عالم الذرّة

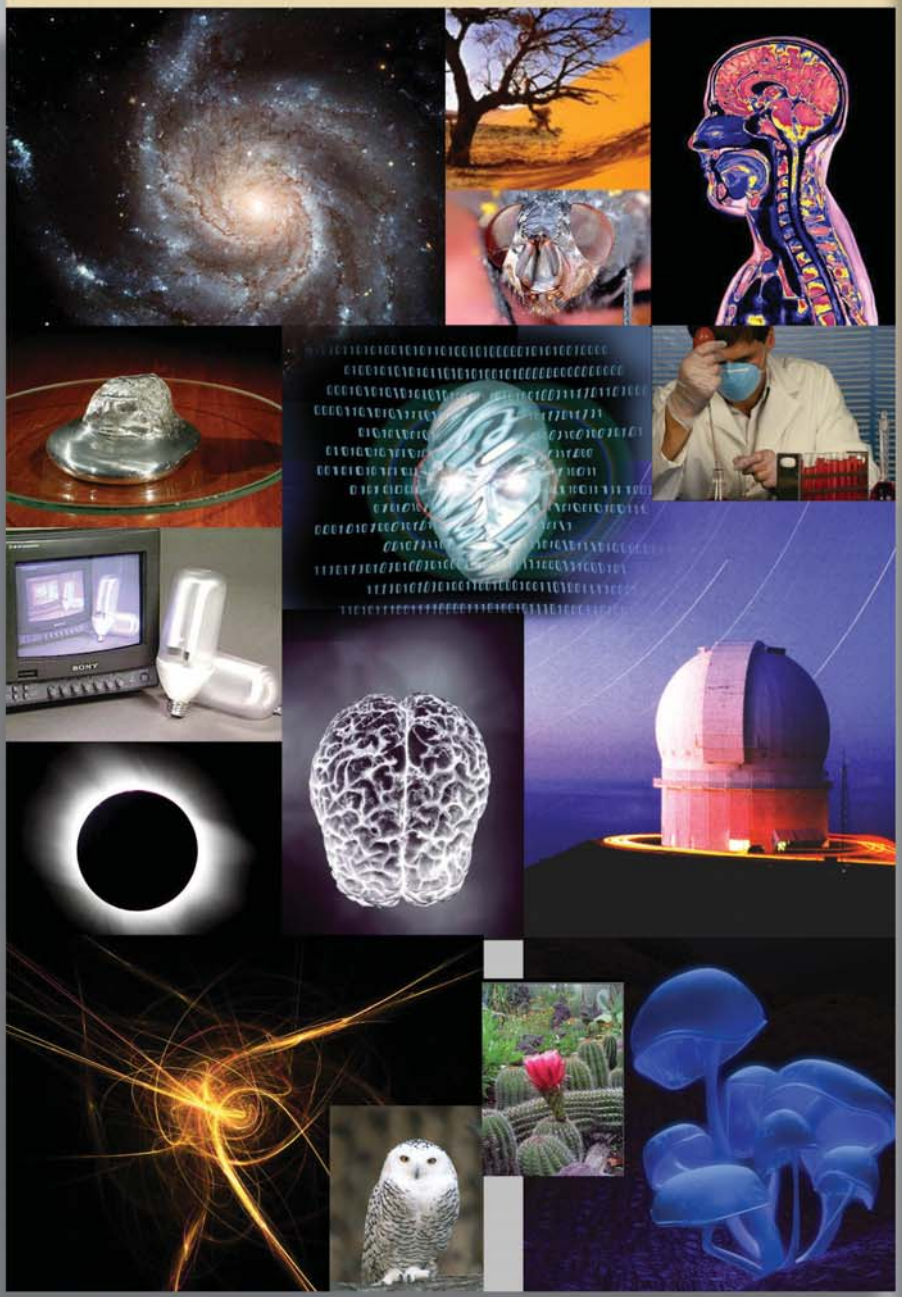
مجلة هيئة الطاقة الذرّية السورية

NO.117

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. زياد القطب

(الأعضاء)

أ. د. محمد قعقع

أ. د. مصطفى حمو ليلا

أ. د. نجم الدين شرابي

أ. د. فوزي عوض

أ. د. فواز كردعلي

أ. د. توفيق ياسين

المحتويات

المقالات

7 **تحدّي السبينترونيات**

تَعِد النبائط الإلكترونية المكروية التي تستثمر سبين الإلكترون وكذلك شحنته بثورة في ميدان صناعة الإلكترونيات.

ت. بلاند

ترجمة: محمد قعقع

14 **صناعة الحياة**

بعد قرن من وفاة كلفن، ها هو عمله الرائد في الترموديناميك (والذي دعّم الثورة الصناعية) قد أخذ الباحثين يعكسون صورة له تستكشف المحركات البيولوجية التي تغذي قدرة الحياة نفسها.

م. هاو

ترجمة: فوزي عوض

22 **سحابة كأنها غيمة ممطرة**

ما الذي يجعل بعض السُّحب تمطر في حين ينساب البعض الآخر هادئاً فوق رؤوسنا؟

م. أندرسون

ترجمة: عادل حرفوش

26 **مُستقبلُنا الشمسي**

مجيءٌ استغرق زمناً طويلاً، ولكننا أخيراً على عتبة عصر جديد لتوليد الطاقة.

ب. ديفيز

ترجمة: مصطفى حموليلا

32 **محطة للطاقة الشمسية في الفضاء**

فيما وراء الغلاف الجوي، هناك كم هائل من الطاقة. فهل يؤدي تسخيرها واستغلالها إلى حل مشاكل الطاقة لدينا.

د. تشو

ترجمة: محمد قعقع

الأخبار العلمية

37 **الإبقاء على الوقود النووي لأغراض سلمية**

39 **هل نستطيع تعلّم حب عدم اليقين (مبدأ الشك)؟**

42 **اضطراب خارج نطاق القوة**

44 **وخز خلية سرطانية لمعرفة ما إذا كانت ستنتشر**

45 **الحرب ضد الفطريات**

47 **المتفائلون بالمادة الخفيّة يرصّون الصفوف**

48 **ميّزات غير نوعية**

50 **تأجيلات إضافية تهدف إلى إعاقة تنفيذ دراسة العامل البرتقالي بشكل متكامل**

52 **النحاس**

55 **مقتطفات**

ملخصات التقارير وملخصات الورقات العلمية لباحثي الهيئة، المنشورة في المجلات الأجنبية، نشرت هنا كما وردت من مكتب الأمانة العلمية في الهيئة

ملخصات ورقات البحوث

58 الاستبدال الجزئي لتبن القمح بدريس القطف Atriplex lentiformis في عليقة عنزات الماعز الشامي

58 تطوير أنواع خاصة من البيتون للتدريع من الأشعة باستعمال مواد محلية طبيعية ودراسة خواصها التدريعية

59 التسجيل الأول وتوزع العامل الممرض E. amylovora المسبب لمرض اللفحة النارية في سورية

59 دراسة نظرية للّيزرات الصلبة المعدَّلة المضاعفة التواتر داخل الجوف المضخوخة بالديودات الليزرية

60 مقارنة متبادلة لتقنيات توصيف مقاييس الإشعاع ذات المرشح في مجال الأشعة فوق البنفسجية

60 تحرّي العناصر الخفيفة في الفولاذ المنترد باستعمال التحليل بالتبعثر الراجع المرن

61 تقييم حقن الملقح البكتيري السائل والتلقيح بالطريقة التقليدية لمحصول فول الصويا المروي بالخطوط وبالتنقيط

61 تقدير التبخر والجريان العائد من الري في النطاقات الجافة باستخدام نسب النظائر المستقرة وتحليل ميزان-كتلة الكلور: حالة نهر الفرات، سورية

62 امتزاز بنفسجي الميثيل والأزرق الساطع على أغشية من البولي ڤينيل الكحول المطعم بحمض الأكريليك والڤينيل إميد أزول

62 امتصاص إشعاع ليزر CO_2 من داخل المجاوب بوساطة غازات الكلوروفلوروكربون (CFC)

ملخصات تقارير علمية

63 تأثير أشعة غاما على تفكيك مادة الأفلاتوكسين B^1 في بعض المحاصيل الغذائية والعلفية

63 استخدام نبات الدفلة كمراكم حيوي للنكليدات المشعة والعناصر النزرة في الهواء الجوي السقط الجوي)

64 دراسة عامة للمطيافية الضوئية الغلفانية

65 استخدام السوائل النافذة في الكشف عن العيوب في المشغولات المعدنية

65 تصميم حجرة تبخير مخبرية وتصنيعها لمشروع فصل النظائر المستقرة بالليزر

65 بناء مُداخل فابري-بيرو واختباره لقياس العرض الطيفي لليزرات الضيقة الإصدار الطيفي

66 التمييز بين اليورانيوم المنضَّب والطبيعي باستخدام التحليل بالتنشيط النتروني الآلي

66 برنامج حاسوبي لأتمتة عملية توزيع المنابع في محطة التشعيع

67 تحليل نتائج برنامج ضمان الجودة في التشخيص الإشعاعي الطبي في المشافي الحكومية في محافظات المنطقة الجنوبية من سورية

67 دراسة الاستجابة المناعية وفوعة الإصابة بالبروسيلا عند الفئران

77 ملخصات باللغة الإنكليزية عن الموضوعات المنشورة في هذا العدد

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.

تحدّي السبينترونيات

إن النبائط الإلكترونية المكروية التي تستثمر سبين الإلكترون وكذلك شحنته تَعِد بثورة في ميدان صناعة الإلكترونيات. وهذا التحدي، حسبما يصفه Kiyoung Lee، Tony Bland وStephan Steinmuller يتمثل في إيجاد طريقة لدمج أنصاف النواقل في دارات "سبينترونية" كهذه.

الكلمات المفتاحية: نبائط سبينترونية، مقاومة مغنطيسية عملاقة، مقاومة مغنطيسية نفقية، وصلة نفقية مغنطيسية، حاقن سبيني، نصف ناقل مغنطيسي ممدد.

منذ ثمانين عاماً كان الفيزيائيون النظريون يواجهون مشكلة، فقد كان ينقصهم وصف رياضياتي للجسيمات الأولية ينسجم مع مبادئ كل من نظرية النسبية الخاصة لأينشتاين ونظرية ميكانيك الكم حديثة الوضع. في العام 1927 وضع Erwin Schrodinger معادلة ميكانيك الكم لحركة الإلكترون، ولكن هذه المعادلة لم تأخذ بالاعتبار حقيقة كون الإلكترونات جسيمات نَسبوية relativistic particles. وجاء Paul Dirac فتجشم عناء هذا الوضع وانكب على إيجاد الحل.

إن المعادلة التي توصل إليها ديراك في العام التالي كانت معادلة رياضية عن تجوّل قوّة tour de force، تنبأت بظاهرتين فيزيائيتين غير متوقعتين إطلاقاً. الظاهرة الأولى هي وجود الجسيمات المضادة antiparticles، التي تَحقّق البرهان عليها في العام 1932 مع اكتشاف البوزترون (إلكترون مضاد). أما الثانية فهي أن الإلكترون يجب أن يكون له اندفا ع زاوي ذاتي intrinsic angular momentum أو "سبين" spin ذو توجُّهين ممكنين فقط في حقل مغنطيسي مطبق هما: اتجاه يوازي الحقل aligned with أو "إلى فوق" up؛ واتجاه معاكس للحقل anti-aligned، أو "إلى تحت" down.

يقع الإلكترون في صميم ثورة الإلكترونيات المكروية، حيث يجوب في أرجاء أنصاف النواقل (التي هي من السليكون في العادة) ليسمح للترانزستورات وللنبائط الأخرى بالعمل. ومع ذلك فإن هذه

النبائط (التي تشكل الجزء الأساسي من كل شيء ابتداء بأفران المكروويف وصولاً إلى المسابر الكونية) لا تستثمر سوى شحنة الإلكترون، بينما ظلت صناعة النبائط وصناعة أنصاف النواقل تتجاهل سبين الإلكترون طيلة 70 عاماً بعد اكتشاف ديراك الرائد له ولم تعره أي اهتمام.

يكمن أحد أسباب هذا الإهمال في النجاح الملموس في نمنمة الترانزستورات. فعلى مدى الأربعين سنة الأخيرة كان عدد الترانزستورات بواحدة المساحة التي يمكن حفرها على جذاذة من السليكون يتضاعف كل 18 شهراً – وتلك نزعة في النمنمة تعرف بقانون مور Moore's law. ومن المعلوم أن عدد الترانزستورات بوحدة المساحة هو الذي يتحكم بقوة المعالجة لدى الحاسوب. أما اليوم فإننا نقترب بسرعة من الحد الأدنى الذي يمكن أن يبلغه تصغير هذه الترانزستورات والمدى الذي يمكن أن يتقارب بعضها من بعض أثناء تعبئتها قبل أن تصبح عاجزة عن القيام بوظيفتها بشكل صحيح، إما بسبب الحرارة التي تتولد عنها والتي لا يمكن تبديدها بالسرعة الكافية، أو بسبب الآثار غير المرغوبة التي يفرضها ميكانيك الكم.

إذا كان لقانون مور أن يستمر، فعلينا أن نجد بديلاً للإلكترونيات التقليدية– وها هو الوقت قد حان بعد طول انتظار لكي نستثمر سبين الإلكترون في نبائط أنصاف النواقل. فبينما تستند فيه النبائط الإلكترونية التقليدية إلى التحكم في جريان الشحنة فقط، فإن نبيطة سبينترونية تتحكم أيضاً في جريان السبينات الإلكترونية (وهو ما يسمى تيار السبين spin current) داخل النبيطة، وتضيف بذلك درجة إضافية من الحرية.

لما كان بالإمكان تحويل سبين الإلكترون من حالة إلى أخرى بأسرع مما يمكن تحريك الشحنة حول دارة ما، فإنه يتوقع من النبائط السبينترونية أن تعمل بصورة أسرع وأن تولِّد حرارة أقل من المكونات الميكرو إلكترونية التقليدية. إن أحد الأهداف النهائية هو بناء ترانزستور قائم على السبين يمكن أن يحل محل الترانزستورات التقليدية في الدارات المنطقية المتكاملة وفي نبائط الذاكرة، وبذلك يسمح بمواصلة نزعة النمنمة. ولكن السبينترونيات تفتح الباب لأنماط جديدة كلياً من النبائط كالديودات المصدرة للضوء (LED) التي تولد ضوءاً مستقطباً استقطاباً دائرياً يسارياً أو يمينياً من أجل الاستعمال في الاتصال المكوَّد (المعمّى) encrypted communication (انظر الشكل 1). وبنظرة مستقبلية أكثر بعداً يمكن استعمال النبائط السبينترونية كبتات bits كمومية، وهي وحدات المعلومات التي يعالجها الحاسوب الكمومي.

ولكن كيما تحدث ثورة السبينترونيات يحتاج الباحثون لإيجاد وسيلة لحقن السبينات الإلكترونية ومداولتها وكشفها في أنصاف النواقل، ما دام المرجح أن تبقى هذه المواد مركزيّة بالنسبة لفيزياء النبائط في المستقبل المنظور. إن تداول السبينات ينبغي أن يكون من الناحية النظرية واضح المعالم نسبياً، ولكن ثمّة تحديات هائلة في حقن السبين وكشفه في شروط عملية.

إنجاز ضخم

يشكل سبين الإلكترون الآن تجارة كبيرة خارج نطاق صناعة أنصاف النواقل. وفي الحقيقة، يمكن أن نجد نبائط سبينترونية قائمة على المعدن في الأقراص الصلبة لدى كل حاسوب تقريباً على هذا الكوكب. لقد اكتشف في العام 1988 كل من Peter Grűnberg من مركز الأبحاث Jűlich في ألمانيا وAlbert Fert من جامعة Paris-Sud في فرنسا، كل على حدة، أن جريان الإلكترونات المستقطبة السبين بين طبقتين رقيقتين من معدن حديدي المغنطة تفصلهما طبقة من معدن لا مغنطيسي يمكن أن يزداد بنحو 3% وذلك بتغيير التراصف المغنطيسي النسبي للطبقات الحديدية المغنطة من اللاتوازي إلى التوازي –وهو اكتشاف مكّنهما من إحراز جائزة نوبل للفيزياء

نظرة خاطفة: سبينترونيات نصف ناقلة

- تتمتع الإلكترونات، بالإضافة إلى شحنتها، باندفاع زاوي ذاتي أو "سبين" لا يأخذ سوى اتجاهين اثنين ممكنين في حقل مغنطيسي خارجي.
- يُستغل سبين الإلكترون حالياً في أقراص الحاسوب الصلبة وفي ذاكرة الوصول العشوائي ذات المقاومة المغنطيسية بواسطة المقاومة المغنطيسية العملاقة وتأثيرات المقاومة المغنطيسية النفقية، التي تحدث في البنى المعدنية الطبقية.
- النبائط نصف الناقلة التي تستغل السبين وكذلك الشحنة ستعمل بصورة أسرع من نبائط الإلكترونيات المكروية التقليدية وستقدم وظيفية جديدة.
- التحدي الرئيس في بناء هذه النبيطة هو نقل الإلكترونات المستقطبة سبينياً بكفاءة من منطقة نصف الناقل وإليها في النبيطة.
- في الوقت الراهن يتبع الباحثون طريقتين للحقن السبيني والكشف: أنصاف نواقل مغنطيسية ممددة مُرسَّبة على أنصاف نواقل تقليدية؛ ومعادن حديدية المغنطة مرسبة على أنصاف نواقل.

مُعالجات سبينية spin doctors

يمنح تطعيم زرنيخيد الغاليوم بذرات المنغنيز نصف الناقل خواص المغنطة الحديدية، وبذلك يمكّن من استعماله كحاقن للسبينات.

في عام 2007 (انظر مجلة physicsWorld إصدار تشرين الثاني/نوفمبر 2007). إن هذا المفعول –المسمّى المقاومة المغنطيسية العملاقة magnetoresistance (GMR) giant– قد مكّن الرؤوس القارئة المغنطيسية magnetic read heads للأقراص الصلبة من أن تصبح أكثر حساسية للتغيرات في الحقول المغنطيسية، التي تعزز قدرة التخزين وذلك عن طرق سماحها باختزان المعلومات في مناطق أصغر على سطح الأقراص.

يمكن أن نجد النبائط السبينترونية المبنية على المعدن واقعياً في كل حاسوب على كوكبنا.

إن المقدرة على نقل السبينات الإلكترونية بين معدنين يشكل أيضاً جزءاً أساسياً من ذاكرة الوصول العشوائي ذات المقاومة المغنطيسية magnetoresistive random access memory (MRAM) –وهي نوع جديد لذاكرة حاسوب يمكنها أن تحتفظ بالمعلومة من دون أن تتطلّب أية طاقة. إن MRAM مبنية على مفعول مماثل لمفعول GMR يسمى المقاومة المغنطيسية النفقية (tunnel magnetoresistance TMR)، التي تنشأ عندما تفصل طبقة رقيقة من مادة عازلة، مثل أكسيد الألمنيوم أو أكسيد المغنيزيوم، بين طبقتين من معدن حديدي المغنطة. وبدلاً من الانتشار البطيء للإلكترونات المستقطبة السبين من طبقة حديدية المغنطة إلى الطبقة الأخرى كما يحصل في GMR، فإنها في TMR تعبر عبر الطبقة الحاجزة عبوراً نفقياً بموجب ميكانيك الكم (الذي يمر بموجبه الجسيم عبر حاجز كمون أعلى من طاقته الحركية، وهذه عملية محظورة في الميكانيك التقليدي) –وعلى هذا فإن هذه النبائط تسمى وصلات نفقية مغنطيسية magnetic tunnel junctions (MTJs) (انظر الشكل 2). وهنا يأتي دور مبدأ باولي في الاستبعاد Pauli exclusion principle. فيشير إلى أنه يمكن للعبور النفقي –ومن ثم النقل السبيني عبر الحاجز– أن يأخذ مجراه فقط إذا توفرت حالات موجية فارغة (أي غير مشغولة) لها السبين نفسه على الجانب الآخر من الحاجز: وتكون النتيجة عبوراً نفقياً يعتمد على السبين spin-dependent tunnelling.

لقد جرى بيان هذا العبور النفقي المعتمد على السبين عند درجات حرارة منخفضة في العام 1975 من قبل ميشيل جولييه M. Julliére في المعهد الوطني للعلوم التطبيقية في مدينة ليون بفرنسا. ولكن لم يكن بالإمكان تحقيق TMR في درجة حرارة الغرفة قبل العام 1995 عندما توصل إلى ذلك بمفرده كل من Terunobu Miyazaki من جامعة طوكيو في اليابان وJagadeesh Moodera من معهد ماساتشوستس للتقانة في الولايات المتحدة الأمريكية. ولسوء الحظ، فإن التغير في التيار النفقي لدى تبدل اصطفاف سبين الطبقات ذات المغنطيسية الحديدية بين موازٍ وغير موازٍ (والمعروف باسم النسبة TMR) كان فقط 12–18% في نبائط ميازاكي وموديرا، وهذا أدنى بكثير مما هو مطلوب لصنع نبيطة ذاكرة عملية. بيد أن نسبة TMR ارتفعت أخيراً حتى وصلت 70% في أواخر التسعينيات من القرن الماضي، وذلك بفضل برنامج الأبحاث الضخم على المقاومة المغنطيسية النفقية المدعوم من وكالة مشاريع الأبحاث المتقدمة للدفاع (DARPA) في الولايات المتحدة، وبفضل جهد بحثيٍّ صناعي ممتاز أيضاً.

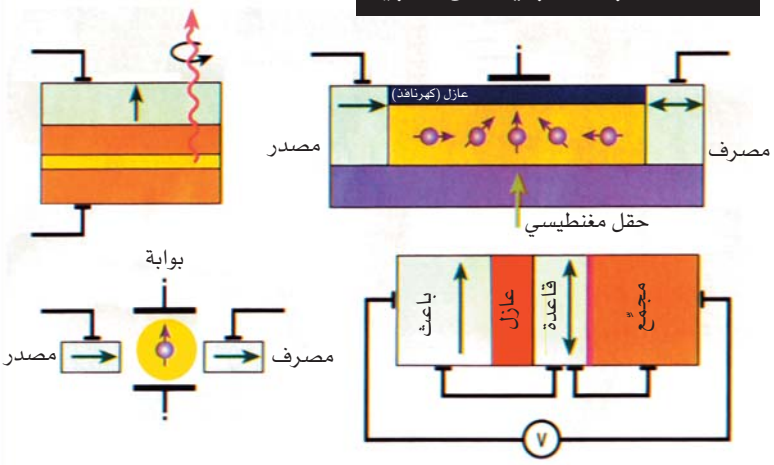
وحديثاً جداً، مكّنت المقدرة على تصنيع سطوح بينية interfaces ذات استواء ذري بين طبقتي المعدن والأكسيد مجموعة ستوارت باركين S. Parkin لدى مركز أبحاث Almaden التابع لشركة IBM في كاليفورنيا، وYuasa. Shinji وزملاءَه لدى AIST في اليابان، كل بمفرده من تحقيق قيمة للنسبة TMR تبلغ حوالي 400% عبر توليف مترابط coherent tuning. وثمّة صفيفات MRAM تجارية مبنية على TMR هي الآن في الطريق لتصبح متاحة، ويمكن في يوم من الأيام استعمالها لبناء حواسيب شخصية تشتغل switch on بصورة آنية.

تعتمد TMR على عدد كبير من إلكترونات تتّصف بالحالة السبينية المرغوبة التي يراد نقلها عبر سطوح بينية كائنة بين معادن حديدية المغنطة وأكاسيد معدنية عازلة. ولكن لجعل النبائط السبينترونية نصف الناقلة ممكنة التحقيق فإننا نحتاج إلى أداء مثل هذا السلوك عبر سطوح بينية متشكلة بين نصف ناقل ومادة تستطيع أن تقوم بدور حاقن للسبينات أو كاشف لها.

احتكام مغنطيسي

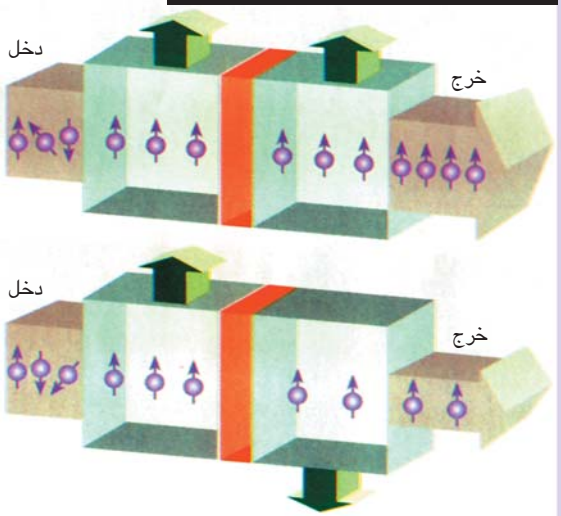
يُعدُّ السليكون وزرنيخيد الغاليوم من أوسع أنصاف النواقل استخداماً، لذا فإن التحدّي يتمثل في إيجاد مواد مستقطبة سبينياً (بمعنى مواد تكون معظم السبينات الإلكترونية فيها مصطفة في اتجاه معين) بحيث يمكن جمع بعضها مع بعض. ولعل من المواد المرشحة الواعدة "أنصاف النواقل المغنطيسية الممددة" dilute magnetic semiconductors (DMS) –وهي أنصاف نواقل تبدي مغنطيسية حديدية عندما تُطعَّم بذرات شائبة.

الشكل 1- نبائط مبنية على السبين



الهدف من النبائط السبينترونية هو استغلال سبين الإلكترونات وكذلك شحنتها التي تمر من خلالها. فالديود السبيني المصدر للضوء (spin-LED ، أعلى اليسار)، على سبيل المثال، الذي تُحقن فيه الإلكترونات المستقطبة سبينياً من طبقة حديدية المغنطة (الأزرق) إلى بنية نصف ناقل (برتقالي) تتحد مع الثقوب في المنطقة الفعالة (الأصفر) لتولد ضوءاً مستقطباً استقطاباً دائرياً (قرنفلي، حيث يشير السهم إلى جهة الاستقطاب)، جرى تحقيقها وعرضها في المختبر ويمكن أن تكون مفيدة في الاتصالات المُعمّاة encrypted communication. ولكن، قد تمضي عدة سنوات قبل التمكن من بناء النبيطة الأكثر جاهزية للاستعمال الآن وهي الترانزستور المبني على السبين. في ترانزستور ذي سبين جانبي (أعلى اليمين) تُحقن الإلكترونات المستقطبة سبينياً من مصدر حديدي المغنطة إلى داخل قناة نصف ناقلة ضيقة (أصفر) وفيها تستطيع السبينات الإلكترونية أن تتحرك في بعدين فقط. وهنا، يمكن تبديل السبين بين وضعين للأعلى وللأسفل بتطبيق حقل مغنطيسي أو بواسطة فلطية البوابة، التي تعين تيار السبين الخارج في مادة "المصرف drain" الحديدية المغنطة. هناك طريقة بديلة هي ترانزستور سبين الإلكترون الوحيد (أسفل اليسار)، حيث يحقن مصدر حديدي المغنطة إلكتروناً مستقطباً داخل بنية نانوية لنصف ناقل تسمى نقطة كمومية quantum dot، حيث يجري التحكم بحالة سبينها –ومن ثم بتيار الخرج في المصرف حديدي المغنطة– وذلك بتطبيق فلطية على البوابة. هناك تصميم ثالث لترانزستور سبينتروني (أسفل اليمين)، حيث تجري عملية ترشيح للإلكترونات المحقونة اعتماداً على سبينها لدى عبورها نفقياً طبقة رقيقة عازلة (أحمر)، كما يحدث في وصلة نفقية مغنطيسية، قبل عبورها حاجز شوتكي. وعليه، يمكن التحكم بتيار الخرج في نصف الناقل "المجمِّع" وذلك بتغيير اصطفاف سبين الطبقتين الحديديتي المغنطة لكل من "الباعث" و"القاعدة".

الشكل 2- وصلة نفقية مغنطيسية

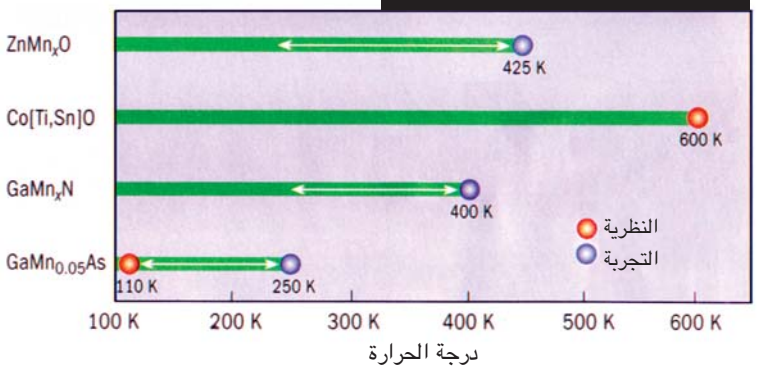


الوصلة النفقية المغنطيسية، التي تتألف من طبقتين حديديتي المغنطة (أزرق) مفصولتين بعازل (أحمر)، تستغل المقاومة المغنطيسية النفقية (TMR) كي تبدل التيار السبيني الخارج بين وضعين عالٍ ومنخفض. يمكن استخدام النبيطة كذاكرة لخزن المعلومات حتى حينما تكون القدرة الكهربائية مقطوعة. فعندما يكون تمغنط الطبقتين المغنطيسيتين في حالة توازٍ، فإن الإلكترونات التي سبينها للأعلى تستطيع أن تعبر الحاجز عبوراً نفقياً لأنه يتوفر العديد من الحالات غير المشغولة في الطبقة الحديدية المغنطة الثانية (الأعلى). أما عندما تكون الطبقتان غير متوازيتين، فإن عدد الحالات المتاحة بسبين إلى الأعلى يكون أقل، وعليه فإن العبور النفقي سوف يُكبت (أسفل). إن الفرق في التيار النفقي لدى تبدل اصطفاف سبين الطبقات الحديدية المغنطة من التوازي إلى اللاتوازي هو ما يعرف باسم النسبة TMR، ولكي تكون هذه النسبة مفيدة لإنشاء نبائط عملية يلزم أن تكون TMR قريبة من 500%. ومنذ عام 1995، حينما تحققت النسبة TMR في درجة حرارة الغرفة لأول مرة، أخذ الباحثون يحصلون على قيم أكبر للنسبة TMR بتغيير المادة العازلة وسطحها البيني.

لقد قامت مجموعتان، كل على حدة، بحقن إلكترونات مستقطبة سبينياً من نصف ناقل مغنطيسي في زرنيخيد الغاليوم وذلك في العام 1999. وحصل Laurens. Molenkamp وزملاؤه، من جامعة فورزبِرْغ بألمانيا، على استقطاب يعادل 90% أثناء حقن السبين من مادة نصف ناقلة مستقطبة سبينياً في بنية من زرنيخيد الغاليوم، عند درجة حرارة منخفضة، بالرغم من أن الحاقن نصف الناقل تطلَّب حقلاً مغنطيسياً خارجياً للحفاظ على استقطابه. ومن جهة أخرى، قامت مجموعة Hideo Ohno في طوهوكو باليابان، وبالتعاون مع مجموعة ديفيد أوشالوم D. Awschalom من جامعة كاليفورنيا، بسانتا بربارة، بالعمل نفسه انطلاقاً من نصف ناقل مغنطيسي ممدد (DMS) "حقيقي" لا يتطلب تطبيق حقل مغنطيسي، وإن يكن الباحثون لم يحققوا سوى ما يقارب 1% من استقطاب سبيني محقون. هاتان التجربتان معاً أوضحتا أنه كان من الممكن حقن سبين في نصف ناقل؛ ولقد تمثّلت الخطوة التالية لغرض إيجاد نبيطة عملية في إيجاد مواد DMS تسمح بحقن سبيني قوي عند درجة حرارة الغرفة باستخدام حقول معتدلة فقط (أو بدون تطبيق حقول).

في العام 2000 حقَّق Thomas .Dietl من الأكاديمية البولندية للعلوم في وارسو اختراقاً مهماً في هذا المجال. فقد بيّن أن أعلى درجة حرارة (درجة حرارة كوري) التي تحصل عندها المغنطيسية الحديدية في بعض مواد DMS ينبغي أن تزداد بمقدار مهم لدى تطعيمها بتراكيز متزايدة من العنصرين المغنطيسيين المنغنيز والكوبالت، على وجه الخصوص. وقد بُنيت حساباته على مفهوم اقترحه لأول مرة الفيزيائي Clarence .Zener من الولايات المتحدة في الخمسينيات من القرن الماضي، مفاده إن التآثرات بين العزوم المغنطيسية للذرات الشائبة المتموضعة وتلك التي للثقوب اللامتموضعة في نصف الناقل يمكن أن تجعل العزوم تصطف مثلما كانت ستفعل في مغنطيس حديدي. وعلاوة على ذلك، فإن هذا التأثير يجب أن يتغلب على مفعول سوء الاصطفاف الذي تسببه درجات الحرارة المرتفعة. وبوجه خاص اقترحت حسابات ديتل، أن نصفي الناقلين أكسيد التوتيا ونتريد الغاليوم الشائعي الاستخدام ينبغي، عند تطعيمهما بمقدار كافٍ، أن يبديا مغنطيسية حديدية عند درجة حرارة تفوق درجة حرارة الغرفة بكثير، وبذلك قدحت جهداً كبيراً في أنحاء العالم يهدف إلى تطوير مواد DMS عملية (انظر الشكل 3).

الشكل 3- رفع درجة حرارة كوري



تُعَدُّ أنصاف النواقل المغنطيسية الممددة، التي تبدي استقطاباً سبينياً عند تطعيمها (إشابتها) بعناصر معينة، مواد مرشَّحة جيدة لحقن إلكترونات مستقطبة سبينياً في داخل نصف ناقل ما. ولكي تكون مفيدة عملياً، فإن درجة حرارة كوري لمواد كهذه– التي يختفي فوقها سلوك المغنطيسية الحديدية– يجب أن تكون عالية. ونذكر من بين المواد الواعدة أكثر من غيرها أكسيد منغنيز التوتياء (ZnMnO)، وأكسيد الكوبالت المطعم بالتيتانيوم والقصدير (Co[Ti,Sn]O) ونتريد منغنيز الغاليوم (GaMnN). ولكن ثمّة بعض الخلاف يحيط بدرجات حرارة كوري المقيسة لهذه المواد. ففي عامي 2001 و2003 تنبأت مجموعتا بحث بقيمة لدرجة حرارة كوري تقارب 600 K للتيتانيوم– أو لأكسيد الكوبالت المطعم بالقصدير، لكن التأكيدات التجريبية التقليدية جاءت بعد ذلك. كما بذل جهد ملموس لرفع درجة حرارة كوري في زرنيخيد الغاليوم بتطعيمه بالمنغنيز، لكن أعلى قيمة سجلت حتى الآن – وهي 250 K – جرى حولها تساؤل أعقب تحليلاً منقَّحاً للمعطيات. يشير القضيب الأخضر إلى مجال القيم التي تنبأ بها ديتل، في حين يبين السهم الأبيض مجال القيم التجريبية من أجل تراكيز مختلفة.

لكن إيجاد مادة تبدي استقطاباً سبينياً عند درجة حرارة أعلى كثيراً من درجة حرارة الغرفة، ليس هو التحدي الوحيد في تطوير حاقن سبيني عملي. فهذه المادة يجب أولاً أن تتمتع باستقطاب كبير كي تكون قادرة على حقن قدر كافٍ من الإلكترونات المستقطبة سبينياً في داخل نصف الناقل. وثانياً يجب أن يكون من الممكن التحكم بخواص السطح البيني interface التي تتشكّل حينما تترسَّب مادة الحاقن على نصف الناقل. ونشير هنا إلى أنه عندما كان الباحثون يطورون وصلات نفقية مغنطيسية في تسعينيات القرن الماضي، تعلَّموا أن خواص الطبقات الذرية القليلة الملاصقة للسطح البيني تتمتع بتأثير حاسم على كفاءة الحقن السبيني. ويرجع مردّ هذا إلى مقادير قليلة من التمازج الكيميائي بين الطبقات يمكن أن يبعثر الإلكترونات في حالات جديدة وبذلك يقلِّل بشدة كمية الإلكترونات التي تحقّقه عبر السطح البيني أثناء بقائها مستقطبة. هذا ويصعب التحكم بخواص المواد DMS في الشكل الضخم، بل ويزداد بصعوبة حينما تترسَّب المادة على هيئة فلم رقيق مثلما تتطلبه صناعة النبيطة. وعليه، فإن تحقيق سطوح بينية نظيفة بين المواد DMS وأنصاف النواقل، يطرح تحدياً لا يمكن تجاهله أمام الباحثين الذين يحاولون إنشاء نبائط نصف سبينترونية مبنية على DMS.

الرؤيا النفقية

ولكن ثمّة طريقة بديلة ومختلفة كلياً لتحقيق الحقن السبيني. فبينما كان العديد من الباحثين يركزون على مواد DMS، كان آخرون يفكّرون أنه إذا كان بالإمكان نقل الإلكترونات المستقطبة سبينياً عبر سطح بيني بين نصف ناقل ومعدن ذي مغنطة حديدية، فإن من الممكن بعدئذ استعمال المعدن كمقطِّب سبيني عالي الفعالية polarizer highly effective spin. وعلاوة على ذلك، ونظراً لكون السطوح البينية المعدنية قد خضعت للدراسة على مدى عقود، فلابد أن يكون من الأسهل جدّاً التحكم بخواص السطح البيني في مثل هذه البنى من النبائطية.

في أواخر تسعينيات القرن الماضي حاول كثير من مجموعات

البحث أن يحقنوا إلكترونات مستقطبة سبينياً من معادن حديدية المغنطة وسبائك مرسَّبة مباشرة على زرنيخيد الغاليوم، لكن لم تحقِّق هذه الدراسات المبكرة سوى بضع آحاد في المئة من الاستقطابات المحقونة. وفي العام 2000 تلقت هذه الفكرة لطمة أكبر حينما استعمل Georg .Schmidt وزملاؤه من جامعة ورزبرغ نموذجاً بسيطاً من شبكة مقاومات لإظهار لزوم استقطاب سبيني يقارب 100% في المعدن الحديدي المغنطة من أجل حقن استقطاب سبيني مفيد في داخل نصف ناقل. ولما كان من المستحيل تحقيق مثل هذه الاستقطابات العالية عملياً، فإنه بدي ولفترة قصيرة أن الحاقنات السبينية نصف الناقلة يحتمل أن تكون الوسيلة الوحيدة الممكنة للمضي قدماً في هذا السبيل.

لكن هذه النظرة انقلبت على الفور تقريباً رأساً على عقب حينما أدرك Emmanuel .Rashba، من MIT، أن خلق حاجز نفقي بين المعدن الحديدي المغنطة ونصف الناقل قد يحلُّ المشكلة. لقد تنبأ بأن الاستقطاب السبيني في المعدن الناقل سيبقى مصوناً أثناء العبور النفقي، لذا فإن الحاقن السبيني ذا الحاجز النفقي بين المعدن الحديدي المغنطة ونصف الناقل كان مضاهياً لحقن نفقي مغنطيسي. وباتباع هذا التطوير، بذلت جهود متعاضدة لدراسة الاستقطاب السبيني المحقون في بنية من معدن حديدي المغنطة وزرنيخيد الغاليوم.

في مثل هذه العيّنات، يُعاد توزيع الشحنة الكهربائية أثناء تشكل الوصلة بين المعدن ونصف الناقل، بحيث تخلق حاجز "شوتكي" النفقي عند السطح البيني. وتبيَّن كذلك أن هذا النمط من البنية يوضح مفهوم الديودات السبينية المصدرة للضوء spin-LED (الشكل 4): أي إنه عندما يحقن إلكترون مستقطب من طبقة حديدية المغنطة إلى نصف ناقل، فإنه يعيد الاتحاد بثقب، فينتج عنه إصدار ضوء مستقطب دائرياً. (على العكس من ذلك، ففي الديود المصدر للضوء تقليدياً، تتحد إلكترونات بثقوب غير مستقطبة لتولِّد ضوءاً غير مستقطب) وفي الوقت الراهن تحاول مجموعات أبحاث عديدة أن تستغل هذه الظاهرة لتطوير نبيطة عملية لديود سبيني مُصدر للضوء.

ولما كان عدد الإلكترونات المستقطبة سبينياً التي تصنعها عبر الحاجز يعتمد على خواصها، فقد حاول بعض الباحثين أن يستعيضوا حاجز شوتكي بطبقة عازلة رقيقة في محاولة لزيادة إشارة الحقن السبيني في منظومات المعدن الحديدي المغنطة ونصف الناقل. وفي عام 2003 حقق Pol Van Dorpe وزملاؤه لدى مركز الإلكترونيات المكروية بين الجامعية (IMEC) في ليوفين ببلجيكا، استقطاباً سبينياً محقوناً يتجاوز 20% فقط عند درجة حرارة منخفضة باستخدام طبقة عازلة من أكسيد الألمنيوم. وبعد سنتين من ذلك، بينت مجموعة باركِن لدى IBM أن استخدام أكسيد المغنيزيوم كعازل قد حسّن الأداء أكثر، ولكن الاستقطاب المحقون يكون شديد الحساسية للبنية البلورية لمادة الحاجز.

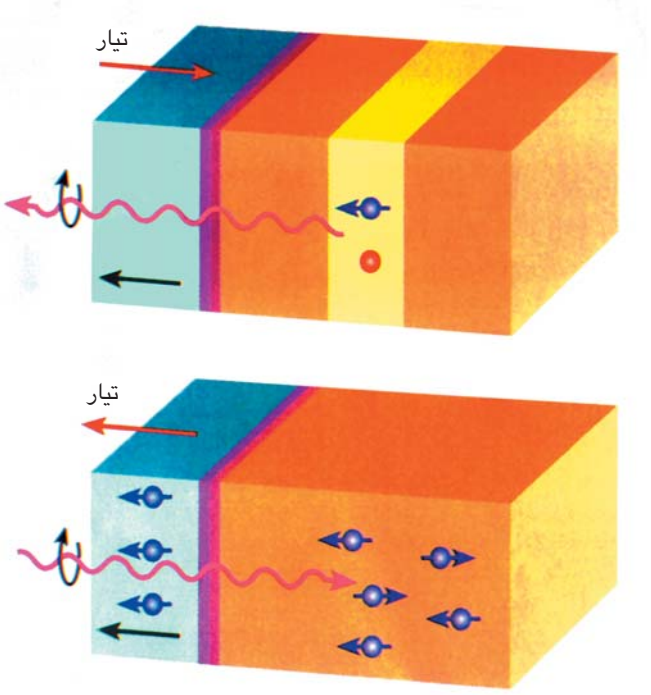
كي تحدث الثورة السبينترونية، يحتاج الباحثون لإيجاد طريقة لحقن السبينات الإلكترونية ومداولتها وكشفها في أنصاف النواقل

وفي أثناء ذلك، كان أيضاً يجري تقدم في التحدي الكبير الآخر الذي ينبغي التغلب عليه لبناء نبيطة سبينترونية: والذي تمثل في كشف السبين spin detection. إن إحدى الطرق لبناء هذه النبيطة هي أن نعكس العملية التي تسمح للديود السبيني المصدر للضوء بالعمل (الشكل 4). فعن طريق توجيه ضوء مستقطب على بنية متغايرة heterojunction من معدن حديدي المغنطة–حاجز شوتكي–زرنيخيد الغاليوم تتولّد جمهرة إلكترونات مستقطبة سبينياً داخل بنية زرنيخيد الغاليوم (بواسطة قواعد rules الانتقاء الضوئي لنصف الناقل هذا). وتستطيع هذه الإلكترونات بعدئذٍ أن تعبر رجوعاً عبر حاجز شوتكي إلى داخل المعدن الحديدي المغنطة حيث يجري كشفها كهربائياً، وبذلك تؤمن طريقة لكشف السبينات الإلكترونية. وقد استخدمت مجموعتنا في كمبريدج بنية كهذه لتبين أن هذا المفعول يولد فلطية تعتمد على النسبة المئوية للإلكترونات التي استقطبت في المعدن الحديدي المغنطة.

ومنذ ذلك الحين وجدنا أننا باستبدالنا طبقة المعدن الحديدي المغنطة الواحدة ليحلّ محلها صمام سبيني معدني من GMR (بمعنى طبقتين من معدن حديدي المغنطة يفصل بينهما طبقة رقيقة من معدن لا مغنطيسي)، فإنه يمكن تعيين التيار الذي يجري إلى داخل المعدن بصورة منفصلة من التيار الجاري في نصف الناقل، حيث إن الصمام يلعب دور بوابة تقوم بفتح جريان التيار وغلقه من المعدن وإليه وفق

لم يكتشف أحد بعد مواد نصف ناقلة حديدية المغنطة مناسبة تعمل في درجة حرارة الغرفة.

الشكل 4- الحقن والكشف الكهربصريان



يمكن مضاهاة المبدأ الذي يقوم عليه الديود السبيني المصدر للضوء كي يمكِّن من الكشف السبيني- الذي يعدّ أساسياً بالنسبة للنبائط السبينترونية الحقيقية. ففي ديود سبيني (في الأعلى)، عندما يُحقن إلكترون مستقطب سبينياً من طبقة حديدية المغنطة (أزرق) في داخل نصف الناقل (برتقالي وأصفر) عبر حاجز شوتكي (أرجواني)، فإنه يتحد بثقب (أحمر). وهو حين يفعل ذلك يصدر فوتوناً مستقطباً استقطاباً دائرياً. ويمكن استخدام درجة الاستقطاب الدائري لتقدير قيمة الاستقطاب السبيني المحقون. كما يمكن عكس هذه العملية بتسليط ضوء مستقطب استقطاباً دائرياً على بنية نصف الناقل، الذي يولد إيواءً لإلكترونات مثارة مستقطبة سبينياً ضمن نصف الناقل (في الأسفل). واعتماداً على الاتجاه النسبي لاستقطاب المكشاف الحديدي المغنطة بالنسبة لاستقطاب الفوتونات، فإنه يمكن أن تعبر إلكترونات مثارة ضوئياً عبوراً نفقياً وهي في الحالة السبينية "فوق" (أو "تحت" إذا انعكس الاستقطاب) خلال حاجز شوتكي إلى الطبقة الحديدية المغنطة، حيث يمكن كشفها كإشارة كهربائية.

الاصطفاف المغنطيسي لطبقاته. إن استخدام الصمام السبيني بهذه الطريقة يسمح لنا باستكمام quantifying مفعول الترشيح السبيني للسطح البيني ومن ثم بتقدير استقطاب التيار المُستَكْشَف.

مسائل السطح البيني

نحن الآن على بعد ست سنوات من تنبؤات ديتل التي تقول إن درجة حرارة كوري لمواد DMS معينة ينبغي أن تزداد بصورة ملحوظة بالتطعيم المغنطيسي الحديدي. ومع ذلك لم يستطع أحد أن يجد مواد نصف ناقلة حديدية المغنطة ملائمة تعمل عند درجة حرارة الغرفة ويمكن استخدامها في نبائط سبينترونية نصف ناقلة عملية. ولكن، في الوقت الذي يستمر فيه الجهد لتطوير سبينترونيات مبنية على DMS، فإن التطوير الملحوظ في تقانة الوصلة النفقية المغنطيسية قد أعطى دفعاً كبيراً لاستخدام معادن حديدية المغنطة مع أنصاف نواقل. وفي الوقت الذي لا تحقّق فيه المعادن الانتقالية ذات المغنطة الحديدية استقطاباً سبينياً يبلغ 100%، فقد لا يكون هذا ضرورياً لصنع نبائط عملية: تقترح التنبؤات النظرية أنه عبر التحكُّم ببنية السطح البيني والتركيب، وباستخدام حواجز مناسبة، يمكن لمنظومات المعدن الحديدي المغنطة المستقبلية أن تعطي زيادات مثيرة في نقل سبيني علاوة على مواد الحاقن/المكشاف التي جُرِّبت من قبل.

لقد بين التطوير الناجح للوصلات النفقية المغنطيسية (MTJs) أن الخواص التي تتمتع بها بضع الطبقات الذرية القريبة من السطح البيني ذات تأثير حاسم على النقل السبيني. وسيكون من المهم مستقبلاً أن يتم التحكم بدقة ببنية المواد المستخدمة في النبائط السبينترونية نصف الناقلة عن طريق مضاهاة التوجيه البلوري للسطح البيني مع توجيه مادة المكشاف والحاقن السبينية. ومن الواضح أنه توجد طرق جديدة واعدة كثيرة للتحقق من ذلك. وفي الوقت الذي لا نستطيع فيه أن نقول كم من الوقت سيستغرق ذلك، فإنه يبدو من المرجح أن ثورة السبينترونيات نصف الناقلة ستأخذ انطلاقتها الأولى بنبائط تستخدم أفلاماً معدنية ذات عبور مغنطيسي موجودة مسبقاً في نبائط MRAM وMTJ.

المؤلفون: توني بلاند وكليونغ لي وستيفان شتاينموللر يعملون في مختبر كفنديش في جامعة كمبريدج بالمملكة المتحدة.

– نشر هذا المقال في مجلة Physics World, 1 January 2008، ترجمة د. محمد قعقع، عضو هيئة التحرير.

صناعة الحياة

بعد قرن من وفاة كلفن، ها هو عمله الرائد في الترموديناميك (والذي دعّم الثورة الصناعية) قد جعل الباحثون يعكسون صورة له تستكشف المحركات البيولوجية التي تغذي قدرة الحياة نفسها، حسبما يصف Mark Haw.

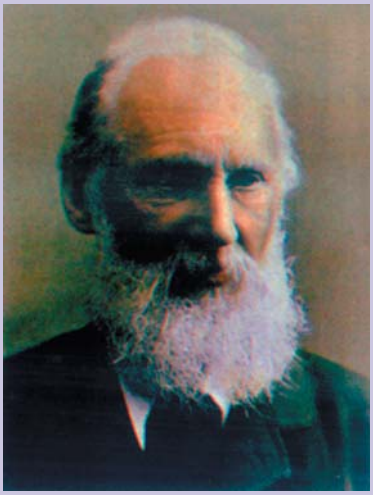
الكلمات المفتاحية: علم الترموديناميك، ثورة صناعية، طاقة، محركات بيولوجية، أنتروبية.

تشير عبارة "نظريةٌ لكلِّ شيء" بالنسبة لمعظم الفيزيائيين إلى نظرية مُوحَّدة للتأثرات الأساسية في الطبيعة، وهو الأمر الذي أبقى الباحثين مشغولين به معظم القرن. ومع الحديث عن نظريات الأوتار الفائقة وعن الأكوان المتعددة وعن فضاء الزمكان ذي الأحد عشر بعداً، تبدو نظريات لكل شيء يمكن أن تكون مادة القرن الحادي والعشرين الرئيسة وهي غالباً تتحدى حدود شبح الفكر الرياضي والفيزياء النظرية "لتناقش أي شيء يخطر على البال".

مع ذلك يوجد نوع مختلف من نظرية لكلّ شيء يعود تاريخه إلى منتصف القرن التاسع عشر. ففي حين تسعى نظرية الأوتار الفائقة أن تخبرنا ماذا يكون كل شيء، فإن هذه النظرية الفكتورية هي على الأغلب نظرية لما يفعله كل شيء. وعلى الرغم من قدمها، فإن هذه النظرية تعدنا بثورة في القرن الحادي والعشرين فيما يخصّ طريقة فهمنا للوظائف المعقدة للحياة نفسها.

تعرف نظرية كل شيء هذه باسم آخر هو الترموديناميك (التحريك الحراري): بمعنى نظرية الطاقة. فكل شيء يحدث في الكون –بدءاً من غلي البيضة وحتى دوران المجرات– إنما يتضمن تحولاً transformation في الطاقة. وبالتالي، فإن نظرية تفسّر كيف تتحول الطاقة فتغيّر حالة المادة أو ترتيبها أو تركيبها إنما تكون نظرية لكلّ شيء يحدث.

كلفن: الرجل صاحب العنوان



مع أنه معروف بصورة أفضل بلقبه الذي اكتسبه فيما بعد (وهو اللورد كلفن)، فقد ولد باسم بسيط هو ويليام تومسون في بلفاست في 26 حزيران/يونيو عام 1824. غير أن عائلته رحلت بعد مدة قصيرة إلى اسكوتلاندة، حيث أصبح والده أستاذ رياضيات في جامعة كلاسكو. لقد حضر تومسون محاضرات والده منذ كان عمره سبع سنوات، وانتسب طالباً نظامياً في عمر عشر سنوات، ونشر وهو في سن 15 سنة نشرة حول سلسلة فوريه. التحق تومسون الشاب بجامعة كامبردج في العام 1841، فحذّره والده من التأثيرات المشتّتة لكلٍّ من الرياضة والملاهي. ومع أنه انخرط بالتجديف في نهر كام وعزف البوق في الجمعية الموسيقية، فقد حظي بالاعتراف أنه طالب السنة ذو العقل العلمي الحادّ.

عندما توفي أستاذ كرسي الفلسفة الطبيعية بجامعة كلاسكو في العام 1846، لعب والد تومسون دوراً سياسياً صعباً لاعتلاء ولده هذه الوظيفة الشاغرة. وأخذ تومسون هذه الوظيفة في كلاسكو وعمره 22 سنة فقط، حيث بدأ مسيرة ناجحة بامتيازٍ مذهلٍ امتدّت لأكثر من نصف قرن. ثم وصل فيما بعد أخوه جيمس كأستاذ في الهندسة: فأصبحت سلالة تومسون سلالة علمية أكاديمية.

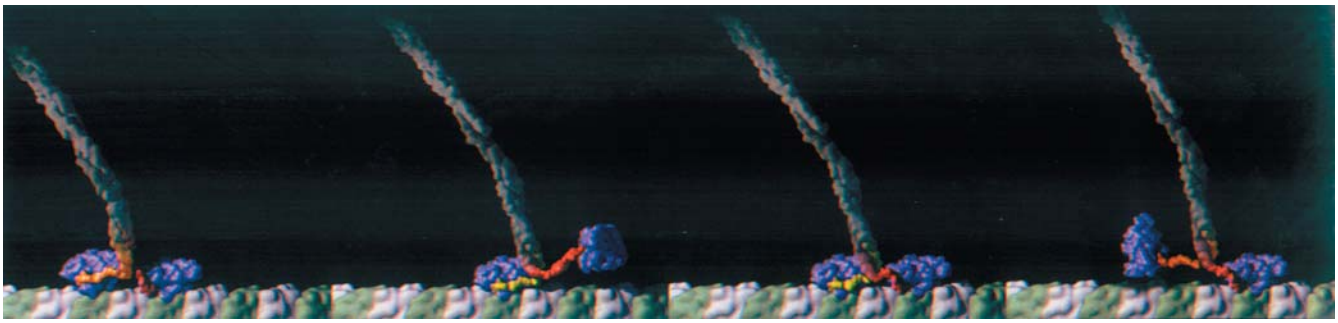
وقد لعب الأخ جيمس الذي تدرّب بالأصل مهندساً في البحرية، دوراً مهماً في مقاربة تومسون للعلم. ففي إحدى رسائله، يستذكر جيمس بعد ظهر أحد أيام سنة 1842 عندما كان هو وويليام يقفان بجانب قناة في مقاطعة وولسول يراقبان كيف يجري الماء في حاجز مائي فيرفع البارجة. لقد كان ذلك توضيحاً صريحاً لكيفية تحويل الطاقة إلى عمل، في وقت كانت أفكار الأخوين عن الطاقة والاستطاعة آخذة بالتشكّل. غير أن ما أثار انبهارهم تمثّل في الطاقة المفقودة دون جدوى نتيجة تراشق الماء فوق جدران الحاجز المائي عوضاً عن أن تساعد في رفع البارجة. فكان السؤال عما إذا كانت هناك مبادئ أساسية تحدد مردود الطاقة التي يمكن تحويلها للاستخدام؟ لقد شغل هذا السؤال تومسون على مدى عقود تالية.

بدأ تومسون ببطء يتلمّس الطبيعة الأساسية للطاقة والحرارة ودرجة الحرارة، مستهدياً بتجارب ج. جول (James Joule) وعَمَل س. كارنو (Sadi Carnot). فقد بدا أنه يمتلك إمكانية عظيمة لمقارعة عجائب الطبيعة وتقانتها، حيث اشتهر بقوله بعدم وجود مسألة خارج متناول العلم. وقد توّجته الملكة فكتوريا فارساً في العام 1866 لمساهمته في تصميم أدوات حسّاسة لأول منظومة اتصالات عن بعد عبر المحيطات. ثم ارتقى إلى درجة شرف اللورد في العام 1892، فأصبح اللورد كلفن نسبة إلى النهر الذي يجري عبر غرب كلاسكو محاذياً الجامعة.

لم يتضاءَل فضول كلفن العلمي أبداً. فبعد تقاعده كأستاذ في جامعة كلاسكو في العام 1899، مباشرة ألحق نفسه كطالب باحث فيها مرة ثانية. وقد نشر، حتى في سنة وفاته (بعد انقضاء ثماني سنوات)، ستة أبحاث. مات كلفن في بيته الواقع في لارجز مقاطعة آيرشاير في 17 كانون الأول 1907 بعد مرض قصير المدة. وكان كلٌّ من كارنو وجول وكلاوزيوس قد سبقوه منذ زمن طويل، فكان موت ويليام تومسون يؤشر للمشهد الأخير من الحقبة الأولى العظيمة لعلم الطاقة: الترموديناميك.

تعود بدايات علم الطاقة لتاريخ أوج العصر الفكتوري قبل 150 سنة مضت، وتعود نشأته بصورة خاصة إلى (William Thomson، الذي يُعرف بصورة أفضل باسم اللورد كلفن). فلقد أصبح كلفن الذي توفي منذ مئة سنة مضت في 17 كانون الأول 1907، أستاذاً في فلسفة الطبيعة بجامعة كلاسكو وهو في الثانية والعشرين من عمره، ثم تابع ليصبح أحد أعيان العلم الفكتوري المثاليين: النبيل الشريف وحامل حفنة براءات اختراع (انظر المؤطر). وفي حين قام بإسهامات رئيسة في حقول متعددة واسعة مبهرة من المعرفة، فإن أفضل مساهماته وأهمها كانت في تطوير الترموديناميك جنباً إلى جنب مع المشاهير Rudolf Clausius وSadi Carnot وJames Joule.

مع أن نيوتن سبق له أن حقّق تقدماً عظيماً في فهم مفاهيم القوى والثقالة، فقد بقيت الطاقة برمتها يكتنفها غموض كلّي مع بداية القرن التاسع عشر. أما قوانين الترموديناميك التي طوّرها كلفن وكلاوزيوس لفهم طبيعة الحرارة ومعنى درجة الحرارة، فقد أعطت تعريفات دقيقة للطاقة وللقواعد التي يمكن أن تتحول وفقها. ففي الواقع، انتهى علم الترموديناميك ليصبح ثورة علمية كل جزئية منه مهمّة قدر أهمية قوانين نيوتن، أو قدر بروز الفيزياء الكمومية في النصف الأول من القرن العشرين.



المشية العشوائية تخضع حركة جزيئات الكينسين في الجسم في حركتها الخطوية إلى التذبذبات العشوائية التي لا يمكن وصفها باستخدام الترموديناميك.

ولكن ثورة ترموديناميك كلفن لم تكن إلاّ البداية. فاليوم، تتحدى الأبحاث الجديدة في فيزياء المنظومات الحيّة والتقانة النانوية محدوديات نظرية القرن التاسع عشر. فبعد انقضاء قرن على موت كلفن، يصنع الباحثون ثورة ثانية في كيفية فهمنا طبيعة الطاقة.

الطاقة والصناعة

غيّر الميكانيك النيوتني طريقة رؤيتنا للعالم عبر تحويله مفهوم القوة إلى إطار رياضياتي دقيق. لكن ذلك ترك سؤال الطاقة غير مبتوت فيه: بمعنى مقدرة القوى على القيام بعمل معين فعلياً، مثل تحريك المادة، أو إعادة تنظيمها، أو تحويلها. ونشير هنا إلى أنه لم يكن يوجد في مطلع القرن الثامن عشر سوى إلمام قليل بقواعد الطاقة، أو طبيعة الحرارة ودرجة الحرارة.

وقد قدّمت الثورة الصناعية الزخم اللازم للحاق العلم بالتقانة. إذ اعتمدت الصناعة على المحركات: وهي أدوات تحوّل الطاقة من أجل إنجاز عمل، سواء أكانت ناعورة مائية تغذي طاحونة أو محرك بخاري يشغل مضخة في منجم. وقد تحقّق المهندس العسكري الفرنسي سادي كارنو في عشرينيات القرن التاسع عشر من أن فرنسا ما بعد نابليون وفي الوقت الذي يصعب عليها منافسة بريطانيا على الصعيد التقاني، فإن القواعد الأساسية لمحرِّكها (كتلك التي تحكم كفاءَته مثلاً) قد بقيت هي الغالبة.

تُسيَّر الحياة بوساطة تحويل الطاقة الذي تنجزه محركات ذات أشكال متباينة.

لقد أدرك كارنو أن جميع المحركات تحوّل الطاقة من شكل إلى آخر، وبيّن في كتابه لعام 1824 ذي العنوان "Sur la puissance motrice du feu" وجود قواعد شمولية تقرِّر الكفاءة العظمى الممكنة التي يستطيع محرك ما تحقيقها. ولا تعتمد هذه القواعد على التقانة، سواء كانت قدرة بخارية، أم قدرة مائية أم أي شيء آخر، بل تعتمد على مقادير أساسية مثل الحرارة ودرجة الحرارة.

ويعود إلى موت كارنو غير المتوقع جزئياً، بسبب إصابته بالكوليرا في العام 1832، كون عمله لم يلقَ آذاناً صاغية. ولكن بعد انقضاء عقد من الزمن، تلقّف كلفن مقولته تحديداً يوم كان أستاذاً شاباً في كلاسكو، وكذلك فعل العالم الألماني رودولف كلاوزيوس. وعلى مدى العقد التالي، توجّه كلفن وكلاوزيوس في الاتجاه الصحيح اعتماداً على تجارب جيمس جول في مانشستر، فأكملا التعاريف التجريبية التي صاغها كارنو للحرارة ولدرجة الحرارة، وبذلك يكونان قد صاغا أسس علم الترموديناميك.

لقد انتهى كلفن وكلاوزيوس إلى قانونين أو "قاعدتين يخضع لهما المحرك". ينص الأول منهما على عدم إمكان خلق الطاقة أو فنائها والاقتصار على تحوّلها من شكل إلى آخر؛ في حين يعبّر القانون الثاني عن محدوديات أساسية فيما يمكن أن ينجزه تحويل الطاقة حسب الدلالات العملية. ومثلما تمّ بناء القانون الأول حول الطاقة، فإن القانون الثاني بُني حول مفهوم جديد يدعى الأنتروبية (entropy). وهو على وجه التقريب مقياس للفوضى، وقد سمّى كلاوزيوس هذه الكمية بحيث تناظر كلمة "en-ergy" (إذ إن كلمة "trope" تعني التغيُّر بالإغريقية). ولدى صياغة القانون الثاني بهذه الدلالات، فإنه ينصّ على عدم إمكان نقصان الأنتروبية خلال أي عملية تجري بصورة ذاتية أو طبيعية.

وباعتبار أن قوانين الترموديناميك تصف كيفية تأثير تحويل الطاقة على تغيّرات حالة المادة، فإن كلفن وكلاوزيوس ذهبا إلى ما هو أبعد بكثير من التحفيز الصناعي لكارنو. ويوضح هذا بصورة باهرة كيف يمكن للبحث أن يعطيك أكثر بكثير مما تساوم عليه في أغلب الأحيان: فالتساؤل حول مردود (كفاءة) محرك بخاري ما قد

أماط اللثام عن جذورٍ لنظرية كل شيء atheory of everything.

محركات الحياة

لم يكن ترموديناميك كلفن وكلاوزيوس، حتى ذلك الوقت نظرية ناضجة تماماً لكل شيء. فصحيح أن تحول الطاقة هو مفتاح كل شيء يحدث في الكون. ولكن في مواجهة الجهل المطبق لطبيعة الطاقة نفسها، كان على كلفن وكلاوزيوس أن يبدأا بنظرية لا تصحّ إلاّ ضمن مجموعة شروط محدودة بشكل صارم –ونعني بذلك تلك العمليات القريبة من التوازن nearequilibrium في المنظومات الكبيرة المعزولة عن محيطها.

على مدى يقرب من العشرين سنة الماضية، أتاح التقدم في الفن المجهري والتحكم بالمقاس الميكروني للفيزيائيين، ولعلماء آخرين الغوص في أعمال التعرّف على كيفية عمل أكثر وظائف المادة تعقيداً: ألا وهي الحياة. مثلما هي جميع العمليات في الكون تدار الحياة عن طريق تحويل طاقة تؤدّيه محركات ذات أشكال متباينة. وربما يكون اكتشاف كريك وواتسون (Crick & Watson) لبنية الحمض النووي DNA في العام 1953 خطوة رئيسة متقدمة في تعريف مواد الحياة الأساسية، لكن السؤال الحقيقي هو كيف تعمل محركات الحياة فعلياً؟ وفي محاولتهم الإجابة عن هذا السؤال، يحاول الباحثون اليوم توسعة علم الترموديناميك إلى ما هو أبعد من حدوده في القرن التاسع عشر.

يُعدُّ البروتين كينسين* kinesin مثالاً لأحد محركات الحياة، وهو مهمٌّ حيوياً لنقل الكيماويات داخل الخلايا. ويقوم الكينسين بتحويل الطاقة الكيميائية إلى حركة عن طريق ربط الأدينوزين ثلاثي الفسفات (ATP) (وهو مخزن بيولوجي كيميائي مميّز) بطريقة ما، تغير شكل البروتين، مما يسمح له "بالمشي" على طول سقالة الخلية أو على طول هيكلها الخلوي. ولكن الخلايا تعتمد أيضاً على بروتينات أخرى عديدة ، بدءاً من المضخات الغشائية التي تتحكم في جريان المغذيات نحو داخل الخلية ووصولاً إلى البوليميرازات التي تبني بدنياً سلاسل الرنا (RNA) والدنا (DNA). وتحوّل جميع هذه الجزيئات الطاقة بغية تحريك المادة –وبكلمات أخرى تكون جميعها محركات.

واليوم، يستطيع العلماء مشاهدة هذه الهندسة المجهرية وهي تعمل وذلك بفضل التقدم في الاصطياد الليزري. وعلى سبيل المثال، قام فريق يقوده Toshio Yanagida من جامعة أوساكا في اليابان عام 2000، بدراسة حركة جزيئات منفردة من الكينسين على أطوال من هيكل خلوي كانت مربوطة إلى خرزات يمكن احتجازها في مصيدة ليزرية. وبلصق واسمات متفلورة على جزيئات الكينسين لجعلها مرئية، شاهد الباحثون البروتينات الفرادى وهي تمشي على مسارات هياكل خلوية. وقد اعتمد هذا البحث على عمل قام به Steven Block الذي يعمل حالياً في جامعة ستانفورد في الولايات المتحدة، الذي قاس وبمساعدة زملائه في العام 1994، قوى صغيرة جداً من مرتبة بيكونيوتن (10^{-12} نيوتن) قامت بتوليدها جزيئة كينسين.

وبدراسة الكيفية التي تحوّل بها هذه المحركات الجزيئية الطاقة إلى حركة، يقوم باحثون مثل ياناغيدا وبلوك باقتفاء خطى علماء من القرن التاسع عشر مثل كلفن وكلاوزيوس، أما اليوم فقد غدت هذه المحركات جزيئات مجهرية، وليست بدلاً من أوابد الصناعة الفكتورية، وفي ذلك يكمن التحدي لإنشاء علم ترموديناميك مناسب.

تصغير قدود المحرك

طور روّاد الترموديناميك قوانينهم المبنيّة على منظومات جهرية (ماكروسكوبية) التي استطاعوا وصفها بدلالة مقادير "وسطية average" مثل الضغط ودرجة الحرارة. وهذا جيد من أجل محرك بخاري نمطي، يحتوي على مئات اللترات من البخار ومكون من عدد ضخم جداً من الجزيئات. فمثلاً، يحتوي 22 ليتراً من البخار على أكثر من 10^{23} جزيئة، مما يجعل المقادير الوسطية مقبولة تماماً طالما أن شرود جزيئة أو اثنتين لن يكون ذا بال.

ولكن البروتين النمطي يصل قدّه إلى نانومترات قليلة ويحتوي

لمحة موجزة: كلفن وعلم الترموديناميك الجديد

- كان ويليام تومسون (الذي أصبح اللورد كلفن فيما بعد) والمتوفى قبل مئة عام في يوم 17 كانون الأول من العام 1907، أحد أوائل رواد علم الطاقة: الترموديناميك.
- وعبر وصفها كيفية قلب الطاقة إلى أشكالها المختلفة في الجمل الجهرية، شكّلت قوانين الترموديناميك مفتاحاً أساسياً في نجاح الثورة الصناعية.
- يتشبّث الفيزيائيون الآن بالترموديناميك اللاتوازني ذي المقاس المكروي الذي تسود فيه التذبذبات العشوائية للحركة البراونية.
- إن أعظم المحركات المكروسكوبية تعقيداً هي البروتينات والجزيئات البيولوجية الأخرى التي تغذي الحياة نفسها بالقدرة.
- يمكّن التقدم في الفن المجهري والمصائد الليزرية الباحثين من القيام بثورة ثانية في الترموديناميك تقودها لغة التقانة البيولوجية والتقانة النانوية لا الفحم والبخار.

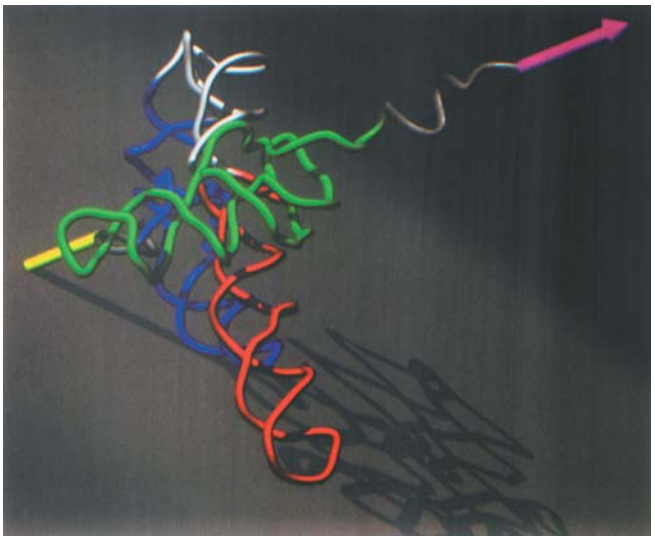
على عشرات الآلاف من الذرّات فقط. لذلك، فإن القواعد الجهرية الماكروية تخفق في وصف عمل المحركات البروتينية، إذ إن هذه الأخيرة من الصغر بحيث يجب أخذ انحرافات حركاتها وتذبذبات طاقتها في الحسبان. تعود هذه التذبذبات إلى الحركة البراونية الناجمة عن القصف المتواصل من قبل الجزيئات المحيطة بها مما يسبّب تذبذب طاقة كل جزء من المادة بصورة مستمرة بمقادير من مرتبة واحدات k_BT، حيث k_B ثابتة بولتزمان وT درجة الحرارة. ولكن في زمن كلفن كانت أهمية الحركة البراونية لعلم الطاقة ما تزال غامضة، ولم تقدر أهميتها حقّ قدرها حتى جاء عمل آينشتاين العظيم في هذا الحقل بعد انقضاء 50 سنة لاحقة (انظر عدد كانون الثاني لعام 2005 من مجلة Physics World الصفحات 19-22).

إذا ما عانى محرك جهري (ماكروسكوبي) (مثل محرك سيارة) من تذبذبات طاقيّة كهذه فإن مكابسه pistons ستقفز عشوائياً إلى الأعلى والأسفل في الأسطوانات وتنتقص من أداء المحرك. ولكن بسبب كون الطاقة المتضمنة في دورة واحدة للمكبس في محرك احتراق ما تقارب 100 جول (التي تساوي تقريباً 10^{22} k_BT) فإنه ببساطة لن تؤثر قفزات صاعدة ونازلة قيمتها واحد أو اثنان من k_BT كلياً. قارن هذه مع كمية الطاقة اللازمة لمحرك بروتيني: إذ تستعمل جزيئة الكينسين قرابة 12 k_BT في كل "خطوة"، مما يعني أن التذبذبات من مرتبة k_BT تقابل 10% تقريباً من طاقة الحركة. وكنتيجة لذلك، تخفق الجزيئة غالباً في تحقيق أية خطوات على الإطلاق بسبب الانخفاضات العشوائية في الطاقة.

تشاهد تبعات تذبذبات الطاقة هذه في المحركات البروتينية بشكل مباشر في تجارب كتجارب ياناغيدا، التي تكتشف كينسينات تتسلق الهيكل الخلوي بحركة ارتجاجية مكونة من محاولات مترددة وقفزات عشوائية قد تكون أحياناً إلى الوراء. وقد شوهدت نتائج مماثلة في كثير من المحركات البروتينية. ولذلك، فإن السؤال المفتاحي في الترموديناميك الحديث يتمثل في المدى الذي تدفع به التذبذبات في الطاقة المنظومات المجهرية (المكروسكوبية) إلى ما هو أبعد من عالم نظرية القرن التاسع عشر؟

توسعة الترموديناميك حتى أقصى حدوده

وكما ترسَّخ ترموديناميك كلفن في تجارب متأتية أتاحت لكلفن أن يتحقّق من قواعد الطاقة عند المقاس الجهري، قام الباحثون المعاصرون "بإنشاء" مختبرات مجهرية لاستكشاف الترموديناميك عند المقاسات الصغيرة. ويتضمن أغلبها إزاحة منظومة مجهرية



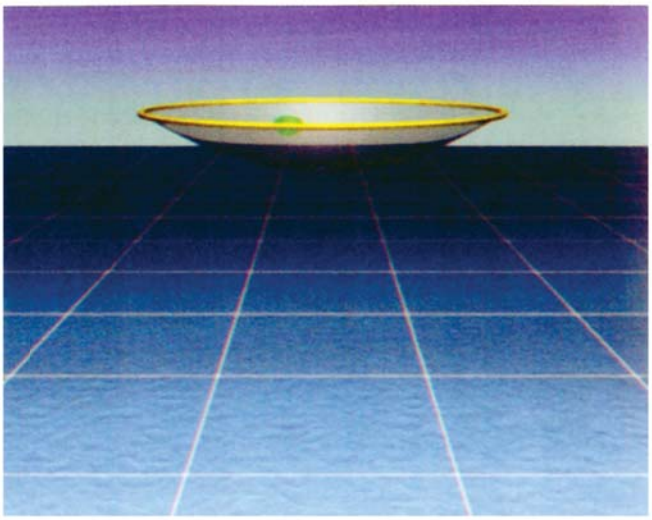
(بمعنى منظومة تكون أقل تعقيداً بكثير من المحرك البروتيني الحقيقي) خارج طاقة توازنها ومن ثم مراقبة ما يحدث لدى عودتها إلى التوازن. وبما أن طاقة التسيير هذه هي من الناحية النمطية تشبه في قدّها طاقة التذبذبات الطاقيّة، فإن الطريق رجوعاً نحو التوازن سوف يعاني العديد من الانحرافات التي يسبّبها التذبذب.

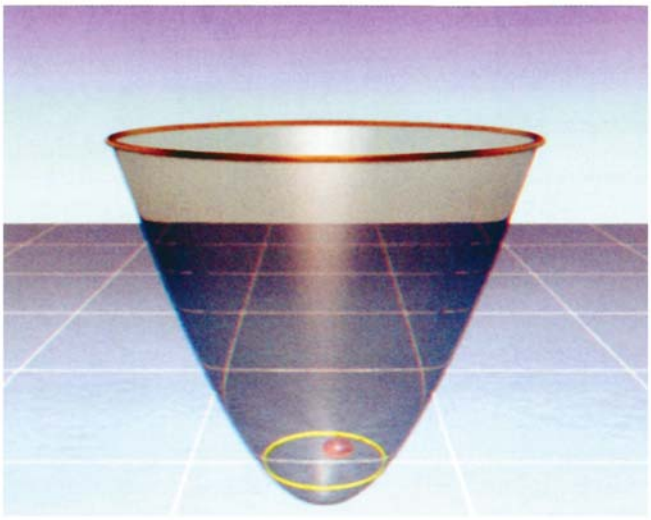
تمطُّط الحياة

عندما يجري مطّ جزيئات RNA بتطبيق قوى خارجية، فإنها تتبع مسار استرخاء مرتج لا يشبه ما يحدث لشريط مطاطي مثلاً.

لقد قام Carlos Bustamante في العام 2002 (من جامعة كاليفورنيا) مع زملائه بشدّ stretching جزيئة RNA وحيدة مستعملاً مصيدة ليزرية للالتصاق بخرزة بلاستيكية بالغة الصغر متصلة بأحد طرفيها. فأثناء تمدُّد الجزيئة كانت طاقتها تزداد بحيث استطاع الباحثون عبر إفلات الخرزة دراسة تأثير التذبذبات العشوائية في الطاقة حين تتقلص الجزيئة ثانية. ففي حالة جزيئة RNA طويلة ومرنة، تساق هذه التذبذبات بقصف براوني مستمر من بلايين جزيئات الماء المحيطة بها مما يجعلها تتمايل. هذا، وقد شدّ فريق بوستمانتيه جزيئة RNA مرات عديدة مع إعطائها الطاقة نفسها، فوجد أن "مسار استرخائها" يختلف في كلّ مرة عن سابقه. وفي المقاس الجهري الماكروسكوبي يكون الأمر كما لو أن نابضاً مشدوداً بعد أن تم إفلاته قد امتط ذاتياً أكثر قليلاً ولمدة وجيزة نتيجة امتصاص هبّات عشوائية من الطاقة وإصدارها.

لقد استكشف د. إيفانز (Denis Evans) وزمـلاؤه جملة مكروسكوبية أبسط من السابقة تهيمن فيها التذبذبات، في جامعة أستراليا القومية بكانبيرا في العام 2002. لقد ثبّت الباحثون خرزة





لمسة خفيفة يمكن التحكّم في حالة توازن منظومة مكروسكوبية (على سبيل المثال تجمّع من خرزات صغيرة) عن طريق تغيير شدة مصيدة ضوئية محرضة ليزرياً من قيمة عالية (في اليسار) إلى ضعيفة (في اليمين) مما يسمح للباحثين باستكشاف حدود الترموديناميك التقليدي.

بلاستيكية ذات قدّ مكروي في مصيدة مغنطيسية ثم درسوا دور تذبذبات الطاقة الناجمة عن جزيئات الماء المحيطة بإزاحة المصيدة الليزرية بعيداً عن الخرزة ومراقبة ما يحدث عندما يشد ضغط الضوء غير المتوازن الخرزة معيداً إياها إلى موقعها الأصلي (الذي استغرق قرابة ثانيتين). ومما يدهش أن نتائجهم بدت لأول وهلة مقوضة لأسس الترموديناميك: القانون الثاني تحديداً.

ولما كان القانون الثاني في الترموديناميك لا يسمح بأي تحوّل تلقائي في الطاقة قد يسبّب تناقصاً في أنتروبية المنظومة، فإنه يضع حدّاً صارماً لمقدرة تلك المنظومة على تحويل الطاقة إلى عمل مفيد. ورغم ذلك، فقد تضمنت بعض مسارات الخرزات في تجربة إيفانز نقصاناً فعلياً في الأنتروبية، مع أن الخرزات قفلت راجعة للمصيدة الليزرية بصورة ذاتية (مما يقود في حالة المنظومة الجهرية (الماكروسكوبية) إلى عدم وجود زيادة إجمالية في الأنتروبية بأحسن الأحوال). فالخرزة في الواقع تستمدُّ طاقة مفيدة من القصف البراوني العشوائي لجزيئات الماء محولة إياه إلى حركة.

ولكن هذا يظهر مجرد كسر للقانون الثاني إذا افترض المرء أن ترموديناميك كلفن وكلاوزيوس الجهري يطبّق مباشرة دون تعديل على المنظومات المجهرية (المكروسكوبية). ولذلك توضح نتائج إيفانز مباشرة ضرورة مراجعة تفسير القانون الثاني عندما تذهب إلى ما هو أبعد من حدود نظرية القرن التاسع عشر. وبالفعل، فقد تمكّن إيفانز ومعاونوه، عن طريق تتبُّع الخرزة وأخذ المتوسط على طول مسارات متزايدة طولاً (بمعنى مقاربة الحالة الجهرية الماكروسكوبية) أن يرمّموا القانون الثاني المألوف. وعلى مدى مدة زمنية جهرية (ماكروسكوبية) لا يزيد استرخاء الخرزة سوى الأنتروبية الكلية للمنظومة. لذلك فإن القانون الثاني لا يخترق بل يصبح أكثر حساسية بعدة درجات ويعكس التبادل المعقد بين الطاقة والمادة في المحركات المجهرية (المكروسكوبية).

إما أن تكون أو لا تكون في حالة توازن

وبشكلٍ صارم يجدر القول بأن ترموديناميك القرن التاسع عشر لا ينطبق إلاّ على المنظومات القريبة من حالة توازنها: وبكلمات أخرى، فإننا نعني المنظومات التي لا تنتابها اختلافات رئيسة في درجة حرارتها أو ضغطها أو تركيبها الكيميائي وبالتالي لا تنتابها جريانات رئيسة ولا قوى. ذلك لأن كل شيء يجري بسلاسة وبطء قرب التوازن، فهو بذلك يقبل نظرية بسيطة نسبياً. لكن ما دامت تجارب مثل تجربة RNA المطوط (المشدود) لبوستمانتيه وتجربة إيفانز لشدّ الخرزات المكروية إنما تكون متجذرة بقوة في عالم تمزقه التذبذبات، فإنه يبدو أكثر منطقية نبذ discard ترموديناميك كلفن التوازني جملة وتفصيلاً والبدء من جديد من الصفر. ومع ذلك نكتشف عند تحليل مثل هذه التجارب بشكل أعمق وجود تشابهات مفاجئة بين العالمين: الجهري (الماكروسكوبي) والمجهري (المكروسكوبي).

يمكن توصيف المنظومات الجهرية المتوازنة عبر معرفة تغيّرات الطاقة الإجمالية، وهي التي تحكم خواص مثل سرعات التفاعلات

الكيميائية. أما العملية المكروسكوبية غير التوازنية التي تكون عرضة لتذبذبات الطاقة، فإنها لا ينبغي أن تشارك قياسات الطاقة التوازنية إلى حدٍّ كبير. لذلك فإن التنبؤ بسلوك محرك مكروسكوبي أكثر تعقيداً بكثير من المحرك العادي، لأن المرء لا يستطيع قياس تغيرات الطاقة المرافقة لجزيئة واحدة فقط ثم الافتراض أن ذلك ينطبق على جميع المحركات المماثلة. مع ذلك، فمنذ عقد مضى تنبأ Christopher Jarzynski من جامعة ميريلاند في الولايات المتحدة، أنه حتى التجارب اللاتوازنية العميقة على جزيئات مفردة تخبئ علامات غامضة للتوازن.

لقد تخيّل جارزينسكي عملية جزيئة مكروسكوبية واحدة ولم يحسب المتوسط الحسابي البسيط لطاقة المنظومة عند إبعادها عن حالة التوازن، بل حسب متوسط التابع الأسي لهذه الطاقة. فبيّن بصورة جلية، أن هذا المتوسط الأسي يمتلك نفس قيمة تغيّر طاقة التوازن الصالحة لنسخة عملية مكافئة تتغير ببطء وسلاسة. كانت هذه مفاجأة لجارزينسكي لأنها تعني أن معلومات عن التوازن الجهري (الماكروسكوبي) تختفي بشكل ما داخل المنظومات المكروسكوبية الفرادى المتذبذبة بصورة عشوائية بعيداً عن حالة التوازن.

لقد أيدت تجارب بوستمانتيه نتيجة جارزينسكي هذه. ففي مخطّط بوستمانتيه التجريبي الأصلي على جزيئة RNA جرى مطّ الجزيئة سريعاً جداً، مما يعني أن الجملة كانت بعيدة تماماً عن التوازن لأنه لا يوجد متسع من الوقت للقوى والطاقة كي تنتشر بصورة منتظمة عند كلّ مرحلة من مراحل العملية. أما فريق بوستمانتيه فقد درس أيضاً ما يحصل لدى شدّ الجزيئة ببطء شديد، مقلدين بذلك التغيّرات البطيئة التي يمكن تحليلها باستعمال الترموديناميك التوازني المعياري. وبمقارنة هذا مع متوسط جارزينسكي الأسي لعملية الشدّ اللاتوازنية التي قاموا بها، وجد الفريق توافقاً ضمن حدود نصف واحدة k_BT .

هذا يعني، من حيث المبدأ، أنه يمكن للباحثين فهم آليات المحركات المكروسكوبية الكيميائية وهندستها عن طريق إجراء تجارب "تمهيدية وجاهزة" لاتوازنية على جزيئات فرادى ليس إلاّ. ولكن ربما يكون الأهم من ذلك هو السؤال عن سبب كون عملية مكروسكوبية لاتوازنية ظاهرياً (مثل شدّ جزيئة RNA مفردة بسرعة) لا بد أن تكون قد اندفنت بداخلها بذور من التوازن، وقد تجبرنا الإجابة عن هذا السؤال على إعادة تمحيص مفهوم التوازن بالذات.

اقترح Dean Astumian، من جامعة Maine في الولايات المتحدة في العام 2006، أن التوازن في حالة المحركات المكروسكوبية يعني شيئاً أدق من التعريف الذي خطر في بال كلفن وكلاوزيوس. ويجادل أستوميان، عوضاً عن ذلك، بوجود عدة نكهات مختلفة للتوازن. فعلى سبيل المثال، تكون جزيئة RNA المشدودة في تجربة بوستمانتيه بالمعنى الميكانيكي في حالة توازن، طالما أن قوى جرّ السائل والحركة البراونية العشوائية متوازنة في كلّ لحظة من لحظات حركة الجزيئة توازناً جيداً (ولو لم يكن الأمر كذلك لتسارعت الجزيئة، وهذا الأمر معدوم في حالة الشد السريع). لذا، ما تزال هذه التجارب بطريقة ما تحقّق ترموديناميك توازني، وبالتالي يمكن أن تعطي قياسات توازنية.

ولكن بلغة الطاقات energetics، وليس من وجهة النظر الميكانيكية، لا تكون هذه المنظومات المكروسكوبية متوازنة: فجزيئة RNA المشدودة في تجربة بوستمانتيه تتلقى وتصدر باستمرار هبّات من الطاقة الحرارية ناجمة عن القصف المستمر من جزيئات الماء المحيطة بها. ونتيجة لذلك، ستتضمّن كل عملية شدّ درباً مميزاً للانتقال من حالة طاقة إلى أخرى.

يصلح نفس مزيج التوازن الميكانيكي والتذبذب الطاقي لأي محرك مكروسكوبي بما فيها –الكينسين والمحركات البيولوجية الأخرى. فهذه المحركات ذات قدم واحدة في مخيم التوازن والقدم الأخرى في عالم التذبذبات واللاتوازن. وربما يكون الدرس هنا أن

بعد قرن من وفاة كلفن، يخلق الباحثون ثورة ثانية في كيفية فهمنا لطبيعة الطاقة

الترموديناميك الحديث ليس مجرد إضافة إلى العلم الفكتوري: بل إن فهم المنظومات المكروسكوبية يستدعي مراجعة متقنة حتى لأبسط مفاهيمنا الأساسية.

النظرية الحقيقية لكل شيء

لقد حوّل الترموديناميك الماكروسكوبي عصر سمكرة tinkering المحركات البخارية إلى عصر تصاميم علمية متقدمة نستمتع بنتائجها اليوم. فقد أدى فهمنا لمردود المحركات إلى نقل الصناعة من المحركات البخارية (التي لا يزيد مردودها من الطاقة في أحسن الأحوال عن 5%) إلى محركات الديزل التي يمكن أن يصل مردودها

إلى 60% (مع أن مردود محرك السيارة النمطي أقرب إلى 20%).

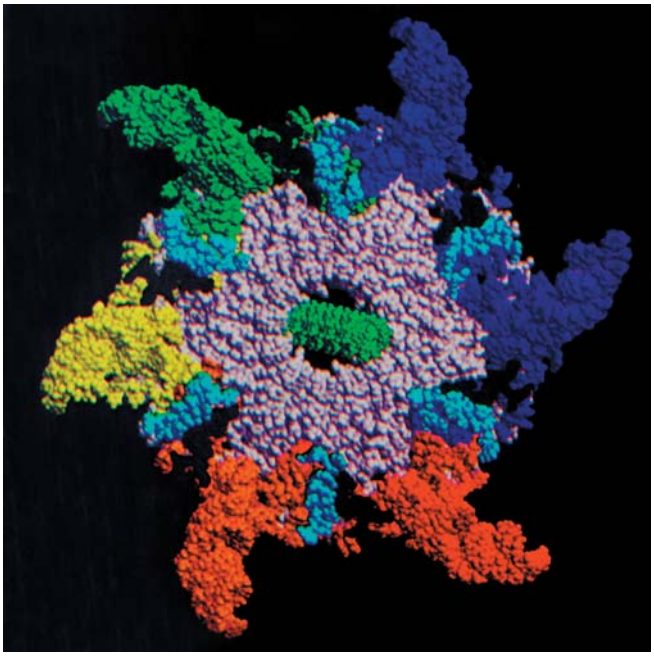
وقد يقود فهم ترموديناميك المحركات المكروسكوبية إلى تقدّم مشابه في المقاس المكروي. فعلى سبيل المثال، يمكن للدواء، إذا ما انجلى الغموض عن ترموديناميك محركات بيولوجية مثل الكينسين، أن يتحوّل يوماً ما من أحجية كيميائية اعتباطية نسبياً إلى اختصاص هندسي يتم من خلاله إصلاح محركات حيوية مثل البروتينات وحتى تشذيبها لتقوم بعملها بصورة أكثر مصداقية وكفاءة. في الواقع، ربما تكون أعظم الأحجيات العلمية تلك التي تفسّر كيف أن الحياة المبنيّة على هذه المحركات المكروسكوبية مع حساسيتها لتذبذبات الطاقة، قد بدأت أصلاً.

وكذلك يُعدُّ الترموديناميك الجديد شأناً حيوياً أيضاً للتقانة النانوية. فقد تجاهل الكثير من الإثارة الأصلية حول هذا الميدان في تسعينيات القرن الماضي حقيقة أن المحركات النانوية، مثل البروتينات، إنما تغذّيها طاقات ذات مقاس مكروي. لذلك، فإن علم المحركات النانوية لا يمكن فصله عن ترموديناميك المحركات المكروسكوبية. ومع ذلك، حتى لو أغفلنا للحظة الفوارق الرهيفة بين المقاس الماكروسكوبي والمقاس المكروسكوبي، وكذلك بين تعريفي التوازن واللاتوازن، فهناك تقييد نهائي واحد لترموديناميك القرن التاسع عشر قد تفوق أهميته الكامنة باقي القيود.

لقد بُني ترموديناميك كلفن على الالتزام التبسيطي للفيزيائي، المتمثل في المنظومة المعزولة isolated system. لذلك، فإن قوانين الترموديناميك الماكروسكوبية لا تنطبق إلاّ على المنظومات المنفصلة عن محيطها، مثل الأسطوانة داخل المحرك البخاري التي تكون منيعة ضد تغيّرات درجة حرارة وضغط العالم الخارجي.

أما المحركات البروتينية، فإنها لا تعمل مطلقاً بمعزل عن محيطها. فالتجارب التي أجريت حتى الآن قد درست بروتينات منفردة انتزعت من الخلية وغذيت "يدويا" بجزيئات ATP لتعطيها طاقة. بيد أن محركات الحياة في بيئتها الطبيعية تكون مجرد أجزاء من شبكة وظيفية معقدة تصون حياة الخلية. ولذلك سيكون التحدي الكبير التالي في إعادة فهمنا لمحركات الحياة المعزولة إلى العالم الحقيقي للخلية، الأمر الذي سيتطلب خطوة تغيير أخرى في علم الطاقة.

لقد كان ترموديناميك كلفن ثورياً لأنه أدرك الأهمية العالمية لتحوّل الطاقة. فزودت قوانينه في الطاقة والأنتروبية العلماء بطريقة لوصف التفاعل المتبادل بين الطاقة والمادة. لكن حقيقة كونه يتعامل فقط مع منظومات معزولة ماكروسكوبية وقريبة من التوازن، إنما تعني أن



استبصار التقانة النانوية على نحو مشابه لنظائر المحركات البيولوجية النانوية، فإن هذه الأخيرة (مثل هذه الحلقة من جزيئات RNA) تطيع نوعاً جديداً من الترموديناميك يذهب إلى ما هو أبعد من ترموديناميك كلفن.

ترموديناميك كلفن مجرد اختراق أول نحو نظرية حقيقية لكل شيء. واليوم، بعد انقضاء قرن على وفاة كلفن، توضع جبهات الترموديناميك في مواجهة عالم المنظومات اللاتوازنية المكروسكوبية.

ما زال العلماء يتلمّسون طريقهم في العالم الجديد للمحرّك المكروسكوبي. لكن فهم كيفية عمل مثل هذه المحركات، وكيف تتفاعل لتغذي قدرة صناعتي التقانة النانوية والتقانة البيولوجية، ستدفع بالترموديناميك الفكتوري إلى الاقتراب من نظرية كاملة للطاقة والمادة. وعندما نفهم كيف تتحول الطاقة في جميع العمليات –بدءاً من تغذية المحرك البخاري بالطاقة وحتى تغذية الخلية بها– عندئذٍ فقط ربما نغدو قريبين جداً من نظرية كل شيء تكون واقعية وأمينة وربما تكون أكثر عمقاً من نظرية الزمكان ذي الأحد عشر بعداً.

المؤلف: مارك هاو M. Haw يعمل في كلية الهندسة الكيميائية والبيئية في جامعة نوتنغهام بالمملكة المتحدة، إنه مؤلف كتاب العالم المتوسط: Middle World القلب المضطرب للمادة والحياة (مكميلان، 2007).

– نشر هذا المقال في مجلة Physics World, 11 November 2007، ترجمة د. فوزي عوض، عضو هيئة التحرير.

سحابة كأنها غيمة ممطرة

ما الذي يجعل بعض السُّحب تمطر في حين ينساب البعض الآخر هادئاً فوق رؤوسنا؟ ها هو مارك أندرسون Mark Anderson يزج رأسه في سحابة.

الكلمات المفتاحية: نوى تكثّف السحاب، آلية تشكُّل الغيمة، تشكُّل قطرات المطر، تغيُّر المناخ.

نقيضاً لما تقوله الأغنية، فإن المطر في إسبانيا لا يمكث على الأكثر في السهول. فهو غالباً ما يتساقط على المناطق الجبلية في كانتابريا وأستوريا. وإذا ما سألت علماء المناخ لماذا، فإنهم سيشرحون الأمر بأن الرياح السائدة تلتقط البخار فوق الأطلسي، وحين يصطدم هذا الهواء الرطب بالسلاسل الجبلية شمال إسبانيا يصعد إلى ارتفاعات أعلى، حيث يتكاثف البخار ليشكل سُحباً، ومن ثم تمطر السماء.

هذا صحيح إلى حد كبير فيما عدا أنه لا يتعدى نصف الجواب. فليست جميع السحب تنتج أمطاراً، وإذا ما سألتم هؤلاء العلماء أنفسهم عن السبب فإنهم ربما يعترفون بعدة تفسيرات متذبذبة بأنهم لا يعرفون حقاً. ورغم أن آليات تشكل السحب معروفة تماماً، فلا أحد يعرف بشكل أكيد ما الذي يجعل بعضاً من السحب تمطر دون بعضها الآخر. وكنماذج عمّا يحدث داخل سحابة ما، خذ بالحسبان معطيات عامة مثل سرعة الريح ورطوبة الهواء، لكن تفادَ الحرائك الداخلية للسحب. هناك متَّسع وافر للتحسين، وحلُّ هذا اللغز لن يساعد في تحسين النماذج المناخية وحسب، بل يمكنه تحسين مصداقية بزر السُّحب cloud seedlings كطريقة لتحريض المطر (أو الاستمطار).

يقول Steve Derbyshire، وهو منمذج للمناخ في مكتب الأرصاد الجوية في المملكة المتحدة في إكسيتر، بأن المنمذجين الجويين كيما

يقدِّرون فرص المطر ينبغي أن يعودوا إلى مشاهدات حول أنماط السُّحب المؤهلة لتوليد المطر والسحب غير المؤهلة. ولعل ما يرغب به المنمذجون مثل دريبشاير هو نموذج واضح يشرح الفيزياء الدقيقة لتشكل قطرات المطر. صحيح أنه لا يوجد شحٌّ في الأفكار (إذ إن أربعة خيارات متنافسة قد تمَّ تقديمها) ولكننا لا نمتلك حتى الآن المعطيات الكافية لاعتماد أي منها أو نفيه. يبدو أن هذا الوضع على وشك أن يتغير بفضل أكثر الدراسات وضوحاً حتى الآن عن تشكل السحب والتي استكملت للتو.

إن الشروط اللازمة لتشكل السُّحب معروفة جيداً، فدرجة حرارة الهواء تهبط كلما زاد الارتفاع عن سطح البحر، بحيث يصعد الهواء الرطب الحار ويتبرد، وتتكثف الرطوبة التي يحملها فوق الغبيرات أو السخام وبلورات الأملاح البالغة الصغر وجسيمات مجهرية أخرى تطوف هنا وهناك وتدعى نوى تكثف السحاب cloud condensation nuclei (CCNs)– تماماً مثلما يتكثف بخار التنفس في يوم بارد. ويمكن للقطيرات الناشئة عند تكاثف جزيئات الماء بشكل تلقائي على الـ CCNs أن تكبر إلى حوالي 10 ميكرومترات قطراً في أقل من 5 دقائق. وهنا تحدث بداية اللّغز. ولسبب ما، تتابع هذه القطيرات الدقيقة كبرها في بعض الأحيان، ولكن ليس دائماً، وتتورّم خلال ثلاثين دقيقة مليون أمثال حجمها الأصلي. فالقطيرات التي تكبر إلى هذا الحد، ليصل قطرها عادة بين 1 و 2 ملليمتر، تصبح ثقيلة لدرجة لا يمكن معها أن تبقى معلقة ضمن السحابة بسبب التيارات الصاعدة، وبالتالي تسقط إلى الأرض على هيئة مطر. ولكن ما الذي يسبب هذا الكبر المفاجئ والسريع للقطيرات في بعض السُّحب، ولماذا تغيب هذه العملية لدى سُحُب أخرى؟

المرحلة الحاسمة

قد يكمن الجواب في مرحلة مبكرة حاسمة من كبر القطيرة. ففي البداية، يمكن للقطيرات التي تتكثف فوق الـ CCNs أن تستقطب بسهولة مزيداً من جزيئات الماء حين تتكاثف خارج السحابة الباردة. ولكن بمجرد وصول القطيرات إلى قطر يقارب الـ 10 ميكرومترات، فإن أي زيادة بسيطة في القدّ تعني في الوقت نفسه إضافة عدة ملايين من جزيئات الماء. وإن مجرد التعويل على التكاثف لإنماء القطيرات يصبح كمن يحاول تعبئة حوض سباحة أولمبي باستخدام كوب عادي –إنها عملية بطيئة جداً. فتقول Sonia Lasher-Trapp، المتخصصة في فيزياء المناخ في جامعة بيردو في إنديانا، إن عملية التكثف بمفردها قد تستغرق أياماً للحصول على قطرة ماء عبر التكثّف وحده.

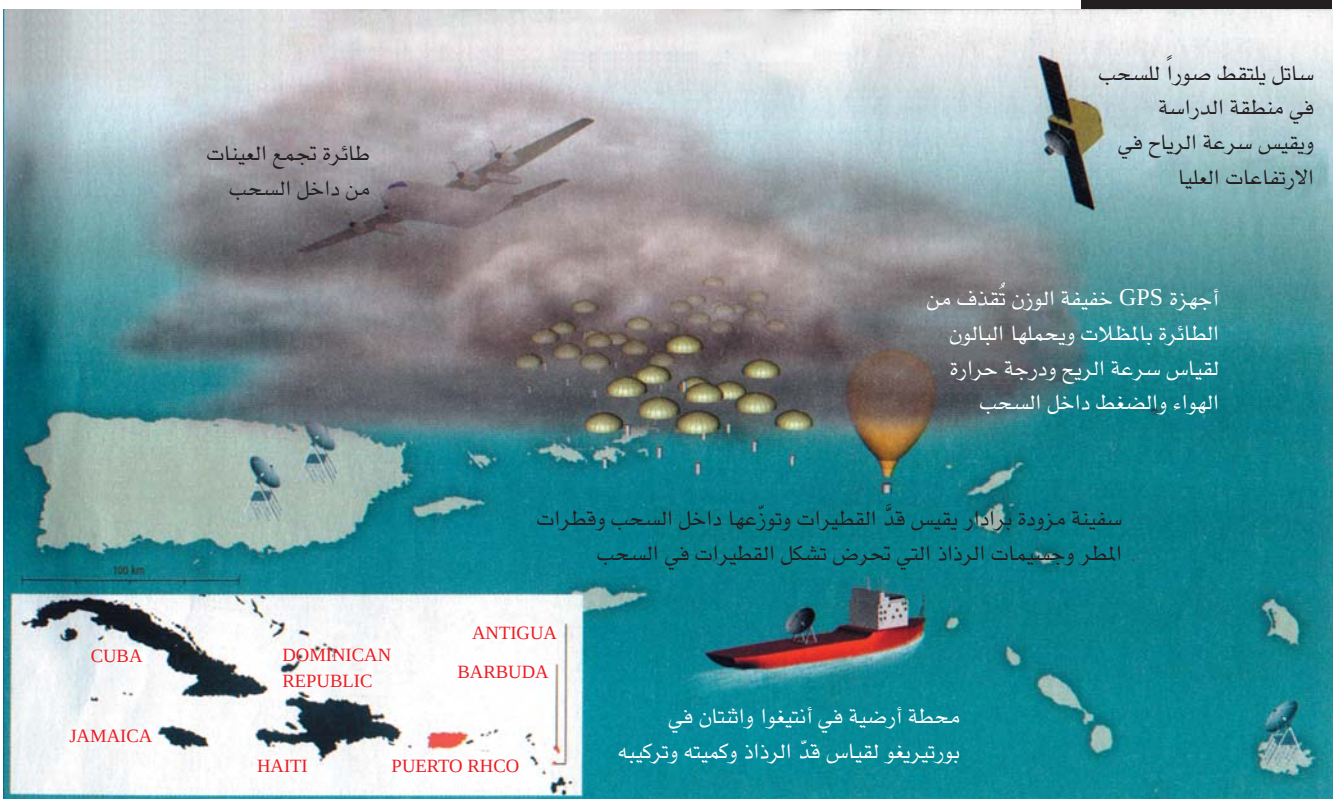
ولكن، بمجرد وصول قطر القطيرات إلى 40 ميكرومتراً تقريباً، تزول المشكلة نظراً للفرصة الكبيرة في إمكانية التصادم والاندماج فيما بينها. وتقول لاشر تراب "نسمي تلك المرحلة تصادم واندماج، وبمجرد انطلاق هذه العملية، فإننا نحصل على المطر بسرعة". وهكذا فإن النقطة الحاسمة في اللّغز هي: ما الذي يجعل بعض القطيرات تجسُرُ الهوّة وتكبر من 10 إلى 40 ميكرومتراً؟

تقدّمت أربع فرضيات لشرح ذلك. فقد أوجد الأولى Hendrik Tennkes في جامعة ولاية بنسلفانيا وJohn Woods يوم كان في جامعة ساوثامبتون في المملكة المتحدة وذلك في العام 1973. لقد توصلا حسابياً إلى أن الاضطراب داخل سحابة ما يمكنه صدم قطيرات فيما بينها بأسرع وأكثر فعالية مما توحي به الموديلات البسيطة للسحب. واليوم يوحي خلفاؤهما بأن الاضطراب يخفض

إن حل لغز كيفية تشكل قطيرات المطر سيساعدنا في فهم تبدلات المناخ

إن مجرد تهيؤ الظروف، يمكن للغيمة أن تولد سيولاً، ولكن ما الذي يجعل الغيمة تنتقل إلى حالة ماطرة

داخل غيمة ماطرة خصّص مشروع RICO لتوليد الاستبصار الأكثر شمولاً حتى تاريخه حول العوامل التي تجعل السحب تولّد مطراً.



فاصل bar التصادم والاندماج إلى حدود 10 ميكرومترات، مستبعداً تماماً فجوة الـ 10 إلى 40 ميكروماتراً.

ومع ذلك فإن الاضطراب قد لا يكون سوى جزء من القصة. ففي العام 1982 اقترح David Johnson من معهد ولاية إلينوا للمصادر الطبيعية بأن مجرد قليل من القطيرات ذات الـ 40 ميكروماتراً يمكن أن تكفي لقدح عاصفة مطرية. وترتكز فكرته على حقيقة أن جسيمات رذاذ كبيرة ذات أقطار من مرتبة عدة ميكرومترات موجودة في الغلاف الجوي، وأن جسيمات متشكلة بالتكاثف على تلك الـ CCNs المفرطة القدّ هي الانطلاقة المبكّرة، وبالتالي يمكنها الوصول إلى عتبة الـ 40 ميكروماتراً بسرعة أكبر. إنها فكرة أنيقة وبسيطة. وتقول لاشر تراب "إذا حصلت على جسيمات كبيرة فإنك تصنع قطيرات مطر بسرعة". ولكنها أشارت إلى وجود عيب في هذا النموذج. فعند حدوث المطر، تسقط من السحابة الجسيمات الأكبر قداً بسرعة أكبر، وبالتالي فإن كمية المطر التي قد تتولى مسؤولية بدء التشكل تكون صغيرة.

وفي العام 2000، أحيا كل من Alexel Korolov وGeorge Isaac من مصلحة الأرصاد الجوية بكندا في تورينتو نموذجاً قديماً يلقب بـ موديل الاستجرار entrainment model. فاعتقدا بأن قمم بعض السحب تجرف نحو الأعلى جسيمات هواء بارد وجاف تولّد اضطراباً بشكل مفاجئ وبالتالي تؤمن الشروط لتكاثف إضافي واندماج. وقد ظنّ كورولیف وإسحاق أن ذلك بإمكانه إنتاج ما يكفي من قطيرات سحب ذات 40 ميكروماتراً لبدء انطلاق تشكل المطر. لكن هذا النموذج عجز عن تفسير كيفية إنتاج المطر في الغيوم الركامية الضخمة.

لقد تم تقديم أنموذج (موديل) آخر في العام 2005 حين اقترح Raymond Shaw وAlex Kostinski من جامعة ميشيغان التكنولوجية انعطافاً جديداً على فكرة الرذاذ الضخم لجونسون. ومع أن هناك فرصة زهيدة فقط لتصادم قطيرتين ذات 10 ميكروماترات، فقد حسب شوو وكوستينسكي بأن الأمر يتطلب قليلاً من هذه القطيرات لتتصادم وتندمج لتكوّن قطيرات أضخم تستهل بدورها مشوار التصادم والاندماج. ويقول شوو "من أجل تشكيل المطر، لست بحاجة لتصادم جميع القطيرات بعضها مع بعض. إذ لا يلزم إلا القليل من القطيرات لشروع هذه العملية".

وللمساعدة في تحديد أي من النماذج، أو ائتلاف للنماذج

هو الصحيح، قام Bjorn Stevens من جامعة كاليفورنيا في لوس أنجلوس بإطلاق الاستمطار في كوميولوس فوق المحيط (RICO)، وهو المشروع الذي يهدف ليكون أكثر الدراسات التجريبية شمولاً في مجال الأمطار الدافئة حتى تاريخه. فقد خطط لتحليل حركة قطيرات الماء في السحب بتفصيل دقيق، ليستخرج من نتائج هذا العمل ما يحدث بالفعل في السحب الماطرة.

قام باحثو RICO في الفترة ما بين تشرين الثاني/نوفمبر 2004 وكانون الثاني/يناير 2005 بدراسة الغيوم المتشكلة فوق مساحة قدرها 20000 كيلو متر مربع وهي رقعة من البحر الكاريبي حول أنتيغوا وباربودا. فقامت ثلاث طائرات بحثية كانت تحلق عبر منطقة الدراسة بقياس الاختلاف في قدّ القطيرة ضمن السحب، وكذلك أسقطت مئات من GPS الخفيفة الوزن لمساعدة المرشدين في دراسة التيارات الهوائية ضمن الغيوم. هذا وقد استُخدم أعضاء آخرون كانوا يعملون على سفن تستخدم الرادار لتشييد مخططات دقيقة لكثافة المياه في السحب وحركة القطيرات ضمن هذه السحب. وعلى اليابسة كان هناك محطات رادارية إضافية ومواقع لقياس الرذاذ. وأخيراً تم وصل RICO بقياسات طيفية مرئية وفوق بنفسجية نفذها ساتل تيررا التابع لناسا (انظر المخطط أعلاه).

ويجب على هذه القياسات أن تتيح للباحثين أخيراً إمكانية التمييز بين النماذج المختلفة لتشكل المطر على الأقل. ويقول ستيفنس في هذا الصدد "سيسمح لنا المشروع RICO بتطوير فن محاكاة السحب إلى الحد الذي يمكننا من تقييم هذه الأفكار كمياً". فعلى سبيل المثال، إذا كان نموذج الرذاذ العملاق صالحاً، سيكون المطر أكثر في الأيام التي توجد فيها كميات ضخمة من الرذاذ في الجو. لا تبدو الأمور لصالح هذا النموذج، حيث إن التحليلات الأولية لمعطيات RICO لا تظهر تأكيداً لمثل هذه العلاقة. ومع ذلك فإن إقصاء النماذج الأخرى سيكون أقل فائدة وسيتطلب مزيداً من التحليل المعقد للمعطيات.

لقد وصل الأمر بالمشاهدات الصادرة عن RICO بأن أوحت بتحريف جديد للنماذج الموجودة. ويقول ستيفنس "لقد رأينا سحباً تتشكل ضمن مخلّفات سحب قديمة أو في أعقابها، وكان ذلك جديداً علينا"، وذلك في سياق وصفه لكيفية استهلاك جسيمات ناجمة عن سحب متبخرة وتحوُّلها إلى سحابة جديدة على شكل دفقة هواء دافئ ورطب تنطلق من البحر، ومن الممكن أن يستهل ذلك صناعة المطر حسبما يوحي ستيفنس ما دامت إعادة التدوير recycling هذه يحتمل أن تسبب تجميع قطيرات من السحب الوالدة ونمائها، ومع ذلك لا بد من إثبات ذلك بالمشاهدة.

أياً كانت النظرية الفائزة فإنها يجب أن تكون قادرة في آن معاً على تفسير كيفية تشكل قطيرات المطر أحياناً وعدم قدرتها على التشكل أحياناً أخرى. ويقول ستيفنس "قد تفضلون نظرية تكون قادرة على تشكيل المطر بسرعة نسبياً، ولكنها تظل من ناحية أخرى قادرة على السماح لجميع تلك السحب التي نعرفها ونحبها أن لا تشكل مطراً".

صحيح أن فهم سلوك قطيرات الماء في المقاس الميكرومتري شأن حاسم في حقيقته ولكنه لن يقدِّم كامل القصة فالنظرية الكاملة حول تشكل المطر يجب أن تأخذ بالحسبان كل شيء بدءاً من الرذاذ تحت الميكرومتري sub-micrometric وانتهاءً بالرياح وتيارات الحمل الحراري ضمن السحب وحولها، وحتى التفاعل مع جبهات المناخ على عرض مئات الكيلو مترات. صحيح أن كتلة المعطيات المجمّعة من قبل RICO ستكون ذات صلة بجميع هذه العوامل، ولكن في الوقت نفسه سيطرح حجمها الكلي مشكلة أمام الباحثين. وتقول لاشر تراب ستكون هناك صعوبة لدى النموذج الحاسوبي لتغطية كمٍّ هائل من القياسات، وبالتالي يجب على المنمذجين أن يختاروا ظواهر ممثلة عند كل مقاس للقدّ size scale ذي دلالة.

وإذا أمكن حل لغز تشكل قطرات المطر، فإن الاستنتاجات ستطال ما بعد علم الأحوال الجوية meteorology. إن الأثر التبريدي للسحب الصغيرة والمنتفخة، لدى عكسها أشعة الشمس، يتعلق بقدود القطيرات التي تحويها. وهكذا فإن فهم كيفية تشكل قطرات المطر لا بد أن يساعد في الإجابة على أسئلة حاسمة حول كيفية إمكانية تغير المناخ في السنوات القادمة. وتتساءل لاشر تراب "هل تستطيع أن تتوقع في المستقبل المناخي الذي قد يكون أكثر حرارة أن تعيننا السحب في تخفيف الأزمة؟" وتضيف "أو ربما تنحو بالاتجاه الآخر فتفيد في مزيد من حرارة كوكب الأرض".

المؤلف: مارك أندرسون M. Anderson هو كاتب علمي يقيم في نورثامتون، ماساشوسيتس.

– نشر هذا المقال في مجلة NewScientist, 26 January 2008، ترجمة د. عادل حرفوش، رئاسة التحرير.

مستقبلنا الشمسي

مجيءٌ استغرق زمناً طويلاً، ولكننا أخيراً على عتبة عصر جديد لتوليد الطاقة، يقول بينيت دافيس Bennett Daviss.

خلايا فوتوفولطية، كتلك الموجودة في سربا في البرتغال، غدت أكثر شيوعاً في المنازل.

الكلمات المفتاحية: طاقة شمسية، خلايا شمسية، خلية فوتوفلطية، ضوء الشمس.

إن حلّ معضلات الطاقة العالمية، من الناحية النظرية، يجب أن يكون واضحاً وخالياً من التعقيد فتحديد قطعة من الأرض المشمسة تقدر بنحو نصف مساحة تكساس وإيجاد طريقة لالتقاط 20% فقط من الطاقة الشمسية التي تسقط عليها يكفي لحلّ المعضلة، وإن لدينا ما يكفي من الطاقة لاستبدال حاجة العالم كلها من الطاقة باستخدام أكثر منابع الطاقة تجدداً وأنظفها.

هل يمكن أن يكون الأمر بهذه البساطة؟ لقد رحّب مناصرو الطاقة الشمسية ولسنوات بكلّ اختراق تقنيٍّ جديدٍ أو تقدّم مفاجئ كثورة في هذه الصناعة، وفي كل مرة تفشل هذه الطاقة في حلّ المشكلة إلى حدٍّ كبير، بسبب غلاء التقانة وقلة المردود. فهي على عكس الطاقات البديلة كالطاقة النووية وطاقة الرياح لم تلقَ دعماً مادياً جوهرياً يُمكّنها من الانطلاق لتحقيق تحولٍ كبيرٍ نحو الطاقة الشمسية. أما الآن فالأمور مختلفة. فتكريس للإرادة السياسية والضغط الاقتصادي والتقدم التكنولوجي يوحي بأننا نقترب من عتبة عصر الطاقة الشمسية.

إن المأمول من الاعتماد على الشمس لسدّ متطلباتنا الطاقية، التي قدِّرت بشكل معتدل بـ 15 تيرا (15×10^{12}) واط في العام 2005، سيصبح محقّقاً نهائياً بفضل ارتفاع سعر الوقود الأحفوري، المقبول عالمياً تقريباً رغم التخريب الذي يُسبّبه، وبالإضافة إلى التوسع الفجائي في الاستثمارات لتطوير الخلايا الشمسية واستمرار التقدم في مردوداتها. ولعل طريقة التجربة والاختبار في استخدام حرارة الشمس لتوليد الكهرباء قد بلغت ذروتها (انظر "الطاقة الحارة" في الصفحة 35 من مجلة New Scientist, 8 Dec. 2008)، إلا أن الاختراق الكبير يتحقّق في الخلايا الفوتوفلطية photovoltaic (PV) cells.

فمنذ أن اختُرعت أول خلية فوتوفلطية في مختبرات بل Bell labs عام 1954 واستطاعت تحويل الضوء إلى كهرباء، بقيت نقطة الضعف محصورة في مردود التقانة وطريقة عمل الخلايا المستخدمة. ففي قلب كل خلية فوتوفلطية PV توجد مادة نصف ناقلة والتي عندما

"في بعض الأماكن، أصبحت كلفة الكهرباء المنتجة من الطاقة الشمسية مقاربة لتلك المنتجة من مصادر تقليدية"

يرتطم بها فوتون تحرّرُ إلكتروناً. ويمكن لهذا الإلكترون أن يُقاد بواسطة ناقل في دارة كهربائية مخلفاً وراءه "ثقباً" يملؤه إلكترون آخر من طرف الدارة الآخر ويتولد بالتالي تيار كهربائي (انظر المخطط أسفل الصفحة).

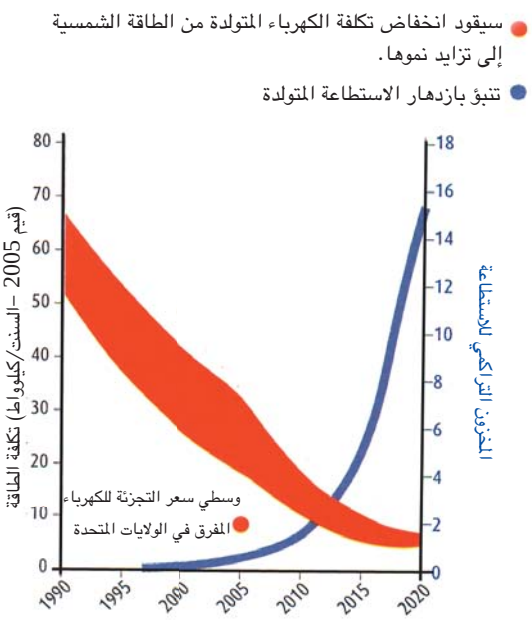
تصل الفوتونات من الشمس إلى نصف الناقل مُحمّلة بطاقات مختلفة كثيرة، ولا يُحرر كل منها إلكتروناً بالضرورة. فكلّ مادة نصف ناقلة تتميز بـ "فرجة عصابية"، أي قيمة طاقية يجب على الفوتونات أن تمتلك أعلى منها لتتمكن من تحرير إلكترونات من نصف الناقل. فإذا كانت طاقة الفوتونات أخفض منها فإنها تمر عبر مادة نصف الناقل وإذا كانت أعلى مما ينبغي فإن جزءاً من طاقتها فقط يتحول إلى كهرباء ويتحول الباقي إلى حرارة. وبعض الفوتونات تكون مناسبة تماماً، وكلما اقتربت في طاقتها من طاقة الفرجة العصابية ازداد مردود الخلية الفوتوفلطية.

وقد اكتشفت مختبرات "بـل" أن السليكون الرخيص الثمن والسهل الإنتاج يحوي واحدة من أفضل الفرجات العصابية الواقعة من أجل طيف طاقات الفوتونات في ضوء الشمس. ورغم ذلك فقد كان مردود لخلاياه الأولى يساوي 6% فقط. وبعد زمن طويل من التحسينات تقدّمت شيئاً فشيئاً إلى مردود يقع بين 13 و19% وبسعر لا يتحمله سوى البرامج العسكرية وبرامج استكشاف الفضاء. وقد شهد العقد الماضي بحراً من التغيّرات كخلايا رخيصة الثمن ذات مردود في حدود 20% والتي أصبحت حقيقة تجارية في حين أن مردوداتها في المختبر ما زالت تتقدّم أكثر فأكثر.

وفي العام الماضي، حقّق آلن بارنت Allen Barnett وزملاؤه في جامعة ديلاوير Delaware في (نيوآرك) رقماً قياساً جديداً من خلال تصميم وصل مردوده إلى 42.8% لتحويل الطاقة الشمسية إلى كهرباء. ويقول بارنت إن المردود 50% هو بمتناول الاستثمار التجاري، وإن مثل هذه التصميمات المترافقة مع تقانات التصنيع الحديث ستخفض الأسعار بسرعة أيضاً (انظر المخططات في الأسفل).

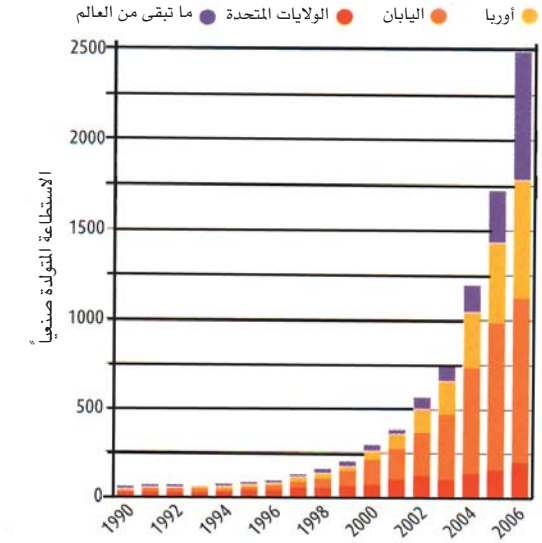
في النتيجة، وفي أجزاء من اليابان وكاليفورنيا وإيطاليا، حيث أسعار الكهرباء هي من بين أعلى الأسعار في العالم، إن سعر الكهرباء المولّدة الآن من ضوء الشمس قريب من هذه الأسعار ويساوي في بعض الحالات أسعار الكهرباء المولّدة من الغاز الطبيعي بالطاقة النووية، هذا ما يقوله ميخائيل روكول Michael

أوقات الازدهار قادمة



التخطيط المستقبلي

تتزايد صناعة القدرة المولّدة فوتوفلطياً بشكلٍ أسي.



Rogol محلّل صناعة الطاقة الشمسية والاستشاري في الفوتونات المقيم في آخن Aachen، بألمانيا. وعلى سبيل المثال، فإن السعر المتوسط للكهرباء المولّده تقليدياً في الولايات المتحدة هو نحو 10 سنت للكيلو واط الساعي، وسعر الكهرباء المولّدة من أشعة الشمس قد هبط تقريباً إلى ضعف هذا السعر. وقد ولّد هذا سوقاً مزدهرة للخلايا الفوتوفلطية، إذ إنها تتنامى في الوقت الحاضر بنحو 35% سنوياً، وبدأ القطاع الخاص بالاهتمام جدياً في الموضوع. وقد نمت مخزونات الشركات التي تهتم بشكل أساسي بالطاقة الشمسية من 40 مليار دولار في كانون الأول/ديسمبر 2006 إلى أكثر من 140 مليار دولار في هذه الأيام جاعلة قطاع الطاقة الشمسية الأسرع نمواً في ساحة السوق العالمية.

إن هذا البرج الشمسي المشاد بالقرب من سيفيل في إسبانيا منار بشكل دائم بمرايا تلتقط أشعة الشمس.

الطاقة الحارة

ليست المواد الفوتوفلطية الدخيلة هي الطريقة الوحيدة لتحويل ضوء الشمس إلى كهرباء. فخلال العقود القليلة الماضية طورت التقانات التي تستخدم المرايا لتركيز أشعة الشمس وقلب هذه الحرارة لتوليد الكهرباء على نطاق تجاري.

وإن أكثر ما استخدم على نطاق واسع حتى الآن هو الحوض الشمسي كمنظومة للتركيز، حيث تتعقب صفوف المرايا القطعية الشمس مبئرة طاقتها ضمن أنابيب يملؤها سائل مثل الزيت أو الماء. فيسخن السائل إلى ما يقارب 400ºC ويدوِّر عنفة بخارٍ تقليدية لتوليد الكهرباء. ويحوّل منظومات الحوض الشمسي نحو 20% من حرارة الشمس التي تلتقطها إلى كهرباء، وهو ما يحدث في بعض الخلايا الفوتوفلطية التجارية ولكن بجزء من التكلفة.

وفي أواخر ثمانينيات القرن الماضي أشيدت تسعة أحواض قطعية للطاقة في مزارع بصحراء نيفادا، وهي بمجموعها تغطي أكثر من كيلومتر مربع بقليل، وتنتج ما مقداره 354 ميغاواط من الكهرباء وقد جرى التخلي عن خطط لتوسيع هذه المزرعة في أوائل تسعينيات القرن الماضي عندما انهارت أسعار الوقود الأحفوري، ولكنها استمرت في تزويد الطاقة للشبكة العامة. والآن، ومع صعود أسعار الطاقة، تصاغ الخطط لإعادة الحياة لهذه التقانة. وفي كانون الأول/ديسمبر من العام 2005 شُغِّل أول حوض في الولايات المتحدة بني في العام 1988 في ساغوارو بأريزونا Saguaro, Arizona، وهو قادر على توليد ما مقداره 1 ميغاواط من الطاقة الكهربائية.

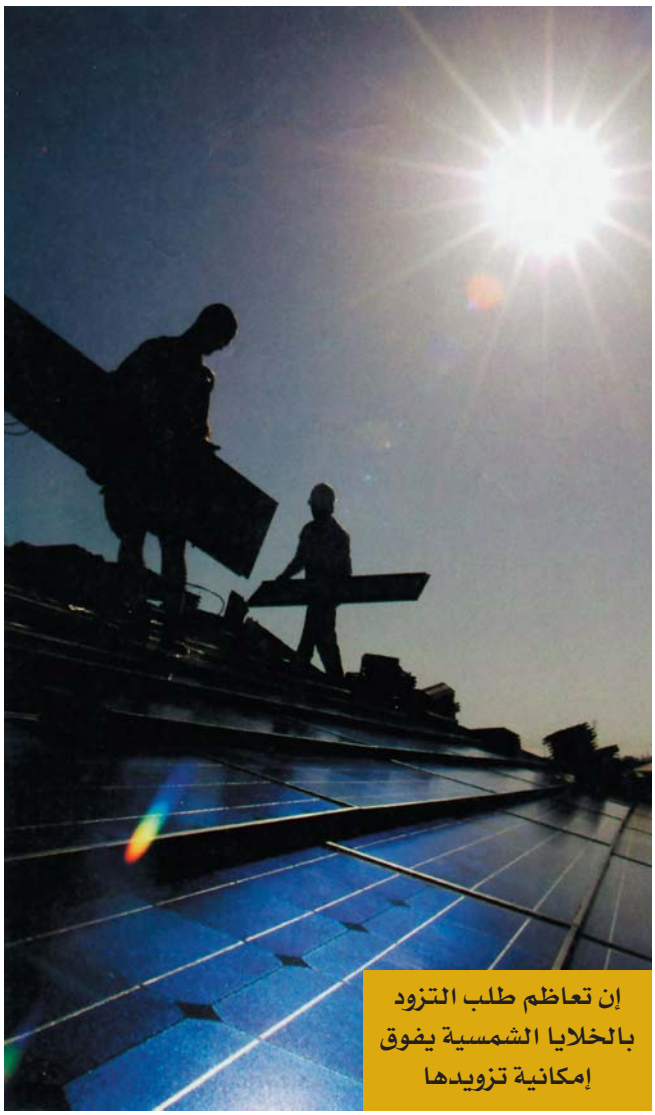
وكبديل لنظام الحوض هناك البرج الشمسي، المصور أعلاه، وفيه يتعقب حقل من المرايا المستوية الشمس ويعكس أشعتها إلى أنابيب الماء، فيغلي الماء مولداً البخار الذي يدفع عنفة. وهذه المقاربة تنتج مردوداً يبلغ نحو 15%. وقد أنجز أول برج شمسي تجاري باستطاعة 11 ميغاواط في العام 2005 بالقرب من سيفيل في إسبانيا. وبدأ في العام الماضي بناء برجٍ ثانٍ بمقدوره توليد 20 ميغاواط.

وقد استُبدل بالماء، في تصاميم الأبراج الشمسية الجديدة، أملاح مصهورة (مثل مزيج نترات الصوديوم ونترات البوتاسيوم) الذي يمكن أن يسخن إلى الدرجة 600ºC. والحرارة يمكن أن تستخدم على الفور لإنتاج البخار وسياقة العنفة، أو أن تُخزَّن لتستخدم خلال الليل أو في الأيام التي تحجب الغيوم فيها أشعة الشمس.

وهناك طريقة أخرى تستخدم مرايا لها شكل صحن يبلغ قطره نحو عشرة أمتار لتبئير أشعة الشمس على محرك الذي يحتوي غازاً يتمدد بفعل الحرارة ويحرك بذلك مولدة. وبمردودها البالغ 24% تتغلب هذه الطريقة على أنظمة التبئير الشمسي الأخرى كلها. ففي العام 2005، أعطت هيئة المنافع الشعبية في كاليفورنيا، وهي الجهة الحكومية المسؤولة عن تنظيم محطات الطاقة الخاصة، إشارة البدء لإقامة أكبر مزرعة لمجمعات الأطباق (الصحون) الشمسية في العالم لتركيز الطاقة في صحراء موجاف Mojave الواقعة شمال شرق لوس أنجلوس. وعندما يكتمل في العام 2010 بناء هذه المحطة ذات الـ 20.000 طبق فإنها ستولّد ما مقداره 500 ميغاواط (نصف إنتاج محطة طاقة نووية).

لقد اعترف جورج دبليو بوش George W. Bush بهذا الفجر الجديد ووضع 168 مليون دولار من المخصّصات الفيدرالية لصالح المبادرات الأمريكية الشمسية في برنامج للأبحاث يهدف إلى جعل سعر تقانة الخلايا الفوتوفلطية منافساً لتقانات الطاقة الأخرى في الولايات المتحدة بحلول عام 2015. ويعتقد روكول أن هدف بوش قابل للتحقق، ويقول إن كلفة صناعة تجهيزات الـ PV هذه قد انحدرت إلى درجة تُمكّن الخلايا الفوتوفلطية في بعض الأماكن من توليد الكهرباء بأقل من السعر التقليدي. إن صناعة خلايا PV بسعر دولار واحد لكل واط من الاستطاعة المتولدة وكذلك الكلفة يجب أن تكون منافسة في كل مكان.

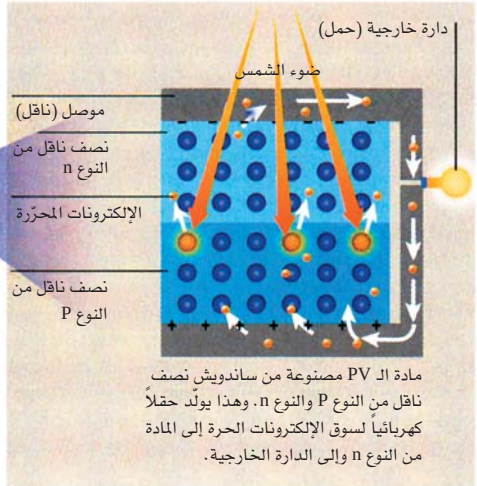
لعل من المفاجئ أن تكون ألمانيا إحدى البلدان وهي لا تتمتع إلا بالقليل من السماء الصافية الرائدة في مجال الثورة الشمسية، ففي تشرين الثاني/نوفمبر من العام 2003 وافق برلمانها، وسط ارتفاع أسعار النفط والغاز وتزايد الاهتمام حول الاختبار الحراري، على برنامج "دعم للتعرفة feed-in tariff" يضمن سوقاً للطاقة الشمسية. فكل من ينتج الكهرباء من الطاقة الشمسية يمكن أن يبيعها إلى الشبكة الوطنية ما بين 0.45 و0.57 يورو للكيلو واط الساعي، وهذا تقريباً يعادل ثلاثة أمثال ما يدفعه المستهلكون من أجل إمدادهم بالكهرباء والمقدَّر بـ 0.19 يورو للكيلو واط الساعي. فشركات توليد الطاقة الألمانية مجبرون بحكم القانون بدفع هذه المكافأة المضمونة حتى العام 2024. وقد حثَّ هذا الضمان مغامرة الشركات الإفرادية للبحث في اللوحات الشمسية وهم واثقون من إمكانية استعادة كلفة أنظمتهم. ويوجد اليوم أكثر من 300.000 نظام للخلايا الفوتوفلطية في ألمانيا معظمها فوق أسطح المنازل وقليل منها لمصالح الشغل،



إن تعاظم طلب التزود بالخلايا الشمسية يفوق إمكانية تزويدها

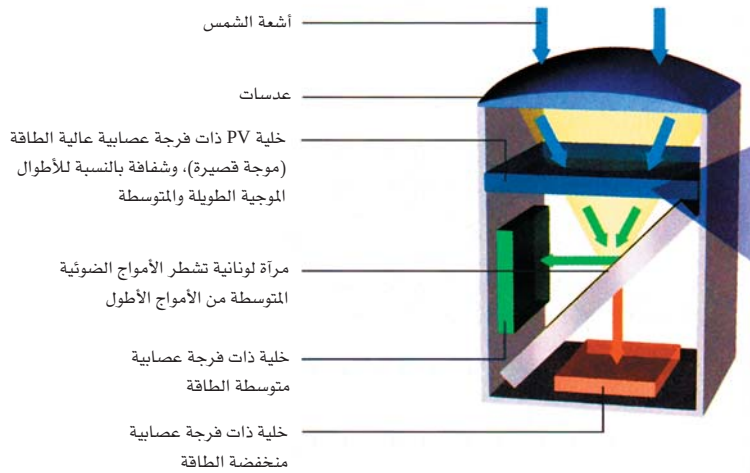
الخلية الفائقة

بتوجيه الفوتونات من طاقات مختلفة إلى مواد الخلية الفوتوفلطية (PV) المستمثلة للاستخدام من أجل الطاقات التي ترفع مردود الخلايا إلى القيمة العظمى عموماً.



مادة الـ PV مصنوعة من ساندويش نصف ناقل من النوع P والنوع n. وهذا يولّد حقلاً كهربائياً لسوق الإلكترونات الحرة إلى المادة من النوع n وإلى الدارة الخارجية.

الفوتونات الداخلة من ضوء الشمس تثير الذرّات في مادة الخلية الفوتولطية، وهذه تحرّر الإلكترونات إذا كانت ذات طاقة كافية، فتساق عبر الدارة لتغذي الحمل.



وتُعدُّ سوق PV الألمانية من أسرع الأسواق نمواً في العالم. فلديها 55% من ألواح الخلايا PV المبنيّة في العالم ويمكنها إنتاج ما يقارب من 3 غيغاواط من الكهرباء من الطاقة الشمسية، وهذه تكافئ طاقة ما بين 3 إلى 5 من محطات الطاقة التقليدية.

في العام المنصرم، ولاحقاً لخطواتٍ ألمانية، أطلقت كلٌّ من إيطاليا وإسبانيا برامج تعرفة خاصة بهما، في حين خصّصن مبادرة كاليفورنيا الشمسية 2.8 بليون دولار كحوافز نقدية لدعم منشآت الخلايا الفوتوفلطية الجديدة بهدف تعديل التعرفة إلى ما قيمته 2.50 دولار للواط الواحد للوصول إلى طاقة تساوي 3 غيغاواط بحلول العام 2016. ويتوقع روكول أنه في نهاية العام 2008 سيكون لدى 20 بلداً برامج تعرفة مشابهة بالنسبة للطاقة الشمسية كما يتوقع روكول.

ومن الكأمول به أنه، ومن خلال تشجيع الطلب، ستحفّز هذه الإعانات أبحاث الخلايا الفوتوفلطية وتقانة الصناعة، وسيؤدي ذلك إلى انخفاض الأسعار أيضاً. ويمكن أن يساعد هذا في تسريع تطوير تقانات الـ PV الحالية ولكنه يمكن أن يقود إلى توجّه الصناعة في نهج أعمى، لأن خلايا PV السليكونية يمكن أن تبلغ قريباً حدّ المردود النظري المقارب لـ 30%. كما أنه ووفق مارتن غرين Martin Green في جامعة ويلز الجنوبية الجديدة في أستراليا، سيكون من الممكن صنع خلايا من مواد أخرى مع مردودٍ حده 74%. وفيما تذهب بعض المساعدات المالية على نحو ما لتنشيط السوق، يوافق معظم المحلّلين على أن السعر الحالي للخلايا الفوتوفلطية مرتفع جداً بالنسبة للتقانة كي تتغلب على الوضع الحالي.

ولهذا السبب يتطلع الباحثون إلى تصميمات بديلة. ولعلّ التصميمات الأرخص ثمناً للتصنيع هي خلايا الأغشية الرقيقة التي ترذذ (تُرش) فيها المركبات نصف الناقلة على ركازة لينة. وتستخدم خلايا الأغشية الرقيقة ما يقل حجمه عن واحدٍ بالمئة من حجم المواد التي تتطلبها الخلايا الفوتوفلطية عادة. ويمكن تحسين فرجة عصابة الخلايا من خلال ضبط نسب المركبات التي تشكل الفلم. فعلى سبيل المثال، بلغ مردود الخلايا المنخفضة الثمن التي تستخدم التوليفة المؤلفة من النحاس والإنديوم مع مقدار ضئيل من الغاليوم والسيلينيوم (CIGS)، ما يقارب 19% في الاختبارات المخبرية.

وإن مردود المواد عالٍ بالنسبة لسعرها، الشيء الذي جعل الباحثين يحولون انتباههم من تعزيز طاقة فوتونات خلايا CIGS إلى خفض تكلفة إنتاج الخلايا. وهذا قد يمكن التقانة من إيصال الكهرباء إلى الشبكة العامة بسعر منافس خلال السنوات الخمس القادمة.

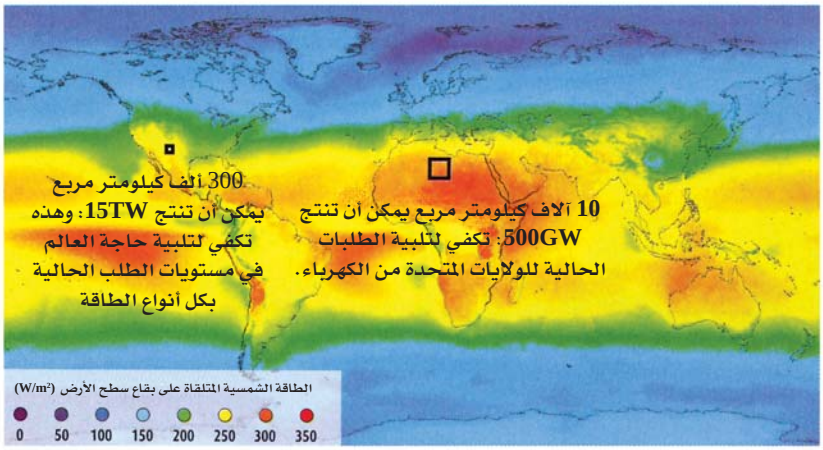
تصاميم ضخمة

هدف أحد الابتكارات إلى تطوير المنحى الرئيسي لتصميم الخلايا الشمسية باستخدام العدسات لتبئير كمية الضوء الوارد إلى مادة الخلية الفوتوفلطية وتضخيمها. ومن بين أنجح التصاميم لدمج عدسة مبئرة هو ما أنتجته شركة الطاقة الشمسية Soliant Energy company، إحدى شركات كاليفورنيا المبتدئة المؤلفة من علماء كانوا سابقاً في مختبر "ناسا" للدفع الصاروخي. ونموذجها هو عبارة عن صندوق يمسك بصفوف نصف أنبوبية، مثل الأقنية المفتوحة نحو السماء. وحوض كل من أنصاف الأنابيب مبطن بشريط من مادة الـ PV في حين أن الجانب المفتوح من الأنبوب مغطىً بعدسات من الأكريليك التي تركز أشعة الشمس بمعامل قدره 500، وهذا يخفض كمية مادة الـ PV اللازمة لخرج طاقي محدد وبالتالي يخفض كلفة الخلية.

والجيل التالي من نماذج الـ PV لهذه الشركة سيربط المبئرات ببلورات PV مصنوعة في مختبر سبكترولاب Spectrolab، مساعد البوينيغ التي تهندس مواد الـPV لمسابر ناسا الفضائية. ويقول براد هينس Brad Hines مؤسس شركة "سوليانت" والضابط التكنولوجي الرئيس أن هذه المواد البديلة ذات مردود يصل إلى 40% وتكون أجود بضعفين من خلايا السليكون الحالية والجانب السيئ هو أن تكلفتها تصل إلى مئة ضعف إلا أن شركة سوليانت وجدت طريقة لاستخدام شدفةٍ فقط من الكمية المستخدمة

المصائد الشمسية

إن مساحة كافية من الخلايا الفوتوفلطية يمكن أن تزود بالكهرباء معظم حاجة بلد متعطش للطاقة على الأرض بل وحتى أنها تكفي لحاجة العالم من الطاقة.



في خلايا سفن الفضاء، مع التعهد بتزويدها بشكل دائم.

وكذلك خلية بارنت التي اخترقت الرقم القياسي تستخدم مبدِّراً إلا أنها تحتاج فقط لزيادة شدة الضوء 20 مرة. والاختراق الحقيقي في تصميم بارنت هو في شطر الضوء الوارد إلى حزم منفصلة تضم كلٌ منها مجالاً ضيقاً من الأطوال الموجية، وكل من هذه الحزم توجه إلى مواد فعّالة في عملية قلب هذه التواترات إلى كهرباء.

وأول ما يدخل الضوء إلى الخلية يسقط على مادة الـ PV التي تمتص الأطوال الموجية العالية الطاقة حتى الطول 500 نانومتر. والأطوال الموجية الأكبر تنزلق عبرها إلى مرآة لونانية (ثنائية اللون)، وهي مادة تعكس أطوالاً موجية محددة في حين تسمح للأطوال الأخرى بالمرور عبرها. وهنا، ينعكس الضوء ذو الأطوال الموجية ما بين 500 و900 نانومتر إلى كُدْس (كومة) فوتوفلطية في حين تسقط الأطوال الموجية الأكبر من 900 نانومتر بعد عبورها لمرآة على كُدْس آخر (انظر المخطط).

وتخطو مجموعة بارنت نحو الوراء لتترك المهندسين في دي بونت DuPont والشركات الأخرى يضطلعون بمهمة إنتاج النموذج الأولي البروتوتايب لهذه الخلايا. أودعت وكالة مشاريع الأبحاث المتقدمة في وزارة الدفاع الأمريكية ما مقداره 33 مليون دولار أمريكي لهذا المشروع. في حين يمكن للمال النقدي المزود من قبل المستثمرين أن يرفع التمويل إلى نحو 100 مليون دولار أمريكي. ويقول بارنت إن نماذج PV المبنية على أساس التصميمات الجديدة يمكن أن ترفع المردود إلى 50% ويجب أن تعرض للبيع خلال خمس سنوات بكلفة تقل عن دولارين للواط.

وهناك أيضاً خطط أكثر طموحاً لبناء خلايا PV عالية المردود ورخيصة الثمن. فعدة مجموعات تعمل الآن حول العالم مستخدمة بلورات نانوية تسمى "النقاط الكمومية Quantum dots" (انظر page 44 New Scientist, 27 May 2006,) الهادفة إلى تطوير تحسين خلايا PV المنخفضة الثمن بمردود يساوي 42%. والصفات الخاصة بالبلورات النانوية تعني أن فوتون الضوء الواحد سيحرّر حتى أربعة إلكترونات.

ويصمم مارتن غرين، وهو أحد القادة في هذا المجال، نقاطاً كمومية تتفق مع طيف ضوء خاص وبذلك يجعلها أكثر مردوداً طاقياً. وهو يريد التركيز على معضلة نوعية خاصة بالخلايا الشمسية التقليدية، حيث إن بعض الطاقة المقدمة من قبل الفوتون يضيع على شكل حرارة. فما يقصده غرين هو تصميم خلية "حامل شحنة ساخن hot carrier" يلتزم بتحويل أكبر مقدار من طاقة الفوتون إلى الإلكترون، ليعطي فلطية أعلى عند الخرج. يقول غرين من حيث المبدأ يكون للحامل الحار مردود قريب من 74%.

والتحدي في عمل خلية الحامل الحار هو جمع الإلكترونات بسرعة قبل أن تتحرك حول المادة نصف الناقلة فتفقد طاقتها. وهذا يعني خلق طلقة نصف الناقل عبر أسلاك نانوية أو أية جوامع أخرى قادرة على تجميع الإلكترونات حال تحررها من الذرات، وهو متطلب يمكن أن يحلق بأسعار التصنيع إلى "حدٍّ بعيد". ويعترف غرين: "حتى الآن لا نعلم كيفية عمل ذلك".

ويجرب ألن هيجر Allen Heeger في جامعة كاليفورنيا، سانتا باربارا، أسلوباً آخر، فقد استطاع هذا المخترع المشارك في تصنيع البلاستيك الذي يمكن أن ينقل الكهرباء، إيجاد بلاستيك نصف ناقل يسمح للفوتونات الواردة بتحرير الإلكترونات، تماماً كما هو الحال مع السليكون وغيره من المواد الفوتوفلطية. ففي تموز/يوليو أماط هيجر اللثام عن بوليمير فوتوفلطي ثنائي الطبقة يمكن أن يبلغ مردوده 6.5%، وهو رقم قياسي من أجل الخلايا الشمسية البلاستيكية.

إن وعد الخلايا الفوتوفلطية البلاستيكية، كما يصر هيجر، هو أنه يمكن تصنيعها باستخدام عملية تشابه عملية الطباعة "أي تشابه الطريقة التي تطبع فيها الصحف لأن كل المواد المصنعة منها هي مواد ذوابة، ويقول: "نحن نهدف إلى الحصول على مردود قدره 10% وأخيراً لأبعد من ذلك"، ولكنه غير قلق تماماً على المردود. ويقول أيضاً: "إن المقارنة الحرجة هي في الدولارات اللازمة لإنتاج الواط، وحتى لو كان مردودنا أقل من مردود السليكون فإن سعر الواط يمكن أن يبقى أفضل لأن هذه العملية منخفضة التكلفة".

وربما يكمن الوعد الحقيقي للطاقة الشمسية ليس في غلاء الخلايا العالية المردود بل في التصاميم الجديدة الحاذقة الرخيصة الكلفة إلى درجة الابتذال. إنها ثورة بطيئة طويلة الأمد إلا أن السنوات الأخيرة من الأبحاث والاستثمار بأيد مجموعة مؤمنة بحق بدأت تعطي أُكلها. لقد بلغت الطاقة الشمسية أخيراً سن الرشد.

المؤلف: بينت ديفيس Bennett Daviss هو محرّر علمي في نيوهامشير New Hampshire

– نشر هذا المقال في مجلة NewScientist, 8 December 2007، ترجمة د. مصطفى حمو ليلا، عضو هيئة التحرير.

محطة للطاقة الشمسية في الفضاء

فيما وراء الغلاف الجوي، هناك كم هائل من الطاقة. فهل يؤدي تسخيرها واستغلالها إلى حل مشاكل الطاقة لدينا؟ يتساءل Dan Cho .

الكلمات المفتاحية: محطة فضائية للقدرة، قدرة شمسية فضائية، أمواج مكروية، خلايا فوتوفولطية، ساتل قدرة.

لو حدث هذا لكان عملاً فذاً في هندسة الفضاء لا يضاهيه ولا يعلو عليه عمل آخر. إن بناء محطة فضائية للقدرة تغطي عدة كيلومترات مربعة ستكون أكبر بناء حتى اليوم يدور في الفضاء، مما يجعل محطة الفضاء الدولية تبدو قزماً بالنسبة لها مثل ناطحة سحاب شاهقة تعلو كوخاً من الصفيح. والأكثر أهمية، أنها ستكون الجواب لما يقلقنا ويقضّ مضاجعنا بشأن الطاقة.

وفي حين قد تكون الهندسة اللازمة للوصول إلى الطاقة الشمسية الفضائية ذات مقاس هائل، إلا أن الفكرة وراءها بسيطة للغاية. فالعملية هي قذف ألواح شمسية ضخمة إلى مدار مستقر حول الأرض geostationary orbit، ثم استخدام الكهرباء التي تولدها لإرسال حزمة كثيفة من ضوء الليزر أو الأمواج المكروية إلى الأرض حيث يتم هناك تحويلها ثانية إلى كهرباء كي تُضَخّ في الشبكة. وهكذا يمكننا، في ذات الوقت، تخفيض إصدارات ثنائي أكسيد الكربون CO_2 وتقليل اعتمادنا على النفط، ويمكن استخدام الحزمة لتزويد المواقع النائية بالقدرة من دون حاجة إلى خطوط نقل مكلفة، بل نستطيع حتى تزويد طاقة بصورة آنية عند الطلب إلى الجنود في الميدان. وفي يوم ما يمكن استخدام الحزَم حتى لمدّ جيل جديد من مركبات الفضاء بالقدرة أو للمساعدة في التحكم بالطقس.

لقد كان الحلم بتوليد الكهرباء التي نحتاجها في الفضاء يراود الناس منذ عقود، ولكن الذي حال دون تحقيقه هو الاعتقاد السائد حتى الآن بأنه مكلف جداً. لكن مؤتمر اختصاصيي الفضاء والطاقة الذي انعقد في أواخر العام 2007، أصدر تقريراً يشير فيه إلى أن ذلك الاعتقاد في طريقه إلى التغيير. فأسعار الطاقة في ارتفاع وضمان تزويد الوقود أصبح من الأولويات، لذا فإن المؤتمر، الذي عقد في أيار/ماي بمعهد ماسَّاتشوسِتس للتقانة، دُعي كي يجد فيما إذا كانت الطاقة الشمسية الفضائية فكرة تستحق الإنعاش. وفي أثناء ذلك، شكل البنتاغون مجموعة للدراسة كانت تقدر فوائده العسكرية، وكان هناك في اليابان برنامج لعشر سنوات لدراسة الطاقة الشمسية الفضائية بكلفة 12 مليون دولار أعطي للتوّ مبلغاً إضافياً بقيمة 2.3 مليون دولار للإنفاق على التجارب. فهل جاء زمن الفكرة أخيراً، أم أن تكاليف السماء الباهظة وقضايا السلامة ستنتصر ثانية على حزم الطاقة القوية الآتية من الفضاء؟

في العام 1968 طرح بيتر غلاسر P.Glaser، المهندس لدى آرثر د. ليتل A.D. Little، في كمبريدج، بماسَّتشوسِتس، فكرة استثمار الطاقة من ألواح شمسية دوارة ثم تحويلها إلى أمواج مكروية يعاد بثها إلى الأرض. تخيَّل غلاسر صفيفات ضخمة من ألواح شمسية بمساحة تبلغ 50 كيلومتراً مربعاً، ينتج كل منها عدة جيغاواط من القدرة. سيتم إطلاق هذه الألواح بواسطة صواريخ يمكن استرجاعها حاملة معها إلى المدار 250 طناً من الحمولة الصافية–وهو مطلب صعب أو مستحيل إذا علمنا أنه حتى مكوكات الفضاء اليوم لا تستطيع حمل أكثر من 50 طناً. والمئات من رواد الفضاء عليهم أن يعيشوا في الفضاء، يعملون جاهدين كعمال تشييد لتركيب بناء يغطي مساحة تعادل نصف مساحة منهاتن. إن كل هوائي أمواج مكروية بطول كيلومتر واحد في هذا التصميم سيبث القدرة ويعيدها إلى الأرض في حين تبقى الألواح الشمسية متجهة نحو الشمس. ولكي يعمل هذا، ينبغي حمل الهوائي الضخم على محورانية gimbals (أداة يمكنها الدوران حول محورين لتبقي ما تحمله في وضع أفقي، كبوصلة السفينة) كي تمكنه من الدوران بصورة مستقلة عن باقي الصفيفة. أما هوائي الاستقبال على الأرض فيكاد يكون مثيراً للخشية، إذ سيكون أكثر اتساعاً، حتى أن مساحته تزيد على 100 كيلومتر مربع. إن هذه المهمة كبيرة بلا شك.

مُولِّد هائل

إذا أمكن جعل المشروع الضخم يعمل، ففوائده جلية وواضحة. إذ إن وضع لوح شمسي خارج جو الأرض باستطاعته توليد ما يقارب 20 ضعفاً من الكهرباء التي يولدها على سطح الأرض، وذلك لأنه لا يعاني من ضياعات يسببها الامتصاص في جو الأرض، ومن دورات تعاقب الليل والنهار، وغطاء السحب. هناك عامل في منظومات تخزين الطاقة نحتاج إليه على الأرض ليغطي فترات الظلمة ويمكن لتلك الفائدة أن تتضاعف (انظر الشكل على الصفحة 45 في الأصل). فعند ارتفاع مستقر يقارب 36000 كيلومتر، يستقبل كل متر مربع من الساتل المواجه الشمس 1360 واط من الطاقة الشمسية بصورة شبه مستمرة، حتى عندما تكون الأرض تحته ملبدة بالغيوم.

وتعني هذه المردودات، حسب ادعاء ماساهيرو موري M. Mori، مدير مركز بحوث البعثة المتقدمة في وكالة استكشاف جو الأرض والفضاء اليابانية (JAX) في تسوكوبا، أنه حتى لو أخذنا الطاقة اللازمة للبناء بالاعتبار، فإن محطة للطاقة الشمسية قائمة في الفضاء ستظل تنتج حوالي ستة أضعاف الطاقة التي تنتجها محطة للطاقة الشمسية مماثلة لها وموجودة على الأرض.

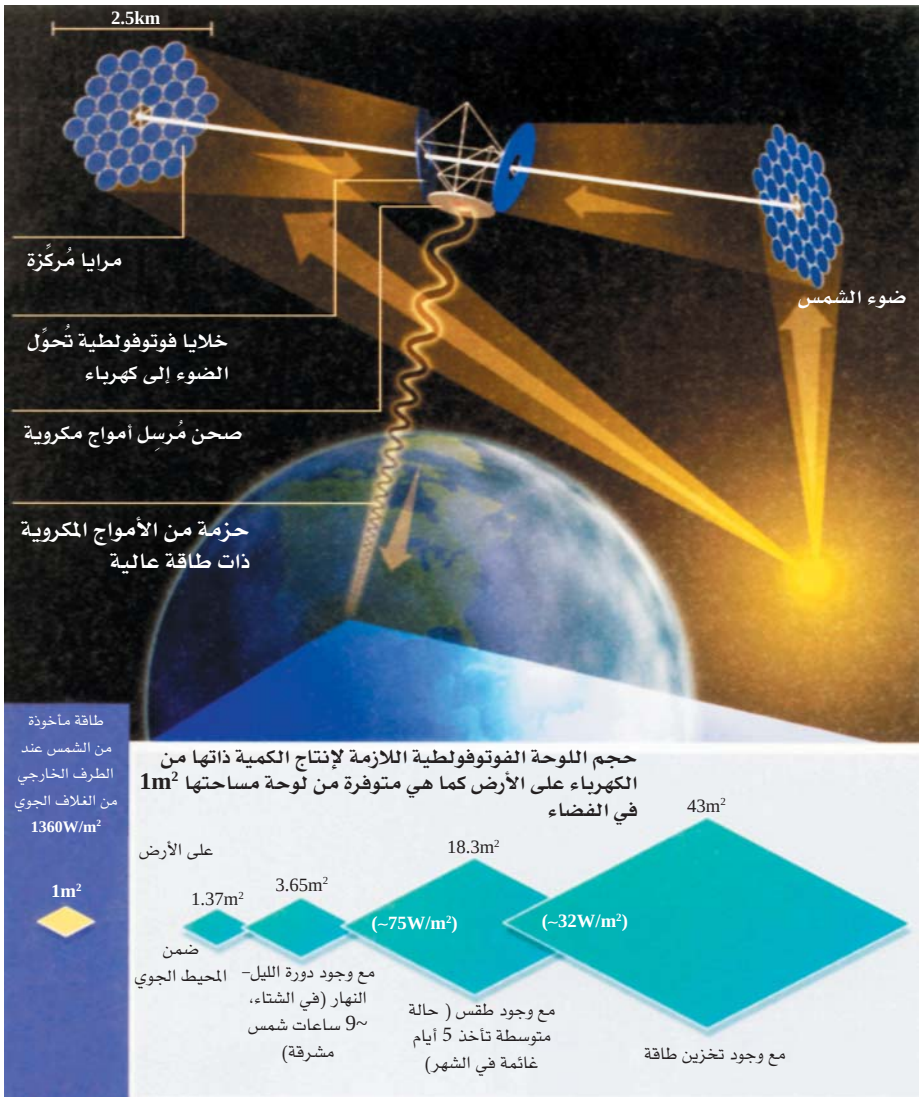
عندما اتجهت أنظار ناسا NASA ووزارة الطاقة الأمريكية إلى الطاقة الشمسية القائمة في الفضاء في سبعينيات القرن الماضي، استنتجوا أنها عملية ممكنة تقنياً، لكن التكلفة الباهظة حالت دون تحقيق ذلك. إذ إن مجرد وضع أول ساتل في الفضاء وتشغيله سيكلف ما يعادل 1 تريليون دولار أمريكي بموجب الأسعار الراهنة– وستتطلب الخطة العشرات من أمثاله. وفي هذا الصدد يقول مارتين هوفرت، الحامل لقب أستاذ الفيزياء الفخري بجامعة نيويورك والداعم لفكرة القدرة الشمسية لفترة طويلة: "الكلفة الكلية كانت كبيرة جداً لدرجة أبهرت العقول".

ويقول جون مانكينز J.Mankins، وهو مدير أبحاث سابق في ناسا والذي عمل على القدرة الشمسية الفضائية، إن الكثير قد تغير بعدئذ. يقضي مانكينز أيامه الآن كقائد مشجع للقدرة الشمسية الفضائية من خلال شركته Managed Energy TechnologyKK، التي مقرها في أشبورن، بفرجينيا. وهو يشير إلى ثلاثة تطويرات رئيسية يمكنها تخفيض حجم وكلفة ساتل القدرة الشمسية إلى مستويات واقعية. أولها، هو أن مردود الخلايا الشمسية الآن أربعة أضعاف ما كانت عليه في سبعينيات القرن الماضي في تحويل الطاقة الشمسية إلى كهرباء، وهي آخذة في التحسن، لذا فإن مساحة الصفيفات الشمسية اللازمة يمكن أن تخفض. كما أن تقانة إرسال الحزم قد تحسنت أيضاً. ويمكن استخدام نبائط الحالة الصلبة اليوم لتوجيه حزم الأمواج المكروية إلكترونياً بدلاً من الاعتماد على الهوائيات الدوارة، لذا فمن الممكن استخدام هوائيات زُجلية (مؤلفة من وحدات متجمعة modular antennas) صغيرة وسهلة التركيب، بدلاً من الهوائي الذي كان مطلوباً في الأصل وهو صلب وطويل يبلغ طوله كيلومتراً. وأخيراً، فالروبوتات هي الآن قادرة بكفاية على القيام بكثير من العمل الإنشائي.

إن محطة للطاقة الشمسية قائمة في الفضاء ستنتج حوالي ستة أضعاف الطاقة التي تنتجها محطة للطاقة الشمسية مماثلة لها وموجودة على الأرض

توجيه الحزم نحو الأرض

إن محطة قدرة شمسية موضوعة في الفضاء ستستخدم صفيفاً من المرايا لتركيز أشعة الشمس على الخلايا الفوتوفولطية. تُحوَّل الكهرباء الناتجة إلى حزمة مكروموجية (من أمواج مكروية) قوية موجهة نحو هوائي على الأرض، حيث يحولها ثانية إلى كهرباء ويغذي بها الشبكة.



أما في اليابان فقد كانت القصة مختلفة. بدأ البحث في الفكرة في عدة جامعات في الثمانينيات من القرن الماضي. فالمشروع المخصص له 12 مليون دولار، والذي يترأسه موري وتموله كل من JAXA ووزارة الاقتصاد ووزارة التجارة ووزارة الصناعة، على وشك أن يَستكمِل مرحلته الأولى بعد أكثر من عقد من العمل. يقول موري: "القدرة الشمسية حاسمة بالنسبة لمستقبل البلاد"، ويضيف: أمواجاً "اليابان بلد موارده الطبيعية قليلة ويعتمد على قدر كبير من الطاقة الخارجية". إن هذا، يُضاف إليه الحاجة إلى تخفيض ثنائي أكسيد الكربون CO_2، يعني أن منظومات القدرة الشمسية الفضائية" هي الخيار الوحيد في بلدنا لمتطلبات طاقة مستقبلية على نطاق واسع تكون وطنية ودائمة ونظيفة". إن هدف موري هو أن يبتدع تصميماً سيكلف مبلغاً أقل من مليار دولار لبناء وإنتاج 1 جيغاواط من القدرة الكهربائية بتكلفة 7 إلى 8 سنتات للكيلوواط الساعي. وبالمقارنة، تكلف الكهرباء المُنتَجة من محطات القدرة التي تعمل على الفحم ما يقارب 5 سنتات لكل كيلوواط ساعي، و10 سنتات من المحطات النووية. يتضمن تصميمُ موري مرآتين مجمِّعتين بقياس 3.5 × 2.5 كيلومتر تبئران ضوء الشمس على لوحتين شمسيتين تمتدان مسافة 1.25 كيلومتراً. وهاتان اللوحتان موصولتان بمرسل أمواج مكروية طوله 1.8 كيلومتر يبث القدرة لاسلكياً إلى محطة استقبال أرضية (انظر الشكل). ويزعم موري بإمكانية بناء هذه المحطة في العام 2030.

هناك مجموعات في جامعة كوبي وفي معهد الطيران الحر التجريبي الفضائي غير المأهول Unmanned Space Experiment

لوحظت بعض هذه التحسينات في العام 1995 في دراسة عملية كان اسمها "نظرة جديدة" fresh look أجريت بناء على تكليف من ناسا. ورغم أن الدراسة وجدت التوقع إيجابياً، لكن ناسا لم تتابع المشروع وألغت تمويله في العام 2001. وحسب مانكينز، كان القرار متأثراً بوجهة النظر الرسمية التي ترى أن تطوير مصادر جديدة للطاقة لم يكن جزءاً من عمل ناسا. وبالمثل، فإن وزارة الطاقة في الولايات المتحدة كان تحمسها ضعيفاً نحو تقانة الفضاء. ويشكو مانكينز قائلاً: ليس هناك وكالة منفردة ترغب بأخذ المسؤولية كاملة على عاتقها.

(Free Flyer USEF) في طوكيو قد تابعت التصاميم المنافسة. وهذه المجموعات تركز على تخفيض الوزن لتقليل تكاليف الإطلاق، وعلى تحسين مردود الخلية الشمسية، وعلى استكشاف طرق لتقسية الخلايا كي تصمد أمام الإشعاع. ووفقاً لتصميمهم، يمكن بناء وحدات تضم 100 متر مربع من الخلايا الشمسية ومرسل أمواج مكروية، تشبه رقعة الداما، في شبكة مستوية يمكن تثبيتها أو حملها في ساتل تحكم. ويعني التصميم أنه لا يمكن إعادة توجيه اللوحات الشمسية كي تواجه الشمس، لذا فإن الخرج يُخفَّض بمقدار الثلث تقريباً بالمقارنة مع تصميم موري. يرى الفريق أن هذا ثمن يستحق أن يُدفع: فتصميمهم أرخص ويمكنه أن يبدأ ببث القدرة في مرحلة مبكرة أكثر من بنائه، في حين تعني طبيعة تكوينه من وحدات أنه بالإمكان توسيعه في المستقبل.

وفي العام الماضي، وضع فريق من جامعة كوبي وجامعة طوكيو مفهوماً مماثلاً قيد الاختبار. فقد أرسلوا صاروخاً إلى علو 210 كيلومترات في مدار فرعي لينشر شبكة مساحتها 130 متراً مربعاً– هي في الأساس بيت عنكبوتي مصنوع من سلك– يصل مرسلَ أمواج مكروية مع روبوتين (إنسانين آليين) باستطاعتهما الحركة بصورة مستقلة حول الشبكة. كانت الفكرة هي أنه في النهاية ستنشر مئات من هذه الروبوتات، مجهزة بألواح شمسية، كي تركب ذاتياً وتوجه القدرة وتعيدها إلى الأرض. وكان لدى الجهاز 4 دقائق فقط من الثقالة المكروية عليه خلالها أن يشكل نفسه ويرسل الإشارة. كانت التجربة ناجحة، لكن النتائج الكاملة لم تنشر بعد.

قدَّرت دراسة حديثة بقيادة يوتارو كوباياشي Y.Kobayashi في USEF أن أثر ثنائي أكسيد الكربون المنبعث من محطة قدرة شمسية فضائية طوال فترة تشغيلها هو نفسه تقريباً لكلّ كيلوواط ساعي من الكهرباء المتولِّدة من محطة نووية. ومع تغيّر المناخ الذي يتصدّر الأجندة السياسية، فإن هذا النوع من الميّزات البيئية، إضافة إلى مخاوف تتعلق بأمن الطاقة وبأسعار النفط المتصاعدة، كل ذلك سيساعد على تحفيز ولادة جديدة للقدرة الشمسية الفضائية.

أما بالنسبة لمكتب الفضاء للأمن القومي في الولايات المتحدة (NSSO)، فهناك وجهة مختلفة للقدرة الشمسية الفضائية ألا وهي الجذب: إنها تطبيقاته العسكرية الممكنة. ففي هذا العام، كلف المكتب، الذي هو جزء من البنتاغون، المقدم في القوى الجوية "مايكل كويوتي سميث" M.Coyote Smith بمهمة البحث عن الإمكانيات

ضمن الفضاء وفي حزمة من الضوء

إن محطة للقدرة الشمسية الفضائية الضخمة، التي تشبه دولاباً ضخماً لدراجة هوائية يدور على ارتفاع قدره 480 كيلومتراً، تدعى ساتل قدرة powersat، تستطيع أن تحدث ثورة في المقذوفات الفضائية (الإطلاقات نحو الفضاء)، وذلك حسب ليك ميرابو L.Myrabo من تقانات المركبات الضوئية Lightcraft Technology في بِنينغتون (ولاية في الشمال الشرقي من الولايات المتحدة، على الحدود مع كندا). يتخيل ميرابو شبكة دوّارة من سواتل القدرة، يمتد كل واحد منها 1 كيلومتر ويستخدم أحدث الخلايا الفوتوفولطية المصنعة من الأفلام لتولد 20 جيغاواط من الكهرباء. ستبث هذه السواتل قدرة على هيئة أمواج مكروية إلى جيل جديد من "مركبات ضوئية" تحمل من 6 إلى 12 راكباً، وستستخدم طاقة الأمواج المكروية لتسيِّر نفسها في المدار. وبإمداد منظومات تخزين مغنطيسية فائقة النقل بجزء من هذه الكهرباء التي تولدها، ستدَّخر سواتل القدرة هذه جزءاً من الطاقة بحيث تستطيع أن تقدمها حتى عندما تكون في ظلام دامس. وأخيراً، يقول ميرابو، يمكن استخدام هذه المحطات لإمداد جيل جديد بأكمله من المقذوفات الفضائية بالقدرة. وميرابو الذي طرح فكرته في مؤتمر حول القدرة الحزمية في مدينة نارا في اليابان، يقول أن هذه المنظومة يمكن أن ترى النور بحلول العام 2025.

التحكم بالإعصار

هل تستطيع أن تحرف إعصاراً عن مساره؟ يعتقد برنارد إيستلوند B.Eastlund وإيلي جينكِنز I.Jenkins من مؤسسة إيستلوند العلمية في هوستون، بتكساس أنك تستطيع ذلك. لقد نمذجوا الآثار الناتجة عن استخدام الأمواج المكروية لرفع درجة حرارة حجم كتلة من الهواء يصل إلى 100 كيلو متر مكعب قد تتشكل فيها عاصفة مطرية. لقد وجدوا أن التسخين بالأمواج المكروية من مصدر تبلغ قدرته ما يقارب 1 جيغاواط قد يساعد في كبح تشكل إعصار، ويقترحون أن منظومات القدرة الشمسية الفضائية يمكن أن تستخدم في يوم من الأيام للتحكم في نشوء الأعاصير.

المتاحة للقدرة الشمسية الفضائية. ورغم أن سميث لم يكن لديه تمويل للدراسة الرسمية، لكنه كان قادراً على تجنيد مجموعة من الاختصاصيين المتطوعين من الجامعات والصناعة للتدخل في مناقشة تجري على الحاسوب من خلال الدخول على الخط والمنتديات. وتُوِّج هذا بمؤتمر في كولارادو في أيلول/سبتمبر من العام 2007 وصدر تقرير يوصي بأن تنفق حكومة الولايات المتحدة 10 مليارات دولار خلال الأعوام العشرة القادمة لتطوير ساتل صغير قادر على توجيه حزمة من الطاقة استطاعتها 10 ميغاواط إلى الأرض. وإذا كان النجاح حليفهم فإن هذا سيجذب الصناعة الخاصة لتنخرط في هذا العمل وتطور التقانة اللازمة، كما يوصي التقرير.

تستطيع سواتل القدرة الشمسية أن تغمر منطقة ضيقة بالأمواج المكروية، مما يتيح إرسالاً يستهدف القواعد العسكرية في أي مكان ضمن خط نظر الساتل. إحدى الإمكانيات هي أن يصبح باستطاعة الجنود في الميدان أن يرتدوا هوائياً مستقبلاً كي يمتص الأمواج المكروية ويشحنوا بطاريات معداتهم الإلكترونية. حتى لو لم يصبح هذا شيئاً ملموساً، فإن توجيه القدرة للأسفل قد يصبح بديلاً فعالاً من حيث الكلفة لتوليد الكهرباء على بعض القواعد العسكرية النائية، حيث يمكن أن تبلغ تكلفتها هناك أكثر من دولار واحد لكل كيلوواط ساعي– أي حوالي عشرة أضعاف السعر الذي يدفعه الزبون في الاستهلاك المنزلي. "تلك هي أولى التطبيقات الواقعية التي سمعتها" يقول أوليفر دي ويك O.de Weck، وهو مهندس منظومات الملاحة الفضائية لدى MIT.

كان الموظفون المعنيون بكتابة تقرير NSSO يقولون دائماً إن القوات العسكرية تريد أن تكون "زبوناً" للقدرة الشمسية الفضائية بدلاً من أن تطورها هي. ويشير التقرير إلى إمكانية قيام وكالة حكومية جديدة لتشرف على مثل هذا المشروع، ولكنه لم يشر إلى كيفية تمويلها.

ومع الحماس في الدوائر الحكومية من أجل قدرة شمسية فضائية ذات إمداد محدود، ما الذي يمكن توقعه من تقرير مؤتمر MIT الذي سيصدر قريباً؟ "كان الاجتماع يحاول أن يستخلص فيما إذا كان يوجد شيء ما لمتابعته هنا، "يقول جيوف لانديز G.Landis من مشروع غلين البحثي التابع لوكالة NASA في كليفلاند، بولاية أوهايو، وهو أحد المشاركين. ويضيف قائلاً: "ومجمل القول كان الاستنتاج التالي أن "الشيء العملي هو لو استطعنا عمل عدد من الاختراقات". مجالان هما الأساس، يقول لانديز، الأول رفع قدرة الخلية الشمسية المتوفرة اليوم من 400 واط لكل كيلوغرام إلى 1000 واط لكل كيلو غرام، والثاني تقليل تكاليف الإطلاق إلى الفضاء من الكلفة الحالية التي تبلغ 2000 دولار على الأقل لكل كيلوغرام إلى 500 دولار لكل كيلوغرام.

والأشياء الأخرى هي معيقات حتى للذهاب إلى هذا البعد، "عليك أن تفكر ما الذي تربحه وما الذي تخسره بالذهاب إلى الفضاء. إنه يلغي مشاكل التخزين والإرسال، ولكن مقابل ثمن باهظ" حسب قول روجر آنجِل R.Angel، وهو أحد المتحمسين للطاقة الشمسية لدى جامعة أريزونا، والذي حضر اجتماع MIT أيضاً. "نحن نستطيع أن نجعل القدرة الشمسية على الأرض أرخص من أي قدرة شمسية نحصل عليها من الفضاء على الإطلاق. أستطيع أن أفكر بصورة واقعية بمساحة 2500 كيلو متر مربع في أريزونا. أما أن أفكّر بذلك وأتصوره في الفضاء، فهذا شيء يتطلب الكثير".

ويقول دي ويك المهتم بمسائل السلامة المتعلقة باستخدام حزم مركزة من الطاقة: "يمكن أن تكون خطيرة، فنحن لا نعلم ما هي الآثار التي يمكن أن تصيب الطائرات المحلقة من غير قصد عبر هذه الحزم، وما الذي يحدث إذا ما حصل خطأ ما في توجيه حزمة تضيء منطقة مأهولة؟ تلك في نظري منغصات كبيرة".

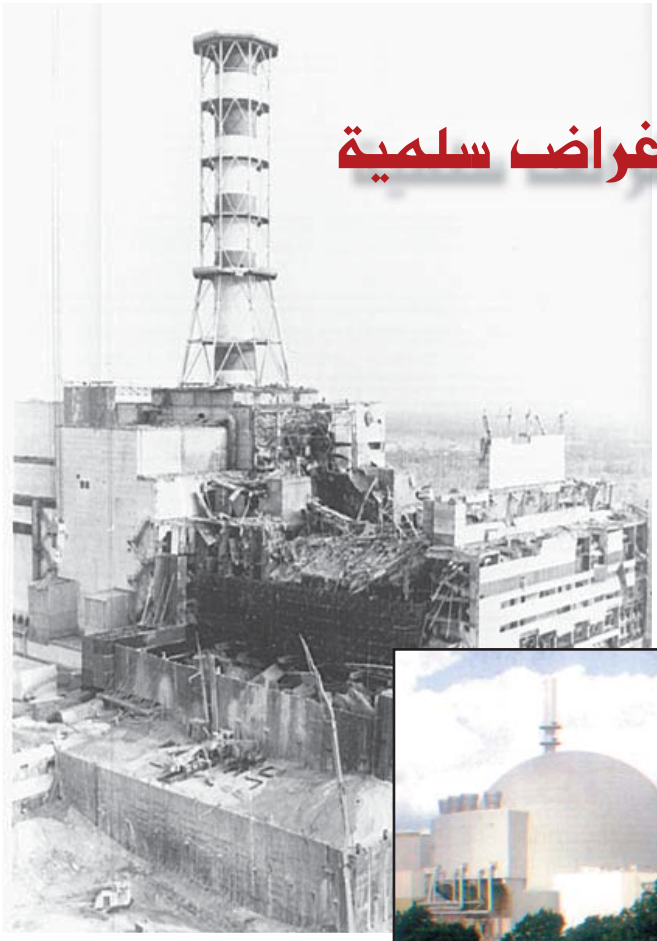
يحتمل أن تكون توصيات تقرير MIT مؤثرة، فإذا كانت إيجابية، يمكن للقدرة الشمسية الفضائية أن تتابع برنامجها. أما إذا لم تكن كذلك، فمن المحتمل أن تبقى الفكرة التي عمرها 40 عاماً على الرف لعقود عديدة قادمة.

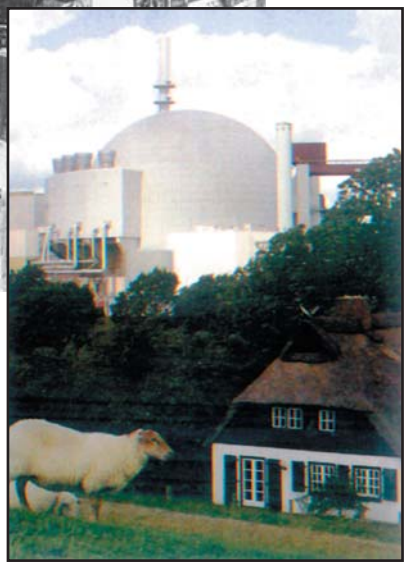
المؤلف: دان شو Dan cho كاتب مقيم في مدينة نيويورك.

– نشر هذا المقال في مجلة NewScientist, 24 November 2007، ترجمة د. محمد قعقع، عضو هيئة التحرير.

الإبقاء على الوقود النووي لأغراض سلمية

في هـذا الخـبر، يجيل Jeff Tollefson النظر في خيارات لصالح تحقيق ازدهـار عالمي في محطات القدرة الكهربائية النووية بـدون إفسام المجال لانتشار السلاح النووي.





القـدرة الكهربائية الـنـوويـة: هل تنتظرنا كارثة شيرنوبيل أخرى؟ أم وَعْدٌ بمستقبل أكثر اخضراراً؟

لقد وضع المستثمر الميليارديـر Warren Buffett خمسين مليون دولار أمريكي على الطاولة في العام 2006 وتحدى العالم أن يجمع مئة مليون أخرى من الدولارات لصالح بنك دولي للوقود النووي. وأطلق على ذلك اسم "استثمار في عالم أكثر أماناً" بمعنى إيجاد عالم يستضيف عمّا قريبً مجموعة مفاعلات متوسِّعة من مفاعلات القدرة الكهربائية. وكانت هذه الفكرة قد وضعت بواسطة مبادرة التهديد النووي Nuclear threat Initiative (NTI)، وهي مؤسسة أنشئت من البداية في واشنطن العاصمة تعمل على التقليل من أخطار التقانة النووية، وحظي هذا الاقتراح بحماس السياسيين والهيئات الاستشارية والبيروقراطيين. ولكن هذا العرض ينتهي في أيلول/سبتمبر. وحتى الآن تكون الولايات المتحدة وحدها التي تقدمت بإضافة 50 مليون دولار ضمن فاتورة صرف 555 ملياراً من الدولارات أقرها الكونغرس في الشهر الماضي.

تتمثَّل موجبات إنشاء بنك الوقود الدولي في أنه سيشجع البلدان التي تبني مفاعلات نووية على الامتناع عن تقانة تخصيب اليورانيوم لأن مثل هذه التقانات تهيئ معظم وسائل تطوير السلاح النووي.

لقد شرعت عشرات البلدان تفصح عن اهتمامها بالطاقة النووية. وها هي القوى النووية التي سبق أن امتلكت محطات جديدة وتخلَّت عنها، تعود لتهيئة أسباب انتعاش جديد لمحطات كهذه. وهناك خطط تشق طريقها للتوسع في التخصيب لدى أكبر المورِّدين للطاقة النووية وهم: الولايات المتحدة، وروسيا، وفرنسا، وهولندا، وألمانيا، والمملكة المتحدة.

وتحـذِّر laura Holgate، نائب الرئيس في NTI قائلة:"إن أي محاولات لوضع تشريعات تفرض حـدوداً على تقانة التخصيب سيكون مآلها الفشل، وإن التحدي هو في إيجاد بدائل جذابة لدورة الوقود الطبيعية"، وتضيف: "إن أحد هذه البدائل هو جعل الوقود المخصب متاحاً دون وضع العوائق أمام أي بلد يوافق على عدم القيام بالتخصيب بنفسه.

لقد ساعد محمد البرادعي المدير العام للوكالة الدولية للطاقة الذرّية IAEA في دفع المناقشات لصالح بنك وقود دولي في العام 2003. إذ اقترح منظومة يوضع فيها تخصيب اليورانيوم ودورة الوقود تحت رقابة دولية. ومنذ ذلك الحين قامت بلدان عديدة ومنظمات مختلفة بإرسال اقتراحات إلى الوكالة، ما تزال جميعها مطروحة أمام مجلس المحافظين في الوكالة للمناقشة.

ويُوضِّحُ Tariq Rauf الذي يرأس التحقق وتنسيق سياسة الأمن في الوكالة الدولية أن بنك الوقود هذا سيكون "بديل السهم الأخير

reserve of last resort" حيث تستطيع البلدان شراء وقود يكفيها لسنتين أو ثلاث سنوات فيما لو انقطع تزويدها نتيجة لبعض أنواع الضغوط الدبلوماسية. وهذا سيمنح البلدان بعض الضمان لاستحواذها الوقود حتى ولو كانت مظاهر سياستها اللانووية غير مستحسنة. ولكن إمدادها سينقطع إذا كان ثمّة خوف من أنها ستستخدم الوقود لأغراض الانتشار. ويقول رؤوف في هذا الصدد: إننا لن نزود بلداً بالوقود إذا كنا نتحقق في البلد بحثاً عن قضايا الضمانات".

بنك افتراضي

إن اقتراح الـ NTI سيشتري وقوداً يكفي لملء قلب مفاعل واحد يملأ ثلاث شاحنات مقطورة يمكن لها أن تتوقف في طريقها في أي بلد. وبشكل طوعي يمكن أن يترك الوقود في المكان مع ضمانات الاستحواذ المستقبلي للوكالة الدولية. فمثل هذا البنك الافتراضي يمكن أن يبدو أنه بسيط الإنشاء ولكن هناك مخاوف من أن يصبح موضوعاً لنزاعات سياسية يفترض في بنك الوقود تفاديها.

إنه لمن غير المستغرب أن تصدر معظم المقترحات حول بنك الوقود من الأمم الرئيسة التي تقوم أصلاً بتزويد السوق التجارية النووية الحالية، أما البلدان الأخرى فإنها أقل حماساً. فعلى سبيل المثال، تناقش جنوب أفريقيا والبرازيل المقدِّمة المنطقية ذاتها بحيث توحي بأن ذلك الاقتراح سيوسع الشق ما بين الدول النووية وغير النووية من خلال الانقضاض على حق السعي للتخصيب للأغراض السلمية المتفق عليه بحكم معاهدة عدم انتشار الأسلحة النووية NPT.

يقول Mathieu Bunn خبير عدم الانتشار في جامعة هارفرد في كامبردج مساشوستس: "إن بنك الوقود شيء يجدر فعله، ولكن أهميته يجب ألا يبالغ فيها، وإن معظم البلدان التي ستنهل من هذا البنك ينتظر أن تكون أعضاء مخلصة في معاهدة NPT ولديها الإذن بدخول السوق الدولية"، ويضيف قائلاً: "باستثناء الهند وإيران فإن لدى معظم الدول إمدادات أمينة جداً من الوقود النووي تحققت لها عبر السوق التجاري. وثمّة دول مثل كوريا الجنوبية يبدو أنها مقتنعة بأخذ نصيبها في السوق الحالية.

وفي هذه الأثناء، حين تتحرك روسيا متقدمة باقتراح لإنشاء ما تسميه المنشأة الدولية لتخصيب اليورانيوم التي ستقام تحت ضمانات الوكالة الدولية في أنكارسك Angarsk قرب بحيرة بايكال في سيبيريا، حيث سيكون في مقدور الشركاء شحن اليورانيوم الخاص بهم إلى هذه المنشأة والاستفادة من الوقود بحدّ ذاته أو من مبيعاته. وبالفعل فقد وقعت روسيا اتفاقاً مع كازاخستان وآخرين يتوقع أن يشاركوا. وكذلك وافقت روسيا على إتاحة مخزون احتياطي لحمولة قلبي مفاعلين اثنين تحت تصرف IAEA، إلا أنه ليس من الواضح للخبراء أي نوع من متطلبات عدم الانتشار يمكن فرضها على البلدان لاستعمال مخزوناتها أو للاشتراك في أنكارسك. وقد اقترحت الولايات المتحدة إنشاء مخزونها الخاص الذي يكفي لحمولة 6.5 قلب مفاعل، إلا أن ذلك الوقود لن يكون متاحاً إلاّ للأقطار التي تمتنع عن تخصيب اليورانيوم.

وتقول holgate إن هذه الاقتراحات تُتمِّم بنك الوقود الدولي عبر التوجّه إلى حافز ممكن آخر لتطوير تقانات التخصيب، يتمثل في الكسب المادي فيما هو سوقٌ دولي مغلق في الوقت الحاضر. إنها تقول في هذا الصدد: "فلو كنت أنت منتجاً للصوف فإنك ستفضِّل بيع القماش على بيع الصوف أو حتى ستفضِّل بيع البزَّة (البدلة) على بيع القماش أو الصوف كليهما".

وحتى إذا لم يبدِّل أيٌّ من هذين الاقتراحين المعادلة على هواه فإنّهما معاً قد يساعدان في كشف القيود عبر إزالة الأسباب المرغِّبة بتخصيب اليورانيوم. ومن هذا المنظور تقرُّ هولغت بأن القرار الروسي الحديث لتزويد إيران بالوقود كعون لبرنامجها النووي الطاقي "يكشف المخاوف إن كان التخصيب الإيراني شأناً مريباً في أحسن الأحوال".

لا توجد ضمانات

وفي النهاية لا شيء يمنع بلداً مثل إيران من المضيّ قدّماً في التخصيب لأنها لا تريد أن تتكل على القوى النووية الرئيسة فيما يخص تأمين طاقتها، أو لأنها تريد تطوير أساس علومها النووية وتحتفظ بخياراتها مفتوحة لبرنامج تسلح نووي مستقبلي. ويقول Bill potter مدير مركز Jamer martin Center لدراسات عدم الانتشار في معهد مونتري للدراسات الدولية في كاليفورنيا: "إن ذلك كله في حسبان المتابع للأمر. فالتقانات نفسها قابلة للتطبيق في حالتي السلاح النووي والقدرة النووية والقدرة الكهربائية. وتتمثّل القضيّة الرئيسة في فهم دوافع الدول".

ربما لا تكمن الطريقة الفضلى لتعزيز توسع عريض للطاقة النووية في مجرّد تأمين الوقود بل وكذلك باسترجاع الوقود المستنفد كذلك، بحيث لا يكون على الدول النووية الجديدة أن تقلق من خزنه. ومثل هذا البرنامج لتأجير الوقود سيقدّم للشعوب حافزاً كبيراً للتمتُّع بالطاقة الكهربائية النووية، ولكن السياسيين يراوغون لأن ما من أحد يريد أن يتعامل مع نفايات الآخرين حسبما يقول بون.

كشفت إدارة بوش في العام 2005 عن حل طموح يتصور اتحاداً دولياً يمكنه تأجير الوقود للدول غير النووية ومن ثم يقوم باسترجاعه لإعادة معالجته. ويمكن أن يستعمل البلوتونيوم بعدئذ في المفاعلات المتقدمة لدى دول السلاح النووي القانونية. ولكن هذه الشراكة العالمية للطاقة النووية التي أعدَّها العلماء بشكل متقن، بما في ذلك انعقاد

هيئة مستشارين من الأكاديمية الوطنية الأمريكية للعلوم، قد اعتبرت مجازفة سابقة لأوانها وباهظة التكاليف ومفرطة الطموح. وفي الشهر الماضي تمّ تحجيم الفكرة إلى برنامج بحث وتنمية مناسب بالرغم من مواصلة وزارة الطاقة تسويق الفكرة على المستوى الدولي.

تغييرات قانونية

وكذلك عكس الرئيس بوش سياسة الولايات المتحدة تجاه الهند التي كانت تعتبر منبوذة في الموضوع النووي منذ تجربتها النووية الأولى في العام 1974. لقد رفضت الهند توقيع معاهدة عدم الانتشار NPT وصُنِّفت في القائمة السوداء في السوق التجاري منذ ذلك الحين. وبالرغم من تلقّيها المساعدة من روسيا في السنوات الأخيرة، فقد ناضلت الهند للتزود بالوقود من أجل الطاقة ومن أجل برامجها التسليحية بالنظر لقلة المصادر المحلية لديها. أما في العام 2006 فقد عدَّل الكونغرس قانون الولايات المتحدة ليسمح بالتجارة النووية مع الهند طالما بقيت لا تسهم مباشرة في برنامج السلاح؛ إلا أن الصفقة الآن تتعرض للهجوم من قبل الحزب الشيوعي الهندي بسبب مخاوف تخصّ ضياع السيادة ومستوى نفوذ الولايات المتحدة على الأمة. ومع ذلك، فإن الحكومة الهندية تدفع المناقشات مع الوكالة الدولية للطاقة الذرّية قُدُماً لوضع معظم منشآتها النووية (وليس كلها) تحت ضمانات الوكالة. وكذلك يجب على مجموعة المورِّدين النوويين التي تمثل المصدِّرين النوويين الرئيسيين أن تغيِّر قواعدها بحيث تسمح بالتصدير إلى الهند، الأمر الذي يعتبر نقلة ستفتح كلّ السوق الدولية إلى الهند.

قد تكون الهند بحاجة إلى تحقيق ذلك إذا كانت تود تزويد أسطولها الجديد من محطات الطاقة النووية بالوقود في العقود القادمة. كما أن الشركات الغربيَّة في مجموعة التوريد النووية مستعدة لقطف المنافع. ولكن من وجهة نظر عدم الانتشار، ما من شيء يمنع الهند من شراء الوقود دولياً ومن ثم تحويل مؤونتها المحلية إلى برنامج التسلح. إن هذا النوع من المواقف هو ما يطرح استفسار Potter ما إذا كان العالم جاهزاً للتوسُّع في الطاقة النووية، فهو يسأل: "هل نحن مجرد مهلّلين؟ أم إننا نُقّادٌ منفتحو العقول يتقصون التداعيات الإيجابية والسلبية لبيئة نووية عالمية آخذة بالاتساع إلى حدٍّ كبير؟". ويضيف قائلاً: "إنني قلق من أن الاعتبارات التجارية سوف تتفوّق على عدم الانتشار، والإرهاب النووي واعتبارات الأمان النووي".

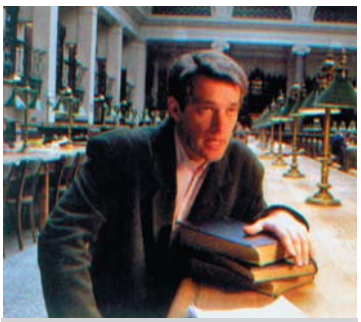
☐ نُشر هذا الخبر في مجلة: *Nature, 24 January 2008*

هل نستطيع تعلّم حب عدم اليقين (مبدأ الشك) ؟

في مجتمع ينشد اليقين (الحتمية)، يحاصره أناس يدّعون امتلاكه، دعونا نتذكر أن عدم اليقين هو الذي حكم الرياضيات والفيزياء لأكثر من قرن من الزمان –وأن نسأل أنفسنا لماذا ما زلنا نجد صعوبة جمّة لنتوافق معه، هذا ما يقوله **David Malone**.

يقصد المؤلف بهذا العنوان "مبدأ الشك uncertainty" في الفيزياء (أو مبدأ عدم اليقين أو مبدأ الارتياب) الذي توصّل إليه هايزنبرغ في عشرينيات القرن الماضي مع نشأة ميكانيك الكم. ويرمي المؤلف من مقالته أيضاً إلى تناول نظريتين أخريين في الرياضيات وعلم الحاسوب ظهرتا في ثلاثينيات وأربعينيات ذلك القرن في الاتجاه العلمي والفلسفي نفسه، الأولى اللاتمامية incompleteness في المنطق الرياضي لغودل Godel والثانية تتمثل في عدم قابلية الحوسبة uncomputability التي ظهرت مع بداية تجربة ذهنية عن الحاسوب على يد Turing.

يتناول مبدأ الشك رفض قضية سادت في القرن التاسع عشر، تلك هي الحتمية اليقينية وإمكان قياس المقادير الفيزيائية المختلفة بالدقة التي نريد بموضوعية، وما يمنعنا من ذلك عدم توافر الأجهزة اللازمة، بدون تدخُّلٍ من جانب المجرب أو أداته. فقد ظهر ميكانيك



ديفيد مالون صانع أفلام وثائقية مستقل

الكم في نظرته الاحتمالية لجميع ما نقيس بالإضافة إلى وجود إحداثيات معممة واندفاعات معممة ترافقها، بدون إمكانية قياسها في آن واحد بالدقة التي نريد، وإنما بارتيابين لا يقل حاصل ضربهما عن ثابت هو ثابت بلانك (مثل الموضع والاندفاع: $\Delta X^{*}\Delta P \geq \hbar$)، وهذا هو ما عُرف بمبدأ هايزنبرغ. فمن نتائجه وجود شك في قياس أحدهما يؤثر على قياس الآخر مهما كانت الأداة المستخدمة، وبالتالي انتفاء الموضوعية وتدخل الجهاز في النتائج.

وبالمثل، كان هيلبرت قد طرح إمكان حصول وتوحيد الرياضيات انطلاقاً من مجموعة مسلمات كمجموعة تامة، فهي إذن تتناول قضية في العمق وفي المنطق الرياضي الذي ازدهر مع نظرية المجموعات. ولقد أتى غودل ليصوغ في مبرهنتين عدم إمكان ذلك، فسميتا مبرهنتي اللاتمامية. أمّا الأولى فكانت في منطق الحساب إحدى صيغها "لن نستطيع أبداً إيجاد مجموعة مسلّمات تامة ومنسجمة قادرة على برهان جميع الحقائق الرياضية"، مع تعريف محدّد لكل مصطلح وفق المنطق المذكور. فبرهن على وجود تناقض وعدم انسجام في مثل هذه المجموعة، أو يجب وجود نتيجة نقبلها دون إمكان البرهان عليها انطلاقاً من المسلمات. وأما الثانية فكانت في تعريف الخوارزميات أو "المنهج الآلي" بحيث نقلت مسألة الحساب الرياضي السابقة إلى إمكان إعطاء رقم أو قابلية الترقيم لهذه الخوارزميات في أبسط الآلات، وتلك هي آلة تورينغ (يوجد عدة نماذج منها الآن) المؤلفة من شريط خلايا متتالية تحتوي كل منها أحد أحرف الأبجدية ورأس قارئ كاتب وجدول فعل يحدد الأوامر ومسجّل حالة يخزن جميع الحالات التي مرّت، ومن ثم طبّق مبرهنته ليصل إلى عدم وجود مجموعة تامة من الخوارزميات اعتماداً على برنامج حاسوبي (بمعنى وجود حالات غير قابلة للحوسبة). ولقد تابع تورينغ هذه المسألة وطرح سؤالاً يُعرف بمسألة التوقف، تلك التي تتناول توقف الآلة أو عدمه من أجل برنامج معطى. فقال بعدم إمكان تقرير ذلك undecidable بالبرهان المنطقي طبعاً. يناقش المؤلف أهمية القبول بهذه الأجوبة النافية في تفكيرنا وحتى بالنسبة لما يجاهد فيه الفيزيائيون بغية الوصول إلى نظرية لكل شيء*.

قد تظن أن لا أحد يجادل في قيمة اليقين العالية. فهو يعطي الانطباع بأنه من الأشياء الجيدة التي لا جدال حولها، مثل السلام العالمي أو الأمومة. غير أنني أجادل بأن تتبُّع اليقين قد أصبح إدماناً خطيراً. فهو كالكحول، يجعلنا نشعر بالأمان، لكنه يجعلنا أيضاً أغبياء ومشاكسين.

لقد أصبحت بعض الأفكار مغروسة عميقاً في ثقافتنا مثل الاعتقاد بوجود يقين كامل نستطيع الحصول عليه –والرغبة في امتلاكه. فقد عاش هذا البعض سليماً عملياً فترة الانتقال من التدين إلى العقلانية فظهر وكأنه حجر المحك في مجتمعنا. وحتى عندما اقتحم العلم مفهوم الاعتقاد بالله واليقينيات المُنزلة، بقي الخلق قانوناً مثالياً حاكماً؛ ولكن تحت إدارة جديدة فقط. إذ أصبح العلم، في عقول الكثيرين، الكافل الجديد القائل بوجود اليقين وبإمكان الوصول إليه.

تواجهنا جميع أنواع الأسئلة التي نرغب بإعطاء أجوبة لها غير خاضعة للجدل، مثل: هل تسبب الهواتف المحمولة السرطان؟ وماذا عن اليورانيوم المستنفد؟ هل الاحترار العالمي حقيقي؟ يوجد ضغط ضخم على العلم لتزويدنا بإجابات متماسكة مقابل وجود البدائل المصطنعة والآراء التي تخدم نفسها.

غير أن إغراء صياغة هذه المواضيع الجدالية يقينياً أمر مشحون بالخطر. إذ إن الوصول إلى اليقين من الأمور الشاقة وغير المسامحة. ويبدو من الفطنة القول بأنه عندما يوقن العلماء فإننا سنعرف حينئذٍ ماذا نفعل، وتبقى الخطوة التالية هي القول بأن علينا عدم فعل شيء حتى نتيقن.

فكما يعرف كلّ عالم مناخ، ستوجد دائماً حقائق لا تنسجم مع أفضل النماذج للمناخ العالمي. فهذه طبيعة النماذج والطقس –وهي توضح مدى سوء انقيادنا الضال نتيجة اعتقادنا الخيالي بأن العلم يتناول اليقين. وإذا كنا أمناء وقلنا أن نتائج العلماء ليست يقينية مؤكدة، فقد يستعمل ذلك كتبرير لعدم القيام بشيء، أو حتى السماح بفسحة ملتوية لما وراء الطبيعة لتزحف عائدة إلينا مرة ثانية. أما إذا ادّعينا اليقين حين نكون خلاف ذلك، فإننا نخاطر بكشفنا ككذابين.

إن الكلمة بحدّ ذاتها "عدم اليقين" أو الشك، ومعها "اللاتمامية" و"عدم قابلية الحوسبة"، تتضمن إحدى ثلاث من أبرز نظريات (مبادئ) علوم ورياضيات القرن العشرين. ومع ذلك فجميعها تكتنفه

* المترجم

دلالة نقص غير مريح لشيء إيجابي أو محسّن. وربما لذلك السبب قبعت قصص مكتشفي هذه اللايقينيات مغمورة ولم يسلط عليهم ما يستحقونه من أضواء. هذا ما دعاني إلى صنع حلقة معرفية محفوفة بالمخاطر لتلفزيون BBC: لمناصرة اللاتمامية وعدم قابلية الحوسبة وعدم اليقين.

في مجتمع يتوق لإيجاد اليقين، ويحاصره من جميع الجهات أناس يدّعون امتلاكه، يبدو ذلك بمثابة لحظة ملائمة لتبيان أن فكرة اليقين قد سحب اعتمادها منذ 100 سنة مضت. وأردت أن أخبركم قصص هؤلاء الذين صنعوا هذا الاكتشاف والثمن الشخصي الكبير الذي دفعوه مقابل ذلك. فقد رأى أفراد مجموعة مفكرين بدءاً من Georg Cantor إلى Alen Turing مدى دور عدم اليقين في العلم، وأثر اللاتمامية في المنطق والرياضيات، وفهموا ما لم نتلمّسه حتى الآن جزءاً من ثقافة. وقد أعجبت مندهشاً بمدى رفضنا مواجهة ما كشفه لنا هؤلاء الأبطال.

وما يلفت النظر كذلك كيف أن تاريخ القرن العشرين قد اتّسم بتذبذب كارثي بين ردّتي فعل غير مجديتين لفقدان اليقين السائد. ففي الطرف الحدّي الأول، نقول إذا كنا لا نستطيع تحديد الأشياء التي نظن أنها حقيقية يقيناً، فإننا نعلن أنه لا يمكن لأي شيء أن يكون حقيقياً وبذلك نشعل النار في كلّ اليقينيات. وهذا فكر نهايات القرن التاسع عشر في فيينا أو فكر فايمر في ألمانيا أو حتى موقف ما بعد الحداثة التي أصبحت قانون المعتقد المسيحي

"يزدهر التفكير في المساحة الواقعة بين الشك واليقين"

الرئيس للحالة الراهنة.

وفي الطرف الحدّي الآخر، نجد يقينيات رايخ هتلر وخطط ستالين الخمسية، أو أطروحات الحرب الباردة التي تؤكد بصورة متبادلة الدمار النووي، نجدها يقينيات عبثية سخيفة مشوشة مرعبة. وكلّ هذه حصلت، ولسخرية القدر، في الوقت الذي كان فيه Kurt Godel وتورنغ مشغولين يحطمان حلم اليقين المطلق.

نحن لا نزال حتى الآن لم نستوعب أفكارهما تماماً. فقد أوضح تورنغ على وجه الخصوص بصورة صارخة، عمق وأهمية اللاتمامية وعدم قابلية الحوسبة، مستعملاً اختراعه، وهو الحاسوب، ليبيّن مدى عمق وشمولية عدم استطاعتنا المعرفة باليقين. وكما ظهر لاحقاً، فإن اختراعه غطّى على ما توصّل إليه من نتائج، ولسخرية القدر، لمدة الخمسين عاماً الماضية، فأصبح يُنظر إلى الحاسوب على أنه محرك اليقين –أي الآلة التي تحلّ جميع المسائل التي لا نستطيع حلّها نحن. ولعل ما فشلنا في ملاحظته هو أن الحاسوب جعلنا في الواقع أُقلّ يقيناً عما قبل: إذ نعرف اليوم، على سبيل المثال، عدم استطاعتنا نمذجة الطقس بدقة، أو المناخ أو الاقتصاد، وفي أغلب الاحتمالات لن نستطيع ذلك مستقبلاً.

لقد تبيّن أن الحاسوب كأي عملية صناعية أخرى: مصمّم لإنتاج شيء ما مرغوب عند الباب الأمامي، لكنه يولّد أيضاً نتاجاً ثانوياً بغير قصد، يمثل تلوثاً، يخرج من الباب الخلفي –وهو في هذه الحالة، عدم اليقين. ويُشار هنا أن مواضيع الرياضيات اللاخطية وأثر الفراشة والظواهر الجديدة التي كشفها لنا الحاسوب جميعها قد أضيفت إلى

اللاتمامية في المنطق وتتآمر في جعل اليقين مراوغاً.

نحتاج الوصول إلى توافق مع اليقين. ليس فقط لأن الكون غير يقيني، ولكن أيضاً لأن المعرفة الإنسانية كذلك. والعلم كعملية لم يشجع أبداً على أية أوهام حول ذلك: إذ كان يتناول دائماً الحقائق المؤقتة –ويعرفها. ربما يكون قد آن الأوان لنا كي نقبل أخيراً أننا لا ينبغي أن نصدِّق العلم لأننا نعتقده، وإنما بالضبط لأنه غير ذلك.

اليقين هو احتكاري. فهو يغلق مسبقاً التفكير التالي. إذ ليست أيٌّ من النظريات التي ابتدعها نيوتن أو دارون أو أينشتاين أو بلانك يقينية وكاملة. فهي جميلة بلا شك وقوية، لكنها ما زالت تقريبات جزئية للحقيقة وغير تامة .

واليقين الذهني بالنسبة للعلماء النظراء المعاصرين لغودل وتورنغ من أمثال Roger Benrose و Gregory Chatin، هو نهاية ميتة. ولا يخاف المفكرون الجدّيون من عدم اليقين. فبالنسبة لهم عدم اليقين بالنظرية أو لاتماميتها ليس فشلاً بل هو شرط إيجابي وخلاّق في حدّ ذاته. ذلك لأن الاكتشافات البارزة في الرياضيات الحديثة والعلم تظهر أن الحياة والتفكير يزدهران فقط في المساحة الخصبة الطرية الواقعة بين كثرة اليقين وكثرة الشك. وأن جمال الاستدلال العلمي هو في ذهابه ورجوعه بين الاثنين.

ويحتاج العلم الآن أكثر من أي وقت مضى، لأن نتذكر كلمات الفيلسوف برتراند راسل: "إن عدم اليقين بحضور الآمال الزاهية والخوف مؤلم، ولكن علينا أن نصبر إذا رغبنا العيش بدون دعم من القصص الخيالية التي تريحنا –للتعلّم كيف نعيش بدون اليقين، ودون أن يشلّنا التردد في الوقت نفسه، ربما يكون هو الشيء الرئيس،".

☐ نُشر هذا الخبر في مجلة: *NewScientist, 4 August 2007*

اضطراب خارج نطاق القوة

تقع الجسيمات المشحونة تحت تأثير الحقول الكهرمغنطيسية، حتى عندما لا يوجد بينهما تلامس على الإطلاق؟ بكل تأكيد، يمكن أن تكون تلك ظاهرة من ظواهر الفيزياء الكمومية. لكن المدهش في الأمر هو أن الطبيعة الكمومية لهذا المفعول الخاص كانت موضع خلاف وجدل.

تبدو القوى المغنطيسية في الظاهرة المعروفة باسم مفعول أهارونوف–بوم تفعل في جسيمات مشحونة مثل الإلكترونات –حتى لو لم تقطع الجسيمات أياً من خطوط الحقل المغنطيسي. هل هذا دليل على وجود قوى كهرمغنطيسية تعمل بأساليب جديدة وغير مشتبه بها؟ أم إن ذلك ليس سوى المصدر الذي جلب الإساءة والانزعاج لألبرت أينشتاين –ونعني به "التأثير الشبحي عن بعد" في الميكانيك الكمومي؟ ففي أحدث فصل في حكاية معقّدة، ورد مفصلاً في مجلة Physical Review Letters، يقدّم Caprez et al دليلاً مقنعاً لدعم الخيار الثاني من هذين الخيارين: إن مفعول أهارونوف–بوم هو مفعول ميكانيكي كمومي في الأصل.

ترجع القصة بعيداً إلى الوراء، إلى منتصف القرن التاسع عشر، عندما اقترح مايكل فرادي لأول مرة أن خطوط القوة الكهربائية والمغنطيسية تنتشر في الفضاء الخالي المحيط بكلٍّ من المغانط والشحنات الكهربائية. لاقت الفكرة في البدء استقبالاً بارداً –استقبلت بالسخرية، في ضوء التطورات الأخيرة، لأن نظراء فرادي كانوا مشدودين إلى الفكرة القائلة بأن هذه القوى تؤثر من بعد. لكن خطوط الحقل، التي تعطي كثافتُها "كثافة التدفق"، مقدارَ الحقل في نقطة، قد برهنت أنها مفيدة وصامدة. وبعد ذلك بقليل انكشف مفهوم فرادي للحقول الكهربائية والمغنطيسية رياضياً من قبل اثنين من جبابرة فيزياء القرن التاسع عشر، هما ويليام طومسون (اللورد كلفن) وجيمس كلارك مكسويل، اللذين أدخلا وطورا المفهوم الموحَّد للكمون المتجه. ففي معادلات مكسويل الشهيرة، التي أرسى فيها نظريته الموحَّدة عن الكهرطيسية، يتشكل حقل كهربائي عندما يتغيّر هذا الكمون المتجه مع الزمن؛ ويتشكل

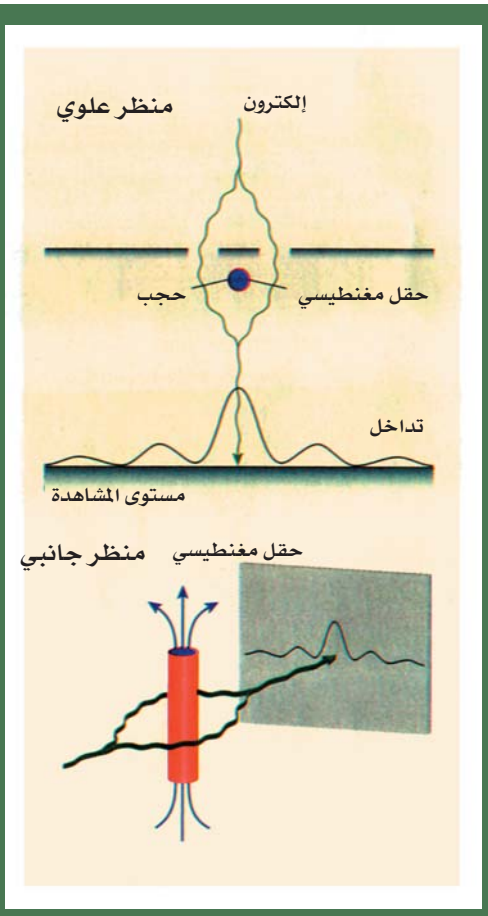
حقل مغنطيسي عندما يتغيّر الكمون المتجه مكانياً وله دوامة.

إن الكمون المتجه، وبالرغم من اعتباره في البدء كمقدار فيزيائي في صيغته، أصبح في المعالجات المعيارية اللاحقة من قبل هاينريتش هِرْتز وأوليفر هيفيساید، مجرد إضافة رياضياتية: ملائمة للحسابات، ولكنها لا تمتلك معنى فيزيائياً مباشراً. ومرّ قرن تقريباً قبل أن يقترح ياكير أهارونوف Y. Aharonov وديفيد بوم D. Bohm، في عام 1959، أنه في أجواء تجريبية معينة يكون للكمون المتجه نفسه آثار قابلة للقياس فعلاً، وكذا واقعيته الفيزيائية. لقد بدأ النموذج يتغيّر: ففي الفيزياء الحديثة، اعتُبرت الكمونات المتجهة، وهي مظهر "للحقول العيارية"، بمثابة أكثر المقادير الفيزيائية أساسية في النظريات الكمومية للقوى الأساسية.

ففي العالم الكمومي، يمكن لجسيمات كالإلكترونات أن تسلك سلوك الأمواج. تستطيع الحقول الكهربائية والمغنطيسية أن تزيح صدور موجات الإلكترونات (أو أطوارها)، تقريباً كما تشوش العوائق التموجات على سطح الماء. وما استنتجه أهارونوف وبوم، على كل حال، كان استثنائياً: وهو أنه يمكن أيضاً إزاحة أطوار الإلكترونات التي تجتاز مناطق خالية تماماً من حقول كهرطيسية. فقد تخيّلا تجربة فيها حزمتان من الإلكترونات تمران بمحاذاة جانبي ملف مغنطيسي ذي طول لانهائي ومحجوب تماماً، بحيث أن الإلكترونات لا تعاني بصورة مباشرة من حقول مغنطيسية أو قوى (الشكل1). ظن أهارونوف وبوم أنه عندما توجّه فيما بعد هاتان الحزمتان كي تتراكبا وتشكلا أهداب تداخل، فإن أطوار الحزمتين ستنزاح الواحدة منهما بالنسبة للأخرى. وعزوا هذا المفعول إلى الكمون المتجه، الذي لا ينعدم في المناطق الكائنة حول المغنطيس الذي كانت الإلكترونات قد اجتازته.

إن مفعول أهارونوف–بوم بالغ الأهمية: فهو يرتبط مباشرة بالمسائل الأساسية في ميكانيك الكم، مثل فيما إذا كان للتابع الموجي قيمة واحدة في نقطة من الفضاء ولدى استكمام التدفق المغنطيسي. ولكنه أيضاً مثير للجدل، إذ يرجع هذا الجدل في جزء منه إلى الكره الفلسفي الحديث لمفهوم التأثير عن بُعد، الذي عبر عنه أينشتاين وآخرون. ولم يقم الدليل القطعي على وجود هذا المفعول إلا في عام 1986 حين استخدمت مغانط عبارة عن أنابيب حلقية على هيئة الكعكة (سوارية أو حلقية) مغطاة بنواقل فائقة لتحول دون أي تسرب للتدفق المغنطيسي، بدلاً من المغانط ذات الطول اللانهائي المصنعة وفق ما تتطلبه النظرية.

ورغم كلّ هذا فإن مفعول أهارونوف–بوم يُعدُّ بمثابة نتيجة منطقية لمعادلة شرودينغر –وهي المعادلة العامة التي تحكم تطور المنظومة الكمومية– ولقد ارتفعت تساؤلات كثيرة حول ما إذا كان



الشكل 1: مفعول أهارونوف-بوم. في الصيغة النظرية الأصلية التي وضعها أهارونوف وبوم لمفعولهما، تنشطر حزمة من الإلكترونات إلى شطرين، يمران على جانبي مغنطيس محجوب كلياً وبطول لانهائي. وتكون النتيجة انزياحاً في الطور يتضح في نمط التداخل المتشكل عندما تتلاقى من جديد الحزمتان الإلكترونيتان. يبدو أن الإلكترونات "تشعر" بالوجود اللاموضعي للحقل المغنطيسي عبر كمونها المتجه المرافق، الذي يخترق الحيِّز حول الملف. هناك مفعول مماثل، هو مفعول أهارونوف-كاشير، الذي ينطبق على "ثنائيات الأقطاب المغنطيسية الكمومية quantum magnetic dipoles (السبينات)"، يمكن عرضه بأن نستبدل بالمغنطيس أسطوانة مشحونة كهربائياً. يبدو أن تجربة كابريز وزملائه التي جرت بحزمة إلكترونية نبضية مرّت عبر مغنطيس حلقي تؤكد أنه ليس ثمّة قوى مجهولة مسؤولة عن مفعول أهارونوف–بوم، إنها ظاهرة ميكانيكية كمومية صرفة.

ظاهرة ميكانيكية كمومية صرفة أم لا. لقد حاول العديد من الناس أن يفسّروا مفعول أهارونوف–بوم في إطار التآثر التقليدي بين الإلكترونات الواردة والملف. وعلى سبيل المثال، لقد افترض Timothy Boyer "مفعول تأخير" يُعزى إلى قوة مطبقة على الإلكترونات. ففي النظرية التقليدية العيارية، تُعرَّف الحقول الكهربائية والمغنطيسية كقوى مطبقة على جسيمات مشحونة، وعليه فلن تُطبَّق أي قوة على الإلكترونات التي تمر من أي جانب من جانبي ملف أهارونوف وبوم المغنطيسي المحكم الحجب. أما من أين ستأتي القوة اللازمة، التي يتوجب عليها تسريع الإلكترونات على أحد جانبي الملف وتبطيئها على الجانب الآخر، فالجواب غير واضح.

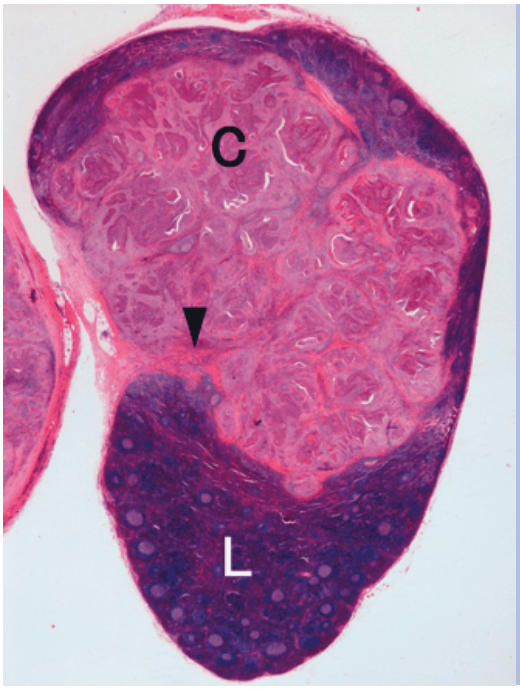
جاءت مساهمة كابريز ومساعديه لاستبعاد إمكانية تفسير مفعول أهارونوف–بوم من خلال وجود مثل هذه القوى. فقد قاموا بذلك من خلال تسجيل الوقت الذي تستغرقه إلكترونات حزمة نبضية، تشكّلت بكشط إلكترونات من أسَلَة نانوية المقياس باستخدام حزمة ليزرية بعرض من رتبة الفمتوثانية، اختيرت بحيث تمر عبر مناطق خالية من الحقل في ثقب من مغنطيس حلْقي إلى كاشف. فقد تبيّن، وبصورة حاسمة، أنه حتى لو غُيِّر التيار الكهربائي الذي كان يتدفق في المغنطيس–والذي يُتوقَّع منه أن يؤثر على قيمة أي قوة مجهولة ممكنة– فإنه لم يكشف عن أي تأخر زمني إضافي للإلكترونات. وبذلك يكون قد تأكد أن مفعول أهارونوف–بوم هو مفعول ميكانيكي كمومي صرف. فالتأثير عن بُعد قائم ومستحسن.

إن استخدام حزمة إلكترونية نبضية هو عمل مبتكر ويستحق الاهتمام، حيث يمكن للمرء أن يتصور استخدامه في تجارب لسبر مفاعيل كمومية أخرى معاكسة للحدس. فعلى سبيل المثال، سيكون مثيراً للإعجاب أن نختبر مفعول أهارونوف–بوم "الكهربائي" بهذه التقنية الجديدة، التي تمرّ فيها حزمتان إلكترونيتان عبر أسطوانتين معدنيتين محجوبتين وطويلتين، ولا تعانيان من أي قوة، فيما إذا كان بالإمكان أن يحدث فيهما انزياح في الطور عندما يطبّق كمون على إحدى الأسطوانتين. ولاختبار هذا المفعول، لا مفرّ من استخدام حزمة إلكترونية نبضية ومن التطبيق المتزامن للكمون على الأسطوانة فقط عندما تكون الحزمتان في الداخل تماماً.

إن خطوط حقل فرادي المغنطيسية كانت أساسية لتعطينا صورة ذهنية للكيفية التي تعمل بموجبها قوى الكهرطيسية التقليدية، وهي صورة ثبت أنها حاسمة لتطوير أوائل الأجهزة الكهرميكانيكية في أواخر القرن التاسع عشر. وفي الطريقة ذاتها، فإن حصيلة هذه التجارب الأساسية قد تعطينا الكثير من اللمسات والمستمسكات حول المفاعيل الكمومية الخفية مثل التأثير عن بعد، وكيف يمكن أن نستخدمها لمصلحتنا.

☐ نُشر هذا الخبر في مجلة: *Nature, 20 March 2008*

وخز خلية سرطانية لمعرفة ما إذا كانت ستنتشر



إن وخز خلية وحيدة بمجس نانوي المقياس يمكن أن يكشف ما إذا كانت سرطانية، كما يساعد أيضاً في التنبؤ فيما إذا كان السرطان على أهبة الانتشار. يمكن لهذا الاكتشاف أن يساعد الأطباء في البت بصيغة المواجهة التي سيتعاملون بها مع ورم معين.

إن الطريقة المعيارية لتحديد ما إذا كانت خلايا الخزعة سرطانية هي فحص حجمها وشكلها واستخدام ملونات الأجسام المضادة في الكشف عن وجود البروتينات النوعية لبعض السرطانات. وعلى أية حال، لا توجد تقنية قادرة على كشف ما إذا كان الورم على وشك الانتشار، أو "الانتقال metastasise".

وفي بحثٍ سابقٍ حول الخلايا المزروعة، وُجد أن الخلايا السرطانية تكون

أكثر قابليةً للضغط من الخلايا العادية، وأنه كلما كانت الخلية قابلةً للهرس أكثر، ازدادت قابليتها للانتشار.

وقد وجد James Gimzewski من جامعة كاليفورنيا، في لوس أنجلوس، وزملاؤه أن الخلايا المأخوذة مباشرةً من الجسم تظهر الخصائص نفسها، مما يمهد الطريق لفحص تشخيصي معتمد على قابلية الهرس أو السحق (الضغط).

فقد أخذ جيمزوسكي وفريقه سائلاً من الصدر والتجاويف البطنية من مرضى يعانون من سرطان الرئة والصدر والبنكرياس، حيث يمكن لهذا السائل أن يحتوي على كلٍّ من الخلايا التوسعية والخلايا السليمة، ثم وضعوا هذه الخلايا تحت مجهر يعمل بالقوة الذرّية (AFM) قادر على إظهار الأجسام بالمقياس النانوي، ووخزوا خلايا فردية بطرف مستدق سليكوني بعرض 400 نانومتر. ولتقدير مدى ليونة الخلية، فقد قاسوا سهولة تحرك السطح وسرعة عودته إلى الوضع الأصلي. وقد بيّنت هذه الاختبارات أن الخلايا السرطانية التوسعية كانت أكثر ليونة من الخلايا السليمة بنسبة 70%، على الرغم من كونها مماثلةً لها تقريباً في المظهر. ويقول جيمزوسكي: "إنها كمجموعة حبّات من الطماطم، لا يمكنك أن تحدّد مدى نضجها بالنظر إليها، لكنك بوخزها تستطيع أن تقرّر ذلك".

إنها كمجموعة حبّات من الطماطم، لا يمكنك أن تحدّد مدى نضجها بالنظر إليها، لكنك بوخزها تستطيع أن تقرّر ذلك

فبالإضافة إلى كشف الأورام التي يمكن أن تستعد للانتقال، يمكن لهذه التقنية أن تقرّر فيما لو كان المرضى ممن لديهم سائل في الرئتين أو الصدر مصابين بالسرطان الآخذ بالانتشار فعلياً. ويقول Jianyu Rao من UCLA: "نحن نتصارع مع هذه الظواهر في ممارسات يومية"، كما يعتقد جيمزوسكي أن التقنية سوف تسمح أيضاً للأطباء بتطوير عقاقير المعالجة الكيميائية بالاعتماد على الخصائص الميكانيكية لخلايا سرطانية معينة.

☐ نُشر هذا الخبر في مجلة: *NewScientist, 8 December 2007*

الحرب ضد الفطريات

على الرغم من توافر عدة عقاقير لمحاربة الإصابات الفطرية المميتة في أغلب الأحيان، فقد اكتسب كثير من هذه الممرضات مقاومة للعديد منها. وإن إدراك كيفية اكتساب الممرضات لهذه المقاومة سيساعدنا في مهاجمتها ثانية.

عندما نفكر بالعوامل الممرضة فأول ما يتبادر إلى الذهن هو الفيروسات والبكتريا، ولا تبدو الفطريات مخيفة على وجه الخصوص. ولكن الإصابة بالفطريات الانتهازية تفرض مشكلة بازغة وبخاصة في المرضى الذين اعتلّت مناعتهم، مثل المصابين بنقص المناعة المكتسب (الإيدز) والسرطان أو مَنْ خضعوا لنقل أعضاء من مصدر آخر. ومن حسن الطالع أن هناك عدداً من العقاقير الفعّالة المضادة للفطريات، ولكن الفطريات المرضية مثلها مثل كثير من الأحياء الدقيقة الممرضة لم تقبل مثل هذا التحدي بصمت؛ إذ أصبحت مقاومة ليس فقط لواحد من هذه العقاقير ولكن للعديد منها. وقد ألقى Thakure ومساعدوه (Nature, Vol. 452, 3 April 2008) الضوء على الآلية الجزيئية وراء مقاومة العقاقير المضادة للفطور.

لقد كان معروفاً منذ العام 1974 أن خميرة الجعة Saccharomyces cerevisiae يمكن أن تكتسب مقاومة لعدة عقاقير مضادة للفطريات غير متشابهة. تحصل المقاومة لعقاقير متعددة بسبب زيادة التعبير عن جينات (مورثات) تشفر لمضخات تدفق عقار غير متخصصة تتبع لعائلة ABC للبروتينات الناقلة (مثل Pdr5p). ولكن ما بقي غامضاً هو كيفية تنظيم الفطريات لتدفق العقار على مستوى انتساخ transcription الجين.

ففي خميرة الجعة يمكن للطفرة في وحيدة النيوكليدات في الجينات المشفرة لعوامل انتساخ Pdrlp أو Pdr3p أن تحرّض مقاومة عدة عقاقير، وتقوم هذه العوامل بالتحكم في تعابير عدة مضخات تدفق ABC. ويُلاحظ أيضاً تنشيط سريع وعابر لجينات تدفق العقار

عندما تُعامل الفطريات بتراكيز عالية من العقاقير المضادة للفطريات. وجد ثاكور ومساعدوه أن العقاقير المضادة للفطريات أو الصادات المختلفة والمواد الدخيلة يمكن أن ترتبط مباشرة بحيِّز كاره للماء (XBD) في Pdrlp وPdr3p، ويؤدي هذا الارتباط إلى تنشيط جينات تدفق هذا العقار تابع للعقار.

لاحظ المؤلفون أن الارتباط المباشر لـ Pdrlp وPdr3p في خميرة الجعة بالمواد الدخيلة (المغايرة) وتنشيطها المؤكّد مشابه وظيفياً لتنشيط عامل الانتساخ بـ PXR في الثدييات من خلال ارتباطه بجزيئات متنوعة كارهة للماء، ولا ينتهي التشابه عند هذا الحدّ لأن الارتباط بمواد دخيلة لكلٍّ من خميرة /Pdrlp Pdr3p و PXR الثدييّة ينشط مباشرة التعبير عن مضخات تدفق ABC. ولكن إلى أن يتم تحديد حزمة ارتباط العقار Pdrlp/Pdr3p، فإن العلاقات الوظيفية بين عوامل انتساخ فطري المشابهة لـ Pdrp ومستقبل PXR الثدييّ ستبقى تكهنية. وسوف ينشأ تعقيد أكثر من الانحفاظ التطوري المحدود لتحت عائلة عوامل انتساخ Pdrp ضمن الفطريات. وفي الحقيقة، يبدو أن آليات الانتساخ التي تنظم التعبير عن مضخات المضادات الفطرية في المُبْيَضّة البيضاء candida albicans، وهي مسبِّب مرضي بشري واسع الانتشار، تكون غير متماثلة مع ما كشف عنه في خميرة الجعة وأن المُبْيَضّة البيضاء يمكن أن تستعمل آليات أكثر قوة في تنظيم يشمل تعديلات وراثية لعوامل الانتساخ.

وضع ثاكور ومساعدوه ملاحظة محيّرة أخرى، وهي أن شطب الجين المشفر للبروتين Gal11 يخفض تعبير ارتباط العقار Pdr5p ومضخات تدفق عقار أخرى. يعتبر Gal11p واحداً من العشرين وحدة فرعية من معقد وسيط الخميرة الذي يعيد توظيف آلية RNA polymerase II لانتساخ مجموعات معينة من الجينات. وبيّن ثاكور ورفاقه أن مجال تشغيل Pdrlp/Prd3p عند نهاياتهما الكربوكسيلة يتفاعل مع مجال KIX لـ Gal11p، وأن هذا التفاعل يُعزَّز بالعقاقير المضادة للفطريات (الشكل 1). إضافة إلى ذلك، فقد أوضحوا أن مجال الخميرة KIX مشابه بنيوياً لنظيره الثدييّ، الذي يمكن أيضاً أن يرتبط بخميرة Pdrlp. تتفاعل مجالات KIX الثدييّة مع عوامل انتساخ متخصصة معروفة كمستقبلات نووية، والتي تؤثر على التصنيع الحيوي للكولسترول وعلى المظاهر الأخرى للاتزان البدني الدهني. وبشكل مشابه في الخميرة، فإن عدة مظاهر للاتزان البدني الدهني تعتمد على Pdr3p/Pdrlp، وقد اتضح الآن أن هذه العملية تُنظَّم من قبل المجال KIX.

إن جينومي genome (مجموع الجينات) خميرة الجعة غير المرضة وCandida glabrata البشرية المرضة متشابهان إلى حدٍّ بعيد، لذا ليس من المدهش أن ترتبط العقاقير المضادة للفطريات أيضاً ببروتين Pdrlp لـ C. glabrata. وقد وجد ثاكور وزملاؤه أن هذا التفاعل يُحرِّض مقاومة عدة عقاقير وتتم وساطته بفعل واحد من اثنين من Gal11p المتشابهين في C. glabrate. وإضافة إلى ذلك، حين تعامل ديدان النيماتودا المصابة بـ C. glabrate والتي حذف منها PDR1 وGAL11 بالعقاقير المضادة للفطريات، فإنها تعيش أطول. تؤكد هذه الملاحظة ليس فقط أهمية مسرى أو طريق Pdrp–Gal11p في مقاومة العقار، وإنما أيضاً تدعم استعمال ديدان النيماتودا في دراسة الإمراضية الفطرية.

مع اكتشاف احتواء مظاهر جزيئية جديدة (XBD في Pdrlp/Pdr3p وKIX في Gal11p) في مسرى الاستقلاب الذي يقود إلى مقاومة العقاقير المضادة للفطريات، يناقش ثاكور وزملاؤه أن هناك مبرراً

كيف تُنجز الفطريات المرضة مقاومة العقار. 1- يمكن أن يرتبط عقار مضاد للفطر ضمن خلية فطرية بحيّز XBD لعوامل إنتساخ Pdr3p/Pdrlp التي تترافق مع تتابع محرض لجينات تدفق عقار مثل PDR5. 2- سوف يسمح هذا بارتباط وحدات فرعية من Gal11p للمعقد الوسيط عبر مجاله KIX مع معقّد العقار -Pdrl/Pdr3p DNA، ومن ثم سيسهل المعقّد الوسيط المراحل التالية. 3- إعادة تشغيل RNA polymerase II و 4- زيادة إنتساخ PDR5. وهذا الأخير هو فرد من عائلة جينات (مورثات) تُشفِّر مضخات تدفق العقار مثل ناقلات ABC. 5- تسمح هذه المضخات بتدفق العقار المضاد للفطر عبر الغشاء الخلوي، وبالتالي تنقص حساسية الخلايا الفطرية للمركّبات السامة.

الآن لإعادة توجيه البحث الطويل الأمد لتقصّي جزيئات صغيرة تُثبّط المقاومة. ولكن العثور على جزيئات صغيرة تمنع تفاعل drug–Pdrlp/Pdr3p يبدو عملية صعبة، لأن هذا التآثر محدود التخصصية. ومع ذلك، فإن الاستعمال الناجح للمضاد الأستروجيني كعامل مضاد لمستقبل الأستروجين في معالجة سرطان الثدي يشير إلى أنه يمكن الحصول على هذه الجزيئات الصغيرة التي تقاوم تآثر Oestrogen–PXR. والتشابه بين تآثر العقار Pdrlp/Pdr3p وتآثر Oestrogen–PXR يبرر الاعتقاد بأن العقار Pdrlp/Pdr3p يمكن إيقافه بجزيئات صغيرة. وقد تمّ عرض رؤية عامة، غير محدودة بمنع تآثر العقار Pdrlp/Pdr3p وبإمكانها كشف أي جزيء قادر على خفض نشاط Pdrlp/Pdr3p، وبالتالي فإن الآمال كبيرة بإمكانية كسب المعركة ضد الفطريات المرضة

☐ نُشر هذا الخبر في مجلة: *Nature, 3 April 2008*

المتفائلون بالمادة الخفيّة يرصّون الصفوف

يأتي النترالينو neutralino في قمّة الجسيمات الداعمة للمادة الخفية dark matter، هذه المادة التي يُظن أنها تشكل 90% تقريباً من كتلة الكون. هل جسيم النترالينو الافتراضي هو أفضل المرشحين؟ بإعادة تقييم الأسباب لجعل النترالينو في مقدمة المتسابقين، يكون الفيزيائيون قد فتحوا المجال للعديد من مرشحي المادة الخفية.

لقد فتن النترالينو العلماءَ الكونيين لأنه لم يحلم أحد أن يفسّر النترالينو المادةَ الخفية. بل على العكس من ذلك، فقد برز من نظريات تحاول أن تتصدى لمسائل في النموذج المعياري لفيزياء الجسيمات، التي تحاول أن تجد تفسيراً لكلّ الجسيمات المعروفة والتي تشكل المادة العادية والقوى التي تؤثر عليها. فالنموذج المعياري، على سبيل المثال، لا يستطيع أن يفسّر لماذا تكون القوة النووية الضعيفة أكبر بكثير من الثقالة.

وُضعت نظرية التناظر الفائق supersymmetry كي تفسّر مثل هذه التناقضات. ومع أنها لم تُثبت بعد، فهي تقول بأن لكلّ جسيم في النظرية المعيارية شريكاً فائق التناظر أثقل منه. عندما أخذ الكون يبرد بعد الانفجار العظيم، شرعت الجسيمات الفائقة التناظر بالتفكك إلى جسيمات أخف منها، مخلّفة وراءها نوعاً واحداً فقط –هو النترالينو المستقر. وعندما أجرى الفيزيائيون حساباتهم على خصائص هذا النوع من النترالينوات، كانت دهشتهم أنهم وجدوا أن المادة الناتجة التي شكلتها الجسيمات في بداية الكون كان لها الكثافة ذاتها بالضبط –وتُسمّى أيضاً كثافة الرفات relic density – التي ستكون المادة الخفيّة.

بالإضافة إلى ذلك، فإن نظرية التناظر الفائق تقول بأنه عندما برد الكون بعد الانفجار العظيم، فإن هذه الجسيمات الفائقة التناظر الأثقل ربما تكون انتهت في "قطاعات sectors" مختلفة من الكون (عوالم مبهمة تقع مباشرة بعد عالمنا ولكن تآثرها مع عالمنا يكاد يكون ضعيفاً).

والآن، لقد بيّن جوناثان فِنْغ J. Feng وجاسون كومار J. Kumar من جامعة كاليفورنيا، أن بعض هذه القطاعات المخفيّة يمكن أن يحتوي على جسيمات مختلفة كثيراً عن النترالينو، وتستطيع أيضاً أن تشكل مادة خفيّة لها كثافة الرفات نفسها. ولو كان الأمر كذلك، فإنها تدعو إلى العودة إلى تفكير جذري للصورة التي لدينا للمادة الخفيّة.

أخذ فنغ وكومار بالاعتبار كيف يمكن لمثل هذه القطاعات المخفيّة أن تتآثر مع قطاعنا. وأشارا إلى وجود آليتين لهذا التآثر، إحداهما هي الثقالة والأخرى تتم عبر تبادل جسيمات غريبة. إن مثل هذه الجسيمات يمكن أن يظهر فقط في المصادم الهدروني الكبير لدى مختبر الفيزياء الجسيمية في سِرْن CERN الكائن بالقرب من جنيف، بسويسرا، والذي يُتوقع له أن يبدأ العمل في وقت لاحق من هذا العام.

كان الفيزيائيون في الماضي غالباً ما يهملون الإمكانية التي اكتشفها فنغ وكومار، لأن الجسيمات في مثل هذه القطاعات المخفيّة لا يبدو أن لها الصفات الصحيحة التي تؤهلها لتكون مادة خفيّة.

ويقول فنغ وكومار بأنه ليس بالضرورة أن تكون هذه هي الحالة. وتبيّن حساباتهما أن هذه القطاعات يمكن أن تكون موطناً لأنواع مختلفة من جسيمات مستقرة، تشمل نترالينوات أثقل ونترالينوات أخف (www.arxiv.org/abs/0903.4196). ويقول كومار: "للجسيمات المستقرة كثافة رفات (متبقية) تكاد تكون بالقدر الصحيح الذي يجعل منها المادة الخفيّة التي لاحظناها، وذلك هو الأمر الساحر بالفعل".

"قد تحتوي القطاعات المخفيّة من الكون أنواعاً من المادة الخفيّة تختلف اختلافاً كبيراً عن النترالينو، الذي يتصدّر المتنافسين"

كان جون مارش–روسِّل J. March-Russel، من جامعة أكسفورد، متأثراً بذلك إذ يقول: "إن هذا يفتح طرائق جديدة حيث يمكن للمادة الخفيّة أن تتواصل معنا، ويقدّم مرشحين محتملين جدد للمادة الخفية". وفوق ذلك، يعتقد مارش–روسل وزملاؤه أن بإمكانهم أن يذهبوا بعيداً مع الجسيمات الغريبة التي تتطلبها نظرية فنغ وكومار. وهو يقول في هذا الصدد: "توجد طريقة أخرى، وهي من خلال بوزونات هيغز Higgs".

يُظن أن جسيم هيغز يمنح كلّ الجسيمات في الكون كتلها. تتنبأ نظريات التناظر الفائق بجسيمات هيغز المضاعفة، وأن بعضها مشحون. تبيّن حسابات مارش–روسل أن المادة الخفيّة في هذه القطاعات المخفيّة تستطيع أن تعبّر عن نفسها في قطاعنا الكوني من خلال تبادل شحنات جسيمات هيغز (www.arxiv.org/0801.3440v2). ويقول مارش–روسل إن جسيمات هيغز "يمكن أن تكون حقيقة ناطقة بكل قوة، لكنها محجوبة ولا تطالها تجاربنا في الوقت الراهن".

والأنباء غير السارة هي أن جسيمات المادة الخفيّة في هذه القطاعات المخفيّة هي نفسها خارج متناول التجارب الراهنة، من أمثال أبحاث المادة الخفيّة القرّية Cryogenic Dark matter Search (CDMS) في ساودان soudan، مينيسوتا، حيث إنه يُتوقع لها أن تكون أثقل من النترالينو. ويقول مارش–روسل: "إن المكاشيف المصمَّمة تكاد تكون قادرة على رؤيتها، لكنها تجعل البحث أصعب".

على كلّ حال، قد يكون من الممكن استكشاف جسيمات المادة الخفيّة هذه بالمراقبة بحثاً عن ظاهرة دالة في الكون. وإذا تجمّعت هذه الجسيمات وأفنى بعضها بعضاً في منطقة معينة من الكون، فإنه لزام علينا أن نرى انطلاق أشعة غاما عالية الطاقة وأشعة كونية.

ويقول مارش–روسل: "إن أيّ مكان تنظر إليه في السماء، ومهما ستكون الإشارات، هو تماماً ما ندرسه الآن".

☐ نُشر هذا الخبر في مجلة: *NewScientist, 13 May 2008*

ميّزات غير نوعية

نحب أن نعتقد بأننا نمتلك كمّاً هائلاً من الميّزات الفريدة، إلا أن هذا المقتطف يطرح ما هو غير ذلك

الثقافة

الفن والمسرح والأدب والموسيقى والدين وفن العمارة والطبخ –هذه هي الأشياء التي نربطها عموماً بالثقافة. والواضح أنه لا يوجد كائن آخر يمتلك ما يماثل هذا المستوى من التطور الثقافي. بيد أن الثقافة في عمقها هي ببساطة مجموع المنهجيات الحياتية النوعية لفئة محدودة، تمّ تلقّيها من أحد ما إلى الآخر وانتقلت عبر الأجيال، وتملك بقية الأنواع primate species بلا شك سلوكيات تُعدُّ فريدةً بالنسبة للمجموعات، على سبيل المثال طريقة معينة في تحية بعضهم بعضاً أو حصولهم على الغذاء.

والأمثلة الأكثر إقناعاً في ثقافات الحيوانات قد تكون موجودة لدى صنف الحيتان. فعلى سبيل المثال، تُصنّف الحيتان القاتلة إلى نوعين من المجموعات المختلفة (المتمايزة)، المقيمة والعابرة السبيل. وعلى الرغم من أن كلا النوعين يعيش في المياه نفسها ويتزاوج (فيما بينهما)، إلا أنها تملك أنماطاً حياتيةً وتراكيب اجتماعية مختلفة تماماً (طرق مختلفة في التواصل، أذواق مختلفة في الطعام وتقنيات نوعية في الصيد) والتي جميعها يعلمها الآباء لأبنائهم.

قراءة الأفكار

قد تكون الإشارة الأكيدة على أن فرداً ما لديه بصيرة نافذة في فكر شخصٍ آخر هي القدرة على الخداع. لكي تتفوّق على بعض الأشخاص عليك أن تفهم رغباتهم ونواياهم ودوافعهم، وهي بالضبط الإمكانية نفسها التي تدعم "نظرية الفكر". إن هذه القدرة على أن ننسب الحالات العقلية للآخرين كان يُعتقد في السابق أنها حكرٌ على البشر (ميزةٌ لبني البشر)، وقد ظهرت بشكلٍ مفاجئ في السنة الخامسة تقريباً من عمر الحياة. إلا أن الاكتشاف بأن الأطفال الرضّع قادرون على الخداع قاد الخبراء للاستنتاج بأن مهارات "قراءة الأفكار" تتطور تدريجياً، كما أثار الجدل حول ما إذا كانت موجودةً في الأحياء الأخرى. وقد دلّت التجارب التي أجريت في تسعينيات القرن الماضي على أن القردة العليا وبعض أنواع القردة تفهم الخداع بالفعل، ولكن فهمها لعقول الآخرين ربما يكون ضمنياً بدلاً من كونه واضحاً كما هو لدى البشر البالغين.

العواطف

تتيح لنا العواطف أن نرتبط بالآخرين، وأن ننظم تفاعلاتنا الاجتماعية، وتوفر إمكانية التصرّف بمرونة في المواقف المختلفة. ولسنا وحدنا فقط الكائنات الوحيدة التي تحتاج للقيام بهذه الأشياء، فلماذا إذاً ينبغي أن نكون وحدنا المتميزين بالعواطف؟ ثمّة العديد من الأمثلة للسلوك العاطفي الواضح لدى الحيوانات الأخرى. فالفيلة المهتمة بفرد معاق من القطيع تبدو مظهرة للتعاطف، كما يوحي بالحزن طقس الجنازة الذي تقوم به طيور العقعق. هل كانت الإغاظة هي التي قادت ذكر قرد البابون واسمه "Nick" أن ينتقم من خصمه (وهي أنثى) وذلك بالتبول عليها؟ يصف غوّاصون قاموا بتحرير حوت أحدب أُسِر في خط صيد سرطانٍ بحري –بكون رد فعله نوعاً من الامتنان. ومن ثم فهنالك الرقصة المبتهجة التي تقوم بها قردة الشمبانزي التي عندما تلتقي بشلال فهي تبدو متلهفةً بوضوح. وحالياً، يشك قليلون بوجود العواطف لدى الحيوانات، ولكن مسألة أن تشعر بها بشكلٍ واعٍ كما الحال معنا تبقى مفتوحةً للجدل.

استخدام الأدوات

تستخدم بعض قردة الشمبانزي الصخور لكسر البندق، كما أن بعضها يتصيّد النمل الأبيض بأوراق الأعشاب، وقد شوهدت غوريلا تقدّر عمق المياه بما يشبه عوداً أو أداة dipstick، إلا أنه لا يوجد حيوان يستخدم الأدوات بنفس مهارة غراب اسكتلندا الجديد وحماسته. إذ إنها حتى تستخرج الحشرات من الشقوق، فهي تصنع مجموعة مختارة من الخطّافات والأدوات المدبّبة الشائكة الطويلة التي تُدعى بأدوات الحفر المخطّط stepped–cut tools، مصنوعة بشكل معقّد عن طريق تقطيع ورقة pandanus بمناقيرها. وإضافة إلى ذلك، تقترح التجارب المخبرية أنها تفهم وظيفة الأدوات وتستخدم الابتكار والتخطيط في صنعها.

ولا أحد يقترح أن صناعة الأدوات لها أصول مشتركة لدى البشر والغربان، إلا أنه ثمّةَ تشابه رائع في الطرق التي تعمل بها أدمغتنا الشخصية. فكلاهما جانبي الوظيفة (lateralityالتوزيع الجانبي لوظائف الدماغ) بشكل كبير، وقد توضّح ذلك بملاحظة أن أغلب الغربان تستخدم الجانب الأيمن لمناقيرها– فهي تقطع أوراق الباندانوس باستخدام الجانب الأيمن من مناقيرها. وقد تجبرنا غربان اسكتلندا الجديدة على إعادة تقييم القدرات العقلية لأسلافنا صنّاع الأدوات الأوائل.

الأخلاقيات

لقد وجدت دراسة تقليدية أجريت في العام 1964 أن قردة الريزوس الجائعة لا تأخذ الطعام الذي يُقدَّم لها إذا كان قيامها بذلك يؤدي إلى أن يتلقّى أحد القردة الأخرى صدمةً كهربائية. والكلام ينطبق على الجرذان. فهل يدلّ ذلك على أخلاقيات دفينة؟ لعقود عديدة، كنا نفضّل العثور على تفسيرات بديلة، إلا أن العالِم المختص بعلم سلوك الحيوانات Marck Bekoff من جامعة كولورادو في بولدر قد دافع مؤخراً عن الرأي القائل بأن البشر هم الكائنات الأخلاقية الوحيدة. وهو يجادل بكون الأخلاقيات شائعة لدى الثدييات الاجتماعية، وأنها خلال لعبها تتعلّم الأشياء الصحيحة والخاطئة للتفاعل الاجتماعي، أي النظم الأخلاقية التي يمكنها فيما بعد أن تتّسع إلى مواقف كالمشاركة بالطعام والدفاع عن الموارد، والتزيّن وإعطاء العناية.

الشخصية

ليس أمراً مفاجئاً أن تكون الحيوانات التي تعيش تحت تهديد مستمر من الكائنات المفترسة أكثر حرصاً، في حين أن تلك التي تواجه مخاطر أقل تبدو أكثر تهوّراً. وعلى الرغم من ذلك، فإن استراتيجيات بقاءٍ ناجحةٍ كهذه قد تتطوّر عن طريق الاصطفاء

الطبيعي. ولكن اكتشاف أن أفراد النوع نفسه الذين يعيشون تحت الظروف نفسها التي تختلف في درجة الجسارة أو الحذر لهو أمرٌ أكثر من رائع. ونشير إلى فروقاتٍ كهذه لدى البشر بالميّزات الشخصية. فمن العناكب المتخاذلة والسمندر المتهاون إلى الطيور المغرّدة العنيفة والأسماك المقدامة، نجد أن الكثير من الحيوانات ليست مجردةً من الشخصية كما قد نتوقع. وبالإضافة إلى ذلك، فالعمل مع الحيوانات قد قادنا إلى فكرة أن الميّزات الشخصية تتطوّر لتساعد الأفراد على البقاء ضمن التنوع الأوسع للمَواطن البيئية، وهذا ما يؤثر على الطريقة التي يفكر بها علماء النفس حول الشخصية الإنسانية.

☐ نُشر هذا الخبر في مجلة: *NewScientist, 24 May 2008*

تأجيلات إضافية تهدف إلى إعاقة تنفيذ دراسة العامل البرتقالي بشكل متكامل

تطالب جمعيات العلماء والمحاربين القدماء بتنفيذ دراسة لتقصّي الآثار الصحية للعامل البرتقالي (مبيد عشبي) على المشاركين في حرب فيتنام، كانت قد أعاقت تنفيذها إدارة شؤون المحاربين (VA) في حكومة الولايات المتحدة الأمريكية.

لقد عوّضت الإدارة المحاربين الذين تعرّضوا للعامل البرتقالي المسبّب لنشوء حالات مرضية ارتبطت بالديوكسينات في المبيد العشبي، مثل الورم اللنفاوي non-Hodgkin's lymphoma وسرطان الأنسجة الرخوة. ولكن فيما يخصّ الأمراض الأخرى تَعتبر إدارة

شؤون المحاربين أنه لا توجد تأكيدات كافية لإثبات العلاقة. فقائمة الأمـراض التي تمّ التعويض عنها أثبتتها دراسـات موثّقة حول التعرُّضات الصناعية وحوادث الديوكسينات.

ففي العام 2003 أوصى المعهد الطبي الأمريكي (IOM) بضرورة قيام (VA) بإجراء دراسة وبائية مستقلة وواسعة النطاق حول كيفية تأثير المبيد على صحة المحاربين. لاقت التوصية دعماً مزدوجاً قوياً من لجنتي المحاربين في كلٍّ من الكونغرس ومجلس الشيوخ. ولكن بعد مضي خمس سنوات، لم تقم إدارة شؤون المحاربين بَعْد بأي فعل، وبدلاً من ذلك أجرت دراستها الداخلية التي كلّفتها 700.000 دولار أمريكي لشرعنة النماذج المصادق عليها من قبل المعهد الطبي. كما قامت إدارة شؤون المحاربين بالطلب إلى هيئة خبراء أخرى في المعهد الطبي الأمريكي –غير معنية بأبحاث العامل البرتقالي– أن تعيد النظر في الحاجة لمثل هذه الدراسة. فتوصلت تماماً لنتيجة الخبرة الأولى نفسها.

تشككُ Jeanne Stellman، خبيرة العامل البرتقالي حالياً في المركز الطبي SUNY Downstate في نيويورك، في احتمال دعم الإدارة مستقبلاً للدراسة التي أوصى بها المعهد الطبي وتقول: "الأمر برمّته يجعلني حزينة جداً، حيث إننا خسرنا خمس سنوات".

لقد كان تحريض التوصية الأساسية التي أصدرها المعهد الطبي الأمريكي بسبب ورقة نشرتها ستيلمان ومساعدوها (J. M. Stellman at al. Nature 422, 681-687, 2003)، إذ حلّلت مجموعة ستيلمان معطيات من تسجيلات الطيران العسكري في الولايات المتحدة، وقدّمت الخارطة الحاسوبية الأكثر تفصيلاً –أو منظومات معلومات جغرافية– فيما يخصّ مكان المبيد الذي نُثر في فيتنام وزمانه وكميته. فقد قام سلاح الجو الأمريكي بنثر العامل البرتقالي، كمبيد عشبي، بين عامي 1961 و1071 من أجل تعرية الأدغال الخضراء وملاحقة المقاومة الفيتنامية. وبيّنت حسابات مجموعة ستيلمان أن ما نُثر من الديوكسين يزيد بأربع مرات عمّا ذكرته التوقّعات السابقة.

فقد مكّنت منظومتها الباحثين من ربط المعطيات المكانية للتجمعات الإفرادية بقواعد المعطيات الصحية للمحاربين، مما زاد من وضوح الدراسة وبالتالي وضوح توصية المعهد الطبي الأمريكي. ففي تشرين الثاني/نوفمبر من العام 2003، قامت مجموعة داعمين من هيئات المحاربين في الكونغرس والشيوخ بالطلب إلى شؤون المحاربين لـ "التعاقد الفوري مع المعهد الطبي الأمريكي وتخصيص 8 ملايين دولار أمريكي لإنجاز برنامج بحث بشري ينفذه باحثون مستقلون". ولكن جاء الجواب في الشهر التالي برفض الطلب من قبل Anthony Principi، مسؤول شؤون المحاربين، منهياً التعاقد مع المعهد الطبي ومبرّراً أفضلية عدم التعاقد حول هذا البحث. واستمر الوضع كذلك حتى الآن.

ويقول آخر تقرير للمعهد الطبي الأمريكي إن البحث الداخلي الذي أطلقته إدارة شؤون المحاربين غير متوافق مع غايتها في تقييم النموذج، وهو "غير كافٍ" و"تنقصه جملة معطيات العمل التي تنتظرها هيئة المعهد الطبي".

ففي شهادة قُدِّمت لهيئة المعهد الطبي الأمريكي العام الماضي، قال Mark Brown، مدير شعبة المعاملات البيئية في إدارة شؤون المحاربين، إنه مازال يعتقد بأن دراسة بشرية ستكون "ساذجة نوعاً ما ... بسبب نقص المعطيات حول التعرُّضات المستخدمة ومواقع المجموعات العسكرية"، وقال أيضاً إن المقاربة الحالية في إدارة شؤون المحاربين فيما يخصّ تعويضات المحاربين كانت مناسبة.

أما David Savitz، رئيس هيئة المعهد الطبي الأمريكي وعالِم الوبائيات في مدرسة مونت سيناي الطبية في نيويورك، فيقول: "إن عدم متابعة عمل ستيلمان قد يكون فقداً لفرصة"، ويقول أيضاً: "ربما يُفضَّل بطريقة ما إعادة توجيه الدراسات النادرة حول التعرُّض للمبيد لدى المحاربين"، ويقول: "لا يتعلق الأمر كثيراً بعلم الديوكسين الذي توجد حوله معطيات كثيرة في مواقع أخرى، بل من أجل تعلم المزيد عن التعرُّضات وصحة محاربي فيتنام. وهناك عنصر يتعلق بـ "عدالة اجتماعية" ولكن بشكل جوهري، فإن متابعة الدراسة هي أيضاً مسألة سياسية".

لقد شرّع الكونغرس لأول مرة مثل هذه الدراسة الوبائية في العام 1979. لكن مراكز أمريكية لمراقبة الأمراض والوقاية منها في أتلانتا بجورجيا ألغت الدراسة، وأعادت أكثر من 70 مليون دولار أمريكي بحجة أن دراسة إرشادية بيّنت أنه كان من المستحيل تمييز آثار العامل البرتقالي من آثار أخرى. ويحاجج سياسيون وعلميون كثر في الوقت الحالي أن الدراسة كانت مهيأة للسقوط سياسياً.

وفي الجدل الأخير، نشرت ورقة في 12 آذار/مارس في Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology تفيد بأن منظومة ستيلمان قد بالغت في انحراف المبيد عن مسارات الطيران لدى مقارنتها بنماذج نثر جوية لمعالجة المحاصيل. وتستنتج النشرة بأن المنظومة بالتالي "لا يمكن استخدامها لتزويدنا بالتعرّض الإفرادي المتوقع لغايات إجراء دراسات وبائية". تمّ تمويل هذا العمل

من قبل شركتي مونسانتو وداو الكيميائيتين اللتين صنّعتا العامل البرتقالي، وستظلان تشوشان على الدعاوى المتعلقة بالمحاربين.

إنه موضوع عدالة اجتماعية، ولكن في النهاية، على أية حال فإن الدراسة المعنية هي مسألة سياسية.

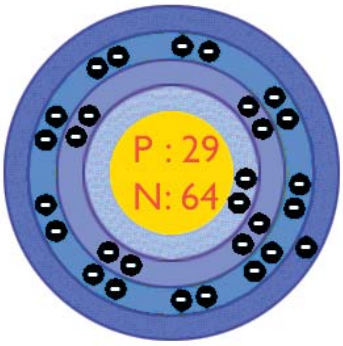
قدّم المؤلفون، من خبراء M. E. Genevan ومساعدي Silver Spring، في ماريلاند وInfoscientific.com في كارميخائيل بكاليفورنيا، مسوّدة النشرة إلى هيئة المعهد الطبي الأمريكي، والتي تستنتج أنها بشكل أساسي لا تقل أهمية عن النموذج. أما Richard Clapp، عالِم الوبائيات في جامعة بوسطن في ماساشوسيتس، فيقول بأن النشرة الجديدة لم تؤثر به، وصدمته بشك مصطنع يهدف في المقام الأول إلى تشويه دليل ستيلمان في التعرُّض، الدليل الذي قيّمتهُ وصادقت عليه لجنة العلوم في الأكاديمية الوطنية الأمريكية. لا يُتوقعُ أن يكون نموذج ستيلمان مثالياً، لكنه تقدّمُ مميَّزٌ عن الطرائق الموجودة. إن مؤلفي النشرة الجديدة كانوا غير مفيدين في التعليق قبل أن تُدفع مجلة Nature للطباعة.

وإن غالبية الأبحاث حول المحاربين مموَّلة من قبل إدارة شؤون المحاربين. وكثير من الباحثين الذين قابلَتهم Nature يشكون بأنه لا يوجد علميون في إدارة شؤون المحاربين قادرون على مواجهة المشاكل الضخمة في الوصول إلى معطيات الإدارة. إن واحداً من أهم توصيات المعهد الطبي الأمريكي هو أن تقوم مكاتب الحكومة بإنشاء خط انسيابي لتسهيل الوصول إلى المعطيات العسكرية. ويقول سافيتس "إن ذلك قد يؤدي إلى مواجهات مستقبلية". ويقول John Sommer، المدير التنفيذي لمكتب واشنطن لرابطة المحاربين القدماء، بأنه يحاول تجديد المناقشات مع الكونغرس وإدارة شؤون المحاربين. "سنعمل على تنفيذ الدراسة".

☐ *نُشر هذا الخبر في مجلة: Nature, 17 April 2008*

النحاس

الرمز:	Cu
العدد الذرّي: (بروتونات في النواة)	29
الوزن الذرّي:	64



ماهيته

النحاس معدنٌ لونه مائل للاحمرار يمكن قولبته وتشكيله بسهولة، وهو أيضاً عنصر أساسي لجميع الكائنات الحية، بما فيها البشر. ونظراً لكون النحاس عنصراً، فهو لا يتحلّل ولا يمكن إتلافه (تخريبه).

كيفية استخدامه

يجري تعدين النحاس ومعالجته في الولايات المتحدة على نطاقٍ واسع. إنه يستخدم بشكلٍ أساسي كمعدنٍ أو سبيكةٍ لصنع الأسلاك الكهربائية، والمعدن المصفّح، والأنابيب، والمنتجات المعدنية الأخرى، بما فيها القطع النقدية المعدنية. كما تُستخدم مركّبات النحاس أيضاً بشكلٍ شائعٍ في الزراعة لمعالجة أمراض النبات مثل العفن الفطري. وهي تُستخدم أيضاً في معالجة المياه للقضاء على الطحالب وكمادة حافظة للخشب والجلد والأقمشة.

سيرورته في البيئة

يُعدُّ النحاس شائعاً في البيئة. وهو يظهر بشكلٍ طبيعي في الصخور والتربة والمياه والرواسب والهواء بالإضافة إلى النباتات والحيوانات. ويبلغ تركيزه الوسطي في القشرة الأرضية حوالي 50 جزءاً لكلّ مليون جزء (ppm). وتتراوح

تراكيزه في التربة عموماً بين 2 إلى 100 ppm وقد ترتفع لتصل إلى 250 ppm، ولكن ثمّة تراكيز مرتفعة بنسبة 7000 ppm قد عُثر عليها بالقرب من منشآت إنتاج النحاس. وتظهر التراكيز المرتفعة في التربة في المناطق حيث يجري التخلص من النفايات الناشئة عن معامل معالجة مياه الصرف الصحي أو التعدين وصناعات النحاس الأخرى وذلك على سطح التربة. وتشير دراساتٌ مهمّة إلى أن النحاس لا يتضاعف (يتنامى) بيولوجياً ضمن السلسلة الغذائية. وتقدّر النسبة النموذجية لتركيز النحاس في النباتات إلى نسبة تركيزه في التربة بـ0.25 (أو 25%). وتحتوي معظم النباتات على أقل من 10 ppm من النحاس ضمن قاعدة الوزن الجاف، أما التراكيز في الأطعمة الحيوانية فتبلغ من 2 إلى 4 ppm، مع منتجات الألبان التي تحتوي على أقل من 1 ppm.

وينتشر النحاس في المياه السطحية في أنحاء الولايات المتحدة الأمريكية، بتركيز وسطي في البحيرات والأنهار يعادل 4 أجزاء من بليون جزء (ppb). يستطيع النحاس في الأنظمة المائية أن يرتبط بقوةٍ بالجسيمات المعلقة ويترسب، وهو يتحول إلى صيغ لا يمكن امتصاصها بسهولة بعد التمثّل (uptake) أو الامتصاص (intake). ويماثل التركيز الوسطي في المياه الجوفية التركيز الموجود في المياه السطحية، مع وجود مستويات أعلى في المناطق التي يظهر النحاس فيها طبيعياً وبكثرة في المواد الجيولوجية. ورغم أنه يمكن للنحاس أن يرشح من خلال التربة الرملية الحامضية بعض الشيء، إلا أنه مستقر نسبياً في أغلب أنواع الترب. فهو يرتبط بقوةٍ أكبر بجسيمات التربة مما تفعله الأيونات الموجبة الأخرى الثنائية التكافؤ، وهو يترسب من مياه التربة بتشكيل مواد صلبة مع أيوناتٍ مثل الكربونات والهدروكسيد. وإن تراكيز النحاس ضمن جسيمات التربة يمكن أن تتراوح ما بين 35 و100 أو أكثر بشكل أكبر من التراكيز في المياه الموجودة في فراغات المسامات بين الجسيمات. ويوجد النحاس أيضاً في مياه الشرب، بتراكيز أمريكية تتراوح في العموم ما بين 20 إلى 75 ppb. وعلى أية حال، فالعديد من بيوت الأسر ذات تمديدات المياه القديمة تحتوي على تراكيز تفوق 1000 ppb (أو جزء لكلّ مليون ppm) وذلك لأن النحاس في الأنابيب والصنابير النحاسية ينحل ليلاً في المياه الموجودة فيها.

سيرورته في الجسم

يمكن أن يحدث التعرُّض للنحاس عن طريق استنشاق الهواء وشرب المياه وتناول الطعام، أو عن طريق تلامس البشرة مع التربة أو المياه. يتم عادةً تنظيم امتصاص النحاس بعد ابتلاعه بواسطة آليات استتبابية وذلك حتى يتم التحكّم بين توازن إدخال النحاس وطرحه. وتدل الدراسات على البشر بشكلٍ عام أن حوالي 50% من النحاس المبتلع يتم امتصاصه إلى مجرى الدم، على الرغم من أن القيم المسجّلة تتراوح ما بين 15 إلى 97%. ويتم امتصاص صيغ النحاس القابلة للانحلال بالماء بسرعةٍ أكبر من الصيغ غير المنحلة بالماء. ويتم انتقال أغلب النحاس الممتص إلى الكبد، وتنتقل كميات قليلة منه إلى العظام والأنسجة الأخرى. ورغم أنه من المعروف أن النحاس يستطيع دخول الجسم عن طريق الرئة أو الجلد، فإنه لا تتوافر معطيات كميّة حول المقدار الممتص. ويخرج النحاس من الجسم غالباً عن طريق البراز والبول. وقد يستغرق النحاس بضعة أيام حتى يغادر الجسم.

الآثار الصحية الأساسية

يُعدُّ النحاس مهمّاً لدى البشر من أجل صحةٍ جيدةٍ عموماً. ويُقدّر أن سكان الولايات المتحدة يتناولون ما بين 1 إلى 10 مليغرامات أو أكثر يومياً ضمن أنظمتهم الغذائية. وقد وصت الأكاديمية الوطنية للعلوم بتناول 2 إلى 3 مليغرامات من النحاس كجرعة إدخال آمنة وكافية يومياً. وقد تبيّن أن النحاس يتميز بتأثير دفاعي ضد التسمم

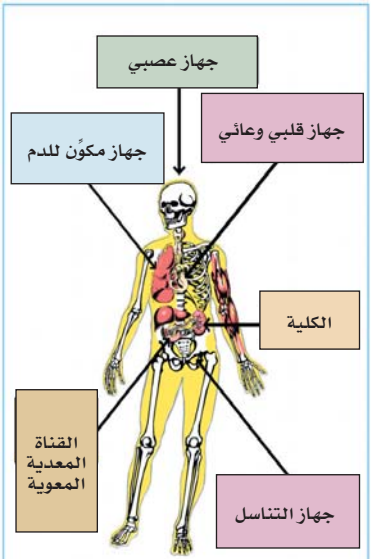
بالكادميوم، والناس الذين لا يحتوي نمطهم الغذائي على النحاس يمكن أن يكونوا أكثر تعرضاً للتأثيرات الجانبية للرصاص. يمكن أن يسبّب شرب المياه المحتوية على تراكيز بحوالي 30 ppm أو أكثر التقيؤ والإسهال وتقلصات المعدة والغثيان. ويمكن أن تسبّب الجرعات الكبيرة تلفاً للكبد أو الكلية، أو حتى الموت في حالات التعرُّض المفرط. ويعاني مرضى ويلسون Wilson خللاً وراثياً ينتج عنه تراكم النحاس في الأنسجة، بما فيها الكبد، والكلية والقرنية. وإن النحاس الفائض لدى هؤلاء الناس يمكن أن يتلف الكلية والكبد والدماغ، وأن يسبّب فقر الدم الانحلالي وآثاراً أخرى.

يمكن للتعرُّض الطويل الأمد لغبار النحاس أن يهيج الأنف والفم والعينين، ويسبّب الصداع والدوخة والغثيان والإسهال. وقد تبيّن وجود تأثيرات مضادة على رئتي الحيوانات عند تراكيز تبلغ 0.1 إلى 3 ppm في الهواء. ويمكن لدى بعض الناس أن يتسبّب تلامس البشرة مع النحاس برد فعل تحسُّسي يُطلق عليه تعبير تهيج الجلد أو الطفح. ولا توجد معطيات تشير إلى أن النحاس قد يسبّب السرطان، كما أن الوكالة العالمية لأبحاث السرطان (IARC) قد صرّحت بأنه لا يُعدُّ مادةً مسرطنة للبشر. وبالمثل، فلا تتوافر معطياتٌ تدل على أنه يسبّب عيوباً ولاديةً لدى البشر.

مدى الخطورة

تكشف وكالة الحماية البيئية (EPA) عن قيم السمّية لتقدير خطورة الآثار الصحية اللاسرطانية الناشئة عن ابتلاع المواد الكيميائية. وتُدعى القيمة السمّية المستخدمة في تقييم التأثير اللاسرطاني بالجرعة المرجعية (RfD)، وهو تقدير لأعلى جرعة يمكن أن يتم استهلاكها يومياً دونما التسبّب بتأثير لاسرطاني مضاد. فبالنسبة للنحاس، لم يتم إعطاء جرعة مرجعية رسمية ناتجة عن دراسات على السمّية. (وكما تمّ التوضيح فيما سبق، لا توجد أي دلالة على خطورة نشوء السرطان بسبب كثرة التعرُّض للنحاس، وهكذا فلم يتم تحديد عامل ميل سرطاني لهذا المعدن أيضاً).

ومن أجل المقارنة، يمكن أن تشتق الجرعة المرجعية من سوية التلوث العظمى لمياه الشرب. إن قيمة مشتقةً كهذه تفترض وجود فرد يشرب لترين من الماء يومياً بتركيز نحاس مساوٍ للمستوى المحدّد بالنسبة لمياه الشرب. ولتوضيح كيف يمكن تطبيق هذه القيمة، يمكن لشخص يزن 68 كيلوغراماً أن يبتلع 2.5 ملغرام من النحاس يومياً دونما توقع لأي تأثيرات مضادة.



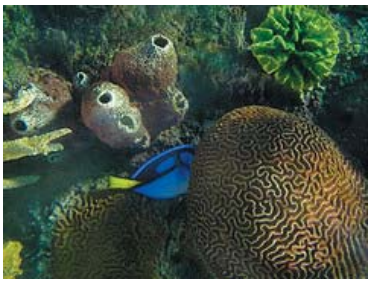
الأعضاء والأجهزة المتأثرة عند تناول النحاس عبر الطعام والماء أو الهواء

ما هي الحدود الحالية للانبعاثات البيئية والتعرُّض البشري؟

بهدف الحماية من استهلاك المياه أو المتعضيات المائية الملوثة (كالأسماك)، أوجدت EPA معياراً نوعياً للمياه يعادل 1 ppm من النحاس في البحيرات والأنهار. كما حدّدت EPA مستوى تلوث أعظمي (MCLG) يعادل 1.3 ppm من النحاس بالنسبة لمصادر مياه الشرب. وينفع هذا المعيار كمنسوب عملي، بحيث إذا كان أكثر من 10% من عيّنات مياه الصنبور تفوق هذه القيمة، فإن الأنظمة المائية ستحتاج إلى إجراءات إضافية.

لقد أرست وزارة الصحة والسلامة المهنية (OSHA) مستويات وقائية تقدر بـ 0.2 ملغرام/م^3 من دخان النحاس (البخار المتولّد من تسخين النحاس) و1.0 ملغرام/م^3 لغبار النحاس (جسيمات النحاس المعدنية الدقيقة) والسديم في هواء غرف العمل، لحماية العاملين بمعدل 8 ساعات عمل يومياً و40 ساعة عمل أسبوعياً. ويوصي المعهد الوطني للصحة والسلامة المهنية (NIOSH) بأن يكون التركيز في مكان مزاولة العمل محدوداً بـ 0.1 ملغرام/م^3 بالنسبة لأبخرة النحاس و 1.0 ملغرام/م^3 بالنسبة لسديم النحاس، وذلك بمعدل نوبة عمل مدتها 8 ساعات.

☐ *نُشر هذا الخبر في مجلة: ANL, November 2001.*



الحياة تحت قاع البحر

تزخر المحيطات بالحياة، بدءاً من المياه السطحية الممتلئة بالعوالق وحتى مغذّيات قاع البحر، ويبدو ذلك جلياً حتى في الأسفل (في الأرض). ففي السنوات الأخيرة، أوحت عدة مؤشرات بأن الحياة المكروبية يمكن أن تكون وافرة في قشرة المحيط البازلتية وعليها. ومن الناحية النظرية، فإن تفاعلات التبدّل البازلتي يمكن أن تعطي طاقة كافية لنمو غذاء ذي تركيب كيميائيٍّ ملحيٍّ chemolithoautotrophic. وحالياً، يكشف استطلاع حول قشرة قاع البحر في موقعين عن وفرة مكروبية غير متوقعة، وأن الحياة المكروبية في ركيزة الصخور العارية هذه مهيمَنٌ عليها من قبل البكتيريا. والأمر الذي يدعو للدهشة والاستغراب أن التنوع البكتيري في قشرة المحيط يمكن مقارنته مع ما هو في التربة الأرضية.

● مقتبس من مجلة Nature, 29 May 2008.

العنقاء تستعد للعمل بعد الهبوط الآمن على المريخ

بعد التباطؤ المثير عبر جو المريخ الرقيق، فإن بعثة عنقاء ناسا NASA's Phoenix تستعد للمباشرة في العمل. فقد هبطت في 26 أيار/مايو على بعد حوالي 30 كيلو متراً من موقعها المقصود (المستهدف) في سهول المريخ الشمالية. ومثّل وصولها أول هبوط هادئ وناجح على المريخ –هبوط لطيف بواسطة صواريخ ارتدادية، وذلك بالمقارنة مع وصولٍ متعثرٍ مدوٍّ ومقيَّدٍ بواسطة الأكياس الهوائية– منذ بعثة الفايكنغ 2 قبل أكثر من 30 سنة.

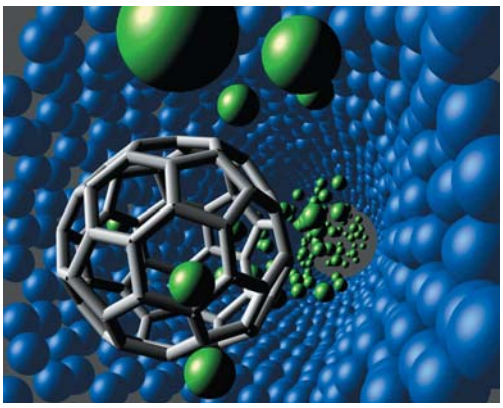
ويقول Peter Smith، المسؤول الرئيسي عن البعثة من جامعة أريزونا في توسون: "هذا حلم العالِم، تماماً في موقع الهبوط هذا"، وهو ينظر إلى الصور التي تظهر شبكات مميزة متعددة الأضلاع على السطح (يمين الصورة). ويُعدُّ هذا المثال واحداً من الأدلة التي توحي بأن ذراع حفر العنقاء ينبغي أن تكون قادرة على الكشف عن الجليد تحت السطح، إذ ربما يسجّل الجليد التغيُّرات في مناخ المريخ، ويمكن أن يحتوي جزيئات عضوية.

وسوف يقضي علماء البعثة بضعة أيام في فحص الآلات ومعايرتها قبل البدء بأخذ العيّنات من أجل مطيافية الكتلة والتحليل الكيميائي.

قد وثّق الهبوط الناجح بواسطة صورة استثنائية لمظلة الهبوط والقذيفة (انظر الصورة الصغرى)، التي أُخذت بواسطة كاميرا HiRISE على مدار متتبع مستكشف المريخ لناسا وذلك أثناء الهبوط من مسافة تقارب 760 كيلومتراً.

● مقتبس من مجلة Nature, 29 May 2008.

حبيبات الكربون تقلّل كلفة تخزين ثنائي أُكسيد الكربون



تتمثل إحدى طرق مكافحة الاحترار العالمي بحجز ثنائي أكسيد الكربون المنطلق من محطات توليد الطاقة، وذلك بحبسه في قباب مدفونة. ورغم ذلك، فإن المشكلة الكبيرة تتمثّل بأن حوالي عُشْر الغاز المُنتَج من حرق الوقود الأحفوري هو فقط غاز CO2، ومعظم ما يتبقى هو النتروجين، الذي لا يُعدُّ غاز دفيئة وليس من داعٍ لدفنه، لكن فصل الغازين يمكن أن يكون قضية مكلفة.

حالياً، يقول فريق يقوده Maciej Radosz من جامعة وايمنج في لارامي بأنهم قد صمّموا فلتراً رخيصاً يستطيع حجز 90% أو أكثر من غاز ثنائي أكسيد الكربون المنبعث من محطات توليد الطاقة. ويقول رادوس: هذه طريقة لاصطياد غاز ثنائي أُكسيد الكربون بتكلفة 20 دولاراً للطن الواحد –بمعنى أنها أقل من نصف تكلفة الطرائق المعمول بها حالياً".

إن معظم الطرق المتاحة لفصل ثنائي أُكسيد الكربون عن النتروجين غير فعّالة عند درجات الحرارة العالية والضغوط المنخفضة في وسط الغاز المتدفق. تتطلّب الطريقة المعيارية ضغط الغاز أو تبريده قبل مروره عبر غشاء أو مذيب يصطاد ثنائي أُكسيد الكربون –وهي عملية معقّدة تكلف حوالي 47 دولاراً للطن الواحد من ثنائي أكسيد الكربون المحتجَز.

يحتوي الفلتر الجديد قطعاً محضَّرة خصيصاً من الكربون بحجم رأس الدبوس تقريباً –تشبه كثيراً رواسب الفحم. ويصطاد سطح الحبيبات الكثيف المسام ثنائي أُكسيد الكربون ويرتبط معه عند درجات حرارة أعلى من 50 C^o ، في حين يسمح للنتروجين بالإفلات. ومن ثم يؤدي تسخين الكربون إلى 100 C^o إلى إطلاق CO_2 لتخزينه. ويخطط الباحثون لبدء اختبارات الفلتر في محطات توليد طاقة تعمل بالفحم المحترق في العام 2009.

ويقترح رادوس بأن الغاز المحتجَز يمكن أن يُحقَن داخل حقول النفط وعروق الفحم، وهذا ما يجعل استخلاص النفط والميثان أكثر كفاءة، ولكن العملية ما زالت غير فعّالة اقتصادياً حتى الآن.

مقتبس من مجلة NewScientist, 24 May 2008.

الميتان ...منجم تحت سطح البحر

كان قد لُقب بالجليد القابل للاشتعال، ويمكن أن يكون المصدر العالمي العظيم والأخير للوقود –المعتمد على الكربون– مفترضين أننا نستطيع أن ننقب عن هيدرات الميتان، وهي شبكات بلّورية من الجليد تحصر غاز الميتان تحت قيعان المحيط والأرض الدائمة التجمد permanent frost.

إن المشكلة الوحيدة لاستخراج هذا الميتان هي الحاجة لتذويب الجليد لجلب الغاز إلى السطح. فقد قام فريق من الجيولوجيين من كندا واليابان في العام 2002 بمحاولة حقن ماء ساخن ضمن الجليد وذلك أسفل دلتا نهر مكنزي Mckenzie في شمال كندا. وخلال تحرُّر بعض الهيدرات، تبيّن أن العملية تستهلك طاقة كثيرة.

أما في الوقت الحاضر فإن الفريق ذاته قد استخرج الميتان بكفاءة أكثر، وبدون استخدام الماء الساخن، وذلك عن طريق ضخ الهواء الخارج من فتحات المثقاب في البنيات المجمّدة. وهذا ما يُخفض الضغط، ويرفع بالتالي درجة حرارة ذوبان الجليد، وبذلك يمكن أن يُحرَّر الميتان.

إن الشركة الوطنية اليابانية للنفط والغاز والمعادن التي أعلنت نتائج التجربة، تريد استخراج 7 تريليون طن من الميتان الذي يعتقد بأنه محصور على هيئة هيدرات موجودة في المياه الساحلية اليابانية، وهي تأمل بأن يكون هذا هو الجواب لبحث مطوّل أجرته اليابان على مدى قرن للحصول على مصدر أصلي للوقود. وقد قامت الحكومة بالموافقة على خطة لاستثمار الوقود المستخرج تجارياً في غضون عقد من الزمن.

وعلى أية حال، فإن التنقيب عن الميتان هو أسهل بالقول منه بالفعل. فهناك مخاوف من أن تشويش وضع الهيدرات قد يُسبِّب انفجارات يمكن أن تُطلق كميات ضخمة من الغاز، كما حدث منذ ثمانية آلاف سنة مضت، حيث سبَّب إنطلاق طبيعي مفاجئ للغاز من قاع البحر الشمالي بالقرب من النرويج أمواج تسونامي أغرقت معظم أراضي اسكوتلاندا.

مقتبس من مجلة NewScientist, 19 April 2008.

الفطر الملتهم لليورانيوم قد ينظف ساحات المعركة

لقد تمّ اكتشاف فطر في الحدائق الخلفية لبعض المنازل قد يساعد في تنظيف غبار اليورانيوم المستنفد المُخلَّف في ساحات المعارك التي دارت في العراق والبلقان. أما في الوقت الحاضر، فإن الطريقة الوحيدة لتطهير المواقع هي في جمع شظايا الذخيرة يدوياً، ولكن هذه الطريقة تخفق في التعامل مع غبار اليورانيوم.

إن اليورانيوم المستنفد له ضعف كثافة الرصاص، وهو يُضاف إلى القذائف والطلقات فيعطيها زخماً أكثر للنفاذ إلى الأهداف وتدميرها. وإن هذه الأسلحة تقوم بنشر اليورانيوم في ساحات المعركة، حيث يمكن أن يستمر تأثيره في البيئة لعدة عقود من الزمن، ويمكن أن يسبِّب اليورانيوم-235 المتبقي في الوقود المستنفد الضرر للكلى، كما تمّ ربطه بالأذى الحاصل للأعصاب وبسرطان الرئة.

أما الآن، فيقول فريق العمل بإدارة Geoffrey Gadd، من جامعة دوندي بإنجلترا، بأن عدة أنواع شائعة من الفطر يمكن أن تنمو على اليورانيوم وتتمثّله كيمياوياً.

وقد قام ذلك الفريق بزرع هذه الفطور في المختبر مستخدماً وسطاً محتوياً على شدف من اليورانيوم المستنفد، ووجدوا أن أجزاء من الفطر المتصل بالمعدن أصبحت مكسوة (مغطاة) بمادة صفراء.

وقد أظهر ذلك عدة نماذج من فسفات اليورانيل، وهي المادة التي قال غاد بأنها "قادرة على الاحتفاظ باليورانيوم على المدى الطويل"، ولا يتفكّك اليورانيوم وفق النمط الطبيعي في هذه الأشكال. وقال أيضاً: "إن ذلك سوف يساعد في إعاقة امتصاصه من قبل النباتات والحيوانات والميكروبات". وإضافة إلى ذلك، فإن فسفات اليورانيل عديمة الذوبان في الماء، أي أن هذا سيمنع اليورانيوم المستهلك من الرشوح إلى التربة.

مقتبس من مجلة NewScientist, 10 May 2008.

الاستبدال الجزئي لتبن القمح بدريس القطف Atriplex lentiformis في عليقة عنزات الماعز الشامي

د. محمد راتب المصري، د. معتز زرقاوي،
د. خلف خليفة
هيئة الطاقة الذرّية السورية، قسم الزراعة

ملخص

غذيت عنزات الماعز الشامي إما على عليقة تقليدية مؤلفة من تبن قمح–علف مركز (شاهدة) أو على عليقة جرى فيها استبدال 35% من التبن بدريس القطف Atriplex lentiformis، مع إضافة حبوب الشعير وتخفيض مستوى العلف المركز لتشكيل عليقتين متماثلتين بالطاقة والبروتين. قدمت العليقتان اعتباراً من عمر 5 أشهر قبل التلقيح وحتى الولادة. وقد قدمت واستهلكت كميات متشابهة من الطاقة الاستقلابية والبروتين الخام من قبل العنزات في المجموعتين الشاهدة والتجريبية. كما احتوت الأوراق والشماريخ الزهرية للقطف على كمية أكبر من البروتين الخام والطاقة الاستقلابية وكمية أقل من الألياف الخام ومكونات الجدار الخلوي من السوق. بلغت قيم المادة العضوية المهضومة في دريس القطف: 516، 629، 285 غ/كغ مادة جافة لكامل الغطاء الخارجي، للأوراق مع الشماريخ الزهرية وللسوق، على التوالي؛ بالمقارنة مع قيم الطاقة الاستقلابية التي بلغت 6.01، 6.55، 3.76 ميغا جول/كغ مادة جافة. بلغت نسب النتروجين الذواب 29 و39%، والنتروجين غير الذواب 25 و28% من النتروجين الكلي في الأوراق مع الشماريخ الزهرية وفي السوق، على التوالي. كانت الأوزان الحية، وتراكيز هرمون البروجستيرون في مصل الدم، ومعدلات الحمل وطول فترة الحمل متشابهة عند العنزات المغذاة على العليقتين كلتيهما، وتشابهت أيضاً أوزان المواليد عند الولادة. يبدو أنه بالإمكان استبدال بعض من تبن القمح بدريس القطف في العلائق التقليدية المكونة من التبن والعلف المركز المقدمة لعنزات التربية بدون تأثير ضار في أدائها، الأمر الذي أدى إلى توفير في كمية العلف المركز المطلوبة.

الكلمات المفتاحية: مكون غذائي، بروتين، طاقة، تناسل، بروجستيرون، عنزة شامية.

نُشرت ورقة البحث هذه في مجلة: *Tropical Grasslands, (2007).*

تطوير أنواع خاصة من البيتون للتدريع من الأشعة باستعمال مواد محلية طبيعية ودراسة خواصها التدريعية

د. محمد حسان خريطة، موفق تقي الدين، مازن النصار، سراج يوسف
هيئة الطاقة الذرية السورية، قسم الوقاية والأمان

ملخص

تم تحضير نوعين من البيتون القياسي والمستخدم على نحو واسع في سورية (في دمشق وحلب)، وتحضير أربعة أنواع أخرى من البيتون باستخدام حصويات من مناطق مختلفة. درست الخواص التدريعية لهذه الأنواع الستة من أجل كل من أشعة غاما (الصادرة عن منابع السيزيوم-137 والكوبالت-60) ومن أجل النترونات (الصادرة عن منبع الأمريشيوم–بيريليوم). تبين أنه يمكن الحصول على نسبة تخفيض في سُمْك نصف القيمة حوالي 10% عند استخدام البيتون الدمشقي بالمقارنة مع البيتون الحلبي، من أجل كل من أشعة غاما والنترونات. كما تبين أنه يمكن الحصول على تخفيض 10% إضافية في سُمْك نصف القيمة، عند استعمال إحدى الخلطات الأربع الأخرى (من موقع راجو، أغلبها من الهيماتيت) من أجل كل من النترونات وأشعة غاما.

الكلمات المفتاحية: تدريع، خرسانة، غاما، نترونات.

نُشرت ورقة البحث هذه في مجلة: *Progress in Nuclear Energy, (2007).*

التسجيل الأول وتوزع العامل الممرض E. amylovora المسبب لمرض اللفحة النارية في سورية

د. حسان أمونة، د. محمد عماد الدين عرابي،
د. أنطونيوس الداود
هيئة الطاقة الذرية السورية، قسم البيولوجيا الجزيئية والتقانة الحيوية

ملخص

فُحصت المناطق الرئيسية لزراعة التفاحيات في سورية خلال عامي 2005 و2006 لتحديد وجود العامل الممرض E. amylovora المسبب لمرض اللفحة النارية. جمعت عينات تظهر عليها أعراض مشابهة لأعراض الإصابة بالبكتريا E. amylovora من أشجار السفرجل، الإجاص والتفاح.

تم الحصول على 75 عزلة من بكتريا E. amylovora معظمها من السفرجل وبعضها من الإجاص ولكن لم نحصل على أية عزلة من التفاح.

أبدت جميع العزلات أعراضاً مثالية لمرض اللفحة النارية عندما اختبرت على ثمار إجاص فتية كما سببت عزلتان فقط فرط حساسية متأخر عند اختبارهما على نبات التبغ.

جرى تأكيد هوية العامل الممرض بأنه E. amylovora بواسطة جهاز بلمرة الدنا الحلقي (PCR) باستخدام بادئات خاصة ومميزة لهذا المرض البكتيري. تضخم المجموعة الأولى من المرئسات شدفة من البلازميد الأصلي pEA29 بينما تضخم المجموعة الثانية شدفة خاصة بتركيب الأمبلوفوران (Amylovoran) ذي التركيب الفريد للغلاف الخارجي المتعدد السكريات والمميز لهذا العامل الممرض البكتيري.

وجد أن مرض اللفحة النارية مستشرٍ في منطقة الزبداني في ريف دمشق وهي منطقة ذات حرارة معتدلة (10-25م^0) ورطوبة نسبية مرتفعة (أعلى من 70%) خلال فترة الإزهار.

ومع ذلك، كان وجود المرض محدداً في سورية بمناطق قريبة من الحدود اللبنانية.

يعتبر هذا العمل العزل الأول والمميز لبكتريا E. amylovora في سورية.

الكلمات المفتاحية: لفحة نارية، سورية، تسجيل أول، بكتريا E. amylovora.

نُشرت ورقة البحث هذه في مجلة: *Australian Plant Pathology (2008).*

دراسة نظرية للّيزرات الصلبة المعدَّلة المضاعفة التواتر داخل الجوف المضخوخة بالديودات الليزرية

محمد الشيخ خليل، بسام عباس
هيئة الطاقة الذرية السورية، قسم الفيزياء

ملخص

قمنا في هذه الورقة بتوليد بعض المنحنيات التصميمية كالاستطاعة العظمى والطاقة وعرض النبضة ومعاملٍ واصفٍ لتناظر النبضة. اعتماداً على هذه المنحنيات والمعادلات الرياضياتية المناسبة، بيّنا كيفية تصميم ليزر مزود بمفتاح جودة منفعل وصلب معدل مضاعف التواتر داخل الجوف والتنبؤ بمميزات النبضة المتولدة.

الكلمات المفتاحية: تحويل التواتر، ليزرات صلبة، مفتاح جودة، نمذجة عددية.

نُشرت ورقة البحث هذه في مجلة: *ACTA Physical Polonica, (2008).*

مقارنة متبادلة لتقنيات توصيف مقاييس الإشعاع ذات المرشح في مجال الاشعة فوق البنفسجية

د. عصام أبو قاسم وآخرون
هيئة الطاقة الذرية السورية، قسم الوقاية والأمان

ملخص

استخدمت مقاييس الإشعاع ذات المرشح ضيقة العصابة عند الأطوال الموجية 248 نانومتراً، 313 نانومتراً، 330 نانومتراً و368 نانومتراً في عملية المقارنة بين مرافق معايرة الحساسية الطيفية (الإضاءة) في HUT (جامعة هلسنكي التقنية)، NPL (مختبر الفيزياء الوطني)، BNM-INM (المكتب الوطني للقياس–المعهد الوطني للقياس). فكانت النتائج متطابقة إلى حدٍّ ما ضمن الارتياب المحدد. بينت دقة التصنيع في عملية المقارنة البينية وجود انزياح أكبر مما هو متوقع بين سلالم الأطوال الموجية المستخدمة في المعاهد المشاركة. هذه الحقيقة لا يمكن ملاحظتها من خلال المقارنة البينية للاستجابة الطيفية أو للإنفاذية الطيفية، حيث تستخدم عينات حيادية.

الكلمات المفتاحية: مقاييس الإشعاع ذات المرشح الضيقة العصابة، حساس ذو فخ، أشعة فوق بنفسجية، إضاءة طاقية، استجابة طيفية، استجابة تكاملية، طول موجي فعّال، استجابة طيفية موزونة.

نُشرت ورقة البحث هذه في مجلة: *Institute of physics publishing, (2003).*

تحرّي العناصر الخفيفة في الفولاذ المنترد باستعمال التحليل بالتبعثر الراجع المرن

د. محمد سوقية
هيئة الطاقة الذرية السورية، قسم الفيزياء
د. محمد رومية، د. بلال نصولي
الهيئة اللبنانية للطاقة الذرّية، مخبر التحليل بالحزم الأيونية

ملخص

يصف هذا العمل قدرة تقنيات التحليل بالحزم الأيونية IBA على التحديد معاً لكل من تركيز التوزع وطيفه على العمق لبعض الشوائب الخفيفة مثل: الكربون والأكسجين والآزوت في مواد حاملة ذات عدد ذري Z كبير مثل الفولاذ غير القابل للصدأ. في الواقع، تتميز عمليات نتردة بعض المواد بإمكانية تحسين خواصها الميكانيكية ومقاومتها للاهتراء وتؤمن فوائد مختلفة بالمقارنة مع الطرائق الأخرى المستخدمة في تعديل السطوح. نُتردت غازياً وبلازمياً بعض أنواع الفولاذ (AISI-304 وH13) التي تستخدم بشكل شائع في الصناعة، بهدف تحسين صلادتها ومقاومتها للتآكل. درس تعالق التحسينات مع طيف توزع الآزوت على العمق ومع التغيرات البنيوية اللاحقة على وجه الخصوص. طبقت طريقة تشتت لا–رذرفورد (α,α) عند طاقة 5 MeV على عينات مختلفة قبل والنتردة وبعدها بهدف تحديد تجانس التركيب (الاستيكومترية) وثخانة الطبقات النتريدية السطحية الجديدة المتشكلة.

الكلمات المفتاحية: تحليل بالتبعثر الراجع، تقنيات التحليل بالحزم الأيونية، نتردة، الفولاذ AISI304، الفولاذ H13.

نُشرت ورقة البحث هذه في مجلة: *Nuclear Instruments Methods in Physics Research, (2006).*

تقييم حقن الملقح البكتيري السائل والتلقيح بالطريقة التقليدية لمحصول فول الصويا المروي بالخطوط وبالتنقيط

د. مصدق جانات، د. فواز كردعلي
هيئة الطاقة الذرية السورية، قسم الزراعة

ملخص

يعتبر فول الصويا من المحاصيل البقولية المثبتة للآزوت الجوي، إلا أنه يحتاج إلى التلقيح بالسلالات البكتيرية المثبتة للآزوت وخاصة عند زراعته في أراضٍ جديدة لم تزرع سابقاً به. وبما أن فول الصويا قد أدخل حديثاً إلى سورية فإن إجراء عملية التلقيح بسلالة البكتريا Bradyrhizobium Japonicum أمر ضروري لزيادة كفاءة تثبيت الآزوت الجوي تعايشياً. والسؤال المطروح هو: ما هي أفضل طرائق التلقيح فعالية؟

بما أن سورية من الدول التي تعاني من موضوع نقص المياه فقد تم تحري إمكانية حقن الملقح البكتيري مع مياه الري ضمن نظام الري بالتنقيط ومقارنتها بالطريقة التقليدية (تلقيح البذور). في تجربة حقلية زرعت في موسمين، قرب مدينة دمشق قورنت طريقة التلقيح البكتيري بتغليف البذور والري بالخطوط وبالتنقيط، مع التلقيح المتكرر عن طريق حقن الملقح السائل عبر نظام الري بالتنقيط (الري التسميدي الحيوي). ازدادت نسبة الآزوت المثبت حيوياً عند استخدام تقنية الري بالتنقيط بغض النظر عن طريقة التلقيح وتكراريته، كذلك فإن حقن الملقح البكتيري السائل عبر نظام الري بالتنقيط قد أدى إلى زيادة الآزوت الجوي المثبت تعايشياً.

الكلمات المفتاحية: الري بالخطوط، الري بالتنقيط، الري التسميدي الحيوي، طريقة التخفيف النظيري.

نُشرت ورقة البحث هذه في مجلة: Agrochimica (2007).

تقدير التبخر والجريان العائد من الري في النطاقات الجافة باستخدام نسب النظائر المستقرة وتحليل ميزان ـ كتلة الكلور: حالة نهر الفرات، سورية

د. زهير قطان
هيئة الطاقة الذرية السورية، قسم الجيولوجيا

ملخص

تم قياس نسب النظائر المستقرة (^{18}O و^{2}H) إلى جانب قيم الناقلية الكهربائية (EC) وتراكيز الكلور بشكلٍ شهري، عند 12 محطة على طول مجرى نهر الفرات في الجزء السوري خلال الفترة 2004-2005. تزداد نسب النظائر المستقرة بشكلٍ نظامي بزيادة المسافة أسفل النهر، مع وجود لأهم غنىً معنوي عند بحيرة الأسد. يمكن أن تعزى هذه الزيادة النظامية إلى: (1) التبخر من النهر وروافده و(2) جريانات صرف الري العائدة عبر نظام المياه الجوفية. ووفق قاعدة الإغناء التكاملي لتراكيز النظائر المستقرة في مياه النهر، قدرت كمية فقد المياه بالتبخر من بحيرة الأسد بحوالي 1.93-2.15 مليار م^3، باستخدام ^{18}O و^{2}H، على التتالي. استناداً إلى ميزانية الكلور، تتغير مركبة دخل المياه الجوفية عبر سرير النهر، المحسوبة من أجل الجريان العائد للصرف، مكانياً من 70% إلى أقل من 1%، تبعاً لشدة نشاطات الري المنفذة على طول مجرى النهر.

الكلمات المفتاحية: هيدرولوجيا، نظائر مستقرة، تبخر، نهر الفرات، سورية.

نُشرت ورقة البحث هذه في مجلة: Journal of Arid Environments (2007).

امتزاز بنفسجي الميثيل والأزرق الساطع على أغشية من البولي ڤينيل الكحول المطعم بحمض الاكريليك والڤينيل إميد ازول

زكي عجي
هيئة الطاقة الذرية السورية، دائرة تقانات البوليميرات
علي العلي
هيئة الطاقة الذرية السورية، قسم تكنولوجيا الإشعاع

ملخص

طعمت أفلام من البولي ڤينيل الكحول بمونوميرين، حمض الأكريليك والڤينيل إميد أزول، باستخدام أشعة غاما. دُرست قابلية هذه الأغشية لامتزاز الأصبغة، بنفسجي الميثيل والأزرق الساطع، وأظهرت النتائج بأن الأغشية غير المعالجة والمعالجة قلوياً تمتص بنفسجي الميثيل ولكنها لا تمتص الأزرق الساطع وبالعكس فإن الأغشية المعالجة حمضياً تمتص الأزرق الساطع ولا تمتص بنفسجي الميثيل. يشير ذلك إلى إمكانية استخدام هذه الأغشية في فصل كلا الصباغين كما وُجد أن كمية الصباغ المنزوع تزداد مع ازدياد درجة التطعيم.

الكلمات المفتاحية: حمض الأكريليك، N- ڤينيل إميد أزول، بولي ڤينيل الكحول، تطعيم إشعاعي، قبط صباغي، بنفسجي الميثيل، أزرق ساطع.

نُشرت ورقة البحث هذه في مجلة: Nuclear instruments and Methods in Physics Research, (2007).

امتصاص إشعاع ليزر CO_2 من داخل المجاوب بوساطة غازات الكلوروفلوروكربون (CFC)

شريف الحواط
هيئة الطاقة الذرية السورية، قسم الفيزياء

ملخص

طبقت طريقة الامتصاص من داخل المجاوب الليزري لتحديد معاملات الامتصاص لكل من غاز ثلاثي كلوروفلوروكربون CCl_3F (CFC-11)، وثنائي كلوروثنائي فلوروكربون CF_2Cl_2 (CFC-12)، وكلوروثنائي فلوروكربون $CHClF_2$ (CFC-22) بدلالة ضغط الغاز في الخلية داخل التجويف لليزر CO_2 القابل للتوليف على خطوط طيفية مختلفة من الفرعين 9R و10P.

قيست استطاعة خرج الليزر بدلالة ضغط الغاز عند خطوط طيفية مختلفة من الفروع 10P, 10R, 9P, 9R لانتقالات جزيئة CO_2. لوحظ وجود امتصاص شديد على الخطوط من الفرعين 9R و10P، بينما كشف عن وجود امتصاص ضعيف على الخطوط من الفرعين 9P, 10R.

اقتصر حساب معاملات الامتصاص على الفرعين 9R و10P بفعل التغير المهتز لاستطاعة خرج ليزر CO_2 بدلالة ضغط CFC، الحاصل على الخطوط من الفرعين 9P و10R.

وعلى أساس معاملات الامتصاص الناتجة، حسبت المقاطع العرضية للامتصاص للغاز CFC-12 وقورنت مع المقاطع العرضية للامتصاص المتوفرة من تجربة سابقة (حيث كانت الخلية واقعة خارج التجويف أو المجاوب)، ومع المقاطع المأخوذة من قاعدتي البيانات NIST وHITRAN على التوالي.

يمكن أن تكون المعطيات الناتجة مفيدة في الكشف عن غازات CFC كملوثات في الغلاف الجوي.

الكلمات المفتاحية: امتصاص داخل المجاوب، ليزر CO_2 قابل للتوليف، الكلوروفلوروكربون.

نُشرت ورقة البحث هذه في مجلة: Optics and lasers in Engineering, (2008).

تأثير أشعة غاما على تفكيك مادة الأفلاتوكسين B1 في بعض المحاصيل الغذائية والعلفية

د.إياد غانم، مالك العرفي، معتصم شما
قسم البيولوجيا الجزيئية والتقانة الحيوية، دائرة السميات هيئة الطاقة الذرّية السورية

ملخص

لقحت عينات معقمة من مواد غذائية (الأرز والذرة والفول السوداني، والفستق الحلبي المقشور، وغير المقشور)؛ وعينات من مواد علفية (الذرة والنخالة والشعير) بمعلق بوغي 10^6 من فطر Aergillus Flavus القادر على إفراز الأفلاتوكسين B1. شععت العينات بالجرعات 4 و6 و10 كيلوغراي من أشعة غاما، ثم قدر تركيز الأفلاتوكسين في العينات قبل التشعيع (شاهد) وبعده.

أشارت النتائج إلى أن تفكك الأفلاتوكسين قد تناسب طرداً مع ازدياد جرعة أشعة غاما المطبقة لكل مادة من المواد المختبرة، فمثلاً عند الجرعة 4 كيلوغراي كانت نسب تفكك الأفلاتوكسين 8.4% و9.7% و16.6% و23.5% و34.9 لكل من الفول السوداني، والفستق الحلبي المقشور، وغير المقشور، والذرة الصفراء، والأرز، على التتالي. في حين وصلت نسبة تفكك الأفلاتوكسين في المواد الغذائية المختبرة عند تعريضها لجرعة 10 كيلوغراي أعلى قيمة لها، حيث بلغت 58.6%، و68.8%، و84.6%، و81.1%، و87.8% لكل من الفول السوداني، والفستق الحلبي المقشور، وغير المقشور، والذرة الصفراء، والأرز، على التتالي. في العينات العلفية كانت نسب تفكك الأفلاتوكسين في الشعير 45% و66% و90% وفي النخالة 47% و75% و86%، في حين كانت هذه النسب 31% و72% و84% في الذرة العلفية من أجل الجرعات 4 و6 و10 كيلوغراي على التتالي.

تناسب تفكك الأفلاتوكسين B1 في العينات المشعة عكساً مع محتوى المادة المشعة من الزيت، ففي حين لم تزد أعلى نسبة تفكك للأفلاتوكسين عن 58.6% في الفول السوداني الذي يحتوي على أعلى نسبة من الزيت، كانت أعلى نسبة تفكك للأفلاتوكسين 56.6%، في حين وصلت أعلى نسبة تفكك للأفلاتوكسين في الذرة، والتي احتوت على أعلى نسبة من الزيت، إلى 80%.

تشير هذه النتائج إلى إمكانية استخدام أشعة غاما كوسيلة لتحطيم الأفلاتوكسين في الحبوب الغذائية والعلفية إلى نسب أقل من النسب المسموح بها في هذه المواد وذلك باستخدام جرعة من أشعة غاما أقل من الحد الأعظمي المسموح باستخدامه لهذه المواد وهي 10 غراي.

الكلمات المفتاحية: أفلاتوكسين، أشعة غاما، تحطيم، مواد غذائية وعلفية.

☐ تقرير مختصر عن دراسة علمية مخبرية أُنجزت في قسم البيولوجيا الجزيئية والتقانة الحيوية – هيئة الطاقة الذرّية السورية.

استخدام نبات الدفلة كمراكم حيوي للنكليدات المشعة والعناصر النزرة في الهواء الجوي (السقط الجوي)

د.محمد سعيد المصري، د. يوسف مسلماني، كامل الخرفان، كمال الشمالي، حسام خليلي
قسم الوقاية والأمان، هيئة الطاقة الذرية السورية

ملخص

جرى في البحث الحالي دراسة إمكانية استخدام نبات الدفلة كمراكم حيوي للنكليدات المشعة والعناصر النزرة في الهواء الجوي لمراقبة تلوث الهواء في المدن السورية. جمعت عينات من أوراق الدفلة (الفتية والقديمة والمتساقطة) وأزهارها بالإضافة إلى العوالق

الهوائية والتربة السطحية من مواقع عديدة في كل من دمشق وحلب وطرطوس واللاذقية وتدمر وذلك على أربع مراحل خلال العامين 2005 و2004. حللت العينات كيميائياً لتعيين Cd, Pb, Zn, Cu وإشعاعياً لتعيين ^{137}Cs و^{210}Pb و^{210}Po. دلت النتائج أن تراكيز العناصر النزرة والنكليدات المشعة المدروسة مرتفعة في الأوراق القديمة والمتساقطة، وكانت أعظمية في العينات التي جمعت من مواقع قريبة من المناطق الصناعية مما يدل على أن أوراق الدفلة تراكم هذه العناصر. وعلاوة على ذلك، ازدادت تراكيز العناصر المدروسة وخاصة الرصاص في أوراق الدفلة كلما ازداد عمر الأوراق. بالإضافة إلى ذلك، لوحظت تغيرات في قيم التراكيز على مدار العام عزيت إلى عمليات الغسل بفعل مياه الأمطار أو إعادة تعلق التربة بفعل الرياح. وعلاوة على ذلك، عولجت النتائج إحصائياً لتعيين معاملات الارتباط الخطية بين تراكيز العناصر المدروسة في العينات المختلفة، حيث لوحظت علاقة خطية بين تركيز الرصاص في العوالق الهوائية والأوراق القديمة والمتساقطة. على أية حال، واعتماداً على النتائج التي تم الحصول عليها، تعد الدفلة مراكمات حيوية للعناصر النزرة والنكليدات المشعة.

الكلمات المفتاحية: دفلة، مراكم حيوي، سقط جوي، نكليدات مشعة، معادن نزرة.

تقرير مختصر عن دراسة علمية مخبرية أُنجزت في قسم الوقاية والأمان – هيئة الطاقة الذرّية السورية.

دراسة عامة للمطيافية الضوئية الغلفانية

د. أحمد اللطيف

قسم الفيزياء، هيئة الطاقة الذرية السورية

ملخص

تعتبر المطيافية الغلفانية تقنية بسيطة نسبياً وحساسة لقياس أطياف ذرية وجزيئية غاية في الدقة. ويتم الحصول على الإشارة الغلفانية من خلال تغير تيار الانفراغ في انفراغ غازي منخفض الضغط وذلك بعد امتصاص ضوء ليزري ذي طول موجة مناسبة من قبل بلازما الانفراغ. هذه التقنية تمكننا من دراسة أطياف الذرات والجزيئات المثارة والمتأينة، كما أنها وسيلة دقيقة لقياس طول الموجة الليزرية.

جرى في هذه الدراسة التطرق للمطيافية الغلفانية بشكل عام كنشوئها وتطورها التاريخي، وآلية إنتاج الإشارة وطرق قياسها. كما تم عرض كيفية إجراء قياسات فائقة الدقة بواسطة مطيافية الإشباع وأهم الاستخدامات التي تميز هذه المطيافية. من المعروف أن هذه التقنية المطيافية تضاهي التقنيات الضوئية الكلاسيكية من حيث النتائج ودقة القياس وتتميز عنها ببساطة تجهيزاتها المخبرية وقلة كلفتها وكذلك تخلصها من التشويش الضوئي.

الكلمات المفتاحية: مطيافية غلفانية ضوئية، مطيافية الإشباع، مطيافية خالية من تعريض دوبلر، مطيافية فائقة الدقة، امتصاص ضوء الليزر.

تقرير مختصر عن نشرة علمية توضيحية أُنجزت في قسم الفيزياء – هيئة الطاقة الذرّية السورية.

استخدام السوائل النافذة في الكشف عن العيوب في المشغولات المعدنية

د. وفيق حرارة، محمد أفغاني، أسامة جرادة
قسم الخدمات العلمية، دائرة الاختبارات اللاإتلافية، هيئة الطاقة الذرية السورية

ملخص

تضمن التقرير قسمين: الأول هو القسم النظري، وضم ثلاثة فصول، حيث حوى الفصل الأول شرحاً مفصلاً للمبادئ الفيزيائية للاختبار بالسوائل النافذة، وحوى الفصل الثاني كيفية إجراء الاختبار بالسوائل النافذة، وحوى الفصل الثالث تجهيزات الاختبار بالسوائل النافذة وتصنيفها، بينما ضم القسم الثاني، وهو القسم العملي تجربتين بالسوائل النافذة، الأولى اختبار عينة عيارية معلومة الانقطاعات والثانية اختبار عينة مجهولة الانقطاعات وتم اختبار كلتيهما بالسوائل النافذة الملونة القابلة للإزالة بمذيب.

الكلمات المفتاحية: سائل نافذ، انقطاع، مُحلّ، مُظهر، ضوء أسود.

☐ تقرير مختصر عن دراسة علمية مخبرية أُنجزت في قسم الخدمات العلمية – هيئة الطاقة الذرّية السورية.

تصميم حجرة تبخير مخبرية وتصنيعها لمشروع فصل النظائر المستقرة بالليزر

د. بسام معصراني، د .عبد القادر جزماتي، د. أنس الخوام
قسم الفيزياء، هيئة الطاقة الذرية السورية

ملخص

لقد جرى تصميم حجرة تبخير مخبرية وتصنيعها لمشروع فصل النظائر المستقرة بالليزر. كما تم اختبار الخلاء (diffusion pump) 10 ملي بار باستخدام مضخة انتشارية – حيث تم الوصول إلى درجة خلاء من مرتبة 7 مزودة بمصيدة آزوت سائل. تتضمن هذه الحجرة نوافذ متعددة من أجل تركيب مقياس زمن الطيران ومقياس الثخن ومقاييس الخلاء ومرور أشعة الليزر إلى داخل الحجرة ونوافذ أخرى من أجل المراقبة.

الكلمات المفتاحية: إتيربيوم تبخير، حجرة عالية، خلاء: Yb، تخلية مضخات.

☐ تقرير مختصر عن عمل تقني أُنجز في قسم الفيزياء – هيئة الطاقة الذرّية السورية.

بناء مُداخِل فابري-بيرو واختباره لقياس العرض الطيفي لليزرات الضيقة الإصدار الطيفي

د. علاء الدين منيع
قسم الفيزياء، هيئة الطاقة الذرية السورية

ملخص

يعرض هذا التقرير وصفاً لتصميم مُداخِل فابري–بيرو وبنائه المُعد لقياس العرض الطيفي لليزرات المرئية وبدقة طيفية أفضل من

0.04 سم$^{-1}$. استخدم هذا الجهاز المخبري في توصيف العرض الطيفي لليزر الصباغي المبني محلياً.

الكلمات المفتاحية: مُداخِل فابري–بيرو، أهداب التداخل، ليزر صباغي، دقة طيفية، مجال طيفي مرئي.

تقرير مختصر عن عمل تقني أُنجز في قسم الفيزياء – هيئة الطاقة الذرّية السورية.

التمييز بين اليورانيوم المنضَّب والطبيعي باستخدام التحليل بالتنشيط النتروني الآلي

د. خالد حداد

قسم الهندسة النووية، هيئة الطاقة الذرية السورية

ملخص

تم في هذا العمل تطوير طريقة جديدة للتمييز بين اليورانيوم الطبيعي واليورانيوم المنضَّب. شُعِّعت آثار من اليورانيوم الطبيعي واليورانيوم المنضَّب بشكل منفصل، وقيست النسب $^{95}Zr/^{103}Ru$, $^{239}Np/^{103}Ru$, $^{239}Np/^{95}Zr$. أظهرت النتائج أن هذه النسب حساسة جداً للتركيب النظيري لليورانيوم ولطيف نترونات التشعيع ويمكن استخدامها كمؤشر على التركيب النظيري. إنَّ هذه النسب مستقلة عن التوازن الطبيعي لـ^{238}U مع بناته. كما حُللت بهذه الطريقة عينات تمر وكمأة. حيث تبين أن محتوى هذه الثمار من اليورانيوم أقل من حد الكشف.

الكلمات المفتاحية: يورانيوم طبيعي، منضَّب، ^{103}Ru, ^{95}Zr, ^{239}Np ، تركيب نظيري.

تقرير مختصر عن بحث علمي أُنجز في قسم الهندسة النووية – هيئة الطاقة الذرّية السورية.

برنامج حاسوبي لأتمتة عملية توزيع المنابع في محطة التشعيع

هارون القصيري

قسم تكنولوجيا الإشعاع، دائرة تشغيل وحدات الأشعة، هيئة الطاقة الذرية السورية

د. بشار عبد الغني

قسم الخدمات العلمية، هيئة الطاقة الذرية السورية

ملخص

تم إجراء محاكاة حاسوبية باستخدام لغة "VISUAL BASIC" لحساب توزع الجرعة في محطة التشعيع في دير الحجر بشكل فراغي وفقاً لتوزع منابع كوبالت-60 المحملة في حامل المنابع وشدتها. يمكّن البرنامج من حساب توزع الجرعة في المنتجات المعالجة في المحطة حسب كثافة المنتج وحسب الجرعة المطلوبة. يمكن استخدام البرنامج في اختيار التوزيع الأفضل للمنابع عند تحميلها. أبدت القيم المحسوبة وفق البرنامج توافقاً جيداً مع القيم التجريبية المقيسة.

الكلمات المفتاحية: كوبالت-60، قياس الجرعة، توزع الجرعة، محاكاة حاسوبية.

تقرير مختصر عن دراسة حاسوبية في قسم تكنولوجيا الإشعاع وقسم الخدمات العلمية – هيئة الطاقة الذرّية السورية.

تحليل نتائج برنامج ضمان الجودة في التشخيص الإشعاعي الطبي في المشافي الحكومية في محافظات المنطقة الجنوبية من سورية

د.محمد حسان خريطة، محمد سليمان خضر، كرم محمد ونوس
قسم الوقاية والأمان، هيئة الطاقة الذرية السورية

ملخص

لقد تم في هذه الدراسة إجراء تقييم شامل لعمل أجهزة الأشعة السينية المستخدمة في التصوير والتنظير الإشعاعي الطبي من خلال تطبيق إجراءات ضبط الجودة المعتمدة في الهيئة واختباراتها. وتبين من تحليل النتائج أن غالبية الأجهزة تعمل وفق المعايير المعتمدة بينما بلغت نسبة الأجهزة التي تحتاج إلى إصلاح ومعايرة قيمة قدرها 21.6% للتصوير، ونسبة قيمتها 36.8% للتنظير. وتوضح ضرورة تطبيق برنامج ضبط جودة شامل لكافة أجهزة الأشعة الموجودة في القطر وخاصة في المحافظات البعيدة عن دمشق لمعرفة دقة عملها ووضع التوصيات اللازمة لمعايرتها وإصلاحها.

الكلمات المفتاحية: تصوير وتنظير إشعاعي، ضبط الجودة، معايير معتمدة، معايرة.

☐ تقرير مختصر عن دراسة علمية مخبرية أُنجزت في قسم الوقاية والأمان – هيئة الطاقة الذرّية السورية.

دراسة الاستجابة المناعية وفوعة الإصابة بالبروسيلا عند الفئران

د. أيمن المريري
قسم البيولوجيا الجزيئية والتقانة الحيوية، دائرة الميكروبيولوجيا والمناعيات،
هيئة الطاقة الذرية السورية

ملخص

لوحظ أن السلالات الثلاث الموهنة للبروسيلا لها فترة بقيا أقل من السلالات المفوعة. كما لوحظ أن الحقن الصفاقي، أو العضلي، أو تحت الجلد، لسلالات البروسيلا أدى إلى استمرار البكتيريا لفترة أطول من فترة بقائها عقب الإعطاء الفموي أو الأنفي، بينما كانت النتائج متشابهة بالنسبة للسلالات الموهنة مهما كانت طريقة إحداث الخمج. كما لوحظ أن الحقن الصفاقي يحرض حماية ضد البروسيلا أفضل من الحقن الفموي، وأن الحماية الفُضلى تكون إذا تم الحقن بعد ثمانية أسابيع وليس بعد أربعة أسابيع من الإصابة.

الكلمات المفتاحية: بروسيلا ضأنية، بروسيلا مجهضة، فوعة، موهنة، حماية، فئران.

☐ تقرير مختصر عن بحث علمي أُنجز في قسم البيولوجيا الجزيئية والتقانة الحيوية – هيئة الطاقة الذرّية السورية.

SOUTHERN PROVINCES OF SYRIA.

M. H. KHARITA , M. S. KHEDR, K. M. WANNUS

Department of Protection and Safety, Atomic Energy Commission, P.O. Box 6091, Damascus, Syria

This Study covered comprehensive evaluation for diagnostic radiography and fluorography equipment used in medicine by applying SAEC quality control rules. The results showed that most of considered x-ray equipment have an acceptable performance but few reached 21.6% in radiography and 36.8% in fluorography need repair and recalibration. Also recommendations and guidance for repair and preventative maintenance are required and quality assurance program should be applied in all diagnostic radiology institutions in Syria.

Key Words: radiography , fluorography , quality control , SAEC quality control rules , recalibration

IMMUNE RESPONSES AND VIRULENCE STUDY AGAINST INFECTION BY BRUCELLA (B. MELITENSIS, B. ABORTUS) IN MICE (CD1, BALB/C, SWISS).

A. AL-MARIRI

Department of Molecular Biology and Biotechnology, Atomic Energy Commission, P. O. Box 6091, Damascus, Syria

Firstly, we confirmed that the three attenuated strains are less persistent in mice than fully virulent strains B. abortus and B. melitensis. The persistence of Brucella ssp was longer when we stimulated the infection using the intraperitoneal or intramuscular or subcutaneous route comparing with intragastric or intranasal route. Concerning the attenuated strains, no difference was observed whatever the route of infection. We observed that the intraperitoneal injection allowed a better protection comparing with the intragastric administration, when Brucella ssp was used for the challenge.

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

MEASURING NARROW LINEWIDTH LASERS

A. A. MANI
Department of Physics, Atomic Energy Commission, P. O. Box 6091, Damascus, Syria

In this report discribed the realization of a Fabry-Perot interferometer dedicated for measuring laser spectral resolutions better than 0.04 cm-1 in the visible spectral range. This instrument is employed for spectral chracherization of the laboratory-build dye lasers.

Key Words: Fabry-Perot interferometer, interference fringes, dye laser, spectral resolution, visible spectral range.

DISTINCTION BETWEEN NATURAL & DEPLETED URANIUM USING INSTRUMENTAL NEUTRON ACTIVATION ANALYSIS

KH. HADDAD
Department of Nuclear Engineering, Atomic Energy Commission, P. O. Box 6091, Damascus, Syria

A convenient method to discriminate between natural and depleted uranium samples was developed in this work. Traces of natural and depleted uranium were irradiated separately and the ratios of 95Zr/103Ru, 239Np/95Zr, 239Np/103Ru were measured. The results show that these ratios can be used as indicators of the uranium isotopic composition of the sample. These ratios are independent of the secular equilibrium of the 238U with its daughters in the sample and indicate the isotopic composition for trace amounts. Date and truffle samples has been analysed also using this method. Results show that the uranium content in this product was less than the detection limit.

Key Words: Natural, depleted uranium, 239Np, 95Zr,103Ru, isotopic composition.

COMPUTER PROGRAM FOR SOURCE DISTRIBUTION PROCESS IN RADIATION FACILITY

H. ALKASSIRI, B. ABDUL GHANI
Department of Radiation Technology, Atomic Energy Commission, P.O. Box 6091, Damascus, Syria

Computer simulation for dose distribution using VISUAL BASIC has been done according to the arrangement and activities of C0-60 sources. This program provides dose distribution in treated products depending on the product density and desired dose. The program is useful for optimization of sources distribution during loading process. There is good agreement between calculated data fro the program and experimental data

Key Words: Cobalt – 60; dosimetry; dose distribution; computer simulation.

THE QUALITY ASSURANCE PROGRAM DATA ANALYSIS FOR DIAGNOSTIC RADIOLOGY IN GOVERNMENT HOSPITAL IN

Optogalvanic Spectroscopy (OGS) is a sensitive and relatively simple technique for detecting and recording high resolution spectra of atoms and molecules. The signal results due to the change of impedance in a low-pressure gas discharge induced by the absorption of laser radiation in the discharge tube. The OGS allows the study of exited and ionized atoms and molecules and provides a convenient and accurate means for wavelength calibration.

The Optogalvanic Spectroscopy Technique has been reviewed in this work. Such aspects as the historical development of this technique, the physical mechanism producing the signal and the detecting methods have been depicted. The present study explains some high resolution Doppler free techniques and some other spectroscopic applications. This Technique is considered to have more advantages than other spectroscopy techniques because of the simplicity of its experimental equipment, inexpensive equipment, and making the optical noise irrelevant.

Key Words: Saturation spectroscopy, optogalvanic spectroscopy, Doppler free spectroscopy, high resolution spectroscopy, laser absorption.

LABORATORIAL SCIENTIFIC STUDY ON LIQUID PENETRANT TESTING OF METALLIC PRODUCTS

W. HARARA, M. AFGHANI, U. JARADEH

Department of Scientific Services, Atomic Energy Commission, P. O. Box 6091, Damascus, Syria

The report contains 2 parts. The first part which is the theory part contains 3 chapters.

The first chapter contains the physical principles of the liquid penetrant testing.

The second chapter contains how to do the test.

The third chapter contains the liquid penetrant testing equipments and their classification.

The second part is the experiment part.

Key Words: Liquid penetrant, Discontinuity, Solvent, Developer, Black light.

DESIGN AND CONSTRUCTION OF A LABORATORY EVAPORATION CHAMBER FOR LASER STABLE ISOTOPE SEPARATION PROJECT

B. MASSARANI, A. K. JAZMATI, A. AL-KHAWWAM

Department of Physics, Atomic Energy Commission, P. O. Box 6091, Damascus, Syria

A laboratory chamber for the laser isotope separation project has been designed and constructed. A 10-7 mbar pressure has been obtained using ILMVAC diffusion pump equipped with liquid nitrogen trap. The chamber has several ports for attaching different devices, such as, time of flight device, thickness meter, vacuum gauges, laser windows and other purposes.

Key Words: High Vacuum, Evaporation Chamber, Ytterbium metal, Vacuum pumps

BUILDING AND TESTING A FABRY-PEROT INTERFEROMETER FOR

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

increase in the applied dose of gamma ray for each tested sample. At a dose of 4 KGy percentages of aflatoxin B1 degradation were 8.4, 9.7, 16.6 and 23.5, and 43.97% for peanuts, peeled pistachios, unpeeled pistachios, corn and rice, respectively. Whereas, at a dose of 10 KGy percentages of aflatoxin degradation reached highest values at 58.6, 68.8, 84.6, 81.1 and 87.8% for peanuts, peeled pistachios, unpeeled pistachios, corn and rice, respectively. In feed samples percentages of aflatoxin degradation were 45, 66, and 90% in barley, 47, 75, and 86% in bran, and 31, 72, and 84% in corn for the doses of 4, 6, and 10 KGy, respectively. Aflatoxin degradation in food samples correlated negatively with oil content in irradiated samples. Thus, in peanuts, which cantained the highest oil content, percentage of aflatoxin degradation at 10 KGy was not more than 56.6%, whereas, the corresponding value in corn, which contained the highest oil content, reached as high as 80%. The above results indicate the possibility of using gamma radiation as a means of degradation of aflatoxin B1 in food and feed crops to levels lower than the maximum allowed levels.

Key Words: Aflatoxin B1, Food and feed, Gamma radiation, degradation.

THE USE OF NERIUM OLEANDER AS BIOMONITOR FOR RADIONUCLIDES AND TRACE ELEMENTS IN ATMOSPHERIC DEPOSITION

M. S. AL-MASRI, Y. MESLMANI, K. KHARFAN, K. ALSHAMALI, H. KHALILY

Department of Protection and Safety, Atomic Energy Commission, P.O. Box 6091, Damascus, Syria

The possibility of using Nerium Oleander as biomonitor for radionuclides and trace elements in air for monitoring air pollution in Syrian cities has been studied. Nerium oleander leaves (old, young and fallen) and flowers in addition to air particulates and surface soil from different locations in Damascus, Aleppo, Tartouse, Lattakia and Palmyra have been collected. The samples were collected for four period during 2004 and 2005. The samples were chemically analyzed to determine ^{137}Cs, ^{210}Pb and ^{210}Po. The results have shown high concentrations of the studied trace elements and radionuclides in old and fallen leaves; the highest concentrations were found to be in those samples collected from sites close to industrial areas. These findings indicate that the leaves of nerium oleander accumulate these elemnts. In addition, the studied elements concentration and especially Pb increased in nerium oleander leaves with leaves age. Moreover variation observed during the year are due to washing by rain water or resuspension by wind. The results have been statisically analyzed to determine the liner correlation coefficient between the studied element in different samples. A liner relation ship between Pb concentration in air particulates and old and fallen leaves has been observed. However, based on the obtained results, the Nerium Oleander can be used as biomonitors for trace elements and radionuclides.

Key Words: Nerium Oleander, Biomonitor, Fallout, Radionuclides, Trace element.

REVIEW STUDY OF OPTOGALVANIC SPECTROSCOPY TECHNIQUE

A. AL-LATIF

Department of Physics, Atomic Energy Commission, P. O. Box 6091, Damascus, Syria

Poly(vinyl alcohol) films were grafted with two monomers using gamma radiation, acrylic acid and N-vinyl imidazole. The ability of these membranes to adsorb the dyes, methyl violet and brilliant blue, has been investigated. The data show that untreated or alkali treated membranes adsorb methyl violet, but they did not adsorb brilliant blue. In contrast, acidic treated membranes do adsorb brilliant blue, and did not adsorb methyl violet. This indicates that these membranes could be used for the separation of both dyes. Also it was found that the dye uptake increases with the increase in the degree of grafting.

Key Words: Acrylic acid; N-vinyl imidazole; Poly(vinyl alcohol); Radiation grafting; dye uptake; methyl violet; brilliant blue.

INTRACAVITY ABSORPTION OF CO_2 LASER RADIATION BY CHLOROPHLUOROCARBON (CFC) GASES

SH. HAWATT

Department of Physics, Atomic Energy Commission, P. O. Box 6091, Damascus, Syria

Intracavity absorption method was applied to determine the absorption coefficients of trichlorofluorocarbon CCl_3F (CFC-11), dichlorodifluorocarbon CF_2Cl_2 (CFC-12) and chlorodifluorocarbon CHClF2 (CFC-22) vs. the pressure in the cell inside the cavity of a tunable CO2 laser at different spectral lines on branches 9R and 10P.

The laser output power was measured vs. the gas pressure at different spectral lines on branches 9R, 9P, 10R and 10P of CO_2 molecule transitions. A strong absorption was observed for lines of 9R and 10P branches, whereas a weak absorption was noticed for lines of 9P and 10R branches.

The calculation of absorption coefficients was restricted for 9R and 10P due to the oscillating variation of the output power of CO_2 laser vs. the CFC pressure, which was occurred for the lines of 9P and 10R.

On the basis of absorption coefficients, the absorption cross sections for CFC- 12 were calculated and compared with the absorption cross sections found from the previous experiment (where the cell was located outside the cavity), NIST and HITRAN databases, respectively.

The obtained data could be useful for CFC gases detection as pollutants in the atmosphere.

Key Words: Intracavity absorption, Tunable CO_2 laser, Chlorofluorocarbons.

REPORTS

EFFECT OF GAMMA RADIATION ON THE INACTIVATION OF AFLATOXIN B1 IN FOOD AND FEED CROPS

I. GHANEM, M. ORFI, M. SHAMMA

Department of Molecular Biology and Biotechnology, Atomic Energy Commission, P. O. Box 6091, Damascus, Syria

Samples of food crops (peanut, peeled pistachio, unpeeled pistachio, rice, and corn) and feed (barley, bran, corn) were autoclave-sterilized, and inoculated with 106 of spore suspension of an isolate of Aspergillus flavus fungus known to produce aflatoxin B1 . Food and feed samples were irradiated with gamma radiation at the doses 4, 6, and 10 kGy. Results indicated that degradation of Aflatoxin B1 was positively correlated with the

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

Soybean in a naturally N2-fixing legume, but it needs artificial inoculation with appropriate strains of rhizobia when introduced to land not previously cultivated to the crop. As soybean is being introduced to Syria, inoculation with Bradyrhizobium japonicum is essential to ensure effective biological nitrogen fixation by the crop. The question is: what is the most effective mean of inoculation?.

As Syria is a water-short country, we examined the possibility of applying the rhizobial inoculant in irrigation system (Biofertigation) in contrast with the conventional seed pelleting application. In a 2 year experiment at a research station near Damascus, we compared seed pelleting of the inoculant under furrow and drip irrigation, with repeated inoculation by injection of a liquid culture rhizobial inoculum through the drip system. Drip irrigation enhanced N_2 fixation by soybean regardless of inoculation technique and repeated inoculation. Injection of the liquid rhizobial inoculum through drip irrigation system waas shown to enhances the acquisition of atmospheric N_2 and improve N_2 fixation by soybean.

Key Words: furrow irrigation, drip irrigation, Biofertigation, ^{15}N isotope dilution

ESTIMATION OF EVAPORATION AND IRRIGATION RETURN FLOW IN ARID ZONES USING STABLE ISOTOPE RATIOS AND CHLORIDE MASS-BALANCE ANALYSIS: CASE OF THE EUPHRATES RIVER, SYRIA

Z. KATTAN
Department of Geology, Atomic Energy Commission, P.O. Box 6091, Damascus, Syria

The ratios of stable isotopes (^{18}O and ^{2}H) of the Euphrates River were measured together with EC values and chloride concentrations on a monthly basis at twelve stations along its course during the period 2004-2005. The concentrations of heavy stable isotopes systematically increase downstream with a significant enrichment at Al-Assad Lake. This systematic increase could be due to: (1) evaporation from the river and its tributaries; and (2) drainage return flows of irrigation water, enriched in heavy stable isotopes. Hence, the isotopic enrichment of surface water may evidentially be used as an indicator of evaporation process. Based on the integral enrichment of heavy stable isotopes in the river water, the amount of water lost by evaporation from Al-Assad Lake was estimated to be about 1.93 to 2.15 billion m^3 using ^{18}O and ^{2}H, respectively. On the basis of chloride budget, the computed component of groundwater discharge that joins the riverbed through drainage return flow varies from 70% to less than 1%, depending on the irrigation activities exercised along the river course.

Key Words: Hydrology, stable isotopes, evaporation, Euphrates River, Syria.

ADSORPTION OF METHYL VIOLET AND BRILLIANT BLUE ONTO POLY(VINYL ALCOHOL) MEMBRANES GRAFTED WITH N-VINYL IMIDAZOLE/ ACRYLIC ACID

ZAKI AJJI, ALI M. ALI*
Department of Radiation Technology, Polymer Technology Division, Atomic Energy Commission, P.O. Box 6091, Damascus, Syria
** Faculty of Technical Engineering, Tishreen University, P. O. Box 270, Tartous, Syria*

INTERCOMPARISON OF CHARACTERIZATION TECHNIQUES OF FILTER RADIOMETERS IN THE ULTRAVIOLET REGION

I. ABU-KASSEM, P. KARHA, N. J. HARRISON, S. NEVAS, W. S. HARTREE

Department of Protection and Safety, Atomic Energy Commission, P. O. Box 6091, Damascus, Syria

Narrow-band filter radiometers at 248 nm, 313 nm, 330 nm and 368 nm wavelengths were used to compare calibration facilities of spectral (irradiance) responsivity at HUT, NPL and BNM–INM. The results are partly in agreement within the stated uncertainties. Use of demanding artefacts in the intercomparison revealed that the wavelength scales of the participating institutes deviate more than expected. Such effects cannot be seen in typical intercomparisons of spectral responsivity or spectral transmittance, where spectrally neutral samples are used.

Key Words: Narrow-band filter radiometer, trap detector, Ultraviolet radiation, Irradiance, spectral responsivity, integrated response, effective wavelength, spectral weighted response.

INVESTIGATION OF LIGHT ELEMENTS IN NITRIDED STEEL USING ELASTIC BACKSCATTERING ANALYSIS

M. SOUKIEH

Department of Physics, Atomic Energy Commission, P. O. Box 6091, Damascus, Syria

M. ROUMIE

AEC of Libanon

This work describes the ability of ion beam analysis techniques IBA to simultaneously determine the concentration and the possible depth profile of some light elements, such as carbon, oxygen and nitrogen, in matrices of high atomic number Z, such as stainless steel materials. In fact, the nitriding process of some materials has the potential to improve their tribological and mechanical properties and to offer various advantages as compared with other methods used in the modification of surfaces. Gas and Plasma nitriding were applied to certain types of steel, such as AISI-304 and H-13 which are commonly used in the industry, in order to improve their hardness and their surface corrosion resistance. The improvement was correlated with the depth profile of N and the consequent structure variations. More specifically, non-Rutherford elastic backscattering (alpha, alpha) at 5 MeV was performed on different samples, before and after nitriding, in order to determine the stoichiometry and the thickness of the newly formed surface nitrided layers.

Key Words: RBS, IBA, nitriding, AISI304, H13.

ASSESSMENT OF INJECTION OF LIQUID RHIZOBIAL INOCULUM AND TRADITIONAL INOCULATION OF SOYBEAN UNDER FURROW AND DRIP IRRIGATION

M. JANAT, F. KURDALI

Department of Agriculture, Atomic Energy Commission, P. O. Box 6091, Damascus, Syria

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

widely used in Syria (in Damascus and Aleppo) and four other types of concrete, using aggregates from different regions, have been prepared. The shielding properties of these six types were studied for gamma ray (from Cs-137 and Co-60 sources) and for neutrons (from Am-Be source). A reduction of about 10% in the HVL was obtained for the concrete from Damascus in comparison with that from Aleppo, for both neutrons and gammas. One of the other four types of concrete (from Rajo site, mostly **Hematite**), was found to further reduce the HVL by about 10% for both neutrons and gamma rays.

Key Words: shielding, concrete, gamma, neutrons.

THE FIRST RECORD AND DISTRIBUTION OF THE FIRE BLIGHT PATHOGEN, ERWINIA AMYLOVORA, IN SYRIA

H. AMMOUNEH, M. I. E. ARABI, A. AL-DAOUDE

Department of Molecular Biology and Biotechnology, Atomic Energy Commission, P. O. Box 6091, Damascus, Syria

A survey of all major pome fruit growing regions was conducted during 2005 and 2006 to establish whether Erwinia amylovora, the causal agent of fire blight, was present in Syria. Samples were collected from quince (Cydonia oblonga), pear (Pyrus communis) and apple (Malus domestica) trees suspected of being infected with E. amylovora. Seventy five isolates of E. amylovora were recovered mainly from quince and some from pear but none from apple. All isolates produced typical symptoms of fire blight when tested on immature pear fruit. Two isolates were shown to induce a delayed hypersensitivity reaction on tobacco. All the isolates were confirmed to be E. amylovora by polymerase chain reaction using primers specific for this bacterium. One set of primers amplifies a fragment of the native plasmid (pEA29) and a second set amplifies a fragment involved in the synthesis of amylovoran, the structurally unique exopolysaccharide of this bacterium. Fire blight was found to prevail in the Al-Zabadani region (Rif Damascus), an area with a moderate temperature range (10 to 29○C) and high relative humidity (above 70%) during the blossom period. However, the disease was found to be restricted within Syria and observed only in isolated foci near the Lebanese border. This is the first isolation and identification of E. amylovora from Syria.

Key Words: fire blight, Syria, The first record, E. amylovora.

THEORETICAL STUDY OF DIODE PUMPED INTRACAVITY DOUBLED PASSIVELY Q-SWITCHED SOLID-STATE LASERS

M. ALSHIKH KHALIL, B. ABBAS

Department of Physics, Atomic Energy Commission, P. O. Box 6091, Damascus, Syria

In this paper, some designed curves such as peak power, energy, pulse width, and a factor describing the pulse symmetry are generated. With these curves and expressions, one can design a passively Q-switched intracavity frequency-doubled laser and predict the pulse characteristics.

Key Words: Frequency conversion, solid state lasers, Q-switching, Numerical simulation.

TIME'S UP

A. GEFTER

The greatest trick the universe ever pulled was convincing us that time exists.

Key Words: quantum mechanics, quantum gravity, thermal time hypothesis, general relativity.

PAPERS

PARTIAL SUBSTITUTION OF ATRIPLEX LENTIFORMIS FOR WHEAT STRAW IN THE DIET OF DAMASCUS DOES

M. R. AL-MASRI, M. ZARKAWI, K. KHALIFA
Department of Agriculture, Atomic Energy Commission, P. O. Box 6091, Damascus, Syria

Damascus does were fed either a conventional wheat straw-concentrate ration (control) or a ration where 35% of the straw was replaced with Atriplex lentiformis hay, with barley grain added and concentrate level reduced to make both diets isocaloric and isonitrogenous. The rations were fed from 5 months before mating to kidding. Similar amounts of metabolisable energy (ME) and crude protein (CP) were fed and consumed by the does in the 2 groups. Leaves plus flower clusters of A. lentiformis contained more CP and ME and less crude fibre and cell wall constituents than stalks. The values for IVDOM in A. lentiformis hay were: 516, 629 and 285 g/kg dry matter (DM) for the whole external cover, leaves plus flower-clusters and stalks, respectively; and comparable values for ME were: 6.01, 6.55 and 3.76 MJ/kg DM. The values for buffer-soluble nitrogen were 29 and 39% and for buffer-soluble non-protein nitrogen were 25 and 28% of the total N in leaves plus flower-clusters and stalks, respectively. Live weights, blood serum progesterone concentrations, conception rates and duration of pregnancy were similar for does on both rations as were birth weights of kids. It appears that Atriplex lentiformis hay can be substituted for some of the wheat straw in conventional straw-concentrate diets for breeding does without detriment to performance, with a resultant saving in amount of concentrate required.

Key Words: nutrient, protein, energy, reproduction, progesterone, Damascus does.

DEVELOPMENT OF SPECIAL RADIATION SHIELDING CONCRETES USING NATURAL LOCAL MATERIALS AND EVALUATION OF THEIR SHIELDING CHARACTERISTICS

M. H. KHARITA, M. TAKEYEDDIN, M. AL-NASSAR, S. YOUSEF
Department of Protection and Safety, Atomic Energy Commission, P. O. Box 6091, Damascus, Syria

Concrete is one of the most important materials used for radiation shielding in facilities containing radioactive sources and radiation generating machines. The concrete shielding properties may vary depending on the composite of the concrete. Aggregates is the largest constituent (about 70 – 80% of the total weight of normal concrete). The aim of this work is to develop special concrete with good shielding properties for gamma and neutrons, using natural local materials.

For this reason two types of typical concrete

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

Abstracts

ARTICLES

THE INDUSTRY OF LIFE

M. HAW
Is in the School of Chemical and Environmental Engineering at the University of Nottingham, he is author of Middle World: The Restless Heart of Matter and Life

A century after his death, Kelvin's pioneering work in thermodynamics -which underpinned the industrial revolution- is being mirrored by researchers exploring the biological engines that power life itself, as M. Haw describes.

Key Words: Thermodynamics, industrial revolution, energy, biological engines, entropy.

LOOKS LIKE RAIN

M. ANDERSON
Is a science writer based in northampton, massachusetts

What makes some clouds rain while others merely drift serenely overhead? Mark Anderson sticks his head in a cloud.

Key Words: cloud condensation, mechanism of cloud formation, raindrop formation, climate change.

THE SPINTRONICS CHALLENGE

T. BLAND, K. LEE, S. STEINMULLER
Are at the Cavendish Laboratory at the University of Cambridge, UK

Microelectronic devices that exploit the spin of the electron as well as its charge promise to revolutionize the electronics industry. The challenge, as Tony Bland, Kiyoung Lee and Stephan Steinmuler describe, is to find a way of integrating semiconductors into spintronic circuits.

Key Words: spintronic devices, giant magnetoresistance (GMR), tunnel magnetoresistance (TMR), magnetic tunnel junction (MTJ) spin injector, dilute magnetic semiconductor (DMS).

OUR SOLAR FUTURE

B. DAVISS
Is a science writer in New Hampshire

It's been a long time coming, but finally we are on the brink of a new era in power generation, says Bennett Daviss.

Key Words: solar energy, solar cells, photovoltaic cell, solar light.

PLUG IN TO THE SUN

D. CHO
is a writer based in New York City

Out beyond the atmosphere there is power aplenty. Can harnessing it solve our energy problems, ask Dan Cho, and David Cohen.

Key Words: Space power station, space solar power, microwaves, photovoltaic cells, powersat.

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

PAPERS

58 PARTIAL SUBSTITUTION OF ATRIPLEX LENTIFORMIS FOR WHEAT STRAW IN THE DIET OF DAMASCUS DOES

58 DEVELOPMENT OF SPECIAL RADIATION SHIELDING CONCRETES USING NATURAL LOCAL MATERIALS AND EVALUATION OF THEIR SHIELDING CHARACTERISTICS

59 THE FIRST RECORD AND DISTRIBUTION OF THE FIRE BLIGHT PATHOGEN, ERWINIA AMYLOVORA, IN SYRIA

59 THEORETICAL STUDY OF DIODE PUMPED INTRACAVITY DOUBLED PASSIVELY Q-SWITCHED SOLID-STATE LASERS

60 INTERCOMPARISON OF CHARACTERIZATION TECHNIQUES OF FILTER RADIOMETERS IN THE ULTRAVIOLET REGION

60 INVESTIGATION OF LIGHT ELEMENTS IN NITRIDED STEEL USING ELASTIC BACKSCATTERING ANALYSIS

61 ASSESSMENT OF INJECTION OF LIQUID RHIZOBIAL INOCULUM AND TRADITIONAL INOCULATION OF SOYBEAN UNDER FURROW AND DRIP IRRIGATION

61 ESTIMATION OF EVAPORATION AND IRRIGATION RETURN FLOW IN ARID ZONES USING STABLE ISOTOPE RATIOS AND CHLORIDE MASS-BALANCE ANALYSIS: CASE OF THE EUPHRATES RIVER, SYRIA

62 ADSORPTION OF METHYL VIOLET AND BRILLIANT BLUE ONTO POLY(VINYL ALCOHOL) MEMBRANES GRAFTED WITH N-VINYL IMIDAZOLE/ ACRYLIC ACID

62 INTRACAVITY ABSORPTION OF CO_2 LASER RADIATION BY CHLOROPHLUOROCARBON (CFC) GASES

REPORTS

63 EFFECT OF GAMMA RADIATION ON THE INACTIVATION OF AFLATOXIN B1 IN FOOD AND FEED CROPS

63 THE USE OF NERIUM OLEANDER AS BIOMONITOR FOR RADIONUCLIDES AND TRACE ELEMENTS IN ATMOSPHERIC DEPOSITION

64 REVIEW STUDY OF OPTOGALVANIC SPECTROSCOPY TECHNIQUE

65 LABORATORIAL SCIENTIFIC STUDY ON LIQUID PENETRANT TESTING OF METALLIC PRODUCTS

65 DESIGN AND CONSTRUCTION OF A LABORATORY EVAPORATION CHAMBER FOR LASER STABLE ISOTOPE SEPARATION PROJECT

65 BUILDING AND TESTING A FABRY-PEROT INTERFEROMETER FOR MEASURING NARROW LINEWIDTH LASERS

66 DISTINCTION BETWEEN NATURAL & DEPLETED URANIUM USING INSTRUMENTAL NEUTRON ACTIVATION ANALYSIS

66 COMPUTER PROGRAM FOR SOURCE DISTRIBUTION PROCESS IN RADIATION FACILITY

67 THE QUALITY ASSURANCE PROGRAM DATA ANALYSIS FOR DIAGNOSTIC RADIOLOGY IN GOVERNMENT HOSPITAL IN SOUTHERN PROVINCES OF SYRIA.

67 IMMUNE RESPONSES AND VIRULENCE STUDY AGAINST INFECTION BY BRUCELLA (B. MELITENSIS, B. ABORTUS) IN MICE (CD1, BALB/C, SWISS).

77 ABSTRACTS OF THE ITEMS PUBLISHED IN THIS ISSUE IN ENGLISH

CONTENTS

ARTICLES

7 **THE SPINTRONICS CHALLENGE**

Microelectronic devices that exploit the spin of the electron as well as its charge promise to revolutionize the electronics industry.

T. BLAND, K. LEE, S. STEINMULLER

14 **THE INDUSTRY OF LIFE**

A century after his death, Kelvin's pioneering work in thermodynamics- which underpinned the industrial revolution- is being mirrored by researchers exploring the biological engines that power life itself.

M. HAW

22 **LOOKS LIKE RAIN**

What makes some clouds rain while others merely drift serenely overhead? Mark Anderson sticks his head in a cloud.

M. ANDERSON

26 **OUR SOLAR FUTURE**

It's been a long time coming, but finally we are on the brink of a new era in power generation, says Bennett Daviss.

B. DAVISS

32 **PLUG IN TO THE SUN**

Out beyond the atmosphere there is power aplenty. Can harnessing it solve our energy problems, ask Dan Cho, and David Cohen.

D. CHO

NEWS

37 NUCLEAR FUEL: KEEPING IT CIVIL

39 CAN WE LEARN TO LOVE UNCERTAINTY?

42 DISTURBANCE WITHOUT THE FORCE

44 POKE A CANCER CELL TO SEE IF IT WILL SPREAD

45 THE FIGHT AGAINST FUNGI

47 DARK MATTER HOPEFULS LINE UP

48 NOT SO SPECIAL EITHER

50 FURTHER DELAYS TO FULL AGENT ORANGE STUDY

52 COPPER

55 EXTRACTS

Aalam Al-Zarra

Journal of The Atomic Energy Commission of Syria

NO.117

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

Managing Editor

Prof. Dr. Ibrahim Othman

Director General of A.E.C.S

Editing Committee

(Editors In-chief)

Prof. Dr. Adel Harfoush

Prof. Dr. Ziad Qutob

(Members)

Prof. Dr. M. Ka'aka

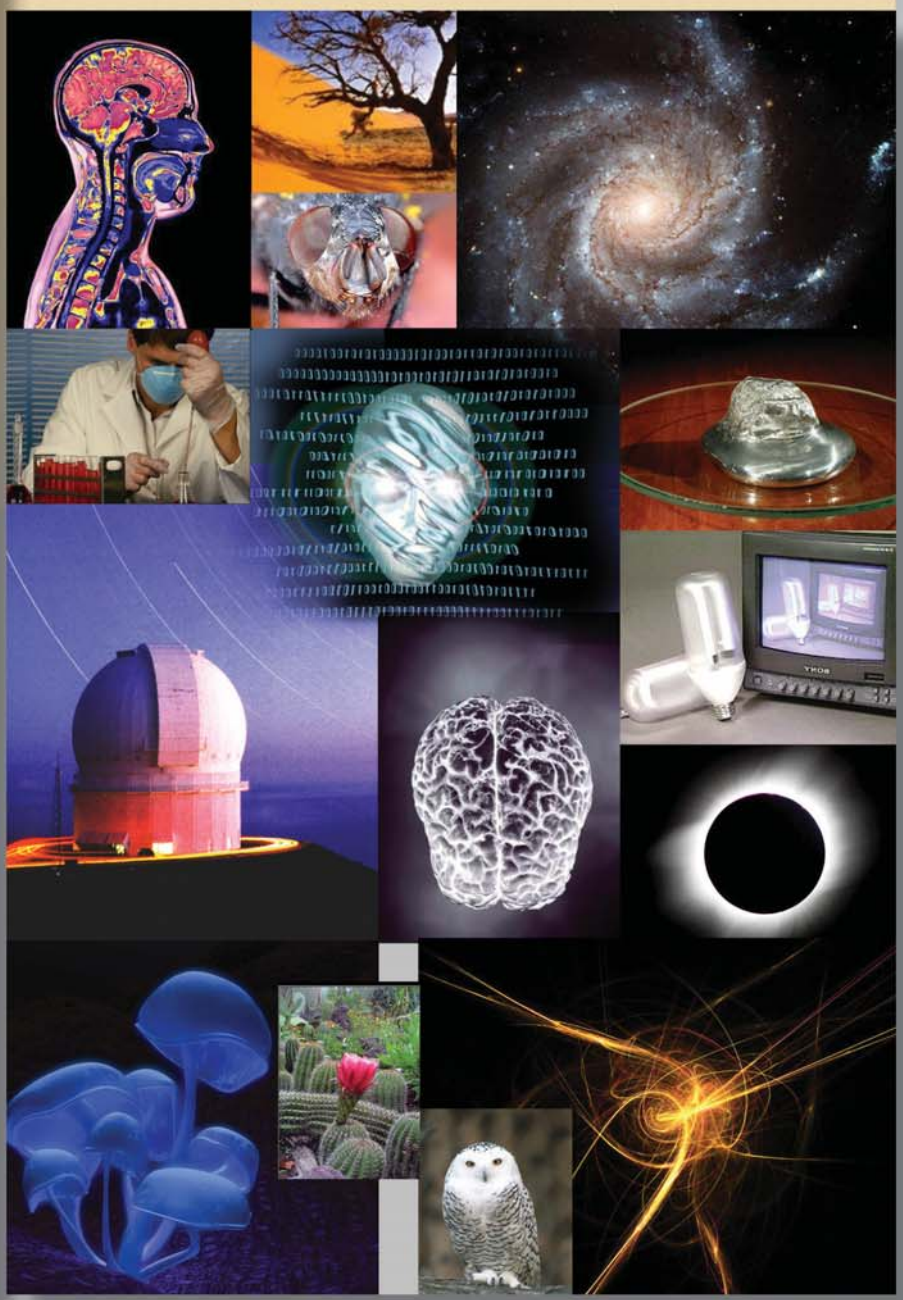
Prof. Dr. M. Hamo-leila

Prof. Dr. N. Sharabi

Prof. Dr. F. Awad

Prof. Dr. F. Kurdali

Prof. Dr. T. Yassin



http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية