عالم الذرّة

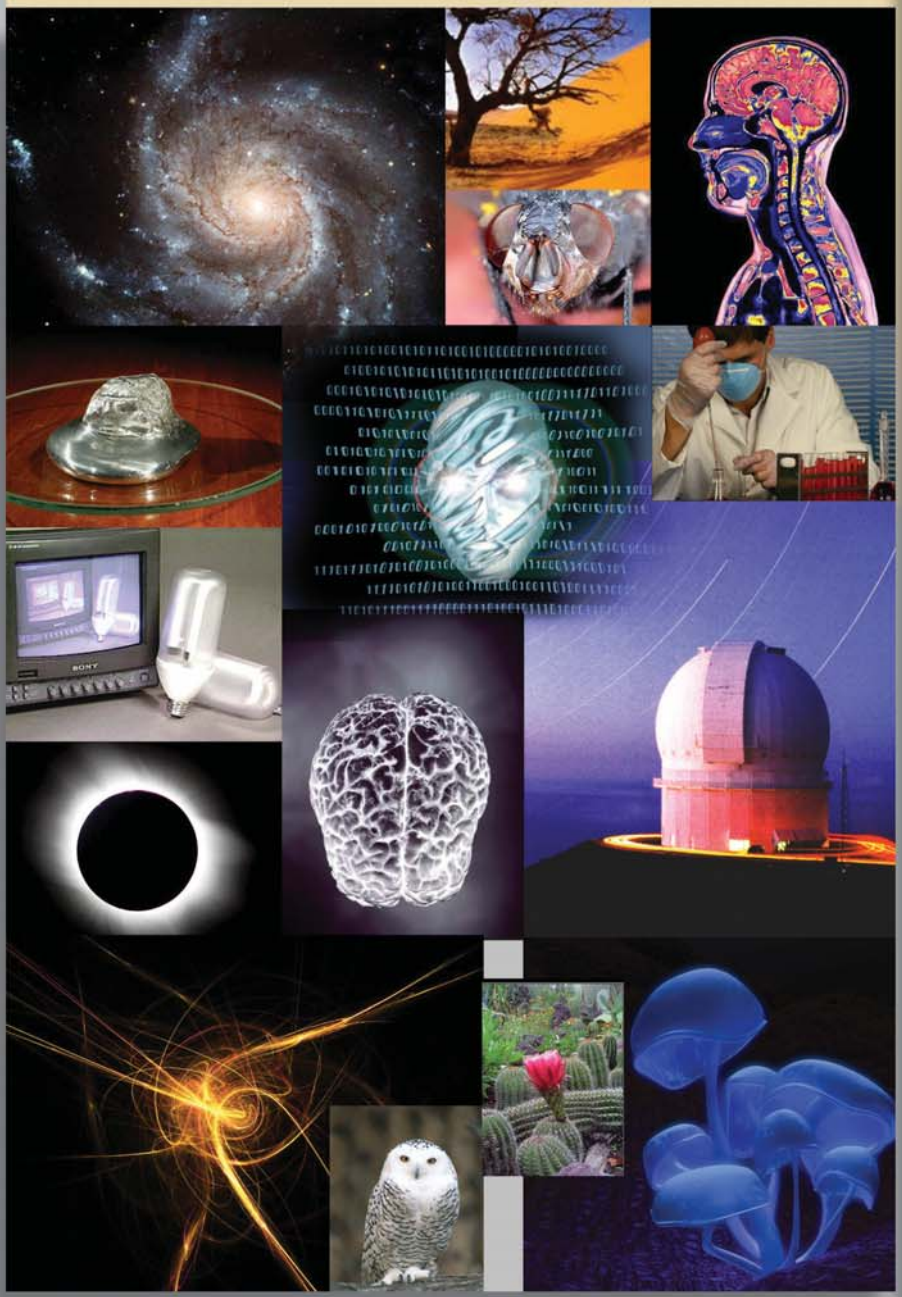
مجلة هيئة الطاقة الذرّية السورية

NO. 120

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

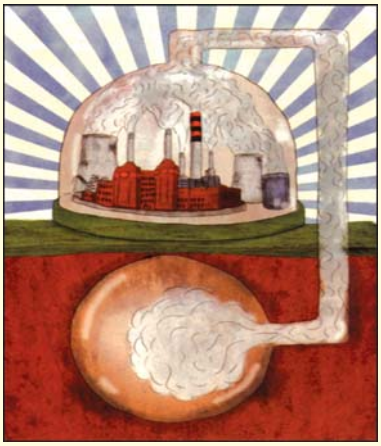
أ. د. توفيق ياسين

المحتويات

مقالات

7 **كهرباء بلا كربون**

إ. هاند



19 **حاسوب المصادم الهدروني الكبير**

لقد جعلت خطط التعامل مع سيل المعطيات الدافق من المصادم الهدروني الكبير مختبر CERN لفيزياء الجسيمات مرة أخرى طليعياً في الحوسبة، وفي الفيزياء أيضاً.

أ. هيرستيوس

24 **من الصحراء إلى حافة الفضاء**

لا تحتاج جميع إطلاقات ناسا إلى صواريخ وعدٍّ تنازلي.

إ. هاند

29 **إطار موحد لتثبيت النتروجين في المحيط الحيوي الأرضي**

ب. هولتون و آخرون

34 **استخدام الدَّويّ للتنبؤ بالثورات البركانية**

طريقة جديدة لتحليل الاهتزازات الزلزالية باستخراج النظام من الضجيج بغية التنبؤ بالثورات البركانية أو تشكيل صورٍ مُفصّلة لباطن الأرض.

ر. كورت لاند

أخبار علمية

39 **عائدات استخدام الطاقات البديلة**

41 **إلقاء الضوء على صور متحركة ذرّية**

43 **مهمة التّراواط (T.W.)**

44 **حلّة جديدة للميوغلوبين**

46 **إعادة هندسة الأنزيم كي يلائم تصنيع الصادات الحيوية**

48 **الصين تبني مقراباً راديوياً ضخماً**

49 **الكشف عن الذرّة**

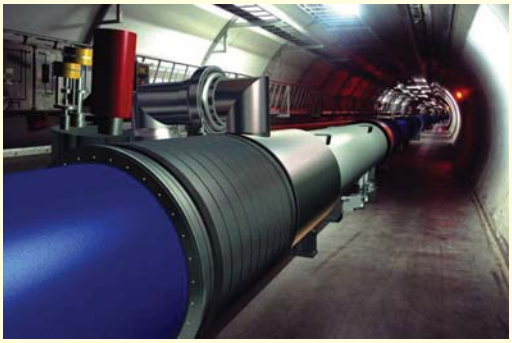
51 **وليام تومسون: اللورد كِلْفِن**

53 **البريليوم**

55 **مقتطفات**

إطلالة علمية

58 **مصادم الهدرونات الضخم**



أعمال الباحثين في هيئة الطاقة الذرّية السورية

ملخصات ورقات البحوث

63 أداة حاسوبية لتوليد السنة المناخية النموذجية

63 الأصول الوراثية 4n أكثر تحملاً للإجهاد الملحي من 2n عند الحمضيات

64 تصميم موقع دائم مدرع بالكادميوم للتشعيع بالنترونات فوق الحرارية في المفاعل السوري منسر

64 المكونات الغذائية وضد- الغذائية في نباتي السيسبان والكوخيا عند أزمنة حش مختلفة

65 إنتاج أنزيم الكسيلاناز من سلالة فطرية جديدة Aspergillus niger SS7 تحت شروط الزراعة المغمورة

65 التوصيف الجزيئي لسلالات البكتريا السورية

66 حساب توزع الكثافة الطاقية في مفاعل البحث منسر باستخدام مجموعة الكودات MTR_PC V2.6

66 طريقة جديدة للحصول على عزلات وحيدة الكيس البوغي من مرض البياض الزغبي (Plasmopara halstedii) في نبات عباد الشمس

67 التعيين المباشر لليورانيوم والعناصر المستخلصة بشكل مشترك في الأطوار العضوية: (TDA, TBP, D_2EHPA/TOPO)/كيروسين بتقانة TXRF

ملخصات تقارير علمية

68 بنك المكثفات العالية الجهد من النوع HVCB-5_20

68 بحث النواحي المنهجية للكثافات المركزية في النوى الكروية الثقيلة

69 تقييم تأثير أشعة غاما على النشاط المضاد للبكتريا و الخصائص الفيزيائية والكيميائية لمركب سيفترياكسون الصوديوم

69 حجم المجتمع الحشري وعدد الدرنات التي تشكلها حشرة الفيلوكسيرا على جذور بعض أصناف الكرمة المصابة

70 البلمرة الإشعاعية لبيوتيل أكريلات وإمكانية استخدامه في إزالة بعض المركبات العضوية من المياه الملوثة

70 حسابات التدريع لحجرة المعايرة النترونية باستعمال كود مونتي كارلو MCNP-4C

71 طرائق تهضيم العينات المختلفة الخاصة وتحضيرها بتحليل العناصر التي تشكل هيدريدات طيارة

71 مدخل إلى التحكم الآلي الكهربائي

72 تحديد الأنماط المورثية الرئيسة لدى مجموعة من مرضى داء حمى البحر الأبيض المتوسط في سورية

72 تصميم قاعدة خاصة بإزالة تلوث الفلاتر الأولية التابعة لمنطقة القطع والإحماء في محطة إزالة الرواسب الحرشفية

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 مصر : 3 جنيهات لبنان : 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.

كهرباء بلا كربون

يُؤمِّن توليد الكهرباء 18000 تَرّاواط-ساعة (10^{12} واط) من الطاقة في السنة، وهي تشكّل قرابة 40% من مجموع ما تستعمله الإنسانية من صنوف الطاقة. وينتج عن توليد الكهرباء أكثر من 10 جيغا طن (10^9) من ثنائي أكسيد الكربون في كلّ عام، وأكبر الإسهامات في هذه الإصدارات هي الاستخدام البشري للوقود الأحفوري، مع أن هناك مجالاً واسعاً من التقانات –الشمسية والهوائية وحتى النووية والجيوحرارية– التي يمكنها توليد الكهرباء بدون طرح الكربون الصافي من الوقود.

وأسهل طريق لتخفيف مقدار الكربون الذي يُطلقه توليد الكهرباء هو في زيادة المردود. إلا أن هناك حدوداً لمثل هذا الربح، إضافة إلى المفارقة المألوفة التي تقول بأن زيادة المردود يمكن أن تؤدي إلى زيادة الاستهلاك. وهكذا فإن الاستجابة العالمية للتغيّرات المناخية يجب أن تستدعي التوجّه نحو المصادر الكهربائية الخالية من الكربون. وهذا يستدعي تفكيراً حديثاً حول سعر الكربون، وفي بعض الأحيان حول تقانات جديدة، وهذا يعني أيضاً التفكير في أنظمة نقل جديدة وفي شبكات أكثر أناقة. ولكن فوق كلّ هذا، فإن المصادر المختلفة للمولّدات الخالية من الكربون تحتاج أن تكون على مقياس الحاجة العالمية للقدرة والتي ما برح يتزايد طلبها. وفي هذا المقال الخاص، يبحث فريقُ الأخبار لمجلة نيتشر Nature عن مقدار ما يجب أن توفره مختلف المصادر في النهاية من الطاقة الخالية من الكربون –وأيّ من هذه المصادر أكثر معقولية.

الكلمات المفتاحية: كهرباء بلا كربون، مصادر توليد الكهرباء، سعات التوليد.

القدرة المائية

إن في العالم كثيراً من السدود –منها 45000 سداً كبيراً حسب مجلس الطاقة العالمي وأكثر من ذلك من السدود الأصغر مقاساً.

وتقدّر سعة التوليد في محطات القدرة المائية هذه بنحو 800 جيغاواط وهي حالياً تزوّد خمس الطاقة الكهربائية المستهلكة في العالم تقريباً. والسدود كمصدرٍ للكهرباء هي الثانية بعد الوقود الأحفوري وتولّد طاقة أكثر بعشرة أضعاف من الطاقة الحرارية الأرضية والشمسية ومن طاقة الرياح مجتمعة. وإن سد ثري جورجس Three Gorges في الصين الذي طاقة إنتاجه القصوى 18 جيغاواط يستطيع أن يولّد نحو ضعف الطاقة التي تولّدها الخلايا الشمسية في العالم. وهناك قدرة إضافية قدرها 120 جيغاواط قيد الإنشاء.

وأحد أسباب نجاح القدرة المائية هو أنها مصدرٌ واسع الانتشار –فهناك 160 بلداً تستخدم القدرة المائية إلى حدٍّ ما. وفي بلدان متعددة تُعدُّ القدرة المائية المساهم الأكبر في شبكة الكهرباء –ومن النادر أن تجد في البلدان النامية سداً ضخماً يُعدُّ المصدر الرئيسي للتوليد فيها. وعلى أية حال، فإن القدرة الكهربائية المائية يمكن أن تظهر بشكل مثير لدى الشعوب الصناعية الضخمة ذات الأنهار الكبيرة. فالبرازيل وكندا والصين وروسيا والولايات المتحدة تنتج حالياً أكثر من نصف إنتاج العالم من القدرة المائية.

التكلفة

حسب تقديرات الاتحاد الدولي للقدرة المائية International Hydropower Association (IHA)، تقع تكاليف التأسيس عادة في المجال بين مليون دولار أمريكي إلى أكثر من خمسة ملايين دولار لكلّ ميغاواط من القدرة وذلك حسب موقع وحجم المحطة. فالسدود في الأراضي المنخفضة وتلك ذات المنحدرات القصيرة ما بين مختلف مستويات الماء والمزوّدة بالعنفات تكون أسعارها مرتفعة، فالسدود

الكبيرة أقلّ تكلفة في الواط الواحد من القدرة مقارنة بالسدود الصغيرة ذات التركيب المشابه. وتكاليف التشغيل السنوية متدنية –وهي في حدود 0.8-2% من تكاليف رأس المال، أما أسعار الكهرباء فهي في حدود 0.03-0.10 دولار أمريكي للكيلوواط–ساعة، الشيء الذي يجعل السدود تنافس الفحم والغاز من حيث سعر الكهرباء المولَّدة.

السِّعة

إن القَيْد المطلق الذي يحدّ من القدرة المائية هو المعدّل الذي يتدفق به الماء نحو أسفل الهضبة في كلّ أنهار العالم محوِّلاً الطاقة الكامنة إلى طاقة حركية عند جريانها. وإن مقدار الطاقة التي يمكن أن تولَّد نظرياً، إذا ما تمّ إدخال الجريانات العالمية كلها عبر التوربينات لتهبط إلى مستوى سطح البحر، تفوق 10 تراواط. وعلى أية حال، يندر أن تُستَغل 50% من قدرات النهر، وفي كثير من الحالات يكون الرقم أقل من 30%.

ما زالت هذه الأرقام تقدم فرصةً معتبرةً لسعة جديدة حسب تصريحات الاتحاد الدولي للقدرة المائية IHA. وتشكل أوربة حالياً مثالاً يُحتذى لاستخدام القدرة المائية لنحو 75% مما تراه ناجعاً ويجري استثماره. وللوصول إلى هذا المستوى في أفريقيا، يترتب زيادة سعة قدرتها المائية بعامل قدره 10 إلى ما يزيد على 100 جيغاواط. أما في آسيا، التي فيها الآن أكبر سعة عاملة، فإن لديها أيضاً إمكانية أكبر للنمو. فلو ضاعفت سعة قدرتها المائية ثلاث مرات فإنها ستسّخر ما يقارب الحصة الأوربية من قدرتها الممكنة، وستتضاعف السِّعة الكهربائية للقدرة المائية العالمية. وتقول IHA إن السِّعة يمكن أن تزداد إلى ثلاثة أضعافها في العالم إذا رصدت لها الاستثمارات الكافية.

ميزات القدرة المائية

إن حقيقة أن الأنظمة الكهربائية المائية (كهرمائية) لا تتطلّب وقوداً يعني أنها لا تتطلّب أيضاً بنية تحتية لاستخلاص الوقود، كما لا تتطلّب نقلاً للوقود. وهذا يعني أن الجيغاواط من القدرة المائية لا يوفّر على العالم فقط مقدار الفحم اللازم حرقُهُ لتوليد الجيغاواط في محطة تعمل على الوقود الأحفوري بل يوفّر أيضاً تكلفة استخراج الكربون ونقل ذلك الفحم. وكما أن تدوير صنبور الماء عملية سهلة، فإن السدود يمكن أن تستجيب على الفور تقريباً لتغيّرات الطلب على الكهرباء بشكل مستقل عن الوقت اليومي أو عن الطقس. إن هذه السهولة في التشغيل تجعلها مفيدة في دعم المصادر المتجدّدة التي هي أقل وثوقية. وهذا يعني أن التغيّرات في الاستخدام بحسب الحاجة والفصول تؤدي إلى أن السدود تنتج نحو نصف سعتها الطاقية المقدَّرة.

تنفرد أنظمة القدرة المائية بين أنظمة توليد الكهرباء في أنها تستطيع، إذا أُحسنت هندستها، أن تخزّن الطاقة المولَّدة في مكان آخر بضخ الماء صعوداً إلى أعلى عندما تتوفر الطاقة. وتستطيع هذه الخزانات التي تكونها أن تؤمّن الماء للري أيضاً، وتعتبر طريقة للتحكم بالفيضانات وخلق وسائل للراحة والاستجمام.

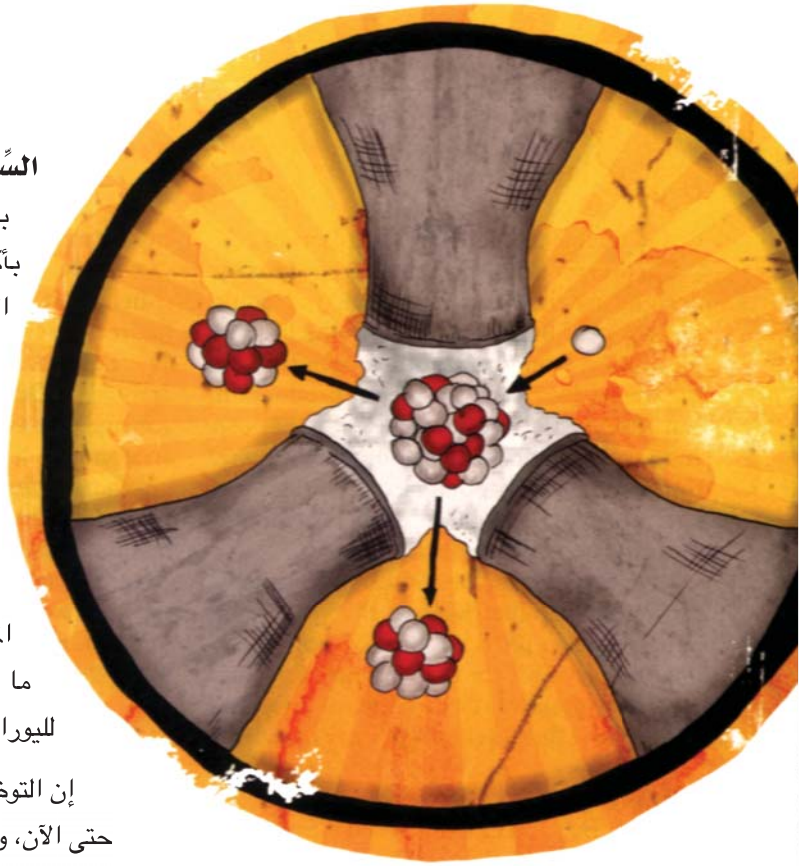
المساوئ

لا تتوفر مصادر القدرة المائية في كل الأمصار، فالشرق الأوسط مثلاً يفتقر إليها نسبياً. كما أن خزانات المياه الاحتياطية تأخذ مساحات كبيرة. واليوم، تقدر المساحة التي تغطيها البحيرات التي صنعها الإنسان بضعفي مساحة إيطاليا. وتشكل السدود الكبيرة والخزانات معظم تلك المساحة، إضافة إلى أن أكثر من 90% من مولّدات الكهرباء المائية حول العالم تحتاج إلى تخطيط وإنشاء طويلين ومكلفين إضافة إلى ترحيل السكان من المناطق المخصَّصة للخزانات. ففي العقود القليلة الماضية، رُحِّل ملايين الناس في الهند الصين. وللسدود آثار بيئية على الأنظمة البيئية مع جريان الماء صعوداً وهبوطاً، وهي تمثل عائقاً للأسماك المهاجرة. وإن تراكم الرواسب يمكن أن يُقصِّر عمرها التشغيلي، كما أن الرواسب المحجوزة بالسد تُمنَع من الوصول إلى رواسب التيار الهابط. والكتلة الحيوية المتحلّلة في الخزانات تطلق الميتان وغاز ثنائي أكسيد الكربون، وفي بعض الأحيان يمكن أن تكون قيمة هذه الإصدارات من نفس مرتبة المقادير التي يتم تجنّبها عند الاستغناء عن حرق الوقود الأحفوري. ويمكن أن يحدَّ تغيّر المناخ بحدّ ذاته من سعة السدود في بعض المناطق بتغيير كمية وشكل التدفق السنوي للماء من مصادر مختلفة مثل نهر الجليد (المجْلدة) في التيبت.

وبما أن تقانة المياه هي تقانة مدروسة وناضجة، لم يبقَ إلا مجال ضيّق للتطوير في مردود التوليد فيها. وكذلك، فإن المواقع الأكثر وضوحاً والأسهل توضُّعاً قد سبق استخدامها، ويتوقع أن تكون الإمكانات الباقية أصعب استثماراً. وإن مشاريع الأنهار العادية والمتوسطة (التي تقل عن 10 ميغاواط) والتي تُنتج الطاقة من جريان الماء بشكل طبيعي–مثل التي كانت تعمل المطاحن عليها لأربعة آلاف سنة– تستغيث من انخفاض سوية ملئها بصورة طبيعية. وعلى أية حال، فإنها أكبر تكلفة بمقدار خمس مرات وأصعب تطويعاً من المشاريع الأكبر.

الرأي

إنها تقانة رخيصة وناضجة، ولكنها ذات تكاليف بيئية ضخمة؛ ويمكن أن تضيف إلى القدرة الكهربائية العالمية سعة تبلغ تراواط تقريباً.



الانشطار النووي

عندما انصهر المفاعل رقم 4 في محطة تشرنوبيل للطاقة النووية في أوكرانيا في 26 نيسان عام 1986 لوّث الغبار الذرّي (السقط الجوي) أجزاءً كبيرة من أوربة. هذه الكارثة وكذلك الحادثة التي سبقتها في Three Mile Island في بنسلفانيا، أوقعت الآفة في المزروعات وفي الصناعة النووية في الغرب على مدى جيلٍ كاملٍ. ومع ذلك فالصورة، على نطاق العالم، لم تتغيّر عن كونها مثيرة تماماً.

لقد كان هناك، في العام 2007 35 محطة نووية في مرحلة التشييد وكلّها تقريباً في آسيا. ويوجد الآن 439 مفاعلاً في الحالة العاملة ولها سِعة توليد كلية قدرها 370 جيغاواط، وأسهمت بنحو 15% من الكهرباء المولَّدة في العالم، وذلك وفق أحدث المعطيات من الوكالة الدولية للطاقة الذرّية IAEA التي تقوم بالمراقبة النووية والتفتيش حول العالم.

التكاليف

تعتمد أسعار الكهرباء على تصميم المفاعل، وعلى متطلبات الموقع وعلى معدل هبوط القوة الشرائية لرأس المال، فمفاعلات الماء الخفيف التي تشكّل أكثرية السعة الكهربائية النووية العالمية تُنتج الكهرباء بسعر يتراوح بين 0.025$ US و0.07$ US للكيلوواط الساعي. والتقانة التي تجعل هذا ممكناً استفادت من عقود مضت على الأبحاث المكلفة، وعلى التطوير وعلى القيمة الشرائية المدعومة من الحكومات؛ وبدون ذلك الدعم يصعب تصوّر الطاقة النووية في الاستخدام حالياً.

السِّعة

بما أن الطاقة النووية تتطلّب وقوداً، فإنها مقيّدة بأكوام من الوقود. وهناك قرابة 5.5 مليون طن من اليورانيوم من احتياطيات معلومة يمكن أن يُستفاد من استخلاصها بسعر لا يزيد على 130 دولاراً أمريكياً للكيلوغرام الواحد حسب الطبعة الأخيرة "للكتاب الأحمر Red Book" الذي تُقيِّم فيه الوكالة الدولية للطاقة الذرّية والمنظمة الاقتصادية للتعاون والتطوير Organization for Economic Co-operation and Development (OECD) مصادر اليورانيوم. ووفق المعدل الحالي، يُستخدم 66500 طن في السنة أي ما يقارب حصيلة 80 عاماً من الوقود. والسعر الحالي لليورانيوم يزيد على عتبة الـ 130 دولاراً أمريكياً.

إن التوضّعات المشابهة جيولوجياً لخام ore اليورانيوم غير مثبتة حتى الآن، ويُظن أن الاحتياطيات غير المكتشفة تشكّل تقريباً ضعفي الاحتياطيات المثبتة، وأن الخامات الأقل ثراءً تُقدم أكثر من هذا بكثير. فاليورانيوم على الخصوص لا يُعدُّ عنصراً نادراً –فهو شائع في قشرة الأرض شيوع الزنك المكون الأساسي لها. والتقديرات النهائية للمصادر القابلة للاستكشاف تتغيّر في نطاق واسع، غير أنه يمكن اعتبار المقدار 35 مليون طن متوفراً؛ وليس اليورانيوم العنصر الوحيد المتوفر الذي يمكن أن يُصنع منه الوقود النووي. هناك مفاعلات محتملة يمكن أن تعمل بوقود الثوريوم، وهي وإن لم تتطور بعد فإن إدخال الثوريوم إلى الساحة يمكن أن يضاعف احتياطي الوقود النووي المتاح.

أضف إلى ذلك، بالرغم من أن تصاميم المفاعلات الحالية تستخدم وقودها مرة واحدة، فإن هذا يمكن أن يتغيّر. فالمفاعلات الولودة، التي تصنع البلوتونيوم من نظائر اليورانيوم والتي لا تصلح بحدّ ذاتها لإنتاج الطاقة، يمكن أن تخلق وبفعالية وقوداً أكثر مما تَستخدم. والنظام الذي يُبنى على مثل هذه المفاعلات يمكن أن يجلب طاقةً تزيد على 60 ضعفاً من كلّ كيلوغرام من اليورانيوم الطبيعي الذي يُدخل فيها، غير أن أضعافاً أقلّ من ذلك يمكن أن تكون أكثر واقعية.

فمع المفاعلات الولودة، التي هي الآن قيد الإقرار على أسس تجارية، يمكن أن يصبح العالم نووياً 100%. من حيث المبدأ، ومن دون هذه المفاعلات، ما زال من المقبول ظاهرياً نمو مقدار السِّعة النووية بمعاملٍ قدره 2 أو 3، وأن تعمل على هذا المستوى لقرنٍ من الزمن أو أكثر.

المميزات

تتمتع القدرة النووية نسبياً بتكاليف وقودٍ منخفضة، ويمكن أن تعمل بكامل طاقتها بشكل مستمر تقريباً – تعطي محطات الطاقة النووية الأمريكية 90% من معدل سعتها. وهذا يجعلها ملائمة لتزويد الشبكات الوطنية على الدوام بقدرة الحمل القاعدي base load power. ويُعدُّ اليورانيوم واسع الانتشار بقدرٍ كافٍ بحيث لا يحتمل أن تهدّد العوامل السياسية عملية التزوُّد به.

المساوىء

لا يوجد هناك حلٌّ متفقٌ عليه لمشكلة كيفية التعامل مع النفايات النووية التي تولَّدت في المحطات النووية خلال الخمسين سنة الماضية. وبدون حلولٍ على المدى الطويل، وهي مطلوبة سياسياً أكثر منها تقانياً، فإن نمو الطاقة النووية يشكّل تقنية ذكية في فن البيع. وهناك مشكلة أخرى هي أن انتشار الطاقة النووية يصعب أن ينفكّ عن قابليات انتشار السلاح النووي، ودورات الوقود التي تشمل إعادة الدورة والتي تنتج البلوتونيوم بالضرورة، هي أمر مقلق على وجه الخصوص. وحتى بدون القلق من الانتشار يمكن أن تكون محطات الطاقة النووية أهدافاً مغرية للإرهابيين أو للقوى المعادية (مع أن الأمر في الحالة الأخيرة صحيح أيضاً بالنسبة للمحطات الكهرمائية).

والتعهد الطويل للاستخدامات المتنامية للقدرة النووية سيتطلّب قبولاً جماهيرياً ليس فقط للتقانات الموجودة بل للتقانات الجديدة أيضاً –مثل مفاعلات الثوريوم والمفاعلات الولودة. ويجب على هذه التقانات أيضاً أن تحظى بالقبول لدى المستثمرين المنظّمين.

والقدرة النووية هي أيضاً ذات رأس مال كبير، فتكاليف القدرة بالنسبة لعمر المحطة منخفضة نسبياً وذلك بسبب العمر الطويل الذي تعيشه. وعليه، فإن القدرة النووية هي اختيار مرتفع الثمن على المدى القصير. وهناك قيد آخر يمكن أن يرتبط بالنقص في العاملين المهرة. فبناء وتشغيل المحطات النووية يتطلّب عدداً ضخماً من المتخصّصين المتدربين، وتوسيع هذه المجموعة من الاختصاصيين الموهوبين بما يكفي يضاعف التكاليف اللازمة لتشغيل محطات جديدة ويمكن أن يكون تحدّياً كبيراً جداً. وكذلك فإن المقدرة الهندسية اللازمة لصنع المركّبات المفتاحية تحتاج أيضاً إلى توسيع.

وفي ضوء هذه العقبات تتغير التنبؤات بالدور المستقبلي للقدرة النووية تغيّراً كبيراً. واستشراف الهيئة الأوربية لتقانة الطاقة العالية حتى العام 2050 يتضمّن سيناريو ثوْرَاني يفترض القبول الشعبي وتطوير تقانات المفاعلات الجديدة وأن القدرة النووية يمكن أن تزوّد بما مقداره 1.7 تراواط حتى العام 2050. في حين أن تحليل الوكالة الدولية للطاقة الذرّية أكثر حذراً. فهانس–هولغر روغنر Hans-Holger Rogner، رئيس دائرة الوكالة للتخطيط والدراسات الاقتصادية يرى أن السعة ستزداد لأقل من 1200 جيغاواط حتى العام 2050. والدراسة الصارمة الداخلية التي جرت في العام 2003 في معهد ماساتشوستس للتقانة وصفت سيناريوً محدداً لرفع السعة ثلاث مرات إلى المقدار 1000 جيغاواط حتى العام 2050، وهو سيناريو يستند إلى تأكيدات قيادة الولايات المتحدة وإلى استمرار تعهد اليابان وإلى النشاط المتجدّد في أوربة. وهذا السيناريو يعتمد فقط على نسخٍ محسّنة من مفاعلات هذه الأيام أكثر من اعتماده على أية تصاميم مطوّرة أو مختلفة جذرياً.

الرأي

إن بلوغ سعةٍ في حدود التراواط هو أمرٌ ممكن تقانياً خلال العقود القليلة القادمة، ولكن هذا يمكن أن يكون صعباً من الناحية السياسية. ومناخ الرأي الذي قَبِل بالقدرة النووية يمكن أن يكون معرّضاً للخرق بدرجة كبيرة من حوادث غير مواتية كوقوع حادث آخر من مقاس حادث تشرنوبيل أو أن يتعرض لهجوم إرهابي (ولولا الظلم والكيل بمكيالين لما حدث ما يسمّى بالإرهاب بل الذي يمارس ضده هو الإرهاب الحقيقي من دول تسمّى نفسها عُظمى وحامية لحقوق الإنسان)*.

بالأرقام

في العام 2005 كانت الطاقة الكهربائية المولّدة مساوية 18000 تراواط/ساعة، وذلك خلال 9000 ساعة في السنة تقريباً، وهذا يعادل استطاعة توليد وسطية قدرها 2 تراواط أو نحو ذلك. والسعة التوليدية أعلى بكثير من هذا لأن هناك قمماً وانخفاضات حيث لا تعمل أية محطة بكامل خرجها كلّ الوقت.

لا يوجد شبيهٌ يبسّط صورة التراواط، فواحد بالألف من التراواط هو الجيغاواط وهو أقرب للفهم والإدراك. إنه الخرج المعتدل لمحطة طاقة كبيرة، فسايزول Sizewell B، وهي إحدى المحطات النووية البريطانية الأضخم، لها خرج يقارب 1.2 GW؛ وسد هوفر على نهر كولورادو يمكن أن ينتج حوالي 1.8 GW.

والميغاواط هو واحد بالألف من الجيغاواط. ويكفي 3-5 ميغاواط لتغذية أحدث القطارات (القدرة اللازمة لسيارتين من سيارات Formula One. والكيلوواط يمكن أن يشغل مدفأة كهربائية ذات مروحة. يُقاس الاستهلاك المنزلي للطاقة بالكيلوواط–ساعة، ففي العام 2004، كان الاستهلاك الأعلى من الكهرباء للشخص الواحد في أيسلاندا حيث بلغ 28200 كيلوواط–ساعة في السنة. وفي الولايات المتحدة بلغ نحو 13300 كيلوواط–ساعة في السنة. وبناءً على ذلك يستخدم 300 مليون أمريكي نحو 400 جيغاواط من القدرة. ومستوى الاستهلاك في تشيلي هو 3100 كيلوواط–ساعة للشخص، وفي الصين 1600 كيلوواط–ساعة، وفي الهند 460 كيلوواط–ساعة وأخفض مستويات الاستهلاك في هاييتي يبلغ 90 كيلوواط–ساعة في السنة.

الكتلة الحيوية Biomass

لقد كانت الكتلة الحيوية منبعاً للطاقة الأولى للبشرية، وبقيت حتى القرن العشرين كأكبر مصدر للطاقة، حتى أنها في أيامنا هذه تأتي في المرتبة الثانية فقط بعد الوقود الأحفوري. فالخشب وفضالات المحاصيل والمصادر البيولوجية الأخرى هي مصادر مهمّة للطاقة بالنسبة لأكثر من بليونين من البشر. ويُحرق هذا الوقود في الغالب لإشعال النار وفي مواقد الطبخ، إلا أن الكتلة الحيوية أصبحت في السنوات الأخيرة مصدراً لتوليد الكهرباء بطريقة مستقلة عن الوقود الأحفوري (البترول). وحسب تقدير مجلس الطاقة العالمي لسعة التوليد من الكتلة الحيوية فإنها لن تكون أقلّ من 40 جيغاواط وهذا أكبر من أيّ مصدر متجدّد آخر غير الرياح والقدرة المائية. ويمكن إضافة الكتلة الحيوية إلى الفحم أو إلى الغاز في بعض الحالات في محطات القدرة التقليدية. والكتلة الحيوية تُستخدم أيضاً في كثير من محطات التوليد المختلطة co-generation plants التي يمكنها أن تستحوذ على 85-90% من الطاقة المتاحة بالاستفادة من الحرارة الضائعة بالإضافة إلى القدرة الكهربائية.

التكاليف

يختلف سعر الكهرباء المولّدة من الكتلة الحيوية على نطاق واسع بحسب توفر الوقود ونوعه وبحسب تكلفة نقله. ورأس المال شبيهٌ برأس مال محطات الوقود الأحفوري. أما كلفة القدرة فيمكن أن تكون صغيرة وتبلغ $0.02 للكيلوواط–ساعة عند حرق الكتلة الحيوية مع الفحم في محطة تقليدية، ولكن يمكن أن تزداد حتى تصل إلى 0.03-0.05 دولاراً للكيلوواط ساعة من محطة للطاقة مخصصة للكتلة الحيوية. وتزداد التكلفة إلى 0.04-0.09 دولار للكيلوواط ساعة من محطة التوليد المختلطة، غير أن استرداد الحرارة الضائعة واستخدامها يجعل العملية أكثر مردودية بكثير. والمشكلة الكبرى بالنسبة لمحطات القدرة الجديدة التي تعمل على الكتلة الحيوية هي في وجود مخزون للتغذية المركّزة متوفر محلياً يمكن الاعتماد عليه. ويعني خفض تكاليف النقل الحفاظ على قدرة محطات الكتلة الحيوية مرتبطة بالوقود المتوفر محلياً والصغير إلى حدٍّ ما، وهذا يزيد تكلفة رأس المال لكلّ ميغاواط.

السِّعة

تتحدّد سعة قدرة الكتلة الحيوية بمساحة الأرض المتاحة وبمردود التركيب الضوئي، والتزوّد بالمياه. قَدَّرت المنظمة الاقتصادية للتعاون والتطوير OECD في مؤتمر المائدة المستديرة المنعقد في العام 2007 أن هناك نحو نصف بليون هكتار من الأرض لا تستعمل للزراعة ستكون صالحة لإنتاج كتلة حيوية تغذيها الأمطار، وهي ترى أن إنتاج هذه الأرض حتى العام 2050 تُضاف إليه فُضالات المحاصيل، وفضالات الغابات وكذلك الفضلات العضوية يمكن أن يُزود بما يكفي من المواد القابلة للحرق وإنتاج 68000 تراواط/ساعة كلّ عام.

وبتحويلها إلى كهرباء بمردود قدره 40%، فإن هذا يمكن أن يزوّد باستطاعة تصل إلى 3 تراواط كحدٍ أقصى. وتحدّد لجنة الخبراء البَيْحكومية Intergovernmental Panel لتغيرات المناخ مقدار ما يمكن الحصول عليه من الطاقة بما يقارب 120000 تراواط/ساعة في العام 2050، وهذه تعادل ما يزيد قليلاً على 5 تراواط على أساس التقدير الأكبر للأرض المتاحة.

إن هذه التصورات أو الاحتمالات المستقبلية تتضمّن بعض الافتراضات المتطرفة بشأن تحويل الأرض إلى إنتاج المحاصيل الطاقية. وحتى لو ذهبنا إلى المدى الذي نسلّم فيه بقابلية هذه الاقتراحات للحياة، فإن الكهرباء ليست وحدها هي الاستخدام الممكن لمثل هذه الزروع. فاختزان الكتلة الحيوية للطاقة الشمسية على شكل روابط كيميائية، يؤهل الكتلة الحيوية لتكون أفضل مصادر الطاقة المتجددة الأخرى لإنتاج الوقود الجاهز للنَقْل. ورغم أن تحويل الكتلة الحيوية إلى وقود حيوي ليس، من حيث المردود، كحرق المواد الخام، الخشب مثلاً، لكنه يمكن أن يعطي منتجاتٍ أعلى قيمة. فالوقود الحيوي يمكن أن يضاهي بسهولة توليد الكهرباء، كاستخدام الكتلة الحيوية في معظم التراكيب والأوضاع.

المميزات

إن النباتات بطبيعتها مركّبات كربونية حيادية ومتجدّدة بالرغم من أن الزراعة تستنفد الموارد كلها، وبخاصة إذا كانت تتطّلب كميات كبيرة من السماد. إن التقانات اللازمة لحرق الكتلة الحيوية تامة التطور والإتقان وناجعة، بخاصة في حالة التوليد المختلط. ويمكن للأنظمة الصغيرة التي تستخدم فُضالات المحاصيل أن تخفض تكاليف النقل إلى الحدّ الأدنى.

إذا حُرقت الكتلة الحيوية في محطة للطاقة مزوّدة بعتاد معدني لأسر الكربون واختزانه فإنها ستتحول من كونها حيادية الكربون إلى سلبية الكربون الذي يمتص بشراهة (بفاعلية) ثنائي أكسيد الكربون من الجو ليحفظه في الأرض. وهذا الشيء يجعلها تقانة الطاقة الوحيدة التي تخفض بالفعل مستويات ثنائي أكسيد الكربون في الجو. وكما هو الحال مع الفحم الحجري، هناك تكاليف في عملية أسر الكربون، بدلالة كلٍّ من رأس المال والمردود.

المساوئ

هناك أراضٍ كثيرة في العالم، وستكون هناك حاجة كبيرة للتزود بالطعام من أجل عالم متنامي السكان. وليس من الواضح ما إذا كان من المرغوب فيه ترك آلية السوق تقود توزيع الأرض ما بين الوقود والغذاء وما إذا كان ذلك مقبولاً سياسياً. ويمكن لتغيّرات المناخ بحدّ ذاتها تغيير جاهزية الأرض الملائمة. ومن المحتمل وجود معارضة لزيادة زراعة المحاصيل الطاقية والتركيز المتزايد عليها. فاستخدام النفايات والفُضالات يمكن أن يؤدي إلى فقدان الكربون من الأرض الذي كان سيغني التربة؛ ويمكن أن يتعذّر إمداد الأرض بأسباب الحياة على المدى الطويل.

والاعتماد على الطاقة الحيوية يمكن أن يفتح أيضاً الأبواب مشرعة على أزمات الطاقة الناشئة عن الجفاف أو الوباء، ويمكن أن تؤدي تغييراتُ استخدام الأرض إلى تأثيرات مناخية خاصة بها. فتحضير الأرض للمحاصيلَ الطاقية يمكن أن ينتج إصدارات بمعدلٍ يصعب على المحاصيل ذاتها أن تحقّق التوازن فيما بينها.

الرأي

إذا حقّق التزايد الكبير في المحاصيل الطاقية قبولاً وفائدة، فإن كثيراً منه يمكن أن يستهلك في قطاع الوقود. وعلى أية حال، يمكن أن تكون الأنظمة ذات المقاييس الصغيرة مرغوبةً في أعداد متزايدة من التراكيب، وإن إمكانية أنظمة الكربون السالب –المؤهلة لتوليد الكهرباء وليس الوقود الحيوي– هي إمكانية فريدة وذات مقدرة جذابة قابلة للتطوير.

الرياح

تتوسع قدرة الرياح بشكل أسرع مما رغب أعنفُ مؤيديها في السنوات القليلة الماضية. فقد أضافت الولايات المتحدة 5.3 جيغاواط من سعة الرياح في العام 2007 –أي 35% من سعة التوليد الجديدة للبلد– ولديها 225 جيغاواط أخرى في مراحل التخطيط. وهناك سعة توليد من الرياح قيد التخطيط في الولايات المتحدة أكبر من السعة التي تعطيها محطات الفحم والغاز مجتمعة. وقد تزايدت السِّعة العالمية بما يقارب 25% في كلّ سنة من السنوات الخمس الماضية طبقاً للمجلس العالمي لطاقة الرياح Global Wind Energy Council.

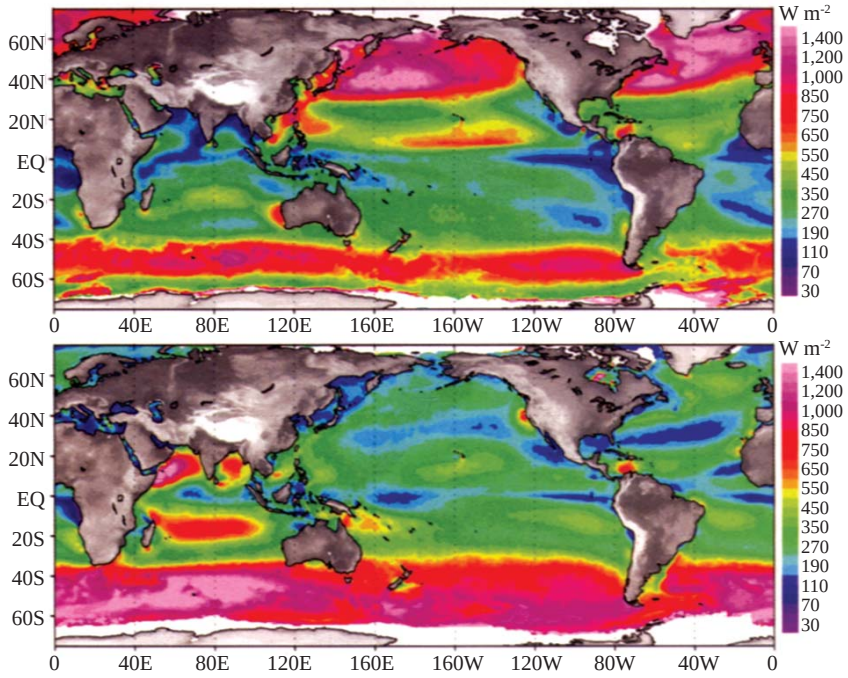
وتقول تقديرات طاقة الرياح المنتجة شهرياً إن السِّعة المبنيّة في العالم من أجل الرياح اعتباراً من شهر كانون الثاني من العام 2008 كانت 94 جيغاواط. وإذا ما استمر النمو بمقدار 21% فإن هذا الرقم سيزداد ثلاث مرات في السنوات الست القادمة.

وبالرغم من هذا، تبقى الأرقام صغيرةً في المقياس الدولي خاصة إذا عُلم أن مزارع الرياح قد ولّدت الكهرباء تاريخياً بمقدار 20% فقط من سعتها.

التكاليف

إن تكاليف تركيب مولّدات الطاقة من الرياح هي نحو 1.8 مليون دولار أمريكي للميغاواط من أجل التركيب على شاطئ البحر وهي ما بين 2.4-3 ملايين دولار أمريكي من أجل بناء المشاريع بعيداً عن الشاطئ. وهذا يُترجَم بأن كلفة الكيلوواط–ساعة هي ما بين 0.05 و0.09 دولار أمريكي مما يجعل الرياح تنافس الفحم عند أخفض حدٍّ من التكلفة. ومع الإعانات المالية الحكومية، التي يُتمتع بها في كثير من البلدان، تصبح الأسعار أقلّ بكثير مما هي عليه بالنسبة للفحم –ومن هنا يأتي الازدهار. والحدّ الرئيس لبناء قدرة الرياح في الوقت الحاضر هو سرعة الصناعيين وقدرتهم في بناء التوربينات (العنفات).

تمثّل هذه التكاليف تطوراً مهمّاً في هذه التقانة. ففي العام 1981، كان يمكن لمزرعة ريحية مؤلفة من صفيف من التوربينات بقدرة 50 كيلوواطاً لكلٍّ منها أن تُنتج الطاقة بكلفة تقريبية قدرها 0.40 دولار أمريكي للكيلوواط–ساعة. أما توربينات اليوم فيمكن أن تنتج من الطاقة ما مقداره ثلاثين ضعفاً وبخُمس السعر وبزمن أقلّ كثيراً.



متوسطات قدرة الرياح العالمية أثناء الرياح الشمالية الشتوية (في الأعلى) والصيفية مقيسة بالواط على المتر المربع ومبيّنة بالألوان. إن جزء الطاقة القابل للاسترداد أخفض بمرتبتين في القيمة بسبب توضيع التوربينات والقيود الهندسية.

السِّعة

إن مقدار الطاقة المولّدة من جرّاء حركة جو الأرض ضخمة جداً –مئات التراواط. وفي ورقة نُشرت عام 2005، قدّر اثنان من الباحثين من جامعة ستانفورد أن ما لا يقل عن 72 تراواط يمكن أن تُوَلَّد فعلياً باستخدام 2.5 مليون من توربينات اليوم الأكبر حجماً الموضوعة في 13% من المواقع الموجودة حول العالم التي لا تقل فيها سرعات الرياح عن 6.9 متر في الثانية والتي تُعدّ لذلك مواقع عملية (C. L. Archer and M. Z. Jacobson J. Geophys. Res. 110, D12110; 2005).

المميزات

إن الميّزة الرئيسة للرياح هي مثل ميّزة القدرة المائية من حيث إنها لا تحتاج إلى وقود. لذا فالتكلفة الوحيدة تأتي من بناء وصيانة التوربينات (العنفات) وخطوط الطاقة. تزداد العنفات في الكبر والوثوقية. وإن تطوير تقانات الاستحواذ على الهواء في المرتفعات العالية يمكن أن يؤمن مصادر ذات طابع صغير قادرة على توليد القدرة الكهربائية بأسلوب أقدر على الاستمرار.

المساوئ

يمكن أن يكون التقييد النهائي للرياح هو تقطعها وعدم استمراريتها. وليس من الصعب جداً تزويد شبكة الكهرباء العامة بما يبلغ 20% من سعتها من الرياح. والأبعد من ذلك أن المؤسسات العامة ومشغلي الشبكة يحتاجون إلى اتخاذ خطوات إضافية للتعامل مع التغيّرات. وهناك أمر آخر يتعلق بالشبكة ويقيّدها قطعاً على المدى القريب وهو أن أشد الأماكن رياحاً يندر أن يكون الأكثر سكاناً، وعليه تحتاج الكهرباء الريحية إلى تطوير بنيتها التحتية وعلى الخصوص بالنسبة للتركيبات البعيدة عن الشاطئ.

وبما أن قدرة الرياح هي أيضاً متقطعة، فإن كثافتها في الأصل منخفضة جداً شأنها في ذلك شأن مصادر الطاقة المتجددة الأخرى. ولا تولّد مزرعة الرياح الكبيرة في العادة إلا بضعة واطات في المتر المربع –وتُعدُّ عشر الواطات في المتر المربع نسبةً عاليةً جداً. وبناءً عليه، تعتمد قدرة الرياح على الأرض الرخيصة أو على الأرض التي تُستخدم لأغراض أخرى في ذات الوقت أو التي تُستخدم للغرضين معاً. وكذلك، فإنه من الصعب النشر في مساحة يتمتع فيها السكان بمقدارٍ وافرٍ من المناظر الطبيعية في الأراضي الخالية عن التوربينات.

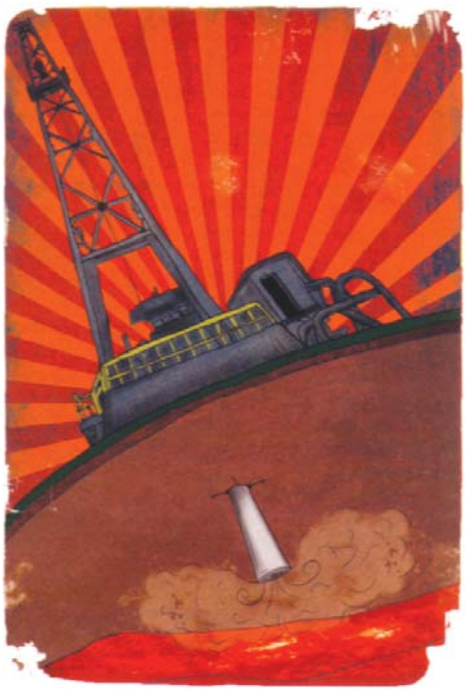
وإن قوة الرياح أيضاً ليست موزعةً بالتساوي: فهي في صالح الأمم التي هي على اتصال بالبحار العاصفة بالرياح والنسائم الشاطئية أو التي لديها سهول كبيرة فارغة. فقد غطّت ألمانيا كثيراً من أراضيها الأكثر رياحاً بالتوربينات، إلا أنه رغم هذه الجهود الرائدة فإن سعتها المختلطة والمساوية لـ 22 جيغاواط تُزوِّد بما لا يزيد على 7% من الكهرباء التي تحتاجها البلد. ولدى بريطانيا –التي كانت في أوربة أبطأ كثيراً في تبنّي طاقة الرياح– إمكانية أكبر إلى حدٍّ بعيدٍ في المناطق البعيدة عن الشاطئ –تكفي ثلاثة أضعاف حاجتها من الكهرباء وفق اتحاد طاقة الرياح البريطانية British Wind Energy Association. وتوحي تقديرات الصناعة أن الاتحاد الأوربي يمكن أن يسدّ ما مقداره 25% من حاجته الحالية للكهرباء بتطوير أقل من 5% من الإمكانات في بحر الشمال.

إن تطوير مثل هذا العدد الكبير فعلاً من خطط طاقة الرياح يمكن أن يؤثر على المناخ المحلي، وقد يؤثر على مناخ العالم، وذلك بتغيير أنماط الرياح، كما تقول أبحاث ديفيد كيث David Keith رئيس مجموعة أنظمة الطاقة والبيئة في جامعة كالغري Calgary بكندا. فالرياح تميل لتبريد الأشياء وبهذا يمكن لدرجة الحرارة حول مزرعة الرياح الكبيرة جداً أن ترتفع لأن التوربينات تبطئ الرياح لامتصاص طاقتها. ويوصي كيث وفريقه بأن 2 TW من سعة الرياح يمكن أن تؤثر في درجة الحرارة بنحو 0.5 درجة مئوية فتسخن في مناطق خطوط العرض المتوسطة وتبرد في القطبين. وربما من هذه الناحية تُحدث تغيّراً مفاجئاً يُعادل تأثير الاحترار العالمي (بفعل الدفيئة) (D. W. Keith et al. Proc. Natl Acad Sci. USA 101, 16115-16120; 2004).

الرأي

مع الانتشار الواسع للسهول في الولايات المتحدة والصين، والوصول الأرخص للأراضي البعيدة عن الشاطئ، تبدو سعة طاقة الرياح التي هي من مرتبة تراواط أو أكثر مقبولة ويمكن تصديقها.

الحرارية الأرضية (الجيوحرارية)



توجد في باطن الأرض كميات ضخمة من الحرارة بعضها تَخَلَّف من اندمال الكوكب الأصلي وبعضها تولّد من تفكك العناصر المشعّة. وبما أن الصخور ناقلٌ رديءٌ للحرارة، فإن السرعة التي تتدفق بها هذه الحرارة إلى سطح الأرض بطيئة جداً، ولو كان تدفقها أسرع لتجمّد لُب الأرض ولتوقفت القارّات عن الانسياق منذ فترة طويلة.

إن التدفق البطيء لحرارة الأرض يجعلها مصدراً صعباً للاستخدام في توليد الكهرباء فيما عدا بعض الأماكن الخاصة القليلة، كتلك التي فيها الينابيع الحارّة الغزيرة. وهناك بضعة عشر بلداً فقط تنتج الكهرباء الجيوحرارية، وخمسة بلدان منها فقط، هي: كوستاريكا، السلفادور، أيسلندا، كينيا، الفيليبين، تنتج أكثر من 15% من كهربائها بهذه الطريقة. وإن السِّعة الكهربائية الجيوحرارية القائمة حول العالم تقدر بنحو 10 جيغاواط، إلا أنها تتزايد ببطء –بنحو 3% في السنة في النصف الأول من هذا العقد. ومنذ عقدٍ مضى، كانت السعة الجيوحرارية أكبر من سعة الرياح؛ وهي الآن أقلّ بمعاملٍ قدره عشرة تقريباً.

يمكن استخدام حرارة الأرض بشكل مباشر أيضاً. وبالفعل، فإن مضخات الحرارة الجيوحرارية الصغيرة التي تدفئ المنازل وأماكن العمل بشكل مباشر يمكن أن تمثّل الإسهام الأكبر الذي يمكن أن تقدّمه حرارة الأرض إلى ميزانية الطاقة العالمية.

التكاليف

تعتمد كلفة النظام الجيوحراري على التوضُّعات الجيولوجية. ويوضّح تقرير جيفرسون تستر Jefferson Tester، المهندس الكيميائي الذي كان أحد أعضاء الفريق الذي وضع تقرير معهد ماساتشوستس للتقانة (MIT) المؤثر في موضوع التقانة الجيوحرارية عام 2006، الحالة كما لو كانت تشبه المصادر المعدنية. فهناك سلسلة متصلة في درجات المصادر –من الضحلة، إلى المناطق العالية الحرارة ذات الصخور العالية المساميّة، إلى المناطق الأعمق المنخفضة المسامية والتي هي أكثر تحفيزاً على الاستثمار. وقد وضع التقرير تكلفة الاستثمار في أحسن المواقع –وهي المواقع ذات كميات المياه الحارّة الكبيرة التي تجري قرب سطح الأرض– بنحو 0.05 دولار لكلّ كيلوواط–ساعة. وتكون التكلفة بالنسبة للمصادر الأكثر وفرة والأقل درجة والمستثمرة بالتقانة الحالية وحدها أعلى بكثير.

السِّعة المطلقة

إن الحرارة الضائعة من الأرض تقدر ما بين 40 و 50 تراواط في السنة. وهذا يبلغ وسطياً أقل بقليل من عُشْر الواط من كلّ متر مربع*. ومع التقانة المتوفرة في هذه الأيام، يبدو أن المُستثْمَر هو 70 جيغاواط من تدفق حرارة الأرض. ويمكن استخدام ما لا يقل عن ضعفي هذا المقدار مع التقانات الأكثر تقدماً. فدراسة معهد MIT تقترح أن استعمال الأنظمة المعزّزة التي تحقن المياه إلى العمق باستخدام أنظمة الحفر المتطورة، سيجعل في الإمكان بناء 100 جيغا من الكهرباء الجيوحرارية في الولايات المتحدة وحدها. وبافتراضات مشابهة، يمكن بلوغ رقم عالميٍّ يساوي التراواط أو نحو ذلك، وذلك باقتراح أن التوليد الجيوحراري يستطيع بصفقةٍ ماليةٍ كبيرةٍ أن يقدّم من الكهرباء ما تقدّمه السدود في هذه الأيام.

المميزات

لا تتطلّب المصادر الجيوحرارية وقوداً. وهي ملائمة بصورة مثالية للتزود بكهرباء الحِمْل القاعدي (الحِمْل الأدنى لمولّد القدرة خلال فترة محدّدة) supplying base-load electricity، لأنها تساق بمزودٍ للطاقة نظامي جداً. وتتباهى 75% من المصادر الجيوحرارية بمعامل السعة الأعلى من أي مصدرٍ متجددٍ آخر. والمصادر الأخفض حرارة المتروكة بعد

الحلم الأكبر أبعد منالاً

يمكن أن تلبي قدرة الاندماج كلّ حاجات الأرض من الطاقة. إنها لا تتطلّب سوى نظيرين ثقيلين للهدروجين والتقانة اللازمة لاستخدامهما. وستنتج المفاعلات بعض النفايات المشعّة المنخفضة المستوى إلا أنها كمية صغيرة مقارنة بنفايات الانشطار النووي. والمشكلة هي في التقانة اللازمة –حيث لا يحتمل الوصول إلى المفاعلات التجارية قبل الأربعينيات من القرن الحالي (2040s).

والحُلم البعيد الآخر هو ساتل الطاقة الشمسية المؤسّس في الفضاء. ففي المدار حول الأرض، يمكن أن تمتص الألواح الشمسية أشعة الشمس 24/7 وتوجهها نحو الأرض على هيئة أمواج مكروية. وهذا يتطلّب حقاً سَفَراً فضائياً رخيصاً لحمل آلاف الأطنان من الخلايا الشمسية إلى المدار. وفي الوقت الحاضر، ولسوء الحظ، فإن السفر إلى الفضاء باهظ التكاليف.

* ومن اجل المقارنة نقول إن ضوء الشمس يصلنا بمعدل 200 واط لكلّ متر مربع.

استثمارها في توليد الكهرباء يمكن استعمالها في تدفئة المنازل أو في العمليات الصناعية.

إن مسح وحفر المصادر الجيوحرارية التي لم يسبق استثمارها أصبح أسهل كثيراً بفضل تقانة رسم الخرائط ومعدّات الحفر المصمّمة من قِبَل الصناعة النفطية. يقترحُ تِستر بأن برنامج تطوير التقانة ذا المغزى المقدَّر ببليون دولار على مدى عشر سوات يمكن أن يُوسّع كثيراً السعة التي يمكن بلوغها عند إتاحة المصادر الأقل درجة lower-garde.

المساوىء

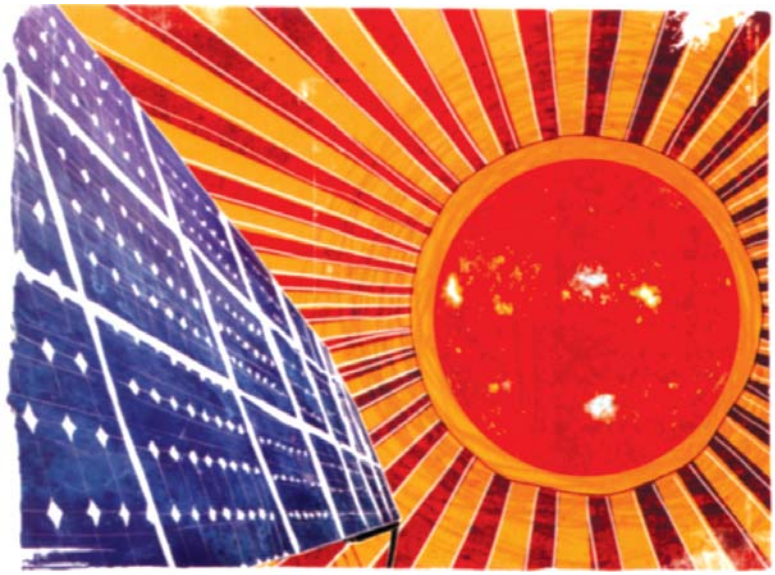
إن المصادر العالية الدرجة نادرةٌ تقريباً، حتى إن المصادر المنخفضة الدرجة ليست منتشرةً على قدم المساواة. ويمكن أن يتسرب ثنائي أكسيد الكربون من بعض الحقول الجيوحرارية، كما يمكن أن يحدُث هناك بعض التلوث، فالماء الذي يجلب الحرارة إلى السطح يمكن أن يحمل مركّباتٍ لا ينبغي أن تترك في الطبقات الصخرية. وفي المناطق الجافة، يمكن أن يمثّل وجود الماء قيداً. والاستثمار على ناطق واسع يتطلّب تقانات، مع أنها تبدو معقولة، لكنها لم تُختبر على هيئة أنظمة عاملة نشيطة.

الرأي

يمكن أن تزداد السِّعة بأكثر من مرتبة في القيمة. وبدون تحسينات مذهلة (دراماتيكية)، لا يحتمل أن تتقدّم على المائية والريحية وتبلغ التراواط.

الطاقة الشمسية

لن نستبعد أي شيء من إعجاز التركيب الضوئي، ولكن النباتات في أحسن الظروف يمكنها أن تحوّل نحو 1% فقط من الإشعاع الشمسي الذي يسقط على أوراقها إلى طاقة يمكن أن يستخدمها أي فرد آخر. وعلى سبيل المقارنة، فإن ألواح الخلايا الشمسية الفوتوفلطية يمكن أن تحول 12-18% من طاقة الشمس التي تسقط عليها إلى كهرباء يمكن استخدامها، وإن المردود الأعلى لنماذج الخلايا يزيد على 20%. إن زيادة سعة التصنيع وخفض التكاليف أدّيا إلى نمو ملحوظ في الصناعة في السنوات الخمس الأخيرة: ففي العام 2002، شُحن من الخلايا الشمسية ما استطاعته 550 ميغاواط إلى أنحاء العالم، وفي العام 2007 كان الرقم أكبر من ذلك بست مرات. والسعة الكلّية للخلايا الشمسية المركّبة تقدر بـ 9 جيغاواط أو نحو ذلك. ومع ذلك، فإن كمية الكهرباء المولّدة فعلياً هي أقل كثيراً، لأن الليل والغيوم تخفض الطاقة الشمسية المتاحة. وللطاقة الشمسية حتى الوقت الحاضر أصغر معاملٍ للسعة من بين الطاقات المتجددة كلها وهو نحو 14%.



ليست الخلايا الشمسية التقانة الوحيدة التي يمكن بواسطتها تحويل ضوء الشمس إلى كهرباء. فالأنظمة الحرارية التي تركّز أشعة الشمس باستخدام المرايا لتبئير حرارة الشمس تسخن عادة السائل العامل الذي يسوقُ بدوره العنفات (التوربينات). ويمكن أن توضع المرايا في أحواض، أو في قطوع مكافئة تتعقب الشمس، أو في صفيفات تبئّر حرارة الشمس على برج مركزي. وحتى الآن، فإن السِّعة المركّبة صغيرة تماماً، وستبقى التقانة دوماً محدودة بالأماكن التي يتوفر فيها كثير من الأيام الخالية من الغيوم –لأنها بحاجةٍ للشمس المباشرة، في حين أن الخلايا الفوتوفلطية يمكن أن تعمل مع الضوء الأكثر انتشاراً.

التكاليف

تبلغ تكلفة تصنيع الخلايا الشمسية في الوقت الحاضر 1.50-2.50 دولاراً أمريكياً لكلّ واط من سعة التوليد، والأسعار هي في المجال 2.50-3.50 لكلّ واط، تُضاف إليها تكاليف تركيب الخلايا الشمسية، ويبلغ سعر النظام الكامل عادة ضعفي سعر الخلايا. وهذا يعني بلغة كلفة الكيلوواط–ساعة على مدى حياة المنشأة أن هذا السعر يتغيّر تبعاً للموقع ولكنه حول القيمة 0.25-0.40 دولاراً. إن أسعار التصنيع تهبط، وستنخفض أيضاً أسعار التركيب لأن الخلايا الفوتوفلطية اندمجت في مواد البناء لتحلّ محلّ الألواح الواقفة من أجل الاستخدامات المنزلية. ويجب أن تصنّع التقانات التجارية بأقلّ من دولار للواط الواحد خلال الأعوام القليلة القادمة (see Nature 454, 558, 559; 2008).

يُقدّر سعر الكيلوواط–ساعة من القدرة الشمسية الحرارية المركّزة من منظور مختبر الطاقة المتجدّدة الوطني في الولايات المتحدة الأمريكية US National Renewable Energy Laboratory (NREL) في كولدن بولاية كولورادو بنحو 0.17 دولاراً أمريكياً.

السِّعة

تتلقى الأرض على سطحها نحو 100000 تراواط من القدرة

الشمسية –وهي طاقة تكفي كلّ ساعة منها لتزويد الإنسانية بحاجتها من الطاقة لمدة سنة. وهناك أجزاء من صحراء صحارا Sahara، أو صحراء غوبي وسط آسيا، أو صحارى أتاكاما في البيرو، أوالحوض الكبير Great Basin في الولايات المتحدة، حيث يمكن توليد جيغاواط من الكهرباء باستخدام خلايا هذه الأيام الفوتوفلطية بصفيفات عرضها 7 أو 8 كيلومترات. ومن الناحية النظرية، يمكن أن تلبى الحاجة العالمية الأولية من الطاقة من أقل من عُشْر مساحة صحارا.

يشير المدافعون عن الخلايا الشمسية إلى حسابات أجراها مختبر NREL الذي يدّعي أن الألواح الشمسية على سطوح الأسقف المستخدمة لأغراض سكنية وتجارية يمكن أن تزود الولايات المتحدة بقدرٍ من الكهرباء في السنة يساوي ما استهلكته الولايات المتحدة في العام 2004. وليست الأمور واعدة إلى هذا الحدّ في المناخات الأكثر اعتدالاً: ففي بريطانيا، يمكن أن يتوقع المرء تشميساً سنوياً بنحو 1000 كيلوواط–ساعة في المتر على الألواح المواجهة للجنوب والتي تراعي في ميلها خطوط العرض: بمردود قدره 10%، وهذا يعني أن أكثر من 60 متراً مربعاً للشخص ستكون ضرورية لتلبية استهلاك الكهرباء في المملكة المتحدة.

المميزات

تمثّل الشمس مصدراً فعّالاً غير محدود للوقود بدون مقابل، وهو واسع الانتشار ولا يترك مخلّفات. وتَقْبل الجماهير التقانة الشمسية وتوافق عليها في أكثر الأماكن –وهي أقلّ عرضة للقلق من وجهة نظر السياسة الطبيعية والبيئية والجمالية من القلق الذي تحدثه الطاقة النووية أو الهوائية أو المائية بالرغم من أن التركيبات الصحراوية الضخمة يمكن أن تثير الاحتجاجات.

يمكن أن نركّب الخلايا الفوتوفلطية بصورة تدريجية في أغلب الأحيان– منزلاً منزلاً ومصنعاً مصنعاً. وفي هذه التركيبات، يجب

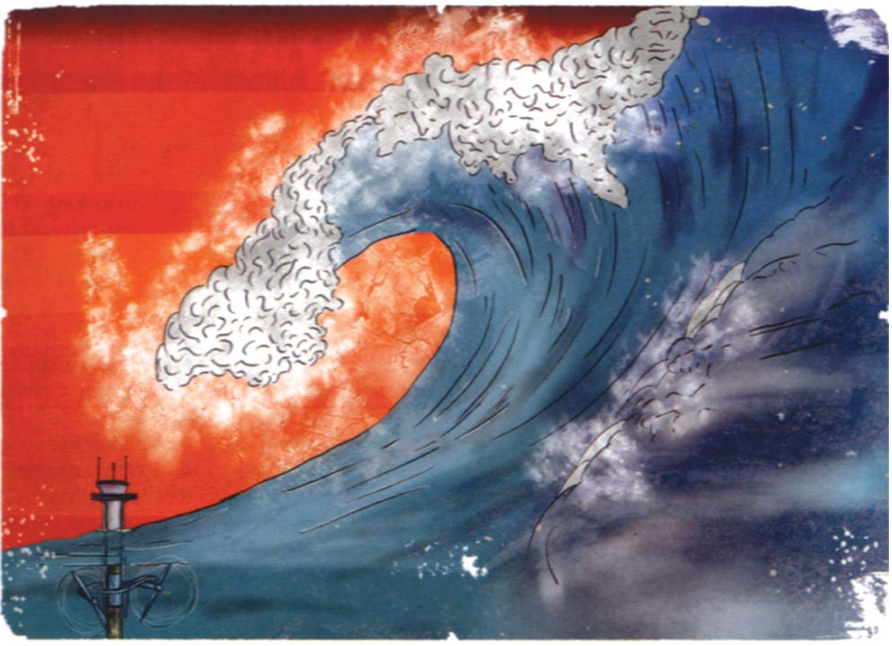
أسر الكربون وخزنه

إن بديل التخلّي عن تقانة الوقود الأحفوري هو في عدم إطلاق غاز CO_2 في الجو. فتقانة أسر الكربون وخزنه carbon capture and storage (CCS) تجرّد الغازات الخارجة من العوادم من CO_2 وتخزنه تحت الأرض. وهذه التقانة يمكن أن تخفض إصدارات الكربون من محطات الطاقة بمقدار 80-90%. وبالرغم من أخذ معاملات دورة الحياة في الحسبان، فإن هذا الرقم يمكن أن ينخفض قليلاً إلى 67%. وتقديرات الكلفة الإضافية جرّاء تقانة CCS تختلف ضمن نطاق واسع اعتماداً على التقانة والموقع، ولكن يمكن أن تضيف ما مقداره 0.01-0.05 دولار لتكلفة الكيلوواط–ساعة. وبالنسبة لمحطات الطاقة التي تعمل بحرق الفحم، يمكن أن تكون التقانة منافسة إذا كانت تكلفة CO_2 نحو 50 دولاراً أمريكياً للطن.

إن جزءاً من تكلفة CCS الإضافية هو المال المستثمر في المحطة الجديدة: يعود هذا الجزء إلى تناقص المردود الاقتصادي بسبب تكاليف الطاقة اللازمة لإزالة الكربون. فمن محطة الفحم الاعتيادية يمكن أن يكون فقد المردود 40%. وفي محطات الطاقة الأكثر حداثة ذات الدورة المختلطة المتكاملة مع التغوير gasification Integrated combined-cycle (IGCC) –التي تكون فيها التكاليف الرأسمالية أعلى، تُنتج مرحلةُ التغوير تياراً من CO_2 يكون أكثر سهولةً في التناول. وهكذا تخفض CCS مردود محطات IGCC بأقل من 20% –فمردودها هو الأعلى للبدء به. وحتى الآن، لا يوجد إلا القليل جداً من محطات IGCC لكن إمكانية فرض ضريبة الكربون، أو زيادة أسعار الفحم بالفعل، قد تقلب السوق وفق طريقتها.

بالرغم من أن التطبيقات المبكرة لـ CCS يمكن أن تركّز على ضخ غاز CO_2 في حقول النفط المستنفدة (حيث يستخدم مسبقاً للمساعدة في استخلاص النَّفَل)، فإن هذه التقانة من المحتمل في النهاية أن تستهدف الأحواض المالحة، التي تمثّل إلى حدٍّ بعيدٍ أضخم سعة لخزن CO_2. وتقع تقديرات السعة المائية في العالم في المجال من 2000 جيغا طن CO_2 إلى نحو 11000 جيغا طن CO_2، بالرغم من أن هذا المصدر ليس موزعاً بالتساوي حول العالم. وإن البرنامج الاستراتيجي العالي لتقانة الطاقة الذي يقوده باحثون في جامعة ماريلاند في الـ College Park يقدّر أن المحطات الرئيسة البالغ عددها 8100 وحدة حول العالم والتي يمكن أن تكون مرشّحة لتكون CCS تصدر حالياً حوالي 15 جيغا طن CO_2 سنوياً. فيمكن للحوامل المائية والحالة هذه أن تقدّم الخزن لقرونٍ وفق مستويات CO_2 الحالية. كما أنها تسمح باستمرار استخدام الفحم في أثناء تقدُّم الجهود لعمل تقانةٍ تقوم على أساسٍ أقلّ تلويثاً.

إن المهمّة ضخمة، ودراسات البرهان الصناعي على جدوى فكرة CCS بالكاد تكون قد بدأت. واحتمال انتشار CCS على نطاقٍ واسعٍ في عشرِ سنوات بل في عشرين سنة منخفض جداً ما لم ترتقي التقانة بصورة عدوانية أكبر بكثير، والمشكلة العظمى هي المقياس. فأسر 60% من CO_2 من محطات الطاقة التي تعمل بحرق الفحم سيعني التعامل مع حجم يومي من غاز CO_2 يعادل تحريك عشرين مليون برميل من النفط في المحيط من قِبَل صناعةِ النفط وفقاً لدراسة أجراها معهد ماساتشوستس للتقانة عام 2007. وإن خلق مثل هذه البيئة التحتية غير ممكن، حتى إن إنشاءها خلال عقدٍ أو عقدين مهمّة عسيرة.



أن يكون سعر التوليد منافساً لسعر بيع الكهرباء بالتجزئة (بالمفرّق) وليس بتكلفة توليدها بالوسائل الأخرى، الشيء الذي يعطي الطاقة الشمسية تعزيزاً مهمّاً جديراً بالاعتبار. وهذه التقانة، كما هو واضح أيضاً، تناسب تماماً التوليد في المناطق البعيدة عن الشبكة. وهكذا، فهي مناسبة للمناطق الخالية من البنية التحتية المتطورة.

إن لدى الخلايا الفوتوفلطية وكذلك التقانات الحرارية الشمسية المركّزة متسعٌ واضح للتحسين، إذ ليس من المستغرب تصوّر أنه خلال عقد أو عقدين استطاعت التقانات تخفيض تكلفة الواط من الخلايا الفوتوفلطية بعاملٍ قدره عشرة، الشيء الذي لا يمكن تصوّره بالنسبة لأي مصدر آخر من مصادر الكهرباء بدون كربون.

المساوىء

إن المحدِّد الأساسي للقدرة الشمسية هو الظلام. فالخلايا الشمسية لا تولّد الكهرباء في الليل وفي الأماكن التي فيها غطاء من الغيوم الكثيفة والتي لا تنقطع ، ويتأرجح توليد الكهرباء بشكل لا يمكن التنبؤ به خلال النهار. تلتف بعض الأنظمة الشمسية الحرارية المركّزة حول هذا الأمر بخزن الحرارة خلال النهار لاستخدامها في الليل (ويُعدّ الملح المنصهر واحداً من أوساط الخزن الممكنة)، وهذا واحد من الأسباب التي يمكن أن يجعل الحرارية منفضّلة على الخلايا الفوتوفلطية في التركيبات الكبيرة. وهناك إمكانية أخرى هي توزع المخزونات ربما في بطاريات الكهرباء أو في السيارات الهجينة.

وتوجد معضلة أخرى تتجلّى في أن التركيبات الضخمة ستكون عادةً في الصحاري، وعليه، فإن توزيع الكهرباء المولّدة سيطرح مشكلة. وقد افترضت دراسة أجراها مركز الطيران الألماني عام 2006 أن أوربة يمكنها حتى العام 2050 أن تستورد 100 GW من تشكيلة من الخلايا الفوتوفلطية والمحطات الحرارية الشمسية عبر الشرق الأوسط وشمال أفريقيا. إلا أن التقرير لحظ أيضاً أن هذا سيتطلّب أنظمة جديدة لتوزيع الكهرباء بالتيار المستمر العالي الجهد.

وهناك عائق محتمل لبعض الخلايا الفوتوفلطية المتقدمة يتمثّل في استخدامها عناصر نادرة يمكن أن تكون عرضة لزيادة التكلفة أو تقييد التزويد بها. وليس جلياً على أية حال ما إذا كان أيٌّ من هذه العوامل مقيداً حقاً –الاحتفاظ باحتياطيات أكبر يمكن أن يكون حيوياً اقتصادياً إذا تزايد الطلب –أو إذا لم يكن هناك بديل للعنصر.

الرأي

وسط هذا السباق الطويل، من الصعب ألا نرى أن الطاقة الشمسية هي التقانة الأكثر وعداً بين تقانات الكهرباء بلا كربون من حيث حجم المصدر ووجود إمكانية لمزيد من التطور التقاني. إلا أنه لا يمكن أن تحلّ مشكلة الطاقة على النطاق العالمي في مجملها إلا بوجود خيارات تخزينٍ معزّزة وذات شأن.

طاقة البحار

تُقدّم البحار صنفين من الطاقة الحركية المتاحة –الطاقة الناتجة عن المد والجزر والطاقة المرافقة للأمواج. ولا تسهم أيٌّ منهما في الوقت الحاضر إسهاماً مهمّاً في توليد كهرباء العالم، إلا أن هذا لم يوقف الحماس لتطوير الخطط للاستفادة منها. فهناك بدون شك بعض الأماكن يقدّم فيها المد والجزر، بفضل الخصوصية الجغرافية، مصدراً قوياً للطاقة. وفي بعض الحالات يمكن أن تُسَخَّر هذه الإمكانية على أحسن وجه بواسطة سدٍ يشكّل خزّاناً يُشبه سد الكهرباء المائية فيما عدا أنه يُعاد ملؤه بانتظام بواسطة جذب القمر والشمس بدلاً من أن يُملأ ببطء بفعل جريان مياه الأمطار وذوبان الثلوج. ولكن هناك خطط مختلفة من أجل سدود المد–جزرية تحت المناقشة –والأكثر جدارة بالذكر هو سد سيفرن Severn Barrage بين إنكلترا و ويلز الذي يَدّعي مناصروه أنه يمكن أن يقدّم ما مقداره 8 جيغاواط– والمحطة على مصب نهر الرانس Rance estuary في بريطانيا بمعدل قدره 240 ميغاواط والتي بقيت أكبرَ محطة في العالم للمد والجزر لأكثر من 40 عاماً من تاريخ دخولها في الاستثمار.

وهناك أيضاً مواقع ملائمة جداً لأنظمة الجريانات المد–جزرية –حيث تدور العنفات المغمورة بالماء في التدفق المد–جزري (أثناء عودة المد) كما تدور طواحين الهواء بفعل الرياح. وأكبر نظام من هذا النوع رُكِّب حتى الآن هو التوربين 1.2 ميغاواط الذي رُكِّبَ هذا الصيف عند مدخل بحيرة سترانفورد strangford lough في إيرلندا الشمالية.

إن أكثر التقانات المستخدمة لالتقاط قدرة الأمواج ما تزال في طور الاختبار. وتعمل الشركات الخاصة خلال صفيفة من التصاميم القوية، التي تتضمّن آلات تتهادى فوق الأمواج كالثعبان تهتز مرتفعة ومنخفضة أثناء مرور الماء فوقها، أو أنها تهبط على طول الشاطئ حتى تُغمر بانتظام بالأمواج التي تغذي التوربينات أثناء انجراف المياه عنها. ويختبر مركز الطاقة البحرية الأوربي، القيادي في الأبحاث، المعدّات بعيداً عن جزر أوركني Orkney Islands التابعة للمملكة المتحدة، حيث يستطيع المصنّعون ربط النماذج الأولية إلى شبكة كهرباء بحرية واختبار مدى قدرتها على تحمّل ضربات الأمواج. فمثلاً، لقد انتقلت شركة بلاميس ويف باور Pelamis waves power التي مقرّها في أدنبرة، بالمملكة المتحدة، من مرحلة الاختبار هناك إلى مرحلة بناء ثلاث آلات بعيداً عن شاطئ البرتغال، والتي ستولّد عند عملها معاً في النهاية ما مقداره 2.25 ميغاواط.

التكاليف

تختلف تكاليف السد بشكل بيّن من موقع إلى آخر ولكنها تقارن إلى حدٍّ بعيد بتكاليف القدرة المائية. فالتكلفة المقدرة بنحو 15 بليون جنيه إسترليني (30 بليون دولار أمريكي) أو أكثر تُقارن بالتكلفة المالية لسد الشمال وهي نحو 4 مليون دولار أمريكي للميغاواط. ويضع تقرير عام 2006 الصادر عن شركة بريتش كاربون ترَست British Carbon Trust التي تشجع استثمار الأموال في الطاقة بدون كربون، تكاليف كهرباء الجريان المد–جزري في المجال 0.20- 0.40 دولاراً أمريكياً للكيلوواط–ساعة، وترتفع التكاليف عند استخدام أنظمة الأمواج إلى 0.90 دولاراً أمريكياً للكيلوواط–ساعة. ولكن أيّاً من هاتين التقانتين ليست قريبة من الإنتاج على نطاق واسع واللازم لحمل مثل هذه الأسعار على الهبوط.

السِّعة

يقدر إنتاج التآثر ما بين كتلة الأرض والحقلين الثقاليين للقمر والشمس بنحو 3 تراواط من الطاقة المد–جزرية –وهو مقدار متواضع إلى حدٍّ ما لمثل هذا المصدر الفلكي، ولكنه كافٍ ليلعب دوراً أساسياً في الحفاظ على تمازج البحار) انظر Nature 447, 522, 524, 2007). وربما هناك في المياه الضحلة من هذه الطاقة ما مقداره 1 تراواط وفيها ما يكفي من المياه للاستثمار بسهولة ولكن المتاح منها واقعياً هو جزء صغير فقط. والشركة الفرنسية للطاقة EDF التي تطوّر القدرة المد–جزرية بعيداً عن بريتاني Brittany (منطقة في شمال غرب فرنسا)، تقول إن قوة الجريان المد–جزري بجانب فرنسا تمثّل 80% من الطاقة المتاحة حول أوربة كلها، ومع ذلك ما يزال المستثمَر أكثر قليلاً من جيغاواط واحد فقط.

تُقدّر قدرة أمواج البحار بأكثر من مئة تراواط. ويُقدِّر الاتحاد الأوربي لطاقة البحار The European Ocean Energy Association بأن المصدر العالمي الذي يمكن الحصول عليه هو ما بين 1 و 10 تراواط، ولكنه يبدو أقل كثيراً مما يمكن استخلاصه بواسطة التقانات الحالية. ويَقْبل تحليل MRS Bulletin الصادر في نيسان عام 2008 أن حوالي 2% من خطوط الشواطئ العالمية يتمتع بأمواج تقدر كثافتها الطاقية بـ 30 كيلوواط على المتر الطولي، وهذه ستوفر إمكانية تقنية تُقدَّر بـ 500 ميغاواط من أجل نبائط تعمل بمردود قدره 40%. وهكذا، ورغم التطوير الهائل فإنه من غير المحتمل أن تقترب قدرة الأمواج من سعة القدرة المائية المركّبة حالياً.

المميزات

إن المد والجزر القابل للتنبؤ به بكل وضوح، حيث تقدِّم السدود المد–جزرية بالفعل في بعض الأماكن القدرة اللازمة للتوليد على نطاق واسع والذي سيكون ذا شأن كبير على نطاق البلد كلها. كما تقدِّم السدود فرصة للخزن المتاحة فيها. أما الأمواج فليست ثابتة –إلا أنه يمكن أن يعوّل عليها أكثر من الرياح.

المساوئ

تتغيّر المصادر المتاحة على نطاق واسع مع الجغرافيا، ولا يوجد في كلّ بلدٍ خط ساحلي وليس في كل خَط ساحلي مد وجزر أو جريانات مد–جزرية أو أمواج مؤثرة بصورة خاصة. والأماكن ذات الأمواج الحارة بشكل خاص تشمل الساحل الغربي لأستراليا، وجنوب أفريقيا، والشاطئ الغربي لأمريكا الشمالية وكذلك الشواطئ الغربية الأوربية. وإن بناء التوربينات التي تستطيع الصمود لعقودٍ من الزمن في الشروط البحرية العنيفة أمر عسير. وللسدود المد–جزرية آثار بيئية، فهي عادة تغمر الأراضي التي سبق لها أن ترطبت داخل المد والجزر، والأنظمة الموجية التي تحيط بأطوال خطوط الشاطئ ذوات المفاجئات التضاريسية يمكن أن يصعب على الجماهير تقبّلها. إن المد والجزر وكذلك الأمواج تميل بطبيعتها للوجود في الطرف النائي من الشبكة الكهربائية، وهكذا فإن إعادة الطاقة تمثل صعوبة إضافية، ومن المعروف عن ممتطي الأمواج أنهم يعترضون أيضاً.

الرأي

إنها صغيرة وقليلة الأهمية على المقياس العالمي.

المؤلف: إيريك هاند E. Hand مراسل مجلة Nature حول العلوم الفيزيائية من مكتبها في نيويورك.

● نشر هذا المقال في مجلة Nature,Vol 454, 14 August 2008، ترجمة د. مصطفى حمو ليلا، عضو هيئة التحرير.

حاسوب المصادم الهدروني الكبير

لقد جعلت خطط التعامل مع سيل المعطيات الدافق من المصادم الهدروني الكبير مختبر CERN لفيزياء الجسيمات، مرة أخرى، طليعياً في الحوسبة، وفي الفيزياء أيضاً. يتحدث أندرياس هيرستيوس Andreas Hirstius عن تحديات معالجة المعطيات وخزنها في عصر علم البيتابايت Petabyte.

الكلمات المفتاحية: البنية المادية للحوسبة المتاحة، حاسب المصادم الهدروني الكبير، بيتابايت (10^{15} بايت)، الشبكة العنكبوتية العالمية المتاحة للعموم، شبكة حوسبة LHC حول العالم، صفوف الحوسبة (4).

في أواسط التسعينيات عندما أجرى فيزيائيو CERN أول تقديراتهم الحذرة لمقدار المعطيات التي ستنتجها التجارب في المصادم الهدروني الكبير، LHC، كانت Intel الشركة المصنعة لمعالجات الحواسيب المكروية microcomputer قد أطلقت تواً معالج بنتيوم الاحترافي Pentium Pro processor. وكان نظامُ ويندوز نظامَ التشغيل المسيطر وإن كان نظام Linux قد بدأ يأخذ زخمه أيضاً. وكان CERN قد أتاح للعموم الشبكة العنكبوتية العالمية World Wide Web public، إلا أن هذا النظام بقي بعيداً جداً عن شمولية خدمات الشبكة all-encompassing network المتوفرة في يومنا هذا. وبلغ سعر الغيغا بايت (10^9 بايت) الواحد من المساحة التخزينية للأقراص عدة مئات الدولارات.

لقد وضعت بيئة الحوسبة تحدياتٍ قاسية أمام علماء الحواسيب العاملين في LHC. ففي البداية اقتضت تقديرات الفيزيائيين الابتدائية أن ينتج المصادم LHC ملايين قليلة من الغيغا بايتات –أي بضعة بيتابايتات petabytes (10^{15} بايت)– من المعطيات كل سنة. وإضافة إلى الكلفة التامة لحفظ هذه المعطيات فإن قدرة الحوسبة اللازمة لمعالجتها ستتطلب نحو مليون حاسب من حواسيب التسعينيات الشخصية. في الحقيقة كان من المتوقع تحسن قدرات الحوسبة بمعامل قدره مئة بحلول الزمن الذي أصبح فيه LHC عاملاً على الشبكة بفضل قانون مور Moore's law الذي يقول إن قدرة الحوسبة ستتضاعف تقريباً كل سنتين. لكن كان من الصعب توقع مقدار قدرة الحوسبة التي ستحتاجها تجارب LHC في المستقبل، وكان على علماء الحوسبة في LHC إدراك أن احتياجات الحوسبة يمكن أن تنمو بسرعة أكبر مما يقوله قانون مور. وكان جزء من الحل يتجه نحو نقل العمليات الحسابية لمواقع خارج CERN. لكن معدلات النقل كانت لا تزال بطيئة نسبياً. ففي 1994 كانت الاتصالات الخارجية الكلية في CERN مساوية فقط لواحدة من الاتصالات العريضة العصابة broad band في هذا اليوم، وهي من مرتبة 10 ميغا بتة في الثانية.

إن المصدرين الرئيسين لتدفق معطيات LHC هما الكاشفان الكبيران ATLAS وCMS اللذان يحوي كل منهما أكثر من مئة مليون قناة للقراءة الخارجية (للخرج) (read-out channels). ومع أربعين مليون مرور للحزمة في الثانية، ستولد القراءة الثابتة الخارجة من كامل الكاشفَ أكثر من بيتابايت من المعطيات في كل ثانية. ولحسن الحظ فإن معظم التصادمات غير هامة، وبواسطة ترشيحها واستبعادها إلكترونياً يمكن خفض تدفق المعطيات دون إضاعة الحوادث الهامة. ومع ذلك فإن الكاشفين ATLAS وCMS وتجربتي LHC الأخريين، وهما ALICE وLHCb سينتجون معاً بين 10 و15 بيتابايت من المعطيات كل سنة والتي يترتب معالجتها وخزنها بشكل دائم مع الحفاظ على إتاحتها في كل الأوقات للباحثين في أنحاء العالم. لقد لَقَّبتْ أقسام IT في CERN، والمعاهد الأخرى التي عملت على حل هذه المشكلة، التعاملَ مع هذه الكمية الهائلة من المعطيات باسم "تحدي LHC".

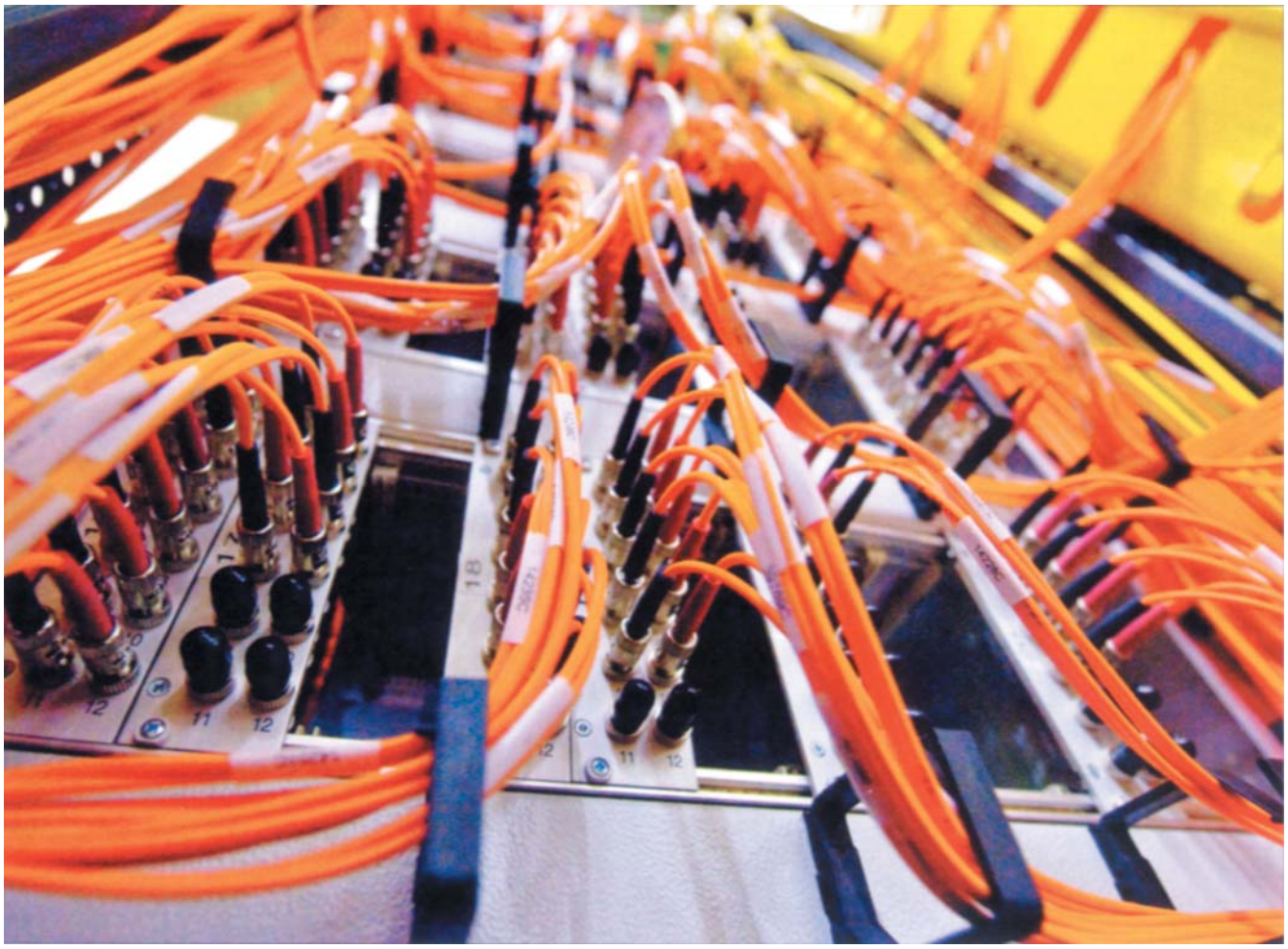
سينتج المصادم الهدروني الكبير نحو 10-15 بيتابايت من المعطيات كل سنة، وهذه يجب حفظها باستمرار وإبقاؤها متاحة للجميع في كل الأوقات.

البناء على الجهود الماضية

إن تقدير متطلبات تجارب LHC كانت أعلى عشرة آلاف مرة من حجم المعطيات وقدرة الحوسبة على سابقاتها باستعمال مصادم الإلكترون البوزتروني الكبير Large Electron Positron (LEP) collider الذي أغلقته CERN في 2000. وفي المدة الزمنية ما بين نهاية عمل المصادم LEP وبداية عمل المصادم LHC أجري عدد من التجارب على السوبر بروتون سينكروترون Super Proton Synchrotron (SPS) الذي سجل خطوات هامة باتجاه الحوسبة لمصلحة LHC. فمثلاً حدث قبل تفكيك LEP لتمهيد السبيل لعمل المصادم LHC أنْ أنتجت التجربة NA48 التي أجريت على فيزياء الكاوون معطياتٍ بلغت ذروتها، إذ قدّرت بنحو 40 ميغا بايت في الثانية– وهذا أقل بنحو 5 إلى 8 مرات مما توقعناه من تجارب LHC أثناء تصادمات البروتون– بروتون. وإذا علمنا أن الهاردْوير (العتاد المتاح) أو كما يقال البنية المادية للحوسبة المتوفرة (تقانة الحوسبة المتوفرة available hardware) يمكن أن تتعامل مع مثلِ معدلاتِ المعطيات هذه كان ذلك مطمئناً لأنه يعني أنه بمرور الزمن اللازم لتشغيل LHC كانت البنية المادية للحوسبة قد تحسنت، بما يكفي للتعامل مع معدلات أعلى.

إن منتجات تصادم الأيونات الثقيلة تزيد بمرتبتين تقريباً على الجسيمات التي تنتج عن تصادم بعض البروتونات ببعض (تصادم البروتون–بروتون) وهكذا تكون معدلات نواتج تصادمات الأيونات الثقيلة بالمقابل هي الأعلى. وحتى أواخر 2002 وأوائل 2003 كانت المتطلبات من مواصفات تجربة ALICE، التي ستستخدم كلا النوعين من التصادمات لدراسة القوة النووية القوية، أن تأخذ المعطيات بمعدل يقارب 1,2 غيغا بايت في الثانية، ولما كانت المتطلبات لتجربة ALICE هي أكبر بكثير من متطلبات التجارب الأخرى، فمن الواضح أنه إذا كانت البنية التحتية للحوسبة يمكن أن تتعامل مع تجربة ALICE فإنها ستستطيع التعامل تقريباً مع أي شيء– وبوجه خاص فإن التعامل مع المعطيات الواردة من التجارب الأخرى لن يُوَلِّدَ أية صعوبة.

ولمعالجة هذا التحدي تعاون علماء الحواسيب في CERN وأعضاءٌ من فريق ALICE على تصميم نظامٍ يستطيع تلقي المعطيات



حصول التوصيل: كل الوصلات في البنية التحتية للحوسبة في CERN يجب أن يعمل بعضها مع بعض حتى ينجح LHC.

بمعدل يساوي 1.2 غيغا بايت في الثانية من أي تجربة وتناولها على وجه صحيح. وقد بُنِيَ النموذجُ الأصلي الأول على نطاق واسع في 2003، وكان من المفترض أن يكون قادراً على تناول معدل معطيات يساوي 100 ميغا بايت في الثانية طوال ساعات قليلة. ولكن هذا النموذج فشل عند الاختبار الأول. وقد استفادت النماذج الأصلية اللاحقة، بعد ذلك، من الدروس التي تعلمتها من النماذج السالفة وكانت قادرة على تناول معدلات أعلى باستمرار.

وثمة مشروع آخر منذ عصر المصادم الإلكتروني البوزتروني الكبير LEP ساعَدَ علماء الحواسيب على بناء المناخ الحوسبي لـ LHC ألا وهو المرفق المتكامل المتنافر الخطي النمو The scalable heterogeneous integrated facility، أو SHIFT الذي كان قد طُور في أوائل التسعينيّات من قبل أعضاء في دائرة الحوسبة في CERN بالتعاون مع تجربة OPAL على LEP. وفي ذلك الوقت كانت الحوسبة في CERN تُجرى كلها تقريباً بواسطة الحواسيب الكبيرة المترابطة في إطار واحد large all-in-one mainframe computers. والمبدأ في أساس SHIFT كان في فصل المصادر المستندة إلى المهمات التي تنفذ: الحوسبة؛ والحفظ على القرص؛ أو الحفظ على الشريط. وكل هذه الموارد (المصادر) المختلفة موصولة عبر شبكة. وقد أصبح هذا النظام الأساس لما يسمى الآن الحوسبة العالية قدرة النقل (الدفق) high-throughput computing.

يمكن فهم الفرق بين الحوسبة العالية قدرة النقل والحوسبة العالية الأداء التي هي أكثر ألفة بالنظر في طريقٍ سريع مليء بالسيارات حيث تمثل السيارات تطبيقات الحوسبة المختلفة. وفي الحوسبة العالية الأداء يكون الهدف بلوغ B من A بأسرع وقت ممكن –ربما بسيارة فراري، على طريق خال. وعندما تتعطل السيارة يتوقف السباق حتى يتم إصلاح السيارة. وفي الحوسبة العالية قدرة النقل يكون الشيء الوحيد ذو الأهمية هو وصول أكبر عدد ممكن من السيارات إلى النقطة B من النقطة A. وحتى لو تعطلت سيارة واحدة فلا أهمية للأمر، لأن المرور سيبقى متدفقاً ويمكن أن تتقدم سيارة أخرى على الطريق.

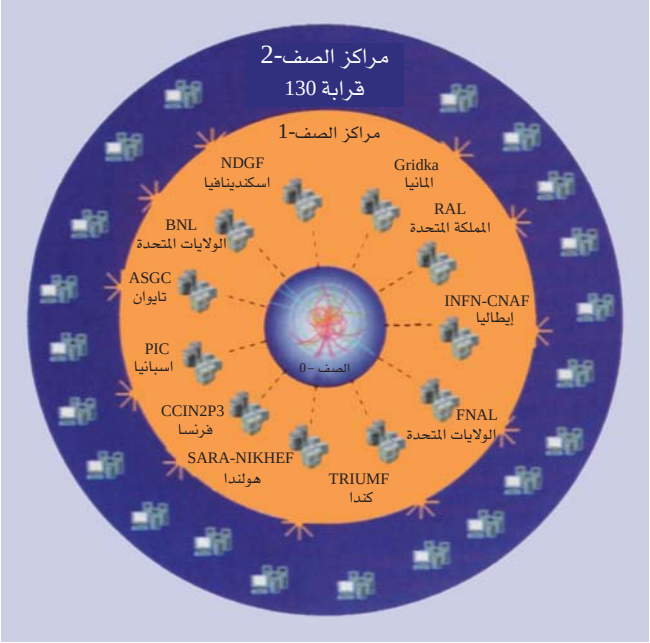
إن الحوسبة العالية النقل تلائم بوجه مثالي فيزياء الطاقة العالية، لأن "الحوادث" المسجلة بالتجارب هي مستقلة تماماً بعضها عن بعض ويمكن لذلك أن تعامل أيضاً باستقلال. وهذا يعني أن تحليل المعطيات أو المحاكيات يمكن أن تُجْرَى على عدد كبير من الحواسيب التي تعمل باستقلال على مقاديرَ صغيرة من المعطيات: ويقال عن حمولة المعطيات إنها "موزعة بدرجة مذهلة" embarrassingly parallel". وعلى النقيض من ذلك فإن التطبيقات على حاسب فائقٍ من الطراز القديم الجيد هي "موزعة بدرجة عالية"؛ فكل مصادر الحوسبة المتاحة، التي هي ربما عشرات آلاف المعالجات تستخدم لمهمة حساب واحدة single computing task.

إن فصل الموارد المختلفة يجعل المنظومة الحسابية SHIFT خطية النمو scalable: وكل مورد يمكن أن ينمو بشكل مستقل استجابة لمتطلبات جديدة، وكذلك فإن البنى المادية (التشكيل الفيزيائي) physical make up لكل مورد كان خارج الموضوع إلى حد بعيد بالنسبة لنظام الحوسبة ككل. وعلى سبيل المثال يمكن إضافة سواقات الأشرطة tape drives إلى النظام دون الحاجة إلى إضافة "آليّة" لمساحة إضافية للتخزين في القرص أيضاً، ويمكن إيقاف retired عقد (وحدات) الحاسب القديمة بسهولة وتركيب عقد جديدة دون إزعاج النظام الكلي. وصفات المنظومة الحسابية SHIFT هذه في شبكة الحواسيب الموزعة بدرجة مذهلة نوعاً ما embarrassingly parallel، هي أنَّ كل حاسب منها يمكن أن يُحَدَّث ليأخذ ميزات قانون مور، والكل يعمل باستقلال على بتاتٍ معطياتٍ bits of data مختلفة– أثبتتْ أنها الأساس الممكن والأفضل لحوسبة عصر LHC.

الحوسبة الموزعة: شبكة LHC

عندما كان الباحثون يطورون ويختبرون أطر برمجياتهم الحاسوبية الخاصة بكل واحد منهم، من أجل أخذ المعطيات، وتحليلها والمحاكاة، تابعت بيئة الحوسبة في CERN وفي مكان آخر النضوج. وعلى الفور تقريباً بعد أن بدأ التخطيط لـ LHC، في أواسط التسعينيات، أصبح واضحاً لعلماء الحاسوب أن قدرة الحوسبة في CERN ستكون أدنى بوضوح من قدرة الحوسبة اللازمة لتحليل معطيات LHC وتنفيذ المحاكيات المطلوبة. ولذلك كان من الضروري إتاحة قدرة الحوسبة في مكان آخر. وكان التحدي في بناء نظام يسمح للفيزيائيين باستعمال قدرة الحوسبة الموزعة حول العالم بسهولة. وهذا النظام يعرف الآن باسم شبكة حوسبة LHC حول العالم Worldwide LHC Computing Grid (WLCG).

كانت بنية شبكة الحوسبة WLCG في صفوف (انظر الشكل 1). وإن مركز CERN للحوسبة هو (الصف-0) وفيه تخزن المعطيات الخام (الأولية) كلها على نحو دائم. وهناك الصف-1 المؤلف من شبكة تضم أحد عشر موقعاً خارج مركز CERN تشتمل على مختبرِ رذرفورد أبلتون في المملكة المتحدة، وعلى مختبرٍ فرعي في الولايات المتحدة وعلى شبكة الحوسبة لأكاديمية سينيكا في تايوان Academia Sinica وكل من المواقع في الصف-1 لديه أمكنة في أشرطة التخزين الدائم.



الرقم–الحرج في الشبكة: ستنتج تجارب LHC معطيات كثيرة جداً لتعالجها CERN وحدها. ولذلك فإن مهمة تحاليل المعطيات وخزنها سَتُلْزِمُ لمواقع مختلفة كثيرة حول العالم عبر شبكة تُعرف باسم شبكة حوسبة LHC حول العالم Worldwide LHC Computing Grid. فمن مركز الحوسبة في CERN (الصف0- من الشبكة) ستُنقَل معطيات تصادم الجسيمات إلى الصف1- ذي الأحد عشر مركزاً على طول وصلات الألياف الضوئية بسرعة فائقة 10 غيغا بتة في الثانية. وهذه المواقع الوطنية ستخزن نحو ثلثي المعطيات الخام في مكتبات شريطية ضخمة، في حين يخزن الباقي في مركز CERN. وسيجري معظم تحليل المعطيات في الحواسيب في نحو 130 مركزاً إقليمياً في الصف 2-. ويمكن أن يسخّرَ الفيزيائيون المنفردون قدرة المعالجة في مراكز الصف الثاني باستعمال الوصلات بين هذه المراكز وتجمعات الحوسبة في الجامعات (الصف-3). وكذلك بين سطوح حواسبهم والحواسيب المحمولة (الصف-4).

وتُصدّر تجارب LHC معطياتها الأولية من مركز CERN إلى مواقع الصف1- المذكورة. وتُجرى جميع تحاليلُ المعطيات الفعلية والمحاكيات في نحو 130 موقعاً في الصف الثاني Tier-2.

وإجمالاً، ستُصَدِّرُ CERN ما بين 2 و5 غيغا بايت من المعطيات الخام إلى مواقع الصف1- في كل ثانية. وعند التخطيط لبدء LHC لم تكن مثل هذه السرعات في النقل ممكنة التطبيق. ومن ثم مع دخول هذا القرن، حيث تقدمت تقانة الألياف الضوئية (البصرية) بما يكفي لصنع أول 10 غيغا بتة عبر القارات first 10 gigabit transcontinental، وخصوصاً شبكة الاتصالات عبر الأطلنطي، المتاحة تجارياً. استجابةً لذلك كونت CERN فريقاً مع معاهد أخرى ومع المزودين بالشبكات، سُمّي مشروع Data TAG للمعطيات الذي استكشف قدرة مثل هذه الروابط السريعة fast links. وبنتيجة التعاون وضع الفريق عدداً من أرقام السرعات القياسية لنقل المعطيات

إن كلمة الخزن الدائم للمعطيات، بالنسبة لفيزياء الطاقة العالية، تعني بالفعل أنه دائمٌ.

إلى مسافات طويلة بدءاً من 5,44 غيغا بتة في الثانية بين جنيف وتسينيفال Sunnyvale بكاليفورنيا في تشرين أول/أكتوبر 2003. (ولأسباب تاريخية قاس خبراء الشبكة المعطيات بالبتة في الثانية. في حين يستعمل خبراء النقل البايت في الثانية، والبايت يحوي ثماني بتات).

وفي خلال سنة بلغت سرعات النقل 7,4 غيغا بتة في الثانية، أي نحو ما يقارب سعة 9 DVDs في الدقيقة لنقل المعطيات من الذاكرة الرئيسية ذات المخدّم الواحد إلى الذاكرة الرئيسية لمخدّم (لمزوّد) آخر. ومحدودية هذه السرعة لم تكن بسبب الشبكة ولكنْ بسبب إمكانات المخدمات. إن الانتقالات من ذاكرة إلى ذاكرة لم تكن سوى البداية ذلك لأن المعطيات الفعلية ستنقل من الأقراص، وهذا يتطلب الكثير. ومع ذلك كان في الإمكان، في 2004 باستعمال مخدمات موصولة إلى نظام للقرص التجريبي، نقل 700 ميغا بايت، أو ما مقداره CD واحد منَ المعطيات، في كل ثانية، من جنيف إلى كاليفورنيا بدفقةِ قراءةٍ واحدة من قرصٍ –أسرع بأكثر من عشر مرات من السواقة الصلبة العيارية في الحاسوب المكتبي هذه الأيام. وهذه بينت أن وصلات الشبكة لن تكون مشكلة، وأن المعطيات يمكن أن تنقل بالفعل من CERN إلى أي من مواقع الصف1- بالسرعات المرغوبة لنقل المعطيات. وإن CERN موصولة الآن بجميع مواقع الصف1- بالاتصال بواسطة شبكة واحدة على الأقل تستطيع نقل المعطيات بسرعة 10 غيغا بايت في الثانية.

ماذا نصنع بالمعطيات؟

إن تحديات حوسبة LHC تتضمن أيضاً أكثر بكثير من المشاكل العادية، من مثل فهم كيفية بناء عدد كبير من الآلات على وجهٍ مجدٍ، وترتيبها، ومراقبتها وكشف الخلل والصعوبات، وفي النهاية كيفية إيقاف الآلاف من الآلات. والمهمة الأخرى التي تبدو "عادية" كانت مسألة خزن المعطيات التي تطلبت دراسةً جدية مبكرة في مرحلة التخطيط. وأحد العوامل الرئيسة في التخطيط عموماً هو ذاك الذي يخصّ CERN وفيزياء الطاقة العالية، وكان ذلك في أن الخزن الدائم لم يكن ليعني حقيقة الدوام. وبعد أن أقفل مصادم LEP بذل الفيزيائيون جهودهم لإعادة تحليل كل المعطيات الخام التي تم إنتاجها خلال 11 عاماً. ويمكن أن يكون LHC قد أنتج ما يبلغ 300- 400 بيتابايت من المعطيات الخام على مدى عمره المقدر بنحو 15 عاماً؛ وتوقع الفيزيائيون أن تبقى كل المعطيات في متناول اليد على مدى عدة سنوات بعد إقفال المصادم.

والمعطيات التي استخدمت في الحسابات كانت مخزنة على أقراص، وبالطبع فإنه على المدى الطويل، تعتبر المعطيات المخزنة على أشرطة وحدها "آمنةً". ولم تبرهن أية تقانة غيرها قدرتها على خزن كميات ضخمة من المعطيات بصورة موثوقة لمددٍ طويلة مع بقاء أسعارها معقولة. وهذه الأشرطة موضوعةٌ في مكتبات يمكنها استيعاب ما يبلغ 10 000 شريط وما يبلغ 192 سواقة tape drive في المكتبة الواحدة.

وللتوثق من أن المعطيات تبقى في المتناول تنسخ كل المعطيات الأولية إلى جيل جديد من الوسط الشريطي tape media حيث تصبح متاحة يمكن الوصول إليها. وكان هذا قد حدث في التاريخ كل ثلاث إلى أربع سنوات، مع أن خطوات التغيير قد تسارعت حديثاً. وبالإضافة إلى حماية المعطيات الخام النفيسة من الاستعمال المعتاد ومن البِلى في الأشرطة الخاصة فإن مثل هذا التجديد الدوري المنتظم يخفّض عدد الأشرطة، لأن الأشكال الأحدث منها تكون على العموم ذات سعات أكبر. ويصبح الوصول إلى المعطيات أسرع مع كل تحديثٍ تالٍ لأن سرعة السواقات الجديدة أكبر. وتكدّس الأشرطة القديمة في علبها وتغلف بالبلاستيك وتخزن مع عدد من سواقات الأشرطة للتحقّق من إمكانية قراءة الأشرطة الأصلية من جديد. وتحفظ نسخ الأشرطة الاحتياطية أيضاً في مواقع متعددة multiple sites في أبنية مختلفة وذلك في محاولة لتقليل الضياع إلى الحد الأدنى فيما إذا وقعت أي كارثة.

ويترتب على تجارب LHC أن تختزن، إضافة إلى المعطيات الفعلية من تصادمات الجسيمات، "الشروط" التي عمل عندها الكاشف (أي التفاصيل عن الكاشف نفسه مثل المعلومات عن المعايرة والتراصف calibration and alignment) حتى يمكن في الواقع تنفيذ التحاليل والمحاكيات الصحيحة المناسبة. وهذه المعلومات تحفظ في ما يسمى شروط قاعدة المعلومات في مركز الحوسبة لـ CERN، ومن ثم تنقل إلى مواقع (الصف-1) أيضاً. لقد احتاجت تجارب LHC إلى إجراء تغييرات في قاعدة البيانات 200 000 مرة في الثانية، إلا أن النموذج الأصلي المستخدم لتداول المعلومات لا يمكن أن يتناول إلا 100 تغيير في الثانية. وبعد بعض الجهود المكثفة لحل هذه المشكلة غيّر أوراكل Oracle فعلياً برنامج قاعدة المعطيات بحيث يسمح لتجارب LHC بتلبية المتطلبات؛ وأوراكل هو المصنِّع لقاعدة البيانات وهو على اتصال مستمر لتزويد CERN بالبرمجيات.

يقول الشركاء الصناعيون شيئاً واحداً عن CERN وعن فيزياء الطاقات العالية هو أن المتطلبات تسبق عدة سنوات كل شيء آخر عملياً. ويقول بات جيلسينغر Pat Gelsinger وهو موظف رسمي عالي الرتبة في مجموعة المشروع الرقمي الجديد في شركة Intel (التي عملت مع فريق IT في CERN سابقاً). إن CERN تؤدي دور "عصفورِ الكنار في منجم للفحم". ومنذ الدخول إلى CERN والتعاون مع الفيزيائيين العاملين في التجارب أو مع قسم تقانة المعلوماتية IT، كانت الصناعة قادرةً على معالجة مشاكل الغد وحلها اليوم.!

إن تحدي LHC الذي يواجه علماء الحاسوب في CERN بلغ من الضخامة مبلغ التحدي لمهندسيها وفيزيائييها. فالمهندسون بَنَوا أكبر وأعقد آلة وكواشف على كوكبنا، يضاف إليها إنجازات كثيرة أخرى لا يمكن وصفها إلا بأنها فائقة الأفضلية superlatives. وعلماء الحاسوب، من جانبهم، تمكنوا من تطوير بنيةٍ تحتية للحوسبة تستطيع التعامل مع مقادير هائلة من المعطيات، وبهذا حققوا إنجاز كل متطلبات الفيزيائيين، بل ذهبوا في بعض الأحيان إلى أبعد منها. وتتضمن البنيةُ التحتيةُ هذه WLCG التي هي أضخم شبكة في الوجود، والتي ستكون لها تطبيقات متعددة في المستقبل. ولما كان الفيزيائيون يملكون الآن كل الوسائل التي أرادوها طوال هذه المدة، فإن سعيهم لكشفِ المزيد عن أسرار الطبيعة يمكن أن يبدأ.

المؤلف: أندرياس هيرستيوس A. Hirstius فيزيائي تحول إلى الحوسبة، وهو الآن المدير التقني لمختبر CERN المفتوح ولمدرسة الحوسبة؛ e-mail: andreas hirstius @cem. ch.

● نشر هذا المقال في مجلة Physics World, 11 November 2008،
ترجمة د. مصطفى حمو ليلا، عضو هيئة التحرير.

من الصحراء إلى حافة الفضاء

*لا تحتاج جميع إطلاقات ناسا إلى صواريخ وعدٍّ تنازلي، فهذا إيريك هاند **Eric Hand** يتصور البديل في فورت سومنر بمدينة نيومكسيكو.*

الكلمات المفتاحية: الرصد بالمناطيد، خلفية الأمواج المكروية الكونية، مناطيد الضغط المنعدم، مناطيد الضغط الفائق.

استهلّ مارك كوبل Mark Cobble يومه باكراً قبل بدء الإطلاق. إضاءة ترصّع السماء في الأفق، وأضواء هالوجينية تغمر حظيرة ناسا بطوابقها الثلاثة. الصحراء هادئة حول مطار Fort Sumner البلدي في نيومكسيكو، ويتقطع سكونها فقط بهمهمات مولدٍ وصفعات جنيح العادم على ظهر شاحنة الهليوم وحفيف ريح واهية في شجيرات هزيلة تتحاكك. إن خشخشة الرياح تكاد تزعج كوبل، قائد طاقم ناسا المكلف بهذا الإطلاق والذي بدأ يتهيأ للتحرك.

منذ الثانية والنصف يتابع مدير المطار كل نصف ساعة أو ما يقارب ذلك إطلاق مناطيد اختبار الطقس التي لا يتجاوز قدّها قدّ بالونات الشاطئ. روس هايس Ross Hays، اختصاصي الأحوال الجوية السابق في CNN، يعمل الآن مع ناسا، وموجود في الموقع منذ الواحدة لجمع معطيات الطقس، متسلحاً بقارورتين من القهوة وبعض الغذاء.

يتبادل كوبل العبارات مع هايس، فيقول الأول: "هل هناك احتمال للأمطار؟"، فيجيبه الثاني متفائلاً: "قطعاً لا، لا شيء هنا يشير إلى ذلك في هذه المنطقة، والجو صحو تماماً فوق نيومكسيكو".

يتفحص كوبل معطيات الطقس المجمّعة من القوى الجوية، وخدمة الطقس الوطنية وشبكات الأجهزة في المدارس العليا العامة، فيدرك تماماً أن حالة الرياح مثيرة للقلق. إن حالة الرياح مقلقة بالفعل، غير أن الطقس سيميل إلى السوء أكثر مع نهاية الأسبوع. ويختتم ملاحظاته قائلاً: "سنرى كيف ستتم الأمور ونأمل بالأفضل".

وفرت المناطيد ولمدة طويلة بديلاً رخيصاً للإطلاق الصاروخي. حتى وإن لم تكن المناطيد قادرة على الارتفاع فوق الغلاف الجوي، بسبب طبيعتها، فهي مهيأة لتجاوز 99% منه، مخلفة تحتها الغبار والتأثيرات الجوية وبخار الماء. وفي ثمانينيات القرن الماضي، قامت ناسا بإطلاق ثمانين منطاداً سنوياً كجزء من برامجها الفلكية وبرامج كيمياء الغلاف الجوي؛ يحمل المنطاد مقاريب تزن طناً أو أكثر وقد أنجزت اكتشافات وتقييمات استثنائية. يمكن للحسّاسات المعلقة في أسفل المناطيد أن تستخدم مرة بعد مرّة، وذلك من خلال استعادتها بوساطة محاولات الإنزال في محطات أرضية، على عكس أخواتها المحمولة على الساتلات.

المجالات التي تقدمت فيها المناطيد

خلفية الأمواج المكروية الكونية

في العام 1998 أنجز مشروعٌ اسمه الرصد بالمناطيد للإشعاع المليمتري والجيوفيزياء خارج المجرّة Balloon Observations of Millimetric Extragalactic Radiation and Geophysics (BOOMERanG) خارطة المقاس الدقيق لخلفية الأمواج المكروية الكونية في جزء من السماء، وقدّم برهاناً على "تسطحها". وتمكّن تحليق لاحق في العام 2003 من كشف بعض الاستقطاب في الخلفية، متوافقاً مع فترة "توسع" في المرحلة الكونية المبكرة جداً.

جسيمات مضادة

أنجزت تجربة مقياس الطيف الفائق الناقلية المحمول بالمنطاد (BESS) تسعةَ تحليقاتٍ مدة كل منها يوم واحد بين العامين 1993 و2002 وكشفت عن أكثر من 2400 بروتون مضاد، مما ساهم بـ 80% من تسجيلات المادة المضادة الواردة إلى الأرض. وكشفت تحليقات أطول مدة وأكثر حداثة عن تقييدات حول وجود هليوم مضاد. تنافس هذه الأجهزة حساسية مقياس الطيف المغنطيسي بجسيمات ألفا الذي تبلغ كلفته 1.5 بليون دولار، وهي بانتظار تحميلها على محطة الفضاء الدولية.

المستعر الفائق 1987a

عندما انفجر المستعر الفائق العجيب على مرّ القرون، أثناء هبوط المكوكات الفضائية الأمريكية على الأرض، أُطلق كاشف، ربما كان محلقاً على المكوك، بوساطة منطاد من القطب الشمالي. وبالرغم من إخفاق ذلك الجهد الرائد، إلا أن عدة مهمات بالمناطيد في أستراليا على مدى العامين اللاحقين كشفت أشعة صدرت عن الانفجار، تؤكد النظريات حول التفكك الإشعاعي لمخلفات النجوم.

ومع ذلك، فقد تناقص باطّراد عدد إطلاقات ناسا للمناطيد فيما بعد الثمانينيات، إذ اقتصر عددها في العام الماضي على 17 منطاداً فقط. يُفسَّر ذلك جزئياً بتغير طبيعة التجارب والمراقبات التي يريد فيزيائيو الفضاء تنفيذها، ونذكر منها تلك التي يمكن إنجازها بسهولة وبسرعة، مثل نتائج التعليق المنخفض لمقاريب على ارتفاع 30 كيلومتراً في السماء. تحتاج معظم التجارب الآن لتحليقات أبعد وأجهزة أكثر تعقيداً، ومن هنا جاءت ضرورة تصنيع نوع جديد من المناطيد، وبخاصة ذاك الذي له شكل يقطينة ذات طيّات مغلفة ببلاستيك أحمر واقٍ في حظيرة Fort Sumner، والذي يحاول كوبل وملاّحوه إطلاقه من موقع كولومبيا العلمي للمناطيد Columbia Scientific Balloon Facility (CSBF) التابع لناسا. ولقد صُنِّع من نسيج لا يزيد سمكه على سمك بلاستيك الأكياس المستهلكة، ويصل قطره، بعد نفخه وإطلاقه، إلى 54 متراً و يزيد حجمه على حجم 600 باص ثنائيّ الطابق. وإذا تمت جميع الأمور بنجاح فسيقدم حلاً لمشكلة مستعصيةٍ في مجال المناطيد العلمية، ألا وهي عدم إمكانية بقائها لمدة طويلة في الجو. فاستناداً لمُصمّميه، يمكن لهذا النمط من المناطيد أن يبقى في الجو لعدة شهور في كل مرّة.

التحليق عالياً

تُملأ جميع المناطيد العلمية بغاز الهليوم. أما في المناطيد العادية، المسماة أحياناً بالمناطيد ذوات الضغط المنعدم، حيث يكون ضغط هذا الهليوم القابل للطفو مساوياً للضغط الجوي الخارجي، وبالتالي تتغير حجوم المناطيد بتغير درجة الحرارة. وهذا يعني، إذا أُريد الحفاظ على سوية ارتفاعه، أن يتخلى المنطاد عن بعض الغاز نهاراً ويُحقنُ ببعض منه ليلاً. وهذا يحدُّ من فترة مهمة المنطاد، ليحصرها عادة في عدة أيام. أما في شروط مستقرة كما في حالة ثبات ضوء النهار يمكن لمناطيد الصيف القطبي أن تستمر بمهمتها لمدة أطول. ففي العام 2005 حلق منطاد ناسا ثلاث مرات حول القطب الشمالي بمدة تحليق قياسية بلغت 42 يوماً. وعلى الرغم من أن هذه المدة تعتبر كافية لفيزيائيي الفضاء المتتبعين لمعطيات تخص أشياء مثل الأشعة الكونية، فإن الفترات الأطول هي أكثر تفضيلاً. وباستثناء تتابع الليل والنهار فإن الفترات الطويلة ستسمح أيضاً بتنفيذ المهمات انطلاقاً من مناطق أسهل منالاً من القطب الشمالي، وستنفذُ بيسر أكثر متطلبات المراقبين الذين يرغبون بالعمل في الظلام.

صمّم المنطاد المزمع إطلاقه من Fort Sumner ليوفر هذه الميزات من خلال محافظته على حجم ثابت، أي ما يقابل ضغطاً ثابتاً. ففي بعض الأوقات سيكون ضغط الغاز الداخلي أعلى من الضغط في الجو الخارجي، ولهذا السبب يطلق على هذه التصاميم مناطيد الضغط الفائق. يتم تقييد تغيرات الضغط بوساطة أوتار بالغة القوة موجودة في أضلاع المنطاد ومصنوعة من الزيلون Zylon، وهو بوليمير يستخدم أيضاً لحماية حلبات سباق السيارات. يتوقع علميو ناسا أن مناطيد الضغط الفائق يمكنها البقاء عالياً مدة 100 يوم أو أكثر (انظر صورة المنطاد). ونظراً لكونها أقل عرضة للتلف تجاه تعاقب الليل والنهار فإنها تفتح إمكانية رحلات متكررة على ارتفاعات متوسطة

حول الأرض أيضاً. وهذا ما يسمح برقعة سماء أوسع للمشاهدة ويُدخِل الفلكيين اللّيليين في اللعبة على نحو تام أيضاً.

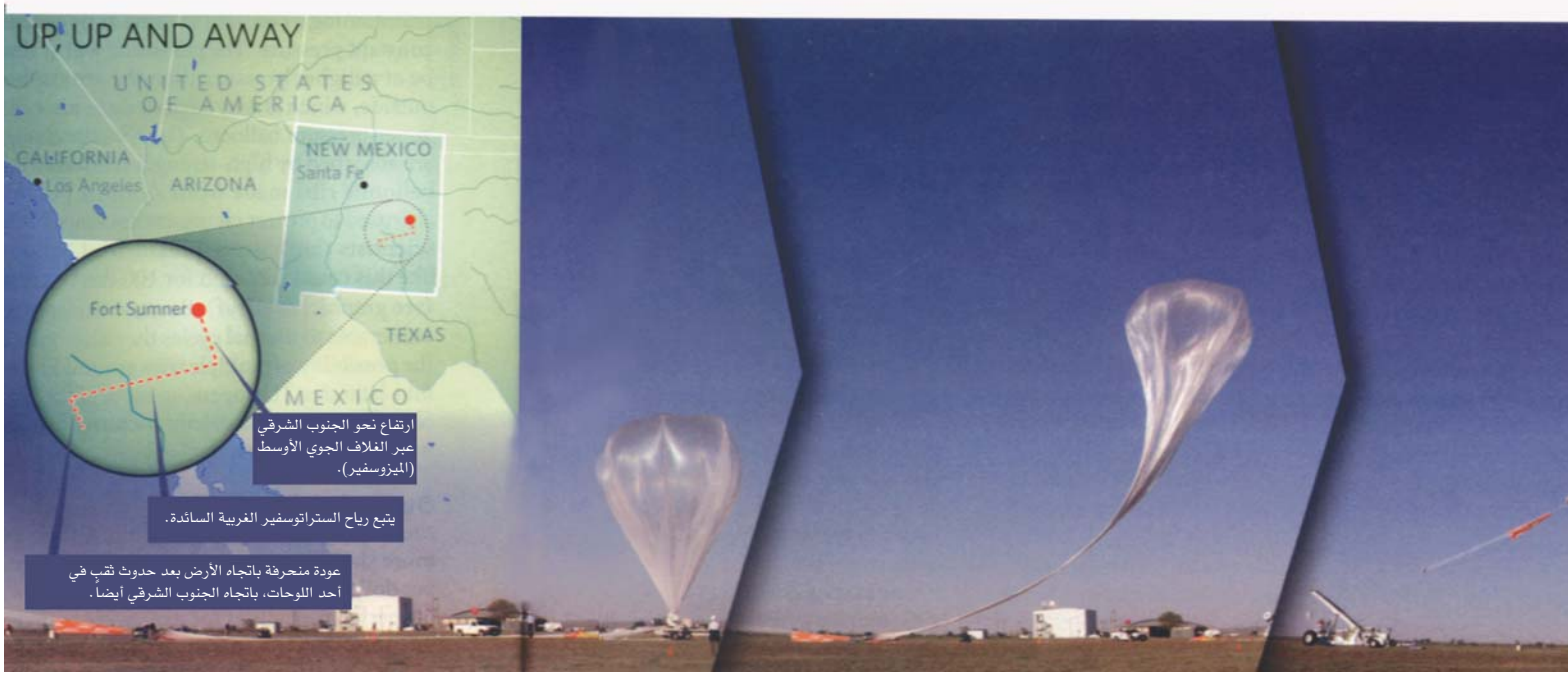
ساتلات مُحسَّنة التصنيع

تزداد رقعة السماء القابلة للدراسة مع تزايد زمن التحليق، ومع تزايد رقعة سماء الفترة الليلية تزداد رقعة السماء المدروسة على مدار العام. وبلغة تكلفة العلم بالدولار، فإن قدرة المناطيد القوية جداً ستطوّر صناعة الساتلات من أجل مجال مهمات أوسع ممّا تسمح به التكنولوجيا الحالية. فيقول سيمون سووردي Simon Swordy، مدير معهد إنريكو فيرمي في جامعة شيكاغو، الذي يرغب باستعمال المناطيد لدراسة قصة الأشعة الكونية في درب اللبّانة: "هناك جماهير كثيرة تنتظر اليوم الذي تصبح فيه هذه التكنولوجيا أكثر نضجاً، لكن عليهم إثبات صلاحية هذه التقانة قبل أن يبدأ العاملون في ناسا تبنّيها بشكل جدّي".

إن تحقيق هذا الإثبات ليس بالأمر السهل؛ فالمناقشات حول مناطيد الضغط الفائق تدور هنا وهناك منذ مدة. فقد كتبت عنها مجلة Nature بحماسة منذ خمس سنوات مضت (Nature 421, 308-309, 2003). غير أن نجاح التحليق يبدو مراوغاً. فالاختبار في Fort Sumner يشكل جزءاً من المحاولة الأخيرة للقيام بشيء ما في هذا المجال. والإخفاق قد يعرض لخطر زيادة ميزانية خطة ناسا للمناطيد العلمية، إذ تطالب هذه الخطة بتمويل المناطيد بزيادة قدرها 50% على مدى السنوات الأربع القادمة، لتكون جاهزة للإفادة جزئياً من تقانة الضغط الفائق كي تنتقل من نموذج بدئي حسّاس قابل للتسامح إلى أداة متينة ونافعة. يجب أن تمر تجربة التحليق بسلام، ويجب على طقس نيومكسيكو أن يتعاون مع كوبل.

في السادسة صباحاً دخلت مجموعة كوبل في معمعة العمل. إعلان ضخم، وشاحنة بحمولة 45 طناً تقيّد المناطيد حتى آخر لحظة، تتحرك بتثاقل إلى رقعة من رصيف متصدع كثير الأعشاب. سماء متبدّلة الألوان من الأسود إلى الأزرق ومن ثم البنفسجي، والشمس البازغة تكشف عن عنفات ريحية على تلة بعيدة –ليس هناك إشارة تشجع مطلقي المنطاد. وفي الوقت الذي يقوم فيه فريق الإطلاق بخلع المنطاد من الغلاف الشبيه بقشرة الموز والبحث عن ثقوب والتواءات، كان دانّي بال Danny Ball، رئيس كوبل ومدير CSBF في تكساس، يمشي الهوينى مرتدياً كنزة فضفاضة تعلوها قبعة حمراء.

جرت إطلاقات كافة مناطيد ناسا تحت إشراف بال، وقد جسّد بال ثقافة الياقة الزرقاء في برنامج الإطلاقات، ويعطي إحساساً فضاً. وقبل أن ينخرط في عالم المناطيد عمل على مراكب حفر بعيداً عن الشواطئ في المحيط الهادئ. وأثناء قيام الجماعة بنشر



غلاف المنطاد خلف الإعلان الضخم كان يقول: "يعمل علميو الساتل في غرف نظيفة مزودين بدورات تدريبية لمدة عشر سنوات ومعاينات غير محدودة. أما نحن فليس لدينا غرف نظيفة، ولم نكن نحصل على شيء من هذا".

أداء أكبر للدولار

الفرق ينعكس في التكلفة. فمعظم الساتلات التي تحمل الأجهزة العلمية وتثبتها وتغذيها بالقدرة تصنعها شركات عاملة في الصناعات الفضائية مثل بوينغ Boeing أو لوكهيد مارتن Lockheed Martin بأسعار تصل إلى ملايين الدولارات على الأقل. هذه الشركات وبعض مثيلاتها تبيع قاذفات الصواريخ بأسعار مشابهة. أما مناطيد ناسا فكانت الكلفة الإجمالية لكل منها تساوي 250000 دولار أمريكي على طاولات عمل نجوم الفضاء في Sulphur Springs، في تكساس، وهي شركة تصنع في الوقت نفسه رقائق البولي إيتيلين المستخدمة في الأكياس المستهلكة. فالسطح الخارجي والأوتار التي تستخدم في مناطيد الضغط الفائق يزيد ثمنها قليلاً على 1.5 مليون دولار أمريكي، وهذا لا يقارب أبداً ثمن قاذف الساتل. وأكثر الأجزاء كلفة في مثل هذه المهمات هي الأجهزة نفسها التي تستخدم في مهمات الساتلات. لكن يمكن لهذه الأجهزة أن تعلق بالمنطاد بوساطة كابلات من الفولاذ، ولا توجد حاجة للعزل الحراري أو لمكونات ذات تقانات عالية كما هو الحال في أنابيب الساتلات. حتى أن بال يطالب بإطلاق جهاز لا يزال مركوناً على منصة تصنيعه.

ليس الفارق بالتكلفة فقط. فبالمقارنة مع المعطيات الأكيدة هنا وهناك حول المناطيد، يعدُّ تطور الساتل بطيئاً وقد يؤدي إلى النفور منه. يمكن للتجهيزات المثبتة على المناطيد أن تحلق لعدة سنوات قبل أن تحلق مكافئاتها، أو المتحدرة منها، في الفضاء. ففي العام 1998، أدت مشاهدات المنطاد في تجربة حول الإشعاع المليمتري والجيوفيزيائي خارج المجرّيّ Balloon Observations of Millimetric Extragalactic Radiation and Geophysics (BOOMERanG) إلى دراسة خلفية الأمواج المكروية الكونية في جزء من السماء، حيث قدمت تأكيدات مهمة حول تسطح الكون سبقت بذلك بعض النتائج التي صدرت فيما بعد عن مسبر ويلكنسون للأمواج المكروية المختلفة الخواص ذي التكلفة العالية جداً. وفي أواخر العام 2008، ستبدأ محطة الفضاء البالغة كلفتها 940 مليون دولار أمريكي والتابعة لوكالة الفضاء الأوربية باستخدام تجهيزات ذات تصميم مماثل من أجل حصولها على خريطة لخلفية السماء بأكملها.

وبحسب أندرو لانج Andrew Lange، الفيزيائي الفلكي في معهد كاليفورنيا للتكنولوجيا والذي كان في فريق BOOMERanG، يمكن للمنطاد حالياً أن يحلق بشكل أكثر إثارة للإعجاب. ولدى لانج خطط لجهاز يسمى SPIDER الذي سيقيس الاستقطاب في خلفية الأمواج المكروية، وبالتالي سيكشف عمل أمواج الجاذبية في الكون البدائي. وإذا ما تمكن من وضع هذا الجهاز ضمن إحدى الإطلاقات التجريبية الأولى لمنطاد فائق الضغط، كما يتمنى في مدة سنوات قليلة، فإنه يفكر بأن مثل هذه القياسات قد توفر إثباتاً أكيداً على توسع الكون، وبالتالي يثير عرضاً لمهمة فضائية لم يؤسس لها بعد، وهي مسبار التوسع الكوني، والتي من المستبعد أن تظهر مبكراً قبل نهاية العقد التالي.

يرحب الأكاديميون باستكمال مفهوم سريع لتجارب المنطاد ليس كطريقة لتحليق معدات عاجلة فحسب، بل كمنظومة مسبقة الصنع لزيادة عدد درجات الدكتوراه أيضاً. ويقول أحدهم: "إن المقاس الزمني لبناء منطاد وتحليقه والحصول على معطيات هو المقاس الذي يحتاجه طالب الدكتوراه للاطلاع على العملية منذ البداية وحتى نهايتها".

الصعود

عند السابعة تماماً، وخلال هدوء طويل سبق الانطلاق، كل واحد حول منطاد الاختبار يضع سدادات الأذن. يقوم كوبل بفتح صمامات على شاحنة الهليوم ومع دفعة عالية من الهسيس، يتسلل الغاز إلى الأنابيب ومن ثم إلى المنطاد. لم يكن دخول الغاز مباشرة إلى المنطاد الفائق الضغط، وإنما إلى منطاد جرٍّ موصول بالقمة ليرفع المنطاد الأساسي إلى الأعلى. ويتم عندها إدخال 900 متر مكعب من غاز الهليوم إلى المنطاد الأساسي، أي ما يعطيه مكافئ جاذبية مضادة تدفع المنطاد للأعلى يعادل وزن سيارة صغيرة. وبعد مضي عشرين دقيقة، قام كوبل، الواقف مقابل جرس ضخم، برفع عتلة ويحرر المنطاد من خابور مرتبط بنابض. بضع وعشرون من الوجوه التي غيرتها عوامل الجو، وبعيون ذابلة، تتابع المنطاد وهو يصعد إلى أن اختفى في وهج شمس ما تزال تعانق الأفق.

تنفس فريق CSBF الصعداء واستراح. لكن المهندسين الذين صمّموا المنطاد وبنوه ظلّوا معتكفين في الخيام. ففي سوية الأرض يظل المنطاد بعيداً عن توسعه الكامل، فمن المفترض أن يأخذ حجمه النهائي عند ضغط شديد الانخفاض في طبقة الستراتوسفير فقط. أما المناطيد التي سبقته فقد أخفقت في الوصول إلى هذه الحالة. ففي العام 2001 كان يحدث شيء غريب عند إطلاقات الاختبار، إذ لم يحصل الانتفاخ التام للمناطيد على الإطلاق عند الارتفاعات المماثلة. بقيت مادة المنطاد متغضنة تشبه نتوء عمود فقري أو قطبة لها شكل الحرف S مغروزة على كرة البيسبول. وهو ما يؤدي إلى عدم استقرار يمنع المنطاد من أداء أية مهمة فعلية.

لقد دعي المهندسون الإنشائيون لحل المعضلة. فوجدوا أن هناك كمية زائدة من المواد ما بين الأوتار الطولية عند أقطاب المنطاد. ونتيجة لذلك، تنزع المناطيد إلى الانطواء على نفسها من أجل إنقاص التوتر. ويقول هنري كاثي Henry Cathey، مهندس ناسا في مختبر العلوم الفيزيائية بجامعة نيومكسيكو الوطنية في لاس كروسز: "يتراءى للبعض: أنه مجرد منطاد. فإلى أي حدٍّ يمكن أن يكون قاسياً؟ لكنه ذو بنية معقدة".

في حظيرة المناطيد، يراقب المهندسون بث الفيديو الحي من كاميراتين مثبتتين في العربة تحت المنطاد وموجهتين نحو الجزء المنتفخ منه. يبدو الجزء السفلي من المنطاد كزهرة متفتحة. وعند صعود المنطاد بسرعة 18 كيلومتراً في الساعة، تأخذ طياته بالاختفاء واحدة تلو الأخرى، باستثناء واحدة منها موجودة في موقع الساعة الثانية على الوجه السفلي للمنطاد. والمهندسون يستعجلون الطيّة المتمردة قائلين: "هيّا تقدمي، هيّا تقدمي، امنحي الكلب عظمة".

أخيراً، وفور وصول المنطاد إلى ارتفاع يقارب 30 كيلومتراً، انبسطت الطيّة الأخيرة، فانفرجت الأسارير في الغرفة وبدؤوا يتصافحون بالأيدي. طفا المنطاد غرباً لمدة ساعة قبل أن يحدث الفريق ثقباً في أحد ألواحه. سقطت الحمولة المعدة ومظلتها باتجاه المنطقة الجرداء من جبل كابيتان في غابة لنكولن الوطنية، على بعد يزيد على 100 كيلومتر وحطت بسلام، متدلية فوق بوابة ذات قضبان متشعبة وشجرات أحد مربي الماشية. أما المنطاد فقد انزاح 20 كم باتجاه الريح. لقد أنجز الهدف الحاسم لمهمة انتشار الانتفاخ الكلي. ففي آب/أغسطس سيقفز برنامج المنطاد إلى اختبار أكبر: حيث سيكون حجم منطاد الضغط الفائق مماثلاً لحجم التايتانيك (وهو ما يزال أصغر بكثير من حجم مناطيد الضغط المنعدم المستخدمة حالياً). وفي كانون الأول/ديسمبر سيطلق بال وفريقه منطاداً آخر يماثله في الحجم من القطب الشمالي آملاً في تحطيم مدة البقاء 24 يوماً القياسية. وفي 2010، إذا كان كل شيء على ما يرام، سيرسل منطاداً أكبر بثلاث مرات، قادراً على الصعود بحمولة وزنها طن واحد، وسيتم اختبار بعض الحمولات الصغيرة. ويمكن البدء بإطلاقات روتينية في العام 2011.

طلب مكتب برنامج المنطاد أن يبدأ موظفو ناسا بوضع مخطط مخصص لتمويل العلميين الراغبين ببناء أجهزة محمولة على مناطيد، وذلك لأن بعض التنافسات من أجل تمويل الفيزياء الفلكية لا تهتم حالياً إلا بالمهمات التي تقوم بها السواتل فقط. لا يشك كاثي في إحداث إغراء واستجابة مستقبلاً.

المؤلف: إيريك هاند E. Hand مراسل مجلة Nature حول العلوم الفيزيائية من مكتبها في نيويورك.

● نشر هذا المقال في مجلة Nature, 17 July 2008، ترجمة د. عادل حرفوش، رئاسة هيئة التحرير.

إطار موحد لتثبيت النتروجين في المحيط الحيوي الأرضي

إن تثبيت النتروجين (N_2) عملية هامة ومعروفة في السيطرة على استجابات النظام البيئي للتغيرات البيئية على الكرة الأرضية، وعلى كل حال، هناك اختلافات هامة اليوم[1] وفي الماضي[2] بين النظرية والملاحظات في أنماط تثبيت النتروجين N_2 في القطاعات الرئيسية للمحيط الحيوي للأرض. ويبقى السؤال: لماذا تكون النباتات المثبتة للنتروجين متوفرة في مساحات واسعة في المناطق الاستوائية أكثر منها في الغابات الكاملة النمو التي تبدو فقيرة بالنتروجين في المناطق المعتدلة والقطبية[3]. ونحن نبرز هنا إطاراً موحّداً لتثبيت النتروجين الأرضي والذي يفسر الانتشار الجغرافي لتثبيت النتروجين عبر الحيويات biomes المختلفة على مستوى الكرة الأرضية. عند فحص التبادلات المتأصلة في التقاط النبات للكربون والنتروجين والفسفور نجد ميزة واضحة لمثبتات النتروجين التعايشية في الأراضي العشبية الاستوائية savannas الفقيرة بالفسفور وفي الغابات الاستوائية المنخفضة. إن قدرة مثبتات N_2 على استثمار النتروجين في الحصول على الفسفور تبدو حيوية للحفاظ على تثبيت N_2 في النظام البيئي الاستوائي الفقير بالفسفور. وعلى العكس فإن درجات الحرارة هذه الأيام يمكن أن تحد من معدلات تثبيت N_2 ومن الأنواع المثبتة للنتروجين في الغابات الكاملة النمو عند خطوط العرض الأعلى. نحن نقترح أن التحليل الذي يربط بين الدورات الحيوية الجيوكيميائية والآليات البيوفيزيائية كاف لشرح الأنماط الأساسية الجغرافية لتثبيت النتروجين N_2 على الأرض لذا فهو يقدم قاعدة للتنبؤ باستجابة الأنظمة البيئية الفقيرة المغذيات للتغيرات المناخية ولزيادة CO_2 الجوي.

الكلمات المفتاحية: تثبيت النتروجين، المحيط الحيوي الأرضي، الفسفتاز خارج الخلوي.

إن التوزع الجغرافي للكائنات الحية المثبتة للنتروجين N^2 في المحيطات المفتوحة[4,5] وفي البحيرات[6] يبدو معقولاً. وحيث يكون (N) قليلاً فإن لمثبتات النتروجين N_2 ميزة: حيث تستطيع تثبيت النتروجين N^2في الكتلة الحيوية لذا تنمو أسرع من منافسيها. وعلى العكس حين يتوفر النتروجين N، يصبح تثبيت N_2 مكلفاً طاقياً لذا تستبعد مثبتات النتروجين N_2 تنافسياً بالأنواع غير المثبتة. وتبعاً لذلك فإن الأحياء المثبتة للنتروجين N_2 تجعل الموجودات المحيطية من النتروجين N في توازن مع فقد النتروجين N عبر آلاف السنين[7]، مثبتة الطلب على موجودات المنتجات الأولية البحرية[4]. هذا النموذج، على كل حال، ليس كافياً للتنبؤ عن التوزع البيئي على مستوى الكرة الأرضية لتثبيت النتروجين N_2 في البيئات الأرضية[8]. على الرغم من أن النماذج المعتمدة على الطاقة العالية، والمغذيات والعوامل الأخرى تقدم شروحاً معقولة لتوزع النباتات المثبتة للنتروجين N_2 تعايشياً بالتتابع وكوظيفة لخصوبة التربة ضمن الأقاليم، فإنها لا تشرح التوزع على مستوى الأرض لتثبيت النتروجين N_2 في الغابات. إن الأشجار المثبتة للنتروجين N_2 (والتي هي على الأغلب أفراد من الفصيلة البقولية) نادرة في الغابات التي تقع عند خطوط العرض التامة النمو المرتفعة على الرغم من سيطرة نقص النتروجين N هناك[8]، وعلى العكس، فهي مسؤولة عن جزء مهم من المجتمعات النباتية في كثير من الغابات الاستوائية السهلية[9]، على الرغم من توفر شروط الغنى بالنتروجين في أنظمة بيئية كهذه [10]. وقد بنينا هنا على تحاليل سابقة لكشف النمط الأرضي لتثبيت N_2 من خلال مزيج مؤلف من التركيب لمعطيات تجريبية ونمذجة اقتصادية للتكاليف والأرباح.

لقد طورنا فرضيتين جديدتين لفهم توزع تثبيت N_2 عبر النظام البيئي للكرة الأرضية. الأولى هي أن درجة الحرارة تحد من توزع تثبيت الآزوت مما يساهم في ندرة الأشجار المثبتة للنتروجين في الغابات الكاملة في المناطق المرتفعة. يتم تثبيت النتروجين إنزيمياً ويتطلب تكلفة كربونية ملموسة[11]، وتبعاً لذلك فإن معدل تثبيت النتروجين يجب أن يرتفع مع زيادة درجة الحرارة حتى يصل إلى حد أقصى. أما هل تتقارب معدلات التثبيت الملاحظة لدى الأحياء والبيئات المختلفة. عند درجة حرارة قصوى متماثلة أم لا، فإن ذلك سيتأثر بدرجة التأقلم مع الظروف المناخية المحلية. ويمكن لأي مقيد حراري أن يقوي التأثير المعروف لتكلفة طاقة تثبيت N2[12]. إن قصر موسم النمو، والإنتاجية الأولية الصافية المنخفضة (NPP)، وقلة تيسر الضوء في الغابات التامة النمو في المناطق ذات خطوط العرض المرتفعة يمكن أن تسبب اضطراباً في ميزات تثبيت N2عند امتصاص النبات للنتروجين من التربة[13].

الفرضية الثانية هي أن النباتات المثبتة N_2 تعايشياً لها ميزة الحصول على الفسفور (P)، كما وصف حديثاً للأحياء المثبتة للنتروجين في الدوامات البحرية في شمال المحيط الأطلسي الفقيرة

بالفسفور[14]. يمكن أن تعتمد مثبتات النتروجين على الفسفاتاز خارج الخلوي، وهو أنزيم غني بالنتروجين يوجد في الخلايا باستمرار ويساعد على تحطيم الفسفور العضوي[16]، لرفع المخزون المحلي للفسفور. وحينما يفرز إلى التربة من قبل النباتات أو الميكروبات فإن الفسفاتاز يُحْلِمه الفسفور المرتبط بالفسفوديستير phosphodiester-P (يشكل من 20% إلى 80% من الفسفور العضوي في التربة[17]) إلى أيونات فُسْفات سهلة الامتصاص من قبل جذور النباتات[16]. على الرغم من تعدد العوامل التي تتحكم في النشاطات الأنزيمية فإن إنتاج أنزيم الفسفاتاز يزداد بشكل ملموس استجابة لإضافة النتروجين N[18,15] بسبب الاحتياجات الكبيرة التي تترافق مع استراتيجية الحصول على الفسفور. وتعالج هذه الفرضية الجزء الثاني من المشكلة وتعرض توضيحاً عن استمرار وجود النباتات المثبتة للنتروجين N_2 في غابات الأراضي المنخفضة الاستوائية وفي السهول العشبية (السافانا)، والتي تبدو معظمها فقيراً بالفسفور بشكل ملموس[19].

لقد وجدنا دعماً تجريبياً لكلا الفرضيتين. إن تركيبنا للعلاقة بين درجة الحرارة ونشاط النتروجيناز، الذي يشمل أنواعاً، وسلالات، وخطوط عرض، وبيئات مختلفة، أوضح تأثيراً تقاربياً قوياً لدرجة الحرارة على التثبيت البيوكيميائي للنتروجين (الشكل 1). إن نشاط النتروجيناز (أي تثبيت N_2). يصل حده الأقصى عند درجة حرارة 26 ºC تقريباً ويتناقص عند درجات حرارة أعلى، ربما استجابة لنفاد وإمداد الكربون. وتتوافق النتائج بشكل مقبول جداً لمنحى مفرد مما يقترح دلالة ضعيفة لأقلمة محلية عبر العوامل. تعطي البيانات المجمعة ميلاً (طاقة تنشيط 103 $kJ.mol^{-1}$ تقريباً) هو أقل بشكل واضح من ميل أنزيم النتروجيناز ذاته (طاقة تنشيط 210 $kJ.mol^{-1}$ تقريباً)، على الرغم من كونه أعلى بشكل واضح من حساسية التركيب الضوئي للحرارة. ويقترح هذا أن التآثر بين تأمين الطاقة (عن طريق التركيب الضوئي) والمعدل المأمول لتثبيت N_2 يشكل الأساس للنمط الملاحظ، وبصورة عامة، يبين هذا عائقاً حرارياً قوياً للحد الأقصى لمعدلات تثبيت N_2 في المناخ الأبرد، مؤكداً التكلفة المرتفعة لتثبيت N_2، ومقللاً العائد الهامشي للنتروجين N مقابل كل وحدة كربون يستثمرها النبات في تثبيت N_2 مقارنة بامتصاص نتروجين التربة N. وبكلمات أخرى، فحيث تنخفض الحرارة نحتاج إلى مزيد من الأنزيم للوصول إلى معدل معين من تثبيت النتروجين.

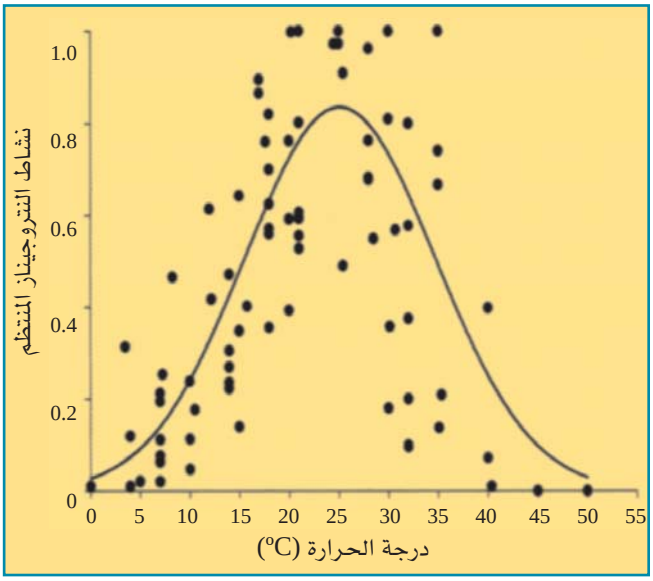
دعماً للفرضية الثانية، كانت معدلات إنتاج الفسفاتاز أعلى بثلاثة أضعاف في عينات الترب المأخوذة من تحت النباتات ذات الكفاءة المعروفة بقدرتها على تثبيت النتروجين N_2 مقارنة بتلك التي تقع تحت الأنواع غير المثبتة (الشكل 2، $P<0.001$ و $n=25$). وهذا الاستنتاج مبني على نتائج نباتات مثبتة للنتروجين تعايشياً مثل الرايزوبيل أو الأكتينورايزل والمختلفة في الظروف البيوجيوكيميائية والأشكال الوظيفية لنمو النبات (عشبي أو خشبي)، وعبر المناطق المعتدلة والاستوائية. إن تركيز الفسفاتاز الأعلى تحت مثبتات النتروجين N_2 المفترضة هذه يحتمل أن تعمل موضعياً لإذابة صيغ الفسفور العضوي لتوفيره للأحياء في البيئة المفتقرة للفسفور. إن منشأ الفسفاتاز غير مؤكد، ويمكن أن يكون نتج مباشرة من قبل الجذور المثبتة N_2[21]، أو بواسطة ميكروبات تتغذى على البقايا العضوية الغنية بالنتروجين للمثبتات أو (غالباً) من كليهما. وعلى أية حال فإن إضافة N تحفز إنتاج الفسفاتاز[18,15]، من هم تنشط تيسر الفسفور وتشير إلى استراتيجية غنية النتروجين N في الحصول على الفسفور المناسب خصوصاً للأنواع المثبتة للنتروجين N_2.

وقد اقترحنا تبعاً لذلك أن درجة الحرارة تضخم محددات الطاقة للنباتات المثبتة للنتروجين N_2 في الغابات الكاملة في المناطق البعيدة عن خط الاستواء حيث يكون النتروجين قليلاً على الأغلب وتكون مثبتات النتروجين ضالعة في الحصول على الفسفور بواسطة أنزيمات الفسفاتاز، وتبعاً لذلك تقدم وسائل لاستمرارها في النظام البيئي الاستوائي الفقير بالفسفور بأخذ الحالتين معاً وعند إضافتهما إلى تكاليف التثبيت الأخرى للنتروجين N_2 والتي عرفت سابقاً[13,11] (على سبيل المثال الضوء والحاجة لمغذيات أخرى والعاشبات)، نقترح أن هذه الآليات يمكن أن توضح أنماط النباتات المثبتة للنتروجين N_2 وتدفق تثبيت N_2 على الأرض.

لقد عالجنا مدى كفاية هذا الإطار المقترح لحل أنماط مثبتات النتروجين عبر البيئات والظروف الأرضية المتباينة باستعمال نموذج بيوجيوكيميائي أرضي[22] (معلومات مكملة) يحاكي الاقتصاديات (التكلفة والربح) للحصول على الكربون C والنتروجين N والفسفور P والتنافس بين مثبتات النتروجين N_2 وغير مثبتاته تبعاً لنموذج أمثلة الموارد[23]. يتألف النموذج من 8 مخازن للكربون، و9 مخازن نتروجين، و12 مخزناً للفسفور، ستة من كل منها والتي قسمت بالتساوي بين النباتات (المثبتة وغير المثبتة) والباقي في التربة. ولمعايرة النموذج، غيرنا الحد الأقصى لمعدلات امتصاص الكربون والنتروجين والفسفور حتى توافقت أحجام المخازن عند التوازن مع الملاحظات التجريبية (متوسط الحالات) لأربع حالات بيولوجية أرضية متباينة الغابة القطبية، وغابة المناطق المعتدلة، وغابات الأراضي القريبة من خط الاستواء والأراضي المعشبة الاستوائية (انظر الجدول 1 المكمِّل). يساق النموذج بمتوسط درجة حرارة التربة الشهرية الملاحظة والحد الأقصى NPP لكل حيوية biome، الذي يعتمد بدقة كاملة على تيسر الضوء والماء. وتحدد النواتج

التنافسية بالربح في NPP لكل وحدة من الموارد المستثمرة. لقد افترضنا أن NPP تختلف كوظيفة لاستقبال الضوء فوق الأرض والمغذيات تحتها؛ ويتنبأ النموذج بالأساليب المثالية لجعل NPP في حده الأقصى، وإحكام الحصول على النتروجين (تثبيت النتروجين N_2 مقابل امتصاص نتروجين التربة)، والحصول على الفسفور (توظيف الفسفاتاز مقابل امتصاص المعدن ميكروبياً) وتخصيص الكربون (مجموع خضري مقابل جذور).

وبناء على نموذجنا الأساسي[22]، فقد أدخلنا معيق درجة الحرارة على الحد الأعلى لمعدلات تثبيت N_2 (الشكل 1؛ انظر أيضاً معادلة الطرق (4)) واستراتيجيتين مختلفتين للحصول على الفسفور بواسطة توظيف الفسفاتاز: الأولى نموذج عام للكرة الأرضية يجرى فيه التمعدن بأنزيمات الفسفاتاز ويدخل مستودعاً متيسراً لجميع النباتات ومنافساتها الميكروبية على حد سواء، والثانية تعتمد استراتيجية فردية يحصل بها النبات الذي ينتج الفسفاتاز على "الجرعة الأولى" عند تمعدن الفسفور. وقد افترضنا بشكل قاطع تكلفة ثابتة هي 15 غراماً N لكل 1 غ P وهو الاستثمار المطلوب من N في إنتاج الفسفاتاز من قبل الجذر أو المجتمع الميكروبي. كما افترضنا بشكل قاطع أيضاً أن النتروجين المستثمر من قبل المجتمع الميكروبي في إنتاج الفسفاتاز تقدمه بقايا النبات. وقد أجرينا النموذج على ثلاثة أوضاع مختلفة



الشكل 1: نشاط النتروجيناز الأرضي بدلالة على درجات الحرارة. لقد جمعنا هذه النتائج من المراجع الأولية وطبقناها مع النشاط الأقصى الملاحظ لكل دراسة مفردة (انظر المعلومات المكملة) وتمتد النتائج على مدى واسع للظروف الأرضية، وخطوط العرض، وأنواع الأحياء المثبتة للنتروجين، والتي يمكن أن تتلاءم مع معادلة تجريبية (خِبْرِيّة) مع درجة حرارة مثلى قدرها 25.2 °C (n= 94, r2= 0.55).

لاختبار إطارنا: (1) تثبيت N_2 المعتمد على درجات الحرارة (اعتماداً على النتائج التجريبية في (الشكل 1)، وعلى أساس فردي؛ (2) تثبيت N_2 المعتمد على درجات الحرارة العامة للكرة الأرضية و(3) تثبيت N_2 ثابت على أساس فردي.

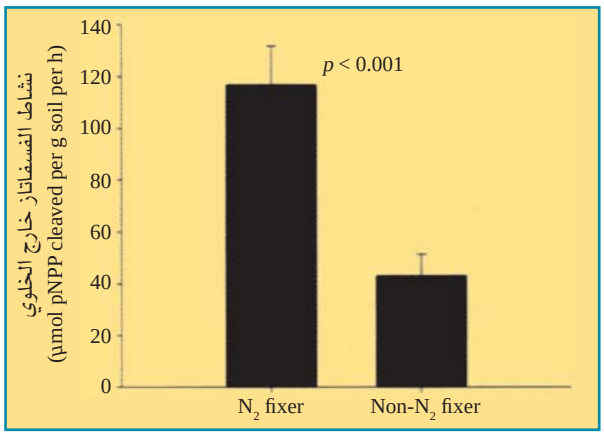
يتوافق هذا التحليل المعتمد على النموذج الأساسي كمياً مع الإطار الذي افترضناه (المحاكاة الموصوفة سابقاً) وذلك للسيطرة على تثبيت N_2 الأرضي على مستوى الكرة الأرضية. وأنتج إدخال الحرارة في نموذجنا هذا إبعاد مثبتات N_2 من الغابات الكاملة عند خطوط العرض (المحاكاة 1 و2 الشكل 3a,b). وعلى الرغم من التحديد المؤكد للنتروجين N (الشكل 3i,j)، فإن درجة الحرارة تحدّ معدلات تثبيت N_2 في الغابات المعتدلة والقطبية حيث يعطي استثمار الكربون نتروجين التربة أعلى عائد من NPP. إن زيادة قدرها 10 °C في الحرارة يمكن أن تزيل هذا العائق عن مثبتات N_2، مما يقترح تأثراً كافياً بين الدفء المناخي وتثبت N_2 عند خطوط العرض المرتفعة. أضف إلى ذلك أنه تبعاً لنموذجنا، فإن الفقد المرتفع في معدلات فقد النتروجين المؤدي إلى نقص في النتروجين N أكثر عمقاً يمكن أن يتغلب على العجز الطاقي في تثبت N_2 في الغابات المعتدلة (شكل إضافي A2 في المكمل). وتتوافق النتيجة الأخيرة مع الوجود الانتقالي للنباتات المثبتة N_2 في التتابع الأولي والمبكر والنظام البيئي المعتدل المضطرب[8] والذي فقد كميات ملموسة من النتروجين N[26,25]. وتبعاً لذلك فإن إطار عملنا قادر على التوفيق بين وجود النباتات المثبتة للنتروجين N وغيابها في الغابات خارج المنطقة الاستوائية extra-tropical ويقترح أن تثبت N_2 يمكن أن يزيل عوز النتروجين N (المحاكاة 3؛ شكل 3i,j على سبيل المثال) حيثما تحدث.

يبدو أن أنزيمات الفسفاتاز وما يرافقها من تأثيرات متبادلة مع C وN وP أساسية (مركزية) في كشف التوفر الغزير للنباتات المثبتة للنتروجين N_2 في المنطقة الاستوائية (الشكل 3c,d). وعلى الرغم من المحدودية العميقة للفسفور، فإن نموذجنا يحاكي مساهمة كبيرة للنباتات المثبتة للنتروجين N2 (من 20% إلى 50% NPP) للأنظمة البيئية للغابات الاستوائية والسافانا (الأراضي المعشبة) حينما يُلتَقط الفسفور الذي حرّره الفسفاتاز من قبل النبات الذي ينتج الفسفاتاز (انظر cluster roots[24]؛ المحاكاة (1) و(3)؛ الشكل 3c,d). وتشير محاكاتنا إلى أن N المثبت حديثاً يعتبر حيوياً للحث على إنتاج الفسفاتاز ولمعدلات معدنة الفسفور العضوي. النباتات غير المثبتة والميكروبات حرة المعيشة يجب أن تعتمد على مخزون نتروجين التربة، وبالتالي تحدد قدرتها على الاستثمار في أنزيمات الفسفاتاز غنية النتروجين. وتبعاً لنموذجنا فإن المنفعة المقترحة للنباتات المثبتة

N_2 تسبب ما فيه الكفاية من الاضطراب في التكاليف المتكاملة (على سبيل المثال الكربون والضوء) المترافقة مع تثبيت N_2 في المناطق الاستوائية، حيث تكون متوسطات درجات الحرارة الشهرية قريبة من المعدل المثالي لتثبيت N_2 (الشكل 1) ويكون مقدار الفسفور غالباً منخفضاً. إذا تشارك المتنافسون على الفسفور بالتساوي (أي النباتات والميكروبات والمصارف الجيوكيميائية والأرضي العام) تُفْقَد هذه الميزة (محاكاة 2)، وتوضح أيضاً أهمية المنافسة تحت الأرض على الفسفور في المنطقة الاستوائية.

وبصورة عامة فإن آلياتنا البيوجيوكيميائية والبيوفيزيائية تعرض توضيحاً موحداً عن أنماط على مستوى الكرة الأرضية للتثبيت الأرضي للنتروجين N_2؛ وإطار العمل هذا (الذي يشمل تآثراً بين الطاقة (الكربون والضوء) والمغذيات (N وP) ودرجة الحرارة) يبدو كافياً لإيضاح توزع النباتات المثبتة للنتروجين N_2 عبر الغابات الرئيسية على مستوى العالم. وفي الغابات الاستوائية في الأراضي المنخفضة، فإن نموذجنا يقترح أن التنافس على الفسفور هو أساسي لاستمرار مثبتات N_2 وبقائها. ويمكن للعمل المستقبلي أن يؤكد مصادر الفسفور في الترب الاستوائية المختلفة، والاختلافات بين استراتيجيات الحصول على الفسفور بين الأحياء، ومعدلات إنتاج الفسفاتاز في النباتات مقابل الميكروبات، والمدى الذي تحصل فيه منتجات الفسفاتاز من فائدة على منافسيها. يبدو أن درجات الحرارة خارج الاستواء تفرض قيداً رئيسياً لمثبتات N_2 في الغابات الكاملة، بينما تكون الطاقة والمواد الأخرى والمجموعات النباتية هامة في السيطرة على توفر مثبتات N_2 في أراضي المناطق ذات خطوط العرض المرتفعة، مثل المروج والأراضي المعشبة.

في النهاية، فإن إطارنا المقترح على مستوى الكرة الأرضية (الموصوف بالمحاكاة (1)) والنموذج المقابل يشيران إلى معدل ملموس لتثبيت N_2 للأشجار في غابات الأراضي الاستوائية المنخفضة وفي السافانا (تقريباً 20 إلى 60 كغ ha/N سنة) وإلى قليل من التثبيت حتى انعدامه في غابات المناطق المعتدلة الكاملة والقطبية (الشكل h,3e). إن كلاً من قيمة ونمط مدخلات النتروجين المنمذجة هذه تتوافق كيفياً مع إمكان التوفر النسبي للبقوليات المثبتة للنتروجين في هذه الأنظمة البيئية[9,3]. وهي أيضاً تتوافق مع معدلات تثبيت N_2 المقدرة والمشتقة عن طريق معطيات توكيل بيئية على مستوى القارات[27]، وعلى مستوى مدخلات النتروجين المفقود لمساقط مياه غابات الأراضي المنخفضة الاستوائية (انظر بين مراجع أخرى[28] على سبيل المثال). نحن لم نعالج هنا التثبيت النتروجيني الحيوي الحر، ويمكن لأعمال مستقبلية أن تأخذ بالاعتبار هذا الطريق في مضمون إطارنا وفي كمون يبلغ مستواه الكرة الأرضية. وإضافة



الشكل 2: معدلات أنزيم الفسفاتاز في الترب مع وبدون نباتات مثبتة للنتروجين. لقد جمعنا هذه النتائج من مراجعها الأولية والتي تشمل تربا جمعت من تربة نباتات مثبتة للنتروجين بقولية وأكيتورازية (مصابة ببكتريا خيطية)، ونباتات عشبية وخشبية وعبر خطوط عرض معتدلة إلى استوائية (انظر المعلومات المكملة). كانت تدفقات الفسفاتاز خارج الخلوي أعلى معنوياً بوجود النباتات المثبتة للنتروجين (two-tailed t-test, P<0.001; n=25) مقارنة مع غير المثبتات فقط. pNPP بارانتروفينيل فوسفيت. تمثل أعمدة الأخطاء s.e.m.

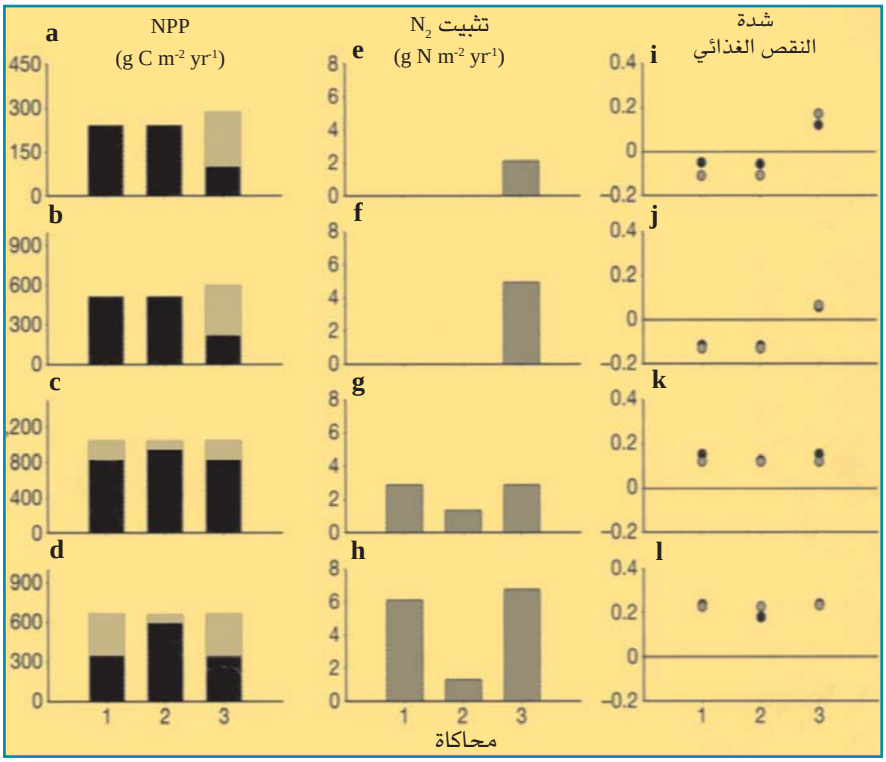
إلى إطارنا فإن هناك عوامل مثل الأعشاب herbivory، وتيسر عناصر الأثر، وتاريخ حياة المجموعات[9] والتتابع يمكن أن تشرح المشاهدات[29] للتوزع المكاني والزمني في تشكيل العقد وفي مساهمة تثبيت N_2 في اقتصاد النتروجين في الشجرة المفردة[30] في النظام البيئي الاستوائي.

خلاصة الطرق

لقد أجرينا أبحاثاً بكلمة مفتاحية boolean باستعمال ISI Web of Science لاكتساب معلومات عن اعتماد نشاط النتروجيناز على درجة الحرارة ومعدلات أنزيم الفسفاتاز في عينات ترب تحت مثبتات النتروجين وغير مثبتاته. بالنسبة لتأثيرات درجات الحرارة على النتروجيناز، استعملنا الكلمات المفتاحية "درجة الحرارة" و"نتروجيناز"، ومن أجل نشاطات الفسفاتاز استعملنا الكلمات "فسفاتاز" و"نتروجيناز" و"Fix". استُنظمت البيانات عن تأثيرات الحرارة على نشاط النتروجيناز بالمعدل الأقصى الملاحظ لكل تجربة مفردة. وجمعت بيانات الفسفاتاز بمجموعة فعالة (أي مثبتات N_2 مقابل غير مثبتاته) وحلِّلت للحصول على الدلالة الإحصائية باستعمال اختبار Student's t-test. يمكن أن توجد تفاصيل الناتج أو بحثنا في المراجع في الطرائق Methods.

إن نموذجنا يحاكي التنافس بين مثبتات N_2 وغير المثبتة له على الضوء فوق الأرض وعلى المغذيات تحتها. يمكن أن توجد

التفاصيل حول معادلات النموذج في الطرائق وقد سبق وصفها[22] والتفاصيل عن أساليب المعايرة والمحاكاة توجد في المعلومات التكميلية. باستثناء تثبيت N_2 الجوي فإن وسطاء النموذج متماثلة من أجل مثبتات N_2 وغير مثبتات N_2. وكلا المثبتات وغير المثبتات للنتروجين تمتص نتروجين التربة ويمكن أن تستعمل أي نتروجين تحصل عليه لإنتاج الفسفاتاز لزيادة تيسر فسفور التربة الحر. إن نجاح غزو وتأسيس مثبتات N_2 في النظام البيئي السائد يعتمد على العائد في NPP في استثماره للكربون في تثبيت N_2 حينما يكون NPP محدد النتروجين وكذلك في الفائدة في استثمار N في إنتاج الفسفاتاز لخفض محدودية الفسفور وزيادة NPP حين يكون الفسفور محدداً. جميع أحجام مخازن C أو N أو P تكون في وضع ثبات وهي تتناسب مع معدل امتصاص C أو N أو P على التوالي. للنموذج حلّا توازن فريدان وحلّ آخر ليس فريداً بالنسبة للوسطاء التي استعملناها في هذه الدراسة.



الشكل 3: نتائج نموذج لافتراضات مختلفة عبر الحيوية الأرضية في حالة ثبات a-1، الفرضيات المختبرة هي **(1)** تثبيت النتروجين المعتمد على درجة الحرارة واستراتيجية الحصول على الفسفور على أساس فردي (المتوافقة مع إطارنا المقترح)، **(2)** تثبيت النتروجين المعتمد على درجة الحرارة واستراتيجية الحصول على الفسفور P للتجمعات النباتية والحيوانية الشاملة؛**(3)** تثبيت N_2 الثابت (لا تأثير لدرجة حرارة) واستراتيجية الحصول على P على أساس فردي. a-d، NPP بواسطة مثبتاتٍ N_2 (رمادي) وغير مثبتات (أسود)؛ **e-h** معدل تثبيت N_2؛ i-l حسبت شدة النقص الغذائي من الاختلافات في توفر النتروجين مطروحاً منها توفر الفسفور، بحيث تشير القيم الإيجابية إلى نقص P والقيم السلبية تشير إلى نقص N.

بنجامين هولتون B. Houlton، بيتر م. فيتوسك P. Vitousek: العلوم البيولوجية جامعة ستانفورد، ستانفورد، كاليفورنيا، الولايات المتحدة.
كرستوفر فيلد C. Field: قسم علم بيئات الأرض، معهد كارنجي في واشنطن، ستانفورد، كاليفورنيا، الولايات المتحدة.
ينغ بنغ وانغ Y. Ping Wang: مركز أبحاث الجو والبحار والمركز الأسترالي لأبحاث الجو والمناخ، اسبندل، فيكتوريا، أستراليا.
العنوان الحالي: قسم الأرض والهواء والماء، جامعة كاليفورنيا، ديفز، كاليفورنيا.

● نشر هذا المقال في مجلة Nature, 17 July 2008.
ترجمة د. نجم الدين شرابي، عضو هيئة التحرير.

الطرق الكاملة وأية مراجع مرافقة متوفرة على نسخة على موقع الإنترنيت لهذه الورقة على www. nature com./nature.

استخدام الدَّويّ للتنبؤ بالثورات البركانية

تقدم راشل كورت لاند Rachel Courtland تقريراً عن طريقة جديدة لتحليل الاهتزازات الزلزالية باستخراج النظام من الضجيج بغية التنبؤ بالثورات البركانية أو تشكيل صورٍ مُفصّلة لباطن الأرض.

الكلمات المفتاحية: اهتزازات زلزالية، ضجيج المحيط، القشرة الأرضية، التنبؤ بانفجار بركاني.

يحب علماء الزلازل الضجيج –وكلما كان الضجيج مرتفعاً كان أفضل. فكل ما يصدر الأصوات ومدافع الهواء والمتفجرات والزلازل هي أدواتهم المفضلة. يمكن أن تسجل الاهتزازات التي تحدثها هذه الأدوات –وتعرف بالموجات الزلزالية– على مكشاف detector، موضوع في موقع يبعد أحياناً آلاف الكيلومترات. وبوجود ما يكفي من الأحداث وما يكفي من المكاشيف، يمكن لعلماء الزلازل أن يتتبعوا مسارات الموجات للتعرّف على تركيب باطن الأرض، تماماً كما تُظهر أشعة X– الصورة الداخلية لجسم الإنسان. ولعقود طويلة، زودتنا موجاتُ من هذه المصادر الوحيدة والكبيرة بمعلومات عن شكل الكوكب تحت السطح.

بيد أن الأرض تتقاذفها أيضاً اهتزازات أكثر هدوءاً والتي لا تعدو أن تبدو في النهاية وكأنها مجرد تبيان ومؤشر فقط. فهذا الدويّ (الهمهمة) hum المستديم ليس له مصدر وحيد، لكنه يَصدُرُ عن مزيج من الرّجات الصغيرة، وأصداء الارتدادات الطويلة الناتجة من الزلازل الكبيرة ومن تحطم أمواج المحيط. تصدر تلك الأصوات الخافتة من جميع الاتجاهات وترتد في جميع الأنحاء مرات عديدة داخل باطن الأرض. وتبدو تلك الأصوات على مقياس الزلزلة كسلسلة من السَّفَوات spikes والأغوار خاويةٍ من المعنى. ومع ذلك ففي خضم السنوات القليلة الماضية، قام علماء الزلازل بتحويل الدويّ من مجرد مصدرٍ للضجيج إلى أداةٍ فعالةٍ لتصوير القشرة الأرضية والمعطف العلوي upper mantle.

ويتحلى هذا الحقل الحديث –الذي يعرف بالتصوير الطبقي لضجيج المحيط (ambient –noise tomography) بمزايا عديدة تفوق التصوير الزلزالي التقليدي. فمَيْزه المحسَّن يمكن أن يساعد في الإجابة عن بعض الأسئلة الجيولوجية الملحة. وهو يعني أيضاً أن الباحثين لا يتحتم عليهم الانتظار لأحداث قد لا تتكرر إلا مرة واحدة كالزلازل، مما يُفسح المجال لإمكانية تصوير القشرة الأرضية بمرور الوقت. بالإضافة إلى ذلك، فالطريقة مُجدية مع المناطق الهادئة زلزالياً بحيث إنها لا ترى الزلازل عموماً ضرورية لدراسات التصوير التقليدية.

يقول عالم الزلازل اندرو كورتيز Andrew Curtis من جامعة أدنبرة في المملكة المتحدة، إن استخدام التقنية يشبه استكشاف قارةٍ مجهولة. ويضيف: "لقد دخل علينا مجال جديد من الاستكشاف لا يُصدّق".

بدايات مفعمة بالضجيج

لقد استخدم الضجيج طويلاً في تحفيز الخصائص الجوهرية للمواد. وتعود دعائم الأساس النظرية إلى "مُبَرهنة الترجّح والتبديد" fluctuation-dissipation theorem المُصاغة في العام 1928 لكي

تصف كيف يمكن للضجيج في إشارةٍ كهربائية أن يُظهر استجابة مادةٍ ما للتيار. وتقترح المبرهنة أنه مع التحليل المناسب، يمكن للاهتزازات العشوائية داخل الأرض أن تتصرف مثل الموجات الزلزالية، فتكشف التركيب وتعطي إشاراتٍ تتعلق بالخصائص كالحرارة والبنية والتوجه والإجهاد.

لابد لجميع الضجيج الذي يعبر الأرض من المرور خلال التكوينات الداخلية ذاتها، وبالتالي فكل إشارة –مع كونها عشوائيةً بالأصل– تحْتفظ بنوعٍ من ذاكرة المادة التي عبرت من خلالها. لذلك فبالنظر إلى الارتباطات في الضجيج بين مقياسي زلازل، يستطيع الباحثون أن يستنبطوا المعلومات حول المادة الموجودة بين الجهازين. يقول عالم الفيزياء ريتشارد ويفير Richard Weaver من جامعة إيلينوي في منطقة Urbana-Champaign: "تكمن الفكرة في أنه لا يزال يوجد في الموجات التي تكون مشوهة كلياً، نوعٌ ما من الترابط المتبقي".

لقد بدأ البحث بالإقلاع 1999، عندما حضر ويفر ورشة عمل حول الموجات العشوائية في كورسيكا والتقى بميشيل كامبيلّو Michel Campillo، وهو عالم جيوفيزيائي من جامعة جوزيف فوريه في غرينوبل بفرنسا. كان كامبيلو فيما مضى، يراقب "تقفيلات (خواتيم) codas" الزلزال، وهي الأصداء المنعكسة مراراً للهزات، مُسجلةً بواسطة شبكة من مقاييس الزلازل في جنوب المكسيك. لقد اعتقد كامبيلو أن التقفيلات يمكنها أن تبين كيف تقوم القشرة والمعطف العلوي (upper mantle) ببعثرة الأمواج الزلزالية. ولكنه لم يكن متأكداً تماماً كيف سيتابع –كيف له، على سبيل المثال، أن يُدخل في تحليله الأمواج التي ترتدُّ عن الحد الفاصل جو–أرض؟ لقد اقترح ويفر تثبيتاً (fix) وتوجهاً إضافياً: يقارن الضجيج في زوجٍ من المكاشيف تفصل بينهما مسافة محدّدة، يبحث عن دليل على الترابطات، ثم يقلب توقيت أي سفاة من السفوات المترابطة ليحصل على سرعة الموجات الزلزالية. لقد كانت بحق فكرةً ثورية إلى حد جعلت ويفر يقول: "وأخيراً أدركت، أني، لست متأكداً لماذا كنت واثقاً تماماً".

بعد ورشة العمل، مضى الاثنان للتمحيص في كيفية استخدام التقنية لسبر خواص المواد. كبرهانٍ للمبدأ، برهن ويفر على أنه يمكن استخدام اهتزازات المحيط فوق الصوتية في الألمنيوم لتحديد الخواص المرنة للمادة [1]. ومن ثَمَّ طبق كامبيلو التقنية نفسها على تقفيلة الزلزال؛ فبدأ الضجيج وكأنه مترابطٌ كما كان يتمناه تماماً [2]. لذلك لقد بدأ كامبيلو في مراقبة ضجيج المحيط الذي يهيمن على المخططات في مقاييس الزلزلة عندما تتلاشى التقفيلات، آملاً بتصويرٍ سريع وجيّدٍ للقشرة، وقد نجح في ذلك.

في العام 2005، استخدم فريقان [4،3]، أحدهما ضمّ كامبيلو وزملاءه، ضجيج المحيط لتشكيل مخططات ثلاثية الأبعاد لسرعات الموجات الزلزالية في جنوب كاليفورنيا. لقد كان للصور ميْز أفقي صغير يعادل 60 كيلومتراً، أي أكبر بأربعة أضعاف من الرسم التفصيلي الموْجود في التصوير الطبقي الزلزالي التقليدي.

فلم يكن واضحاً على الإطلاق أنه يمكن للضجيج أن يعمل

– ميشيل كامبيلو

لقد كان نجاح التقنية مفاجأةً بالنسبة لكامبيلو؛ فالضجيج الزلزالي عند ساحل كاليفورنيا لا متناسب ولا متجانس lopsided، فالموجات المتحركة تميل باتجاه الشرق في المحيط الهادي إلى أن "تغمر" الضجيج القادم من الاتجاهات الأخرى. يقول كامبيلو: "إذا أردت استخدام الضجيج، عليك أن تفترض أن للضجيج خواص صحيحة، بحيث يوجد توزيع متماثل للمصادر، وبطبيعة الحال فهذا ليس صحيحاً– فلم يكن واضحاً على الإطلاق أنه يمكن للضجيج أن يعمل أيضاً.

يرتد أغلب ضجيج المحيط لكوكب الأرض عبر الأماكن الضحلة الموجودة في الكوكب، مما يجعل التقنية أكثر فائدة ضمن المنطقة السطحية للكوكب وعلى عمق 60 كيلومتراً. غير أنه منذ العام 2005، استخدمت فرق عديدة التقنية للبحث في طبقة أعمق من القشرة الأرضية –حتى ضمن المعطف العلوي.

من الاصطدامات إلى المناخات

تكمن المفارقة في أن بعض أوضح الصور لتلك الأعماق تأتي من أعلى الهضاب على الأرض، وهي هضبة كينغزانغ غاويان Qinguzang Gaoyuan (المعروفة عادة بهضبة التبت). ففي ارتفاعٍ يبلغ معدله 4.5 كيلومتر فوق سطح البحر، يجري دفع الهضبة إلى أعلى ما يمكن بفعل التصادم الحاصل بين الصفائح القارية الهندية والأوربية الآسيوية. وأكثر الأجزاء سمكاً هو الجزء الموجود في الجانب الشرقي من الهضبة، حيث يكون سمك القشرة بحدود 80 كيلومتراً كحد أقصى –أي ضعف المعدل بالنسبة للقشرة القارية. ويمكن أن تساعد المعرفة الدقيقة للكيفية والزمن الذي أصبحت فيه الهضبة مرتفعة للغاية– في تطوير الأنماط المناخية، كما يفترض بعض الباحثين أن وصول الرياح الموسمية monsoon الهندية صاحَبهُ ارتفاع الجانب الشرقي من الهضبة.

وما يزال الجيولوجيون يتجادلون أيضاً حول الكيفية التي ازدادت

بها كثافة القشرة في الجانب الشرقي. إحدى النظريات تعتبر أن سمكها قد ازداد عندما ضُغِطت نحو القشرة الأقوى لحوض سيشوان Sichuan المجاور لها. وتفترض نظريات أخرى أن القشرة ضمن شبه القارة الهندية هي المسؤولة بشكلٍ كبير، بحيث تضغط وتنجرف باتجاه الهضبة، مسببةً تضخم حجمها كما هو الحال مع إطار السيارة. يقول ثورن لي Thorne Lay، وهو عالم بالأرض من جامعة كاليفورنيا، سانتا كروز: "يعد هذا أحد أوجه إشكاليات انحفاظ الكتلة. فأنت تقوم بدفع إحدى القارات إلى بطن قارةٍ أخرى، وتريد معرفة أين تذهب الكتلة ككل".

وبغية التحقق، قام روب فاندر هيلست (Rob van der Hilst) من معهد "ماساتشوستس" للتقانة في كمبردج وزملاؤه بوضع 25 محطة لأجهزة قياس الزلزلة في الطرف الشرقي للهضبة، من ثم جَمّعوا معطيات من كلٍّ من ضجيج المحيط والتصوير الطبقي التقليدي لصنع صورةٍ للهضبة حتى عمق 280 كيلومتراً [5]. لقد أظهرت أكثر الصور وضوحاً، وهي التي نتجت عن التصوير الطبقي للمحيط المنجز ضمن عمق 50 كيلومتراً تقريباً، مناطق متقطعة حيث انتقلت الأمواج الزلزالية بشكل أبطأ من المعتاد. قد تكون تلك المناطق البطيئة السرعة أجزاء ضعيفة من القشرة الأرضية انجرفت تحت الأرض وبين الطبقات القشرية الأخرى. وعلى الرغم من أن الصور غير جازمة لكوْنها لا تغطي إلا جزءاً صغيراً جداً، "إلا أنها خطوةٌ في الطريق الصحيح"، كما يؤكد لي.

لقد ازدادت حماسة مناصري نموذج التدفق. يقول ل.رويدِن Leiyh Royden –وَهو زميلٌ لفاندِر هيلست– الذي يتنبأ نموذجه عن رفع الهضبة بتدفق القشرة الأرضية: "يمكن القول بأنه دليلٌ مثيرٌ وجديدٌ جداً. فلم نكن نعلم إطلاقاً بوجود مناطق بطيئة السرعة في الأعماق هناك". وتقترح النتائج أيضاً أن نموذج تدفق القشرة الأرضيّة أكثر تعقيداً مما كان يتوقع في الأصل؛ فالأجزاء الضعيفة لا تشكل طبقةً انسيابيةً منتظمة، مما يقترح وجود شبكة معقدة من القنوات حيث تتدفق القشرة عبر المعطف السفلي والمتوسط.

ويخطط فاندر هيلست في أواخر هذا العام للعودة إلى المنطقة لجمع المعطيات من صفيف من مقاييس الزلزلة عددها 300 نُصِبت حديثاً بأيدٍ صينية. إن المعطيات الإضافية سوف تساعد في تحسين الميْز، كما أنها قد تساعد أيضاً في التمييز بين السرعات الزلزالية في اتجاهاتٍ مختلفة. إن هذه التبعية الاتجاهية، أو اللاتناحي anisotropy، قد تشير إشارة خفية إلى مادة تحت الانفعال، وهو مؤشر للتدفق.

الإنذار المبكر

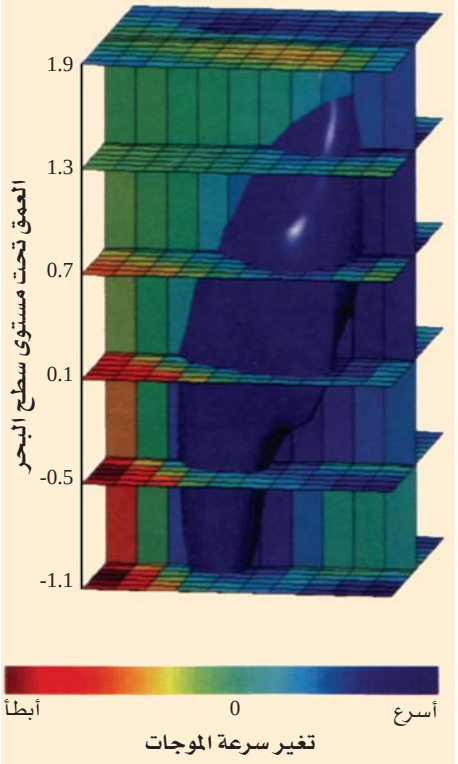
إن ثراء المعطيات التي يُقدمها التصوير الطبقي لضجيج المحيط يمكنه أيضاً أن يُساعد في المزيد من القياسات الديناميكية، كالكشف عن بوادر الثورات (الانفجارات) البركانية. ولبضع سنوات مضت، تركزت أبصار كامبيلو وزملائه على Piton de la Fournaise، وهو بركان ناشط يقع على حافةِ جزيرة Re'union بالقرب من مدغشقر. يعمل هذا البركان تقريباً كما تعمل الساعة: فقد ثار بمعدل مرة كل عشرة شهور على مدى مئتي السنة الماضية. وعلى الرغم من كون سكان الجزيرة الذين لا يكاد يبلغ عددهم 800.000 نسمة يقطنون بعيداً عن البركان، فالثورات السابقة قد أغرقت (الكالديرا) (Caldera) وهي (فوهة بركانية ناشئة عن زوال الحمم)، لتصل حتى المحيط وتبلغ القرى على حدٍّ سواء.

وعلى مرِّ السنين. لطالما استخدم علماء الزلازل هذا البركان (Piton de Fornaize) كفرشة اختبار لعدة تقنيّات يمكن أن تساعد في التنبؤ بالانفجارات القادمة. إن الحساسات، التي يعتمد أغلبها على علم الجيوديزيا ومسح الأراضي، تقيس الانفعال strain، والميل tilt أو الإزاحة displacement على سطح البركان للكشف عن التغيرات الطفيفة، كالتضخم الناشئ عن الضغط المحتبس. كما أن مقاييس الزلزلة توضع أيضاً للبحث عن أي ازديادٍ في الرجّ يمكن أن يشير إلى انفجارٍ وشيك.

ولكن في ظل غياب الرجّ، الذي يبدأ في بعض الأحيان قبل أيامٍ أو ساعاتٍ

في قلب البركان

صورة ضجيج محيط الأرض تحت بركان Piton de la Fournaise في جزيرة Re'union توضح منطقة تسارعت فيها الموجات الزلزالية، محددةً ما يمكن أن يكون مدخنةً للماغما الصلبة.



فقط قبل حدوث انفجارٍ ما، يكون البركان كصندوقٍ أسود يقول فلورِنت برنغيَر Florent Brenguier من معهد فيزياءِ الأرض في باريس: "يعتبر النشاط الزلزالي أقل وثوقيةً بالنسبة للتنبؤ بالانفجار البركاني، نظراً لأنه يمكن ربطه بالكثير من الظواهر.. فهو ليس مؤشراً واضحاً لانهيار وشيك".

في العام الماضي، برهن برنغيَر وزملاؤه على أن حصيلة 18 شهراً من البيانات ناتجة عن 21 مقياساً للزلازل متوضعة بشكل متفرق حول البركان يُمكن أن تستخدم في إعادة بناء بنيته الثلاثية الأبعاد. لقد عرضت الصور بنيةً فريدة تتوافق مع تجارب سابقة: منطقة شاذة تتميز بسرعةٍ مرتفعة، تقع على بعد كيلومتر واحد شرق الفجوة الرئيسية للبركان، والتي تبدو وكأنها مدخنة ممتلئة بالحمم (الماغما) المتصلبة. وعلى غير المتوقع، برهنت مقارنة صور تفصلها عدة شهور أن الموجات الزلزالية قد تباطأت بمقدار ضئيل –0.1%– عند انتقالها عبر هذه البنية.

هذا الشكل المطلق هو التركيز والاهتمام على الأساليب وليس على البُنى "structures"

— ميخائيل ريتزوولر

بالإضافة إلى ذلك، فقد بدأت الموجات بالإبطاء مبكّرة 20 يوماً قبل اندلاع أربع ثوراتٍ حصلت بين شهر تموز/ يوليو عام 1999 وشهر كانون الأول/ ديسمبر 2000. وقد ظهرت إشارات واضحة للتغير في السرعة وذلك قبل حدوث الانفجار بخمسة أيام. أما السبب في حصول ذلك، فهو غير واضح، لكن برنغيَر يقول إنه يحتمل أن تغييرات السرعة تتماشى مع الشقوق الموجودة ضمن الصرح (البركان)، والتي تتدفق من خلالها الماغما إلى السطح في نهاية الأمر.

بيد أنه توجد ثمة تحدّيات في محاولة استخدام ضجيج المحيط للتنبؤ بالثورات البركانية. أولاً، تُبدي الموجات الزلزالية في بركان Pitonde la Fournaise أيضاً تغييرات طويلة الأمد في سرعتها، والتي يمكن أن تنشأ عن التغيرات الميكانيكية الناشئة عن حركة المد والجزر أو تقلبات في منسوب المياه. يقول برنغيَر: "في الوقت الحالي لا نعرف كيف نصحح تغييرات المدى البعيد هذه أو حتى كيف يمكن استخدامها بالنسبة للمراقبة في الزمن الراهن". ومع ذلك فالبيانات الأحدث للفريق تقترح أن التغييرات الكبيرة في السرعة الموجية تتوافق مع ثوراتٍ أكبر، وعندما تكون تحت الحد يمكن على الأقل أن يكون ممكناً التنبؤ بحجم الانفجار.

ويتساءل عالم البراكين برنارد تشويت Bernard Chouet –ضمن تقرير المسح الجيولوجي الأميركي في مينلو بروك في كاليفورنيا– حول ما إذا كانت إنذارات ضجيج المحيط ستكون في يوم ما أفضل من إنذار الباحثين قبل بضعة أيام والذي يؤخذ من الوقائع الزلزالية الطويلة المدة والناشئة عندما تبدأ الماغما تقرقر في البركان. لكنه يقول: "إن كل هذه الأشياء إذا وضعت مع بعضها سوف تجعلنا أكثر قرباً من التنبؤ بالأشياء بشكل أكثر دقة". إن امتداد هذه التقنية لتشمل براكين تندلع فيها ثورات غير منتظمة بأعداد أكبر سوف يكون امتحاناً حاسماً، حيث إن مثل هذه الدراسات ما تزال في بداية الطريق، بما فيها أحد الأبحاث في جبل ميرابي في أندونيسيا.

يستخدم Rob von der Hilst وزملاؤه الصوت الضجيجي والرسم الطبقي التقليدي في تصوير القشرة الأرضية.

التفاصيل اليانية

في السنوات المقبلة، قد يكمن السخاء الحقيقي للرسم الطبقي لضجيج المحيط في المخططات الثلاثية الأبعاد للأغلفة الضخمة للقشرة الأرضية، والتي تتميز –أي المخططات– بالدقة العالية، وذلك أفضل من الاضطرار لانتظار الزلازل. إن بعض أكثر المخططات دقةً وتفصيلاً التي تم استكمالها حتى الآن ضمن هذه

التقنية قد صدرت من الولايات الأمريكية الغربية. وفي السنوات القليلة الماضية، قام الباحثون بدراسة ضجيج المحيط باستعمال الصفيفة الأميركية USArray، التي تتضمن شبكة متحركة مؤلفة من 400 مقياس زلازل قابلة للتنقل وقد بدأت في مسح وتخطيط الساحل الغرب من عام 2004، ولكن يتم تحريكها باتجاه الغرب كل عام. لقد بُدئ التفكير بالصفيفة الأمريكية قبل ظهور التصوير الطبقي لضجيج المحيط، ولكن تم ضبط تلك المجموعة الكثيفة من الكواشف لتلائم تلك التقنية. ومع التحليل المناسب، يمكن لمقاييس الزلازل أن تتحد لتصنع 80 000 زوج من الكواشف المصدرية التي يمكن استخدامها في تصوير كوكب الأرض المتقلب الأحداث.

يقول عالم الزلازل ميخائيل ريتزوولر Ritzwoller من جامعة كولورادو في باولدر: "إن من أسباب الإحباط التي نشأت عن علم الزلازل تاريخياً هو أننا مضطرون لانتظار وقوع الزلازل لكونها مصدر الطاقة، وهي على وجه التأكيد لا تقع على الشبكة –فهي في حلقة المحيط الهادي النارية، ضمن مناطق السحب أو حدود الصفيحة". إن دويّ ضجيج المحيط قد كشف عن عدد من السمات بشكل دقيق التفاصيل، بما فيها اندساس الصفائح subducting slabs، وهي تكوينات يطلق عليها اسم نواتىء المعطف mantle drips تحت منطقة سيرانيفاد Sierra Nevada الجنوبية ودليل على تحرك مسار yellowstone للبقعة الساخنة عبر Snake River Plain.

ويتوقع ريتزوولر كغيره نتائج جديدةً من القياسات اللامتناحية، والتي يمكن أن تساعد في إلقاء الضوء على الإجهادات ضمن المعطف والشقوق والمناطق الضعيفة الموجودة ضمن القشرة. يقول: "أعتقد أن ما سيؤديه هذا بالشكل المطلق هو التركيز والاهتمام على الأساليب وليس على البُنى structures"، ويُعد ذلك في واقع الأمر قفزة ضخمة".

ومع السرعة التي تم بها تبني التصوير الطبقي لضجيج المحيط، فالعديد من الباحثين ما زالوا يحاولون القيام بإتمام الدعائم التحليلية لتلك التقانة. وثمة تحديات تتضمن معرفة تفسير تحطم أمواج المحيط التي تأتي من جهات متعددة، وكذلك تفسير تغييرات طوبوغرافية عند سطح الأرض. وما يزال الباحثون يجندون المزيد والمزيد من مجموعات مقاييس الزلازل، بعضها في الصين ونيوزيلندا وكوريا واليابان والمملكة المتحدة، وفي المناطق المتجمدة ومن قاع المحيط الهادي الجنوبي. يقول كامبيلو: "لا أعتقد أن القصة قد انتهت، وهي ليست حتى على الطريق".

المراجع References

[1] Weaver, R. L. & Lobkis, O. L. Phys. Rev. Lett. 87, 13401 (2001).

[2] Paul, A. & Campillo, M. E. Eos 82, S21D-0610 (2001).

[3] Shapiro, N. M. et al. Science 307, 1615-1618 (2005).

[4] Sabra, K. G., Gerstoft, P., Roux, P., Kuperman, W. A. & Fehler, M. C. Geophys. Res. Lett. 32, L14311 (2005).

[5] Yao, H., Beghein, C. & van der Hilst, R. D. Geophys. J. lnt. 173, 205-219 (2008).

[6] Brenguier, F. et al. Geophys. Res. Lett. 34, L02305 (2007).

[7] Brenguier, F. et al. Nature Geosci. 1, 126-130 (2008).

Rachel Courtland: مراسلة داخلية من مكتب مجلة nature في واشنطن العاصمة.

● نشر هذا الخبر في مجلة Nature, Vol 453, 8 May 2008.
ترجمة هيئة الطاقة الذرية.

عائدات استخدام الطاقات البديلة

غريغوري ماكنامي يعتبر أن القلق من الإصدارات الكربونية وارتفاع أسعار النفط كان لهما الفضل بدفع صناعة الطاقة الخضراء إلى تنام سريع جداً في جميع أنحاء العالم، وقد جلب ذلك فرصاً مشوقة ومربحة للفيزيائيين.

الريح في مراكبكم الشراعية: قطاع الطاقة البديلة يستنجد باحثاً عن مرشحين مؤهلين.

في العام 1987 كان البرّاد المُجمِّد ذو النمط الأمريكي يستخدم لتشغيله ما يقارب 950 كيلوواط ساعي من الكهرباء ويكلف تشغيله نحو 150 دولاراً في العام. وبعد عقدين من الزمن انخفضت الطاقة الكهربائية التي يستهلكها جهاز مشابه إلى النصف وانخفضت تكلفة تشغيله إلى أقل من النصف. وفي العام 1975 كان هناك حوالي 3780000 سيارة على طرقات لوس أنجلوس، في حين يوجد اليوم أكثر من 5200000 سيارة، غير أن سويات تلوث الهواء انخفضت إلى النصف وتزايد العدد المهجَّن من هذه السيارات أو المعتمد على وقود متجدد مثل الديزل الحيوي.

هذا هو زمن التغيير. فالإدراك يتزايد لدى الطلاب والعمال ورجال الأعمال وموظفي الحكومة بأننا نحن البشر حمّلنا الطبيعة أعباء ضخمة مثل الاحترار العالمي ونقص المياه وانقراض أنواع كثيرة من النبات والحيوان، إضافة إلى ما نشهده من تضاؤل الوقود الأحفوري.

لكن أيام القلق المشحونة بالشكوك تكون حُبلى بفرص مأمولة. فالبشر في جميع أصقاع العالم يتزايد إدراكهم أنه بإمكاننا استخدام قدراتنا الفكرية التي تعلو على كلّ القدرات لمعالجة المشكلة. فلدى خريجي الفيزياء وفرة من هذه الإمكانات الفكرية المتجددة وهم بارعون في حلّ المشكلة. ففي الواقع، إن العالم الذي ينتظر مجموعة 2008 وما بعدها، رغم كل الغيوم المتلبدة، مليء بالفرص في كل موقع تقريباً من شؤون الطاقة المتجددة.

فوفق ما جاء في مجلة الأعمال البيئية Environmental Business Journal، استثمرت الصناعة الخضراء في الولايات المتحدة عام 2005 حوالي 265 بليون دولار واستخدمت 1.6 مليون شخص. ومنذ ذلك العام، تنمو المشاريع التجارية الخضراء في هذا البلد بمعدل يقارب 5% سنوياً. وفي الوقت الذي يشير فيه المؤشر الإجمالي للطاقة المتجددة All-Renewable Index (ARI)، وهو معيار اقتصادي للنشاط في ذلك القطاع، إلى نمو مطرد تماماً رغم وجود نطاقات أخرى متضائلة للاقتصاد العالمي، فإن رجال الأعمال في مجال الطاقة البديلة يشكون من عدم وجود مرشّحين مهيئين بما يكفي لشغل الأماكن الشاغرة.

الأرض والريح والحرارة

على الرغم من المساهمة الضعيفة نسبياً في الخليط الطاقي الموجود حالياً، فإن الصناعة الشمسية تزداد أهمية. تعلن الشركات المتخصّصة في الأبحاث الفوتوفلطية، مثل Unaxis السويسرية وSulfurcell الألمانية، عن حاجتها لأناس ذوي أفكار واضحة قادرين على معالجة المشاكل من أجل الحصول على منظومات أكثر فعالية. فالفيزيائيون المتخصّصون في المادة الكثيفة وعلم المواد مطلوبون جداً في هذا المجال. وعلى سبيل المثال، أعلن مؤخراً المختبر الوطني للطاقة المتجددة في وزارة الطاقة الأمريكية عن منحة لما بعد الدكتوراه في مجال الفوتوفلطية، والتي ستمنح لحائز على شهادة PhD في الفيزياء حديثاً "ذو خلفية راسخة في مجال مواد الأحبار ونمذجة المحاليل

ومعالجة السوائل وترسيب الأفلام الرقيقة". أشار معهد الأبحاث الاقتصادية في كانون الثاني/ديسمبر 2007 إلى أن الفيزيائي الحاصل على لقب PhD ويعمل في مجال الصناعة الشمسية قد يتراوح راتبه السنوي بين 80000 و120000 دولار أمريكي.

في مجال الطاقة البديلة لا يوجد مرشّحون مهيؤون بما يكفي لشغل الأماكن الشاغرة

وكمجال حديث نسبياً، لم تستقر طاقة الرياح بعد في مسارات محدّدة تماماً. وكما هو الحال في الأماكن الأخرى من الطاقات المتجددة، يتوقع عادة من الفني أن يعرف شيئاً ما من الصورة الإجمالية، مع فهم التوجهات في العمل والبحث الواعد. وبشكل مماثل، يحتاج البائع إلى فهم أوليٍّ على الأقل للتقانات المعنية وللتحديات والمكاسب المرافقة، كوضع عنفة الرياح في الوضع المناسب، في حين سيحتاج الكاتب الفني إلى معرفة جيدة حول كلّ شيء في أعمال طاقة الرياح، تقريباً بقدر ما يعرف الموظف التنفيذي الرئيسي.

أما المهندس أو الفيزيائي الذي يعمل في مجال طاقة الرياح فسيحتاج بالتأكيد إلى خلفية عملية عن كيفية بناء وصيانة منظومة تبدو جميلة على الورق دون تهيئس الأشخاص الذين يقومون بهذا العمل. وباختصار، إن المهنة الناجحة في مجال طاقة الرياح تتجه نحو ضرورة معرفة القليل من كلّ شيء. فالشخص ذو الاهتمامات والإمكانات الواسعة سيتطوّر بسرعة في عالم أخضر جديد، والفيزياء هي مجال التدريب المثالي، خاصة وأن بعضَ المشاكل في هذا الحقل تندرج في فهم فيزياء حركة الرياح وتآثرها مع المحركات والعنفات.

وبشكل مماثل، يتم البحث بشكل حثيث عن الجيوفيزيائيين المتمتعين بخبرات عالية للعمل في مجال الطاقة الجيوحرارية، ويصل الراتب السنوي في الولايات المتحدة لأيٍّ من هؤلاء إلى ما يقارب 135000 دولار أمريكي. وتتصدر كلٌّ من كندا وأيسلاندا وإيطاليا واليابان ونيوزيلاندا قائمة الدول التي تبحث في تطوير الطاقة الجيوحرارية، غير أن إدماج هذه الطاقة في الصناعة يتم في مكان آخر من العالم، مثل الولايات المتحدة واسكندينافيا. إن طاقة المياه وطاقة البحار توفران أيضاً فرصاً للفيزيائيين، رغم وجود بعض التحديات الأكثر إرباكاً، فعلى سبيل المثال، لا أحد أظهر تماماً بالأرقام كيف يمكن استخدام الطاقة غير الناضبة للمحيطات بسبب عمليات المد والجزر. والمرشح المثالي لحل هذا اللغز قد يكون مجازاً في الفيزياء ولديه خبرة معمقة في مجال الجيوفيزياء أو الميكانيك أو علم المواد أو البيولوجيا المائية أو علوم البيئة أو المحيطات أو الجيولوجيا أو الرياضيات أو علم الكمبيوتر، وليس من الضروري توافر كافة هذه المجالات ولكن على الأقل اجتماع عددٍ منها.

معدل العائدات

تعدُّ الطاقة النووية، بالتحديد، طاقة بديلة لكنها غير متجدّدة. ولأسباب عدة هي أيضاً مثيرة للجدل. ومع ذلك، فإنها تشكّل جزءاً متزايد الأهمية من الخليط الطاقي، على الأقل في المدى المنظور، ريثما تدخل الأشكال المتجددة الأخرى المنتجة للطاقة حيّز الاستثمار. ففي الولايات المتحدة وحدها، ستحتاج الصناعة النووية إلى ما لا يقل عن 90000 متخصصٍ في السنوات العشر القادمة لاستبدال الخارجين إلى التقاعد فقط. وتخطّط فرنسا وإيطاليا وعدة دول أوربية شرقية لتطور مماثل، حيث جرى إنعاش محطاتها النووية أو تجديدها، كما أن دولاً أوربية أخرى (بخاصة ألمانيا وإسبانيا) تتوجه للتركيز على الطاقة النووية وفق خطة تنفذ على مراحل. وفي المرحلة الحالية، يبدو أن المحطات النووية ستتابع مهامها في المملكة المتحدة، مع مزيد من الفرص. وقد بلغ متوسط ما يكسبه الفيزيائي النووي العامل في الولايات المتحدة خلال العام 2007 ما مقداره 81350 دولاراً أمريكياً.

تتزايد أهمية الطاقة الهدروجينية باستمرار، وبخاصة في مجال صناعة السيارات. والنطاق البحثي الواعد هو استخدام وسائل الكيمياء الضوئية الجزيئية من أجل إنتاج غاز الهدروجين من الماء. تستخدم الطاقة الهدروجينية حالياً، في المملكة المتحدة على الأقل، لإنتاج الحرارة في عالم البناء وفي الطاقة الكهربائية. يمكن للباحث العلمي في هذا المجال أن يتوقع مردوداً سنوياً يتجاوز 51000 دولار وقد يصل إلى 100000 دولار أمريكي.

كلّ الفرص متاحة للفيزيائيين كي يزدهروا في حقل الطاقة المتجددة، إضافة إلى نطاقات أخرى، بما في ذلك تدبير الطاقة وتصميم الأبنية والنقل الأخضر وهندسة دورة الحياة والثقافة الطاقية. وكما يشير سكوت سكلار Scott Sklar، رئيس مجموعة ستيلا Stella Group للاستشارة الطاقية: "تنمو الطاقات الخضراء بمعدل غير متوقع، وهي معنية ببلوغ نموها المأمول". يمكن للفيزيائيين مساعدة هذه الصناعات للوصول إلى مبتغاها، وإفادة باعتها في الوقت نفسه.

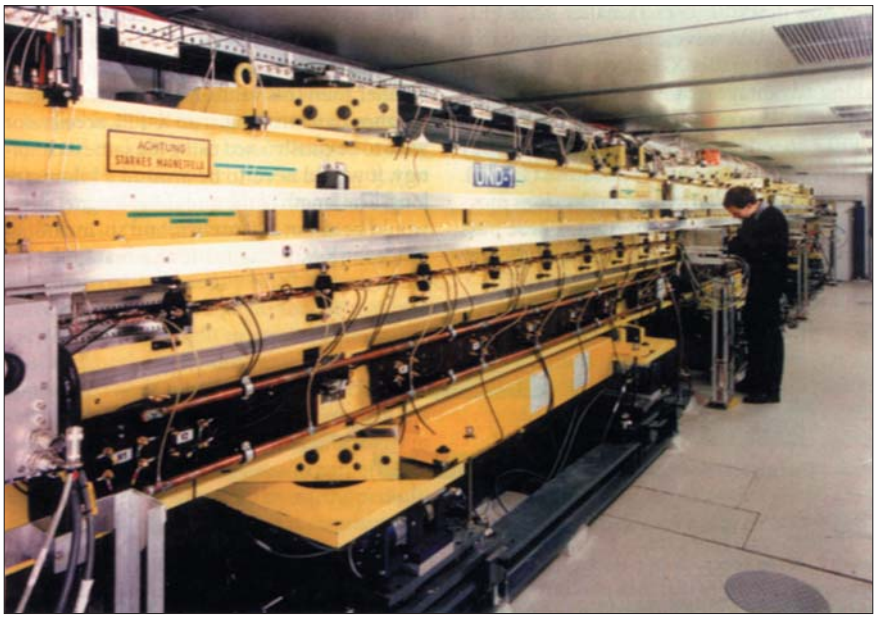
☐ نُشر هذا الخبر في مجلة: Physics World,N° 9, Sebtember 2008.

ترجمة د. عادل حرفوش، رئاسة هيئة التحرير.

إلقاء الضوء على صور متحركة ذرّية

تستطيع ليزرات الإلكترونات الحرة أن تنتج أشعة-X شدتها كافية للحصول على صور متحركة ذات تفاصيل ذرّية بّينة. يبلغ طول التصميمات البدئية الكيلومترات، ولكن النماذج الأولية العاملة على أساس الأشعة فوق البنفسجية تشير إلى طريقة للحصول على آلات أقصر.

لقد حَلُم العلماء طويلاً في الحصول على كاميرا فيديو يستطيعون بها تسجيل الذرّات وحركاتها، وربما حتى تتبّع الإلكترونات أثناء العمليات الفيزيائية والكيميائية والحيوية. ولما كان الإشعاع ذو الأطوال الموجية القصيرة جداً مطلوباً لحلّ التفاصيل الذرّية ودون الذرّية، فإن الاهتمام قد تركز على استخدام الإلكترونات العالية الطاقة للحصول على حزم مترابطة من أشعة-X. يمكن تحقيق هذا الأمر باستخدام أنماط جديدة من الليزرات يُطلق عليها اسم ليزرات الإلكترونات الحرة (FELs). ومهما كان الأمر، فإن التصاميم الحالية لمثل هذه النبائط متوفرة وبحجوم من رتبة الكيلومترات. وقد أورد شنتاك Shintake وزملاؤه في مجلة Nature Photonics نتائج العمليات الناجحة لليزر FEL الذي ينتج ضوءاً فوق بنفسجي (UV)، والذي تصميمه يستطيع أن يوصل إلى أدوات ذات حجوم سهلة التداول.

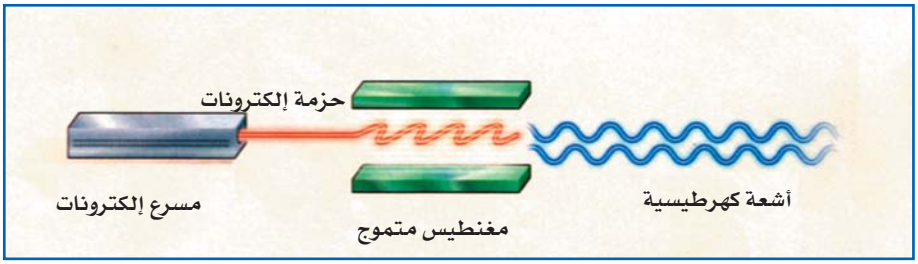


الشكل 1: المسرعات الطويلة. جزء من ليزر الإلكترونات الحرة (FEL) في منشأة سنكروترون DESY في هامبورغ-ألمانيا. تنتج هذه النبيطة ضوءاً في مجال أشعة-X اللينة – الأشعة فوق البنفسجية للطيف الكهرطيسي، وهو نموذج أولي من أجل ليزر X-FEL الذي هو قيد البناء في DESY.

يمكن أن يسمح ليزر الإلكترونات الحّرة لأشعة-X (X-FEL) للعلماء أن يعاينوا البنية الجزيئية لبروتين أحادي أو جسيم فيروسي، وأخذ صور حركة من رتبة ذرّية لعمليات كيميائية بزمن يبلغ عدداً قليلاً من الفمتوثانية (الزمن الذي يحتاجه إلكترون ليتحرك حول ذرّة ما). يجري الآن بناء أول ليزر X-FEL عالمي يُدعى مصدر الضوء المترابط الخطي (LCLS) في مركز المسرّع الخطي في ستانفورد (SLAC) وسينتهي بناؤه عام 2009. وسيبنى مسرع مشابه يدعى (XFEL) في منشأة السنكروترون DESY في هامبورغ في الأعوام القليلة القادمة من قِبَل التعاونية الأوربية (الشكل 1). وحسب توقعاتهم، فإن LCLS وXFEL كبيران وغاليا الثمن. طول LCLS سيكون حوالي 2 كيلومتر، وسيكون XFEL حتى أطول من ذلك. تبلغ تكاليف بناء LCLS، الذي سيستفيد من مسرع الجسيمات الموجود حالياً، حوالي 300 مليون يورو (450 مليون دولار)، وستبلغ تكاليف XFEL حوالي بليون يورو.

يشكل شنتاك وزملاؤه جزءاً من الفريق الذي يقوم بتصميم X-FEL الياباني مصدر الإصدار التلقائي المضخَّم ذاتياً والمسمّى Spring-8 Compact Self-Amplified SpontaneousEmissionSource (SCSS)، والذي يجري التخطيط لبنائه في المستقبل القريب. يستفيد العمل الذي تم وصفه حالياً من FEL ولكن بقياس أصغر، ويعمل على أطوال موجية فوق بنفسجية لتبيان أن من الممكن صنع X-EFLs أرخص وأصغر وذلك بالاستفادة من ميزة تقدم فيزياء حزم الإلكترونات وتقانتها.

يعمل FELs بجمع تقانة الليزرات ومسرعات الإلكترونات (الشكل 2). يُنتج مسرّع الجسيم



الشكل 2: يتألف ليزر الإلكترونات الحرة FEL من مسرع خطي يعطي حزمة من الإلكترونات العالية الطاقة تمر بعد ذلك خلال مغنطيس متموج. يحرف المغنطيس هذه الإلكترونات في مسار جيبي مما يجعلها تصدر إشعاعاً كهرطيسياً تواتره يعتمد على طاقة الإلكترونات وطول موجة تموجاتها. وباستعمال التقانة الحالية، فسيكون طول ليزر FEL المصدّر لأشعة X عدة كيلومترات، ولكن المقاربة التي اختبرها شنتاك وزملاؤه لنبيطة مصدرةٍ لأشعة فوق بنفسجية تستطيع أن تخفض الحجم إلى النصف أو الثلث.

إلكترونات تتحرك بسرعة قريبة من سرعة الضوء. تمر هذه الإلكترونات من خلال مغنطيس يسبب لها اتّباع مسار جيبي. يُنتج التسارع العائد لحني الإلكترونات بفعل هذا المغنطيس "المتموج" أمواجاً كهرطيسية. تتناسب أطوال الأمواج الكهرطيسية هذه طرداً مع فترة اهتزاز المسار الجيبي وعكساً مع مربع طاقة الإلكترون. وبشكل نموذجي، يبلغ دور الاهتزاز بضعة سنتمترات، ولهذا فللحصول على أشعة-X بطول موجة تبلغ حوالي 10^{-10} متراً (أي أنغستروم واحد حجم الذرّة النموذجي)، ينبغي أن تصل الطاقة المطلوبة للإلكترونات إلى 15 غيغا إلكترون فولط. وللمقارنة، فإن طاقة الإلكترونات الناتجة من المسرّعات الإلكترونية الخطية الطبية المستخدمة في كثيرٍ من مشافي المداواة الإشعاعية أقل بـ 1,000 مرة من هذه القيمة. يبلغ طول المسرّعات الطبية حوالي المتر، فإذا كان يجب بناء مسرّع X-FEL باستخدام التقانة نفسها فينبغي أن يكون طوله حوالي الكيلومتر. يبلغ طول المغنطيس المتموج لوحده حوالي 100 متر، وهكذا، فإن طول X-FEL سيبلغ عدة كيلومترات، إذا أخذنا بعين الاعتبار الفراغ اللازم للتشخيص بأشعة-X ولمعدّات المعالجة.

هنالك طريقة واحدة في جعل مصادر X-FEL أكثر طواعية وهي تخفيض طاقة حزمة الإلكترونات وإجبارها على أن تقوم بتموجات أكثر إحكاماً. وهذا ما سيكون له التأثير بجعل كل من المسرّع والمتموج أقصر. بيّن شنتاك وزملاؤه أن من الممكن تخفيض طول المسرّع باستخدام "مسرّع التواتر–العالي للعصابة- C"، وهي التقانة المتطورة لبناء المصادمات الخطية إلكترون –بوزترون العالية الطاقة. والمحسنات الأخرى المطلوبة هي في مصدر إلكترون محسَّن ومغنطيس تموجي بفترة زمنية أصغر وبطول أقصر. وعند جمع هذه المحسنات في تصميم ليزر SCSS فإنها ستؤدي إلى ليزر X-FEL أكثر تراصّاً.

وأما الجهاز الأكثر تقدماً والذي هو قيد الدراسة فهو المسرّع ذو التدرج العالي والمسيَّر بظاهرة تعرف بحقل مخر البلازما الليزرية laser-plasma wakefield والذي يتشكل من إمرار نبضة ليزرية قصيرة الأمد خلال بلازما جسيمات مشحونة. ففي حين يمكن أن تخفض مقاربة شنتاك وزملائه طول المسرع إلى ما يقارب نصف أو ثلث ما هو ممكن الآن، يمكن لمسرع البلازما الليزرية أن يعطي انخفاضاً يصل إلى 100 ضعف. على أية حال فإن هذا الأمر لا يزال قيد الدراسة وفي مرحلة التحقق من المبدأ.

يمكن تخفيض حجم ليزر X-FEL وتكاليفه باستخدام مصادر تعطي حزماً إلكترونية بكثافة إلكترونية أعلى وتغيرات أصغر في الاندفاع من المتوفرة حالياً. وتُسمى هذه الخواص جميعها بإصدارية الحزمة. تسمح حزم إلكترونية أصغر إصداريةً باستخدام طاقاتٍ للإلكترون أخفض، وتقصر طول المسرعات والمتموجات. ويمكن تخفيض الإصدارية بجعل الشحنة وحجم الرزم الإلكترونية الناتجة من المنبع أكثر مثالية، وهو توقع جرى التأكد منه من النتائج الأولية في SLAC (الاتصالات الشخصية بين ب إيما P. Emma و د. دوويل D. Dowell). وبدمج هذه المقاربة مع المسرّع العالي التدرج مثل ذلك الذي استخدمه شنتاك وزملاؤه يمكن أن نصل إلى خفض أكبر في حجم FELs وكلفته.

ولما كان أي تخفيض في الكلفة والحجم سيتضمن أيضاً انخفاضاً في متوسط عدد الفوتونات الناتجة، فإن بعض التجارب سيتطلب دائماً تجهيزات كبيرة مثل ليزر LCLS أو XFEL. ومع ذلك فإن المنظومات الصغرى الحديثة تضيف شيئاً معنوياً إلى قدراتنا التجريبية. هنالك عالم جديد للاستكشاف عند المقاسات الذرّية والجزيئية للزمن والمسافة، وإن تعدد المقاربات، كتلك التي وصفها شنتاك وزملاؤه، مع منظومات أخرى لليزر FEL سيسرّع جداً باستكشاف هذه الحدود غير المخطط لها.

☐ *نُشر هذا الخبر في مجلة* Nature, Vol 455, September *2008*.

ترجمة د. أحمد حاج سعيد، عضو هيئة التحرير.

مهمة التّراواط (T.W)

في العالم وفرة من الطاقة المتجددة المتاحة، والسؤال يكمن عن كيفية تسخيرها

إن الإجابة النهائية عن مشكلات الطاقة الإنسانية تطلع كل صباح وتغيب كل مساء. تشع الشمس على الأرض طاقة تقدّر بـ 174.000 تِرّاواط. وهي ترفع الماء من سطح البحر ليعود ويسقط على الجبال العالية من الأرض؛ وتسوق التيارات البحرية من المدارات الاستوائية إلى القطبين؛ وتسوق الرياح حول العالم؛ وتغذّي آلة الحياة الخضراء، وهي تنتج على وجه الخصوص وعلى الدوام كل حريرة تستهلك على الأرض.

ومما يُؤسف له، أن الإنسانية الآن غارقة في الشمس مثل هاملت. والطاقة الشمسية تضعف بضيا ع الحرارة وهي لم تعد تغادر الكوكب بالسهولة ذاتها التي كانت تغادر فيها في الزمان الغابر. فبدلاً من ذلك إنها تتلكأ في الجو بفضل مفعول البيت الزجاجي (الدفيئة) المستمر في التزايد. وهذا التغيير في ميزان طاقة الكوكب هو تغير بسيط – لكن تدفق الطاقة من الشمس كبير جداً إذ إنه سيُحدث خراباً فظيعاً على مر العقود والقرون.

ومن الواضح أنه يجب على المجتمع إبطاء معدل اشتداد مفعول الدفيئة ومن ثم إيقافه وأحسن طريقة لبلوغ هذه الغاية، كما نوقشت في هذه المجلة في عدة مناسبات، هي في زيادة تكلفة إصدارت ثنائي أكسيد الكربون وغازات الدفيئة الأخرى من خلال وضع سقف للاتجار به through a cap-and trade scheme أو ربما من خلال فرض ضريبة الكربون مباشرة. ولكن كي تعمل مثل هذه الاستراتيجية يجب أن يكون هناك مصادر جذابة للطاقة البديلة.

إن ميل الحكومات والمؤسسات ذات المنفعة العامة للنظر إلى مصادر الطاقة المتجددة كأشياء غريبة (شاذة) أو على أنها إضافات هي نظرة في غير مكانها لأن هذه المصادر هي المستقبل؛ والسؤال الوحيد هنا هو السرعة التي يمكننا بها تسخير قدرات هذه الطاقات. وقد نشرت مجلة نيتشر في عددها ... (مقالة بعنوان الكهرباء بلا كربون) تعرض فيها التقانات المتوفرة حالياً الخالية من الكربون. في جزئها الأعظم مسيَّرة بالشمس – إما مباشرة أو بوساطة الوسائل غير المباشرة للرياح، والماء والنبات – ومن اللافت للنظر أن نرى كم عليها أن تقدم. فكثير من هذه التقانات تقدم أكثر من تِرّاواط من القدرة القصوى العالمية التي يمكن إضافتها وكلها لديها متسع للمزيد. ويمكن لأكبر هذه الطاقات في أيامنا هذه وهي القدرة المائية والقدرة النووية، أن تزداد بعامل اثنين أو أكثر– وإن من المحتمل أن تصاحبها عواقب لامناخية مزعجة. إلا أن السعة النسبية الأكبر لنمو هذه المصادر تكمن في الإسهامات الجارية من قِبَل جماعات صغيرة من الأفراد. فالعنفات (التوربينات) الهوائية مثلاً تقدّم إمكاناتٍ للتحسين أكبر بكثير من المحطات الكهرمائية hydroelectric plant؛ وتقانات تسخير الرياح البعيدة عن البحر – أو، للسبب نفسه، في التيارات العالية للجريانات النفاثة – ما زالت غير ناضجة نسبياً. وحتى الرياح فهي لا تملك الإمكانية النهائية المؤمّلة من استخدام أشعة الشمس المباشرة. وفي المستقبل يجب أن تَجعلَ طرقُ التصنيع الجديدة التي تستخدم مواد بديلة تكلفة التقاط أشعة الشمس أرخصَ قيمةً بمرتبة على الأقل مما هي عليه أسعار اليوم.

خطط وحوافز

إن التحدي هو كيف نرفع حجم هذه التقانات الجديدة في السوق العالمية. إن جزءاً هاماً من الجواب يكمن في توظيف المال في البحث والتطوير المركّز. والأمر المحزن هو أن معظم حكومات العالم التي تنفق على الأبحاث في قطاع الطاقة هي في حالة ركود، أو أسوأ من ذلك منذ عقود، وينبغي أن يتغير ذلك. والشيء الحاسم أيضاً هو أن ثقافة المقاولين يمكن أن تبدأ بخطط جديدة في الأسواق الواسعة. وهذا يتطلب تحقيق أمرين أولهما إعداد شبكة اجتماعية تهيأ للابتكار والتجديد وثانيهما التزويد برأس المال الجاهز. والأخبار في هذا المجال جيدة. ففي مجالاتٍ مثل وادي كاليفورنيا السيليكوني California's Silicon Valley هناك اهتمام مكثف بالطاقة الشمسية، على سبيل المثال، والصناعة مؤهلة جيداً لاستثمار نشاط المقاولين ذاته الذي كان قد حقق النجاح في الحواسيب والاتصالات خلال العقود القليلة الماضية.

ومع ذلك لن تكون مجازفةُ الرأسماليين المتحمسين كافيةً، فالشركات مع وجود تقانات الطاقة الجديدة بحاجة إلى أن تكون قادرة على زيادة رأس مال مخزونِ الأسواق إذا كان لها أن تنمو نمواً كبيراً كافياً لتغيير العالم. وإحدى الطرق لجعل مثل هذه الشركات جذابة للمستثمرين هي ضمان مبيعاتها. وهذا يمكن أن يتم من خلال

تنظيمات – تُصِرُّ على مقدارٍ محدود من الطاقة المتجددة في كافة التطورات الجديدة، مثلاً– أو من خلال الإعانة المالية أو من خلال التدخل القسري المباشر؛ ولا يوجد شيء هنا يوقف الحكومات من التصرف كمشترين بالجملة للسعة الجديدة. وستكون الحكومات حكيمة حتى لو أنها لم تطلق العنان لمؤيدي حماية الإنتاج الوطني في هذه العملية. وليعرف المستثمرون في تكساس أنهم يستطيعون البيع في بكين وليتأكد البنغالوريون أن السوق في البرازيل ذات فائدة كبيرة لهم.

ليس التحدي بكيفية حفظ العالم بفعالية أكبر- إنما بكيفية إنقاذه فقط.

استثمار حذر

إن إيجاد طرقٍ ناجعة اقتصادياً للحضّ على نمو صناعةٍ محددة ليس بالأمر السهل. وإن نماذج المساعدات المالية التي فعلت فعلها حتى الآن – مثل تغذية القناعات التي جعلت ألمانيا تبني صناعة الخلايا الشمسية – مرتفعة الكلفة حتى على مقياس الميغاواط، وعلى مقياس عشرات ومن ثم مئات الغيغاواط قد لا تكون قابلة للدعم. ومع ذلك، قد تكون المجازفةُ بالإعانات الضعيفةِ التصميم التي ستدمر الأسواق وتحبط التطوّر الذي يبحثون عنه للتشجيع أسوأ من الكلفة.

وعلى كل حال فإن هذا تحدٍ لتشجيع التقانات بطريقة مرنة أنيقة وليس سبباً لترك الأسواق وحدها. ليس التحدي بكيفية حفظ العالم بفعالية أكبر– إنما بكيفية إنقاذه فقط. وإن بلوغ المكان الصحيح بطريقة خاطئة خير من ألاّ نذهب لأي مكان، حتى لو تضمَّن ذلك الخسارة.

هناك أشياء أخرى كثيرة يجب عملها، مثلاً، أحد الحلول لمشكلة خزن الطاقة يمكن أن نجده في تطوير صناديق هجينة للسيارات، توصل بالشبكة وتستطيع أخذ الطاقة من شبكةٍ أنيقة بشرط إعادتها.

إن اتخاذ إجراء تخيلي منظم يتطلب معاهد ومؤسسات جديدة. فقد يكون إحداث وزارة للطاقة المتجددة جيدة التمويل عملاً مفيداً. ويمكن أن يُشَجّع تطوير وتمثُّل التقانات الجديدة حول العالم أيضاً من قِبَل وكالةٍ دولية للطاقة المتجددة تهتم بالبحث وبنقلٍ أحسن للتطبيقات العملية وبتذليل الاختناقات .... إلخ. حتى بالنسبة للمتحمسين التقانيين فإن مقياس (حجم) ما يحتاجون فعله مُرهب. غير أن الرياح مستمرة في الهبوب، والعشب مستمرٌّ في النمو والشمس محافظة على الشروق والطاقة هناك تنتظر.

☐ نُشر هذا الخبر في مجلة: Nature,VOL 454, 14 August 2008.

ترجمة د. مصطفى حموليلا، عضو هيئة التحرير.

حلّة جديدة للميوغلوبين

أكسيد النتريك المتولد من أيون النتريت يحدُّ من التخريب الخلوي الذي يحدث بسبب: قصور انسياب الدم. وتُظهر تجارب تخريب الجين على الفئران الآن أن الميوغلوبين هو وسيط هذه الظاهرة.

يواجه جميع طلاب علم الحياة بروتين الميوغلوبين الغزير الصبغة في مرحلة مبكرة من تثقُّفهم حيث يقدم الميوغلوبين الشهير كأول مثال عن كشف بنية البروتين المرتبطة بدور فيزيلوجي واضح. إن توزعه المحدَّد في عضلات التحمّلendurance وخلايا القلب في جميع الفقاريات، ومقداره الملموس في الثدييات الغاطسة هما انعكاس لوظيفة واسعة القبول في النقل الخلوي للأوكسجين وفي تنظيمه. تلك الوظيفة مخصصة لدعم السويات العالية للنشاط العضلي الهوائي والتعامل مع الأوكسجين المخزن خلال الفترات المديدة من نقص الأوكسجين.

وباعتبار أن جميع الثدييات تحتوي كميات مرتفعة من الميوغلوبين، فإن الحذف التجريبي للجينات المعنية يجب أن يكون له تأثيرات قاسية. تصور المفاجأة إذن عندما تبدو الفأرة الأولى المعطله الميوغلوبين طبيعية تماماً ودون تأثيرات مرضية واضحة خلال التمرين وعوز الأوكسجين. وقد تنامت صعوبة قبول الفرضية إلى نقاش حول وظائف بديلة للميوغلوبين، وبلغت الصعوبة أوجها في عمل لـ هندجن – كوتا Hendgen – Cotta ومساعديه نُشر حديثاً في، Pproceeding of the National Academy of Sciences حيث بيّنت ورقتهم أن لتخريب الميوغلوبين في الفئران تبعات مدهشة وذات أهمية طبية.

لهذه القصة أصولها في أنيون anion لاعضوي عادي وهو النتريت (NO_2^-). إن نتريت الصوديوم من وسائل تقديد اللحم

الشكل 1- الميوغلوبين كمرجع ومؤكسد: يقوم الميوغلوبين (Mb) على التوالي بدور منتج لأكسيد النتريك (NO) وكانس له في ظروف الأكسدة ونزع الأوكسجين، وفي عمله كمرجع وكنازع للأوكسجين يولد NO من تدوير النتريت. تنشط هذه العملية في خلايا العضلة القلبية في حالة نقص الأوكسجين **hypoxic**، حيث يعيق إنتاج أشكال الأوكسجين الفعّال المخربة (ROS) في الميتوكوندريا وبذلك يحمي الخلايا العضلية من التخريب. ويعيد تحويل الزيادة من NO إلى نترات بواسطة الميوغلوبين المؤكسد الذي يتصرف كمولد لثنائي الأوكسجين.

بتحوله الإرجاعي إلى أوكسيد النتريك (NO) الذي يرخي العضلات الملساء المبطنة للشرايين والأوعية الدموية بين الشريانية والشعيرات الدموية ومن ثم يوسعها. ويؤثر أوكسيد النتريك أيضاً على عضلة القلب حيث يخفض التقلصات العضلية ومعدل نبض القلب عن طريق الارتباط مع بروتينات الميتوكوندريا وكبح سلسلة نقل الإلكترونات الضرورية لإنتاج الطاقة. وهذا يخفض الحاجة للأوكسجين وكذلك يخفض ضررROS المحرض خلال أوقات النقص الموضعي للأوكسجين. بصورة عامة، تعتبر عمليات المغرقة في القدم، إلاّ أنه يستعمل أيضاً في المحافظة على اللون الأحمر الكرزي المرغوب في اللحم أثناء وجوده على رفوف العرض في الأسواق. كما أنه استعمل طبياً وبتركيز مرتفع كمدد للأوعية وللقصبات (وذلك لتمديد الأوعية الدموية وتوسيع المجاري التنفسية) ولمعالجة التسمم بالسيانيد، ويستعمل مشتقه العضوي أميل النتريت كعلاج نفسي منشط. أما النتريت البيئية فعرفت كملوث مائي، ويمكن للنتريت في مياه الشرب الملوثة أن تسبب متلازمة الرضيع الأزرقblue – baby syndrome . وهذه عبارة عن اعتلال يعاني منه رُضَّع البشر بسبب تشكّل الميثاإيموغلوبين methaemoglobin، الذي تحرضه النتريت، كشكل عديم الفعالية للهيموغلوبين وهو صيغة أخرى مشهورة من عائلة الغلوبين.

من المدهش أن تركيزات منخفضة من النتريت وقريبة من المستوى الفيزيولوجي يمكن أن تبدل خصائص تدفق الدم وبإمكانها تغيير ضغط الدم. كما أن المستويات المنخفضة من النتريت تخفض من نشاط الميتو كوندريا (المتقدرات) وهي مصورات تعتبر المنبع الرئيسي في توليد الطاقة في الخلية. بعملها هذا، تخفض النتريت من توليد الميتو كوندريون المشتق المخرب لأنواع الأوكسجين الفعّالة (reactive oxygen species ROS)، في الأنسجة التي تعاني من فقر الدم الناجم عن صعوبة التدفق ، ومن عودة انتشار الضرر reperfusion damage . هذه الظروف، وعلى التتالي، تقطّع في تدفق الدم وإعاقة توصيل الأوكسجين إلى الأنسجة واللذين تُسببهما الأوعية الدموية المسدودة، والضرر الناجم عن فرط إنتاج ROS

إن فهم كيفية ممارسة النتريت تأثيراتها المفيدة له أهمية خاصة من الناحيتين الفيزيولوجية والطبية. وترتبط هذه التأثيرات رئيسياً

تولد أكسيد النتريك مصدراً لأكسيد النتريك الشرايين عن طريق استقلاب الحمض الأميني آرجينين L arginine. إلا أن هناك دليلاً متزايداً على أن أكسيد النتريك النسيجي يمكن أن يتولد أيضاً من النتريت من خلال النشاط الإرجاعي للنتريت nitrite reductase الذي تتوسطه بروتينات مثل كزانثين أوكسيدو ريديكتاز، Xanthine oxidoreductase وديوكسي هيموغلوبين deox yhaemoglobin وديوكسي ميوغلوبين deoxymyoglobin أو بوساطة تفاعل غير إنزيمي بوجود ظروف حامضية.

والفرضية القائلة بأن الهيموغلوبين والميوغلوبين يمكن أن يتوسطا توليد أكسيد النتريت لا زالت مثيرة للجدل عملياً لأن هذه الجزيئات اعتبرت ديوكسيجينازية dioxygenases والتي تعتبر مهمتها الأساسية كنس أكسيد النتريك الفائض. يوضح هندجن – كوتا ومساعدوه الأمور الآن (الشكل1) بواسطة فئران مخربة الميوغلوبين حيث ظهرت الدلالة على أن النتريت هو مصدر أكسيد النتريك الذي يحمي خلايا القلب بعد حدوث فقر الدم الناجم عن صعوبة التدفق ischaemia أو عودة انتشار الضرر، وبشكل حاسم، يقوم الديوكسيميوغلوبين بدور خميرة تحفِّز إرجاع النتريت.

تبعاً لذلك فإن الفئران الخالية من الميوغلوبين لا تستطيع توليد أكسيد النتريك المعتمد على النتريت أو نتروسيلات nitrosylate عضلة القلب أو توليد GMP الحلقي الضروري كعامل إشارة في إحداث التوسع الوعائي. وإضافة إلى ذلك، وبالمقارنة مع الفئران الطبيعية، فإن قلوب الفئران المخربة لا تشفى من فقر الدم الناجم عن صعوبة التدفق ischaemia المحدثة تجريبياً، ولا تُظهر هذه الفئران دليلاً على إرجاع للنتريت المحرِّض في التخريب في أنسجة

القلب الناجم عن انسداد الأوعية الدموية. وهكذا واعتماداً على ذلك، فإن الميوغلوبين هو إرجاعي (بالهدروجين) ونازع للأكسجين في آن معاً. فهو ينتج أكسيد النتريك ويكنسه في الظروف المؤكسجة والنازعة للأوكسجين.

تتضمن عائلة الفلوبين الموجودة في الدم والمحتوية على الحديد البروتينين الأكثر دراسة في التاريخ. ومن المدهش أن نجد أن واحداً منهما وحتى الآن غير معروف الوظائف. ولكن بإمكاننا الوثوق بأنه سيكون هناك مزيد من المفاجآت، وذلك لسببين، فقد عُرف الميوغلوبين في أنسجة مثل الدماغ والكبد، مما يقترح تنوع وظيفته التي لا تقتصر على العضلات فقط، ولم يحدّد حتى الآن أي دور مؤكّد لبعض الأعضاء الآخرين من هذه العائلة مثل السيتوغلوبين cytoglobin والنيروغلوبين neuroglobin.

نُشر هذا الخبر في مجلة *Nature*, Vol 454, 24 July 2008.

ترجمة د. نجم الدين الشرابي، عضو هيئة التحرير.

إعادة هندسة الأنزيم كي يلائم تصنيع الصادات الحيوية

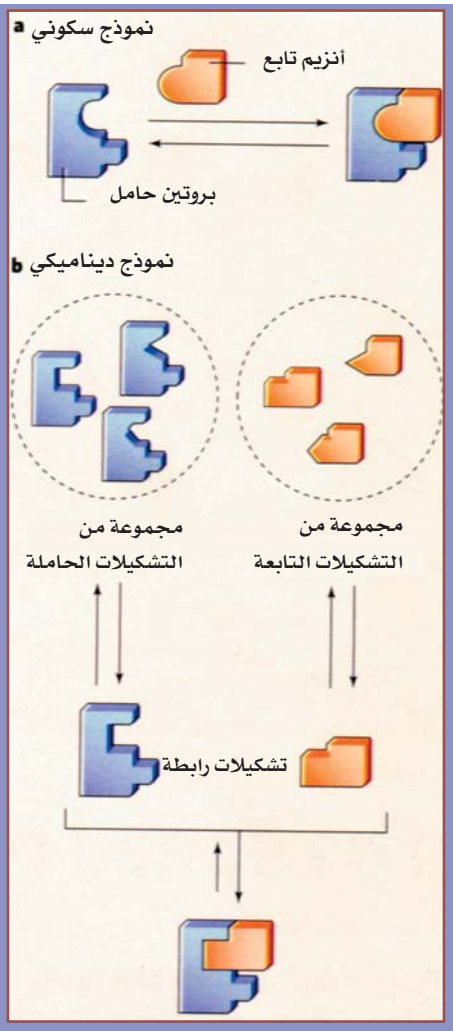
تؤدي بعض الأنزيمات المصنِّعة للصادات الحيوية دوراً في السماح بنقل التصنيع الحيوي من موقع لآخر. كشفت الدراسة عن الطبيعة الديناميكية للتآثرات بين مجالات الأنزيم.

بالرغم من أن البُنى البلورية تعطي دلالات واضحة عن البنية الهندسية للأنزيم، تدعّم صورة سكونية للجزيئات، فهي لا تقدم إلا لقطة للبروتين يبدو فيها في وضعية واحدة مستقرة. وعليه يمكن أن يكون هذا مضللاً لأن الأنزيمات في المحلول لا تكون ساكنة. فبعضها، مثل مجموعة أنزيمات megasynthase، تكون أكثر شبهاً بنسخ جزيئية لأنظمة تجميع مصنَّعة مع حركة انتقال الأجزاء الوسيطة من مكان لآخر. توضح دراستان في هذه المسألة أهمية الديناميكية للدورة المحفزة لأنزيم megasynthase النموذجي الذي يصنع الصاد الحيوي. مثل هذه الدلالة يمكن أن تستخدم لإنتاج أشكال مختلفة للأنزيمات التي تعمل بصورة مماثلة للصادات الحيوية الطبيعية.

تتضمن مجموعة أنزيم megasynthase عدداً من تحت الصفوف للأنزيم ولكن الأنزيمات ذات الاهتمام الخاص في هذا العمل هي أنزيمات polyketide synthetases (PKSs) وأنزيمات non-ribosomal peptide synthetases (NRPSs) حيث كلاهما يُنتجان الصادات الحيوية ومنها البنسيلين وفانكومايسين والتي تعد "السهم الأخير من الأدوية القوية". أنزيمات PKS وNRPS ذات جزيئات كبيرة ومتعددة الوظائف وتتكون تجمّعات من المواقع الفعالة تعرف باسم وحدات أو زُجْلات modules، تبدأ بجزيئات عضوية بسيطة وكل زُجْلة تحفز سلسلة من التفاعلات يتم فيها بناء جزيئات جديدة تضاف إلى سلسلة تشكيل الصاد الحيوي. ومن ثم تتحور لتركيب المجموعة الكيميائية المطلوبة في المنتج النهائي. خلال هذه العملية، تكون وسائط التصنيع الحيوي مرتبطة بالبروتينات الناقلة التي تنقلها في سلسلة إلى المواقع الفعالة المخصصة (والتي تعرف بالأنزيمات التابعة) في هذه الزُجلة.

كشف علم البلورات باستخدام الأشعة السينية تراكيب عدد من أنزيمات PKSs وNRPSs ومجموعة الأنزيمات المعروفة المرتبطة بها كأنزيمات تصنيع الأحماض الدهنية. تزود هذه الصور الملتقطة بالمعلومات الضرورية حول الآليات المحتملة للعمل. ولكن هناك دليل متزايد بأن ديناميكية البروتين لها دور حيوي للتحفيز الأنزيمي، فعلى سبيل المثال، إن نشاط أنزيم adenylate kinase، وهو أنزيم صغير يستخدم غالباً كنموذج في الأبحاث الكيميائية الحيوية، يعتمد بشكل حاسم على التغيرات الشكلية التي تحدث على مقاييس زمنية مختلفة وعديدة. يبدو على الأرجح أن التأثيرات الديناميكية تكون هامة أيضاً لأنزيمات PKS وNRPS ولكن هذا لا يمكن تحديده من أشكالها البلورية.

كشفت دراسة سابقة عن وجود مرونة بنيوية في مجالات البروتينات الناقلة لأنزيمات NRPS عندما تتفاعل بشكل انتقائي مع



الشكل 1 : تآثرات بروتين- بروتين في أنزيمات megasynthases. العديد من أنزيمات megasynthases تصنع الصادات الحيوية. تُنْقَل المركبات الوسيطة في تصنيع الصاد الحيوي بواسطة البروتينات الناقلة إلى الأنزيمات التابعة لها من أجل التعديل. وقد افترض وجود نموذجين لتوضيح ارتباط البروتينات الناقلة إلى الأنزيمات التابعة لها. a، في النموذج السكوني، أشكال متمّمة ثابتة في كلا البروتينين تكون كافية لشرح الارتباط النوعي للبروتين الحامل- التابع. b، في النموذج الديناميكي، تنشأ النوعية من انتقاء البنيات التكميلية لكل من الحامل والتابع من مجموعة بنيات في حالة التوازن. والأنزيمات غير الرابطة من المجموعة نفسها كالأنزيم التابع لا يمكن أن يميّزها الحامل، لأن عدداً قليلاً جداً من جزيئاتها تأخذ الشكل الصحيح عند التوازن. يقدّم Frueh وKogling الدليل للنموذج الديناميكي للربط في بعض أنزيمات megasynthases.

الأنزيمات التابعة المختلفة. وللتوسع بهذه النتائج البحثية استخدم Frueh et al. التجاوب المغنطيسي النووي لتحديد بنية البروتين الناقل في المركب مع أنزيم thioesterase نموذج I وهو أنزيم يحفز التكوين النهائي لجزيئات الصاد الحيوي من الأنزيمات PKS وNRP. لاحظ المؤلفون أن جزءاً من أنزيم thioesterase يعمل كغطاء متقلب بين البنية المغلقة والمفتوحة التي تعرض أو تخفي موقع الارتباط للبروتين الناقل مع الأنزيم. ثم تابعوا ليبيّنوا أن حركة الغطاء هذه ضرورية لتقييد البروتين الناقل ليتمكن من الدخول إلى الموقع النشيط، وبذلك يحفز نقل الصاد الحيوي إلى thioesterase.

وبشكل مماثل بيّن Koglin ورفاقه بأن تحت المجموعات البنيوية للأنزيم thioesterase II – هو نوع من البروتينات التي تُصْلح سلاسل الأنزيمات PKS وNRPS إذا أصابها عطل أو ضرر خلال الارتباط بالمجموعات الأسيتيلية أو مجموعات أخرى. يتغير ما تحت المجموعات كله نحو البنية المفردة بواسطة التفاعل مع البروتين الناقل المرتبط بالمجموعة الأسيتيلية (المؤستل). وإذا أخذنا بعين الاعتبار ملاحظات Frueh ورفاقه، فإن هذه النتائج تفترض أن بعض نماذج التآثر بروتين– بروتين للأنزيم megasynthase على الأقل تكون مختارة من مجموعة البنيات الموجودة في التوازن الديناميكي مع بعضها بعضاً. لقد اقُترح هذا النموذج سابقاً لشرح بعض تآثرات بروتين– بروتين.

لقد أظهرت ديناميكية البروتين أنها تؤدي دوراً في التصنيع الحيوي للصادات الحيوية بواسطة أنزيم NRPS 9 (ومن المحتمل أيضاً بواسطة أنزيم PKS). وإن الخطوة التالية هي معرفة أي من الأنماط الديناميكية العديدة، إن وجدت، تكون مشتركة في التحكم بنوعية التآثرات بين البروتينات. إن أهمية التآثرات بروتين– بروتين النوعية في مثل هذا التصنيع الحيوي أمر ثابت ولكن فهماً أفضل لها يكون ضرورياً من أجل إعادة هندسة الأنزيمات بحيث تكون ملائمة لتصنيع صادات حيوية جديدة. وحتى الآن فقد تركز الاهتمام بشكل رئيسي على تحديد الهيئات الساكنة التي تسمح لمجالات البروتين بأن يقطع بعضها بعضاً بشكل انتقائي، مثل المناطق التي لها أشكال مكملة أو شحنات كهربائية (شكل 1a). والفرضية هي أن هذه الهيئات ستكون متماثلة بالنسبة للأنزيمات التابعة المرتبطة ولكن سوف تكون مختلفة بالنسبة للمجموعات الأنزيمية الأخرى. إذا كان الأمر كذلك، فيجب أن يكون المرء قادراً على استبدال أي أنزيم تابع خاص بالأنزيم المرتبط بدون إحداث اضطراب في ما تبقى من أنزيم megasynthase.

و لكن إذا كان التآثر بروتين– بروتين النوعي هو نتيجة للاقتطا ع المفضل بين البنيات المتوازنة المختارة لمجالات البروتين (شكل1b)، فإن التصميم المعقول لأنزيمات megasynthases يتطلب معرفة مجموعة الاختلافات الكلية في هذا المجال. وعلى سبيل المثال، كيف يكون تشابه المجالات المتماثلة للتوزيعات الشكلية في البروتينات ذات

العلاقة؟ هل يمكن مقارنة حواجز الطاقة للتحول الشكلي بالمجالات المتماثلة لكافة مجموعة الأنزيمات؟ هل يتطلب الاقتطاع الانتقائي دائماً الزوج نفسه من البنيات المتطابقة؟

أُسِّست مبادىء الكيمياء العضوية الفيزيائية على دراسة الجزيئات الصغيرة، وقد وفّرت أساساً قوياً لتوضيح أدوار الأشكال الساكنة في تمييز بروتين– بروتين. لكن هذه الأفكار كانت محدودة الاستخدام في تحديد القواعد التي تسيطر على ديناميكية البروتين. ولسوف يخبر الزمن ما إذا كانت هذه الديناميكية محورية لسلوك أنزيمات megasynthase. وإذا كنا قادرين، بشكل مطلق في أي وقت، على تعديل مثل هذه الأنزيمات من أجل تحضير صادات حيوية جديدة، فإننا نستطيع فقط أن نأمل بالتطور الذي كان شحيحاً في كتابة قواعد التصميم.

☐ نُشر هذا الخبر في مجلة *Nature,Vol 454,14 August 2008*.

ترجمة د. ياسر البكري، هيئة الطاقة الذرّية.

الصين تبني مقراباً راديوياً ضخماً

بدأ في الصين بناء موقع كبير لمقْراب راديوي جديد قطره 500 متر في منطقة غويزهو Guizhou، مما سيسمح لعلماء الفضاء بكشف مجرّات galaxies (المجرة هي منظومة كتلية مترابطة تجاذبياً وتتكوّن من نجوم وأوساط بينجمية غازية وغبارية ومادة عاتمة*) ونبّاضات pulsars (هي نجوم نترونية دوّارة شديدة المغنطة تصدر حزمة إشعاع كهرطيسي على هيئة أمواج راديوية، بمعدل ألف نبضة في الثانية*) ذات أبعاد غير مسبوقة. إن هذا المرفق الذي تبلغ تكلفته 102 مليون دولار أمريكي والمعروف بـ "المقراب الكروي ذي الفتحة 500 متر Five-hundred-meter Aperture Spherical Telescope (FAST) سيقوم فوق موقع مساحته تفوق 30 مرة مساحة ملعب لكرة القدم –أكبر من ضعفي حجم المقراب الراديوي ذي القطر 350 متراً في مرصد أريسيبو Arecibo، الذي كان الأكبر عالمياً عند افتتاحه في العام 1964.

عندما ينجز FAST في العام 2004 فسيكون أضخم مقراب في العالم

ويقول نان رندونغ Nan Rendong، المسؤول العلمي لـ FAST والباحث في المراصد الفلكية الوطنية في أكاديمية العلوم الصينية: "إن جغرافية موقع FAST وبعده –إذ يقع على بعد 170 كيلومتراً من العاصمة الريفية جييانغ Guiyang، بالقرب من قرية داوودانغ Dawodang– سيجعلانه معزولاً تماماً عن التشويش الراديوي". وكما هو حال أريسيبو، سيقام المقراب الجديد في منطقة استقرار جيولوجي طبيعية تحاكي مظهر سطح الوسط المحيط، مما يبسّط تدعيم البناء وتدريع المقراب وحمايته من تشويشات الأمواج الراديوية التي يحدثها الإنسان.

ونظراً للإمكانية في المراقبة المديدة وغير المتقطعة، إضافة للحجم الهائل للمقراب والذي سيجعل حساسيته أكبر بمرتين من حساسية أريسيبو، سيتمكن الباحثون من كشف أجسام تشبه النبّاضات الضعيفة والخاطفة الظهور التي لا يمكن قياسها بدقة باستخدام الأجهزة الصغيرة المتوافرة حالياً نظراً لضعفها.

وتقول المجموعة القائمة بهذه المهمّة بأنه يتوقع كشف أول نبّاض خارج مجرة درب اللبانة Milky way. ويقول نان لـ Physics World: "إن تأثير علم FAST على علم الفلك سيكون استثنائياً"، ويضيف

قائلاً إنه رغم بنائه في الصين، فسيكون عند استكماله في العام 2014 مفتوحاً لكافة علماء الفلك في العالم.

وإضافة إلى كونه كبيراً، فقد صُمِّم FAST ليكون قابلاً للتكيّف: فمحركه المربوط بـ 4600 لوحة سيسمح لعلماء الفلك بتبديل شكله من كروي إلى قطع مكافئ، مما يسهل تحريك موضع محرق المقراب. وهذا سيسمح للمقراب المتوجه إلى الجنوب بتغطية عصابة واسعة من السماء –حتى 40 درجة من سمته، مقارنة بـ 20 درجة يغطيها أريسيبو.

ويقول موراي لويس Murray Lewis، رئيس مجموعة الرصد الراديوي الفلكي في مرصد أريسيبو: "يتجه أريسيبو للأعلى مباشرة، وغايته الحقيقية أن يتحرك بأكثر من 20 درجة، وبذلك فإن FAST له ميزة بالتأكيد". ومع ذلك يشير موراي إلى أن FAST سيكون في مرحلته البدائية حسّاساً لتواترات أمواج راديوية منخفضة فقط (أقل من 3 GHz). ويتضمن هذا المجال الانتقال الدقيق 1.4 GHz الملاحظ عادة في الهدروجين الذرّي، وهو العنصر الأكثر وفرة في الكون والمؤشر المهمّ لتنوعات من الأجسام النجمية. إن عرض العصابة في أريسيبو يمتد حتى 10 GHz، وبذلك يسمح لعلماء الفلك بجمع معلومات عن الانتقالات الجزيئية في هذا المجال من الطيف. والطور الثاني المخطط له في بناء FAST سيوسع مجاله إلى 5 GHz، لكن موعد هذه المرحلة لم يحدد بعد.

* المترجم

☐ نُشر هذا الخبر في مجلة Physics World, February 2009.

ترجمة د. عادل حرفوش، رئاسة هيئة التحرير.

الكشف عن الذرّة

يمكن كشف الذرّات الثقيلة عن طريق المجهرية الإلكترونية، إلا أن الذرّات الأخف، كالكربون أو الهدروجين تعد أكثر مراوغةً. تلك الذرّات الخجولة يمكن تعيينها بدقة إذا ما امتُصّت ضمن طبقةٍ وحيدةٍ من الغرافيت.

تُعدّ رؤية الذرّات الفرادى أمراً صعباً، خصوصاً لأن الذرّات الحرة تتحرك بسرعةٍ ضمن درجة حرارة الغرفة. وتكمن المشكلة في العُثور على طريقة لإبقائها ساكنة لمدةٍ تكفي لمراقبتها، كي لا تُطمس الصورة الناتجة بصور الذرّات المحيطة بها. والطريقة المثالية لذلك هي جعلها ساكنة ومستقرة على ركازةٍ شفافةٍ في خلاءٍ تام تقريباً، وذلك حتى تكون الصورة الناتجة صفيفاً من البقع الحادة، أشبه ما تكون بالنجوم البراقة في سماء ليلةٍ صافية.

وقد تمكن مير وزملاؤه al Meyer et من تقريب هذه الفكرة المثالية إلى الواقع. فقد استخدموا المجهرية الإلكترونية لمراقبة ذرّات الكربون المتوضعة على صفيحة من "الغرافين" (طبقة وحيدة من ذرّات الكربون المنظمة في صفيفة تشبه "قرص العسل). ومن المدهش أيضاً أنهم استخدموا تسجيل الصور والمحاكيات الحاسوبية للتعرف على ذرّات الهدرجين المتصة في شريحة (تعدّ ذرّات الهدروجين من أصغر الذرّات وأكثرها صعوبة في الكشف).

توجد أسباب متعددة وراء كون "الغرافين" رائعاً كخلفية للصور المجهرية التي أخذها مير وزملاؤه. أولاً، في ظل الظروف المستخدمة للمجهرية الإلكترونية يحتجز الغرافين الجزيئات أو الذرّات التي تحط على سطحه، لذلك فإن توفير طريقة لإيقاف العينات عن الحركة لوقت أطول كافٍ للحصول على صورةٍ مقبولة. ثانياً، تُعدّ الطبقة الذرّية الوحيدة هي الأكثر رقةً والأكثر إمكانية لدعم الشفافية، لذلك فإن أي ضبابية للصورة بسبب الركيزة تبقى ضمن أقل درجة. ولكن على الرغم من كون الغرافين رقيقاً للغاية، إلا أنه قويٌ أيضاً، بل أنه متينٌ بشكلٍ كافٍ ليستمر لمدة ثلاث ساعات أو أكثر من التشعيع بواسطة الإلكترونات العالية الطاقة،

واللازمة أحياناً للكشف عن الذرّات الصغيرة.

ولقد استخدم ميير وزملاؤه المجهر الإلكتروني الذي لا يستطيع التعرف على ذرّات الكربون في شبيكة الغرافين بشكلٍ مباشر، لكنه يكشف التغير في الشدة التي تنتج حينما ترتبط ذرّة بالغرافين. وما يسبب الاختلاف في الشدة هو التبعثر الزائد للإلكترونات الواردة بواسطة الذرّة الممتصة، والذي يضاف إلى عدد الإلكترونات المتبعثرة بواسطة طبقة الغرافين ذاتها. وفي صور المؤلفين، تظهر ذرّات الكربون كبقع سوداء على خلفية براقة –أي كصورة سلبية للسماء في الليل.

وتسمح تقنية ميير وزملائه بمراقبة الدينامية الجزيئية والذرّية في الزمن الحقيقي، وأيضاً مراقبة التفاعلات الكيميائية التي تحصل خلال التشعيع الإلكتروني. ويوضح المؤلفون هذا عن طريق تسجيل سلسلة من الصور التي تُظهر تشكل الفجوات في صفيحة الغرافين –ثقوب في الشبيكة سببتها الذرّات المفقودة– حينما تُقذف طبقة الكربون الوحيدة بالإلكترونات. حتى أنهم يسجلون اختفاء إحدى تلك الفجوات وهي تمتلئ بذرّة كربون امُتصّت على صفيحة الغرافين. ومما لا شك فيه، أن الطرائق الأخرى، والمتضمنة تآثرات بعض الذرّات الممتصة المتعددة مع بعضها ومع الغرافين، يمكن مراقبتها بشكل مباشر بواسطة هذه التقنية. وكذلك، فإن استخدام الصفائح الذرّية من غير الغرافين سيعمل على توسيع مدى التفاعلات التي يمكن دراستها. وما تزال الطريقة بالنسبة للتحضير المعتاد للبلورات المتنوعة الثنائية الأبعاد متوقفةً بشكل ما، إلا أنه تم تحضير أنواع مختلفة ومتعددة من هذه الصفائح.

ولقد سجل المؤلفون تسجيلات فيديو تعرض تآثر جزئيات كربونية الأساس خطية (يظن أنها هدروكربونات) مع الحزمة الإلكترونية الواردة. إن إنجازهم يُمهّد لإمكانية استخدام المجهرية الإلكترونية لدراسة الدينامية الجزيئية، وعلى الرغم من كون هذا مقيداً بحدود. وعلى سبيل المثال، نظراً لكون الغرافين ثنائي الأبعاد، فقد يكون عدد التشكيلات التي تبنتها الجزيئات الممتصة محدوداً إذا ما قورن بالعدد الذي يظهر على ركازة ثلاثية الأبعاد أو في الخلاء.

بيد أن ثمة طرقاً أخرى لرؤية الذرّات، لكن الباحثين الذي يستخدمون مثل هذه التقانات يمكن أن يتعلموا حيلةً أو أكثر من مقاربة ميير وزملائه. إحدى الطرق الواعدة بالأخص تتلخص في تحديدها لأماكن الذرّات في جزئيات كبيرة عن طريق تحليل صور انعراج الإلكترونات التي تتبعثر على هذه الجزيئات. ولسوء الحظ، فهذا يصلح فقط للعينات المعلَّقة في الخلاء. وبتوسيع طريقة الانعراج، بحيث تستطيع تحليل جزيئات ممتصة إلى ركازة مدروسة جيداً وبسيطة (كما في استراتيجية ميير وزملائه)، فقد يسمح ذلك برؤية مجال أوسع بكثير من الجزيئات عند المقياس الذري.

ونظراً لمقاومة الغرافين الرائعة للإتلاف بالقذف الإلكتروني، يمكن تسجيل سمات بنيوية لمرات متعددة ومتكررة. وبذلك يمكن الحصول على صورة أكثر حدة وضوحاً مما يمكن الحصول عليها من صورة وحيدة. وثمة ذرّات ترتبط بالغرافين بقوةٍ تكفي كي تتلاصق لفتراتٍ طويلة مماثلة، وبذلك يُمكن أيضاً أن تعامل بنفس الطريقة. وفي حَالاتٍ كتلك، يمكن الحصول على معطياتٍ رائعة ومقارنتها مع توقعاتٍ محسوبة للتبعثر الإلكتروني، وذلك لتأكيد هوية الذرّة التي تقوم بالتبعثر. وبالفعل، فقد يكون أحد التطبيقات المهمّة لعمل ميير وزملائه هو الحصول على معلوماتٍ دقيقةٍ حول الكيفية التي تتبعثر بها الإلكترونات بواسطة الذرّات المختلفة. تعد تلك البيانات مهمةً فعلاً من أجل تقييم دقة النماذج النظرية، ومن أجل إتاحة تعريفٍ أكثر دقة للذرّات بواسطة طرق بعثرة الإلكترون. وعلى سبيل المثال، ثمة إمكانية ضئيلة أن تكون ذرّات الهدروجين المكتشفة على يد المؤلفين هي ذرّات هيليوم في واقع الأمر. وعن طريق جمع المزيد من المعطيات الأكثر دقةً، فإن أي ارتياب حول هذا يمكن استثناؤه.

ومن حين لآخر يتم نشر ورقة علمية تفتح خطوطاً للتساؤلات التي كان يعتقد سابقاً باستحالتها، وهذا البحث ليس إلا واحداً منها. وكما يعلق المؤلفون، المجهرية الإلكترونية قد استفادت بشكل هائل من التطورات الحديثة في التجهيزات، لكن المعضلة الكبرى تكمن في أن تلك التطورات لن ترقى إلى أي نجاح إذا لم تستطع العثور على العينة الصحيحة لتحليلها. وباستعراض ما يمكن فعله باستخدام الغرافين كركيزة لتحضير العينات، يمكن أن يكون ميير وزملاؤه قد سدّوا ثغرة كانت تحدّ من الإمكانية الكاملة للمجهرية الإلكترونية لعقودٍ عديدة.

☐ *نُشر هذا الخبر في مجلة* Nature, Vol 454, 17 July *2008*.

ترجمة هيئة الطاقة الذرية السورية.

وليام تومسون: اللورد كِلْفِن

اللورد كِلْفِن Kelvin أو ويليام تومسون (1824–1907) هو أول بارون، وفيزيائي بريطاني وفيلسوف بطبعه. أفضل ما يُعرف عنه إدخال التدريج المطلق لدرجة الحرارة، كما أنه أعاد صياغة القانون الثاني في الترموديناميك، وكان منشغلاً في مدّ أول كبل عبر الأطلسي، واخترع له أدوات وتجهيزات عديدة.

ولد وليام تومسون William Thomson عام 1824 في بلفاست وكان الطالب الأصغر سناً (10 سنوات) وفيما بعد الأكبر سناً (75 سنة) في تاريخ جامعة غلاسكو. وخلال هذه الفترة كان أستاذ الفلسفة الطبيعية لمدة 35 عاماً في تلك الجامعة، علماً أنه، ولمرات ثلاث، رفض لقب كرسي كافنديش للفيزياء التجريبية في جامعة كامبردج. حقق نجاحاً كبيراً فأصبح البارون كلفن في لارغس Baron Kelvin of Largs في العام 1992، وكان شخصية علمية بارزة في عصره. دفن في دير وستمنستر Westminster Abbey إلى جانب إسحاق نيوتن Isaac Newton، ومنح لقب "مهندس وفيلسوف الطبيعة". وفي يومنا هذا لا تزال إنجازاته مجهولة، ويتم تذكره بشكل رئيسي من خلال مقاربته التي ظهرت في العقد الأخير من حياته والتي اعتبرت متخلفة عن الفيزياء الحديثة.

في 17 من كانون الأول/ديسمبر عام 1907 أقام كل من ريموند فلود Raymond Flood ومارك مكمارتني Mark McMartney وأندرو ويتاكر Andrew Whitaker حفل استقبال في الذكرى المئوية لوفاة كلفن بهدف إحياء ذكرى هذا العالم من جديد وإعادة تقييم إسهامه في العلم. ومن خلال جمع 16 تجربة نجحوا بطباعة كتاب مرجعيّ علمي وشامل، يمكن قراءته بسلاسة كقصة منسقة على هيئة مقتطفات أدبية مختارة.

ولإدراك إنجازات كلفن تجدر بنا العودة إلى العام 1841 عندما كان في السادسة عشر من عمره ونشر أول ورقة تضمّنت الكشف عن عملٍ مهملٍ لفورييه، مظهراً أن عدم استقرارية سلسلة فورييه في جوار الحدود الوضحة لا يعيق استخدامها في دراسة التدفق الحراري. ومنها كانت بداية ولادة فيزياء الوسط المستمر. وبرغم أن العلاقة بين الحرارة والطاقة أصبحت من ثم نووية (وكان يتم تداول نظريات متضاربة للسعرات)، فإن كلفن ازداد تمسكاً برسالة فورييه التي يمكنها توصيف سلوك الحرارة رياضياتياً دون معرفة ماهية الحرارة بحدّ ذاتها.

وفي نهاية الأربعينيات كانت إبداعات كلفن قد بلغت ذروة مدهشة، إذ شهد العام 1849 نشرات في مجال الهدروليك والكهرباء وفي مجال تسخين وتبريد الأبنية بواسطة تدوير الهواء، إضافة إلى القانون الثاني في الترموديناميك. وفي العام 1850 كتب حول المحركات البخارية والهندسة والتحليل الكهربائي والخواص المغنطيسية للبلورات وحول التنظيم، كما أنتج ورقة شكّلت معلماً في المغنطيسية. ساهم ذلك في تطوير الحقل الكامل بدءاً من نقطتي انطلاق متمايزتين

أنتجت الطاقة غير المحدودة لمهندس وفيلسوف الطبيعة، كلفن، 661 ورقة علمية و75 براءة اختراع، غير أنه تم تجاهل بعضها أحياناً

وهما الأقطاب المغنطيسية وحلقات تيارية من خلال إدخال الحقلين المتجهين B وH.

وبالعودة إلى كتاب ريموند فلود ومارك مكمارتني وأندرو ويتاكر وتحديداً الفصل المتعلق بـ "كلفن ومكسويل وآينشتاين والسماء: فماذا كان يعني؟" نجد أنه قدّم توثيقاً شاملاً لهذه المرحلة من حياة كلفن المهنية. لقد صاغ كلفن الفيزياء وفق مصطلحات طاقية، فبدأ أولاً بصياغة الطاقات المخزنة في الموصل الكهربائي ومثلها في المكثف. أما فصل "مفاهيم الحقل المغنطيسي ونماذجه" فقد تضمّن بعض المصطلحات التي أدخلها في الفيزياء: السعة الكهربائية والطاقة والطاقة الحركية ودرجة الحرارة المطلقة والحركة التوافقية البسيطة والسماحية المغنطيسية والنفوذية المغنطيسية والإجهاد بسبب الشد ومعامل الحجم والجريان والدوّامية والصفيحة الدوّامية.

لم تكن اهتمامات كلفن محصورة بالعلم الأكاديمي فبيْن العامين 1858 و1866 كان منشغلاً بشكل كثيف في المشروع الذي أدّى إلى مدّ أول كبل تلفوني عابر للأطلسي، وهو ملحمة تبنّت مشاكل عملية ضخمة ولبت مطالب مجلس اللوردات. وبحلول عام 1866 أصبحت السفينة "Great Eastern" جاهزة لنقل الكبل اللازم وبنهاية العام إياه تمّ إنجاز وصل الكبل.

تملك منظومة التلغراف التي أنجزت وقتها البنية المنطقية نفسها للبريد الإلكتروني في أيامنا الحالية –مرمّزة بشكل رقمي، مرسلة على هيئة رزم وتبحث في مسلكها عن أقل الطرق ازدحاماً– لذلك فقد اعتبر الكبل العابر للأطلسي أول وسيلة بدأت بعولمة المعلومات جاعلاً العالم أصغر من أي وقت مضى.

لقد جعل عمل كلفن منه فارساً ووضعه على طريق الشهرة والثروة. وكمثال على هذا العمل نذكر الطابعة النافثة للحبر التي ابتكرها كلفن (مسجّل مَثْعَبي siphon recorder)، التي تعمل وفق آلية استقبال وتسجيل تتطلّب أقل قدرة إشارية (الجزء الوحيد المتحرك هو الحبر). ورغم ذلك، ربما كان ابتكاره الأكثر شهرة هو بوصلة السفن الحديدية التي تغلبت على المغنطيسية الدائمة للسفينة وعلى المغنطيسية الإضافية المحرَّضة في بدن السفينة والتي يسبّبها الحقل المغنطيسي الأرضي.

كما كان كلفن قادراً أيضاً على تبنّي ابتكارات الآخرين –ففي العام 1881 أصبح منزله في غلاسكو أول بيت في العالم منارا كلياً بالمصابيح الكهربائية–. ففي غلاسكو أدخل فكرة مخابر طلاب ما قبل التخرج، إذ قبل ذلك كان الطلاب مجرد مشاهدين للأساتذة المحاضرين. فكان الطلاب يتنافسون للعمل معه، وعلى سبيل المثال، في العام 1887 قَدِم إليه جيرارد فيليبس Gerard Philips الذي شارك لاحقاً في تأسيس شركة فيليبس للإلكترونيات، من أيندهوفن Eindhoven ليتعلم مفهوم الضوء الإلكتروني، ومثله طلاب من اليابان قَدِموا أيضاً ضمن إطار التبادل مع طلاب غلاسكو.

يعتقد كلفن وبشكل حماسي بأهمية المفهوم الكمّي، قائلاً: "المعرفة تمرّ عبر القياس" وإذا "لم تستطع قياس الشيء، فليس بإمكانك إثباته". فقد عمل أكثر من 20 عاماً ليحسّن من دقة وحدات القياس الكهربائي، فحّدد الأمبير والفولط والأوم كما نعرفها اليوم. كما كان أول من حسب عمري الأرض والشمس من خلال الأخذ بعين الاعتبار كافة المصادر الطاقية المتعلقة بالشمس، والزمن الذي عبره قاومت الجبال التعرية. وبسبب جهله بالنشاط الإشعاعي لقلب الأرض وجهله بالاندماج النووي الذي يزود الشمس بقوتها، فقد كانت نتائجه البخسة التقدير سبباً في اضطرابات سادت بين المعنيين بمفهوم النشوء evolutionists.

كانت المقاربة التي وصل إليها كلفن حديثة وصحيحة إلا أنها، وبعكس ما توقّع، لم تكن مكتملة بالشكل النهائي، وجاء ذلك مناقضاً للاعتقاد الذي كان لدى كلفن من قبل: "عندما تقف وجهاً لوجه أمام مشكلة ما، تكون قد وصلت إلى اكتشاف ما" والذي كان يدفعه للإصرار وبعناد على أنه أحاط بالصورة من كامل جوانبها. قاد كلفن تطور الفيزياء لأكثر من خمسين عاماً، لكنه كان غير قادر على دخول الحيز الواعد باكتشافات القرن الواحد والعشرين: لم يتمكن من فهم أهمية الأشعة السينية أو النشاط الإشعاعي. وفي نهاية القرن التاسع عشر اعتبر نفسه عاجزاً لأنه تمكّن من التوصيف وفاتته إمكانية تفسير تلك الأشياء مثل العلاقة بين الكهرباء والمادة والجدول الدوري للعناصر.

أنتجت الطاقة غير المحدودة لدى كلفن 661 ورقة علمية و75 براءة اختراع. وإذا ما طُلب من العلميين اختيار الإنجاز الأكثر سطوعاً فربما اختاروا سلم درجة الحرارة المطلقة، وقد يُؤْثِر أفراد المجتمع اختيار كبل التلغراف الأطلسي. ففي العام 1912 ذكر زميل كلفن ومفهرسه، ألكسندر رسل Alexander Russell، أن "عمله حيٌّ وسيظل حياً بيننا. بالنسبة إليه فقد سجل تاريخاً طويلاً كرجل ذكي عاش على الأرض، وإن مديونيتنا له تتزايد مع مرور السنين".

☐ *نُشر هذا الخبر في مجلة:* Physics World, 1 January *2009*.

ترجمة د. عادل حرفوش، رئاسة هيئة التحرير.

البريليوم

ماهيته

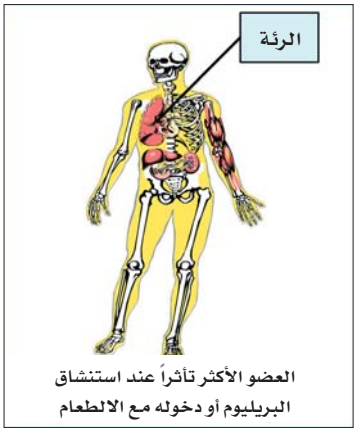
البريليوم عنصرٌ قاسٍ ولونه ضارب إلى الرمادي. يظهر بشكل طبيعي كمكوِّن لبعض الصخور والتربة وفلزات الكربون والزيوت وكرماد بركاني. عُرفت فلزات البريليوم منذ أزمان بعيدة كأحجار الزمرد والزبرجد والأحجار الكريمة. تكون مركّبات البريليوم إما بيضاء أو عديمة اللون وليس لها رائحة خاصة. ونظراً لكونه عنصراً، فهو لا يتفكك ولا يمكن إتلافه.

استخداماته؟

ُستخدم البريليوم في المقام الأول في الخلائط المعدنية (بشكل أساسي مع النحاس) لتصنيع الأجهزة وأجزاء الطائرات والنوابض والوصلات الكهربائية ومكونات صناعية أخرى. يدخل البريليوم أيضاً في صناعة السيراميك المستخدم في العوازل الكهربائية وأفران المكروويف ومقدمات الصواريخ. يستخدم معدن البريليوم النقي في الصواريخ والقذائف ومكونات الصواريخ والطائرات والتدريعات الحرارية والمرايا وفي الأسلحة النووية.

وجوده في البيئة

يتراوح تركيز البريليوم في القشرة الأرضية بين 1 و15 ملغ/كغ. ويُقدّر متوسط تركيز الموجود بشكل طبيعي في التربة بـ 250 مرة أكبر من تركيزه في مياه تجاويف التربة (المياه في الفراغات المسامية بين جسيمات التربة)، وتكون نسبة تركيزه أكبر بكثير في الترب الطفالية loam والصلصال. تتراوح سويات البريليوم في مياه الشرب بين 0.01 و0.7 جزء من مليون جزء (ppm). وتكون تراكيز البريليوم في الهواء عادة أقل من 0.0005 مكروغرام/م^3.



العضو الأكثر تأثراً عند استنشاق البريليوم أو دخوله مع الاطعام

يوجد البريليوم في الأغذية بتركيز وسطي قدره 22.5 مكروغرام/كغ مقيساً في 38 مادة غذائية مختلفة، وتقل التراكيز عن 0.1 مكروغرام/كغ و2.200 مكروغرام/كغ بأحد أنواع الفول. تحتوي السيجارة الواحدة حوالي 0.5 و0.7 مكروغرام من البريليوم، ويتطاير منها ما يقارب 5 إلى 10% مع دخان السيجارة

الرمز:	Be
العدد الذرّي: (عدد البروتونات في النواة)	4
الوزن الذرّي:	9

يدخل البريليوم بشكل طبيعي عبر المسارات المائية من خلال بيئة الصخور والتربة الحاوية لهذا المعدن. تشكل النشاطات البشرية لحرق الفحم والنفط المصدر الرئيسي للانبعاثات البيئية. ويصل البريليوم إلى المياه السطحية بسبب المخلّفات الصناعية، ويمكن لبريليوم الهواء الجوي أن يترسّب في المياه والتربة. يكون شكل البريليوم المنطلق في الهواء عادة على هيئة أكسيد البريليوم، الذي يسقط على الأرض في نهاية المطاف إما مع الأمطار والثلوج أو على هيئة جسيمات صلبة. لا ينحل أكسيد البريليوم بسهولة ولا يتحرك بسرعة في التربة أو الماء، ولا يبدو أنه يتراكم في النباتات والحيوان. تكون نسبة تركيز البريليوم في النباتات إلى نسبته في التربة ضعيفة عادة، وتقدر بـ 0.15%. ورغم قدرة التفاعلات الكيميائية على تحويل البريليوم من مركّب لآخر، فإن البريليوم بحدّ ذاته لا يمكنه أن يتفكك بوساطة التفاعلات البيئية.

ما الذي يحصل للبريليوم في الجسم؟

يتعلق المصير الذاتي للبريليوم بالشكل الذي يدخل فيه إلى الجسم. لا تنحل غالبية مركّباته بسهولة ولا تمتص بيسر (أقل من 1%) من قبل الطرق المعوية المعدية. يطرح البريليوم الذي تمّ امتصاصه بشكل بطيء جداً وينحو إلى التراكم في الهيكل العظمي. ويمكن لجسيمات غبار البريليوم أن تدخل عن طريق التنفس وتترسّب في الرئتين. غير أنه يمكن لبعض الجسيمات المترسبة هذه أن تخرج من الرئتين. ورغم عدم إمكانية استقلاب البريليوم في الجسم إلا أن

أشكاله المنحلة قد تتحول إلى مركبات أقل انحلالية في الرئتين. ينتقل البريليوم الممتص في الدم إلى نسج وأعضاء الجسم، ويتراوح عمر النصف لمركّبات البريليوم المستنشقة الحلولة بين 2 و8 أسابيع.

ما هو التأثير الصحي الأولي؟

يمكن أن يؤدي استنشاق البريليوم إلى نمطين من الأمراض التنفسية، مرض بريليوم حاد ومرض بريليوم مزمن (أي ما يعرف بـ berylliosis)، ويمكن للنمطين أن يكونا مميتين. يحصل المرض الحاد عادة بعد التعرّض إلى سويات عالية من أشكال البريليوم الأكثر انحلالاً وتتراوح مظاهره من التهاب الممرات الأنفية وحتى ذات الرئة الكيميائي العنيف. ويحصل مرض البريليوم المزمن من استنشاق سويات ضعيفة من البريليوم وهو من نمط الاستجابة التحسسية. يتميز المرض بتشكل عقدٍ أو تحبّب في الرئتين. يمكن أن تكون فترة تفاقم المرض مديدة (بعد 25 عاماً من التعرض) قبل ظهور الأعراض. ومن جهة أخرى، لم تظهر تقارير عادة تشير إلى آثار ناجمة عند الإنسان بسبب عبور البريليوم إلى الجسم عن طريق الغذاء، وذلك لأن الكمية التي يمتصها الدم قليلة جداً. ويُعدُّ التلامس الجلدي الأثر الأكثر شيوعاً للبريليوم على الجلد. ورغم اعتباره مسرطناً متوقعاً عند الإنسان (سرطان الرئة)، لم يؤكد بعد الإثبات العلمي ذلك. ولهذا السبب، تصنف وكالة حماية البيئة (EPA) البريليوم كمسرطن محتمل عند الإنسان من خلال الاستنشاق.

ما هي خطورته؟

طوّرت وكالة حماية البيئة قيماً للتسمّم (انظر الجدول أدناه) لتقدير خطورة التسرطن أو الآثار الصحية السيئة كنتيجة لاستنشاق أو تناول البريليوم. تُسمّى قيمة التسمّم المحددة لتقدير خطورة التسرطن بمعامل الانحدار Slope factor (SF)، والقيمة المحددة غير المسرطنة بالجرعة المرجعية reference dose (RfD).

وتمثل SF قيمة احتمال تعرض الشخص لمادة كيميائية تقود إلى السرطان نتيجة واحد ملغ من البريليوم في اليوم لكلّ كغ من وزن الجسم على مدى الحياة (mg/kg-day). أما RfD فهي تعني قيمة احتمال الجرعة الأعلى التي يمكن تلقيها في كلّ يوم دون التسبُّب بأثر سيء غير سرطاني. طُوِّرت قيم السمية هذه من خلال دراسة جرت على حيوانات اختبار أعطيت جرعات عالية نسبياً على مدى حيواتهم، ومن ثم جرى ضبط وتطبيع تلك النتائج على قاعدة mg/kg-day عند الإنسان، أو مباشرة من دراسات على بشر تعرضوا للبريليوم في أماكن عملهم. ولتوضيح كيفية تطبيق RfD، يمكن لشخص وزنه 68

قيم السمّية الكيميائية		
خطورة السرطنة	الأثر غير المسرطن	
	RfD عن طريق الفم	RfD عن طريق التنفس
SF عن طريق التنفس	2.1×10^{-10}	2.2×10^{-11}
8.4 mg/kg-day	0.002 mg/kg-day	0.0000057 mg/kg-day

كغ أن يتناول عن طريق الفم بشكل آمن 0.14 ملغ من البريليوم أو يستنشق 0.0004 ملغ من البريليوم كلّ يوم دون توقع أي آثار سيئة. وبعكس حالة RfD، التي تمثل "جرعة يومية آمنة"، فإن SF تضرب بالكمية المتلقاة من أجل تقدير الخطورة السرطانية. وباستخدام SF تعتبر EPA أن شخصاً قد يكون لديه احتمال واحد من أصل مليون احتمال للإصابة بالسرطان إذا ما تعرّض كلّ يوم وعلى مدى الحياة لهواء يحوي 0.004 مكروغرام بريليوم في كلّ متر مكعب. لقد حدّدت EPA تركيزاً مرجعياً للاستنشاق قدره 0.00002 ملغ/متر مكعب، ووحدة خطورة هوائية قدرها 4.3 لكلّ ملغ/متر مكعب.

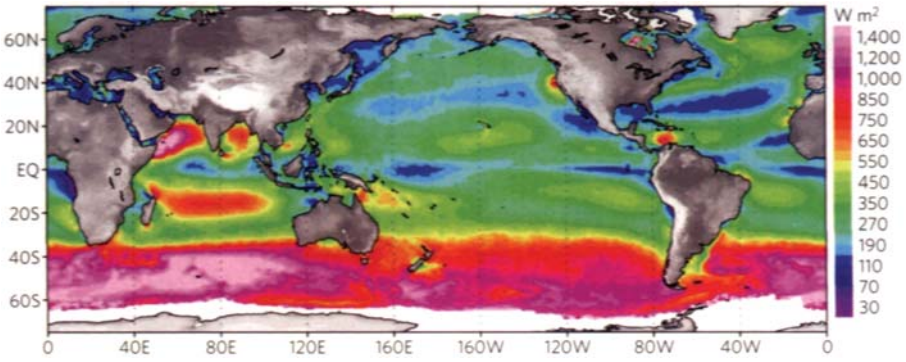
ما هي الحدود الرائجة للانبعاثات البيئية والتعرّض البشري؟

للمساعدة في تعقب الانبعاثات، فإن تعديلات الاعتماد الفائق التي توجه التخطيط العاجل والمجتمع المتابع تطلب نشر تقارير سنوية عن انبعاثات كيميائية محدّدة في الهواء والمياه والتربة لإدخالها في عملية جرد الانبعاث السمّي عبر ساحة الوطن كاملة. وقد قدرت كميات جميع مركّبات البريليوم المنبعثة بـ 4.54 كيلو غرام. وحددت EPA سوية بريليوم أعظمية قدرها 4 مكروغرام/لتر في حالة مياه الشرب. ومن أجل العمال الذين يعملون 8 ساعات يومياً، فقد حدّد المعهد الوطني للأمان المهني والصحي Occupational Safety and Health (NIOSH) وإدارة الأمان المهني والصحي Occupational Safety and Health Administration (OSHA) سويات حماية قدرها 0.0005 و0.002 ملغ من البريليوم ومركبات البريليوم في المتر المكعب من الهواء على التوالي. وإضافة لذلك، قيّدت EPA الانبعاثات الصناعية من البريليوم بـ 10 غرام كل مدة 24 ساعة.

☐ *نُشر هذا الخبر في مجلة:* ANL, July *2002.*

ترجمة د. عادل حرفوش، رئاسة هيئة التحرير.

طاقة الرياح العالمية



استُمدت هذه الخريطة لمتوسط طاقة الرياح العالمية من معطيات ثماني سنوات مأخوذة من رادار فضائي يُدعى مقياس التبعثر scatterometer. يقيس الرادار التبعثر في الأمواج المكروية المرتدة من على البحر إلى داخل المدار؛ إذ تشير حركة الأمواج المقيسة إلى سرعة الرياح. وتُظهر الصورة كثافة طاقة الرياح في أشهر كانون الأول/ديسمبر وكانون الثاني/يناير وشباط/فبراير؛ وفي الأشهر حزيران/يونيو وتموز/يوليو وآب/أغسطس، تصبح الكثافة أعظم في خطوط العرض المرتفعة لنصف الكرة الأرضية الجنوبي. إن العديد من المناطق ذات القيم العالية لطاقة الرياح تواجه عواصف خط العرض الوسطي الشتوية أو الرياح التجارية أو الرياح الموسمية. وفي حالات أخرى، فإن شكل اليابسة يرسل الرياح إلى نفاثات موثوقة. تقول تيموثي ليو Timothy Liu، الباحثة في مختبر الدفع النفاث Jet Propulsion في باسادينا بكاليفورنيا، والتي وضعت الخريطة مع زملائها، إن المناطق الأعلى إنتاجاً يمكن أن تعطي 500-800 واط من الطاقة لكلّ متر مربع واحد. ولكن حتى مع العنفات المثالية، فإن 60% فقط من الطاقة يمكن أن تُستَرد. وإذا أخذنا بالحسبان ما ينبغي أن يكون عليه تباعد العنفات، فإن الأرقام الواقعية ستظلّ أخفض بكثير.

يُقدّر أن تزداد سعة طاقة الرياح الأوربية من 56.5 غيغاواط حالياً إلى 40 غيغاواط بعيداً عن الشاطئ في العام 2020، وفي حين ما تزال الولايات المتحدة بعيدة عن تحقيق ذلك، إلا أن مشاريعها في ديلاوار وماساشوستس تتقدّم أخيراً نحو الأمام.

مقتبس من مجلة *Nature. Vol 454, 17 July 2008*.

نحو فضاء علمي في حوض المتوسط

في باريس، وبمناسبة مؤتمر جمع أكثر من 120 علميا وأكاديميا من 20 بلدا في حوض المتوسط، أطلقت مجموعة الأكاديميين من أجل التطوير (GID) مشروعا بعنوان "نحو فضاء علمي في حوض المتوسط"، ومع أندريه كابرون Andre Capron، رئيس مجموعة الأكاديميين من أجل التطوير، جرى الحوار التالي.

لماذا أنشأتم هذا المشروع؟

تعتمد إرادتنا على ملاحظة أن هذه المنطقة من العالم هي بوتقة حضارات أسست لإنجازات تطور كبير في الفكر والعلم. وهي الآن منطقة تخلف لا تمثل سوى 0.5% من الإبداع العلمي في حين أن العلم يشكل محرك التطوير. ومن ناحية أخرى تعتبر منطقة المتوسط حافظة الوراثة الحيوية. كما أن هذه المنطقة هي الواصل الحقيقي بين أوربة الغربية ودول مجاورة للصحراء. كل هذه المؤهلات تشكل قاعدة قوية جداً لإرساء هذا التوجه المستقبلي.

هل هذه المبادرة كانت صدفة في مرحلة ترؤس فرنسا للاتحاد الأوربي؟

بالتأكيد كانت الفكرة موجودة قبل الآن، لكن وجود الأفكار لا يكفي إذا لم تكن في سياق أولويات سياسية. إن مشروع رئيس الجمهورية المتعلق بالاتحاد المتوسطي منحنا فرصة للتعبير عن مشروعنا.

في ختام الاجتماع في باريس ماذا كانت التوصيات المهمة؟

أولاً لابد من ملاحظة أن 21 دولة كانت حاضرة ومن بينها 17 أكاديمية. وظهرت إرادتان كبيرتان: قيادة فعل علمي تضامني ودمج التوجهات العلمية في إطار اجتماعي وسياسي. فاتخذ القرار بإنشاء شبكة تواصل أكاديمي متوسطي.

ما هي الإجراءات التي تم بحثها؟

أولاً أن يتجسد هذا التوجه العلمي المتوسطي ببرنامج دولي. يُسمّى هذا البرنامج بارمينيد Parmenides. ويتضمن هذا البرنامج ثلاثة محاور عمل كبيرة: يمثل المحور الأول البنود الكبيرة في برنامج المؤتمر الذي عُقد في باريس في حزيران من العام 2008، المتعلق بالمصادر الطبيعية والتطوير المستدام والمصادر السمكية والبيئة وأخيراً التغيُّر المناخي. والمحور الثاني يتعلق بالصحة المجتمعية، وهو موضوع المؤتمر القادم الذي سيعقد في نهاية ربيع العام 2009 في روما وسينظم من قبل الأكاديمية الإيطالية، بإشراف GID. ومن ثم المؤتمر الأخير، المرحلة الثالثة من برنامج بارمينيد، سيتعلق بالتنوع الحيوي والثقافي في حوض المتوسط، وسيُقام في مكتبة الإسكندرية.

تشكل هذه المكونات الثلاثة ركائز هذا البرنامج الكبير بهدف النهوض بالمعرفة في حوض المتوسط والتنسيق بين الدول المختلفة في هذه المنطقة في آن معاً. إنها عملية تبادل حقيقية للمعرفة ، وهو ما أسميه المعرفة التضامنية.

لماذا هذا التوجه المتوسطي العلمي وليس البحثي؟

إنه أبعد من مفهوم لفظي. في الحقيقة، ومن وجهة نظرنا، إن للعلم تعريفاً أوسع بكثير من تعريف البحث. فالعلم يتعلق بتطوير المعارف ككل، ولا يقتصر فقط على فعل البحث الذي تكون تفاصيله بشكل عام أكثر تعقيداً. إضافة إلى ذلك، تنضم إلى هذه الأهداف مواضيع التربية والتعليم.

ما هي العلاقات التي نسجتموها مع المنظمات البحثية العاملة على هذه المعضلات؟

لا تشكل الأكاديميات منظمات بحثية، وليس لديها ميول لإدارة البرامج. كانت الفكرة دعوة عدد معين من المراكز المعنية بمواضيع هذا المؤتمر مثل IRD وCNRS وCirad وInra وIfremer وCNES وPlan Bleu، وغيرها. حصلنا على تسع لجان قيادية وبحضور منتظم ورائع لهذه اللجان مع تعاون مثالي بالفعل. وفيما يتعلق بالانطباع العام، عبّر جميع ممثلي المنظمات بشكل تلقائي ليقولوا إن نجاح هذه العملية تمثّل بكون GID شكلت بالنسبة لهم أداة أساسية للحوار وتبادل المعلومات وتوجهات مشتركة، وكانت المكان الوحيد الذي مارسوا فيه النقاش العملي مع زملائهم. وأعتقد في هذه الحال أنه بإمكانكم إدراك حقيقة المهمّة التي تقوم بها GID وبأنها ليست مجرد إدارة للبرنامج، إنما هي بشكل ما مكان لقاء وحوار طبيعي بين كبار المعنيين الذين يستفيدون من مؤهلات نوجزها بما يلي: شرعية الأكاديميات عبر كفاءة علمييها وحياديتهم في الوقت نفسه.

مقتبس من مجلة *Sciences No. 46, Sept/October 2008*.

صورة ملتقطة بالساتل لخدمة إدارة المياه

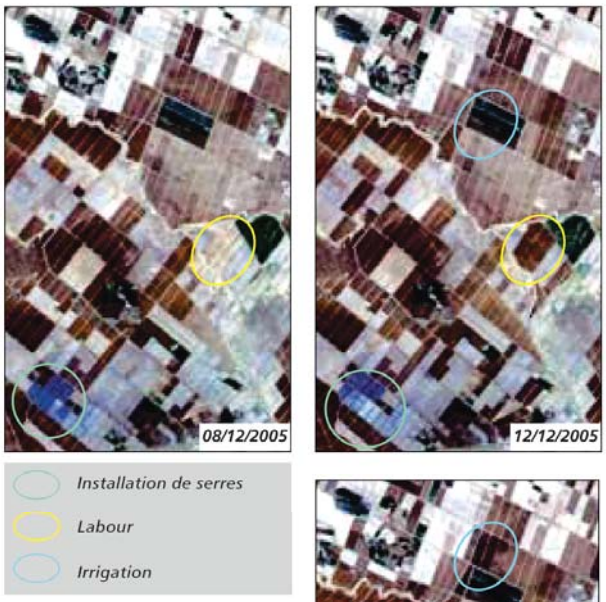
قامت مجموعة في معهد الأبحاث من أجل التطوير IRD بتفسير صور حديثة ذات ميز مكاني عال التقطها ساتل تايواني في منطقتين زراعيتين شبه جافتين في المغرب والمكسيك.

تساهم عمليات الري في توفير الأمن الغذائي. ففي الواقع، ينتج السطح المروي الذي يمثل أقل من 20% من الأرض الزراعية أكثر من 40% من الإنتاج الغذائي العالمي. ومن أجل إطعام شعوب تتزايد باستمرار يجب تحسين إدارة هذه التقنية بهدف الحصول على الجزء الأكبر من المصادر المائية المحدودة وبخاصة في المناطق شبه الجافة.

وإن متابعة الاحتياجات المائية للزراعات المختلفة على مستوى منطقة كاملة، تقود العلميين إلى استثمار الصور الملتقطة بالسواتل. فحتى وقت قريب كان العلميون يستخدمون تجهيزات تشكو من ضعف في المُيز (قدرة الفصل) المكاني (من مرتبة

الكيلومتر) أو من إمكانية الحصول على مشاهدات متماثلة خلال الفصول المختلفة. وهكذا استحضر الباحثون في معهد البحث والتطوير Institut de Recherche et Development (IRD) معطيات صدرت عن ساتل تايواني، اسمه Formosat 2، وضع في الخدمة عام 2004. يمكن لهذا الساتل أن يلاحظ على مدار الساعة مناطق صغيرة مساحتها تقارب 500 كيلومتر مربع وبميْزٍ مكانيٍّ من مرتبة 8 أمتار. سمحت هذه المعطيات بدراسة منطقتين زراعيتين، حيث يعتمد استثمارهما على الري المكثف، وتقع الأولى في وسط المغرب بالقرب من مراكش والثانية في الشمال الغربي من المكسيك في مقاطعة سونورا. تمتد هاتان المنطقتان المرويتان فوق مئات الكيلو مترات المربعة وتشتمل محاصيلهما على الحبوب والأشجار المثمرة والخضار، ويتم الإرواء بالاعتماد على مصادر مائية محدودة ناجمة بشكل أساسي عن الهطولات الساقطة على الجبال المحيطة بكل منهما. وفي هذه المناطق القاحلة، حيث تقلّ كمية الأمطار سبع مرات عما يحتاجه مثل هذا الغطاء النباتي على مدار العام، تُعدُّ عملية التحكم بالمياه أمراً أساسياً. والمقصود هو توزيع المياه بين المزروعات المختلفة بأقرب ما يكون إلى العدالة والفائدة.

وبفضل معالجة صور الساتل Formosat 2 تمكّن الباحثون من إعادة بناء استخدامات الأراضي وفق المناطق الصغيرة المدروسة، ومتابعة دقيقة جداً للتطور الزمني للغطاء النباتي. تسمح هذه المتابعة الدائمة عبر الموسم الزراعي بتحسين تقييم



المردودات ونمذجة الانتقالات المائية بين التربة والنبات والجو. ففي المغرب، سمحت هذه الملاحظات بتقدير كمية النتح في محصول القمح، وهو عامل أساسي في فقد المياه، إضافة إلى تقدير مردودي الكتلة الخضراء والمحصول الحبّي. وقد سمح نقل مجمل هذه المعلومات إلى مراكز محلية مسؤولة عن الإدارة الزراعية البيئية بتوجيه الري نحو القطع الصغيرة الأكثر حاجة وبتحسين النصائح للمزارعين.

مقتبس من مجلة *Sciences Vol 21 No 8, Sept/October 2008*.

مصادم الهدرونات الضخم

أضخم وأعقد آلة صنعها الإنسان للبحث عن دقائق غاية في الصغر

إعداد: د. توفيق ياسين

يمضي القرن الحادي والعشرون بعقده الأول، والبشرية تنعم بحياة رغيدة أسدلت عليها تقانات العصر رخاءً لو حُدِّث به الأجداد لظنوا أنه محض خيال في حكايات ألف ليلة وليلة. ولولا اكتشافات علم الفيزياء ونظرياته التي نَصبت هذا العلم على عرش العلوم، ما كنا حققنا ما وصلنا إليه من نعيم المعلوماتية والاتصالات، وغزو الفضاء والغوص في قعر المحيطات. كان للقرن الماضي النصيب الأوفى من إبداعات الفيزياء واكتشافاتها منذ بدايته، فكانت النظريات والمفاهيم الذرية، والنظرية النسبية، وتطور ميكانيك الكم، وتطوير المسرعات الجسيمية، والمفاعلات النووية والخوض في أعماق الذرة، واكتشاف أعماق الفضاء، والتقدم الهائل في عالم الإلكترونيات والعالم الرقمي.

غير أنه كلما حصل كشف كبير ومثير يجيب عن تساؤلات مطروحة، انبثقت تساؤلات أكثر غموضاً وإبهاماً. وفي خضم التساؤلات الكبيرة، يشع نبع الفيزياء بالاكتشافات والنظريات الكبيرة ويكاد النموذج المعياري Standard model في فيزياء الجسيمات، الذي قاد الفيزيائيين لفهم قوانين الطبيعة الأساسية لعقود من الزمن، أن يكون عاجزاً عن تقديم كامل الحكاية في الإجابة عن التساؤلات المطروحة. فكان على الفيزيائيين أن يسخّروا اكتشافاتهم ومعرفتهم في سبيل ديمومة تفجير ثوراتهم العلمية لفهم أوضح لأسرار الطبيعة ولإزالة الحواجز التي تعيق نظرياتهم في تفسير الكثير مما يجول في أذهانهم لحل ألغاز الكون، ولكن ليس في أعماق السماء هذه المرّة بل تحت سطح الأرض. لذا تمحورت رؤاهم على مشروع بناء المصادم الهدروني الضخم Large Hadron Collides (LHC) الذي لاقى الدعم من المنظمة الأوربية للبحوث النووية CERN ومؤسسات أخرى حول العالم. فهل للمصادم الضخم أن يتحدى الفيزيائيين الذين يحاولون إثبات المفاهيم الراسخة أو يتجاوزهم لتحقيق أحلام الآخرين الذين يحومون بعقولهم في خضم المجهول؟

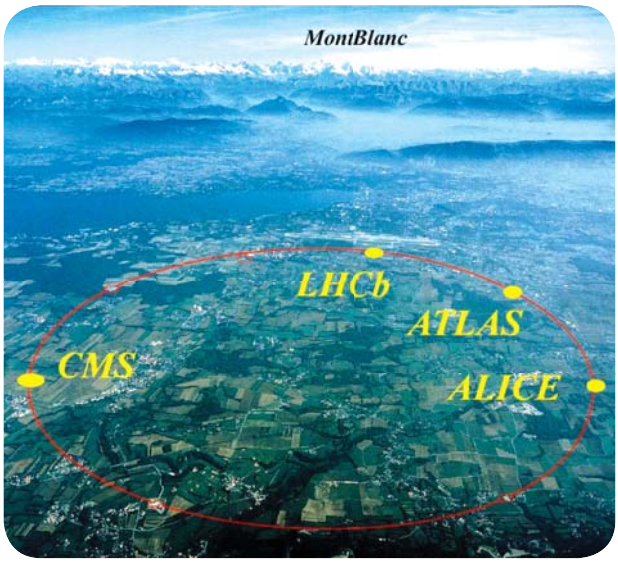
آلاف من العلماء من جميع أنحاء الكرة الأرضية، تدور عقولهم في نفق عميق، يقع على عمق قرابة مئة متر ما بين بحيرة جنيف وجبال جورا، يقطع الحدود السويسرية الفرنسية في أربع نقاط في دائرة محيطها 27km تقريباً. تدور جسيمات حامية في برودته، صاخبة في خلائه، ينتظرون فيه كشوفات عن أسرار أخفتها الطبيعة وتعثّرت فيها النظريات، عائدين في الزمن إلى ما يقارب 13.7 مليار سنة إلى الوراء حيث حصل الانفجار العظيم ونشأ الكون الذي أخفى الكثير من شواهد ومعالم النشوء.

إنه المصادم الهدروني الضخم Large Hadron Collides (LHC)، الآلة العملاقة الأضخم على الإطلاق والتي أوجدها العلماء لتجيب عن أسئلتهم وتزيل حيرتهم في الكثير من المسائل، ولكنها

قد تضاعف الأسئلة وتزيد الحيرة وتغير الكثير من المفاهيم التي تعد حقائق مقدسة.

أول إعلان عن فكرة المصادم الهدروني الضخم LHC، كان في شهر آذار من عام 1984 خلال ورشة عمل في مدينة لوزان، إلا أن الفكرة تعود إلى ما قبل ذلك بسنوات، وربما ترافقت مع فكرة بناء مصادم إلكترون–بوزيترون LEP في نهايات سبعينيات القرن الماضي، ولكن ما هو أكيد أن التصميم بدأ في عام 1981 عندما بدأ مشروع المصادم LEP وأخذت المعاملات التصميمية طريقها في تنفيذ النفق وعندما تمت الموافقة على مشروع المصادم LHC في كانون الأول/ديسمبر في عام 1994، بأن يركب في نفق LEP، حيث كان المكان مهيأ وآخذاً بالاعتبار إضافة تجهيزات LHC وكان LEP ما يزال في حالة الاستثمار التي دامت ما بين عامي 1989 و2000.

تضافرت جهود العلماء والمهندسين من نحو أربعين دولة حول العالم بقيادة المنظمة الأوربية للبحوث النووية CERN، وبتمويل من نحو ثلاثين دولة، لصنع وتركيب آلة العصر، آلة عودة الزمن، آلة تسريع الجسيمات المصممة لتسريع تيارين من الجسيمات باتجاهين متعاكسين وحملها، في أنابيب مطوقة بمغانط فائقة الناقلية من النيوبيوم–تيتانيوم، وتتقاطع في أربع نقاط لإحداث التصادم بين الجسيمات المسرعة، حيث تتوزع حولها المكاشيف والتجهيزات التجريبية الموصولة عبر شبكة خاصة مع مئات المعاهد حول العالم. الهدف الرئيسي هو إحداث تصادمات بروتون–بروتون عند طاقة 14TeV ودراسة الجسيمات الناتجة عنها ومن ثم دراسة تصادم نوى أثقل ومنها رصاص–رصاص عند طاقات 150TeV لاحقاً.



بنية المصادم الضخم:

يتكون المصادم، المسرع الأكبر حجماً والأكثر طاقة حتى الآن، من أنبوبي حزمة متجاورين يدوران في نفق خرساني دائري قطره 3.8m وطوله نحو 27km، مكون من ثمانية أقواس يقارب طول كل منها 3km، مفصولة عن بعضها بقطاعات مستقيمة تصل إلى 580m.

يقع النفق على عمق يتراوح مابين 50-175 متراً تحت سطح الأرض. يُطوَّق أنبوبِ الحزمتين بآلاف المغانط الفائقة الناقلية، منها 1232 مغنطيساً ثنائي القطب مزدوج الفتحة (أي ما يكافئ 2642 مغنطيساً ثنائي القطب) تعمل على إبقاء الحزمة في مسارها الدائري، في حين يقوم ما يقارب 400 مغنطيس رباعي الأقطاب على تبئير الحزمتين لضمان كثافتي تيارين عاليتين لتحقيق معدل تصادم عالٍ (يبلغ قطر الحزمة بحدود قطر شعرة من رأس الإنسان). وهناك مئات المغانط الأخرى المتعددة الأقطاب تقوم بدور مُصحّحات. تزن المغانط الفائقة الناقلية زهاء 27 طناً موجودة في منظومة تزن أكثر من 40 طناً وتُبرَّد بنحو مئة طن من الهليوم الفائق الميوعة إلى درجة حرارة بحدود 1.9 °K(-272.25°C) مما يجعل هذه الآلة المكان الأكثر برودة وخلاءً في المنظومة الشمسية.

تحقن البروتونات في مسرِّع المصادم بعد تسريعها بواسطة عدة مسرعات، آخرها مسرع البروتون السينكروتروني الفائق SPS الذي يوصلها إلى طاقة مقدارها 450GeV. تدخل حزمة البروتونات بهذه الطاقة، إلى أنبوب المصادم ويرفع الحقل المغنطيسي إلى ما يقارب 8.5T وتسرع خلال مدة 20 دقيقة لتصل طاقتها إلى 7 TeV (تيرا إلكترون فولت) حيث يمكن إبقاؤها محتفظة بهذه الطاقة لمدة تصل إلى يوم واحد. تكون سرعة البروتونات عند هذه الطاقة قريبة جداً من سرعة الضوء (99,9999991% من سرعة الضوء)، تدور عندها ضمن الأنبوب النفقي زهاء 11,000 دورة في الثانية. وتبوّق البروتونات في باقات يصل عددها إلى 2808 باقة، تحوي كل منها 1.5×10^{11} بروتون، ويصل تيار الحزمة إلى 0.582A، وتكون الطاقة المخزونة في الحزمة بحدود 362MJ. وعند اصطدام بروتونين بهذه الطاقة، تكون الطاقة الإجمالية للتصادم ضعف ذلك، أي 14TeV التي سرعان ما تتحول إلى طيف واسع من الجسيمات الأخرى التي يؤمل أن تقدم حلولاً لألغاز أربكت العلماء. تجري التصادمات في النقاط الأربع التي يتقاطع فيها الأنبوبان، ولذلك شيدت التجارب والكواشف حول هذه النقاط. وجهزت ست تجارب لإجراء كل الدراسات الفيزيائية المزمعة. زوِّدت هذه التجارب بالمكاشيف المناسبة لتحقيق الأغراض المرجوة منها، إذ صُمِّمت كل منها بشكل منفصل وركبت في تجاويف كبيرة تحيط بنقاط التصادم وسميت كما يلي:

1- تجربة ATLAS (A Toroidal LHC Appratus): جهاز المصادم الهدروني الكبير السواري، وهذه التجربة عبارة عن مكشاف ضخم متعدد الأغراض سيستعمل للبحث عن أي إشارة جديدة،

ومن أهم مهامه الكشف عن الجسيمات الجديدة وتقصي أقصى حدود الفيزياء الممكنة.

2- تجربة CMS (Compact Muon Solenoid): ملف سواري ميوني متراص، تضم هذه التجربة أيضاً كاشفاً ضخماً متعدد الأغراض مهمته التقاط بوزونات هيغز والبحث عن المادة الخفية والجسيمات الأخرى.

3- تجربة ALICE (A Large Ion Collider Experiment): تجربة المصادم الأيوني الضخمة، ومهمتها دراسة تشكل بلازما كوارك–غليون التي كانت موجودة أثناء الانفجار العظيم.

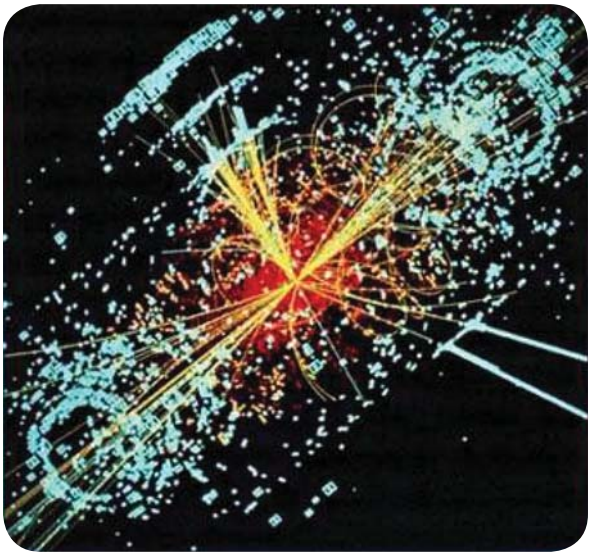
4- تجربة LHCb (LHC-beauty): تجربة جمال المصادم ومهمتها دراسة مصير المادة المضادة التي تشكلت عند نشوء الكون والتي كانت مكافئة للمادة العادية.

5- تجربة LHCF (LHC-Forward): تجربة تقدّم المصادم، وهي تجربة صغيرة ومصممة لأغراض خاصة وضيقة.

6- تجربة TOTEM (Total Cross Section, Elastic Shearing and Diffration Dissociation): تجربة دراسة المقطع الفعال الكلي والتصادم المرن والتفارق الانعراجي. وهي أيضاً تجربة صغيرة محددة المهام.

البحث عن المجهول:

آلة معجزة وجهود هائلة وتكاليف باهظة تجاوزت 8 بليون دولار، كل هذا مقابل ماذا؟ ماهو المتوقع أن تقدمه دراسة التصادم وهل يستحق ذلك هذا العناء وربما هذه المخاطرة؟ نعم، هناك أسئلة مطروحة تبحث عن جواب ولكن قد تأتي أجوبة غير متوقعة لأسئلة لم تطرح وربما تكون بحد ذاتها أسئلة تبحث عن أجوبة لها. ولكن أهم ما يتوقع الفيزيائيون أن يحصلوا عليه من إجابات عن استفساراتهم، هو البحث في الجسيمات المتشكلة عن عمليات تحول طاقة–كتلة في هذا المخزون الطاقي، لعلهم يعودون في الزمن إلى لحظة نشوء الكون والانفجار العظيم (Big Bang) حيث يجدون جسيمات تشكلت آنذاك وتلاشت وأخرى تجمعت في عناقيد أشكال مبهمة. ومن أهم الأسئلة المطروحة ويُنتظر أن يجيب عليها المصادم:



ماهي الكتلة؟

أكثر الألغاز إرباكاً للفيزيائيين هو أصل الكتلة، لماذا تملك بعض الجسيمات كتلة؟ ولماذا بعضها لا كتلة له؟ تكسب الجسيمات كتلها بتآثرها مع جسيمات أخرى. اقترح العالم بيتر هيغز عام 1964 وجود حقل يتآثر مع الجسيمات، يؤثر على الأجسام مولداً كتلتها ويكون أساساً لعمل النموذج المعياري الذي عجز عن استيعاب هذا الحقل. لذلك يُتوقع أن يُلحظ تشكل ما يسمى بوزونات هيغز أو جسيمات هيغز عند طاقات الاصطدام العالية هذه. إذا وجدت هذه الجسيمات سيطور النموذج المعياري الذي وضع في السبعينيات من القرن الماضي، بحيث تحدَّد الآلية التي بها يُمنَح الجسيم كتلته. ورغم أنه لا يمكن قياس حقل هيغز مباشرة إلا أنه يمكن للتصادم عند طاقات عالية مثل طاقات المصادم، إثارة هذا الحقل فيؤدي إلى تحرير ارتجاجي لجسيمات (بوزونات هيغز) القابلة للكشف.

هل هناك تناظر فائق؟

أظهرت الدراسات الرياضية حول نظرية الأوتار الفائقة في بداية السبعينيات عن خطوة ضاربة باتجاه حلم أينشتاين غير المكتمل لنظرية توحيد القوى التي تجمع التآثرات الكهرضعيفة والتآثرات القوية معاً في إطار واحد. يتوقع أن يسود تناظر عميق عند طاقات المصادم يعرف بالتناظر الفائق. يتضمن التناظر الفائق ربط جسيمات المادة (الكواركات والليبتونات) مع جسيمات القوة (بوزونات عيارية). يعتقد بوجود جسيمات فائقة (جسيمات S) إضافية ضرورية لإكمال التناظر إذ يتعذر كشفها لأن مقدار كتلها

أكبر من كتل نظرائها بعامل يصل حتى عشرة أضعاف، وتقع هذه الكتل ضمن مجال المصادم. وسيكون اكتشاف الجسيمات S إنجازاً مهماً يذهب بنا إلى ما بعد أينشتاين عن طريق خلق ارتباط عميق بين قوى الطبيعة وجسيمات المادة.

ما هي المادة الخفية؟

يتوقع العلماء أن 4% فقط من الكون يتشكل من المادة التي نعرفها، وأن 96% منه مكون من المادة الخفية والطاقة الخفية والتي لا يعرف عنها سوى مقدار جذب ثقالتها الهائل.

يعتقد الكثير من العلماء بأن المادة الخفية ليست إلا جسيمات S التي ينتظر الحصول عليها في المصادم. ويعتقد أن جسيمات التناظر الفائق هذه قد تشكلت في بدء نشوء الكون ثم تجمعت في عناقيد وتراكمت في بنى المادة الخفية على مستوى المجرات.

الأبعاد الإضافية وجسيماتها:

طُرحت مسألة الأبعاد المكانية منذ مطلع القرن العشرين وطرحت إمكانية وجود أبعادٍ أخرى غير الأبعاد الثلاثة المعروفة، وهل هناك اتجاهات غير الاتجاهات المعهودة، تصل إلى حجم صغير يصعب اكتشافه. كان أينشتاين لسنوات عديدة من الداعمين لهذه الفكرة حيث اعتبر أن الثقالة ماهي إلا اعوجاجات وانحناءات في الأبعاد المألوفة بالإضافة إلى الزمن. هناك من اقترح أن قوى الطبيعة الأخرى تتوضع على اعوجاجات وانحناءات في أبعاد مكانية إضافية، لكن تعثر الرياضيات آنذاك في احتواء هذه الفكرة، أدى إلى فقدان الاهتمام بها لعقود حتى عادت نظرية الأوتار وأحيتها، بل استطاعت رياضيات نظرية الأوتار استيعاب الأبعاد الإضافية وحلّت المسألة التي أعيت أينشتاين.

يُنتظر من تجارب المصادم، ولو باحتمال ضئيل، أن تقدم دليلاً على الأبعاد الإضافية إذ تُظهر الحسابات بأنه يمكن لنواتج تصادم البروتونات عند الطاقة العالية، أن تُقْتَلع من الأبعاد المكانية المألوفة وتُحشَر في أبعاد أخرى جديدة وقد تُكشف هذه العملية من خلال الفقد الظاهري للطاقة التي تحملها هذه النواتج. ولكن معرفة قوة التصادمات اللازمة للدخول في عالم الأبعاد الإضافية يبقى مجهولاً.

أسرار نشوء الكون:

يبقى السؤال الجدير بالاهتمام هو كيف بدت المادة عند حصول الانفجار العظيم وفي النانوثانية الأولى منه، حيث كانت الطاقة الهائلة هي السائدة؟ وهل كان يمكن للغليونات التي تمسك الكواركات في النوى الذرية أن تقوم بدورها في مثل هذه الطاقات العالية؟ تفترض النظريات الفيزيائية أنه خلال النانوات ثانية الأولى من نشوء الكون كانت الكواركات والغليونات في مزيج حار جداً دعي ببلازما كوارك–غليون. ستقوم تجربة ALICE باستثمار تفاعلات المصادم لإعادة خلق شروط مماثلة لتلك التي كانت سائدة عند الانفجار العظيم وذلك بهدف تحليل خواص البلازما كوارك–غليون.

أين ذهبت المادة المضادة؟

في اللحظات الأولى بعد الانفجار العظيم (بدء الكون) كان على الكون أن يحوي كميات متماثلة من المادة والمادة المضادة. عندما تجتمع جسيمات المادة وجسيمات المادة المضادة يُفني كلٌّ منها الآخر، لكننا نرى اليوم أن الكون يتألف من مادة، فأين ذهبت المادة المضادة؟ نتوقع من المصادم الإجابة عن الكيفية التي نجت بها هذه المادة من الفناء إذ إن فناء المادة المضادة سيفني معه كمية مماثلة من المادة.

إن فهمنا الحالي لعدم التناظر بين المادة والمادة المضادة في غاية التعقيد لأنه مرتهن بوجود ثلاثة أجيال من الكواركات والليبتونات، وستقدم الدراسات من المصادم نافذة جديدة مهمة على هذا التأثير.

لماذا يوجد ستة كواركات؟

رغم أننا نعرف أن هناك ثلاثة أجيال من الكواركات والليبتونات فلا نعلم لماذا توجد ثلاثة أو لماذا لا يكفي واحد ليشكل الكون حولنا. ربما يرتبط الجواب على هذا مع أجوبة لأسئلة أخرى لاسيما لأفكار التناظر الفائق ومسألة فصل مادة–مادة مضادة، ستولد التصادمات في LHC جسيمات حاوية حتى أثقل الكواركات وستسمح لنا بدراستها ودراسة تأثراتها في تفصيلات أكبر.

إن مجال الطاقة حول 1TeV يسمح بعكس فيزياء جديدة تعنون هذه الأسئلة.

إذ إن الهدف هو اكتشاف منطقة الطاقة هذه. إن أسهل طريقة للوصول إلى هذه الطاقة هو تسريع البروتونات وتصادمها. فالبروتونات يسهل الحصول عليها ويسهل تسريعها. هذا من ناحية، ومن ناحية أخرى، البروتونات معقدة وتحوي كواركات وغليونات (حوامل القوة القوية) التي تشارك الطاقة بينهما.

انطفاء الشرارة بعد اتقادها:

كان العاشر من أيلول عام 2008 هو النقطة الحاسمة، بعد أربعة عشر عاماً من العمل الدؤوب الذي تضمن نجاحات وفشلاً، ومواعيد وتأجيلات، وكانت الآلة العملاقة جاهزة للانطلاق لتدوير أول حزمة بروتونات في أنبوبها النفقي تحت الأرض. وفي تمام

الساعة التاسعة والنصف بتوقيت سويسرا (السابعة والنصف بتوقيت غرينتش) انتهى العد التنازلي وسط صمت مطبق ساد المكان، لحظات مرت دون أي إشارة وكان ذلك بمثابة الزمن الذي ستعود به الآلة، بالنسبة للكثيرين هناك، وربما تمنى البعض منهم لو أن ثقوباً سوداء خرجت وابتلعتهم وآلتهم الصماء، ولكن سرعان ما تلاشى هذا الشعور عندما ظهرت إشارات تعلن نجاح التجربة وأن باقة البروتونات المحقونة من المسرع السينكروتروني الفائق قد أخذت مسارها ضمن الأنبوب وعم الفرح الحلبة وبدأت التسريبات الصحفية تعم المكان. تم إطلاق باقات البروتونات على مراحل، كل مرحلة منها قرابة ثلاثة كيلومترات. وُجِّهت البروتونات لتدور في المسرع باتجاه عقارب الساعة توضّعت حوله بعد 58 دقيقة من ساعة الصفر، أي توجيه الحزمة في دارتها الافتتاحية استغرق ما يقارب الساعة. ثم أُرسلت حزمة لاحقة في الاتجاه المعاكس وأخذت وقتاً أطول، حوالي ساعة ونصف، بسبب مشكلة في نظام التبريد القرّي، وأكملت الدورة الكاملة حوالي الساعة الثالثة.

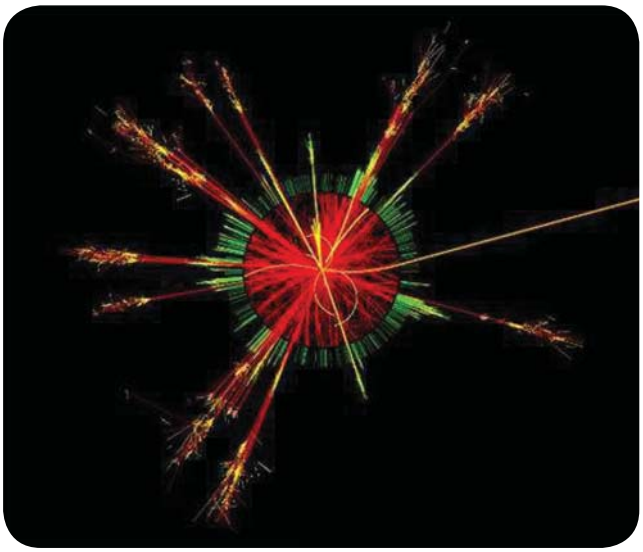
لم تستمر الفرحة طويلاً إذ ظهر بعد تسعة أيام عطل بسبب خطأ في وصل كهربائي لمغنطيسين أدى إلى أعطال في عدد كبير من المغانط في القطاعين الثالث والرابع، تصل إلى مئة مغنطيس، وتسرب ما يقارب ستة أطنان من الهليوم السائل وارتفعت درجة حرارة بعضها إلى ما يقارب 100K، كذلك اختلّت شروط الخلاء في أنبوب الحزمة. ولإصلاح هذه الأعطال يتطلب الأمر رفع درجة حرارة القطاعين إلى درجة الغرفة للكشف والإصلاح ومن ثم إعادة التبريد إلى ما يقارب الصفر المطلق، ويتطلب هذا وقتاً طويلاً بحدود الشهرين. لذلك أجلت التجربة إلى مطلع الربيع القادم وتأجلت معها أحلام الكثيرين من الباحثين وغيرهم من الفضوليين أو المتخوفين. وهكذا توقفت الشرارة فور اتقادها وتشبث الزمن بمساره ولو لأشهر إضافية معدودة.

هل ستتولد ثقوب سوداء وتبتلعنا ؟

نعم هناك احتمال لتوليد ثقوب سوداء عند تصادمات الطاقات العالية، إذ أظهرت الدراسات الحديثة في نظرية الأوتار هذه الإمكانية التي قد تفسح المجال أمام الفيزيائيين لدراستها بتفصيل أكبر. إن طبيعة الثقوب السوداء وكينونتها مازالتا من الأسرار الكبرى التي تخفيها الطبيعة. فالثقوب السوداء هي أجسام كونية ثقيلة جداً، تقارب كثافتها كثافة النوى، وتملك حقولاً ثقالية هائلة.

دفع احتمال تشكل ثقوب سوداء مكروية العديد من العلماء لدق ناقوس الخطر، خشية تجمع هذه الثقوب وتضخمها بحيث تخرج عن السيطرة وتؤدي إلى ابتلاع الأرض أو جزءٍ منها. وتقدم العديد منهم بشكاوى إلى محاكم دولية أو فيدرالية بطلب إيقاف التجربة. ردّت CERN على هذه الزوبعة بإصدار تقرير أمان في شهر حزيران من هذا العام، تمت مراجعته من قبل مجموعة علماء مستقلين، وذلك لتحديد إمكانية مخاطر الثقوب السوداء. وجاء في هذا التقرير إنه لو تشكلت ثقوب سوداء أثناء التجربة، فإنها ستتبخر بشكل آني وفقاً لنظرية إشعاع هاوكينغ الذي أظهر أن الثقوب السوداء لا تبتلع الضوء والطاقة والمادة بل تسربها خارجاً على أساس تسارعي. وبالتالي فإن الثقب الأسود المتشكل في التجربة سيتبخر قبل أن يتمكن من إحداث أي أذى. ورغم أنه لم يلاحظ تبخر الثقوب السوداء حتى الآن، إلا أننا نبقى مطمئنين لعدم وقوع الأذى، إذ إن الطبيعة تحدث الكثير الكثير من التصادمات المماثلة لتصادمات المصادم وذلك باصطدام الأشعة الكونية مع الغلاف الجوي للأرض أو الأجرام الأخرى ولم تتولد ثقوب سوداء ولم نُبتَلَع. وتجدر الإشارة إلى أن عمر الثقوب السوداء المتشكلة سيكون من مرتبة الأتوثانية (10^{-18}s) وبالتالي ستتشكل وتتبخر في حدود فواصل قياسها.

ورغم توقف المصادم نتيجة الخلل وتأجيل التجربة إلا أن العيون والعقول ما زالت متسمّرة هناك، تنتظر مؤمّلَة بأن يعمل كما هو مخطط له في الربيع القادم حسب ما هو متوقع، أو ربما بعد ذلك إذا ما حصل طارئ آخر وفي كل الأحوال، فإن كل فشل يحصل يؤدي إلى تعلّم أشياء جديدة، وفي النهاية سيعمل المصادم ويعطي نتائج، وبغض النظر عن طبيعة النتائج الحاصلة، هل تتوافق مع ما هو متوقع أم لا؟ أتجيب عن الأسئلة المطروحة أم لا؟ وفي كل الأحوال، إنها ستؤدي إلى معلومات باهرة عن الكون وستفتح آفاقاً جديدة في علم الفيزياء.



أداة حاسوبية لتوليد السنة المناخية النموذجية

A software tool for the creation of a typical meteorological year

د. كمال سكيكر، د. بشار عبد الغني
هيئة الطاقة الذرية السورية – قسم الخدمات العلمية

ملخص

يعد توليد السنة المناخية المرجعية TMY مسألة هامة يجب تحقيقها لاستخدامها في الحسابات المتعلقة في كثير من التطبيقات الخاصة بالهندسة الحرارية. ففي هذا السياق، تم اختيارالمنهجية المقترحة من قبل هول وزملائه Hall et al. لتوليد البيانات المناخية، وتطوير معايير الاختيار النهائي للشهر المناخي النموذجي. يتم الاختيار النهائي للسنة المناخية النموذجية عن طريق تعيين العلامة المركبة S محسوبة كمجموع موزون للعلامات الخاصة بالأوساط المناخية الأربعة المستخدمة. هذه الأوسطاط هي درجة حرارة الهواء، الرطوبة النسبية، سرعة الريح، وشدة الإشعاع الشمسي الكلي.

يتناول هذا العمل أيضاً، تطوير أداة حاسوبية باستخدام لغة البرمجة المرئية ديلفي Delphi 6.0 وتطبيق طريقة فيلكينشتاين–شافيير الإحصائية، لتوليد السنة المناخية المرجعية للموقع المعني المختار. حيث استخدم فيها معيار مطور للاختيار النهائي للشهر المناخي النموذجي TMM. يمكن استثمار هذه الأداة الحاسوبية من قبل أشخاص ليسوا على دراية دقيقة بالتفصيلات الحسابية المستخدمة. فبوساطتها تم توليد السنة المناخية النموذجية لمنطقة دمشق، سورية. تم توليد هذه السنة المناخية النموذجية انطلاقاً من البيانات المناخية الساعية المتوافرة والمقيسة من قبل مديرية الأرصاد الجوية خلال 10 سنوات وذلك في الفترة 1991 إلى 2000.

الكلمات المفتاحية: هندسة حرارية؛ سنة مناخية نموذجية؛ أداة حاسوبية.

نُشرت ورقة البحث هذه في مجلة: *Renewable Energy 2008*.

الأصول الوراثية 4n أكثر تحملاً للإجهاد الملحي من 2n عند الحمضيات

Tetraploid citrus rootstocks are more tolerant to salt stress than diploid

باسل صالح
هيئة الطاقة الذرية – قسم البيولوجيا الجزئية والتقانة الحيوية

ملخص

تتعرض أشجار الحمضيات إلى إجهادات لا حيوية مثل الملوحة. لذا كان لا بد من إيجاد أصول وراثية أكثر تحملاً. في هذه الورقة، تم التطرق إلى دراسة الإجهاد الملحي عند ثلاثة أصول وراثية من الحمضيات 4n مقارنة مع نظيراتها من 2n (Poncirus trifoliata, Carrizo citrange & Cleopatra mandarin).

جرت دراسة نمو النباتات، وتساقط الأوراق والمحتوى الأيوني. في نهاية التجربة، لوحظ تساقط الأوراق فقط عند نباتات 2n Poncirus trifoliata كما بدا أيضاً الاصفرار عند نباتات 2n citrange Carrizo & Poncirus trifoliata. بينما لم تتأثر معدلات النمو عند نباتات 2n Cleopatra mandarin حتى أنه لوحظ ازدياد هذه المعدلات عند 4n. بينت النتائج المستحصل عليها أن معدلات تراكم أيونات الـ Cl- في الأوراق كان منخفضاً عند النباتات 4n مقارنة مع 2n.

وهكذا افترضت النتائج المستحصل عليها بأن الأصول الوراثية 4n أكثر تحملاً للإجهاد الملحي من نظيراتها 2n عند الحمضيات.

الكلمات المفتاحية: حمضيات، تعدد الصيغة الصبغية، أصول وراثية، إجهاد ملحي.

نُشرت ورقة البحث هذه في مجلة: *C. R. Biologies 2008*.

تصميم موقع دائم مدرع بالكادميوم للتشعيع بالنترونات فوق الحرارية في المفاعل السوري منسر

Design of a permanent Cd-shielded epithermal neutron irradiation site in the Syrian Miniature Neutron Source Reactor

د. قاسم خطاب، د. خالد حداد، هشام حاج حسن
هيئة الطاقة الذرية السورية – قسم الهندسة النووية

ملخص

استخدم درع من الكادميوم (قميص بسُمْك 1 مم وقطر 34 مم وطول 180 مم) لتصميم موقع دائم للتشعيع بالنترونات فوق الحرارية في المفاعل السوري منسر. أنجز هذا الموقع عن طريق تدريع السطح الخارجي لأنبوب الألمنيوم لأحد مواقع التشعيع الخارجية في المفاعل. بلغت القيمة المحسوبة لنسبة تناقص النترونات الحرارية 10/1. حُدِّد تجانس التدفق النتروني في موقع التشعيع الخارجي الأول حسابياً باستخدام الكودين WIMSD4 و CITATION وحدد تجريبياً بتشعيع خمسة أسلاك من النحاس باستخدام كبسولة التشعيع. لوحظ توافقٌ جيدٌ بين القيم المحسوبة والتجريبية لتوزع التدفق النتروني.

الكلمات المفتاحية: المفاعل منسر، درع كادميوم، موقع للتشعيع بالنترونات فوق الحرارية.

نُشرت ورقة البحث هذه في مجلة: *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, (2008).*

المكونات الغذائية وضدـ الغذائية في نباتي السيسبان والكوخيا عند أزمنة حش مختلفة

Nutritional and anti-nutritional components in Sesbania aculeate and Kochia indica at different harvest times

د. محمد راتب المصري، محمد ماردیني
هيئة الطاقة الذرية السورية، قسم الزراعة

ملخص

قُدرت سويات التانينات كالفينولات الكلية (TP) والتانينات الكثيفة (TC) والتانينات القابلة للحلمهة (HT) وحمض الفيتيك (PA) ومكونات الجدار الخلوي [ألياف المنظف المتعادل (NDF) وألياف المنظف الحامضي (ADF)] والنتروجين الكلي وأشكال النتروجين [النتروجين الذواب بالدارئ (BS-N) والنتروجين غير البروتيني الذواب بالدارئ (BS-NPN)] في أوراق وسوق نباتي السيسبان (Sesbania aculeata) والكوخيا (Kochia indica) اللذين جرى حشهما بعد 60 و90 و120 و150 يوماً من الزراعة. ارتفعت تراكيز NDF وADF و TP وHT وانخفضت تراكيز النتروجين الكلي و BS-N و BS-NPN بشكل معنوي في مرحلة الحش المتأخرة في نباتي السيسبان والكوخيا. وارتفعت تراكيز حمض الفيتيك وCT بشكل معنوي مع تقدم عمر نبات السيسبان. وكانت تراكيز CT في نبات الكوخيا منخفضةً بشكل ملحوظ (0.05 غ/كغ مادة جافة) خلال مراحل النضج. ارتبطت تراكيز NDF وADF بشكل إيجابي مع TP وHTوبشكل سلبي مع BS-N وBS-NPN والنتروجين الكلي في النوعين النباتيين كليهما. وارتبطت تراكيز NDF و ADF بشكل إيجابي مع CT وPA لنبات السيسبان وبشكل سلبي مع PA لنبات الكوخيا. وتُعدّ النباتات التي جرى حشها عند مرحلة النضج المبكر بعد 90 يوماً من الزراعة أفضل غذاءٍ للحيوانات المجترة.

الكلمات المفتاحية: سيسبان، كوخيا، عوامل ضدِ – غذائية تانينات، موعد الحش، حيوانات مجترة..

نُشرت ورقة البحث هذه في مجلة: *Journal of Applied Animal Research 2008.*

إنتاج أنزيم الكسيلاناز
من سلالة فطرية جديدة Aspergillus niger SS7 تحت شروط الزراعة المغمورة
Xylanase Production by a Newly Isolated Aspergillus niger SS7 in Submerged Culture

د. ياسر البكري
هيئة الطاقة الذرية – قسم البيولوجيا الجزيئية والتقانة الحيوية
منال الجزايري، د. غسان الخياط
جامعة دمشق، كلية الزراعة، هيئة التقانة الحيوية

ملخص

تمت دراسة إنتاج أنزيم الكسيلاناز من سلالة فطرية جديدة Aspergillus niger SS7 في الزراعة المغمورة وتقييم إمكانية استعمال مخلفات زراعية وصناعية مختلفة لتحفيز إنتاج الأنزيم من هذه السلالة. بينت الدراسة أن درجة الحموضة الأولية المثالية كانت 7 وأن أفضل إنتاج للكسيلاناز (293.82 وحدة/مل) كان باستخدام أغلفة أكواز الذرة 3%(وزن/حجم) بعد 120 ساعة تحضن. برهنت سلالة الفطر A. niger SS7 المزروعة على وسط بسيط بأنها سلالة واعدة لإنتاج الكسيلاناز.

الكلمات المفتاحية: Aspergillus niger، زراعة مغمورة، كسيلاناز.

نُشرت ورقة البحث هذه في مجلة: *Polish Journal of Microbiology, (2008)*.

التوصيف الجزيئي لسلالات البكتريا السورية
Molecular characterization of Syrian Races of Xanthomonas axonopodis pv. Malvacearum

مروان عبدو حسن، حسن خليل
جامعة البعث، كلية الزراعة، قسم وقاية النبات
بكري دبس
جامعة حلب، كلية الزراعة، قسم وقاية النبات
د. نزار مير علي
هيئة الطاقة الذرية السورية، قسم البيولوجيا الجزيئية والتقانة الحيوية

ملخص

يعتبر العامل المرض البكتيري Xanthomonas axonopodis pv: malvacearum (Xam) المسبب لمرض التبقع الزاوي على القطن وهو يسبب خسائر شديدة في الإنتاج كماً ونوعاً وذلك في معظم مناطق زراعة القطن في العالم. جرى اختبار 40 عزلة ممرضة انتخبت من بين 200 عزلة على مجموعة من عشرة أصناف تفريقية. مثلت الأربعون عزلة تسع سلالات معرفة واستخدمت تقنيتي RAPD وISSR المعتمدتين على الـ PCR لكشف التنوع الوراثي بينها. أظهرت كلتا التقنيتين درجة عالية من التعددية الشكلية بين السلالات المدروسة.

أظهرت البيانات المدمجة أن النسبة المئوية لقيم عدم التوافق راوحت ما بين 0.13-0.37. استطاعت تقنية RAPD تمييز 7 عزلات من خلال عدة حزم فريدة في معظمها. من ناحية أخرى استطاعت تقنية ISSR تمييز 9 عزلات من خلال عدد أقل من الحزم الفريدة في معظمها. وجد أن عزلة واحدة (السلالة 32) لم توصف بأي حزمة فريدة ومن ثم لم يكن من الممكن تمييزها بكلتا الطريقتين. احتوت شجرة القرابة المدمجة المعتمدة على تحليل المتوسط الحسابي للمجموعات الزوجية غير المزانة UPGMA على عنقودين رئيسين. احتوى العنقود الأول على 4 عزلات (سلالات) كان ثلاث منها أضعفها شراسة، واحتوى العنقود الثاني على 3 عزلات (سلالات) شرسة جداً. بينما وقعت السلالتان 11 و26 المتوسطتان في الشراسة على طرفي الشجرة وتميزتا بأنهما كانتا أكثر السلالات تمييزاً بالطريقتين (15 و17 حزمة فريدة للسلالة 11 والسلالة 26 على الترتيب).

استنتج أن تحليل الدنا الجينومي باستخدام تقنيتي RAPD وISSR هو طريقة تنميط مناسبة لـ Xam لأن كلتيهما أثبتتا أنهما سريعتان وحساستان وذات وثوقية في تحديد العلاقات الوراثية بين المتعضيات الممرضة.

الكلمات المفتاحية: تبقع الأوراق الزاوي، فوعة، عزلات، RAPD، RSSI.

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

حساب توزع الكثافة الطاقية في مفاعل البحث منسر باستخدام مجموعة الكودات MTR_PC V2.6

Calculation of Power Density Distribution in MNSR using the MTR_PC V2.6 Code Package

د. إبراهيم خميس، نضال غازي
هيئة الطاقة الذرّية السورية، قسم الهندسة النووية

ملخص

جرى في هذه الدراسة إيجاد التوزع الطاقي الفراغي في مفاعل البحث منسر كتابع للإحداثيات الثلاث. وتبعاً لذلك سوف يتم تعديل تقرير تحليل الأمان لمنسر بهذه المعلومات المكتسبة. بين هذا التوزع أن القيمة العظمى لكثافة الطاقة في مفاعل منسر تبلغ $3.24w/cm^3$ وتقع بالقرب من مركز القلب وذلك في حالة كون قضيب التحكم خارج القلب. كما جرت أيضا دراسة تأثير موضع قضيب التحكم على التوزع الفراغي للطاقة في الاتجاهات الثلاثة ولمواضع مختلفة لمكان قضيب التحكم في قلب المفاعل. وقد تمخضت الدراسة أيضاً عن حساب معاملات الذروة الكلي والمحوري والقطري وكانت قيمها 1.27 و 1.14 و 1.116 على التوالي.

ولقد استخدم لإجراء هذه الحسابات مجموعة الكودات الأرجنتينية MTR_PC V2.6 بعد أن جرى تنصيبها وأضحت قيد الاستثمار في مختلف المسائل وخاصة الحسابات النترونية لمفاعلات البحوث النووية.

أخيراً، وبهدف التحقق من إمكانية مجموعة الكودات، فقد جرى حساب قيمة حصة النترونات المتأخرة وزمن توالد النترونات الفورية لمفاعل منسر وكانت كالتالي:

8.15343E-05,7.86728E-03 sec على التوالي. تضمن هذا الحساب تشغيل الكود CITVAP (CITATION) بالاعتماد على مكتبة المقاطع المجهرية المستخلصة بواسطة الكود BORGES المعتمد على كود حسابات الخلية WIMS. وتتفق هذه القيم بشكل جيد مع القيم المنشورة.

الكلمات المفتاحية: توزع طاقي، منسر، MTR_PC، كودات، حسابات نترونية، CITVAP، WIMS.

نُشرت ورقة البحث هذه في مجلة: *Indian Journal of pure & Applied physics, (2008).*

طريقة جديدة للحصول على عزلات وحيدة الكيس البوغي من مرض البياض الزغبي (Plasmopara halstedii) في نبات عباد الشمس

A new method to obtain monozoosporangial isolates of sunflower downy mildew (Plasmopara halstedii)

نشأت صقر
هيئة الطاقة الذرية السورية – قسم الزراعة

ملخص

طبقت طريقة جديدة للحصول على عزلات وحيدة الكيس البوغي على 9 أنماط مرضية (100-300-304-314-700-710-707-714-714) من الفطر Plasmopara halstedii، المسبب للبياض الزغبي على عباد الشمس. عزل كيس بوغي من سطح بيئة الآغار ووضع على أقراص ورقية على بيئة كنوب الصلبة. جرى الحصول على أفضل تطور فطري مع أقراص ورقية أخذت من الزوج الأول من أوراق نبات عباد الشمس عندما بلغ طولها 5-8 سم. تراوح معدل النجاح في الحصول على عزلات وحيدة الكيس البوغي من 1.4 إلى 7.4% حسب العزلة. تعتمد نسبة الأقراص المتبوغة على حيوية الكيس البوغي والحالة الفيزيولوجية للأوراق وقابلية صنف نبات عباد الشمس للإصابة. مكنت هذه الطريقة من تأكيد وجود نمط مرضي جديد من البياض الزغبي في فرنسا هو العرق 707.

الكلمات المفتاحية: Plasmopara halstedii، عزلة وحيدة الكيس البوغي، قرص ورقي، نبات عباد الشمس، عرق، عزلة.

نُشرت ورقة البحث هذه في مجلة: *Cryptogamine, Mycologie 2008.*

التعيين المباشر لليورانيوم والعناصر المستخلصة بشكل مشترك في الأطوار العضوية (TDA, TBP, D_2EHPA/TOPO) في الكيروسين بتقانة TXRF

Direct determination of uranium and co-extracted elements in the organic phases (D_2EHPA/TOPO, TBP, TDA) in kerosene by TXRF technique.

د. جمال سطاس، د.علي خضر، جهاد قرجو
هيئة الطاقة الذرية – قسم الكيمياء

ملخص

استخدمت تقانة الانعكاس الكلي لأشعة–X المتفلورة (TXRF) للتعيين المباشر لتراكيز اليورانيوم في الأطوار العضوية ثنائي–(2-إيتيل هكسيل) حمض الفسفور وأكسيد ثلاثي أوكتيل فسفين (D2EHPA-TOPO)/ كيروسين الناتجة عن الدارة الأولى والثانية لاستخلاص اليورانيوم من حمض الفسفور المصنع بالطريقة الرطبة.

أنجزت قياسات انعكاس أشعة–X المتفلورة باستخدام الغاليوم كعنصر معيار داخلي. تم الحصول على علاقة خطية بين الشدة النسبية لليورانيوم بالنسبة لعنصر الغاليوم كتابع لتركيز اليورانيوم.

أنشئت أربعة منحنيات معيارية،($0–5\ \mu g.mL^{-1}$)، ($0–100\ \mu g.mL^{-1}$)، ($0–1000\ \mu g.mL^{-1}$)، ($0–7000\ \mu g.mL^{-1}$)، بالانسجام مع تركيز اليورانيوم في العينات المدروسة. وجد بأن الحد الأدنى للكشف هو $0.15\ \mu g.mL^{-1}$.

أُخذ بعين الاعتبار تأثير تركيز ثنائي–(2–إيتيل هكسيل) حمض الفسفور وأكسيد ثلاثي أوكتيل فسفين في الكيروسين على تعيين اليورانيوم. كما طبقت تقانة الانعكاس الكلي لأشعة-X المتفلورة من أجل التحليل المتعدد العناصر للشوائب المستخلصة بشكل مشترك مع اليورانيوم مثل (الحديد، النيكل، النحاس والزنك) في الطور العضوي، كما أنشئت أربعة منحنيات معيارية Fe، $0-500\ \mu g.mL^{-1}$ Cu $0-10\ \mu g.mL^{-1}$ Ni، $0-20\ \mu g.mL^{-1}$ Zn و $0-20\ mg.mL^{-1}$ حُسِب تركيز Fe، Ni، Cu وZn في العينات المدروسة على الترتيب وباستخدام الغاليوم كعنصر معيار داخلي.

وقد كانت نتائج التحليل باستخدام تقانة الانعكاس الكلي لأشعة-X المتفلورة بتوافق جيد مع تلك التي تم الحصول عليها باستخدام تقانة الفلورومتري والتي تعتبر مناسبة للمحاليل المائية وذلك بتعرية اليورانيوم من الطور العضوي بواسطة 1M من محلول كربونات الصوديوم.

الكلمات المفتاحية: استخلاص، تعيين، اليورانيوم (VI)، طور عضوي، تقانة الانعكاس الكلي لأشعة–X المتفلورة.

نُشرت ورقة البحث هذه في مجلة: *Applied Radiation & Isotopes 2007*

1 بنك المكثفات العالية الجهد من النوع HVCB-5_20

High voltage capacitor bank type hvcb – 5_20

د. شريف الحواط، د. محمد عاقل
قسم الفيزياء، هيئة الطاقة الذرية السورية.

ملخص

صُمِّم بنك المكثفات HVCB–5– 20 ليستخدم كمولد استطاعة نبضية لمنظومة بلازما محرقية صغيرة ذات طاقة تخزين قدرها 5kJ، عند جهد شحن اسمي قدره 20 kV.

المعطيات التقنية:

مفتاح التيار العالي المستخدم مخصص لطاقة مختزنة قدرها 10 kJ وجهد شحن قدره 20 kV السعة: 25 µF

جهد العمل (الاسمي) الأعظمي: 20 kV

طاقة التخزين العظمى عند الجهد الاسمي: 5 kJ

التحريضية: 200 nH

المقاومة: $14\times10^{-3}\Omega$

قمة تيار دارة القصر عند الجهد الاسمي: 200 kA

خرج بنك المكثفات: 14 coaxial cables

شاحن المكثفة العالي الجهد: 12-20 kV وهو موصول من خلال مقاومة شحن قيمتها على الأقل 50 kΩ/5 kW

برامترات منبع التغذية AC الرئيسي:

الجهد الرئيسي $\%220\ V_{Ac}\pm5$

التواتر الرئيسي 50 Hz±5%

الاستطاعة 2 kVA AC

ظروف العمل:

درجة حرارة المحيط 0-40 °C

الرطوبة النسبية <50% At 25 °C

شروط أخرى:

ضغط غاز (النتروجين أو الهواء الجاف) من أجل تنظيف مفتاح التيار العالي 0.5-1.0 bar.

الكلمات المفتاحية: مكثفات جهد عال، دارة قدح، بلازما محرقية.

2 بحث النواحي المنهجية للكثافات المركزية في النوى الكروية الثقيلة

Final Report on Scientific Research
Systematics of central densities in heavy spherical nuclei

د. سامي حداد
قسم الفيزياء، هيئة الطاقة الذرية السورية.

ملخص

تحسب توزعات الكثافة لـ 29 نواة كروية ثقيلة زوجية ـ زوجية ومحددة الكتلة تجريبياً حول نواة نظير الرصاص 208. للقناة الأيزوشعاعية تأثير حاد على خواص النوى الثقيلة، إذ تؤدي إلى ازدياد وسيط الانخفاض المركزي بنسبة تتجاوز الـ 50% بالنسبة لتوزع كثافة الشحنة، ويرافق ذلك انخفاض في القيمة المركزية لكثافة الشحنة. كما تزيد القناة الأيزوشعاعية من احتمال تشكل عناصر جديدة تضم أعداداً أكبر من البروتونات ونسبة أعلى للنترونات إلى البروتونات.

الكلمات المفتاحية: قناة الارتباط الأيزوشعاعية، توزع الكثافة، توزع فيرمي ثلاثي الوسيط، الانخفاض المركزي، النوى الفائقة الثقل.

3 تقييم تأثير أشعة غاما على النشاط المضاد للبكتريا والخصائص الفيزيائية والكيميائية لمركب سيفترياكسون الصوديوم

Evaluation of Gamma irradiation Impact on Antibacterial Activity, Chemical and Physical Characteristics of the Sodium Cifteraxon Compound

د. محفوظ البشير، محمد عمار العدوي، أمل حمودة، حميد البارودي
قسم تكنولوجيا الإشعاع، هيئة الطاقة الذرية السورية

ملخص

بهدف دراسة تأثير أشعة غاما على مركب سيفترياكسون الصوديوم بالحالة الصلبة كونه أحد مركبات الجيل الثالث لزمرة السيفالوسبورينات، تم تعريض المركب، كمنتج معد للحقن العضلي بحالته الجافة ومعبأ ضمن فيالات زجاجية للجرع (0، 5، 10، 15، 20، 25، 50) كيلو غراي من أشعة غاما الصادرة من النظير المشع كوبالت 60، واختبرت بعد التشعيع الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمركب باستخدام مطيافية الأشعة فوق البنفسجية وتحت الحمراء، كما قدرت درجة الحموضة، وقابلية الانحلال ودرجة حرارة الانصهار باستخدام تقانة التحليل الحراري التفاضلي (DSC)، واختبرت الفاعلية المضادة للبكتريا، للعينات المشعة وعينات الشاهد لمركب السيفترياكسون باستخدام بكتريا الإيشيريشيا كولي (EscherichiA coli ATCc 25922) على أنه نوع بكتيري مختبر. بينت نتائج التحاليل المنفذة عدم وجود أي تبدل في الخصائص الفيزيائية والكيميائية المميزة لمركب سيفترياكسون الصوديوم وذلك لكافة الجرع الإشعاعية المستخدمة في هذه الدراسة، كذلك لم تتأثر فاعلية المركب وتأثيره على الإيشيريشيا كولي Escherichi coli ATCc 25922، حتى عند تعريضه لجرع مرتفعة من أشعة غاما (حتى 50 كيلو غري).

الكلمات المفتاحية: سيفترياكسون الصوديوم، تعقيم بالأشعة، فاعلية بيولوجية، خصائص فيزيائية، خصائص كيميائية.

4 حجم المجتمع الحشري وعدد الدرنات التي تشكلها حشرة الفيلوكسيرا على جذور بعض أصناف الكرمة المصابة

Estimation of phylloxera population and the number of nodosites on some infested grape varieties.

د. حياة المكي، د. حسان أمونة، عماد إدريس
قسم البيولوجيا الجزيئية والتقانة الحيوية، هيئة الطاقة الذرّية السورية

ملخص

تمت دراسة دورة حياة حشرة الفيلوكسيرا على أصناف الكرمة المحلية (قاصوفي، أبو خصلة، قلب الطير، مسك إيطالي، زيني، عبدلي، دربلي، فضي، حلواني، أسود بداوي، خضري، شحماني، لية الخاروف، أسود زيتي، بياضي، أسود قاري، شموطي، أسود شرّار، بلدي) والأصل المقاوم B41، أُخذت قطع جذرية صغيرة من هذه النباتات من الحقل مباشرة من أجل الدراسة، وذلك لتقدير مدى تحمل هذه النباتات للسلالة المحلية لحشرة الفيلوكسيرا. لقد أظهرت النتائج بأن هناك اختلافات بين معظم الأصناف المدروسة والأصل B41 من حيث نسبة البقاء لطور الإناث البالغة، وعدد البيوض، وفترة الإباضة ومدة التطور وعدد التدرنات على الجذور المصابة وحجم المجتمع الحشري للفيلوكسيرا على القطع الجذرية المأخوذة من الحقل.

أوضحت الدراسة بأن درجة تحمل الصنفين القاصوفي وقلب الطير للفيلوكسيرا كانت عالية ومماثلة للأصل B41، بينما أبدى الصنفان البلدي والأسود شرار حساسية شديدة لها، وكانت معظم الأصناف الأخرى حساسة لهذه الآفة الخطيرة.

الكلمات المفتاحية: أصناف الكرمة المحلية، حشرة الفيلوكسيرا، مُتحمِّلة، حسّاسة.

5 البلمرة الإشعاعية لبوتيل أكريلات وإمكانية استخدامه في إزالة بعض المركبات العضوية من المياه الملوثة

Radiation polymerization of butyl acrylate for using as organics compounds recovery system from waste water

د. منذر قطان، هارون القصيري
قسم تكنولوجيا الإشعاع،
هيئة الطاقة الذرية السورية

ملخص

أُجريت في هذا البحث بلمرة البوتيل أكريلات إشعاعياً، باستخدام أشعة غاما الصادرة عن الكوبالت 60. درست العوامل المؤثرة على البلمرة مثل: الجرعة الإشعاعية المتصة، ومعدل الجرعة الإشعاعية ودرجة الحرارة. وجد أن العلاقة بين النسبة المئوية لمردود عملية البلمرة والجرعة الإشعاعية هي علاقة طردية، وكذلك بالنسبة لمعدل الجرعة ودرجة الحرارة. درست الحركية لتفاعل البلمرة عند معدل جرعة (10 kGy/h). حسبت طاقة التنشيط للتفاعل ووجدت أنها تساوي E=9.27 J/mol. درست الخواص الحرارية وتأثير الجرعة المتصة على درجة حرارة التحول الزجاجي. درست تطبيقات البوليمير في مجال معالجة البيئة من الملوثات العضوية المنحلة في الماء مثل (الفينول). ودرست الانتباجية في بعض المركبات العضوية حيث حسبت النسبة المئوية الوزنية لكل من الانتباجية والتحرير لتلك المركبات.

الكلمات المفتاحية: بوتيل أكريلات، أشعة غاما، بلمرة، طاقة تنشيط، امتصاص.

6 حسابات التدريع لحجرة المعايرة النترونية باستعمال كود مونتي كارلو MCNP-4C

Shielding Calculations for Neutron Calibration Bunker Using Monte Carlo Code MCNP-4C

د. حازم سومان[1]، د. محمد حسان خريطة[2]، سراج يوسف[3]
[1] مكتب التنظيم الإشعاعي والنووي، [2] قسم الوقاية والأمان، [3] الدائرة الهندسية
هيئة الطاقة الذرّية السورية

ملخص

حُسبت في هذا العمل قيمة الجرعة الناجمة عن وضع مصدر نتروني أمريشيوم –بيريليوم بشدة 10^8 نترون/ثانية في حجرة المعايرة النترونية الجديدة المنشأة في مبنى المخبر الوطني للقياسات الإشعاعية، باستعمال الكود MCNP–4C.

تبين من الدراسة كفاية تدريع حجرة المعايرة النترونية. فمعدل الجرعة المتوقع لن يزيد في أي من الأماكن المأهولة على 0.183 mSv/h، وهو يقع دون قيود الجرعة المفروضة بعشر مرات على الأقل. ومن ذلك يمكن الاستنتاج أن حجرة المعايرة تصلح من حيث التعرض الإشعاعي لخارجها على الأقل لاستخدام مصادر نترونية ذات شدة أعلى قد تصل إلى 10^9 نترون بالثانية.

اتضح أيضاً أن الجرعة النترونية الناجمة عن المصدر أكبر من الجرعة الفوتونية بعدة أضعاف. وأن السطوع السماوي يساهم بشكل ملموس في الجرعة الكلية وقد تبلغ مساهمته 60% من الجرعة النترونية و10% من الجرعة الفوتونية.

جرى أيضاً تقدير الارتياب المنهجي الناجم عن عوامل مختلفة وتبين ما يلي: يقع أثر كثافة الخرسانة بين 4 و18%، بينما يقارب أثر طريقة حساب الجرعة 15%، أما أثر العوامل الجوية من حرارة ورطوبة فيقع بين 4 و10%. تبين أيضاً أن الجرعة المحسوبة حساسة جداً للطيف النتروني المستخدم، وقد قدر الارتياب الناجم عن استخدام طيفين نترونيين مختلفين بنحو 70%.

الكلمات المفتاحية: تدريع، نترونات، حجرة معايرة، سطوع سماوي، مونتي كارلو، MCNP.

7 طرائق تهضيم العينات المختلفة الخاصة وتحضيرها بتحليل العناصر التي تشكل هيدريدات طيارة.

د. رفعت المرعي، رولانة بوظو، عمر الشياح
قسم الكيمياء، هيئة الطاقة الذرية السورية

Digestion and preparation methods of different samples determine elements produced hydride generation.

ملخص

يهدف هذا العمل إلى شرح تقنية توليد الهيدريدات وهي تقنية أخرى من تقنيات الامتصاص الذري بالإضافة لتقنيتي اللهب والحراق الغرافيتي لتعيين تركيز بعض العناصر المعدنية وشبه المعدنية (Se, Sn, Te, Sb, Bi, AS, Hg) التي تنتج عن بعض تفاعلاتها مركبات طيارة. يتطرق هذا التقرير إلى الإمكانات التحليلية لهذه التقنية وإلى آلية توليد الهيدريدات وكذلك إلى التداخلات التي تؤثر على عملية التحليل (التداخلات الطيفية، التداخلات الكيميائية، التدخلات الحركية، تدخلات رقم الأكسدة، تدخلات الطبقة الغازية) وطرائق التخلص من هذه التداخلات، ومن ثم شرح خطوات عمل هذه التقنية مع تطبيقات عملية، حيث عين تركيز الزئبق في عينات مختلفة: صرف صحي، تريبولي فوسفات، صخر بازلتي، فوسفوجيبسوم وكذلك تمَّ تعيين الزرنيخ في عينة دم.

الكلمات المفتاحية: تقنية توليد الهيدريدات، زئبق، زرنيخ، دم، صرف صحي، صخر.

8 مدخل إلى التحكم الآلي الكهربائي

د.كمال سكيكر، محمد هلال أسعد
قسم الخدمات العلمية، هيئة الطاقة الذرية السورية

Introduction to the electrical automatic control

ملخص

جرى في هذا العمل تسليط الضوء على مبادئ التحكم الآلي الكهربائي. حيث تم شرح أهم المكونات الأساسية التي تستخدم في تصميم دارات التحكم وبنائها، والتعرف على كيفية استخدامها وطريقة عملها ورسم المخططات العملية الخاصة بتوصيلها والمحددات الأساسية لاختيارها. وعززت الدراسة بأمثلة توضيحية تبين آلية عمل كل من هذه العناصر ضمن دارات التحكم. كما عزز العمل بتسليط الضوء على دارات قيادة المحركات التحريضية الثلاثية الطور من حيث الإقلاع والتحكم بسرعة الدوران، وبخاصة المحركات التحريضية الثلاثية الطور ذات القفص السنجابي. كما تم شرح متممات دارات التحكم التي تساعد في مراقبة القيم الكهربائية ومعرفة الأعطال في الدارات. اعتمد في رسم كافة المخططات والرسومات التوضيحية اللازمة البرنامج الحاسوبي Microsoft Office Visio 2003.

الكلمات المفتاحية: تحكم آلي كهربائي، حاكمة، قاطع كهرطيسي آلي.

9 تحديد الأنماط الموروثية الرئيسة لدى مجموعة من مرضى داء حمى البحر الأبيض المتوسط في سورية

Molecular characterisation of familial mediterranean fever in a group of Syrian patients

د. رامي جرجور
قسم البيولوجيا الجزيئية والتقانة الحيوية، هيئة الطاقة الذرية السورية.

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. أنجزت هذه الدراسة على 153 مريضاً سورياً شُخِّص لديهم مرض حمى البحر الأبيض المتوسط سريرياً. تم الكشف عن 12 طفرة في الموضع الموروثي لمرض حمى البحر الأبيض المتوسط MEFV باستخدام التهجين العكسي. إن الطفرة M694V هي الأكثر شيوعاً في المرضى السوريين. أظهرت دراسة العلاقة بين النمط الموروثي والنمط الشكلي لدى أولئك المرضى وجود علاقة قوية بين الطفرة M694V وبين الأعراض الشديدة للمرض.

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

10 تصميم قاعدة خاصة بإزالة تلوث الفلاتر الأولية التابعة لمنطقة القطع والإحماء في محطة إزالة الرواسب الحرشفية

Desigen of primery filters decontamination special base in gas burning area of norm descalingfacility

عهد أحمد، ياسين حبوباتي
قسم الوقاية والأمان، هيئة الطاقة الذرية السورية.

ملخص

تم في هذا العمل تصميم قاعدة معدنية توضع في منطقة الإحماء والقطع، وتكون مطابقة لأبعاد الفلتر الأولي المستخدم. تؤمن هذه القاعدة توضع الفلتر بكامل إطاره المعدني، وبشكل ثابت على الإطار الداخلي للقاعدة من الأعلى وبعكس طريقة التركيب، حيث يتم تحريكه بلطف للتخلص من جميع الجزيئات الحرة العالقة من أجل إعادة استخدامه. بينما صمم الجزء السفلي للقاعدة على شكل قمع يمكن وصله بخرطوم ساحبة كهربائية خاصة بإزالة التلوث غير الثابت عن السطوح الملوثة (الغبار، الأتربة، الحراشف وغيرها).

تؤمن هذه الطريقة السهولة والسرعة في تنفيذ العمل وتمنع انتشار التلوث وتحمي الفلاتر الثانوية.

الكلمات المفتاحية: محطة إزالة الرواسب الحرشفية، منطقة القطع، قاعدة، فلتر أولي، إزالة التلوث.