عالم الذرّة

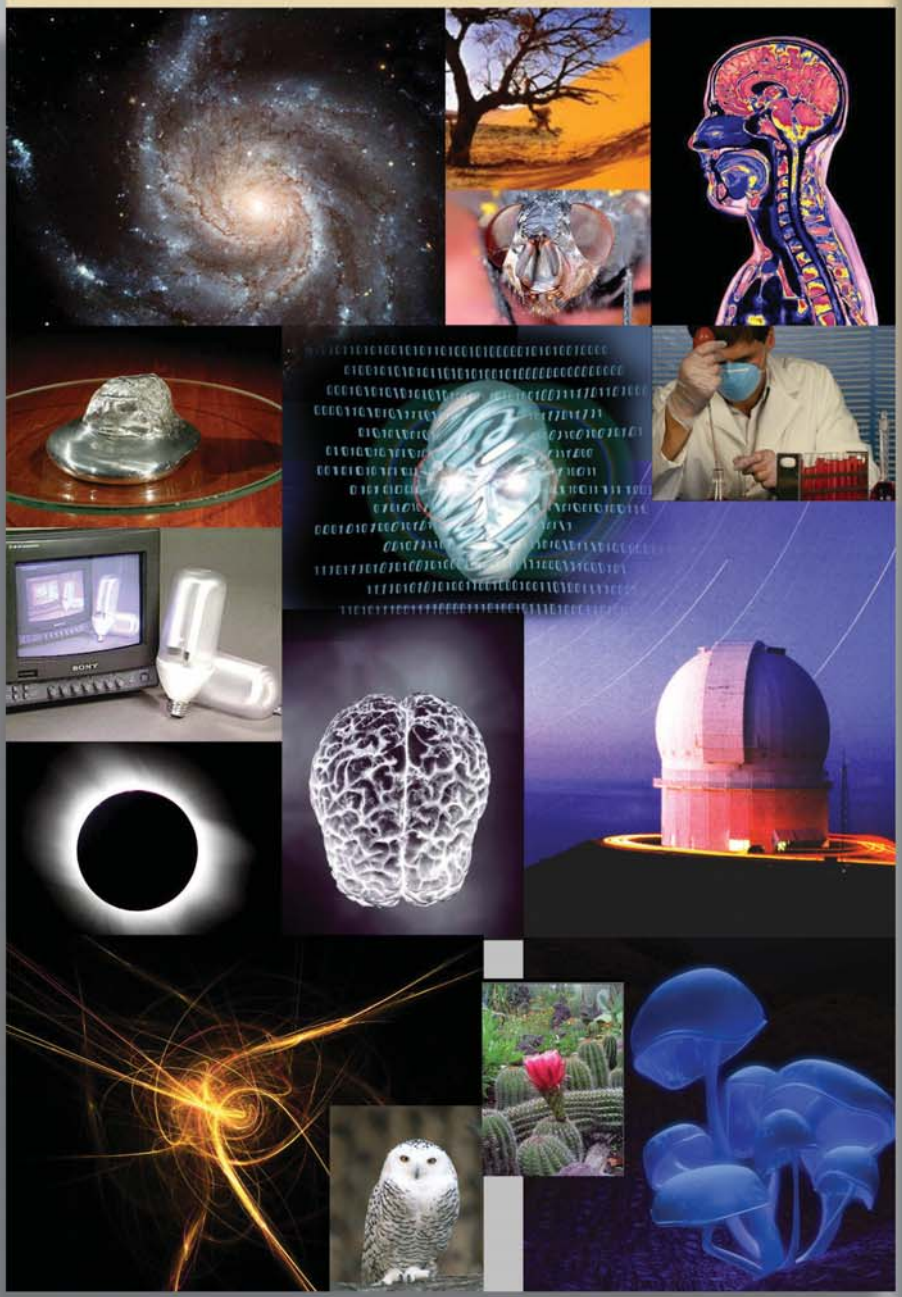
مجلة هيئة الطاقة الذرّية السورية

NO. 123

مجلة عالم الذرّة

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

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



المدير المسؤول

أ. د. إبراهيم عثمان

المدير العام لهيئة الطاقة الذرّية

هيئة التحرير

(رئاسة هيئة التحرير)

أ. د. عادل حرفوش

أ. د. محمد قعقع

(الأعضاء)

أ. د. أحمد حاج سعيد

أ. د. مصطفى حمو ليلا

أ. د. نجم الدين شرابي

أ. د. فوزي عوض

أ. د. فواز كردعلي

أ. د. توفيق ياسين

المحتويات

مقالات

7 **تداول العلم علانية على الإنترنت**

إن أدوات الإنترنت واسعة الانتشار، ولكن لماذا تباطأ العلماء حتى الآن بتبنّي الكثير منها؟ كيف نستطيع أن نبني ثقافة أفضل للتداول المباشر على الإنترنت.

م. نيلسن

16 **التحكم في الإصدارات الغازية**

تقرير عن غاز البيض الفاسد الذي يكتسب شهرة في فيزيولوجيا الإنسان.

ك. ساندرسون

21 **كواكب تحت الضغط**

يمكن أن تكون الضغوط عالية بما يكفي لانهيار الألماس وتحويل الغازات النبيلة إلى معادن metals. يعرض ريموند جينلوز Raymond Jeanloz كيف نستطيع دراسة مثل هذه الأحوال المفرطة دون مغادرة المختبر، وماذا يمكن أن تخبرنا النتائج عن الحياة في أماكن أخرى من الكون.

ر. جينلوز

27 **السباق لبناء حاسوب كمومي**

كانت الحوسبة الكمومية مشروعاً تأملياً محفوفاً بالمخاطر إلى أبعد الحدود، تواجهه عقبات تقانية جدّية حتى جاء شاب فيزيائي مغمور وتمكن من التغلب على تلك العقبات وأحرز في ذلك تقدماً.

د. بيكون

أخبار علمية

35 ▌ رؤية أوباما لعالَم خالٍ من الأسلحة النووية

37 ▌ ساتل (قمر صناعي) كوري يخطئ المسار

39 ▌ الانصهار في ومضة

41 ▌ يمكن أن يكون للبحث والتطوير في الفيزياء تأثير كبير

42 ▌ دورات تعليمية في الفيزياء تضع القوة في أيدي العامة

44 ▌ الفرصة المناسبة لمقاربة نووية موحدة

45 ▌ تصوير بالتجاوب المغنطيسي بمقياس نانومتري

47 ▌ الذّهب

إطلالة علمية

51 السلاح النووي: من الاختبار إلى معاهدة الحظر الشامل للتجارب النووية

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

ملخصات ورقات البحوث

62 التحضير المستحث بالإشعاع لمتراكبات من الجبصين مع ميثيل أكريلات

62 التقييم الجيولوجي والإحصائي لليورانيوم من خلال معطيات المسح الإشعاعي الطيفي الجوي، لمنطقة العوابد ومحيطها (المنطقة-3)، التدمرية الشمالية، سورية

63 تأثير التعقيم بحزمة إلكترونية على سلوك البوليميرات عند حضانتها في أوساط مختلفة

63 تأثير الخبرة المكتسبة من وضع البيوض الأولي على درجة قبول بيوض العائل عند طفيل التريكوغراما وتطبيق ظاهرة العقم المورث وطفيل T. Principium للسيطرة على حشرة فراشة درنات البطاطا

64 تأثير تابع احتمال طاقة الإلكترون على بلازما CVD/ التعديل في انفراغ المهبط المجوف 13.56MHz

64 تأثيرات الجهد الحلولي على نمو المرض Cochlobolus sativus في الزجاج وشكله وإمراضيته

65 حمّى البحر الأبيض المتوسط لدى المرضى السوريين: طفرات المورثة MEFV والعلاقة بين النمط الظاهري والنمط المورثي

65 مكافحة فراشة ثمار التفاح Cydia pomonella (L.)، في سورية باستعمال استراتيجية الجذب والقتل

66 خواص التألق الضوئي في المجال تحت الأحمر للسليكون المسامي المحضّر تحت تأثير التعرض للضوء

ملخصات تقارير علمية

67 استخدام دليل اليوراكم للمقارنة بين كفاءة طريقتين من أجل تعيين الرصاص 210 في العينات البيئية الصلبة

67 الحقل المغنطيسي الأرضي وتغيراته في المرصد المغنطيسي السوري (SYR)

68 تشخيص الطفرات المسببة لحمى البحر الأبيض المتوسط باستخدام التقانات الجزيئية

68 تنميط البروسيلا المجهضة المعزولة في بعض مناطق مختلفة من سورية

69 دراسة التأثير المثبط للمستخلص الكحولي لأوراق بعض أصناف الزيتون السوري على البكتيري

69 دراسة النقل الإلكتروني في أكاسيد الموليبدينيوم المتطبقة MoO_3 المشوبة بتراكيز مختلفة من أوكسيد النيوبيوم Nb_2O_5

70 دراسة التلوث الناتج عن صناعة الزفت في المنطقة الساحلية

70 تأثير الإضاءة في خواص التألق الفوتوني للسليكون المسامي

71 التقويم البيئي لمكب الفسفوجبسوم

إرشادات منشودة إلى المشاركين في المجلة

حول علامات الترقيم وبعض الحالات الأخرى عند كتابة النصوص باستخدام الحاسوب

بقلم أ. د. زياد القطب

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

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

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

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

البند الأول

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

- مثال: أين ذهبت المادة المضادة بكاملها؟

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

- مثال: كيف كان الكون بعد الانفجار العظيم!

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

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

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

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

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

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

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

- مثال: – المقدمة.

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

- مثال: مركبات عضوية–معدنية.

وكذلك توضع بين رقمين.

- مثال: انظر المراجع 161-154.

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

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

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

- مثال: نيسان/أبريل.

البند الثاني (حالات أخرى):

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

شروط الترجمة والتأليف للنشر في مجلة عالم الذرّة

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

جميع المراسلات توجه إلى العنوان التالي:

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

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

E-mail: tapo@aec.org.sy

ISSN 1607-985X

رسوم الاشتراك السنوي

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

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

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

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

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

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

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

سعر العدد الواحد

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

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

الإعلانات

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

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

تداول العلم علانية على الإنترنت

إن أدوات الإنترنت واسعة الانتشار، ولكن لماذا تباطأ العلماء حتى الآن بتبنّي الكثير منها؟ في هذا المقال يوضّح ميشيل نيلسن ***Michael Nielsen*** *كيف نستطيع أن نبني ثقافة أفضل للتداول المباشر على الإنترنت.*

الكلمات المفتاحية: العلم على الإنترنت، الإنترنت، مواقع تعليق في الإنترنت.

تعلّمتم بالتأكيد قانون هوك Hooke's law في صفوف المدرسة العليا، هذا القانون الذي يحدّد العلاقة بين طول النابض والقوة اللازمة لشدّه. وما لم يذكره لكم المدرّس هو أن روبرت هوك Robert Hooke عند اكتشافه لقانونه عام 1676 قام بنشره على هيئة تجانس تصحيفي anagram متبعاً في ذلك ترتيباً غير صحيح للأحرف "ceiiinosssttuv"، إلاّ أنه أوضح بعد عامين أن هذا يعني باللاتينية "ut tensio, sic vis" وهذا ما يعني بدوره (تتناسب الاستطالة مع القوة). وبهذه الطريقة اشترى الوقت الذي يضمن له تفرده بإمكانية تحسين اكتشافه. وفي حال تم التوصل إلى الاكتشاف نفسه من قبل أحدٍ ما يستطيع هوك إعادة ترتيب التجانس التصحيفي السابق وإثبات أولويته في هذا الاكتشاف، وإعادة عرض التجانس الكلاميّ لإثبات أولويته.

لم يكن تكتّم هوك نادراً، فكثير من كبار علماء عصره استخدموا التجانسات الكلاميّة أو التشفيرات لغايات مماثلة، بمن فيهم ليوناردو دافنشي Leonardo da Vinci وغاليلو غاليلي Galileo Galilei وكريستيان هيغنز Christiaan Huygens. إذ إن خلاف نيوتن–ليبنز Newton-Leibniz حول من ابتكر حساب

بنظرة سريعة

- توفّر الإنترنت فرصة لمنبر تحادثي للعلماء من أجل تطوير سريع للأفكار والتعاون.
- رغم ذلك، كان العلماء بطيئين نسبياً في تبنّي أدوات الاتصال المباشر مثل مواقع التعليق والويكيبيديا.
- يمكن للإنترنت أن تحسّن طريقة إجراء العلم باتجاهين: أولاً، يجب أن تشكل أدوات الاتصال المباشر طريقة لتوسيع مجال المعرفة العلمية التي بإمكانها أن تكون تشاركية على الصعيد العالمي. ثانياً، يمكن للإنترنت تغيير عملية التعاون الإبداعي ذاته ومقاسه، وذلك باستخدام برامج مجتمعية مثل ويكيز wikis والمنتديات المفتوحة وما ينتج عنها.
- لن تكون تطبيقات الاتصال المباشر الكبيرة كافية لتغيير التعاون العلمي. وما زلنا بحاجة لتغيير ثقافي يشمل ثقافة علمية منفتحة. وسيتضمن ذلك مقاسات جديدة تعترف بالتعاون العلمي كمساهمة علمية بارعة، كأشياء محفزة للعلماء لتقاسم مشاكلهم مباشرة.

■ **الكاتب: ميشيل نيلسن Michael Nielsen كان أستاذاً مؤسساً لعلم المعلومات الكمومي في جامعة كوينزلاند، أستراليا، وعضو الكلية الأسبق في المعهد المحيطي للفيزياء النظرية في واترلو بكندا. وهو الآن بصدد إنجاز كتاب حول مستقبل العلم.**
E-mail: mn@michaelnielsen.org

نُشر هذا المقال في مجلة Phisics world, Vol 22, 5 May 2009، ترجمة د. عادل حرفوش، رئاسة هيئة التحرير.

التكامل حصل لأن إسحاق نيوتن ادعى ابتكار هذا الحساب في ستينيات وسبعينيات القرن السابع عشر، غير أنه لم ينشر هذا العمل إلاّ عام 1693. وفي غضون تلك الفترة طوّر غوتفريد ليبنز Gottfried Leibniz نسخته الخاصة بالحساب التكاملي ونشرها. تخيّل الآن البيولوجيا الحديثة إذا ما أعلن عن الجينوم البشري على هيئة جناس كلاميّ، أو إذا تأخر النشر ثلاثين عاماً.

لماذا كان هوك ونيوتن ومعاصريهما متكتّمين لهذا الحدّ؟ في الحقيقة، حتى هذا الوقت ما زال المكتشفون يحتفظون بالسرية. إذ إن محاولة الخيميائيين أن يحوّلوا الرصاص إلى ذهب أو أن يجدوا سرّ الشباب الدائم غالباً ما كانت تأخذ معها مكتشفيها إلى القبر. فثقافة سرّية الاكتشاف نتيجة طبيعية في مجتمع كان فيه الربح الشخصي من الاكتشافات التشاركية محفوفاً بالشكوك.

فيما بعد، حثّت الخطوات العلمية الكبيرة في زمن هوك ونيوتن أصحاب الثروات، مثل الحكومات، على تقديم العون المالي للعلم وجعله كمهنة. فجاء كثير من هذه التعويضات من الربح العام الناجم عن الاكتشاف العلمي ذاته، وحيثما كانت هذه الاكتشافات تشاركية كان ربحها كبيراً. وتمثلت النتيجة بثقافة علمية تقدّم، وإلى يومنا الحاضر، المكافآت على المشاركة في الاكتشافات على هيئة أعمال وامتيازات للمكتشف.

بدأ هذا التحول الثقافي تماماً في زمن هوك ونيوتن، وبعد مضي ما يزيد على قرن بقليل قدّم الفيزيائي الكبير ميشيل فارادي Michael Faraday النصيحة لزميل أصغر منه قائلاً: "اعمل وأكمل عملك وانشر". فتبدلت الثقافة العلمية بحيث اعتبر الاكتشاف غير المنشور في مجلة علمية اكتشافاً غير مكتمل تماماً.

إن اعتماد المجلات العلمية ونماءها شكّلا قوام المعرفة التشاركية لحضارتنا، وذاكرة جماعية طويلة الأمد هي بمثابة قاعدة لغالبية تطورنا البشري. ولقد تطوّرت هذه المنظومة بشكل مدهش قليلاً في القرون الثلاثة الماضية. أما اليوم، فقد وفرت لنا الإنترنت الفرصة الرئيسية الأولى لتحسين هذه الذاكرة الجماعية الطويلة الأمد، وإنشاء ذاكرة عمل جماعية قصيرة الأمد –وهي عبارة عن مشاركات تخاطبية من أجل تطوير جماعي سريع للأفكار.

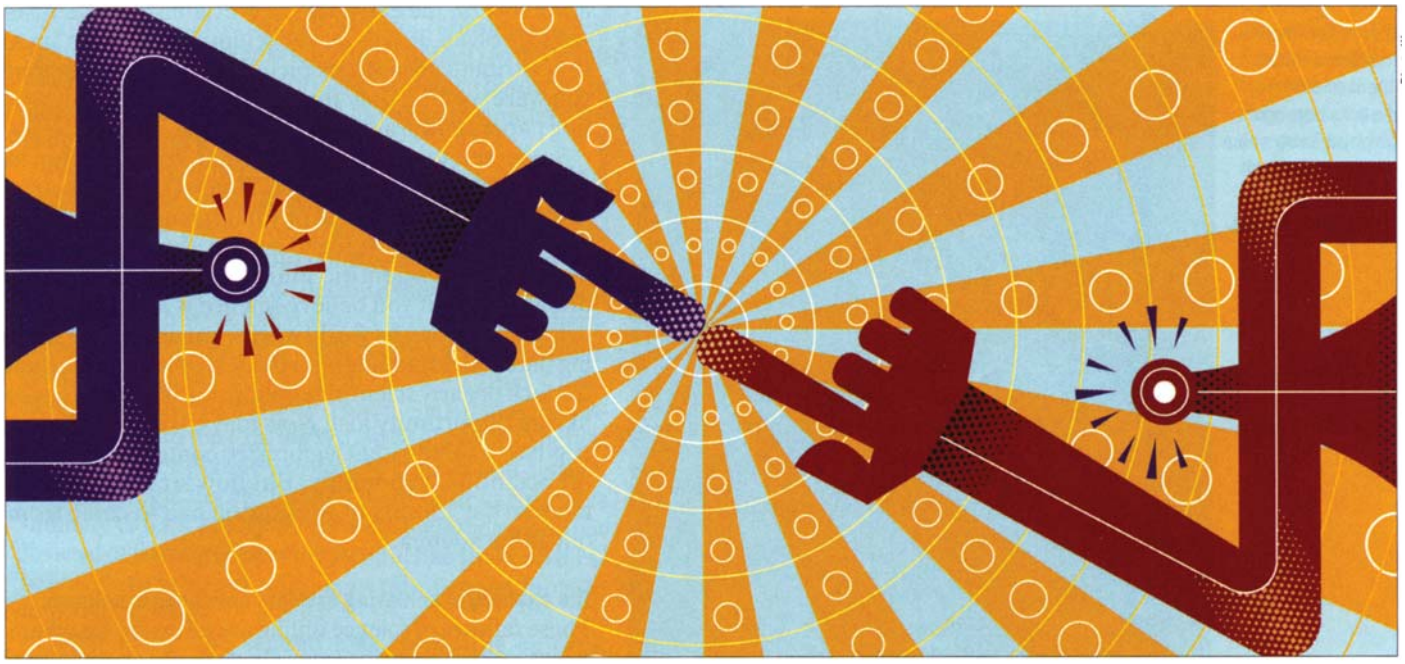
لن يحدث هذا التغيير دون جهد كبير. وبنظرة خارجية، يبدو العلماء حالياً في حالة تباطؤ محيّر في اعتماد عدة أدوات تواصل مباشر. وكما سنرى، إن ذلك هو نتيجة لبعض العوائق الأساسية الغائرة عميقاً في الثقافة العلمية. وإن تغيير هذه الثقافة سينجز فقط ببذل جهد كبير، لكنني أعتقد أن عملية الاكتشاف العلمي –كيف ننجز العلم– ستتغير خلال العقدين القادمين أكثر مما تغيّرت خلال الثلاثمئة عام الماضية.

كيف يمكن للإنترنت أن تحسن طريقة إنجازنا للعلم؟

هناك طريقتان مجديتان للإجابة عن هذا السؤال. الأولى تكمن في اعتبار أدوات الاتصال المباشر طريقة لتوسيع مدى المعرفة العلمية الممكن مشاركتها مع العالم. وهناك أدوات اتصال مباشر عديدة تعمل وفق هذا المنحى تماماً، وبعضها كان لها تأثير كبير على الكيفية التي يعمل بها العلماء. والمثالان الناجحان هما مخدِّما ما قبل الطبعة للفيزياء، أحدهما arXiv، الذي يسمح للفيزيائيين بالمساهمة في ورقاتهم قبل الطباعة متجاوزين شهوراً عديدة من التأخير النمطي للمجلة التقليدية، والثاني بنك المعلومات الجينية GenBank، كقاعدة تواصل مباشر للبيانات حيث يمكن للبيولوجيين تسجيل تتاليات الدنا DNA والبحث عنه. تكون غالبية أدوات الاتصال من هذا النمط مكاناً ملائماً للتطبيقات، بالرغم من أن كثيراً من العلماء يعتقدون بضرورة تبني خيارات أوسع. فهناك مثالان في هذا الصدد أحدهما مجلة تجارب مرئية Journal of Visualized Experiments، تسمح للعلماء باستعراض مُتلفز يُظهر كيفية عمل تجاربهم، و"علم المفكرة المفتوحة Open Notebook Science"، كما يمارسه علماء مثل جان–كلود برادلي Jean-Claude Bradley وغاريف ليزي Garrett Lisi، اللذين يعرضان ملاحظات تجاربهما للعالم. وفي السنوات القادمة سنرى انتشاراً لأدوات من هذا النمط، كل منها يسعى للمساهمة في أنماط مختلفة للمعرفة.

هناك طريقة ثانية أكثر أصالة في التفكير بالكيفية التي تغيِّر بها الإنترنت العلوم، وذلك عبر تغيير في العملية ومقاس التعاون البناء بحد ذاته، تُمكّنه من ذلك برمجة اجتماعية مثل ويكيز wikis، ومنتديات الإنترنت وفروعها.

هناك أيضاً أمثلة عديدة معروفة جيداً لكنها مازالت أمثلة ملفتة للنظر في هذا التغير بأجزاء من ثقافة خارجة عن العلم. فعلى سبيل المثال، في العام 1991 أعلن طالب فنلندي مغمور اسمه لينوس تورفالدس Linus Torvalds ملاحظة قصيرة في منتدى مفتوح طالباً



العلم المفتوح:
التعاون المباشر سيغير العلم.

أعتقد أن عملية الاكتشاف العلمي –كيف ننجز العلم– ستتغير خلال العقدين القادمين أكثر مما تغيّرت خلال الثلاثمئة عام الماضية.

المساعدة لتوسيع منظومة تشغيل دمية كان قد برمجها في وقته الإضافي، فاستجاب له متطوع عسكري، عبر برنامج التجميع Linux، وهو من أكثر البرامج المعقدة هندسياً حتى تاريخه. وفي العام 2001 أعلن مجهول آخر اسمه لارّي سنغر Larry Sanger ملاحظة قصيرة طالباً المساعدة لإنشاء موسوعة له للاتصال المباشر، فاستجاب متطوع عسكري لينتج عن تلك المساعدة موسوعة Wikipedia، وهي أكثر الموسوعات العالمية شمولاً.

ومثال آخر عن قدرة التعاون في الاتصال المباشر يأتي من الشطرنج. ففي العام 1999 لعب غاري كاسباروف Garry Kasparov، لاعب الشطرنج الأهم عبر التاريخ، ضد "الفريق العالمي" World Team، وهو فريق موحّد يتألف من آلاف لاعبي الشطرنج، الذين يشكلون مجموعات عديدة من الهواة، يقررون تحريكاتهم بعد التصويت. فتغلب كاسباروف، ولكن بدل من توقعه انتصاراً سهلاً فقد عانى أكبر تحدٍّ في حياته، والذي سمّاه "اللعبة الأهم في تاريخ الشطرنج".

ليست هذه الأمثلة نادرة أو حالات خاصة، إنها تمثل الحدود الموصلة إلى التغيير الكبير في عملية الإبداع. والعلم هو مثال متميز للتعاون الإبداعي، لكن التعاون العلمي مازال يحدث بشكل أساسي عبر لقاءات فردية وجهاً لوجه وبتواترات ضعيفة. وباستثناء البريد الإلكتروني، تبنّى العلماء عدداً قليلاً من أدوات الاتصال المجتمعية، على الرغم من أن لهذه الأدوات أثراً كبيراً في تسريع معدل الاكتشاف العلمي.

لماذا كان العلماء متباطئين إلى هذا الحد في تبنّي هذه الأدوات الاستثنائية؟ ألأنهم محافظون على عاداتهم أكثر مما ينبغي، أم لأن الأدوات الجديدة ليست أفضل مما لدينا الآن؟ إن هاتين الإجابتين السطحيتين كلتيهما خاطئتان. يمكننا حلُّ هذا اللغز من خلال التمحيص في مثالين اثنين حيث فشلت أدوات اتصال متميزة في تبنّيها من قبل العلماء. يبدو أن هناك حواجز ثقافية رئيسية تمنع العلماء من الولوج في الأدوات الجديدة، وهو ما يعيق تطور العلوم.

إخفاق في العلم على الإنترنت: مواقع تعليق مفتوحة

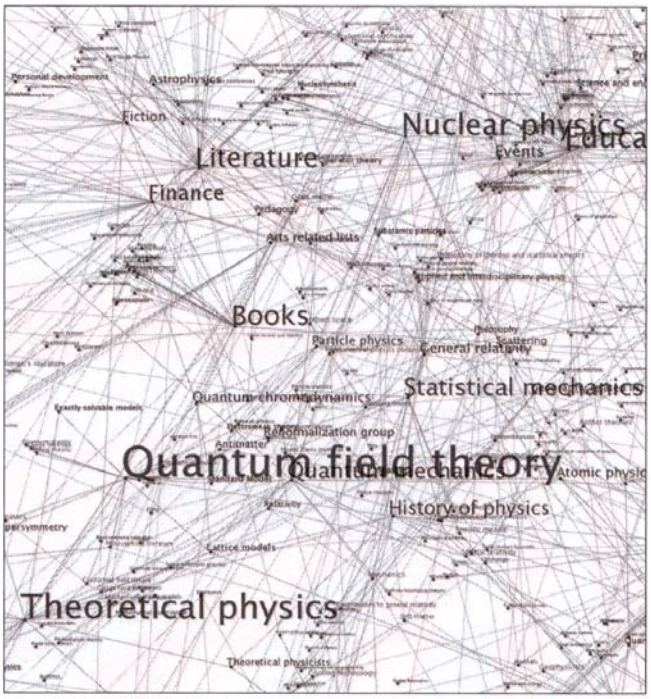
كما العديد من البشر، عندما أفكر في شراء كتاب أو أداة إلكترونية، غالباً ما أقوم بتصفّح استعراضات أمازون Amazon. وبوحي من نجاح الموقع أماوزن، قامت منظمات عدة بإنشاء مواقع تعليق حيث يمكن للعلميين المشاركة بآرائهم حول الورقات العلمية. وربما أكثر التجارب شهرة هي تجربة Nature's 2006 ذات التعليق

المفتوح حول ورقات تخضع لمراجعة عميقة في المجلة (انظر Physics World, January 2007, p. 29-30). لم تكن التجربة ناجحة، كما اتضح في التقرير النهائي لمجلة Nature: "كانت هناك سوية غير مرضية من الاهتمام في المراجعة العميقة المفتوحة. تلقى التعليقات غالبية ضئيلة من الكتّاب الذين شاركوا، وقليلاً ما كانت على نحو نموذجي، على الرغم من الأعداد الكبيرة الداخلة على الموقع. غالبية التعليقات لم تكن واقعية من الناحية الفنية. وتدل الاقتراحات إلى أن هناك نفوراً ملحوظاً بين الباحثين لتقديم تعليقات منفتحة وجديّة".

إن تجربة Nature هي واحدة من محاولات عديدة في مواقع التعليق الخاصة بالعلماء. والمثال الأقدم الذي اطلعت عليه هو موقع Quick Reviews، الذي انطلق في العام 1997 وتوقف عام 1998. وبعد سنوات قليلة انطلق موقع Physics Comments وتوقف في العام 2006. غير أن موقعاً أكثر حداثة، Science Advisor، مازال يعمل، علماً أن عدد أعضائه (1139) أكبر من التنقيحات البالغ عددها (1008). فيبدو أن الناس يريدون قراءة تنقيحات الورقات العلمية، دون أن يكتبوها. هناك تجربة قائمة تؤسس لتعليق مباشر وميزات إبداعية أخرى عديدة وهي PLoS ONE، لكن التحدث عن مدى نجاح التعليق فيها مازال مبكراً.

المشكلة الخاصة بجميع هذه المواقع تكمن في أنه على الرغم من أن التعليق المعمّق على الورقات العلمية هو بالتأكيد مفيد للعلماء الآخرين، إلاّ أن محفّزات الناس قليلة لكتابة مثل هذه التعليقات. لماذا تكتب تعليقاً في الوقت الذي بإمكانك القيام بشيء "أكثر فائدة"، مثل كتابة ورقة أو طلب منحة؟ إضافة إلى ذلك، إذا ما انتقدت ورقة شخص ما على المكشوف، فقد يكون هذا الشخص محكّماً مجهولاً وبوضع يُمكّنه من الإساءة لورقتك القادمة أو لطلب المنحة.

ولمواجهة هذا التوجه الفكري، أنت بحاجة لفهم الرغبة التي تدفع علماء شباب طموحين في متابعة النشر العلمي والحصول على المنح. كما أن الحصول على موقع في جامعة رئيسية يتطلب حصولك على قائمة مؤثّرة من الورقات العلمية. ستشكل هذه الورقات قناعة عند البحث عن المنح أو رسائل التوصية الضرورية للحصول على التوظيف. إن المنافسة على الوظائف محتدمة لدرجة أن العمل بين 70 و80 ساعة أسبوعياً يغدو أمراً عادياً. إن سرعة التقدم تتباطأ بعد التثبّت في الوظيفة، لكن استمرار دعم المنحة يتطلب أخلاقيات



خارطة المعرفة: تحتوي ويكيبيديا عدة مداخل للعلم –أدوات الربط المدونة في الخارطة– لكن العلماء ما زالوا كارهين المساهمة في هذا الموقع.

العمل الجاد. فليس من العجب أن نرى لدى الناس توجهاً ضعيفاً نحو المساهمة بمواقع التعليق المفتوحة.

إن التباين بين مواقع التعليق العلمي والنجاح في المجلات النقدية في موقع أمازون واضح وبيّن. ومن خلال مثال وحيد ستجدون تقريباً 1500 منتج من موقع بوكيمون Pokemon على أمازون، أي أكثر من العدد الكلي للمراجعات على جميع مواقع التعليق العلمي التي ذكرتها آنفاً. قادت العوائق التي تواجه العلماء إلى موقف مضحك، حيث إن الثقافة العامة مفتوحة بشكل يحسّ معه العامة بالارتياح في مراجعات بوكيمون، في حين أن الثقافة العلمية ضيقة لدرجة أن العامة لا يشاركون بآرائهم العلماء في الورقات العلمية. وبعض العامة يرى أن هذا التباين غريب أو مضحك. أعتقد أنه شيء مسيء للعلم ويحتاج للفهم والتغيير.

إخفاق في العلم على الإنترنت: ويكيبيديا

تمثل ويكيبيديا مثالاً ثانياً حيث أضاع العلماء فرصة خلاقة للابتكار على الإنترنت، وتطلعت ويكيبيديا إلى رؤية حالة تدفّئ قلب العلمي: "تصور عالَماً يمكن لكلّ كائن بشري فيه أن يكون له

نصيب من كل المعرفة. هذا هو عهدنا". ربما تُخَمّنْ أن ويكيبيديا بدأت بعلماء شغوفين بجمع كامل المعارف الإنسانية في مصدر وحيد. وفي الواقع، بدأ مؤسس ويكيبيديا جيمي وولز Jimmy Wales بخلفية معرفية في عالم المال كمطورٍ لـ "مُحرّك بحث جنسي"، وليس في عالم العلم. وكان مشاركُه لارّي سانغر فيلسوفاً تخلى عن العالم الأكاديمي. وفي الأيام الأولى، انخرط في العملية مجموعة من العلماء المؤسسين. ولكونها مجرد مواقع تعليق علمي، فالمساهمة تزيد الشك من قبل زملاء كانوا يهدرون وقتهم الذي كان من الأفضل لهم الانصراف إلى كتابة الأوراق العلمية وطلبات المنح.

سيعترض بعض العلماء على أن الإسهام في ويكيبيديا ليس علماً حقيقياً. بالتأكيد، إنه ليس علماً إذا اعتمدوا رؤية ضيقة للعلم، واعتبروا بشكل مفترض، أنّ العلم هو فقط مجرد نشر في مجلات علمية متخصّصة، ولكن إذا ما اعتمدوا رؤية أوسع، مؤمنين بأن العلم ليس مجرد اكتشاف كيفية عمل العالَم، ولكن أيضاً هو المشاركة بالفهم مع ما تبقى من البشر، ثم إن فقدان الدعم العلمي المبكر لويكيبيديا هو بمثابة فرصة ضائعة. وفي أيامنا هذه، يعدُّ نجاح ويكيبيديا إلى حدٍّ ما مساهمة مشروعة في المجتمع العلمي. وما هي الغرابة أن تتغذى مكتبة الإسكندرية المعاصرة من خارج نطاق الأكاديمية.

التحدّي: إحداث فتح كبير في العلم

إن هذه الإخفاقات في العلم على الإنترنت هي جميعها أمثلة يبدي فيها العلماء نفوراً مستهجناً من تشارك المعرفة التي يمكن أن تكون مفيدة للآخرين. إنها لسخرية، لقد فهم العديد من مؤسّسي العلم الحديث قيمة الانفتاح الثقافي الذي حدث منذ قرون عدة؛ ففي الواقع إن نظام المجلة ربما هو أكثر المنظومات الإعلامية انفتاحاً لنقل المعرفة التي تشكلت في إعلام القرن السابع عشر. وقد تم تبنّي نظام المجلة من خلال دعم العلماء الذين نشروا اكتشافاتهم في المجلات. لكن هذا الدعم نفسه اليوم يُعطّل تبنّي التقانات الأكثر فعاليّة، وذلك لأنه يتابع في تشجيع العلماء لتقاسم عملهم في المجلات التقليدية وليس في الإعلام الأكثر حداثة.

يجب علينا أن نطمح لإبداع ثقافة علمية مفتوحة حيث ينتقل أكبر كمٍّ ممكن من المعلومات من رؤوس البشر ومن المختبرات، إلى داخل الإنترنت وإلى أدوات بإمكانها مساعدتنا لبناء المعلومات وتنقيتها من الشوائب. ولا بُد أن يتضمن ذلك كل شيء، المعطيات، والآراء العلمية، والأسئلة، والأفكار، والمعرفة الموروثة، وكل شيء آخر. فالمعلومة غير الموجودة في الإنترنت لا يمكنها فعل أي شيء.

وبشكل مثالي، سننجز نوعاً من الانفتاح الكبير يشمل إجراء أنماط إضافية عديدة من المحتويات المتوافرة أكثر من مجرد ورقات علمية، والسماح بإعادة الاستخدام المبدع للأعمال الحالية وتعديلها عبر ترخيص أكثر انفتاحاً ومعايير عامة، وتيسير قراءة كل المعلومات ليس فقط من قبل البشر بل ومن قبل الآلات أيضاً، ولا بُد من توفير وصلات مفتوحة لنتمكن من بناء الخدمات الإضافية لصالح الأدبيات العلمية الأكثر أهمية، ولربما حتى طبقات مضاعفة من الخدمات الضخمة المتزايدة إن أمكن. إن مثل هذا الانفتاح الكبير هو التعبير الأساسي عن الفكرة القائلة بأنه يمكن للآخرين أن يبنوا وأن يوسعوا العمل الذي أنجزه علماء متفردون في طرائق لم يكن لهم أن يتصوروها.

ولإبداع ثقافة علمية منفتحة تتضمن أدوات اتصال مباشر جديدة، يجب إنجاز مهمتي تحدٍّ: أولاً، بناء أدوات اتصال مباشر ممتازة، وثانياً، تفعيل التغييرات الثقافية الضرورية لقبول هذه الأدوات. إن ضرورة إنجاز كلتا هاتين المهمتين أمر واضح، وحتى الآن غالباً ما تركّز مشاريع العلم الموجودة على الإنترنت على بناء الأدوات، مع اعتبار التغيير الثقافي مهمة لاحقة. إنه الخطأ بعينه، فالأدوات هي فقط جزء من الصورة الكلية. لقد تطلب الأمر بضع سنوات لتطوير المجلات العلمية الأولى (كأداة)، لكن التغير الثقافي تطلب مرور عقود عديدة قبل قبول النشر في المجلة كمعيار ذهبي لتحكيم المساهمات العلمية.

لا شيء من هذا يقلّل من كبر التحدّي في بناء أدوات تواصل مباشر ممتازة. ويتطلب تطوير مثل هذه الأدوات توافقاً نادراً من التصميم الدقيق والمهارات التقنية، وفهماً عميقاً لكيفية عمل العلم. فالصعوبة معقّدة لأن أفضل مَنْ يفهم كيف يعمل العلم هم العلماء، في حين أن بناء مثل هذه الأدوات ليس شيئاً يشجّع العلميين أن ينجزوه. فالأعراف العلمية تكافئ العلماء على القيام بالاكتشافات في كنف المنظومة القائمة للاكتشاف، في حين أن المكان محدود للناس العاملين على تغيير هذه المنظومة. إن رئيس قسم يخضع للتحدي التقني لا يمكن أن ينظر بلطف إلى عالِم يقترح استبدال كتابة الورقات العلمية بصرف الوقت في تطوير أدوات ذات غرض عام لتحسين آلية عمل العلم.

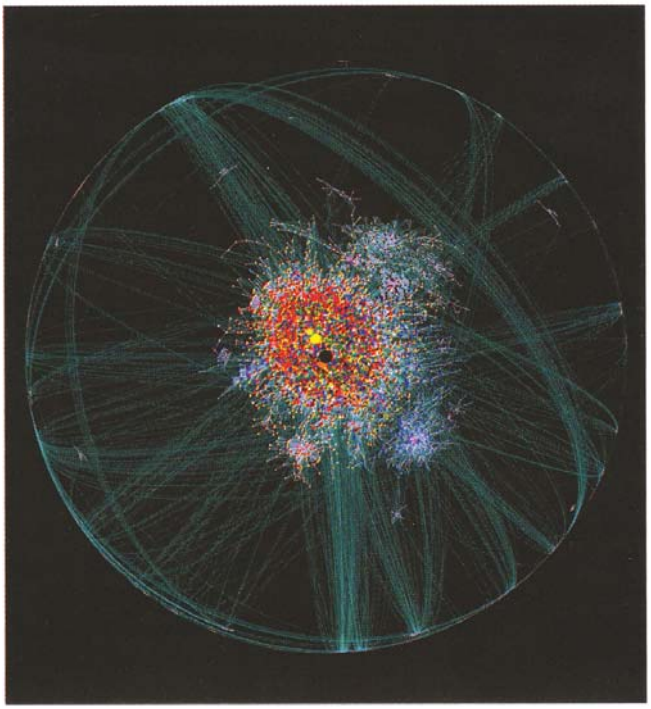
وماذا عن المهمة الثانية، إنجاز التغيير الثقافي؟ مثلما هو بإمكان أي ثوري الإعلان أن ما يعمله شيء ضخم، دعوني أوصّف إستراتيجيتين كانتا ناجحتين في الماضي، ولربما سيوفر ذلك معياراً للنجاح المستقبلي. الأولى هي استراتيجية من الأعلى إلى الأسفل التي استخدمت بشكل ناجح من قبل حركة الوصول المفتوح open-access (OA) movement. إن غاية حركة OA هي جعل البحث العلمي ممكناً بحرية على الإنترنت لأي شخص في العالم. إنه هدفٌ مثيرٌ، وقد توصلت حركة OA إلى إنجاز بعض النجاحات المدهشة. وربما يكون الأكثر تميزاً بين هذه النجاحات هو ما فرضته المعاهد الوطنية الصحية National Institutes of Health (NIH) في الولايات المتحدة في نيسان/أبريل 2008 وهو أن كل ورقة مكتوبة ومدعومة من منَح معاهدها يجب أن تكون ميسرة للوصول المباشر. علماً أن NIH تمثل الوكالة المانحة الأكبر في العالم، وهذا القرار هو المعادل العلمي لاقتحام الباستيل بنجاح.

الإستراتيجية الثانية هي من الأسفل إلى الأعلى. وهي خاصة بالناس الذين يبنون أدوات التواصل المباشر الجديدة كي يطوّروا ويبشّروا أيضاً بطرائق لقياس المساهمات التي تتم بهذه الأدوات. ولفهم ماذا يعني ذلك، تخيّل أنك عالماً مشاركاً في لجنة تقرّر إذا ما كانت ستستأجر عالِماً أم لا. وتشير السير الذاتية للعلماء المتقدمين للتوظيف إلى أنهم يساعدون في بناء ويكي علمي مفتوح open-science wiki، وينشؤون موقعاً خاصاً أيضاً. فلسوء الحظ ليس لدى اللجنة طريقة سهلة لفهم معنى هذه المساهمات، لأنه حتى الآن لا توجد مقاسات مشجعة لتقييم مثل هذه المساهمات. فالنتيجة الطبيعية هي أن مثل هذه المساهمات تُبْخَسُ قيمتها في العادة.

ولجعل هذا التحدّي ملموساً، اسأل نفسك ما الذي يمكن أن تعتمده لتقييم المساهمة المنفذة لإنشاء موقع خاص كي يدوّنه العالم في سيرته الذاتية. كيف يمكنك قياس الأنواع المختلفة من مساهمات يمكن أن يقوم بها عالِمٌ على موقع خاص، ومنها قد يكون تخديمياً أو تعليمياً أو بحثياً؟ إنها أسئلة صعبة الإجابة. وعلى الرغم من ذلك تجب الإجابة عنها قبل قبول موقع خاص كمساهمة علمية محترفة.

قصة نجاح: arXiv و SPIRES

هناك مثال يوضح إستراتيجية من الأسفل إلى الأعلى عملياً إنه المخدِّر المشهور "ما قبل الطبع للفيزياء arXiv". فمنذ العام 1991 والفيزيائيون يحمّلون ورقاتهم على arXiv، وغالباً ما يفعلون ذلك



عالم المواقع: خارطة توضح كيفية اتصال المواقع.

في الوقت نفسه الذي يرسلون فيه مادتهم إلى مجلة علمية. تصبح الورقة جاهزة على arXiv خلال ساعات ليقرأها أي شخص. هذا وإن arXiv غير مُحَكَّمة، مع أن المادة العلمية تخضع لمراجعة سريعة من قبل مدققين لحذف المعلومات الغريبة. تعدُّ arXiv أداة جيدة ومستخدمة بشكل واسع، وإن ما يزيد عن نصف عدد الورقات العلمية في الفيزياء تظهر أولاً على هذا الموقع. ويبدأ العديد من الفيزيائيين يومهم بالاطلاع على ما يظهر في الموقع ليلاً. وبالتالي، فإن arXiv يمثل الخطوة الأولى باتجاه إنجاز ثقافة أكثر انفتاحاً: إنه أداة رائعة.

بعد وقت قصير من بدء arXiv، تقرَّرَ التنويه لتوسيع خدمة تسمى SPIRES كي تشمل كلاً من ورقات arXiv ومقالات المجلات التقليدية. تختص SPIRES بفيزياء الجسيمات، ويمكن الآن البحث عن اسم لفيزيائي الجسيمات ورؤية مدى تواتر جميع ورقاته، ومن ضمنها ورقات ما قبل الطبع في arXiv، التي يستشهد بها من قبل فيزيائيين آخرين.

بدأ موقع SPIRES عمله منذ العام 1974 بوساطة واحد من أكثر المعاهد احتراماً ووضوحاً في فيزياء الجسيمات، مختبر المُسرِّع الوطني SLAC. إن الجهد الذي كرّسه SLAC في تطوير SPIRES يعني أن قياسات أثر الاستشهاد جديرة بالثقة ومستخدمة بشكل

إمكانيات جديدة: innoCentive (إلى اليسار) وFriendFeed (إلى اليمين) تمثلان منصّتيْن جديدتين للتعاون.

واسع من قبل مجتمع فيزياء الجسيمات. وقد أصبح ممكناً الآن لفيزيائي الجسيمات البرهنة بشكل مقنع على أن لعمله أثراً كبيراً حتى إذا نشر هذا العمل في arXiv ولم ينشر في مجلة علمية. وعندما تواجه وكالات الاستخدام مسألة تقييم مرشحين لفيزياء الجسيمات، فسيكون من السهولة استخدام حاسوبهم الشخصي للتعرف إلى سجلات SPIRES في الاستشهاد والمقارنة بين المرشحين.

لم يمنع موقعا SPIRES وarXiv فيزيائيي الجسيمات من النشر في مجلات المراجعة المعمّقة. وعندما تتقدمون بطلب للعمل أو للتثبيت في عملكم، فكل ذخيرة مسجلة لكم في هذين الموقعين تساعدكم، وخاصة عندما يكون أحد عناصر هيئة التقييم يعمل في مجال مختلف عن فيزياء الجسيمات. ومن ثم، فقد أصبح بعض الفيزيائيين أكثر ارتياحاً فيما يتعلق بالنشر، ولم يعد من غير الشائع أن ترى سيراً ذاتية تتضمن ورقات ما قبل الطبع لم تنشر بعد في مجلات تقليدية.

مشكلة التعاون

حتى ألبرت آينشتاين Albert Einstein كان يحتاج للمساعدة أحياناً. ففي العام 1912، عندما أدرك آينشتاين بدايةً أن هناك حاجة لنوع جديد من الهندسة لوصف المكان والزمان، شارك مشاكله مع صديق متخصّص بالرياضيات، مارسل غروسمان Marcel Grossman، الذي عرف على الفور ما يحتاجه آينشتاين وعرّفه على عمل الرياضي برنهارد رييمان Bernhard Riemann. فاستهلك ذلك من آينشتاين ثلاث سنوات إضافية لإنجاز كامل النظرية، لكن غروسمان كان محقاً، وكانت هذه نقطة حرجة في تطوير النسبية العامة.

إن مشكلة آينشتاين المحيّرة مألوفة لأي عالم. فعند إنجاز بحث علمي، هناك دائماً مشاكل ثانوية تظهر في مجالات غير متوقعة. لا أحد يمكن أن يكون خبيراً بكل تلك المجالات. فمعظمنا، وبدلاً من التعثر لوحده، يجني المهارات الضرورية للتقدم نحو الأهداف العريضة، مقراً بالجميل حينما تنأى بنا الروح العصرية لبحثنا العلمي عن مشكلة ثانوية نكون خبراء فيها بشكل مسبق. مثل آينشتاين، لدينا مجموعة صغيرة من المتعاونين الموثوقين نتبادل معهم المشاكل والأفكار عندما نكون في مأزق. ولسوء الحظ، في أغلب الأحيان حتى المتعاونين معنا لا يقومون دائماً بالعون الكافي. ربما يوجهوننا في الاتجاه الصحيح، لكن نادراً ما يملكون الخبرة التي نحتاجها. فهل من المعقول تصعيد هذا النموذج التحادثي، وبناء سوق تعاون متواصل لتبادل المشاكل والأفكار، كذاكرة عمل مشتركة في المجتمع العلمي؟

من الطبيعي أن نشكك في هذه الفكرة، لكن الطلب على ثقافة الإبداع موجود مسبقاً بشكل ملح، ويظهر أن مثل هذا السوق التعاوني قابل للتحقق، على هيئة برمجية حرّة مفتوحة المصدر –ثقافة برمجة مصدر مفتوح وحرّ. إن تصفح العلماء لأول مرة لمنتديات تطوير مشاريع برمجية مفتوحة المصادر غالباً ما يتعثر عند السويات العالية للنقاش. فربما يتوقعون في بداية الأمر أنه مجرد ممارسة هواية في حانة كاراوكي karaoke bar، غير أنهم، يجدون مبرمجين محترفين يتشاركون مشاكلهم وأفكارهم بشكل اعتيادي، ويساعدونهم في حلّ مشاكلهم، وغالباً ما يبذلون براعة وجهداً فكرياً كبيرين. والسبب في حكمهم المسبق هو أنهم بوصفهم علميين تعودوا أن يخافوا السبق الإعلامي، غير أن المبرمجون يجدون متعة بتبادل

المشاكل والأفكار، مفضلين ذلك على الاحتفاظ بأفكارهم. وينبري بعض أفضل المبرمجين العالميين في هذه المنتديات ليتبادل الأفكار المفيدة ويجيب عن الأسئلة ويشارك في المداولات.

سأضيف الآن مثالين بدائيين يوحيان بأن أسواق التعاون المفتوح للعلم قد تكون نافعة. المثال الأول هو InnoCentive، الذي يسمح لشركات مثل Eli Lilly وProctor وGamble بطرح تحديات عبر الإنترنت: مشاكل بحث علمية مرفقة بمكافآت لحلولها، غالباً ما تكون آلاف الدولارات. فعلى سبيل المثال، واحد من التحديات المعروضة على InnoCentive حالياً يطلب من المشاركين إيجاد واسِم حيوي للخلية العصبية المتحركة، والمكافأة قدرها 1 مليون دولار. وإذا سجلتم في الموقع، يمكن الحصول على وصف مفصل لمتطلبات التحدّي، ومحاولة كسب المكافأة. سجَّلَ في الموقع أكثر من 140000 شخصاً من 175 بلداً، وقد تم كسب أكثر من 100 تحدٍّ حتى الآن.

يشكل موقع InnoCentive مثالاً لكيفية إقامة سوق للمشاكل والحلول العلمية. وبالتأكيد، يشكل هذا النموذج نقطة ضعف للتعاون في مجال البحث الأساسي، فهناك عدد قليل من الشركات القادرة على طرح التحديات في مجال البحث الأساسي، لأن ذلك يكلفهم عملية تدقيق طويلة. يتوجه نموذج سوق InnoCentive تحديداً إلى البحث الصناعي بدلاً من البحث الأساسي، وتدور الحوافز حول المال والملكية الفكرية بدلاً من الشهرة والاستشهاد. غير أنه بالتأكيد ليس أداة حوار ساخن وسريع مثل المنتديات المبرمجة، إذ لا يستيقظ المرء صباحاً حاملاً مشكلة في ذاكرته ليودعها في موقع InnoCentive، آملاً في الحصول على حل سريع.

يعدُّ موقع FriendFeed أداة أكثر سلاسة ويستخدم من قبل العلماء كوسيط محادثة لمناقشة مسائل البحث. وما يسمح به موقع FriendFeed لخدمة المستخدمين يعرف بما يسمى مسلك الحياة lifestream. فعلى سبيل المثال، موقعي هذا مُؤسَّس لأجمع بشكل آلي كل ما وضعته على الشبكة، بما في ذلك مسالك شخصية وروابط ومقاطع فيديو محببة من اليوتيوب والعديد من المحتويات الأخرى.

كما أنني أتواصل أيضاً مع حوالي 100 صديق يمكنني الاطلاع على مسالك حياتهم مجتمعة عبر نهر متدفق مع المعلومات، بالإضافة إلى صورهم على الـ Flicker ومراسلاتهم الشخصية وليس بالضرورة أن يكون جميعهم أصدقاء حقيقيين، فأنا شخصياً لست ملمّاً بـ "صديقي" باراك أوباما، إنما هي طريقة رائعة لتعقب حجم كبير من نشاطات عدد كبير من الناس.

وكجزء من مسالك الحياة، فإن موقع FriendFeed يسمح بتمرير الرسائل ذهاباً وإياباً بطريقة بسيطة، ومن ثم يمكن للمجتمعات تشكيل اهتمامات مشتركة وتبادل الصداقات. ففي نيسان/أبريل 2008 استخدم كاميرون نيلون Cameron Neylon، وهو كيميائي من جامعة ساوثامبتون، الإرسال في FriendFeed ليطرح طلباً للمساعدة في بناء نماذج جزيئية. وبسرعة رائعة أجابه باول سيشسني Pawel Szczesny، وهو بيولوجي في معهد ماكس بلانك لتطوير البيولوجيا في توبنجن بألمانيا، وأبلغه بإمكانية مساعدته، ويجري بينهما حالياً تعاون علمي.

يقدّمُ موقع FriendFeed خدمة كبيرة، لكنه يعاني من كثير من المشاكل نفسها التي تعاني منها مواقع التعليق وَويكيبيديا. وبفقده المعايير الواسعة القبول لقياس الاستشهاد، لا يرغب العلماء في تبنّي FriendFeed وسيطاً للتعاون العلمي. وبغياب القبول الواسع للتبنّي، ستبقى فائدة FriendFeed للتعاون العلمي ضعيفة نسبياً.

اقتصاديات التعاون

ما مقدار كمية الخسارة الناتجة عن عدم كفاءة المنظومة الحالية للتعاون؟ وللإجابة عن هذا السؤال، تخيّل عالمةً اسمها أليس Alice. ومثلُ كثير من العلماء، تُفضي العديد من مشاريع البحث لدى أليس بشكل تلقائي إلى مشاكل في مجالات ليست خبيرة فيها. تُقلِّبُ المئات أو الآلاف من هذه المسائل، معيدة تفحّصها بين الفينة والفينة ومنطلقة إلى تحقيق تقدم، لكنها تعرف أنها نادراً ما ستكون الشخص الملائم لحلِّ أي مشكلة مطروحة.

لنفترض، ولأجل مشكلة خاصة، تخمّن أليس أنها ستأخذ منها من 5-4 أسابيع حتى تكتسب الخبرة المطلوبة وتحلّ هذه المشكلة. هذا وقت طويل من جهة ومن جهة أخرى ستتباطأ المشكلة الأساسية. يوجد في مكان ما في هذا العالَم عالِمٌ آخر، وليكن بوب Bob، هذا العالِم غير معروف لـ أليس ولديه الخبرة ليحلّ هذه المشكلة

تعوز العلم في الوقت الراهن البنية التحتية الموثوقة والحوافز الضرورية لتبادل حرٍّ غير مقيِّدٍ لمثل هذه الأسئلة والأفكار

بأقل من يوم واحد. هذا الأمر ليس غير شائع تماماً وعلى العكس، فمن خبرتي هذه هي الحالة العادية ... ولنأخذ بعين الاعتبار مثال غروسمان Grossman الذي أنقذ آينشتاين من عملٍ كان سيأخذ على نحوٍ ما سنوات من العمل الإضافي.

هل تتبادل أليس وبوب الأفكار ويبدأان التعاون باتجاه حلٍّ لمشكلة أليس؟ لسوء الحظ، باحتمال 9 من 10 لن يلتقي بوب وأليس، وإذا ما التقيا سيتبادلان بعض الكلام وحسب. إنها فرصة ضائعة للتبادل البنّاء المشترك ... هذا الضياع سيكلف أليس أسابيع من العمل. إضافة إلى ذلك فهي خسارة كبيرة للمجتمع الذي يتحمل تكلفة إجراء العلم. يُعدُّ اهتمام الخبير، وهو المورد النادر والأساسي في العِلْم، غير فعّالٍ في إطار تطبيقات التعاون الراهنة.

ستمكِّنُ سوق التعاون البنّاء أليس وبوب من تحقيق هذه المنفعة العامة ومن تبادل مهاراتهما بالطريقة نفسها التي تمكِّن eBay وcraigslist بها الناس من تبادل المنافع والخدمات. على أي حال، ولكي يكون هذا ممكناً، فإنه يتطلب مقداراً كبيراً من الثقة المشتركة. من دون هذه الثقة، لن يكون هناك سبيل أمام أليس لتطرح أسئلتها على المجتمع كليةً.

في العلم نحن معتادون على هذه الحالة المسلَّم بها. لكن دعونا نقارن مع مشكلة مختلفة تماماً وهي شراء الأحذية. تسير أليس في محل لبيع الأحذية ومعها بعض المال، وترغب أليس بشراء حذاء جديد أكثر مما ترغب بالاحتفاظ بمالها. في حين أن بوب، صاحب هذا المحل، يرغب بالحصول على المال أكثر مما يرغب بالاحتفاظ بالأحذية. ونتيجة لذلك سيتخلى بوب عن الحذاء وستتخلى أليس عن المال، وكل منهما سيصبح أكثر سعادة بعد عشر دقائق فقط. يحدث هذا الانتقال السريع لأن هناك بنية تحتية موثوقة من القوانين والإجراءات تضمن القبض على أي طرف ومعاقبته في حال قيامه بالغش.

إذا ما تعاملت محلات الأحذية بالطريقة ذاتها التي يتبادل فيها العلماء الأفكار فعلى بوب وأليس عندها أن يعرف كل منهما الآخر، فمن الممكن أن يشربا الجعة في حانة قريبة وعندها يتسنى لـ أليس القول "أنا أبحث عن حذاء"، وبعد فترة وجيزة ومع شرب المزيد من الجعة سيقول بوب "تعرفين ... لدي بعض الأحذية، وأنا أرغب ببيعها". يعرف كل عالِمٍ هذه المقطوعة. فأنا أعرف علماء لا يقلقهم هدر ساعاتهم بقدر ما يُقلقهم تبادل المعلومات العلمية.

في علمِ الاقتصاد، فُهِمَ ولمئات السنين أنّ تكوين الثروة يتم عند تخفيضِ القيود على حركة التبادل التجاري، وتدعيم ذلك ببنية تحتية موثوقة من القوانين والإجراءات التي تمنع الغش، وذلك مع التأكيد على أن التبادل التجاري ليس أمراً إجبارياً. هناك فكرة أساسية في علم الاقتصاد منذ عام 1817، تعود إلى عالِمِ الاقتصاد ديفيد ريكاردو David Ricardo، وهذه الفكرة هي التركيز على المجالات ذات الإيجابيات النسبية مع الابتعاد عن المجالات ذات السلبيات النسبية.

بالرغم من أن عمل ريكاردو كان في علم الاقتصاد، إلاّ أن تحليله ترك أثراً لا يقلُّ أهمية في مجال التبادل الفكري. في الواقع، حتى وإن كانت أليس وإلى حدٍّ بعيد أكثر كفاءة من بوب فإن تحليل ريكاردو يبيّن أن كلاً من أليس وبوب سيجنيان الفائدة إذا ما ركزت أليس على المجالات التي تمتلك بها إيجابيات نسبية وركز بوب على المجالات التي يمتلك بها سلبيات نسبية. لسوء الحظ تعوز العلم في الوقت الراهن البنية التحتية الموثوقة والحوافز الضرورية لتبادل حر غير مقيَّدٍ لمثل هذه الأفكار والأسئلة.

سيُمكِّن سوق التعاون الفكري من تبادل مثل هذه الأفكار والمشاكل وسيتضمن معايير الإسهام كما سيُمكِّن المشاركين فيه من إظهار آثار أعمالهم. بالنسبة للمشاركات فسيتم أرشفتها بعد إمضائها وختمها زمنياً وسيكون ذلك واضحاً جلياً لمن يقول ماذا ومتى. ستنتج عن تعاضد الترشيح العالي الجودة مع أدوات البحث ثقافة مفتوحة وموثوقة تعطي العلماء حوافز حقيقية نحو مسائل ذات مصادر خارجية ومشاركات في مجالات لهم فيها إيجابيات نسبية عظيمة. وهذا سيغير العِلم.

التحكم في الإصدارات الغازية

هل في استطاعة كبريتيد الهدروجين أن يكون أكسيد النتريك الجديد؟ تُقدِّم كاترين ساندرسون **Katharine Sanderson** *تقريراً عن غاز البيض الفاسد الذي يكتسب شهرة في فيزيولوجيا الإنسان.*

الكلمات المفتاحية: كبريتيد الهدروجين، أوعية دموية، أنزيم، استرخاء، فرط ضغط دموي ، نتروزيلَنة، سلفدة.

عندما شاهد روي وانغ Rui Wang بيض عيد الفصح المزخرف الذي أحضرته ابنته التي عمرها عشر سنوات إلى البيت من المدرسة عام 1998، لم يكن مدركاً للرائحة النتنة التي هي على وشك الانطلاق منه. كان البيض يبدو للعيان كأشياء فنيّة تدعو إلى الاعتزاز في الخزانة الزجاجية للعائلة. وبعدئذ، في يوم ما، قال وانغ "أتيت إلى البيت فوجدته مملوءاً كله برائحة نتنة". لقد انكسرت واحدة من البيض، وكانت هبات كبريتيد الهدروجين المميزة المنبعثة منها تملأ المكان.

ما كان يمكن أن يبدو كلاماً تافهاً بالنسبة إلى شخص ما كان شيئاً ملهماً بالنسبة إلى وانغ، ومن ثمَّ إلى باحث في الأوعية الدموية القلبية في ساسكاتشيوان Saskatchewan في كندا Canada. لقد درس هذا الباحث مسبقاً الغازين أكسيد النتريك وأحادي أكسيد الكربون واللذين يُنْتَجَانِ بكميات صغيرة جداً من الجسم واللذين لهما تأثيرات فيزيولوجية فعّالة. تزامن انبعاث الرائحة النتنة للبيضة المكسورة مع رغبة وانغ للبحث عن غازات أخرى مهمة في بيولوجيا الإنسان، يقول وانغ الذي يعمل حالياً في جامعة ليك هيد Lake-head في ثندر بي Thunder Bay في أونتاريو Ontario، "لقد هاجم كبريتيد الهدروجين فجأة كلاً من بيتي ورأسي". وهكذا سارع إلى شراء علبة صغيرة للغاز وطبقها على مُسْتَنبته من نسيج وعاء دموي لجرذ. وأدى هذا العمل أخيراً إلى اكتشاف بأن النسيج يصنع كبريتيد الهدروجين ويمكنه أن يخفض ضغط الدم.

ومنذ ذلك التاريخ، وجّه العديد من الباحثين اهتماماتهم إلى كبريتيد الهدروجين ودوره في فيزيولوجيا الإنسان. ففي السنوات الماضية، بيّن وانغ وآخرون دون غيرهم كيف يُصنِّعُ الجسم الغاز، بالإضافة إلى طريقة معقولة عن قدرة الغاز على تعديل الاتجاه الكلي للبروتينات الاستقلابية. ومن الجانب السريري، فقد جرى تضمين الغاز في الالتهابات وظهر دوره في حماية القلب. سَيُعْقَدُ في الشهر القادم المؤتمر الأول لكبريتيد الهدروجين والذي ينظمه وانغ في شنغهاي Shanghai.

> *"لا يزال كبريتيد الهدروجين في مكان فينا صالحاً للاستعمال"*
>
> *– فيل مور*

يعتقد بعض الباحثين حالياً أن يكون تأثير كبريتيد الهدروجين في البيولوجيا كبيراً وموازياً لحال أكسيد النتريك، وقد كان ذلك التأثير كبيراً بالفعل. إن اكتشاف دور أكسيد النتريك كجزيء مشير (signaling) في منظومة الأوعية الدموية قد أكسب ثلاثة علماء جائزة نوبل في الفيزيولوجيا أو الطب عام 1998، وفتح حقلاً جديداً في الفيزيولوجيا وانتهى الأمر أن ساعد في تعزيز أرباح

■ **الكاتبة:** كاترين ساندرسون **Katharine Sanderson**.

نُشر هذا المقال في مجلة Nature, Vol 459, 28 May 2009، ترجمة د. أحمد الحاج سعيد، عضو هيئة التحرير.

الشركات الصيدلانية. ومن المعروف حالياً أن عمل عقار الفياغرا في الاختلال الوظيفي للانتصاب (سيلدنافيل) قائم على تعزيز تحرير أكسيد النتريك.

بدأ سلفادور مونكادا Salvador Moncadae في مختبرات أبحاث ويلكوم Wellcome في بكنهام BeCkenham في المملكة المتحدة، في جعل أكسيد النتريك مشهوراً عندما بيّن في عام 1987 بأن ذلك يعود إلى فعالية عميل مطلوب وغامض يُعرف باسم عامل الاسترخاء المستمّد من البطانة الوعائية (EDRF) endothelium-derived relaxing factor، الذي يجعل الأوعية الدموية تسترخي. ففكرة أنّ الخلايا يمكن أن تصنّع غازاً في الجسم –وأحد هذه الغازات بصورة خاصة معروف بأنه ملّوث هوائي رئيس– هو "مفهوم غريب جدّاً"، كما قال الاختصاصيّ في علم العقاقير فيل مور Phil Moore من الكلية الملكية في لندن.

ولكن ما أن يخوض المرء في الموضوع حتى يولّد المفهوم عنده رعشة مروّعه. استدعت دعوات مور بأن يطلب منه أمناء مكتبات الجامعات التوقف عن محاضراته حول اكتشاف مونكادا لأن الطلبة النهمين كانوا يقصّون الأوراق من نسخ مجلة Nature في المكتبات. ومنذ ذلك الحين، اعتُبِرَ أكسيد النتريك أنه الجزيء المشير المفتاح وذلك نظراً لدوره في عمليات تبدأ من منظومة النقل العصبي إلى تنظيم المنظومة المناعية. واتضح منذ أواسط عام 1990 أنه لم يكن هو "جهاز الإرسال الغازي الوحيد" وذلك عندما بيّن الباحثون أن أحادي أكسيد الكربون أيضاً له دور كمشير خلوي.

الكمون الواخز

لم يكن كبريتيد الهدروجين المرشح البديهي لينضم إلى قائمة المرسلات الغازية، بل كان معروفاً بصورة رئيسية لرائحته ولسميته (إن جرعة تزيد على 700 جزء في المليون منه يمكن أن تقتل إنساناً). إن اكتشاف وانغ بأن كبريتيد الهدروجين يمكن أن يكون له دور مفيد في الأوعية الدموية كان "تأييداً ثانياً" كما يعتقد مور الذي بدأ مباشرة بالتعامل مع الغاز. يقول مور وآخرون بأن قدرة الجسم الإنساني على استعمال كبريتيد الهدروجين يمكن أن يكون تراثاً تطورياً للجراثيم التي استخدمته كمصدر للمغذيات ويقول: "لا يزال كبريتيد الهدروجين في مكان صالحاً للاستعمال".

إن قولنا صالح للاستعمال ليس بالضرورة أنّه يؤدّي دوراً مهمّاً، وقد أدرك وانغ بأنه بحاجة إلى إثبات الآلية التي يحدثها غاز كبريتيد الهدروجين لدعم دعواه بأنه حيوي لفيزيولوجية الثدييات. ففي عام 2004 اتصل بعالم الأعصاب سولومون سنيدر Solomon Snyder من جامعة جونز هوبكنز Johns Hopkins في بلتيمور Baltimor في مريلاند Maryland. كان سنيدر في عام 1990 قد اكتشف أنزيماً مسؤولاً عن إنتاج أكسيد النتريك، وكان بوسع سنيدر أن يساعده في فعل شيءٍ مشابهٍ مع كبريتيد الهدروجين.

وصل وانغ إلى مختبر سنيدر مزوداً بفئران هندسها لنزع الأنزيم cystathaionine-γ-lyase (CSE). إن لهذا الأنزيم دوراً في الحصول على كبريتيد الهدروجين من البكتريا وكان يأمل وانغ أن تبيّن الفئران الطافرة أن الشيء نفسه يحدث في الثدييات. وهكذا تم ذلك، ففي شهر تشرين الأول من السنة الماضية، قدّم وانغ وسنيدر تقريراً في مجلة العلوم Science يفيد بأن في قلب فئرانهم المرهقة تركيزاً قليلاً من الغاز وأنها تعاني من فرط ضغط الدم. لقد ألقى هذا البحث بكبريتيد الهدروجين إلى بؤرة الضوء العلمي، كما يقول مات وايتمان Matt Whiteman من Peninsuie Medical School في إكستر Exeter، في المملكة المتحدة، الذي يتفحّص تراكيز كبريتيد الهدروجين في مرضى التهاب المفاصل وداء البول السكّري، ويقول "لقد رفد الاكتشاف هذا الحقل مصداقية أكبر".

يقول سنيدر أنه لم يَعُد يُنظر إلى أكسيد النتريك بأنه EDRF الوحيد. ويضيف القول بأن الحائزين على جائزة نوبل "بيّنوا بأن كبريتيد الهدروجين هو EDRF ولم يبيّنوا بأنه الوحيد". ولدى سنيدر البرهان بأن كبريتيد الهدروجين يفسّر فعالية استرخاء الأوعية الدموية لـ EDRF أكثر ممّا يفسرها أكسيد النتريك. ويبدو مع ذلك بأن الغازين يعملان بطريقين مختلفين. فأكسيد النتريك يفعّل الأنزيم المسمى guanylyl cyclose مبدئاً سلسلة من الأحداث التي تؤدي إلى استرخاء عضلات جدران الأوعية الدموية. بينما يؤدي كبريتيد الهدروجين إلى النتيجة نفسها بتفعيل قنوات البوتاسيوم الحساسة –1ATP.

مثل أكسيد النتريك، يعمل كبريتيد الهدروجين على استرخاء الأوعية الدموية

لقد كان العمل على الفئران المرهقة –CSE وما تبعه من أعمال غير منشورة كافياً لإقناع سنيدر بأن قدرة "كبريتيد الهدروجين أكثر إثارة" من أكسيد النتريك، بينما بقي آخرون من المهتمين بهذا الحقل حذرين من مخاطرة المبالغة في وضعه البيولوجي. يقول وايتمان: "إنه يشبه ما قال به الطوبيون (البيتلز) بأنهم أكبر من المسيح".

يمكن لعمل سنيدر غير المنشور أن يفسّر اعتقاده: أنه وجد آلية مهمة يمكن بواسطتها معرفة عمل كبريتيد الهدروجين. عَمِل سنيدر لحلّ المسألة بالمقارنة مع أكسيد النتريك. يعمل أكسيد النتريك في أحوال كثيرة خلال عملية تدعى نتروزيلَنة nitrosylation حيث يُوصلُ قسم من جزيء أكسيد النتريك نفسه إلى حمض أمينو معين في البروتين، مما يعطل فعّالية البروتين. حمض الأمينو ذاك هو الذي يحوي كبريت ويسمى سِسْتيين.

يقول سنيدر أن كبريتيد الهدروجين يعمل بعملية موازية تدعى سلفدة sulphydration، ويمكن أن تكون طريقاً تماماً لتعديل البروتينات والتأثير على فعاليتها. تتم عملية السلفدة بتزويد السستيين بذرة كبريت إضافية. تتفاعل الذرة مع قسم فعّال ناتئ من السستيين الذي يحوي رابطة كبريت–هدروجين (S-H)، محوّلة إياها إلى رابطة كبريت–كبريت–هدروجين التي تبرز من جسم البروتين. يقول سنيدر: "إنها أكثر إيضاحاً"، ويجعل الأمر مقبولاً للتفاعلات الكيميائية اللاحقة.

إن نتائج السلفدة بعيدة الغور أكثر من النتروزيلَنة كما يقول سنيدر. لقد بينت اختباراته حتى الآن أن النتروزيلَنة تؤثر بصورة تقريبية على واحد في كل مائة من جزيئات البروتين في عينة معطاة. بينما يظهر أن السلفدة تؤثر على واحد من كل 10 إلى 20 من جزيئات البروتين. وهذا ممكن لأن كبريتيد الهدروجين أقل انتقائية من أكسيد النتريك من حيث السستينيات في البروتين الذي تتفاعل معه.

من المدهش أن هنالك رغبة بوجود منظومة ما تشبه أكسيد النتريك بدون مؤازرة

– غيوسيب سيرينو

يقول سنيدر أن لديه شاهداً بأن السلفدة تفتح قنوات البوتاسيوم التي تؤدي إلى استرخاء الأوعية الدموية وبالتالي تبدل من فعالية 40 بروتين على الأقل في الكبد. وأحد البروتينات التي فحصها أخيراً هو أنزيم glyceraldehydes-3-phosphate dehydrogenase (GAPDH) الذي له دور في تحلّل السكر (glycolysis)، وهي العملية التي يتم فيها كسر السكر لتزويد الخلايا بالوقود. وعندما يَتَنَتْرز GAPDH، فإن قابليته لتحفيز التفاعل تتناقص، بينما تنعكس الصورة مع كبريتيد الهدروجين بشكل مثير. يقول سنيدر: "عندما تسلفد GAPDH فإنك تزيد فعاليته بنسبة 700% في الحي"، ويتابع قائلاً: "المهم هو أن عملية السلفدة نمط جديد لتعديل انسحابي متأخر للبروتين، من المحتمل مقارنة ذلك من حيث الانتشار

والتأثير مع عملية الفسفرة (phasphorylation)"، مشيراً بتعديل بروتيني آخر واسع الانتشار وحيوي لجميع سلوك وظائف الخلية. ويقول أيضاً بأن السلفدة يمكن أن تكون مهمة لتفسيرالتحكم بكثير من العمليات الاستقلابية إلى جانب تحلل السكر. "إن تنظيم سُبل الاستقلاب قد جرت دراستها منذ خمسين عاماً مضت والسؤال هو ما الذي يفتحها ويغلقها؟ كيف تعمل الهرمونات والإشارات الأخرى على تنظيم الاستقلاب؟ لم يأخذ التوّجه مجراه نحو ذلك بشكل وافٍ.

تخفض جرعة من كبريتيد الهدروجين قبل الذبحة القلبية مساحة الأذية القلبية (القسم الأبيض، إلى اليمين).

انتظر وراقب

إن أعمال سنيدر، حتى الآن، قد نُشرت بشكل مختصر، ويقول الباحثون بأنهم ينتظرون رؤيتها بشكل كامل قبل الحكم عليها. يوافق وايتمان بأن فرضيات سنيدر معقولة ويقول: "ما يراه يتوافق مع ملاحظاتي"، ويتابع قائلاً "يمكن أن تكون عملية السلفدة اختراقاً عظيماً".

ولكن في حين يضع سنيدر كبريتيد الهدروجين في المرحلة المركزية من إرسال الإشارات الخلوية، فإن آخرين في هذا الحقل يعتقدون بإمكانية أن يكون دوره ثانوياً في الجسم –حيث أنه يقدم دعماً عند حدوث خطأ يتعلق بأكسيد النتريك. يقول غيوسيب Giuseppe من جامعة نابلز فيدريكو II Naples Fedrico II في إيطاليا "من المدهش أن هنالك رغبة بوجود منظومة ما تشبه أكسيد النتريك بدون مؤازرة"، ويتابع قائلاً "إننا نتحدث عن منظومة لها أهمية من أجل البقاء".

وعندما نأتي إلى ضبط التوعية الدموية vasculature مثلاً، وجد سيرانو بأن كبريتيد الهدروجين مهم بصورة خاصة في الجسم إذا ما كان الغشاء البشري للأوعية الدموية –البطانة الرقيقة التي تنظم جريان الدم والتي تعطي أكسيد النتريك– مخرّبة بحيث ينخفض إنتاج أكسيد النتريك[6]. درس هو ومعاونوه تكهف أجسام الرجال ونسيج قضيب الرجل المملوء في الدم أثناء الانتصاب عندما يسبب التحريض للمنظومة العصبية تحرر أكسيد النتريك وبالتالي استرخاء الأوعية الدموية (تحاكي الفياغرا هذا الأمر بتحرير أكسيد النتريك في تكهف الأجسام). أخذ سيرانو ومعاونوه شرائط من العضلات الناعمة من هذا النسيج المفتقر لبطانة الأوعية الدموية وبالتالي لم يتم تحرر أكسيد النتريك. يقول سيرانو: "يستطيع كبريتيد الهدروجين أن يرخي النسيج بغياب البطانة الوعائية"، ويتابع قائلاً "إن السؤال التالي هو لماذا، والسؤال الذي يليه هو كيف".

تفاصيل إيصال كبريتيد الهدروجين إلى النسج

ستكون الإجابة عن ماذا وكيف أسهل إذا كان لدى الباحثين وسيلة للتحكم في كيفية إيصال كبريتيد الهدروجين إلى النسيج، وقد طوّر مور جزيئاً قادراً على أن يفعل ذلك. إنه جزيء عضوي، منحل في الماء يحرر كبريتيد الهدروجين بطريقة يمكن أن تتولّد فيه تراكيز فيزيولوجية منه أفضل من أن ندخل الغاز بشكل مباشر. لقد استخدم مور هذا الجزيء من أجل مريض، ويأمل استعماله لدراسة تأثيرات كبريتيد الهدروجين على منظومة الأوعية الدموية القلبية، ولربما توصيله بصورة علاجية.

تبحث مجموعات أخرى عن طريق استعمال كبريتيد الهدروجين في العيادة. يقول الباحث القلبي ديفيد ليفر David Lefer من جامعة إيموري Emory القسم الطبي في أتلانتا في جورجيا Emory University School of Medicine: "نحن متحمّسون إلى حد كبير لفكرة كيف أن السويات المنخفضة من المداواة بكبريتيد الهدروجين لها تأثيرات مهمة جداً جداً في تخفيض تخريب الخلية"، وفي عمل على وشك أن ينشر استخدم ليفر دفعات من كبريتيد الهدروجين ليجنب الفئران تأثيرات الذبحة القلبية الكاذبة. يبدو أن الغاز يعزّز إنتاج مضادات أكسدة قوية وأنزيمات تحمي من تخريب الخلية. ويوضح ليفر ذلك قائلاً: "يبدو وكأن هنالك برنامج حماية نستطيع تطويره بتعرض exposure واحد". ويقول ليفر أنه من الممكن لهذا العمل أن يؤدي إلى معالجة، يمكن أن تُعطى للمرضى قبل عملية قلب جراحية كبيرة.

الفئران غير القادرة على إنتاج الأنزيم سيستاثيونين-γ يكون عندها فرط ضغط دموي

كان وايتمان يقوم بفحص دور الغاز في الالتهاب. وكان يبحث عن المائع المزلّق الموجود في مفاصل مرضى التهابات المفاصل الرثياني –مرض التهابي مزمن– بالإضافة إلى الفُصال العظمي وهو مرض تنكسي في الغضاريف. تحوي مفاصل مرضى التهابات المفاصل الرثياني تراكيز عالية من كبريتيد الهدروجين في المائع المزلق، ولكن مفاصل مرضى الفصال العظمي لا تحوي ذلك. ومع ذلك، يقول وانغ أن الباحثين مازالو منقسمين أمام أهمية الجزيء في عملية الالتهاب. "فبعضهم أبدى تأييداً لدوره في الالتهاب، والبعض الآخر أبدى معارضة له".

هنالك جانب آخر مثير للاهتمام لكبريتيد الهدروجين. ففي عام 2005، بيَّن مارك روث Mark Roth في مركز أبحاث السرطان فريد هتشينسون Hutchinson في سياتل Seatle، واشنطن، أن من الممكن لكبريتيد الهدروجين أن يضع فئراناً في حالة إنعاش مؤقت، حيث كان استقلابها يتباطأ بشكل كبير، وبهذه الكيفية فسّر روث حالة النوم الأعمق من حالة النوم العميق التي كانت فيها. يقول سنيدر، على أية حال، هذه التجربة لها علاقة قليلة بما شاهده. ويقول "إن تجارب الإنعاش المؤقت تستعمل جرعات أكبر بمائة مرة من الجرعات الموجودة طبيعياً، ومن المحتمل أن تتضمن آليات لا علاقة لها بفزيولوجية كبريتيد الهدروجين العادية"، ويتابع قائلاً "إنها مختلفة جداً عن الكميات القليلة جداً التي يشكلها الأنزيم".

إن أحد المواضيع المهمة للمناقشة في الاجتماع الذي سيعقد في شنغهاي Shnghai في الشهر القادم، والذي يُتوَقَّعُ أن يحضره حوالي 300 مشارك، سيكون كيف تترجم النتائج التي تؤخذ على الحيوانات إلى ما يقابلها على الإنسان– ولربما أيضاً، ما يُستَهّل به أولاً الحديث عن التأثيرات الدوائية للغاز. يقول مور "أعتقد أنه سيكون هنالك عُقارات". إن مور ووانغ يتعاونان مع شركة تدعى CTG Pharma في ميلان، إيطاليا، حيث يجرب الباحثون إدخال مجموعات مانحة للهدروجين والكبريت في عُقارات معروفة بما فيها السيلدنافيل وقاتل الآلام الأسبرين والدكلوفيناك. يقوم الباحثون في شركة إيكاريا Ikaria للتقانة الحيوية في سياتل، واشنطن، بتطوير عُقارات أساسها جميع أجهزة الإرسال الغازية الثلاثة. إنهم يختبرون في المرحلة الأولى فيما إذا كانت حقنات من كبريتيد الصوديوم، العميل الذي يوصل كبريتيد الهدروجين إلى الجسم، تستطيع أن تعالج حالات الشرايين المسدودة.

وبتقدم مثل هذه الدراسات، يأمل الباحثون أن يتوصلوا إلى معرفة أكثر عن كبريتيد الهدروجين –ذلك إضافة إلى معرفة أكثر عن أجهزة الإرسال الغازية ككل. يعتقد مور ووانغ أن جسم الإنسان لديه القابلية لاستعمال غازات بسيطة أخرى والتي تستخدمها الجراثيم، ويذكر مور مثالاً على ذلك الأمونيا (النشادر) –وهو غاز آخر معروف برائحته الواخزة، فضلاً عن خواصه الفيزيولوجية. وهذا يعني أنه من الممكن لوانغ أن يتتبع أنفه إلى ناقل إرسال غازي آخر، تماماً كما تمَّ مع الأخير. ويقول: "إذا كنا قد تعلّمنا شيئاً ما من أكسيد النتريك وأحادي أكسيد الكربون وكبريتيد الهدروجين هو أنها ليست بالضرورة الغازات الثلاثة الوحيدة" ويقول "يجب أن يكون هنالك غازات أخرى".

كواكب تحت الضغط

يمكن أن تكون الضغوط عالية بما يكفي لانهيار الألماس وتحويل الغازات النبيلة إلى معادن metals. يعرض ريموند جينلوز **Raymond Jeanloz** *كيف نستطيع دراسة مثل هذه الأحوال المفرطة دون مغادرة المختبر، وماذا يمكن أن تخبرنا النتائج عن الحياة في أماكن أخرى من الكون.*

الكلمات المفتاحية: خلايا السندان الألماسي، هليوم–هدروجين معدني، الضغوط العالية داخل الكواكب، كواكب غازية، عواصف برد ألماسي، مخطط السيليكا الطوري، طرائق موجة الصدم.

في عمق كوكب المشتري يهطل الألماس من الغيوم الهدروكربونية حيث تحطم الضغوط الجوية الشديدة الميتان وتشظيه إلى مكوناته الذرّية. ومع مزيد من التوغل في العمق الذي ما زال لا يكوّن إلا نحو 15% من الطريق إلى مركز الكوكب يصل الضغط إلى مليون ضعف من الضغط الجوي للأرض، وهذا يكفي لتحويل الهدروجين من الغاز الشفاف العازل الذي نعرفه على سطح كوكبنا إلى مائع معدني، يؤازر الحقل المغنطيسي الهائل لكوكب المشتري. حتى أن الألماس ليس أبدي الديمومة: ففي ضغوطٍ من مرتبة ثمانية إلى عشرة ملايين ضغط جوي، يتحول الألماس إلى كربون معدني القوام، قاتم اللون، بدلاً من البلورة الشفافة المألوفة.

لن يستطيع الإنسان أبداً أن يطأ المشتري، ولن يكون أبداً في مقدور الإنسان الآلي القوي أن يتحمل الضغوط المفرطة في شدتها داخل الكوكب مدةً طويلة. وبدلاً من ذلك، يعمد الفيزيائيون إلى التجارب المخبرية وإلى النماذج النظرية لمحاكاة سلوك المادة والتنبؤ بهذا السلوك داخل كل من الكواكب الغازية العملاقة مثل المشتري، والكواكب الصخرية مثل الأرض والمريخ. إن ما تعلمناه في السنوات القليلة الماضية عن المادة في الضغوط العالية – وما نتوقع أن نتعلمه بالوسائل الجديدة الجاري تطويرها سيسمح لنا أن نواجه أسئلة أساسية عن كيفية تكوّن مثل هذه الكواكب وتطورها بمقاييس الزمن الجيولوجية أو الفيزيائية الفلكية.

إن مثل هذه الأسئلة أصبحت أكثر إثارةً للاهتمام في السنوات الأخيرة، لأنه خلال العقد الماضي اكتُشِفَ أكثر من 330 كوكباً تدور حول نجوم أخرى غير نجمنا (شمسنا). وهذه المشاهدات تغير بشكل مثير فهمنا للأنظمة الكوكبية. وقد وُجِد أن كثيراً من

إن ما تعلمناه عن المادة في الضغوط العالية –وما نتوقع أن نتعلمه بالوسائل الجديدة الجاري تطويرها– سيسمح لنا بأن نتوجه بالأسئلة الأساسية حول كيفية تكوّن الكواكب وكيف تتطور على مر الزمن.

■ **الكاتب: ريموند جنيلوز Raymond Jeanloz هو أستاذ الفلك وعلم الأرض والكواكب في جامعة بركلي، كاليفورنيا، الولايات المتحدة** e-mail: jeanloz@berkeley.edu.

نُشر هذا المقال في مجلة Physics world, Vol 22, 4 April 2009، ترجمة د. مصطفى حموليلا، عضو هيئة التحرير.

هذه الأنظمة المكتشفة يحتوي كواكب "فائقة الضخامة supergiant" تفوق كتلتها عدة مرات كتلة المشتري، وفي بعض الحالات، فإن هذه الكواكب تدور حول نجومها الأم على مسافات أقرب من المسافة بين عطارد Mercury وشمسنا. وهناك شواهد أيضاً على وجود "أراض فائقة الضخامة" Super-Earths"– وهي كواكب صخرية أكبر كثيراً من أرضنا. وفي الحقيقة، فإننا نعلم الآن أن نظامنا الشمسي هو لا نموذجي نسبياً مقارنةً بأكثر الأنظمة الكوكبية المرصودة حتى الآن، وهذا قد أثار أسئلة إضافية. فمثلاً كم من الكبر (أو الصغر) يجب أن يكون عليه الكوكب لنشوء الحياة فيه؟ وما هي طبيعة الأجرام السماوية ذات الكبر الكافي لتكون نجوماً؟ إن الإجابة عن هذه التساؤلات ستعتمد على فهم المواد التي تتألف منها الكواكب وكذلك أيضاً على الرصد الفلكي المحسّن.

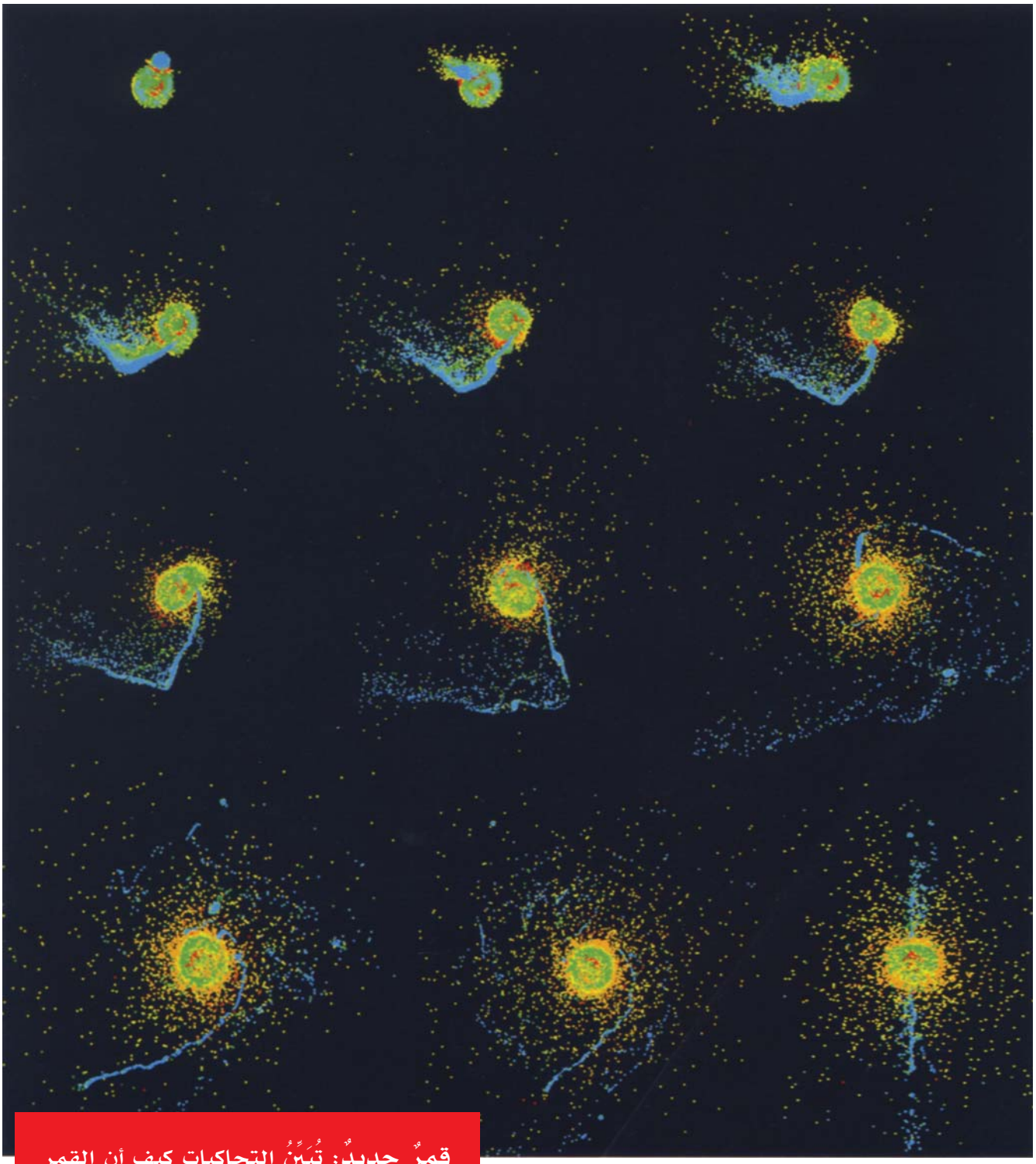
تغيرات تحت الضغط

بفضل التجارب الرائدة التي أجراها وليام William ولورنس براغ Lawrence Bragg باستعمال انعراج أشعةX–، والتي أجراها أيضاً بِرْسي ويليامز بريدكمان Percy Williams Bridgman على الضغوط العالية للمواد؛ عرف العلماء منذ مئة عام تقريباً أن رَزْمَ الذرّات يمكن أن يتغيّر، وتتغير نتيجة لذلك صفات المواد تحت الضغوط الموجودة في أعماق الكواكب. فمثلاً تحت ضغوطٍ تفوق 50,000 ضغطاً جوياً أو خمسة جيغا باسكال (GPa)، يتحول الغرافيت إلى ألماس وتعيد ذرّات الكربون ترتيبها من نموذج سداسي hexagonal pattern إلى نموذج من أكداس مكعبة cubic staking. ففي مثل هذه الشروط، التي يمكن العثور عليها على عمق 600-200 كيلومتر داخل الأرض وداخل المريخ، يتحلل الميتان إلى الكربون والهدروجين. وفي الحقيقة، استخدمت مجموعةٌ يقودها إيريو توساتي Erio Tosatti في المركز الدولي للفيزياء النظرية بتريستا، في إيطاليا، حساباتٍ ميكانيكيةً كمومية، وذلك في العام 1998، وتوصلت إلى أن "الطقس" داخل الكواكب العملاقة ذات الأجواء الميتانية هو طقس غائم مع توفر فرصة لعواصف البَرَد الألماسي diamond hail storm.

وبُعيد منتصف الطريق إلى مركز الأرض، يبلغ الضغط مليون ضغط جوي – وهذا يكفي لتتشابك مدارات الإلكترونات الخارجية للذرات، بحيث تتداخل وتختلط فيما بينها على نطاق أوسع. تؤثر هذه التغيرات في سلوك الروابط الكيميائية للذرّات. فمثلاً، يصبح الكزينون "الغاز النبيل" الخامل وغير المرتبط عادة معدنياً عند هذه الضغوط، ومثله يتحول الهدروجين السائل إلى معدن، وكذلك يصبح الأكسجين أيضاً معدنياً، الشيء الذي يسمح للصخور (التي تتكوّن من الأكسجين المرتبط كيميائياً بأيونات المعادن) أن تكوّن سبيكة مع الحديد السائل، وفي الضغوط المنخفضة، وعلى العكس لا يرتبط "خبث" الأكسيد مع الحديد السائل لكنه، بدلاً من ذلك، ينفصل ويطفو على السطح. إذن فإن هذه التحولات الكيميائية المرتبطة بالضغط تطمس (تجعلها غير واضحة) الحدود بين معطف الأرض الصخري وسبيكة الحديد السائلة للّب الخارجي.

وفي الحقيقة، فإن الضغوط حتى في المعطف عالية بما يكفي لانهيار أيونات الحديد داخل الفلزات إلى نصف حجمها الطبيعي. ولفهم هذا لنأخذ أيون حديد مرتبطاً بستّ ذرات أكسجين. ففي الضغوط المنخفضة، ستكون الإلكترونات التي تقيم الروابط في مدارات، باتجاه ذرّات الأكسجين – التشكيل الطاقي الأخفض. وتحت الضغوط الأعلى، تتشابك إلكترونات ذرّات الأكسجين مع هذه المدارات، وبذلك تدفع إلكترونات أيون الحديد إلى مدارات أخرى أعلى طاقة، وتشغل حجماً أصغر. الأمواج الزلزالية بعبورها خلال هذه المادة الأكثف ستعاني تغييراً في سرعتها وفي تحولها من تشكيلات إلكترونية منخفضة السبين إلى تشكيلات إلكترونية عالية السبين، وهي تغيّر أيضاً الخواص الضوئية والناقلية الحرارية للمادة العميقة داخل كوكبنا. وهذا أمر هام لأن الأمواج الصوتية المنبعثة من الهزات الأرضية تنتقل عبر الداخل وتسبب اهتزاز الكوكب برمته. وقد زودنا قياس هذه الاهتزازات بمعلومات مفصلة عن بنية الأرض الداخلية، ونأمل في المستقبل أن نكون قادرين أيضاً على رصد نماذج الاهتزازات في كواكب أخرى.

وتُوَثّقُ عدةُ مجموعاتِ عمل الآن تغيراتٍ أكثر شمولية تحدث داخل كواكب غازية عملاقة مثل المشتري وزحل، حيث تبلغ ضغوط القلب (اللب) من 40 إلى 70 مليون ضغط جوي (4-7 ترا باسكال TPa). وقد بيّن جون إيغرت Jon Eggert وزملاؤه في مختبر لورانس ليفرمور الوطني (LLNL) في الولايات المتحدة عام 2008 أن الهليوم يصبح معدنياً في الضغوط ودرجات الحرارة التي هي أعلى من 20 مليون ضغط جوي ومن 20,000 درجة كلفن. وبعبارة أخرى – يكوّن مزيج الهدروجين والهليوم "كواكب غازية gaseous Planets" أقرب ما تكون إلى سبيكة معدنية–سائلة في معظم جزئها



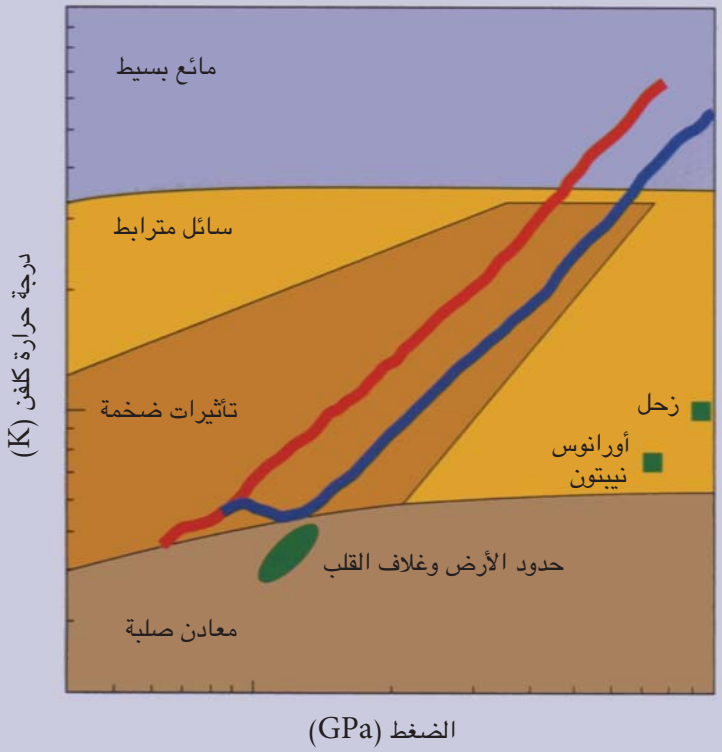
قمرٌ جديدٌ: تُبَيِّنُ التحاكيات كيف أن القمر يمكن أن يكون قد تكوّن من الحطام المتناثر أثناء التصادم بين الأرض وجسيم بحجم المريخ. إن اللون الأحمر يُمثل المناطق ذات الطاقة الداخلية العالية.

الداخلي. وفي ضغوط تقارب 1-5 ملايين ضغط جوي، فإن الهدروجين يكون على كل حال معدناً سائلاً، في حين لا يكون الهليوم كذلك. وفي مثل هذه المناطق يميل العنصران الخفيفان للانفصال مثل الزيت والماء. وإن نفس عملية الانفصال هذه تأخذ مجراها في الكواكب الصخرية أيضاً. فعلى الأرض مثلاً نتجت مناطق ذات تراكيب جرمية

مختلفة: الجو الغازي؛ المعطف الصخري rock mantle، والقلب ذو السبيكة–الحديدية Iron-alloy core. وبالمثل يُعتقد بأن لدى الكواكب العملاقة كتلاً من الصخر والحديد تساوي كتلة الأرض عدة مرات موجودة في أعماق الغُلف السائلة الغنية بالهليوم والهدروجين.

إن غوص المركّبات الأثقل بالنسبة للأخرى الأخف منها يمكن أن يكون مصدراً هاماً للطاقة. فمثلاً إن الطاقة التثاقلية المتحرِّرة نتيجة عملية التفاوت داخل الأرض قد سخّنت كوكبنا من الداخل بنحو 2000 درجة كلفن. ويُعتقد على وجه التقريب أن نصف الحرارة الخارجة الآن من كوكبنا، بما في ذلك ما يخرج من الانفجارات (الثورانات) البركانية ومن حركة الصفائح التكتونية لقشرة الأرض، هو الحرارة "البدائية" التي تخلّفت بعد تكوّن الأرض وعملية التفاوت قبل أكثر من 4.5 بليون عام مضى.

لكن ما الذي يحدث في ضغوط أعلى من بضع عشرات ملايين الضغط الجوي؟ فكما هو الحال مع المحيطات، يتزايد الضغط داخل الكوكب مع العمق بنتيجة وزن الطبقات المتوضعة فوقه. والضغط في القلب يتناسب بتقريب أولي مع M^2/r^4، حيث r نصف قطر الكوكب و M كتلته. فالكواكب العملاقة والعملاقة الفائقة تميل إلى أن تصبح متماثلة الحجم لأن الانضغاط التثاقلي الإضافي يوازن الكتلة المضافة. لذا من المتوقع لمركز كوكبٍ له خمسة أمثال كتلة–المشتري أن يتعرّض لضغوط أكبر من بليون ضغط جوي، وهي تكفي لتغيير المدارات الداخلية لإلكترونات الذرّة عند قلب الكوكب. والكوكب الذي له نحو خمسة عشر ضِعْفاً من كتلة المشتري يتحمل أيضاً تحولاتٍ هامةً أكبر: فالضغوط الداخلية، وكذلك درجات الحرارة، كافية لإحداث اندماج نووي حراري، وبذلك يصبح الكوكب نجماً صغيراً يسمى "بالقزم الأسمر" "brown dwarf" star.



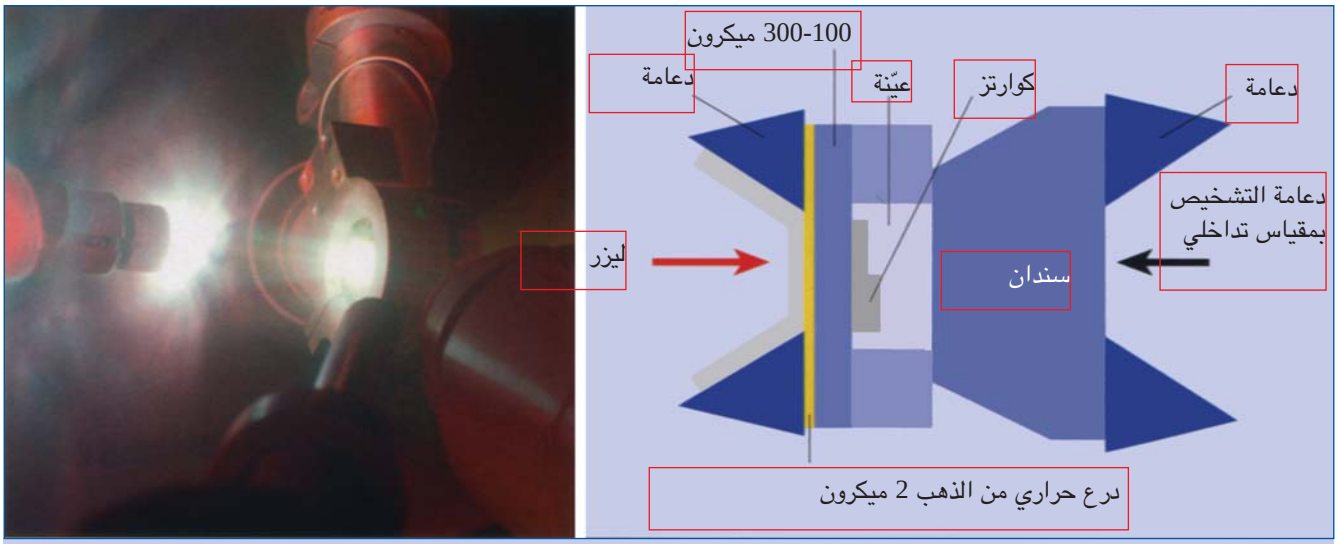
تحت الضغط: مخطط طوري للسيليكا –المادة الخام للزجاج– يُبين ذرات الحرارة والضغوط المطلوبة لتحويلها إلى مواد أكثر غرابة مثل "السائل المترابط bonded liquid"، والتي تكون فيه البنية الجزيئية المحلية مُمزّقة بفعل الظروف المفرطة extreme conditions، ومثل المائع البسيط، حيث تسلك المادة سلوك المعدن. تمثل الخطوط الحمراء والزرقاء التجريبيّة للصدمة المتحصلة من عينات السيليكا المنصهرة، والكوارتز على التوالي. إنّ تأثيرات الكواكب الغازية العملاقة– يمكن أن تنتج درجات الحرارة والضغوط التي تصادف في مركز –المنطقة اليسارية من المخطط؛ وتشير نقاط معطيات إضافية إلى الشروط /الظروف/ داخل الأرض وداخل الكواكب الغازية العملاقة.

تجارب الضغط العالي نيومان

حاول العلماء أولاً دراسة نظام البليون ضغط جوي الذي أتى كمنتجٍ ثانوي للاختبارات النووية تحت الأرض التي أجريت إبان الحرب الباردة –وهي "تجارب" محظورة الآن بحسب الاتفاقيات الدولية، علماً أن قلة ترغب في تكرارها. ولما كان من غير المحتمل مواصلة مثل هذه الطرائق في المستقبل، فقد انتقلت الدراسات التجريبية للضغوط الفائقة العلو إلى التقنيات المخبرية باستعمال خلايا السندان الألماسي diamond anvil cells والليزرات ذات القدرة الفائقة.

تعمل خلايا السندان الألماسي بواسطة حصر عيّنات صغيرة – طولها يكون عادة أصغر من 0.1 ملم وثخانتها أقل 0.01 مليمتر

إن مركز الكوكب الذي تعادل كتلته خمسة أمثال كتلة المشتري، يُعاني من ضغوط تزيد على مليون ضغط جوي



يا له من انفجار! تشاهد في اليسار صورة فوتوغرافية لخلية السندان الألماسي في منشأة أوميغا لليزر في الولايات المتحدة، وهي تظهر العينة داخل الخلية التي عصفت بها نبضة من ضوء ليزري شديد. تسمح مثل هذه التجارب للباحثين بدراسة كيفية سلوك المادة في ضغوطٍ ودرجات حرارة لا تشاهد عادة خارج باطن الكواكب. فإلى جوانب انضغاط العينات، تستخدم الألماسات في الخلية أيضاً كنوافذ للقياسات التشخيصيّة (في اليمين).

ما بين نقطتي جوهرتين /حجرين كريمين/. وعندما يجري انضغاط العيّنة تعمل الجوهرتان كنافذتين يمكن للباحثين من خلالهما استعمال المطيافية وتقنيات الانعراج لدراسة العيّنة تحت الضغط البالغ عدة ملايين من الضغط الجوي. وقد بينت طرائق موجة الصدم shock-wave methods التي تُضرب فيها العيّنة بقذيفة منطلقة بسرعة تقارب 1-5 كيلومترات في الثانية، والتي تُدرَس خلال فترة العبور الوجيزة (أقل من واحد ميكروثانية)، أن موجة الضغط الناتجة، لا تقل أهمية في وصف المواد عنها في الظروف الداخلية –للكواكب. فمثلاً استعمل الباحثون عام 1996 في مختبر LLNL أمواج الصدم لتحويل الهدروجين السائل إلى شكله المعدني أول مرة.

وحديثاً، أصبح في الإمكان استعمال تجمّع نبضةٍ شديدةٍ من الضوء يولدها الليزر، بدلاً من القذيفة التي تسبب الصدم الميكانيكي، لأنه يساعد على قياسات ذات جودة عالية لموجة الصدم حتى ضغوطٍ تصل إلى عشرات ملايين الضغط الجوي. وهذا مكّن الباحثين من توثيق تغيرات مثيرة في الروابط الكيميائية التي تحدث عندما تتحول السيليكات السائلة – التي تصنع منها عادة الأدوات الزجاجية – إلى الحالة المعدنية في الضغوط ودرجات الحرارة العالية جداً.

ثمة حيلة أخرى تتلخص في دمج التقانات وذلك باستعمال الصدمات المدفوعة بواسطة الليزر إلى عيناتٍ موجودةٍ مسبقاً تحت ضغط عالٍ داخل خلية السندان الألماسي. وبتغيير الكثافة الابتدائية للعيّنة يمكن بلوغ كثافاتٍ أعلى كثيراً ودرجات حرارة أخفض منها في حالة موجة الصدم، ممّا يمكن الحصول عليه من الضغط بالصدمة وحدها. وهكذا يمكن فصل تأثيري درجة الحرارة والكثافة (أو الضغط) عند تحديد الشروط اللازمة مثلاً، ليصبح الهدروجين، أو الهليوم أو السيليكا، معدنياً.

كيف تُولد الكواكب

قادت هذه التجارب إلى عدد من المكتشفات لها نتائج تتعلق بتكوّن الكواكب وتطورها. فمثلاً، إن الشروط المطلوبة لتحويل ثنائي أكسيد السليكون إلى معدن مائع–التي هي ضغوط ودرجات حرارة أعلى من 10^6 ضغط جوي و10,000 درجة كلفن– يمكن أن تبدو مفرطة لكنها في الحقيقة شروط نموذجية خلال الصدمات العملاقة giant impacts التي تميز المراحل المتأخرة لنمو الكواكب.

سبق أن عرفنا أنه عندما تلتحم المادة مشكلةً قرصاً حول نجم فتيّ، فإن الكواكب البدائية الناشئة protoplanets تصطدم بأجسام خارجية، أو بشهب متفجرة. إنّ عملية التجمع هذه الناجمة عن التجاذبات التثاقلية المتبادلة هي الطريقة التي تتكوّن بها الكواكب، إلا أن التحاكيات الحاسوبية لهذه العملية تبين أن التنامي ينتهي إلى تكتلات كبيرة بشكل مدهش. وبكلمات أخرى، فعند كل مرحلة من نمو الكوكب يكون الكوكب قد اصطدم بأجسامٍ نمت بحدِّ ذاتها إلى حجوم

كبيرة، لذا فحالما تبلغ الكواكب حجمها النهائي. بيّنت التحاكيات أنها ستتعرض للتصادم بكواكب أخرى قد اكتمل نموها.

وفي الحقيقة، يُظن بأن قمرنا قد انسلخ عن الأرض نتيجة صدمة حدثت في مرحلة متأخرة بجسم بحجم المريخ، وهذه هي الفرضية الوحيدة التي توضح الصفات المعروفة لنظام الأرض والقمر. فمثلاً تفسر التحاليل الكيميائية لصخور القمر على أحسن وجه من استنتاج أن القمر برمته كان منصهراً قبل 4.5 بليون عام وأنّ الصدمة العملاقة هي إحدى المصادر المقبولة للطاقة /الحرارية/ التي كانت ضروريّة لصهره، وأنّ الصدمة السريعة أيضاً تُعد الوسيلة الوحيدة لخلق مثل هذا الجسم الثقيل المماثل للقمر على مسافة مناسبة من كوكبنا الذي ما يزال محُتفظاً به في مدار الأرض.

إن التقديرات النظرية التي أجراها داميان هيكز Damian Hicks وآخرون في مختبر LLNL، تشير إلى أن قمة الضغوط القصوى خلال مثل هذه التصادمات عالية بما يكفي لتحويل المواد التي أساسها ثنائي أكسيد السليكون SiO_2 في الغلاف الصخري للأرض المبكرة إلى معدن سائل. ولأن الناقلية الحرارية للمعدن أكبر من قيمتها مما هي عليه لمعظم العناصر اللامعدنية، فإن طور المعدن السائل هذا يستلزم أن يتولّد بحرٌ من صهارة المواد الصخرية المذابة العالية الحرارة "magma ocean" "superhot" وكون الصدمة جعلته ناقلاً على نحوٍ كبيرٍ ويمكن أن تكون قد أحدثت تفاعلات كيميائية بين غلاف الأرض المبكر الأولي ولبّها.

وفيما يتعلق بالكواكب خارج المجموعة الشمسية، فإن بعض المنظّرين مثل رياناتا ونيتزكوفيتش Renata Wentzcovitch من جامعة مينيسوتا في الولايات المتحدة، ومثل لارسْ ستيكسرود Lars Stixrude في جامعة كلية لندن University College London في المملكة المتحدة يجرون دراسات على الرزم الذري وعلى الخواص الفيزيائية للفلزات الأكسيدية، وسبائك الحديد والموائع الهدروجينية في الشروط التي يمكن أن تكون موجودة في الكواكب الكبيرة العملاقة والكبيرة جداً giant and super-giant. أن للأرْضون الكبيرة المرصودة مؤخراً super-Earths أهمية خاصة. بينما يكون للكواكب الكبيرة قوة جذب تثاقلي كبيرة تكفي لحفظ غُلْفٍ سميكة من الهدروجين والهليوم، ولهذا لا تعتبر مكاناً مناسباً للحياة، فقد تكون الكواكب الصخرية التي كتلتها تعادل عدة مرات كتلة الأرض تحظى بأجواء رقيقة بما يكفي لوجود الحياة.

نجوم في المختبر

في الوقت الحاضر، تُقيَّدُ بعض اختبارات هذه التنبؤات بالتحديد المتأصل في تجارب السندان الألماسي؛ يعاني الألماس في الضغط الذي يفوق العشرة ملايين جواً تحولاً إلى كربون معدني، وبهذا يصبح السندان غير قابل للاستعمال. على كلّ حال، فإن الجيل الجديد /الحديث/ من الليزرات التي يجري بناؤها يجب أن يسمح لنا باختبار نظام البليون ضغط جوي في شروط يجري التحكم فيها. وإن هذه الليزرات الضخمة التي تقع قدرتها بين عدة كيلوجولات إلى ميغاجول الموجودة في منشآت مثل جيكّو Gekko في اليابان وليزر الميغاجول في فرنسا، وأوربون في المملكة المتحدة وفي Omega وفي National Ignition Facility في الولايات المتحدة، تولد نبضات شديدة من الضوء تسوق موجة صدم ضخمة /هائلة/ عبر العينة عند رصّ المادة. وعندما تمتص الطبقات الخارجية للعينة هذا الضوء، فإنها تتبخر وتتمدد مسرعة نحو الخلف باتجاه الليزر؛ وكما هو الحال مع القذيفة، يُنتج انحفاظ عزم الاندفاع الخطي موجة ضغطٍ تعبر العينة. وباستخدام هذه الوسائط، نتوقع أن تأخذ العينات في البداية ضغوطاً من مرتبة ملايين الضغوط الجوية وتضغطها الصدمة إلى ما فوق بليون ضغط جوي، وبذلك نحصل على كثافاتٍ أكبر مئات المرات من كثافة العينة الأصلية.

وأخيراً، فإن هذه التجارب لا تسبر فقط حالات الكثافات العالية داخل الكواكب، لكنها أيضاً تسبر درجات الحرارة /التي هي أعلى من مليون كلفن/ والتي يُقدح فيها زناد الاندماج النووي. ضمن هذه الشروط، لا تتحول مدارات الإلكترونات وحدها – كما في داخل الكواكب الغازية العملاقة– والعملاقة الفائقة– بل تتحول النوى ذاتها. سيكون من الممكن بعدئذ توصيف الفيزياء والكيمياء الجارية في داخل الأقزام السمراء من النجوم وكذلك الأجرام الأخرى تحت النجمية. إنّ الانتقال بين الكواكب والنجوم، سيصبح أول مرة متاحاً للدراسة في المختبر.

السباق لبناء حاسوب كمومي

كانت الحوسبة الكمومية مشروعاً تأملياً محفوفاً بالمخاطر إلى أبعد الحدود، تواجهه عقبات تقانية جدّية حتى جاء شاب فيزيائي خجول وتمكن من التغلب على تلك العقبات وأحرز في ذلك تقدماً. في هذا المقال يطلعنا ديف بيكون **Dave Bacon** *على قصة الفكرة الهائلة التي جاء بها ألِكسي كيتايف Alexei Kitaev.*

الكلمات المفتاحية: حاسوب كمومي، مبرهنة العتبة لفون نيومان، كود تصحيح الخطأ، أنيونات آبلية، أنيونات ميكروسوفت.

عندما سمع ألكسي كيتايف من أحد زملائه أن بيتر شور Peter Shor، وهو باحث من مختبرات بل في نيوجرسي، قد اكتشف خوارزمية لتحليل الأعداد إلى عوامل (مضاريب) على حاسوب كمومي، اهتاج وثارت ثائرته. فكيتايف كان يفكر ملياً كيف يمكن أن يكون ميدان الحوسبة الكمومية المبهم مفيداً، في الوقت الذي علم فيه أن نتيجة مختبرات بيل تكاد أن تغير مفهومنا للحوسبة تغييراً جذرياً. كانت هذه نتيجة أساسية كان ينبغي عليه أن يفهمها.

ولسوء حظ كيتايف، لم يكن لدى المنشأة البحثية التي كان يعمل فيها، وهي معهد لانداو L.D.Landau للفيزياء النظرية في تشيرنوغولوفكا في روسيا، نسخة عن محضر جلسات المؤتمر الذي نشرت فيه نتيجة شور. إن معظم الباحثين عندما يواجهون مسألة فقدان ورقة علمية قد يلجؤون إلى الاستفسار عنها بالاتصال هاتفياً مع مدير مكتبتهم المحلية أو بأحد زملائهم في مؤسسة قريبة محاولين الحصول على نسخة من الورقة العلمية. أما بالنسبة لكيتايف، وهو خجول بطبعه، فإن هذا الأسلوب الطبيعي في التعامل لم يكن مقبولاً. عندما توفي ريتشارد فاينمان Richard Feynman، الحائز على جائزة نوبل، في عام 1988 وجد مكتوباً على أحد الألواح في مكتبه العبارة الشهيرة "إن ما لا أستطيع أن أبتدعه، لا أفهمه". لقد كان تصرف كيتايف على هذا المنوال حيث فعل ما يخطر بصورة طبيعية ببال العقول المتقدة الذكاء من أمثاله وأمثال فاينمان: وببساطة عكف منكباً على العمل واستخرج نتيجته الجديدة الكبرى.

إن المقدرة على إعادة تكوين خوارزمية شور، وليس لديك سوى التلميح البسيط للحل، هو بلا شك العلامة المميزة لعقل حاد الذكاء بصورة مذهلة. لكن معايير العبقرية والنبوغ في مجالات كالفيزياء النظرية وعلم الحاسوب تمتد إلى أبعد من ذلك: فلا يكفي المرء أن يعيد استخراج نتائج سابقة فقط، بل عليه أيضاً أن يأتي بشيءٍ جديد كلياً.

■ **الكاتب: ديف بيكون Dave Bacon أستاذ باحث مساعد في قسم الفيزياء وقسم علم الحوسبة والهندسة بجامعة واشنطن، الولايات المتحدة.**

نُشر هذا المقال في مجلة Physics world, Vol 22, 2 February 2009، ترجمة د. محمد قعقع، رئاسة هيئة التحرير.

في عام 1997، وبعد ثلاثة أعوام من الاختراق الذي حققه شور، كتب كيتايف ورقة علمية قدمت اقتراحاً جديداً جوهرياً حول الكيفية التي يستطيع بها المرء أن ينشئ حاسوباً كمومياً (arXiv:quant-ph/9707021). في ذلك الوقت كان الباحثون يعتقدون بإصرار أن بناء حاسوب كمومي سيتطلب عملاً يتصف بالقوة والألمعية في كل من الفيزياء والهندسة، مماثل لإعادة عقود عديدة من الثورة الحاسوبية. أما كيتايف، وعلى نقيض رأي كل واحد كان منشغلاً في حقل الحوسبة الكمومية في ذلك الوقت، اقترح أن بناء حاسوب كمومي قد لا يكون أصعب من إيجاد ركازة فيزيائية ملائمة، وهي المماثل للترانزستور من أجل الحواسيب الكمومية.

كانت الفكرة بدعة (هرطقة) من الطراز الأول. لكن اقتراح كيتايف، كغيره من العديد من المتنبئين المبتدعين من قبله، سرعان ما جذب انتباه مجموعة من الأتباع الخلّص الذين كانوا يتابعون بهدوء مساره الآخر. ورؤية كيتايف لمستقبل الحاسوب الكمومي قد تشبه عندئذ إطلاق سباق من مؤيديه والذين يتبعون المسار التقليدي نحو بناء حاسوب كمومي: أي سباق للوصول إلى جوهر حاسوب كمومي مستقبلي.

مبرهنة العتبة لفون نيومان

برزت الحواسيب الكمومية إلى عالم الفيزياء والحساب مع اكتشاف شور في عام 1994 والذي مفاده أن باستطاعة الحواسيب التي تعمل وفق قوانين النظرية الكمومية أن تحلل بكفاءة الأعداد إلى عوامل. كانت الصعوبة في تحليل الأعداد إلى عواملها، قبل اكتشاف شور، تكمن في مبدأ السرية التي تتمتع بها معظم المنظومات الحديثة المعمّاة cryptographic system (انظر المؤطر). أو، نقولها بفظاظة وبدون مواربة، إن مشترياتك عن طريق الحاسوب لا تكون آمنة إلا لأن عملية تحليل الأعداد (والمسائل الخوارزمية الأخرى المرتبطة بها) لا يمكن القيام بها بسرعة على الحواسيب الحديثة التقليدية. لذا فإن خوارزمية شور هددت أمان بيئة الاتصالات الوطنية (التي تجري اتصالاتها عبر شبكات الحاسوب) cyberspace وهذا بدوره جلب الانتباه المباشر لمجموعات الاستخبارات والدفاع في كل أنحاء العالم. وجاء مع كل هذه الوكالات تمويل حكومي ضخم لدعم محاولات بناء حاسوب كمومي.

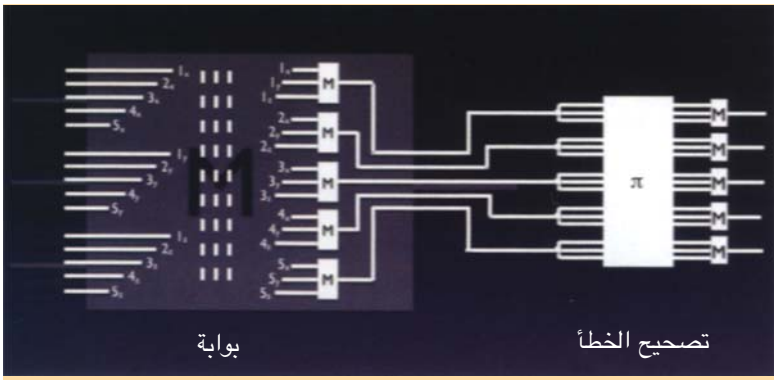
في الوقت الذي جلبت فيه خوارزمية شور انتباهاً واسعاً نحو الحواسيب الكمومية، لم يكن واضحاً على الإطلاق في الأيام التي تلت اكتشافه مباشرة فيما إذا كان النموذج الذي كان شور يفكر فيه – وهو نموذج يمكن للمرء فيه أن يقوم بعمليات الحوسبة بحيث تكون الآثار الكمومية هي المسيطرة– هو نموذج واقعي لحاسوب. في عالم اليوم المحوسَب نحن لا نتوقف كثيراً لنفكر كيف يمكن أن ننجز عمليات حوسبة رقمية مثالية تقريباً. فكيف نستطيع إذن أن نحسب؟ تصور عملية تقريب (تكبير) الصورة كي نلقي نظرة على الترانزستورات في داخل حاسوب مكتبي نموذجي. كلما اقتربنا من المقاييس الأصغر فالأصغر، سنلاحظ في النهاية أن كل أنواع الآثار العشوائية والمتعذّر مراقبتها والتحكم فيها تحدث في ترانزستورات الحاسوب– فالإلكترونات، على سبيل المثال، ستتبعثر في اتجاهات عشوائية من كل الأنواع. وعند المقياس الكبير فقط تنبثق الحوسبة الرقمية القوية من سلوك عدد ضخم من مكونات ذات سلوك أقل جودة. إن النموذج الرقمي للحوسبة صحيح لأننا نستطيع، تجريبياً، أن نبني نبائط حوسبة رقمية قوية، ولكن ليس من الواضح إطلاقاً كيف يكون هذا ممكناً من المبادئ الأولى!

لذا، وقبل أن نحاول معرفة ما إذا كانت الحوسبة الكمومية نموذجاً صحيحاً للحوسبة، فإنه من المفيد أن ننظر في السؤال عن الكيفية التي يكون فيها الحساب التقليدي ممكناً. كان هذا الأمر في الأيام الأولى للحاسوب مسألة ذات شأن عظيم. كان العديد من الباحثين يتجادلون في مسألة بناء حاسوب ضخم ويعتبرون ذلك أمراً مستحيلاً بسبب المكونات التي لا تخلو من العيوب. ولتوضيح ذلك، كان الحاسوب الأول الذي بني خصيصاً ليكون قابلاً للبرمجة، وهو الحاسوب ENIAC، يحتوي على 17500 أنبوب خلائي، يمكن أن يفشل واحد منها،

لمحة سريعة: الحساب الكمومي

- برهنت خوارزمية بيتر شور في عام 1994 أن باستطاعة الحواسيب الكمومية أن تحلل الأعداد أسرع بكثير من الحواسيب التقليدية. لكن ليس من الواضح أن نموذج شور كان عملياً وملائماً للطبيعة الكمومية للمنظومات.
- وجد الفيزيائيون أن إحدى الطرق للتغلب على هذه العقبة هي استعمال المكافئ الكمومي لمبرهنة جون فون نيومان في العتبة: البرهان على أن باستطاعة المرء أن يبني حاسوباً من خلال مكونات غير موثوقة أو معيبة وذلك باستعمال سقف صغير من المعلومات الزائدة بحيث يكون لدى الحاسوب إمكانية فشل ضئيلة بصورة أسية، بفرض أن معدل فشل المكونات هو أدنى من قيمة ثابتة معينة. كانت النتيجة أن المعدلات الحرجة لمنظومات كمومية نموذجية مثبطة للهمم من الناحية التقانية.
- افترض ألكسي كيتايف أنه بدلاً من استعمال مبرهنة العتبة، ينبغي على الفيزيائيين أن يركزوا جهودهم على إيجاد ركازة مادية (فيزيائية) مناسبة من أجل الحوسبة الكمومية– المكافئ الكمومي للمناطق المغنطيسية في السواقات الصلبة.
- إن نموذج كيتايف مصنوع من شبيكة ثنائية البعد لبتّات كمومية متأثرة. تُخزن المعلومات بوفرة على السويات الدنيا للمنظومة ويمكن إنجاز الحوسبة الكمومية بمداولة إثارات تسمى أنيونات. إن البحث الذي تجريه مختبرات المحطة Q التابع لميكروسوفت يتبع هذا المخطط.

الشكل 1: تحمّل الخطأ



بيّن جون فون نيومان كيف أنه من الممكن أن نأخذ مكونات حساب معيبة ونستعملها لإنشاء عنصر حساب نشيط. وهنا، على سبيل المثال، توجد طريقة لأخذ بوابة اقتراع الأكثرية (رمزنا إليها بالحرف M)، التي يمكن أن تفشل باحتمال يساوي P، وتحولها إلى بوابة نشيطة (رمزنا إليها بالشكل المظلل) التي تؤثر على المعلومات المكوَّدة وتفشل باحتمال يساوي P^5 تقريباً. π في هذا المخطط هي اضطراب عشوائي، لكن إنشاءات نوعية معروفة لهذا الجزء من الدارة ترجع إلى العمل الذي قام به نيكولاس بيبينجر N.Pippenger من كلية هارفي مود في الولايات المتحدة.

وسطياً، كل يوم في أداء وظيفته (عندما اكتشف مشغلو الحاسوب أن معظم هذه الإخفاقات كانت تحصل أثناء بدء تشغيل الآلة أو إغلاقها، اتخذوا الخطوة البديهية ببقائها شغالة دائماً). أما السبب وراء استمرار ثورة الحاسوب رغم كل ذلك فيرجع إلى أنه بعد بناء الحاسوب ENIAC بفترة وجيزة اختُرع الترانزستور، وللترانزستور وما أعقبه من دارات تكاملية معدل إخفاق وفشل أقل كثيراً مما هو في الأنابيب المخلاة. كان هذا يعني أن السؤال عن كيفية إجراء الحساب عندما تفشل مكونات الآلة لم يكن ذا أهمية عملية ملحة (أما اليوم فقد بدأ يصبح أكثر أهمية لأن عناصر المنطق الرقمي لدينا بلغت حجماً كافياً من الصغر تبدأ بعده وثوقيتها بالتدهور). ولكن، وبالرغم من ذلك يبقى هناك سؤال رئيس: هل من الممكن أن نجري الحساب بإحكام عندما تكون الحوسبة مشوشة؟

يأتي الفيزيائي والرياضي الأسطوري فون نيومان، وهو المعروف بحبه للسيارات بقدر عدم قدرته على السيطرة عليها بصورة مترابطة. كان يحب أن يقطع مسافات طويلة في مركباته الفاخرة. وفي إحدى تلك الرحلات من عام 1951 وهو ذاهب من برينستون إلى لوس ألاموس توقف فون نيومان عند جامعة Illinois Urbana-Champaign لزيارة شاب يدعى موري جيل- مان Murray Gell-Mann الذي يعمل معه كيث برويكنر Keith Brueckner، وهما اللذان كانا يفكران في السؤال حول الكيفية التي يبني فيها المرء دارات رقمية عندما تكون مكونات هذه الدارات معّرضة للفشل باحتمال محدد. ومن أجل المماثلة مع المشكلة التي كانا ينظران فيها، وهي تصوّر محاولة لإنجاز عملية حساب باستعمال قلم وورقة حيث يوجد بعض الاحتمال بارتكابك خطأً ما في الحساب، مع كل عملية تنجزها لإضافة وضرب رقم وحيد. هل من الممكن أن تستنبط خطة تنجز فيها حساباً طويلاً بشكل صحيح، رغم وجود هذا الاحتمال بالفشل؟ وفي الحال وجد فون نيومان الحل لهذه المشكلة، التي بحثها في سلسلة من المحاضرات التقليدية ألقاها عندما كان يزور معهد كاليفورنيا للتقانة.

أدرك فون نيومان أن المرء يحتاج إلى تجنب مسألة الاعتماد على المكونات المفردة التي يمكن أن تفشل. وعلى سبيل المثال، إذا كان يوجد خطأ في آخر عملية تنجزها، فلا يهم بعدئذ ما تفعله لاتخاذ الترتيبات والإجراءات لمواجهة الأخطاء السابقة أو الخروج منها، فإن حسابك سيكون خاطئاً. وللخروج من هذا المأزق اقترح فون نيومان أنه بدلاً من الاعتماد على مكونات أحادية، ينبغي على المرء أن يكوّد (يرمِّز) المعلومات بصورة مسهبة. فعلى سبيل المثال، إذا أردت أن تكوّد الرقم "4" في عملية حساب، يمكنك أن تمثل هذا ليس بمجرد رقم وحيد بل، لنقل بـ 20 نسخة من الرقم "4". فإذا كان معظم هذه الأرقام الـ 20 هو "4"، بعد أن تكون الأخطاء قد وقعت على هذا الرقم، فيمكنك بعدئذ أن تفسر المنظومة كأنها "4". إن تكويد المعلومات بإسهاب بهذه الطريقة، هو الفكرة الجوهرية لكودات تصحيح الأخطاء. واليوم يمكن لكودات تصحيح الخطأ أن تكون أكثر تعقيداً بشكل ملحوظ، وأحسن أداءً، لكن الفكرة الأساسية لتكويد قيمة بتّة ما عبر بتّات عديدة هو لب فكرة تصحيح الخطأ. اقترح فون نيومان أنه كي نحسب بأسلوب يتغلب على الأخطاء، على المرء أن يجري الحساب على معلومات مكودة بكود بسيط لتصحيح الخطأ.

علاوة على ذلك، بيّن فون نيومان كيف أنه من الممكن عبر تركيبات ذكية أن ننجز تصحيح الأخطاء على هذه المعلومات، حتى باستعمال عناصر حساب ذات عيوب أو أخطاء، وبذلك نحميها. وفي خطوة أخيرة مهمة، بيّن فون نيومان كيف يتم عمل كل ذلك أثناء إنجاز حساب ما على معلومات مكوَّدة بطريقة لا يتعارض فيها هذا

إن الفكرة بأن الحواسيب الكمومية تستطيع أن تفوق بأدائها الحواسيب التقليدية، حسب خوارزمية شور، قوبلت بالخوف وقدر لا يستهان به من الشك.

الحساب بعنف مع تصحيح الأخطاء (انظر الشكل 1). بأخذ كل هذه الأمور معاً، أثبت فون نيومان مبرهنة رائعة، مفادها: يستطيع المرء أن يبني حاسوباً من مكونات فيها عيوب باستعمال سقف صغير فقط من المكونات الزائدة عن الحاجة بحيث يصبح احتمال فشل الحاسوب صغيراً بصورة أسّية، مع فرض أن معدل فشل المكونات هو دون قيمة ثابتة معينة. وبسبب هذه الخاصية الأخيرة، أصبحت هذه المبرهنة تعرف الآن باسم مبرهنة العتبة لفون نيومان. إذا كان معدل فشل الأجزاء التي لديك أقل من العتبة، فبإمكانك أن تبني حاسوباً تقليدياً متيناً باستعمال فائض ذكي من هذه الأجزاء.

عندما برزت فكرة أن الحواسيب الكمومية يمكن أن تفوق في أدائها الحواسيب التقليدية بموجب خوارزمية شور في التحليل إلى عوامل، فإنها قوبلت بشيئين اثنين، بالخوف، نظراً للقوة التي مثلتها، وبشيءٍ من الشكوكية أيضاً. نشأت معظم هذه الشكوكية لأن إبقاء منظومة كمومية تسلك سلوكاً كمومياً كان قد درس جيداً وتبين أنه مهمة صعبة. لقد ناضل الفيزيائيون التجريبيون من أجل تحقيقه سنوات وسنوات. يكمن جزء من المشكلة في تحقيق هذا الهدف في أن المنظومات الكمومية ترتبط في محيطها وتفقد الطبيعة الكمومية من خلال عملية تعرف بفقد الترابط decoherence. وفوق ذلك، ولربما هو الأكثر مدعاة للقلق، أنك عندما تقيس منظومات كمومية، فإنها تفقد طبيعتها الكمومية. فكيف يستطيع المرء أن يتصور بناء حاسوب لا يستطيع المرء أن يقيس حتى ما يجري في الآلة؟ وأخيراً، بدا أن نموذج شور الكمومي للحوسبة يتطلب عمليات دقيقة لانهائية لكي يعمل بشكل مضبوط. تلك كانت حالة الحوسبة الكمومية في الوقت الذي أشار فيه رولف لانداور Rolf Landauer من IBM إلى أن كل مقترحات الحوسبة الكمومية ينبغي أن تكون مسبوقة بقراءة تحذيرية: "هذا الاقتراح، ككل المقترحات الخاصة بالحوسبة الكمومية، يعتمد على تقانة تأمليّة، لا يأخذ بالاعتبار في شكله الحالي كل مصادر الضجيج المحتملة، ولا عدم الوثوقية وخطأ التصنيع كذلك، وقد لا يعمل".

لكن عند أخذ مبرهنة العتبة لفون نيومان بالاعتبار، سرعان ما تهيأ لبعض الناس أنه لم يضع كل شيء. بينت نتيجة مبرهنة فون نيومان أنه حتى عندما تعجز عناصر الحوسبة التقليدية، فبإمكانك أن تبني حاسوباً ضخماً متيناً إذا كنت حاذقاً باستعمالها ترادفياً (الواحد خلف الآخر). وبالفعل، وفي سلسلة من النتائج المدهشة بدأت في عام 1995 وانتهت في عام 1998 تقريباً، استطاعت مجموعة من الباحثين الجريئين، وكان من بينهم شور نفسه، أن تبين أنه يوجد تماثل analogy لمبرهنة العتبة لفون نيومان التي صمدت للحوسبة الكمومية. وهذا يعني، إنه إذا كانت المنظومات الكمومية تفقد ترابطها ببطء كافٍ، فإنه من الممكن تحقيق تحكم كاف بهذه المنظومات، وبعدئذ يمكنك أن تركّب هذه المكونات الكمومية المعيبة (ذات العيوب) وتشكل حاسوباً كمومياً يستطيع أن يجري حوسبات كمومية ضخمة.

كان أول شيء بيّنه الداعمون لهذه المبرهنة هو أنه يمكن تحقيق المماثل الكمومي لتصحيح الأخطاء، ثم بينوا بعدئذ كيف يمكن للمرء أن يحسب كمومياً بنجاح على مثل هذه المعلومات الكمومية المكوّدة. لقد استطاعوا أن يثبتوا المكافئ الأخلاقي والمعنوي لمبرهنة فون نيومان في العتبة: إذا كان باستطاعة المرء أن يتحكم بالحواسيب الكمومية بشكل مضبوط بالقدر الكافي، وكانت المنظومات الكمومية تفقد ترابطها ببطء كافٍ، فإن الحوسبة الكمومية القوية تكون معقولة. كان المسار لتحقيق هذا مماثلاً لما كان مطلوباً في الحالة التقليدية: لكي تصنع وحدة حوسبة كمومية قوية، يتطلب الأمر استعمال العديد من منظومات كمومية منقوصة. وبالمثل، فمبرهنة العتبة الكمومية لا يمكنها أن تنتج حوسبة كمومية قوية إلا إذا كانت المكونات الأصلية تفشل بمعدل دون قيمة العتبة.

إن ما نشر عن مبرهنة العتبة الكمومية غذّى جهداً واسع الانتشار لبناء حاسوب كمومي. خذ منظومتك المفضلة التي تسلك سلوكاً

صعوبة التحليل إلى عوامل

افرض أنك أُخبرت أن العدد 19472821 هو جداء عددين أوليين. إن أكثر الخوارزميات سذاجة لإيجاد هذين العاملين ستكون، في أسوأ الحالات، البحث عن هذين العاملين بدءاً من ثلاثة ثم تمضي قدماً حتى تصل إلى ما يقارب الجذر التربيعي الأول للعدد 19472821. ولما كان العدد ليس زوجياً، فنحن نعلم أنه لا يقبل القسمة على عدد زوجي. وهكذا نتقدم أولاً بالسؤال هل يقبل العدد 19472821 القسمة على ثلاثة؟ كلا. هل يقبل القسمة على خمسة؟ كلا. وهكذا نتابع مع أرقام صاعدة. إن خوارزمية كهذه ستجد في النهاية، إن كان لديك صبر، أن 19472821 يساوي 2459x7919. لكن الأهم من ذلك أن تلاحظ أن الزمن الذي تستغرقه هذه الخوارزمية لإعطاء الجواب الصحيح، في أسوأ الأحوال، هو مثل عملية الجذر التربيعي للعدد المحلل. إذا كان العدد المطلوب تحليله إلى عوامل بطول 1008 رقماً، على سبيل المثال، فعندئذ ستستغرق هذه العملية ما يقارب 10^{500} ضعفا من الزمن الذي يستغرقه تحليل العدد 19472821 إلى عوامله باستعمال هذه الخوارزمية. أو، بعبارة أخرى، نقول إنك لن تحصل على جواب لهذا السؤال في أي وقت قريب باستعمال هذه الخوارزمية. في الوقت الذي توجد فيه خوارزميات أداؤها أفضل من طريقة الجذر التربيعي هذه، فإن التحسين مازال يعتبر عملية تحليل الأعداد الكبيرة أمراً مستحيلاً دون الانتظار وقتاً طويلاً لا يطاق. إن ما اكتشفه بيتر شور هو أنه بدلاً من أخذ 10^{500} مرة أطول، فإن الحاسوب الكمومي لا يأخذ سوى 10^{9} مرة أطول لإنجاز عملية التحليل هذه: يمكن القيام بعملية التحليل هذه بخوارزمية تقيس مثل مكعب عدد الأرقام، وليس مثل القوة الأسية لعدد الأرقام.

كمومياً. قدّر أي نوع من الدقة والأمانة تمتلكها المنظومة كي تبقى كمومية، ثم اسأل فيما إذا كان يمكن لهذه الدقة أن تكون دون العتبة للحوسبة الكمومية. إذا حققت المنظومة هذه المطالب، فعندئذ يمكنك أن تصرخ بأعلى صوتك: لقد نجحت، ويمكنك أن تكتب اقتراحاً تخويلياً لمحاولتك بناء حاسوب كمومي من هذه المنظومة. فعلى سبيل المثال، إن إحدى المنظومات الكمومية التي تجتاز هذا الاختبار هي مجموعة من الأيونات الذرية المأسورة في مصائد كهرمغنطيسية. إن أيونات كهذه تستطيع أن تحافظ على طبيعتها الكمومية لمدة طويلة، ويمكن تحقيق حوسبات كمومية على هذه الأيونات بتشعيع هذه الأيونات بالليزر بمهارة. ولكن إذا كانت الحياة بهذه البساطة، فلماذا إذن لم يبنَ حاسوب كمومي قائم على مبرهنة العتبة حتى الآن؟

سواقة صلبة كمومية

عددان على وجه التقريب يصفان مبرهنة العتبة من أجل الحوسبة الكمومية: الأول ما هي العتبة بالنسبة للمبرهنة كي تطبقها؛ والثاني ما نوع الثمن الذي يدفعه المرء معبَّراً عنه بالمكونات الإضافية اللازمة لبناء مكوِّن واحد للحساب. كلا العددين مرعبان ويثبطان الهمم من أجل الحساب الكمومي. يمكن أن تكون العتبات عالية كأن تكون فشلاً واحداً في كل مئة عملية، ولكن هذه الطريقة تتطلب ملايين المنظومات الكمومية لتوليد بتّة كمومية قوية واحدة single robust quantum bit أو اختصاراً qubit)). المعدلات الأكثر واقعية لفشل واحد في الألف تميل إلى طلب أسقف لمئة منظومة كمومية لكل بتّة قوية، إذا أراد المرء أن يبني حاسوباً كمومياً يستطيع أن يحطم التعمية الحديثة modern cryptography في هذه الأيام. وفي حين توجد منظومات كمومية تلبي متطلبات مبرهنة العتبة، إلا أن التحدي لتبّني هذه المنظومات وزيادتها كي تنجز البروتوكولات المعقدة لمبرهنة العتبة أمر ميؤس منه. وحتى الآن، على سبيل المثال، ليس لأضخم حاسوب بني بمصائد أيونية سوى ثماني بتات كمومية. لم يجمِّع أحد حتى الآن حاسوباً كمومياً يمكن أن يستخدم لتنفيذ تقنيات مبرهنة العتبة الكمومية.

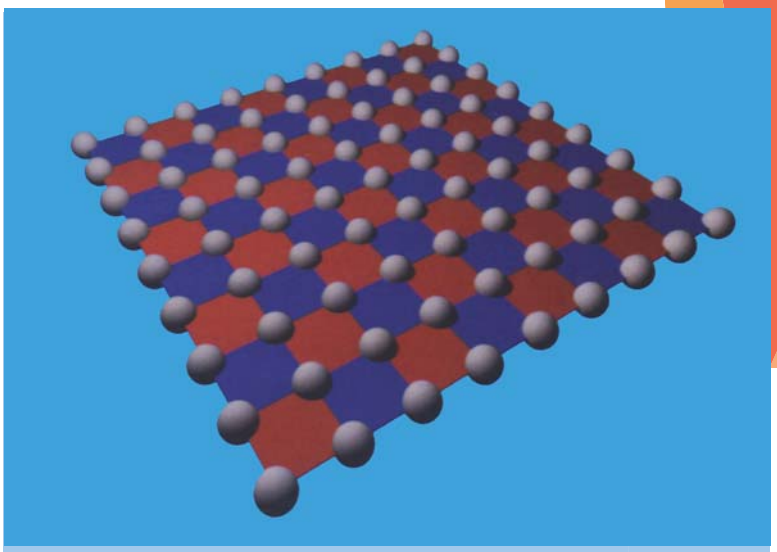
إن مبرهنة العتبة الكمومية تعطي الفيزيائيين اعتقاداً قوياً بأن الحوسبة الكمومية يمكن تحقيقها. ولكن إذا سلّمنا أن مبرهنة فون نيومان التقليدية المشابهة لم تُستخدم في بناء حاسوب اليوم، هل هناك أي منظومة فيزيائية يمكن استخدامها لبناء حواسيب كمومية، من دون الحاجة إلى طريقة تنطلق من بداية مبرهنة العتبة الكمومية؟ وكما أن صخرة ليست حاسوباً كمومياً صالحاً، كذلك ليست كل المنظومات الكمومية يتم تشكيلها متساوية عندما يتعلق الأمر ببناء حاسوب، سواء أكان تقليدياً أم كمومياً. هل يمكن أن تكون هناك منظومة فيزيائية يمكن للمرء من خلالها أن يبني حاسوباً كمومياً لا يتطلب الهندسة المفصَّلة لمبرهنة العتبة الكمومية؟ كان هذا هو السؤال الذي سأله كيتايف لنفسه في عام 1997.

كي نفهم الطريقة التي اقترحها كيتايف، من المفيد أن نفهم لماذا نحن لا نحتاج إلى مبرهنة العتبة التقليدية. لنأخذ على سبيل المثال كيف تُخزَّن المعلومات في سواقتك الصلبة. تُختزَن البتّات على سواقتك الصلبة في نطاقات مغنطيسية، يتألف كل نطاق من سبينات عديدة. وهذه النطاقات هي المكافئ للتكويد في تصحيح الخطأ التقليدي: فبدلاً من خزن المعلومة في سبين واحد، تُخزَّن المعلومة عبر سبينات كثيرة؛ وصوت الأكثرية لهذه السبينات يمكن أن يُقرأ بقياس الحقل المغنطيسي الذي تنتجه السبينات. إذا كانت كل السبينات تشير إلى "أعلى up"، فعندئذ سيولد هذا حقلاً مغنطيسياً مختلفاً عن الحقل المغنطيسي الذي سينتج فيما لو كانت معظم السبينات تشير إلى "أسفل down". يمكن استخدام مادة ذات مقاومة مغنطيسية magnetoresistant (هي مادة تعتمد مقاومتها على حقل مغنطيسي) لتحويل هذه المعلومة إلى إشارة كهربائية.

العقول الرائدة: جون فوم نيومان (في الأعلى)، بيتر شور وألكسي كيتايف (في الأسفل)

إن الشيء المميز من استخدام هذا الترتيب (الإعداد) في استعمال النطاقات المغنطيسية لخزن المعلومة ليس لمجرد أنه يستعمل وفرة، ولكن لأن النطاق المغنطيسي يُحدث تصحيح خطأ تقليدي. أما كيف يعمل هذا فالأمر واضح وبسيط. لنفرض أنك تبدأ وكل السبينات في نطاق ما تشير إلى اتجاه واحد. فإذا كان الوسط المحلي للنطاق المغنطيسي يؤثر بضجيج ويقلب أحد هذه السبينات، فإن هذا يتطلب عندئذ بعض الطاقة بسبب التآثرات بين السبين المنقلب والسبينات المحيطة به. وإن قلب منطقة من السبينات يتطلب طاقة تتناسب وحجم حد (تخم) المنطقة التي انقلبت. افرض الآن أنك أنت الوسط المحيط للنطاق، الذي يسعى لتخريب المعلومة المكوَّدة. فإذا قلبت السبينات، فسيكلفك هذا بعض الطاقة، وكل ما تستطيع عمله هو أن تحقن كمية محددة من الطاقة في واحدة الزمن في المنظومة. ومن ناحية أخرى، يستطيع النطاق أيضاً أن يقلب السبينات بصورة طبيعية، وهذا يقلل طاقة نطاق ضال (خاطئ). هذا السباق بين الوسط المحيط، الذي يجعل البتات تنقلب، والاسترخاء، الذي يعمل على تثبيت قلبات هذه البتات، هو بالضبط ما يماثل عملية تصحيح الخطأ التقليدي (الكلاسيكي). إذا

الشكل 2: بتآت كمومية متآثرة



مخطط لإحدى المنظومات التي اقترحها كيتايف يمكن أن تكون ركازة لحاسوب كمومي طبيعي. كل كرة من هذه الكرات تمثل بتّة كمومية. يوجد تآثر بين البتّات الكمومية عند زاوية كل مربع ملون. تمثل الألوان المختلفة أنواعاً مختلفة من التآثرات.

كان باستطاعة الوسط المحيط أن يضلل المعلومة بسرعة أكبر –لأنه يمتلك ميزانية كبيرة من الطاقة– فعندئذ ستوضع المعلومة في خطأ. وعلى كل حال، إذا كان الوسط المحيط بطيئاً جداً في قلب البتات –لأنه لا يمتلك ميزانية كافية من الطاقة– فعندئذ ستبقى المعلومة المكوَّدة في النطاق محفوظة. ولما كانت هذه الصورة تعتمد على ميزانية طاقة الوسط المحيط، فإن هذا يعني على وجه التقريب أنك إذا أبقيت منظومتك باردة بما فيه الكفاية، فستبقى المعلومة محفوظة. أما إذا سخنت سواقتك الصلبة فإن المعلومة ستختفي سريعاً! وهكذا فالنطاقات المغنطيسية تعرض بصورة فعالة تصحيح الأخطاء على سبيناتها: الفيزياء تقوم بكل العمل لإبقاء المعلومة محفوظة.

وبمعرفة الكيفية التي تخزن النطاقات بها المعلومة التقليدية، سأل كيتايف سؤال المتابعة: هل من الممكن تصميم منظومة كمومية بحيث تسلك سلوكاً مماثلاً للنطاق المغنطيسي التقليدي؟ وبعبارة أخرى، سأل كيتايف فيما إذا كان بالإمكان بناء سواقة صلبة كمومية. أعطى كيتايف مثالاً صحيحاً عن نوع من المنظومات التي يمكنها أن تحقق هذا الأمر. هذه منظومة مؤلفة من شبيكة من البتات الكمومية المتآثرة ثنائية البعد (انظر الشكل 2). إن ما يميز هذه المنظومة هو أن سويات طاقتها الدنيا هي كود مصحح للخطأ كمومي quantum error-correcting code. وبعبارة أخرى، وكما تكون كل السبينات مصطفة في الجهة نفسها في حالة الطاقة الدنيا الطبيعية للنطاق المغنطيسي، وهي حالات الكود المصحح للخطأ التقليدي، وكذلك المنظومة التي صممها كيتايف تكون فيها كل البتات الكمومية في حالة كود مصحح للخطأ كمومي. وبذلك بدلاً من خزن معلومات في بتات كمومية مستقلة، بين كيتايف كيف يمكن خزن المعلومة الكمومية عبر المنظومة الفيزيائية بأكملها في حالات الكود المصحح للخطأ الكمومي. وفضلاً عن ذلك، بين كيتايف كيف أنه نظراً لخاصية كونها فضاء كود مصحح للخطأ كمومي وحقيقة أنه يوجد فرجة طاقة بين هذه الحالات والحالات المثارة الأولى، فالمعلومة الكمومية ستكون محمية من تأثيرات زوال الترابط في هذه المنظومة. وأخيراً، وكي يتوِّج كيتايف الأشياء بين كيف يمكن للمرء أن ينجز حساباً كمومياً على هذه المنظومة.

هنا، وفي عملية إنجاز حساب كمومي حقيقي، تكمن الصلة التي تربط اقتراح كيتايف بالفيزياء المعروفة. وبخصوص ما بينه كيتايف أيضاً هو أن الحساب الكمومي على هذه المعلومة المحمية يمكن تحقيقه بمداولة الإثارات في هذه المنظومة، المعروفة باسم أنيونات anyons. أول من أسماها أنيونات كان فرانك ويلزيك F.Wilczek الحائز على جائزة نوبل في أوائل ثمانينيات القرن الماضي، وهي إثارات في منظومات ثنائية البعد تبدي إحصائيات غريبة وتختلف عن تلك التي لجسيمات في أبعاد ثلاثة، والتي هي إما فرميونات أو بوزونات. عندما نبادل exchange بين جسيمين متطابقين كأن يكونان فرميونات، على سبيل المثال، فالدالة الموجية للمنظومة تُضرب بعامل يساوي 1-. أما لدى مبادلة الأنيونات (أو بتعبير أدق "جَدْل أو ضَفْر braiding الأنيونات")، فإن الطور المطبق هو "أي any" طور، ومن هنا جاء اسمها anyon (انظر الشكل 3). سيكون هذا مثالاً عن أنيون آبل abelian anyon (حيث تشير abelian هنا إلى الحقيقة بأن عملية الجَدْل تنتج تضاعفاً بوساطة طور، وهي عملية لا أهمية للترتيب فيها). إن أنيونات آبل هي السمة الأساسية في تفسير مفعول هول الكمومي الكسروي fractional quantum Hall effect –الذي أدى تطويره إلى جعل مكتشفه روبرت لوغلين R. Laughlin يتقاسم جائزة نوبل للفيزياء لعام 1998. أما فيما وراء أنيونات آبل، فقد أخذ النظريون بالاعتبار إمكانية وجود أنيونات غير آبلية. وبالنسبة لهذه الجسيمات، فإن ضفرها لا يقتصر

بين كيتايف أنه يمكن تحقيق الحساب الكمومي بمداولة إثارات تعرف باسم أنيونات.

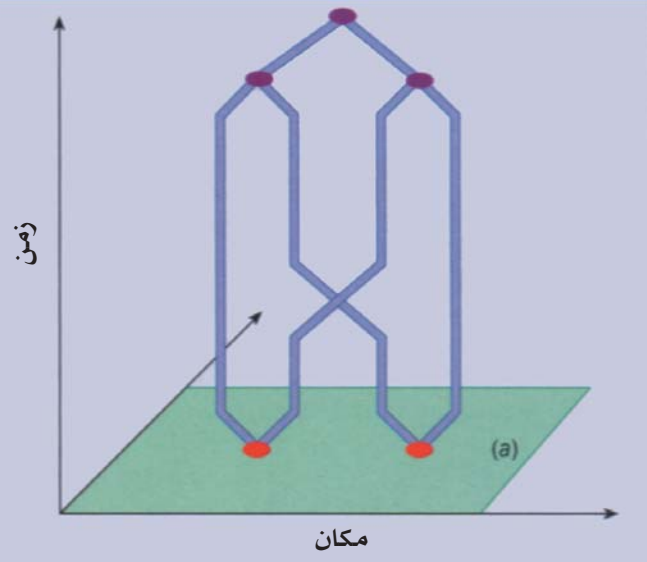
على إنتاج طور فقط بل متريس matrix يعمل على الفضاء المتردي للمنظومة. أو، إذا أردنا تبسيط الأمور، فإن ضفر أنيونات غير آبلية حول بعضها بعضاً يمكن أن يستخدم لإنجاز حسابات كمومية أساسية. بيّن كيتايف أنه كان من الممكن أن نبني منظومة كمومية متعددة الأجسام حالتها الدنيا هي كود كمومي لتصحيح الخطأ، ويمكن تحقيق الحساب الكمومي في المنظومة من خلال تداول إثارات ليست أنيونات آبلية. يمكن استخدام أنيونات غير آبلية للحساب الكمومي، وللقيام بذلك بطريقة تُحمى فيها المعلومة فيزيائياً في كود كمومي لتصحيح الخطأ.

أنيونات ميكروسوفت

إن فكرة كيتايف القائلة بأنه من الممكن بناء الحواسيب الكمومية من منظومات كمومية غريبة وشديدة التآثر فيما بينها كي تدعم أنيونات غير آبلية، لم تجد لها رواجاً سريعاً في مجتمع الحساب الكمومي. يرجع هذا، من ناحية، إلى أن فكرة كيتايف لم تكن بسيطة –فهي ذات صلات عميقة بنظريات الحقل الكمومي الطوبولوجية– ولهذا لم يتقبلها بسهولة معظم الفيزيائيين المهتمين بالحساب الكمومي. لكن، ومع مرور السنين بدأت الفكرة وببطء تكسب مؤيدين وتلقى آذاناً صاغية. الشخص الوحيد الذي استوعب وفي الحال قوة اقتراح كيتايف كان الرياضياتي ميشيل فريدمان M.Freedman . فريدمان فائز سابق بوسام فيلد Field's Medal، في جزء من عمله على حَدْس بوانكاريه Poincare' conjecture في أبعاد ثلاثة. وهو منهمك في هذه الأيام في البحث في الطريقة التي اقترحها كيتايف: وهي ما يعرف باسم الحساب الكمومي الطوبولوجي.

يأتي فريدمان يسانده لاعب ذو أهمية معتبرة: وهو ميكروسوفت. وهو يدير حالياً المحطة Q، وهي قاعدة أمامية لأبحاث ميكروسوفت موجودة في جامعة كاليفورنيا، سانتا باربارا المكرَّسة حصرياً لفهم الحساب الكمومي الطوبولوجي وتحقيقه. اقترح فريدمان والعاملون معه طرقاً عديدة لتحقيق الحساب الكمومي الطوبولوجي، ولكن ربما تكون المنظومة التي استأثرت جل اهتمامهم في الدراسة هي منظومة هول الكمومية الكسروية التي أشرنا إليها سابقاً. وبصورة خاصة، عند جزء مَلْء filling fraction معين (جزء الملء v هو نسبة الإلكترونات إلى كم الحقل المغنطيسي، مع v = 5/2 هي الحالة الأكثر اهتماماً) يُظن أن المنظومات المبنية على هول الكمومي الكسروية قد تدعم أنيونات غير آبلية. وباستخدام بعض الحيل، تمكن فريدمان والعاملون معه أن يبينوا نظرياً كيف يستطيع المرء أن يقلب هذه الأنيونات غير الآبلية إلى حاسوب كمومي عامل. ولإضافة الفضول وإثارة الاهتمام بهذه القصة، قدمت مجموعات تجريبية على مدى العامين الماضيين

الشكل 3: أي واحد من أجل أنيونات؟



مخطط مكاني– زماني يبين كيف تستطيع الأنيونات – وهي إثارات في منظومات ثنائية البعد مع إحصائيات غريبة – أن تمثل دور الحساب. الصور للإيضاح هي: (a) تشكل زوجين من الأنيونات، (b) جَدْل الأنيونات حول بعضها بعضاً، تمثل دور حوسبة كمومية، و(c) صهر الأنيونات حيث ترك مشاهدة نوع الأنيون يؤدي إلى خرج الحوسبة.

دليلاً قوياً على أن هذه المنظومة تمتلك أنيونات غير آبلية وتتمتع على الأقل بالطبيعة المناسبة (تمتلك شحنة كسروية معينة) كي تكون مفيدة للحساب الكمومي. أما عن الركازة التي بها يجري بناء حاسوب كمومي من النوع الذي اقترحه كيتايف فيمكن أن تكون حول الزاوية.

إن بناء حاسوب كمومي كبير بما يكفي ليكون أداؤه أفضل من الحواسيب التقليدية الحديثة يعد عملاً مثبطاً للهمم. إن مبرهنة العتبة الكمومية توجه معظم الأبحاث الجارية على الحساب الكمومي: فبهندسة ملائمة، ولكنها كبيرة في الميزان، سيصبح ممكناً بناء حاسوب كمومي. هذا هو الحلم الذي راود مهندسي الحاسوب، الذين وضعوا خططاً مذهلة لتحقيق البناء الذي تقترحه مبرهنة العتبة الكمومية. وعلى العكس من هذا، نجد الأحلام لدى أولئك الذين يعتقدون أن بناء حاسوب كمومي يتطلب أخذ مغزى أو معنى مبرهنة العتبة الكمومية ثم اكتشاف المنظومات الفيزيائية أو هندستها التي تطبق تلك المعاني. هذا هو حلم الفيزيائيين، الذين يراهنون أن مكافئ جائزة نوبل لأحد اختراعات الترانزستور هي في أغلب الظن مسقط رأس الحساب الكمومي. وعندئذ، يكون هذا هو السباق الذي أطلق كيتايف شرارته الأولى: بذل جهد كبير من قبل كل من الفيزيائي ومهندس الحاسوب، لبلوغ أعمق أعماق الحواسيب الكمومية المستقبلية.

أخبار علمية

رؤية أوباما لعالَمٍ خالٍ من الأسلحة النووية

يرمي الرئيس أوباما إلى خفض التهديد النووي إلى الصفر.

لقد كانت قمة ريكجافيك Reykjavik عام 1986 بين رونالد ريغن وميخائيل كورباتشوف نقطة انعطافٍ في تاريخ سباق التسلح النووي ما بين القوتين العظميين، يضاف إليها ما تلاها من مناقشات أدت إلى خفضٍ جديدٍ لم يسبق له مثيل في مستودعات أسلحة البلدين النووية. وإن الخطاب الطموح بخصوص نزع السلاح الذي أعلنه أوباما في الخامس من نيسان/أبريل يمكن أن يكون حجر زاوية مشابه على طريق هدفِه المعلن حول "عالم خالٍ من السلاح النووي".

يقول جيسيكا توشمان ماثيوس Jessica Tuchman Mathews، رئيس وقفِ كارنيجي Carnegie Endowment للسلام الدولي في واشنطن Washington DC: "إذا استطاعت هذه الإدارة تحقيق نصفِ هذا الهدف فسيُلتفت إلى هذا كخطابٍ تاريخي"، ويضيف باڤل بودڤيغ Pavel Podvig، وهو خبير في الشؤون الروسية للتجارة النووية في مركزِ الأمن الدولي والتعاون في جامعة ستانفورد في كاليفورنيا: "إنّ هذا عهد كبير وبداية جيدة جداً، ولكنها ستعتمد كثيراً جداً على مواصفات التنفيذ".

إن العناصر الأساسية في خطاب أوباما كانت تخفيضات الأسلحة؛ وإقرار معاهدة حظر الاختبار النووي؛ وقدرات جديدة للتفتيش الدولي والتحكم بالوقود (مراقبة الوقود) النووي للأغراض المدنية؛ ومراقبة إنتاج المواد من درجة صنع السلاح؛ وجهود جديدة لحصر المواد النووية غير المراقبة؛ ومواقف عسكرية جديدة. فما هي الآمال وما هي العقبات، التي تواجه كلاً من هذه الطموحات؟

• معاهدة لاستراتيجية جديدة لخفض السلاح، يجب أن تتوسع لتضم كل دول السلاح النووي. لقد أدت مباحثات ريكجافيك عام 1991 إلى توقيع معاهدة START I، التي حددت مخزونات الأسلحة لكل من الولايات المتحدة وروسيا بـ 6.000 رأس حربي استراتيجي وبـ 1.600 نظامٍ للإطلاق، إلا أن هذه المعاهدة المثيرة في ذلك الوقت تبخرت في كانون الأول/ديسمبر مع المعاهدات التي خلفتها ولم تُصدَّق أو تُقرَّ نهائياً.

يقول أوباما ونظيره الروسي ديمتري ميدڤديف Dmitry Medvedev إنهما سيدرسان وضع معاهدة START جديدة قبل نهاية هذا العام؛ وقد أعلن أنها ستشمل تقليل مخزون المستودعات إلى 1.500 رأس نووي استراتيجي وفيما بعد إلى 1.000 رأس، في حين يتم تخفيض أعدادِ مطلقاتِ الصواريخ وقاذفات القنابل التي يمكن أن توصلها إلى أهدافها إلى النصف. وفيما يتعلق بالقوى النووية الأخرى المعترف بها، قالت المملكة المتحدة هذا الشهر إن هذا مفتوحٌ لمناقشات متعددة الجوانب، إلا أن فرنسا لم تعلن شيئاً مشابهاً، رغم أنها أعلنت تخفيضات أحادية الجانب. والصين تطالب تاريخياً بخيارِ اختصارِ السلاح النووي إلى الصفر طالما أن الولايات المتحدة وروسيا تعمل طوعاً على التزامها بذلك.

إن مناقشات معاهدة START الثنائيّة الجانب الجديدة ستأخذ مجراها أمام حالة الشعور المستمر بالمرارة بالنسبة لاقتراحات الولايات المتحدة بخصوص إقامة الدرع الصاروخي في أوربا. "فأي مناقشات مع روسيا يجب أن تبدأ بإزالة السلاح النووي الأمريكي من أوربا" كما يقول بودفيغ، وهذا التحرك سيكون خلافياً داخل حلف الناتو Nato. غير أن كلاً من الولايات المتحدة وروسيا بما لهما من باع طويل في تعقيداتِ صفقةِ نزعِ السلاح النووي وما يبديانه من إرادة سياسيّة سيجعل السير بالمعاهدة على هذا النحو أمراً ممكناً تماماً.

● **إقرار الولايات المتحدة لمعاهدة الإيقاف الشامل للاختبارات النووية (CTBT).** منذ أن وقعت هذه المعاهدة في عام 1996، أقرت بها ووقعتها 148 دولة، باستثناء الولايات المتحدة والصين، وهما الدولتان الوحيدتان من الدول المعترف بها دولاً للسلاح النووي، لم توقعا معاهدة CTBT هذه. ومجلس الشيوخ في الولايات المتحدة رفض إقرار هذه المعاهدة عام 1999، إلا أن بعض المؤسسات التقنية التجارية التي صوَّتت على ذلك منذ ذلك الحين تُلَطِّف موقفها. وفي الحديث عن إمكانية الإثبات والتحقق، نذكر أن شبكة مراقبة الهزات في العالم برهنت أنها قادرة على اكتشاف انفجارات أقل بعشر مرات من قوة انفجار هيروشيما، يضاف إليها النجاح الذي تم إنجازه في مجال المراقبة الجوية لبصمات "مدفع التدخين" من غازات نبيلة ونكليدات مشعة. ويبدو أن برنامج إدارة المخزون الاحتياطي الذي يرمي إلى توكيد التكاملية في سلاح الولايات المتحدة دون إجراء أي اختباراتٍ نووية ناجح إلى حد كبير حتى الآن.

إن الأكاديميات الوطنية الأمريكية، التي ألقت بثقلها خلف المعاهدة CTBT في تقرير عام 2002 الذي قدمه جون هولدرن John Holdren، الذي هو الآن المستشار العلمي لأوباما، هي من بين هيئاتٍ كثيرةٍ مؤثرة تؤيد إقرار الولايات المتحدة للمعاهدة. وإن رجال الدولة الدائمين في الولايات المتحدة بمن فيهم جورج شولز George Shultz وهنري كيسنجر Henry Kissinger وزيرا الخارجية الجمهوريان السابقان، أعلنوا أيضاً تأييدهم للمعاهدة. وإن أصوات الجمهوريين يمكن أن تكون ذات أهمية خاصة بالنسبة لأوباما فبالرغم من أنه قد يحتاج إلى ثمانية أصوات فقط من الجمهوريين لتحرير المعاهدة مقارنة بـ 22 صوتاً التي احتاجها بيل كلينتون Bill Clinton في عام 1999، فربما يرغب في الحصول على تأييد أوسع من العناصر في كلا الحزبين تصوّت لصالح المعاهدة.

● **موارد أكثر وسلطة أكثر لتعزيز التفتيش الدولي.** بالرغم من تزايد عبء العمل في الوكالة الدولية فإن الميزانية المالية لوكالة الطاقة الذرية الدولية IAEA التي تقوم بالتفتيشات الدولية كانت جامدة خلال مدة طويلة في العقدين الماضيين. ويقول رئيس الوكالة الدولية المنتهية ولايته "محمد البرادعي" Mohammed El-Baradei، إن ميزانية الوكالة البالغة 400 مليون دولار أمريكي يجب أن تتضاعف حتى تتمكن الوكالة من القيام بعملها. وليست الموارد وحدها هي التي تقيدها، فعمل الوكالة الدولية للطاقة الذرية محصور بتفتيش المنشآت النووية المصرح عنها، ولا يمكنها أن تبحث في المواقع السرية. إن "البروتوكول الإضافي" لعام 1997 لاتفاقية الضمانات للوكالة الدولية للطاقة الذرية يعطي قوةً إضافية بهذا الخصوص، إلا أن بلداناً عديدة –بينها إيران التي يمكن أن تكون لها تأثيرات هامة– لم توقع عليها بعد.

● **نظام بنكٍ للوقود النووي للتعاون المدني.** يعطي هذا الاقتراح دعماً لخطط الوكالة الدولية للطاقة الذرية في إتاحة حرية الوصول إلى الوقود النووي لكل البلدان من منشآتٍ ستوضع تحت مراقبة متعددةِ الجهات، وبهذا يتم فصل استخدام الطاقة النووية عن منشآتِ التخصيب الوطنية التي يمكن أن تستخدم أيضاً لصنع مواد ترقى إلى مرتبة مواد السلاح النووي –كما هو الحال مثلاً في كوريا الشمالية (التي اختبرت منصةَ إطلاق السواتل والصوراريخ الطويلة المدى يوم إلقاء أوباما لخطابه– انظر الخبر الذي يحمل العنوان: "ساتل كوري يخطئ المسار".

إن مثل هذا النظام يمكن أن يساعد في تخفيف التوتر المنهجي (النظامي) في الوكالة للتوفيق ما بين أهداف الوكالة الدولية للطاقة الذرية في الحد من الانتشار وبين السماح بنشر الطاقة النووية السلمية. إن التوتر كان واضحاً للعيان من حيث فشل الحكومات الأعضاء في الوكالة في الموافقة على خليفةٍ للبرادعي في الشهر الماضي. فيوكيوا أمانو Yukiya Amano من اليابان كان مستوعباً للتركيز على الضمانات في حين أن عبد الصمد مينتي Abdul Samad Minty من إفريقيا الجنوبية كان على ما يبدو المرشح لتوسيع نشر الطاقة النووية في العالم النامي. ولذلك فإن الدول الأعضاء في الوكالة سيوجِّهون الآن دعمهم لأسماء جديدة سعياً وراء الإجماع على مرشحٍ يتفق عليه بالتصويت الذي يمكن أن يعقد في أيار/مايو.

• **معاهدة جديدة لإنهاء إنتاج المواد الانشطارية للاستخدام في السلاح النووي.** إن معاهدةً لوقف إنتاج المواد الانشطارية كانت قد طرحت أصلاً عام 1993 من رئيس الهيئة العامة للأمم المتحدة؛ فهي تلزم كل الموقّعين عليها بوقف إنتاج المواد النووية التي درجة تخصيبها مناسبة لصنع السلاح النووي. ووفق ما يقول جان دوبريز Jean du preez وهو خبير بالسلاح في معهد مونتري Monterey للدارسات الدولية في كاليفورنيا، إن هذا يمكن أن يكون طريقةً لتغطية إنتاج السلاح في دول السلاح النووي غير الرسمية –الهند، الباكستان، كوريا الشمالية وإسرائيل– والتي هي ليست الآن بين الأعضاء في معاهدة عدم الانتشار النووي لعام 1968. Nuclear Non-Proliferation Treaty (NPT). فمثل هذه المعاهدة ستضع أعباءً ضخمة للتعبئة والتحديات السياسية من حيث حرية الوصول إلى هذه الأشياء ومن حيث إعداد قائمةِ الجرد والمراقبة، ولكنها ستعود إلى الطاولة في مؤتمر مراجعة معاهدةِ NPT عام 2010، ويمكن أن تكون عندئذٍ خطوة كبيرة باتجاه عالمٍ خالٍ من السلاح النووي.

• **جهود دولية جديدة لصون كل مادة نووية معرّضة للهجوم.** لقد اقترح أوباما عقد قمةٍ عالمية تتعلق بالأمن النووي، تستضيفها الولايات المتحدة بجدول أعمالٍ يتضمن تحويل برنامجين موجودين هما مبادرة أمنِ عدم الانتشار لعام 2003، وهو تحالف دولي يرمي إلى سنِّ قانونٍ للتجارة النووية، والمبادرة الدولية لعام 2006 لمحاربة الإرهاب النووي لدمجهما بقوانين دولية دائمة. ولا يوجد حتى الآن لدى الوكالة الدولية للطاقة الذرية دعوى واضحة في هذا المجال.

تخفيض دور الأسلحة النووية في استراتيجية الأمن الوطني للولايات المتحدة. إن ما يبدو واحداً من أكثر اقتراحات نزع السلاح عقلانية في خطاب أوباما يمكن أن يكون أكثر أهمية حتى من خفض كميات السلاح، ويمكن أن يضمن كل اقتراحاته بخصوص عدم الانتشار. إن الدول النووية الخمس التي تعترف بها معاهدة NPT قد تجاهلت حتى الآن، وإلى حد كبير، صفقةَ المعاهدة المركزية؛ التي تقول إن على هذه الدول أن تنزع سلاحها تماماً مثلما يحجم الآخرون عن الانتشار. وبدلاً من ذلك فقد حافظوا وغالباً ما وسعوا الدور الحاسم الذي تلعبه الأسلحة النووية في سياساتهم. وإن الالتزام والتعهد باستخدام الأسلحة النووية فقط في حالة الهجمات النووية، يمكن أن يقطع شوطاً طويلاً في خلق مناخٍ أنسب للتوصل إلى إجراءات أوسع لعدم الانتشار.

☐ *نُشر هذا الخبر في مجلة* Nature,Vol 458, April 2009.

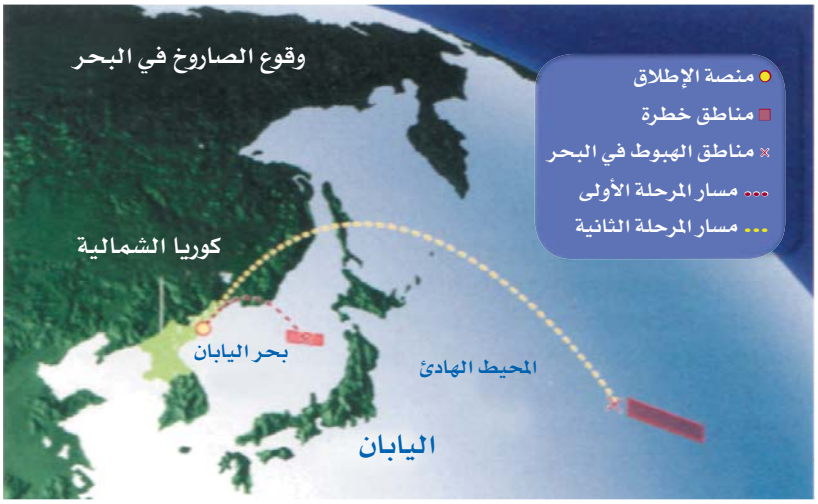
ترجمة د. مصطفى حموليلا، عضو هيئة التحرير.

ساتل (قمر صناعي) كوري يخطئ المسار

كانت النيّة أن يذاع نشيد مدوٍّ للقائد كيم جونغ–إيل، Kim Jong-Il، ولكنه لو أذيع لما سمعته سوى حوريات البحر التي تقرع ناقوس الحزن. ففي الخامس من نيسان/إبريل، سقطت كسالفتيها الشحنة المتفجرة (رأس القذيفة) في المحيط الهادئ في المحاولة الثالثة لكوريا الشمالية لإطلاق ساتل (قمر صناعي) يدور حول الأرض. وتشير التحليلات الأولية إلى فشل المرحلة الثالثة والأخيرة للصاروخ، التي ربما لم تُقدح، أو أنه لم ينفصل بالشكل المناسب عن المرحلة الثانية للصاروخ.

لقد كانت كوريا الشمالية تأمل الانضمام إلى نادي المسافرين إلى الفضاء الذي يتنامى مستوى المشتركين فيه. ففي شباط/فبراير أطلقت إيران بنجاح ساتلاً صغيراً إلى مدار منخفضٍ حول الأرض باستخدام صاروخ سَفير -2 (Safir-2). وفي أيلول/سبتمبر الماضي، أطلقت شركة خاصة تسمى Space-X في هاوثورن في كاليفورنيا ساتلاً على ظهر معزِّز (محرك إضافي) لزيادة القوة الدافعة، صممته من أشياء لا قيمة لها، اسمه الصقر The Falcon 1، وهو مدفع خفيف قديم.

يعتقد أكثر المراقبين أن صاروخ كوريا الشمالية المعروف باسم تايبو دونغ -2 (Taepo Dong -2) كان أكثر بدائيّةً من أيٍّ من هذين، لأنه مبني على التقنية الروسية والصينية التي عمرها عقود قبل صاروخ سكود. ديفيد رايت David Wright، المحلل والمراقب للأسلحة arms-control analyst العامل مع اتحاد العلميين المعنيين، وهو عبارة عن مجموعة غير ربحية أُسست في كامبردج، ماساشوستس، يقول: وعلى فرض أن ذلك هوميراثُ فالمحرك الإضافي كان سيزن نحو ثمانين طناً، وهذا أكبر بثلاث مرات من وزن الصاروخ الإيراني. وربما استخدمت محركاته تركيبةً منخفضةَ الدفعِ من وقود الكيروسين وحمض الآزوت المؤكسِد، في حين أن الصقر (The Falcon) استخدم الأكسجين السائل.



هذه المعوقات لا تعني أن مثل هذا الصاروخ لا يستطيع العمل؛ فهو ببساطة لم يعمل هذه المرة. أُطلقَت أحدث نسخة معدلة من صاروخ تايبو دونغ -2 من موقع الإطلاق موسودانري Musudanri حوالي الساعة 2.30 صباحاً بتوقيت غرينتش. وبعد الإطلاق بقليل، أعلنت وكالة الأنباء المركزية الكورية التي تديرها الحكومة أن حمولة الصاروخ، أي ساتل الاتصالات، قد وصل بنجاح إلى مداره، وبدأت بإذاعة "أغنية الجنرال كيم جونغ إيل". ولكن بياناً مهذباً من القيادة الأمريكية الشمالية –بعد ذلك بست ساعات– وهو الوقت الكافي لأي ساتل أن يدور حول الأرض عدة مرات– قال إنه "لم يُشاهَدْ أي جسم قد دخل مداره حول الأرض". وقد أوردت مصادر دبلوماسية وهي صحيفةُ كوريا الجنوبية شوسن إلبو Chosun Ilbo أن المرحلة الأولى من الصاروخ حطت في بحر اليابان في حين تحطمت بقية المراحل على بعد 2.700 كيلومتر تقريباً في المحيط الهادئ (انظر المخطط).

إن مسار الإطلاق لم يكن ملائماً لنفسه بحسب مراقبات الهواة في الولايات المتحدة وفي أوربا التي تقدم غالباً ما يوثّق الإطلاقات العسكرية.

ويقول ديفيد رايت: إن قطع الصاروخ مسافة 3.200 كيلومتر يدل على أن المرحلة الأولى للصاروخ قد بلغت مداها، ومن المحتمل أن يتطلب قطع الصاروخ لهذه المسافة الانقداح المتزامن لأربعة محركات قوية، يقول مضيفاً "وحقيقةَ أنها عملت تُعَدُّ إنجازاً كبيراً (مدعاة للسخرية)".

يضيف برين ويدن Brain Weeden، المستشار التقني للمؤسسة العالمية للأمن Secure World Foundation. وهي مجموعة غير ربحية مقيمة في سوبريور بكولورادو Superior, Colorado، إن الفشل بين المرحلتين الثانية والثالثة ليس نادر الحدوث، حيث يُعَدّ فصل المراحل "عملية حساسة جداً" تتطلب صواعق متفجرة وتتطلب من المرحلة الثالثة أن تنقدح بتسلسل دقيق.

يقول جونثان ماك دوويل Jonathan Mc Dowell وهو فلكي في مركز هارفرد– سميثونيان للفيزياء الفلكية في كامبرج، ماساتشوستس، يراقب إطلاقِ الصواريخ. أما هل تستطيع كوريا الشمالية التعلم من أخطائها فهذا أمر يعتمد إلى حدٍّ كبير على ما تجمعه من ملاحظات عن الصاروخ قبيل سقوطه. لم تستلم كوريا أي إشارة مباشرة مقيسة عن بُعد بعد اختفاء الصاروخ وراء الأفق. ولو أمكن أن تقوم مركبة بحريّة داعمة في المحيط بمتابعة طيران المركبة، لحُلت تلك المشكلة، ولكن ليس من الواضح ما إذا كان لدى كوريا الشمالية مثل هذه الإمكانية. وإذا لم يكن لديها ذلك، فعندها يقول ماك دوويل "سيكون من الصعب اكتشاف ما حدث لمركبتهم".

يقول جيوفرى فوردن Geoffrey Forden، باحث في الأمن العالمي في معهد ماساتشوستس للتقانة في كامبردج: وبوجود إمكانات أجهزة المراقبة الأمريكية الفائقة "أكاد أجزم بأن الولايات المتحدة تعرف أكثر مما يعرفون عما سبَّب فشل المركبة "

☐ نُشر هذا الخبر في مجلة Nature,Vol 458, April 2009.
ترجمة د. مصطفى حموليلا، عضو هيئة التحرير.

الانصهار في ومضة

إن مشاهدة الفوضى الذرّية atomic disorder تنبعث بسرعة وبشكل استثنائي –خلال انصهار البزموت البلّوري المحرَّض بالليزر– أمر يثير التفكير حول طبيعة هذا التحوّل الطوري.

قدّم Scianini وزملاؤه تقريراً حول استخدام دفقات متناهية القصر من الإلكترونات لمراقبة حدوث الفوضى المجهرية عندما يُصهر البزموت البلّوري بواسطة الليزر. وقد وجدوا أنّ الانصهار يحدث في أقل من 200 فيمتو ثانية (1 فيمتو ثانية = 10^{-15} ثانية) –أي جزء من دور اهتزاز الشبيكة الذرّية. يرجع هذا الاكتشاف إلى نقاشٍ عمره قرنٌ من الزمان– حول تحديد الخواص المجهرية التي تنظم الأطوار الصلبة والسائلة بعضها مع بعض.

إنّ التحولات الطورية التي نفهمها بشكل أفضل هي تلك التي يمكن تصويرها على طول مسارٍ مستمرٍ قابل للاقتفاء يربط بين طورين معلومين يختلفان رياضياً بعملية تناظرٍ وحيدة. إن تحوّلات السائل إلى غاز التي يغيب فيها الانتظام المجهري عن كلا الطورين يمكن وصفها بهذه الطريقة شرط أن يكون التوازن بين القوى المتجاذبة والمتنافرة بين الذرّات معلوماً، وأن فقد التناظر تحل محلّه تغيرات في الكثافة.

وعلى أية حال، لا يكاد يخلو وصف التحولات من الصلب إلى السائل من الإشكالية. والمشكلة الأساسّية تكمن في أن الجسم الصلب البلّوري عندما ينصهر، لا يقتصر الأمر على أن تصبح الذرّات في حالة فوضى وحَسْب، بل إنها تصبح حرّةً في التحرك ضمن شبكةٍ من الروابط الضعيفة، والتي تتكسر بشكلٍ مستمرٍّ ثم يُعاد تشكيلها. وهكذا يجب وصف السائل عندئذ ليس فقط بمواقع الذرّات النسبية ولكن أيضاً عن طريق سرعاتها النسبية. وبذلك فإنه من الصعب تحديد إجراءٍ رياضيٍّ يستطيع رسم الانتقال بين الصلب والسائل، ويصف كلاً من فقد التناظر وضعف الروابط.

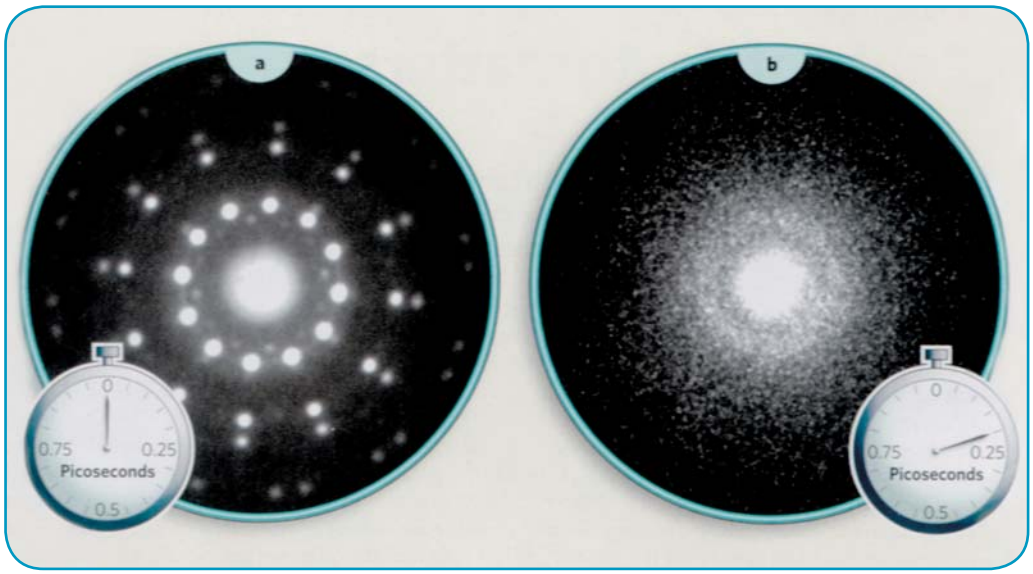
لقد ركزت بعض طرق توصيف الانصهار على ظهور فوضى (لا انتظام) بنيوية فقط، وتجاهلت الخواص الميكانيكية للانصهار (melt)، بشكل مشابه لما يمكن أن يحدث لو تمَّ تشكيل سبيكة صلبة. تصف نظرياتٌ أخرى الانصهار فقط بدلالة اختفاء الصلابة. في الواقع، إن المادة في الطور الصلب، المقاوم لكلٍّ من الانضغاط والقص، تفقد عند انصهارها مقاومتها للقص. إلاَّ أن الوصف الثاني يتجاهل الخواص المجهرية للطور السائل، مُغيّباً قواعد الفيزياء الأساسية للفوضى والأنتروبية entropy ووجود الحرارة اللاطية (مقدار الطاقة الداخلية التي يجب تبادلها من أجل ازدياد الفوضى).

يعد التحقق تجريبيّاً من صحة النظريات المجهرية للانصهار أمراً صعباً أيضاً. إذ أنّ الطور السائل لا يظهر تدريجياً مع ارتفاع درجة الحرارة، لكنه يحدث بشكل مفاجئ. وعند نقطة حرارة الانصهار، تتنامى عشوائياً أنوية السائل المتموّجة وتنفجر متفككة في أماكن متفرقة في الشبيكة الذرّية على الفور. يتوالى انهيار الانصهار بعدئذ عبر الجسم الصلب، وينتهي التحول قبل أن يتسنى للمرء الوقت للعثور عليه. وهكذا فإن فهم الانصهار على الصعيد المجهري يتطلب فهم التغيرات –المصاحبة للتحول الطوري– الجارية على أطوال ذرّية ومقاييس زمنية ذرّية.

وبالنسبة لبعض الأجسام الصلبة، يمكن أن تؤدي إثارتها بالليزرات الضوئية إلى إضعاف الروابط وقدح التحول آنياً في جميع مواضع الشبيكة. وعلى الرغم من كون الانصهار المُحرَّض بالليزر لا يتبع بالضرورة نفس المسار كما في طريقة الصهر المحثوثة حرارياً، إلا أنه يمتاز بتحديد التحول عند زمانٍ ومكانٍ مختارين من قبل المجرّب، كما أنه يكشف على الأقل مساراً مجهرياً واحداً ممكناً، للانصهار.

من المعروف، في شبيكةٍ بلّوريةٍ مستقرةٍ من البزموت، أن الإثارة الضوئية المتوسطة تقود الشبيكة نحو طورٍ مكعبي بتناظرٍ أعلى. والمدهش في الأمر، هو أن هذا الطور المكعبي المتوسط قد لا يكون مستقراً عند ضغوط الوسط المحيط، ويتوقع له أن ينصهر نتيجة

للتصادمات المتعددة بين الذرّات. يمكن أن يكون هذا تفسيراً مغرياً للانصهار، حيث أنه يتضمن المرور خلال ترتيب ذرّي غير مستقر قبل أن تحدث الفوضى الذرّية على مدى مقياسٍ زمني يبلغ عدداً من أدوار الاهتزاز للشبيكة الذرّية. وعوضاً عن ذلك، قد تدفع الإثارة الضوئية optical excitation الشديدة المنظومة لترتبط بالطور الفوضوي، مدفوعة للأسفل" بقوةٍ داخلية كانت قد حرّرتها الإثارة الليزرية فوراً.



الشكل 1- الانصهار السريع: شعّع Sciaini وزملاؤه البزموت البلّوري بدفعات فائقة القصر من الإلكترونات وذلك لمراقبة ظهور الفوضى الذرّية خلال الانصهار المحثوث بالليزر. توضح الصور نماذج انعراج إلكتروني لوحظت قبل (a) وبعد (b) الإثارة بالليزر. تحدث الفوضى الذرّية في وقت يبلغ 200 فيمتو ثانية تقريباً (0.2 بيكو ثانية).

وقد أخضع Sciaini وزملاؤه هذه الفرضيات للاختبار. وفي تجاربهم، قاموا بتشعيع أفلام من البزموت بنبضات ليزرية، للمقارنة بين مجموعةٍ واسعةٍ من درجات الشدة الليزرية، وأجروا سبراً على التراكيب الذرّية للأفلام باستخدام الانعراج الإلكتروني فائق السرعة. وقد تضمن هذا تعريض الأفلام إلى حزم إلكترونية لمدة زمنية تقدر بالفيمتو ثانية، ومن ثم أخذ لقطاتٍ لترتيباتها الذرّية (الشكل 1). وقد وجد المؤلفون أن الفوضى تظهر بنسبةٍ متصاعدةٍ مع ارتفاع شدة الليزر، بحيث تصل إلى نقطةٍ تتجاوز عندها العينة الحالة المتوسطة بشكل فعّال. وقد تبين أن الانصهار يحدث في غضون 190 فيمتو ثانية –وهو جزء من دور اهتزاز الشبيكة الذرّية.

ولكن كيف يتسنى للجسم الصلب المنتظم المثار بالليزر، معرفة كيف يصبح فوضوياً دون أن تُترك ذراته تتواثب حوله عدة مرات للعثور على الحالة الأرضية (الأساسية) الجديدة؟ هل من الممكن أن يحصل الجسم الصلب المحرّض بالليزر على بعض مظاهر الطور السائل قبل أن يصبح فوضوياً؟ لقد ألمحت بالفعل دراسات سابقة للتحولات الطورية لأنصاف النواقل إلى أنه يمكن أن تكون الحالة هكذا. لذلك، هل يمكننا أن ننتهي إلى القول بأن الانصهار يحدث قبل أن تتحرك الذرّات بالفعل؟ ومع ذلك، قد يكون التدبير الذرّي البلّوري حالةً مكروية محقّقة للسائل، صحيحة ونادرة مثلها مثل أي حالةٍ أخرى. إن ما ينبغي أن يكون شبيهاً بالسائل هو القوى الموجودة بين الذرّات، والطريقة التي تَرتبط بها السرعات الذرّية.

أم هل علينا الاستنتاج بأن الطور الفوضوي الذي يظهر بعد 200 فيمتو ثانية بعد الإثارة ما يزال جامداً –أي إن الانصهار يظهر فقط في الأوقات الأطول؟ إن الإجابة قد تكمن في المراقبة الفائقة السرعة– في الوقت الحقيقي والتي تجري على ترددات اهتزاز الشبيكة الذرّية، والتي يمكن تحقيقها باستخدام تبعثر رامان بأشعة X أو التبعثر الضوئي السريع.

إنّ فهمنا لديناميكية التحولات الطورية سوف يعتمد بالمطلق على قدرتنا على قياس كل من مواقع الذرّات وصلابة الروابط. إن بعض التجارب الحديثة تشير إلى أن مثل هذه التقانات يمكن أن تتمخّض عن مفاجآت. فدراسات كتلك التي أجراها Sciaini وزملاؤه لا تتداول أسئلة قديمة بتقانات حديثة فحسب، بل إنها تثير كذلك أسئلة حديثة حول الطبيعة المتعددة الوجوه لديناميك المادة.

◄ *نُشر هذا الخبر في مجلة* Nature, Vol 458, 5 March 2009.

مكتب الترجمة.

يمكن أن يكون للبحث والتطوير في الفيزياء تأثير كبير

حين تتعمق الأزمة المالية، نجد هناك تركيزاً متزايداً على إسهامات العلوم والهندسة في الاقتصاد الحديث. وقد فصّل ذلك رئيس الوزراء البريطاني كوردن براون Gordon Brown عند إعطائه محاضرة في جامعة أُكسفورد في شباط/فبراير الماضي. فقد قال: "عندما نلتف حول التحديات بشأن خلق مجتمع عالمي حقيقي، يتطلب منا التغلب على الفقر معالجة تغيرات المناخ وتلطيف تأثير الأمراض حول العالم، فإن العلم وحده يمكن أن يعطينا الأمل".

إنها كلمات قوية تبيّن إيمان الحكومة والمجتمع وثقتهما في العلم والهندسة، وهذا يضع المسؤولية التي يشارك فيها مجلس البحوث الهندسية والعلوم الفيزيائية Physic Sciences Research Council (EPSRC) ومجتمع البحوث تحت الاختبار الدقيق.

من الواضح – وكما كان لأولئك الذين ينتمون إلينا في مجتمع العلوم لحين ما – أن البحوث البريطانية يمكن أن تثير أفكاراً عظيمة، وتطور تقنيات جديدة مبتكرة وتولد العقول الفذة لتقود أعمالاً جديدة. إن الهدف الدائم لمجلس EPSRC هو في المحافظة على قاعدة أبحاثنا العالمية الريادية والتأكيد على أنها تُطوِّر نوعية الحياة للجميع. إن معالجة التحديات الناشئة، مثل الطاقة الدائمة وتحسين العناية الصحية، تشكل الفكرة المركزية لخطة أداء مجلس EPSRC – وهي برنامجنا لتحقيق النجاح في ثلاث سنوات.

إن المراجعة المعمقة تدعم نجاحنا وتُعدُّ أساساً صلباً لنظام تمويلنا، ولكن يجب أن تبقى مؤثرة وناجعة إذا كنا نريد تحقيق رؤيتنا. ولفعل هذا أدخلنا مؤخراً عدداً من التغيرات. ولكن تبقى نوعية البحث المعيار (الفَيْصل) المفتاحي، وسيتم دعمها بالتغيرات عبر الفعالية المتزايدة وبتخفيض العبء الإداري على كلٍّ من المتصفح والجامعات. تقوم التطويرات على مراجعة مجالس البحث في المملكة المتحدة عام 2006 لفعالية المراجعة المعمقة، وعلى قابلية النظام في دعم مهمتنا وعلى دعم الاستشارات المكثفة مع المجتمع الأكاديمي.

الوقع الاقتصادي

من بين هذه التغييرات الطلب من المتقدمين أن يوجزوا "الوقع الاقتصادي" المتوقع من أبحاثهم، وهذا الطلب وضعته مجالس البحث جميعاً هذه هي الحركة التي تثير العجب. فنحن نحتاج أن نكون واضحين وشفافين حول هذا الأمر: فالمسألة ليست حول تغيير نموذج البحث ولكنها حول الضمان للتأكد من البداية أن الباحثين قد فكروا

لقد فُسِّر الوقع الاقتصادي بصورة خاطئة من قِبَل بعضهم على أنه يعني التأثير التجاري أو المالي المحض

الكاتب: دافيد دلبي

في التأثير المتوقع لعملهم. فنحن نريدهم أن يساعدوا في تحديد الطرائق لهذا التأثير ونريد أن ندعم أولئك بأفضل ما نستطيع.

لقد فُسِّر "الوقع الاقتصادي" بصورة خاطئة من قبل بعضهم على أنه يعني التأثير التجاري أو المالي المحض. وإن هذا خطأ كله. وكما أوضح بيتر وورِي Peter Warry في تقريره عام 2006، عندما أدخل هذا المصطلح أنه يشير إلى مجالٍ عريض من المنافع التي تشمل التقدم المجتمعي والتجاري والأكاديمي.

إن أعلى نوعيّات البحث تسهم في تقدم المعرفة وتزيد من المهارات، ولكنها تستطيع أيضاً أن تقود إلى معايير بيئية محسَّنة، أو على دراية أفضل بالسياسة الشعبية. إن "الوقع الاقتصادي" يغطي كل هذه المجالات وكثيراً غيرها.

إن الفيزياء هي الآن وستبقى دائماً، فرع العلم المفتاحي الذي يؤثر في كل مجالات الحياة وفي كل المجالات الأكاديمية؛ فهي أسست أيقونات التقدم في الرعاية الصحية، وساعدت في تسخير أشكال جديدة من الطاقة المتجددة، وعبدت الطريق أمام الاتصالات الرقمية التي أحدثت ثورة في عالمنا. وبدلالة التأثيرات المتوقعة، نحن نعترف أن بعضاً منها يصعب تحديد هويته من البداية وبأن مقاييس الزمن ستمتد من سنوات عديدة إلى عقود كثيرة.

لنأخذ تطور تقانة الليزر في أواخر الخمسينيات. فلقد تحدد في الأصل بأنها "حلٌّ يبحث عن مشكلة" ولكنها بحلول الثمانينيات استمرت الأبحاث وعنى التطوير أنها قد وجدت أكثر من مشكلة تنتظر

حلاً، ويستمر الليزر بتحويل العمليات الصناعية، والتشخيص بالليزر ومعالجة المرض، والاتصالات العالمية حتى هذا اليوم. وسيتبع هذا الطريق كثير من التطورات الأخرى في المستقبل – ويبقى هدفنا هو ضمان أنها مدعومة بالكامل أثناء رحلتها من المختبر إلى الواقع.

يُدخل مجلس EPSRC أيضاً معايير لخفض أعداد الاقتراحات الإجمالية، وبنية لوحات منقحة، فعلى مجلس EPSRC وعلى تلك الجهات التي يمولها تقع المسؤوليةُ أمام الحكومة وأمام دافع الضرائب. وإن هذه التغييرات ستساعدنا في عرض تأثير الاستثمار الجماهيري في العلم وفي بناء حالةٍ لزيادة الدعم المالي. ولكن الأمر الأكثر أهمية أنها ستساعدنا في تحمّل مسؤوليتنا الكبرى: لضمان أن البحوث الرائدة تفي بإمكاناتها، وبأنها تحسن وتحفظ الحياة من خلال عناية صحية أفضل، وصراع للتحديات البيئية التي نواجهها، وتضمن ازدهارنا الاقتصادي الطويل الأمد. إن الحث على استرداد الاقتصاد عافيته هو تحدٍّ صعب آخر يجب علينا التغلب عليه، ولكن الأبحاث الرائدة هي دوماً على وشك مقابلة التحديات الصعبة.

لكن التحسينات التي ندخلها ستساعد في خلق بيئة للعلميين والمهندسين كي يواجهوا هذه التحديات وجهاً لوجه. ومن الضروري أن نعمل معاً على استغلال الفرص التي تتغيّر بالنسبة للتمويل ونظام المراجعة التي تسعى لإيجادها. وبالتحرك نحو الأمام، إنه لمن الحيوي أن نستمر بالعمل متضامنين مع الفيزيائيين ومع مجتمع الأكاديميين الواسع للتأكد من أن منظومتي التمويل والمراجعة EPSRC تستمر في دعم أهدافنا المشتركة وتساعدنا في الوفاء بالمسؤوليات المشتركة.

نُشر هذا الخبر في مجلة PhysicsWorld,Vol 22, April 2009.

ترجمة د. مصطفى حموليلا، عضو هيئة التحرير.

دورات تعليمية في الفيزياء تضع القوة في أيدي العامة

أسس كريس وايت Chris White دورة تُعنى بتزويد الناس بفيزياء كافية للتمييز ما بين الحقيقة والخيال

يجري المختبر الفيزيائي القومي NPL في تيدّينتون–لندن دورة دراسية مدتها 6 أسابيع في الفيزياء الأساسية، وذلك ضمن نشاطات برنامج القرارات (Protons for breakfast) تعنى بتزويد العامة بالمعرفة الأساسية التي تمكنهم من اتخاذ القرارات في عالم تتزايد صلة العلم بأحداثه ويرى ما تخلفه "القصص المفزعة" سواء أكانت تتعلق بالتغير المناخي أو الطاقة النووية أو أبراج الهواتف الخلوية.

يقول ميشيل دي بوديستا Michael de Podesta (مؤسس هذا المختبر): "من المهم أن يشارك العامة في اتخاذ القرارات، إلا أن الكثير منهم يعتبرون أنفسهم غير أهل لذلك ويرغبون بالإذعان لما يقوله الخبراء وحسب، ولذلك كانت هذه الخطوة بقصد تزويد الناس بالحد الأدنى من المعطيات الفيزيائية"، ويضيف: "سنتحدث عن الاحترار العالمي، ثمَّ نتحدث عن الوقاية من أخطار الهاتف الخلويّ، وأخيراً سنتحدث عن الطاقة النووية". إلا أن الغالبية العظمى من

الناس لا يعرفون ما النواة. وليس لديهم أدنى فكرة عن آلية عمل الهاتف النقّال لذا هم لا يعلمون ما يسببه من خطر، وكلّ ما هنالك أنهم تلقوا خبراً غير مألوف إنه سيتم بناء برج للاتصالات الخلوية بالقرب من مدرسة للأطفال لكنهم لا يعلمون أن هذا البرج سيستمد طاقته من مصابيح الإنارة الكهربائية.

وُضِعَ برنامج بروتونات للإفطار لليافعين البالغين وهو الآن في سنته الخامسة ويجري مرتين في كل عام– إلاّ أنه يستقبل أيضاً الأطفال ممن هم في سن الدخول للمدرسة الثانوية.

يُعْطَى المنتسبون في الأسابيع الثلاثة الأولى من هذه الدورة الدراسية ملخصاً عن الكهرباء الأساسية والضوء والحرارة. وما إنْ تترسخ هذه المعارف الأساسية حتى تتمّ الاستفادة منها والبناء عليها في الأسابيع الثلاثة اللاحقة. وتدعّم هذه الدروس بمناقشات تتناول مواضيع مثيرة للجدل وذات صلة للحفاظ على مواضيع الدورة مترابطة ومتماسكة قدر المستطاع.

يستخدم دي بوديستا بدوره بعض المبادئ البسيطة ذات الصلة بكل المواضيع المطروحة والتي من بينها مبدأ أننا ذرات، يقول دي بوديستا "نحاول أن نجعل الناس يؤمنون بالذرات، يؤمنون حقا بها". نعمل في الأسبوع الأول على تغطية ما يتعلق بالكهرباء. بعد أن يشرح دي بوديستا تجربة التقاط البوالين لقصاصات الورق يسأل عن السبب فيجيب الحاضرون "الكهرباء الساكنة" دون أي فهم دقيق كامل لما تعنيه الكهرباء الساكنة – أي تبادل الإلكترونات بين المواد. خلال الاستراحة بين نصفي المحاضرة، يعمل دي بوديستا على تحريك مواد مختلفة (قطعة من الخشب– من المعدن– من السجق) بتأثير البوالين الحاملة للشحنات السكونية. إثر ذلك، يقول بوديستا "ليس أمامنا إلا استنتاج وحيد هو أنّه كل شيء له صفة كهربائية".

إنه يأخذ بعد ذلك واحداً من هذه البالونات ويستعمله في تحريك مؤشر مكشاف ذي الورقة الذهبية أو مؤشر كاشف اهتزاز الورقة. ويكرر ذلك بسرعات متزايدة ليوضح مفهوم التواتر ويعطي المشاركين فكرة عن ماهية الأمواج الراديوية والمكروية قبل التعرّض لها في هذه الدورة.

موضوع الجلسة الثالثة هو: الحرارة. تُدار هذه الجلسة كسابقاتها إلا أن لبوديستا خبرة كبيرة في موضوعها (الحرارة) فهو يعمل في هذه الأيام على اختراع ميزان الحرارة الأكثر حساسية في العالم. يبدو الأسبوعُ الثالث مريحاً نوعاً ما، ويمكننا القول إنّ الذرّات تهتز وهذه هي الحقيقة فعلاً. ولكننا نحاول أن نبقى على تواصل مع ما يطرح في الأسابيع الأخرى، لذا لدينا هذا المثلث المكون من المفاهيم التالية:

1- الذرّات تحمل صفات كهربائية

2- إذا ما اهتزت الأشياء ذات الصفات الكهربائية فستولّد أمواجاً

3- تتفاعل الأمواج مع الذرّات

توضح تجربة مغنطيس التيربيوم العلاقة ما بين الحرارة والمغنطيسية (في الصورة، دي بوديستا مع أحد المنتسبين إلى هذه الدورة عند القيام بالتجربة).

فعند تبريد مغنطيس التيربيوم باستخدام النتروجين السائل تتغير شدته بشكل ملحوظ ومثير. وهناك العديد من الأمثلة الأخرى نذكر منها: ارتخاء بالون منفوخ بالهواء عند تبريده، وكذلك مفعول لايدنفروست Leidenfrost effect التي يتم فيها زلق قطيرات من الماء على مقلاة مسخّنة إلى درجة أعلى من الدرجة 100 °C (درجة غليان الماء)، عندئذ تشكل هذه المقلاة طبقة عازلة من البخار تحمي القطيرات من الغليان والتبخّر.

العديد من الناس ليس لديهم أدنى فكرة عن آلية عمل الهاتف النقال

تنتقل المبادئ الثلاثة المعطاة في الجلسات الثلاث الأولى معنا إلى الأسابيع الثلاثة الأخيرة. "فعندما نريد أن نعرض الاحترار العالمي فإنّنا نعرضهُ بالطريقة نفسها التي عرضنا بها الوقاية من أخطار الهاتف الخلوي، أي لدينا أمواجاً كهرطيسية ممتصة أو غير ممتصة في حدود مختلفة".

يقول دي بوديستا: "يمكننا أن نرى من القرائن المختلفة أن هذه الأشياء هي في الحقيقة نفسها وهدفي أن يدرك الناس عندما يسمعون هذه المبادئ ما هي الطبيعة الأساسية لعالمنا وأن يدركوا تلك القصة البسيطة والشاملة بآن معاً بشكل لا يصدّق، وأن يتعرفوا على شخصياتها، وأن يتأكدوا بأنها إنما كانت ذاتها في كلّ أسبوع خلال هذه الدورة".

يعيش دي بوديستا الفيزياء ويتنفسها ولهذا سمّى ولديه مكسويل وكلفن، ويظهر جلياً حماسه لمشاركة الآخرين حُبِّه للفيزياء أثناء تعليمه في هذه الدورة. تبدو هيئة مكسويل كهؤلاء الأطفال الذين يظهرون على شاشات التلفزة (أثناء الأغاني الهزلية) ولعل هذا غير مقبول لدى الجميع، إلا أن القلق الذي يمكن أن يولّده ذلك عند المشاركين وقد يثنيهم عن هذه الدورة سرعان ما يتلاشى بإلقاء نظرة سريعة على ما يقدّمه دي بوديستا من علم متوازن بعيد عن الروتين إلى أقصى حدٍّ، إضافة إلى أن من يستمع إليه يجمع بين التعلم والمتعة في آن معاً.

أخيراً: إن أي صحفي يرغب بالكتابة عن تلك القصص المرعبة ذات الصلة بالفيزياء لابد سيُقابل بصدٍّ كبيرٍ من قبل الناس في تيدّينتون

نُشر هذا الخبر في مجلة PhysicsWorld, May 2009.
مكتب الترجمة.

الفرصة المناسبة لمقاربة نووية موحدة

لقد حانت لحظة وقف الانتشار النووي. على العلماء مساعدة الحكومات لتنتهز الفرصة التاريخية لتجنب التوقعات المستقبلية.

سيتركز اهتمام قادة دول مجموعة العشرين بلا شك على الأزمة المالية الحالية خلال اجتماعهم في لندن هذا الأسبوع. لكن هذه الأزمة لن تكون نقطة اهتمامهم الوحيدة: فالأزمة المالية بحد ذاتها تنبه وبشدة إلى أنه من الأفضل حلّ التهديدات العالمية الوشيكة الحدوث ومعالجتها قبل وقوعها وليس بعده. وما من تهديد يؤدي إلى أزمات أخرى أخطر من الأسلحة النووية، سواء بما تشكله من مخزون أم من خلال احتمال حيازة دول أخرى أو إرهابيين لها.

ولحسن الحظ، فإن العديد من مجموعة العشرين ممن حضروا هذا المؤتمر يحسّون، على ما يبدو، بالحاجة الماسّة لذلك. فقد أشار غولدن براون رئيس وزراء المملكة المتحدة (الدولة المضيفة لهذا الاجتماع) أنه على استعداد تام لوضع مسألة وقف أنشطة مؤسسات صنع الأسلحة في بلاده على الطاولة (في الوقت الذي تنهمك فيه حكومته بالعمل على إزاحة العوائق المكلفة التي تقف في طريق مسيرة إصلاحاتها) على الرغم من عدم وجود مسوغ قهري لهذا الطرح. إضافة إلى ذلك فمن المتوقع إبرام ميثاق بين الرئيس الأمريكي باراك أوباما ونظيره الروسي ديمتري ميدفيدف في اجتماع مجموعة العشرين للتوصل إلى اتفاق في نهاية العام بشأن وقف أساسي لمؤسسات صنع الأسلحة في كلا البلدين أمريكا وروسيا.

هذه أخبار ممتازة، خصوصاً بعد ما آلت إليه علاقات البلدين من سوء خلال العقد الماضي. فقد اتفق البلدان أولاً على خفض مخزوناتهما النووية تطبيقاً لمعاهدة تقليص الأسلحة الاستراتيجية (Strategic Arms Reduction Treaty) ، التي صيغت عام 1982 وتم التوقيع عليها عام 1991. لكن المعاهدة تنتهي في ديسمبر كانون الأول، وحتى الآن لم تتخذ أي متابعة لها.

إن اتفاقاً دولياً نووياً جديداً يعدّ مطلباً أكيداً الآن، على الأقل لمواجهة التهديدات الإرهابية المتعلقة بالمخزونات غير الآمنة للأسلحة والوقود في دول الاتحاد السوفييتي السابق. لكن على قادة العالم أن يكونوا على قدر عالٍ من الجدية في هذا الخصوص. على مدى العقد الماضي كانت البنية الكلية لنظام وقف الانتشار النووي قد أخذت بالتداعي خصوصاً من خلال الإخفاق في تنفيذ وسائل تعزيز معاهدة وقف الانتشار النووي، مثل معاهدة حظر اختبار أسلحة الدمار الشامل النووية (Comprehensive Nuclear Test Ban Treaty).

الوضع الآن ملحّ جداً، فكوريا الشمالية التي اختبرت أداتها النووية عام 2006 يبدو أنها تكثّف جهودها لتختبر في غضون أيام صاروخاً بالستياً عابراً للقارات، وباكستان التي بحوزتها (وفقاً للتقديرات) الكثير من الرؤوس الصاروخية النووية تبدو غير مستقرة سياسياً.

وكذلك إيران، فوفقاً للكثير من العلماء لديها الآن وقود من اليورانيوم المخصّب بدرجة قليلة، كافٍ كي تتحول إلى صنع قنبلة من اليورانيوم المخصّب بدرجة عالية إذا ما رغبت في فعل ذلك.

هذه التحديات ستتنامى بحدة إذا ما انتشرت الطاقة النووية حول العالم كوسيلة لتلطيف التغيّر المناخي كما هو متوقع. وبهذا الخصوص لابد من التأكيد أن الوقود المطلوب للمفاعلات النووية المدنية يساوي حجم النفايات التي ينتجها ما لم يتم استخدام هذه النفايات في نهاية المطاف لأغراض عسكرية. وبعض الحلول الجذرية هي الآن قيد الدراسة، ومن بين هذه الحلول وضعُ كل تسهيلات الحصول على الوقود تحت سيطرة عالمية.

إن الحصول على إجماع عالمي على هذه الأمور ليس بالأمر السهل، لكن بإمكان العلماء والمهندسين أن يقوموا بدورٍ مهمٍّ وحاسم بمضاعفة جهودهم، وفتح قنوات دبلوماسية وعلمية غير رسمية. وتجدر هنا الإشارة إلى الاجتماع السنوي الـ 58 الذي ستعقده حركة pugwash العالمية ما بين 17-20 نيسان/أبريل في Hague .

وكانت الدعوات المتكرّرة التي عقدتها هذه الحركة بمن ضمتهم من علماء وسياسيين وأشخاص آخرين قد شكلت عاملاً أساسياً في الحدّ من التسلح خلال الحرب الباردة. وبالرغم من أن علم السياسة الطبيعية يختلف اليوم عما كان عليه، فإن جهود الحركة ما تزال دؤوبة كالمعتاد.

فعلى سبيل المثال، تقوم حركة Pugwash من خلف الكواليس باتصالات غير رسمية مع إيران لإيجاد مخرج لأزمتها. كذلك فإن العلماء في منظمات أخرى أحدث عهداً منهمكون بمسألة نزع السلاح كما في مبادرة التهديد النووي الأمريكي غير المفيد

(the non-profit US Nuclear Threat Initiative) التي تعمل على تخفيض التهديد النووي بتأييد بنك للوقود متعدد الجوانب، وتنظيف مخزون اليورانيوم العالي التخصيب، في الحقيقة هناك سبب يدفعنا للتفاؤل على الجبهة النووية. فتعهد أوباما أن يعمل لعالم خالٍ من الأسلحة النووية يبدو تعهداً صادقاً، ويحث على جهود أخرى متعددة لعدم الانتشار النووي. علاوة على ذلك، مازال هناك وقت كافٍ لبناء زخم سياسي وللتحضير لإنجاز تقدم جوهري خلال الاجتماع التقييمي لمعاهدة عدم الانتشار النووي الذي سيعقد في العام المقبل. وقد أعطت الولايات المتحدة إشارة قوية عندما أحالت معاهدة حظر اختبار أسلحة الدمار الشامل إلى مجلس الشيوخ للمصادقة عليها كما قال أوباما أنه يعتزم فعل ذلك.

وكما قال بروان في خطابه في 17 آذار والذي يمثل نقطة تحول هامة: لقد حان الوقت "لتحول بحث نزع الأسلحة النووية من واحدة من الترّهات إلى واحدة من الالتزامات الجدية".

نُشر هذا الخبر في مجلة Nature,Vol 458, 2 April 2009.
مكتب الترجمة.

تصوير بالتجاوب المغنطيسي بمقياس نانومتري

يقدم التصوير بالتجاوب المغنطيسي صوراً غنية ثلاثية الأبعاد، لكن ميْزها محدود. ولقد أصبح التصوير بمقياس نانومتري ممكناً الآن وذلك باستعمال تقنيات ذات قوة كشف عالية الحساسية.

إن رؤية جسم معقد من الداخل يساعدنا كثيراً على فهم هذا الجسم، لذلك يعتبر التصوير الثلاثي الأبعاد هدفاً ملحاً في العديد من الميادين والمجالات بدءاً من البيولوجيا الجزيئية والخلوية وصولاً إلى استكشاف الخواص البنيوية والإلكترونية للمواد. يزداد هذا التحدي (رؤية الجسم من الداخل) صعوبة عندما نرغب في رؤية الجسم دون أن نحدث أي تغيير فيه في العملية. يتطلب ذلك لمسة مرهفة، تُجنِّب تعريض الجسم إلى أضعف التأثرات الممكنة الحدوث، لكن مثل هذا النهج غالباً ما يصطدم بالحاجة إلى مَيْز مكاني عال يمكّن من رؤية التفاصيل الدقيقة.

نشر في جلسات الأكاديمية الوطنية للعلوم، أن مجموعة علمية يقودها دان روجار قدمت تقريراً تبين فيه نجاحها في الوصول إلى طريقة مرهفة وفعّالة في التصوير، وفي هذه الطريقة تتم إثارة السبينات النووية الموجودة في أجسام الاختبار بلطف، وهي جسيمات من فيروسات داء الفسيفساء في التبغ، وتسجل مواضع هذه السبينات بالإصغاء إلى التمغنط المهتز للسبينات. وتستخرج الصورة بتسجيل هذه الإشارات (الناتجة عن السبينات) من شبكة ثلاثية الأبعاد لمواضع داخل الجسم. ولتحقيق مَيْز فائق يجب أن تكون هذه الشبكة دقيقة جداً مما يستلزم بدوره أن يكون حجم العينة عند كل نقطة من الشبكة أصغر ما يمكن. إنَّ الكشف الحساس، كما يعرضه أصحاب هذا النهج، لتلك الإشارات الضعيفة من هذه العناصر الصغيرة الحجم ذات الأبعاد النانومترية والمتبوع بإعادة تنظيم للبنية الثلاثية الأبعاد للفيروسات اعتماداً على ما تقدمه هذه الإشارات، هو ما يميز بحق الوسيلة الجبارة القادمة التي تكتفي بتصوير نسخة واحدة للجسم، سواء أكانت هذه النسخة حيوية أم إلكترونية أم مغنطيسية، عند مقياس نانومتري.

تأخذ طريقة روجار وزملائه مكانتها مما يقدمه لنا التصوير بالتجاوب المغنطيسي (MRI) من المشاهد الثلاثية الأبعاد الرائعة لمادة ما. وعوضاً عن قياس كيفية تأثر الجسيمات الطاقية مع الجسم للحصول على صورة، كما في أشعة X، فإن هذه التقنية تستخدم الأمواج الراديوية ذات الطاقة الأقل بحوالي بليون مرة من طاقة أشعة X المستخدمة في دراسات الانعراج أو طاقة الإلكترونات المستخدمة في المجهر الإلكتروني. يرتكز التصوير بالتجاوب المغنطيسي MRI بحد ذاته على التجاوب المغنطيسي النووي NMR، الذي يستفيد من السبين النووي المغنطيسي الذاتي والموجود بوفرة في كل المواد. تهتز المغانط النووية (الناتجة عن السبينات) عند تواترات قابلة للقياس بدقة تحددها الحقول المتولدة عن الذرّات المجاورة، بالإضافة إلى الحقل الخارجي المطبق لذلك تعتبر هذه المغانط جزءاً لا يتجزأ من مسابر مجهرية مدفونة تبوح بتفاصيل الخواص البنيوية والمغنطيسية والإلكترونية لمضيفها. تستخدم المعلومات المفصّلة التي يزودنا بها التجاوب المغنطيسي النووي (NMR) لعدة أغراض تتراوح من تحديد

هوية الجزيئات العضوية إلى إيضاح الميزات الدقيقة للموصلات الفائقة الغريبة.

أما بالنسبة للتصوير بالتجاوب المغنطيسي النووي MRI، فتتم تسوية الحقل الخارجي بحيث يمكن تغييره بشكل متحكم به عبر العينة لذلك فإن تواتر الاهتزاز النووي المغنطيسي سينبئ بمكانه بدقة. تعد هذه الآلية أساساً للتصوير الثلاثي الأبعاد اللاإتلافي (غير المؤذي) لمواضع عميقة داخل العينة. وبدلاً من استخدام جسيمات نشطة مبعثرة يستخدم MRI أمواجاً راديوية منخفضة الطاقة لإثارة السبينات النووية ولهذا السبب تكون تواترات اهتزازها قابلة للقياس. تكمن فائدة استخدام التجاوب المغنطيسي للتصوير في أن إشارات التجاوب المغنطيسي النووي هذه تمكّن من إجراء تجارب NMR بمَيْز مكاني وتوصيف دقيق يغني الصور بمعلومات مجهرية تفصيلية. على أي حال، إن التآثر الضعيف الذي يجعل MRI لاإتلافياً هو ذلك التفاعل الصغير ما بين المكشاف والسبين. ففي الطرائق التقليدية نحتاج إلى سبينات عديدة (10^{12}-10^{18}) للحصول على إشارة كافية لاستنتاج معلومات عن المواد. أما في التصوير بالتجاوب المغنطيسي MRI فإن بضعة سبينات تفي بالغرض. لذلك لا نحتاج في MRI إلا حجماً ضئيلاً من المادة القابلة للانحلال (حجم من رتبة المكرومترات المكعبة) مما يقلل من فعالية التقنية في فيزياء الحالة الصلبة أو البيولوجيا الجزيئية أو الخلوية.

في عام 1991 اقترح جون سيدلس John Sidles نظاماً يتحسس بشكل ميكانيكي للقوة الضعيفة التي يؤثر بها مغنطيس حديدي مجهري على العزم المغنطيسي النووي في العينة. فيمكن حسب اقتراحه، أن تقاس قوى صغيرة بتقصي العينة الموضوعة على كابول مطاوع. وبملاحظة الانحراف الضئيل الناتج عن هذا الكابول باستخدام مقياس التداخل الضوئي، على سبيل المثال، يمكن الكشف عن قوة صغيرة إلى حد بعيد. إن التصوير بالتجاوب المغنطيسي الذي يعتمد على كشف القوة، والذي يدعى قوة التجاوب المغنطيسي المجهرية magnetic resonance force microscopy والتي يرمز لها اختصاراً (MRFM) قد طرأت عليه بسرعة تحسينات كبيرة في الحساسية والمَيْز المكاني: لقد استعمل للكشف حتى عن سبين إلكترون وحيد وفي الكشف العالي الحساسية عن السبين النووي. تعد MRFM أيضاً مسباراً عملياً للمواد جرى تطبيقه في مشاكل كبرى علمية وتقانية. بالعودة لما سبق كنا قد عرضنا أن التقنيات المستخدمة في الكشف التقليدي عن NMR ذات فعالية في التجاوب المغنطيسي النووي المعتمد على كشف القوة. حقق التصوير الذي وصفه روجار وزملاؤه لجسيمات فيروسية خاصة تقدماً لافتاً في قدرة MRFM تطلب حساسية كشف استثنائية. وعلى وجه الخصوص، فالمسار الحديدي المغنطة الذي يمكن أن يحمّل داخل عشرات نانومترات المادة الفيروسية المثبتة على الكابول. وعند هذه الأبعاد، يتعرض الكابول المستخدم لقوى عديدة أخرى من السطوح المجاورة، بما في ذلك، على سبيل المثال، قوى فاندرفالس التي تفوق القوى المغنطيسية النووية بآلاف إلى ملايين الأضعاف إضافة إلى القوى الكهربائية الساكنة المبددة لسطح الكابول ذاتها. وينتج عن هذه القوى ضجيج يحجب الإشارة الواجب كشفها.

إن نجاح عمل هذا الفريق (روجار وزملائه) ثمرة عقد من العمل الدؤوب على تطوير تقنيات كشف قوة عالية الحساسية بما في ذلك تقنيات الإثارة التي تتناول السبينات لتنتج إشارة مميزة للقوة يمكن التقاطها من قوى الخلفية. وكذلك تقنية الهوائي النانومتري الذي ينتج حقل إثارة مغنطيسي قوي بتواترات راديوية ويتوضع بشكل مناسب بحيث لا يتسبب باضطراب للكابول الحامل للعينة (تولد القوى النووية المغنطيسية انحرافات معترضة فقط عند مستويات أقل من أنغستروم). أخيراً يبين هذا العمل أن الإشارات المشوشة تظهر بشكل غير ملفت في الصورة.

في الوقت الحالي لن يلبي إجراء MRFM كل متطلبات التصوير فهو يتطلب تقنية تجري في الفراغ وتحت حرارة منخفضة. وهذا التحديد تشاركه به المجهرية الإلكترونية للعينات البيولوجية وهو برغم ذلك يعد وسيلة تصوير فائقة النجاح. لكن حساسية الكشف في MRFM تتطور بسرعة، وتاريخها يشير إلى أن قدراتها ستكون عما قريب عملاً روتينياً للمهنيين في MRFM. إلا أن ذلك يتطلب بعض الوقت حتى تكون هذه القدرات متاحة للاستخدام في ميدان مجهرية أكثر اتساعاً وشمولاً.

يمكن القول: إن تجربة تصوير التجاوب المغنطيسي لجسيمات فيروسية بمَيْز من رتبة 4 نانومترات يعلن عن ميلاد مجهر جديد لتقصي عينات حيوية طبيعية جديدة يتكامل مع المجهرية الإلكترونية ومطيافية التجاوب المغنطيسي النووي (NMR) وينافسهما. يجمع هذا النهج بشكل فريد بين التصوير اللاإتلافي والقدرة على أخذ صورة خاصة لعينات حيوية كالبروتينات. هذا النهج سيجد على ما يبدو تطبيقات واسعة خارج علم الأحياء (البيولوجيا)، وفي التقصي عن البنى النانوية الكيميائية والعنصرية التي تدعّم علم المواد والعلوم الفيزيائية وتتمّمها.

◄ *نُشر هذا الخبر في مجلة* Nature,Vol 458, 16 April 2009.

مكتب الترجمة.

الذّهب

إعداد: د. عادل حرفوش، رئاسة هيئة التحرير

الرمز:	Au
العدد الذرّي: (عدد البروتونات في النواة)	79
الوزن الذرّي:	197
درجة حرارة انصهاره:	T_m=1337.3 K
درجة الغليان:	T_b=3129 K

ماهيته، وَوجوده في الطبيعة

الذهب هو العنصر الكيميائي الأكثر طلباً في صناعة المجوهرات والتماثيل والزينة على مدى التاريخ البشري المعروف. يوجد نظير الذهب ^{197}Au في الطبيعة على هيئة كتل صلبة أو حبيبات في الصخور، أو في العروق، أو في ترسبات للطمي، وله عدة نظائر صنعية غير مستقرة: ^{198}Au، ^{196}Au و ^{199}Au. والذهب معدن كثيف ($19.32g/cm^3$) وطري ويتمتع بلمعان مميّز، إضافة إلى كونه الأكثر قابلية للتصفيح والسحب بين جميع المعادن المعروفة، دون أن يتأكسد في الهواء أو في الماء. إذ يمكن تصنيع صفيح من الذهب مساحته متراً مربعاً باستعمال واحد غرام من الذهب، ويمكن للوريقة الذهبية أن تصبح شفافة للضوء، ويبدو الضوء العابر لها بلون أزرق مخضرّ، لأن الذهب يعكس بشدة اللونين الأصفر والأحمر.

قُدِّرَ جميع ما استخرج من الذهب حتى نهاية العام 2006 بـ 158000 طن، ويمكن تمثيل ذلك بمكعب طول ضلعه يساوي 20.2 متراً. تستخدمه الصناعات الحديثة في مجال الأسنان والإلكترونيات، وذلك بسبب مقاومته العالية للتآكل بالأكسدة ومواصفته المتميزة كناقل للكهرباء. وكيميائياً، الذهب معدن انتقاليّ ويمكنه تشكيل كاتيونات أحادية وثلاثية التكافؤ لدى انحلاله. لا يمكن حلُّ الذهب باستعمال أي حمض من الحموض التالية منفرداً: حمض الكبريت، أو حمض الكلور، أو حمض النتروجين، غير أن استعمال مزيج من الحمضين الأخيرين (يسمى هذا المزيج بالماء الذهبي، ويتشكّل بمزج حجم من حمض النتروجين المركز مع ثلاثة أحجام من حمض الكلور المركز) يؤدي إلى حلِّ الذهب. يمتزج الذهب مع الزئبق دون أن يتفاعل معه مشكلاً سبيكة ملغمية. استخدم حمض النتروجين مدة طويلة من الزمن للتأكد من وجود الذهب في عيّنة معدنية مجهولة، حيث يمكن لهذا الحمض أن يحلَّ جميع المعادن باستثناء الذهب.

يشكل الذهب سبائك مع العديد من المعادن الأخرى، ويمكن إنتاج هذه السبائك لتعديل اللليونة وخصائص معدنية أخرى ولتنظيم نقطة الانصهار أو لإحداث ألوان غريبة. يُعدُّ الذهب ناقلاً جيداً للحرارة والكهرباء، ويعكس بقوة الضوء تحت الأحمر. ومن الناحية الكيميائية، لا يتأثر الذهب بالهواء أو بالغبار ولا بغالبية الكواشف الأكّالة، لذا فإنه مرغوب للاستعمال في قطع النقود المعدنية وفي المجوهرات وكطبقة واقية لمعادن أخرى منفعلة كيميائياً. رغم ذلك فالذهب غير خامل كيميائياً، إذ إن الهالوجينات الحرّة ستؤثر عليه، والماء الذهبي يحلُّه من خلال تشكل الكلور الغازي الذي يهاجم الذهب ليشكل أيون الذهب ($AuCl_4^-$). كما أن الذهب ينحلُّ في المحاليل القلوية لسيانيد البوتاسيوم وفي الزئبق.

يخضع الذهب لحالتي أكسدة يكون فيهما إما أحاديّ التكافؤ أو ثلاثيّ التكافؤ في مركّباته. يمكن إرجاع أيونات الذهب بسهولة في محاليله وترسيبه على هيئة معدن، وذلك من خلال إضافة معادن أخرى كمعامل إرجاع. يتأكسد المعدن المضاف وينحل فيسمح باستبدال الذهب الموجود في المحلول واستخلاصه كراسب صلب.

ليس للذهب النقي أي طعم، في حين يكون لأيوناته طعم معدني. إضافة لذلك، فهو كثيف جداً حيث يزن المتر المكعب منه 19320 كيلوغراماً. وبالمقارنة مع المعادن الأخرى الكثيفة، نجد أن كثافة الرصاص 11340 كيلو غرام/متر^3، ويزن أكثفها، الأوسميوم، 22610 كيلو غرام/متر^3.

ينفرد الذهب ذو اللون الأصفر المعدني، مع السيزيوم والنحاس، بلون طبيعي يختلف عن الرمادي والأبيض. فاللون الرمادي العادي للمعادن مرتبط ببحرها الإلكتروني القادر على امتصاص الفوتونات وإصدارها ضمن مجال واسع من الترددات. غير أن الذهب يسلك سلوكاً مغايراً، وذلك بسبب التأثيرات النسبية التي تفعل فعلها في المدارات الإلكترونية لذرّات الذهب. يمكن الحصول على ألوان لسبائك الذهب الشائعة بإضافة كميات مختلفة من النحاس والفضة. والسبائك الحاوية على البلاديوم والنيكل مهمة أيضاً في المجوهرات التجارية للحصول على سبائك ذهب بيضاء. وهناك حالات أقل شيوعاً مثل إضافة المنغنيز والألمنيوم والحديد والإنديوم وعناصر أخرى للحصول على ألوان غير عادية للذهب من أجل تطبيقات متنوعة.

استعمالاته كمعدن

يستخدم الذهب كوسيط في المبادلات النقدية. فكان يُسْتَخدَم في عدة دول كمعيار لتبادل النقود، لكن هذه الممارسات انحسرت مع تزايد النقود المعتَمَدة fiat currency. لا يستخدم الذهب النقي في الاستعمالات العادية بسبب ليونته العالية فيمزج عادة مع النحاس وغيره من معادن أساسية لإنقاص ليونته. يُقاسُ محتوى السبائك الذهبية بالقيراط، فالذهب الصافي يعادل 24 قيراطاً (24k).

يستخدم الذهب في المجوهرات، لكنّ ليونته في حالته النقية تفرض إضافة عنصر النحاس أو عناصر أخرى للحصول على خصائص عملية من ناحية الليونة وقابلية السحب والطرق ودرجة الانصهار واللون وخصائص أخرى. فالسبائك ذات الواحدات الذهبية المتناقصة، 14k، 18k، 22k أو 10k، تحتوي نسباً مئوية متزايدة من النحاس، أو من معادن أخرى مثل الفضة والبلاديوم في السبيكة. يستخدم النحاس عادة في السبائك الذهبية، ويشكل لوناً أكثر احمراراً من لون الذهب النقي. وتحتوي سبيكة 18k على 25% نحاساً وتعطي لوناً ورديّاً. وتعطي سبيكة 14k مع النحاس لوناً قريباً من لون السبائك البرونزية، ويمكن الحصول على الذهب الأزرق بعد خلطه بالحديد واللون الأرجواني بخلطه مع الألمنيوم. أما سبيكتي الذهب 14k و18k مع النحاس لوحده فتعطيان لوناً أصفر مُخضرّاً ويعرف بالذهب الأخضر.

اعتبارات صحية

كثيراً ما اعتبر الذهب في العصور الوسطى نافعاً للصحة، ضمن اعتقاد أن كل شيء نادر وجميل لابد وأن يكون صحياً. وحتى في الوقت المعاصر هناك من يعتقد أن للذهب قدرات مؤثرة على الصحة. تتمتع بعض أملاح الذهب بخصائص مضادة للالتهاب،

وتستخدم كمواد صيدلانية لمعالجة التهاب المفاصل وبشروط أخرى مناسبة. رغم ذلك، فأملاحه ونظائره المشعّة فقط هي التي تُبدي خصائص مفيدة في الاستخدامات الصيدلانية، وكعنصر معدني لا يبدي الذهب أي فعالية كيميائية تجاه جميع المركبات الكيميائية في الجسم البشري.

أثبت حقن الذهب في الأزمنة الحديثة مساعدته في تخفيض الألم والأورام عند الذين يعانون من الالتهابات المفصلية المزمنة وداء السلّ. وفي طب الأسنان، تستخدم سبائك الذهب للتعويضات السنية في حالتي التيجان والجسور الدائمة.

تشكل غرونيّات الذهب في الماء لوناً أحمر غامقاً ويمكن تصنيعها على هيئة تكتلات جسيمية دقيقة جداً لا تتجاوز بضع عشرات النانومتر، وذلك من خلال إرجاع كلوريد الذهب بوساطة أيونات السيترات أو الأسكوربات citrate or ascorbate ions. تستخدم غرونيّات الذهب في تطبيقات البحوث الطبية والبيولوجية وعلم المواد. وتَستثمر تقانةُ الوسم بالمناعة الذهبية قابليَّة جسيمات الذهب لادمصاص جزيئات البروتين على سطوحها. يمكن استخدام جسيمات الذهب الغرونيّة المُغلّفة بمضادات حيوية نوعية كمسابر لكشف وجود ومواضع الجينات المضادة على سطوح الخلايا. كما تستخدم الغرونيّات الذهبية كرسومات على السيراميك قبل تعرضه للشيّ. يستخدم نظير الذهب-198 في بعض المعالجات السرطانية وأمراض أخرى.

في مجال الصناعة

يستخدم اللّحام الذهبي لوصل قطع المجوهرات الذهبية وتزيين مجوهرات الذهب الأبيض. يمكن تصنيع الذهب على شكل خيوط تستخدم في التطريز على الأقمشة، ويمكن تصنيعه على شكل أوراق رقيقة جداً لتزيين الزجاج. وفي التصوير تستخدم الملونات الذهبية لتغيير لون كتابات بروميد الفضة البيضاء والسوداء إلى اللون البني أو الأزرق، أو لزيادة استقراريتها. يستخدم الذهب أيضاً كطبقة عاكسة على سطح بعض الأقراص المدمجة ذات الاستخدامات المهمّة. وكذلك كعاكس للإشعاعات الكهرمغنطيسية في مجال الضوء تحت الأحمر والمرئي والأمواج الراديوية، وذلك كطلاءات واقية لبعض الساتلات. ويمكن للحافلات استخدام الذهب كعازل حراري. كما يمكن تصنيع الذهب على هيئة صفائح شفافة لإلصاقه على بلور النوافذ في الطائرات لمنع تشكل الجليد على النوافذ وذلك من خلال تمرير الكهرباء عبر الصفائح الذهبية، فالحرارة الصادرة بسبب مقاومة صفائح الذهب العالية تكون كافية لمنع تشكل الجليد.

رغم إمكانية تأثر الذهب بالكلور الحر، إلاّ أن ناقليته الجيدة ومقاومته للأكسدة وللتآكل في الأوساط الأخرى أدّت إلى استخدامات صناعية واسعة في مجال الإلكترونيات على هيئة طلاء للوصلات الكهربائية بكافة أنواعها. فعلى سبيل المثال، يستخدم الذهب في وصلات الكابلات الكهربائية الأكثر غلاءً مثل كابلات الفيديو والـ USB. وتستخدم أسلاك الذهب الدقيقة لوصل مكونات أنصاف النواقل.

استهلاك الذهب

تعدُّ الهند أكبر مستهلك للذهب، ويشتري الهنود حوالي 25% من الذهب العالمي. إذ إن ما يشتريه الهنود سنوياً يقارب 800 طن من الذهب، ففي عام 2008 استوردت الهند حوالي 400 طناً من الذهب.

نظائر الذهب

للذهب نظير مستقر وحيد، ^{197}Au، وهو النظير الوحيد الموجود في الطبيعة. جرى تصنيع 36 نظيراً للذهب بدءاً من الكتلة الذرية 169 وحتى 205، والأكثر ثباتاً بين هذه النظائر الصنعية هو ^{195}Au والبالغ عمر نصفه 186.1 يوماً، كما أنه النظير الوحيد الذي يتفكك بوساطة أسر إلكتروني. والأقل ثباتاً هو ^{171}Au الذي يتفكك مصدراً بروتوناً بعمر نصف قدره 30 مكرو ثانية.

إطلالة

2009

السلاح النووي

من الاختبار إلى معاهدة الحظر الشامل للتجارب النووية

إعداد
د. عادل حرفوش

اختبارات الأسلحة النووية

تُجرى تجارب اختبارات الأسلحة النووية لتحديد فعالية السلاح النووي ومردوده وقوته. وخلال القرن العشرين، قامت جميع الدول النووية بإجراء اختبارات خاصة بها، لأن تنفيذ الاختبار النووي يعطي معلومات حول كيفية عمل السلاح وكيفية سلوكه تحت شروط مختلفة، وكيف تتغير المعالم الطبيعية عند تعرضها لانفجارات نووية. إضافة إلى ذلك، غالباً ما تُستخدم الأسلحة النووية بوصفها مؤشراً على القوة العلمية والعسكرية، وهناك العديد من الاختبارات ذات غايات سياسية مكشوفة. ولقد قامت غالبية الدول النووية بالتصريح عن ملكيتها للأسلحة النووية من خلال اختبار نووي.

كان أول اختبار ذرّي أكدته الولايات المتحدة في منطقة ترينتي في 16 تموز/يوليو من العام 1945 وكانت قوته تعادل 20 كيلو طن من مادة الـ TNT. وأول قنبلة هدروجينية اختُبرت في موقع إينيويتاك Enewetak على جزر مارشال Marshall Islands في تشرين الثاني/نوفمبر عام 1952 باسم مايك Mike، كانت أيضاً من صنع الولايات المتحدة. كما أجرى الاتحاد السوفييتي السابق اختبار أقوى سلاح نووي في 30 تشرين الأول/أكتوبر عام 1961 باسم "تزار بومبا Tsar Bomba"، وقُدِّرت قوته بحدود 50 ميغا طن.

في العام 1963 وقّعت الدول النووية وغير النووية معاهدة الحظر المحدود للاختبار Limited Test Ban Treaty (LTBT)، في محاولة لإيقاف اختبار الأسلحة النووية في الجو وتحت الماء أو في الفضاء الخارجي. سمحت المعاهدة باختبارات نووية تحت أرضية. غير أن فرنسا تابعت اختباراتها الجوية حتى العام 1974، والصين حتى العام 1980. وآخر اختبار تحت أرضي أجرته الولايات المتحدة كان في العام 1992، وفي الاتحاد السوفييتي السابق عام 1990، وفي المملكة المتحدة عام 1991، كما تابعت كل من فرنسا والصين اختباراتهما تحت الأرضية حتى العام 1996. وبعد إقرار معاهدة الحظر الشامل للاختبار Comprehensive Test Ban Treaty (CTBT) عام 1996، تعهدت جميع هذه الدول بالتوقف عن أي اختبار نووي. أما البلَدان

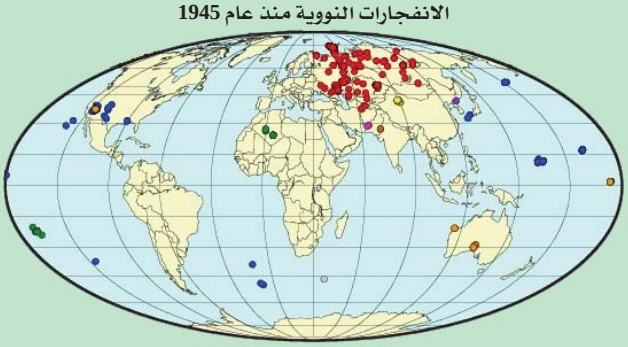
اللذان لم يوقّعا المعاهدة، وهما الهند وباكستان، فقد جرى فيهما آخر اختبار للأسلحة النووية عام 1998. في حين أعلنت كوريا الشمالية عن الاختبار النووي الأخير في العام 2009.

أنماط اختبارات الأسلحة النووية

توجد ثلاثة أنماط أساسية للاختبار النووي: 1- اختبار جوي، 2- اختبار تحت أرضي، 3- اختبار تحت مائي.

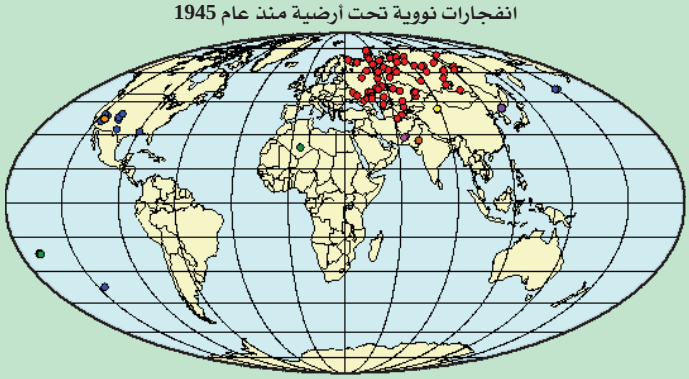
- يُقصد بالاختبار الجوي تلك التفجيرات التي تحدث في الجو أو فوق الجو. وبشكل عام يتم تفجير الأسلحة النووية في الجو كأدوات تنفجر فوق أبراج أو بوساطة بالونات أو من على مراكب أو جزر أو بقذفها من الطائرات. وقد حدث أن استُخدمت الصواريخ أيضاً لإحداث تفجيرات نووية على ارتفاعات كبيرة. يمكن للانفجارات النووية القريبة من سطح الأرض والتي يختلط فيها الغبار والحطام مع غمامة الانفجار أن تولّد كميات كبيرة من السّقْط النووي الناجم عن الحطام المشع. ويمكن للانفجارات النووية العالية أن تولّد نبضات مغنطيسية، وتستطيع الجسيمات المشحونة الصادرة عن الانفجار اختراق الأجواء العليا وإحداث سطوع منتشر.
- تحدث الاختبارات تحت المائية باستخدام أدوات نووية متفجرة تحت الماء، وتربط هذه الأدوات عادة بسفينة أو بمركب يتدمّر حكماً بسبب الانفجار النووي. وقد نُفِّذت مثل هذه التفجيرات بهدف تقييم آثار الأسلحة النووية على الناقلات البحرية العملاقة أو لتقييم قدرات الأسلحة النووية العاملة في المحيطات، مثل التوربيدات النووية أو الشحنات التفجيرية العميقة. يمكن للتفجيرات تحت المائية القريبة من السطح نشر كميات كبيرة من المياه أو الأبخرة النشطة إشعاعياً، ملوّثة بذلك البواخر أو المواقع المجاورة.
- يُقصد بالاختبار تحت الأرضي تلك الاختبارات النووية التي تحدث في أعماق مختلفة تحت سطح الأرض. شكّل الاختبار النووي تحت الأرضي غالبية الاختبارات النووية المنفَّذة من قبل الولايات المتحدة والاتحاد السوفييتي السابق خلال مرحلة الحرب الباردة، في حين كانت الأنماط الأخرى للاختبار النووي محظورة وفقاً لمعاهدة الحظر المحدود للتجارب الصادرة عام 1963. فعندما يكون الانفجار تحت السيطرة التامة، يُصدر الاختبار

الانفجارات النووية منذ عام 1945



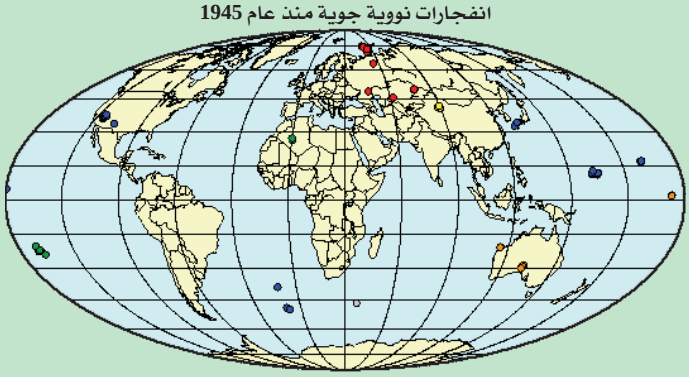
خارطة عالمية تتضمن جميع الانفجارات النووية المعروفة، موزعة حسب الدول.

انفجارات نووية تحت أرضية منذ عام 1945



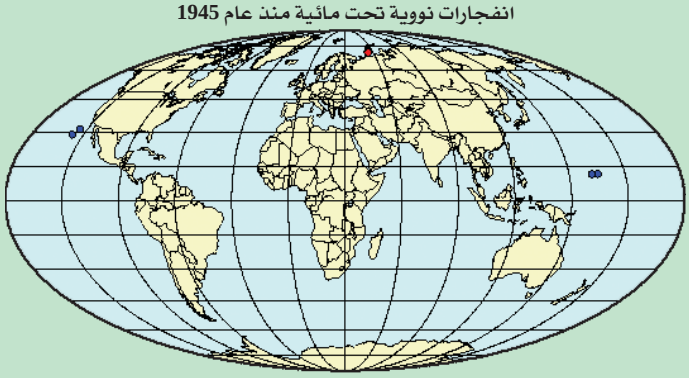
خارطة عالمية للانفجارات النووية تحت الأرضية المعروفة، موزعة حسب الدول.

انفجارات نووية جوية منذ عام 1945



خارطة عالمية للانفجارات النووية الجوية المعروفة، موزعة حسب الدول.

انفجارات نووية تحت مائية منذ عام 1945



خارطة عالمية للانفجارات النووية تحت المائية المعروفة، موزعة حسب الدول.

النووي تحت الأرضي كميات مهملة من السّقْط النووي. ورغم ذلك، يمكن للاختبارات النووية تحت الأرضية أن تَنفُذَ إلى السطح، مُصدرة كميات كبيرة من الحطام المشع. ويمكن للاختبار تحت الأرضي أن يتطور إلى نشاط زلزالي يتعلق بقدرة الأداة النووية وبتركيب الوسط المحيط بالانفجار، وعادة ما يؤدي إلى حُفَرٍ خامدة. ففي العام 1976، اتفقت كلٌّ من الولايات المتحدة والاتحاد السوفييتي السابق على تحديد القدرة العظمى للاختبارات تحت الأرضية بـ 150 كيلو طن.

وبغض النظر عن هذه التسميات، يمكن أيضاً أن تصنّف الاختبارات النووية وفق غاية الاختبار ذاته. فالاختبارات المُصمّمة لتجميع المعلومات حول كيفية عمل الأسلحة بالذات تُسمى اختبارات متعلّقة بالأسلحة Weapons related tests، في حين تُسمى الاختبارات المُصمّمة لجمع المعلومات حول تأثيرات الأسلحة على الأبنية والمواد الحيّة اختبارات تأثيرات الأسلحة Weapons effects tests. وهناك أنماط ممكنة إضافية للاختبارات النووية أيضاً (اختبارات نووية تعمل بوصفها جزءاً من اختبار مضاد للصاروخ البالستي Anti-ballistice missil testing).

تاريخ الاختبارات النووية

جرى أول اختبار نووي "ثالوث الأقداس Trinity" في 16 تموز/يوليو عام 1945. أُجريَ هذا الاختبار في ألاموغوردو، نيو مكسيكو، في إطار مشروع منهاتن. وكان الغرض منه التأكد من أن تصميم السلاح النووي من نمط الانفجار الداخلي يعمل بشكل مضبوط، وكذلك للحصول على فكرة حول القدّ الحقيقي للانفجار النووي والتأثيرات المحتملة قبل استخدام هذا السلاح في القتال ضد اليابان. وعلى الرغم من أن الاختبار أعطى مقاربة جيدة لكثير من تأثيرات الانفجار، فإنه لم يعطِ فهماً واضحاً للسّقْط النووي، الذي لم يكن مفهوماً بشكل جيد من قبل علماء المشروع إلاّ بعد الرميات النووية على هيروشيما وناغازاكي.

أجرت الولايات المتحدة ستة اختبارات نووية قبل أن يُطوِّر الاتحاد السوفييتي السابق قنبلته الذرّية الأولى ويختبرها في 29 آب/أغسطس عام 1949. لم يكن لدى أية دولة عدد كبير من الأسلحة النووية للتخزين، وكان الاختبار نادراً نسبياً (إذ عندما استخدمت الولايات المتحدة سلاحين غيّرا مجرى الأحداث في العام 1946، كان السلاحان بمثابة 20% من مخزونها آنذاك). رغم ذلك، ففي الخمسينيات أسّست الولايات المتحدة موقعاً مخصصاً للاختبار على أراضيها (موقع اختبار نيفادا) واستخدمت كذلك موقعاً في جزر المارشال Marshall Islands (أراضي الاختبار في المحيط الهادي) لإجراء اختبار نووي موسّع.

استُخدمت الاختبارات الأولى بداية لإدراك التأثيرات العسكرية للأسلحة النووية ولاختبار التصميمات النووية الجديدة. ففي الخمسينيات تَضمَّنت الاختبارات تصميمات لقنبلة هدروجينية جديدة، كما بدأ الاتحاد السوفييتي السابق أيضاً اختباراته على نطاق محدود في كازاخستان. وفي الأطوار الأخيرة من الحرب الباردة، مع ذلك، طوّر البلَدان برامج اختبار متسارعة، مختبرين مئات عديدة من القنابل خلال النصف الأخير من القرن العشرين.

يمكن أن ينجم عن الاختبارات النووية مخاطر عديدة، وقد ظهر عددٌ من هذه المخاطر أثناء اختبار قلعة برافو Castle Bravo في الولايات المتحدة عام 1954. حيث كان تصميم السلاح المُجرَّب نمطاً جديداً لقنبلة هدروجينية. استخفَّ العلماء بالفعل المدوّي للقليل من مادة السلاح، وبالنتيجة كانت قوة الانفجار، ذي الـ 15 ميغا طن، أكبر من ضعفي ما كان متوقعاً. وبالإضافة إلى هذه المشكلة، فقد ولّد السلاح أيضاً كمية كبيرة من السَّقْط النووي المشع، كما أدّى تغيُّرٌ في الظروف المناخية إلى انتشار السَّقْط المشع باتجاه لم يكن متوقعاً. وقد نشرت سحابة السَّقْط النووي هذه سويات عالية من الإشعاع فوق ما يزيد على 170 كيلو متراً، ملوثة عدداً من الجزر المأهولة بالسكان قرب التشكيلات المرجانية (وبرغم الإخلاء الفوري للسكان، فإن كثيراً من سكان الجزر قد عانى من حروق الإشعاع، ومن تأثيرات أخرى مثل زيادة نسبة السرطان والولادات المشوّهة فيما بعد)، إضافة إلى تضرر سفينة صيد يابانية، حيث أدّى الاعتلال الإشعاعي إلى وفاة عدد من أفراد طاقم السفينة بعد عودتهم إلى الميناء، وساد الخوف من أن ما اصطحبوه من السمك قد أدّى إلى تسمّم الغذاء الياباني.

وبسبب توسع تأثيرات السويات العالية للسقط النووي جرى توقيع معاهدة الحظر المحدود للاختبار LTBT عام 1963. وقد كان اختبار قلعة برافو أسوأ الحوادث النووية في الولايات المتحدة، ولكن نتائجها الوخيمة (نتائج كبيرة لم يكن التنبؤ بها ممكناً، إذ أدّى تغيّر الظروف المناخية، وتلوث البشر ومصادر الغذاء بالسَّقْط النووي غير المتوقع) حصلت أيضاً خلال اختبارات نووية جوية لدول أخرى. لم تتوقف جميع

الاختبارات الجوية، ورغم ذلك، وبسبب توقف كلٍّ من الولايات المتحدة والاتحاد السوفييتي السابق بشكل خاص عن تنفيذ الاختبارات فوق الأرضية، فإن عدد الاختبارات الجوية قد انخفض فعلياً لأن حوالي 85% من جميع الاختبارات النووية كانت تجريها هاتان الدولتان. في حين تابعت فرنسا اختباراتها الجوية حتى العام 1974، والصين حتى العام 1980.

أعلنت غالبية الدول النووية ملكيتها للأسلحة النووية من خلال الاختبار النووي. والدولة ذات القدرة النووية المعروفة التي لم تعلن قط عن إجراء اختبار نووي كانت جنوب أفريقيا، والتي قامت فيما بعد بتفكيك كافة أسلحتها. أما إسرائيل المعروفة بتملكها لترسانة نووية ضخمة، فإنها لم تجرِ أي اختبار. يختلف الخبراء فيما إذا كانت الدول قادرة على امتلاك ترسانة نووية ضخمة –خاصة تلك التي تشمل تصميمات رؤوس نووية متطورة، مثل القنابل الهدروجينية والأسلحة المنمنمة– دون اختبار، فجميعهم يعتقدون أنه من غير المعقول تطوير ابتكارات نووية دون اختبار. وهناك مقاربة أخرى تتمثل باستخدام حواسيب فائقة لإجراء اختبار افتراضي، لكن قيمة هذه التقديرات ستظل ضحلة دون وجود معطيات ناجمة عن اختبار فعلي.

في العام 1962 أجرت الولايات المتحدة اختباراً باسم سيدان Sedan مستخدمة أسلحة نووية لإحداث تجويف تحت أرضي كبير. جرى الاختبار تحت الأرضي في صحراء نيفادا للتأكد من إمكانية استخدام الأسلحة النووية كألغام أرضية. سبّب هذا الاختبار تلوث عدد كبير من الأمريكيين أكثر من أي اختبار نووي آخر، وأصبح ذلك أكبر تجويف صنعه الإنسان.

استُخدمت بعض الاختبارات النووية لغايات سياسية بحتة، وأكثر الأمثلة وضوحاً في هذا المجال هو انفجار قنبلة تزار Tsar Bomba، أضخم القنابل النووية حتى الآن، حيث بلغت قوتها 50 ميغا طن، وقد فجرها الاتحاد السوفييتي السابق عام 1961. وكانت هذه القنبلة أكبر من أن تستخدم عملياً ضد العدو.

جرت محاولات عديدة لتحديد عدد الاختبارات النووية وقوتها، وأهمها هو ما توصلت إليه معاهدة الحظر الشامل للاختبار عام 1996 والتي لم تُصدّق من قبل الولايات المتحدة. لقد أصبح الاختبار النووي بعد ذلك موضوعاً جدلياً بين عدد من السياسيين في الولايات المتحدة، حيث يقول البعض إن الاختبارات المستقبلية قد تكون ضرورية لصيانة الرؤوس النووية القديمة التي خلفتها الحرب الباردة. ونظراً للدور الذي يمكن أن يؤديه الاختبار النووي في عملية تسريع تطوير الأسلحة النووية، فإن عدداً كبيراً آخر من السياسيين يرى أن الاختبار المستقبلي سيقود إلى سباق تسلح جديد.

التجارب النووية حسب الدول

نُفِّذَ ما يزيد على 2000 انفجار نووي في اثني عشر موقعاً مختلفاً حول العالم:

■ في الولايات المتحدة:

حسب الإحصاءات الرسمية أجرت الولايات المتحدة 1054 تجربة نووية (تضمنت ما لا يقل عن 1151 أداة و 331 اختباراً جوياً)، غالبيتها في موقع نيفادا للاختبارات النووية وفي مواقع الاختبار في المحيط الهادي على جزر مارشال Marshall Islands، مع عشرة اختبارات في مواقع مختلفة في الولايات المتحدة مثل Amchitka Alaska و Colorado و Mississippi و New Maxico.

■ في الاتحاد السوفييتي السابق:

بلغ عدد التجارب النووية في الاتحاد السوفييتي السابق 715 اختباراً (تضمنت 969 أداة) حسب الإحصاءات الرسمية، وغالبيتها أجريت في موقع Semipalatinsk Test Site و Novaya Zemlya، وقلة أخرى في مواقع مختلفة في روسيا وكازاخستان وتركمانستان وأوكرانيا.

■ في فرنسا:

أجرت فرنسا 210 اختبارات حسب الإحصاءات الرسمية (50 منها جوية و 160 تحت أرضية)، منها 4 اختبارات جوية ذرّية في C.E.S.M. قرب Regane، و 13 اختباراً ذرّياً تحت أرضي في C.E.M.O. قرب Ekker في الصحراء الجزائرية، واختبارات جوية نووية في Fangataufa واختبارات نووية تحت مائية في Moruroa في بولنيزيا الفرنسية. إضافة إلى اختبارات تخص الحرب الكيميائية والذرّية جرت في موقع سرّي B2-NamousK قرب Ben Wenif، واختبارات أخرى تتعلق بالصواريخ والقذائف جرت في C.I.E.E.S. قرب Hammaguir.

■ في المملكة المتحدة:

أُجري في المملكة المتحدة 45 اختباراً (21 في الأراضي الأسترالية، و 9 منها في جنوب أستراليا، والبعض الآخر في المحيط الهادي، إضافة إلى اختبارات أخرى في الولايات المتحدة كجزء من سلسلة اختبارات مشتركة).

■ في الصين:

أجرت الصين 45 اختباراً (23 جوية و 22 تحت أرضية في قاعدة اختبار الأسلحة النووية في Malan, Xinjiang).

■ في الهند:

أجرت الهند ستة اختبارات تحت أرضية (بما فيها أول اختبار عام 1974) في Pokharan.

■ في الباكستان:

نفّذت الباكستان ستة اختبارات تحت أرضية في Ras Koh Hills و Chagai District وصحراء Kharan في منطقة بلوشستان.

■ في كوريا الشمالية:

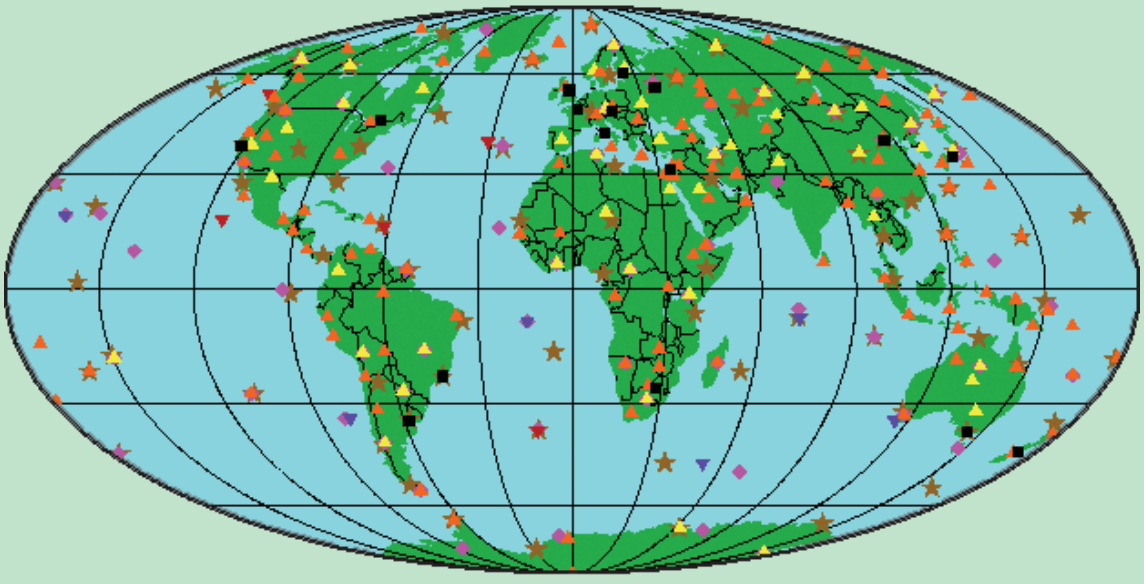
جرى في كوريا الشمالية اختباران اثنان في Hwadae-ri.

إضافة إلى ما ذكر بشأن هذه الدول، هناك إشارة إلى ما لا يقل عن ثلاثة تفجيرات نووية غير مُصرَّح بها، من هذه الانفجارات الثلاثة هناك واحد مؤكد في المحيط الهندي عام 1979. ويفترض أنه اختبار مشترك بين إسرائيل وجنوب أفريقيا. ومنذ أول اختبار نووي في العام 1945 وحتى اختبارات باكستان عام 1998 لم يمر 22 شهراً دون أن يحدث اختبار نووي.

تطوّر معاهدة الحظر الشامل للتجارب

شنَّ مؤيدو رصد الأسلحة حملة منذ بداية خمسينيات القرن الماضي لتبني معاهدة تحظر جميع الانفجارات النووية، وذلك بسبب القلق

خارطة شبكة منظومة المراقبة الدولية التابعة لمعاهدة الحظر الشامل للتجارب النووية



محطة تحت صوتية ◆ محطة نكليدات مشعّة ★ محطة ثلاثية الطور ▼ محطات أولية △

مخبر نكليدات مشعة ■ محطة هيدروصوتية ▼ محطة مساعدة ▲

يجب على منظومة المراقبة الدولية أن تتضمن مراقبة زلزالية وهيدروصوتية وتحت صوتية. وتحوي الشبكة الكاملة 321 محطة من التقانات الأربع إضافة إلى 16 مختبر نكليدات مشعّة.

الشعبي الذي اندفع نتيجة السَّقْط المشع الناجم عن الاختبارات النووية الجوية وسباق التسلح الصاعد. إذ إن ما يزيد عن 50 انفجاراً نووياً سُجّل بين 16 تموز/يوليو عام 1945، عندما أجري اختبار أول انفجار نووي من قبل الولايات المتحدة في ألاموغوردو بنيو مكسيكو Alamogordo, New Maxico، و 31 كانون الأول/ديسمبر عام 1953. وفي العام 1954 رفع رئيس الوزراء الهندي، نهرو، سوية الاهتمام الدولي عندما اقترح وقف جميع انفجارات الاختبار النووي عبر العالم. رغم ذلك، وضمن سياق الحرب الباردة، ظلت الشكوك حول إمكانية التأكد من التقيد بمعاهدة حظر الاختبار النووي الشامل تطرح عائقاً رئيسياً أمام أي اتفاق.

معاهدة الحظر المحدود للاختبار في العام 1963

سبقت معاهدة الحظر المحدود للاختبار دراسة نيوزلندية تتعلق بتركيز الكربون-14 في النصف الجنوبي من الكرة الأرضية، ودراسة أخرى أسترالية في النصف الشمالي منها. أظهرت النتائج أن تجارب الأسلحة النووية الجوية ضاعفت تركيز الكربون-14 في النصف الجنوبي من الكرة الأرضية. وعُزي تأخر ظهور قمة تركيز الكربون-14 في النصف الجنوبي بضع سنوات إلى الوقت الذي تطلّبه انتشار الكربون-14 من النصف الشمالي إلى النصف الجنوبي.

ففي السابع من تشرين الأول/أكتوبر عام 1963، تحقّق النجاح المحدود عندما صادق الرئيس الأمريكي جون كندي على معاهدة الحظر المحدود للاختبار Partial Test Ban Treaty (PTBT) التي تحظر الاختبارات النووية في الجو وتحت الأرض وفي الفضاء الخارجي. لم توقع فرنسا والصين هذه المعاهدة. رغم ذلك، صادق على المعاهدة 80 بلداً مقابل 19.

معاهدة عدم الانتشار النووي في العام 1968

الخطوة الأهم نحو عدم انتشار non-proliferation الأسلحة النووية حدثت عند توقيع معاهدة عدم الانتشار النووي Nuclear Non-proliferation Treaty (NTP) في العام 1968. وفي إطار هذه المعاهدة حرّم على الدول غير النووية امتلاك الأسلحة النووية أو تصنيعها أو الحصول عليها أو على أي أدوات انفجار نووي أخرى. وتعهدت جميع الدول الموقعة، بمن فيها دول التسلح النووي، بالتوجه نحو نزع التسلح النووي الكامل Total nuclear disarmament.

مفاوضات من أجل معاهدة حظر شامل للاختبار النووي CTBT

نظراً للوضع السياسي الذي ساد في العقود اللاحقة، حدث تقدم بسيط في مجال نزع السلاح النووي حتى العام 1991. إذ أقامت مجموعة من الشركاء في معاهدة PTBT مؤتمراً في العام 1991 لمناقشة مقترح لتحويل المعاهدة إلى أداة تحظر جميع اختبارات الأسلحة النووية، مع دعم كبير من الجمعية العامة للأمم المتحدة، وذلك من خلال مفاوضات تفضي إلى معاهدة حظر شامل للاختبار CTBT تبدأ في العام 1993.

إقرار معاهدة CTBT في العام 1996

- بذلت جهود كبيرة خلال السنوات الثلاث اللاحقة لصياغة نص المعاهدة وملحقيها. رغم ذلك لم ينجح مؤتمر نزع السلاح Conference of Disarmament، الذي جرت من خلاله المفاوضات، للوصول إلى إجماع حول النص. ومن ثم قامت أستراليا بإرسال النص إلى الجمعية العامة للأمم المتحدة في نيويورك حيث قُدِّم كمسودة قرار. وفي العاشر من أيلول/سبتمبر عام 1996 تمّ تبنّي معاهدة الحظر الشامل للاختبار CTBT بأغلبية كبيرة، تزيد عن ثلثي أعضاء الجمعية العامة، حيث جرى توقيعها من قبل 71 دولة، من ضمنها خمس من أصل ثماني دول تمتلك الأسلحة النووية. وفي نيسان/أبريل عام 2009 بلغ عدد الدول التي صادقت على المعاهدة 148 دولة وبقي 32 دولة سبق أن وقعت ولم تصادق عليها بعد.
- ستدخل المعاهدة حيز التطبيق بعد 180 يوماً، علماً أن تسعاً من الدول الموقِّعة لم تصادق على المعاهدة، وهي: الصين ومصر والهند وأندونيسيا وإيران وإسرائيل وكوريا الشمالية وباكستان والولايات المتحدة.

تصديق الولايات المتحدة على معاهدة CTBT

وقعت الولايات المتحدة المعاهدة غير أنها لم تصادق عليها، فنشبت مناقشات حول ما إذا كانت الولايات المتحدة ستصادق على المعاهدة أم لا، فطالب المؤيدون للمصادقة على المعاهدة بضرورة تضمينها:

① مبدأً دولياً يدفع الدول القادرة على امتلاك سلاح نووي مثل كوريا الشمالية والهند وباكستان إلى توقيع المعاهدة.

② كبح الانتشار النووي عبر العالم من خلال الحدِّ من إمكانية أي دولة على إحداث أي تطورات تحتاج لاختبار نووي.

③ عدم تعريض أمن الولايات المتحدة للخطر، لأن القاعدة العلمية لبرنامج ستيوارد الخاص بمخزونها النووي Science Based Stockpile Stewardship Program تخدم كوسيلة لصيانة القدرات النووية الأمريكية وعدم تفجرها.

وفي 13 تشرين الأول/أكتوبر عام 1999 رفض مجلس الشيوخ الأمريكي المصادقة على معاهدة CTBT. غير أن الرئيس الحالي، باراك أوباما أكد خلال حملته الانتخابية في العام 2008 قائلاً: "بوصفي رئيساً للولايات المتحدة، سأتواصل مع مجلس الشيوخ لضمان تصديق معاهدة الحظر الشامل للتجارب النووية CTBT في أقرب فرصة ممكنة، ومن ثم سأطلق مبادرة دبلوماسية لضم الدول الأخرى التي تتطلّب مصادقتها على هذه المعاهدة دخول المعاهدة حيز التنفيذ".

ضوابط معاهدة الحظر الشامل للتجارب النووية

تستخدم تقانات جيوفيزيائية وغيرها لضبط الرقابة في تطبيق المعاهدة، إذ يستخدم لهذا الهدف كلٌّ من علم الزلازل وعلم الصوت والأمواج تحت الصوتية والنوى المشعّة. تُستخدم هذه التقانات للرصد تحت الأرضي ورصد المياه والجو لكشف أي إشارة لانفجار نووي.

أُنشئت لجنة تحضيرية لمنظمة معاهدة الحظر الشامل للتجارب النووية، وهي منظمة دولية مقرها فيينا، مهمتها صياغة نظام يتضمن تأسيس عملية مؤقتة لشبكة محطات الرصد وإحداث مركز معطيات دولي وتطوير قدرة الرصد المكاني.

تتكون شبكة الرصد من 337 محطة منتشرة فوق سطح الكرة الأرضية. وفي كانون الثاني/يناير عام 2008 دخلت حوالي 70% من محطات الرصد طور العمل. تقوم المحطات بتسجيل المعطيات التي تُنْقَل بدورها إلى مركز المعطيات الدولي في فيينا من أجل معالجتها وتحليلها، وترسل المعطيات للدول الموقعة على المعاهدة.

تحسُّن في رصد اختبارِ الأسلحة النووية

لقد أصبح كشف اختبار السلاح النووي دقيقاً وموثوقاً لدرجة أنه لا يمكن لأي بلد توقُّع إنجاز أي انفجار لأداة ذات مغزى عسكري بشكل سرّي. إن علم رصد الانفجارات النووية قديم قدم الاختبار النووي نفسه، فالانفجار النووي يولّد تنوعاً من إشارات قابلة للكشف. وعلى سبيل المثال، يُصدرُ الانفجار الجوي سطوعاً شديدة للضوء بحيث يمكن تصويره بواسطة الساتل. كما أن هدير الانفجار يتوزع بسرعة إلى تواترات في مجال السمع البشري، لكن أمواج التواترات تحت الصوتية، الأقل من 20 هرتز، تنتقل مسافات بعيدة في الهواء. وباستخدام محطات تسمُّع مزودة بأجهزة قياس مكروية يمكن كشف تبدّلات الضغط الجوي الضعيفة جداً التي تحدثها الإشارات تحت الصوتية.

وأثناء الانفجار الجوي تَصدر النظائر المشعّة لبعض العناصر المستقرة وتنتقل عبر الهواء على شكل غازات. وعندما تبرد يبقى بعضها، كما في حالة الكزينون المشع، في الطور الغازي كإشارة دالّة على انفجار نووي، وبعضها الآخر يتكاثف لينضم إلى الغبار مشكلاً جسيمات بإمكانها الانتقال حول العالم. ففي بداية 1948 قامت القوات الجوية الأمريكية برصد انفجارات الاختبار الجوية في المحيط الهادئ وأكدت نتائج الرصد أن مثل هذه الجسيمات المشعّة كبيرة بحيث يمكن اقتناصها بواسطة مضخات هوائية وترسيبها على الفلاتر الورقية.

لقد أكّد كشف النظائر المشعّة أهميته المباشرة، ففي 3 أيلول/سبتمبر من العام 1949 أكدت المعطيات المجمّعة فوق جزيرة كامشاتكا Kamchatka أنه، وقبل أربعة أيام، أصبح الاتحاد السوفييتي السابق ثاني بلد نووي في العالم يختبر تجهيزات نووية. فخليط النظائر، وبخاصة البلوتونيوم واليورانيوم-238، يروي القصة بكاملها: السوفييت قاموا باختبار قنبلة كانت تقريباً نسخة عن انفجار 21 كيلو طن نفذته الولايات المتحدة فوق ناغازاكي.

وفي البدايات الأولى لبرنامج الولايات المتحدة النووي، جرى اختبار تحت مائي إضافة إلى الهوائي، ينتشر الصوت بشكل فعّال جداً عبر الماء، وبخاصة عندما نتمكن من اقتناص الطاقة الصوتية عند تغيّرات بسيطة في درجة الحرارة والملوحة، إذ تُعرف هذه الطريقة بما يسمى قنبلة صوفار SOund Fixing And Ranging bomb (SOFAR) (قنبلة لتحديد الموقع). فقد أصبح واضحاً أن الانفجارات تحت المائية التي لا تتعدّى قوتها جزءاً من مليون جزء من الكيلو طن يمكن مراقبتها بواسطة المسماع المائي أو مسماع مكروي تحت مائي، من خلال وضعهما

على عمق يراوح بين 700 و 1200 متر في مياه البحر.

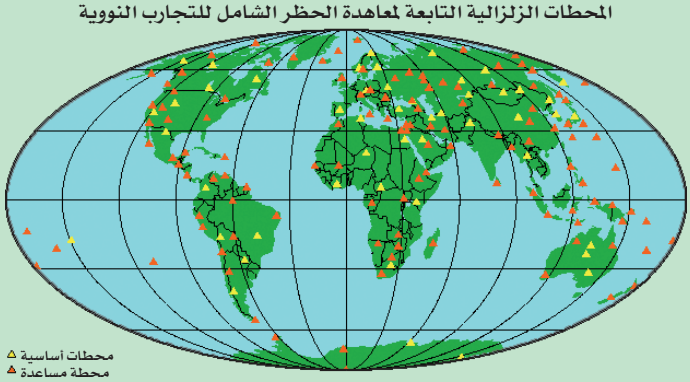
الرصد الزلزالي

بعد مفاوضات مكثفة وطويلة بين الولايات المتحدة والمملكة المتحدة والاتحاد السوفييتي السابق (الأعضاء الثلاثة الأوائل في النادي النووي) جرى توقيع حظر الاختبار المحدود LTBT عام 1963. حظرت المعاهدة LTBT الاختبار النووي في الفضاء الخارجي وفي الجو وتحت الماء. أي أن موقّعي المعاهدة بإمكانهم إجراء الاختبارات النووية تحت الأرض. ولهذا السبب فإن المعلومات المنقولة عن أمواج زلزالية (طاقة موجية مرنة تنتقل عبر الأرض كنتيجة لتأثير انهيار أوانفجار أو أي قوة أخرى ترتطم بالكرة الأرضية) غدت وبسرعة موضوع الساعة لدى هيئة الرصد. ولحسن الحظ، فإن الحسّاسات المطلوبة لكشف الهزّات الأرضية بإمكانها كشف انفجارات القنابل أيضاً. لكن تَعَلُّم التمييز بين الهزّات الأرضية وانفجارات القنابل يتطلّب سنوات عديدة، وتحسين هذا العمل مستمر حتى الآن.

والمشكلة الأساسية تأتي من التنوع الكبير في عدد الهزّات الأرضية والانفجارات الكيميائية والظواهر الأخرى غير النووية التي تولِّد إشارات زلزالية كلّ يوم. فأي شبكة رصد جيدة لا يمكنها تجنب كشف هذه الإشارات. وتحدث حالياً، عبر العالم يومياً أكثر من 600 هزة أرضية يسجلها التقرير الدولي الموجز، وتَستعمِل التفجيرات المنجمية في الدول الصناعية ملايين الأطنان من المواد المتفجرة سنوياً. وبشكل إجمالي، تحدث يومياً حوالي 25 حادثة زلزالية تتجاوز قوتها 4 درجات على مقياس ريختر، ويتضاعف هذا الرقم بحوالي عشر مرات إذا أخذنا بالاعتبار الحوادث التي تَقلّ قوتها درجة واحدة عن الدرجة الرابعة من مقياس ريختر (أي يزداد العدد من 25 إلى 250 حادثة في اليوم عند الانتقال من الدرجة 4 إلى الدرجة 3).

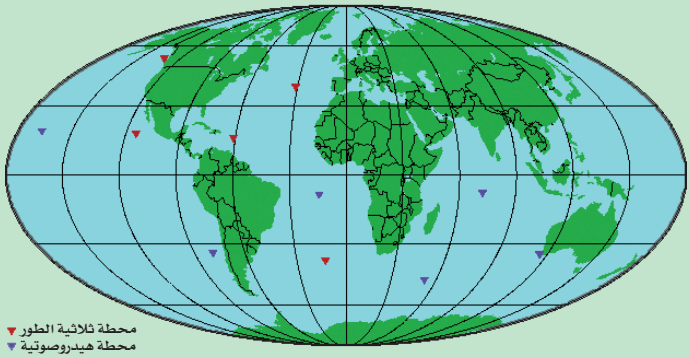
في غالبية المواقع على الأرض، تقابل الدرجة 4 من مقياس ريختر انفجاراً أقلّ من طن واحد لانفجار تحت أرضي لأداة مدفونة في تجويف ضمن صخور صلبة والذي تنتشر إشاراته الزلزالية بشكل فعّال. وفي مواقع صخرية أقل صلابة وأكثر امتصاصاً لطاقة الانفجار، تتناقص درجة الزلزال المسجلة. يتخوف بعض صانعي القرار السياسي من أنه بإمكان بلد ما تخفيض درجة الزلزال من خلال تعديل الوسط المحيط

المحطات الزلزالية التابعة لمعاهدة الحظر الشامل للتجارب النووية



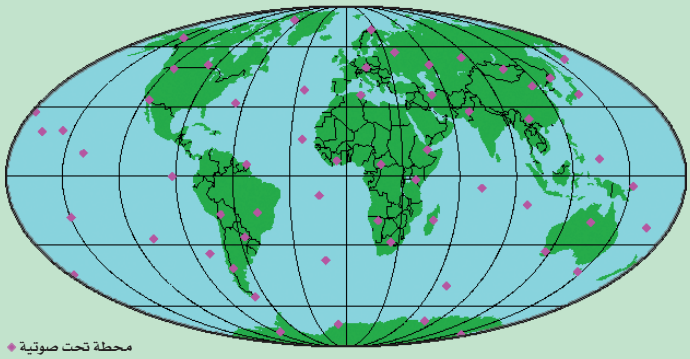
ستتضمن الشبكة الزلزالية 50 محطة أساسية و 120 محطة مساعدة

محطات هيدروصوتية تابعة لمعاهدة الحظر الشامل للتجارب النووية



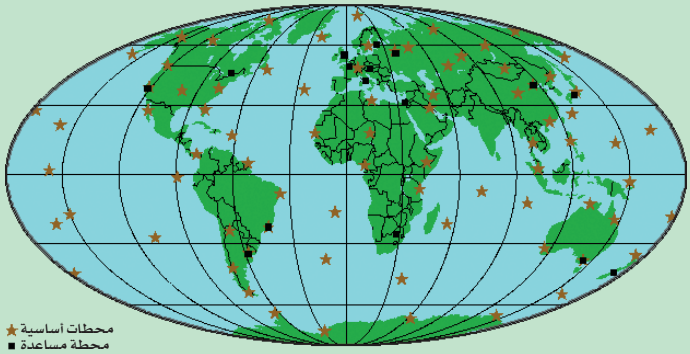
ستتضمن الشبكة الهيدروصوتية 11 محطة: خمس محطات ثلاثية الطور وست محطات هيدروصوتية مع حساسات في المحيط

محطات تحت صوتية تابعة لمعاهدة الحظر الشامل للتجارب النووية



ستتضمن الشبكة تحت الصوتية 60 محطة مجهزة بمقاييس ضغط جوي مكروية بهدف قياس تغيّرات الضغط الجوي

محطات نكليدات مشعة تابعة لمعاهدة الحظر الشامل للتجارب النووية



ستتضمن شبكة النكليدات المشعة 8 محطاتٍ مع حساسات لكشف النظائر المشعة في الهواء و 16 مختبراً لتحليل الفلاتر

بالاختبار. وعلى سبيل المثال، إن الحصول على تجويف صخري كبير يمكن أن يوهن الأمواج الزلزالية الناجمة عن الانفجار، لكن في حالة اختبار انفجار عسكري مفيد يجب أن يكون التجويف كبيراً لدرجة يصعب حجبه لأنه سيثير الاهتمام بطرائق أخرى، إذ يمكن، مثلاً، كشف التجويف بوساطة الساتل.

وعملياً، يمكن باستخدام الرصد الزلزالي وحده كشف جميع الانفجارات النووية الأكبر من كيلو طن بوثوقية 90% من خلال فحص حوالي 50 إلى 100 حادثة زلزالية في اليوم. وعند فحص الانفجارات النووية الأقلّ قوة، يتزايد عدد الحوادث الزلزالية الواجب فحصها.

ما الذي يجب التركيز عليه وما يمكن إهماله

يبدأ رصد الانفجار النووي بالكشف عن الإشارات، ومن ثم بمحاولة جمع وتركيب كافة الإشارات الناشئة عن الحادث نفسه والمسجلة في مختلف محطات الرصد. والمرحلة الأخيرة تتمثل في تخمين مكان الحادث، فمن فروقات أزمنة وصول الإشارات إلى المحطات المختلفة، يمكن تحديد مكانه. فعلى سبيل المثال، هل له خصائص احتراق شهاب عابر للفضاء أو تفجير منجمي أو اختبار لسلاح نووي؟ وإذا كان الأخير، فما هو حجمه؟ ما هي قوته؟ ما هو البلد المنفِّذ؟

يمكن تصنيف الغالبية العظمى من الحوادث الزلزالية بشكل آلي بوساطة الخوارزمية الحاسوبية، وتتولى البرمجة فرز الحادة منها لمراجعتها من قبل المختصين. قام المختصون برصد الهزّات الأرضية والتفجيرات المنجمية لسنوات عديدة وأصبحوا ملمّين تماماً بطريقة انعكاسات كثير من خصائصها في التسجيل الزلزالي. وهذه المعارف، بالمقابل، ساعدت في تنسيق الجهود لتحديد انفجارات الاختبار النووي. وبشكل خاص، هناك أنواع عديدة من الحوادث الزلزالية التي غدت وسيلة اختبار منهجية قد طوِّرت للتعرف على حادث خاص كانفجار نووي.

شكّل أحد هذه الحوادث سلسلة من انهيارات منجمية (ثلاثة في ألمانيا أحدها عام 1989 واثنان آخران في العام 1995، وواحد في روسيا وآخر في الولايات المتحدة). كشفت المحطات الزلزالية عبر العالم جميع هذه الانهيارات، لكن المعطيات زادت القلق لأن الطريقة التقليدية أخطأت في تمييز الانفجارات من حوادث زلزالية أخرى، ودلّت على أن الحوادث كانت انفجارات تحت أرضية. ففي الطريقة التقليدية، يقارن المختصون في علم الزلازل قوة الأمواج الزلزالية الطويلة الموجة المنتقاة على سطح الأرض مع تلك الأمواج الباطنية التي تنتقل عميقاً عبر باطن الأرض. وعلى سبيل المثال، يمكن للهزة القريبة من سطح الأرض وللانفجار تحت الأرضي أن يحدثا أمواجاً لها القوة نفسها، ولكن في الواقع ستكون الأمواج السطحية الناجمة عن الهزة الأرضية أقوى بشكل ملحوظ من تلك الناجمة عن الانفجار تحت الأرضي.

يُظهر تحليلٌ أدق للأمواج الزلزالية الناجمة عن انهيارات منجمية أن هذه الأمواج لا يمكن أن تأتي من انفجار، لأنها تظهر على شكل مُنخَفَض وليس على شكل قمّة، حيث تتحرك الأرض بشكل أولي نحو مصدر الهزة وخارجه بدلاً من التحرك نحو الخارج فقط، تماماً كما يتوقع الإنسان عند حدوث انهيار منجمي.

والحادثة الثانية التي توضح أهمية العلامة الزلزالية الفارقة بين نوعين من الأمواج الباطنية لدى رصد الانفجارات النووية كانت في العام 1997، حيث تمّ الكشف عن هزة زلزالية صغيرة بقوة 3.5 درجة، مترافقة بهزة ارتدادية أصغر تحت بحر كارا Kara Sea، بالقرب من موقع اختبار نووي روسي قديم على الجزيرة القطبية في نوفايا زملیا Novaya Zemlya.

كانت الأمواج السطحية الناجمة عن الحادث أصغر من أن تُقاس بشكل موثوق، وهنا أيضاً لم يكن بالإمكان تطبيق الطريقة التقليدية (مقارنة قوة الأمواج السطحية الطويلة مع الأمواج الباطنية). لكن كشف الأمواج الزلزالية المناطقية، التي تمر فيما بين المعطف السطحي والقشرة الخارجية للأرض والتي يمكن قياسها على بعد يقارب 1700 كيلو متر من الحادث، أدّى إلى حلّ المسألة. وهذه الأمواج سمحت للمتخصّصين بعلم الزلازل بالتمييز بين الأمواج الانضغاطية، أو P، والقصّيّة، أو S، أي الأمواج المتولِّدة عن الحادث النووي. (تنتقل الأمواج P كمناطق مهتزة للانضغاط والتخلخل على طول الاتجاه نفسه الذي تنتقل وفقه الأمواج، وتهتز الأمواج S بزوايا قائمة على اتجاه الانتقال).

من المعروف أن أمواج P لانفجار ما تكون عادة أقوى من الأمواج S، لكن هذا التمايز بدأ تطبيقه للتو عند تواترات تزيد على 5 هرتز. وبهذه الحالة أظهرت النسبة المقيسة لقوة الأمواج P و S عند تواتر عالٍ أن حادث بحر كارا كان هزة أرضية، وأن الهزة الرئيسية أُتبِعت بهزّة ارتدادية.

عيون إضافية للقبض على المخادعين

أظهر حادث اختبار ثالث، وهو انفجار اختبار نووي أجرته كوريا الشمالية في 9 تشرين الأول/أكتوبر عام 2006، أهمية تسجيل الأمواج الاهتزازية بأقرب ما يمكن إلى مصدرها. يترك الانفجار آثاراً على الحسّاسات حول العالم حتى ولو كانت قوتها أقل من كيلو طن. لكن الأمر يتطلّب الحصول على معطيات زلزالية مناطقية لتحديد أن الإشارات أتت من انفجار ولم تأتِ من هزة أرضية. وأثناء الحدث كان العالم مستعداً لجمع المعطيات. فكانت محطات زلزالية عديدة قريبة من الموقع، بما في ذلك واحدة من محطات شبكة الرصد الدولية International Monitoring System (IMS)، وهي من المنظومة الخاصة بالمعاهدة CTBT لرصد الانفجارات النووية.

بعد الاكتشاف الزلزالي للاختبار الكوري وإعلان الاختبار من قبل كوريا الشمالية، تأكد الانفجار النووي بشكل حاسم بوجود المواد المشعّة في الهواء وعلى الأرض في آسيا، إضافة إلى ما حملته الرياح عبر المحيط الهادئ إلى محطة IMS في كندا. كان كشف النشاط الإشعاعي مؤكّداً بشكل واضح لوقوع الانفجار. وتشير الدراسة الطوبوغرافية لأراضي كوريا الشمالية إلى أن الانفجار كان أعمق من غالبية الاختبارات الأقل من كيلو طن.

تدل التجربة مع مثل هذه الحوادث الزلزالية الخاصة وغيرها أن أفضل المعطيات الزلزالية لحلّ مشكلة رصد نوعي يمكن في بعض الأحيان أن يأتي من محطات غير تابعة لشبكة الرصد الخاصة بالمعاهدة، وكذلك المحطات المقامة لأغراض أخرى يمكن أن تعطي تغطية كثيفة مما يجعلها قادرة على تدعيم موثوقية شبكة الرصد المكرّسة لهذا الغرض. وحالياً، إن محطات الرصد في المنطقة الكورية كثيفة لدرجة أنه بإمكانها كشف الانفجارات تحت الأرضية التي تقل عن بضعة أجزاء من الكيلو طن.

توجد الآن شبكات اختبار جيدة لمحطات زلزالية من أجل التحليل السريع ومن أجل جمع كميات كبيرة من المعطيات الزلزالية وتوزيعها، وهي مستقلة عن الـ IMS. هنالك آلاف المقاييس الزلزالية مثبتة عبر العالم لتقييم الهزّات الأرضية العرضية وتحديد البنية الداخلية لكوكبنا الأرضي. ففي الولايات المتحدة، يتعاون المسح الجيولوجي الأمريكي ومؤسسات البحث المحدودة لعلم الزلازل Incorporated Research Institutions for Seismology (IRIS)، وهو اتحاد أكثر من 100 جامعة أمريكية، لبناء منظومات معطيات زلزالية وتشغيلها. ففي نهاية عام 2008، استقبل IRIS جداول معطيات زلزالية من 71 شبكة تُشغِّلُ 1797 محطة، بما في ذلك 474 محطة خارج الولايات المتحدة. وتؤدي مجموعة دولية هي اتحاد شبكات الزلزالية الرقمية، دوراً كبيراً ومتنامياً في جمع المعطيات. إن مثل هذه الشبكات مناسبة تماماً لكشف انفجارات اختبارات نووية غير متوقعة، إضافة إلى إشارات مناطقية ذات جودة عالية صادرة عن حوادث قد تبدو مريبة إذا ما حُلِّلت بوساطة شبكة عالمية معزولة وغير كثيفة. يمكن لهذه المعطيات أن تغذّي معطيات الـ IMS والشبكات الوطنية المتنوعة لرصد المعاهدة.

أخيراً

لقد لامس هذا العرض مسائل تقنية مهمة عديدة تتعلق بتاريخ التجارب النووية ورصدها، وإذا ما دخلت CTBT أخيراً حيّز التطبيق العملي فإن وقف التجارب سيصبح نافذاً على الصعيد الدولي. ويمكن للمعاهدة أن تحقق الهدف المرجو منها لأنها خطوة حيوية في دعم الجهود العالمية لمنع انتشار الأسلحة النووية ومنع سباقِ تسلحٍ نوويٍّ جديد.

المراجع:

① www.ctbto.org

② www.fas.org/rlg/980826-pu.hlm

③ Advances in Monitoring Nuclear Weapon Testing, P. G. Richards and W.Y. Kim, Scientific American Magazine, March 2, 2009.

④ a WORLD Free OF Nuclear Weapons, by G. P. Shultz, W. J. Perry, H. A. Kissinger and S. Nunn, The Wall Street Journal Commentary, January 15, 2008.

⑤ Toward a Nuclear-Free World, G. P. Shultz, W. J. Perry, H. A. Kissinger and S. Nunn, The Wall Street Journal Commentary, January 15, 2008.

ورقات البحوث والتقارير العلمية

التحضير المستحث بالإشعاع لمتراكبات من الجبصين مع ميثيل أكريلات

Radiation-induced preparation of gypsum/ poly (methyl acrylate) composites

د. زكي عجي
دائرة تقانات البوليميرات، قسم تكنولوجيا الإشعاع

ملخص

حُضرت متراكبات من الجبصين/بولي ميثيل أكريلات باستخدام الجبصين الطبيعي ومونومير الميثيل أكريلات والتشعيع بغاما. جرت متابعة مردود البلمرة بدلالة الجرعة الإشعاعية باستخدام تقنية التحليل الحراري (TGA) الوزني. تبين المعطيات بأن مردود البلمرة يرتفع مع ارتفاع الجرعة الإشعاعية، ليستقر عند جرعة 3-4 ك. غراي ومردود قدره 87-88%.

استخدمت تقنية التحليل الحراري الميكانيكي (TMA) لتحديد درجة حرارة الانتقال الزجاجي (Tg) للبوليمير النقي والمتراكبات المحضرة عند الجرعة الإشعاعية نفسها، باستخدام طريقتين، الأولى بتطبيق قوة متبدلة (متغيرة) والثانية بتطبيق قوة ثابتة. كانت درجة حرارة الانتقال الزجاجي (Tg) للبوليمير النقي والمتراكبات 18.5 و19.6 درجة مئوية على التوالي.

الكلمات المفتاحية: جبصين؛ متراكبات بوليميرية؛ ميثيل أكريلات؛ بلمرة إشعاعية

نُشرت ورقة البحث هذه في مجلة: *Romanian Journal of Chemistry*.

التقييم الجيولوجي والإحصائي لليورانيوم من خلال معطيات المسح الإشعاعي الطيفي الجوي، لمنطقة العوابد ومحيطها (المنطقة-3)، التدمرية الشمالية، سورية.

Uranium Statistical and Geological Evaluation of Airborne Spectrometric Data in The Al-Awabed Region and its Surroundings (Area-3), Northern Palmyrides, Syria

د. جمال أصفهاني، رشاد الحنت، موسى عيسى
قسم الجيولوجيا

ملخص

تم تطبيق التحليل الإحصائي الكمي والكيفي على معطيات المسح الإشعاعي الجوي لمنطقة العوابد ومحيطها (المنطقة-3)، التدمرية الشمالية، سورية. وقد تبين أن قيم مكافئ اليورانيوم eU تتراوح بين قيمة دنيا 0.01 ppm وقيمة عليا 22.33 ppm، استخدم منحني الاحتمالية لحساب حد العتبة لليورانيوم في منطقة الدراسة وقد وجد أن قيمة هذا الحد (5.54 ppm)، وهو ما يتوافق بشكل جيد مع الحسابات الإحصائية التقليدية ($\bar{X}+2\sigma$). تم اقتراح منهجية للتنقيب عن اليورانيوم لتوضيح منشأ الشذوذات الإشعاعية المرتبطة بمنطقة العوابد ومحيطها (المنطقة-3)، ولتحديد الشروط الجيولوجية السائدة التي تسهم بشكل فعال في حدوث هذه الشذوذات في منطقة الدراسة. وقد كشفت دراسة وتحليل أربعة بروفيلات جيو-إشعاعية منشأة في المنطقة-3، أن المنخفضات، والأحواض، وسطوح عدم التوافق بين الباليوجين والنيوجين، وسطوح التماس بين الكريتاسي والباليوجين، والسويات الفوسفاتية بحد ذاتها، تعتبر بيئات مناسبة لتوضعات اليورانيوم. تمت البرهنة على المنهجية المقترحة والتحقق منها حقلياً، وبعد ذلك يمكن تطبيقها في بيئات أخرى واعدة باليورانيوم.

الكلمات المفتاحية: التنقيب عن اليورانيوم، مسح إشعاعي طيفي جوي، منطقة العوابد، التدمرية الشمالية، سورية.

نُشرت ورقة البحث هذه في مجلة: *Applied Radiation & Isotopes*.

تأثير التعقيم بحزمة إلكترونية على سلوك البوليميرات عند حضانتها في أوساط مختلفة

Influence of electron beam sterilization on the behavior of polymers when incubated in different media

عمر مراد
قسم الفيزياء

ملخص

لقد قمنا بتشعيع (قثاطر) البولي يوريتان بحزمة من الإلكترونات. ومن ثم درسنا التغيرات الفيزيائية والكيميائية لهذه الأنابيب بعد حضنها (تخزينها) في أوساط عديدة. كوسط حاضن قمنا بمقارنة وسط جيد الاستخلاص (الميتانول) مع أوساط أخرى: مؤكسدات، أنزيمات وأوساط مائية ملحية تحاكي وتشابه بعض السوائل البيولوجية. يوجد للتشعيع أثر كبير على استقرار البوليمير خلال فترة الحضانة. وفيما يتعلق بالعينات غير المشعة والمحضونة في الأوساط المائية لاحظنا انتشاراً قليلاً للمواد المضافة ولا يوجد وحدات بوليميرية (oligomer) ولم تؤد الحضانة إلى تدرّك كبير في البوليمير، بينما رأينا حدوث تفرعات في السلسلة نتيجة تأثير التشعيع على بعض نقاط ضعف البوليمير حيث أدى التشعيع إلى قص في سلاسل العينات وكذلك ظهرت الوحدات البوليميرية، من الملاحظ أن هذه النزعة تزداد كلما ازدادت جرعة التشعيع.

الكلمات المفتاحية: مواد مضافة، انحطاط (تفكك، تدرّك)، تشعيع حزمة الإلكترون، بولي يوريتان.

نُشرت ورقة البحث هذه في مجلة: *Journal of Applied Polymer Science*.

تأثير الخبرة المكتسبة من وضع البيوض الأولي على درجة قبول بيوض العائل عند طفيل التريكوغراما وتطبيق ظاهرة العقم المورث وطفيل T. Principium للسيطرة على حشرة فراشة درنات البطاطا

Effect of early oviposition experience on hostacceptance in Trichogramma (Hymenopetra: Trichogrammatidae) and application of F1 sterillity and T.principium to suppress the potato tuber moth (Lepidoptera: Gelechiidae)

د. جورج سعور
قسم البيولوجيا الجزيئية والتقانة الحيوية

ملخص

أظهرت التجارب المخبرية التي تعرضت فيها بيوض حشرة فراشة درنات البطاطا Phthorimaea operculella (Zeller) لإناث طفيل البيض Trichogramma principium Sugonyaev & Sorokina، بأن معدلات تطفل الإناث كانت عالية في اليوم الأول وانخفضت فيما بعد تدريجياً. ولكن عندما تهيأت لإناث الطفيل T. principium فرصة التطفل بشكل متناوب على بيوض ناتجة عن آباء تعرضت لجرعة 250 غراي أو على بيوض ناتجة عن آباء غير مشعة، لم تؤثر طريقة التناوب على درجة قبول بيوض العائل. أدت عملية إطلاق للفراشات ضمن أقفاص كبيرة، وبالاعتماد على تجارب مخبرية جيدة التصميم دمج فيها كل من طفيل T. principium وفراشات تعرضت لجرعة 250 غراي، إلى تخفيض كبير في أعداد فراشات الجيل الثالث لحشرة فراشة درنات البطاطا. كما تفوقت المعاملات التي أطلقت فيها الفراشات المشعة بمفردها، وتلك التي نفذ فيها إطلاق وحيد لطفيل التريكوغراما بالدمج مع الفراشات المشعة، والإطلاق المنفرد أو المتعدد لطفيل T. principium، في تخفيض أعداد الفراشات الناتجة مقارنة مع الشاهد. ومن مفهوم إدارة الآفات الزراعية، يكمل إطلاق طفيل T. principium بشكل تعاضدي تأثير ظاهرة توريث العقم في السيطرة على الإصابة بحشرة فراشة درنات البطاطا.

الكلمات المفتاحية: فراشة درنات البطاطا، تريكوغراما، العقم المورث، إدارة الآفات، تقنيات نووية، أشعة غاما.

نُشرت ورقة البحث هذه في مجلة: *Biocontrol Science and Techology*.

تأثير تابع احتمال طاقة الإلكترون على بلازما CVD/ التعديل في انفراغ المهبط المجوف 13.56 MHz

Effect of electron energy probability function on plasma CVD/modification in a 13.56 MHz hollow cathode discharge

د. صقر سلوم، د. محمد العاقل، بشار الخالد
قسم الفيزياء

ملخص

أجري التشخيص بمسبر لانغمور على منظومة انفراغ المهبط المجوف الراديوية (200،13.56 MHz واط) بإدخال مسبر أسطواني مفرد في المنطقة البعيدة (50 مم بعيداً عن بلازما الأرغون الأولية) وعلى مسافة 10 مم فوق حامل الركازة. تمت دراسة تأثير كل من ضغط غاز الأرغون، وحقن الهليوم في المنطقة البعيدة وجهد انحياز الركازة على قياسات تابع الاحتمال الطاقي الإلكتروني (EEPF) وعلى بارامترات البلازما(الكثافة الإلكترونية (ne) ودرجة الحرارة الإلكترونية الفعالة (T_{eff}) وكمون البلازما (V_p) والكمون العائم (V_f). استخدمت توابع الاحتمال وبارامترات البلازما لضبط عمليتي بلازما في المنطقة البعيدة. الأولى هي رُسابة البخار الكيميائي المعزز بالبلازما البعيدة لأفلام رقيقة على السليكون من المولد الطليعي سداسي ميثيل ثنائي السيلوكسان (HMDSO) الممدد في بلازما Ar-He البعيدة، حيث دُرس سُمْك الأفلام المرسبة بتقنية الـ RBS. والثانية هي معالجة سطح بوليمير بولي ميثيل ميثا أكريليت (PMMA) في بلازما الأرغون النقي البعيدة، حيث قيست انعكاسية السطوح المُعدّلة وقورنت بالسطح غير المعالج. تبين أنه يمكننا بتغيير المزيج/الضغط وجهد انحياز الركازة أن نتحكم بتوابع الاحتمال لتعزيز التفاعلات المرغوبة لطور غاز البلازما الكيميائي وبالتالي ضبط عمليات الترسيب البلازمي CVD وتعديل السطوح. كما تمت أيضاً مناقشة التشخيص المساعد بمطيافية الإصدار الضوئي.

الكلمات المفتاحية: مسبر لانغمور، تابع احتمال طاقة الإلكترون، بلازما CVD، بلازما التعديل.

نُشرت ورقة البحث هذه في مجلة: *Journal of Physics D: Applied Physics*.

تأثيرات الجهد الحلولي على نمو الممرض Cochlobolus sativus في الزجاج وشكله وإمراضيته

Osmotic potential effects on in vitro growth, morphology and pathogenicity of Cochliobolus sativus

محمد عماد الدين عرابي، محمد جوهر
قسم البيولوجيا الجزيئية والتقانات الحيوية

ملخص

يعد مرض عفن الجذور الشائع الذي يسببه الممرض Cochlobolus sativus مرضاً اقتصادياً مهماً موجوداً في أنحاء العالم. بحث من خلال دراسات في الزجاج عن تأثير الملح في نمو الممرض C. sativus وإمراضيته وذلك باستخدام وسط بطاطا دكستروز آغار ضبطت فيه إجهادات حلولية مختلفة من ملحي كلور الصوديوم وكلور البوتاسيوم. تناقصت معدلات نمو المشيجة الفطرية وقطر المستعمرة وإنتاش الأبواغ بزيادة تراكيز الملح، وسبب كلور الصوديوم تأثيرات سلبية كبيرة أكثر من كلور البوتاسيوم. خفضت التراكيز العالية من ملحي كلور الصوديوم وكلور البوتاسيوم المذابين (200-500 ملي مول) تركيب صبغات المشائح الفطرية وكذلك حجم الأبواغ الكونيدية، بينما ثبط إنتاج الأبواغ الكونيدية عند تركيز 500 ملّي مول من كلور الصوديوم، كما انخفضت أيضاً وبشكل معنوي إمراضية الممرض C. sativus في معاملات الملح مقارنة مع الشاهد غير المعامل وهذا الانخفاض كان أكبر في كلور الصوديوم منه في كلور البوتاسيوم. ويعطي تحمل مرض عفن الجذور الشائع لتراكيز ملحية عالية معلومات مهمة حول بقاء الفطر في المناطق المالحة.

الكلمات المفتاحية: الفطر Cochlobolus sativus، جهد حلولي، كلور الصوديوم، كلور البوتاسيوم، الإمراضية.

نُشرت ورقة البحث هذه في مجلة: *Australian Plant Pathology*.

حمى البحر الأبيض المتوسط لدى المرضى السوريين: طفرات المورثة MEFV والعلاقة بين النمط الظاهري والنمط المورثي

Familial Mediterranean Fever in Syrian Patients: MEFV Gene Mutations and Genotype-Phenotype Correlation

د. رامي جرجور
دائرة الوراثة البشرية، قسم البيولوجيا الجزيئية والتقانة الحيوية

ملخص

حمّى البحر الأبيض المتوسط هي اضطراب وراثي جسمي متنح يتظاهر بنوبات متكررة من الآلام البطنية والتهاب الأغشية المصلية المفصلية والتهاب غشاء الجنب.

تعتبر الطفرات في مورثة MEFV مسؤولة عن حدوث هذا المرض. تهدف هذه الدراسة إلى تحديد تكرارية 12 طفرة لمورثة MEFV وتوزعها في 153 مريضاً سورياً والإشارة إلى العلاقة بين النمطين المورثي والظاهري في هذه المجموعة من المرضى. شملت الدراسة 153 مريضاً سورياً لا يوجد أية قرابة بينهم وتبين أن 97 مريضاً (63.4%) منهم يحملون مورثة واحدة على الأقل وكانت المورثة M694V هي أكثر المورثات تواتراً وشكلت نسبة 36.5%، تتبعها المورثة V726A بنسبة 15.2% والمورثة E148Q بنسبة 14.5% والمورثة M68I (G/C) 13.2% والمورثة M694I بنسبة 10.2% من مجموع الطفرات كلها. كما تم الكشف عن طفرات نادرة في أولئك المرضى وهي R761H، A744S، M680I(G/A)، K695R، P369S، I692del. ترافقت الطفرة M694V بأعراض شديدة للمرض. إن تحديد العدد الكبير من المرضى والذين لم نتمكن من تحديد الطفرات لديهم أو الذين لديهم طفرة وحيدة معروفة محددة يشير إلى وجود طفرات جديدة في مورثة MEFV يمكن أن نقوم بالكشف عنها في المستقبل.

الكلمات المفتاحية: حمّى البحر الأبيض المتوسط، طفرات المورثة MEFV، سورية، علاقة النمط، المرثي بالظاهري.

نُشرت ورقة البحث هذه في مجلة: *Molecular Biology Reports, 2009*.

مكافحة فراشة ثمار التفاح Cydia pomonella (L.)، في سورية باستعمال استراتيجية الجذب والقتل

Attract & kill for codling moth (Lepidoptera tortricidae) control in Syria

د. محمد منصور
قسم الوزاعة

ملخص

دُرست إمكانية مكافحة فراشة ثمار التفاح، Cydia pomonella (L.)، باستعمال استرتيجية الجذب والقتل، كبديل لاستعمال طريقة الرش الكامل للأشجار بالمبيدات الكيميائية، في حقول تفاح متباعدة. وقد بينت نتائج الدراسة، التي استمرت أربع سنوات، أن معاملة الأشجار بالمستحضر المذكور، بمعدل ثلاث مرات خلال الموسم، أبقى نسبة الإصابة في الحقول المعاملة دون مستوى العتبة الاقتصادية للضرر، باستثناء حقل واحد كان مجتمع الحشرة فيه عالياً قبل بدء الدراسة. كما أظهرت النتائج أيضاً انخفاضاً واضحاً في متوسط عدد الذكور الملتقطة/مصيدة/ أسبوع في الحقول المعاملة بالمادة الجاذبة القاتلة مقارنة مع حقل الشاهد المعامل بالمبيدات الكيميائية. كما تشير النتائج أيضاً إلى أن فعالية المادة الجاذبة القاتلة انخفضت مع زيادة مدة تعرضها للظروف الحقلية وإلى وجود علاقة ارتباط قوية بين مدة التعرض للظروف الجوية ونسبة موت الذكور. وتشير النتائج المستحصل عليها إلى إمكانية استعمال هذه المادة، بمعدل ثلاث مرات في الموسم، لمكافحة فراشة ثمار التفاح في سورية، وذلك في الحقول المعتنى بها حيث مجتمع الحشرة ليس عالياً.

الكلمات المفتاحية: الجذب والقتل، فراشة ثمار التفاح، سورية.

نُشرت ورقة البحث هذه في مجلة: *Journal of Applied Entomology*.

خواص التألق الضوئي في المجال تحت الأحمر للسليكون المسامي المحضّر تحت تأثير التعرض للضوء

Near infrared photoluminescence properties of porous silicon prepared under the influence of light illumination

د. حسن حمادة، د. منذر نداف، د .عبدالقادر جزماتي
قسم الفيزياء

ملخص

تم تحضير السليكون المسامي PS (Porous Silicon) بطريقة التنميش المصعدي (anodic etching) من السليكون المشوب بالبورون تحت تأثير التعرض لضوء وحيد اللون أثناء عملية التنميش. درست الخواص الضوئية لعينات السليكون المسامي بطريقة مطيافية التألق الضوئي التابعة لدرجة الحرارة (PL). لوحظ بشكل عام زيادة في شدة التألق في المجال تحت الأحمر وذلك بسبب التعرض للضوء. كما لوحظ، بالنسبة للتألق في المجال المرئي، تغيرات في الشدة في الجانب ذي الطاقة المنخفضة لعصابة التألق PL العريضة. أما بالنسبة للمجال تحت الأحمر، فقد تمت ملاحظة وتسجيل عصابة تألق PL جديدة عند طول موجة 850 nm مرتبطة بشكل قوي بظاهرة التعرض للضوء أثناء التنميش. تختفي عصابة التألق الجديدة عندما يكون الضوء الوحيد اللون المستخدم أثناء التنميش أزرق، بينما تزداد شدة هذه العصابة عندما تكون طاقة طول موجة الضوء المستخدم أثناء التنميش قريبة من الفرجة الطاقية. ومع ازدياد درجة الحرارة فإن الانتقال الجديد الملاحظ عند طول الموجة 850 nm يزداد على حساب الانتقال تحت الأحمر الرئيس عند طول الموجة 1100 nm. تعد مميزات إعادة الاتحاد (recombination) لهذه العصابة الجديدة مؤشراً على أنها ذات طبيعة خارجية (extrinsic nature). وتبين الدراسة الماكروسكوبية لمورفلوجية السطح (macroscopic morphology) تبين أن هناك ارتباطاً وثيقاً بطول موجة الضوء المستخدم أثناء التنميش. يمكن أن تكون عملية التحضير المحثوث بالضوء (photoassisted preparation) أداة للتحكم بالخواص الضوئية والبنيوية للسليكون المسامي PS.

الكلمات المفتاحية: سيليسيوم مسامي ، تألق ضوئي، تنميش مصعدي.

نُشرت ورقة البحث هذه في مجلة: *Journal of Physics D: Applied Physics*.

1 استخدام دليل اليوراكم للمقارنة بين كفاءة طريقتين من أجل تعيين الرصاص-210 في العينات البيئية الصلبة

د. محمد سعيد المصري، محمد حسن، يسر أمين
قسم الوقاية والأمان

The Use of EURACHEM Guid for Comparison of Two ^{210}Pb Determination Methods in Solid Environmental Samples

ملخص

اعتُمدّت تقانتا مطيافية ألفا ومطيافية غاما لتعيين ^{210}Pb في العينات البيئية الصلبة، وقورنتا وفق دليل اليوراكم (Eurachem) الذي يعنى باعتماد الطرائق التحليلية. اعتمدت التقانة الأولى على تعيين ^{210}Po المتوازن مع ^{210}Pb بعد طليه على قرص من الفضة، ومن ثم قياس إصدارات ألفا بوساطة مطيافية ألفا، بينما تعتمد تقانة مطيافية غاما على قياس إصدار غاما الناجم عن تفكك ^{210}Pb مباشرة عن طريق الخط الطيفي 46.5 كيلو إلكترون فولط. جرت مقارنة حدود الكشف الدنيا وصحة الطريقة والتكرارية وقابلية الإعادة بالإضافة إلى تعيين ارتيابات القياس لكل من الطريقتين. وأوضحت نتائج المقارنة أنه لا يمكن الاستغناء عن أي من الطريقتين في تعيين الرصاص–210 في العينات البيئية، حيث تتميز كل منهما بحد كشف أدنى ودرجة ارتياب تناسب مجالاً محدداً من تركيز الرصاص–210 في العينات البيئية.

الكلمات المفتاحية: اعتماد طريقة تحليلية، الرصاص–210، مطيافية ألفا، مطيافية غاما، العينات البيئية، تربة، ارتياب القياس.

2 الحقل المغنطيسي الأرضي وتغيراته في المرصد المغنطيسي السوري (SYR)

د. جمال أبوديب
جامعة دمشق، كلية العلوم، قسم الجيولوجيا
وليد أزرق، طارق الغصين
هيئة الطاقة الذرّية، قسم الجيولوجيا

Earth Magnetic Field and its Variations in the Syrian Geomagnetic Observatory (SYR)

ملخص

تم إنشاء المرصد المغنطيسي السوري (SYR) في بداية العقد الحالي، وبدأ تسجيل القياسات الآلية المستمرة بتاريخ 2002/5/14. تم تحليل تسجيلات 2003-2007 فأظهرت تزايداً مستمراً للانحراف المغنطيسي والميل وشدة الحقل الكلي خلال تلك الفترة الزمنية. إن أهم هذه التغيرات هي الانحراف المغنطيسي، الذي يظهر تغيراً سنوياً مقداره ″30 ′4 وتغيراً على مدى الخمس سنوات مقداره ″30 ′22، ولهذا الرقم أهمية كبيرة لدى العديد من المؤسسات العلمية والتطبيقية.

الكلمات المفتاحية: الحقل المغنطيسي الأرضي، المرصد المغنطيسي.

3

تشخيص الطفرات المسببة لحمى البحر الأبيض المتوسط باستخدام التقانات الجزيئية

Diagnosis of familial Mediterranean fever (FMF) Using Molecular Techniques

د. رامي جرجور
دائرة الوراثة البشرية، قسم البيولوجيا الجزيئية و التقانة الحيوية

ملخص

حمى البحر الأبيض المتوسط داء وراثي مقهور يصيب بشكل رئيسي العرب واليهود الشرقيين والأرمن والأتراك. تتصف الصورة السريرية للداء بحدوث نوبات من الترفع الحروري والآلام البطنية مع فترات مختلفة من الهوادة. أنجز هذا العمل على 111 مريضاً سورياً شُخص لديهم مرض حمى البحر الأبيض المتوسط سريرياً. تم الكشف عن 12 طفرة في الموضع المورثي لمرض حمى البحر الأبيض المتوسط MEFV باستخدام التهجين العكسي.

الكلمات المفتاحية: حمى البحر الأبيض المتوسط، سورية، الارتباط بين النمط المورثي والنمط الشكلي.

4

تنميط البروسيلا المجهضة المعزولة في بعض مناطق مختلفة من سورية

Typing of Brucella abortus in some area of Syria

د. أيمن المريري
دائرة الميكروبيولوجيا والمناعيات، قسم البيولوجيا الجزيئية والتقانة الحيوية

ملخص

تؤدي البروسيلا إلى الإجهاض والنقص في إنتاج الحليب عند إناث بعض الحيوانات والعقم عند ذكورها؛ كما تسبب مرض الحمى المالطية لدى البشر نتيجة تناول الحليب الملوث ومنتجاته الطازجة. تم اعتيان الحليب الخام (5044) والدم (2550) من المحافظات السورية لمدة 30 شهراً. لدى مقارنة تقنية التضخيم المورثي السلسلي وتفاعل الحلقة الحليبي في تشخيص العينات الملوثة بالبروسيلا المجهضة، كانت حساسية ونوعية تفاعل الحلقة الحليبي 72% و 80% على التوالي، بينما تراوحت حساسية تقنية الـ PCR بين 88% و 100%؛ لكنها تمتلك نوعية 100.

الكلمات المفتاحية: البروسيلا، اختبار تثبيت المتممة، اختبار الحلقة الحليبي، الاختبارات المصلية، فوعة.

5 دراسة التأثير المثبط للمستخلص الكحولي لأوراق بعض أصناف الزيتون السوري على البكتيري

Studying the inhibitory effect of leaves ethanolic extract of some Syrian Olive varities (Olea europea) on bacteria

معتصم شما، مالك العرفي
قسم البيولوجيا الجزيئية والتقانة الحيوية.

ملخص

دُرس تأثير الخلاصة الكحولية لخمسة أصناف من أوراق الزيتون (الصوراني، القيسي، النيبالي، المحزم، وتريليا) والتي تم الحصول عليها من الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية، على أربع سلالات بكتيرية Enterobacter sp., E.Coli sp., Pseudomonas sp., Klebsiella sp. تم عزلها من مياه الصرف الصحي بتطبيق طريقة انتشار الهلام.

أظهرت الدراسة، أن لأقراص المضاد الحيوي الشاهد Kanamycin تأثيراً قوياً على الأنواع البكتيرية الأربعة المدروسة، عند تركيز 400 مكغ للقرص. وكان قطر الهالة 18 ملم مقارنة مع تأثير خلاصة أوراق الزيتون عند التركيز 350 ميكروليتر للأصناف الخمسة.

معيار القتل لخلاصات أوراق الزيتون للأصناف الخمسة، حيث كان لأوراق الصوراني والنيبالي الأكبر، وكان أكبر من 9 ملم (13ملم) ضد Enterobacter sp. و 9-6 ملم ضد E.Coli sp. بالمقارنة مع حالة التريليا التي أنتجت هالة 9-6 ملم ضد Enterobacter sp., بينما لم يُظهر صنفا المحزم والقيسي أي تأثير ضد السلالات الأربع المطبقة.

إن خلاصات الأصناف الخمسة لم تُظهر أي تأثير معنوي ضد Pseudomonas sp., Klebsiella sp.

الكلمات المفتاحية: خلاصة كحولية، أوراق الزيتون، سلالات بكتيرية.

6 دراسة النقل الإلكتروني في أكاسيد الموليبدينوم المتطبقة MoO_3 المشوبة بتراكيز مختلفة من أوكسيد النيوبيوم Nb_2O_5

Electron transport investigation of layered MoO_3 Oxides doped with different concentrations of Nb_2o_5 Oxide

د. سمير الخواجة
قسم الفيزياء
د. محمد قاسم
قسم الكيمياء

ملخص

دُرِست الناقليتان الكهربائيتان dc و ac لعينات متعددة من أوكسيد الموليبدينوم MoO_3 المشوبأوكسيد النيوبيوم Nb_2O_5 والمحضرة بتفاعلات الطور الصلب. حُدِّد سلوك هذه المركبات من خلال الحصول على منحنيات المقاومة الكهربائية والعازلية بدلالة درجة الحرارة والتردد تبعاً لتركيز المادة الشائبة، ولوحظ أن غالبية العينات المدروسة التي تكون عازلة في درجة الحرارة العادية، تبدي سلوكين كهربائيين مختلفين في آن واحد: الأول معدني والثاني نصف ناقل في مجال درجات الحرارة المنخفضة والمرتفعة على التوالي، تحدّده درجة حرجة تتعلق بطبيعة المادة. نعزو هذين السلوكين إلكترونياً إلى آلية نقل أيوني تحدث في المادة الصلبة المتشكلة عند الإشابة بـ Nb_2O_5 وانتشاره التام في البنية المتطبقة لـ MoO_3، لاسيما من أجل تراكيز $\chi \geq 40\%$، يترافق بحصول استرخاء في العازلية في مجال من الترددات بين 5Hz و13MHz.

الكلمات المفتاحية: الأكاسيد السيراميكية، البنية المتطبقة، النقل الأيوني في العوازل، المُرخيات الكهرحديدية.

7 دراسة التلوث الناتج عن صناعة الزفت في المنطقة الساحلية

A Study of Pollution comes from Asphalt industry in coastal region

د. محمد العودات، كامل الخرفان، كمال الشمالي، رامز عشيش، سحاب إبراهيم
قسم الوقاية والأمان

ملخص

جرى قياس تركيز العوالق الكلية TSP والعوالق التنفسية PM10 والسقط الجوي Dustfall والسخام Soot وعناصر الأثر Trace metals والغازات والبنزبيرين وبعض بيانات نمو أشجار الزيتون في منطقة مجابل الزفت في مدينة طرطوس، وذلك بهدف الوقوف على التأثير البيئي لهذه المجابل.

أوضحت نتائج القياس أن مجابل الزفت زادت تركيز العوالق الكلية والتنفسية عن الحدود المسموح بها بمعدلات وصلت إلى 16 مرة و 7.5 مرة للعوالق الكلية والتنفسية على التتالي، أما السخام فكان تركيزه أعلى من الحد المسموح به إلى مسافة 3 كم عن المجابل. وكان تركيز البنزبيرين أعلى من الحد المسموح به في بيئة العمل بمعدلات وصلت إلى 125 مرة، كما شوهدت حالات موت عدد من أشجار الزيتون التي تنمو في الحقول القريبة من المجابل. ويعود سبب ذلك إلى قدم المجابل وكونها لا تراعي الاعتبارات البيئية.

الكلمات المفتاحية: العوالق الهوائية، السخام، الغازات السامة، البنزبيرين.

8 تأثير الإضاءة في خواص التألق الفوتوني للسليكون المسامي

Effect of illumination on photoluminescence properties of porous silicon

د. منذر نداف، د. حسن حمادة
قسم الفيزياء

ملخص

حُضّرت طبقات من السليكون المسامي بطريقة التنميش الفوتو– كهركيميائي لرقائق من السليكون البلوري في محلول حمض فلور الماء والكحول الإيتانول. درست الخواص الضوئية والبنيوية للطبقات المحضّرة باستخدام مطيافية التألق الفوتوني (PL)، ومطيافية FTIR، وقياسات زاوية التماس (CA)، والمجهرية الضوئية، ومجهر القوة الذرية (AFM). برهنت الدراسة الحالية على أن بارامترات الإضاءة أثناء عملية التنميش الفوتو–كهركيميائي يمكن أن تستخدم لحياكة طبقة سليكون مسامي بخواص ضوئية وبنيوية جديدة.

الكلمات المفتاحية: سليكون مسامي، تنميش فوتو–كهركيميائي، إضاءة، تألق فوتوني.

9

التقويم البيئي لمكب الفسفوجبسوم

Environmental Assessment of Phosphogypsum Stacks

د. محمّد العودات، د. لينا العطّار، غسان رجا، باسم عبد الغني
قسم الوقاية والأمان.

ملخص

يعد الفسفوجبسوم من أهم المنتجات الثانوية لصناعة السماد الفسفاتي، ويخزن في مكب بالقرب من معمل السماد الفسفاتي إلى الغرب من مدينة حمص، وقد يؤدي تكديس الفسفوجبسوم، على شكل أكوام مكشوفة ومعرضة للعوامل البيئية المختلفة من رياح وأمطار وغيرها، إلى تلوث النظام البيئي المحيط بها (التربة والنباتات والماء والهواء) بملوثات مختلفة. لقد جرت هذه الدراسة بهدف تقويم تأثير مكب الفسفوجبسوم في النظام البيئي المحيط، وقد بينت النتائج أن مكب الفسفوجبسوم لم يكن له تأثير واضح في زيادة تركيز النشاط الإشعاعي (الراديوم-226 والرادون-222)، وجرعة التعرّض الخارجي لأشعّة غاما، والعناصر المعدنية الثقيلة في مكونات النظام البيئي من تربة ونباتات وماء وهواء وكان تركيزها ضمن الحدود الأكثر مصادفة.

وأظهرت النتائج أيضاً زيادة واضحة في تركيز الفلور في طبقة التربة السطحية الواقعة إلى الشرق منه وبخاصة في الفترة الجافة، وزيادة كبيرة في تركيز الفلور في النباتات الطبيعية كافة التي تنمو حوله، إذ وصل إلى مستويات تفوق كثيراً الحدود المسموح بها، مما انعكس في تأثير سمي في النباتات والحيوانات التي تتغذى بها، وهذا يعني أن الخطر الرئيسي لمكب الفسفوجبسوم هو زيادة تركيز الفلور في التربة والنباتات. ولتحاشي تأثير مكبّ الفسفوجبسوم في زيادة تركيز الفلور في النظام البيئي المحيط لابدّ من إنشاء منطقة حماية تُحيط به من الاتجاهات كافة، على أن لا يقل عرضها عن 50 متراً، وذلك لتُشكّل مصداً فعّالاً للرياح، على أن تُشجّر بأنواع شجريّة باسقة وغير مُستساغة من قبل الحيوانات كالصنوبر والسرو مثلاً. وأوضحت الدراسة أن تركيز العناصر المعدنيّة الثقيلة والفلور في مياه رشح مكب الفسفوجبسوم كانت مرتفعة ولا تصلح للاستعمالات كافة، ولذلك لابدّ من اتخاذ أقصى درجات الحيطة لعدم استعمالها في أيّ من المجالات، وعدم التخلّص منها في المسطحات المائيّة.

الكلمات المفتاحية: مكبّ الفسفوجبسوم، النظام البيئي، النشاط الإشعاعي، العناصر المعدنية الثقيلة، الفلور.

Aalam Al-Zarra

Journal of The Atomic Energy Commission of Syria

NO. 123

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

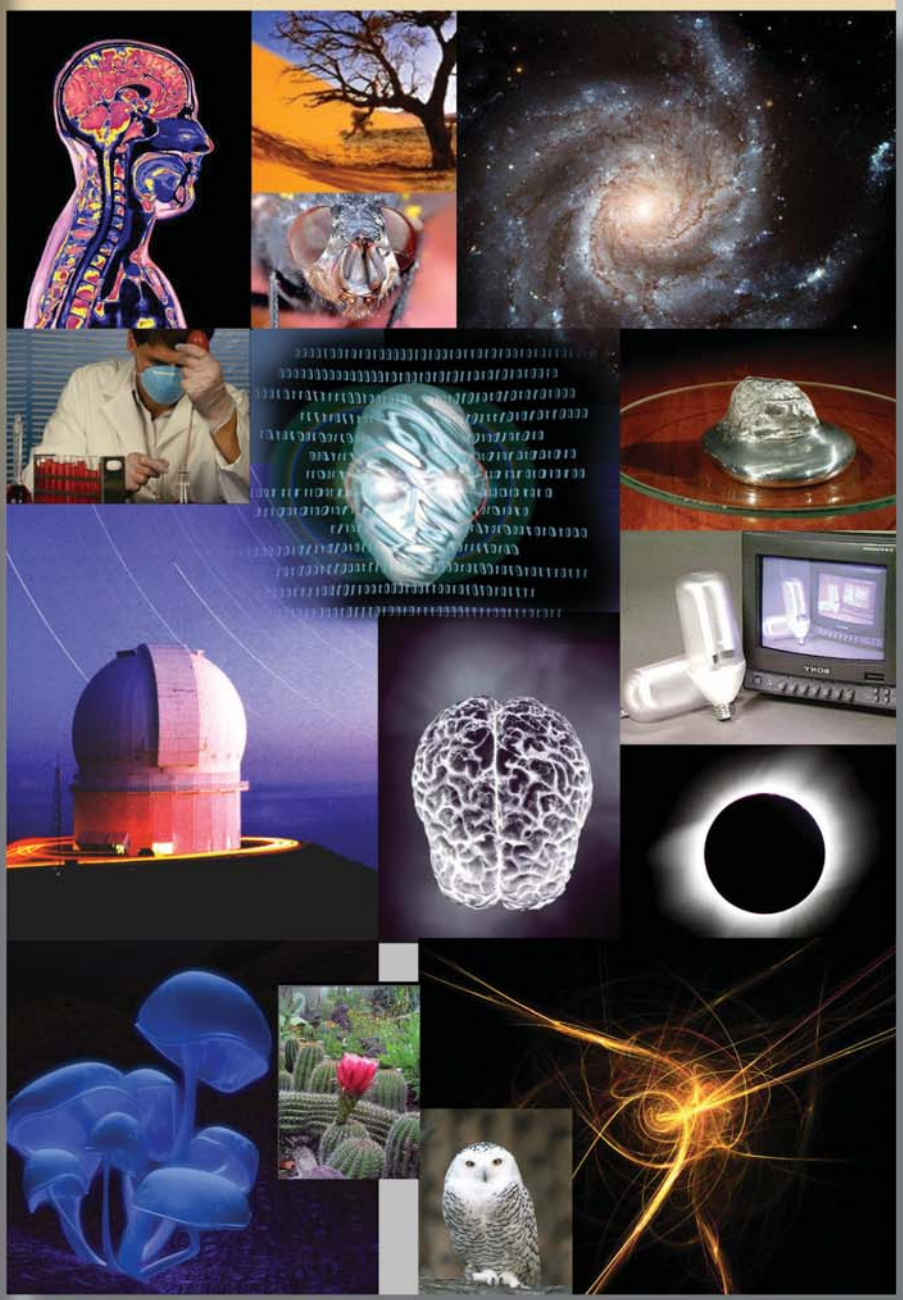
Prof. Dr. M. Hamo-leila

Prof. Dr. N. Sharabi

Prof. Dr. F. Awad

Prof. Dr. F. Kurdali

Prof. Dr. T. Yassin



http://serversmiso.aecs.sy

مكتب نظم المعلومات

هيئة الطاقة الذرية السورية