانات عبارة عن أكياس من الكولاجين\* collagene، الذي بإمكانه نقل كميات كبيرة من الكربون. إن ازدهارها في أعماق مياه البحر يزيد بالتدريج إغناء مياه البحار بالأكسجين. ولكن هل سيكون هذا الإغناء كافياً؟ لا توجد أية معطيات تبرهن ذلك.

## ساعدت المواد المغذية التي جلبتها عمليات التحات أنواع الكائنات الحية على التطوّر

وثمة فكرة أخيرة تجب مراعاتها. فبعد تشكل الجليديات لم تستمر الأنواع إلا في أعشاش بيئية محدودة. ولكي تنمو هذه الأنواع وتتطوّر كان يجب أن تؤمّن لها كميات معتبرة من المواد المغذية. وهذه المواد المغذية كانت تأتي من نتائج عمليات تحات erosion السلاسل الجبلية المتشكّلة نتيجة تصادم الصفائح التكتونية. فمذ



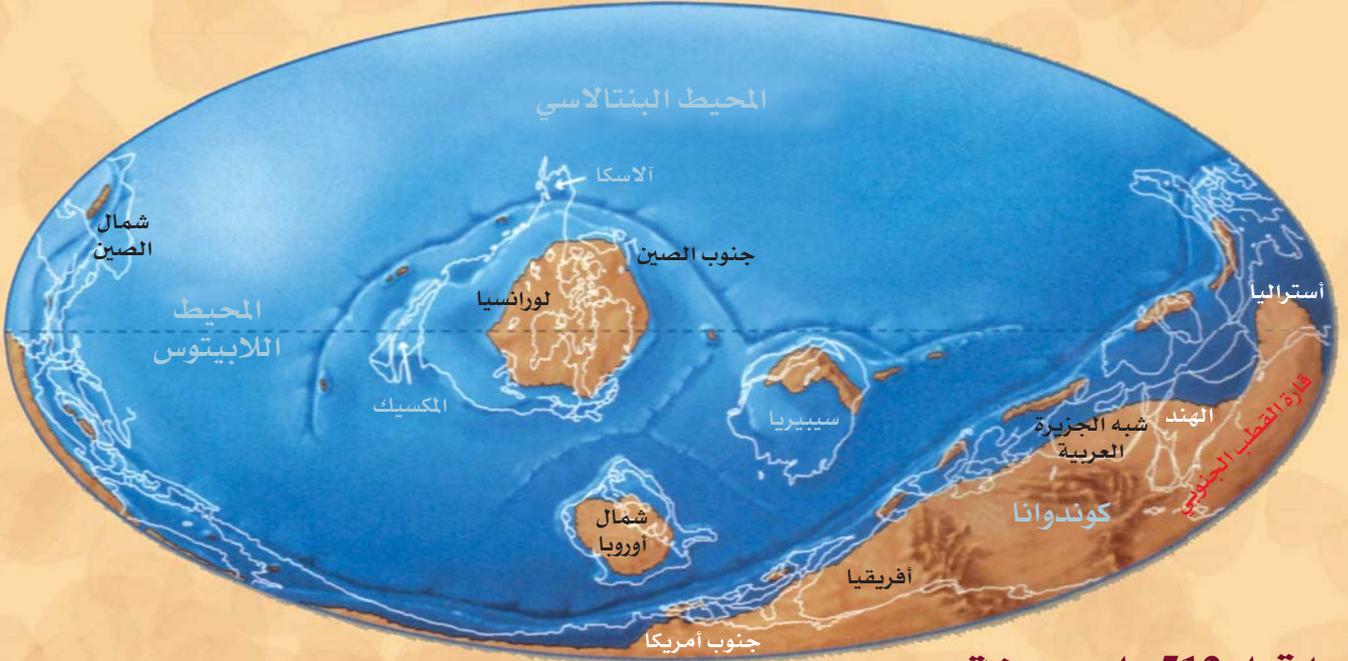
\*الكولاجين: هو المادة البروتينية الموجودة في النسيج الضام وفي العظام والتي تنتج الهلام عند غليها في الماء (المراجع).

## رقص القارات



### ما قبل 650 مليون سنة

انفتح المحيط البنتالاسي Panthalassic في وسط قارة رودينيا Rodinia العملاقة، ليفصلها إلى كتلتين كبيرتين. تشير معطيات المغنطيسية القديمة والرواسب التي خلفتها الجليديات إلى أن أستراليا وشبه الجزيرة العربية وناميبيا كانت، على الرغم من موقعها المداري تقريبا، مغطاة بالجليد. الكتل المبتعدة في أقصى الشمال ستشكل فيما بعد الصين، في حين تحتل أمازونيا القطب الجنوبي. أما أفريقيا، فما تزال مبعثرة بين أفريقيا الغربية وأفريقيا الجنوبية والكونغو التي سوف تتعرض بينهما للانضغاط.



### ما قبل 512 مليون سنة

دارت الكتلتان الكبيرتان بعكس اتجاه عقارب الساعة، واتحدتا لتشكلا في نصف الكرة الجنوبي قارة غوندوانا Gondwana العملاقة. انفصلت منها، بعد تشكل محيط جديد، المحيط اللابيتوس Lapetus، لورانسيا (أمريكا الجنوبية) وأوربية الشمالية وسيبيريا. واحتلت الهند وأستراليا وقارة القطب الجنوبي وجنوب الصين مناطق استوائية، في حين احتلت أفريقيا الموحدة موقعا بالقرب من القطب الجنوبي.

## والآن ماذا عن العشرين سنة القادمة؟

ستة من القادة الفيزيائيين يكتبون  
عن التحديات الكبيرة المنتظرة.

**الكلمات المفتاحية:** مستقبل الفيزياء، نظرية الشبكات، الفيزياء الطبية، نظرية الحقل الكمومي، الفلك، علم الكون، نظرية الأوتار.

السريعة. ولكن التشظي المتزايد للفيزياء إلى حقول فرعية، لا يوجد بينها سوى ارتباطات تماسية ضعيفة (انظر خارطة الفيزياء في الصفحات 46-47 من هذا العدد)، فمن غير الممكن تقريباً تحديد الاتجاه المستقبلي للموضوع ككل. وفي الحقيقة فإن أحد الحقول التي نعطي نبذة عنها هنا -نظرية الشبكات- لم تكن موجودة تقريباً قبل عقدين. وثمة حقول أخرى بما فيها نظرية الأوتار (على الأرجح) نظرية الحقل الكمومي كانت ما تزال في مرحلة الطفولة مقارنة بما هي عليه اليوم.

وعليه إلى أين سيقود المستقبل؟ يمكن أن تكون التنبؤات في الفيزياء مسألة صعبة -ويعتقد فيزيائيو أواخر القرن التاسع عشر أن مستقبل الموضوع في أنهم يشاهدون صلة غير محكمة بين أطراف بعض المواضيع- ونعرض هنا وجهات نظر ستة من الباحثين الذين كانت لديهم الإرادة لعدم تحاشي الجواب عن المسألة المطروحة.

في مجلة عالم الفيزياء Physics World، وأيضاً على موقعنا في شبكة الأنترنت Physics World. com، سبق أن كتبنا تقارير عن التقدّمات في الفيزياء، ووصفنا آخر مناحي البحث بمقالات تغوص في الأعماق. وفي هذا المقال تعرض بعض تلميحات الماضي إلى الأحداث الكبيرة التي حدثت في الفيزياء على مدى العشرين سنة الماضية. والسؤال هو: ما هي الأسئلة الساخنة في فيزياء اليوم؟ إن الإجابات الست التالية هي الكثرى سهولة ووضوحاً وأهمية في الاستطلاع الذي أرسلناه إلى عدد من الفيزيائيين المتخصصين في حقول مختلفة. ولأن النظريين كانوا أسعد في التخمين من التجريبيين، فقد كانت المواضيع النظرية هي السائدة. ولكن الكثير من المجالات الهامة -أبحاث فيزياء البيئة، والحوسبة الكمومية، والطاقة المتجددة، وتقريباً كل فيزياء المادة "المكثفة" لم يجرِ التطرق إليها. وفي النتيجة فإن هذا العرض لا يرقى إلى أن يكون عرضاً شاملاً لمستقبل الفيزياء، إذ إنه ليس سلسلة من اللقطات

### نظرية الحقل الكمومي

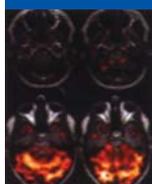


#### الخلاء الكمومي

في بداية القرن العشرين، وضع آينشتاين نظرية الأثير مع النسبية،

ولكن أثير القرن الحادي والعشرين -ألا وهو الخلاء الكمومي- ما يزال اليوم يحير

### الفيزياء الطبية



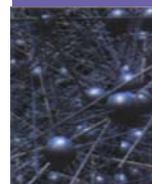
#### تطورات في تقانات

#### التصوير الطبي

في العقدين المنصرمين، حدث تقدّم كبير في القدرة

على تصوير البنى السليمة والمرضية، في الأنسجة، وعلى مستوى الأعضاء، وبذلك

### نظرية الشبكات



#### بزوغ نظرية الشبكة

لقد كانت ظاهرة هامة حديثة في مجال الأنظمة المعقدة ألا وهي بزوغ نظرية

الشبكات. وبعبارة أصحّ، فإن الأنظمة المعقدة حقاً -من الخلية حتى الويب web، بل حتى

الفيزيائيين. ولقد ظن أن الأثير في الأصل مادة تخترقها كل الأجسام، وأنها تحمل الضوء عبر الفضاء كما يحمل الهواء الصوت. ولو أبعد الضوء كله، بقي هناك الأثير في الفضاء. لكن طبقاً لنظرية الحقل الكمومية فإن حالة الظلام المطلق -حالة الخلاء- ما تزال تعد حالة فيزيائية، تملأ الفضاء تماماً، وتشبه كثيراً الأثير. غير أن هناك فرقاً هاماً: إن المرء لا يلاحظ حركة منتظمة السرعة بالنسبة للخلاء الكومومي، لأن الخلاء يجب أن يضيء خلال التسارع نتيجة الاحتكاك. ويترتب على الخلاء الكومومي أيضاً أن يتسبب في تبخر ثقب سوداء، لأنه عند أفق الحدث تنتج الجسيمات من الخلاء، على حساب كتلة الثقب الأسود.

ولم تلاحظ حتى الآن أي من هاتين الظاهرتين -إنهما ضعيفتان فلكياً، مع أنه يمكن إثباتهما في محاكاة مخبرية. وعلى كل حال فإن بعض جوانب الخلاء الكومومي تظهر في الحياة اليومية: فالخلاء الكومومي يسبب التصاق الأشياء. وعلى سبيل المثال، يمكن لأبو بريص أن يتعلق على سطح زجاجي باستخدام أصبع واحدة من القدم، لأن الشعرات المجهرية في قدمه تلتصق بالزجاج بالتبادل المتواصل في الفوتونات الافتراضية التي تربط الاثنين معاً. إن قوة الخلاء صغيرة ولا تفعل إلا لمجالات قصيرة، وهكذا يحتاج أبو بريص إلى العديد من الشعرات لتعليق وزنه. وفي بعض تطبيقات التقانة النانوية، كان هذا الالتصاق مشكلة -وعلى وجه الخصوص في الأنظمة الميكانيكية الإلكترونية المبرونة microelectromechanical systems التي تكامل الإلكترونيات مع الأجزاء المتحركة. إن فهم الخلاء الكومومي ليس تحدياً فقط لفيزياء القرن الواحد والعشرين، ولكن أيضاً لتقناته.

**المؤلف: ويف ليونهاردت Uif Leonhardt** هو فيزيائي نظري في جامعة سان أندروس البريطانية St. Andrews, UK.

تحسنت كثيراً قابلية كشف الأمراض الميكروسكوبية (المجهرية) ومعالجتها. وهذه الإنجازات تُظهر تطوراتٍ في طرائق التصوير، مثل التصوير بالتجاوب المغنطيسي، والتصوير الطبقي المحوري بالإصدار الحوسبي، والتصوير الرقمي بأشعة-X، والتصوير بالأشعة فوق الصوتية.

## هناك صدع عميق بين السمات المجهرية والجوانب الجهرية للسرطان

وفي الوقت نفسه، فإن دراسة سلامة بنية النسيج ووظيفته، على مستوى الخلية الواحدة والخلايا المتعددة، حققت تقدماً سريعاً، وبخاصة عبر تطوير عدد من تقانات التصوير الضوئي والنووي. وهذه الإنجازات في ما يدعى "التصوير الجزيئي" molecular imaging تتيح إمكانية التمييز بين الخلايا الطبيعية والخلايا السرطانية، وتحدد وجود السرطان أو غيابه في أي منطقة مجهرية من النسيج.

وأكبر معضلة غير محلولة في الفيزياء الطبية هي كيفية التوفيق بين الإنجازات المجهرية (المكروسكوبية) والإنجازات الجهرية (الماكروسكوبية) بحيث أن الحدود الدقيقة للسرطانات يمكن أن ترسم أثناء تخطيط المعالجة الشعاعية وتقديمها. هناك صدع عميق بين السمات المجهرية والجوانب الجهرية للسرطان، وهذا الصدع يجب أن يُجسر فيما إذا أمكن استخدام التقدم في التصوير الجزيئي لتحسين معالجة المرض باستخدام مصادر الأشعة المؤيونة.

**المؤلف: بيل هندي bill Hende** وهو فيزيائي في كلية الطب في ويسكونسن، ميلووكي الولايات المتحدة Wisconsin, Milwaukee, US.

الأنظمة الاجتماعية - لها شبكة خلفها تخبرنا عن كيفية تأثر مركبات النظام فيما بينها. وعند معرفة الفروق بين هذه الأنظمة -من حيث معرفة كل من المركبات ووظيفة النظام ككل- لا يتوقع الفرد أن يكون هناك أي تشابه فيما بينها. والآن ومنذ أقول القرن اكتشف العلماء أن البنية الحقيقية لهذه الشبكات متشابهة إلى حد ما: فمعظمها توبولوجيا ذات مقياس حر scale-free topology\* (عدد الوصلات في العقدة تتبع قانوناً أسياً) وهي تُظهر درجة عالية من التجمع، والمسافات بين العقد صغيرة (خاصية العالم الصغير). فلقد أدركنا أن قضايا الشبكة لم تنتج أسئلة جديدة فقط، بل قادتنا إلى إعادة تقييم طريقة وصف نظام معقد.

وثمة سؤال مفتاحي آخر يتعلق بحركية (دينامية) الإنسان. فوصف السلوك الإنساني وتوقعاته يمكن ألا تكون في البداية مشابهة للتساؤلات الفيزيائية، غير أن الأدوات التجريبية للفيزياء بدأت في الآونة الأخيرة تلعب دوراً أساسياً في التصدي لهذه المسائل. إن مستقبل الفيزياء سيتحدد بقابليتنا للتصدي لمواضيع ذات أهمية أساسية للمجتمع. ومن ناحية الفيزيائيين، فإن مثل هذه المسائل كانت تنخرط تقليدياً في إيجاد مصادر جديدة للطاقة أو اكتشاف مواد جديدة، لكن التركيز على التساؤلات ينزاح الآن ببطء نحو المسائل المشتركة بين مواضيع مختلفة تتزايد أعدادها والتي تقع على حدود الفيزياء، والعلوم الاجتماعية، والبيولوجيا والهندسة.

وإذا كان على الفيزياء أن تبقى على صلة بها، وتصور دورها القيادي بين العلوم فعليها أن تحتضن هذه المسائل.

**المؤلف: ألبرت لازلو باراباسي Albert-László Barabási** وهو مدير مركز علوم الشبكة في جامعة الشمال الشرقي في الولايات المتحدة North eastern University, US.

\* توبولوجيا التركيب البنوي للاحية معينة - فرع يعنى بدراسة موقع الشيء بالنسبة للأشياء الأخرى لا بالمسافة والحجم.

## الفلك



### الماء على أرضون أخرى (earths)

لماذا تحوي الأرض هذا القدر من المياه الذي تحتاجه بالضبط؟ هل تحوي

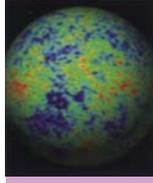
الأرضون حول النجوم الأخرى كمية مماثلة من الماء؟ إن هذه المواضيع ليست موضعاً للنقاش. فالماء على أرض أكثر جفافاً سيمتص في الغلاف السيليكاتي للأرض، مخلفاً سطحاً جافاً. وعلى العكس، لو كان حجم ماء الأرض يساوي ضعف ما هو عليه، لغرقت القارات بالماء. لا يمكن تصور وجود حياة تقنية متقدمة في العالم المائي الناتج، حتى أن الأسماك الخارجية أو الدلافين الغريبة لا تستطيع اختراع التعدين، أو الحواسيب أو القيثارات. فهل تحوي أرضنا كمية "محظوظة" من المياه؟

لقد تكونت الكرة الأرضية بتجمّع جزيئات السيليكات، والحديد والماء من قرص بدائي كوكبي Protoplanetary disk بكميات متشابهة. والكرة الأرضية الأصلية جمّعت ما يساوي عدة محيطات من الماء (إن لم يكن أكثر) خلال تكونها. لكن الأرض في أيامنا هذه تحوي 1000/1 (واحد بالألف) من كتلتها ماء، وهذا أقل كثيراً من الحديد والسيليكات. من أين يأتي يا ترى هذا الجزء من الماء؟

خلال المئة مليون سنة الأولى من حياتها، كانت الأرض قليلة الجفاف إلى حد بعيد عندما ضربها بعنف كوكب بحجم كوكب المريخ ودخل فيها، مبخراً المحيطات ومرسلاً سحابة ضخمة من بخار الماء إلى الفضاء. (وتشكل القمر أيضاً من هذه الصدمة). وتركت الأرض كوكباً جافاً، لا تختلف عن المريخ في هذه الأيام.

وقد اكتسبت الأرض الجافة مخزونها من الماء من الكويكبات والمذنبات والasteroids and comets التي ضربتها (التطمت بها) عشوائياً ودخلت فيها وقد قامت جاذبية المشتري (أكبر الكواكب السيارة وخامسها من حيث البعد عن الشمس) بعمل مقلاع وشتتت هذه الأجسام

## علم الكون



مستقبل علم الكون يمكن أن يكون علم الكون على شفير أكثر عقوده إثارةً أو أكثرها إضجاراً.

فلقد شهدت العشرون سنة الأخيرة بزوغ النموذج الكوني المعياري، الموصوف بالنسبية العامة وبتأثر قليل من المركبات فقط: المادة النظامية، والمادة الخفية والطاقة الخفية، مع لمحات إلى المادة المبكرة للتمدد المتسارع accelerated expansion المعروف باسم التضخم (التوسع) inflation. إن البساطة في هذا الوصف بساطة خادعة، لأننا لا نعرف نوع الجسيمات التي تكوّن مركبات المادة الخفية، ولا نعرف ما إن كنا نعلم الآلية المسؤولة عن مقاديرها النسبية. والهدف من

**ما سنحصل عليه خلال عقود قليلة هو خريطة مفصلة للظواهر**

**التي تجري في الكون**

أكبر المشاريع الكونية المنتظرة -مقارِب الخلفية المكروية الموجة، مثل مساح بلانك التابع لوكالة الفضاء الأوروبية European Space Agency's Planck Surveyor وأجهزة المسح المقامة على الأرض ground based surveys المشابهة لمقارب المسح الشامل ذي المقياس الكبير like the Large-Scale Synoptic Survey Telescope وصيف الكيلو متر المربع Square Kilometre Array، أو مقارِب سواتل المستقبل مثل بعثة إقليدس أو بعثة الطاقة الخفية المشتركة -لها للكشف عن هذه المركبات بمراقبة آثارها في التمدد الإجمالي للكون وفي نمو البنية الكونية خلال هذا التمدد.

## نظرية الأوتار



المبدأ التجسيمي (الهولوجرافي) منظور نظرية الأوتار إن الأفكار الجديدة

الكبيرة التي بزغت من الثقالة الكمومية quantum gravity كانت "مبدأ الهولوجرافي" و"منظور نظرية الأوتار". كان مبدأ التصوير الجسم ثمره النظرة المتبصرة لدى ستيفين هوكينج Stephen Hawking في التضارب بين المبدأ الكومي لانحفاظ المعلومات وبين مبدأ التكافؤ. وكانت النتيجة واحدة من أهم المفاهيم المذهلة في الفيزياء الحديثة: فدرجات الحرية لمنطقة من الفضاء، لا تملأ الفضاء، بل تكمن في السطح الحدودي. والهولوجرام هو صفيحة فلم ذي بعدين يخترن المعلومات في مشهد ثلاثي الأبعاد. فإذا نظرت إلى الفلم عبر مجهر (ميكروسكوب)، فإن كل ما تراه هو تجمع عشوائي للعلامات، لكن إذا كنت تعرف القواعد، فإنك تستطيع أن تعيد بناء المنظر الجسم الذي يصوره. إن مبدأ التصوير الجسم يقول بأن العالم الثلاثي الأبعاد هو أشبه بخيال أعيدي بناؤه مخزون في حدود رياضية بعيدة.

لقد غير مبدأ التصوير الجسم جزياً بناء أفكارنا عن الثقالة الكمومية، والثقوب السوداء، وطبيعية درجات الحرية الأساسية. وفي الوقت ذاته أغلقت دائرة للأفكار بدأت في أواخر الستينيات من القرن الماضي. لقد بدأت نظرية الأوتار كنظرية للهدرونات -جسيمات تحت نووية عادية مثل البروتونات والنترونات- لكن الرياضيات ذاتها تصف أجساماً مثل الغرافيتونات gravitons والثقوب السوداء. لقد أصبحت الدائرة الآن مغلقة على نحو رائع، ونظرية الثقب الأسود تستخدم الآن لإيضاح خاصيات النوى المتصادمة.

إن منظور نظرية الأوتار، في هذه الأثناء، انطلق من البحث عن نظرية أوتار للجسيمات الأولية. وليس الشيء المهم في نظرية الأوتار هو أن الجسيمات الأولية هي أوتار، بل هو أنها توفر نوعاً من الـ DNA يكوِّد (ينمذج) صفات كون، بالطريقة ذاتها التي يتكوّد بها تعاقب الزوج الأساسي base-pair sequence في DNA النمط البيولوجي الظاهري. وتاماً، كما يوجد منظور ضخم للتصاميم البيولوجية - كل الترتيبات الممكنة لعشرات ملايين الأزواج الأساسية في جديلة DNA - فإن نظرية الأوتار توفر عدداً هائلاً من النماذج لإعادة تنظيم العناصر التي تؤلف هذا الحشد المرصوص للأبعاد الإضافية compactification of the extra dimensions (فالعقد  $10^{500}$  هو غالباً ما يُذكر). وكان لهذا تأثير معتدل في الطموح لإيجاد نظرية أوتار فريدة لفيزياء الجسيمات، لكنها تناسب جيداً إلى حدٍّ بعيد الأفكار الكونية.

والمنظور يلائم بالطبع التفكير في تمدد العالم المتعدد inflating multiverse "لعوالم منفصلة صغيرة" pocket-universes معزولة بعضها عن بعض بأفاق تنتج من أحداث معينة.

ومن الناحية الأخرى. فإن مبدأ التصوير الجسم يفترض أن الميكانيك الكمومي العادي لا معنى له إلا في أفق الراصد. وهكذا هناك توترٌ جدي بين الاثنين: كيف يمكن وصف العالم المتعدد (هولوغرافيا بالتصوير الجسم)؟

**المؤلف: ليونارد سسكايند Leonard Susskind**

متخصص في نظرية الأوتار في جامعة ستانفورد، الولايات المتحدة.

والشيء المثالي، هو أن تجارب الأمواج المكروية للجيل القادم ستراقب بطريقة غير مباشرة خلفية الأشعة الثقالية - وهي بصمة حاسمة لمدة التمدد المبكرة تلك. إن الأرصاد المفصلة للمستعرات الفائقة البعيدة، والمقارِب السابرة للكون المحلي، يمكن أن تسمح لنا بقياس صفات الطاقة الخفية، التي يبدو أنها هي التي تسبب تسارع تمدد الكون في هذه الأيام.

في كل الأحوال، هناك إمكانية حقيقية جداً بأن تقدّم لنا هذه الأرصاد أرقاماً قليلة ذات دقة متزايدة في الوسطاء الكونية التي تصف الكون، لكن دون فهم حقيقي لفيزياء المادة الخفية أو الطاقة الخفية، وقليلاً من الإلماحات، إن وجدت، إلى الآلية خلف التمدد أو غير ذلك من عهود الكون الباكر.

حتى ضمن هذا المخطط (السيناريو)، فإن ما سنحصل عليه في عقود زمنية قليلة، هو خريطة مفصلة للظواهر التي تجري في الكون، فوق مساحات كبيرة من السماء، وبلوغ نقاط أبعد (ومن ثم نقاط أعمق في الزمن الماضي) مع كل مقرب جديد، وأخيراً الوصول إلى الأجسام الأقدم جداً التي تندمج بالغاز البدائي. إلا أنه إذا كانت هذه المعطيات صامته في العالم الباكر وفي فيزياء الجسيمات، فإن علم الكون سيتابع التشظيآت fragmentation التي سبق وبدأت، وذلك إما بتطبيق الوسائل النظرية وفيزياء الجسيمات على الكون المبكر، وإما باستخدام تقانات الفيزياء الفلكية لفهم نشوء الأجسام فيه.

**المؤلف: أندرو جاف Andrew Jaffe** وهو

فيزيائي فلكي في كلية الأميريال، لندن، المملكة المتحدة.

(الأجرام) في كل الاتجاهات مرسله قليلاً منها باتجاه الأرض، ومودعة مياها عند هبوطها على الأرض. وبهذه الطريقة فقدت الأرض مياها، ثم استردت بعضها، وكل ذلك بمحض المصادمات العشوائية في بواكير عصر نشوء النظام الشمسي.

ويمكن ألا تكون الأرضون الأخرى محظوظة إلى هذا القدر، إذ تبين المحاكيات أنها يمكن أن تكتسب من المياه مقداراً بين 0.01 إلى 100 محيط مائي. وثمة نسبة صغيرة فقط من هذه الأرضون تحتوي تماماً القدر الصحيح من الماء ليكون لديها كل من المحيطات والقارات. والتغير الواسع في كميات المياه على هذه الأرضون الأخرى ينشأ من مدار وكتل شبيهة بالمشتري (فيما لو وجدت) وتولد اضطراباً في نظام الكويكبات. والعصفة التلامسية الناشئة عن كوكب بحجم كوكب المريخ التي تجفف الأرضون هي حدث استثنائي، وبدونها تحتفظ هذه الأرضون بالعديد من المحيطات المائية، وأي من الرفيقيين في نجم ثنائي binary-star (الذين يدوران حول مركز جاذبية مشترك) سوف يُسبب اضطرابات مختلفة في الكويكبات والمذنبات تؤدي إلى توليد كميات مختلفة من المياه. وإن وجود النظائر مثل الألبينيوم-26 يمكن أن يُغير التسخين الداخلي كثيراً ومن ثم يبخّر المياه منها ومن الكويكبات والمذنبات.

وأدى لعب التكون العشوائي للكواكب إلى جعل نصيب الأرض من الماء كافٍ لوجود الإنسان عليها وليتحول إلى حوض هادىء متجانس Homo sapient. ومن حسن الحظ أن الماء يدور مع الأرض وإلا لما كنا هنا لمناقشة هذا الموضوع.

**المؤلف: جيوف مارسى Geoff Marcy**

وهو فلكي في جامعة كاليفورنيا - بركلي - الولايات المتحدة.

• نُشر هذا المقال في مجلة Physics World, Vol 21, 10 October 2008.

ترجمة د. مصطفى حمويلا - عضو هيئة التحرير.

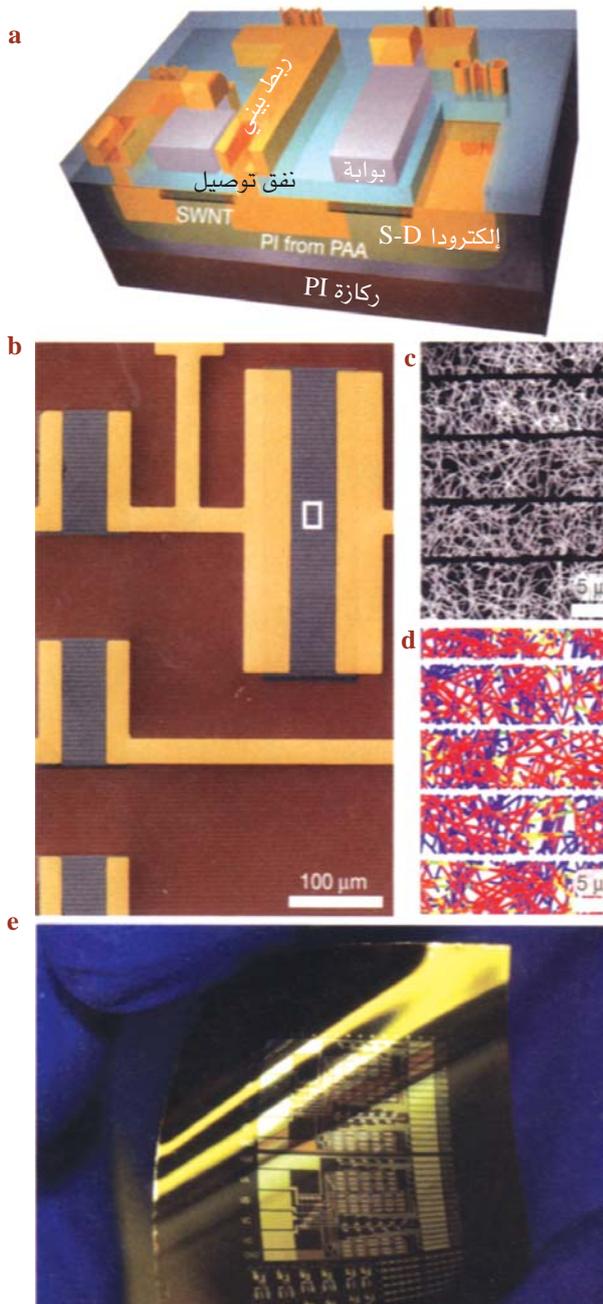
# دارات متكاملة متوسطة النطاق من أفلام رقيقة من أنابيب نانوية على ركازات بلاستيكية مرنة

**الكلمات المفتاحية:** دارات متكاملة على رقاقات بلاستيكية مرنة، ركازات من رقاقات أنصاف النواقل، ركازات من صفائح زجاجية، جزيئات عضوية صغيرة.

أدت الجهود المبذولة لتطوير أنصاف نواقل من بوليميرات وجزيئات صغيرة لاستخدامها في الإلكترونيات، إلى نتائج عديدة باهرة، بما فيها الدارات المتكاملة التي تحوي أكثر من ألف ترانزستور<sup>[3]</sup>، وشاشات عرض مرنة<sup>[4, 3]</sup>، ورقاقات الحساسات<sup>[5]</sup>، ومنظومات أخرى<sup>[7, 6]</sup>. على كل حال، في جميع الحالات، تكون الحركيات في ترانزستورات مفعول الحقل متوسطة: تكون بشكل نوعي بحدود  $1\text{cm}^2\text{V}^{-1}\text{S}^{-1}$  في النبائط المعزولة<sup>[9, 8]</sup> أقل من  $0.05\text{cm}^2\text{V}^{-1}\text{S}^{-1}$  في الدارات المتكاملة<sup>[7, 3]</sup>. ورغم أن هذه الخصائص تكون كافية من أجل شاشات العرض الرُحلانية وتطبيقات أخرى عديدة، إلا أن تحسين المواد سيؤدي إلى زيادة الإمكانيات<sup>[1]</sup>. وبشكل منفصل، فبالنسبة لأي تطبيق محدد، تؤدي زيادة الحركة إلى التخفيف من صرامة المتطلبات المفروضة على أبعاد السمات الحرجة في الدارات (مثل طول قناة الترانزستور) والتسامحات على سجلها المتعدد السويات، والتي قد تستثمر لتخفيض تكلفة الركازات البلاستيكية ومنظومات النمذجة لتحقيق التصنيع عن طريق أسطوانة إلى أسطوانة بواسطة الطباعة الجافة<sup>[10]</sup> أو الطباعة بنفث الحبر<sup>[11]</sup>.

قد تقدم المواد النانوية نصف الناقل المرتكزة على الكربون المطورة حديثاً ولاسيما الأنابيب الكربونية النانوية وحيدة الجدار (SWNTs)، فرصة لتحقيق حركيات ذاتية عالية جداً وسعات تحمل تيارات عالية، وميزات بصرية/ميكانيكية استثنائية، في تشكيلات قابلة للحني على ركازات بلاستيكية<sup>[12]</sup>. ورغم عدم ارتباط الأنابيب النانوية SWNTs المعزولة، بالتطبيقات المطروقة هنا، غير أن دراسات حديثة قد أظهرت أنه يمكن للشبكات العشوائية ذات الطبقة الوحيدة الثانوية<sup>[16-13]</sup> أو الصفيقات المترافقة<sup>[18, 17]</sup> من SWNTs، أن تخدم كأغشية رقيقة من أنصاف نواقل، والتي تقدم في أحسن أحوالها، الخواص الاستثنائية للأنابيب، مثل حركة بسيطة تصل إلى حوالي  $2,500\text{cm}^2\text{V}^{-1}\text{S}^{-1}$ ، على تيارات حالة تتجاوز عدة ملي أمبير وتواترات قطع أكثر من 1GHz في النبائط على البلاستيك. تكون هندسة الشبكة ذات أهمية خاصة بالنسبة للإلكترونيات المرنة، حيث يمكن تحقيقها بسهولة بطباعة الـ SWNTs من معلقات في محلول<sup>[19]</sup>. يظهر هذا العمل تنفيذ شبكات SWNT في دارات متكاملة مرنة على بلاستيك ذات مواصفات جذابة، بالإضافة إلى نماذج نظرية موافقة وأدوات محاكاة تأسر كل القضايا الرئيسية.

تؤدي مقدرة تشكيل دارات متكاملة على رقاقات بلاستيكية مرنة إلى الحصول على صفات مميزة في الأجهزة الإلكترونية (مثل التشكيلات التطابقية والمرنة وكذلك البنى الخفيفة الوزن والمقاومة للصدمات) التي يصعب ويتعذر إنجازها باستخدام تقانات تستعمل ركازات من رقاقات أنصاف النواقل أو صفائح زجاجية<sup>[1]</sup>. تمثل الجزيئات العضوية الصغيرة والمواد المرتكزة على البوليميرات أكثر أنواع أنصاف النواقل التي مُحصت بعمق كي تستخدم لمثل هذه الدارات المرنة<sup>[2]</sup>. ورغم أن هذه المواد، أو تلك التي تستخدم أفلاماً أو بنى نانوية من مواد لا عضوية، تحمل وعوداً لتطبيقات محددة، إلا أن التجارب الحالية لها في دارات من البلاستيك تشير إلى ميزات أداء متوسطة وهذا ما قد يعيق إمكانيات التطبيق. نقدم هنا سرداً عن إنجاز أنصاف نواقل عالية الأداء نسبياً، تركز على الكربون وتتألف من شبكات عشوائية من أنابيب كربونية نانوية وحيدة الجدار، وذات طبقات أحادية ثانوية، حيث تقدم دارات رقمية متكاملة صغيرة إلى متوسطة النطاق، ومكونة من عدد يصل إلى مئة ترانزستور على ركازة بلاستيكية. تملك الترانزستورات في هذه الدارات المتكاملة خواصاً ممتازة، أهم هذه الخواص: تصل الحركيات إلى  $80\text{cm}^2\text{V}^{-1}\text{S}^{-1}$  وتهبط الميول تحت الحرجة إلى حدود  $140\text{mVdec}^{-1}$ ، وتكون فولطيات التشغيل أقل من 5V مع تحكّم حتمي في الفولطيات الحرجة، وتصل النسبة وصل/قطع إلى القيمة  $10^5$ ، وتبقى سرعات التبديل في مجال الكيلوهرتز حتى من أجل نبائط بأبعاد هندسية خشنة ( $\sim 100\mu\text{m}$ ) بالإضافة إلى مرونة ميكانيكية جيدة، وتكون جميع هذه الخواص بمستوى من الانتظام والتكرارية يمكن من تصنيع عالي المردود للدارات المتكاملة. إن الحسابات النظرية، في سياق يمتد من النقل التزحيلي اللامتجانس مروراً بالشبكات وحتى النماذج المدمجة للترانزستورات وصولاً إلى محاكاة على مستوى الدارة، تقدم فهماً كميًا وتنبؤياً لهذه المنظومات. وهذه النتائج معاً، تقترح أن الأفلام ذات الطبقة الأحادية الثانوية من الأنابيب الكربونية النانوية وحيدة الجدار، هي مواد واعدة للدارات التكاملية المرنة مع احتمال وجود تطبيقات عديدة في الإلكترونيات المستهلكة وغيرها.



**الشكل 1:** مخطط توضيحي، وصور مجهر إلكتروني ماسح، ونتائج نمذجة نظرية، وصور ضوئية لدارات متكاملة SWNT مرنة على بلاستيك. **a.** مخطط مقطعي عرضي لعكس PMOS، SWNT على ركازة PI. حيث PI بولي إيميد، PAA بولي أورثان، و PAA بولي أميك أسيد.  $V_{dd}=V_{dd}$  فولتية تزويد الطاقة العام؛  $V_{out}=V_{out}$  فولتية الخرج؛  $V_{in}=V_{in}$  فولتية الدخل، الأرضية المشتركة. **b.** صورة مجهر إلكتروني ماسح لجزء من دائرة SWNT أخذت قبل ترسيب العازل الكهربائي للبوابة أو الرابط البيني للبوابة أو مستوى البوابة. لونت الإلكترونات (ذهبي) والركازات (بني) لإظهار أشرطة شبكة SWNT (أسود ورمادي) والتي تشكل نصف الناقل. **c.** منظر مكبر لأشرطة الشبكة الموافقة لمنطقة من قناة النبيطة موضحة بالمرجع الأبيض في **b.** نتائج نمذجة نظرية لتوزع التيار المنظم في حالة- تشغيل النبيطة (المنظر كما في **c**) حيث يشير اللون إلى كثافة التيار (الأصفر: عال، والأحمر: وسط، والأزرق: منخفض). **e.** صورة ضوئية لتجميع ترانزستورات ودارات SWNT على رقاقة رقيقة من البلاستيك (PI).

يستثمر مخطط المنظومة (الشكل 1) أساليب بناء مماثلة لتلك الموجودة في الدارات المتكاملة المكونة من السليكون، حيث تخدم طبقة رقيقة من البولي إيميد ( $50\mu\text{m}$ ) كركازة. تطبع شبكة عشوائية من SWNTs منمّاة عن طريق ترسيب البخار الكيميائي ثم تنقل بالطباعة لاحقاً إلى طبقة البولي إيميد لتشكل طبقة نصف الناقل [17]. يقوم إلكترودا المنبع والمصرف (S-D) المصنوعان من الذهب بدور نقطتي تماس منخفضة المقاومة مع هذه الشبكات، كما حددتهما دراسات القياس. رغم أن ما يقارب ثلث أنابيب SWNTs معدنية، غير أنه يمكن استبعاد مسارات النقل المعدنية الصرفة بين الإلكترودين S-D بواسطة هندسة مناسبة لأطوال الأنابيب الوسطية ومخططات الشبكة. نستعمل من أجل الأغراض المزمعة هنا عمليات الطباعة الحجرية اللينة والتنميش الأيوني التفاعلي لقطع خطوط دقيقة في الشبكات. تُوجّه شرائط الشبكة الناتجة على طول جهة النقل، وقد صمم عرضها ليخفّض احتمال المسارات المعدنية دون مستوى عملي بدون أي تخفيض معنوي للحركية الفعالة للأغشية الرقيقة من الشبكة.

يبين الشكل 1b صورة مجهر إلكتروني ماسح لمنطقة من دائرة متكاملة قبل ترسيب العازل الكهربائي للبوابة مباشرة. يعكس منظر مكبر لجزء من شبكة SWNT في قناة إحدى النبايط (الشكل 1c، حيث يكون الإلكترودان S-D إلى اليمين واليسار خارج حقل الرؤية) خطوطاً أفقية مظلمة وضيقة، موافقة لمناطق التنميش. يمكن تحديد مقدار الدور الهام والحاسم لهذه المزايا في تحديد المميزات الكهربائية، من خلال دراسات النمذجة الأولية التي تأخذ بالاعتبار النقل الترحيلي خلال قضبان بأطوال متوسطة ومخططات (مثل خطوط التنميش وكثافة SWNTs وغيرها) موافقة للتجربة [20]. يظهر الشكل 1d توزيع جريان التيار في حالة نمطية، يدل فيها اللون على كثافة التيار عند تشغيل النبيطة. فبالإضافة إلى تقديم دليل على مثالية التصميم (الشكل 2a)، تعكس هذه المحاكاة، أن شبكات بهذه الهندسة والتغطية (~0.6%) توزع التيار بالتساوي وبالتالي تخدم كفلم فعال لعملية النقل. تتشكل كل نبيطة نمطية من اندماج حوالي 16,000 أنبوب SWNTs منفرد. تُكْمَل الدارات في تشكيلات

البوابة في الأعلى بواسطة توضع ونمذجة عوازل ذات مواسعة عالية خالية من البطء، مؤهّلة لفولطيات تشغيل منخفضة ( $\sim 40\text{ nm}$ ) من ثنائي أكسيد الهافانيوم) بشكل مباشر على الأنابيب، متبوعة بمعدنة البوابة وإضافة التوصيلات والوصلات البينية. يظهر الشكل 1e منظومة ممثلة كاملة مع صفيقات من ترانزستورات نمط التعزيز المنعزل (المنطقة اليمينية السفلى) ونمط النضوب (المنطقة الوسطى السفلى)، وبوابات منطوية مختلفة (الجزء اليساري الأسفل)،

وتابع عمل مختلفة، لأن عوازل البوابة العالية الموسعة، تخفض المساهمة النسبية للفولطية عبر العازل الكهربائي إلى  $V_T$ . على سبيل المثال، يؤدي استبدال معدن البوابة بالألومنيوم بدل الذهب، إلى انزياح  $V_T$  بمقدار  $(0.6-0.8)V$ ، وبالتالي إلى تغيير تشغيل النبيطة من الاستنزاف إلى نمط التعزيز (الشكل 2b). أظهرت اختبارات الثني المنهجي لبنائاً وعواكس منفردة، عدم وجود تغيير معنوي في أداء النبيطة عند الثني باتجاه الداخل أو الخارج، بأقطار ثني صغيرة بحدود  $5 \text{ mm}$  (الشكل 2d). يلاحظ بإلقاء نظرة شمولية، أن هذه الخواص جيدة مثل، أو حتى أفضل من، تلك الحاصلة سابقاً بالاعتماد على شبكات SWNT العشوائية، رغم التناقص الطفيف في قيم  $g_m$  الناتج عن عملية التنميش. تملك الترانزستورات التي تستعمل صفيقات متراففة من SWNTs، أداءً محسناً حيث وصلت حركية النبيطة إلى  $2,500 \text{ cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$ ، ولكن لا يمكن تشكيل تلك المخططات بسهولة باستعمال تقنيات الترسيب من المحلول<sup>[17]</sup>. كما أنها لا تتعلق بنوعية التطبيقات الإلكترونية المرنة المطروحة هنا.

إن انتظام المرود والأداء في الترانزستورات ذو أهمية كبيرة من أجل الاستعمال في الدارات المتكاملة. قمنا بفحص هذه المناحي من خلال قياسات على أكثر من 100 نبيطة (الشكل 2e,f). تظهر النتائج انحرافات معيارية من مرتبة 20% من أجل تيار حالة التشغيل المستنظم (Ion) وقيمة  $V_T$  مقدارها  $0.05 \text{ V}$ . إن النتيجة السابقة متوافقة بشكل كمي مع نظرية الترحيل الموضحة أيضاً في الشكل 2e. تتغير أيضاً النسب وصل/فصل بما يقارب مرتبتين في القيمة وتكون معظم القيم أكبر من  $10^3$  يشير التوزع في الشكل 2f إلى عدم وجود ارتباط مع  $V_T$  (مما يقترح أهمية تأثيرات الإشابة اللاذاتية على SWNTs)<sup>[28]</sup>، وامتلاك عرض أكبر بكثير مما تنبأت به نماذج الترحيل (المدرج في الشكل 2f) والتي لا تتضمن بوضوح تأثيرات نقاط التماس S-D. تشير هذه النتائج بشدة إلى أن التغير في النسبة وصل/فصل، يكون ناتجاً عن نقل إلكترون من طريق العبور النفقي خلال حواجز شوتكي على نقاط التماس S-D (المدرج في الشكل 2f)<sup>[29]</sup>. وعلى الرغم من عدم حاجة الدارات الموصوفة هنا إلى تقنيات إشابة مماثلة لتلك المستعملة في نبائط SWNT المعزولة، إلا أنه يمكن استعمالها لكبت السلوك الثنائي القطبية وتحسين انتظام نسبة وصل/فصل. يمكن أيضاً أن تساعد طرائق الإشابة هذه لاستيعاب التناقص في النسب وصل/فصل مع زيادة  $V_{DS}$  كما ذكر سابقاً ووضح في الشكل 2b.

لقد وجدنا أنه يمكن للنماذج القياسية لتقانات نبيطة السليكون أن تأسر سلوك نبيطة ماكرو سكوبية. يوضح الشكل 2b,c، مستوى التوافق الذي يمكن تحقيقه بواسطة برنامج نموذج SPICE (برنامج محاكاة لتأكيد الدارات المتكاملة) من المستوى 3-معدن-أكسيد- نصف ناقل وقناة من النمط P- (PMOS) الذي يستعمل منبع تيار أسي مربوط على التوازي يتحكم فيه كل من فولطية البوابة وفولطية  $V_{DS}$ ، ليحاكي

ومحلاً ترميز كل منهما هو صف رباعي البتة لكل عشرين بوابة منطقية حجماً (الجزءان المتوسط والعلوي). توصف لاحقاً تفصيلات التصنيع في فقرة الطرائق.

يلخص الشكل 2 القياسات على ترانزستورات منفردة. ويوضح الشكل 2a التأثيرات المتوقعة والمقيسة لهندسية الخطوط المنمشة، والموصوفة أعلاه، على نبائط بأبعاد خشنة (أي بطول قناة بحدود  $L_c=100 \mu\text{m}$ ) ومنتقاة لأن تكون متوافقة مع تقنيات وطيدة منمذجة ومنخفضة التكلفة، مثل طباعة الشاشة<sup>[21]</sup>، وبكثافات عالية من SWNTs بشكل كاف، لتحقيق أداء جيد وتناسق في نصف ناقل فلم رقيق. فمن أجل عرض من مرتبة  $5 \mu\text{m}$ ، تزيد الخطوط المنمشة نسبة القطع/الوصل بحدود أربع مراتب في حين تقل ناقلية التبادل (gm) بمقدار  $40\%$  فقط. يظهر الشكل 2b ميزات الترانزستورات التي تملك هذه الهندسية موضحاً استجابات ذات سلوك جيد مع إبطاء أصغري وناقلية تبادل مستنظمة بعرض القناة بشكل ممتاز (يصل إلى  $0.15 \mu\text{S} \mu\text{m}^{-1}$  وعلى نحو نمذجي  $0.12 \mu\text{S} \mu\text{m}^{-1}$  من أجل  $L_c \geq 50 \mu\text{m}$ ، التي توافق تواتر قطع من مرتبة تفوق  $100 \text{ kHz}$ )، وحركيات نبيطة ( $\mu_{\text{eff}}$  تصل إلى حوالي  $80 \text{ cm}^2\text{v}^{-1}\text{s}^{-1}$  وعلى نحو نمذجي تكون حوالي  $70 \text{ cm}^2\text{v}^{-1}\text{s}^{-1}$  كما حسبت باستعمال نماذج قياسية لترانزستورات مفعول الحقل من النوع معدن أكسيد نصف ناقل ذات موساعة بوابة مقيسة من أجل كل من نظامي الإشباع والخطي)، وترجحات تحت عتبة (S) منخفضة حتى  $140 \text{ mV dec}^{-1}$  وعلى نحو نمذجي حوالي  $200 \text{ mV dec}^{-1}$ ).

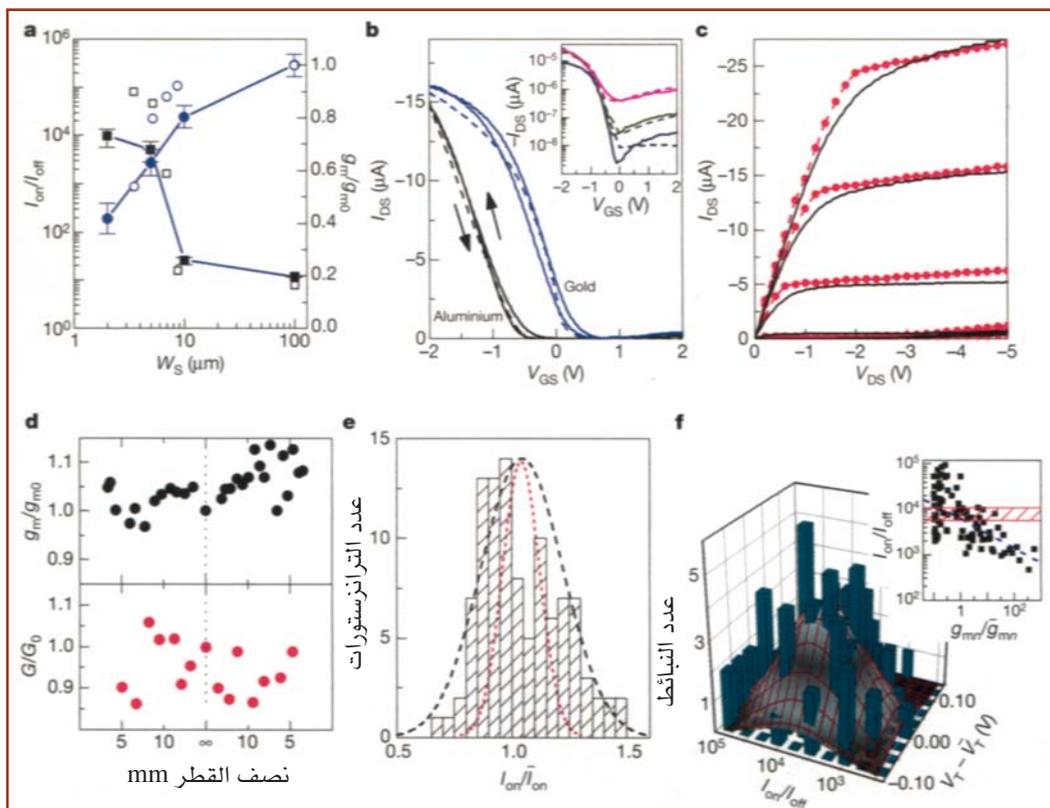
تتجاوز قيم ناقلية التبادل وسلوك تحت العتبة، لاسيما تلك المثبتة في الدارات المتكاملة المرنة المحملة على البلاستيك المكون من أنصاف نواقل من فلم عضوي رقيق ( $g_m < 0.02 \mu\text{S} \mu\text{m}^{-1}$  من أجل  $L_c$ )<sup>[22,23]</sup> ( $S > 140 \text{ mV dec}^{-1}$ ، أو المكون من أسلاك نانوية من السليكون ( $g_m < 0.01 \mu\text{S} \mu\text{m}^{-1}$ ) من أجل  $L_c \approx 50 \mu\text{m}$ )<sup>[24]</sup> ( $S > 280 \text{ mV dec}^{-1}$ )، وهي تنافسية مع أفضل التقارير عن شرائط السليكون وحيد البلورة ذات القناة من النمط  $g_m \approx 0.25 \mu\text{S} \mu\text{m}^{-1}$  (P) من أجل  $L_c = 50 \mu\text{m}$ ، و ( $S \approx 230 \text{ mV dec}^{-1}$ )<sup>[25]</sup>. تحت شروط منخفضة إلى متوسطة الانحياز، يمكن أن تكون النسبة قطع/وصل مرتفعة قد تصل إلى  $10^5$  (الشكل 24) وعلى نمذجي تكون بحدود  $10^3$  من أجل ترانزستورات تحقق هذه الهندسة. يظهر المدرج في الشكل 2b، تناقصاً في نسبة قطع/وصل مع زيادة فولطية مصرف-مصدر (VDS) والتي تعود بشكل أساسي إلى الطبيعة الثنائية القطبية الضعيفة لتشغيل النبيطة. تتناقص أيضاً هذه النسب مع تناقص  $L_c$ . يمكن تحقيق خواص d.c المرغوبة في النبائط الطويلة القناة عند  $L_c$ s قصيرة من أجل سرعات تشغيل محسنة، إما باستعمال SWNTs أقصر وشرائح منمشة أضيق، كما اقترح من نتائج النمذجة، أو باستعمال SWNTs أنصاف ناقلة مسبقة الإثراء<sup>[26]</sup>.

يمكن ضبط فولطية العتبة ( $V_T$ ) باستعمال معادن بوابة ذات

الفولطية الأعظمي بحدود 4 بالإضافة إلى ممانعة الضجيج الجيدة بعرض منطقة انتقال أقل من 0.8 V وتذبذب منطقي أكبر من 3V إلى إمكانية استعمال العاكس لقفول بوابات منطقية لاحقة دون فقد المتانة المنطقية. ولد قياس تجاوباتها للتيار المتناوب a.c رسم طويلة بود Bode magnitude الذي يشبه كثيراً ميزات مضخم منخفض المرور، مع تشغيل في مجال الكيلوهرتز، حتى من أجل نبائط طويلة القنوات ( $L_c \approx 100 \mu\text{m}$ ) ومواسعة تراكب عرض قناة مستنظمة، ملموسة (بحدود  $40 \text{ fF}\mu\text{m}^{-1}$ ، الشكل 3c). إن المقدرة على تحقيق سرعات إغلاق في مجال الكيلوهرتز بهندسيات نبيلة متوافقة مع

تيار الإلكترونات النفقي. يسمح هذا المستوى من التوافق مع أدوات المحاكاة الموطدة، باستعمال سطوحات معقدة ومصممة بمساعدة الحاسوب ومطورة من أجل الدارات المتكاملة السليكونية.

كخطوة أولى باتجاه تكامل على مستوى واسع، قمنا بنمذجة وبناء بوابات منطقية شاملة وبنائها. يظهر الشكل 3a مخطط دائرة لعاكس PMOS يحمل معزز. يظهر العاكس ميزات انتقال فولطية ساكنة، معرفة جيداً، ومتوافقة مع المحاكاة. عند فولطية تغذية مقدارها 5 V (الشكل 3b)، يكون الصعود في فولطية الخرج بزيادة فولطية الدخل الموجبة عائداً للسلوك ثنائي القطبية لترانزستور القيادة. يشير كسب

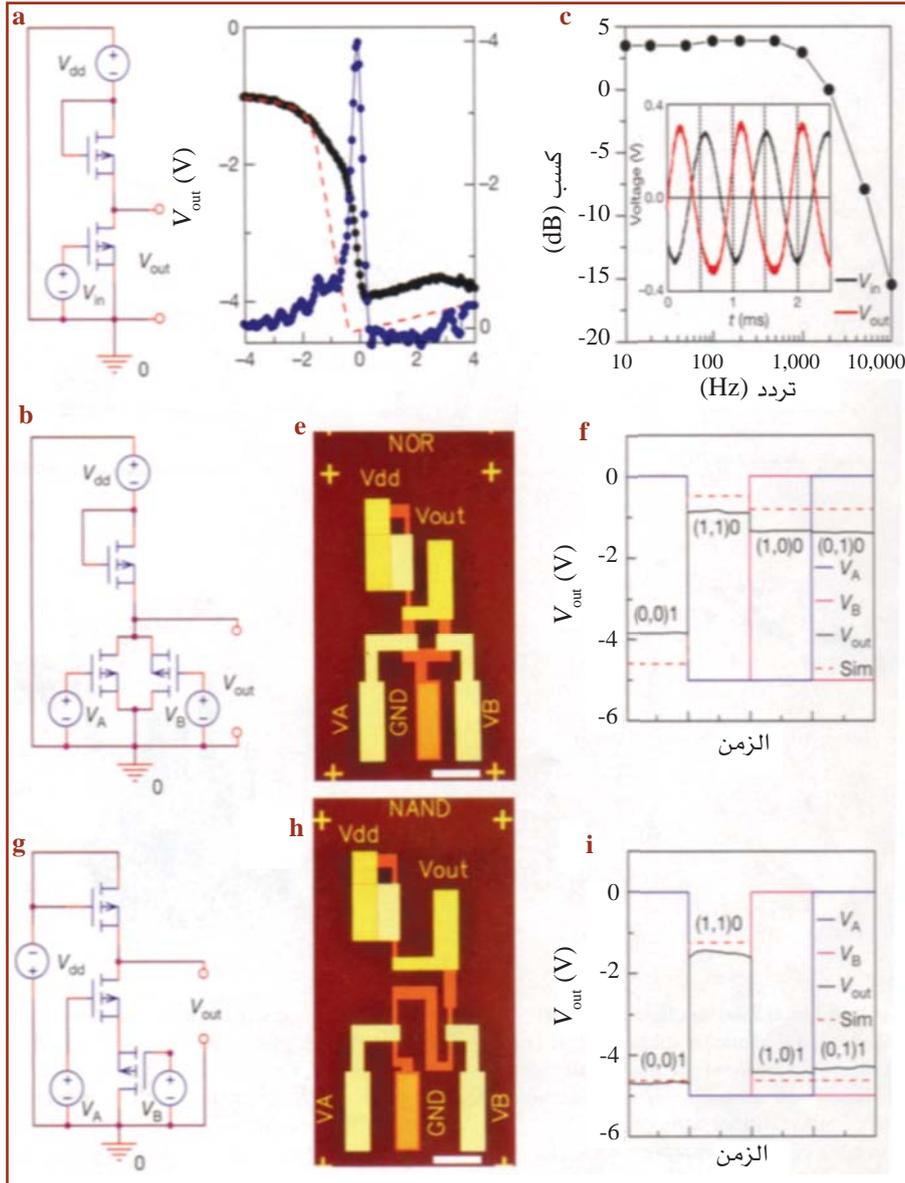


الشكل 2. الخواص الكهربائية لترانزستورات فلم رقيق تستعمل أشطرة شبكات SWNT من أجل نصف الناقل، على ركازات بلاستيكية رقيقة. a. التأثير المقيس (المملوءة) والمحاكي (المفتوحة) لعرض الأشطرة ( $W_s$ ) على النسبة وصل/ فصل ( $I_{on}/I_{off}$ ) وناقلية التبادل المنظمة ( $g_m/g_{m0}$ ) حيث  $g_{m0}$  تمثل الاستجابة بدون أشطرة، لترانزستورات بأطوال قناة من مرتبة  $100 \mu\text{m}$ ، تمثل قضبان الخطأ الانحراف المعياري  $n = 6$  ترانزستور فلم رقيق. b. الميزات المقاسة ( $V_{GS}-I_{DS}$ ) المستمرة والمحاكاة (المنقط) لنمط الاستنزاف (الأزرق) ونمط التعزيز (الأسود) لترانزستورات فلم رقيق والتي عرض قنواتها  $200 \mu\text{m}$  وطولها  $V_{DS} = -1 \text{ V}$  و  $100 \mu\text{m}$ .  $I_{DS}$  تيار مصرف-مصدر و  $V_{GS}$  فولطية بوابة-مصدر. المدرج: منحنى  $V_{GS}-I_{DS}$  لنبيطة نمط تعزيز رسمت على مقياس لوغاريتمي، مع  $V_{DS} = -0.5 \text{ V}$  (بحري) و  $V_{DS} = -2 \text{ V}$  (أخضر) و  $V_{DS} = -5 \text{ V}$  (فوشي). c. الميزات  $V_{DS}-I_{DS}$  لترانزستور نمط تعزيز، المقاسة (أسود) والمحاكاة (أحمر) (تغير  $V_{GS}$  من 2V بخطوات 0.5V). d. رسومات ل  $g_m/g_{m0}$  لترانزستور فلم رقيق و  $G/G_0$  (كسب فولطية منظم) لعاكس بتابعية نصف قطر الشئ ( $g_{m0}$  و  $G_0$  تشيران إلى الاستجابة في حالة الثلاثي). e. رسم بياني شريطي (هستوغرام) ل  $I_{on}$  (مقيس عند  $V_{DS} = -0.2 \text{ V}$ ، وسطي تيار حالة التشغيل) مع ملاءمة غاوسية تراكبية للنتائج المقاسة (أسود متقطع) والمحاكاة (أحمر متقطع). f. رسم بياني شريطي ثنائي البعد يظهر الارتباط بين  $I_{on}/I_{off}$  (مقاسة عند  $V_{DS} = -0.2 \text{ V}$ ) وتوزع فولطية عتبة ( $V_T$  وسطي فولطية العتبة). المدرج: الارتباط بين  $I_{on}/I_{off}$  وناقلية التبادل ل  $n$ - فرع مستنظمة ( $g_{m,n}$  وسطي ناقلية التبادل ل  $n$ - فرع). يصف الخط الأزرق المتقطع نتيجة ملاءمة خطية. تظهر المساحة الحمراء، توزع  $I_{on}/I_{off}$  الحاصلة بالتنبؤ من نماذج الترحيل التي لا تأخذ بالاعتبار تأثير نقاط تماس مصدر- مصرف بشكل واضح.

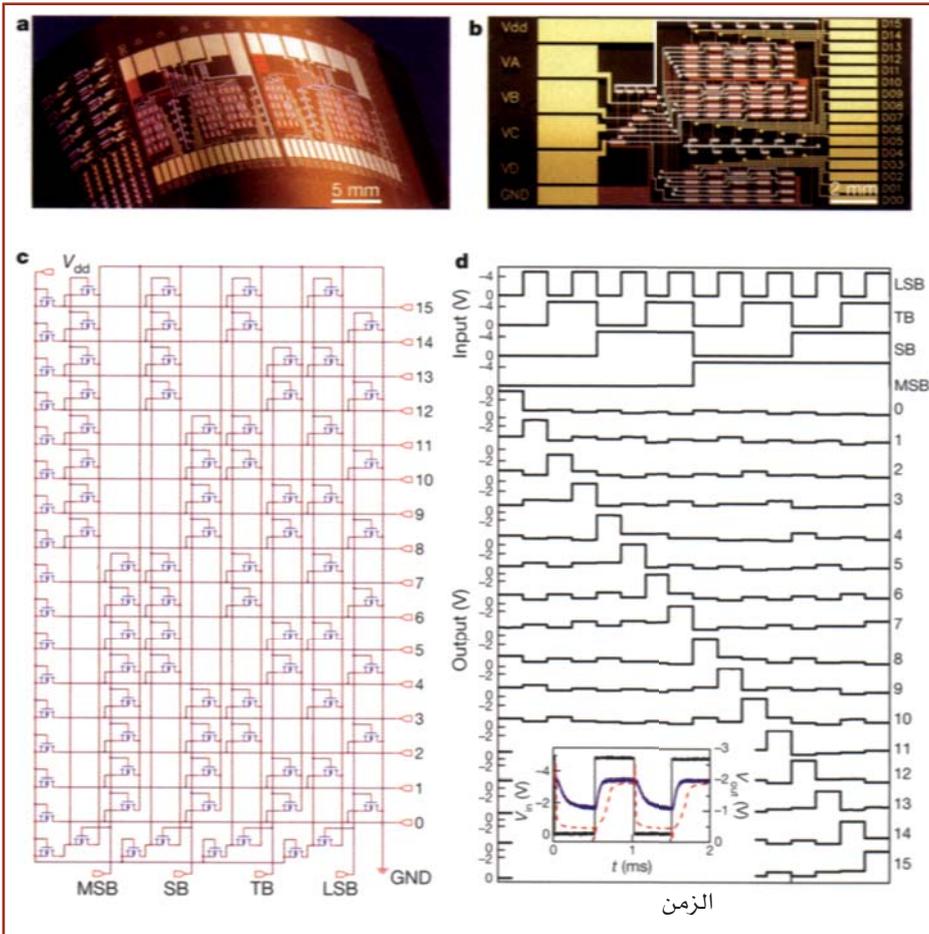
الترتيب. ميزات الخرج ونتائج المحاكاة ممثلة في الشكل 3f. يلاحظ تضخيم الفولطية في جميع الحالات.

يمكن استعمال جميع هذه المكونات التجريبية والحسابية مع بعضها بعضاً لإنتاج دارات رقمية معتمدة على SWNT (الشكل 4a). إن أكبر دارة في هذه الجاذبة هي محلل ترميز صفي بأربع بتات (الشكل 4b)، مصممة باستعمال أدوات نمذجة وميزات مقيسة

تقنيات مثل طباعة الشاشة، هو في غاية الأهمية لإمكانية الاستعمال لمثل شبكات SWNT في الإلكترونيات المطبوعة المنخفضة التكلفة<sup>[21]</sup>. وبإضافة ترانزستور قيادة إضافي إلى العاكس، إما بشكل مواز مع ترانزستور السحب السفلي لإحكام بوابة منطقية (OR) (الشكل 3d,e)، أو على التسلسل لإحكام بوابة منطقية (AND) (الشكل 3g,h)، فإنه من الممكن بناء بوابات منطقية (NOR) و(NAND) على



الشكل 3. مخطط دارة، وصورة مجهرية بصرية، وميزات خرج -دخول، ونتائج محاكاة دارة من أجل بوابات منطقية مختلفة. a-c: عاكس. d-f بوابة NOR. g-i: بوابة NAND. تبيّن نظاماً منطقياً سالباً. قيمة  $V_{dd}$  المطبقة على هذه البوابات المنطقية هي 5V بالنسبة إلى GND. سُيِّرت إشارتا الدخل المنطقي '0' و '1' -لنهايتين ( $V_B=VB, V_A=VA$ ) لبوابتي (NOR) و(NAND)، بواسطة 0V و 5V على الترتيب. إن الخرجين المنطقيين '0' و '1' -للبوابة (NOR) هما 0.88-1.39V و -3.85V على الترتيب. أما الخرجان المنطقيان '0' و '1' -للبوابة (NAND) فهما 1.47V و -4.31-4.68V على الترتيب، في b: الأسود، والأزرق، كسب. في f و i يشار إلى أي تآلف محدد لإشارات دخل-خرج على أنها (دخول منطقي) خرج مستوى عنوان منطقي، وقد حذف تدرجات الزمن على المحاور لأن جميع المعطيات شغلت وضعيات الفولطية يدوياً. في f,b وفي i تمثل الخطوط الحمراء المتقطعة نتائج محاكاة الدارة. إن خطوط التدرجية في e و h هي  $100 \mu\text{m}$ .



الشكل 4. دارات متكاملة متوسطة النطاق معتمدة على أشربة شبكات SWNT، على ركازة بلاستيك رقيقة. a. صورة ضوئية لجذادة دارة متكاملة SWNT مرنة ماثوقة إلى سطح منحني. b. صورة مجهرية ضوئية و c مخطط دارة لمحلل ترميز صفي ذي أربع بتات مع ستة عشر خرجاً (15-0) صنفت البتات على النحو التالي: بته أكثر أهمية (MSB) وبتة ثانية (SB) وبتة ثالثة (TB) وبتة أقل أهمية (LSB).  $V_{dd}$  المطبق كان -5V بالنسبة لـ GND. d. ميزات محلل ترميز ذي 4 بتات. وبترتيب نازل، الخطوط الأربعة الأولى هي الدخول المعلمة بـ MSB, SB, TB, LSB على الجانب الأيمن، الخطوط الباقية والمعلمة بـ '0' إلى '15' تظهر فولتيات الخرج للستة عشر خرجاً. المدرج: الاستجابة التحريكية المقيسة (الأزرق) والمحاكاة باستخدام برنامج SPICE (الأحمر) لخط خرج واحد تحت تأثير نبضة دخل مربعة الموجة (أسود) عند تردد ساعة مقداره 1kHz.

### ملخص الطرائق

صنعت SWNT باستخدام ترسيب البخار الكيميائي على رقاقة سليكون ثنائي أكسيد السليكون ثم نمشت في شرائط باستخدام طريقة مخبرية مبسطة من تقنية الطباعة الحجرية الضوئية اللينة.

استعملت تقنيات الطباعة الحجرية القياسية والتبخير بالحزم الإلكترونية والتنميش الكيميائي الرطب بالذهب والتنميش بوساطة بلازما الأكسجين، وذلك لنمذجة الإلكترودين S-D وعزل كل نبيطة. ثم استعملنا فلماً من بولي أميك أسيد لتغليف الإلكتروادات S-D السابقة التعريف وشبكات SWNT على رقاقات النمو من أجل نقلها إلى ركازة البولي إيميد المغطاة بالبولي أورثان السائل. ثم تكمل عملية الإنضاح للبولي أورثان السائل والبولي أميك أسيد، عملية الانتقال. تحدد طبقة من ثنائي أكسيد الهافانيوم، بوابات معدنية على السطح العلوي لعازل كهربائي عالي المواسعة (حوالي

40nm). تفتح المسالك والنوافذ من أجل السبر، بوساطة التنميش الرطب (تغمس في محلول مائي من حمض الفلور المركز) عبر مقاوم ضوئي منمذج. أخيراً، شكل مستوى آخر من معدنة الربط الداخلي، الارتباطات البينية الموضعية المعرفة سابقاً مع البوابة ومع طبقتي معدن المصدر-المصرف، جرت جميع القياسات الكهربائية في الهواء باستخدام محلل وسطاء أنصاف النواقل (نوع Agilent 4155C). زودت تغذية الدخل بالتيار المتناوب عن طريق مولد دوال (GWInstek, GFG-8219A) وقرية الخرج باستخدام راسم إشارة قياسي (Tektronix, TDS 3012B). سخرت عمليات

المؤلف: Q. Cao, John A. Rogers وآخرون.

• نُشر هذا المقال في مجلة Nature, Vol 454, 24 July 2008  
ترجمة د. توفيق ياسين، عضو هيئة التحرير.

محاكاة التزحيل في قضيب، نماذج عددية ثنائية البعد من الدرجة الأولى محدودة الحجم مرتكزة على نظرية الشبكات العشوائية اللامتجانسة المعممة. استعملت محاكاة النبيطة والدارة برامج HSPICE المتوفرة تجارياً.

## References

- [1] Reuss, R. H. et al. Microelectronics; Perspectives on technology and applications. Proc. IEEE 93, 1239-1256 (2005).
- [2] Forrest, S. R. The path to ubiquitous and low-cost organic electronic appliances on dplastic. Nature 428, 911-918 (2004).
- [3] Gelinck, G. H. et al. Flexible active-matrix displays and shift registers based on solution-processed organic transistors. Nature Mater. 3,106-110 (2004).
- [4] Rogers, J. A. et al. Paper-like electronic displays: Large-area rubber-stamped plastic sheets of electronics and microencapsulated electrophoretic inks. Proc. Natl Acad. Sci. USA 98, 4835-4840 (2001).
- [5] Someya, T. et al. Conformable, flexible, large-area networks of pressure and thermal sensors with organic transistor active matrixes. Proc. Natl Acad. Sci. USA 102,12321-12325 (2005).
- [6] Sekitani, T. et al. A large-area wireless power-transmission sheet using printed organic transistors and plastic MEMS switches. Nature Mater. 6, 413-417(2007).
- [7] Crone, B. et al. Large-scale complementary integrated circuits based on organic transistors. Nature 403, 521-523 (2000).
- [8] Singh, T. B. & Sariciftci, N. S. Progress in plastic electronics devices. Annu. Rev. is Mater. Res. 36,199-230 (2006).
- [9] Briseno, A. L. et al. Patterning organic single-crystal transistor arrays. Nature 444, 913-917 (2006).
- [10] Blanchet, G. B., Loo, Y. L., Rogers, J. A., Gao, F. & Fincher, C. R. Large area, high resolution, dry printing of conducting polymers for organic electronics. Appl. Phys. Lett. 82, 463-465 (2003).
- [11] Sirringhaus, H. et al. High-resolution inkjet printing of all-polymer transistor circuits. Science 290, 2123-2126 (2000).
- [12] Avouris, P., Chen, Z. H. & Perebeinos, V. Carbon-based electronics. Nature Nanotechnol. 2, 605-615 (2007).
- [13] Bradley, K., Gabriel, J. C. P. & Gruner, G. Flexible nanotube electronics. Nano Lett. 3,1353-1355 (2003).
- [14] Zhou, Y. X. et al. p-channel, n-channel thin film transistors and p-n diodes based on single wall carbon nanotube networks. Nano Lett. 4, 2031-2035 (2004).
- [15] Snow, E. S., Campbell, P. M., Ancona, M. G. & Novak, J. P. High-mobility carbon nanotube thin-film transistors on a polymeric substrate. Appl. Phys. Lett. 86,033105 (2005).
- [16] Seidel, R. et al. High-current nanotube transistors. Nano Lett. 4, 831-834 (2004).
- [17] Kang, S. J. et al. High-performance electronics using dense, perfectly aligned arrays of single-walled carbon nanotubes. Nature Nanotechnol. 2, 230-236 (2007).
- [18] Chimot, N. et al. Gigahertz frequency flexible carbon nanotube transistors. Appl. Phys. Lett. 91, 153111 (2007).
- [19] Beecher, P. et al. Ink-jet printing of carbon nanotube thin film transistors. J. Appl. Phys. 102, 043710 (2007).
- [20] Kocabas, C. et al. Experimental and theoretical studies of transport through large scale, partially aligned arrays of single-walled carbon nanotubes in thin film type transistors. Nano Lett. 7,1195-1202 (2007).
- [21] Chason, M., Brazis, P. W., Zhang, H., Kalyanasundaram, K. & Gamota, D. R. Printed organic semiconducting devices. Proc. IEEE 93,1348-1356 (2005).
- [22] Klauk, H., Zschieschang, U., Pflaum, J. & Halik, M. Ultralow-power organic complementary circuits. Nature 445, 745-748 (2007).
- [23] Yoon, M. H., Yan, H., Facchetti, A. & Marks, T. J. Low-voltage organic field-effect transistors and inverters enabled by ultrathin cross-linked polymers as gate dielectrics. J. Am. Chem. Soc. 127,10388-10395 (2005).
- [24] Duan, X. F. et al. High-performance thin-film transistors using semiconductor nanowires and nanoribbons. Nature 425, 274-278 (2003).
- [25] Kim, D. H. et al. Complementary logic gates and ring oscillators on plastic substrates by use of printed ribbons of single-crystalline silicon. IEEE Trans. Electron Devices 29, 73-76 (2008).
- [26] Arnold, M. S., Green, A. A., Hulvat, J. F., Stupp, S. I. & Hersam, M. C. Sorting carbon nanotubes by electronic structure using density differentiation. Nature Nanotechnol. 1, 60-65 (2006).
- [27] Chen, Z. H. et al. An integrated logic circuit assembled on a single carbon nanotube. Science 311,1735 (2006).
- [28] Shim, M., Ozel, T., Gaur, A. & Wang, C. J. Insights on charge transfer doping and intrinsic phonon line shape of carbon nanotubes by simple polymer adsorption. J. Am. Chem. Soc. 128, 7522-7530 (2006).
- [29] Javey, A., Guo, J., Wang, Q., Lundstrom, M. & Dai, H. J. Ballistic carbon nanotube field-effect transistors. Nature 424, 654-657 (2003).
- [30] Chen, J., Klinke, C., Afzali, A. & Avouris, P. Self-aligned carbon nanotube transistors with charge transfer doping. Appl. Phys. Lett. 86, 123108 (2005).

## المراجع

## تصوير

# كيميائي بمقياس نانوي لحفاز عامل بواسطة مجهرية أشعة-X

تستخدم الصناعة الكيميائية الحديثة حفّازات لامتجانسة في كل عملية إنتاج تقريباً<sup>[1]</sup>. وتتألف هذه الحفّازات من مكّونات فعّالة حجمها من مرتبة النانومتر (عادة ما تكون فلزاً أو أكسيد فلز) مبعثرة على دعامة صلبة ذات مساحة سطح واسع جداً، مع كفاءة تعتمد على ميزات الحفّازات النانومترية وعلى التآثرات المتضمنة المكّونات الفعّالة والدعامة والجزيئات المتفاعلة والنتيجة. ولزيادة تبصّر ما يتم من آليات في عمل الحفّازات اللامتجانسة التي يمكن أن تقود إلى تصميم حفّازات محسنة أو جديدة، فإنه من الضروري أن نحصل على توصيف مفصّل للتركيب الفيزيوكيميائي للحفّازات اللامتجانسة وهي في حالة العمل عند مرتبة النانومتر<sup>[2,1]</sup>. استخدمت طرائق مجهرية المسبار الماسح لدراسة أطوار حفّاز لاعضوي عند ميز دون النانومتر<sup>[6-3]</sup>، بيد أنه وجد من الصعب غالباً الحصول على معلومات كيميائية مفصلة للمواد وهي في حالة العمل<sup>[7-5]</sup>. بل بالعكس، أعطت المقاربات الطيفية الميكروية الضوئية ليونة أكثر لتوصيف الواقع الكيميائي، ومع ذلك كان هذا على حساب الميز المكاني المحدود<sup>[11-8]</sup>. إن التطور الحالي الواعد بميز مكاني عالٍ وقدرات توصيف كيميائي هو مجهرية أشعة-X النافذة الماسحة<sup>[13,12,4]</sup>، التي استخدمت في دراسة برهان المبدأ لتوصيف حفّاز صلب<sup>[14]</sup>. نبيّن هنا أنه عند ملاحة مفاعل نانوي مصمم خصيصاً لمجهرية إلكترونية عالية الميز، من الممكن استخدام مجهرية أشعة-X النافذة الماسحة عند الضغط الجوي حتى درجة الحرارة 350 °C لمراقبة تغيرات الطور في مواقعها في معقد حفّاز فيشر-ترويش Fisher-Tropsch الذي أساسه الحديد، وكذلك طبيعة أنواع الكربون الناتج وموقعه. إننا نتوقع أن منظومتنا القادرة على العمل حتى الدرجة 500 °C، ستفتح فرصاً جديدة لتصوير ميز بقياس النانومتر في مجال من العمليات الكيميائية المهمة التي تحدث على أجسام صلبة في أوساط غازية أو سائلة.

## النافذة الماسحة

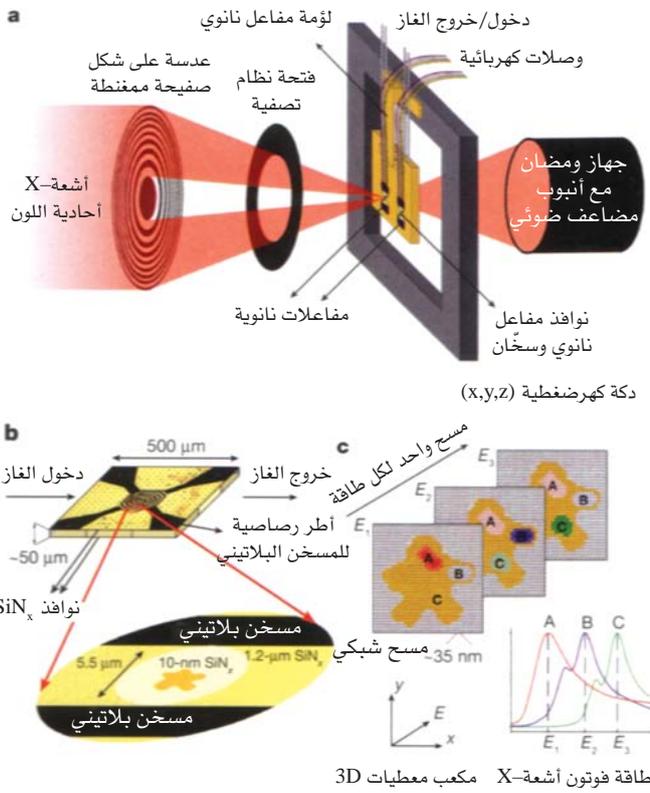
**الكلمات المفتاحية:** حفّازات لا متجانسة، حفّازات نانومترية، مجهرية المسبار الماسح، أطوار حفّاز لا عضوي.

(من خلال حواف الامتصاص للكربون والأكسجين والنترجين) مع ميز مكاني يبلغ حوالي 15 نانومتراً. هذا بالإضافة إلى أن مسبار أشعة-X يسبب ضرراً إشعاعياً أقل بالمقارنة مع مجهرية الإلكترون النافذ الماسح/تقنية مطيافية فقد طاقة الإلكترون<sup>[4]</sup>.

إن التحدي التجريبي الذي يجب تجاوزه عند تطبيق التقنية في الموقع هو التوهين القوي لأشعة-X بواسطة المادة. وكنتيجة لذلك، تطبق قيود صارمة على سُمك العينة وعلى طول مسار أشعة-X خلال الوسط. فمثلاً إن نفاذ أشعة-X 700 إلكترون فولت من خلال 1-bar من غاز CO ينخفض من 60% بعد 50 ميكرومتراً إلى حوالي 0.1% بعد 250 ميكرومتراً. وهذه الصعوبة هي التي أدت إلى أن الدراسة الأولى<sup>[14]</sup> للجسم الصلب التحفيزي باستخدام STXM تحت شروط

إن دراسات توصيف الحفّاز المجهرية في موقع الحالة الصلبة تستخدم مجهرية الإلكترون النافذ الماسح/مطيافية فقد طاقة إلكترون<sup>[4,3]</sup>، أو مجهرية النفق الماسح<sup>[6,5]</sup>، أو تقنيات المطيافية الكروية الضوئية<sup>[11-8]</sup> التي تركز إما على تعيين هوية طور الحفّاز العضوي المسؤول عن النشاط الحفزي، أو على توصيف المتفاعلات العضوية أو المتوسطات أو المنتجات المتفاعلة على سطح الحفّاز. تعدّ مجهرية أشعة-X النافذة الماسحة (STXM) بشكل واضح بإضافة حديثاً إلى حقل المطيافية الكروية الكيميائية<sup>[13,12,4]</sup> من حيث استخدام أشعة-X اللينة (200-2,000 eV) كمسبار يجعل من الممكن تصوير كل من الطور الفعال للحفّاز (من خلال حواف الامتصاص للأنواع اللاعضوية) وطور المتفاعل العضوي للحفّاز

## الشكل 1 التركيب التجريبي وطريقة اكتساب المعطيات



**a.** مخطط تقنية STXM في الموقع. تُبَار أشعة-X اللينة على العينة باستخدام عدسة من نوع فرسنل Fresnel على شكل صفيحة ممغنطة. ترشّح فتحة رتبية فرز رتب الانعراج الأعلى مرتبة. يوضع المفاعل النانوي الذي يحوي العينة في لؤمة محمولة على مفاعلين نانويين في الوقت نفسه. يمكن للؤمة أن تنسحب بدقة تبلغ النانومتر بواسطة دكة كهروضغطية مضبوطة بجهاز تداخلي  $(x,y,z)$ ، بما يسمح بتحقيق مسح شبكي.

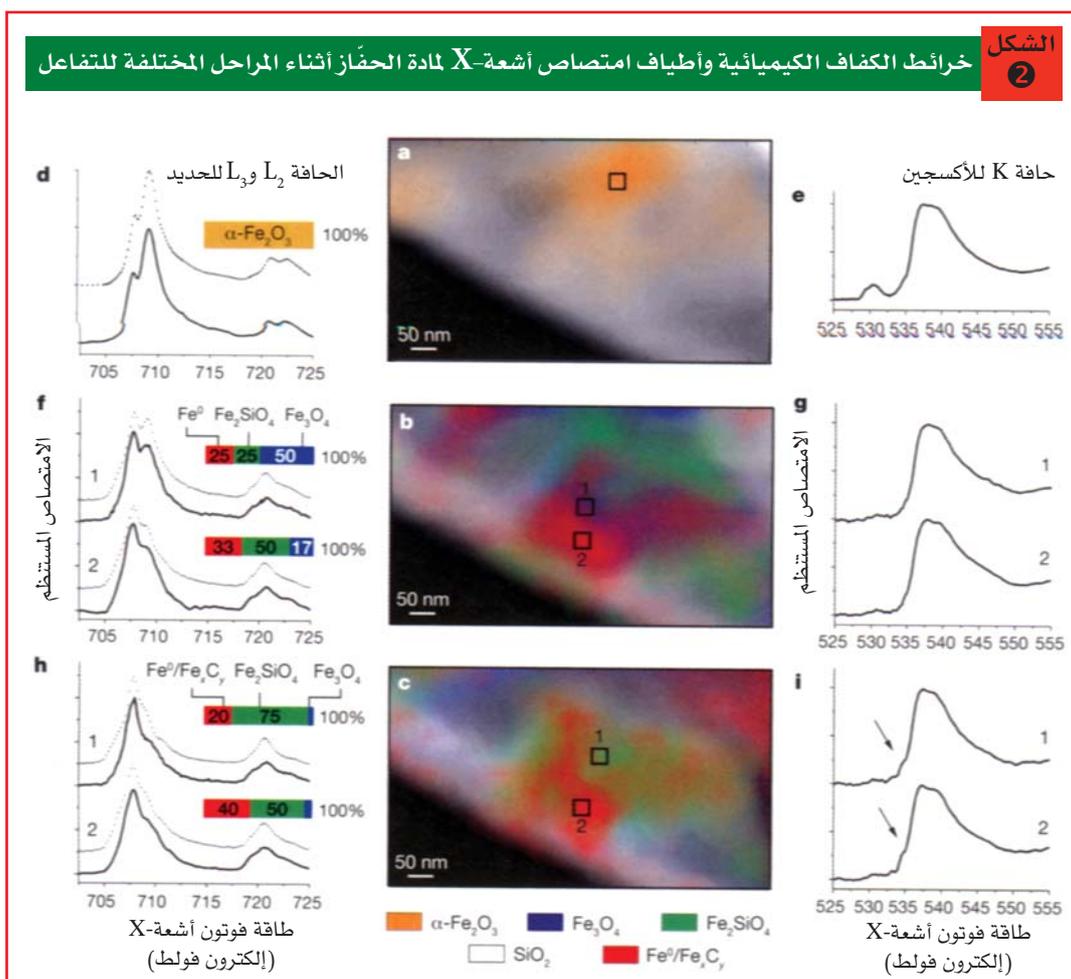
**b.** تبين نظرة من مكان قريب النوافذ ولولب التسخين المطمور. أبعاد المفاعل حوالي  $500 \times 500 \times 50$  ميكرومتر مكعب. يوجد في المسخن البلاتيني أربع وصلات من أجل مورّد الطاقة المتواقت وقياس درجة حرارة المقاومة. العينة نفسها محمولة على نوافذ  $SiN_x$ . تنجز القياسات في المساحة الدائرية (قطرها  $5.5$ ) حيث نوافذ  $SiN_x$  التي سمكها يبلغ  $1.2$  ميكرومتر مخدوشة إلى عمق حوالي  $10$  نانومترات.

**c.** مخطط طريقة اكتساب معطيات STXM نموذجية يمكن الحصول عليها باكتساب صور عند طاقات فوتون أشعة-X مختلفة (مثلاً  $E_1, E_2, E_3$ )، على مكعب معطيات ثلاثي الأبعاد (3D) مع مجموعة كاملة من المعلومات الطيفية. يمكن عند كل ببسكل استخدام هذه المعطيات لتصوير الأنواع الكيميائية النوعية وتمييزها (مثلاً الأنواع A, B, C).

الموقع كان مقيداً بمعالجات العينة في غازات ممددة ودرجات حرارة أقل من  $260^\circ C$ ، وهذا ما أعاق دراسة العديد من المنظومات الحفزية. لقد هيأنا في عملنا الحالي مفاعلاً نانويّاً مصمماً أصلاً لدراسات مجهرية الإلكترون النافذ في الموقع لاستخدامه في STXM وهكذا كنا قادرين على تعريض عينتنا إلى جو الغاز المتفاعل (عادة  $1.2$  bar) وإلى درجة حرارة قد تصل إلى  $500^\circ C$ ، وبالإضافة إلى ذلك، فإن توهين الطور الغازي من أجل STXM أقل مما هو عليه الحال في تجارب مجهرية الإلكترون النافذ<sup>[4]</sup>، ويسمح المفاعل النانوي في استخدام CO في تجارب STXM في الموقع.

يتألف المفاعل النانوي، الذي صنع كمنظومة إلكتروميكانيكية مكروية، من حجرة مفاعلٍ موصولٍ بقنوات تدفق غاز حجمها ميكرومتر (انظر الشكل 1 من أجل تفاصيل التركيب). تفصل نافذتان لابلوريتان من  $SiN_x$  بسمك  $1.2$  ميكرومتر المفاعل عن الوسط الخارجي. النافذتان مخرشتان من الأسفل إلى سمك  $10$  نانومترات في مساحات معينة لزيادة نفاذ أشعة-X إلى الحد الأعلى. يبلغ علو المفاعل حوالي  $50$  ميكرومترًا ويؤمن توهيناً أصغرياً لأشعة-X بواسطة جزئيات طور غازي. يؤمن التسخين بواسطة سخّان لولبي مقاوم من البلاتين مطمور في إحدى النافذتين<sup>[7]</sup>. والمفاعل محمول على لؤمة adaptor محمولة على منصة كهروضغطية مضبوطة بمقياس تداخلي يمكن أن تنقل العينة في حزمة أشعة-X بدقة تبلغ النانومتر. وأما اللؤمة فهي مصممة لوقف مفاعلين نانويين منفصلين ولوصل المفاعلين إلى مورّد الغاز الخارجي والإلكترونيات.

لقد استخدمنا المنظومة من أجل دراسة STXM في الموقع لحفاز فيشر-ترويش الذي أساسه الحديد والمعزّز بشكل كامل. ففي اصطناع فيشر-ترويش (FTS)، يُحوّل غاز الاصطناع مزيجاً من  $CO$  و  $H_2$  إلى سلاسل هيدروكربونية خلال تفاعل بلمرة سطحي<sup>[17-15]</sup>. يمكن هذا التفاعل من الحصول على مواد كيميائية عالية النقاوة وعلى وقود نقل من مصادر غير خام الزيت المعروف، والتي أبرزها الغاز الطبيعي والفحم والكتلة الحيوية. يتألف الحفاز الذي أساسه الحديد من طور أكسيد حديد مبعثر على أكسيد سليكون ( $SiO_2$ ) مع إضافة معززات من أكسيد نحاس وأكسيد بوتاسيوم لتحسين انتقائيته وفعالته وثباته. وأثناء FTS يوجد



ساعات في غاز الاصطناع عند الدرجة  $250^{\circ}\text{C}$ . تبين الأشكال مناطق اعتيان نوعية امتصاص أشعة-X المطابقة وأطيافها. تبين الخطوط المنقطعة في **d, f, h** الأطياف الملائمة بالتوليف الخطي لأطياف الشاهد. تمثل القطع المستطيلة في الرسوم البيانية النسبة المئوية النسبية المحسوبة لمساهمات أطوار الحديد المختلفة عند نقاط الاعتيان. تبين الأسهم في **i** الشكل الملاحظ للكوع.

خرائط الكفاف الكيميائية (a, b, c) لمنطقة  $400 \times 750$  نانومتر والمطابقة لأطياف امتصاص أشعة-X لحواف  $L_2$  و  $L_3$  للحديد (d, f, h) وللحافة K للأكسجين (e, g, i)، وجميعها مستنظمة إلى امتصاص أعظمي لواحد. أزيحت خطوط الكفاف للوضوح. قبل المعالجة عند درجة حرارة الغرفة ( $25^{\circ}\text{C}$ ) في الهليوم. **a**. بعد ساعتين في الهدروجين عند الدرجة  $350^{\circ}\text{C}$ . **c**. بعد أربع

لقد استخدمنا حافة k للكربون (284.2 eV)، وحافة K للأكسجين (543.1 eV) وحافتي  $L_2$  و  $L_3$  للحديد (719.9 eV و 7.6.8 eV بالترتيب) لتصوير العينة وتوصيفها. استُخدمت حافتا  $L_2$  و  $L_3$  للحديد لمراقبة التكافؤ والتساند<sup>[19,18]</sup> لأنواع الحديد، واستُخدمت حافة K للأكسجين للتمييز بين مختلف الأنواع المحتوية على الأكسجين. تعود ما قبل الحافة في طيف الحافة K للأكسجين إلى مزج حالات 2p للأكسجين مع حالات 3d للفلز الانتقالي ويمكن استخدامها كقياس لحالات 3d للحديد غير المشغولة<sup>[20]</sup>. وبالإضافة إلى ذلك فإن الحافة K للأكسجين في  $\text{SiO}_2$  مميزة بشكل كافٍ عن أطياف أكسيد الحديد في الخارطة

أكسيد الحديد والحديد المعدني ( $\alpha\text{-Fe}$ ) عادة معاً، مع تحول أطوار الحديد بشكل كبير إلى كبريدات الحديد (خاصة أنواع  $\alpha\text{-Fe}$  مع الكربون المذابة في فراغات مواقعها البينية). ونظراً لتعقيدات المنظومة حديد-أكسجين-كربون، فإن هوية الطور (أو الأطوار) الفعالة كانت مثار جدل لمدة طويلة. وفي الواقع فقد اقترحت  $\alpha\text{-Fe}$  وكبريدات الحديد السطحية والكتلية و  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  جميعها كأطوار فعالة من أجل FTS<sup>[17]</sup>.

لقد صورنا في تجربتنا إرجاع جسيمات أكسيد الحديد المحمولة عند التسخين إلى الدرجة  $350^{\circ}\text{C}$  في  $\text{H}_2$  (1 bar)، ومن ثمّ، الحفّاز العامل أثناء تفاعل FTS عند الدرجة  $250^{\circ}\text{C}$  في غاز الاصطناع.

هناك مساهمة صغيرة لوحظت عند 706.8 إلكترون فولت تعود إلى وجود أنواع  $Fe^0$ . لقد جرى تحليل طيف الحواف  $L_2$  و  $L_3$  للحديد كميًا بواسطة أقل المربعات ملائمة مع الطيف المرجع. وجد أن تركيب الطور المحسوب للجسيم المختار من ملائمة التوليفة الخطية هو 25%  $Fe^0$  و 25%  $Fe_2SiO_4$  و 50%  $Fe_3O_4$  من أجل المنطقة واحد و 33%  $Fe^0$  و 50%  $Fe_2SiO_4$  و 17%  $Fe_3O_4$  للمنطقة اثنين (يبين الشكل 2b,c هاتين المنطقتين). تتناقص شدة ما قبل الحافة للحافة K للأكسجين (الشكل 2g) لكلا المنطقتين بشكل ذي دلالة والذي يعود إلى:

- 1- التراكب بين حالتي الحديد والأكسجين بأخفض التكافؤات.
- 2- الاختزال إلى  $Fe^0$  مما يدل على أكسيد حديدي أقل. تتناقص المساهمة الكلية لأطوار أكسيد الحديد إلى طيف حافة K للأكسجين من 20% إلى 10%. وكما هو ملاحظ في الشكل 2a يتغير حجم الجسيم وشكله بصورة واضحة مما يدل على تغيرات مورفولوجية في العينة كنتيجة الانتقال من  $Fe_2O_3$  إلى  $Fe_3O_4$  و  $Fe_2SiO_4$  و  $Fe^0$ .

يتحول الطور  $Fe_3O_4$ ، أثناء تفاعل FTS التالي في غاز الاصطناع عند الدرجة 250 °C، على مدى أبعد إلى  $Fe^0$  و  $Fe_2SiO_4$ . يبين الشكل 2c خريطة كفاف التركيب الكيميائي للمنطقة المختارة بعد أربع ساعات من FTS. تظهر حافة  $L_3$  للحديد من المناطق المختارة (الشكل 2h) زيادة شدة في الشكل عند 707.7 إلكترون فولت. إن ما قبل الحافة في طيف الأكسجين (الشكل 2i) غير موجودة غالباً في هذه المناطق. يُظهر الطيف بصورة رئيسية مساهمة من  $SiO_2$  بالإضافة إلى كوع عند الحافة (كما تبين الأسهم) مما يدل على تآثر قوي بين جسيمات الحديد الصغيرة والدعامة  $SiO_2$ <sup>[26]</sup>. يُظهر التحليل الكمي لحواف  $L_2$  و  $L_3$  للحديد المكتسبة من المنطقة واحد تركيباً طورياً مؤلفاً من 20%  $Fe^0$  و 75%  $Fe_2SiO_4$  و 5%  $Fe_3O_4$ . تتربك المنطقة الثانية من حوالي 40%  $Fe^0$  و 50%  $Fe_2SiO_4$  و 10%  $Fe_3O_4$ . يبين تحليل حافة K للكربون أنه موجود بشكل منفصل في المناطق الغنية بالحديد (الشكل 3). وعلاوة على ذلك، تملك المناطق الأعلى شدة من  $Fe^0$  طيف حافة K للكربون مختلفة عن تلك المناطق التي شدة  $Fe^0$  فيها أخفض. تعود المساهمة العالية لعصابة الامتصاص عند 285 إلكترون فولت في طيف الحافة K للكربون (الشكل 3a) إلى الانتقال  $1s \rightarrow \pi^*$  مما يدل على تهجين من النوع  $sp^2$  لأنواع

النوعية لموقع السليكون وأنواع أكسيد الحديد. قيس حافة K للكربون لتصوير نمط أنواع الكربون ومواقعها الموجودة في الحفاز أثناء التفاعل.

قبل إجراء التجارب في الموقع، حللنا المواد عند درجة حرارة الغرفة (25 °C) في جو من الهيليوم وذلك بتسجيل صور عند الحواف  $L_2$  و  $L_3$  للحديد (الشكل 2d) وعند الحافة K للأكسجين (الشكل 2e). يوجد طور الحديد بشكل رئيسي ك  $\alpha-Fe_2O_3$ ، وهذا ما بدا واضحاً من طيف امتصاص أشعة-X لحواف  $L_2$  و  $L_3$  للحديد ولحافة K للأكسجين<sup>[20-18]</sup>. ويبن التحليل الكمي بواسطة ملائمة توليفة خطية لطيف الحافة K للأكسجين أن طور  $\alpha-Fe_2O_3$  يساهم في 25% من الطيف، بينما يساهم  $SiO_2$  في 75%. وجدت مناطق مميزة حيث لا يوجد امتصاص عند الحواف  $L_2$  و  $L_3$  للحديد وامتصاص قوي عند الحافة k للأكسجين. تعتبر حافة K للأكسجين لهذه المناطق ميزة للطور  $SiO_2$ . لم يلاحظ أي مساهمة مهمة لأنواع الكربون في المواد الأولية. وبملائمة الطيف التجريبي لتوليفة طيف الأطوار النقية، رسمنا هندسياً خرائط كفاف المركبة، كما هو مبين في الشكل 2a من أجل  $SiO_2$  و  $Fe_2O_3$ .

أظهرت المواد، بعد التعرض لمدة ساعتين ل  $H_2$  عند الدرجة 350 °C، تغيرات مهمة، يبين الشكل 2b خريطة كفاف المركبة للمنطقة في الشكل 2a. يُظهر تحليل الحواف  $L_2$  و  $L_3$  للحديد (الشكل 2f) ولحافة K للأكسجين (الشكل 2g) للمنطقتين المبيّنتين في الشكل 2b أن  $Fe_2O_3$  قد تحوّل إلى مزيج من أكاسيد الحديد والحديد الفلزي. تُظهر الحواف  $L_3$  للحديد شدة معززة عند 707.7 إلكترون فولت، وهذا مرده إلى وجود أنواع  $Fe^{2+}$  في التساند الثماني الوجوه<sup>[19,18]</sup>. توحى هذه الملاحظات بتشكيل  $Fe_3O_4$  ومنظومة الثماني الوجوه  $Fe^{2+}$  التي من الممكن أن تكون  $Fe_2SiO_4$ . ولما كانت نسبة الشدة للذروة  $Fe^{2+}$  إلى الذروة  $Fe^{3+}$  أعلى مما هو متوقع من أجل  $Fe_3O_4$ <sup>[18]</sup>، فإن الهيئة تشير إلى وجود  $Fe_2SiO_4$ . ليس من الممكن من الطيف لوحده التمييز بين  $Fe_2SiO_4$  وأكاسيد  $Fe^{2+}$  الثمانية الوجوه مثل  $FeO$ . وعلى كلٍ تشير التقارير أن التعامل بين  $FeO$  والدعامة  $SiO_2$  يمكن أن تسبب خسارة أنواع الحديد في الدعامة أثناء معالجة التنشيط و FTS<sup>[24,23]</sup>. وبالإضافة إلى ذلك، فقد توقعنا تحت شروط تفاعلنا ل  $FeO$  أنه يتحول تناسبياً إلى الأنواع  $Fe_3O_4$  و  $Fe^0$ <sup>[25]</sup>.

وبغض النظر عن المساهمات الطيفية لأطوار  $Fe_2SiO_4$  و  $Fe_3O_4$

التصوير باستعمال مجهر أشعة-X سيؤدي إلى الحصول على ميز مكاني أكثر تفصيلاً<sup>[29]</sup>، وسيؤدي التطوير المستقبلي لتقنيات الكشف إلى تحسين معدلات العدّ إلى درجة يجعل من الممكن تنفيذ تجارب مفصلة زمنياً. وعلاوة على ذلك، يمكن لتصميمات محسنة لخلايا مفاعل مخصّص لغرض ما أن تستطيع إجراء دراسات عند ضغوط ودرجات حرارة أعلى و/أو إجراء تطبيقات رسم بأشعة X- (توموغرافي)<sup>[30,4]</sup>. وبكلمة مختصرة، إن STXM في الموقع تقنية واعدة نتوقع منها تطويراً وتقديم عمق نظر أو معرفة جديدة على كثير من المسائل الكيميائية المعقدة.

### موجز الطرائق

المواد. تم اصطناع الحفّاز فيشر-ترويش  $Fe_2O_3/CuO/K_2O/SiO_2$  الذي أساسه الحديد بطريقة معطاة سابقاً. تسخن مادة الحفّاز وتعلّق في الإيتانول، وتعالج في حمام فوق صوتي وتحمل في داخل المفاعل النانوي بجعل المعلق ينساب ضمن المفاعل. يزاح الإيتانول المتبقي من المفاعل بالتجفيف في درجة حرارة الغرفة.

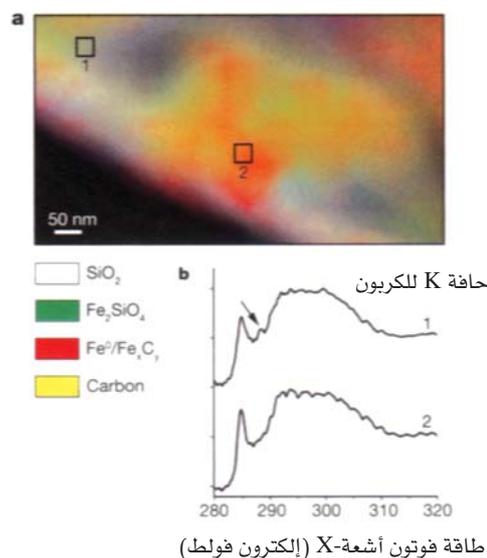
التصوير الكيميائي. أنجزت جميع التجارب في مجهر STXM تداخلي محكم عند خط الحزمة  $11.0.2^{[13]}$  لمنع ضوئي متطور في مختبر لورنس الوطني في بيركلي، الولايات المتحدة. وإيجاد حل وسط بين الميز المكاني ومسافة العمل الأطول المطلوبة استخدمت عدسة مسطحة مساحتها 35 نانومتراً مع ميز مكاني حوالي 40 نانومتراً. جرى قياس طيف امتصاص أشعة-X والصورة بخطوة مرحلية مقدارها  $35 \times 35$  نانومتر لمنطقة عينة كهروضغطية.

تحليل المعطيات. حلت معطيات STXM باستخدام رزمة برمجيات (<http://unicorn.mcmaster.ca/aXis2000.html>)، التي تسمح بمعالجة تأثرية مفصلة للصور وملائمة أقل مربعات توليفية خطية لطيف امتصاص أشعة-X.

المؤلف: E. Smit وآخرون.

• نُشر هذا المقال في مجلة Nature. Vol 456, 13 November 2008  
ترجمة د. أحمد حاج سعيد، عضو هيئة التحرير.

الشكل 3 موقع أنواع الكربون على مادة الحفّاز وطبيعتها



a. تبين خارطة الكفاف الكيميائية لمنطقة مادة الحفّاز ( $750 \times 400$  نانومتر) ممثلة بالشكل 2 توزع أنواع الكربون بعد أربع ساعات عند الدرجة  $250^\circ C$  مرصعة على خارطة أنواع الحديد. b. أطيف حافة K للكربون العائدة إلى مناطق الاعتيان المبينة. يبين السهم الذروة الإضافية 288 إلكترون فولط.

الكربون في المنطقة الغنية بالحديد<sup>[27]</sup>. وتوحي هذه الملاحظة، مع توليفة عصابة الامتصاص التي لا شكل لها غالباً نتيجة الانتقال  $1s \rightarrow \sigma^*$  عند حوالي 295 إلكترون فولط، وأن طور الحديد قد تحول إلى كريبيد الحديد<sup>[28]</sup>. وأما في المناطق حيث يوجد الحديد بشكل أقل، فتكون ذروة الامتصاص أقل شدة وأقل حدة مما يوحي بصفة أكثر شبهاً بتحول من النوع  $sp^3$  (الشكل 3b) مما يمكن أن يعزى إلى منتجات التفاعل FTS. وفوق ذلك، لوحظت ذروة عند 288 إلكترون فولط وهي ميزة لأنواع الكربوكسييلات<sup>[27]</sup>. يدل وجود أنواع الكربون المتفاعلة في المناطق الفقيرة بالحديد بأنه يمكن أن يكون للدعامة دور في فيض أنواع من الكربون (هيدرو) من الفلز إلى الدعامة، وبذلك تمنع إغلاق المواقع الفعالة للحفّاز.

تبين هذه الملاحظات أن STXM يمكن أن تصور منظومة تحفيزية كمعقد مثل حفّاز فيشر-ترويش الذي أساسه الحديد تحت شروط تفاعل مناسبة وتقدّم معلومات تفصيلية لمورفولوجيا مادة الحفّاز وتركيبها. ونتوقع بأن إدخال تحسينات على البصريات وعلى طرائق

## References

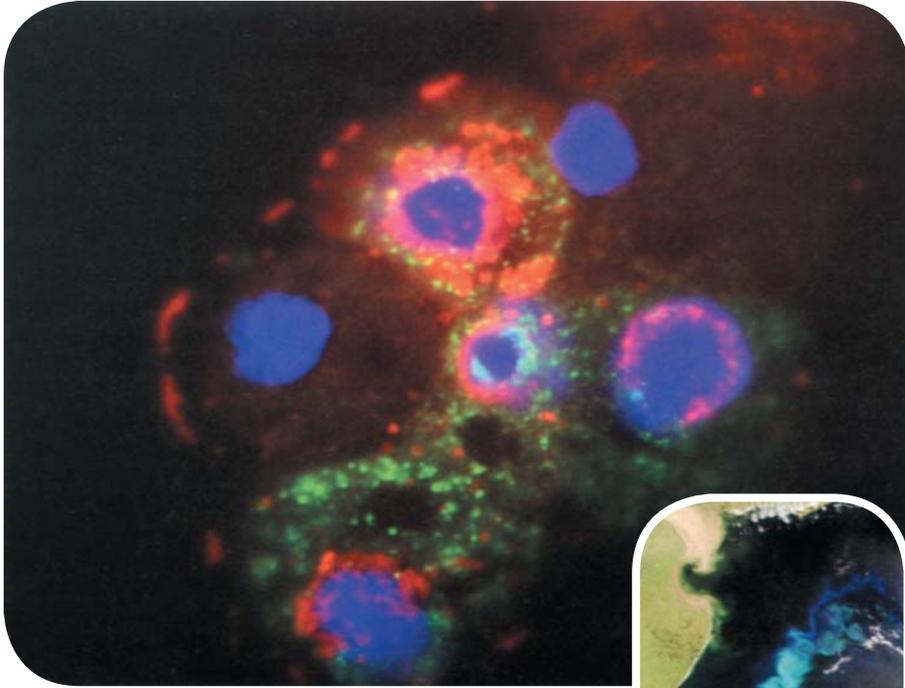
## المراجع

- [1] Bell, A. T. The impact of nanoscience on heterogeneous catalysis. *Science* 299, 1688-1691 (2003).
- [2] Weckhuysen, B. M. Chemistry: Catalysts live and up close. *Nature* 439, 548 (2006).
- [3] Hansen, T. W. et al. Atomic-resolution in situ transmission electron microscopy of a promoter of a heterogeneous catalyst. *Science* 294,1508-1510 (2001).
- [4] Hitchcock, A. P., Dynes, J. J., Johansson, G., Wang, J. & Botton, G. Comparison of NEXAFS microscopy and TEM-EELS for studies of soft matter. *Micron* 39, 311-319 (2008).
- [5] Zambelli, T., Barth, J. V., Wintterlin, J. & Ertl, G. Complex pathways in dissociative adsorption of oxygen on platinum. *Nature* 390, 495-497 (1997).
- [6] Frenken, J. & Hendriksen, B. The reactor-STM: A real-space probe for operando nanocatalysis. *MRS Bull.* 32,1015-1021 (2007).
- [7] Creemer, J. F. et al. Atomic-scale electron microscopy at ambient pressure. *Ultramicroscopy* 108, 993-998 (2008).
- [8] Roeffaers, M. B. J. et al. Spatially resolved observation of crystal-face-dependent catalysis by single turnover counting. *Nature* 439, 572-575 (2006).
- [9] Zurner, A., Kirstein, J., Doblinger, M., Brauchle, C. & Bein, T. Visualizing singlemolecule diffusion in mesoporous materials. *Nature* 450, 705-708 (2007).
- [10] Kox, M. H. F., Stavitski, E. & Weckhuysen, B. M. Nonuniform catalytic behavior of zeolite crystals as revealed by in situ optical microspectroscopy. *Angew. Chem. Int. Ed.* 46, 3652-3655 (2007).
- [11] Stavitski, E., Kox, M. H. F., Swart, I., de Groot, F. M. F. & Weckhuysen, B. M. In situ synchrotron-based IR microspectroscopy to study catalytic reactions in zeolite crystals. *Angew. Chem. Int. Ed.* 47, 3543-3547 (2008).
- [12] Warwick, T. et al. A scanning transmission X-ray microscope for materials science spectromicroscopy at the Advanced Light Source. *Rev. Sci. Instrum.* 69, 2964-2973 (1998).
- [13] Kilcoyne, A. L. D. et al. Interferometer-controlled scanning transmission X-ray microscopes at the Advanced Light Source. *J. Synchrotron Radiat.* 10, 125-136 (2003).
- [14] Drake, I. J. et al. An in situ cell for characterization of solids by soft X-ray absorption. *Rev. Sci. Instrum.* 75, 3242-3247 (2004).
- [15] Dry, M. E. in *Catalysis - Science and Technology* (eds Anderson, J. R. & Boudart, M.) 160-255 (Springer, 1981).
- [16] Van der Laan, G. P. & Beenackers, A. Kinetics and selectivity of the Fischer Tropsch synthesis: A literature review. *Catal. Rev. Sci. Eng.* 41, 255-318 (1999).
- [17] de Smit, E. & Weckhuysen, B. M. The renaissance of iron-based Fischer-Tropsch synthesis: On the multifaceted catalyst deactivation behaviour. *Chem. Soc. Rev.* doi:10.1039/B805427D (in the press).
- [18] Heijboer, W. M. et al. In-situ soft X-ray absorption of over-exchanged Fe/ZSM5. *J. Phys. Chem. B* 107,13069-13075 (2003).
- [19] de Groot, F. & Kotani, A. *Core Level Spectroscopy of Solids* (Taylor & Francis, 2008).
- [20] de Groot, F. M. F. et al. Oxygen 1s x-ray-absorption edges of transition-metal oxides. *Phys. Rev. B* 40, 5715-5723 (1989).
- [21] Sharp, T. et al. Distinction between six- and fourfold coordinated silicon in SiO<sub>2</sub> polymorphs via electron loss near edge structure (ELNES) spectroscopy. *Phys. Chem. Miner.* 23,17-24 (1996).
- [22] Davoli, I. et al. Structure of densified vitreous silica: Silicon and oxygen XANES spectra and multiple scattering calculations. *Phys. Chem. Miner.* 19,171-175 (1992).
- [23] Wielers, A. F. H., Kock, A. J. H. M., Hop, C. E. C. A., Geus, J. W. & van der Kraan, A. M. The reduction behavior of silica-supported and alumina-supported iron catalysts: A Miössbauer and infrared spectroscopic study. *J. Catal.* 117,1-18 (1989).
- [24] Zhang, C. H., Wan, H. J., Yang, Y., Xiang, H. W. & Li, Y. W. Study on the iron-silica interaction of a co-precipitated Fe/SiO<sub>2</sub> Fischer-Tropsch synthesis catalyst. *Catal. Commun.* 7, 733-738 (2006).
- [25] Jozwiak, W. K., Kaczmarek, E., Maniecki, T. P., Ignaczak, W. & Maniukiewicz, W. Reduction behavior of iron oxides in hydrogen and carbon monoxide atmospheres. *Appl. Catal. A Gen.* 326,17-27 (2007).
- [26] Wang, F., Malac, M. & Egerton, R. F. Alternative methods of identifying the oxidation of metallic nanoparticles embedded in a matrix. *Micron* 38, 371-376 (2007).
- [27] Braun, A. et al. Advantages of soft X-ray absorption over TEM-EELS for solid carbon studies - a comparative study on diesel soot with EELS and NEXAFS. *Carbon* 43,117-124 (2005).
- [28] Urbonaitė, S. et al. EELS studies of carbide derived carbons. *Carbon* 45, 2047-2053(2007).
- [29] Thibault, P. et al. High-resolution scanning X-ray diffraction microscopy. *Science* 321, 379-382 (2008).
- [30] Le Gros, M. A., McDermott, G. & Larabell, C. A. X-ray tomography of whole cells. *Curr. Opin. Struct. Biol.* 15, 593-600 (2005).

# أخبار علمية



## ”أكل الفيروس“ يشير إلى أن الفيروسات متعضيات حيّة



جسيمات للفيروسات الأم الضخمة (حمراء) وفيروسات تابعة وتدعى سبوتنك (خضراء). يمكن أن تكون آكلات الفيروس شائعة في أزهار العوالق (الصورة المُقحّمة).

الفيروس الأم (mamavirus) لأنه بدأ أكبر بقليل من الفيروس المحاكي (mimivirus). ولقد أظهرت دراساتهم باستخدام المجهرية الإلكترونية أيضاً فيروساً صغيراً ثانياً مرتبطاً بشكل كبير بالفيروس الأم الذي أعطي اسم سبوتنك Sputnik على غرار اسم أول ساتل صناعي صنعه الإنسان. وبامتلاك Sputnik لـ 21 جيناً فقط، يُعدّ صغيراً جداً بالمقارنة مع أمه، إلا أنه مكر. فعندما ينقل الفيروس الأم الضخم العدوى إلى أميبا، فإنه يستخدم مجموعة كبيرة من الجينات لبناء "مصنع فيروسي"، وهو مركز يتم فيه صنع جزيئات فيروسية جديدة. يقوم سبوتنك بنقل العدوى لهذا المصنع الفيروسي، ويُرَى وكأنه يسطو على آلياته لكي يقوم بالتضاعف. وقد اكتشف الفريق أن الخلايا التي انتقلت إليها العدوى من قبل سبوتنك تنتج جسيمات "مماثلة للفيروس الأم" أقل عدداً ومشوهة في الأغلب، مما يجعل الفيروس أقل قابلية لنقل العدوى. وهذا يفترض أن يكون سبوتنك طفيلياً فيروسياً يسبب المرض لمضيفه، وهو على ما يبدو أول مثال على ذلك.

إن اكتشاف إمكانية إصابة فيروس ضخم بالمرض جرّاء العدوى من فيروس آخر -تؤدي إلى تأجيج الجدل حول مسألة كون الفيروسات حيّة.

يقول عالم الفيروسات جين ميشيل كلافييرييه Jean Michel Clavierie، من مختبرات (CNRS UMR) في مارسيليا وهي جزء من وكالة للبحث الأساسي في فرنسا: "لا شك في أن هذه المتعضية حيّة. وحقيقة قابليتها للإصابة بالمرض تجعلها كائنات أكثر حياة".

لقد كانت الفيروسات الضخمة تأسر مختصّي الفيروسات منذ العام 2003، وذلك عندما قدّم فريق يرأسه كلافييرييه وديديه راؤول Didier Raoult من CNRS UMR (وهو من مارسيليا أيضاً) تقريرهم حول اكتشاف أول مسخّ monster. لقد تمّ عزل الفيروس منذ أكثر من عقد مضى من متحولات أميبية من برج تبريد في برادفورد في المملكة المتحدة، إلا أنه في البدء اعتقد خطأً بأنه بكتيريا بسبب حجمه، وتمت إحالته إلى الحفظ في المجمدة.

بين التقصّي الدقيق أن ذلك المكروب (الجرثوم) هو في الواقع فيروس ضخم، وهو كما كشف بحثٌ أجري لاحقاً، ذو جينوم genome يضم أكثر من 900 جين مشفر للبروتينات -أي أكثر مما تمتلكه أكبر الفيروسات التي عُرفت في السابق بحوالي 3 مرات على الأقل، وأكبر مما لدى بعض أنواع البكتيريا. وقد أطلق عليه اسم الفيروس المحاكي (المقلد) للأميبات الشوكية النّهمة Acanthamoeba polyphaga (لأنه يحاكي الجرثوم)، وكان يُعتقد أنه فردٌ من عائلة أكبر بكثير. يقول يوجين كونين Eugene Koonin، من المركز الوطني لمعلومات التقانة الحيوية في بيتسدا Bethesda في ماريلاند: "لقد تجاوزت الحدود التخيلية بين الفيروسات والمتعضيات الخلوية".

وقد قدّم راؤول وكونين وزملاؤهما تقريراً حول فصل نوع جديد من الفيروسات العملاقة من برج تبريد في باريس، والذي أطلقوا عليه اسم

إن هذه الفيروسات لم تكن ظاهرة لسنوات عديدة، وذلك لأن المرشحات التي كانت تستعمل لإزالة البكتريا حجبت الفيروسات الضخمة أيضاً. وقد عثر فريق راؤول على جينات مرتبطة بسبوتنك في مجموعة بيانات اعتيان في المحيط، لذلك فقد يكون هذا هو أول عائلة شائعة جديدة من الفيروسات. يقول كونين: "إن هذا يشير إلى وجود ممثلين آخرين لهذه الأسرة الفيروسية هناك في البيئة".

وعن طريق تنظيم عملية نمو وفناء العوالق، يمكن أن يكون للفيروسات الضخمة -والفيروسات التابعة مثل سبوتنك- آثار جسيمة على دورات الغذاء والمناخ في المحيط. يقول كورتيز سَتِل Curtis Suttle، وهو خبير بالفيروسات البحرية من جامعة كولومبيا البريطانية في فانكوفر: "يمكن أن تكون هذه الفيروسات من اللاعبين الأساسيين في المنظومة الأرضية".

ويقول سَتِل أيضاً: "أعتقد أننا في النهاية سوف نعثر على عدد كبير من الفيروسات الجديدة في المحيط وفي أماكن أخرى"، حيث إن 70% من الجينات الفيروسية المعروفة في المسوحات المحيطية لم تكن تشاهد من قبل. ويختم سَتِل كلامه قائلاً: "وهذا يؤكد كم هو قليل ما تعلمه عن تلك المتعضيات -وأنا أستخدم هذا المصطلح عن عمد".

□ نشر هذا الخبر في مجلة Nature, Vol 454, 7 August 2008

ترجمة هيئة الطاقة الذرية السورية.

ويقترح الفريق أن سبوتنك هو "أكل الفيروس virophage"، وهو كثير الشبه بالفيروسات الأكلة للبكتريا التي تسبب العدوى والمرض للبكتريا إلى حد كبير. يقول كونين: "إنها تنقل العدوى لذلك المصنع مثلما تنقل عاثية a phage العدوى إلى جرثومة"، فهي تفعل كل ما يستطيع فعله كل طفيلي -ألا وهو استغلال مضيفها من أجل عملية النسخ الخاصة بها.

### لا يوجد شك في أن هذه متعضية حية. وحقيقة قابليتها للإصابة بالمرض تجعلها كائنًا أكثر حياة.

يكشف جينوم سبوتنك عن فهم أعمق لبيولوجيته. وعلى الرغم من أن 13 من جيناته لا تبدو مشابهة كثيراً لأي من الجينات الأخرى المعروفة، فإن ثلاثة منها مرتبطة بشكل كبير بجينات الفيروسات المحاكية والفيروسات الأم، وربما تكون التهمت من قبل الفيروس الصغير حينما كانت تجمع جسيمات في وقت ما من ماضيها. ويوحى ذلك أن الفيروس التابع يمكن أن ينجز نقلاً جينياً أفقياً بين الفيروسات -مماثلاً للطريقة التي تنتقل بها العاثيات (الفيروسات الحالة للجراثيم).

قد تحتوي الاكتشافات على مضامين عالمية وذلك وفقاً لبعض علماء الفيروسات. لقد كشفت دراسة ميتاجينومية لمياه المحيط عن وفرة من سلاسل جينية مرتبطة بشكل وثيق بالفيروسات الضخمة، مما يقود إلى الشك بأنها طفيلي شائع من العوالق. يقول كلايفريه

## التراقص مع كاتيونات الهدروجين

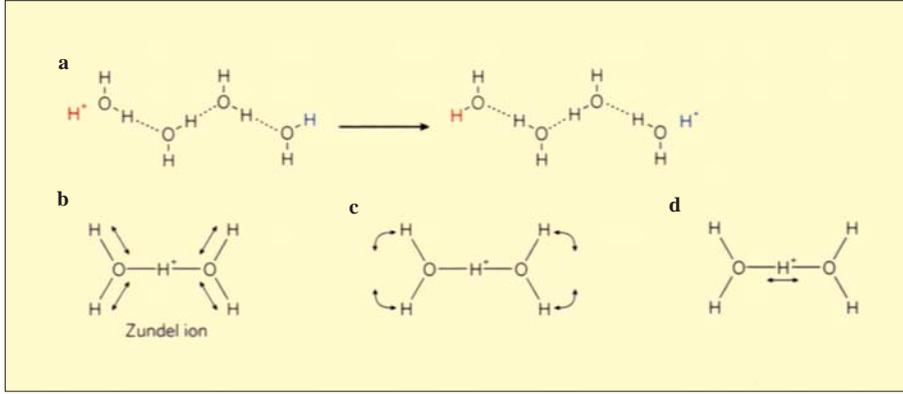
وبشكل مماثل عند استبدال نرات الدوتريوم بذرات الهدروجين. وهذا ما سمح بوضع أول توصيف كامل للاهتزازات الجزيئية المعقدة لأيونات زوندل وتقديم

تعتمد الحياة على جريان كاتيونات الهدروجين في الماء، ومع ذلك فإن سلوكها الديناميكي عندما تشكل معقداً مع جزيئات الماء غير معروف. إن آخر المحاكيات الحاسوبية تلقي ضوءاً على تراقص هذه الأيونات المميهة.

معلومات يمكن أن تساهم، بعد بحث طويل عن الهدف، بإيجاد نموذج حسابي دقيق عن كيفية انتقال أيونات الهدروجين خلال الماء السائل. إن كاتيونات الهدروجين موجودة في كل مكان في الطبيعة، وهي مكونات حيوية للعديد من البيئات الكيميائية والبيولوجية. فهي تشارك في تفاعلات حمض-قاعدة التي تعين شكل الملوثات البيئية الأساسية

تكثر كاتيونات (H<sup>+</sup>) في الماء، إلا أنها توجد فقط كمعقدات مع جزيئات الماء. إن أحد أهم هذه المعقدات هو كاتيون زوندل Zundel، حيث يكون كاتيون الهدروجين

مشاركاً بين جزيئي ماء. لقد عرفت بنية كاتيون زوندل منذ سنوات عدة حسب شواهد أطيف تحت الأحمر (IR). ومع ذلك، فإن سلوكه الديناميكي -أي كيف يتحرك كاتيون الهدروجين بين جزيئي الماء- غير معروف. بين فنديل Vendrell وزملاؤه في مجلة Angewandte Chemie محاكاة حاسوبية دقيقة لأيون زوندل في الطور الغازي



**الشكل 1:** كاتيون زوندل واهتزازاته. **a:** تتحرك أيونات الهيدروجين ( $H^+$ ) خلال الماء وفق آلية كروتس، حيث تتكسر الروابط الهيدروجينية (خطوط متقطعة) والروابط التشاركية (خطوط متصلة) بين جزيئات الماء وتتشكل ثانية. يمكن أن تتضمن الميكانيكية أي عدد من جزيئات الماء، ولكن لا يظهر هنا سوى أربعة فقط للسهولة.

**b-d:** إن كاتيون زوندل هو الوحدة البنوية الأصغر التي تستطيع مشاركة أيون الهيدروجين مع جزيئي ماء. تتضمن أنماط اهتزاز امتطاط روابط أكسجين-هيدروجين الخارجية. **b:** الثني الداخلي لجزيئات الماء. **c:** والاهتزازات بين جزيئات الماء وأيون الهيدروجين. **d:** يحسب فنديريل وزملاؤه أطيف كاتيونات زوندل. ومضاهياتها من الأيونات، حيث جرى استبدال ذرات الهيدروجين بذرة أو أكثر من الدوتريوم. إن اختلاف درجات التزاوج بين الأنماط الاهتزازية في كل مضاهٍ يُنتج أطيفاً معقدة، وهذا ما يعكس ديناميكية مختلفة لكل مضاهٍ.

Fermi - أي تراكب خطوط الامتصاص الناتجة من التزاوج القوي بين الحالات الاهتزازية للطاقت المتشابهة- في أطيف IR لكاتيونات زوندل تجعل من الصعب أيضاً استنباط السلوك الديناميكي للأيونات من الأطيف. ومن أجل هذا، قُدمت تقاربات عدة لتفسير تجاوبات فيرمي ولوصف الحركات الجزيئية الكبيرة السعة.

إن الطريق الجيد لتثبيت صحة المقاربات النظرية وتهذيب النماذج البنوية لأيونات الهيدروجين هي أن نحسب أطيف IR التي نرغب في الحصول عليها من بنية مفروضة، ومقارنة هذه الأطيف بعد ذلك مع البيانات التجريبية. قدّر فنديريل وزملاؤه أطيف IR من أجل كاتيون زوندل وذلك بمكاملة، معادلة شرودنجر Schrödinger المعتمدة على الزمن المهتز للأيون في خمسة عشر بعداً -بعد واحد لكل درجة حرية اهتزازية- باستخدام أسلوب انتشار الدالة الموجية. وهذا يتطلب وصفاً تحليلياً لسطح الطاقة الكامنة للكاتيون لوصف الطاقة الكلية للمنظومة كتابع لكل درجة حرية. وهكذا حصل المؤلفون على الأطيف لأيون زوندل نفسه وللأيونات التي تحتوي الدوتريوم ( $D(H_2O)_2^+$ ،  $D(D_2O)_2^+$ ،  $H(D_2O)_2^+$ ) (حيث D هو الدوتريوم). لقد وجدوا أن زيادة عدد أيونات الدوتريوم في أيون زوندل تدريجياً يعقد الطيف، وحسب قول المؤلفين: يخلق "فوضى كبيرة".

ولعلّ ما لا يثير الدهشة أن أطيف فنديريل وزملائه المحسوبة أظهرت اهتزازات روابط هيدروجين-أكسجين "الحرّة"-وهي تلك التي

ومصيرها وتقلاتها مما يسبب المطر الحمضي، كما أنها تُضخّ عبر الأغشية الخلوية بواسطة بروتينات مخصّصة، مولدة تبدلات في الـ pH والشحنة تعمل عمل مخازن الطاقة للخلية؛ وكذلك فإن حركة أيون الهيدروجين عندما تتزاوج مع انتقال إلكتروني في الأنزيمات تسمح بحصول تحولات طاقة حيوية، وتفعّل الركازات الأنزيمية لإعدادها للمشاركة في تفاعلات حفزية تكسر الرابطة وتشكلها.

وللغراب، يبدو أن كاتيونات الهيدروجين تنتشر خلال الماء أسرع من أي كاتيونات أخرى. وفي الواقع، إن انتشار كاتيون الهيدروجين في الماء يتطلب تشكّل وتكسر عدة روابط في شبكات جزيئات الماء بشكل متوافق ومنظّم في عملية تُعرف باسم آلية كروتس (الشكل 1a). فعندما يشكّل كاتيون هيدروجين رابطة مع جزيء

ماء، تتكسر روابط هيدروجينية وتشاركية أخرى في كل مكان من الشبكة ويُعاد تشكيلها إلى أن يُطرد أيون هيدروجين آخر، وهكذا تكون كاتيونات الهيدروجين في الماء مميّهة: وهي إما أن توجد في معقد مع جزيئات ماء فردية مشكلة أيونات أيغن ( $H_3O^+$ )، أو بالتشارك بشكل متساوٍ بجزيئين من الماء مشكلة أيونات زوندل ( $H_2O-H-H_2O^+$ ). إن الشكل الحقيقي لأيونات الهيدروجين المميّهة- والمعروفة إجمالاً بأيونات الهيدروجين- قد حازت على اهتمام أكبر لوقت طويل.

اعتُبرت عناقيد الهيدروجين أدوات نقل فعّالة لسبر الوسط الديناميكي لكاتيونات الهيدروجين في المنظومات الأكثر تعقيداً مثل الماء السائل. يمكن اعتبار أطيف IR لأيونات الهيدروجين (ولمضاهياتها التي تحوي الدوتريوم) كبصمات أصابع للبنية الجزيئية الأساسية لديناميكية شبكة ربط أيونات الهيدروجين. يوفّر الارتباط بين طيف IR وبنية كل أيون طريقة لتعيين البنى الأيونية ويقدم معلومة عن التزاوج بين مختلف الأنماط الاهتزازية للأيونات.

إن السلوك الديناميكي والحركات الاهتزازية المعقدة لأيونات الهيدروجين ليست واضحة على الإطلاق. وإن الصورة التوافقية البسيطة للاهتزازات (تلك التي تفترض أن الذرات تسلك سلوك كتل عديمة الاحتكاك متصلة بنوابض) صالحة فقط حول مواقع التوازن للذرات؛ وبدلاً من ذلك فإن أطيف IR في كاتيونات زوندل تقترح وجود حركات ذات سعة كبيرة وغير توافقية. إن وجود تجاوبات فيرمي

ولحلّ أُلغاز دور التآثيرات الجماعية التي تسهّل آلية كروتوس في الماء السائل. إن سطوح الطاقة الكامنة لمثل هذه العناقيد لها درجات حرية اهتزازية أكثر مما هو الحال في أيونات زوندل، مما يجعلها أصعب في كلتا الحالتين وهما الحصول على وصف تحليلي لكلّ عنقود، ولحلّ معادلة شرودنغر المعتمدة على الزمن في جميع الأبعاد. ولهذا نجد أن هناك حاجة إلى مقاربات رياضية جديدة للتعامل مع هذه النتائج، وللبحث عن تزاوجات قوية ممكنة بين أنماط اهتزازية مختلفة في أبعاد عدة، والتي تنتج حتى أطيايف معقدة أكثر. وبصورة بديلة، يمكن البحث عن مواصفات أكثر سهولة للتآثيرات بين الجزيئية الأساسية ما بين كاتيونات الهيدروجين والماء حيث يمكن لمقاربة حالة فندريل وزملائه أن تقدم الآلية لتلائم تلك المواصفات التي تستخرج الأطيايف التجريبية.

إن الحصول على وصف دقيق للتآثيرات بين جزيئات الماء (أو بين جزيئات الماء والأيونات)، وفهم الظاهرة الفيزيائية الجماعية الموجودة في الماء، ستؤدي إلى نماذج للسوائل التي يمكن أن تستخدم في دراسة التذبّوب والتفاعلات في البيئات المائية. وسيقدّم هذا في النهاية تبصراً ونظرة فاحصة على مستوى جزيئي إلى عمليات بيئية مهمة – مثل مصير ونقل الملوثات في الأنهار والطبقات الصخرية المائية – وبفك الشفرة عن وظيفة الماء في الأمكنة المغلقة ذات الفائدة البيولوجية.

□ نُشر هذا الخبر في مجلة Nature, Vol 457, 5 February 2009.

ترجمة د. أحمد حاج سعيد، عضو هيئة التحرير.

تحتوي على ذرّات هيدروجين والتي لا تشارك في الربط الهيدروجيني (الشكل 1b) – لا تتأثر بشكل عام عندما تستبدل ذرّات الهيدروجين بذرّات الدوتريوم. ويكون التآثير الوحيد لهذا الاستبدال هو انزياح الذرّات ذات الصلة نحو التواترات الأخفض، كما هو متوقع من تعيّر الكتلة عند الاستبدال. وبالعكس، فإن ذرّات الأطيايف المرافقة مع الانحناء الداخلي لجزيئات الماء (الشكل 1c) ومع اهتزازات الروابط والذرّات المشكّلة للروابط الهيدروجينية (الشكل 1d) تتغيّر بشكل مثير عند هذا الاستبدال.

تسمح مقاربة فندريل وزملائه بتفسير الذرّات المتنوعة في الأطيايف بشكل دقيق على أساس توليفات الأنماط الاهتزازية لمكونات أيونات زوندل. وهكذا يبيّنون بأن الآثار المعقدة لذرّات الدوتريوم على ديناميكية ذرّات زوندل تعتمد على أي الهيدروجينات داخل العنقود قد جرى استبداله. وللدقة، فإن وجود الدوتريوم في جزيئات الماء يحرض تزاوجات قوية بين حركات أيون الهيدروجين المركزي وجزيئات الماء. وبالعكس، إذا ما حلّ أيون الدوتريوم محل ذرّة الهيدروجين، فإن هذه الحركات تزيل التزاوج مما يؤدي إلى أطيايف أبسط من تلك الموجودة في أيونات زوندل التي لم يتم إدخال الدوتريوم فيها.

إن هذا العمل هو الخطوة الأولى في الحصول على صورة كمية لديناميكية المعقد الموافق لتآثيرات كاتيونات الهيدروجين مع الماء. إنه بداية طيبة مع أن الطريق مازالت طويلة للوصول. يجب الآن أن نحصل على تحليل أطيايف أيونات الهيدروجين التي تمتلك جزيئات ماء أكثر حتى نفهم كيف تتطوّر مثل هذه الأطيايف مع حجم العنقود،

## مسألة الموافقات تحدّ من استخدام الخلايا الجذعية



قد تكون بعض الخلايا الجذعية الجنينية البشرية أخذت بدون موافقة وافية من أجل البحث

يتوجب على جامعة Stanford أن تعلم باحثيها أن نحو ربع أبحاثهم على سلالات الخلايا الجذعية الجنينية والمرشحة للتمويل من الحكومة الأمريكية هي الآن خارج حدود الاستخدام لاعتبارات أخلاقية.

أحد المعاهد في Palo Alto بولاية كاليفورنيا قلق بسبب عدم أخذ موافقة نسوة تبرعن بأجنتهن من أجل الحصول على سلالات من الخلايا الجذعية الجنينية

التجارب التي يمكن إجراؤها على الخلايا الجذعية الجنينية البشرية والكيفية التي يجب أن يعامل بها متبرعو الأعراس والأجنة. وفيما بعد، أعلنت الجمعية أن السلالات الخلوية المسجلة في سجلات (NIH) قد أُعدت في ظروف "مماثلة" للدليل التوجيهي الإرشادي وتوجهات جمعيات مراقبة البحوث التي تعتبر أن السلالات الخلوية قد أنشئت بطريقة مقبولة.

ولكن أعضاء من الجمعية يبنون رأيهم على قرار (NIH) للعام 2001 الذي ينص على أن السلالات الخلوية مناسبة للاستخدامات البحثية فقط. ويقول فرانسيس شاربلز F. Sharples مدير الدراسات في الجمعية: "لم يحدث لنا اعتماد استثمارات القبول للنظر إليها فقط، وإن (NAS) ستعيد النظر في مسألة السلالات الخلوية المقبولة في اجتماع يعقد مؤخراً هذا العام".

"لقد فهمنا أن السلالات الخلوية كانت مبهمة بالنسبة إلى الدليل التوجيهي الإرشادي لأكاديمية العلوم NAS"، هذا ما يقوله جوناثان مورينو J. Moreno المدير المساعد فيها، وهو عضو بارز في المركز الأمريكي للتطور، وهذا المركز مؤسسة فكرية أنشئت في العاصمة واشنطن. ويتابع قائلاً: "إن ذلك يوضّح مدى القوة التي دفعت بها الإدارة الـ NIH من أجل الحصول على أكبر عدد من السلالات الخلوية المسجلة، ويوضّح كذلك أنه قد حان الوقت من أجل التحرك في هذه القضية".

وتقول ستوري لانديس S. Landis رئيسة وكالة المساعلة في الخلايا الجذعية: "لا يجب على NIH إقصاء أي من السلالات الخلوية من سجلاتها. وتتابع قائلة: "تتعامل ورقة سترايفر مع معايير 2008 للتطبيقات المعدة للسلالات الخلوية التي وضعت في سجلات عام 2001"، وتضيف أن كوارس NIH قد قرروا أن السلالات المسجلة تتوافق مع الشروط الموضوعية من قبل الرئيس عام 2001.

ليس من الواضح المدى الذي ستؤثر فيه إعادة النظر في معايير البحث العلمي المطبق على الخلايا الجذعية البشرية. والآن يستخدم العديد من العلماء المستفيدين من تمويل خاص أو حكومي سلالات خلوية جديدة لا تعود لسلالات NIH وفي ظروف أفضل.

ومن بين هذه السلالات غير المسجلة في سجلات NTH، سلالات من مؤسسة Bresa Gen و Cellartis وهي الأفضل استخداماً. ورغم ذلك، فقد حولت هذه السلالات لاستخدامها في عشرات الأبحاث.

□ نُشر هذا الخبر في مجلة Nature, Vol 454, 31 July 2008.

ترجمة د. أحمد عثمان.

لاستخدامات البحث العلمي. وقد قرّرت جامعة جون هوبكنز في بالتيمور بولاية ماريلاند النظر في هذه السلالات الخلوية كل على حدة عندما يبدي الباحثون اهتماماً باستخدامها.

ويتبع المسؤولون التحليل الذي تقدّم به أخصائي الأخلاقيات الحيوية روبرت سترايفر R. Streiffer من جامعة وسكنسون في ماديسون، الذي حصل على نسخ من استثمارات الموافقات التي أعطيت إلى متبرعي الإحدى والعشرين سلالة خلوية المعتمدة من أجل التمويل البحثي الفدرالي في معهد الصحة القومي الأمريكي (NIH). وقد قارن سترايفر هذه الاستثمارات بالدليل التوجيهي الموضوع من قبل أكاديمية العلوم الأمريكية (NAS). واستنتج أن أيّاً من هذه الاستثمارات لا تتطابق مع الدلائل التوجيهية تماماً، ويبتعد بعضها عن الدليل التوجيهي لدرجة كبيرة جداً (R. Streiffer, Hastings Cent. Rep. 38, 40-47; 2008).

وتقوم الآن جمعيات أخلاقية جامعية في أنحاء الولايات المتحدة بإجراء مساعلات لمعرفة السلالات الخلوية الواجب السماح باستخدامها لأغراض البحث العلمي، أملين أن تقوم وكالة أخرى، مثل الـ NTH أو الحكومة باتخاذ القرارات في هذا الموضوع.

وعلى ضوء التحليل الذي قام به سترايفر، قرّرت جامعة ستانفورد وجوب وقف استخدام نحو خمس من السلالات الخلوية المستخدمة. وقد حصل على هذه السلالات الخلوية من قبل شركتين متخصصتين بالتقانات الحيوية - Bresa Gen التي مقرّها في أثلينز بجورجيا، و Cellartis في غوتنبرغ بالسويد - وقد أفادت الشركتان أنهما حصلتا على موافقات ملائمة طبقاً لشروط معمول بها في ذلك الوقت. وبدلاً من إجراء توقيعات على استثمارات منفصلة تأذن باستخدام السلالات لأغراض بحثية، كانت استثمارات الموافقة الموقّعة من قبل متبرعين بسلالات خلوية في شركة Bresa Gen (تُدعى الآن Nova cell) من أجل المعالجة الخاصة بالخصوبة ومذكور فيها أن البيوض الملقحة والأجنة الفائضة غير المتطورة يمكن أن تستخدم لأغراض علمية. وتشير استثمارات الموافقة المستخدمة من قبل شركة Cellartis أن الخلايا ستدمر بعد بضعة أيام من الاستنبات. ولم يذكر في أي من الاستثمارات أن الأبحاث تجعل الأجنة الحيّة عرضة للهلاك.

لقد حصل على جميع السلالات الخلوية الموافق عليها من قبل (NTH) قبل شهر آب من العام 2001، عندما أعلن الرئيس جورج دبليو بوش أن السلالات الخلوية الموجودة مسبقاً ستلقى المعونات الفدرالية. وفي عام 2005، واستجابة لدعوات من الرابطة العلمية، أصدرت الجمعية الاستشارية لـ (NAS) دلائل توضّح أنواع

## خارطة الفيزياء

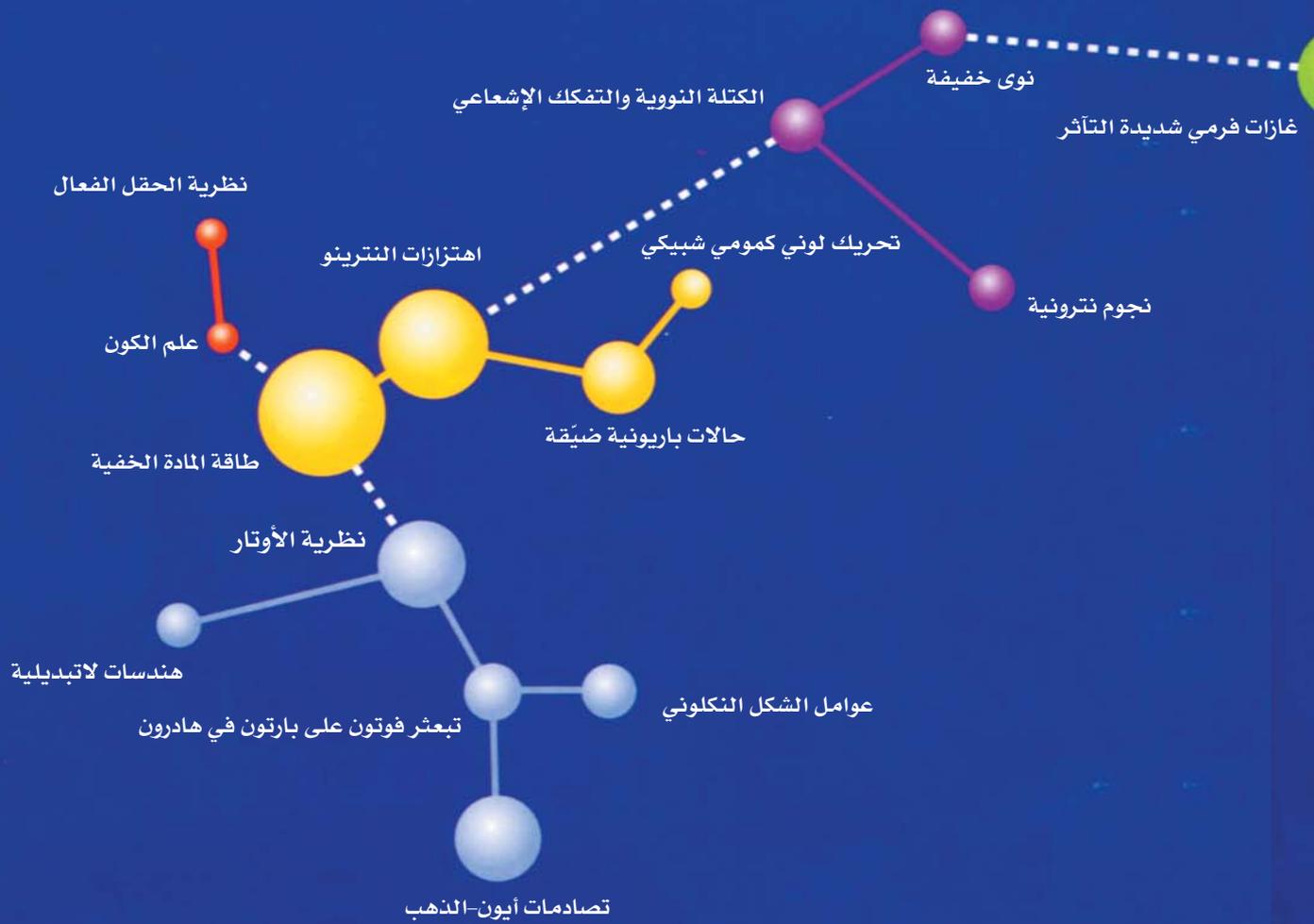
مثل الفيزياء كمثال موضوع فسيح مستمر التوسع لدرجة يصعب معها تصوير الكيفية التي تتلاءم فيها فروعها المختلفة بعضها مع بعض. وهذه الخريطة، التي تستند إلى حجم المعطيات المرجعية، تُظهر الوضع الراهن لفروع الفيزياء.



بناءً على المعطيات المرجعية في مزود المعلومات لشركة تومسون روترز Thomson Reuters، تُظهر هذه الخريطة "الميادين الجوهريّة" للفيزياء على هيئة عقد دائرية ملونة كما تُظهر العلاقة ما بين الفروع المتجاورة على هيئة خطوط. وتتبع الميادين الجوهريّة بكثافة تجمع ورود الاستشهاد والتنويه بورقاتها البحثية الجوهريّة. ويتناسب قطر كل من هذه الدوائر مع عدد الأوراق المنشورة في ذلك النطاق الصممي. وتتحدد المسافة بين مراكز هذه الدوائر بمستوى الذكر الاستشهادي والتشارك بين الحقول، التي تعد من حيث الأساس مقياساً لعدد مرات استشهاد المؤلفين المستقلين بأوراق من كلا الحقلين معاً. والخطوط المستمرة تمثل الروابط الأقوى لكل ميدان جوهري، والخطوط المنقطّة تدل على الروابط الأضعف الكافية لوصول كل العقد ضمن الفيزياء. ومن القسّمات الأساسية لهذه الخريطة أن الفيزياء كثيرة الفروع، وأن كثيراً من أوراق البحث ذات الصلة الكيميائيّة تظهر في مجالات الفيزياء. كما جرى تقصير التعاريف الأصليّة للميادين الجوهريّة واختصارها بقصد التبسيط، وذلك على حساب بعض الدقة في التوصيف.

نواقل فائقة  
عالية الحرارة

● والشكر موصول للسيد هنري سمول وعنوانه: Henry Small, Thomson Reuters . e-mail henry. Small .



□ نُشر هذا الخبر في مجلة Physics World, Vol 21, 10 October 2008 .

ترجمة د. مصطفى حمويلا، عضو هيئة التحرير.

## نظرة جديدة إلى القضايا النووية



لن تذهب للضياع: تبحث الصناعة النووية عن نوايا الخريجين من المهارات المختلفة

ثمة مخطط لتخريج متخصصين في نطاق واسع من الصناعة يهدف إلى الحصول على جيل مستقبلي من العلماء النوويين يفكر في المجتمع والمواضيع البيئية منذ البداية. يصف كلٌّ من سوزي هي S. Hay ومايكل كلك M. Kelk برنامج "الخريجين النوويين nucleargraduates".

"الخريجين النوويين nucleargraduates". وهذه الحملة التي انطلقت العام الماضي، جنّدت حتى الآن 23 خريجاً، ونحو ربع هؤلاء يحملون شهادات في الفيزياء، وقد ازدادت طلبات الفيزيائيين ثلاث مرات منذ بدء التجنيد الأول.

### بنية البرنامج

وفقاً لبرنامج الخريجين النوويين البالغة مدته عامين، يُرسل المشاركون إلى أربعة أعمال مؤقتة حرفية في منظمات مختلفة وفي مواقع مختلفة. والمشاركون في هذا المخطط يمكنهم توقع العمل في ثلاثة أشهر من أشهرهم الستة في مواقع بالمملكة المتحدة، التي تمتد في بلايموث plymouth حيث تتمركز شركة التصميم Atkins والمراكز الرئيسية لسلطة NDA في كومبريا Cumbria الغربية، وصولاً إلى موقع دونري للأبحاث Dounreay Research Site في الرأس الشمالي لسكوتلندا، ثم يذهبون مدة أربعة أشهر إلى أماكن وراء البحار تقع عادة في فرنسا، أو شمال أمريكا أو اليابان.

يمول هذا البرنامج أكثر من عشرين شركة رائدة، ومنظمة، وهيئة حكومية مما يجعل البرنامج هو الأكثر شمولاً بين الخطط التي شهدتها الصناعة على الإطلاق. ومن بين المشاركين مؤسسات علمية، مثل أنظمة رولز رويو وBAE، وشركات استشارات هندسية مثل Amec وJacobs، وهيئات حكومية مثل وكالة البيئة EA، ومواقع المشغلين النوويين مثل Magnox North وسيلافيلد المحدودة. وقد

إن الاقتصاد يتجه نحو فترة من الركود في بلاد كثيرة، وهناك صناعات متعددة تخطط لخفض قواها العاملة، وهذا ما يعترف به كلٌّ فرد الآن. غير أن لخريجي الفيزياء والهندسة ميزة أو أفضلية في هذا المناخ الاقتصادي، بكل الأحوال، لأن قطاعاً رئيسياً مازال بالتأكد يستأجر النابغين من الناس في هذه الفروع من المعرفة ألا وهي الصناعة النووية.

لقد عادت الطاقة النووية إلى الأجدنة السياسية /جدول الأعمال/ لعدد من الأسباب، التي تتضمن الحاجة إلى الأمن واستمرار إمدادات الطاقة المستقبلية، وإلى خفض إصدارات الكربون والتوجه إلى المشكلات البيئية المترافقة مع تصفية محطات الطاقة المهرمة. لكن، وكما هو الحال في الأقسام الأخرى، فإن الصناعة النووية قد تأثرت بنقص الخريجين في مجالات العلوم والتقانة في الأعوام الأخيرة. وبالفعل، فإن العمر المتوسط للمستخدم في الصناعة في المملكة المتحدة هو 50 سنة. ولما كانت مهمة تصفية بعض مواقع المفاعلات -بما فيها الموقع الأول في بريطانيا، سيلافيلد في كومبريا- قد تستغرق 150 عاماً، فإنه من الحاسم للمنظمات، من مثل سلطة التصفية (السحب من الخدمة) النووية البريطانية UK Nuclear Decommissioning Authority (NDA)، اجتذاب أجيال شابة جديدة من العاملين من مختلف المهارات.

وأحد وجوه حملة التجنيد لسلطة NDA هو مخطط تخريج متخصصين من نطاق واسع من الصناعة، يُطلق عليهم اسم

## تطلع إلى المستقبل

إن سبب تضمين عمل الطبقات الجماعية Footprints work في البرنامج هو أنه، بالرغم من أن الصناعة النووية حالياً تستأجر تلامذةً جدداً للعمل في تصفية المفاعلات الأقدم، فإن إقفال منشآت هذه "التركة" يمكن أن يجلب ضياع أعمال قاسية (خطيرة) للمجتمعات المحلية وأعمالاً تعتمد على الصناعة النووية. فمثلاً، عندما يغلق مفاعل داونري نهائياً في العام 2025، ستفقد المجتمعات المجاورة مثل تورسو Thurso نحو 2000 فرصة عمل. ولتقليل التأثير في المنطقة إلى الحد الأدنى، فإن الصناعة النووية تعمل بالمشاركة مع وكالة التنمية لمرتفعات سكوتلندا وإيسلندا Highlands and Islands، ومع مجلس كيثنس Caithness Council، ومع الجماعات المحلية ومع المقاولين المحتملين من داخل الصناعة النووية وخارجها لدعم أو إيجاد أعمال جديدة مثلاً في مجال طاقة الرياح وطاقة المد والجزر-بقصد دعم الاقتصاد المحلي وتواصله.

وبوضع مثل هذه الأهداف الاستراتيجية في البال، فإن برنامج الطبقات الجماعية Foot prints يوفر طريقاً للجيل التالي من مديري الصناعة النووية ليتجاوز نظرهم الأعمال إلى بيئة الاقتصاد الاجتماعي الأوسع التي يعمل لها. وإن النتيجة النهائية لمخطط الانطباعات الجماعية، كما تأمل NDA، ستكون في المهارات التي سيكتسبها المشاركون من خلال الصناعة متضمنة إدارة المشروع، والاتصالات، وحل مسائل الإبداع والابتكار التي ستكون بالمشاركة مع المجتمع.

إن الروابط القوية بالمجتمعات المحلية، في ذات الوقت، تسمح لقياديي الصناعة بالحفاظ على التماس مع جهات النظر والخبرات من خارج الأعمال النووية. وهذه المعرفة يمكن أن تساعد بعد ذلك في اتخاذ القرار بمستقبل الصناعة. ففي الماضي، أدت النظرة نحو الداخل وثقافتهم وثقافتنا "إلى فجوات في الفهم وإلى نقص في المشاركة الفعالة بين الصناعة والمجتمعات التي تعمل فيها. وعلى سبيل المثال، فإن الجيل الأول للمواقع النووية، مثل سيلافيد، كانت قد وُجدت لصنع السلاح النووي لا لتوليد الطاقة، وعنت نزعة الشك المرافقة للحرب الباردة أن مثل هذه المواقع لم تُبن لتكون صامدة في ترسيخ المستقبل "future proof". وفي الوقت الحاضر فقط، وبعد أن أفلتت المواقع، وبدأت NDA بالتعامل معها في 2004، أصبحنا ندرك مدى هذا التحدي. فالصناعة الآن تعترف بأهمية العمل المشترك لبناء "مجتمعات مستدامة قابلة للحياة sustainable communities"، والانطباعات الجماعية هي جزء مهم من هذا الهدف.

## هل هي هامة؟

إن الأعضاء البالغ عددهم 23 في مخطط تخريج المتخصصين

عمل المشاركون في المخطط، على سبيل المثال، في محطة النفايات ذات مستوى التلوث العالي في سيلافيد، كما عملوا في استراتيجية نقل النفايات المتخلفة في موقع وكالة الطاقة الذرية البريطانية في هارول بمقاطعة أكسفورد.

## بناء الصلات الجماعية

أحد الأوجه المهمة للمخطط هو برنامج المسؤولية الاجتماعية للمشاركة الإجبارية compulsory corporate social responsibility (CSR) والمسّمى الطبقات الجماعية (أو أثر طبقات الأقدام Footprints) المصمّم لتمكين المشاركين من ترك تأثيرات صغيرة ولكن دائمة في المناطق وفي المجتمعات حيث تعمل الصناعة النووية. ويصرف الخريجون، كجزء من البرنامج، 10% من وقتهم في العمل في مشاريع محلية غير ربحية، مثل المدارس ومشاريع الأعمال الصغيرة. وبتكريس مثل هذا المقدار الكبير من الوقت في إجراء المحاولات، تسعى سلطة NDA لجعل الطبقات الجماعية مسيراً حقيقياً بدلاً من سلسلة من الإيماءات الخيرية غير المترابطة.

إن المشاريع ليست بحاجة لتشتمل على المواضيع النووية مباشرة. فبعض المشاركين، على سبيل المثال، قد ذهبوا إلى المدارس الابتدائية لإثارة فضول التلاميذ اليافعين في العلم والتقانة والهندسة والرياضيات. وفي هذه الأثناء، كان يعمل آخرون مع أفراد منظمة Cunneuxions Cumbria ومع اليافعين الذين ليسوا مستخدمين ولا يعملون في التربية، أو في التدريب لمساعدتهم على تصوّر الخدمات المحلية لتلبية احتياجاتهم وزيادة طموحاتهم.

إن ستيف ماهي S. Mahay هو أحد المشاركين وهو خريج في الفيزياء من جامعة برمنغهام في المملكة المتحدة. كان دوره في موضع تعيينه الأول في موقع هارول، هو العمل في نقل النفايات المشعة. وكجزء من سمات مشروع طبعاته صمّم ماهي صفحات في شبكة الإنترنت موجهة إلى Didcot First، وهي مجموعة محلية ارتقت بمدينة قضاء أكسفورد شير لتصبح مركزاً للعلوم والتقانة. وقد عمل أيضاً، مع سوزان إيدر S. Elder، خريجة الكيمياء في جامعة Strathclyde University في المملكة المتحدة، لترويج العلوم بين التلامذة اليافعين. ويقدر ماهي والدر أن أكثر من 200 ولدٍ قدموا ليشاهدوا العروض عن المغناط وكيفية توفير الطاقة.

يقول إيدر: "كنت مندهشاً ومسروراً بما وصلت إليه من اهتمام في قسم مسؤولية المشاركة الاجتماعية لعملي"، فبرنامج CSR ساعدني بالفعل في دراسة العالم خارج NDA، وسمح لي بتعلم مهارات جديدة من خلال عمل شيء مفيد للمجتمع المحلي".

كافية من خلال الصناعة ليعرفوا ما ينشر اهتمامهم أكثر، ويستطيعون بعدئذ التقدم إلى دور متخصص في الشركات أو المنظمات التي تروق لهم. هذا، وإن مدير الخريجين في NDA السيد كارل داوسون Carl Dawson يؤكد أن البرنامج كله ليس "آلة للنقانق sausage machine" ولا يتطلب أن يكون المشاركون فيه متطابقين، ويتوقع الخريجون استكشاف إمكانات عديدة في الصناعة وخصوصاً حيث يوجد نقص في المهارات.

□ نُشر هذا الخبر في مجلة Physics World, Vol 22, January 2009.

ترجمة د. مصطفى حموليا، عضو هيئة التحرير.

النوويين عام 2008 يتمتعون جميعاً بكفاءات أكاديمية جيدة؛ ويتطلب البرنامج على الأقل ما معدله 2.2 من حملة درجة بكالوريوس في العلوم، وبعض المشاركين لديهم درجات أعلى. وبالرغم من أن غير المواطنين البريطانيين مؤهلون وصالحون، فإن أصحاب مثل هذه الطلبات يجب أن يكونوا مؤهلين للعمل في المملكة المتحدة ويمكن أن يحتاجوا لاجتياز اختبارات خلفية مركزة. وبعد هذا، فإن منظمي البرنامج يطلبون أن يتمتع الخريجون بفضول ورغبة في الاستطلاع، وبروح الإبداع، وبغزيرة القرار، أي يبحثون عن خريجين يتمتعون بحب الاستطلاع والإبداع والحزم لمجابهة التحديات الضخمة التي تقابل الصناعة النووية في الوقت الحاضر وفي المستقبل.

وبسبب الطبيعة "الشاملة" للمخطط، فإن المشاركين غير مضموني العمل في نهاية مشاركتهم. وعلى كل حال فإنهم سيكسبون خبرة

تحتاج الاستجابة للأزمة المالية إلى الذهاب إلى ما وراء الضغوط المباشرة. ويجب على صناعات السياسة اغتنام هذه الفرصة لتقوية العلم والابتكار اللازمين لنمو اقتصادي مستدام.

الحدود القومية. وربما يكون أكثر الأمور أهمية، أن بلداناً كثيرة طورت بصورة متزايدة سياسات ابتكار معقدة. وهذه تتضمن تقديم دعم للتربية على كل المستويات؛ وللأسواق الرئيسية؛ وللبنى التحتية للمواصلات والاتصالات بطاقة يعول عليها؛ وإلى جميع العوامل الأخرى ذات الصلة المباشرة بالابتكار والتي بدورها تؤثر فيما يحدث للاقتصاد.

تضع الأزمة المالية الحالية قيوداً مضاعفة على هذه الشبكة. فالتمويل الوطني للأبحاث واقع تحت الضغط لأن الحكومات تواجه عائدات ضريبية متناقصة، والحاجة إلى إجراءات واسعة محفزة على التمويل. فتمويل الجامعات والمنح أخذ في التقلص. وأزمة الثقة بين البنوك يمكن أن تنتشر، مولدة ثقافة استثمارية مراهضة للمجازفات، وهذا يحد من قيام منشآت بتقنيات عالية ومشاريع أعمال أخرى لتوظيف رؤوس الأموال.

إن مثل هذه التهديدات مجتمعة يمكن أن تضع عقبة أمام التقدم في بناء أنظمة الابتكار العالمية. ويتربط على صناعات السياسات بدلاً من ذلك اتخاذ كل خطوة ممكنة لدعم هذه الأنظمة.

## خطر و فرصة

"بينما يترافق الابتكار مع النمو في أغلب الأحيان، أصبح الابتكار الآن وبحق أكثر التصاقاً بالبقاء". لقد كانت تلك إحدى نتائج الاجتماع المنعقد في دبي في نهاية الأسبوع الأول من شهر تشرين الثاني 2008 برعاية منتدى الاقتصاد العالمي، هذا المنتدى الذي يعقد مؤتمر قمته السنوي في دافوس، بسويسرا. من الصحيح أنه مع احتمال حدوث أزمة اقتصادية مجهولة الأبعاد فإن إعطاء العلوم والابتكارات أهمية أكبر - وليست أقل - سيكون أمراً حاسماً لتصحيح مستدام لهذه المشكلة.

على مدى العقود القليلة الماضية بنى العالم صرحاً هائلاً من العلوم والابتكارات، وفي جميع بلدان المنظمة الاقتصادية للتعاون والتنمية تضاعف تمويل البحث والتطوير (R&D) وحده تقريباً من 468 بليون دولار أمريكي في عام 1996 إلى 818 بليون في 2006 - مع أن التنمية أخذت بالتباطؤ منذ 2001، وخصوصاً في الولايات المتحدة الأمريكية. إن العولة كانت باعثاً على ظهور لاعبين رئيسيين جدد في مجال البحث، مثل الصين والهند، كما ظهرت لمراكز البحث والتطوير R&D وللشركات التابعة لها شبكات الإنترنت وتخطت

النظيفة، والتربية، والصحة والبنية التحتية والتي سيكون لمعظمها قسط وافر في البحث.

### تفسير مُبدع

ثمة أفكار محددة جيدة تبرز الآن. ففي 29 تشرين الأول/أكتوبر 2008، مثلاً، أوردت مؤسسة الابتكارات وتقانة المعلومات وهي إحدى المؤسسات التقليدية في واشنطن، ثمانى إمكانات في عالم تقانة المعلومات. من بينها زيادة المنح المقدمة إلى الجامعات لشراء تجهيزات الأبحاث في عام 2009، واعتماد ضريبي للاستثمار في تجهيزات الطاقة الفعالة الكفوءة في العام 2009 ومليارات الدولارات لشراء الحواسيب وحرمة عريضة للعائلات القليلة الدخل مع أطفال في بيوتها. وفي مجال الطاقة النظيفة، اقترح آخرون استعمال أموال الحوافز لتحقيق الطلبات من أجل التقانات الحديثة وتقديم إعانات عالية للمستهلكين لاستعمال الطاقة الشمسية في ألمانيا التي ساعدت في دفع استعمال الطاقة الشمسية ليس فقط في ذلك البلد، ولكن أيضاً في الولايات المتحدة والصين.

وفي الحقيقة، إن الأزمة هي توفير فرص متعددة للحكومات لتشرع في عمل حاسم بشأن الابتكار، ويترتب على صانعي السياسة الاقتصادية أن يدافعوا عن هذه الإمكانيات عندما يعقدون صفقات حافزة.

انطلاقاً من الطبيعة العميقة التعقيد لنظام الابتكارات العالمية الحديثة، يترتب عليهم العمل بالمشاركة - كما بدؤوا بالفعل بالتوجه إلى مشكلات النظام المالي العالمي. فالتعاون الدولي على هذا المستوى بقي في الأعوام الأخيرة نادراً بشكل عام. وهناك كل الأسباب للأمل في أن الخبرة المكتسبة من هذه الأزمة ستكون نموذجاً للجهود المستقبلية لمصارعة التحديات مثل تغيرات المناخ ونقص المياه في عالم وصفه أوباما في خطاب انتصاره بأنه "مرتبط بعلومنا وتخيلنا".

□ نُشر هذا الخبر في مجلة Nature, Vol 456, 13 November 2008.

ترجمة د. مصطفى حموليا، عضو هيئة التحرير.

ويتعين عليهم في الأشهر القادمة موازنة متطلبات شرعية عديدة في الموارد العامة بما في ذلك الحاجة لتخليص مواطنيهم من الألم الاقتصادي المباشر، وإنعاش الأوضاع الاقتصادية للناس بخفض الضرائب والإنفاق العام. وإن مثل هذه الحاجات ستصبح خطيرة إذا كان التراجع العالمي عميقاً وطويلاً، وخاصة في بلدان ذات اقتصاد ضعيف أساساً، وسوف يترتب عليها أن تأخذ الأولوية.

### الاستثمارات المستقبلية

ومع ذلك، فإن صانعي القرار السياسي هم المسؤولون عن المبادرات البعيدة النظر. فشرركات التقانات العالية تعرف منذ زمن طويل أن حماية البحث والتطوير R&D هي مفتاح الخروج من فترة الركود الاقتصادي القوية. فهم يزنون إلى تخفيض أي شيء آخر قبل البحث والتطوير. والشيء المشجع أن حكومات كبيرة وصغيرة عديدة تتبنى الآن وجهة نظر مماثلة: فالتربية والأبحاث ليست مجرد تكاليف يجب أن تخفض بل هي استثمارات يستغرق مردودها الاقتصادي مدداً طويلة. أما إذا عدت الحكومات أن هذه لغة خطابية، فهذه مسألة أخرى، وهي لن تكون قادرة على تحمّل مسؤولية بذل جهود التحفيز الكبيرة دون أن تتحمّل أيضاً القيام بأعباء التنمية على مدى طويل كي تخفض العجز الناتج من ذلك.

ومما يشجع أيضاً بزوغ قدر من الإدراك بأن الإجراءات القصيرة والطويلة المدى لمواجهة الأزمة الاقتصادية غير متعارضة فيما بينها، إذ من الممكن، بل من الضروري، أن تنفذ معاً في وقت واحد. وبعد إنقاذ ثلاثة بلايين دولار من النظام البنكي مثلاً، تحتاج بلدان كثيرة بالفعل إلى التأمّل في رزمة من الحوافز الاقتصادية. ولكن بدلاً من المهنيّة التقليدية، تركز الخطط الموجهة للإنفاق على خفض الضرائب للأفراد وزيادة الإنفاق فقط، ويجب على صنّاع السياسة أن يبحثوا عن طرق تعطي الاقتصاد جرعة إنقاذ سريعة في حين تزيد الاستثمارات التي تستحث الإنتاج والتطوير والابتكار.

يبدو أن الصين تفكر في هذه المواضيع، فقد أعلنت بيجين عن صفقة حافزة تقدر بـ 4 تريليون ين (قرابة 586 بليون دولار أمريكي)، غامضة التفاصيل - سيذهب بعض منها على الأقل إلى أرصدة ضريبة الأبحاث والاستثمارات في البنية التحتية. والولايات المتحدة التي تناقش رزمة حوافز ذات حجم مماثل يمكن أن تفعل شيئاً مماثلاً: فباراك أوباما -رئيس الولايات المتحدة- ذكر في حملته الانتخابية الحاجة إلى استثمارات رئيسية في الطاقة

Ti	الرمز:
22	العدد الذري: (عدد البروتونات في النواة)
48	الوزن الذري:

## التيتانيوم

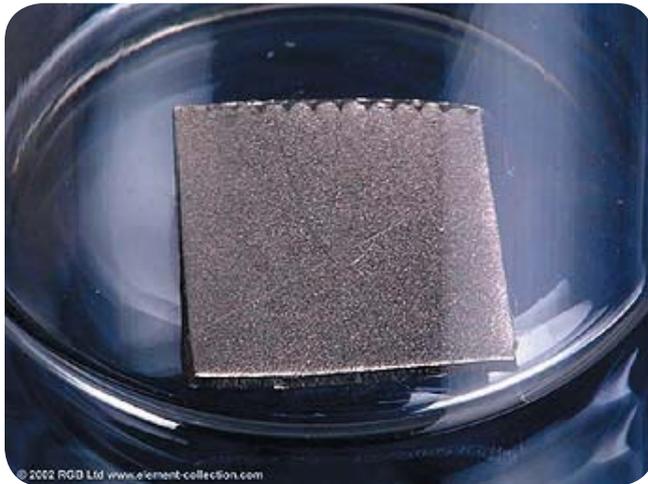
### ماهيته

التيتانيوم عنصر لئاع ومقاوم للتآكل (بما في ذلك مياه البحر والكلور) وكثافته منخفضة ولونه فضي. والخاصيتان الأكثر أهمية لهذا العنصر هما: مقاومته للتآكل وكثافته المنخفضة. يُعدُّ التيتانيوم من العناصر القاسية وهو شبيه ببعض أنواع الفولاذ من حيث قساوته لكنه أخف بمقدار 45%. لا يتمتع التيتانيوم بخاصية مغنطيسية ملحوظة كما أنه ضعيف الناقلية الحرارية والكهربائية. يحترق التيتانيوم في الهواء عند تعرّضه للدرجة 1200 مئوية وفي الأكسجين النقي في الدرجة 610 مئوية مشكلاً أكسيد التيتانيوم، وهو من المعادن القليلة التي تحترق بوجود غاز النتروجين النقي في الدرجة 800 مئوية ليشكّل نتريد التيتانيوم. والتيتانيوم مقاوم لحمض الكبريت وحمض كلور الماء الممدّين وكذلك لغاز الكلور ومحلول الكلور وغالبية الأحماض العضوية.

### وجوده في البيئة

يظهر التيتانيوم بشكل طبيعي كمكوّن لبعض الرسوبيات الفلزية، ويرتبط دائماً مع عناصر أخرى في الطبيعة. ويأتي ترتيبه التاسع من حيث وفرة بين العناصر في القشرة الأرضية (0.63% كتلياً) والسابع بين المعادن. يتوزّع بشكل واسع في فلزات القشرة الأرضية ومن أهم فلزاته ذات المردود الاقتصادي نذكر الروتيل والإلثيت رغم أنهما لا يتواجدان بتراكيز معتبرة، ويستخلص منهما حوالي 900000 طن من المعدن و600 مليون طن من أكسيد التيتانيوم سنوياً. يوجد التيتانيوم في كافة الأشياء الحية تقريباً وفي الصخور والتربة والمياه. ومن أهم مركباته الأكثر وجوداً هو أكسيد التيتانيوم ومركب رباعي كلوريد التيتانيوم وثلاثي أكسيد التيتانيوم الذي يستخدم كمحفز لإنتاج متعدد البروبيلين polypropylene.

يوجد للتيتانيوم خمسة نظائر طبيعية مستقرة: بدءاً من التيتانيوم-46 وحتى التيتانيوم-50، مع أن التيتانيوم-48 هو



الأكثر وفرة (73.8%). حدّدت خصائص أحد عشر نظيراً والأكثر استقراراً بينها هو التيتانيوم-44 والتيتانيوم-45 والتيتانيوم-51 والتيتانيوم-52، ويبلغ عمر نصفها 63 سنة و184.8 دقيقة و5.76 دقيقة و1.7 دقيقة على التوالي. ويقلُّ عمر نصف غالبية ما تبقى من نظائره غير المستقرة عن 33 ثانية.

وفي المجال الطبي، يستخدم التيتانيوم في سلسلة كاملة من التطبيقات الطبية بما في ذلك أدوات الجراحة والزرع التي يمكن أن تبقى في الجسم لمدة 20 عاماً، كما يستخدم بشكل خاص في زراعة الأسنان التي قد تستمر ثابتة لمدة 30 عاماً. ويعود السبب في هذه الاستخدامات إلى عدم سمّيته ومميزاته الحيوية المناسبة.

### إنتاجه وتصنيعه

تجري عمليات تحضير معدن التيتانيوم وفق أربع مراحل:

إرجاع فلز التيتانيوم إلى عجيبة مساميّة الشكل، وصهر العجيبة أو إضافة خليطة مسيطرة للعجيبة لتشكيل كتلة معدنية، وبشكل أولي، تحول الكتلة المعدنية إلى نواتج عامة مطحونة مثل القضبان والصفائح والألواح والقشارات والأنابيب، وأخيراً تصنيع أشكال نهائية من النواتج المطحونة.



المحركات الأربعة لوحدها في طائرة إيرباص A380 تستعمل 26 طن متري من التيتانيوم.

وجود حوالي 1 ppm من التيتانيوم في النباتات وحوالي 2 ppm في نباتات التغذية وحتى 80 ppm في نبات ذنب الخيل horsetail والقرص nettle.

### ما هي خطورته؟

يحدث مسحوق التيتانيوم ورقاقته لهباً كبيراً، وعندما يسخن في الهواء يحدث انفجارات خطيرة. وإن استخدام الطرائق التقليدية مثل المياه وثنائي أكسيد الكربون في إطفاء الحرائق لا تنفع في حالة حرائق التيتانيوم. ويمكن استخدام مسحوق النمط D بدلاً من الطرائق التقليدية لمثل تلك الحرائق. حتى أن الكتل المعدنية من التيتانيوم مهيأة لإحداث الحرائق عند تسخينها إلى درجة الانصهار. وحين يُستخدم التيتانيوم في إنتاج أو نقل الكلور يلزم الحذر من استخدامه في الأماكن التي يمنع تعرضها للكلور الغازي الجاف لئلا تحدث الحرائق. كما يحذر من استخدامه مع الكلور الرطب وذلك بسبب إمكانية تجفيف غير متوقع في ظروف مناخية حديثة.

يمكن للتيتانيوم أن يلتقط النيران لدى تلامسه، وبوجود الأكسجين السائل، مع سطح حديث التصنيع وغير خاضع للأكسدة بعد. يمكن أن تحدث مثل هذه السطوح عند تعرضها لخدش بجسم صلب، أو عند حدوث تشقق نتيجة إجهاد ميكانيكي. إن مثل هذه المشكلات تحدّ من إمكانية استخدامه في منظومات الأكسجين السائل، كالتي نجدها في محطات إطلاق المركبات الفضائية.

تعتبر مركبات التيتانيوم نادرة الخطورة، لكن مركباته الكلورية، مثل  $TiCl_2$  و  $TiCl_3$  و  $TiCl_4$ ، أظهرت مفاجآت غير عادية، وجميعها تشكل مواد أكالة.

□ إعداد د. عادل حرفوش، رئاسة هيئة التحرير.

ونظراً لتفاعل المعدن مع الأكسجين في درجات الحرارة العالية فلا يمكن أنتاجه بإرجاعه عندما يكون على هيئة ثنائي أكسيد التيتانيوم. ينتج التيتانيوم المعدني عادة وفق طريقة معقدة ومكلفة. فيحول أكسيد التيتانيوم أولاً إلى كلوريد التيتانيوم حيث يمرر الكلور الغازي فوق الروتيل أو الإلميت الأحمر الساخن بوجود الكربون من أجل تشكيل  $TiCl_4$ . يكتف هذا المركب ويُقَى عبر تقطير مجزاً ثم يُرجع بوجود المغزيوم المائع في الدرجة 800 مئوية في جو من الأرجون.

وقد طوّرت طريقة حديثة بإمكانها استبدال الطريقة القديمة. تعتمد هذه الطريقة على مسحوق ثنائي أكسيد التيتانيوم كمادة أولية للحصول على المنتج النهائي على هيئة مسحوق أو عجينة.

### استخداماته؟

يُستخدم التيتانيوم في خلّاط عديدة مع الحديد والألمنيوم والفاناديوم والمولبدنيوم وعناصر أخرى لإنتاج مواد قوية وخفيفة في الصناعة الجوية (المحركات النفاثة والصواريخ وفي الصناعات العسكرية) والعمليات الصناعية (المواد الكيميائية والبتروكيماويات ومحطات إزالة الملوحة وصناعة الورق) وزراعة الأسنان وأدوات الرياضة والمجوهرات والهواتف النقالّة وتطبيقات أخرى. ويُستخدم حوالي 95% من فلزات التيتانيوم لتحوّل إلى أكسيد التيتانيوم ( $TiO_2$ ) لاستخدامه في صناعة الورق والدهانات ومعاجين الأسنان والبلاستيك، ويُستخدم أيضاً في الإسمنت. يكون مسحوق أكسيد التيتانيوم غير فعّال ولا ينفذ الضوء من خلاله كيميائياً (غير نافذ للضوء) ولذلك يُستخدم في كثير من الأدوات البلاستيكية المستخدمة في المنزل، كما يتمتع بقرينة انكسار عالية جداً ومشتتة للضوء أكثر من الألماس. يُستخدم حوالي ثلثي التيتانيوم المعدني المنتج في محركات الطائرات والكوابح.

تستخدم قضبان التيتانيوم في عمليات لحام المبادلات الحرارية والصهاريج والصمامات المستخدمة في الصناعات الكيميائية وكيمياء النفط بسبب مقاومته للتآكل. ويُستخدم معدن التيتانيوم في سيارات ومحركات السباق حيث تكون قلة الوزن ومثانة التجهيزات مهمتين في مثل هذه الحالات.

### اعتبارات وقائية

ليس للتيتانيوم أية سميّة حتى عند التراكيز العالية ولا يلعب أي دور طبيعي داخل جسم الإنسان. ويقدر ما يتناول مع الطعام بـ 0.8 مليغرام من التيتانيوم يومياً لكن غالبيتها تمرّ دون أن يمتصها الجسم. غير أنه توجد إمكانية للتراكم الحيوي في النسيج الحاوية على السيليكا. وبألية غير معروفة في النباتات يُستخدم التيتانيوم لحث إنتاج الكربوهيدرات وتشجيع النمو. وربما يشرح ذلك سبب

## إنتاج عناصر مشعة جديدة لخدمة الطب

تمّ تدشين مسرّع جديد للجسيمات، السيكلوترون أروناكس Cyclotron Arronax، في بداية شهر تشرين الثاني/نوفمبر 2008. سينتج عناصر نشطة إشعاعياً لخدمة الصناعة الطبية وللأبحاث.

## ما هو السيكلوترون؟

جان فرانسوا شاتال: هو مسرّع جسيمات مخصّص لإنتاج عناصر نشطة إشعاعياً، وعادةً ما تُستخدم في المجال الطبي. يوجد 27 مسرّعاً في فرنسا، لكن طاقة أيّ منها لا تتجاوز 20 MeV، وشدة الحزمة محدّدة بمئة مكرو أمبير. أما السيكلوترون الجديد المسمى أروناكس Arronax، الذي بُني في Saint Herblain، بالقرب من Nantes، وبلغت تكلفته 37 مليون يورو، فسيكون أكثر قدرة بكثير: 70 MeV وشدة حزمته 750 مكرو أمبير. سينتج عناصر مشعة لم يكن بالإمكان إنتاجها من قبل بواسطة السيكلوترونات الحالية. تُستخدم هذه النويّات المشعة بشكل خاص في علم الأورام، بل وتستخدم أيضاً في مجالات طبية أخرى مثل الأمراض القلبية.

## لماذا نحتاج إلى سيكلوترونات ذات استطاعة أكبر؟

يتطلّب تطوير تشخيصات جديدة لتقييم وظيفة العضلة القلبية ومعالجتها إنتاج عناصر مشعة غير قابلة للإنتاج في السيكلوترونات التقليدية. فعلى سبيل المثال، نستخدم التصوير الشعاعي الطبقي بالإصدار البوزتروني. وهذا يعني حقن عنصر مشع عن طريق الأوردة وقياس البوزترونات (الإلكترونات الموجبة) الصادرة خلال التفكك. غير أن العنصر المشع المستخدم، الروبيديوم-82، له فترة إشعاع قصيرة جداً، بحدود 75 ثانية. وهكذا يجب استخدام السترونسيوم-82 الذي يتفكك مترافقاً بالروبيديوم-82. ونحن في الوقت الحالي نفتقر لهذا العنصر الموجود في الولايات المتحدة فقط. فأروناكس سينتج منه كمية أكبر مما تنتجه جميع السيكلوترونات الموجودة حتى الآن.

## ما هي التطبيقات الأخرى الممكنة؟

في مجال السرطانات أيضاً نستخدم الفلور-18 للتصوير الشعاعي الطبقي في التشخيصات، لكن فترة الحياة لهذا العنصر المشع هي عبارة عن ساعتين فقط، مما يحّد من استخدامه. يمكن استبداله بالغاليوم-68 الذي تمتد فترة حياته إلى 270 يوماً، ويمكن إنتاجه في أروناكس. علاوة على ذلك، يمكن لهذا السيكلوترون إنتاج كميات كافية من عناصر مشعة جديدة للقيام بدراسات سريرية في مجال المعالجات. وأخيراً، فإن حوالي 20% من الأبحاث تتعلق بميادين غير طبية، كما في حالة النفايات النووية والأفعال الإشعاعية المتبادلة في المادة الحية أو تأثير الإشعاعات الكونية على الأجهزة الإلكترونية.

◀ مقتبس من مجلة La Recherche, No 426, Janvier 2009

## البكتيريا يمكن أن توفر مزوداً بديلاً بالطاقة

ينظر العلماء على نحو متزايد إلى علم الأحياء لبناء نبتات صغيرة جداً، حيث أدّعت مجموعة بحث مؤخراً أنها نجحت في تدوير دوّار ذي مقاس نانوي وذلك باستخدام بكتيريا ضمت إلى سطحه. وعلى أية حال، إن فيزيائيّ المادة الكثيفة روبرتو دي ليوناردو R. di Leonardo ورفاقه في جامعة Rome La Sapienza في إيطاليا لا يعتقدون بأنه من الضروري ربط البكتيريا إلى الدوّار لكي تدوّره. وبدلاً من ذلك، فقد نفّذوا محاكاة فيها دولاب مسنّن لا متناظر يتحرّك عندما يُغمّر ببساطة في حوض يحتوي بكتيريا.

إن ما فعلته مجموعة ليوناردو هو نمذجة تفاعل مجموعة البكتيريا E. coli. المثالية مع دولاب مسنّن يبلغ قطره 50 μm. يُسخر الباحثون حركة البكتيريا من خلال توليفة من البهلوانية الهبوط والاتصال بين كائنات حية مجهرية فردية. عندما تضرب البكتيريا الحافة الطويلة للسنن على المسنن فإنها تجبره على السير باتجاه عقارب الساعة، وعندما تضرب الحافة القصيرة من المسنن، فإنها تجبره على الدوران بعكس

اتجاه عقارب الساعة. أظهر الباحثون أن التأثير الكلي هو الحركة بعكس اتجاه عقارب الساعة عموماً بمعدل دورتين في الدقيقة تقريباً مع تقلبات في هذه السرعة عندما يدور المسنن.

والخطوة القادمة للباحثين هي أن يقوموا بإجراء تجربة واقعية. ويعتقد دي ليوناردو بأن ذلك، إذا نجح، فإن البكتيريا يمكن أن تستعمل كمصدر للطاقة، وذلك بتغذيتها ومن ثم استغلال محصلة النتائج الميكانيكية التي يمكن أن تؤدي إلى شكل جديد واعد في مجال توليد الطاقة. يقول ليوناردو: "نحن مثل البشر قبل الثورة الصناعية، ولكن في المقياس المجهرى (الدقيق)"، ويتابع قائلاً: "في ظل غياب المحركات الدقيقة الكفوءة، يجب أن نلجأ إلى استعمال الكائنات الحية كمصادر للطاقة".

◀ مقتبس من مجلة Physics World, February 2009

## الطاقة الشمسية تتقدم نحو التعادل مع الشبكة

في نهاية شهر كانون الأول/ديسمبر 2008، تم افتتاح أضخم محطة طاقة شمسية للأفلام الرقيقة في أمريكا الشمالية فوق مساحة 60 كم<sup>2</sup> إلى الجنوب الشرقي من لاس فيغاس في نيفادا. تُقدَّر تكلفة هذه المحطة التي بنتها شركة California-based Sempra Generation بـ 40 مليون دولار أمريكي وستستخدم 167000 وحدة شمسية مصنعة من أنصاف نواقل من تلوريد الكاديوم (CdTe) لتحويل ضوء الشمس إلى كهرباء، لإعطاء خرج طاقي يقارب 10 MW بإمكانه توليد الكهرباء بمعدل ينخفض عن التكلفة الوسطية للكيلو واط الساعي في الولايات المتحدة.

أنتجت الخلايا الشمسية وجُهزت لصالح Sempra Generation من قبل الشمسية الأولى First Solar، وهي شركة مقامة في أريزونا والوحيدة المصنعة للوحات CdTe. ويقول وولفرام جايجرمان Wolfram Jaegermann، المتخصص في علم المواد والمنخرط في البحث الفوتوفولطي في جامعة دارمشتاد للتكنولوجيا في ألمانيا: «إنهم يمتلكون طريقة سريعة وفعالة جداً لتصنيع وحدات شمسية رخيصة ومتينة».

على الرغم من أن CdTe لها مردود تحويل شمسي يبلغ 10% فقط بالمقارنة مع بلورات السليكون التجارية، التي تسيطر على حوالي 90% من السوق الفوتوفولطي ويتراوح مردودها بين 14 و20%، إلا أن أفلام CdTe تمتص الضوء عند أطوال موجية أكبر، مما يساعدها على العمل حتى في الأيام الغائمة. كما أن CdTe هي أيضاً أكثر سهولة في التصنيع من السليكون، الذي تعرّض مؤخراً لزيادات سعرية بسبب نقص في مخزونه.

لم تعلق الشمسية الأولى على المشروع، لكن وحسب مارك باشمان Mark Bachman، المحلل في مجال الطاقة الشمسية لمؤسسة Pacific Crest Securities in Portland، تستطيع محطة Sempra إنتاج الكهرباء بكلفة 7.5 سنت لكل كيلو واط ساعي، وهو أقل من 9 سنت التي تمثل وسطي التكلفة في الولايات المتحدة. وإذا كان الأمر كذلك، فإن الطاقة الشمسية قد وصلت إلى حالة «التعادل مع الشبكة»، مما يسمح لها بمنافسة الفحم والطاقة النووية. ويضيف جايجرمان: «أنا أتوقع التعادل مع الشبكة في القريب العاجل بفضل الشمسية الأولى».

لكن ليس من الواضح تماماً أن الشمسية الأولى قد تجاوزت هذه العتبة. ويعتقد أندري بلاك Andy Black، المحلل في OnGrid Solar of San Jose، أن التعادل مع الشبكة يتعلق بمعدل السطوع الشمسي وتكاليف المرافق الحالية في منطقة ما. ويقول بلاك: «إن قسماً من كاليفورنيا هو بالفعل في حالة تعادل مع الشبكة، لكنه في أماكن أخرى مثل Kentucky، حيث السطوع الشمسي أقل وتوافر كميات كبيرة من الفحم، قد يستغرق الوصول إلى حالة التعادل 10 سنوات قادمة».

تسخير الشمس، محطة لوحة شمسية جديدة في نيفادا ستستخدم 167000 وحدة من تلوريد الكاديوم.

◀ مقتبس من مجلة Physics World, February 2009

## الإشعاع

## والنشاط الإشعاعي

إعداد د. عادل حرفوش

رئاسة هيئة التحرير

والثوريوم-232. وبالإضافة إلى المواد النشطة إشعاعياً والموجودة بشكل طبيعي، يمكن إنتاج ذرات نشطة إشعاعياً عند تعرض نواة ذرة ما للتأثر مع جسيم أو مع إشعاع كهربي بهدف تشكيل نواة غير مستقرة. يمكن إجراء ذلك تقليدياً في المفاعلات النووية ومسرعات الجسيمات.

وأثناء انتقال الذرات النشطة إشعاعياً إلى حالة مستقرة فإنها تصدر إشعاعاً بعدة أشكال، كما يتضح أدناه:

- جسيمات مشحونة (جسيمات ألفا وجسيمات بيتا وبوزترونات).
- جسيمات غير مشحونة (نوترونات).
- إشعاع كهربي (أشعة غاما وأشعة-X).

## أنماط الإشعاع

توجد عادة أربعة أنماط من الإشعاع المرافق للتفكك الإشعاعي:

**جسيمات ألفا:** يكون جسيم ألفا مشحوناً إيجابياً ويصدر عن تفكك إشعاعي لبعض الذرات غير المستقرة. ويتكون جسيم ألفا من بروتونين ونوترونين (إنه أساساً نواة ذرة الهليوم)، فهو إذن أثقل من أية إصدارات تفكك أخرى وأقل حراكاً. تبلغ سرعة جسيمات ألفا 16000 كم بالثانية. لا يمكن لجسيمات ألفا أن تخترق المواد إلى مسافات بعيدة، ويمكن إيقافها بسهولة بعد قطعها 3 سم في الهواء أو 0.2 سم في الماء أو بواسطة قطعة ورق. وفي الوقت الذي يمكن فيه إيقاف جسيمات ألفا بعوائق بسيطة، فإنها مخربة في أغلب الأحيان إذا ما تم ابتلاعها أو استنشاقها إلى داخل الرئتين أو دخولها إلى الدم عن طريق الجروح الجلدية، إذ بإمكانها تحطيم الروابط الكيميائية (مما يسبب تخريباً كيميائياً أو بيولوجياً) عند ارتطامها بجزيء ما بسبب قدها وكتلتها وشحنتها.

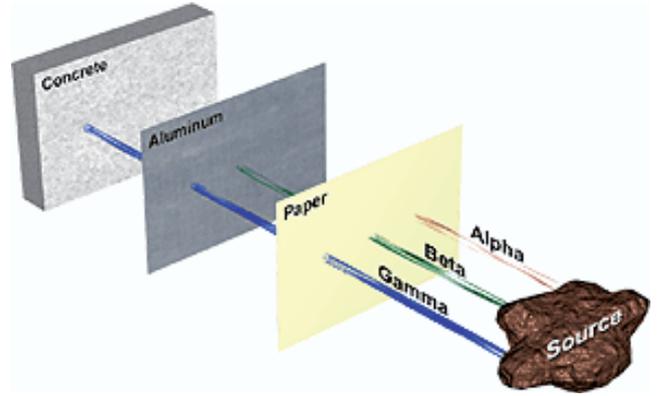
**جسيمات بيتا:** يصدر جسيم بيتا أثناء التفكك الإشعاعي لبعض الذرات غير المستقرة. يمكن لجسيمات بيتا أن تمتلك شحنة

يُعزى الإشعاع إلى أمواج وجسيمات تنتشر عبر الفضاء، تتضمن أمواجاً كهربية وطيفاً واسعاً ومستمرًا من الطاقة تشمل الضوء المرئي والأمواج الراديوية والأمواج المكروية وأشعة-X وأشعة غاما والأشعة تحت الحمراء وفوق البنفسجية، وتنتشر جميع الأمواج الكهربية بسرعة الضوء. في حين يتضمن الإشعاع الجسيمي جسيمات ألفا وجسيمات بيتا ونوترونات وبروتونات وأيونات ثقيلة، كما تتعلق سرعة الإشعاع الجسيمي وطاقته بمصدر الإشعاع وبأى تأثير لاحق بين الجسيم والمادة الأخرى.

على الرغم من وجود مصادر مختلفة عديدة للإشعاع، فهو ينتج عادة من تفكك مادة ذات نشاط إشعاعي أو ينشأ عن تبدلٍ طاقيٍّ لذرة أو إلكترون أو نواة، أو عن حركة ذرات أو جزيئات، أو عن التأثر بين جسيمات أو بين إشعاع كهربي وذرات أو نوى. هناك عدة مصادر وأنماط للإشعاع تُنتج بشكل طبيعي مثل أشعة الشمس والمواد ذات النشاط الإشعاعي والضوء المرئي والإشعاع الكوني، والإشعاع الحراري. ويمكن أيضاً توليد الإشعاع لتشخيص الأمراض ومعالجتها، واستقصاء كمية العضويات المكروية الممرضة أو تخفيضها بهدف تعزيز أمان المعدات الطبية، والإمداد الغذائي، والغذاء المطهو، وأدوات نقل المعلومات (الراديو والتلفاز والهواتف المحمولة... إلخ)، وغيرها من التطبيقات المتعلقة بهذا الموضوع.

يُعزى النشاط الإشعاعي إلى خاصية تبديدها بعض المواد الطبيعية أو الصناعية حيث يتم إصدار تلقائي لجسيمات أو إشعاع كهربي. يصدر هذا الإشعاع عن ذرات غير مستقرة عند خضوعها لتحوّل يقودها إلى حالة أكثر استقراراً، ويسمى هذا الانتقال تفككاً إشعاعياً radiation decay. تكون الذرات غير المستقرة الموجودة في الطبيعة مصدراً طبيعياً للإشعاع. وكمثال على الذرات النشطة إشعاعياً الموجودة في الطبيعة نذكر الكربون-14 واليوتاسيوم-42 والرادون-222 واليورانيوم-235 واليورانيوم-238

تغيرات في السويات الطاقةية لإلكترون ذري ويعرف بأشعة-X. وتكون طاقة أشعة غاما أعلى من طاقة أشعة-X، وكلاهما يمكنه اختراق المادة لمسافات أبعد مما تفعله الجسيمات. تبلغ سرعة الإشعاع الكهرطيسي 300000 كم بالثانية، وتتناقص شدة هذا الإشعاع مع تزايد مسافة الاختراق. ولتخفيض شدة أشعة غاما إلى جزء من مليون جزء من طاقتها نحتاج لتدريع سمكه 4.8 م من الهواء و 2 م من البيتون أو 40 سم من الرصاص.



### استخدام أشعة غاما

سمحت القدرة العالية لإشعاعات غاما بجعلها أداة مفيدة في تعقيم التجهيزات الطبية وذلك بقتلها للبكتيريا، كما أنها تستخدم لقتل البكتيريا في الأغذية، وبخاصة اللحوم والخضار. تعرف هذه التقنية بالتشعيع، وقد غدا موضوع تشعيع الأغذية حديث الساعة في وقتنا الحالي. إذ يحاجج البعض بأن تأثير التشعيع المؤيّن على الغذاء لا يزال غامضاً، وأن مثل هذا التشعيع قد يخرب المحتويات الغذائية أو قد يؤدي إلى تشكل مركبات سامة في الغذاء. في حين يحاجج مناصرو التشعيع بأن تأثيرات التشعيع على الأغذية درست بشكل جيد في إطار فهم أشعة غاما وأن الأغذية المشععة يمكن بسهولة فحص نشاطها الإشعاعي.

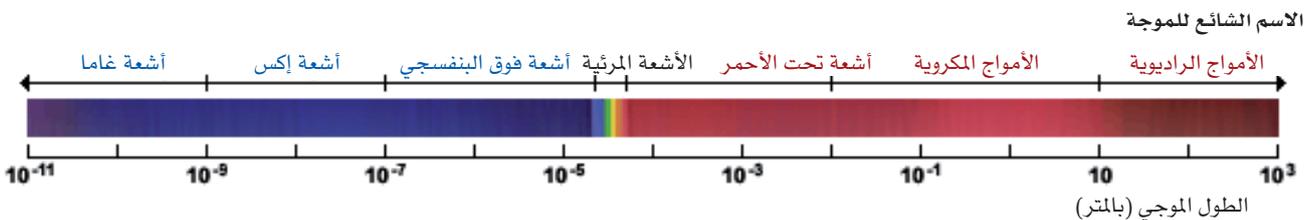
### استخدام أشعة إكس

بدأ استخدام أشعة إكس في الطب عام 1896 حيث تم استخدام شاشة الفلورة لمتابعة مسار سلفات الباريوم عبر الجهاز الهضمي للحيوان. وبعد ذلك بقليل استخدمت أشعة إكس في الطب البشري لفحص كسور العظام أو للبحث عن أجسام غريبة في جسم الإنسان كالرصاصة مثلاً. تشير الدراسات الحديثة إلى أن التعرض الكثيف لأشعة إكس قد يؤدي إلى مرض ابيضاض الدم. والعديد من الأطباء الآن يوصون باستخدام أشعة إكس عند الضرورة فقط.

النترونات: تتمتع النترونات بكتلة تساوي ربع كتلة جسيم ألفا وتزيد بألفي مرة عن كتلة جسيم بيتا، وليس للنترون شحنة كهربائية. ويتمتع النترون بقدرة على اختراق المادة أكبر من قدرة الجسيمات المشحونة على اختراقها، ولكن ذلك يتعلق كثيراً بالطبيعة الفيزيائية والذرية للمادة المخترقة.

موجبة أو شحنة سالبة ولها في الحالتين كتلة متماثلة وصغيرة جداً (جزء من 2000 جزء من كتلة النترون) بغض النظر عن الشحنة. وفي حالات نادرة يطلق على جسيم بيتا السالب الشحنة "نيغاترون"، ولكنه يسمى عادة إلكترون، أما جسيم بيتا الموجب الشحنة فيسمى بوزترون. إن غالبية جسيمات بيتا الناتجة عن تفكك نظائر مشعة طبيعية هي إلكترونات. أما البوزترونات فتنتج عادة عن تفكك نظائر مشعة صناعية كالنظائر المشعة المستخدمة في التصوير الطبقي بالإصدار البوزتروني (PET) Positron Emission Tomography، الذي غدا دعامة أساسية في التشخيص الطبي النووي. تبلغ سرعة تحرك جسيمات بيتا 250000 كم بالثانية. يمكن لجسيمات بيتا أن تخترق المواد إلى مسافات أبعد مما تفعله جسيمات ألفا، ويمكن إيقافها فقط بعد قطعها 3 م في الهواء أو بضعة سنتيمترات في الماء أو بواسطة صفيحة رقيقة من الزجاج أو المعدن. تخترق البوزترونات مسافات أقل مما تخترقه الإلكترونات وذلك لأنها تتأثر مع إلكترون ما ويتبدد كلا الجسيمين لينتج عن ذلك فوتونان استطاعة كل منهما 511 كيلو إلكترون فولط (الفوتون هو كم، أو وحدة، من الإشعاع الكهرطيسي والـ 511 كيلو إلكترون فولط هي الطاقة الكتلية المتبقية من الإلكترونات والبوزترونات. وهكذا، فإن عملية التبدد هي عملية يتم فيها تحوّل الكتلة الكلية للإلكترون والبوزترون إلى طاقة.)

الإشعاع الكهرطيسي: يرافق التفكك الإشعاعي نمطين من الإشعاع الكهرطيسي: إشعاع كهرطيسي ينشأ بواسطة نواة الذرة ويعرف بإشعاع غاما (يحصل ذلك عند انتقال النواة من سوية طاقةية عليا إلى سوية طاقةية دنيا)، وإشعاع كهرطيسي يصدر نتيجة



## طيف الإشعاع



يتشكل الضوء من مزيج من الألوان، ويمكن للضوء الأبيض أن يتشتت إلى ألوانه المكونة له: البنفسجي والبنفسجي والأخضر والأصفر والبرتقالي والأحمر. يسمى هذا الترتيب للألوان بالطيف المرئي. يمكن تحديد لون معين من الضوء بواسطة تواتره أو طول موجته مع اعتبار أن جداء التواتر بطول الموجة يساوي سرعة الضوء البالغة 300000 كم بالثانية.

يشكل قوس قزح الطيف الطبيعي للضوء المرئي، ويحدث بوصفه ظاهرة جوية meteorological phenomena، كما يمكن إحداث ظاهرة مشابهة عند عبور ضوء الشمس خلال موشور زجاجي. فعندما يمر الضوء من وسط شفاف، مثل الهواء، إلى وسط شفاف آخر، مثل الزجاج أو الماء، يتعرض للانحراف، وعندما يتابع مسيره ليخرج إلى الهواء من جديد فإنه ينحرف أيضاً. يعرف هذا الانحراف بانكسار الضوء. يتعلق مقدار الانكسار بطول موجة الضوء. فالضوء البنفسجي مثلاً ينكسر أكثر من الضوء الأحمر أثناء عبورهما من الهواء إلى الزجاج أو من الزجاج إلى الهواء. وبالتالي تتفرق حزمة الضوء المكونة من اللونين البنفسجي والأحمر إلى لونيها الأساسيين بعد مرورها عبر موشور زجاجي.

يُعدُّ واحداً من أجهزة القياس الرئيسية لكمية الإشعاع المؤقت temporary radiation، ويتكون هذا الجهاز من وحدة كشف في نهاية مسبار مزود بعداد إلكتروني. يقوم هذا الجهاز بعدد الجسيمات المشعة الداخلة إلى غرفة كشف حساسة، ويحول هذه الإشارة إلى حركة إبرة على قرص رقمي في هذا الصندوق.

يحتوي عداد غايغر على عدة أقراص لتغيير مقاس شدات الإشعاع المختلفة، كما يوجد مصدر إشعاع بسيط لمعايرة الجهاز وبطاريات داخل الصندوق المحمول. فالعداد يصدر طاقة من أجل كل جسيم، أي يصدر الجهاز طاقة كل عدة ثوان ليشير إلى خلفية الإشعاع أما في حالة وجود شدة مرتفعة للإشعاع في الوسط المحيط فهو يصدر عدداً سريعاً من الطقات متناسباً مع شدة الإشعاع. وفي هذه الحال يمكن لمستخدم الجهاز الحصول على قياس مرئي ومسموع للنشاط الإشعاعي.

يتعرض بعض الأشخاص للإشعاع بطبيعة عملهم، وفي مثل هذه البيئة تتم مراقبة دقيقة لكمية الإشعاع بهدف التأكد من بقاء كمية الإشعاع الذي يتعرض له العاملون ضمن الحدود الدنيا المقبولة. تستخدم لهذه الغاية لوحات فلمية فردية ومقاييس جرعات شخصية مفيدة جداً. تشير شدة اسوداد الفلم إلى مقدار الإشعاع المستقبَل، وتحليل الفلم يمكن الاحتفاظ بسجل لقيمة الإشعاع الذي استقبله حامل الفلم. أما مقياس الجرعات الشخصية فهو يسمح للعاملين بقراءة فورية للجرعة التي تعرضوا لها وذلك من خلال النظر إلى سلم صغير يُكَبِّرُه المقياس (والمقياس له شكل قلم يمكن تعليقه في الجيب).

## تأثيرات الإشعاع

إن كثرة التعرض للإشعاع مؤذية، وتأتي معرفتنا لهذا الأذى من البحث ومن الحوادث، ومن تأثيرات القنبلتين الذريتين اللتين ألقيتا على اليابان في العام 1945. يمكن أن تتدرج التأثيرات من مشاكل هضمية غير حادة (مثل الغثيان والتقيؤ) مروراً بتغيرات في الدم

تسمى الأداة المستخدمة لإنتاج الطيف وملاحظته بالعين المجردة "منظار الطيف spectroscope"، وتسمى أداة الملاحظة والتسجيل راسم الطيف أو "المطياف spectrograph"، كما تسمى أداة قياس إضاءة الأجزاء المتنوعة للطيف "مقياس الطيف الضوئي spectrophotometer"، أما العلم الذي يستخدم الأدوات المذكورة أعلاه فيسمى المطيافية أو "علم الأطياف spectroscopy".

ولإجراء قياسات طيفية دقيقة يتم استخدام مقياس التداخل interferometer. فخلال القرن التاسع عشر اكتشف العلميون أنه ما بعد نهاية البنفسجي لطيف، يمكن كشف إشعاع غير مرئي بالعين المجردة لكن ذلك الإشعاع سجل وجود فعل كيميائي ضوئي، وسمي هذا الإشعاع "فوق بنفسجي ultraviolet". وبشكل مشابه، تم اكتشاف إشعاع بعد نهاية الطيف الأحمر، وهو أيضاً غير مرئي، وسمي بالـ "الإشعاع تحت الأحمر infrared"، لكن باستطاعته رفع درجة حرارة ميزان الحرارة. وبعد ذلك تمت مراجعة تعريف الطيف ليشمل الإشعاع غير المرئي، وبالتالي امتد التعريف ليشمل الأمواج الراديوية ما بعد تحت الأحمر وأشعة غاما وأشعة X وما بعد فوق البنفسجي.

## قياس الإشعاع

رغم عدم إمكانية رؤية الإشعاع إلا أنه يمكن قياسه بدقة عالية، تفوق دقة قياس المواد الأخرى الأكثر حضوراً. فعداد غايغر مولر

• في السابع من تشرين الأول/أكتوبر عام 1957 هبّت النيران في مفاعل نووي عسكري في بريطانيا في ويندسكال Windscale (المسماة حالياً سيلافيلد Sellafield)، وقد تلوثت منطقة واسعة، وبخاصة بعنصر اليود. لم يحدث تلوث بعنصر البلوتونيوم بسبب فلتر الوقاية في العوادم، وكان الضرر الأهم هو خسارة 2 مليون لتر من الحليب الملوّث باليود-131 المشع. وبعد 25 عاماً من الحادث قدر أول إحصاء رسمي حول الإشعاع والتلوث حدوث 13 حالة سرطانية إضافية. وفيما بعد زاد عدد الحالات إلى 32 حالة.

• في 26 نيسان/أبريل عام 1986، انفجرت الوحدة الرابعة من محطة الطاقة النووية قرب تشيرنوبيل في أوكرانيا. تراوحت الإشعاعات المنطلقة في الهواء بين 20 و80 مليون كوري، وبلغ عدد الوفيات من رجال الإطفاء والعاملين الذين تلقوا جرعات إشعاعية عالية 32 شخصاً، كما كان هناك عدد من الأطفال الذين أصيبوا بمرض اللوكيميا في جوار موقع المحطة. وكانت العقابيل المرضية بسيطة في مناطق أخرى خارج أوكرانيا.

مع ذلك، لم تكن حالات التعرض الخطيرة للبلوتونيوم عديدة.

• ففي نهاية العام 1944 وخلال العام 1945، تعرض 29 موظفاً للبلوتونيوم في مشروع مانهاتان، وخلال السنوات اللاحقة تمت مراقبة 25 شخصاً كانوا قد تعرضوا للإشعاعات بشكل جدي.

• وفي كانون الثاني/يناير عام 1963، حصل تلوث جلدي بالبلوتونيوم لأحد موظفي مختبر بروكهافن الوطني، حيث دخل البلوتونيوم إلى جسده عن طريق جرح في الجلد. وفي العام 1968 تم استئصال ذراعه الأيسر وجزء من كتفه الأيسر.

إن هذا العدد من الحوادث خلال نصف القرن الأول من عمر هذه التقنية الجديدة صغير جداً. هناك عدد أكبر بكثير من الناس الذين يموتون والأسر المفجوعة كل يوم في مناجم الفحم عبر العالم، وعدد أكبر من ذلك من الموتى والأسر المفجوعة كل يوم نتيجة حوادث الطرقات.

### السويات المنخفضة للإشعاع:

يخضع البشر لخلفية إشعاع طيلة الوقت والسويات العادية معروفة، ومن المؤكد أنه طالما كان الإشعاع أقل من عشرة أضعاف السوية الطبيعية فلا توجد أضرار للإشعاع. علاوة على ذلك، ليس من المؤكد أن الإشعاع القريب من سوية الخلفية الطبيعية مفيد، أو حتى ضروري، للحياة. فالناس الذين يتعايشون مع سويات مرتفعة من الإشعاع هم أفضل صحة من الذين يتعرضون لجرعات من سوية الخلفية الموجودة عند حافة البحار.

وحتى تدمير المنظومة العصبية المركزية. كما أن قليلاً من الإشعاع هو مؤذٍ أيضاً.

لقد حصل تطور عالم النبات والحيوان، بما في ذلك الكائن البشري، في بيئة مشعة. فقد علمتنا الأبحاث أن حجب الكائن الحي وعزله عن الإشعاع الطبيعي المعتاد يؤدي إلى توقف نموه. ونعرف ذلك أيضاً من خلال مقارنة الشعوب التي تستقبل سويات مختلفة من الإشعاع بسبب موقعها الجغرافي. وفي الأغلب، إن الشعوب التي تستقبل الإشعاع الأعلى تتمتع بصحة أفضل وتعاني قليلاً من السرطانات. وبين هاتين السويتين، من الطبيعي أن نحمي العاملين عندما يشتغلون في صناعات تستخدم مصادر إشعاعية.

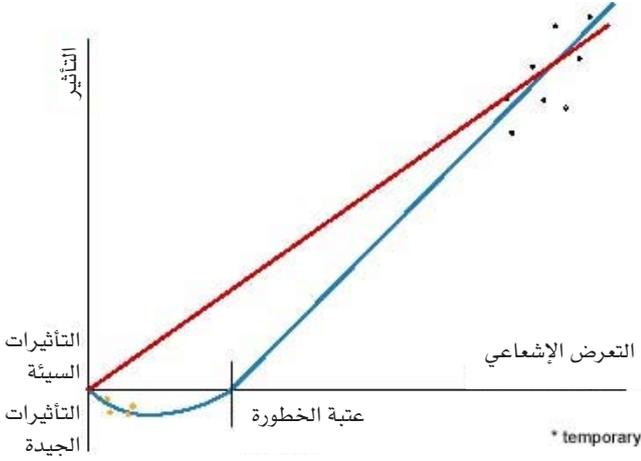
### السويات العليا للإشعاع:

تؤدي السويات العليا من الإشعاع إلى الموت، وليس هناك شك في ذلك. مع ذلك، هناك أساطير خرافية حول هذا الموضوع. إن موت غالبية الأشخاص في هيروشيما وناغازاكي لم يحدث بسبب الإشعاع، بل بسبب انفجار القنبلة والنيران التي تبعت الانفجار. وهناك بعض الحوادث التي حصلت بعد حادثتي هيروشيما وناغازاكي:

• ففي الأول من آذار/مارس عام 1954 حدث تلوث في سفينة صيد يابانية نتيجة اختبار قنبلة هيدروجينية أمريكية، فمرض بعض أعضاء طاقم السفينة وتوفي أحدهم بسبب الاعتلالات الإشعاعية.

• حصلت ما بين العامين 1958 و1964 ست حوادث حرجة (جرت فيها إصدارات إشعاعية خارجة عن السيطرة) في الولايات المتحدة. أسفرت هذه الحوادث عن قتلين و16 حالة تعرض مهم للإشعاع. في كل حادثه، حصلت الوفاة عندما كان العامل ضمن مسافة متر من موقع الحادثه، وكان التعرض المهم ضمن مسافة عشرة أمتار من موقع الحادثه.

• في 29 أيلول/سبتمبر عام 1957، حصل في الاتحاد السوفييتي، في محطة ماياك النووية العسكرية، انفجار بركة تخزين تحوي 300 متر مكعب من النفايات المشعة السائلة. وأدى الانفجار الكيميائي إلى انتشار 10% من المخزون في الهواء. وقد قدرت النفايات المشعة المنطلقة بـ 20000000 كوري (ويساوي ذلك من ربع إلى نصف الإشعاع الذي انطلق بعد 30 عاماً من تشيرنوبيل) وانتقلت هذه الإشعاعات مع الرياح عبر مسافة 300 كم. تعرض للإشعاع 11000 شخص، منهم 1500 شخص تعرضوا لقيم عالية كافية لجعلهم مرضى، ولم يعرف ما إذا كانت الوفاة قد طالت عدداً منهم.



وكان المبدأ الأساسي الوحيد المعروف لتنظيم المواد المشعة هو أن السويات العالية للإشعاع قاتلة. وهكذا تقرر بأن أي مقدار من الإشعاع يمكن أن يكون ضاراً. وكنتيجة لذلك، تعمدت تنظيمات الحماية الإشعاعية تخفيض جميع التعرضات الإشعاعية إلى أدنى حدٍ يمكن الوصول إليه. يُظهر المخطط السابق بياناً عن المعلومات المتوفرة:

تشير نظرية اللامحدودية الخطية linear no-threshold theory (LNT) إلى أن هناك خطورة دائمة لأي تعرض إشعاعي. إذ اعتمد هذا الرأي على المعلومة الوحيدة التي توافرت آنذاك، وهي معطيات حول التأثيرات عند سويات عالية للجرعة، تمثلها النقاط السوداء في الشكل.

تظهر أحدث الدراسات على مجتمعات تعيش في خلفيات إشعاع مختلفة (النقاط الصفراء) فائدة الجرعات المنخفضة ووجود عتبة لا يوجد تحتها أي خطورة.

لم يعترف المنظمون حتى الآن بهذه الحقائق ويتابعون التنظيم بصرامة وفق الخط الأحمر، على الأقل بهدف التبسيط. وبالوقت الذي يقومون فيه بعمل متميز فيما يخص حماية الأفراد ضد سويات الجرعة العالية، فالفكرة هي أنه لا توجد نتائج سوية مأمونة في تنظيم هزيل. كما أن ذلك ينعكس كتكاليف ضخمة (بلايين الدولارات سنوياً) عند محاولة إحراز أدنى جرعة إشعاع مضافة في بيئات العمل وفي مواقع النشاط الإشعاعي المستخدمة سابقاً.

وعلى سبيل المثال، مع أن الجرعات السنوية الأقل من 100 ملي سيفرت لا تسبب ضرراً للإنسان، وأن خلفية الإشعاع السنوي هي 3.6 ملي سيفرت، فقد فرضت هيئة التنظيم النووي حداً للتعرض البشري المستمر مقداره 0.02 ملي سيفرت بالساعة. ويكلمات أخرى، حدّ التعرض بـ 0.05% مما هو معروف كقيمة آمنة.

من المؤكد أن جرعات الإشعاع الأقل من 100 ملي سيفرت لا تسبب أضراراً محسوسة لدى الكائن الحي، وليس هناك أضرار على البشر عند السويات المنخفضة.

أثبتت الدراسات على تجمعين بشريين متساويين عددياً أن تعرض إحدى المجموعتين لخلفية إشعاع تزيد عشر مرات عمّا تتعرض له المجموعة الثانية لا يظهر أية آثار ملحوظة. وهنا نذكر أمثلة على مثل هذه الدراسات:

- ففي الصين أجريت دراسات شملت 70000 شخص عاشوا على مدى ستة أجيال في مناطق تحتوي ترتبتها على سويات من الثوريوم تزيد جرعتها أربعة أضعاف عمّا هو في مناطق لا توجد فيها خلفيات إشعاع عالية من الثوريوم.
- وفي دراسات هندية شملت أكثر من 12918 شخصاً في جوار كيرالا حيث كانت خلفيات الإشعاع أقل بأربع مرات من المناطق الأخرى.
- وفي منطقة غاراباري في البرازيل، حيث زادت خلفية الإشعاع أكثر من ستة أضعاف الخلفية عند سوية البحر.

أجريت دراسات أيضاً حول زيادات السرطان لدى متخصصي الإشعاع في بريطانيا، ورسامي أقراص الراديوم، ولدى 75000 شخص عايشوا تفجير قنبلة ذرية، ومرضى سويديين خضعوا لمعالجة إشعاعية ضد فرط إفراز الغدة الدرقية، وآلاف الأمريكيين العاملين في المعالجة الإشعاعية، فأظهرت كل هذه الدراسات وجود سوية إشعاعية أخفض من تلك التي تؤدي إلى أذيات إشعاعية معتبرة.

بينت جميع هذه الدراسات أن عتبة الأذية هي أعلى بعشر مرات على الأقل من سويات الإشعاع الخلفية العادية، وربما تكون أعلى بمرتين أو ثلاث. وعلى العكس من ذلك، إن سويات التعرضات المنخفضة تقود إلى منافع صحية ملموسة.

تؤكد الدراسات أهمية السويات المنخفضة للإشعاع البيئي ومنافعها. فأظهرت دراسات فرنسية أنه لا يمكن للزراعات الخلوية أن تنمو بشكل طبيعي إذا حرمت من الخلفية الإشعاعية. وبين العاملين 1978 و1987 تمت مقارنة 108000 من العاملين في وسط الفواصات النووية مع 700000 عامل من عمال السفن العادية، فكانت نسبة السرطان أقل بـ 24% بين الذين تعرضوا لسويات إشعاعية منخفضة. وأخيراً لا بد من القول إن العلم الجيد يتطلب استعمال جميع المعطيات بما في ذلك التي تظهر آثاراً مفيدة عند السويات المنخفضة.

## تنظيم الوقاية والأمان

تُنظّم المواد النووية بناءً على توصيات الجهات الدولية مثل الهيئة الدولية للحماية الإشعاعية (International Commission on Radiation Protection (ICRP)).

## مصادر خلفية الإشعاع

تأتي غالبية الإشعاع إلينا من الشمس ومن الإشعاعات الكونية، وهكذا فإن البشر الذين يسكنون في مناطق مرتفعة يتعرضون للإشعاع أكثر ممّن يسكنون في سوية البحار. مع ذلك، إن كثيراً من الإشعاع يأتي من التربة والصخور المحيطة بنا. فالجرانيت والمرمر يمتلكان سويات خلفية للنشاط الإشعاعي، وهناك كميات قليلة نسبياً تأتي من التقانات التي أبدعها الإنسان.

## تطبيقات الإشعاع والنشاط الإشعاعي

يمكن للإنسان استخدام الإشعاع والمواد المشعة بعدة طرائق. ما سنذكره هنا ليس سوى ملامسة سطحية للموضوع من خلال أمثلة على استخداماتها في مجالات عديدة نذكر منها:

- التشخيص الطبي: يمتد استخدام الإشعاع في الطب العالمي ليشمل الأشعة السينية والتصوير بالتجاوب المغنطيسي وحتى القفاءات الإشعاعية المستخدمة في تقصي حالات مختلفة مثل تشوه عمل الغدة الدرقية ومشاكل العظام. ويتوسع استخدام القفاءات المشعة كبديل للتشخيص الجراحي.
- الاستكشاف النفطي: تستخدم النظائر لقياس جودة البخار قبل حقنه في آبار النفط المستهلكة لاستخلاص مزيد من الرسوبيات.
- بلمرة المواد البلاستيكية: يمكن بلمرة المواد البلاستيكية بالتشعيع بدلاً من تشويهاها بالمعالجة الحرارية. ويستخدم مثل هذا البلاستيك في الواجهات الداخلية للسيارات لمقاومة حرارة الصيف.
- تقصي جودة القطع المعدنية: يمكن التأكد من سلامة القطع المعدنية مثل توربينات محركات الطائرات باستخدام التصوير الشعاعي كتقنية لا إتلافية بهدف الكشف عن سلامتها بدلاً من إجراء التحاليل والقياسات الإتلافية للقطع المعدنية.
- البحث في المجال الحيوي: يسمح استخدام الواسمات المشعة بتقفي أثر العناصر أو الأدوية غير الاجتياحية عبر الجسم لغايات دراسية في مجال الاستقلاب وفي الطب.
- الطاقة الفضائية: عند الحاجة لكميات صغيرة من الطاقة في الفضاء في مناطق لا تكون فيها الطاقة الشمسية كافية (في مناطق معتمة أو حيث يكون استخدام اللاقطات الشمسية الواسعة غير ممكن)، تكون بطاريات البلوتونيوم مصادر مثالية للحصول على طاقة ثابتة.
- معالجة السرطانات: يمكن قتل الخلايا السرطانية بشكل انتقائي باستخدام النشاط الإشعاعي، إما على شكل حزم موجّهة، كما في حالة سرطان الثدي، أو على شكل كبسولات مُشعّة مصممة لتهاجر مباشرة إلى الخلايا السرطنة التي نحتاج لقتلها. والبديل الوحيد للعلاج بالأشعة هو المعالجة الكيميائية التي تتضمن استخدام أدوية هجومية مزعجة جداً للمريض.
- ولاشك أن قائمة الاستخدامات المفيدة للإشعاع تتزايد باستمرار مع تقدم الزمن، حيث يستعين مجتمعنا بالإشعاع وفوائده في العديد من أوجه حياتنا اليومية.

• الزراعة: لقد تحسن بشكل ملحوظ حجم الحبوب والنباتات المنتجة لها ومواصفاتها، من خلال تنمية انتقائية لسلاسلات متفوقة موسومة بالنظائر المشعة. وقد ساعدت هذه التحسينات في التخفيف من آثار الجوع في دول العالم النامي.

• القياسات البيئية: يمكن استخدام القفاءات الإشعاعية لمتابعة حركة الملوثات وقياسها بشكل دقيق في البيئة وفي المياه الجوفية والأنهار.

• استئصال الأوبئة: يؤدي استخدام تقانة الذكور المُشعّة العقيمة إلى استئصال عدة أنواع من الحشرات المؤذية في البيئة، وهو ما يحسّن من مردود الإنتاج الزراعي ومواصفاته.

• الغذاء: يمكن تعقيم العديد من الأغذية كاللحم والحبوب والخضار والفواكه من خلال التشعيع وذلك لزيادة زمن التخزين وتدمير البكتيريا التي تكون مميتة في حالة الهامبرغر غير المعرض للحرارة بشكل كاف. كما أن توسيع عمليات تشعيع الأغذية ستقذ حياة أعداد كبيرة من أطفال الدول النامية حيث لا وجود لعمليات التبريد.

• إنتاج الطاقة الكهربائية: إن وجود أكثر من 440 محطة نووية لتوليد الطاقة الكهربائية في العالم يساهم في إنتاج حوالي 16% من الاحتياج العالمي للطاقة الكهربائية.

## تقييم التنشيط الإشعاعي لخرسانة تدرّيع مفاعل محلي

## Estimation of the activation of local reactor shielding concretes

سامر الحاج علي، محمد حسان خريطة،  
بدر الدين نعوم، سراج يوسف، مازن نصار  
قسم الهندسة النووية

## ملخص

يمكن لعدة عناصر في خرسانة تدرّيع المفاعلات أن تنتشط إشعاعياً نتيجة تفاعلها مع النيوترونات أثناء عمل المفاعل النووي. وتتراكم هذه العناصر المشعة مع الوقت تحت تأثير التفاعل (n,γ) لتصبح في نهاية عمل المفاعل نفاية مشعة. ويمكن لهذه العناصر، وخصوصاً تلك التي في الطبقة الداخلية للدرع الخرساني والمحيط بالمفاعل، أن تساهم في زيادة قيمة الجرعة الإشعاعية الناتجة عن تنشيط معدات المفاعل، والتي يجب أن يؤخذ تأثيرها بعين الاعتبار خلال عمل طاقم التشغيل والصيانة.

في هذا البحث جرت دراسة ست خلطات إسمنتية محلية عادية وخطات تدرّيع خاصة. وقد تم الحصول على تراكيب هذه الخلطات بواسطة التحليل بتقنية انعراج الأشعة السينية، بالإضافة إلى تقنية التحليل بالتنشيط النيوتروني باستخدام مفاعل البحث السوري منسر، وتم بناءً على ذلك حساب معدل الجرعات.

**الكلمات المفتاحية:** خرسانة التدرّيع المحلية؛ تنشيط الخرسانة.

نُشرت ورقة البحث هذه في مجلة: *Progress in Nuclear Energy* 14 May 2008.

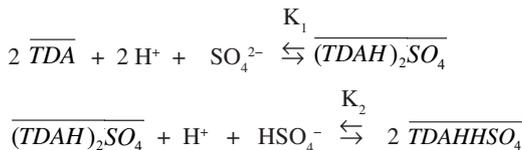
## استخلاص سائل- سائل لحمض الكبريتيك باستخدام ثلاثي-ن-دوديسيل أمين/كيروسين

## Liquid-Liquid extraction of sulfuric acid using tri-n-dodecylamine/kerosene

جمال سطاس  
قسم الكيمياء

## ملخص

جرى تقصي استخلاص حمض الكبريتيك بواسطة ثلاثي-ن-دوديسيل أمين ( $TDA$ ) في الكيروسين وبوجود الأوكتانول-1 كمادة معدّلة. دُرِس تأثير الأوكتانول-1 ضمن مجال تركيز (5-25%v/v) وضمن مجال درجة الحرارة (25-50 °C) على ثابت توازن تشكل كل من  $(TDAH)_2SO_4$  و  $TDAHHSO_4$ . جرى حساب قيمتي ثابتي التوازن  $K_1$  و  $K_2$  عند الدرجة 25 °C، وتغير الإنتالبية والأنتروبية،  $\Delta H^{\circ 1}$ ،  $\Delta H^{\circ 2}$  و  $S^{\circ 1}$ ،  $S^{\circ 2}$  لتفاعلي استخلاص حمض الكبريتيك بواسطة ثلاثي-ن-دوديسيل أمين والحاوي على 10% أوكتانول-1 ووجدت بأنها تساوي:  $10^{9.642}$  (l/mol)<sup>4</sup>،  $10^{-0.899}$  (l/mol)، -99.11 (kJ/mol)، -22.17 (kJ/mol)، -0.149 (kJ/mol.K)، -0.063 (kJ/mol.K) على الترتيب. والتفاعلان هما:



**الكلمات المفتاحية:** استخلاص سائل-سائل، حمض الكبريتيك، ثلاثي-ن-دوديسيل أمين.

نُشرت ورقة البحث هذه في مجلة: *Periodical Polytechnica Chemical Engineering* 2008.

## تأثير جزء الأكسجين في التآلق الفوتوني المرئي من الأفلام الرقيقة السليكونية العضوية المبلعمة بالبلازما والمرسبة من البلازما البعيدة المحرّضة في الميزج الغازي HMDSO/O<sub>2</sub> Visible photoluminescence from plasma-polymerized-organosilicone thin films deposited from HMDSO/O<sub>2</sub> induced remote plasma: effect of oxygen fraction

د. منذر ندادف، د. صقر سلوم  
قسم الفيزياء

### ملخص

درس تأثير جزء الأكسجين ( $\chi_{O_2} = 0, 0.38, 0.61, 0.76$  and  $0.9$ ) في التآلق الفوتوني (PL) المرئي للأفلام الرقيقة المرسبة على رقائق من السليكون بعملية البلمرة البلازمية (plasma polymerization) لميزج المونومير سداسي ميثيل ثنائي السيلوكسان (HMDSO) hexamethyldisiloxane والأكسجين في مفاعل انفراغ المهبط المجوف (HCD) الراديوي 13.56 MHz. وجد من أطياف PL المسجلة عند درجة حرارة الغرفة أن الفلم المرسب عند ( $\chi_{O_2} = 0$ ) يبدي عصابة PL عريضة وقوية الشدة بقمّة تتمركز عند حوالي 537.6 nm. تتناقص شدة قمة PL عند درجة حرارة الغرفة بمقدار مرتبة تقريباً وينزاح مركزها نحو المجال الأزرق من الطيف المرئي من أجل الأفلام المرسبة بعد إضافة الأكسجين. إضافة إلى ذلك ويعكس الفلم المرسب من مادة HMDSO النقية فإن الأفلام المرسبة من مزائج HMDSO/O<sub>2</sub> المختلفة وأطياف PL المسجلة عند درجة حرارة منخفضة (12 K) تبدي قممتي PL منفصلتين إحداهما تقع في المجال الأخضر-الأزرق والأخرى في المجال الأصفر-الأخضر من الطيف المرئي. درست الخواص البنيوية والمورفولوجية لهذه الأفلام باستخدام مطيافية الأشعة تحت الحمراء بتحويل فورييه (FTIR) ومجهر القوة الذرية (AFM) وزاوية التماس (CA) وربطت مع نتائج PL. بالإضافة إلى ذلك، وجد من قياسات المطيافية الضوئية أن معاملات امتصاص هذه الأفلام ضمن مجال إصدارها للتآلق الفوتوني منخفضة نسبياً (100-500 cm<sup>-1</sup>)، وهي خاصية جذابة تناسب استخداماً محتملاً لهذه الأفلام في بناط البصريات التكاملية.

**الكلمات المفتاحية:** سداسي ميثيل ثنائي السيلوكسان، بلمرة بلازمية، انفراغ المهبط المجوف، تآلق فوتوني، مطيافية الإصدار الضوئي.

نُشرت ورقة البحث هذه في مجلة: *J. Phys. D: Appl. Phys* 2008.

## عيشية الإشريكية القولونية O157:H7 وتكاثرها داخل البالعات الكبيرة الموجودة في غشاء البيريتوان عند الفئران

### Survival & replication of escherichia coli O 157: HZ inside the mice peritoneal macrophages

أيمن المري  
قسم البيولوجيا الجزيئية والتقانة الحيوية

### ملخص

تم تقصي تكاثر الإشريكية القولونية O157:H7 داخل البالعات الكبيرة المستوطنة في غشاء البيريتوان عند أربع سلالات من الفئران (BALB/c, CD1, C57BL, Swiss). وقُدّر نشاط البالعات الكبيرة في قتل البكتيريا عن طريق دراسة قدرتها على بلعمة الإشريكية القولونية خلال تجارب استغرقت ساعتين، و4 ساعات، و48،24 ساعة (البالعات الكبيرة محمية من البكتيريا خارج الخلية بواسطة الجنتاميسين). أظهرت الخلفية الوراثية أن البالعات المستوطنة في البيريتوان لا تملك قدرة هامة، ذات معنى، على قتل الإشريكية القولونية O157:H7.

**الكلمات المفتاحية:** الإشريكية القولونية O157:H7، بالعات كبيرة، فئران، جنتاميسين.

نُشرت ورقة البحث هذه في مجلة: *Brazilian Journal of Microbiology* 2008.

## استجابة القطن لطرق الري والتسميد الأزوتي : مؤشرات الإنتاج، كفاءة استخدام مياه الري، الأزوت الممتص والمسترد

### Response of Cotton to irrigation Methods & Nitrogen Fertilization; Yield Components, Water Use Efficiency, Nitrogen Uptake & Recovery

مصدق جانات  
قسم الزراعة

#### ملخص

يعدّ الاستخدام الأمثل للسماد الأزوتي بواسطة المحاصيل أمراً حرجاً من وجهتي النظر الاقتصادية والبيئية وبخاصة للمحاصيل المروية. لذلك جرى تقييم استجابة مؤشرات إنتاج القطن، ونوعية الألياف، واستجابة كفاءة استخدام مياه الري والأزوت السمادي وطرق الري للقطن المزروع في شمال سورية. أجريت تجارب حقلية لموسمي نمو على تربة من الصنف Chromoxeretic Rhodoxeralf. تألفت المعاملات من ري بالتسميد وري بالخطوط وسويات مختلفة من السماد الأزوتي (50، 100، 150، 200، 250 كغ N/ها). روي محصول القطن عند وصول رطوبة التربة في العمق الفعّال للجذور إلى 80% من السعة الحقلية والتي قدرت بوساطة جهاز التشتت النتروني.

تجاوز إنتاج القطن المحبب لجميع المعاملات حداً أعلى من متوسط الإنتاج الوطني (3928 كغ/ها) بحوالي 12% على أقل تقدير. لم تتأثر سلباً نوعية الألياف بطريقة الري أو بسوية السماد الأزوتي. تراوحت نسبة التوفير في مياه الري لطريقة الري بالتسميد بين 25-50% مقارنة بطريقة الري بالخطوط. كانت كفاءات إضافة مياه الري لمعاملات الري بالتسميد في معظم الحالات أعلى بحوالي 100% من مثيلاتها لمعاملات الري بالخطوط. بلغت ذروة الاحتياج المائي عند مرحلة تشكل الثمار. وبالنتيجة تبين أن سويات السماد (100-150 كغ N/ها) تحت ظروف الري بالتسميد كانت كافية حيث أعطت إنتاجاً مكافئاً للألياف وللأزوت الكلي الممتص والمسترد مقارنة بنتائج أعلى معاملة تسميد أزوتي اختبرت تحت ظروف الري بالخطوط. تراوحت كمية الأزوت الكلي المزاح من الحقل لمعاملات الري بالتسميد محسوبة على أساس إنتاج بذور القطن ووزن أفرعه، بين 101-118 و 113-111 كغ N/ها لموسمي نمو 2001 و 2002 على التوالي، في حين تراوحت كمية الأزوت الكلي المزاح لمعاملات الري بالخطوط بين 94-111 و 111-144 كغ N/ها لموسمي نمو 2001 و 2002 على التوالي.

**الكلمات المفتاحية:** السماد الموسوم بالأزوت 15، الأزوت المزاح، الاحتياجات المائية عند مراحل نمو مختلفة، صنف قطن جديد.

نُشرت ورقة البحث هذه في مجلة: *Communications in Soil Science & Plant Analysis* 2008.

## فعل الخفض الضوئي في متعدد (ثنائي ميتيل أستيلين ثنائي الكربوكسيلات)

### Optical Limiting Action in Poly(dimethylacetylendicarboxylate)

علي الزير، أحمد اللحام، د. عبد الوهاب علاف  
قسم الكيمياء

#### ملخص

أجريت محاولة لدراسة فعل الخفض الضوئي لمتعدد (ثنائي ميتيل أستيلين ثنائي الكربوكسيلات) للمرة الأولى باستخدام نبضات ليزرية عند طول موجة 532 نانومتر في ثلاثة مذيبات عضوية مختلفة: 2,1-ثنائي كلور الإيثان، كلوروفورم ورباعي كلور الكربون بتركيز  $10^{-3}$  m/l. لوحظت عتبة الكثافة الطاقية عند  $20 \text{ J/cm}^2$  بنفوذية 77% في المحل رباعي كلور الكربون. أظهرت القيم المسجلة أن مركب متعدد (ثنائي ميتيل أستيلين ثنائي الكربوكسيلات) يمتلك القدرة ليستخدم كمخفض ضوئي في تطبيقات مستقبلية.

**الكلمات المفتاحية:** الخفض الضوئي، بوليمر، مذيبات قطبية وغير قطبية.

نُشرت ورقة البحث هذه في مجلة: *Current Science* 2008.

## التباين الجزيئي والمرضي المحدد بين عزلات الفطر *Rhynchosporium secalis* في سورية Molecular & pathogenic variation identified among isolates of *Rhynchosporium secalis* from Syria

د. محمد عماد الدين عرابي، محمد جوهري، إياد الشحادة  
قسم البيولوجية الجزيئية والتقانة الحيوية

### ملخص

يعتبر الفطر *Rhynchosporium secalis* العامل المسبب لمرض السفحة على الشعير، درست 63 عزلة من مناطق جغرافية مختلفة ضمن سورية تبعاً للإمراضية وتباين دنا المجين من خلال معلمات التعدد الشكلي للدنا المضخم عشوائياً (RAPD). كانت العزلات عالية التباين، وجرى تحديد 18 نمطاً منفرداً. أظهر تحليل الجار الأقرب المعتمد على المسافة الوراثية توضع العزلات في ثلاث مجموعات ضمن شجرة القرابة، ولم تتجمع العزلات في عناقيد خاصة بالأصل الجغرافي أو الإمراضية مما يقترح وجود انتشار مسبق للفطر *R. secalis* بين المناطق. وعلى أية حال، توضع العزلات ذات المستويات الإمراضية المختلفة في نفس المجموعات. تعتبر المعلومات المتحصل عليها من هذه الدراسة ضرورية في دراسة التباين الوراثي للممرض *R. secalis*، وهي هامة لانتخاب مستقبلي لعزلات تساهم في تطوير مقاومة مستمرة للشعير ضد مرض السفحة.

الكلمات المفتاحية: الفطر *Rhynchosporium secalis*، الشعير، السفحة، تنوع الإمراضية، المعلم الجزيئي RAPD.

نُشرت ورقة البحث هذه في مجلة: 2008 Journal of Plant Pathology.

## تفاعلات سبلة لإدخال وهجرة الهالوجن للقفس سداسي فسفا خماسي موشوري $P_6C_4tBu_4$ مع معقدات البلاتين ذات التكافؤ صفر والتكافؤ الثنائي Facile Insertion and halogen migration reactions of the hexaphosphapentaprismane cage $P_6C_4tBu_4$ with zerovalent and divalent platinum complexes

محمود القطيفاني  
قسم الكيمياء  
بيتر هيتشكوك، جون نيكسون  
قسم الكيمياء، كلية علوم الحياة، جامعة ساكس، فالمر، برايتون،  
Sussex BN1 9QJ المملكة المتحدة

### ملخص

يخضع القفس سداسي فسفا خماسي موشوري  $P_6C_4tBu_4$  لتفاعلات إدخال نوعية لشظية البلاتين ذات التكافؤ صفر  $[Pt(PPh_3)_2]$  مع الرابطة الفريدة P-P بين الحلقات الخماسية لإعطاء  $[Pt(PPh_3)_2P_6C_4tBu_4]$  يؤدي التفاعل المشابه لمعقدات الـ Pt(II)  $[PtCl_2(PMe_3)_2]$  و  $[PtCl_2(\eta^4-COD)]$  في كلتا الحالتين إلى تفاعلات إدخال وهجرة الكلور. وُصفت بنية المعقدات  $[Pt(PPh_3)_2P_6C_4tBu_4]$ ,  $trans-[PtCl(PMe_3)_2P_6C_4tBu_4Cl]$ ,  $cis-trans$   $[PtCl(PMe_3)_2P_6C_4tBu_4Cl]$  و  $cis-[PtClP_6C_4tBu_4Cl(P_6C_4tBu_4)]$  بدراسة انعراج أشعة-X للبلورة الأحادية وطيوف الـ NMR المتعددة النوى.

الكلمات المفتاحية: متساند الألمنيوم، فسفور، قفص، انعراج أشعة-X، حمض لويس.

نُشرت ورقة البحث هذه في مجلة: Dalton Transactions, 2008.

## طريقة مؤتمتة للتفسير المباشر لبروفيلات شاذات جاذبية متبقية عائدة لكرات واسطوانات Best estimate approach of parameters related to gravity anomalies produced by simple geometric shaped structures

جمال أصفهاني، محمد طلاس  
قسم الجيولوجيا

### ملخص

طورنا مقارنة تقليل أصغر المربعات لتحديد عمق السعة وعاملها لبنية مطمورة من بروفييل لشاذ جاذبية متبق. تركزت هذه المقاربة بشكل رئيس على تطبيق طريقة التفاضل ورنر على علاقات الجاذبية العائدة لكرات وأسطوانات وحل جملة من المعادلات الخطية لتقدير معاملي النموذج. تم التحقق من صلاحية الطريقة الجديدة من خلال دراسة شاذين صناعيين وتحليلهما للجاذبية باستخدام معطيات محاكاة مولدة من نموذج إحصائي وتوزيع إحصائي معروف مع وجود مركبات أخطاء عشوائية مختلفة. طبقت هذه المقاربة بعد البرهنة عليها نظرياً على شاذين حقيقيين للجاذبية مأخوذين من كوبا والسويد. كان التوافق مقبولاً وقابل للمقارنة بين النتائج التي تم الحصول عليها بالطريقة المقترحة وتلك التي تم الحصول عليها بطرائق تفسيرية أخرى. إضافة إلى ذلك، فقد وجد أن العمق الذي تم الحصول عليه بالمقاربة المقترحة على توافق مع العمق الذي تم الحصول عليه من معلومات الحفر.

**الكلمات المفتاحية:** شاذات جاذبية، طريقة عكسية لشاذات حقل الجاذبية، أجسام شبه أسطوانة، أجسام شبه كرة، جملة معادلات جبرية خطية.

نُشرت ورقة البحث هذه في مجلة: *Pure and Applied Geophysics* 2008.

## محاكاة حادثي LOFA و RIA لمفاعل البحث IEA-R1 باستخدام الكود MERSAT Simulation of LOFA and RIA for the IEA-R1 Research Reactor using The Code MERSAT

د. علي حينون، نضال غازي، فايز الهابط  
قسم الهندسة النووية

### ملخص

استخدم الكود الترموهيدروليكي MERSAT لنمذجة مفاعل البحث البرازيلي IEA-R1، حيث تضمن نموذج MERSAT المطور توصيفاً مفصلاً للدارة الأولية التي احتوت على قلب المفاعل والقنوات الفرعية وحوض المفاعل والمضخة الأساسية وصمام السحب. وقد جرى تحقيق النموذج المطور من خلال محاكاة الحالة المستقرة عند الاستطاعة الاسمية البالغة 5 MW. ووفق مؤشرات الأمان للأحداث الباعثة الافتراضية فقد جرى تحليل اثنين من الأحداث التصميمية المختارة: تضمن الأول محاكاة انقطاع جريان المبرد (LOFA) نتيجة تعطل مضخات التبريد الرئيسية مع إطفاء المفاعل، وتضمن الثاني إدخال تفاعلية موجبة (RIA) دون إطفاء المفاعل. وقد بينت نتائج محاكاة الحدث الأول مقدرة الكود على محاكاة ظاهرة انقلاب الجريان مع تحوله من الجريان القسري الهابط إلى الجريان الطبيعي الصاعد. وبينت النتائج أن الحمل الطبيعي السائد بعد انقلاب الجريان يؤمن نقل الحرارة المتأخرة من عناصر الوقود، ما نتج عنه أن درجة الحرارة العظمى لغللاف الوقود في القناة الحارة وصلت إلى حوالي 73 درجة مئوية بعد 35 ثانية من بداية الحالة العابرة. بالمقابل بينت نتائج إدخال قفزة في التفاعلية مقدارها 2mk ارتفاع استطاعة المفاعل إلى حوالي 1.7 من القيمة الاسمية. وقد أدى ذلك إلى ارتفاع درجة الحرارة العظمى لغللاف القناة الحارة إلى حوالي 99 درجة مئوية، وهي بعيدة بشكل كاف عن نقطة بداية الغليان دون المشبع. وعليه فإن الشروط الترموهيدروليكية السائدة تؤمن هامش أمان كافٍ حتى فيما لو افترض أن نظام حماية المفاعل فشل في إطفائه بعد مرور 400 ثانية على إدخال التفاعلية. إن نتائج محاكاة الحادثين السابقين تظهر مزايا الأمان التي يتمتع بها المفاعل IEA-R1 تحت شروط الاختبار المفترضة، حيث اتضح في كلتا الحالتين عدم تجاوز حدود التصميم الترموهيدروليكية المعتمدة. إلا أن درجة حرارة الغلاف العظمى المسجلة في حالة إدخال قفزة في التفاعلية تجاوزت حد 95 درجة مئوية المعتمدة كمياري تشغيلي للحيلولة دون حدوث صدأ على سطح عناصر الوقود.

**الكلمات المفتاحية:** مفاعل البحث IEA-R1، الكود MERSAT، حادث انقطاع الجريان، حادث إدخال تفاعلية، انقلاب الجريان، حدود الأمان.

نُشرت ورقة البحث هذه في مجلة: *Annals of Nuclear Energy*, 2008.

1

## تأثير محلول ثنائي ميتيل سلفوكسيد على استجابة ثنائي إيتيل فومارات كمقياس جرعة للإشعاعية العالية

Dimethyl Sulfoxide diethyl fumarate solution for high dose dosimetry

### ملخص

درست إمكانية استخدام محلول ثنائي إيتيل فومارات في ثنائي ميتيل سلفوكسيد مقياس الجرعة الإشعاعية العالية، وذلك بدراسة تأثير أشعة غاما على هذا المحلول في مجال الجرعات (1-250) ك غراي. تظهر أطيايف المحاليل المشبعة عصابة امتصاص عريضة في المجال (325-400) نانومتر مع عتبة عند طول الموجة 332 نانومتراً، حيث لوحظ أن الامتصاصية تزداد بازدياد الجرعة الممتصة. قيس الامتصاصية عند طول الموجة 332 نانومتراً ورسمت بدلالة الجرعة. وجد أن هناك استجابة جيدة وعلاقة خطية بين الجرعة الممتصة للمحلول ذي التركيز 20% والامتصاصية في المجال (0-225) ك غراي عند طول الموجة 332 نانومتراً. وجد أن هناك استقلالية جيدة لدى معدل الجرعة في المجال 14-30 ك غراي/سا، وثباتية جيدة بعد التشعيع وصلت حتى 700 ساعة، كما وجد أن الامتصاصية تزداد بزيادة درجة حرارة التشعيع المجال (18-60 مئوية).

**الكلمات المفتاحية:** أشعة غاما، ثنائي إيتيل فومارات، ثنائي إيتيل سلفوكسيد، ما بعد التشعيع، مقياس الجرعة.

2

## تعيين الكروم الكلي في وسط حمض الكبريت بطريقة المطيافية الضوئية

Determination of total chromium in sulfuric acid medium by spectrophotometric technique.

### ملخص

طوّرت طريقتان سهلتان وموثقتان وقابلتان للترار لتعيين الكروم السداسي Cr(VI) والكروم الثلاثي Cr(III) في المحاليل المائية الحمضية باستخدام طريقة المطيافية الضوئية. يعتمد مبدأ الطريقة على استخدام المعقد النوعي 5،1 ثنائي فينيل كربازيد (DPC) للكروم السداسي والمعقد النوعي رباعي خلاص الإيتيلين ثنائي الأمين (EDTA) للكروم الثلاثي، وإجراء عمليات القياس عند شدة الامتصاص الأعظمي  $\lambda_{max} = 542 \text{ nm}$  لتعيين كل من الكروم السداسي والثلاثي على حدة. أنشئ منحنيان معياريان، الأول لتعيين الكروم السداسي ضمن المجال ( $0-1 \mu\text{g.mL}^{-1}$ ) في حين الثاني لتعيين الكروم الثلاثي ضمن المجال ( $0-150 \mu\text{g.mL}^{-1}$ ). دُرِس تأثير كل من الزمن، درجة الحرارة، pH الوسط، تركيز حمض الكبريت، نسبة [DPC]/[Cr(VI)]، ونسبة [EDTA]/[Cr(III)] على تعيين كل من Cr(VI) و Cr(III). كما جرى تفصي تأثير وجود بعض الكاتيونات مثل:  $\text{Ni}^{2+}$ ،  $\text{Cu}^{2+}$ ،  $\text{Fe}^{3+}$ ،  $\text{Zn}^{2+}$ ،  $\text{Mo(VI)}$ ،  $\text{Pb}^{2+}$ ، على تعيين كل من الكروم السداسي والثلاثي. طبقت طريقة المطيافية الضوئية والتي تعتمد على تعيين الكروم الثلاثي بتعقيده بالـ EDTA على تعيين الكروم الثلاثي في مياه الدباغات.

**الكلمات المفتاحية:** تعيين، الكروم السداسي، الكروم الثلاثي، حمض الكبريت، المطيافية الضوئية.

هارون القصيري، د. منذر  
قطان، يعرب ضاهر  
دائرة تشغيل وحدات الأشعة،  
قسم تكنولوجيا الإشعاع.

د. جمال سطاتس  
قسم الكيمياء.

3

## زيادة إنتاج العلف الأخضر وتثبيت الآزوت الجوي بتطبيق نظام الزراعة المختلطة للرجل الملحي *Atriplex halimus* مع الفصاة الشجرية *Medicago arborea* فوق تربة مالحة.

Forage production and n<sub>2</sub> fixation in mixed cropping of saltbush and shrubby medic grown on a salt affected soil

د.فواز كردعلي  
قسم الزراعة.

### ملخص

أجريت تجربتان بهدف تقييم إنتاج المادة الجافة والآزوت المتراكم وتثبيت الآزوت الجوي Ndfa في نبات الرغل الملحي *Atriplex halimus* والفصاة الشجرية *Medicago arborea* المزروعين بشكل منفرد وبشكل مختلط فوق تربة متأثرة بالملوحة باستعمال تقنيات الاقتفاء بالنظير <sup>15</sup>N. جرت التجربة الأولى في أصص حيث استخدمت طريقة الإغناء بالنظير <sup>15</sup>N. كان مجموع إنتاج المادة الجافة للنوعين النباتيين ضمن أسلوب الزراعة المختلطة أعلى معنوياً من مثيلاتها ضمن أسلوب الزراعة المنفردة. أدت زراعة الرغل في المعاملة المختلطة إلى خفض كمية الآزوت الممتصة من التربة في نبات الفصاة الشجرية وإلى ارتفاع في النشاط التثبيتي للآزوت الجوي (%Ndfa) دون أن تتأثر كميات الآزوت المثبتة بين النظامين المتبعين في الزراعة. في التجربة الثانية التي جرت في الحقل، كانت القيمة المقدرة للآزوت المثبت باستعمال طريقة الوفرة الطبيعية للنظير <sup>15</sup>N (δ<sup>15</sup>N) تقارب القيم التي جرى الحصول عليها بطريقة الإغناء بالنظير <sup>15</sup>N في تجربة الأصص. يمكن الاستنتاج بأن استعمال أسلوب الزراعة المختلط للفصاة الشجرية والرغل الملحي من الطرق الواعدة لاستثمار الترب المتأثرة بالملوحة من حيث الإنتاج العلفي وتثبيت الآزوت الجوي.

**الكلمات المفتاحية:** فصاة شجرية، رغل ملحي، ملوحة، زراعة مختلطة، <sup>15</sup>N.

4

## مقارنة نتائج تطبيق بروتوكولي الوكالة الدولية للطاقة الذرية TRS-277 & TRS-398 لتعيين الجرعة الإشعاعية

Comparison between the IAEA's Protocols (TRS-277 & TRS-398) for Absorbed Dose Determination

د. ممدوح برو، أسامة أنجق  
دائرة المعايير الإشعاعية،  
قسم الوقاية والأمان.

### ملخص

الهدف من هذه الدراسة المقارنة ما بين طريقتي تعيين الجرعة الإشعاعية الممتصة وفق البروتوكول التقني TRS-277 (1987) والبروتوكول TRS-398 (2000) الصادرين عن الوكالة الدولية للطاقة الذرية. جرت الدراسة باستخدام خمس حجيرات تأين شائعة الاستخدام لاختبار الفرق في تعيين الجرعة الإشعاعية الممتصة في الماء الناتجة عن حزمة إشعاعية لنظير الكوبالت -60. كما جرى استخدام كواشف الـ TLD لإجراء المقارنة مع المخبر العياري في الوكالة الدولية للطاقة الذرية. أظهرت المقارنة أن النسبة بين قيمتي الجرعة الإشعاعية (أي النسبة D(TRS-398)/D(TRS-277) المحسوبة وفقاً لكل من البروتوكولين متقاربة، ومتوسط الخطأ النسبي أقل من 0.5% لكافة الحجيرات المستخدمة في الدراسة.

**الكلمات المفتاحية:** تعيين الجرعة الممتصة، المعالجة الإشعاعية، مقارنات TLD.

## دراسة جزيئية لتفاعل الفطر *Cochliobolus sativus* مع طرز وراثية من الشعير

### Molecular study of the reaction of *Cochliobolus sativus* with barley genotypes

#### ملخص

درست العلاقة التآثرية بين طرز شعير مختلفة في استجابتها للممرض *Cochliobolus sativus* وبين عزلات مختلفة شكلياً وفسيوولوجياً كانت قد جمعت من جذور القمح والشعير وأوراقهما. وجدت علاقات ارتباط قوية في تفاعلات الشعير مع مرضي التلخخ البقعي وعفن الجذور الشائع. كما لوحظ وجود اختلافات كبيرة في التفاعلات المرضية وذلك بين الطرز الوراثية ولكل مرض. لم يكن هناك أي طراز منيع للإصابة بهذين المرضين، لكن كان الطراز الوراثي WI 2291 قابلاً عاماً للإصابة. تفترض نتائجنا ارتباط مقاومة الفطر *C. sativus* بآليات دفاعية متماثلة موجودة في كل من السويقة تحت التاجية والأوراق. جرى استخلاص الرنا الكامل من أوراق الشعير وسويقاته المصابة وتحويلها إلى دنا متمم cDNA من أجل اختبار cDNA-AFLP. أجريت سلسلة لـ 71 شذفة دنا متمم (اختيرت من رنا النباتات المعاملة لتعبر عن المورثات المرتبطة بتفاعل العائل مع الممرض) بغية تحديد القواعد الأزوتية لها ومقارنتها مع المعطيات الجزيئية والتسلسلات النيوكليوتيدية المتاحة على الشبكة الدولية. أظهرت النتائج توافق 39 شذفة من هذه التسلسلات مع المقابلة لها والمعبر بعضها عن المقاومة لبعض الأمراض الفطرية، الأمر الذي يدفعنا إلى فتح آفاق واسعة لتقصي أهمية هذه الشدفة في مقاومة الشعير للعامل الممرض المدروس.

**الكلمات المفتاحية:** الشعير، عفن الجذور الشائع، التلخخ البقعي، ارتباط، cDNA.

## تأثير المحرضات العضوية على درجة مقاومة نباتات البطاطا للإصابة بحشرة فراشة درنات البطاطا

### *Phthorimaea operculella* Zeller (Lep., Gelechiidae)

### Effects of organic biostimulants on potato plants resistance to potato tuber moth *Phthorimaea operculella* (Lepidoptera: Gelechiidae) infestation

#### ملخص

تمت مقارنة عوامل النمو عند يرقات حشرة فراشة درنات البطاطا التي تغذت على وريقات ودرنات نباتات بطاطا معاملة بالممرض الحيوي، ونباتات الشاهد. أدى استعمال الممرض الحيوي إلى زيادة الكثافة العددية للشعيرات الورقية trichomes بوحدة مساحة على سطوح وريقات نباتات البطاطا، مما يدعم بأن معدل الموت العالي عند اليرقات الحديثة الفقس أو الفشل في البدء في عملية العدوى، إنما يعود للكثافة العالية للشعيرات الورقية عند النباتات المعاملة. رفع الممرض الحيوي من إنتاجية نبات البطاطا، وأحدث تبيكراً في النضج عند النباتات المعاملة أعلى من الشاهد بمقدار 20.9 و19.6%، على التوالي.

**الكلمات المفتاحية:** ممرض حيوي، فراشة درنات البطاطا، مقاومة الآفات، درنات البطاطا.

د. محمد عماد الدين عرابي،  
د. انطونيوس الداود، محمد  
جوهر، أمينة شعيب  
قسم البيولوجيا الجزيئية  
والتقانة الحيوية.

د. جورج سعور  
قسم البيولوجيا الجزيئية  
والتقانة الحيوية.

## تحديد تراكيز السم الفطري الـ Ochratoxin A في بعض أنواع الأغذية والمحاصيل العلفية المستهلكة في سورية

### Determination of Ochratoxin A levels in food and feed crops consumed in Syria

#### ملخص

د. إياد خانم، مالك العرفي،  
هدى سليمان  
قسم البيولوجيا الجزيئية  
والتقانة الحيوية.

الأوكراتوكسين A، هو ناتج استقلاب ثانوي يفرز بشكل رئيسي من قبل الفطور *Aspergillus ochraceus*. *Aspergillus carbonarius*, *Penicillium verrucosum* وفي حالات نادرة من قبل الفطر *Aspergillus niger*. يلوث الأوكراتوكسين A مجموعة من الأغذية، مثل الحبوب، والقهوة، والكاكاو، والتوابل، والفواكه المجففة؛ كما يلوث الأعلاف، كالشعير والذرة. هو ثابت عند درجات الحرارة العالية، وقد صنّف من قبل الوكالة الدولية لأبحاث السرطان ضمن المجموعة 2B.

درس وجود الأوكراتوكسين A في عينات مأخوذة من السوق باستخدام المقاييس المناعية الامتزازية الأنزيمية ELISA. جمعت 96 عينة غذائية وعلفية مؤلفة من: القمح (33 عينة)، والقهوة (14) والنسكافه (19)، والكاكاو (4)، وشملت العينات العلفية: النخالة (4 عينات)، والشعير (4)، والذرة (4)، وكسبة القطن (4)، وكسبة الصويا (4)، والرز (2) ومضغوظات خلطة علفية (5).

أظهرت نتائج التحليل احتواء جميع عينات القمح والكاكاو المدروسة على تراكيز الأوكراتوكسين A أقل من الحد الأعلى المسموح به في دول الاتحاد الأوروبي وهو 5 مكغ/كغ. واحتواء 11 عينة من عينات القهوة المدروسة على تراكيز من الأوكراتوكسين A أعلى من الحد المسموح به في دول الاتحاد الأوروبي وهو 5 مكغ/كغ. في حين احتوت 17 عينة من عينات القهوة السريعة التحضير على تركيز من الأوكراتوكسين A أعلى من الحد المسموح به في دول الاتحاد الأوروبي وهو 10 مكغ/كغ. وتراوح تركيز الأوكراتوكسين A في العينات العلفية بين 9.22-23.56 مكغ/كغ، وهو أقل من الحد الأعلى المسموح به في كثير من الدول.

**الكلمات المفتاحية:** أوكراتوكسين A، المقاييس المناعية الامتزازية الأنزيمية (إليزا)، القهوة.

## دراسة النشاط الإشعاعي الطبيعي في مياه الشرب في مدينة حمص

### Natural Radiation Level in Drinking Water in Homs City

#### ملخص

د. رياض شويكاني، غسان رجا  
قسم الوقاية والأمان.

جرى في هذه الدراسة قياس تركيز غاز الرادون في مصادر مياه الشرب في مدينة حمص وكذلك قياس تركيز غاز الرادون في بعض المنازل. حيث تبين من هذه القياسات أن جميعها تقع ضمن الحدود المسموح بها عالمياً ولا يوجد فرق كبير في التركيز ما بين المصدر والمنازل. كذلك جرى قياس إجمالي إصدارات ألفا وبيتا من مياه الشرب في مدينة حمص (مصادر + منازل) وتحديد تركيز الراديوم 226 فيها. وتبين كذلك أن جميعها تقع ضمن الحدود المسموح بها عالمياً.

**الكلمات المفتاحية:** مدينة حمص، غاز الرادون، النشاط الإشعاعي الطبيعي، ألفا وبيتا الكلي.

## Intranet Portal for AECS Environmental Information

## ملخص

جرى في هذا العمل إعداد بوابة إنترانت تقوم بعرض البيانات البيئية المتعلقة بنتائج تحليل العينات البيئية المختلفة (تربة، ماء، هواء...)، والتي تجمعها دائرة حماية البيئة في قسم الوقاية والأمان من مواقع متعددة منتشرة في كافة أرجاء القطر. ولتسهيل عملية عرض البيانات تم استخدام خريطة لسورية بثلاثة مستويات تضمنت مواقع جمع تلك العينات.

**الكلمات المفتاحية:** تطبيقات برمجية على الويب، أتمتة، عينات بيئية.

د. بشار عبد الغني، عبد  
الناصر جاموس، مرعي المنا،  
حسان ورقوزق  
قسم الخدمات العلمية.  
د. محمد سعيد المصري، يسر  
أمين  
قسم الوقاية والأمان.

علاقة كاتيون الكالسيوم بتحمل نبات الذرة للملوحة  
في المزارع المائيةThe relationship between Ca cation and salt tolerance in  
hydroponically grown Zea mays plants

## ملخص

في تجربة أولى: جرى استنبات بذور صنف الذرة غوطة I وسلمونية على بيئة (KNOP) لمدة 4 أيام، ثم نقلت البذور المنتشرة إلى أحواض محتوية على بيئة مغذية (KNOP) محملة بالتراكيز الملحية التالية (0 و 100 و 200 ميليمول/ل NaCl) من جهة وإلى أحواض محتوية على البيئة المغذية نفسها مضافاً إليها التراكيز الملحية السابقة نفسها ومحلول  $CaCl_2$  بالتراكيزين (1 و 5 ميليمول/ل). أظهرت النتائج، أن إضافة 5 ميليمول/ل  $CaCl_2$  إلى الوسط المملح أدت إلى زيادة النمو الخضري وخفض عدد المسامات للصنف غوطة I، كما أدى إلى رفع تركيز اليخضور a و b وخفض عدد المسامات في الصنف سلمونية مقارنة مع النباتات المستنبطة على أوساط محملة ب NaCl فقط.

في تجربة ثانية: جرى استنبات بذور الصنفين نفسهما في أحواض سعة 10 لتر مملوءة بمادة الخفان، وجرى ري النباتات بالمحلول المذكور أعلاه ذاته محملاً بالتراكيز نفسها من ملح كلور الصوديوم وكلور الكالسيوم مرتين أسبوعياً، أظهرت النتائج بعد 90 يوماً من الزراعة، أن إضافة 5 ميليمول/ل  $CaCl_2$  إلى الوسط المملح أدت إلى ازدياد تركيز البوتاسيوم والكالسيوم وأصبحت العلاقة  $K^+/Na^+$  إيجابية لصالح البوتاسيوم.

**الكلمات المفتاحية:** أنيونات، ذرة، زراعة مائية، كالسيوم، ملوحة.

د. طريف شرجي، زهير  
أبوي، انتصار قره جولي  
قسم البيولوجيا الجزيئية  
والتقانات الحيوية.

# Aalam Al-Zarra

Journal of The Atomic Energy Commission of Syria



NO. 12 1

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

