عالم الذرّة

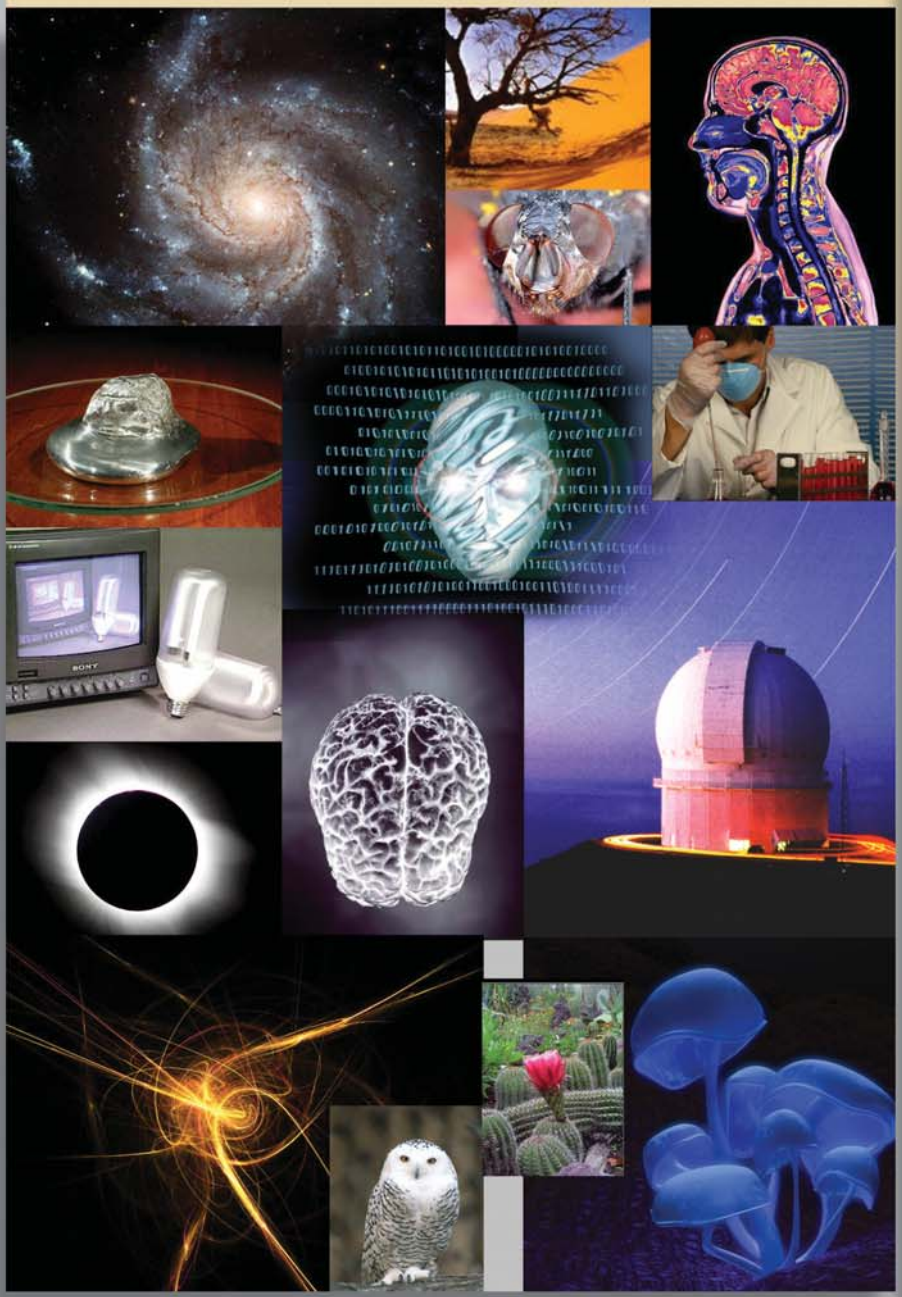
مجلة هيئة الطاقة الذرّية السورية

NO. 122

مجلة عالم الذرّة

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

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



المدير المسؤول

أ. د. إبراهيم عثمان

المدير العام لهيئة الطاقة الذرّية

هيئة التحرير

(رئاسة هيئة التحرير)

أ. د. عادل حرفوش

أ. د. محمد قعقع

(الأعضاء)

أ. د. أحمد حاج سعيد

أ. د. مصطفى حمو ليلا

أ. د. نجم الدين شرابي

أ. د. فوزي عوض

أ. د. فواز كردعلي

أ. د. توفيق ياسين

المحتويات

مقالات

7 **العلوم في قلب الاقتصاد المنهار**

يواجه مشروع البحث العلمي قلاقل متعددة نتيجة تردّي الوضع العالمي، لكنه يمتلك أيضاً عدة مقومات قد تساعده في مقاومة العاصفة.

م. م. وولدروب

14 **خمسة من باحثي المحاصيل الزراعية قد يغيّرون العالم**

تدفع المَآسي الحالية في أسعار الغذاء عبر العالم الحاجة إلى زراعةٍ أكثر إنتاجية.

إ. ماريس

22 **الوجه الجديد للفيزياء- في القرن الحادي والعشرين**

كانت مختبرات Bell صورة مصغرة للتعاون الدؤوب بين الفيزياء الأساسية والفيزياء التطبيقية، وهي على وشك إغلاق قسم الأبحاث الأساسية فيها.

ج. أوليت

28 **الجغرافية الجديدة للعلم**

إن الصين، والبرازيل، والهند، وغيرها من القوى العظمى الناشئة تعيد رسم جغرافية العلوم، وتنهي تفوق الولايات المتحدة وأوربا.

ج. ويلسدون

32 **ينبغي استغلال الطاقة مرتين دائماً**

يشكل الفاقد الحراري في المصانع ومحطات إنتاج الكهرباء نسبة ضخمة من الطاقة. لذا، يجب إعادة استعمال هذا الفاقد.

د. لندلي

أخبار علمية

38 **جذور العلم انبثقت عن الإسلام في العصور الوسطى**

39 **سفير الاندماج النووي**

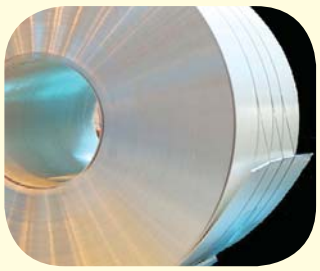
43 **مفاعل جديد لتحطيم نُفاية نووية**

44 **الضغط لإحداث تغيير في المعادن**

46 **تعطيل ناقلية الكربون الموصل للكهرباء**

48 **انطلاق أكبر ليزر في العالم**

49 **الألمنيوم**



53 **مقتطفات**

إطلالة علمية

55 **التألق**

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

ملخصات ورقات البحوث

62 التخريب الناجم عن تشعيع نوعين من ترانزستورات JFET بجرعة عالية من أشعة غاما

62 تعقيد وإعادة ترتيب للقفص سداسي فوسفا خماسي موشو ري $P^6C^4tBu^4$ يُحرضها ثلاثي يوديد الألمنيوم

63 تقييم تغذوي في الزجاج وحركية التخمر الكرشي لنبات السيسبان Sesbania aculeate نتيجة تأثير وقت الحصاد ونظام القطع

63 خفض أيوني الفلوريد والكبريتات في حمض الفسفور السوري بالاستخلاص بالأمينات الثالثية

64 الأفلاتوكسين M1 في الحليب الطازج والمبستر وبودرة الحليب المتوفرين في السوق السورية

64 الخريطة الصبغية لصبغيات مرحلة الخيوط الثخينة عند إناث حشرة فراشة ثمار التفاح Cydia pomonella (Linnaeus) (Lep., Tortricidae)

65 الكود الهيدروحراري THYD لدراسة الحالات العابرة لمفاعل المنبع النتروني الصغير

65 المقاومة الجهازية والاستجابة الدفاعية المرتبطة بمسار الليبوكسيجيناز المحفزة في البندورة بواسطة بكتريا Pseudomonas putida BTP1

66 المقاومة الدائمة لدى سلالة الشعير التركيبية المضاعفة الصيغة الصبغية المختزلة AECS 76 لمرض التلطخ الشبكي (Pyrenophora teres)

66 تأثير أشعة غاما في الحمولة الميكروبية والخصائص النوعية للحم الجمل المفروم

ملخصات تقارير علمية

67 تأريخ تلوث حقول النفط بالمواد المشعة الطبيعية باستعمال النسب النظائرية

67 تصنيع مكاشيف هلامية ومعايرتها لقياس الجرعة الإشعاعية الحجميّة

68 نظام إدارة أعمال الإنتاج والتسويق لمنتجات دائرة النظائر المشعة

68 تأثير التسميد الآزوتي في إنتاج الآزوت وامتصاصه ونوعية الزيت في نبات عباد الشمس

69 النمذجة الرياضية للديود اللّيزري InGaAsP/InP

69 دليل تشغيل آلة لف الوشائع الكهربائية من النموذج WH-751 واستثمارها

70 دراسة أنواع خاصة من الزجاج ملائمة للتدريع الإشعاعي وتصنيعها

70 دراسة إمكانية عزل المورثات المسؤولة عن تحمل الملوحة لدى بعض طفرات البطاطا المحدثة بأشعة غاما وتوصيفها

71 تأثير أشعة غاما في بيوض فراشة طحين البحر الأبيض المتوسط Ephestia kuehniella وإمكانية استعمال البيوض المقتولة بالأشعة لتربية طفيل البيوض Trichogramma cacoeciae

71 مستضدات HLA من الصف الأول في المجتمع السوري باستخدام تقانة السمية الخلوية اللمفاوية المعتمدة على المتممة

إرشادات منشودة إلى المشاركين في المجلة

حول علامات الترقيم وبعض الحالات الأخرى عند كتابة النصوص باستخدام الحاسوب

بقلم أ. د. زياد القطب

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

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

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

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

البند الأول

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

- مثال: أين ذهبت المادة المضادة بكاملها؟

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

- مثال: كيف كان الكون بعد الانفجار العظيم!

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

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

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

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

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

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

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

- مثال: – المقدمة.

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

- مثال: مركبات عضوية–معدنية.

وكذلك توضع بين رقمين.

- مثال: انظر المراجع 161-154.

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

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

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

- مثال: نيسان/أبريل.

البند الثاني (حالات أخرى):

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

شروط الترجمة والتأليف للنشر في مجلة عالم الذرّة

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

جميع المراسلات توجه إلى العنوان التالي:

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

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

E-mail: tapo@aec.org.sy

ISSN 1607-985X

رسوم الاشتراك السنوي

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

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

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

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

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

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

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

سعر العدد الواحد

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

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

الإعلانات

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

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

العلوم في قلب الاقتصاد المنهار

يواجه مشروع البحث العلمي قلاقل متعددة نتيجة تردّي الوضع العالمي –لكنه يمتلك أيضاً عدة مقومات قد تساعده في مقاومة العاصفة– وفق تحقيق مجلة نيتشر Nature.

الكلمات المفتاحية: بحث وتطوير، أزمة مالية، جامعات وحكومة، احترار عالمي.

تُعدّ الأزمة التي اكتسحت عالم الأسواق المالية العالمية هذا الخريف هي الأسوأ منذ ثلاثينيات القرن الماضي. ويُعتقد اعتقاداً واسعاً أن الكساد الاقتصادي العالمي الذي عجّل الانهيار، والذي سيضخمه في الوقت نفسه، سيستمر بكونه الأسوأ لجيل قادم على الأقل. وسيكون أثر هذا الكساد على مشاريع الأبحاث حاسماً في كيفية استجابة حكومات العالم لهذه الأزمة –مثل تحديد أي الحوافز التي يظنون أنها ضرورية، وما هي الالتزامات الطويلة الأمد التي يرغبون في قطعها كي يعالجوا الألم الحالي.

مهما تكن تلك الاستجابات، ستكون للأزمة عواقب متباينة على الكثير من التدابير البحثية، بدءاً من الأقسام في الجامعات وحتى المختبرات المتعاونة. وستغيّر كلفة رأس المال، والمدد الزمنية المتوقعة لعائد الاستثمار من النظرة المستقبلية للصناعة. وقد يكون للتوقعات الاقتصادية المتغيرة وقعٌ على طريقة الاستثمار في التعليم. في هذا التقرير الخاص، تتقصّى مجلة نيتشر الآثار الحالية والتوجهات المستقبلية الحاصلة في كلٍّ من الأوساط الأكاديمية والصناعة والحكومة –كما تنظر بصورة خاصة في مشاكل محددة تتناول أبحاث الطاقة وفرصها.

الصناعة

إذا كان التاريخ دليل لنا، فإن مساعي الأبحاث سوف تنجو من هذا الكساد بصورة حسنة نسبياً. إذ ارتفعت النفقات الكلية على البحث والتطوير (R&D) التي تصرفها الحكومة والصناعة كلتيهما، بمعدل مستمر أثناء مرحلتي الكساد اللتين حدثتا أوائل ثمانينيات وتسعينيات القرن العشرين، وكذلك أثناء أزمة بداية القرن الحالي (انظر المخطط البياني رقم 1). وحدث الأمر نفسه بالنسبة لمجموع أعداد الباحثين (انظر المخطط رقم 2). وهذه الاتجاهات هي بالتأكيد أقل تأثراً من تلك المشاهدة في أسواق الأسهم (انظر المخطط رقم 3).

مع ذلك، فما زال علينا الانتظار لنرى ما إذا كان هذا النمط سيثبت. وفي كلّ الأحوال، يمكن لمثل هذه الأرقام التجميعية أن تخبئ اضطرابات واسعة وشكوكاً يشعر بها أولئك الذين يعيشون تلك الأزمة. ويتجلى ذلك واضحاً في صناعتي الصيدلانيات والتقانات الحيوية. إذ يبدو أن الشركات الضخمة ذات خطوط الإنتاج المستتبة هي في وضع جيد نسبياً في الوقت الحاضر؛ فقد تنخفض المبيعات أثناء الكساد، لكنها لن تصل إلى الصفر. ومعظم شركات

الصيدلانيات الرئيسة تملك سيولة نقدية وافرة –تكفي لجعلها تبحث عن امتلاك شركات أقل حظاً منها. بالتوازي، فإن بضع شركات تقانة حيوية ضخمة لها حالياً منتجات في السوق –مثل آمغن (Amgen) في ثاوزاند أوك، بكاليفورنية، التي كان لها دخل عالٍ الشهر الماضي– هي الأخرى تقاوم العاصفة بصورة حسنة.

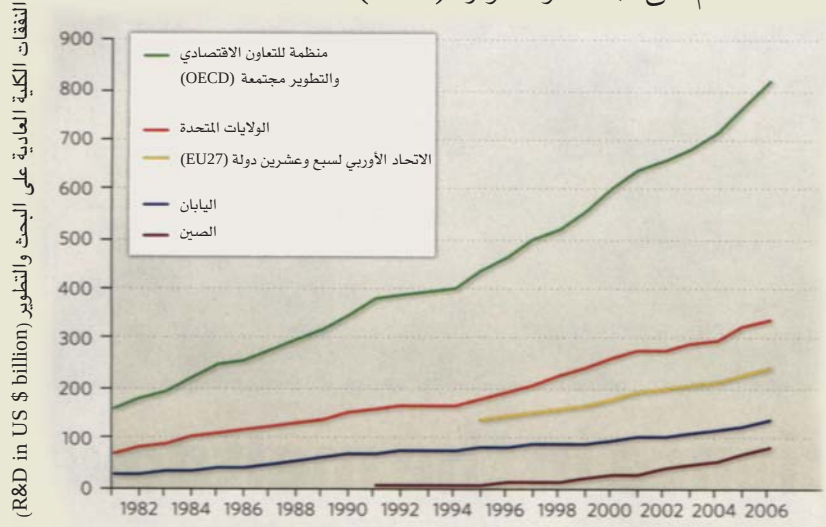
لكن الأزمة المالية كان لها آثار قاسية على صناعة التقانة الحيوية عالمياً. إذ أن تدهور أسعار الأسهم –مثل مؤشر أمكس للتقانة الحيوية Amex Biotechnology Index الذي فقد قرابة 25% من قيمته منذ منتصف آب/أغسطس– والانكماش الائتماني العالمي قد أصاب شركات كثيرة حول العالم. وعلى سبيل المثال، إن شركة نوردك البافارية في الدانمارك Bavarian Nordic of Kvistgaard التي تزود لقاحات الجدري إلى المخزون الاحتياطي لدفاعات الولايات المتحدة الحيوية، قالت إن حظها يتضاءل في الدفاع عن محاولة الاستيلاء الجائر عليها اعتماداً على سعر السهم المنخفض. إلا أن سحابة الغمّ ليست شاملة. فهناك، على الأقل، بعض المؤسسات المتفائلة التي تهتم بالجينومات الشخصية، إذ يرى المستثمرون بأنها مجال قابل للنمو السريع في السوق. وكذلك فإن أعمال الترتيب المتوالي للجينات ليست في أزمة.

ويقول جي فلاتلي Jay Flately، المدير التنفيذي الرئيسي لشركة إلومينا Illumina التي تعمل في سان دييغو بكاليفورنية، والتي تصنع صفيفات مكروية وآلات تعيين التوالي الجيني عالية السرعة: "نحن محظوظون، وإننا محّصنون نسبياً ضد الأزمة الاقتصادية".

لكن كليف ريد Cliff Reid، المدير التنفيذي الرئيسي لشركة الجينومات التامة Complete Genomics، وهي شركة تعيين توالي جيني بماونتين فيو في كاليفورنية، يقول: "نحن بالفعل في بيت جميل لكننا في جوار سيء".

يُضاف إلى ذلك تزايد ندرة رأس المال المجازف، إذ تتجه مؤسسات رأس المال المجازف نحو فكرة "إطعام أطفالهم الحاليين" المتضمنة: إعادة الاستثمار في شركات قائمة تعد بأرباح على المدى القريب، مبتعدين عما يعد بنتائج طويلة المدى أكثر خطورة.

نفقات العالم على البحث والتطوير (R&D)



فيقول غلين غيفونيتي Glen Giovannetti، الرائد العالمي في مجال التقانة الحيوية بشركة إرنست ويانغ Ernest & Young ببوسطن في ماساشوسيتس: "سيكون تزحلقاً عسيراً لشركات تحتاج رفع رأس مالها في غضون 6 حتى 12 شهراً القادمة". لذلك تشد شركات التقانات الحيوية الصغيرة أحزمتها على بطونها وتتجه نحو شركات أكثر ثباتاً لتكون من بين منقذيها المحتملين. كما يقول ألان لويس Alan Lewis، المدير التنفيذي الرئيسي لشركة نوفوسيل Novocell، وهي شركة هندسة خلايا جذعية في سان دييغو: "سيوجد الكثير من الشركات التي تقرع أبواب شركات ضخمة مثل بفيزر وليلي وميرك Pfizer, Lilly and Merck يسألونهم عن رغبتهم بالتعاون معهم".

ومع ذلك، فإن الأمر ليس طريقًا ذا اتجاه واحد. فشركات الأدوية تبحث بصورة متزايدة عن شركات تقانة حيوية تساعدها في سدّ النقص المتضائل في خطوط إنتاجها. لذلك ستكون إحدى نتائج الكساد المحتملة ظهور محموم لاتحادات واستملاكات مع تعاضد الشركات لتزداد قوة.

تظهر قصة مماثلة في صناعات الطاقة النظيفة. إذ يمكن لشركات أن تزدهر في بعض مناطق النماء العالي الكامنة. على سبيل المثال، يتنبأ مايكل هولمان Michael Holman، المحلّل الاقتصادي لشركة لوكس ريسيرتش Lux Research، وهي شركة أبحاث السوق في نيويورك، بنماء مستمر في تطوير مدّخرات للمرْكبات الهجينة. وأصبحت مؤسسات الطاقة الشمسية عالية الربح في السنوات الأخيرة –وهي حقيقة قادت شركة ويكر Wacker الكيميائية العالمية العملاقة المتمركزة في ميونيخ بألمانية، لتعلن عن خطة لبناء منشأة

إنتاج السليكون متعدد البلورات كلفتها 760 مليون يورو (977 مليون دولار أمريكي) في نونكريتز Nunchritz. وتبقى الشركة هجومية رغم الكساد، مما يشير إلى أن نمو خلايا الفوتوفولطية قد قاد إلى نقص في سوق السليكون متعدد البلورات.

على العموم، فقد أخذ هبوط سعر البترول منذ الصيف الماضي بعض الفوران الحاصل في الطاقة الخضراء، إضافة لما حصل من تمييز بأن بعض التوقعات المبكرة كانت غير واقعية. فقد تراوحت عائدات الاستثمار لمعظم الشركات التي لا تعتمد الطاقة الشمسية –وعلى الأخص شركات الوقود الحيوي– ما بين عائدات فقيرة ضحلة ومتراجعة. ووفق الشركة الاستشارية نيو إنرجي فايننس New Energy Finance المتمركزة في لندن، فقد انخفضت أسعار أسهم الطاقة الخضراء على مستوى العالم بمقدار 61% منذ بداية عام 2008. وكما هو الحال بالضبط مع صناعة التقانة الحيوية، فإن رأس المال المتاح للبدء بمشاريع جديدة قد انخفض أيضا، كما يقول جوناثان كيستنباوم Jonathan Kestenbaum المدير التنفيذي الرئيسي لشركة UK National Endowment for science ,Technology and Arts. وغالباً ما سيكون احتمال قابلية بيع شركات مبتدئة صغيرة أعلى من إمكان جلب أموال من العرض الشعبي الأولي.

تتكرر هذه القصة في صناعة بعد أخرى. ويفيد تقرير مزود خدمة أخبار الأعمال والتقانة على الإنترنت كسينومي في كامبردج ماساشوستش Xconomy in Cambridge ,Massachsetts بوجود نقص في رأس المال المجازف في كلّ مكان، وأن الطاقة والتقانة الحيوية هي في الواقع العلامات المضيئة بينها. ويتنبأ كسينومي بظهور بعض المشاكل مستقبلاً لصفقات بدئية على الإنترنت و لعمليات التشغيل التقانية المستهلكة بشدة لرأس المال، مثل شركات الاتصالات عن بعد وشركات أنصاف النواقل.

الجامعات والحكومة

إن جامعات البحث الضخمة في الولايات المتحدة الأمريكية، خلافاً لمعظم البلدان، في غالبيتها جامعات خاصة ليست حكومية –وتلك الحكومية منها تموّل من قبل الولايات فرادى. وفي أي من الحالتين، فهي تواجه تحديات فريدة نتيجة الكساد.

فمن جهة أولى، هي ذات وقاية نوعاً ما بسبب المستهلكين المضمونين: فما لم يتداعى الاقتصاد تداعياً كارثياً، ستجد دائماً طوابير من الطلاب الجدد كلّ سنة. وقد تزدهر مدارس ما بعد التخرج المرتبطة بالعلوم والتقانة. إذ تبيّن بيانات المؤسسة الوطنية للعلوم في الولايات المتحدة US National Science Foundation تزايد عدد المنخرطين خلال فترات الكساد الاقتصادي السابقة (انظر المخطط 3)، حيث قاد سوق العمل المانع الضيق الطلاب لمتابعة دراساتهم، أو سبّب عودة التاركين القدامى منهم إلى المدرسة.

ومن جهة أخرى، فإن الجامعات الخاصة في وضع مماثل تماماً لوضع مؤسسات بحث مثل ويلكام ترست Wellcome Trust. فهي تعتمد اعتماداً كبيراً على عائدات استثماراتها من الهبات، التي يمكن أن تنخفض كثيراً خلال فترات الكساد. كما تواجه كلّ الجامعات نقصاً في الهبات الخيرية وانخفاضاً في دخل التعاونيات التي تدعم البحث. وفي الوقت ذاته، فإن حاجة الطلاب إلى مساعدات مالية في ازدياد.

"ستساهم جميع هذه العوامل في مستقبل مالي أضيق مما رأيناه عبر عدة عقود"، هذا ما كتبه جون هينيسي John Henessy رئيس جامعة ستانفورد في بالو ألتو، كاليفورنية، وإتشمندي John Etchemendy كبير رؤساء القبول فيها، في بريد إلكتروني وزّع على أعضاء الكلية والعاملين فيها في 30 تشرين الأول/أكتوبر. فقد حذّرا الأعضاء والعاملين في الكلية وطلبوا منهم التخطيط لخفض يقارب 5% في موازنة العائدات العامة البالغة 800 مليون دولار لكلّ سنة من السنتين القادمتين، ونبهوا إلى برمجة رواتب "متوسطة إلى حدٍّ ما".

يصبح التخطيط الطويل المدى صعباً جداً في بيئة متطايرة، كما تصبح المؤسسات ممانعة لأخذ برامج ضخمة جديدة –أو حتى أعضاء عاملين جدد في الكلية. وعوضاً عن ذلك، فقد اتخذت عدة جامعات فضلاً عن جامعة ستانفورد تدابير مسبقة للحفاظ على مواردها للمستقبل القريب. ففي 30 أيلول/سبتمبر، دعا براون Robert Brown رئيس جامعة بوسطن، إلى تجميد فوري لكلّ المستأجرات، وإلى تأجيل الدفع لمشاريع بناء جديدة. كما فرضت، في أوائل تشرين الثاني/نوفمبر، جامعة براون في بروفيدانس، رود أيلاند، وجامعة كورنيل في إيتاكا، بنيويورك، تدابير مماثلة. وقد قال درو فاوست Drew Faust رئيس جامعة هارفارد، إنه سيعاد النظر في تقويم الخطة المستقبلية لحرم الجامعة وتطويره.

تخفّض الولايات منفردة كلٌّ على حدة أيضاً في أمريكا من دعمها للجامعات. ففي 21 تشرين الأول/أكتوبر، صادق رافدو

"سيحوّل الاستثمار الضعيف في العلوم هذه الأزمة إلى مشكلة طويلة المدى"

– جانز بوتوكنك

جامعة كاليفورنية على موازنة تنفيذية للعام 2009-2008 تضمنت عملياً تخفيضاً فعلياً قدره 5% من مساهمة الولاية للجامعة البالغة 3$ بليون دولار، وحذر رئيس الجامعة مارك يودوف Mark Yodof، من احتمال حدوث اقتطاعات أخرى.

سيكون التأثير على الجامعات –وعلى الأبحاث عموماً– في أمكنة أخرى، معتمداً على وجهة نظر الحكومات المحلية الوطنية: هل هم يعتبرون الأموال المنفقة على الأبحاث والتعليم هي مصاريف يمكن الاقتطاع منها، أم هي استثمارات استراتيجية لنمو الاقتصاد على المدى الطويل؟

حتى الآن، تحتضن معظم الحكومات حول العالم وجهة النظر الأخيرة، آخذين على عاتقهم إبقاء استثماراتهم مستقرة. على سبيل المثال، في 17 تشرين الأول/أكتوبر، وفي افتتاح قبة تقانة متقدمة جداً اسمها فيوزيونوبوليس Fusionopolis، قال رئيس وزراء سنغافورة Lee Hsien Loong بعد أن أبدى قلقه بخصوص التراجع الاقتصادي المتقدم في بلده: "ستبقى الحكومة ملتزمة التزاماً تاماً في الاستثمار المنفق على البحث والتطوير، كي تطور إمكانات مفتاحية تحفظ اقتصادنا منافساً على المدى الطويل".

ويقول بوتوكنك جانز Janez Potocnik، مأمور أبحاث في الاتحاد الأوربي: "إن ما نحتاجه هو المزيد من البحث والمزيد من التعاون"، ويضيف : "إن الاستثمارات الضعيفة في العلوم والإبداع ستحوّل ما ينتج عن هذه الأزمة التي نأمل قابلية إدارتها، إلى مشكلة بنيوية طويلة المدى في أوربة".

"إن المجهول الوحيد هو عمق الارتكاسة ومدة دوامها"

– مارجوري ويلسن

غير أنه اعتماداً على قسوة الركود الاقتصادي القادم، قد تتلاشى بسرعة تلك الطموحات لدى اصطدامها بالواقع. فقد بدأت العديد من البلدان فعلاً تأجيل المبادرات الجديدة، مقترحة موازنات ثابتة أو متناقصة. ويقول ديتر إمبودن Dieter Imboden، رئيس مجلس الأبحاث في مؤسسة العلوم السويسرية الوطنية : "إذا قلّت الأموال المتاحة، سيكون هناك خاسرون فقط، ولا يوجد رابحون".

لقد كان تمويل الأبحاث في المملكة المتحدة العام الماضي مثلاً، ثابتاً محافظاً، بلا زيادة ولا نقصان فيه، حتى قبل الكساد، لذلك يتوقع العلماء اقتطاعات كبيرة في موازنة عام 2009. ويقول مارجوري ويلسن Marjorie Wilson، عضو مجلس الأبحاث البيئية والطبيعية في جامعة ليدز بالمملكة المتحدة: "إن المجهول الوحيد هو عمق الارتكاسة ومدة دوامها"، وهو أيضاً عميد مساعد للأبحاث في كلية البيئة بجامعة ليدز. إلا أن بول دريسون Paul Drayson، وزير العلوم والابتكار المعيّن حديثاً، قد صرّح أنه سيدافع "بعنف" عن موازنة العلوم ضد أي اقتطاعات؛ وعلينا الانتظار لنرى مدى استطاعته القيام بذلك بصورة فعّالة.

أما في باقي أوربة، فيظن الخبراء أنه من غير المحتمل أن يؤدي الكساد إلى أية اقتطاعات رئيسية مباشرة في موازنات العلوم الرسمية. وبصورة بارزة يقول بوتوكنك، نتوقع لبرنامج الاتحاد الأوربي السابع المخطط له، البالغة قيمته 50 بليون يورو، وهو أضخم برنامج تمويل للأبحاث في العالم، أن يستمر سالماً دون المساس به حتى إكماله في العام 2013.

وتوجد في بعض البلدان الأوربية، ومن ضمنها ألمانية وسويسرة والسويد وهولندة، حماية لموازنات الأبحاث نتيجة مخططات أعدت لسنوات عديدة تدعو

ترتفع النفقات على البحث والتطوير (R&D) ارتفاعاً مستمراً سلساً أفضل بكثير من ارتفاعات سوق الأسهم.

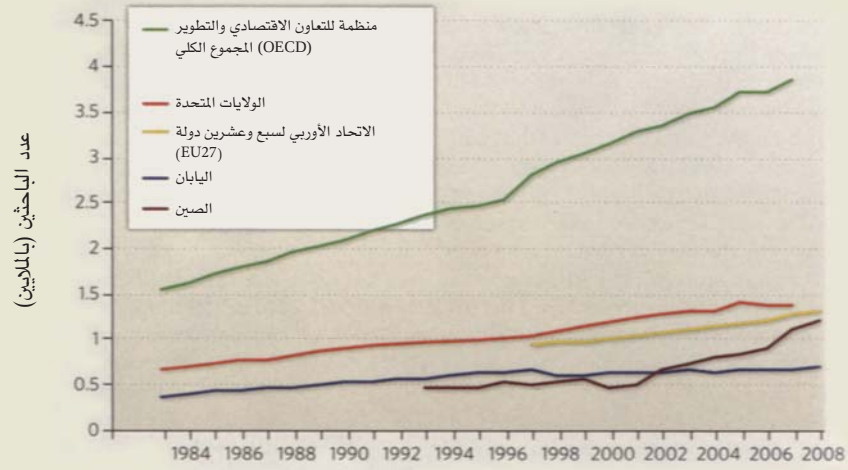
لزيادة سنوية في موازنات وكالات التمويل الوطنية، إضافة إلى زيادات مماثلة لبعض منظمات أبحاث، مثل جمعية ماكس بلانك الألمانية. وبالفعل، فقد أعلنت ألمانية والسويد مؤخراً استثمارات أعلى من ذي قبل في العلوم والتربية رغم المستقبل الاقتصادي الضبابي.

ومع ذلك، إن ركوداً اقتصادياً عميقاً وممتداً زمنياً يمكن أن يترك آثاره على العلوم عبر أوربة، تنتج في معظمها على الأغلب عن آثار الاقتطاعات أو تجميد الموازنة لمنح منفردة في الأبحاث الأساسية. وقد تكون بلدان مثل أيسلندة وهنغارية اللتان تأثرتا تأثراً شديداً، معرضتين لذلك بصورة خاصة. أما من ناحية روسيا، فهي تأخذ وجهة النظر الرسمية القائلة بأن الأزمة الاقتصادية هي في أغلبها مشكلة الآخرين وليست مشكلتنا. فهي تتوقع استمرار النمو الاقتصادي الضخم رغم استمرار انخفاض أسعار الغاز والنفط، إذ قال رسميون حكوميون إن الموازنات العامة كلها في مأمن بما في ذلك موازنة العلوم.

في آسيا، تتبع معظم بيوتات البحث والتطوير الضخمة مسار سنغافورة عن طريق الالتزام باستراتيجيات متوسطة المدى وبعيدة المدى، وضعت غالبيتها في الخطط الخمسية. وبالفعل، إذا ما استمر الدعم للعلوم في آسيا واقترن مع اقتطاعات في أمكنة أخرى، فقد يسرّع ذلك بصورة أوضح توجهاً يرى فيه العلماء الآسيويون المرموقون فرصاً في أوطانهم أفضل مما في الغرب.

فاليابان، على سبيل المثال، وقعت في الركود ثم خرجت منه منذ انفراج الأوضاع في أواخر ثمانينيات القرن العشرين. غير أن هاياشي تاواتاري Hayashi Towatari، رئيس مجلس سياسات وزارة العلوم والتقانة، يشير إلى أن اليابان هي واحدة من دول العالم التي حافظت على أعلى معدلات الاستثمار في البحث والتطوير إذا ما قيس كنسبة من الإنتاج القومي الإجمالي (GDP) –إذ بلغت 3.62% عام 2007، ويضيف بأن ميزانية العلوم في الوقت الحاضر ثابتة، ومن غير المحتمل أن تنمو في أي وقت قريب، إذا ما أخذت العاصفة الحالية في الحسبان. لكنه مع ذلك يقول إن اليابان ملتزمة بفكرة أن العلوم ستبني الاقتصاد.

يتوسع مجتمع الباحثين توسعاً مستمراً



إن تعرض الصين لمشاكل الائتمانات التي سمّمت المؤسسات المالية هو تعرض ضعيف، مع أنها بدأت تعاني من انحدار في معدلات النمو لأن الاضطرابات الاقتصادية حول العالم تخرب أسواق تصديرها. ففي 9 تشرين الثاني/نوفمبر كشفت الحكومة النقاب عن برنامج اقتصادي محفز يبلغ 4 تريليون ين (586 بليون دولار أمريكي). ومن بين أشياء أخرى، سيتضمن البرنامج تخفيضات في الضرائب على المصاريف التعاونية. غير أن حكومة الصين ما زالت عازمة على دعم نفقاتها على البحث والتطوير كما اقترح في الخطة الخمسية الحالية للعلوم والتقانة التي تغطي المدة ما بين (2006-2010).

ويقول كسيان إن زانك Xian-En Zhang، على وجه الخصوص، المسؤول عن الأبحاث الأساسية في وزارة العلوم والتقانة، من غير المحتمل أن يؤثر أي تباطؤ اقتصادي على أيٍّ من المشاريع الضخمة، "كالمشاريع العملاقة"(Megaprojects) التي أعلن عنها حديثاً. إذ إن هذه المشاريع التي تتناول مجالات متعددة مثل الابتكار في الأدوية، والأمراض المعدية، وتقانة المعلومات وتقانة البيئة، تساندها أهمية سياسية وازنة. أما الآثار على نفقات البحث والتطوير الأخرى فالحكم عليها أصعب. غير أنه من المحتمل أن تستثمر الحكومة أموالاً أعلى مما تفعل في الوقت الحالي، هذا ما يقوله لان كسيو Lan Xue، المختص في سياسة العلوم بجامعة تسنغهيو (Tsinghua) في بكين. ففي عام 1998، وبعد أزمة 1997

"الحقيقة هي أنه لا يوجد مستقبل واعد بدون كلفة"

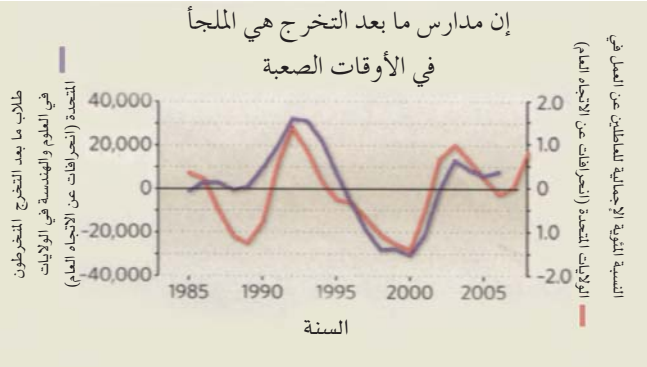
– ألدين ماير

المالية الآسيوية، استثمرت الحكومة في مشاريع البنية الهيكلية الداخلية، كما وسعت تمويلها أيضاً للتعليم العالي الذي كان له أثر دراماتيكي: فقفز الانخراط في المعاهد والجامعات الصينية بأكثر من 40% في غضون عام واحد فقط.

في أمريكا اللاتينية، لم تقتطع أو تتأذى حتى الآن، برامج العلوم الوطنية أو موازناتها، كما يقول الرسميون الذين حضروا لقاء الوزراء والسلطات العليا للعلوم والتقانة الذي عقدته منظمة الولايات الأمريكية (Organization of American States OAS) ما بين 27-28 تشرين الأول/أكتوبر، وأقيم في مدينة المكسيك، وتضمن اللقاء ممثلين عن الأمم الأعضاء بمن فيها معظم البلاد اللاتينية. ولأن لهذه الأمم موازنات للعلوم صغيرة، أقل من 1% من دخلها القومي (GDP)، فإنها ستكون حساسة جداً بصورة خاصة لأي تخفيضات. ومع ذلك، يقول لينو بارانو Lino Baranao، وزير العلوم والتقانة بالأرجنتين: "لقد قررنا جميعاً أن الطريقة للخروج من هذه الأزمة يكون عبر استثمارات في الابتكار". بالفعل، فإن بضعة دول من منظمة OAS، بدءاً من التشيلي حتى ترينيداد وتوباغو في الكاريبي، في طريقهم لمحاولة رفع استثماراتهم في العلوم والتقانة باتجاه 1% من دخولهم القومية (GDP) بحلول عام 2010، هذا ما يقوله كلوفيس بابتيستا نيتو Clovis Baptista Neto، مدير هيئة الاتصالات الأمريكية الداخلية (Inter- American Telecommunications Commission.). إذ إن بلده البرازيل فقط تقترب من هذا الرقم.

في الولايات المتحدة، وصف الرئيس المنتخب باراك أوباما في حملته الانتخابية مخططاً اقتصادياً محركاً طموحاً يؤكد فيه استثمارات اتحادية في تقانات الطاقة الخضراء الجديدة وفي البنية التحتية المتقدمة وفي تحسين المستوى الصحي والتعليم والأبحاث. ويبقى علينا الانتظار لرؤية ما مدى ضخامة هذه الاستثمارات فعلياً. ويقول شارلز فيست (Charles Vest)، رئيس الأكاديمية الوطنية للمهندسين والرئيس الفخري لمعهد ماساشوستش للتقانة في كامبريدج: "مع قدوم الكساد الاقتصادي النازل، سيضيق الإنفاق الاتحادي الاختياري لزوماً". غير أنه إذا ما تحقق أي عنصر من عناصر خطة أوباما للبحث والتطوير على أرض الواقع، فإن ذلك سيزوّد مجالات مختلفة من العلوم بتعزيزات مهمة واضحة.

في غضون ذلك، ما زالت الولايات المتحدة تعيش تبعات المعارضة الحزبية التي جعلت من المستحيل للكونغرس إمرار الموازنة في وقتها المناسب. فمن بين أشياء أخرى، فقد منعت هذه المعارضة تنفيذ قانون التنافس الأمريكي لعام (America Competes Act) 2007 –الذي دعا



لمضاعفة التمويل الاتحادي في أبحاث العلوم الفيزيائية الأساسية– مما قاد إلى تمويل ثابت عملياً لوكالات الأبحاث الرئيسية على مدى السنوات القليلة الماضية. وإذا كانت إدارة أوباما غير قادرة على كسر تلك المعارضة، أو أن عليها الإبقاء على الاستثمارات في العلوم ثابتة كي تعالج نواقص الموازنة الضبابية، فقد تجد بعض المشاريع اقتطاعاً في تمويلاتها. وسيكون أكثر هذه المشاريع عرضة للخطر كتلك ذات المبادرات الجديدة مثل انخراط الولايات المتحدة في تمويل المصادم الخطي العالمي المستقبلي International Linear Collider، أو إنشاء مختبر تحت الأرض مخطط له ليكون جنوب داكوتا، أو المقراب الماسح الجوي الضخم Large Synoptic Survey Telescope.

ومع ذلك، قد تساند الويلات الاقتصادية العالمية بالفعل مواقع الذين يحاجّون في صالح زيادة التمويل البحثي الأساسي. إذ يقول فيست: "إن الجانب المتفائل لدي يعتقد بأن هذه فرصة لإرسال رسالة للجميع مفادها أنه إذا ما أردنا تحويل دفة الاقتصاد نحو الأمان علينا الاستثمار في الأبحاث الأساسية الطويلة المدى التي ستقود الاقتصاد في النهاية".

الطاقة والمناخ

إن كيفية تأثير الأزمة الاقتصادية العالمية على الجهود التي تتناول معالجة تغيّر المناخ هي مجهول آخر. يوجد الآن قبول واسع الانتشار بأن تغيّر المناخ هو تهديد رئيسي، وأنه يجب التحكم بإصدارات الكربون عبر نوع من الضرائب أو عبر منظومة رأس المال و التجارة. فقد شغّل الاتحاد الأوربي منظومة تجارة الكربون منذ عام 2005، ووعدت حملة أوباما الانتخابية بوضع منظومة مماثلة في مركز سياسة الطاقة في الولايات المتحدة –الهدف هو تحديد الإصدارات مقابل تشجيع المحافظة على تقانات الطاقة الخضراء ودفع الأبحاث باتجاههما معاً. وبالفعل فقد وضع أوباما هدف تخفيض يقارب 80% من إصدارات غازات الدفيئة بحلول عام 2050، ودعا إلى وضع

استثمارات في الطاقات النظيفة تبلغ 150$ بليون –ليكون مصدر الأموال مزايدات على أذونات الإصدار.

غير أنه، مهما يكن من فوائد في جهود التحكم بإصدارات الكربون على المدى الطويل، فقد أظهرت الأزمة الاقتصادية شكوكاً حول امتلاك الحكومات المتعثرة وكذلك الأعمال الرغبة أو الوسعة للقيام بالاختيارات الصعبة اللازمة على المدى الزمني القصير. إذ إن تجديد قطاع الطاقة كلياً، وبالتالي الاقتصاد برمته لن يكون رخيصا دون ثمن. وعلى المدى القصير على الأقل، من المفترض أن يؤدي إلى ارتفاع أسعار طاقة التقانات النظيفة عند إدراجها بين الطاقات الأخرى.

يبدو أن هذه المخاوف قد أخذت في الحسبان عند تأخر صدور قرار عن الاتحاد الأوربي بخصوص سياسة المناخ بعد معارضة بولندة وبلدان أخرى تعتمد الفحم، إذ خافوا من وضع أحمال إضافية على صناعاتهم المنزلية. وقد تكون الأزمة لعبت دوراً في الانتخابات الكندية لأن المصوتين دعموا ستيفن هاربر Steven Harper المحافظ ضد زعيم المعارضة الحرّ ستيفان ديون Stephane Dion الذي كان يدفع باتجاه فرض ضرائب الكربون بغية وضع اقتصاد كندا على طريق أكثر خضرة.

غير أن الأخبار ليست كلها سيئة لهذا الحدّ. إذ تبنّت المملكة المتحدة حديثاً أول قانون عالمي يكفل قطع الإصدارات على المدى الطويل قطعاً كبيراً. فقد تمّت الموافقة على اللائحة التي ستقطع بموجبها كمية الإصدارات التي كانت عام 1990 بمقدار 80% بحلول عام 2050، لكنها لم تمرّ إلا بعد تقويتها لتتضمن نصّاً يتناول إصدارات الطيران.

يُضاف إلى ذلك أن الولايات المتحدة –وهي أكبر عائق في محادثات المناخ العالمية– قد عكست على ما يبدو، مسارها مع ربح أوباما الانتخابات وازدياد قوة الحزب الديمقراطي. ويتوقع بعضهم أن إمرار الكونغرس لمخطط تجارة الكربون سيكون سهلاً، لكنه رغم وجود أغلبيتين ديمقراطيتين أكبر يتوقع وجود عدة منافع متضاربة يجب التوفيق بينها. غير أن شاغلي مجلس النواب (Capitol Hill) يَعون تماماً عائدات ذلك. إذ يمكن لأنظمة غازات الدفيئة أن توجد تيارات عائدات ضخمة جديدة تحوّل لتغذي تقانة نظيفة أو لتعالج أولويات أخرى.

وقد كان الديمقراطيون (والعديد من الجمهوريين) متعاطفين منذ زمن، مع حجة إمكان الطاقة النظيفة خلق ملايين من الوظائف الجديدة، مما يخدم تعزيز الاقتصاد العليل، وهم لم يتهاونوا في تمويل مثل هذه الإجراءات. ففي شهر تشرين الأول/أكتوبر من عام 2008 حوّل المجلس مبلغ 17 بليون دولار من المشجعات الضريبية دفعت فاتورة لأجل دعم الطاقة النظيفة في أسواق وول ستريت البالغة 700 بليون دولار؛ كما سنّوا قانوناً لبرنامج ديون مضمونة كلفته 25 بليون دولار كي يساعد صانعي السيارات في إعادة توضيب منشآتهم لإنتاج مركبات أكثر كفاءة في استهلاك الوقود.

بالطبع يمكن لانخفاض العائدات الضريبية والعجز القومي المتنامي أن يجعل الحصول على هذه الاستثمارات أكثر صعوبة. كما يمكن لمشاكل القطاع المالي أن تجعل حصول شركات الرياح والطاقة الشمسية وشركات الطاقة الخضراء الأخرى على تمويل لمشاريعها الرئيسية أكثر صعوبة. يُضاف إلى ذلك انخفاض أسعار سندات تجارة الكربون في الاتحاد الأوربي بما يقارب 40% منذ تموز/يوليو من العام 2008 –ترجمة لانخفاض الاستثمار في تخفيض الإصدارات، وللهبوط الحاد في أسعار البترول– من 147$ للبرميل في تموز/يوليو 2008 إلى قرابة 60$ فقط للبرميل في شهر تشرين الثاني/نوفمبر 2008– مما يضيف مجموعة كاملة جديدة من عدم اليقين.

إن طاقة أرخص ستضع أموالاً أكثر من ذي قبل في جيوب المستهلكين، وقد تخفف من وطأة الانحسار والتراجع المظلم. لكنه سينقص في الوقت عينه الطلب على بدائل أخرى وقد يهدّد الاستثمارات في تقانات الطاقة المتقدمة –خصوصاً إذا ما أراد المستثمرون القلقون عوائد بسرعة عالية. ومن بعض الجوانب، هذا ما حدث بالضبط بعد انهيار أسعار البترول في ثمانينيات القرن الماضي.

ومع ذلك، فإن الفارق الآن هو الاهتمام العالمي بموضوع الاحترار الذي لن ينحسر. يشير ألدين ماير Alden Meyer، مدير استراتيجية اتحاد العلماء المعنيين وسياسته في واشنطن دي سي، إلى أن صنّاع السياسة سيجبرون في النهاية على تناول المشاكل المرافقة للاحترار العالمي إذا لم يقوموا باتخاذ الخيارات الصعبة الآن. "الحقيقة هي أنه لا يوجد مستقبل واعد بدون كلفة".

■ **الكاتب م. م. وولدروب M. Mitchell Waldrop.**

نُشر هذا المقال في مجلة Nature، Vol 456، 13 November 2008، ترجمة د. فوزي عوض، عضو هيئة التحرير.

خمسة من باحثي المحاصيل الزراعية قد يغيّرون العالم

تدفع المآسي الحالية في أسعار الغذاء عبر العالم الحاجة إلى زراعة أكثر إنتاجية. تقابل إيما ماريس Emma Marris خمسة علماء طموحين ومصمّمين على وقف معاناة العالم من الجوع.

الكلمات المفتاحية: أبواغ فطرية، صدأ الساق، أرز، تمثيل ضوئي، تدجين القمح.

صائد الصدأ

بيتر دودز Peter Dodds

بيولوجي جزيئي في منظمة الأبحاث العلمية لصناعة النبات في Commonwealth كامبيرا أستراليا Australia.

البرنامج الزمني للتغيير: 10 سنوات

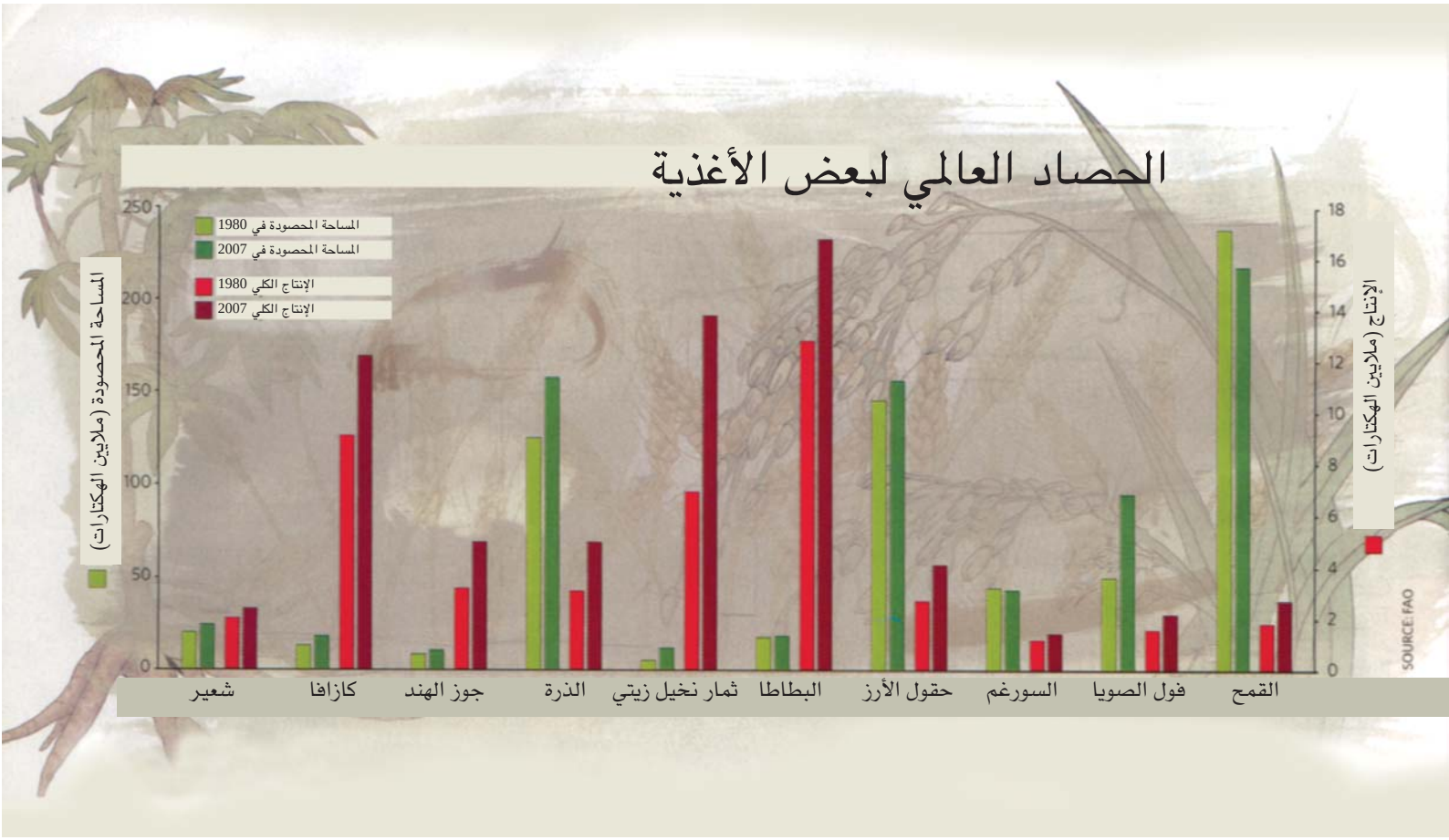
كان ذلك حينما عرض المشرف عليه صورة جرّار يعبر حقل قمح مصاب بالصدأ، حيث أدرك دودز Dodds ماذا سيواجه؛ ظهرت وراء الجرار سحابة برتقالية من الأبواغ زاد ارتفاعها عدة مرات عن ارتفاع المركبة نفسها. "إنه لمن المدهش كمية الأبواغ التي تحررت في حقل القمح المصاب"، قال دودز. "وهي تشبه في مظهرها جبل إيفرست".

تشكل سحابة الأبواغ الفطرية هذه قوة مخيفة عددياً. ويمكنك أن تفكر فيما لو حصلت طفرة فيها تتغلب على مقاومة القمح لسلالة من الصدأ وبمصادفة لا تتعدى الواحد في المليون فلن يكون ذلك مقلقاً. ولكن تلك الصورة الواحدة تحتوي على آلاف البلايين من الأبواغ التي تحجب السماء. وهناك ملايين الحقول.

منذ الأيام الأولى لتدجين القمح، ابتلي بسلالات مختلفة من الصدأ. تخترق أبواغ الفطر المسام أو الثغور التي يحصل النبات من خلالها على ثنائي أوكسيد الكربون من الجو وينخر بواسطة مجسّات haustoria أو شاربات ضمن خلايا القمح مستخلصة مغذياتها. وإذا كانت الظروف مناسبة فإن صدأ الساق هذا Puccini a graminis يمكن أن يقتل 50-70% من القمح في منطقة ما.

يمكن تجنب هذا الفقد حين يكون القمح مقاوماً للصدأ. ويمكن للنباتات المقاومة التعرف مبكراً على هذا الغزو، فتضحّي بالخلايا المصابة ويتوقف الصدأ في موقعه. ولكن القمح المدجَّن والذي جرت تربيته لزيادة الإنتاج يملك مخزوناً محدوداً من الجينات لنتمكن من الحصول على تنوعات وراثية قد تبدي مقاومة. لذلك حينما تتغلب سلالة من الفطر على جينات المقاومة يضطر الباحثون للتفتيش في أقارب القمح البرية عن جينات جديدة يمكن إدخالها إلى المحصول بالتربية المتصالبة.

في العام 1999 خضع الجين المقاوم للصدأ Sr31 – الذي عرف "بالبطل الذي لا يهزم" واعتمد عليه مزارعو القمح عبر العالم النامي– إلى سلالة جديدة من الصدأ الآتي من أوغندا. ومنذ ذلك الوقت انتشر الصدأ Ug99 في كينيا وإثيوبيا وعبر البحر الأحمر ووصل إلى إيران (انظر الخريطة). وقد قدر الخبراء أن 19% من الإنتاج



العالمي للقمح ينمو في الممر المحتمل لهجرة الصدأ. وإذا حدث أن غطى منطقة الخطر بكاملها فإن الفقد المقدر يبلغ ملايين الأطنان ويعادل بلايين الدولارات كل سنة.

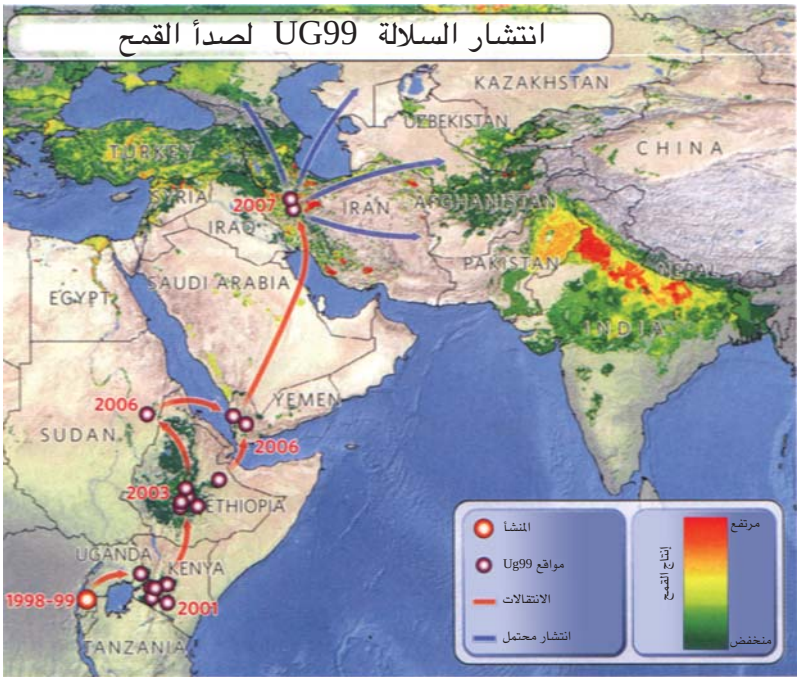
يمكن أن يكون دودز الرجل الذي يوقف الصدأ عند حدوده، وهو أسترالي متعصب أساساً من Melbourne. ويرغب دودز فهم كيفية غزو الصدأ للخلايا بحيث يستطيع هندسة بروتينات المقاومة من القليل، وسيلغي ذلك الحاجة إلى إيجاد الأقارب أو البحث المضني عنها في متاريسها أو معاملها البرية. كما أن الوثبة من التربية بالتهجين إلى الهندسة الوراثية ستزيل مشكلة إدخال قطعة كبيرة من الكروموزوم (الصبغي)، والتي تخفض الإنتاج، مع جين المقاومة. القمح الذي يحتوي على Sr31، على سبيل المثال، غير صالح لعمل خبز يعتمد على الخميرة بفضل بعض الجينات غير المرغوبة التي أتت برفقة أعلى مستوى من المقاومة. لقد استعمل دودز وفريقه في كامبيرا الكتان وصدأ الكتان كنموذج؛ ومن النادر أن شاهدوا حقل قمح تجاري، ولم يشاهدوا أبداً حقلاً مصاباً –ومن هنا جاءت دهشة دودز من المجال البرتقالي المشؤوم في الصورة.

لقد تركز عمل الفريق على المواد التي يفرزها الصدأ لكسب مدخل إلى الخلايا النباتية، أو التحري عن مواد استقلابها التي يمكن للنبات أن يستعملها ليعرف أنه يتعرض للغزو، وبالتالي يلجأ إلى إجراءات مضادة للهرب. هذه المركّبات، حسب دودز، تجعل الصدأ عُرضة ليتعرف عليه النبات، وفي الوقت نفسه لا يمكن للصدأ الاستغناء عنها.

الأمل هو أنه حين يحدث التآثر بين هذه المواد ونظام المناعة في القمح فإن كل ما على المهندس الحيوي هو البحث عن كيفية تطور سلالة الصدأ كي تتعرف على جينات المقاومة الفعالة. هذا التقدم سيغير السباق المسلح بين الإنسان والصدأ. "في البداية سيجعل اللحاق أسرعَ مرات عديدة"، حسب ما يقول دودز الذي أضاف، في النهاية تُهندس الأصناف للتعبير عن جينات عديدة مقاومة والتي قد تكون غاية في التعقيد بالنسبة للصدأ ليتم تبنيها عاماً بعد آخر. وبعد ذلك ستكون الحاجة فقط إلى استثارة عرضية للمحافظة على التقدم على العامل المرض.

ولكن هل بلدان شرق أفريقيا، حيث ينتشر الصدأ، ستفتح ذراعيها للقمح المعدّل وراثياً عندما يصبح جاهزاً للاستعمال؟ يقول دودز "هذا سؤال يصعب عليّ الإجابة عنه". أما متى سيصبح أي جزء من العالم جاهزاً لقبول ذلك فأمر تصعب معرفته، ولكن جعل هذه الأشياء متيسرة يدعم الحجة للقبول بقوة.

يقول جوناثان جونز Jonathan Jones، الاختصاصي في مقاومة الأمراض في مركز John Innes UK الكائن في نورويتش في المملكة المتحدة: "أخذ دودز تحاليل تآثر الكتان والصدأ إلى مستوى آخر، وهو أفضل شاب عرفته وهو عالم شاب خارق وعمله في غاية الأهمية". ويقول جونز أيضاً إن كثيراً من البيولوجيين الجزيئيين لن يكونوا مهتمين بمشكلة معقدة كهذه "وسيكون المردود على مدى بعيد جداً".



يبدو أن دودز يمتلك جينة المدى البعيد. وهو يعمل منذ 10 سنوات على الصدأ ويقول إنه لا زال يجد ذلك ممتعاً كما كان، وأن Ug99 قد شحذ تركيزه. "هناك بالتأكيد مستوى أعلى من الإلحاح أو الضرورة عندما ترى أن هناك مشكلة تحتاج إلى الحل بسرعة. من الآن وبعد ذلك ستُحدِث وباء سيئاً مثل هذا وتتطلب الاستجابة. ■

المتفائل دائماً

جيري كلوفر Jerry Glover

بيئي زراعي من معهد Land Institute في سالينا، كنساس

البرنامج الزمني للتغيير: 30 عاماً

لم يكن يرغب البقاء في مزرعة في كولورادو حيث ترعرع وأراد أن يصبح فيلسوفاً. إلا أن عملاً صيفياً في الريف قاد جيري كلوفر إلى دراسة مقرر في علوم التربة في كلية محلية. لقد عشق دائماً رائحة الغضار للتربة المقلوبة بالحراثة، وقد استرجعه عشق التربة إلى الحصول على الدكتوراه من جامعة ولاية واشنطن في پولمان وأخذ عملاً في معهد الأراضي، الذي يركز على الزراعة المستدامة حيث عمل هناك على مشروع لتحسين التربة والذي اعترف أنه ربما لا ينتهي طيلة حياته.

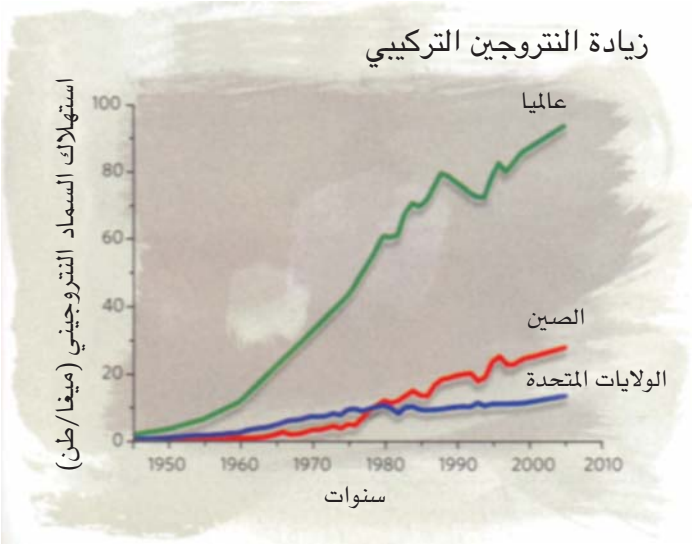
كلوفر والمتعاونون معه حول العالم هم في وسط مشروع يمتد عشرات السنين، محاولين أن يستولدوا القمح ليتحول إلى محصول معِّمر. هناك ما يقارب 85% من الأراضي المزروعة في العالم تزرع المحاصيل الحولية (انظر خريطة العالم). وهذا يعني أنه تجب زراعتها مجدداً كل عام بالبذور. وهذا يعني أنه يجب أن تحرث، والحراثة تعني فقد الكربون –هذه الروائح الغنية؛ للطُّفال loamy – والتعرية. وإحدى طرق تحاشي ذلك هي الزراعة دون فلاحة حيث توضع البذور في أرض غير مفلوحة. وعلى الرغم من أن لهذه التقنية ميزاتها حينما يكون المحصول حولياً، فإنها غير قادرة على جعل جذورها عميقة في التربة كما لو جرى نموها لفترة أطول.

إذا جُعلت محاصيل مثل القمح قادرة على البقاء (في الحقل) سنة بعد أخرى – لتصبح معمرة– فإنها ستتطلب كمية أقل من السماد ومروراً محدوداً للآليات الثقيلة، وسيكون لها مواسم نمو أطول. سوف تتحول أراضي العالم الصالحة للزراعة إلى شيء يشبه المروج وأراضي الأعشاب التي حلت الزراعة محلها، وسيجلب ذلك عديداً من الفوائد. بعض أراضي الأعشاب المعمرة يمكن أن تحصد مرة بعد مرة دون إضافات، مع القليل من جهد بشري ومن التسميد أو بدونه ودون استنفاد مغذيات التربة. ومع جذور تشبه لحية رجل عجوز ضخم، تحد المعمرات من التعرية بطرق لا تستطيعها الشعيرات الخفيفة الفتيّة للحوليات. وهي تحسِّن نوعية التربة أيضاً وتضخ مزيداً من المادة العضوية فيها.

والاهتمام الأساسي بالنسبة لكلوفر هو النتروجين، "نحتاج إلى كثير من الإنتاج النباتي الجيد" كما يقول و"نحتاج إلى إزالة الكثير من أجل احتياجاتنا". جميع النتروجين المزاح من التربة يكون على شكل بروتين محصولي، ويجب أن يُعاد إلى التربة بصورة أو أخرى إذا رغبنا بخصوبة على المستوى البعيد. ويستعمل المزارعون القادرون السماد النتروجيني الصناعي لهذا الغرض (انظر الرسم البياني). إلا أن هذه الأسمدة مكلفة صناعياً وغالباً ما تضاف بطريقة تضيع معها كمية دون استعمالها وتنساب إلى الأنهار مخربة الأنظمة البيئية في المجرى.

تستطيع جذور النباتات المعمرة التشعب في المناطق الطبيعة لوجود موارد النتروجين والتي لا تستطيع المحاصيل الوصول إليها، وبالتالي يمكن أن تُصنّع بروتيناً صالحاً

زيادة النتروجين التركيبي



للحصاد أكثر مع إضافات أقل من النتروجين. كما تمتاز النباتات المعمرة بفرص أكثر وفراغ جذري أوسع للتآثر مع الفطريات (فطريات المايكورايزا) ومع أعداد البكتريا التي تثبت النتروجين. وتبعاً لتجارب كلوفر فإن النباتات العديدة الفصول كما تمثلها الأعشاب الطويلة للمروج تتطلب فقط 8% من الطاقة التي يتطلبها حقل قمح حولي عالي الإنتاج لصناعة المقدار نفسه من النتروجين القابل للحصاد.

يعيش كلوفر على الجانب الآخر بمحاذاة طريق بعض قطع الأرض التجريبية التي يملكها، وعلى بعد بضعة كيلومترات خارج المدينة مع زوجته وأبنائه الثلاثة الذين هم أصغر من أن يجروا في حقول التجارب خلف الفراشات والطيور التي تجد المساكب المستديمة أكثر ملاءمة من الحقول العادية. وتتسكّع القطط والكلاب حول هذه الملكية. ويقارن انتقاله إلى مزرعة عمله التي ترعرع فيها، فيقول ضاحكاً: "أنا أشعر كأنني مزارع وسيم لعشرين دونماً في الريف".

ويقول جون ريغانولد john Reganold، المشرف على دراسة كلوفر العليا، إن كلوفر تحركه أفكار المستقبل. ويضيف: "أنا لا أعتقد أنه سيأخذ مشروعاً يغذي الكرة الأرضية ولا يكون أيضاً جيداً للبيئة" ويقول أيضاً إن كلوفر "كان أفضل طالب دراسات عليا أخذه في حياته وأنه واحد من أفضل من رأى في حياته".

"الزراعة هي أحد مهددات التنوع الحيوي، إن لم تكن المهدد الأكبر له، قياساً بالسلوك البشري"، كما يقول كلوفر. "يجب على الناس أن تأكل –ولكن ما الذي يمكنهم أكله دون تخريب البيئة"؟ ربما سيتمكنون من ذلك يوماً ما ويأكلون غذاءً من مزارع تنتج بما يشبه المروج الطبيعية التي حلت محلها بالأساس والعاملة بما يشبه نظاماً بيئياً صحياً ومزرعة في الوقت نفسه.

الفلاح المكافح

زانغ جانهاو zhang Jianhua

اختصاصي فيزيولوجيا نبات في جامعة هونغ كونغ

Hong Kong Baptist University

الجدول الزمني للتغيير: الآن

على خلاف معظم علماء الزراعة الناجحين عَرف زانغ جانهاو ما معنى أن تكون جائعاً. وكانت تلك ملاحظة شُحذت بالجوع الذي كان دافعاً للكثير من أبحاثه.

ترعرع زانغ، البالغ من العمر 52 عاماً، في مزرعة في الريف الصيني حيث كان هناك عمل يومي شاق في الحقل، كما هو الحال بالنسبة للجزء الأفضل من بليون من مواطنيه اليوم. سجن والده معلم المدرسة في معسكر لإعادة التثقيف لمدة ثلاث سنوات بدءاً من 1957، بوصفه واحداً من عشرات الآلاف الذين صنفوا "يمينيين" بعد الاستجابة لدعوة الرئيس ماو Mao Zedong's للنقد البناء في (حملة مئات الأزهار). كُلف والده بعدها بالتدريس بعيداً عن أسرته ونادراً ما كان يراهم.

عمل زانغ وأحد أخوته ووالدته في مزرعة تعاونية وعاش في كوخ صغير جدرانه من تراب وسقفه من قش الأرز، وكان لكل بيت في التعاونية قطعة صغيرة من الأرض لزراعتها للاستعمال الشخصي. ويتذكر زانغ بحماس السنة التي "كان يُفترض به فيها الالتحاق بالمدرسة الثانوية" عندما لاحظ أن أرض أسرته، التي تعلو قليلاً عن مثيلاتها التي تخدمها قنوات الري نفسها، كانت تجف عندما كان محصول الأرز ينتج حبوبه في منتصف الخريف. "لقد قلقت كثيراً أن يعاني محصولي من الأزر من ذلك"، كما قال، "ولكن عند الحصاد لاحظت أن وزن السنابل لدي كان حقيقة أعلى من المتوسط. أنا أتذكر ذلك دائماً".

أهّلت قدرات زانغ كمزارع لترقيته إلى وظيفة خبير تقني في تعاونيته. والتحق في كلية زراعة محلية ودرس فيها إنتاج المحاصيل وتربيتها وعلم نفسه اللغة الإنكليزية إلى حدٍّ ما بقراءة أعمال تشارلز ديكنز Charles Dickens والقاموس في يده اليسرى. ويقول ضاحكاً "كنت أتحدث بلهجة غريبة جداً".

سمحت له الحكومة الصينية عام 1985 بفرصة للعمل في الخارج وانتهى به الحال في مخبر بيل ديفز Bill Davies لفيزيولوجيا النبات في جامعة لانكستر في المملكة المتحدة. "لقد كان هناك شيء جذاب وممتع في رسالته"، كما يتذكر ديفز "لقد كان الشخص الصيني الأول الذي يلتحق بالمخبر". كان قلقاً حول إنكليزيته، يتجنب إجابة الهاتف، ولكنه بدأ يضخ النشرات العلمية". لقد قام بعمل محدد يبين أن الجذور يمكن أن تعطي الإشارة إلى الجزء الخضري موظفة هرموناً نباتياً خاصاً –حمض الأبسسك abscisic acid كرد فعل لإجهاد الجفاف– كما يقول ديفز.

عمل زانغ على فكرة واحدة تذكرها من قطعة الأرض المزروعة بالأرز العائدة له في بلده، هي أن إجهاد الجفاف يمكن أحياناً أن يدفع النبات إلى إلقاء موارده كافة في التكاثر، على أساس أن الموت بتأثير الجفاف وشيك الوقوع. ونتيجة لذلك تُسرع كافة مغذيات النبات إلى الحبوب. وقد اشتقت تَقنية الإدارة من هذه النظرة، التي يدرسها زانغ حالياً على المستوى الجزيئي والوراثي تفصيلاً، اصطلاح الري الناقص أو ري العوز deficit irrigation.

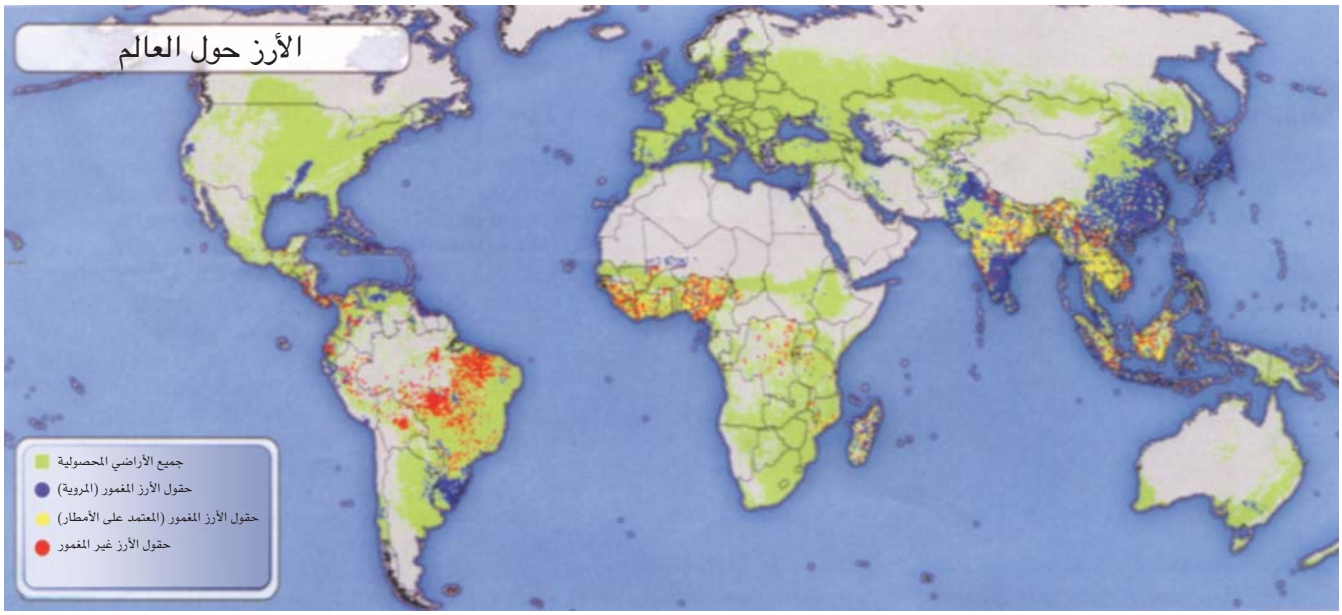
لم يخترع زانغ الري الناقص ولكنه أصبح الآن واحداً من أكثر دعاته العلميين تأثيراً. يقول ديفز "نتيجة لأبحاثه أصبح الري الناقص محط الأنظار". وفي هذه الأيام ينظر فريق زانغ إلى الوظائف الجينية التي يحرضها الإجهاد المائي، وقد وجد هذا الفريق على سبيل المثال أن النباتات تحمي نفسها حينما تحرم من الماء بإنتاج أكثر من الإنزيمات التي تلتقط أو تمخلب scavenge أنواع الأوكسجين النشطة، وهذه المجموعة مشغولة الآن بكشف تفاصيل هذا التنظيم.

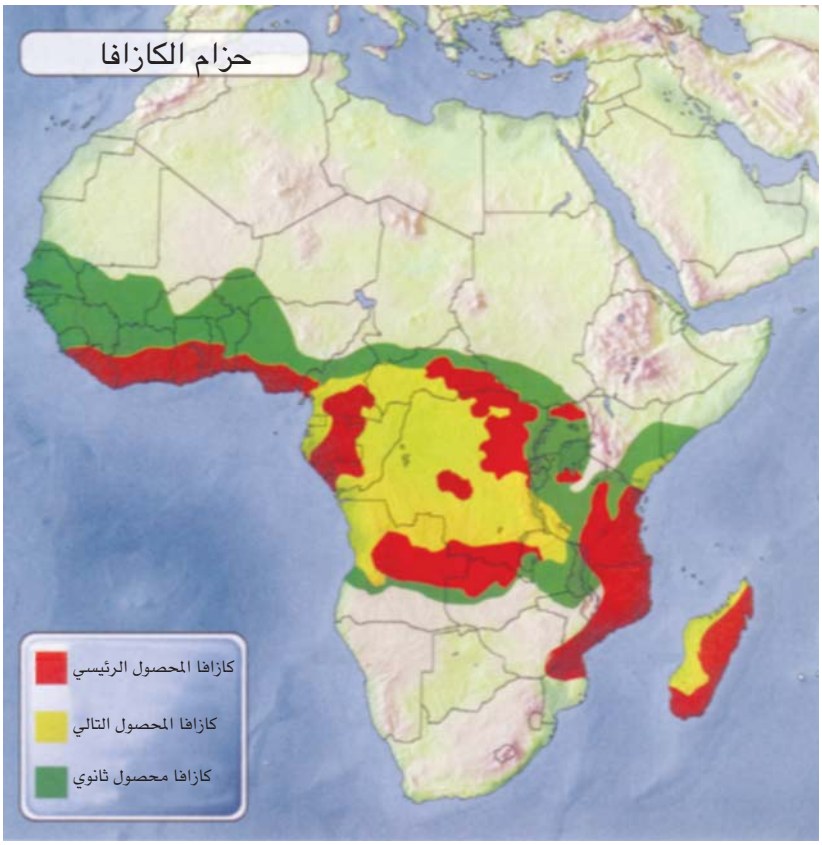
من ناحية الإدارة فإن أحد اختصاصات زانغ هي التقنية التي يطلق عليها اسم التجفيف الجزئي لمنطقة الجذور "partial root zone drying"، حيث تروى بعض الجذور ولا تروى الأخرى. والفكرة وراء ذلك أن النبات يحصل على ما يحتاجه من الماء، إضافة إلى التركيز على أن يضع جميع جهده في تكون البذور بإشارات هرمونية لأنها ستموت في الغد. وقد اعتمدت هذه التقنية بحماس من قبل مزارعي الكرمة في أستراليا من بين مزارعين آخرين.

بعد بقاء زانغ عدة سنوات في لانكستر انتقل إلى هونغ كونغ وهو الآن يسافر عبر الصين متحدثاً عن أبحاثه في الري الناقص باعتباره وسيلة لتحسين فعالية الزراعة. لقد رغب دائماً بنقل مهاراته إلى بلده، "إنه من النادر وغير العادي أن تجد شخصاً عديم الأنانية أو غيرياً إلى هذا الحد"، كما يقول ديفز، معلمه السابق.

الفضل لزانغ وللمزارعين الآخرين في شمال الصين الذين تعلموا استعمال مقدار أقل من الماء. على سبيل المثال أصبحت كمية المياه المستعملة في الري في شمال غرب الصين نصف ما كان يستعمل في العقد السابق تبعاً لزانغ. "هذا إنجاز هائل وهام ويعني أننا سوف نستعمل مقداراً أقل من المياه الجوفية، والتي أصبحت ناضبة جداً في السنوات الأخيرة"، كما يقول، في شمال الصين حيث يُنتج معظم قمح البلاد، وخفضت مرات الري من 4 أو 5 مرات للمحصول إلى مرة أو مرتين للمحصول في هذه الأيام.

"الحياة بالنسبة للفلاحين في الريف غاية في الصعوبة"، يقول زانغ. "لقد عانينا الكثير". واليوم والداه وهو أكثر سعادة، ولكن لازال كثير من أصدقاء طفولته يعانون الفقر. "إذا سألت كم تغير من حياة الفلاحين ستجده قليلاً جداً"، كما يقول. "وإن حلمي أن أرى





الفلاحين يعيشون حياة أفضل ويتمتعون بحقوق مساوية لأبناء المدن. لقد أردت دائماً أن أقدم شيئاً لأبناء الريف، للفلاحين وأنا واحد منهم".■

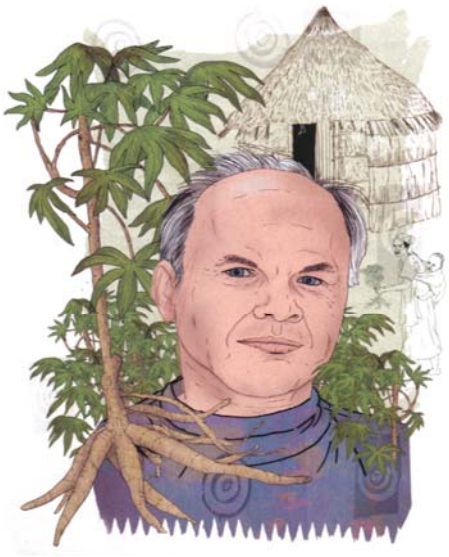
التقانات الحيوية إنسانياً

ريتشارد سير Richard Sayre

مدير معهد الوقود المتجدد في مؤسسة Rent A- car في مركز Donald Danforth لعلوم النبات في سانت لويس St Louis، ميزوري Missouri

الجدول الزمني للتغيير: 6 سنوات

"أحب التحدي"، قال ريتشارد سير Richard sayer "أنا لا أستطيع القيام بمشروع واحد، سأصاب بالملل". غادر سير جامعة أوهايو في كولومبوس حديثاً في موكب مع العاملين في المخبر وعائلاتهم من أجل إدارة معهد الوقود المتجدد في مؤسسة Rent-A-Car في مركز علوم النبات Donald Danforth في ميزوري. وفي هذا الموقع سيعمل على تحويل الطحالب إلى وقود حيوي وستكون له مساهمة في بدء مصنع يدعى Phycal في كليفلاند، أوهايو، الذي يعمل على الطاقة المتجددة. وهو رئيس تعاونية BioCassava Plus Collaboration التي تمولها Bill and MeLinda Gates Foundation وهي مشروع 12 مليون دولار ولمدة خمس سنوات لتحويل الكازافا، وهو نبات جنوب أمريكي يزرع بشكل كثيف في أفريقيا (انظر الخريطة)، إلى غذاء جيد يعطي بروتيناً أكثر ومدى واسعاً من المغذيات الصغرى. وينسق سير على خط الكازافا هذا بين 19 باحثا من خمسة بلدان ويسعى للحصول على الحقوق الفكرية لاستعمال الجينات ذات العلاقة وكذلك الوسائل التي يحتاجها للوصول إلى وضع الجذر المعدل أمام الجمهور. وهو لا يزال نشطاً في المخبر كحلاّل مشاكل. ويقول "إذا ما تعطل جهاز ما أو تعثر أحد البروتوكولات سأذهب لإصلاحه، سأدخل تحت النابذة وأصلح فرّاشاتها.



الكازافا هو طعام يؤكل من قبل 250 مليون في الصحارى الأفريقية السفلى. وهو ينمو جيداً في الترب الفقيرة جداً ويحتاج إلى القليل من العمل، ويمكن حتى للمصابين بالإيدز تنميته. وهو أكثر تحملاً للجفاف من الذرة ومحاصيل أخرى. ومن سوء الطالع أنه ليس مصدراً غنياً للمغذيات، وكثير من أصنافه مشابهٌ بمركبات مرة الطعم تتحول إلى مادة السيانيد السامة خلال الهضم. ويجب أن تنقع هذه الأصناف وقتاً طويلاً أو تطحن إلى دقيق وتطهى بعد ذلك لإزالة السم منها. وعلى الرغم من أن ذلك يجعل الغذاء يحتاج عملاً أكثر كما يقول سير، فإن كثيراً من المزارعين يفضلون الأصناف الأكثر مرارة حيث يتجنب اللصوص تلك الجذور التي تحتاج إلى تحضير متعب.

يهدف مشروع Bio Cassava Plus إلى تحسين الكازافا بوصفه محصولاً وغذاءً، وقد استطاع حتى الآن إصابة معظم الأهداف الطموحة التي تعهدتها تعاونية مؤسسة غيتز Gates حين وضع البرنامج عام 2005. لقد طورت المجموعة عدداً من التعديلات الجينية التي تهدف إلى الحصول على مستوى من مغذيات عالية بما فيه الكفاية بحيث تحتوي 500 غرام من الكازافا على الحد الأدنى للمقنن اليومي. والمغذيات الهدف هي البروتين وفيتامين A وE والزنك والحديد المتيسران بيولوجياً. كما تقاوم سلالة مهندسة أُخرى الإصابات الفيروسية، وثالثة مهندسة لتحوي مقداراً أقل بكثير من السيانوجينات. وتخضع كثير من هذه الخطوط إلى تجارب

حقلية في بورتوريكو. وستحاول المجموعة بعدها ضغط عديد من هذه التجارب وجمعها في واحدة أو صنف من الكازافا يفضله المزارع. يقول سير: هم يستطيعون فيزيائياً إدخال أربعة جينات في الوقت نفسه إلى جينوم الكازافا ولكن حتى الآن لم يتم التأكد فيما إذا كانت هذه الجينات سيعبر عنها بصورة مناسبة. وفي النهاية يمكن أن يتمكنوا من تسريب 15 جيناً إلى خط أو سلالة واحدة وهذا عمل معقد.

جميع المتعاونين في مشروع الكازافا ملتزمون بتغيير العالم. "ونحن نعتقد أننا نستطيع ذلك" يقول سير. وهو يصر على أن المناورة الوراثية ضرورية على الرغم من معارضة كثير من بلدان إفريقيا. "لا يمكننا الوصول إلى المستوى المطلوب من الحديد والزنك دون التحوير"، كما يقول. ويعمل سير على إدارة المقاومة لأهدافه التسويقية ببناء ارتباطات محلية ضمن برنامجه ويقول "إن استراتيجيتنا هي أن ندخل الجين في أفريقيا وبواسطة الأفريقيين. ونعتقد أن ذلك عنصر حرج في تبني البرنامج". جُدولت التجارب الحقلية في نِيجيريا للعام 2009 وهي تحت التطوير بالنسبة لكينيا.

يمكن أن يعود اهتمام سير في الكازافا إلى أوفيونغ ماكبونغ Offiong Mkpong الذي يُدرس الآن في كلية Palm Beach في Lake Worth بفلوريدا. في أواخر ثمانينيات القرن الماضي سمع سير عن طالب نيجيري يحتاج عملاً. "لقد عينت هذا الطالب غاسلاً للأطباق"، كما يقول، وكانت سياسة سير في ذلك الوقت هي دعم أي طالب أو تقني يرغب بعمل مشروع بحث مستقل. "وبعد ثلاثة أشهر تقريباً قال بأنه يرغب بإزالة السيانيد من الكازافا" كما يتذكر سير. "لقد ترعرع في دلتا النيجر خلال الحرب الأهلية في بيافرا، وأبقت الكازافا عائلته على قيد الحياة". عمل ماكبونغ وسير معاً في المشروع وبدأا بدراسة حركية الإنزيمات. وحين رحل ماكبونغ استمر سير بالعمل في النهاية في هندسة سلالات النبات التي تنتج سيانوجين أقل بنسبة 99% من الصنف المزروع.

بهذا المقدار الكبير من العمل أمامه وحبه المعلَن للإجهاد يبدو سير كأنه من النوع العصبّي. لا شيء من هذا كما يقول جان فيلمان John Fellmen من جامعة واشنطن الحكومية وأحد الباحثين في مشروع Bio Cassava Plus. "هذا هو التناقض"، يقول فيلمان. "معظم هؤلاء الناس المشحونين ليس لديهم وقت لك، أما هو فلديه ذلك دائماً". لدى فيلمان قصة تبين كرم سير وما يصفه فيلمان بشخصية "California Laid-back".

يقول فيلمان "في طريق عودتنا من اجتماع في كامبالا Kampala بأوغندا، كان علينا أن نقضي بعض الوقت في أمستردام ننتظر طيراننا. وكان لدى أحد مسوّقي مركز Danforth Plant Center عضوية دولية لنادي KLM. لذا كنا نجلس لتناول الشراب عند الساعة السابعة والنصف صباحاً. وكنت أشتكي من عدم وجود محاضرة جاهزة لطلابي لدي فقال: "خذ هذا ملخص للمحاضرة التي ألقيتها في المؤتمر، فيمكن أن تكون محاضرتك ليوم الاثنين. أعطاني كامل محاضرته –أدخلتها بكبسة إبهام– وكانت كل شريحة من شرائحها تحمل توصيفاً مرجعياً محدداً. ولم يكن يقول فيها هذا عملي بل كان دائماً يقول هذا عملنا.

محوّر الأرز

جوليان هيبرد Julian Hibberd

بيولوجي جزيئي في جامعة كامبردج U.K.

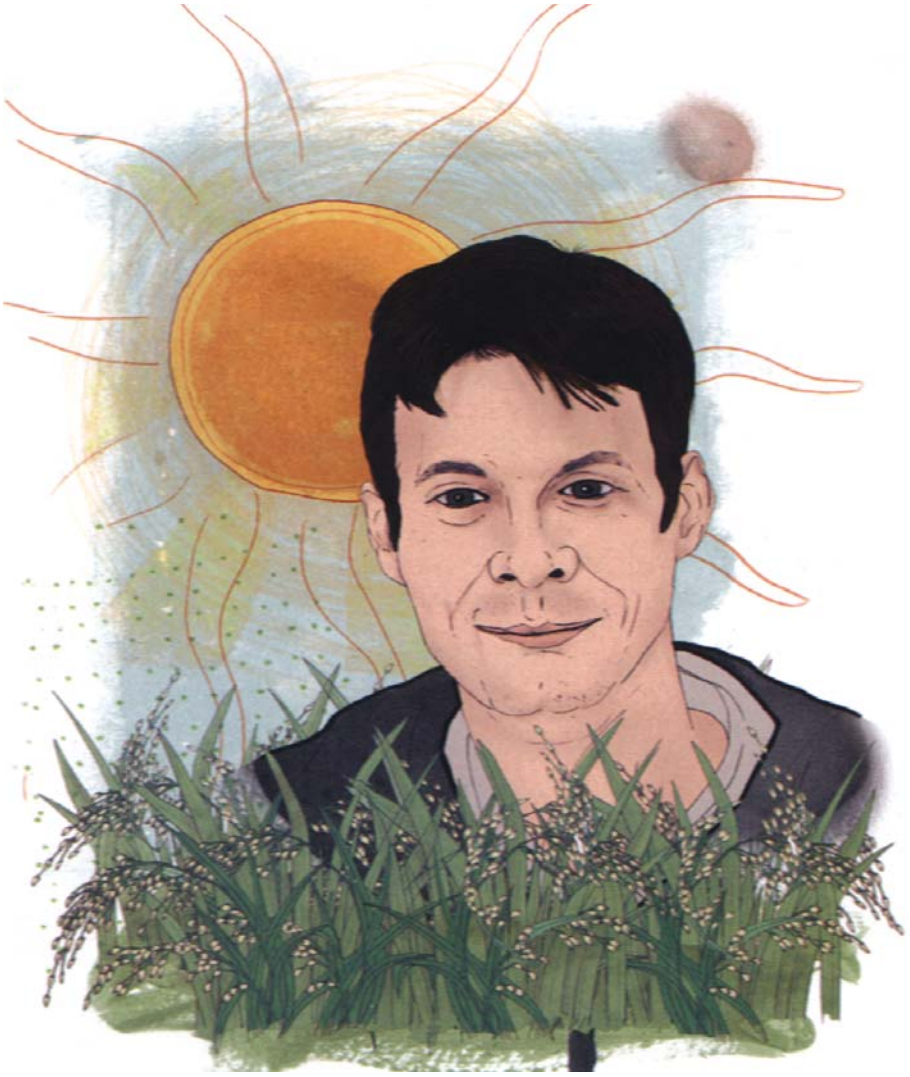
البرنامج الزمني للتغيير 15-20 عاماً

إذا كان هناك من خطة لبعثة جوليان هيبرد في العلوم البحتة. كان ذلك في منتصف المسافة وسط مجموعة منزل الضيافة التابع للمركز الدولي لأبحاث الأرز (IRRI) في Laguna في الفلبين.

في منتصف 2006 حضر هيبرد اجتماعاً لعشرات العلماء الذين يدرسون التمثيل الضوئي في الأرزّ. ودعاهم للتجمع هناك جون شاهي John Sheehy العالم في IRRI، والذي كان يملك خطة طموحة جداً ويرغب منهم المساهمة.

طورت بعض النباتات وخاصة الأعشاب التي تنمو في المناطق الحارة طريقة لزيادة كفاءة التمثيل الضوئي. وهي تقوم بذلك بتثبيت CO_2 في سكر رباعي الكربون قبل ضخه في الخلايا التي تقوم بالتمثيل الضوئي، مما يرفع من تركيز CO_2 ومن فعالية التمثيل الضوئي. تعرف هذه العملية بالتمثيل الضوئي لرباعي الكربون C4 photosynthesis، وذلك بسبب رباعي الكربون السكري.

كانت فكرة شاهي أن يُهندس الشحّان C4 supercharger إلى الأرز. وظنَّ أن بإمكانه، بضربة واحدة، أن يزيد الإنتاج حتى 50%. وكان هيبرد يُسأل بسبب أبحاثه البحتة في معجزة التمثيل الضوئي التي ما تزال ناقصة الفهم وقد قاده ذلك بالصدفة قريباً من تبنّي الـ C4. عند فحصه التمثيل الضوئي في الخلايا البعيدة عن الثغور التي تقود CO_2 ضمن الأوراق النباتية، وجد هيبرد أنها توظف عدداً من البروتينات التي تستعملها نباتات C4.



وهكذا وجد نفسه، في ليلة قبل العشاء، في مجموعة مع "الأسماء الكبيرة للعاملين بـ C4". وتذكر "وهو مغرورق بالتفكير في الأرز C4"، مع المساحات الواسعة لحقول اختبارات الأرز القريبة للمعهد. "أعتقد أن الأمر الأكثر تشويقاً هو مجرد الشعور أن العلوم البحتة التي كنت أقوم بها يمكن أن تأخذ طريقها إلى الزراعة وأن تقدم جديداً للناس".

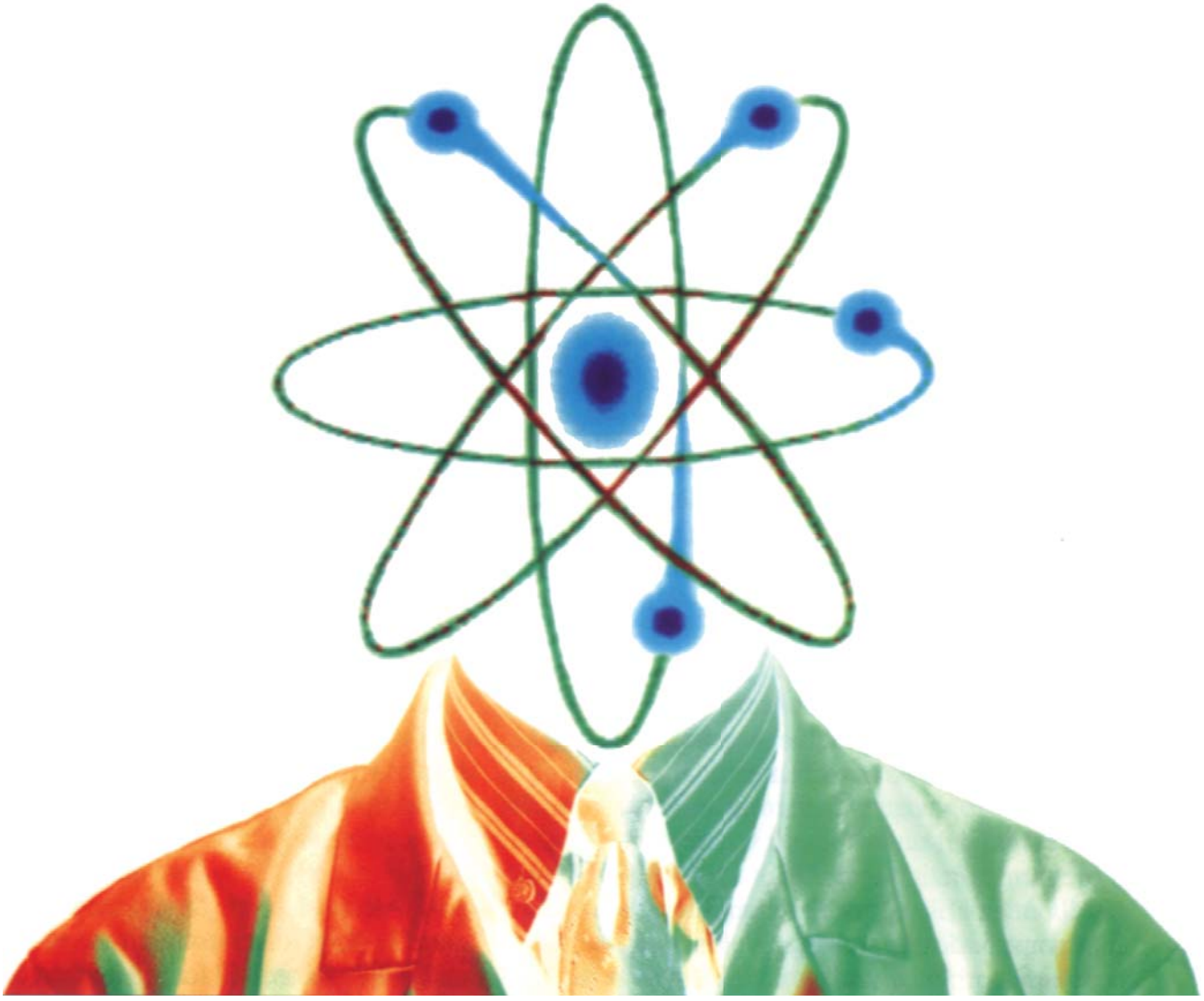
لقد عاد هيربرد إلى كامبردج حاملاً رسالة. وبعد سنوات قليلة، أعطت مؤسسة Bill and Melinda Gate Foundation حديثاً إلى Sheehy مشروعاً بـ 11 مليون دولار ولمدة ثلاث سنوات، تبعاً لـ IRRI. وكان هيربرد في الوقت نفسه يتقدم فاحصاً الجينات التي تتغير حينما يحدث استقلاب C4 –كما جرى في مناسبات مستقلة عديدة. "إن لأوراق C4 تعديلات تشمل الكيمياء الحيوية والشكلية وفي بنية المصورات"، يقول هيربرد. لهذا فهي معقدة حقاً." وعلى مستوى الشكل فقط، يجب جعل عدد أكبر بكثير من العروق تنمو على الأوراق.

لكن هناك أمل. فحقيقة أن عملية C4 تطورت بصورة مستقلة عشرات المرات تعني أن "هناك سابقة بيولوجية للقول بأن هناك طريقاً سهلاً نسبياً أو قابلاً للتتبع للحصول على التغيرات"، يقول هيبرد. وعلى وجه الخصوص، فإن مختبر هيبرد يبحث عن جينات متكاملة من الذرة –والتي تستفيد طبيعياً من استقلاب C4– إلى الأرز. ومن حسن الحظ أنها غالباً تعبر عن نفسها في الخلايا المناسبة. "نحن بالتأكيد سنحتاج إلى استعمال جينات من نباتات أخرى"، يقول هيبرد: "وحسب معلوماتنا ليس هناك اختلافات كافية في الأرز تمكننا من الحصول عليها من خلال التربية التقليدية".

هيبرد الذي يدعوه زميله ديفيد باونكومب David Buncombe رجل النبات في كامبردج "الشخص المتواضع جداً"، ولا يبدو عليه الخوف من برنامج المشروع. "حين يقول الناس لي، "ألا تظن أنها مهزلة أن تصنع أرز C4؟" أجيب إن أمامي 30 عاماً قبل أن أتقاعد. وسيكون محبطاً بالنسبة لي أن أفكر أنه لن يكون بإمكاني فهم طريق الاستقلاب جيداً. المنافع المتوقعة من الحصول على أرز C4 هائلة. وإذا كان C4 يعطي إنتاجاً أعلى بـ 50% فإن التأثير سيكون على البلايين من البشر".

■ إيما ماريس Emma Marris كاتبة لمجلة الطبيعة من كولومبيا–ميزوري.

نُشر هذا المقال في مجلة Nature، Vol 456، 4 December 2008، ترجمة د. نجم الدين شرابي، عضو هيئة التحرير.



الوجه الجديد للفيزياء- في القرن الحادي والعشرين

كانت مختبرات Bell صورة مصغرة للتعاون الدؤوب بين الفيزياء الأساسية والفيزياء التطبيقية، وهي على وشك إغلاق قسم الأبحاث الأساسية فيها: تتقصى جينيفر أوليت Jennifer Ouellette كيف يؤثر ذلك على الفيزياء الصناعية اليوم.

الكلمات المفتاحية: مختبرات بل، فيزياء أساسية، فيزياء تطبيقية.

في عام 1931 كُلف الفيزيائي كارل جانسكي karl Jansky في مختبرات Bell الناشئة بدراسة مسبّبات وجود الكهراكدة في الاتصالات عبر مسافات طويلة بأطوالٍ موجيّة قصيرة، وذلك عقب الاهتمام الذي أولته الشركة في استغلال الأمواج الراديوية في الخدمات الهاتفية عبر الأطلسي. وقد قضى جانسكي عدة أشهر يسجل الإشارات الراديوية من كل الاتجاهات باستخدام هوائي صغير مثبت على قرص يمكنه الدوران وتعيين اتجاه أي إشارة راديوية مستقبَلة حتى لقبه الزملاء على سبيل الدعابة "دوّامة جانسكي".

كثيرٌ من الكهراكدة كان بسبب العواصف الرعدية، لكن جانسكي كشف أيضاً إشارة هسهسة خافتة، لم يكن سببها معروفاً، وقد

جينفير أوليت كاتبة مستقلة مقيمة في لوس أنجلوس، كاليفورنيا، الولايات المتحدة، e-mail jenluc@ gmial.com. وهي مؤلفة (الأجسام العاتمة والقطط الكمومية: حكايات من سجل إحداث الفيزياء 2006) وكذلك فيزياء البوفيفرس Buffyverse (2007)، وهي تكتب أيضاً السجل الشخصي شبه الرسمي لجماعة الفيزياء.

صنع في مختبرات بِل من اليسار إلى اليمين، علم الفلك الراديوي، الترانزيستور، UNIX، نبائط مقرونة بالشحنة، اكتشاف الأمواج المكروية الكونية، وليزرات الشلال الكمومي.

ظن جانسكي في البداية أن الإشارة كانت تأتي من الشمس، وذلك لأن شدتها كانت تعلو وتهبط مرة في اليوم، ولكنه تحقق فيما بعد أن الإشارة لا تتكرر كل 24 ساعة ولكن كل 23 ساعة و56 دقيقة. ومن حسن الحظ أنه ذكر الحالة مصادفة أمام زميل يعمل في مجال الفلك، ففسرها بوضوح على الفور: إذ قال إن التغير بمقدار أربع دقائق كان دليلاً على زمن نجمي sidereal time– وهو الزمن المحدد بالحركات الظاهرية اليومية للنجوم، إضافة إلى المعطيات التي تُري أن مصدر الإشارة يتولد من مجموعةٍ من نجوم القوس والرامي constellation Sagittarius. استنتج جانسكي أن الإشارات كانت ناشئةً من خارج الأرض extraterrestrial وأن الأمواج الراديوية كانت تصدر عن مجرات في مركز درب التبانة، وكان ذلك فجر علمِ الفلك الراديوي.

لقد كان اكتشاف جانسكي نوعاً من الاكتشافات التي جرت مصادفة والتي كانت من السمات المميّزة لمختبرات بِل Bell Labs في "العصر الذهبي" لأبحاث الفيزياء الصناعية، حين كان العلميون أحراراً في التمتع بفضولهم وتعقب الأبحاث الأساسية الإبداعية دون الخوف من ألاّ يكون لعملهم أي تطبيقات عملية، وحين بلغت AT&T ذروتها في السبعينيات استثمر مالكو مخابر بِل نحو 2 بليون دولار في السنة من أجل البحث والتطوير. وقد منح المديرون التقنيون علماءهم حرية واسعة، إذ كان تدخلهم في الشؤون الإدارية غير الأساسية في حده الأدنى.

"لقد كانت بحوثهم في المعرفة الأساسية جادة؛ فلقد استأجروا الناس النابغين بصرف النظر عما إذا كانت أبحاثهم ذات معنى لشركة الهواتف"، هذا ما قاله ت. فينكي "Venky" T.، الذي أمضى بدايةً 17 عاماً في مختبرات بِل، ومن ثم في بلكور Bellcore قبل انتقاله إلى جامعة ماريلاند عام 1990 وتأسيس شركته الخاصة، نيوسرا، Neocera التي تصنع النبائط المبنية على السكويدات SQUID، فهو يتذكر الزملاء الذي كانوا يعالجون مسائل مختلفة مثل مصفوفات CCD للتصوير من الفضاء space-based imaging وفيزياء النيترينوهات الشمسية، لا بَل إنه يتذكر أنه كان يوبخ في حالة اقتراح أن تكون أعمالهم ذات تطبيقات عملية، وهو يقول أيضاً: "إن مثل هذا الشيء لا يمكن التفكير فيه في بيئةِ العمل التعاوني الحقيقية اليوم".

هذا هو نموذج العمل، حماقة!

طوال ما يقرب من 50 سنة، ظلت مختبرات بِل نموذجاً لكل شيء يَشعرُ الفيزيائيون أنه يجب أن يوجد في مختبر بحوث اتحادي. لكن الوقت تغير، إذ تعيّن على مختبرات بِل أن تتغير معه بغية الاستمرار في عملها، إذ إن نموذج عملها الآن أكثر شبهاً بشركات صناعية عملاقة مثل: هيوليت–باكارد، أو IBM، أو GE، أو إيستمان –كوداك، التي تموِّلُ جميعُها بعضَ البحوث الأساسية التي ترتبط في النهاية بمنتجاتِ الشركة وعملها الأساسي. تُرى، ما الذي حدث لمختبرات بِل، وكيف ينعكس مصيرها على الفيزياء الصناعية في أيامنا هذه؟

منظر العمل: المركز الرئيسي لمختبرات بِل في هضاب موريه Murray Hill في نيوجرسي.

قد لا تكون مختبرات بِل هي نموذج العمل الجيد الذي يجب البدء به؛ إذ يرى فينكي أن هذه المختبرات وصلت إلى ما وصلت إليه بفضل مجموعة من العوامل من غير المحتمل أن تتكرر مرة أخرى. فعندما أُسست مختبرات بِل عام 1925، كانت صناعة الاتصالات بعدها ما تزال في مهدها، لذا فإن البحث والتطوير فيها يحتاج

إلى مدى واسع من المجالات العلمية، من ضمنها الإلكترونيات، والإلكترونيات البصرية، والاتصالات الرقمية، وقبل كل شيء إجراء بحوث أساسية في المواد.

وأكثر من ذلك أهمية، أن شركة AT&T احتكرت الصناعة، إذ لم يكن هناك منافس لها وأُمكن ضبط سعر الخدمات الهاتفية بإحكام، وهذا أعطى الشركة سنداً عالياً وريعاً مستقراً، وتلقت الشركة أيضاً حسومات على الضرائب المفروضة عليها بسبب الأموال التي ضختها في البحوث الأساسية في مختبرات بِل كجزء من اتفاقيتها مع الحكومة الأمريكية الاتحادية.

إن إلتزام مختبرات بِل بالبحوث الأساسية جعلها تبدع اكتشافاتٍ رفيعة متتالية. وإن إنجازات علمائها ذوي المستوى الرفيع هي إنجازات أسطورية، أسفرت عن منحهم ست جوائز نوبل في الفيزياء، وقد تضمنت منجزاتها الهامة، اختراعَ الترانزيستور والليزرَ واكتشافَ الخلفية الإشعاعية للأمواج المكروية الكونية، والتبريد الليزري ومصائد الذرّات ولغة البرمجة C^{++}، واكتشاف انعراج الإلكترون، الذي كان عاملاً رئيساً في تطوير لاحق لإلكترونيات الحالة الصلبة.

والمشكلة أن هذا نموذج غير مستدام في بيئة السوق التنافسية حسب ما يرى فينكي، فقد تغير كل شيء في عام 1948 مع بداية إلغاء قيود التنظيم وقد كانت AT&T مجبرةً على شطر خدماتها الهاتفية المناطقية إلى سبع شركات منفصل بعضها عن بعض تدعى (شركات بِل الصغيرة) أو أطفال بِل "baby Bells"، وبذلك أنهت وبشكلٍ فعّال احتكارها لصناعة الاتصالات من بُعد، telecommunications industry. وفي حين بَذَلت الإدارة جهدها لحماية روح مختبرات بِل القديمة، إلا أن زوال الحماية لها من نزوات السوق وجّه لها ضربةً قاسية.

وفي أواسط التسعينيات من القرن العشرين، فإن شركات "أطفال بِل" ودائرة تجهيزاتها من مثل تقانات لوسنت (التقانات الشفافة) Lucent Technologies تقلص عدد عامليها من حده الأعلى الذي بلغ 160 000 إلى 30500 قبل أن تندمج الشركة مع ألكاتل Alcatel في أواخر العام 2006. وفي شهر شباط/فبراير من العام 2008 أقفلت مختبرات بِل منشأة رئيسية لصناعة المواد materials-fabrication facility، وفي شهر آب/أغسطس أعلنت الشركة الأم، Alcatel-Lucent أنها كانت ستنسحب من إجراء البحوث الأساسية لتركز على مجالاتٍ لمنتجات فوريةَ التسويق. وقد بيعَ مُجَمَّعُ هولمدل الجامعي Holmdel campus الخاص بمخابر بِل في نيوجرسي، في حين أعلنت مجلة Nature في تقرير لها أن ما بقي في قسم الفيزياء الأساسية هو أربعة علماء فقط في موري هيل Murray Hill. وما حدث لـ Alcatel-Lucent لم يكن أحسن بكثير، إذ أعلنت ست خسارات ربعية متعاقبة تُوِّجت هذا الصيف باستقالَتيْ رئيسها ومديرها التنفيذي الأول. وفي كل الأحوال فإن الأرقام المتعلقة بعدد الباحثين مضللة إلى حد ما، طبقاً لرود ألفرين Rod Alfrin، العالم الرئيسي في مخابر بِل، نظراً لأنهم يعلنون العدد الكلي للمستخدمين، وليس العدد الحقيقي للعلماء العاملين، حتى أن مختبرات بِل في أوجها، وظّفت نحو 1300 باحث؛ واليوم تستخدم الشركة أقل من 1000 باحث. ويقول ألفرين "نحن بالتأكيد أصغر مما كانت عليه مختبرات بِل في أوجها، ولكن ليس بالقدر الصغير الشديد الذي يُذكر عنا أحياناً".

وهو يصرّ على أن مختبرات بِل مستمرة في الاستثمار في مجال البحوث الأساسية، وإن يكن بقدرٍ أقل بكثير، مع التركيز أكثر على ربطها بوحدات الأعمال المتخصصة، والحقيقة الاقتصادية القاسية أنه يجب على مختبرات بِل أن توجّه بحوثها لتصبّ نتائجها النهائية في مصلحة الخط الأساسي لشركة ألكاتل- لوسنت، فصناعة الاتصالات من بُعد قد نضجت مع تقانتها التحتية، ولذا هناك مساحات أقل من البحوث الأساسية الكبيرة الأهمية لاستمرار نموها، كما يقول غي رتينهاوس Gee Rittenhouse، نائب رئيس الأبحاث في مختبرات بِل.

ويقول ألفرين: *"إننا نقوم بأخذ بعض الصور المحلية ولا نقوم بتصوير المشهد برمته، وبناء على قدرتنا على التمويل، يكون من المهم القيام ببعض الخيارات، لكننا ما زلنا نعتقد أن النجاح في الاتصالات سيستفيد دون ريب من الابتكارات في الفيزياء الأساسية في عدد قليل من المجالات الأساسية"*، وتضم هذه المجالات *التقانة النانوية، والحوسبة الكمومية، والمواد اللازمة لليزرات أو للإلكترونيات العالية السرعة، والضوء، والتقانات الحديثة للشبكات وللاتصالات اللاسلكية.*

وبهذا الخصوص، فإن مختبرات بِل لا تختلف اليوم عن أي نموذجٍ من مشاريع الأعمال الأخرى، ومثالياً تفضلُ أي شركةٍ للتقانة العالية دمج البحث والتطوير الطويل الأمد، إلا أن الحقائق

الاقتصادية للسوق التنافسية لا تسمح دوماً بهذه الحالة من الترف. ويقول فينكي: "في أكثر المؤسسات حين يحدث ضغط مالي تُخفَّض فوراً الأبحاث الطويلة الأمد بكل بساطة، لأن النتائج لن تظهر، إلا بعد زمن متأخر كثيراً. ويُقيَّم أيُّ موظفٍ تنفيذيٍّ رئيس CEO، بدلالة أدائه في ربع السنة التالي، فليس لديهم متسع من الوقت للتلاعب".

فيزياء ليمتد Physics Ltd

ربما لم تتغير مختبرات بِل كما يحلو للبعض أن يعتقد، فعندها دوماً مركّبة عملية لبرامجها في البحث والتطوير حتى خلال مرحلة نشأتها، وفي بعض الأحيان أثرت الضغوط الاقتصادية في قرارات الإدارة؛ فمثلاً حدث اكتشاف جانسكي التصادفي، لأنه عُيِّن للبحث في مصادر الكهراكدة التي يمكن أن تتداخل مع خطط الشركة المتعلقة بالاتصالات عبر الأطلنطي بالأمواج القصيرة، غير أن جانسكي لم يكن قادراً على متابعة اكتشافه. ومختبرات بِل كان لديها الإجابة التي تحتاجها –الكهراكدة لن تكون معضلة من أجل المشروع الراديوي عبر الأطلنطي– وقد عيّنته للسعي الجاد في أبحاث جديدة، كان ذلك وسط الكساد الاقتصادي الكبير، حيث كان المال صعب المنال ولدى الإدارة أولويات تمويلٍ أخرى.

يمكن ألاّ نستمر في كساد اقتصادي أكثر من ذلك، إلا أن الشركات تشعر مع ذلك بالتضييق على تمويلها، وتتطلع إلى وسائل بديلة للتوصل إلى الإنجازات التقنية المتقدمة التي تحتاجها؛ فشركة تجهيزات الإنترنت Cisco، على سبيل المثال، نمت إلى حد خيالي خلال السنوات العشر الأخيرة نتيجة عمليات شراء استراتيجية لشركات صغيرة تبدع تقانات جديدة، بدلاً من بناء قسمها للبحث

لقد عانت مختبرات بِل من قصقصة أطراف الأبحاث الأساسية التي تنتج تقانات إما لا يريدها أحد أو أنها باهظة الثمن أو صعبة الاستخدام.

والتطوير الداخليين. وقد أسست مختبرات بِل برنامجاً لمشاريعها الداخلية، طبقاً لألفرين، ممكِّنةً بذلك الشركة من إنتاج تقانات أساسية جديدة بزغت من برامج أبحاثها التي لا تتلاءم مع أي مكان آخر بين وحدات الأعمال الموجودة –وبهذه العملية أتاحت إمكاناتٍ لسوقٍ جديدة من الفرص.

وفي الحقيقة، اختار عدد متزايد من الفيزيائيين المستقلين إنشاء شركاتهم الخاصة مستندين في الغالب على الأبحاث الأساسية في الجامعات. "فنتائج البحوث الجامعية أصبحت جزءاً هاماً من المشهد الاقتصادي"، هذا ما يقوله سكوت شان Scott Shane الاقتصادي في جامعة Case Western Reserve في كليفيلاند في الولايات المتحدة ومؤلف كتاب "العمل الأكاديمي الحر: نتاج جانبي للجامعة وتكوين الثروة". قد دُعم النمو في الولايات المتحدة على الأقل، بتمرير قانون Dole Act Bayh-1980 الذي أعطى الجامعات حق ملكية مكتشفاتها من البحوث الممولة اتحادياً، وطبقاً لما يقول شان Shane، في العام 2000 وحده، ولّدت الجامعات في الولايات المتحدة أكثر من 500 مشروع عمل business ventures.

وقد كان للشركات التي أنشئت للعمل في مجال التقانة العالية تحديات خاصة بها. وأكثر الإجراءات صعوبة وفق فينكي هو إجراء تحليلات تسويقية دقيقة Sound market analysis. ويقول فينكي: "إن معظم شركات التقانة العالية تنشأ مع تقانةٍ خاصةٍ بها"، وأضاف: "إنه حل يبحث عن مشكلة وهو ما يعرف بنموذج الدفع بدلاً من الجذب في منطق التسويق، فلقد أصبحنا مأسورين بتقانتنا الخاصة التي نعتقد أن العالم سيشق طريقه إلينا، وهذا لا يحدث أبداً"، وبدلاً من ذلك، على المرء أن يجري تقييماً بارداً قاسياً لكلٍّ من الضعف والقوة في التقانة الأساسية، حتى يضع المنتج في أفضل سوق.

ولعل قسماً من هذا التقييم يتضمن تقييماً واقعياً للنسبة بين التكلفة والربح من التقانة الجديدة، هذا ما يقوله لوت مالِكي

آفاق جديدة: لقد جعلت جامعة الملك عبد الله للعلوم والتكنولوجيا في المملكة العربية السعودية في الإمكان تخصيص منحة قدرها عشرة بلايين دولار.

Lute Maleki المؤسس والرئيس التنفيذي لشركة OEWaves في باسادينا، كاليفورنيا، التي تصنع منتجات الاتصالات المبنية على الأمواج المكروية للأغراض العسكرية وللأسواق التجارية. "إن القيمة المضافة على هذه المنتجات يجب أن تسوِّغ ارتفاع السعر وعدم التلاؤم في الانتقال إلى التقانة الجديدة، حتى لو كان منتجك فائق الأهمية". وقد عانى نموذج مختبرات بِل القديمة مما سماه "متلازمة صندوق الرمل sandbox syndrome: قصقصة أطراف الأبحاث الأساسية التي تنتج تقاناتٍ إما لا يريدها أحد أو أنها باهظة الثمن أو صعبة الاستخدام.

لا توجد هناك أيّ وصفةٍ مضمونةِ النجاح، لكن شان Shane يقدر أن البدايات التقليدية لأي تقانة عالية تفشل خلال سبع سنوات، وكثير منها تفلس بأسرع من ذلك، وبالفعل إن النجاح في الحصول على منتج ناجح يتطلب تغييراً في الموقف تجاه الفشل. ويقول مالِكي: "كل شيء تعمله عقب إقامة شركة يولّد علامة تجارية جديدة". ويضيف: "هناك نماذج أو قوالب قليلة جداً واحد منها فقط لا يناسب الجميع". والمقاول الحقيقي يتعلم من الفشل، ثم يقدم الدروس التي تعلّمها ليستفيد منها في مشروع العمل التالي.

إن فيليب هوات Philip Wyatt وهو المؤسس والرئيس التنفيذي لشركة Wyatt Technology Corporation في سانتا باربارا، كاليفورنيا، قد بنى الشركة مستفيداً من فشلِ محاولته الأولى، فهو يعزو الفشل إلى سوء التوقيت، وهو يقول: "في ذلك الوقت، لم يعتقد أحد بأن تقانة تبعثر–الضوء الليزري ستصبح ببساطة ثورة الكيمياء التحليلية، وبحلول الوقت الذي أسس خلاله هوات شركته عام 1982، أصبحت تقانة الليزر أكثر ألفة"، ومال السوق لصالحها، وأصبحت منتجاتُه تقانةً لافتةً للنظر.

وقد استفاد أيضاً من فرصةِ تغيّرٍ سعيدة. فثمة تجربة بسيطة تستخدِمُ أدواته لمراقبة جودة الأشربة الخفيفة (غير الكحولية) أصبحت موضوع الغلاف في مجلة Applied Optics. وقد لاحظت كوكا–كولا هذا وقررت أن تستثمر مالاً في عمل هوات جزئياً، مع احتفاظه بسر اكتشافه (صيغته السرية). وقد نمت شركته بعدئذ إلى حدِّ الخيال، واليوم تباع أدوات هوات في أكثر من 50 بلداً وتستخدم في معظم الجامعات، وفي التقانات الحيوية وفي شركات الأدوية. فلقد قدّم نصيحةَ ربحٍ أكيد ليشوِّق المقاولين: "ادخلوا سوقاً على حافة التطوير تماماً، فإذا كنتم مبكرين جداً فإن الشركة ستفشل، وإذا كنتم متأخرين قليلاً فإن المنافسين سيأكلونكم أحياءً لأن لديهم مصادر أكثر جودة".

ربما حان الوقت لنبذ التفريق كلياً بين أبحاث الفيزياء الأساسية "البحتة" والفيزياء التطبيقية، التي يحرز فيها الفيزيائيون اختراقات أساسية والتي تعتبر مزيداً من التطوير هو أقرب إلى المسائل الهندسية. ويؤكد مالكي: "إننا بحاجة للاستغناء عن التقسيم إلى فئات أو أجزاء مستقلة وتبنّي منهجاً أكثر اندماجاً وتكاملاً"، فنحن نستطيع توليد علوم أساسية أثناء حل مسألة محددة، وهذا ما يزال تفكيراً خارج المألوف. ولا يعترف الفيزيائيون أن مصدر قوتهم يكمن في الابتكار، وأن قيمة العلوم تكون أكبر كثيراً إذا استطعت نقل أبحاثك من هدف إلى آخر".

هناك مؤشرات واعدة بأن المواقف القديمة من الأبحاث الأساسية والتطبيقية يمكن أن تتغير حقاً، ففي العام الماضي تقاسم ألبرت فِرْت Albert Fert من جامعة جنوب باريس، بأورسي في فرنسا جائزة نوبل للفيزياء مع بيتر كرونبرغ Peter Grunberg من مركز يولش للأبحاث في ألمانيا Julich Research Centre من أجل اكتشافهما، بصورة مستقلة، المقاومة المغنطيسية العملاقة giant magnetoresistance (GMR). وقد ولد هذا العمل الأساسي على الـ GMR دفعة إلى السواقات الصلبة العالية–الكثافة high-density hard drives ومدخل الذاكرة العشوائية المغنطيسية العالية الكثافة

magnetic random access memory MRAM ونشوء حقل جديد من السبينترونيات spintronics.

بعيداً عن الترفع الذي يمكن أن يتسم به فِرْت بسبب الابتكارات التقنية التي أصبحت ممكنة بواسطة GMR، فهو يبدو أنه فخور بكل شيء عمله، وهو يقول: "في هذه الأيام عندما أذهب إلى بقّالي، وأراه ينضد شيئاً باستعمال حاسوب، أقول باعتزاز: "إنه يستخدم شيئاً ما جمعته في ذهني، إنه لشيء رائع".

إنه عالم صغير

إن الحدود الدولية، هي أيضاً ضبابية في السوق التي يتزايد طابعها العالمي؛ فلمختبرات بِل في الوقت الحاضر مواقع في أرجاء العالم –بلجيكا، كندا، الصين، فرنسا، ألمانيا، الهند، إيرلندا، وهولندا– وكثير من التعاونيات الدولية العلمية بين بعض أفضل الأدمغة العلمية المتاحة. وإن هذه هي حقيقةُ كثيرٍ من المؤسسات الصناعية الكبيرة الأخرى، وهذا يمكن أن يؤدي إلى فرصٍ جديدة للباحثين الصناعيين.

يقول فينكي: *"يكافح معظم العالم الغربي الآن للاستثمار في البحث العلمي"، هذا ما يقوله فينكي الذي انتقل مؤخراً إلى قيادة* مركزٍ متميز يبحث في مواضيع متعددة *multidisciplinary Center of Excellence حول المواد النانوية البنية، والنبائط والمنظومات في جامعة سنغافورة الوطنية، ويشرف على Neocera من خارج الحدود. "ولحسن الحظ، هناك سوق دولية تتيح الفرصة للعلميين والباحثين. فإذا كنت حقاً تريد إجراء بحث، أقترحُ عليك التفكير في آسيا".*

فلقد استثمرت الهند 500 مليون دولار لبناء تسعة مراكز لأبحاث التقانات النانوية. ثم إن كلاً من الصين وتايوان تستثمر بقوة في الأبحاث الأساسية، وفي علوم المواد والتقانة النانوية. وعلى سبيل المثال، تستثمر أكاديمية العلوم الصينية في برنامج جديد للابتكار المعرفي Knowledge Innovation Program في أكثر من 430 مؤسسة للتقانة العلمية تشمل 11 صناعة مختلفة كجزء من مبادرةٍ شملت أرجاء الدولة.

ويعلق فينكي على هذه الفرص العالمية الجديدة بقوله: *"إن الاستثمارات (في آسيا) ما تزال غير مساوية لتلك التي تجري في الولايات المتحدة، إلا أن لكل بلد إدراكه لما يناسبه؛ ففي كثير من البلدان الآسيوية يرى الباحثُ المتوسط أن فيضاً من المال يتدفق، في حين نرى في أمريكا تناقصاً في الأموال المخصصة للأبحاث".*

هذا، وإن المملكة العربية السعودية، والإمارات العربية المتحدة وكذلك قطر، تضخّ تمويلات في أبنية الجامعات من الطراز الغربي وفي معاهد الأبحاث، وأكثر ما يلاحظ أن الملك عبد الله ملك المملكة العربية السعودية قد قدّم واحدة من أكبر المنح العالمية البالغة عشرة بلايين دولار لبناء جامعة الملك عبد الله للعلوم والتقانة، بهدف خلق فرصٍ للعمل ولجعل شعبه أكثر تنافساً في الاقتصاد العالمي، فهناك حاجة ماسة للاستثمار، فمعدل البطالة في العربية السعودية 12%. وتصنف في العلوم والتقانة على أنها قرب القاع عالمياً. وتعني هذه المنحة السخية حماية المؤسسة الناشئة من تدخل حكومة الإسلاميين الأصوليين، وتأكيد الحرية الأكاديمية من النمط الغربي –وهو شيء لا يمكن أن يقال عن البرامج التي أقرتها الحكومة الصينية.

كل هذه المساعي تعكس الوجه الجديد للفيزياء الصناعية في القرن الحادي والعشرين: إنها تشجّع الأبحاث الأساسية الهادفة المرتبطة بصناعات علوم وتقانات معيّنة لتشغل موقعاً تنافسياً أفضل في السوق العالمية. قد لا يكون هذا هو حلم الفيزيائي المعسول، لكنه ليس خالياً كلياً من الابتكارات العلمية والإبداع –وينطبق الشيء نفسه على مختبرات بل التي تعرضت كثيراً للأذى.

ويقول ألفرين: *"كانت مختبرات بِل تجلب دوماً أولئك الذي يستطيعون معاً ابتكار المسائل التي تحتاج إلى حلول"، "وقد كان هذا الإجراء هو المسيِّر دوماً حتى لمعظم الأبحاث الأساسية". وسيبين الزمن وحده ما إذا كانت هذه الضبابية في التفريق بين العلوم الأساسية والتطبيقية ستؤدي إلى تقدمات أساسية أحرزها علماء مختبرات بِل عندما كانت في أوجها.*

نُشر هذا المقال في مجلة Physics world، Vol 21، 10 October 2008، ترجمة د. مصطفى حموليلا، عضو هيئة التحرير.

الجغرافية الجديدة للعلم

إن الصين، والبرازيل، والهند، وغيرها من القوى العظمى الناشئة تعيد رسم جغرافية العلوم، وتنهي فيها تفوق الولايات المتحدة وأوربا. ونعرض هنا تقرير جيمس ويلسدون James Wilsdon عن التوازن الجديد للقوى في مجال الفيزياء.

الكلمات المفتاحية: خارطة العلوم، قوى عظمى، مسقط العلوم.

منذ قرن مضى، في المباريات الأولمبية المقامة في لندن عام 1908، فشلت الصين حتى في أن تنزل فريقاً إلى الميدان. وبعد نحو 80 عاماً، في سيؤول، احتلت الصين الترتيب الحادي عشر على طاولة الميداليات. وفي أثينا، عام 2004 تقدمت إلى الترتيب الثاني، تماماً خلف الولايات المتحدة. وفي هذا الصيف، حين كانت بكين مضيفةً لأكثر الألعاب الأولمبية إثارة في التاريخ، علت الصين الطاولة لأول مرة، محرزةً مجموعة مذهلة من الميداليات مكونة من 51 ميدالية ذهبية و 21 فضية و 28 برونزية.

يُعدُّ نجاح الصين في الرياضة رمزاً لقفزة واسعة في الترتيب الاقتصادي والسياسي، الذي أبدى ميلاً أكبر لتوكيد أن الصين تدريجياً تشغل دوراً متنامياً في الحلبة العالمية. وعندما ربحت بكين المنافسة لاستضافة الألعاب الأولمبية عام 2001، حسب إعلان وكالة أنباء كسينهوا Xinhua كان هذا مَعْلماً "آخر يُحسِّن وضعها الدولي وحدثاً تاريخياً في النهضة العظيمة للأمة الصينية".

لكن إذا كان هذا ما تستطيع الصين بلوغه في الرياضة، فما هي السرعة التي ستصبح بها الصين قائداً عالمياً في المجالات الأخرى مثل العلوم والتقانة (ومن ثم في الفيزياء)؟ فهناك بعض الشبه المدهش بين الرياضة والعلوم: ففي كلا المجالين، وضعت الحكومة الصينية أهدافاً طويلة المدى، ومن ثم جُنّدت المصادر الضخمة لبلوغ تلك الأهداف، وإن إنفاق 40 بليون دولار أمريكي على

مسقط العلوم science projection:
خريطة للعالم مع مساحات للبلدان معدّلة لتتناسب مع نموها العلمي.

جيمس ويلسدون
James Wilsdon: هو مدير مركز سياسة العلوم الدولية في الجمعية الملكية في المملكة المتحدة، وهو مؤلف تقرير عام 2007 بعنوان "هل الصين هي القوة العظمى التالية؟" وعنوان بريده الإلكتروني jameswilsd .on@royalsociety.org

مباريات بكين يُقزِّم تماماً أي شيء قد مضى قبله. وهكذا فإن الصين الآن في مرحلة مبكرة لأكثر برنامج طموح للاستثمار في الأبحاث سبق أن رآه العالم.

تكفي الأرقام الرئيسية لتجعل أي واحد يتوقف للتفكير، فمنذ 1999 كان إنفاق الصين على البحث والتطوير (R&D) يتزايد بنحو 20% كل عام. وفي 2005 بلغ الإنفاق 1.3% من إجمالي الإنتاج المحلي Gross Domestic Product (GDP) بعد أن كان لا يتجاوز 0.7% في 1998. وفي كانون الأول/ديسمبر عام 2006 أدهشت منظمة التعاون الاقتصادي والتطوير Organization for Economic Co-operation and Development (OECD) كثيراً من صنَّاع السياسة عندما أعلنت أن الصين قد تقدّمت على اليابان لتصبح ثاني أكبر مستثمر عالمي في البحث والتطوير بعد الولايات المتحدة. ويعترف جينز بوتوكنيك Janez Potocnik مفوض اتحاد الأبحاث الأوربي European Union's research commissioner "إن نزعة الصين في منتهى الوضوح... إنهم سوف يلحقوننا في عام 2009 أو في 2010".

أقرت الحكومة الصينية وسيلة جديدة عام 2006 لبرنامج طويل الأمد لتطوير العلوم والتقانة، الذي حدّد الأولويات للسنوات الخمس عشرة القادمة، وثبّتَ هدفَ تعزيزِ الاستثمار ليبلغ 2% من إجمالي الناتج المحلي GDP بحلول عام 2010، وليبلغ 2.5% بحلول عام 2020. وسيتطلب بلوغ هذين الهدفين رفع الاستثمار في العام 2020 ليصبح ستة أمثال ما هو عليه اليوم.

وقد بدأ هذا الاستثمار الآن بتحقيق نتائج مذهلة. وثمة تقرير حديث عن نظام الابتكار الصيني أعدته منظمة التعاون الاقتصادي والتطوير OECD يستنتج "أن الصين أصبحت فعلاً لاعباً عالمياً رئيسياً في العلوم والتقانة". فقد ازدادت مشاركة الصين في المنشورات العلمية الكلية من نسبة 0.2% عام 1980 إلى 7.4% عام 2006 وهي الآن الثانية بعد الولايات المتحدة. والثالثة في عدد حَمَلةِ درجة الدكتوراه التي منحتها في مجال العلوم.

ولقد نشأ النجاح الأولمبي للصين جزئياً من استهدافها المتروّي للحصول على أكبر عددٍ من ميداليات الرياضة مثل الجمباز،

قوة الناس power of people: يبين أسبوع العام الماضي للعلوم والتقانة الصينية، تنامي الاهتمام والاستثمار في البلد في مجال الأبحاث العلمية.

والصيد، والجودو. وبالأسلوب ذاته، ركزت استثماراتها البحثية على الفروع العلمية التي تتوفر فيها أكبر فرص النجاح، وقد ارتفعت حصة الصين من المنشورات في العلوم الفيزيائية والهندسية بدرجة عالية. فالعدد المتنامي من مجموعات إجراء البحوث العالية المستوى قد تطور على سبيل المثال في مجال فيزياء المادة الكثيفة، حيث يحتل معهد الفيزياء الصيني الصدارة في البحث عن مواد جديدة للناقلية المفرطة (مجلة عالم الفيزياء أيلول/سبتمبر الصفحات 23-26). وقد كانت الصين ناجحة أيضاً على وجه الخصوص في التقانة النانوية، حيث وجدت دراسة حديثة جرت في جامعة كاليفورنيا أن الصين "بحلول العام 2005 تعادلت أو ربما تفوقت على الولايات المتحدة في الإنتاج الكلي in terms of total output للنشرات العلمية النانوية". واحتلت أكاديمية العلوم الصينية المرتبة الرابعة في الاقتباسات citations في موضوع التقانة النانوية بعد جامعتي كاليفورنيا وبركلي ومعهد مساتشوستس للتقانة و IBM.

وبالطبع لا يوجد هناك طريق مباشر من الكم إلى الكيف، فحجم الأوراق الصينية المنشورة يرتفع ارتفاعاً سريعاً، ولكن حجم الاستشهاد بها متخلف عن الوسطي العالمي. فمثلاً، تحتل الصين في الفيزياء المرتبة الرابعة بين المنشورات العالمية ولكنها تحتل المرتبة 63 في معدل الاقتباس للورقة الواحدة. وبالتوازي مع التميّز، يبقى التفاوت موجوداً. هذا وإن رفع مستوى الأداء الإجمالي عبر نظام التجديد يتطلب جهوداً مستدامة للربط بين أدوات الاستثمار والبنية

الأساسية (التحتية) لبرمجيات الثقافة والقيم والإبداع. هذا ولم تكن الحوارات المتعلقة بالحرية السياسية وحقوق الإنسان، بعيدة قط عن الألعاب الأولمبية في بكين، ثم إن العلم تعرّض إلى جدلٍ واسع يتعلق بمدى إصلاحه واتجاه هذا الإصلاح. وتظل هناك موضوعات هامة في أقسام كثيرة من النظام الأكاديمي يجري فيها انتحال الأفكار وسوء إدارة البحوث. وإضافة إلى ذلك، فما زال النظام التربوي مبنيّاً على التعليم الذي ينتهج طريقة الاستظهار، ومن ثم فهو يخفق في تشجيع الإبداع الفردي، وهذا عامل من شأنه تقويض إمكانات الإبداع والتجديد في العلم الصيني.

بزوغ القوى العظمى

تعد الصين مثالاً على بلدٍ كان موجوداً على هوامش الشبكة العالمية للابتكارات قبل عشر سنوات مضت، ولكنها الآن تُعدُّ مركزاً رئيسياً لتزويد العالم بالناس، والأفكار، والتقانات لكنها ليست البلد الوحيد من هذا النمط.

إن أي مسافر عبر الجغرافية الجديدة للعلم سيتوقف في الأغلب عند المحطة التالية التي هي الهند. فاستثماراتها في البحث والتطوير R&D في نموٍّ مستمر؛ وهناك مستودع هائل من المواهب تقدر بـ 2.5 مليون من الخريجين الجدد في السنة في علوم تقانة المعلومات IT، وفي الهندسة، وفي العلوم الطبيعية؛ وهناك شركات متعددة الجنسيات تستثمر في هذا البلد؛ إضافة إلى أعدادٍ متزايدة من الشركات المحلية الناشطة في مجال التقانات العالية. ففي آب/أغسطس عام 2007 تعهد رئيس الوزراء مانموهان سينغ Manmohan Singh في كلمته بمناسبة الذكرى الستين لاستقلال الهند بافتتاح خمسة معاهد جديدة للعلوم التربوية وللأبحاث، وثمانية معاهد للتقانة، وسبعة معاهد للإدارة وثلاثين جامعة جديدة. وحديثاً قال إنه يهدف إلى "قفزة كمومية في العلم والبحث". وكجزء من هذا الاتجاه الذي يدفع إلى التقدم، فإن مليوناً من طلاب المدارس سيتلقى كل منهم منحة دراسية قدرها 5000 روبيه (130 دولار أمريكي) سنوياً خلال السنوات الخمس التالية، في حين تقدم 10,000 منحة دراسية، قدر كل منها 100,000 روبية في السنة لأولئك الذي يدرسون للحصول على درجات علمية science degrees.

بالانتقال إلى أمريكا اللاتينية، نجد أن قصة النجاح الأكبر قد تحققت في البرازيل، التي تحتل الآن المرتبة 15 بين أكثر البلدان إنتاجاً لنشرات البحث العلمية وستبلغ المرتبة الثامنة بعد عقدٍ من الزمن. ففي تشرين الثاني/نوفمبر عام 2007 أعلن رئيس البرازيل لولا Lula عن خطةِ عملٍ جديدة في العلوم والابتكار خُصّص لها 20 بليون دولار أمريكي، وعن هدفٍ يتجلى في تحديد نسبةٍ مئويةٍ من الاستثمار في البحث والتطوير تقع بين 1% و 1.5% من الـ GDP، وذلك بحلول عام 2010. وفي تقريرٍ حديث لأحد المراكز الفكرية الذي يسمى ديموس لـ Think Thank Demos وُصِفَت البرازيل بأنها "اقتصاد معرفةٍ طبيعي natural knowledge economy" يتميز بمزيج فريد من المصادر الطبيعية ورأس المال البشري. وإن أهمية المصادر الطبيعية للقاعدة العلمية للبرازيل يتجلى في اتساع منشوراتها، التي تتركز غالباً في الزراعة، والبيولوجيا، وعلوم الأرض والفضاء. إضافة إلى أن الحقول الأحدث مثل التقانة النانوية، وعلم المناخ والطاقة تستفيد أيضاً من الزيادات المستهدفة في الاستثمار.

حتى أن الشرق الأوسط، الذي كان متأخراً تقليدياً إلى درجة بعيدة عن المتوسطات العالمية في العلوم والتقانة، يُبدي مؤشرات إلى طموحات متجددة. ففي أيار/مايو عام 2007 قدمت الإمارات العربية المتحدة عشرة بلايين دولار أمريكي لتأسيس شبكةٍ لمراكز البحوث في الجامعات العربية. وفي قطر، أسست مدينةٌ للعلم على أرض مساحتها 2500 إيكر (معادلها بالدونم 1000 دونم)، خارج العاصمة الدوحة ووضعت الحكومة هدفاً يرمي إلى إنفاق 2.8% من إجمالي الناتج المحلي GDP على البحوث. في حين وضع الملك عبد الله عام 2006 حجر الأساس لجامعةٍ بتمويل قدره 2.6 بليون دولار مخصصة للعلوم والتقانة في الطائف. وتأتي هذه الإسهامات على وجه الخصوص من البلدان الغنية بالنفط، التي تعتبرُ الابتكار مفتاحاً للازدهار الطويل الأمد في وجه تغير المناخ والإفادة من صعود أسعار النفط.

عاصفة جامعة A gathering storm؟

ماذا ستعني هذه التغيرات لمراكز البحث المنشأة لبلوغ التميز العلمي scientific excellence؟ تميل الإجابات على هذا السؤال إلى أن تنقسم إلى معسكرين. فالمتشائمون يحاجّون في أن الولايات المتحدة، وأوربا، واليابان في خطرِ فقدان تقدمها لمصلحة الصين، والهند وغيرها من اللاعبين الجدد (المنافسين المحدثين). وإن تقرير العام 2005 المؤثر بعنوان "الارتفاع فوق العاصفة الجامعة" الصادر عن الأكاديميات الوطنية الأمريكية للعلوم يقع بالتأكيد ضمن هذا المعسكر، وثمة تحذيراتٌ مشابهة صدرت عن عددٍ من منظماتٍ أخرى للعلوم والأعمال. وقد بلغ هذا المعسكر، الذروة في حملةِ تشرين الثاني/نوفمبر للانتخابات الرئاسية الأمريكية.

وفي المعسكر الآخر هناك الذين يصرّون على أن إشاعة انحدارِ

شهدنا وما زلنا نشهد بزوغ قوة متعاظمة متعددة الأقطاب للعلوم والابتكارات العالمية.

علوم الولايات المتحدة أو العلوم الأوربية أمر مبالغ فيه كثيراً، وتخلص دراسة مفصلة نشرتها think thank RAND في حزيران/يونيو عام 2008 إلى أن الولايات المتحدة "مستمرة في قيادة العالم في العلوم والتقانة ... فهي تنفق 40% من الإنفاق العالمي الكلي على البحث والتطوير ... وتنتج الولايات المتحدة 35%، و49%، و63% على التوالي من المنشورات العالمية الكلية ومن الاقتباسات، ومن المنشورات ذات المرتبة العالية على الترتيب، وتوظف 70% من الحائزين على جائزة نوبل العالمية .... وتوجد فيها 75% من كل من العشرين جامعة والأربعين جامعة الأوائل". وهناك دراسة مشابهة أجرتها كل من وزارة التطوير والابتكار الحكومية البريطانية، والجامعات، لتقييم أداء مهارات البلد كلها، فوجدت أن المملكة المتحدة ما زالت تنتج 9% من البحوث الصادرة سنوياً، وهي تسهم بنحو 12% من الاقتباسات، الشيء الذي يضعها في المرتبة الثانية بعد الولايات المتحدة. وكلا الدراستين تركزان على الإسهامات التي يقدمها الطلاب والباحثون الأكاديميون المولودون في بلدان أجنبية في تقوية العلوم الأساسية في الولايات المتحدة وفي المملكة المتحدة، كما تركز على الأهمية المتزايدة للتعاون الدولي والمشاركة في التأليف.

إن الحقيقة ربما تقع في مكان ما بين هذين الموقعين. فبدلاً من أن تسبق قوة عظمى قوة أخرى، كأن تنحدر الولايات المتحدة وتنهض الصين، فإننا شهدنا وما زلنا نشهد بزوغ قوة متعاظمة متعددة الأقطاب وظهور نظام شبكة اتصالات للعلوم العالمية وللابتكارات. وهناك كتاب جديد وعميق عنوانه "الكلية الجديدة غير المرئية" The New Invisible College من تأليف كارولين فاغنر Caroline Wagner، الخبيرة في شؤون سياسة العلوم في جامعة جورج واشنطن، يصف شبكات الاتصالات هذه مثل "الكلية غير المرئية الجديدة" بأنها للباحثين الذين يتعاونون "ليس لأنه طلب منهم ذلك، ولكن لأنهم يريدون ذلك ولأنهم يستطيعون أن يقدم بعضهم إلى بعض الرؤية المعمقة المكمّلة، والمعرفة والمهارات".

إن التنافس لم يُستبعد: فالقدرات المتنامية للصين، وللهند، وغيرهما ستتحدى بوضوح أوربا والولايات المتحدة خصوصاً في بعض المجالات ذات الأساس المعرفي. ونحن نواجه مواضيع أكثر حساسية في بعض فروع العلم. ففي حين تتفاءل دراسة RAND في تحسن الصحة الإجمالية للعلوم الأساسية في الولايات المتحدة، فإنها تعترف بأن تمويل فروع العلوم الفيزيائية قد هبط من 31.2% من الميزانية الفيدرالية للأبحاث الفيزيائية إلى 14.9% بين عامي 1970 و2003. وكذلك فإن الهبوط في عدد الاختصاصيين في تعليم الفيزياء في المملكة المتحدة هو مثال آخر على المشكلة التي تحتاج إلى علاج عبر الاستثمارات الهادفة.

لكن من قصر النظر أن نرى في هذه التطورات تهديدات في المقام الأول. والسؤال هو ما إذا كان من شأن وضع يعزز من الاستراتيجيات الدفاعية والوطنية إحداث الزخم المطلوب أم أن التعاون الدولي سيكون الأفضل. إن الجهود لتقوية العلوم الوطنية وأنظمة الابتكار يبقى حيوياً، ولكن هذه يجب أن تترافق بشكل متزايد بآليات أكثر إبداعاً وآليات جيدة المصادر من أجل تنسيق الأبحاث متناسقة عبر شبكات الاتصال الدولية. إن التعاون على وجه الخصوص مهم لتعقب التحديات العالمية، من مثل إيجاد الحلول لتغيرات المناخ، والأمن الطاقي، وتفشي الأمراض الوبائية. والمصادم الهيدروني الكبير في CERN مثال واضح على ما يمكن أن نبلغه بالعمل معاً: وهو مقياس للاستثمار العلمي والطموح الذي لا يمكن أن يديره أي بلد وحده. وهنا تخفق المقارنة بين العلوم والرياضة. ففي الألعاب الأولمبية يعني حصول فرق الصين على ميدالية ذهبية أن الولايات المتحدة أو ألمانيا أو المملكة المتحدة حصلت على ميدالية أقل، إلا أن العلوم ليست مباراة مجموعها صفر. فزيادة العلم في الصين، أو الهند، أو البرازيل لا يعني فقدانه في الولايات المتحدة أو في أوربا. ونحن بحاجة إلى التوثق من أن منشوراتنا لا تُضيّع أبداً رؤية هذه الحقيقة.

نُشر هذا المقال في مجلة Physics World، Vol 21، 10 October 2008،
ترجمة د. مصطفى حموليلا، عضو هيئة التحرير.

ينبغي استغلال الطاقة مرتين دائماً

يشكل الفاقد الحراري في المصانع ومحطات إنتاج الكهرباء نسبة ضخمة من الطاقة. يعرفنا ديفيد لندلي David Lindley بما يحتاجه المهندسون والمنظمون لاستعادة هذا الفاقد.

الكلمات المفتاحية: طاقة تعمل مرتين، دورة رانكين، تطوير الطاقة المدوّرة، حرارة ضائعة.

تتدفق الطاقة بشكل طليق ودائم في منشأة سبائك غرب فيرجينيا West Virginia Alloys. إن هذه المنشأة، الواقعة في وادي نهر كاناوها وعلى بعد حوالي 50 كم من شارلستون Charleston، غرب فيرجينيا، هي ثاني أكبر المصانع استهلاكاً للكهرباء في الولاية. تسحب هذه المنشأة بشكل دائم أكثر من 120 ميغاواط من الشبكة موزعة إياها في خمسة أفران قوس كهربائية لتسخين الكوارتز إلى حوالي 1500 C° من أجل الحصول على سليكون ذي نقاوة عالية لاستعماله في جذاذات حاسوبية وخلايا شمسية واستعمالات أخرى.

تبلغ درجة حرارة مخرج المداخن في هذه المنشأة 800 C°، وهذا يعني أن جزءاً كبيراً من الطاقة الأصلية يذهب أدراج الرياح بصحبة الدخان.

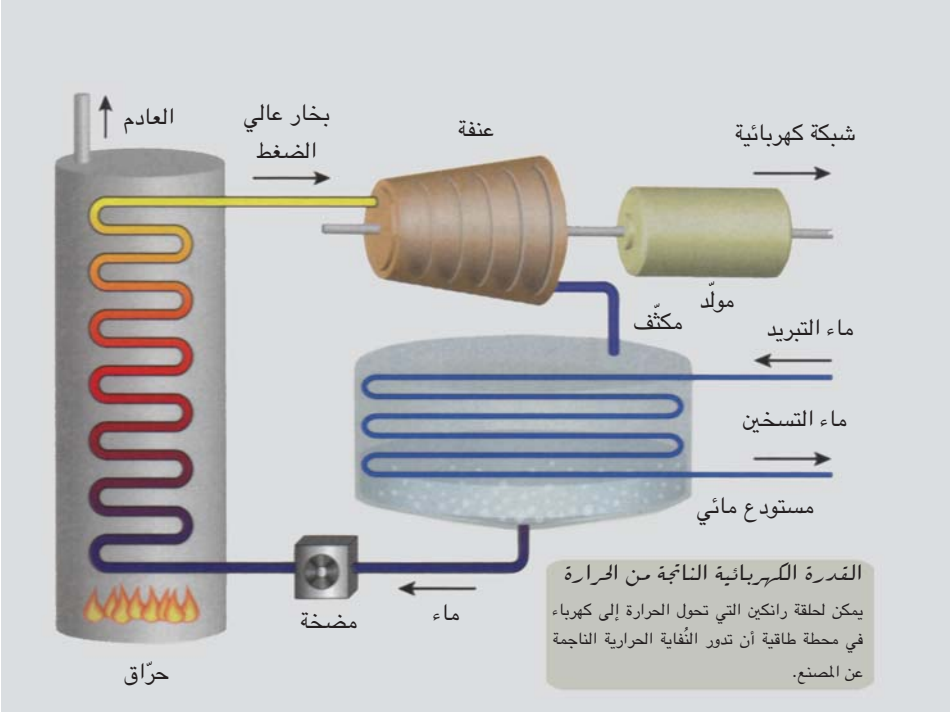
وللأسف، إن منشأة سبائك غرب فيرجينيا ليست فريدة، كما يقول توماس كاستن Thomas Casten، وهو صناعي قضى 30 عاماً محذّراً من هدر هذا النوع من الطاقة، في حين أن المستهلكين حول العالم يتوجهون نحو الحفاظ على الطاقة باستخدام المصابيح المقتصدة للطاقة والعزل المنزلي والسيارات الهجينة. غير أن قطاع الصناعة –بما في ذلك الكثير من تلك الصناعات المعتمدة على الكهرباء– يستمر في هدر الطاقة بمعدل مذهل. ومع إقرارنا بالفضل لتوليد طاقات رخيصة، لكن مصمّمي العمليات الصناعية يفتقرون أصلاً للخبرة في هذا المجال وليس لديهم حافز اقتصادي للعمل بطريقة مغايرة.

أما الآن، ورغم ذلك، فقد أصبحت منشأة سبائك غرب فيرجينيا واحدة من عدد قليل، لكنه متزايد، من شركات تحاول تغيير سلوكها في العمل. فمع حلول العام 2011 ستبدأ التجهيزات التي تقوم بتركيبها شركة تطوير الطاقة المدوّرة Recycled Energy Development (RED) في وستموند في ولاية إلينوي Illinois، وهي شركة ساهم كاستن نفسه في تأسيسها عام 2006، ستبدأ بتحويل الحرارة المفقودة في المنشأة إلى كهرباء وبمعدل يزيد على 40 ميغا واط، وهذا يكفي لتخفيض استهلاك طاقة المنشأة إلى الثلث.

ويقول كاستن: إن مثل هذه الفرص موجودة في كل مكان، فهناك ما يقارب 300 مصنع للسليكون في العالم، وباستطاعة كل منها تكرار قصة منشأة سبائك غرب فيرجينيا. كما أن هناك الفولاذ: فنصف كمية الفولاذ في الولايات المتحدة تنتج من إعادة تدوير الخردة باستخدام أفران القوس الكهربائية، ويمكن إعادة إنتاج 15 ميغا واط من الكهرباء من كل فرن. ومن أجل تصنيع عجلات المركبات، تُستهلك كميات هائلة من الكربون الأسود كعامل تقسية للمطاط. حيث يصنع

هذا الكربون الأسود عن طريق الاحتراق الجزئي للقطران، والطاقة المفقودة يمكن أن تولد حوالي 1 جيغا واط من الكهرباء.

يقول أحمد غنيم، المهندس الميكانيكي في مركز معهد ماساشوستس لتكنولوجيا طاقة القرن الحادي والعشرين في كامبردج: إن تحسين الفعالية الطاقية لاستعمال الوقود التقليدي هو على الأقل طريقة جيدة لحماية البيئة، كما يدفع باتجاه استعمال أكبر للطاقات المتجددة. وتقدر مساهمة احتراق الوقود الأحفوري بحوالي 85% من الاستعمال الطاقي العالمي، أي بمعدل زيادة 20% في الفعالية، وهو أمر غير مستحيل، مما سيخفض التلوث وانطلاق غازات الدفيئة إضافة إلى إمكانية مضاعفة النسبة الكونية في توليد الطاقة الخضراء، ويحتاج هذا الهدف لسنوات بل ربما لعقود. ويقول كاستن: هناك في الولايات المتحدة لوحدها إمكانية للحصول على حوالي 200 جيغا واط من الكهرباء، أي ما يشكل حوالي خمس الاستطاعة الكلية الوطنية.



القدرة الكهربائية الناتجة من الحرارة
يمكن لحلقة رانكين التي تحول الحرارة إلى كهرباء في محطة طاقية أن تدور النّفاية الحرارية الناتجة عن المصنع.

فالتحدي سيكون في الوصول إلى هذا الوضع عبر متاهة الإشكالات التقانية والتكاليف وسياسات الطاقة الوطنية والبنيات التنظيمية البيزنطية التي كثيراً ما تتحكم في توليد القدرة الكهربائية. ويقول كاستن: "إن السيطرة على جميع هذه العوامل أمر معقد بشكل غير عادي".

تقنية قديمة-حديثة

إن الأخبار المفرحة لشركة كاستن وللآخرين في مجال إعادة تدوير الطاقة هي أن عدداً متزايداً من الزبائن بدؤوا الانتباه لهذا الموضوع، فبعد قفزة الصيف الماضي بأسعار النفط، تشكل انطباع عام بعدم إمكانية تراجع الأسعار، إلا أن ذلك قد حدث في الوقت الحالي وتراجعت الأسعار.

أما الأخبار السيئة فهي التكلفة: فالتكلفة النهائية لإدخال تقنية استعادة الحرارة المهدورة في محطة لم تكن مصممة لذلك توجّه صدمة للزبائن المحتملين. فإنشاء هذه التقنية في منشأة سبائك غرب فيرجينيا سيكلف حوالي 100 مليون دولار أمريكي. ولهذا السبب تقوم شركة كاستن لتطوير الطاقة المدوّرة بتزويد رأس المال والخبرة كليهما لتشغيل منظومات الحفاظ على الطاقة، وذلك من خلال اتفاق مع المنشأة يقضي بتقاسم العائدات. ويقول كاستن: "إن مديري المنشأة لا يمتلكون المعرفة للتعامل مع هذه المهمة. وإذا رغبوا بإنجاز المهمة بمفردهم فلسوف ينحون إلى المغالاة في تقدير الأخطار ويبخسون تقدير المكافآت.

ومع ذلك، فالتقنية ذاتها دقيقة وواضحة المعالم، ففي حالات كثيرة، يمكن تحويل الطاقة الضائعة إلى كهرباء تماماً كما تفعله غالبية محطات القدرة الكهربائية؛ أي تبدأ المحطة بتحويل الطاقة التي تأخذها من مصدر حراري بدائي ما، كالفحم أو الغاز أو الوقود الحيوي أو اليورانيوم المخصّب أو حتى من أشعة الشمس المركزة، وتستعملها لتحويل الماء إلى بخار عالي الضغط. ومن ثم يتم تمرير البخار عبر عنفة torbine: وهي ترتيب لشفرات مروحة عالية التقنية تُجبَرُ على الدوران بفعل انسياب البخار. وهكذا يقوم عمود العنفة بتدوير المولد الكهربائي، الذي يقوم بدوره في إنتاج الكهرباء. أما البخار المتحرر من الطرف البعيد للعنفة فيمر عبر مبرِّد ليتكثّف ويعود من جديد إلى الحالة السائلة.

إنها دورة رانكين Rankine cycle، المسماة في القرن التاسع عشر تيمناً بمخترعها المهندس الاسكوتلندي وليم رانكين، وهي طريقة عملية وفعالة لتحويل الفرق الحراري بين حالتي الماء، البخارية والسائلة، إلى طاقة كهربائية مفيدة (انظر مخطط إنتاج الطاقة الكهربائية من الحرارة). ولكن كما بيّن المهندس الفرنسي سادي كارنوت Sadi Carnot في العام 1824، هناك عامل أساسي يحدّد

مردود مثل هذه الدورة، فكلما ازداد الفرق الحراري تزايد المردود الأعظمي لهذه الدورة، وهذا ما يدفع المهندسين للبحث عن مصادرَ حرارتها أعلى بكثير من حرارة الوسط المحيط بها. غير أن الأمر لا يتعلق بأهمية التقانة، حيث سيكون هناك إمكانية دائمة للحصول على بقية من الطاقة الحرارية، ففي حالة دورة رانكين، هي قبل كل شيء الطاقة التي يتخلى عنها البخار لدى تكاثفه وعودته إلى الحالة السائلة. ومن حيث المبدأ، يمكن استخلاص عمل ميكانيكي إضافي من الحرارة المتبقية، طالما أن هناك اختلافاً في درجة الحرارة عن الوسط المحيط. ويعقب غنيم: "عندما تكون المواصفات ضعيفة، علينا بذل جهد إضافي للحصول على هذه الطاقة".

"إن التوليد المنفصل للحرارة والكهرباء هو جنون مطلق."

– (توماس كاستن)

ولهذا السبب فإن شركات إعادة تدوير الطاقة تبحث منذ البداية عن طاقة حرارية ذات مواصفات عالية. ففي محطة سبائك غرب فيرجينيا مثلاً، إن درجة الحرارة 800 ºC الصادرة عن عوادم الحراقات ستستعمل لغلي المياه التي بدورها ستنتج الكهرباء باستعمال منظومة دورة رانكين المرجعية. وهناك أمثلة عديدة أخرى، كما يقول كاستن، وبهذا الخصوص يتذكر بشكل حماسي زيارته إلى محطة الجير في نيفادا والتي تتزود حرّاقاتها الأسطوانية الضخمة بالحجر الكلسي، لسحق الفحم والأكسجين. ويقول: "بإمكانكم تحسّس الحرارة عن بعد عشرة أمتار". هناك مصانع ضخمة مثل تلك المستعملة لصهر الفلزات وتنقية المعادن تقذف بشكل مبتذل طاقة حرارية مهدورة، عدا عن أنها تسخن الهواء المحيط.

وبمحاولة تقصي مثل هذه الأهداف، هناك فرص أكبر عديدة لاستخلاص طاقة حرارية مهدورة من معامل كيميائية ومصانع الورق، عدا المصانع الأخرى. تتطلع إدارة تدوير الطاقة إلى الحراقات الكهفية المستخدمة لتجفيف الصفائح الجدارية الكبيرة، ويمثل هذا الاستهلاك الطاقي 80% من تكلفة هذه الصفائح. إن درجة الحرارة المنطلقة أقل من 200 ºC، وهي تخدم بصعوبة دورة رانكين المعتمدة على المياه للحصول على فعالية معتبرة. لكنه أصبح بالإمكان الآن شراء منظومات دورة رانكين التي تستعمل فيها مواد سائلة أكثر تطايراً من الماء مثل الفريون Freon والبروبان والبوتان والتي بإمكانها استخلاص عمل ميكانيكي من فروقات حرارية معتدلة.

حالياً، وفي مجال التقانات المتطورة، هناك منظومات لتدوير الطاقة المهدورة تعتمد على مواد كهرحرارية بالحالة الصلبة تقوم بإنتاج الكهرباء من تدرجات حرارية. ويقول جيف سنيدر Jeff Snyder، المتخصص بعلم المواد في معهد كاليفورنيا للتكنولوجيا في باسادينا: "توجد في الأسواق تجهيزات كهرحرارية بإمكانها الوصول إلى مجال بين 15 و20% من مردود كارنوت Carnot efficiency من أجل فرق حراري ما، لكنها أقل فعالية وأغلى سعراً من جهاز رانكين الذي يقوم بالعمل نفسه. لكنّ حجومها الصغيرة وثبات أجزائها يجعل من هذه المولدات الكهرحرارية خياراً أكثر جاذبية للصناعة المؤتمتة. وقد أعلنت كل من شركتي BMW وVolkswagen، على سبيل المثال، عن امتلاكهما نماذج بدئية قادرة على إنتاج الكهرباء من حرارة عوادم محركات المركبات.

يتقصّى الباحثون مركّبات كيميائية مستحدثة ومواد مهندسة ذات بنى نانوية بهدف تخفيض الناقلية الكهربائية وتبطيء التدفق الحراري وجعل الطاقة الحرارية سهلة الاصطياد. ويقول سنيدر: "إن أي حرارة تتدفق طيلة الوقت عبر المادة تشكل ضياعاً". ويقول أيضاً: "إن مثل هذه المنظومات قد لا تستطيع المنافسة مع تقانة دورة رانكين في حالة منشأة ما، إنما يبدو منطقياً أن نفكر بإضافة مولدات كهرحرارية للمركبات بكلفة لا تعدو بضع مئات من الدولارات.

الآتم الأكبر

على صعيد عالمي، تأتي عدم الكفاءات الفاضحة من حرق الوقود الأحفوري لتوليد الكهرباء. فبحسب تقويمات الوكالة الأمريكية للمعلومات الطاقية في العام 2005، إن ما يقارب ثلثي الكهرباء العالمية تعتمد على هذه الطريقة، وإن مردود التحويل في المحطات التي تعمل على الفحم أو على النفط هو بحدود الثلث.

يمكن لمحطات توليد الطاقة الكهربائية المحدّثة والعاملة على الغاز الطبيعي أو على الغاز الصنعي "syngas"، وهو مزيج من الهدروجين وأول أكسيد الكربون الناتج من تغويز الفحم، أن تحقق مردودات أكبر بوساطة منظومة تدوير مركّبة، حيث يؤدي إحراق الغاز فيها إلى تدوير مباشر لمجموعة أولى من العنفات، في حين تقوم الحرارة المنطلقة من تلك المرحلة بتوليد بخار يدوّر مجموعة أخرى من العنفات. ويقول غنيم: "تعطي هذه الدورات المشتركة مردودات بحدود 55% أو أكثر". تعدُّ تقنية التغويز أكثر نظافة إنما أكثر كلفة من استعمال الفحم، في حين يستخدم الغاز الطبيعي على الأغلب في محطات محددة يمكن تشغيلها وإيقافها بسرعة حسب تبدلات الطلب. لذلك

نحو نصف كهرباء الدنمارك يأتي من تشارك محطات الحرارة والقدرة الكهربائية (مثل تلك في فيبورغ، على اليسار، و أماغر) التي تزود البيوت والمكاتب بالحرارة والكهرباء.

فإن على منظومات الدورات المشتركة أن تحدث تحسيناً ملحوظاً في المردود الوسطي لتحويل الوقود الأحفوري إلى كهرباء.

لا توجد حتى الآن طريقة لإنتاج الكهرباء من حرق الوقود بإمكانها تجنب ضعف المردود الأساسي من خلال الفقد الحراري –وهو ما يضع المرافق العامة في وضع مضحك بصرفها كمية كبيرة من الحرارة المهدورة لإنتاج الكهرباء التي غالباً ما تتحول إلى حرارة في مكان آخر، عبر أفران القوس الكهربائي، ومجففات الشعر ومنظومات التسخين المنزلية. إذاً لماذا لا تستخدم هذه الحرارة المفقودة بشكل مباشر؟

"سمحت منظومة الرقابة باستثمارات خاصة، ولم يستطع أصحاب الشبكة إيقافهم".

– (توماس أكرمن)

"إن التوليد المنفصل للحرارة والكهرباء هو جنون مطلق"، هذا ما قاله كاستن، الذي رغب في إظهار أن المحطة التي بناها توسون أديسون في مانهاتن في العام 1882 لتزويد المدينة المزدهرة بالكهرباء أرسلت أيضاً حرارتها المبدّدة عبر أنابيب لتدفئة الأبنية المجاورة. ما تزال منظومة الحرارة والقدرة الكهربائية المشتركة combined heat and power (CHP) هذه في مكانها في مدينة نيويورك، تشغّلها أديسون الموحّدة consolidated Edison وتزود ما يقارب 100000 بناء بحرارة البخار.

ومهما يكن، فالأمر منوط بالقرب، والحرارة لا تنتقل كما تنتقل الكهرباء. لذا ففي الولايات المتحدة، حيث تنامت منظومة الطاقة الكهربائية خلال القرن العشرين إلى محطات طاقة كهربائية ضخمة في مواقع بعيدة، فإن هذا الانتشار المحلي لـ CHP يبقى نادراً، لكن بعض الدول تسيّر الأمور بشكل مختلف.

ربما يكون أكثر الأمثلة شهرة هو الدنمارك، التي وجهت سياسات الطاقة الوطنية بحيث وضعتها في مقدمة الفعالية الطاقية كما استعملت مصادر طاقية متجددة، وبخاصة طاقة الرياح. فحوالي نصف الطاقة الكهربائية الدنماركية تأتي من محطات CHP: بعضها محطات كبيرة، تم تحويلها من النفط إلى الفحم بعد أزمات النفط في سبعينيات القرن الماضي، وبضعة آلاف تتراوح بين وحدات صغيرة ومتوسطة، تعمل على تخديم تجمعات بشرية صغيرة وغالباً ما تعمل على الغاز الطبيعي. وبعض المحطات المحلية تحرق أخشاب السفن والقش ومخلفات حيوية أخرى، إضافة إلى مخلفات المنازل. ويقول بير لند Per Lund، رئيس تطوير المنظومة في شبكة الطاقة الدنماركية التي تمتلكها الدولة والتي تدير الشبكة الكهربائية في الدنمارك: "كل شيء قابل للحرق يُحرق".

يعود جزء من نجاح الدنمارك إلى الحالة الجغرافية: وضعت محطات CHP الكبيرة قريبة من الشواطئ، وتستخدم مياه البحر الباردة للتبريد. ونظراً لتزايد فعالية التقانة مع تزايد الفرق الحراري، تنجز هذه المحطات فعاليات تزيد على 90% فيما يتعلق بالكهرباء والحرارة المستخدمة الناجمة عن الوقود. وخلال الخمس والعشرين سنة الماضية بقي استهلاك الطاقة في الدنمارك ثابتاً رغم أن إجمالي الناتج الوطني GDP للدنمارك تزايد بمقدار 75%، مما جعلها الأقل استهلاكاً للطاقة في المجموعة الأوربية.

لكن نجاح الدنمارك يأتي أيضاً نتيجة تشارك بين الأنظمة الصارمة والاستثمارات الحكومية وتجاوبات السوق المفتوحة. فعلى سبيل المثال، يقول لند: "كان هناك استثمار وطني معتبر في إقامة شبكة خطوط مغطاة توزع المياه الساخنة بين التجمعات السكنية لتصل إلى التجمعات التي لا تزيد عن 500 منزل. وفي مواقع الـ CHP

التي تشمل حوالي 60% من سكان الدنمارك، يجب على القاطنين استجرار الطاقة الحرارية من المنظومة المركزية. ولكن في الوقت نفسه، يتمتع المستثمرون من القطاع الخاص في مجال المحطات الكبيرة بإمكانية عرض بناء محطات جديدة. وبطريقة مماثلة، يمكن للصناعيين الذين يستثمرون في مجال تجهيزات اصطياد وتحويل الحرارة المهدورة استعادة بعض أموالهم من خلال بيع هذه التجهيزات لمالكي محطات CHP.

التواصل مع المتنافسين

في الولايات المتحدة، تُبيِّن كاثي فرلاند Kathey Ferland، مديرة مشروع صناعات تكساس المستقبلية، وهي منظمة استشارية في أوستن، أن مصافي النفط الكثيفة الاستهلاك الطاقي ومصانع الكيمياء في تكساس تستعمل تقانة CHP منذ زمن بعيد وذلك لإنجاز مردودات داخلية. وتقول أيضاً: "وعلى ما يبدو فإن محرضهم في ذلك العمل هو أنهم على الأقل يعملون ما يعمله منافسوهم".

ومع ذلك، ففي تكساس، تقول فرلاند: "تم إنشاء العديد من المواقع الاقتصادية الجيدة فعلاً"، وبالنسبة للعمليات الأصغر قد يصعب نجاح اقتصاديات CHP أو قد تكون غير مناسبة تماماً. فعلى سبيل المثال، يمكن لمحطة تستعمل CHP في تغطية احتياجاتها الطاقية الأساسية أن تخفض استهلاكها بشكل كبير من الطاقة الكهربائية خارج أوقات الذروة، ولا يعني ذلك عدم سحبها من الشبكة عندما تكون حاجاتها أكبر. لذلك فإن CHP تنافس نسبياً في مجال التكلفة وفي مجال الأثر البيئي، دون استبعاد الحاجة لمحطات القدرة الكهربائية التقليدية.

لذا، فإن وجود نظام لتسعير الكهرباء حيث تكون الأسعار أعلى نهاراً، بهدف تخفيف استهلاك الكهرباء عند الذروة، يمكن أن يخلق "عائقاً" من خلال إحداث سلوك مضاد للأهداف المرغوبة الأخرى، ذلك ما يراه كريس مارناي Chris Marnay من مختبر Lawrence Berkeley الوطني في كاليفورنيا، إذ يتابع قائلاً: "إن شكل التقانات الناجحة يتحدد على أقل تقدير بالوضع الرقابي مثلما يتحدد بواقع التخطيط". ففي إحدى الدراسات على المباني التجارية المتوسطة المقاس، وجد مارناي Marnay وزملاؤه أن CHP قد حقق مغزى اقتصادياً لمبنىً افتراضي في كاليفورنيا، ولكن لم يكن الأمر كذلك بالنسبة لمبنى مثيل في نيويورك، وذلك نظراً لوجود اختلافات في هيكلية التعرفة الكهربائية بشكل أساسي.

إشراف وطني

تظهر هذه الاختلافات الإقليمية نظراً لأن التنظيم الكهربائي كان دائماً خاضعاً لسلطة الولايات بالشكل التقليدي. وقد عدّل قانون سياسات التنظيم الخدمي العام لسنة 1978 شكل هذه الصورة، ملزماً شركات الكهرباء الأمريكية –في ذلك الوقت– بمجموعة مؤسسات محتكرة إقليمية ومحلية لشراء الكهرباء من منتجين مستقلين. وقد أوكلت الرقابة إلى ولايات خاصة أخذت على عاتقها المهمة بدرجات متفاوتة من الحماس، وقد منحت نصوص القانون المذكور المرافق العامة تأثيراً كبيراً على السعر الذي كان من المفترض دفعه لقاء كهرباء مُنتجة بشكل مستقل.

وبالمقابل، فإن الحكومة الدنماركية أقرّت بتوسيع CHP وذلك كسياسة وطنية بدأتها في ثمانينيات القرن الماضي، طالبةً من مُشَغِّلي "الشبكة" دفع تكلفة الطاقة الكهربائية المولَّدة بنسبة ثابتة. لقد حفَّزَت الإمكانية المضمونة لبيع الكهرباء على البناء، من قبل كيانات خاصة، وإنشاء منشآت CHP بمقاس صغير نسبياً. وثمة استراتيجيةٌ مشابهةٌ تكمن وراء النماء السريع للطاقات الكهربائية الشمسية وطاقة الرياح في الدنمارك وفي ألمانيا أيضاً. وفي كلتا الحالتين، أُلزِمَت الشبكات بشكل قانوني بشراء القدرة الكهربائية القابلة للتجدد. أما طاقة الرياح، والتي تسهم بدورها حالياً بما يناهز 20% تقريباً من الإمداد الكهربائي للدنمارك، فقد بدأت، على حد زعم لند Lund، بحركة شعبية لـ "هواة متفائلين"، مع مزارعين يقومون بتركيب عنفات صنعتها الشركات نفسها التي صنَّعت المحاريث وخزانات المياه. على أية حال، تشكل العنفات الهوائية مشاريع استثمارية كبيرة، وتصنعها بضع شركات كبرى.

> "إن النظام الأمريكي يبدو مشابهاً لنظامنا ربما قبل 25 عاماً مضت (بير لند Per lund)."
>
> – (بير لند)

في ذلك الوقت، كان مهندسو الطاقة، المعتادون على العمل بالشبكات التي تنقل القدرة الكهربائية إلى مناطق شاسعة من مجموعة قليلة من منشآت توليد الطاقة الكبرى، يشككون في قدرة النظام الجديد على العمل بكفاءة، وهذا ما يقوله توماس أكرمان Thomas Ackermann، وهو مدير تنفيذي لشؤون الطاقة Energynautics في لانجن Langen، ألمانيا، وهي شركة استشارية لشؤون الطاقة. وقد جادلت عدة دراسات من الدنمارك بأن التوليد الموزّع، حيث تكون الكهرباء متولدة عن العديد من المزودين الضعيفي القدرة، لا يمكن إنجازه، ويضيف: "لم يجرِ إنجازه، بمعنى أن أحداً لم يخطط له". "وعوضاً عن ذلك، فقد سمح النظام التنظيمي بالاستثمار الخاص، ولم يستطع أصحاب الشبكات منعهم".

ونتيجةً لذلك فإن الدنمارك تتجه بشكل متزايد نحو نظام توليد موزّع، حيث لا تكون الكهرباء منسابة "من الأعلى إلى الأسفل"، بطريقة متناقصة، لكنها تستطيع أيضاً التحرك "من الأسفل إلى الأعلى" من وحدات توليد صغيرة متعددة. وقد تطلَّب هذا العديد من التغييرات لطريقة حركة القدرة عبر محوّلات transformers من أجزاء متدنية الفولطية إلى أجزاء عالية الفولطية في الشبكة. وقد ساعدت السياسة الوطنية الاتحادية المتعلقة بالاستثمار الخاص، المدعومة بإعانة حكومية عالية، في إنجاز منشآت إنتاج قدرة كهربائية متوسطة الاستطاعة، وقد استطاع مشغلو الشبكة تجاوز تحميل التكلفة للزبائن. بيد أن العديد من البلدان تعثّرت في عمليات التحول هذه عند السؤال عمّن سوف يدفع مقابلها، كما يقول أكرمان Ackermann.

وهذا ما آل إليه الحال في الولايات المتحدة، حيث كانت الجهود لتحرير الاحتكارات القديمة قد حدثت بشكل تدريجي. يقول أكرمان: "إن إحدى أهم المشكلات هي أن الناس لا يتفهمون بعضهم بعضاً، ولكل واحد منهم طريقة تفكير مختلفة، وكلٌ له طريقته المختلفة في النظر إلى النظام". والسؤال الشائع هو ما إذا كان لنظام التوليد المَوَزَّع، المعتمد على عدد من المزوِّدين المختلفين، القدرة على ضمان تلبية الحاجة في وقت الذروة.

يقول أكرمان، على عكس الفكرة المطروقة المعتادة حول الولايات المتحدة وأوربة الاشتراكية (كسوق حرة): "نحن لا نتحدث عن ضمان قدرة كهربائية من الرياح أو مصادر أخرى في كل الوقت، نحن فقط نعتقد أن السوق سوف تتكامل". ويقول: "في ألمانيا، يبلغ الطلب (على القدرة) وقت الذروة ما يناهز 74 جيغا واط، ويستطيع السوق أن يقدِّم ما يناهز 120 جيغا واط، لذلك فبينما يزداد الطلب ويتناقص، فالمزيد من المنتجين "الباهظين" يدخلون السوق ويغادرونها، ويبقى سعر الكهرباء في صعود وهبوط. يقول أكرمان: "يعدّ هذا النظام هو أحد أفضل الأنظمة في العالم من حيث الموثوقية". وهو يجادل بأن العبء التنظيمي الأكبر في الولايات المتحدة قد عرقل تطوّر القدرة المتنوعة لتوليد الطاقة الكهربائية وكذلك تطور الشبكة، لذلك فالبنية التحتية التي تشيَّد هي أقل ما يمكن. ويقول لند: "إن النظام الأمريكي يبدو مشابهاً لنظامنا ربما قبل 25 عاماً مضت".

ما التغيير الذي نحتاجه؟

ولكن ما يزال ثمة تغيير متاح في الأفق. ففي جلسة تعيين مجلس الشيوخ، صرَّح ستيفن شو Steven Chu، المدير السابق لمختبر Lawrence Berkeley الوطني، ويشغل الآن منصب سكرتير في وزارة الطاقة الأمريكية بأن "الاستخدام الأكثر فعّالية للطاقة في الولايات المتحدة هو أحد أكبر العوامل التي تستطيع مساعدتنا في تخفيض اعتمادنا على النفط الأجنبي". إن مجموعة القوانين الاقتصادية المُحفِّزة التي قام الرئيس أوباما بالتوقيع عليها في 17 شباط/فبراير تتضمن معونة مالية اتحادية متواضعة لـ CHP ولمشاريع تدوير الطاقة. ويقول كاستن: "هذا هو الحافز الاتحادي الأول لفعالية توليد القدرة الكهربائية منذ العام 1986"، إلاّ أنه يضيف أن الفاتورة تَعدُ بدعم أكبر لمصادر الطاقة المتجددة، "والتي لا تعتبر طريقة جيدة في إنفاق المال". وهو يأمل أنه عندما يتحدث شو حول الكفاءة، فهو لا يعني فقط التجهيزات الأفضل والعزل الأكبر. "إن الفكرة الأنسب تكمن في أننا سوف لن نقوم بالصلاة من أجل تخفيف التبدل المناخي ما لم نتوجه إلى كفاءة توليد الطاقة الحرارية والكهربائية".

كل فرن مستعمل لتحويل خردة المعادن إلى فولاذ يمكن استعماله لإعادة توليد حوالي 15 ميغا واط من الكهرباء.

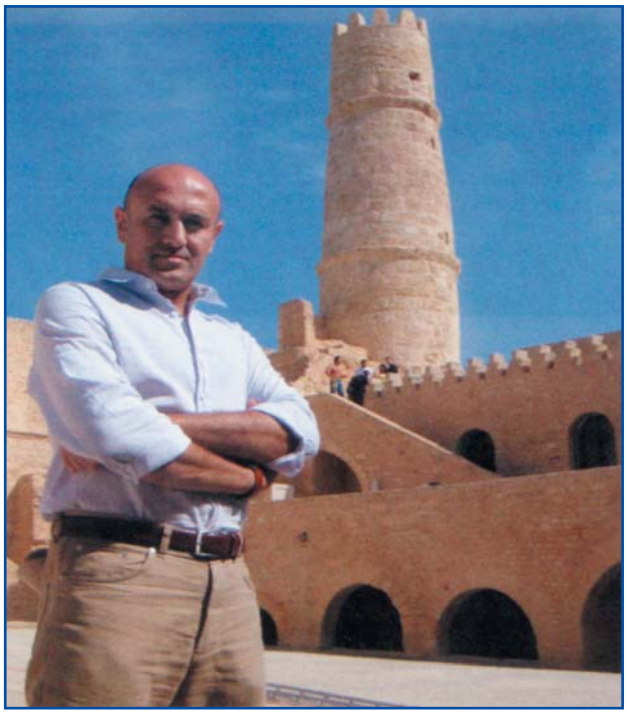
■ ديفيد لندلي David Lindley هو كاتب علمي مستقل من Alexandria في فيرجينيا.

نُشر هذا المقال في مجلة Nature، Vol 458، 12 March 2009، ترجمة د. عادل حرفوش، رئاسة هيئة التحرير.

جذور العلم انبثقت عن الإسلام في العصور الوسطى

مَن مِن الفيزيائيين لم يسمع بكوبرنيكوس وغاليليو ونيوتن، وهم الآباء المؤسسون في اختصاصهم؟ لكن ماذا عن الخوارزمي، والطوسي، وابن الهيثم؟ إن القليل من الفيزيائيين على معرفة بهم، إلا أن عمل هؤلاء العلماء المسلمين في القرون الوسطى يمكن أن يكون بنفس القدر من الأهمية أيضاً.

هذه هي الفكرة الأساسية لبرنامج تلفزيوني في تلفزيون هيئة الإذاعة البريطانية، مؤلف من أجزاء ثلاثة، وعنوانه "العلم والإسلام"، يقدمه جيم الخليلي (Jim Al-Khalili)، وهو أستاذ الفيزياء النظرية في جامعة Surrey في بريطانيا. ولد مقدم البرنامج، وهو كاتب علمي، في بغداد، إلا أن عائلته تركت البلاد إلى بريطانيا عندما تولى صدام حسين السلطة في العام 1979.



"لقد كان كوبرنيكوس آخر فلكي من التراث العلمي الإسلامي."

ولكونه قد درس الفيزياء في المملكة المتحدة، كان الخليلي يعتبر نفسه متبعاً للتقاليد الغربية في العلوم مستمداً بذلك الإلهام من نيوتن وأينشتاين، إذ يقول "إلا أن شعوراً بالضيق كان يراودني لأنني كنت أتجاهل جزءاً من تراثي العلمي الخاص"، وأتذكر كيف كنت ألقّن في المدرسة عن عصر ذهبي للثقافة الإسلامية بين القرنين التاسع والخامس عشر، والنهضة العظيمة في المعرفة العلمية التي حدثت في كلٍّ من بغداد والقاهرة وقرطبة ودمشق. ويتبع البرنامج التلفزيوني هذا المذيع أثناء سفره في إسبانيا، وإيطاليا، وسورية، وإيران، وشمال أفريقيا، في سعيه للكشف عن هذا التاريخ الضائع.

ويركز معظم هذا التاريخ الذي يصفه على بغداد، التي كانت فيما مضى مركزاً لإمبراطورية قوية وغنية تضم ما يقارب ثلث تعداد سكان العالم. وفي حين كانت أوربة غارقة في العصور المظلمة، كانت بغداد والمدن الرئيسية الأخرى في الإمبراطورية الإسلامية في العصور الوسطى تزدهر كمراكز حيوية للثقافة والريادة.

والمؤسف أن الخليلي لم يستطع أن يزور بغداد من أجل البرنامج، إلا أنه يرسم صورة حيوية مشرقة لما يحتمل أنها كانت عليه. وقد كان الحافز الأهم وراء هذا الازدهار العلمي هو ما سمِّي بحركة الترجمة، في الأعوام ما بين 750-950 ميلادي. وخلال حكم الخلفاء العباسيين، تم تشجيع وتحفيز الباحثين في الإمبراطورية للبحث في المكتبات عن المخطوطات العلمية والفلسفية في العالم كله وترجمتها إلى العربية، وكان يُدفع ثمن كل كتاب ما يعادل وزنه ذهباً. وبالاعتماد على هذه المعرفة، قام العلماء المسلمون بخلق أفكار جديدة، ففي القرن التاسع، كتب موسى الخوارزمي كتاب فن الحساب الهندوسي (Hindu Art of Reckoning)، حيث ضم فكرة علماء الرياضيات الهنود، وهي أن جميع الأعداد يمكن تمثيلها باستخدام عشرة رموز فقط، وضم كذلك الأفكار الهندسية للإغريق لابتكار علم الجبر. ويقول الخليلي: "لا نستطيع أن نبالغ بأهمية هذه الفكرة بالنسبة للعلم". وبعد مرور قرن، استخدم عالمُ الرياضيات البيروني الجبرَ وبعض القياسات البسيطة لحساب حجم الأرض بفرق 1% عن القيم الحديثة.

وبعيداً عن الفيزياء، كان هناك العالم أبو علي بن سينا ذو المعرفة المتعددة الجوانب في الرياضيات، والذي عاش في القرن العاشر الميلادي، وهو من قام بتنسيق وتصنيف كل ما كان يعرف في الطب في كتابه (قانون الطب)، وهو كتاب ظل يستخدم في أوربة حتى القرن 17 ميلادي. (ولكون ابن سينا عالم رياضيات وفلك أيضاً، فإليه يعود الفضل في اكتشاف فكرة القوة في الفيزياء)، وكذلك في الإتيان بالفكرة الجيولوجية الخاصة بالتراكب (الانطباق superposition) وهي أن أحدث الطبقات عمراً من الصخور هي أقربها لسطح الأرض. وكذلك الطبيب الفارسي أبو بكر الرازي، المولود عام 865 ميلادياً، قد أرسى أسس الكيمياء الحديثة عن طريق

إجراء التجارب الدقيقة وتصنيف المواد وفقاً للعناصر المتشابهة في خصائصها، وهذا هو أساس الجدول الدوري.

بيد أن الخليلي يمنح المنزلة الفخرية بين علماء المسلمين الأوائل للعالم الحسن بن الهيثم، الذي ولد في البصرة عام 965 ميلادية، والذي كان أول شخص يربط بين علم الفيزياء، وهو علم التغييرات، وعلم الرياضيات وهو علم الكم. أما كتابه (البصريات)، والذي نُشر في عام 1020 ميلادية، فهو يناقش ويلخص نظريته المتعلقة بالضوء. وهو يوضح بشكل تفصيلي رياضي دقيق، مدعَّم بالمشاهدات الدقيقة، أن الضوء يسير في خطوط مستقيمة، ويتوسع في هذه الفكرة ليبيّن كيف تعمل المرايا وماهية الانكسار الضوئي على حدٍّ سواء.

يقول الخليلي: "تلك هي اللحظة التي يتم فيها استحضار العلم إلى حيّز الوجود". وهو يعتقد أن ابن الهيثم على وجه الخصوص قد ابتكر الأسلوب العلمي الحديث. ومن التركات العظيمة الأخرى التي خلّفها ابن الهيثم في مجال الفيزياء كان كتابه (شكوك حول بطليموس)، ويناقش فيه كيف أن نظام الفلكيين الإغريق المتعلق بالسماوات –القائل بثبات الأرض، لكونها مركزيةً، ودوران الكواكب والنجوم والشمس والقمر جميعاً ضمن مدارات حولها –هو "نظام لا يمكن أن يكون موجوداً". لقد وضع أساساً تحدّى فيه الفلكيين في المستقبل أن يأتوا بتوضيحٍ ينسجم مع الرياضيات حول الكيفية التي تسير بها السماوات.

وقد كان الظن السائد أن هذا لم يتحقق حتى العام 1543، وذلك عندما تم نشر كتاب كوبرنيكوس (De Revolutionibus)، إلا أن التحليل المفصل لعمله يكشف أن هذا العالم يدين بالكثير لعلماء الفلك المسلمين الذين سبقوه. وهو لم يقم باستخدام مكثف لملاحظاتهم الفائقة الدقة وحسب، بل إنه يستعير بشكل واضح بعض أفكار عالم الفلك الطوسي من القرن الثالث عشر الميلادي. والفكرة الأهم –يقول الخليلي– هي أن ابن الهيثم قد قدّم لكوبرنيكوس ما شكّل دافعاً له، ويضيف الخليلي: "لقد تملكته رغبة عارمة لضم الانسجام الرياضي إلى الفلك، وبذلك فهو يدين بحق لمن سبقه من المسلمين. لقد كان كوبرنيكوس آخر فلكي من التراث الإسلامي، ولم يكن أول رواد التراث الأوربي".

وفي القرن الخامس عشر، بدأت الإمبراطورية تنهار ونحا العلم والتعلم في العالم الإسلامي إلى الانحدار. ويمثل الخليلي حالةً مقنعةً لاستبقاء علماء المسلمين ضمن حدود كتب التاريخ. ويبدو من الصعب مجادلته في رجائه الأخير: "تذكروا أولئك العلماء المسلمين، فهم لم يتمكنوا من الحصول على جميع الأجوبة الصحيحة، إلا أنهم قد علّمونا حقاً أن نسأل الأسئلة الصحيحة".

☐ نُشر هذا الخبر في مجلة interaction, February 2009، ترجمة هيئة الطاقة الذرية السورية.

سفير الاندماج النووي

تولى كريس ليويلين سميث Chris Llewellyn Smith بعضاً من أعلى المناصب في الفيزياء بدءاً من مدير مختبر الفيزياء الجسيمية إلى رئيس برنامج الاندماج في المملكة المتحدة، وهو هنا يتحدث إلى مايكل بانكس Michael Banks حول دوره الجديد في مشروع الاندماج في ITER وعن خطةٍ لدعم العلم في الشرق الأوسط.

لا يبدو كريس ليويلين سميث بنظارته وشعره الكثّ الأشيب، شبيهاً ببطلٍ خارقٍ ممن يحاولون إنقاذ العالم من الخطر. ومع ذلك، فالظاهر أن العالمِ الفيزيائي النحيل والمسن-66 عاماً– يتحول بالفعل إلى منقذٍ مرتقبٍ في أعين العامة. على الأقل هذا هو انطباعه الذي أحسّ به حسب قوله أثناء انتقاله إلى مسكنه مؤخراً في أكسفورد

السيرة الذاتية

مكان الولادة: Giggleswick، يوركشاير 1942.
الدراسة: جامعة أكسفورد (BA + DPhil).
الوظائف التي شغلها: 1974–1998 جامعة أكسفورد، 1994–1998 مدير عام CERN 1999–2002، رئيس مجلس UCL ورئيسها، 2003–2008 مدير إداري UKAEA بكولهام.
الوضع العائلي: متزوج وله ابن وابنة.
الهوايات: القراءة والغناء (حيث انضم مؤخراً لفرقة إنشاد).

إذ يقول: "لقد أدهشتني حقاً معرفة جيراني الجدد بقضايا الطاقة عندما قالوا إن العالم يعتمد عليك من أجل تطوير الاندماج".

بيد أن سميث ليس عالماً فيزيائياً عادياً. فخلال عمله المهني الذي امتد قرابة 50 عاماً، تولى مراكز متعددة رفيعة، أهمها المدير العام للمختبر الأوربي لفيزياء الجسيمات (سِرْن) CERN ورئيس الكلية الجامعية بلندن ورئيساً لمجلس إدارتها، ورئيساً لقسم الفيزياء في جامعة أكسفورد ومديراً لموقع Culham لهيئة الطاقة الذرّية في المملكة المتحدة (UKAEA)، وهي الوطن الأم لكلٍّ من برنامج الاندماج البريطاني والسوار الأوربي المشترك Joint European Torus (JET) الذي هو تجربة الاندماج الرائدة عالمياً في الوقت الحاضر.

وعلى فرض أن سميث تقاعد، فإنه لن يركن إلى الراحة بل إنه عوضاً عن ذلك سيكون منهمكاً في تجربة الاندماج في المفاعل التجريبي النووي–الحراري الدولي (ITER) الذي تبلغ كلفته 5 مليار يورو والذي يجري حالياً تشييده في Cadarache في فرنسا، حيث يتولى هو في الشرق الأوسط رئاسة مجلس إدارة المشروع. وهو أيضاً مدير مشروع الضوء السنكروتروني من أجل العلوم التجريبية وتطبيقاتها (SESAME) في الشرق الأوسط في الأردن، وفي كانون الأول/ديسمبر أصبح نائباً لرئيس الجمعية الملكية، وهو دورٌ يتوقع من خلاله أن يكون منهمكاً في إطلاع رئيس الجمعية مارتن ريس Martin Rees على القضايا المرتبطة بالطاقة.

أما إحدى وظائفه كرئيس (ITER) فهي تقديم الاستشارة للمدير العام للمشروع كانام إيكيدا Kaname Ikeda حول التمويل والتخطيط، لكن الدور يتطلّب منه أيضاً أن يكون مناصراً للاندماج كبديل محتمل للطاقة، الأمر الذي جعل سميث يقدّم عشرات المحاضرات العامة حول الطاقة. يقول سميث أثناء حديثنا في مركز رودولف بيرلز Rudolph Peierls للفيزياء النظرية في أكسفورد: "يبدو المجتمع متفهماً بأن الاندماج النووي لديه القدرة لتوفير طاقة غير محدودة بشكل أساسي، بطريقة مسؤولة بيئياً. وإن وجود خيار كبير آخر للطاقة سيكون أمراً ذا قيمة عظيمة".

طاقة النجوم

إن الاندماج النووي هو مصدر الطاقة الذي يغذّي الشمس والنجوم. إن تقليد مصدر الطاقة هذا يتضمن التسخين والتحكم ببلازما نظيري الهدروجين –الدوتريوم والتريتيوم (D-T)– حتى تصبح ساخنةً كثيراً بحيث تستطيع الأنوية التغلب على قوة التنافر الكولونية المتبادلة فيما بينها فتندمج لتنتج أنوية الهليوم ونترونات طاقتها 14 MeV . والفكرة وراء محطة توليد طاقة كهربائية بالاندماج هي القيام فيما بعد باستخلاص حرارة النترونات التي ستستخدم في غلي الماء وتشغيل مولّد كهربائي يُغذّى بطاقة البخار.

إلا أن هذا ليس بالمهمة السهلة، حيث أن الصعوبة تكمن في الإبقاء على بلازما ملتهبة لفترات تصل إلى أسابيع وكذلك الحصول على طاقة أكبر من الطاقة المصروفة. وثمة طريقتان حالياً يمكن بواسطتهما تحقيق ذلك: الأولى حَصْر البلازما بحقول مغنطيسية، والثانية "الحصر العطالي" inertial confinement باستخدام الليزر أو الحزم الجسيمية. إن الحصر المغنطيسي magnetic confinement، والذي سيستخدم لتشغيل ITER، هو الأكثر تطوراً وهو المرجّح الأكبر القادر على الاستمرار في تزويد الطاقة الكهربائية المتولدة بالاندماج للشبكة في حلول النصف الثاني من القرن الحالي.

ومع ذلك، فقد لاقى مشروع ITER صعوبات جمّة منذ وافق الشركاء الأساسيون الأربعة –وهم الاتحاد الأوربي، واليابان، والاتحاد السوفيتي السابق، والولايات المتحدة– أول مرة في العام 1985 على بناء مفاعل تجريبي لإثبات إمكانية استخدام الطاقة الاندماجية تقنياً وعلمياً. إن آخر العقبات ظهرت في العام الماضي عندما قدّم مصمّمو المفاعل خطةً لتطوير المفاعل عما كان مقترحاً في عام 2001. هذا التغيير أخّر تاريخ بدء تشغيل ITER لمدة سنتين حتى العام 2018، كما أسهم في ارتفاع تكاليف الإنشاء حتى بلغت أكثر من 5 بليون يورو، مع أن سميث لم يرد الإدلاء برقم محدّد لهذه الزيادة بالتكلفة.

يتضمن أحد التغيّرات الأساسية في التصميم طريقةً جديدةً لاحتواء مفرزات البلازما ذات الضرر المحتمل على الجدار الضخم الذي تبلغ مساحته $1000\ m^2$ للمفاعل ITER. وعند درجة حرارة ثابتة، يكون معدل الاندماج متناسباً مع مربَّع قيمة الضغط. وقد كان يُعتقد في الأصل أن الضغط يهبط بهدوء إلى قيمة الصفر عند أطراف البلازما، ولكن الفيزيائيين في أوائل الثمانينيات من القرن المنصرم اكتشفوا طريقةً لتشغيل مفاعل يهبط فيه الضغط بشكل حادّ في الأطراف، ويرتفع بالمقابل في مكان آخر بقدر "ارتفاع" هذا الهبوط. إن هذا الأسلوب في التشغيل يرفع من معدل الاندماج، إلا أنه يفتح أيضاً حالات عدم استقرار instabilities في أطراف البلازما –تُعرف باسم "أنماط توضع طرفية" edge-localized modes أو ELMs، التي تقذف بكتل من البلازما على جدار المفاعل.

تخيّل التصميم الأصلي لعام 2001 كرات الدوتريوم المتجمدة منطلقة من خارج المفاعل إلى البلازما لإنتاج العديد من أنماط ELM الصغيرة، بدلاً من ELM القليلة والكبيرة الحجم. وعلى أي حال، فقد أدرك فيزيائيو البلازما منذ ذلك الوقت بأن ذلك قد لا يكون كافياً

شغف بالفيزياء الجزيئية

يُعدُّ كريس ليويلين سميث فيزيائي طاقة عالية بالممارسة والتدريب ويقوم بغزو علوم الاندماج والسنكروترون كدخيل ذو صلة. فبعد استكماله لدرجة DPhil في الفيزياء النظرية في العام 1967 في جامعة أكسفورد، أمضى عدة أشهر في موسكو قبل الذهاب إلى CERN وبعدها في مركز المسرّع الخطي في ستانفورد كزميل باحث. وبعودته إلى أكسفورد في العام 1974، حصل في العام 1994 على عرضٍ ليحلّ محلّ Carlo Rubbia كمدير عام لسِرْن، وهو أكبر مختبر للفيزياء الجزيئية في العالم قاطبةً.

لقد كان ذلك تحدياً ممتعاً بالنسبة له. وبوصفه مديراً عاماً لـ CERN من العام 1994 وحتى 1998، كان سميث مسؤولاً عن جمع المقترح –وكذلك تقديمه للدول الأعضاء في CERN– الذي يخص المصادم الهدروني الكبير، الذي تحول في شهر أيلول/سبتمبر الماضي إلى بوق إعلامي كبير. وبالفعل، فقد كان واحداً بين كثير من الناس الذين حاولوا تقديم الدفع من أجل جعل نفق محيط CERN الذي طوله 27 كم أطول ما يمكن، وتوسيع عرضه بما يكفي ليتسع لمصادم هدروني بعد إيقاف المصادم البوزيتروني الإلكتروني الكبير (LEP) –وهو سلف المصادم الهدروني الكبير. إذ يقول: "إن المرة الأولى التي تكلمت فيها حول فكرة LHC كانت قبل 30 عاماً، وذلك قبل عامين من الموافقة على LEP".

لقد كان سميث متوتراً لدى الاحتفال الكبير ببدء التشغيل في 10 أيلول/سبتمبر في العام الماضي، لأنه لم يقم أحد أبداً ببدء تشغيل مسرّع علانية من قبل. لكنه كان سعيداً بكون العديد من الناس –الذين كانوا مساعدين في تصميم وبناء LHC مدعوين إلى عملية الإطلاق. يقول سميث: "لقد دعا روبرت أيمار Robert Aymar الذي كان في وقتها مدير عام CERN المدراء العامين السابقين لـ (CERN) بالإضافة إلى مدير المشروع الحالي لين إيفانز Lyn Evans، لمشاركته المؤتمر الصحفي. لقد كانت لفتةً لطيفة وكان يوماً رائعاً.

للقيام بالمهمة بشكل تام، لذلك فالتصميم الجديد يتضمن طريقة إضافية للتخفيف من حدة أنماط ELMs عن طريق تطبيق حقل مغنطيسي ضعيف وعشوائي من خلال ملفات صغيرة ضمن المفاعل بالقرب من طرف البلازما. إن جعل الملفات الجديدة متلائمة يعني إعادة تصميم المفاعل الداخلي. أما ما يشكل عقبةً هو أن هذا سوف يكلف أكثر بكثير من التصميم الأصلي.

وتحتاج التصاميم الجديدة الآن إلى تمويلها من قبل أعضاء ITER السبعة (وهم منذ العام 2001: الصين، والهند، مع انضمام كوريا الجنوبية وعودة الولايات المتحدة بعد انسحابها سابقاً). يذكر سميث أنه في حين يزيد التصميم الجديد من التكلفة، إلا أنه يملك أرجحيةً أكبر في تحقيق هدف ITER. وعلى أية حال، فقد ارتفعت تسعيرة ITER لأسباب أخرى أيضاً. يقول سميث: "لم يكن الناس منتبهين بما يكفي إلى تتبع ارتفاعات تكاليف السلع، والتي استمرت بالارتفاع أكثر بكثير من مجرد التضخم المالي العام، وقد استخفّوا كثيراً بصعوبة تجهيز مختبر دولي من الصفر"، ويضيف: "عندما تمّ إعداد التكاليف الأولية، كان هناك ثلاثة أفرقة في ITER، أما الآن فثمة سبعة"، وهو يشير إلى نقطة مفادها أنه مادام جميع الأعضاء يريدون الحصول على المعرفة التقنية في مناطق متعددة، فإن إنشاء الكثير من المركبات سيتوزع بين بلدان وشركات مختلفة متعددة، مما ينضاف على التكلفة.

مثل هذه الإعاقات جعلت الناقدين يعيدون تكرار العبارة البالية القائلة بأن الاندماج لن يكون قبل ثلاثين عاماً قادمة. وبالفعل، يقول سميث بأنه لن يفاجأ إذا حدث أيضاً المزيد من التأخير إلى ما بعد العام 2018، وهو تاريخ بدء "البلازما الأولى"، ويقول: "إن هذا التاريخ، بطبيعة الحال، هو هدف كبير في العلاقات العامة، إلا أنني أعتقد أن التركيز على البلازما الأولى هو أمر خاطئ". وهذا يُعزى بشكل أساسي إلى أن ITER سوف يستخدم في البدء الهدروجين فقط، وذلك لتفادي تنشيط المغانط والجدران. وسيُستخدَم التريتيوم

فقط بعد خمس أو ست سنوات لاحقة. يقول سميث: "يمكن أن تكون البلازما الأولى في أي وقت تريده طالما أنك لا تؤخر نجاح بلازما D-T الأولى أو تخاطر به". لقد تمّ التخطيط رسمياً لأول بلازما D-T لعام 2023، وهو مُصرٌّ على أن أية إعادة للتصاميم أو الإعاقات يجب أن تتفادى تأخير هذا التاريخ أكثر من اللازم.

وبالرغم من كون سميث واثقاً من أن ITER سيقدّم الدليل على هدفه الأساسي المتمثل في توليد قدرة أكبر مما يستهلك، لكن ماذا لو أنه لم ينجح في عمله؟ ويجيب سميث قائلاً: "ما يمكن أن يحدث فيما بعد يعتمد على سبب إخفاقه". أما مسألة أن تكون الحكومات مهتمة بمتابعة الاندماج إذا لم ينجح ITER فهو تساؤل كبير، ولكنه، كما يعتقد سميث لا بد من مواجهته. يقول سميث: "عندما نرى الأنوار تنطفئ حين يصبح الوقود الأحفوري أكثر ندرةً، فسوف يفكر الناس بشكل مختلف حول الاستثمار بتطوير مصادر جديدة للطاقة".

افتتاح SESAME

في حين يبدو انهماك سميث في ITER عملاً كبيراً بالنسبة لشخص متقاعد، فقد شغل أيضاً منصب رئيس مجلس سنكروترون SESAME في الشهور القليلة الماضية، والذي يجري بناؤه في الأردن. وهو يهدف إلى رعاية العلم والتقانة في الشرق الأوسط واستخدام العلم لإقامة علاقات أوثق بين العلماء في المنطقة. ويقضي سميث أغلب أوقاته في هذا المشروع محاولاً الحصول على التمويل لاستكمال SESAME، الذي سوف ينتج أشعة X التي يمكن استخدامها في العديد من التجارب من المادة المكثفة إلى البيولوجيا.

وعلى الرغم من ممانعته الأولية وافتقاره إلى المعرفة بالنسبة لعلم السنكروترون، يرى سميث بعض الفوائد في انخراطه في العمل، وهو يقول: "لقد اقتضى أن يكون الرئيس من خارج الإقليم وأن يكون حيادياً في ميوله السياسية، لكنه يجب أن يكون أيضاً شخصاً يعرف كيف يدير مشاريع علمية كبيرة، وعلى اتصال بأشخاص في بروكسل وهيئات كوزارة الطاقة في واشنطن واليونسكو".

وحالياً الأمر يعود لسميث لأخذ المبادرة والعثور على التمويل لبناء القسم المتبقي (منشار المنحنيات jigsaw) وهو حلقة تخزين السنكروترون synchrotron storage ring، التي تستخدم لإبقاء الإلكترونات تدور بينما يتم إنتاج أشعة X. وبالإضافة إلى الأردن بحدّ ذاتها، فإن ألمانيا والمملكة المتحدة تعتبران أكبر المساهمين في المشروع –فألمانيا قدّمت نظام الحقن، المعتمد على سنكروترون BESSY القديم في برلين، الذي يضخ الإلكترونات إلى حلقة التخزين، في حين تبرّعت المملكة المتحدة ببعض خطوط الحزم beamlines من منبع الإشعاع السنكروتروني Synchrotron Radiation Source الذي أغلق مؤخراً في مختبر داريسبري Daresbury في منطقة تشيشاير Cheshire.

ولا يتطلّع سميث فقط إلى أعضاء SESAME والاتحاد الأوربي، ولكن أيضاً إلى منظمات خيرية والمحسنين لملء الثغرة في هذه "التكاليف الكبيرة" التي تتصاعد لتبلغ حوالي 15 مليار دولار. وعلى أية حال، فتكاليف التشغيل سوف ترتفع إلى 4-5 مليار دولار سنوياً، مما يضع ضغطاً إضافياً على ميزانيات العلم الشحيحة للدول العشر الأعضاء في SESAME، والتي تتضمن إسرائيل وإيران والسلطة الفلسطينية. وحتى بوجود مجموعة من العقبات المربكة المحتملة، إلا أن سميث متفائل بأن السنكروترون سوف يكون جاهزاً للتشغيل في غضون خمس سنوات من الزمن.

يبدو أن الجمهور يدرك أن الاندماج النووي يمتلك القدرة على توفير الطاقة غير المحدودة بشكل أساسي،وذلك بطريقة مسؤولة بيئياً.

وعلى الرغم من براعة سميث في إدارة مشاريع بحث كبيرة، لكن مشواره المهني لم يكن مفروشاً بالزهور على الدوام. فقد مرّ بوقت عصيب بعد تركه لسرْن (CERN) ليصبح رئيساً لمجلس الكلية الجامعية في لندن ورئيساً لها في العام 1999، وهو يعترف قائلاً: "لم استمتع بالعمل، ولا يستطيع المرء أن يقوم بالجهد المطلوب ما لم يستمتع به". وهو يسلّم بأن "مشكلات مثل كيفية إعادة إنشاء كليات UCL لم تكن ما أردت التفكير فيه طوال 24 ساعة يومياً".

ومن الواضح أن الفيزياء الجزيئية هي هواية سميث ومحط اهتمامه الحقيقي، وهو بالفعل يؤلف حالياً كتاباً عن (LHC) بالاشتراك مع جيمس جيليز James Gillies مدير العلاقات العامة في سرْن. وبدلاً من أن يبدأ بالفصل الأول، فقد كتبا بالفعل الفصل الأخير، وكان بعنوان "هل الأمر يستحق ذلك؟". ومادام الأمر يتعلق بالمصادم الهدروني الكبير (LHC)، فإن سميث سيقول نعم دون أدنى شك. أما هل سيقول نعم بالنسبة للمفاعل التجريبي النووي–الحراري الدولي (ITER) فهذا ما سيكشفه المستقبل.

☐ نُشر هذا الخبر في مجلة Physics World, February 2009.
ترجمة هيئة الطاقة الذرية السورية.

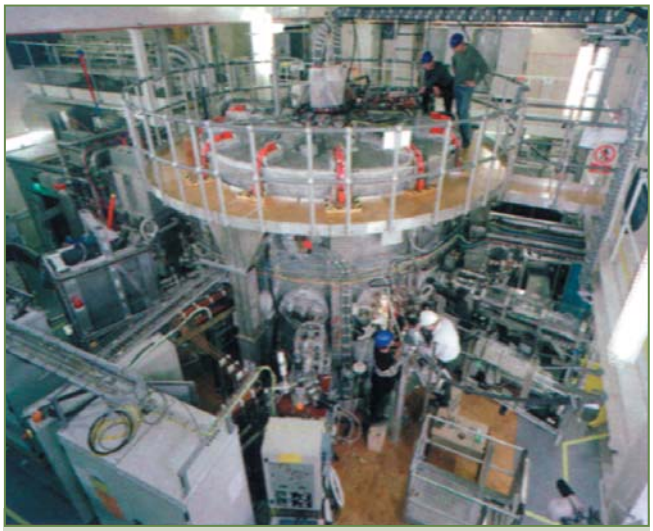
مفاعل جديد لتحطيم نُفاية نووية

يقترح فيزيائيون من جامعة تكساس في الولايات المتحدة نمطاً جديداً لمفاعل اندماج بإمكانه تحطيم النفايات النووية (تُشطر النوى ذات عمر النصف المديد إلى نوى أعمار نصفها قصير) الأكثر خطورة حيوياً. يتكون هذا المفاعل من جهاز اندماج حراري كروي يحتوي على بلازما ديتريوم– تريتيوم قادرة على إنتاج تيارات من النترونات التي يمكن أن تُطلق على النفايات المحمولة في بطانة تحيط بالمفاعل. وإذا ما تمّ إنشاؤه فسيكون قابلاً للاستعمال بأقل من عشر سنوات ويمكن استخدامه في إنتاج الطاقة الكهربائية أيضاً.

تتضمن النفايات النووية ذات السويات العالية ليس فقط اليورانيوم والبلوتونيوم وإنما أيضاً عناصر ما بعد اليورانيوم transuranium التي هي أثقل من اليورانيوم وتشكل مصدراً أساسياً للإشعاعات الطويلة الأمد. يتم وضع غالبية هذه النفايات في دوارق من الفولاذ وتخزن في أقبية. وبالرغم من إمكانية إعادة معالجة الوقود المستنفد وفصل اليورانيوم والبلوتونيوم عن نواتج الانشطار، تقوم بعض الدول، مثل الولايات المتحدة وفنلندا، بدلاً من ذلك بتخزين الوقود المستنفد غير المعالج لمئات السنين في مخازن ضخمة تحت الأرض.

يقوم المفاعل الجديد، الذي تمّ اقتراحه من قبل مايك كوتشنرذر Mike Kotshenreuther وبراشانت فالانجو Prashant Valanju وسواديش ماهاجان Swadesh Mahajan وإيريك شنيدر Erich Schneider، بتحطيم نُفايات ما بعد اليورانيوم وذلك على مرحلتين تتضمنان معالجة عناصر ما بعد اليورانيوم. وجدت فكرة تحويل العناصر transmutation هذه منذ بعض الوقت، وتتضمن تحويل المواد المشعّة، التي تتمتع بعمر نصف من مرتبة الأعمار الجيولوجية، إلى أشياء ذات أعمار نصف أقصر بكثير. وهذا لا ينفي الحاجة لتخزين النفايات، بعد أن يتم تخفيض الأخطار الطويلة الأمد.

ورغم ذلك، فإن طرائق تحويل العناصر الموجودة، التي تعتمد على الانشطار لوحده، ليس بإمكانها التعامل مع عناصر ما بعد اليورانيوم. وما تقترحه مجموعة تكساس هو مهاجمة النفايات أولاً من خلال وضعها في محطة نووية معيارية كمفاعل الماء الخفيف light water reactor (LWR)، الذي بإمكانه تحطيم قرابة 75% من نفاية عناصر ما بعد اليورانيوم بوساطة



مسألة الاحتراق

إن مفاعل الانشطار MAST في أكسفورد هو مصدر إلهام لمفاعل توكاماك جديد لحرق النفايات

التحويل العنصري. أما ما يتبقى من عناصر ما بعد اليورانيوم غير المنشطرة مثل البلوتونيوم-242 والأمريسيوم-243 والسيريوم-246، التي لا يمكن تحطيمها بسهولة بسبب عدم كفاية التدفق النتروني الحاصل في مفاعل الماء الخفيف، فيمكن تحطيمها بوساطة النترونات التي ينتجها المفاعل الجديد.

يشكل منبع نترونات الاندماج Compact Fusion Neutron Source (CFNS) المقترح نسخة من مفاعل التوكاماك الكروي ذي التيار ميغا أمبير Mega Amp Spherical Tokamak (MAST) المستخدم لدى سلطة الطاقة الذرّية في المملكة المتحدة وتجربة السوار الكروي الوطني National Spherical Torus Experiment (NSTX) في جامعة برينستون في الولايات المتحدة. يمكن لهذا النموذج توليد النترونات بوساطة اندماج نوى الديتريوم والتريتيوم، لكن الحقل المغنطيسي سيصل إلى ما يقارب 7 تسلا، أي أكبر بكثير مما هو في MAST أو NSTX، وذلك لزيادة كثافة الاندماج ومن ثم توليد ما يكفي من التدفق النتروني. إن تلك الشروط ستؤدي إلى تحطيم النفاية المكوَّنة من عناصر ما بعد اليورانيوم إذا ما وزعت حول قلب المفاعل CFNS. كما أن

في الواقع، إذا ما توافرت الإمكانات المادية سيكون هذا المفاعل المقترح جاهزاً في فترة ما بين 10 و20 سنة

المفاعل CFNS سيشتمل على نمط جديد لتبديد الحرارة الحاصلة في أجزائه المختلفة.

يقول الباحثون إنه يمكن استخدام مفاعلهم لتوليد الطاقة الكهربائية من احتراق نفاية عناصر ما بعد اليورانيوم وبيع 90% منها إلى شبكات الكهرباء واستخدام الباقي لمتابعة عملية الاندماج، ويقولون إن مفاعلهم المقترح لوحده هو القادر على تحطيم عناصر ما بعد اليورانيوم الناجمة عن 15 مفاعل LWR. في الواقع، إذا ما توافرت الإمكانات المادية سيكون هذا المفاعل المقترح جاهزاً في فترة ما بين 10 و20 سنة، كما يقول سوادش، الذي يعتقد بأنه سيكلف عُشْر مبلغ الـ 10 بليون يورو التي خُصصت لبناء تجربة مفاعل الاندماج ITER الذي يتم إنشاؤه في فرنسا.

هناك مشكلة كبيرة مع هذا المفاعل هي أنه يتطلب تشغيلاً مستمراً دون انقطاع. فحالياً يعمل المفاعلان MAST وNSTX خلال 10 ثوان فقط، في حين يعمل مفاعل توكاماك KSTAR في كوريا الجنوبية فقط لمدة 1000 ثانية. فيقول ديفيد إيرلند David Ireland، المتخصص في الفيزياء النووية من جامعة غلاسكو في المملكة المتحدة: "إن الفكرة جذابة، لكنه توجد بعض المشاكل التقنية التي تحتاج لحلٍ أولاً، مثل تلك المتعلقة بإمكانية الاحتفاظ بالبلازما لمدد طويلة."

☐ *نُشر هذا الخبر في مجلة* Physics World, March 2009.
ترجمة د. عادل حرفوش، رئاسة هيئة التحرير.

الضغط لإحداث تغيير في المعادن

متى يكون المعدن لا معدناً؟ عندما يكون تحت ضغطٍ عالٍ، وفي حال كونه ليثيوم أو صوديوم. إن السلوك الغريب للشكلين الكثيفين لهذين المعدنين يكشف صعوبات تعترض نماذج البنية الإلكترونية الشائعة الاستعمال.

إن القوانين الفيزيائية التي تحكم سلوك الجسيمات الفردية لمادة ما يمكن أن تكون بسيطة نسبياً مقارنة مع الصعوبات التي تعترض فهم المنظومات التي تحتوي عدداً كبيراً من هذه الجسيمات. ومع ذلك يجب تجاوز مثل هذه الصعوبات إذا كان يجب على المرء أن يفهم الفيزياء الكمومية الدقيقة للحالات الكثيفة للمادة. إن ما يُطلق عليها المعادن البسيطة، مثل الليثيوم والصوديوم، لها دور بالغ الأهمية في دراسة الأجسام الصلبة المعدنية، لأن سلوكها الإلكتروني موصوف بشكل معقول باستخدام تقريب معروف تحت اسم النموذج الإلكتروني الحر– تقريباً. ولكن يوجد تقريران حول هذا الموضوع يبيّنان أن الليثيوم والصوديوم يسلكان طريقاً ملفتاً للنظر تماماً عند ضغطهما لا يمكن تفسيره بسهولة باستخدام هذا التقريب –إنهما يتبنيان أشكالاً شبيهة بنصف الناقل.

منذ ما يقرب من 75 عاماً مضت، طُبعت ورقتان تقليديتان تصفان "تكوين الصوديوم المعدني". تكشف هاتان الورقتان أن البنية الإلكترونية للصوديوم تحت الشروط العادية من درجة الحرارة والضغط تكون في جوهرها شبيهة بإلكترون حر. وبكلمة أخرى، إن سلوك إلكتروناته التكافؤية (الإلكترونات الأبعد المسؤولة عن حمل التيار الكهربائي) شبيهة لغاز كثيف من إلكترونات حرة مختلفة. وأما الاختلافات الأخرى في سلوكها فتتمثل فقط في الاضطرابات الطفيفة نتيجة التأثرات الضعيفة لإلكترونات التكافؤ مع بنيات قلوب ذرّاتها المشحونة إيجابياً. (تلك الأيونات المتشكلة عندما تترك إلكترونات التكافؤ الذرّات). وهكذا تمّ الاعتراف مبكراً بأن السلوك الإلكتروني الحر–تقريباً هو صفة مميِّزة للعديد من المعادن وبخاصة العناصر الخفيفة والمصنّفة بالمعادن البسيطة. تعود "بساطة" هذه المعادن أيضاً إلى الترتيبات الحيّزية للشبيكات البلورية المتشكلة من الذرّات. فمثلاً، يتبنّى الليثيوم والصوديوم غالباً، تحت الشروط العادية، أكثر إحدى البنيات البلورية الواضحة المعالم، وهي ترتيب المكعب المركزي الجسم، المكوّن من وحدات فرعية حيث تشكل ثماني ذرّات زوايا مكعب في حين تشغل مواقع الذرّات الأخرى مركز المكعب.

ولكن اتضح بشكل متزايد أن البنية الإلكترونية للمعادن البسيطة

تحت الضغوط العالية –وبالتالي عند الكثافات الأعلى للمعادن– يمكن أن تكون مختلفة كثيراً عمّا لوحظ وهي في شروط المحيط، أي الشروط العادية. بيّن ماتسوكا Matsuoka وشيمتزو Shimizu في حالة الليثيوم أنه عند ضغوط تبلغ حوالي 80 جيغا باسكال (وهو أقل بقليل من ربع الضغط عند مركز الأرض، أو أكبر بما يقارب 800.000 مرة الضغط جوي)، تزداد المقاومة الكهربائية للعنصر بصورة فجائية إلى أكثر من 10.000 مرة من قيمتها وهي تحت الضغط الجوي. وتكون تبعية المادة الناتجة لدرجة الحرارة عندئذ أقرب بوصفها نصف ناقل من كونها معدناً.

وفي غضون ذلك، أفاد ما Ma وزملاؤه أن الشرائح الرقيقة من الصوديوم (التي سمكها حوالي 3-5 مكرومتر) تصبح شفافة للضوء المرئي عند ضغوط تبلغ 200 جيغا باسكال (تقريباً أعلى بقليل من نصف الضغط عند مركز الأرض) في خلية الضغط العالي. وهذا يوحي بأن المعدن قد أصبح عازلاً، أو على الأقل نصف ناقل. وحصل المؤلفون أيضاً على معطيات طيفية من الصوديوم الكثيف الذي عندهم، مما يمكن أن يقدم حلولاً للألغاز المتعلقة بماهية التحولات التي يمكن أن تكون قد حصلت في البنية البلّورية. إن هذه النتائج وتلك التي حصل عليها ماتسوكا وشيمتزو تدعو إلى الدهشة، لأنه ليس من السهل تفسيرها وفق الافتراضات التاريخية حول كيفية تغيّر البنى البلّورية للمعادن البسيطة تحت الضغط. وبشكل خاص، لا توجد هنالك أسباب استثنائية لتوقع التغيّرات المفاجئة في موصليات هذه المعادن عند زيادة الضغط، حتى ولو خضعت البنية البلّورية إلى تغيّرات معتدلة كنتيجة لهذه المعاملة.

وهكذا، هل من الممكن لنتائج الأبحاث هذه أن تأذن أو تتنبأ بتبديل وجهة النظر المعروفة عن البنى الإلكترونية للمعادن العالية الكثافة؟ حتى الآن، من المقبول بشكل عام أن الإلكترونات تشكل نماذج لكثافات إلكترونية متغيّرة حول بنى قلوب ذرّاتها، مستجيبة للحقول الكهربائية التي تولّدها بنى قلوب الذرّات هذه. الحقيقة أن هذه الفكرة القديمة العهد –التي كانت نتيجة أن للذرّات غالباً أشكالاً كروية– قد تطورت إلى مفهوم الطبقات الإلكترونية والطبقات الفرعية للذرّات.

ولكن ماذا يحدث إذا كان وسطي المسافة بين الذرّات في جسم صلب قد خُفّض بشكل معنوي (ولنقل 40%) من قيمته عند الضغط العادي؟ تقاسي، في هذه الأحوال، كل ذرة غزواً على منطقتها من جيرانها، مما يمكن أن يؤثر على شكل الحجوم المحلية المتاحة للإلكترونات. وفوق ذلك، فإن بنى الذرّات يُجبَر على التراكب؛ وأما إلكترونات التكافؤ التي هي مستبعدة مسبقاً وبشكل كبير من قلب الأيونات فتنفصل إلى حدٍّ أبعد. ولشغل هذا التزايد في البعد، فإن إلكترونات التكافؤ يمكن، بدلاً من ذلك، أن تشغل المواقع البينية بين القلوب، وعندها يمكن للبنية البلّورية للمعدن أن تتغيّر بشكل كبير للتكيّف مع مثل هذه الفراغات المشغولة بالإلكترونات. إن الكشوف الحديثة الشاذة عن تعقد بنية الصوديوم عند الكثافات العالية تقدم، بصورة تدعو إلى النقاش، دليلاً بيّناً على احتمال قوي بحدوث هذه التغيّرات المحرَّضة بالضغط.

لم تُشر التقارير الحالية بشكل مؤكّد إلى البنى البلورية عند مستهلِّ حالات اللامعدنية لليثيوم والصوديوم. استخدم "ما" وزملاؤه حسابات ميكانيكية كمومية شاملة وتقنيات بنيوية محسّنة الشكل للتنبؤ بأن الصوديوم يتخذ "البنية السداسية المتراصة المزدوجة المشوهة" غير العادية عند الضغوط العالية. يتبيّن من هذه البنية أنها عازل في الدرجات المنخفضة من الحرارة. ومع ذلك، لا يستطيع المرء بعد أن يقول بشكل مؤكد بأن الصوديوم الكثيف يأخذ هذا الشكل، لأن الحسابات تتنبأ بهذه البُنى عند درجة حرارة الصفر المطلق في حين جرت قياسات "ما" وزملاؤه عند درجة حرارة الغرفة. وتفترض الحسابات أيضاً أن بُنى القلب مُصْمَتة إلى أبعد الحدود. الحقيقة أن كلاً من الليثيوم والصوديوم هما عنصران خفيفان، ولهذا فإنه من الممكن أن تكون التأثيرات الكمومية للذرّات بالإضافة إلى دينامية شبيكاتها مهمّة تماماً لتعيين البُنى الحقيقية المتبناة للمعادن الكثيفة.

إن النتائج ليست مخيّبة بشكل كامل، حيث أن التغيّرات المعنوية في الخصائص الضوئية والموصلية للصوديوم والليثيوم قد لوحظت سابقاً عند ضغوط ليست بعيدة جداً عن التي وُصفت حالياً. ولا تخلو النتائج من بعض الأحكام النظرية المسبقة: فمنذ حوالي العشر سنوات، جرى التنبؤ بأنه من الممكن لليثيوم أن يبتعد كثيراً عن بنيته البلورية البسيطة وعن بنيته الإلكترونية عند الكثافات العليا. وتبعت ذلك مباشرة التنبؤات عن الصوديوم. ولكن ما أثبتته التجارب الحالية بشكل أكثر تأكيداً هو أهمية الضغط في كشف محدودية النماذج السابقة للأجسام الصلبة التي بلغت حدّ القداسة وسلوكها الإلكتروني المرافق. وبالإضافة إلى ذلك، من الواضح أن البنى المتبناة للأجسام الصلبة (وحتى السوائل) تحت الضغط ستمدّ قدراتنا على التنبؤ بالأشكال والسلوك الترموديناميكي باختبارات صارمة لحالات المادة الكثيفة.

☐ *نُشر هذا الخبر في مجلة* Nature,Vol 458, 12 March 2009.
ترجمة د. أحمد حاج سعيد، عضو هيئة التحرير.

تعطيل ناقلية الكربون الموصل للكهرباء

تعتبر صفائح الغرافيت graphite الرقيقة وحيدة الطبقة الذرّية موصلات مشابهة للمعدن إلى أن تتفاعل مع الهدروجين حيث تصبح عوازل. يمكن اعتبار هذا الأثر الغريب نموذجاً ممتازاً من أجل دراسة انتقالات المعادن إلى عوازل.

تسلك الإلكترونات، في معظم الأجسام الصلبة، إلى حدٍّ كبير سلوك جسيمات المادة: فهي تملك كتلة، وهي تزيد من سرعتها وتخفض منها متجاوبة مع القوى المؤثرة عليها. ولكن في الغرافين graphene –الذي هو عبارة عن صفيحة من الكربون سمكها ذرة واحدة والتي تكوِّن كتلة البناء الأساس للغرافيت– فإن الإلكترونات تتحرك وكأنها معدومة الكتلة، وبذلك تسلك سلوكاً أكثر شبهاً بسلوك الفوتونات. وبكلمات أخرى، فبالرغم من أن الإلكترونات في الغرافين تستطيع أن تغيّر من اندفاعها وطاقتها، فإنها لا تستطيع أن تزيد من سرعتها أو تخفضها. ولذلك يعتقد المرء بدهياً أن جريان الإلكترونات (التيار الكهربائي) في الغرافين لا يمكن إيقافه بشكل كامل. بل كما بيّن إلياس Elias وزملاؤه بتقريرهم في مجلة العلوم Science 323, 610-613 (2009)، أنه عندما يتفاعل الغرافين مع كمية صغيرة من الهدروجين، فإن إلكتروناته تتعطل عن الحركة وتصبح صفيحة الكربون عازلاً.

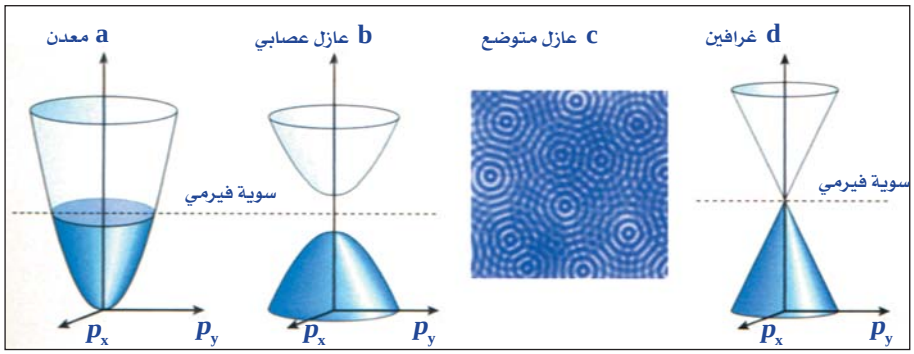
تصف البنية العصابية لمادة ما حالات الطاقة التي يمكن أن تُشغل بالإلكترونات المكونة للمادة. وتماماً كما هو الحال في الفرميونات الأخرى، تبدأ إلكترونات في الجسم الصلب بملء عصابات الطاقات الأدنى أولاً قبل أن تملأ عصابات الطاقات الأعلى، كالماء الذي يملأ حوض الاستحمام. فإذا كانت الإلكترونات عند السطح الأعلى –سوية فيرمي Fermi– في بحر الإلكترونات الناتج تستطيع أن تتحرك بسرعة إلى القسم غير المشغول في البنية العصابية، فإنه يقال عندئذٍ أن الجسم الصلب معدن، حيث تتولّد التيارات الكهربائية نتيجة حركة الإلكترونات من حالة اندفاع إلى حالة اندفاع أخرى (الشكل 1a). ولكن إذا كانت الإلكترونات غير حرة في حركتها لوجود فرجة في البنية العصابية، فإن الجسم الصلب عندئذ يكون عازلاً عصابياً (الشكل 1b).

هنالك على أية حال، طريقة أخرى للحصول على عازل. فالإلكترونات عبارة عن أجسام ميكانيكية كمومية تسلك سلوك الأمواج. يُحدث التداخل البنّاء للأمواج الإلكترونية القريبة من أي عيب –عدم انتظام– في جسم صلب أمواجاً مستقرة (الشكل 1c) تكون متوضعة في حيّز حقيقي، وهي تقوم بشكل فعّال "بتجميد" بحر الإلكترونات. إن الحدّس المتعارف عليه في الحالات الفيزيائية هو أن الإلكترونات في أي منظومة ذات بعدين ستصبح متوضعة عند أي عدم انتظام، بغض النظر عن صغر حجم المنظومة. وبسبب أن جميع المنظومات الإلكترونية ذات البعدين تحتوي على شيء من عدم الانتظام، فإن جميع هذه المنظومات تكون عوازل. على أية حال، ومن الناحية العملية، هنالك حاجة إلى درجات حرارة منخفضة جداً و/أو عيّنات كبيرة، لكشف سلوك العزل هذا، ومع ذلك فإن التأثير لا يُرى دائماً.

وبالتالي كيف يتلاءم الغرافين مع كلّ هذا؟ يمكن التفكير بأن البنية العصابية في الغرافين عبارة عن مخروط متوازن على قمته الواقعة على قمة مخروط آخر (الشكل 1d). وبسبب عدم وجود فرجة عصابية، فإن الغرافين يكون موصلاً معدنياً. ولكن الغرافين يختلف عن المعادن الأخرى عندما تقع سوية فيرمي فيه عند نقطة ديراك Dirac –أي نقطة تلامس المخروطين. فهناك يصبح السطح الأعلى لبحر الإلكترونات صغيراً إلى درجة الإهمال. إن إحدى نتائج هذا الأمر، وهذا بعكس المعادن الخالية من عدم الانتظام (التي يجب أن يكون لها موصلية غير محدودة)، يُتَوقَّع أن تكون موصلية صفائح الغرافين المثالية مساوية $4e^2/\pi h$، حيث e شحنة الإلكترون و h ثابت بلانك. وأكثر من ذلك، يُعتقد بأن الغرافين هو الاستثناء

الوحيد لحدس التوضع: فإذا احتوى عدم انتظام أملس "smooth" فقط، حيث لا توجد هنالك تغيّرات حادة بين ذرّات الكربون المتجاورة، يبقى الغرافين عندئذ معدنياً، وحتى التداخل الكمومي لا يستطيع توضيع إلكتروناته.

في الواقع، وجد أن الغرافين، له موصلية دنيا محدودة تابعة للعيّنة دائماً وهي أكبر من $4e^2/\pi h$، محدثة بذلك غموضاً –يتمثل في كيف يمكن لعدم الانتظام الموجود في الغرافين الحقيقي أن يزيد الموصلية فوق القيمة النظرية للغرافين المثالي؟ من المعروف أن عدم الانتظام يزيد عادة تبعثر الإلكترونات مما يخفض الموصلية.



انتقالات معدن–عازل، a، تُشكّل حالات الطاقة الإلكترونية للمعادن سلسلة من العصابات. تملأ الإلكترونات العصابات حتى طاقة عظمى محددة بسوية فيرمي. E الطاقة وp الاندفاع. b، تقع سوية فيرمي لعازل عصابي في فرجة في بنيته العصابية. تملأ الإلكترونات تماماً عصابة التكافؤ الأخفض، ولكنها لا تعبر إلى داخل عصابة النقل الأعلى، ولهذا لا تكون حرة لتشكيل تيار. c، تبعثر العيوبُ الإلكترونات في الأجسام الصلبة، فتخلق أمواجاً مستقرة تمنع أيضاً حركة الإلكترونات مما يؤدي إلى عازل متوضع. d، تشكل حالات الطاقة الإلكترونية للغرافين عصابتين بشكل مخروطين يلتقيان بذروتيهما. تقع سوية فيرمي، في الغرافين المعتدل الشحنة عند ذروتي المخروطين. لا توجد هنالك فرجة عُصابية. ولهذا تصنف المادة كمعدن. بيّن إلياس وزملاؤه أنه عندما يتفاعل الغرافين كلية مع الهدروجين، فإنه يشكل مادة جديدة (غرافان) يتوقع أن تكون عازلاً عصابياً. إن تفاعل الغرافين مع كميات أصغر من الهدروجين (وقد برهن على ذلك أيضاً إلياس وزملاؤه) يمكن أن ينتج عيوباً حادة تؤدي إلى حالة عزل متوضعة.

إن الإجابة عن السؤال السابق تكمن في طبيعة عدم الانتظام. إن معظم عيّنات الغرافين ملوثة بشوائب مشحونة تقع قرب صفيحة الغرافين، سواء على السطح أو بجوار الركازة. لهذه الشحنات تأثيران اثنان: إنها تولّد عدم انتظام أملس smooth يبعثر الإلكترونات (وهذا يخفض الموصلية)، ولكنها أيضاً إما أن تجذب أو تدفع الإلكترونات، محدثة بُريكات puddles غنية أو فقيرة بالإلكترونات، والتي تقع سويات فيرمي فيها فوق أو تحت نقطة ديراك. إن الإلكترونات في هذه البُريكات تزيد موصلية العيّنة، معاكسة بذلك التخفيض الناتج عن التبعثر.

استطاع إلياس وزملاؤه، من خلال إضافة الهدروجين إلى الغرافين، أن يدرسوا نوعاً من عدم الانتظام مختلفاً بصورة أساسية. فبتفاعل جميع ذرّات الكربون في صفيحة الغرافين مع الهدروجين، بحيث يصبح كلّ كربون مرتبطاً إلى ذرّة هدروجين، استطاع المؤلفون تصنيع نوع جديد من بلورات ثنائية البعد. يتوقع أن تكون هذه المادة، المعروفة باسم الغرافان graphane، عازلاً عصابياً تقليدياً.

ولكن من المحتمل، في الجرعات الأقل، أن يرتبط الهدروجين عشوائياً إلى ذرّات كربون قليلة فقط. وبصورة مغايرة للشوائب المشحونة والتي تشكل عدم انتظام أملس، يحدث الهدروجين وبصورة حادة عدم انتظام متغيّر، لأن ذرّة الكربون المرتبطة بالهدروجين تكون مختلفة جداً عن جاراتها. لاحظ المؤلفون أن الغرافين المهدرج جزئياً يملك موصلية دنيا منخفضة إلى حدٍّ كبير، تتغيّر مع درجة الحرارة وتتجه نحو الصفر في درجات الحرارة المنخفضة –وهو مؤشر على كونه عازلاً. وهذا بعكس الغرافين الذي يحتوي عدم انتظام في الشحنة حيث تكون الموصلية غير تابعة لدرجة الحرارة عند الدرجات المنخفضة.

لماذا تكون تأثيرات الشوائب المشحونة مختلفة عن تلك المتسبّبة من الربط مع الهدروجين؟ إن الخواص الفريدة للغرافين تمنع كمون الشائبة المشحونة المتغيّر ببطء من التبعثر الراجع للإلكترونات بشكل كلّي (تعكس اتجاه الإلكترونات). الاحتمال المثير هو أن عدم الانتظام الحاد الناتج عن الهدروجين يمكن أن يبعثر الإلكترونات الراجعة بسهولة. وتكون نتيجة تداخل الإلكترونات المتحركة إلى الأمام وإلى الخلف هي تولُّد حالات متوضعة في درجة حرارة الصفر تشبه تلك التي وُجدت في منظومات أخرى ذات بعدين. والإمكانية الأخرى هي أن الهدروجين يعدّل محلياً البنية العصابية للغرافين، مولّداً عازلاً عصابياً.

هنالك حاجة لعمل أكثر لفهم كلٍّ من البنية الإلكترونية للغرافين المهدرج ولتأثيرات عدم الانتظام الحاد والأملس على تبعثر إلكتروناته. ومع ذلك، توحي النتائج بأن الغرافين يمكن أن يكون تقريباً المادة المثلى لدراسة انتقالات المعادن إلى عوازل. وبعكس المنظومات الأخرى ذات البعدين، حيث تدفن الإلكترونات عند السطح البيني بين المادتين، فإن السطح الغرافيني يكون مكشوفاً. وهذا لا يسمح فقط بتصوير العيوب بواسطة الفحص المجهري النفقي الماسح، ولكن أيضاً باستخدام تقنيات تسبر البنية الإلكترونية، محدثة بذلك نوافذ جديدة نستطيع من خلالها رؤية تحوّلات معدن–عازل.

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

ترجمة د. أحمد حاج سعيد، عضو هيئة التحرير.

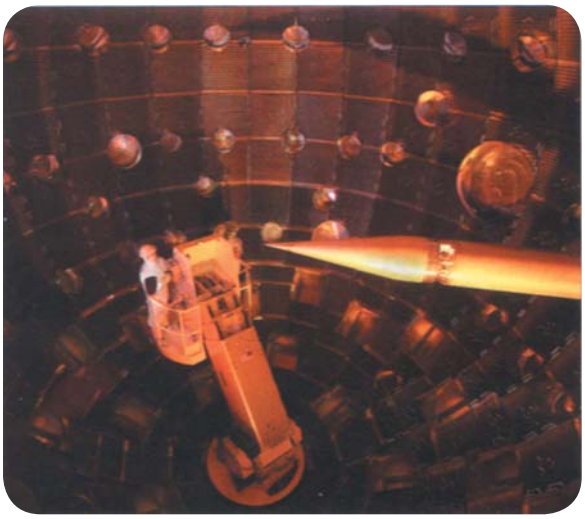
انطلاق أكبر ليزر في العالم

يستعد الفيزيائيون للكشف عن تطبيق لليزر ربما يكون الأهم، ألا وهو: إحداث اندماج نووي في المختبر. فمؤخراً، في شهر آذار من هذا العام، أكمل العاملون في مختبر لورنس ليفرمور الوطني في كاليفورنيا الخط النهائي لحزمة الأشعة في منشأة الإشعال الوطني National Ignition Facility (NIF) البالغة كلفته 4 بلايين دولار أمريكي، وهو ليزر ضخم ستصل طاقة نبضاته الليزرية إلى 1.8 ميغا جول، أي أكبر بـ 60 مرة من طاقة أي جهاز يستخدم في الوقت الحاضر.

إن هدف NIF الأساسي هو تسليط كامل هذه الطاقة على تجويف كروي قطره 2 مم محاط بالبيريليوم ومبرَّد إلى 1.8 كلفن، حيث سيؤدي إلى انهيار التجويف وضغط نوى الديتريوم والتريتيوم الموجودة داخله واندماجها وقدح الشعلة التي تكون درجة حرارتها كافية لتفعيل الوقود المحيط واستمراره بالاحتراق الذي ينتج عنه طاقة كبيرة، فما زال إحداث الشعلة يشكل تحدياً كبيراً، وما يزال الناس ينتظرون هذه اللحظة منذ زمن طويل، هذا ما يقوله إد موسز Ed Moses، مدير المنشأة.

بدأ بناء NIF عام 1997، غير أنه لم ينطلق بسهولة بسبب المُكثِّفات الميالة للانفجار. تطلّب الإنجاز تكراراً موسعاً لعملية التصميم، مما دفع بوزارة الطاقة في الولايات المتحدة إلى إعادة تقييم المشروع وإعادة النظر في صياغة برنامجه وميزانيته. أما الآن فقد مضى خمس سنوات على زمن البرنامج المقرر متجاوزاً ميزانيته بأربع مرات.

تُعدّ NIF منشأة ضخمة، بمساحة تعادل ثلاث مرات مساحة ملعب لكرة القدم. تنطلق النبضة الليزرية بحزمة تحت حمراء طول موجتها 1 مكرومتر وتتوزع إلى 48 حزمة لتدخل إلى مُضخِّمات أولية preamplifiers ترفع طاقة كلٍّ منها بمقدار 10 ملايين مرة، ومن ثم توزع كل حزمة إلى أربع حزم لتُمرَّر بشكلٍ متكرر عبر مضخمات رئيسية، وبعد تحويل الأطوال الموجية إلى أطوال فوق بنفسجية، تصبح الطاقة الإجمالية لـ 192 حزمة 1.8 ميغا جول.



النجم الساطع

تستخدم منشأة الإشعال الوطني 192 حزمة ليزرية لقدح اندماج نووي في كرات صغيرة تحوي الديتريوم والتريتيوم.

وعندما تَصدُم النبضة الليزرية المُركَّبة تجويفاً قطره 2 مم، سينهار هذا التجويف مسبِّباً انفجاراً داخلياً يدفع بالوقود إلى المركز

ويضغطه لتصبح كثافته أكبر بمئة مرة من الرصاص ودرجة حرارته 10^8 كلفن، وهذا يكفي لقدح الاندماج في المركز، ومن ثم فإنه سيُعمّم على الأجزاء الأبرد من الوقود. ويخضع الوقود للقنص من قبل عطالته الذاتية؛ إذ يعمل الاحتراق الاندماجي بسرعة تفوق السرعة التي تمكّن الوقود من الانفلات. وبشكل نظري، إن احتراق كامل الوقود سيطلق طاقة لا تقل عن 20 ميغا جول.

ويقول موسز إن العاملين في NIF يخطّطون للحصول على 1 ميغا جول في هذا العام، والحصول على كامل طاقة الليزر في العام 2010، لكن التوقعات تشير إلى إمكانية الحصول على الاشتعال الكامل قبل ذلك التاريخ. إذ يقول موسز: "نحن نشعر بثقة جيدة".

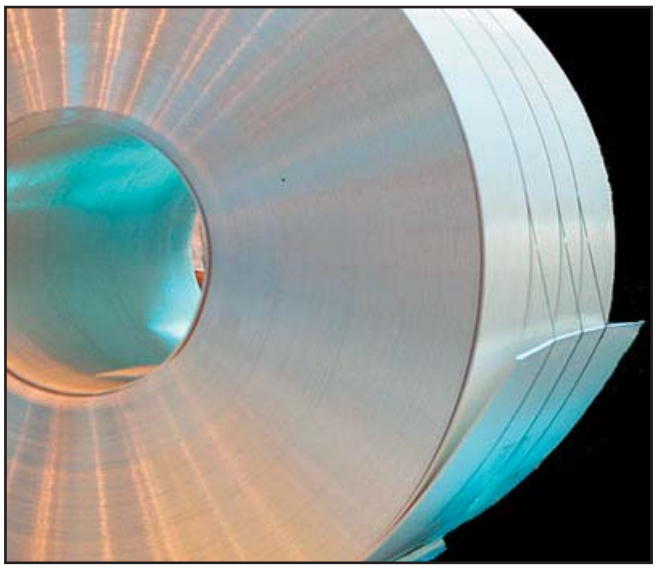
يوافق مايك دون Mike Dunne، رئيس محطة الليزر المركزية في مختبر رذرفورد أبليتون في المملكة المتحدة، أن NIF ستنجح على الأرجح، لكنه يُحذِّر من أن الليزر قد يشكل أمواجاً تجاوبية في البلازما التي تسخنه بأسرع من إمكانية انضغاط هذه البلازما، وهو ما يؤدي إلى عدم تحقق شروط الاشتعال المثالي المنشود. وهناك مشكلة أخرى محتملة هي "اللااستقرارية الهدروديناميكية" التي تمزج البيريليوم المحيط بالتجويف مع الوقود، وهذا ما يعطل قابلية البلازما للاحتفاظ بالحرارة.

ستُستخدم NIF أيضاً لفحص المُحاكَيات الحاسوبية للأسلحة النووية والتأكد من أمان المخزون النووي الاستراتيجي في الولايات المتحدة، كما أن الفيزيائيين الفلكيين سيستخدمونها لمحاكاة الخصائص الداخلية للكواكب العملاقة والنجوم والانفجار العظيم.

☐ *نُشر هذا الخبر في مجلة* Physics World, March 2009.
ترجمة د. عادل حرفوش، رئاسة هيئة التحرير.

الألمنيوم

الرمز:	Al
العدد الذرّي: (عدد البروتونات في النواة)	13
الوزن الذرّي:	27
درجة حرارة انصهاره	T_m=933.5 K
درجة الغليان	T_b=2740 K
المكتشف: هانزكريستيان أورستد عام 1825 في الدانمارك	



ماهيته

الألمنيوم معدن خفيف ومتين وقابل للطرق ومقاوم للتآكل بسبب طبقته السطحية السميكة المكونة من أكسيد الألمنيوم التي تتشكل عند تعرض المعدن للهواء. يُعدّ الألمنيوم ناقلاً جيداً للحرارة والكهرباء، ويمكن أن يظهر ناقلية فائقة عند درجة الحرارة الحرجة 1.2 كلفن. يوجد للألمنيوم تسعة نظائر تتراوح أعدادها الذرّية بين 23 و30.

ونظيره الوحيد المستقر هو ^{27}Al بوفرة تزيد على 99.9%. تستخدم نظائر الألمنيوم في تطبيقات عملية عديدة في تأريخ الرسوبيات البحرية والجليديات والنيازك.

وجوده في الطبيعة

يُعدُّ الألمنيوم العنصر المعدني الأكثر تواجداً في القشرة الأرضية (8.3% وزناً) وترتيبه هو الثالث بين كافة العناصر بعد الأكسجين والسليسيوم. وبسبب ألفته الشديدة للأكسجين فهو نادراً ما يوجد بحالته العنصرية، أي أنه يوجد على شكل أكاسيد وسليكات.

وعلى الرغم من وجوده الشائع والمنتشر في الطبيعة، إلا أن فلزاته الشائعة لا تشكل مصادر معدنية اقتصادية، وغالباً ما يستخلص الألمنيوم المعدني من فلز البوكسيت ($AlO_X(OH)_{3-2X}$). توجد الترسبات الكبيرة من فلز البوكسيت في كلٍّ من أستراليا والبرازيل وغينيا وجمايكا، لكن المناجم الأولى موجودة في غانا وإندونيسيا وجمايكا وروسيا وسورينام. وتحصل عمليات الصهر الأساسية في أستراليا والبرازيل وكندا والنرويج وروسيا والولايات المتحدة.

إنتاجه وتصنيعه

يتمتع الألمنيوم بفعالية كبيرة ويشكل رابطة كيميائية عالية الطاقة مع الأكسجين. وبالمقارنة مع المعادن الأخرى، فهناك صعوبة في استخلاص الألمنيوم من فلزاته، وذلك بسبب الطاقة اللازمة لإرجاع أكسيد الألمنيوم (Al_2O_3). فمثلاً، إن عملية الإرجاع المباشر مع الكربون، كما هو الحال مع الحديد، غير ممكنة كيميائياً، لأن الألمنيوم عامل إرجاع أقوى من الكربون. فدرجة انصهار الألمنيوم هي 660.4 درجة مئوية. لذا، يجب استخلاصه بالتحليل الكهربائي. وبهذه الطريقة ينحل أكسيد الألمنيوم في الكريوليت المنصهر ومن ثم يُرجع إلى معدن نقي. إن درجة الحرارة المستعملة في خلية الإرجاع هي ما بين 950 و980 درجة مئوية. يوجد الكريوليت كفلز في غرين لاند Greenland، لكنه يستبدل بمادة صنعية. والكريوليت مركّب كيميائي من فلوريد الألمنيوم والصوديوم والكالسيوم: (Na_3AlF_6).

حلّت عملية التحليل الكهربائي محل عملية ووهلر Wohler process، التي تتضمن إرجاع كلور الألمنيوم اللامائي مع البوتاسيوم. ويشكل الكربون مادة الإلكترودين المستعملين لإرجاع أكسيد الألمنيوم بالتحليل الكهربائي. يوصّف التفاعل الحاصل على القطب السالب على الشكل التالي:

$$Al^{3+} + 3e^- \rightarrow Al$$

وعلى القطب الموجب يتشكل الأكسجين:

$$2O^{2-} \rightarrow O_2 + 4e^-$$

ومن ثم تتم أكسدة القطب الموجب الكربوني من قبل الأكسجين ليعطي ثنائي أكسيد الكربون:

$$O_2 + C \rightarrow CO_2$$

وهكذا تبدو الحاجة لاستبدال الأقطاب الموجبة باستمرار، وذلك بسبب استهلاكهما في العملية. وعلى عكس الأقطاب الموجبة، فالأقطاب السالبة لا تتأكسد بسبب غياب الأكسجين.

تستهلك الطاقة الكهربائية بين 20 إلى 40% من تكلفة إنتاج الألمنيوم، حيث تتعلق التكلفة بموقع المصهر. وتوجد المصاهر في

أماكن تزايد استهلاك الطاقة الكهربائية ورخصها، مثل أفريقيا الجنوبية وغانا ونيوزلندا وأستراليا والصين والشرق الأوسط وروسيا وكندا.

كانت الصين هي المنتج الأول للألمنيوم في العام 2005، إذ أنتجت خُمْسَ ما ينتجه العالم أجمع، تتبعها روسيا وكندا والولايات المتحدة. وفي الخمسين سنة الماضية كانت أستراليا أكبر المنتجين لفلز البوكسيت وأكبر منتج ومصدر لأكسيد الألمنيوم. ففي العام 2005 أنتجت أستراليا 62 مليون طن من البوكسيت. وتوجد في المناجم الأسترالية بعض مشاكل التنقية، فبعضها غني بالسيليكا لكنها تتمتع بميزات قلة العمق وسهولة الاستخراج.

استعمالاته

وصل الإنتاج العالمي من الألمنيوم في العام 2005 إلى 31.9 مليون طن، وقد زاد إنتاجه على أيٍّ من المعادن الأخرى باستثناء الحديد الذي بلغ إنتاجه 837.5 مليون طن. وينتج الألمنيوم النقي نسبياً فقط عندما تكون مقاومة التآكل والتشكيل أكثر أهمية من الصلابة أو قوة الشد. يمكن ترسيب أفلام رقيقة من الألمنيوم على سطحٍ مستوٍ بوساطة الترسيب الفيزيائي لبخار الألمنيوم أو الترسيب الكيميائي أو بطرائق كيميائية أخرى من أجل تشكيل مرايا وسطوح تستعمل لغايات بصرية. وفلم الألمنيوم النقي المرسَّب حديثاً يخدم كعاكس جيد للضوء المرئي (يقارب 92%) وعاكس متميز للضوء تحت الأحمر المتوسط والبعيد (يقارب 98%).

لا يتمتع الألمنيوم بقوة شد عالية، غير أن معالجة سبائك الألمنيوم بعملية حرارية–ميكانيكية تظهر تحسناً ملحوظاً في الخصائص الميكانيكية، وبخاصة عندما تتم سقايتها. تشكل خلائط الألمنيوم مكونات حساسة في الطائرات والصواريخ وذلك بسبب نسبها العالية بين القوة والوزن. يشكل الألمنيوم بسهولة سبائك مع كثير من العناصر مثل النحاس والزنك والمغنيزيوم والسليكون.

استعمل الألمنيوم في البناء عام 1895، وفيما يلي نذكر بعض أهم استخدامات الألمنيوم:

- في النقل (السيارات والطائرات والشاحنات والقطارات والناقلات البحرية والدراجات وغيرها)، كألواح معدنية وأنابيب وصبات معدنية إلخ.

- في التغليف (علب ورقاقات معدنية و... إلخ).
- في البناء (الشبابيك والأبواب والجدران وأسلاك الأبنية و...).
- في صنع أوعية الطبخ.
- في أعمدة الإنارة في الطرقات وصواري السفن والدعامات و...
- ولحمايات المعدات الإلكترونية وصناديق تجهيزات التصوير.
- في أسلاك نقل الطاقة الكهربائية.
- في الإلكترونيات والـ CDs عندما يكون عالي النقاوة (99.980% و99.999 Al%).
- في مخفضات حرارة الوحدات الإلكترونية مثل الترانزستورات.
- في وحدات السطوع الضوئي حيث يدخل في مواد الركازة في سبائك نحاسية.
- في مساحيق الدهانات ووقود الصواريخ الصلب.
- وبشكل واسع في إنتاج الساعات بسبب متانته ومقاومته لفقدان البريق والتآكل.

وهناك خاصية مهمة لسبائك الألمنيوم هي حساسيتها للحرارة. إذ إن جميع العمليات التي تتضمن استخدام الحرارة تكون معقدة وذلك لأن الألمنيوم، على خلاف ما يحدث في حالة الفولاذ، سينصهر دون أن يمر بطور الاحمرار ومن ثم لا نرى أية إشارة تدل على اقتراب مرحلة الانصهار. كما أن سبائك الألمنيوم، مثلها مثل بنى

جميع السبائك، معرضة أيضاً لإجهادات داخلية نتيجة الحرارة الناجمة عن عمليات اللحام والصب. والمشكلة مع سبائك الألمنيوم بهذا الصدد هي انخفاض درجة انصهارها التي تؤدي إلى إجهادات تنتج عنها تشوهات ملحوظة.

اعتبارات صحية وبيئية

على الرغم من وفرته الطبيعية العالية، لا يُعرف عن الألمنيوم أن له وظائف خاصة به في الخلايا الحية ولكن تراكيزه العالية تساهم ببعض الآثار السمية. يمكن التحدث عن بعض السمية عند توضعه في العظام وفي الجهاز العصبي، وبخاصة لدى المرضى الذين يعانون من القصور الكلوي. ونظراً لدخوله في سباق مع الكالسيوم خلال عمليات الامتصاص، يمكن للألمنيوم أن يساهم في إضعاف البنية المعدنية في العمود الفقري، ويلاحظ ذلك لدى الأطفال الخدج والأطفال الذين يعانون من تأخر النمو. وعند التراكيز العالية جداً، يمكن للألمنيوم أن يسبِّب تسمماً عصبياً ويُعزى له حدوث تغيُّر وظيفي معيقاً وصول الدم إلى الدماغ. هناك نسبة ضئيلة من البشر يتحسّسون من الألمنيوم ويعانون من التهابات جلدية واضطرابات هضمية وتقيؤ أو أعراض أخرى لدى تماسهم الألمنيوم أو استهلاك مواد غذائية أو استعمال مزيل الروائح الكريهة أو الأدوية المضادة للحموضة الحاوية على الألمنيوم. وماعدا التحسّس، فلا يعتبر الألمنيوم ساماً مثل العناصر الثقيلة، غير أنه يمثل بعض السمية إذا ما دخل عن طرق الجهاز الهضمي بكميات زائدة. ورغم أن استعمال الألمنيوم في أواني الطبخ لا يبدي مظاهر سميّة بشكل عام، فإن وجود كميات كبيرة منه في مركبات الأدوية المضادة للحموضة وفي المواد المستعملة لإزالة روائح التعرّق يرفع نسبة التعرض للألمنيوم. أشارت الدراسات أن استهلاك الأغذية والسوائل الحمضية الموضوعة في أوانٍ من الألمنيوم سيزيد من امتصاص الألمنيوم، وأظهر المالتول maltol قدرته على زيادة تراكم الألمنيوم في العصب وفي النسيج العظمي.

وبسبب إمكانية إحداثه للتسمم، يظل استعمال الألمنيوم في بعض مضادات التعرق وفي المنكهات الغذائية مثار جدل. وبالرغم من التأكيد الضعيف بأن التعرض الطبيعي للألمنيوم يشكل خطراً على صحة البالغين، تشير عدة دراسات إلى أخطار ترافق التعرضات الزائدة لهذا المعدن. ويمكن امتصاص الألمنيوم الداخل مع الطعام بكميات أكبر مقارنة بامتصاصه عند وجوده مع الماء. ويشير بعض الباحثين إلى أن الألمنيوم في مضادات التعرق يزيد من خطر سرطان الثدي، كما قيل أنه قد يساهم كعامل في مرض الزهيمر.

يُعدُّ الألمنيوم من العوامل التي تؤخر نمو النباتات في الترب الحمضية، وإن غالبية الترب الحمضية مشبعة بالألمنيوم بدلاً من أيونات الهدروجين، وحموضة التربة عندئذ تعود لتحلل الألمنيوم.

☐ *إعداد د. عادل حرفوش، رئاسة هيئة التحرير.*

هل يمكن استرجاع طاقة من نفايات مفاعلات توليد الكهرباء بالطاقة النووية؟

في البداية يجب ألا نخلط بين مادة نووية مُسْتهلَكة قابلة للاحتراق (وقود مُسْتهلَك) تحتوي ما هو قابل للاحتراق وبين نفايات نووية. يُستعمل اليورانيوم المُغنى (المخصّب) كوقود في مفاعلات توليد الكهرباء بالطاقة النووية: يحوي هذا الوقود المخصّب 5% من اليورانيوم–235، القابل للتفكّك مصدراً طاقة، و95% من اليورانيوم–238 غير القابل للانشطار. وفي نهاية أربع إلى خمس سنوات من الاستعمال يصبح هذا الوقود قليل الفعالية لأنّ جزءاً من اليورانيوم–235 قد استهلك مخلّفاً عناصر أخرى. وهذا الوقود المُسْتهلَك يحتوي 95% من اليورانيوم (منها 1% من اليورانيوم–235)، و1% من البلوتونيوم و4% من عناصر مشعة أخرى لا تُستخدم كوقود. وهو ما نقصده كنفاية نووية. وفي الواقع، يجري فصل عناصر اليورانيوم والبلوتونيوم والنفايات بعضها عن بعض في مصنع آريفا Areva لإعادة معالجتها في لاها غ La Hague، حيث يتم تدويرها وإنتاج وقود جديد. فمن بين 4% من النفايات نميّز 1% منتجات انشطارية (يود وسيزيوم وتكنيسيوم ...) و3% أكتينيدات ثانوية (أمريسيوم وكوريوم ونبتونيوم..). تَدرس حالياً وكالة الطاقة الذرية الفرنسية CEA إمكانيات استعادة الأمريسيوم والكوريوم بطريقة معالجة أكثر تحسيناً من طريقة المعالجة المستخدمة حتى الآن في مصانع آريفا. وعندما تتم استعادتها ومعالجتها، كما هو الحال مع البلوتونيوم مثلاً، يمكن أن تدخل في تصنيع مواد وقود جديدة شريطة أن تُفهم عمليات التصنيع المتتالية. فقد أجرت وكالة الطاقة الذرّية اختبارات لطريقة معالجة محسّنة لاستعادة الأمريسيوم والكوريوم وتصنيع مواد الوقود التي تحتوي هذين العنصرين وتشعيعها، وكانت هذه الاختبارات ناجحة، وثبتت إمكانيات تنفيذ هذه الاختبارات من الناحية العلمية، وتُجرى الآن أبحاث لتنفيذها صناعياً.

➢ مقتبس عن مجلة: La Recherche, No. 429, Avril 2009.

ما سقط سهواً في دورة الكربون

تفرز الأسماك بصورة مستمرة كربونات الكالسيوم في مياه البحر، ولذلك لا يمكن إهمال دورها في ترسيب الكربون في المحيطات.

يتم خزن نصف كمية الكربون الجوي المنبعث على شكل CO_2 كلّ سنة في المحيطات، إمّا بانحلاله مباشرة في المياه أو بامتصاصه من قبل عوالق (بلانكتون) البحر. يتم خزن 20% من هذا الكربون على شكل كربونات الكالسيوم. ولتقدير هذه الكمية، لا يأخذ البيوكيميائيون بالحسبان إلاّ العوالق الحيوانية zooplankton البحرية ذات الهياكل الكلسية مثل الكوكوليتات coccolithophoridés والمُنْخَربات foraminifères، بسبب ما تمثّله من كتلة حيوية كبيرة. مع ذلك، وعلى عكس ما يُعتقد، فإنّ دور الأسماك يجب ألا يُهمل. وهذا ما بيّنه الفيزيولوجي رود ويلسون Rod Wilson من جامعة إكستر في المملكة المتحدة مع زملائه الأمريكيين والكنديين.

تفرز الأسماك العظمية، وهي تشكل غالبية الأسماك في المحيطات، بصورة فعّالة كربونات الكلسيوم. فهي تبتلع باستمرار ماء البحر الغني بالكالسيوم والمغنيزيوم وثنائي أكسيد الكربون المنحل. وعند مرور هذه المواد في جهازها الهضمي، حيث يراوح الباهاء pH ما بين 8.5 و 9.2، يحدث تفاعل بين هذه المواد وبين أيونات البيكربونات، وهو ما يؤدّي إلى ترسيب أيونات الكالسيوم والمغنيزيوم على شكل كربونات غير منحلّة، وهذه الكربونات تخرج بصورة مستمرة عند تبرّزها إمّا على شكل كريات صغيرة أو أنابيب صغيرة مختلطة مع مواد مخاطية أو مدمجة مع البراز.

وحتى نتمكّن من تقدير كمية كربونات الكالسيوم التي تفرزها الأسماك، انطلق ويلسون وفريقه من إنتاج كربونات الكالسيوم لدى نوعين من الأسماك: نوع يعيش في البحار الشمالية وآخر في البحار المدارية. فتبيّن أنهما يطرحان كلّ ساعة ما بين 18 إلى 40 مكرو مول micromoles من الكربون لكلّ كيلوغرام من وزن السمك على شكل كلسيت غني بالمغنيزيوم. ويأتي الفرق بين الرقمين من عمليات التباين في الأيض (الاستقلاب). فكلّما كانت السمكة صغيرة، وكلّما كانت حرارة المياه التي تبتلعها أدفأ، كلّما كانت كمية كربونات الكالسيوم التي تفرزها أكبر.

تفرز الأسماك العظمية، مثل هذا النوع ذو الجناح الأصفر، بصورة مستمرة كريات من كربونات الكالسيوم غير المنحلة في الماء (المترسبة).

واستناداً إلى هذه النتيجة خمّن الفريق إسهام الأسماك الكلي في كمية الكربونات، وذلك بتقدير كتلتها الكلية وتوزّع درجات الحرارة عبر المحيطات. فمع كتلة سمكية قدرها، بحسب نماذج مستخدمة، 812 مليون و 2.05 بليون طن، قدّر الفريق أنّ هذه الحيوانات تفرز سنوياً على التتالي مابين 40 و 110 مليون طن من كربونات الكالسيوم. وهذا يمثّل 2.7 و 15.4% من الإنتاج الكلي من كربونات الكالسيوم في المياه السطحية. وهي كمية لا يمكن إهمالها في دورة الكربون.

ومع ذلك ينبّه المؤلفون إلى أنّ الأرقام التي توصّلوا إليها تتضمّن هامش خطأ كبير. فالقيم

التي أشير إليها تأخذ بالحسبان أكثر الفرضيات تحفظاً. فإذا جرى انتخاب أكثر الخيارات ملاءمة يجب أن نضرب الأعداد المشار إليها بـ 3. وهكذا يصل مقدار إسهام الأسماك إلى 45% من إنتاج كربونات الكالسيوم في المحيطات.

ولما كان نصف عدد الأسماك يعيش في 17% من سطح المحيطات فقط، يمكن أن تكون هذه الأنواع في هذه المناطق، المصدر الرئيس للكربونات. إنّ استبعادها من الحساب النهائي هو إذن مصدر خطأ كبير في فهم دورة الكربون اللاعضوي.

➢ مقتبس من مجلة La Recherche, No. 428, Mars, 2009.

مشي إلكتروني

هل سيطالب سكان ضواحي مدينة طوكيو العملاقة بتخفيض سعر بطاقة القطار؟

قد يقومون بذلك، لأنّ شركة قطارات شرق اليابان قرّرت استعمال طاقة سيرهم لتغذية منشآتها بالكهرباء. فقد قامت بإجراء تجربة لمدة شهرين في جزء من أرضية محطة قطارات طوكيو المركزية التي تستقبل يومياً 70.000 مسافر. فبينما تتجه جماهير المسافرين نحو أبواب المحطة يكون هذا الجزء من أرضية المحطة الذي مساحته 25 م^2 مجهزاً بعناصر كهرضغطية piézoélectriques éléments تسمح بتحويل ضغط كلّ خطوة إلى كهرباء. يمكن لهذا الجزء من الأرضية أن يولّد 1400 كيلو واط/ثانية، وينير مصباحاً استطاعته 40 واط خلال 17 ساعة. هذا ليس بالشيء الكثير! ولكنه مجرّد بداية.

➢ مقتبس عن مجلة La Recherche, No. 428, Mars, 2009.

الأسلاك النانوية تلتصق بالجذاذات

قد يكون من الممكن اختراع نماذج ذات سطوح معقدة، إلا أن الطباعة الحجرية الضوئية يمكنها أن تضع نوعاً واحداً فقط من المادة في كلّ مرة، مما يحدُّ من قدرتها على إنتاج نبائط إلكترونية أكثر تطوراً. ورغم أن العلماء يستطيعون تصنيع نبائط أكثر تعقيداً معتمدة على الأسلاك النانوية، إلا أنه ليس بالأمر البسيط وضعها على جذاذة مكروية بشكل دقيق.

لقد اكتشف كلٌّ من ماير Theresa Mayer، وكيتنغ Christine Keating وآخرين من جامعة Penn State في الولايات المتحدة حديثاً بأن الحقول الكهربائية يمكنها أن توجّه الأسلاك النانوية المكسوة بـ DNA نحو مواقع محدّدة على جذاذة. وقد ثبّت الباحثون الأسلاك النانوية بنجاح إلى مواقع سبق تحديدها بدقة دون المكرومتر –والأهم أن هذا لم يبطل مفعول الـ DNA. لذا، قد يكون ممكناً في يوم من الأيام استخدام تلك التقنية الحديثة في المساعدة بتطوير حسّاسات حيوية متطورة للكشف عن الخلايا السرطانية المختلفة والأجسام المرضة.

يقوم فريق جامعة Penn State بتوليد الحقول الكهربائية عن طريق صنع شبكة من الإلكترودات المزدوجة على سطح جذاذة. وحينما يطبّق الباحثون فولطية متناوبة على أحد أزواج الإلكترودات، فإن الأسلاك النانوية –الموجودة في معلّق فوق الجذاذة– تنسحب إلى المنطقة الكائنة بين أزواج الإلكترودات حيث يكون الحقل هو أشد ما يمكن. ويوضح ماير قائلاً: «نحن نتحكم بالمكان الذي تذهب إليه الأسلاك المختلفة عن طريق المكان الذي نطبّق فيه الفولطية المتناوبة».

وفي تجاربهم، قام الباحثون بترتيب الإلكترودات في صفوف، مما يُعدُّ مفيداً بالنسبة لتطبيقات معينة مثل تحسُّس أكثر من خاصية بيولوجية واحدة مع النبيطة ذاتها. إنهم يقولون بأن الإلكترودات يمكن تنظيمها في مجموعة من التشكيلات، ويعتقدون أيضاً أن تلك التقنية سهلة بما يكفي ليتم رفعها لمستوى التصنيع. يقول ماير: «لقد أرسلنا بطلب الحصول على براءة اختراع لأننا نعتقد بوجود إمكانية كبيرة من أجل التسويق»، ثم يضيف: «على أيّ حال، نحن ما نزال في مرحلة مبكرة من تطوير هذه الطريقة».

إن أحد هذه التطبيقات الممكنة هو صفيف من الحسّاسات البيولوجية المحمولة والرخيصة والمتوضّعة على جذاذة، والتي تستخدم في الكشف عن أمراض متعددة. وبوجود نسخ عديدة من كلّ نوع من الأسلاك النانوية المكسوة بـ DNA ضمن الصفيف، فإن النبيطة سوف تتجنّب حالات القراءات الخاطئة وتكون قادرة على أن تتقفّى العديد من الأمراض المختلفة في الحال. ولكن وفقاً لفريق جامعة Penn State، فقد لا تتوقف تلك التقنية عند هذا الحد: فقدرتها على التحكم بموقع المكونات المحضّرة دون جذاذات يمكنها أيضاً أن تكون طريقاً نحو إشراك عناصر غير تقليدية مع الإلكترونيات السلكونية التقليدية.

يقول كيتنغ: «نحن مهتمون باكتشاف أنواع أخرى من المواد والكسوة وكيفية تركيبها ودمجها مع إلكترونيات محمولة على جذاذة، وذلك باستخدام تقنيتنا»، ويضيف: «نحن نعتقد أن هذا يمكن أن يكون طريقة عامة لدمج مواد قد يصعب أو يستحيل تهيئتها على جذاذة».

➢ مقتبس عن مجلة Physics World, February 2009.

التألق
Luminescence

إعداد
د. محمد قعقع

مقدمة

عندما تمتص مادة ما طاقة بطريقة أو بأخرى، فإن جزءاً من الطاقة الممتصة يمكن أن يُعاد إصداره على هيئة إشعاع كهرطيسي في مجال الطيف المرئي أو القريب من المرئي، وتسمى هذه الظاهرة التألق. إن هذا المصطلح لا يشمل الإصدار المعروف بإشعاع الجسم الأسود، الذي يخضع لقانوني كيرشوف وفين، كما أنه يختلف عن التوهج incandescence، الذي هو ضوء ينتج من تسخين الأجسام إلى درجات حرارة عالية. ومن الناحية التاريخية، كان يُظن أن النشاط الإشعاعي radioactivity هو شكل من أشكال "التألق الإشعاعي" radio luminescence، لكنه يُعدّ حقلاً منفصلاً عنه لأنه يشمل إشعاعات أخرى غير الإشعاع الكهرطيسي. فالتألق ضوء يصدر عادة عن بعض المواد عند درجات حرارة منخفضة، وعلى هذا فهو شكل من أشكال إشعاع الجسم البارد cold body radiation.

وفي الفيزياء، على وجه الخصوص، يحدث التألق عندما تُخلق أزواج الإلكترونات والثقوب في نصف ناقل، أو عندما تثار حاملات الشحنة إلى سويات إشابة أعلى ثم تسقط منها إلى حالات توازنها، وعليه، فإن باستطاعة المادة، في هذه الحالات، أن تصدر ضوءاً، كما يوجد عدد كبير من المواد نصف الناقلة الملائمة جداً لإصدار الضوء، وبخاصة أنصاف النواقل المركّبة من ذوات الفرجة العصابية المباشرة.

والتألق عملية تتم على مرحلتين: المرحلة الأولى هي إثارة المنظومة الإلكترونية للجسم الصلب تعقبها مرحلة إصدار الفوتونات، وقد تكون هاتان الخطوتان متتاليتين مباشرة أو قد تفصل بينهما عمليات متوسطة.

يمكن إحداث الإثارة عن طريق الرجم بالفوتونات وهذا هو التألق الضوئي أو الفوتوني photoluminescence، أو عن طريق الرجم بالإلكترونات وهذا هو التألق الكاتودي أو المهبطي cathodoluminescence، أو بتطبيق حقل كهربائي على المادة، وهذا هو التألق الكهربائي electroluminescence، كما يمكن تحريض التألق نتيجة تفاعل كيميائي، وهذا هو التألق الكيميائي chemoluminescence، وهناك أنواع أخرى من التألق مثل التألق الميكانيكي mechanoluminescence، والتألق الحراري thermoluminescence، والتألق الإشعاعي radioluminescence، وغيرها. وكما نرى، يأخذ التألق اسمه من نوع الإثارة التي تسبِّبه.

هناك تطبيقات كثيرة في حياتنا اليومية يدخل فيها التألق، فكثيراً ما نجد الأقراص المدرّجة، وعقارب الساعات، والتدريجات على المقاييس، وإشارات الطيران، ومعدات

الإبحار والعلامات أو الشارات التي توضع في أماكن متميزة، مطليّة بمواد متألقة، في عملية تُعرف باسم الإضاءة luminosing.

وسنتكلم بإيجاز عن بعض تلك الأنواع، ولكن تبقى الأنواع الثلاثة الأولى المذكورة آنفاً هي أكثر الأنواع أهمية في أغلب التطبيقات، لذا سنحاول عرضها بشيء من التفصيل في هذه الإطلالة.

❶ التألق الكيميائي

وهو إصدار الضوء (التألق) مع إصدار محدود من الحرارة نتيجة تفاعل كيميائي بين مادتين A و B مع وسيط مثار ◊ وفق المعادلة:

$$[A] + [B] \rightarrow [\Diamond] \rightarrow [\text{ناتج}] + \text{ضوء}$$

وعلى سبيل المثال، يمكن أن تكون [A] هي اللومينول و [B] هي بيروكسيد الهدروجين بوجود محفّز مناسب فيكون لدينا

$$\text{lonimul} + H_2O_2 \rightarrow \text{3-APA}[\Diamond] \rightarrow \text{3-APA} + \text{ضوء}$$

وتكون نتيجة التفاعل مادة في حالة مثارة 3-APA[◊] تتألق أثناء اضمحلالها وعودتها إلى مستوى طاقة أدنى، فالمسؤول عن إصدار الضوء إذن هو تضاؤل الوسيط من الحالة المثارة وعودته إلى مستوى طاقة أدنى، وحسب النظرية فإن فوتوناً واحداً من الضوء يجب أن ينطلق من أجل كل جزيء من المادة المتفاعلة، وبتعبير آخر سينطلق عدد من الفوتونات يساوي عدد أفوغادرو من أجل كل مول من المادة المتفاعلة، وعندما يأخذ التألق الكيميائي مجراه في الكائنات الحية تُعرف الظاهرة باسم التألق الحيوي bioluminescence، لذا يُعرف التألق الحيوي بأنه توليد الضوء وإصداره من قبل كائن حي نتيجة لتفاعل كيميائي تنقلب خلاله الطاقة الكيميائية إلى طاقة ضوئية، ويمكن أن يحدث التفاعل الكيميائي داخل الخلية أو خارجها.

تأخذ التفاعلات الكيميائية مجراها في طورين: السائل والغازي، ويختلف لون ضوء التألق ومردوده الكمومي باختلاف المواد المتفاعلة.

❷ التألق الميكانيكي

وينتج عن فعل ميكانيكي، كالكسر أو الضغط أو الاحتكاك أو الصوت، مطبق على جسم صلب، فهناك إذن التألق بالتشظية fractoluminescence الذي ينتج عند تحطيم الروابط في بعض البلورات بالكسر أو التمزق، وهناك التألق الضغطي piezoluminescence الذي يسبِّبه الضغط الناتج في حالة التشوه المرن فقط، وهناك التألق بالاحتكاك triboluminescence الذي هو تألق بالحك، لكنه في الحقيقة هو تألق بالتشظية، لذا فهو يستعمل كمرادف له، وأخيراً هناك التألق الصوتي sonoluminescence الذي ينتج عن انفجار داخلي لفقاعات في سائل عند إثارته بالصوت.

❸ التألق الحراري

الذي ينتج عندما يُعاد إصدار الضوء المتَّص عند تسخين المادة.

❹ التألق الإشعاعي

وهو الظاهرة التي بواسطتها ينتج الإشعاع من مادة عن طريق رجمها بإشعاع مؤيِّن كجسيمات بيتا مثلاً، وكمثال على مادة ذات تألق إشعاعي نذكر الدهان المتألق المثار بالتريتيوم المستخدم في الساعات والإشارات، ومثال آخر طلاء الزنك المطعّم بالراديوم والنحاس.

❺ التألق البلّوري

هو التألق الناتج أثناء عملية التبلور، إذ يوجد تأخر زمني بين الوصول إلى حالة الإشباع الفائق في محلول ما وظهور وميض التألق البلّوري من النوى البلّورية، ويتناقص زمن الحضانة للتألق البلّوري بصورة نظامية مع تركيز المحلول، ولقد اقتُرحت طريقة جديدة مبنيّة على قياسات التألق البلّوري لتعيين الحجم الحرج لنواة البلورة.

❻ التألق الكهربائي

ويختصر بالحرفين EL، وتوجد طرق عديدة يمكن بواسطتها استخدام الطاقة الكهربائية لتوليد إصدار فوتوني في جسم صلب، والتألق الكهربائي ظاهرة ضوئية وظاهرة كهربائية تُصدِر فيها مادة ما ضوءاً استجابة لمرور تيار كهربائي فيها، أو لتطبيق حقل كهربائي قوي عليها، وهذه ظاهرة مغايرة لظاهرة إصدار الضوء الناتج عن الحرارة (أي التوهج). يسبِّب التيار الكهربائي حقن حاملات شحنة أقلية في مناطق من البلّورة يمكنها أن تعود للاتحاد فيها مع حاملات أكثرية، مؤدية إلى إصدار إشعاع إعادة الاتحاد، والتألق الكهربائي في الوصلة pn هو تألق ناتج عن الحقن.

آلية التألق الكهربائي

التألق الكهربائي هو نتيجة لإعادة الاتحاد المشع بين الإلكترونات والثقوب في مادة، هي في الأغلب نصف ناقلة، فالإلكترونات المثارة تطلق طاقتها على هيئة فوتونات –أي ضوء، قبل إعادة الاتحاد، تكون الإلكترونات والثقوب منفصلة إما نتيجة لتطعيم المادة كي تشكل الوصلة p-n (كما هو الحال في نبائط التألق الكهربائي المصنوعة من أنصاف النواقل مثل الديودات المصدرة للضوء LEDs)، أو من خلال الإثارة عن طريق الصدم بإلكترونات ذات طاقة عالية مسرَّعة في حقل كهربائي (كما هو الحال في الفسفور المتألق في شاشات العرض التي تعمل بالتألق الكهربائي).

أمثلة على المواد ذات التألق الكهربائي

يحدّد الطّعم أو الشائبة المُدخلة اللونَ المرئي الصادر، في حين يتطلّب إصدار الضوء أن يكون لفرجة الطاقة في نصف الناقل عرض عصابي كاف. إن أكثر الأفلام الرقيقة شهرة بإصدار التألق الكهربائي، على سبيل المثال، هو سلفيد الزنك المطعم بالمنغنيز (ZnS:Mn) الذي يصدر اللون الأصفر البرتقالي، ومن الأمثلة على المواد ذات التألق الكهربائي نذكر:

- مسحوق سلفيد الزنك المطعم بالنحاس أو الفضة.
- الفلم الرقيق من سلفيد الزنك المطعم بالمنغنيز.
- الماس الأزرق الطبيعي (ماس فيه البور كطعم).
- أنصاف النواقل من المجموعتين III-V- مثل فسفيد الإنديوم InP وزرنيخيد الغاليوم GaAs ونتريد الغاليوم GaN.
- أنصاف النواقل غير العضوية: مثل $[Ru(bpy)_3]^{2+}(PF_6)_2$ حيث bpy هي 2,2'-bipyridine.

الإنجازات العملية

أكثر النبائط ذات التألق الكهربائي انتشاراً إما أن تكون مسحوقاً (تستخدم في تطبيقات الإنارة) أو فلماً رقيقاً (لصنع شاشات عرض للمعلومات).

كثيراً ما تستعمل اللوحات المتألقة كهربائياً والقائمة على مسحوق الفسفور كأضواء خلفية لشاشات عرض البلّورات السائلة، فهي تؤمِّن بسهولة إضاءة معتدلة ومتساوية إلى كل الشاشة في الوقت الذي تستهلك فيه طاقة كهربائية قليلة نسبياً، وهذا يجعلها ملائمة للأجهزة التي تشغَّل بالبطاريات مثل ساعات اليد ومنظمات الحرارة المحكومة بالحاسوب وتوهجها الأزرق المخضرّ اللطيف ذي المنظر المألوف في عالم التقانة، إلا أنها تتطلّب، فعلاً، فولطية عالية نسبياً، ومن أجل الأجهزة التي تعمل بالبطارية، يجب توليد الفولطية بواسطة دارة محوّل موجودة ضمن الجهاز، وغالباً ما يعطي هذا المحوّل طنيناً مسموعاً أو صوت نغمة لدى تشغيل الضوء الخلفي. أما من أجل الأجهزة التي تعمل على خط توتر شبكة المدينة فيمكن أن تُغذى مباشرة من خط القدرة، والأضواء الليلية المتألقة كهربائياً تعملُ بهذا الأسلوب.

أما التألق الكهربائي الناتج عن أفلام رقيقة من الفسفور، فكان أول من جعلها جاهزة للتداول في الأسواق هي شركة شارب في اليابان في ثمانينيات القرن الماضي، وشركة فينلوكس بفنلندا، و planar system في الولايات المتحدة. يمكن الحصول على التألق الكهربائي بإصدار ضوء ساطع وطويل العمر من أفلام رقيقة من مادة المنغنيز المطعّم بسلفيد الزنك ويكون الضوء الصادر أصفر اللون. وقد صنّعت شاشات عرض مستخدمة هذه التقانة من أجل تطبيقات طبية، كما استخدمت في صناعة المركبات حيث تكون المتانة وزوايا الرؤية الواسعة أمراً حاسماً، في الوقت الذي لم تكن قد طوّرت بشكل حسن شاشات البلّورات السائلة.

لقد طُوِّرت حديثاً مواد على هيئة أفلام رقيقة تصدر تألقاً كهربائياً بالألوان الأزرق والأحمر والأخضر، وهي تقدم فرصة لصنع شاشات عرض بتألق كهربائي يشمل كل الألوان تعمّر طويلاً.

وفي أي من الحالتين ينبغي وضع المادة ذات التألق الكهربائي بين إلكترودين، وينبغي أن يكون واحد منهما على الأقل شفافاً كي يسمح بمرور الضوء الناتج، وكثيراً ما يستعمل الزجاج المطلي بأكسيد الإنديوم أو بأكسيد القصدير كإلكترود أمامي شفاف في حين يُكسى الإلكترود الخلفي بمعدن عاكس، ويمكن أيضاً استخدام مواد شفافة أخرى كإلكترود أمامي مثل كسوات من أنابيب الكربون النانوية أو PEDOT.

إن تطبيقات شاشات العرض هي من حيث المبدأ "منفعلة passive" (أي إن الفولطية تساق من أحد جوانب العارضة)، ومثلما هو الاتجاه في العارضات من البلّورات السائلة LCD، هناك أيضاً عارضات مصفوفية فاعلة متألقة كهربائياً (AMEL) Active Matrix EL displays، حيث يُضاف إليها مجموعة دارات كهربائية كي توسع الفولطيات عند كل عنصورة pixel.

إن الطبيعة الصلبة للتألق الكهربائي في الأفلام الرقيقة (TFEL) تسمح بالحصول على عارضات متينة جداً ذات مَيْز عالٍ مصنعة على ركازات سليكونية. وقد أصبحت شاشات عرض AMEL متوفرة الآن، وهي اختصار العبارة "عارضة مصفوفية فاعلة ذات تألق كهربائي Active Matrix

Electroluminescence Display". تتصف هذه العارضة بأنها ذات قياس يبلغ 1024×1280 عندما يزداد عدد الخطوط على 1000 خط في البوصة الواحدة، وقد عَرَضها اتحاد يضم منظومات مسطحة.

تمتاز تقانات التألق الكهربائي باستهلاك قليل للطاقة إذا ما قورنت بتقانات الإضاءة المنافسة، مثل مصابيح النيون أو الفلور، وإذا أضفنا إلى هذا رقّة المادة فإنه يجعل تقانة EL ذات قيمة في الصناعة الإعلانية. إن مصنعي EL قادرون على التحكم بدقة في موقع البقع من الشاشة التي يرغبون في إضاءتها في أي وقت، وقد أعطى هذا الأمر المعلنين القدرة على ابتداع إعلانات أكثر حيوية ما تزال تنافس الإعلانات التقليدية.

يمكن، من حيث المبدأ، صنع مصابيح تعمل بالتألق الكهربائي وبأي لون. لكن اللون الأخضر المستخدم عادة يتوافق بقوة مع ذروة حساسية الرؤية البشرية، مولداً خرجاً أعظمياً للضوء البارز من دخل أصغري للطاقة الكهربائية. وعلى عكس مصابيح النيون والفلور، فإن مصابيح التألق الكهربائي EL ليست أجهزة ذات مقاومة سالبة لذا فهي ليست بحاجة إلى دارات كهربائية إضافية لتنظيم مقدار التيار الجاري فيها.

❼ التألق الكاتودي

التألق الكاتودي (المهبطي) ظاهرة ضوئية وكهربائية حيث تُولَّد فيه حزمة من الإلكترونات بواسطة مدفع إلكتروني (أنبوب أشعة مهبطية) ثم تصدم مادة متألقة كالفسفور مثلاً، جاعلة المادة تصدر ضوءاً مرئياً. أكثر الأمثلة شيوعاً هو شاشة التلفزيون، وفي علم الجيولوجيا، وعلم المعادن وعلم المواد، من المفيد استعمال المجهر الإلكتروني الماسح مع مكاشيف ضوئية متخصصة، أو استعمال مجهر التألق الكاتودي لفحص البنى الداخلية لأنصاف النواقل، والصخور والخزف والزجاج وغيرها، وذلك للحصول على معلومات تتعلق بتركيب المادة وإنمائها ونوعيتها.

يحدث التألق الكاتودي لأن ارتطام حزمة إلكترونية عالية الطاقة بنصف ناقل سينتج عنه تشجيع الإلكترونات في عصابة التكافؤ على الصعود إلى عصابة النقل، مخلّفة وراءها ثقباً لكل إلكترون صاعد، وعندما يعود إلكترون وثقب للاتحاد، يحتمل أن يصدر فوتون من ذلك الاتحاد، وهذا يعتمد على المادة ونقاوتها وحالات العيب فيها، وفي هذه الحالة يمكن أن يكون نصف الناقل تحت الاختبار أي مادة لامعدنية. وبدلالة البنية العصابية، يمكن معاملة أنصاف النواقل التقليدية، والعوازل، والخزفيات (السيراميك)، والأحجار الكريمة، والفلزات والزجاج بالطريقة نفسها.

وفي علم المواد وهندسة أنصاف النواقل، سينجز التألق الكاتودي على الأغلب إما في مجهر إلكتروني ماسح أو مجهر إلكتروني نافذ ماسح، وفي هاتين الحالتين، تصطدم حزمة الإلكترونات المبأّرة تبئيراً قوياً بالعينة وتحثها على إصدار ضوء من منطقة محلية، سيجمَّع هذا الضوء بواسطة منظومة ضوئية، مثل مرآة إهليلجية الشكل، ومن هناك سيقوم ضوء ليفي بنقل الضوء بعيداً عن المجهر حيث يمكن فصله بواسطة موحد لوني ثم يتم كشفه بواسطة أنبوب مضاعف ضوئي، بمسح حزمة المجهر بواسطة نموذج x-y وقياس الضوء الصادر مع الحزمة في كل نقطة، يمكن الحصول على خارطة الفعالية الضوئية للعينة.

أولى ميزات التقنية القائمة على المجهر الإلكتروني هي المقدرة على تحليل الصور إلى 10-20 نانومتراً، والمقدرة على قياس طيف كامل عند كل نقطة (وهو ما يُعرف بالتصوير الطيفي الدقيق) إذا ما استبدلنا بالأنبوب المضاعف الضوئي كاميرا CCD ومن هذه الميزات أيضاً المقدرة على إنجاز قياسات يكون الفصل الزمني فيها من مرتبة نانوثانية –بيكوثانية إذا أمكن تقطيع الحزمة الإلكترونية إلى نبضات عرض النبضة فيها نانوثانية أو بيكوثانية. وعلى كل حال فإنه، مع تحسين القدرات، تصبح تكلفة التقنيات القائمة على المجهر الإلكتروني عالية جداً. وهذه التقنيات المتقدمة مفيدة لفحص بُنى أنصاف النواقل ذات الأبعاد المنخفضة، كالآبار الكمومية والنقط الكمومية.

ورغم أن أنصاف النواقل ذات فرجة الطاقة المباشرة، مثل GaAs أو GaN، يمكن أن تفحص بسهولة أكثر بهذه التقانات، فأنصاف النواقل ذوات الفرجة غير المباشرة مثل السليكون تصدر أيضاً ضوءاً بمستوى ضعيف، ويمكن فحصها أيضاً. وبشكل خاص، فإن تألق السليكون المنخلع يختلف عن السليكون الأصيل (الذاتي)، ويمكن استخدامه لرسم خارطة للعيوب في الدارات المتكاملة.

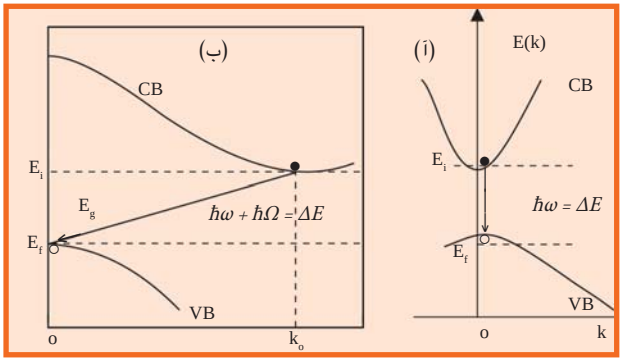
وباستثناء أكثر التضخيمات علواً والاستخدامات العديدة الجيدة، فإن المجهر الإلكتروني مع مكشاف التألق الكاتودي سيكون أكثر تعقيداً وأكثر غلاء بالمقارنة مع مجهر تألق كاتودي ضوئي سهل الاستعمال والذي يستفيد من مقدرته على بيان صور بلون مرئي للتو من خلال عينية المجهر.

وخلاصة القول، التألق الكاتودي تقنية يمكن إنجازها في مجهر ضوئي أو إلكتروني باستخدام ملحقات إضافية مساعدة، تمكن من فحص الخصائص الضوئية للمواد اللامعدنية.

8 التألق الضوئي (الفوتوني)

التألق الضوئي، واختصاره pL، هو عملية تمتص فيها المادة فوتونات (إشعاعاً كهرطيسياً) ثم تعيد إصدار فوتونات. من وجهة نظر ميكانيك الكم، يمكن أن توصف هذه العملية بأنها إثارة إلى حالة طاقة عالية ثم عودة إلى حالة طاقة أخفض منها، ويرافق ذلك إصدار فوتون.

تشكل عملية إعادة اتحاد إلكترون بثقب في نصف الناقل أهم عمليات الإصدار التلقائي لفوتونات الضوء، وهي الأساس للعديد من مصادر الضوء المفيدة، فعندما يقوم إلكترون حر في عصابة النقل بانتقال إلى حالة فارغة (أي ثقب) في عصابة التكافؤ يصدر عن هذه العملية فوتون، وتُدعى هذه العملية إعادة الاتحاد من عصابة إلى عصابة، ويمكن أن تحدث في أنصاف نواقل ذات فرجة طاقة مباشرة أو غير مباشرة على حدٍّ سواء كما هو موضح في الشكل 1 بجزأيه أ و ب، ففي الحالة الأولى ينتقل الإلكترون من عصابة إلى عصابة دون أن تتغير متجهته الموجيّة ويُصدر فوتوناً طاقته $\Delta E = \hbar\omega$، ولما كانت فرجة الطاقة مباشرة فطاقة الفوتونات الصادرة لها عتبة طاقة منخفضة تساوي طاقة الفرجة العصابية. أما في الحالة الثانية فالإلكترون ينتقل من عصابة إلى عصابة في نصف ناقل غير مباشر فتتغير متجهته الموجية ويُصدر أو يمتص فونوناً طاقته $\hbar\Omega$، وتكون لطاقة الفوتونات الصادرة عتبة طاقة منخفضة عندما يكون فرق طاقتي الانتقال مساوياً طاقة فرجة العصابة Eg، وتكون طاقة الفوتون مساوية للفرق بين طاقة الفرجة وطاقة الفونون. لكن العملية في حالة انتقال الإلكترون غير المباشر من عصابة إلى عصابة هي عملية تشارك فيها ثلاثة أجسام: فوتون، وإلكترون، وفونون، لذا فإن إعادة الاتحاد غير المباشر أقل احتمالاً من إعادة الاتحاد المباشر

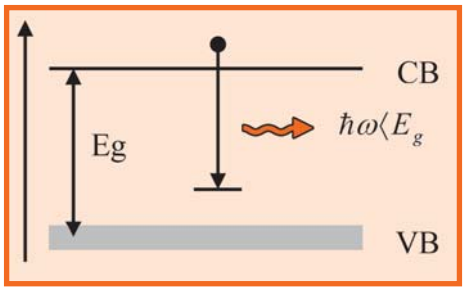


الشكل 1

إعادة اتحاد إلكترون ● من عصابة النقل بثقب ○ في عصابة التكافؤ وذلك في:
آ- نصف ناقل ذي فرجة طاقة مباشرة مع إصدار فوتون بطاقة ΔE.
ب- نصف ناقل ذي فرجة طاقة غير مباشرة مع إصدار فوتون $\hbar\omega = \Delta E - \hbar\Omega$ وفونون بطاقة $\hbar\Omega$.

بين إلكترون وثقب، ويقدر زمن حياة الإلكترون في عملية إعادة اتحاد من عصابة إلى عصابة في نصف ناقل ذي فرجة عصابية مباشرة بما يقارب 10^{-8} ثانية، في حين يكون زمن حياة الإلكترون في عملية إعادة اتحاد من عصابة إلى عصابة في نصف ناقل ذي فرجة عصابية غير مباشرة أطول من ذلك بكثير، مما يشير إلى أن احتمال وقوع عملية إعادة الاتحاد غير المباشر أقل بكثير من احتمال وقوع عملية إعادة الاتحاد المباشر.

يمكن أن يحدث إصدار للفوتونات في أنصاف النواقل أيضاً عن طريق انتقالات إعادة اتحاد بين سوية مقيدة وسوية شائبة، أو بين سويتي إشابة. فمن المعلوم أن النمط الأول من الانتقال يحدث في نوعي زرنيخيد الغاليوم n GaAs، و p، على حدٍّ سواء. ويبيّن الشكل 2 مخططاً لإعادة اتحاد إلكترون في عصابة النقل بثقب مقيّد إلى سوية آخذة تقع على بعد يقارب 0.03 eV إلكترون فولط فوق طرف عصابة التكافؤ في نصف الناقل GaAs، وتكون طاقة الفوتون الصادر إذن أقل من طاقة فرجة العصابة بـ 0.03 eV إلكترون فولط، أما النمط الثاني من الانتقال فيحدث في أنصاف نواقل أخرى عديدة.



الشكل 2

رسم تخطيطي لإعادة اتحاد إلكترون ● في عصابة النقل بثقب ○ مقيّد إلى آخذة تعلو قليلاً عصابة التكافؤ.

أشكال التألق الضوئي

إن أبسط عمليات التألق الضوئي هي المسمّاة بالإشعاعات التجاوبية resonant radiations، التي يتم فيها امتصاص فوتون له طول موجي معين يعقبه صدور فوتون مكافئ له في الحال، وفي هذه العملية تتم عملية إعادة الاتحاد مباشرة بدلاً من حدوثها من خلال سوية عيب، أي هي عملية إعادة اتحاد مباشر، وهي عملية سريعة، يكون زمن الحياة الوسطي للزوجين (الإلكترون والثقب) من رتبة 10 نانوثانية أو أقل من ذلك، لذا فإن إصدار الفوتونات يتوقف خلال زمن 10 نانوثانية تقريباً بعد زوال الإثارة. تُعرف هذه العملية السريعة بالفلورة fluorescence، لكن الإصدار يستمر في بعض المواد لفترة أطول تصل إلى الثواني بل حتى الدقائق

بعد أن تزول الإثـارة، وتسمّى هذه العملية البطيئة بالفسفرة phosphorescence أو التوهج اللاحق afterglow.

تحدث أكثر العمليات أهمية عندما تحدث انتقالات داخلية مثل إعادة إصدار الطاقة من حادثة الامتصاص، والمفعول المألوف من هذه العمليات هو الفلورة fluorescence التي هي عملية سريعة أيضاً كما ذكر آنفاً، لكن جزءاً من الطاقة الأصلية يتبدد مما يجعل فوتونات الضوء الصادرة أقل طاقة من الفوتونات الممتصة، ويُقال عن الفوتون المتولّد في هذه الحالة إنه منزاح نحو الأحمر red shifted.

وأكثر الأشكال خصوصية للتألق الضوئي هو الفسفرة phosphorescence، وهي عملية بطيئة تحدث في بعض المواد ويستمر الإصدار فيها لفترة أطول تصل إلى الثواني بل حتى الدقائق والساعات بعد أن تزول الإثارة، وتدعى المواد التي تبدي هذه الظاهرة الفسفورات، ويبين الشكل (3) مثالاً لعملية بطيئة، إذ تحتوي المادة على سوية عيب، ربما ترجع إلى شائبة، تقع في فرجة الطاقة. لدى هذه السوية ميل شديد لأسر إلكترونات من عصابة النقل أسراً مؤقتاً، وتجري العملية كما يوضح الشكل (3) على النحو التالي:

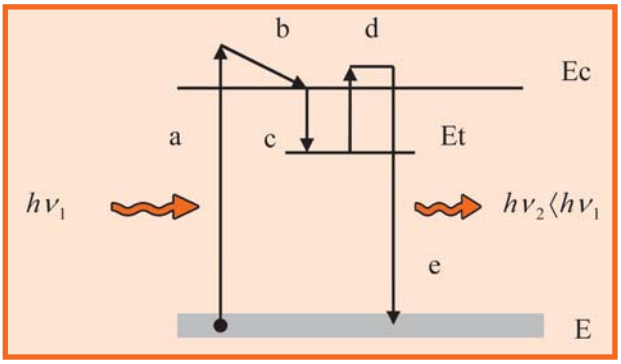
أ- يمتص فوتون قادم له طاقة $h\nu 1 > Eg$، فينشأ زوجان إلكترون وثقب.

ب- يعطي الإلكترون المثار طاقته إلى الشبيكة البلّورية عن طريق التبعثر حتى يقترب من قاع عصابة النقل.

جـ- تأسر سوية الشائبة Et الإلكترون، ويبقى في الأسر حتى يثار ثانية إلى عصابة النقل.

د- عندما يثار الإلكترون حرارياً يصعد إلى عصابة النقل.

هـ- تحدث أخيراً عملية إعادة اتحاد مباشر لدى سقوط الإلكترون في حالة شاغرة في عصابة التكافؤ معطياً فوتوناً $h\nu 2$ طاقته قريبة من طاقة فرجة العصابة.



الشكل 3

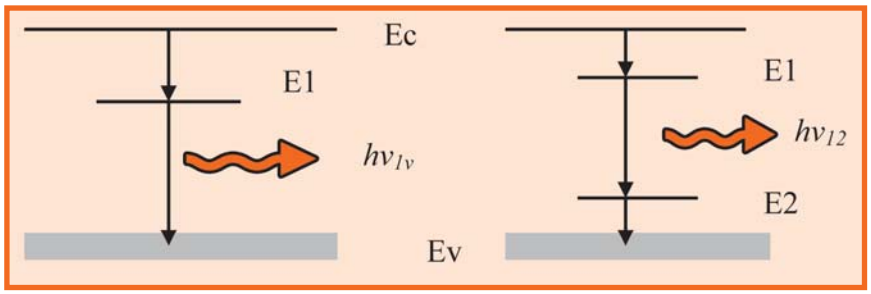
آليات الإثارة وإعادة الاتحاد في التألق بوجود سوية أسر للإلكترونات.

يمكن أن يكون زمن التعوّق بين الإثـارة الأولـى وعملية إعادة الاتحاد طويلاً نسبياً إذا كان احتمال الإثارة الحرارية من المصيدة (العملية d) صغيراً، إلا أنه يمكن الحصول على أزمنة تعوق أطول إذا أعيد قنص الإلكترون عدة مرات قبل إعادة اتحاده بثقب، فإذا كان احتمال القنص أكبر من احتمال إعادة الاتحاد فبإمكان الإلكترون أن يقوم بعدّة نقلات بين المصيدة (سوية العيب) وعصابة النقل قبل أن تحدث عملية إعادة الاتحاد النهائية، وفي هذه الحالة يدوم إصدار الضوء الفسفوري في مادة كهذه فترة طويلة نسبياً بعد زوال الإثارة.

في معظم المـواد ذات التألق الضوئي تأخذ الانتقالات الإلكترونية مجراها بين سويات طاقة الشائبة بدلاً من القيام بعملية إعـادة الاتحـاد بين عصابة وعصابة، فمعظم المواد الفسفورية المتألقة، مثلاً، إما أن تكون أنصاف نواقل ذات فرجة عصابية عريضة أو عوازل، تحتوي على شوائب تطعيم لها سويات طاقة مضاعفة في فرجة العصابة بالنسبة لمعظم المواد المضيفة. ففي كثير من المواد الفسفورية تحدث الانتقالات المهمة عبر سويات الإشابة كما يظهر في الشكل (4). تدعى الشوائب المسؤولة عن السويات المنشّطات activators، وفي كثير من الحالات ينبغي إضافة نوع ثانٍ من الشوائب (التي تسهم في التنشيط) للوصول إلى التألق المرغوب، أو بالأحرى لتحقيق توازن الشحنة في الأيونات المكونة للبلّورة. فالنحاس Cu مثلاً، هو منشّط شائع في كبريت الزنك ZnS، وهو يحل محل أيون Zn^{++} في الشبيكة البلّورية المضيفة بأيون Cu^{+} وحيد الشحنة. هذا ويمكن تعويض النقص الناتج في الشحنة الموجبة بإدخال مساعد على التنشيط مثل Al^{3+} على مقر Z^{++} أو CO^{-} على مقر S^{-}. وفي كل حالة يُعوَّض اختلال توازن الشحنة الذي أحدثه المنشّط بواسطة مساعد التنشيط، فإذا لم يُدخل مساعد تنشيط إلى البلّورة، فإن هذه الأخيرة تعوض الشحنة الموجبة المفقودة آلياً بتشكيل عيوب شبيكة.

وحسب المادة المساعدة على التنشيط ومقدارها، ينتج تألق أزرق أو أخضر أو أحمر جراء تنشيط ZnS بالنحاس Cu. وبتغيير الشبيكة المضيفة والمنشط المساعد يمكننا الحصول على مواد فسفورية ذات إصدار ضوئي وحيد اللون أو إصدار ضوء أبيض من انتقالات عديدة. تفيد المواد الفسفورية ذات اللون الوحيد في بعض التطبيقات أهمها شاشات التلفزيون الملون، كما يفيد الضوء الأبيض في تطبيقات أخرى مثل المصباح المتفلور.

يمكن فهم مزايا المصباح الفلّوري على مصباح التوهج العادي إذا تأملنا في خرج طيف فتيل متوهج نلاحظ أن معظم الإشعاع الصادر يقع في مناطق فوق البنفسجي (طاقة عالية)



الشكل 4

مواد فسفورية متألقة ذات انتقالات عبر سويات الإشابة.

أو تحت الأحمر (طاقة منخفضة) من الطيف بدلاً من المجال المرئي. إذا أريد استخدام المصباح من أجل الإنارة، فإن كل الفوتونات الواقعة خارج المجال المرئي تتبدد وتضيع، لكن من الممكن الاستفادة من فوتونات المجال فوق البنفسجي، وذلك بطلي المصباح بمادة متألقة مناسبة يمكنها أن تمتص فوتونات الطاقة العالية وتصدر فوتونات مرئية. يتكون المصباح الفلوري، في أغلب الأحيان، من أنبوب زجاجي مملوء بغاز (مزيج من الأرغون والزئبق) ويغشّى الجزء الداخلي للأنبوب بطبقة من مادة فلّورية، فعندما يحرَّض تفريغ كهربائي بين مسريين في الأنبوب، تُصدِر ذرّات الغاز المثارة فوتونات بمقادير كبيرة تقع في المجال المرئي وفوق البنفسجي من الطيف، يمتص الطلاء المتفلور هذا الضوء فتنبعث فوتونات مرئية. إن مردود هذا المصباح أفضل من مصباح التوهج، كما أنه يمكن التحكم في مزيج الضوء المنبعث باختيار مناسب للمادة المتفلورة.

التخريب الناجم عن تشعيع نوعين من ترانزستورات JFET بجرعة عالية من أشعة غاما

High gamma dose induced damage on two types of discrete JFET transistors

د. جمال الدين عساف،
قسم الخدمات العلمية

ملخص

أُجريت دراسة تأثير جرعات عالية من أشعة غاما على نوعين تجاريين من ترانزستورات JFET لهما خواص سكونية مختلفة. هذه الترانزستورات عبارة عن عناصر إلكترونية نوع N–JFETs منفصلة (discrete) تتوضع عادة في الدارات الأولية لقراءة الإشارات الكهربائية في أنظمة تحصيل المعلومات في التجارب النووية. تم تعريض هذه العناصر لجرعات مختلفة من أشعة غاما وصلت حتى 10000 kGy. تم عرض تأثير هذا التعرض عبر تحليل سكوني للخواص المميزة وآخر ديناميكي بواسطة الضجيج الإلكتروني الذي تولد بنتيجة التعرض.

أظهرت النتائج أن الضجيج كان أكثر حساسية للإشعاع من البارامترات السكونية، وأن تأثير التشعيع يتعلق بالمميزات السكونية الأصلية للترانزستورات. كما تبين أن تأثير الجرعة الأولى من الإشعاع كان أكبر من الجرعات التالية، وأن التشعيع لمرة واحدة أو لعدة مرات بنفس المقدار الكلي من الجرعات له نفس التأثير.

الكلمات المفتاحية: JFET، ضجيج، أشعة غاما، جرعة عالية.

نُشرت ورقة البحث هذه في مجلة: *Physica B: Condence Matter*.

تعقيد وإعادة ترتيب للقفص سداسي فوسفا خماسي موشو ري $P_6C_4{}^tBu_4$ يُحرضها ثلاثي يوديد الألمنيوم

Aluminum triiodide induced complexation and structural rearrangement of the hexaphospha-pentaprismane cage, P6C4tBu4.

محمود القطيفاني
قسم الكيمياء
بيتر هتشكوك، جون نكسون
كلية العلوم الكيميائية والفيزيائية والبيئية،
جامعة ساسكس, فالمر، برايتون، East Sussex BN1 9QJ، المملكة المتحدة.

ملخص

إن معالجة $P_6C_4{}^tBu_4$ مع ثلاثي يوديد الألنيوم في التولوين عند درجة الحرارة العادية أدت وبشكل غير متوقع إلى حدوث إعادة ترتيب بنيوية لإعطاء المعقد الأيوني $[AlI_4][P_6C_4{}^tBu_4H]$، والذي حُددت بنيته بشكل كامل بدراسة مطيافية الطنين النووي المغناطيسي المتعدد النوى ودراسة انعراج أشعة X- للبلورة الأحادية. جاء المؤشر القوي على إمكانية تضمن هذا التفاعل المتساند الوسطي البسيط حمض–أساس لويس

$[(AlI_3(\eta1\text{–}P_6C_4{}^tBu_4)]$ من عزل قليل من البلورات للمتساند ثنائي Al– $[\{AlI_3\}\mu\text{–}(P_6C_4{}^tBu_4)\{AlI_3\}]$

في إحدى التفاعلات والذي أُثبتت بنيته الجزيئية أيضاً بدراسة انعراج أشعة X- للبلورة الأحادية.

الكلمات المفتاحية: متساند ألمنيوم، فسفور، قفص، انعراج أشعةX–، حمض لويس.

نُشرت ورقة البحث هذه في مجلة: *Journal of Molecular Structure, 2009*.

تقييم تغذوي في الزجاج وحركية التخمر الكرشي لنبات السيسبان Sesbania aculeate نتيجة تأثير وقت الحصاد ونظام القطع

An in vitro nutritive evaluation & rumen fermentaion kinetics Sesbania aculeate as affected by harvest time and cutting regimen

د. محمد راتب المصري
قسم الزراعة

ملخص

جرى التقييم الغذائي لنباتات السيسبان (Sesbania aculeate) المحصودة بعد 60 و120 يوما من الزراعة والخاضعة إلى نظامين من القطع (بطول 15سم أو 30 سم) بتقدير البروتين الخام (CP) والألياف الخام (CF) والآزوت المنحل بالداىء (BS–N) والآزوت غير البروتيني المنحل بالداىء (BS–NPN) ومكونات الجدار الخلوي (ألياف المنظف المتعادل NDF وألياف المنظف الحامضي ADF واللغنين). وجرى تقدير المادة العضوية المهضومة في الزجاج (IVDOM) والطاقة الاستقلابية (ME) والآزوت الميكروبي (MN) والكتلة الحيوية الميكروبية (MBM) المنتجة في العينات النباتية التجريبية بعد تحضينها مع سائل الكرش لمدة 96 ساعة بوجود مركب بولي إيتيلين غليغول (PEG, 6000) بنسبة PEG 2 إلى 1 ركازة أو بغيابه. وجرى تقييم الخصائص التخمرية (الغاز البدئي المنتج a والغاز المحتمل إنتاجه a+b والمعدل التجزئي للغاز المنتج c) باستخدام تقنية التحضين مع سائل الكرش. وجد تأثير معنوي ($P<0.05$) لموعد الحصاد على كافة المعايير الغذائية والخصائص التخمرية المدروسة. أعطت العينات النباتية المحصودة باكرا قيما أعلى وبشكل معنوي للبروتين الخام CP وIVDOM وME وBS–N وBS–NPN وMN وMBM وللمعدل الجزئي للغاز المنتج وقيما أقل للألياف الخام CF ومكونات الجدار الخلوي مقارنة مع الحصاد المتأخر. ارتبطت قيم البروتين الخام وBS–N.

وBS–NPN وIVDOM وME مع قيم الألياف الخام (CF) ومكونات الجدار الخلوي سلبيا. وارتبطت قيم الطاقة الاستقلابية وIVDOM مع قيم CP وBS–N وBS–NPN إيجابيا. وأثّرت معنويا معاملات القطع على قيم CP وCP CF وBS–N وBS–NPN وNDF وADF وIVDOM و ME وb والغاز المحتمل إنتاجه. لم يلاحظ وجود تأثير معنوي لإضافة PEG على كل من: IVDOM وME وMN وMBM والخصائص التخمرية والغاز المنتج بعد 96 ساعة. وجرى الحصول على أعلى نسبة لإنتاج الغاز في الفترة بين 6 و24 ساعة من التحضين. وكان المعدل التجزئي للغاز المنتج من 100 ملغ ركازة أعلى (0.046 مل/ساعة) في العينات النباتية التي جرى حصادها في المرحلة المبكرة والمقطوعة بطول 30 سم مقارنة مع النباتات التي جرى حصادها في المرحلة المتأخرة (0.018 مل/ساعة). وارتبطت قيم c مع تراكيز اللغنين سلبيا. وبلغت كميتا الـ MN والـ MBM الناتجتين من 100 ملغ ركازة 1.29 ملغ و14.95 ملغ عند مرحلة النضج المبكر و0.68 ملغ و7.89 ملغ عند مرحلة النضج المتأخر، على التوالي. وارتبط النتروجين الميكروبي وMBM مع CF ومكونات الجدار الخلوي والغاز المنتج سلبياً، في حين ارتبط هذان المعياران مع CP وBS–N وBS–NPN إيجابيا.

الكلمات المفتاحية: إنتاج غاز، تخمر، كتلة ميكروبية، مكون غذائي، بروتين، طاقة، حصاد، قطع.

نُشرت ورقة البحث هذه في مجلة: *Tropical Animal Health &Production*.

خفض أيوني الفلوريد والكبريتات في حمض الفسفور السوري بالاستخلاص بالأمينات الثالثية

Reduction of Fluoride and Sulfate Ions in Syrian Phosphoric Acid by Extraction with Tertiary Amins

د.محمد الخالد عبد الباقي
مكتب التعدين المائي

ملخص

تنتج الشركة العامة للأسمدة في حمص كميات كبيرة من حمض الفسفور الرطب إلا أنه غير صالح للاستخدامات الصيدلانية والغذائية. تم خفض محتوى الفلوريد والكبريتات الموجودة في حمض الفسفور المنتج بالطريقة الرطبة بالاستخلاص سائل–سائل بالأمينات الثالثية الأليفاتية، حيث درس تأثير كل من تركيز المذيب ودرجة الحرارة على الاستخلاص. كما درس تأثير المدد على عملية الاستخلاص من حيث زيادة المردود وتأثيره على مواصفات الحمض الناتج.

الكلمات المفتاحية: أمينات، حمض الفسفور، استخلاص، فلوريد، كبريتات.

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

الأفلاتوكسين M1 في الحليب الطازج والمبستر وبودرة الحليب المتوفرين في السوق السورية

Aflatoxin M1 in raw, pasteurized and powdered milk available in the Syrian market

إياد غانم، مالك العرفي
قسم البيولوجيا الجزيئية والتقانة الحيوية

ملخص

جرى البحث عن وجود تلوث بالأفلاتوكسين M1 في عينات حليب جمعت من السوق السورية وذلك باستخدام تقانة المقايسة المناعية الامتزازية المرتبطة بالأنزيم ELISA. أظهرت نتائج تحليل 126 عينة مؤلفة من: حليب بقري طازج (74 عينة)، حليب غنم طازج (23)، حليب ماعز طازج (11)، حليب بقري مبستر (10)، حليب مجفف (8)، تلوث 80% من العينات المختبرة بسويات مختلفة من الأفلاتوكسين M1 تراوحت بين <20 إلى 765 نانوغرام/ليتر. وقد كانت نسب العينات الملوثة بالأفلاتوكسين M1 التي تجاوز تلوثها الحدود المسموح بها في أمريكا، وسورية، ودول الاتحاد الأوربي 22%، 38%، 52% على التتالي.

وكان مجال التلوث في عينات الحليب المبستر أعلى نسبياً منه في عينات الحليب البقري الطازج، وعينات حليب الأغنام الطازج حيث 80% من عينات الحليب البقري المبستر الملوثة بالأفلاتوكسين M1 تجاوزت الحدود الدنيا المسموح بها في أوربا، وكان مجال التلوث بين 89 – 765 نانوغرام/ليتر.

كانت نسبة عينات الحليب البقري، وحليب الأغنام، والماعز الملوثة التي تجاوزت الحدود الأوربية المسموح بها هي 59%، 24%، 14%، على التتالي.

وكانت عينات الحليب المجفف خالية تقريباً من التلوث بالأفلاتوكسين M1، حيث احتوت عينة واحدة على تركيز أقل من الحدود المسموح بها في أوربا (12 نانوغرام/ليتر).

تشير عملية الاستكمال بالاستقراء extrapolation للأفلاتوكسين B1 من سويات التلوث بالأفلاتوكسين M1 المقدرة تجريبياً في عينات الحليب البقري إلى تلوث في علف الأبقار الحلوب يتراوح ضمن المدى ما بين 0.5 إلى 47.8 ميكروغرام أفلاتوكسين B1/ كغ علف.

الكلمات المفتاحية: الأفلاتوكسين M1، الحليب، المقايسة المناعية الامتزازية المرتبطة بالأنزيم ELISA.

نُشرت ورقة البحث هذه في مجلة: Food Control.
الورقة مأخوذة من بحث منتهي ومنفذ في قسم البيولوجيا الجزيئية والتقانة الحيوية بعنوان "دراسة انتشار الأفلاتوكسين 'B1 في حليب الأبقار والأغنام في سورية" صادر في آب 2007 ويحمل الرمز هـ ط ذ س – ب ج/ت د ع742.

الخريطة الصبغية لصبغيات مرحلة الخيوط الثخينة عند إناث حشرة فراشة ثمار التفاح Cydia pomonella (Linnaeus) (Lep., Tortricidae)

Mapping of pachytene bivalents of female codling moth Cydia Pomonella (Linnaeus) (Lep., Tortricidae)

حياة مكي، نهى طافش، هنادي هارون
قسم البيولوجيا الجزيئية والتقانات الحيوية

ملخص

استخدمت صبغيات مرحلة الخيوط الثخينة من نوى إناث فراشة ثمار التفاح Cydia pomonella (Linnaeus) (Lepidoptera: Tortricidae) من السلالة السورية (SY)، لدراسة نمط الكروموميرات لصبغيات الثنائيات وتحديد أطوالها. يتألف الكاريوتيب في فراشة ثمار التفاح من 28 زوجاً من الصبغيات، تم تمييز 7 منها بشكل واضح اعتماداً على طول الصبغي وعدد الجسيمات المركزية وحجمها في مرحلة الخيوط الثخينة. يمتلك أحد الصبغيات الجسمية نويتين (NORs) تتوضعان على نهايتي الصبغي وتظهران كعلامة بنيوية مميزة. وكان من السهل تمييز ثنائي الصبغي الجنسي WZ في بويضات مرحلة الخيوط الثخينة في إناث فراشة ثمار التفاح وفقاً للخيط الهيتروكروماتيني لصبغي W. تساهم هذه الدراسة في معرفة صبغيات مرحلة الخيوط الثخينة وتحديدها عند إناث فراشة ثمار التفاح.

الكلمات المفتاحية: فراشة ثمار التفاح، Cydia pomonella، صبغيات مرحلة الخيوط الثخينة، الصبغيات الجنسية.

نُشرت ورقة البحث هذه في مجلة: J. Appl. Entomol 2009

الكود الهيدروحراري THYD لدراسة الحالات العابرة لمفاعل المنبع النتروني الصغير

A Thermal-hydraulic Code (Thyd) For The Miniature Neutron Source Reactor Thermal-hydrolic Transients

محمد البرهوم، سلمان محمد
قسم الهندسة النووية

ملخص

مُثلت مسألة الحالة العابرة الهيدروحرارية للمفاعل منسر بعشر معادلات تفاضلية حُلّت عددياً بطريقة رانج–كوتا. بعد ذلك قورنت النتائج المحسوبة مع تلك التجريبية. ضُمنت شبكات الوقود وملف التبريد في نموذج المفاعل. أُخذت الطاقة المشعة في الحساب في معادلات توازن الطاقة في المفاعل. قسمت بركة المفاعل إلى ثلاثة أقسام في النموذج. نُوقش تأثير ملف تبريد القسم العلوي من البركة على بارامترات المفاعل الهيدروحرارية. يشكل توزع الاستطاعة الزمني بارامتر الدخل الوحيد للمفاعل. تم الحصول على توافق جيد بين القيم المحسوبة و تلك المقيسة.

الكلمات المفتاحية: مفاعل، حالة عابرة، منسر، كود، هيدروحراريات.

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

المقاومة الجهازية والاستجابة الدفاعية المرتبطة بمسار الليبوكسيجيناز المحفزة في البندورة بواسطة بكتريا Pseudomonas putida BTP1

Systemic resistance and lipoxygenase-related defence response induced in tomato by Pseudomonas putida strain BTP1

أكرم آدم*، مارك أونجينا، فرانسلين دوبي، جاك دوميز، وفيليب تونارت
* قسم البيولوجيا الجزيئية والتقانة الحيوية

ملخص

أظهرت دراسات سابقة مقدرة سلالة Pseudomonas putida BTP1 على تعزيز المقاومة الجهازية المحفزة (Induced Systemic Resistance: ISR) عند عدة عوائل نباتية. ولما كانت هذه المقاومة تدوم طويلاً ولا تقود إلى تطوير مقاومة عند المرض المستهدف، فإن هذه الظاهرة يمكن أن تأخذ حيزاً من استراتيجيات مكافحة الأمراض. ولكن بالرغم من الأمثلة العديدة لهذه المقاومة المحفزة بواسطة بعض أنواع الريزوبكتريا PGPR في النباتات، فقد وجد عدد قليل من الدراسات البيوكيميائية التي أظهرت ارتباط التأثير الوقائي بتغيرات استقلابية خاصة عند العائل.

أظهرنا في هذه الدراسة التأثير الوقائي لهذه البكتريا عند نباتات البندورة ضد فطر الـ Botrytis cinerea. بعد المعاملة ببكتريا P. putida BTP1، أظهرت تحاليل لخلاصة الأوراق المحلمهة حمضياً أن هناك تراكماً لمواد مضادة للفطريات بعد العدوى بالمرض. وبذا تتراكم هذه المركبات السامة بشكل أساسي كأشكال متحدة حيث بالإمكان أن يتحرر مركب الأغليكون النشط من خلال نشاط أنزيمات الحلمهة. تفترض هذه النتائج أنه من الممكن لسلالة BTP1 أن تُحرض تراكم فيتوألكسينات جهازية في البندورة كواحدة من آليات المقاومة. من جهة أخرى، أظهرنا أن الأنزيمات الأساسية في مسار الليبوكسيجيناز حُفِّزت في النباتات المعاملة بالبكتريا مقارنة مع النباتات الشاهد. تجدر الإشارة إلى أن هذا التحفيز لوحظ بعد إجراء العدوى فقط بشكل موافق لمفهوم ظاهرة التنبيه المرتبطة غالباً مع ظاهرة ISR.

وبذلك، ومن خلال إظهار تراكم الفيتوألكسين وتحفيز مسار الليبوكسيجيناز في البندورة، فإن هذا البحث يقدم معلومات جديدة عن تباينات الآليات الدفاعية المحفزة بواسطة البكتريا غير المرضة في نطاق الـ ISR.

الكلمات المفتاحية: ليبوكسيجيناز، المقاومة الجهازية المحفزة، Pseudomonas putida BTP1، Botrytis cinerea، بندورة.

نُشرت ورقة البحث هذه في مجلة: *BMC Plant Biology*.

المقاومة الدائمة لدى سلالة الشعير التركيبية المضاعفة الصيغة الصبغية المختزلة AECS 76 لمرض التلطخ الشبكي (Pyrenophora teres)

Durable resistance in a barley recombinant doubled haploid AECS 76 to net blotch (Pyrenophora teres)

د.محمد عماد الدين عرابي، د. أنطونيوس الداود، محمد جوهر
قسم البيولوجيا الجزيئية والتقانة الحيوية

ملخص

يمثل مرض التلطخ الشبكي الذي يسببه المرض Pyrenophora teres مشكلة خطيرة لإنتاج الشعير في العالم، ويعد تحديد مصادر مقاومة له وتطويرها أهدافاً رئيسة للعديد من المربين. جرى التصالب بين الصنف الحساس Smash والمقاوم Arrivate لهذا المرض، ثم جرى تهجين نباتات الجيل الأول F1 المتحصل عليها مع الشعير البصيلي H. bulbosum. اختيرت السلالة التركيبية AECS لكونها أشد الطرز مقاومة للمرض. أبدى طراز الأب المقاوم Arrivateقابلية توريث عامة سلبية مرتفعة مما يشير إلى أن تأثيرات المورثة المتنحية كانت أكثر سيادة وهذا ما يكسبه صلاحية عالية لاستخدامه في برامج تربية الشعير. بلغت قابلية التوريث بمفهومها الواسع 62% وهذا ما يشير إلى أن الانتخاب لمقاومة مرض التلطخ الشبكي سيكون فعالاً في هذا التصالب. امتلكت السلالة AECS 76 وعبر اختبارات متلاحقة سوية أعلى من الحزم المميزة المولدة بتقنية AFLP في مناطق مختلفة من الجينوم وذلك باستخدام تركيبة مختلفة من المرشات. ربما يشير هذا الاكتشاف إلى وجود أكثر من مورثة واحدة مسؤولة عن مقاومة التلطخ الشبكي، الأمر الذي يقترح إمكانية اعتبار السلالة التركيبية AECS 76 أباً مانحاً في برامج التربية المستقبلية.

الكلمات المفتاحية: المعلم الجزيئي AFLP، الشعير، الفطر المرض Pyrenophora teres، مقاومة التلطخ الشبكي.

نُشرت ورقة البحث هذه في مجلة: *Journal Genetic & Breeding 2008*.

تأثير أشعة غاما في الحمولة الميكروبية والخصائص النوعية للحم الجمل المفروم

Effect of gamma irradiation on microbial load and quality characteristics of minced camel meat

د. محفوظ البشير، ربى زينو
قسم تكنولوجيا الإشعاع

ملخص

قيم تأثير أشعة غاما في الحمولة الميكروبية والخصائص الكيميائية والحسية في لحم الجمل المفروم، حيث عرض لحم الجمل للجرع: 0 و2 و4 و6 كيلوغراي من أشعة غاما، وخزنت العينات المعالجة وغير المعالجة بالأشعة في البراد على درجة حرارة تراوحت بين 1 و4 م°. قدرت المكونات الأساسية وجرى تنفيذ التقويم الحسي للحم الجمل بعد يومين من التشعيع، في حين قدرت الحمولة الميكروبية وجرى تنفيذ التحاليل الكيميائية بعد التشعيع مباشرة وخلال مراحل التخزين. أشارت نتائج الاختبارات الميكروبية إلى وجود تأثير معنوي لجميع الجرع الإشعاعية المستعملة في خفض الحمولة الميكروبية الكلية ومجموعة الكولي فورم في لحم الجمل، مما أدى إلى إطالة الفترة التخزينية للحم الجمل من أقل من أسبوعين عند عينات الشاهد إلى أكثر من 6 أسابيع عند العينات المعالجة بالجرع (2 و4 و6 كيلوغراي). لم يلاحظ أي تأثير معنوي للتشعيع في نسبة الرطوبة والبروتين والدهن وقيمة الثيوباربيوتريك TBA والحموضة الكلية وإجمالي الأحماض الدهنية الحرة في لحم الجمل. سجل تأثير بسيط لأشعة غاما في كل من معدل الآزوت القاعدي الطيار VBN و قيم أكسدة الدهون في لحم الجمل، وأظهرت نتائج التقويم الحسي عدم وجود فروق معنوية بين لحم الجمل المعالج وغير المعالج بالأشعة.

الكلمات المفتاحية: لحم الجمل، أشعة غاما، الحمولة الميكروبية، التقويم الحسي، مدة التخزين.

نُشرت ورقة البحث هذه في مجلة: *Meat Science 2009*.

1 تأريخ تلوث حقول النفط بالمواد المشعة الطبيعية باستعمال النسب النظائرية

Dating of oilfield contamination by naturally occurring radioactive materials (NORM) using isotopic ratios

د. إبراهيم عثمان،
د. محمد سعيد المصري،
عبد العزيز آبا
قسم الوقاية والأمان.

ملخص

جرى في البحث الحالي التحري عن إمكانية استخدام نسب نظائر الراديوم (228، 224، 226) في تأريخ المناطق الملوثة في حقول النفط بالمواد المشعة الطبيعية الناجمة عن رمي المياه المرافقة للنفط في البيئة. جمعت وحللت إشعاعياً عينات تربة ملوثة بالمواد المشعة الطبيعية من مواقع ملوثة بالمياه المرافقة في حقول النفط السورية بالإضافة إلى تحليل عينات من المياه المرافقة لتعيين النسب النظائرية للمواد المشعة الطبيعية. دلت النتائج على إمكانية استخدام نسبة الراديوم-228/الراديوم-226 في تأريخ تلوث تربة حقول النفط بنجاح آخذين في الاعتبار تحديد نسبة هذين النظيرين في المياه المرافقة. وعلاوة على ذلك، استخدمت لأول مرة نسبة الرصاص-210/الراديوم-226 في تأريخ تلوث التربة، وحددت المعاملات المؤثرة في نتائج استخدام هذه الطريقة. بالإضافة إلى ذلك، قورنت نتائج تأريخ التلوث باستخدام الطرائق الثلاث مع فترة التلوث الحقيقية التي زودت من قبل شركات النفط.

الكلمات المفتاحية: مواد مشعة طبيعية، حقول نفط سورية، تلوث إشعاعي، تأريخ، نسب نظائرية، نظائر الراديوم، مياه مرافقة، تربة ملوثة.

2 تصنيع مكاشيف هلامية ومعايرتها لقياس الجرعة الإشعاعية الحجميّة

Manufacturing of different gel detectors and their calibration for spatial radiation dose measurements

د. ممدوح برو
دائرة المعايرة الإشعاعية،
قسم الوقاية والأمان.

ملخص

تم تحضير ثلاثة أنواع مختلفة من مقاييس الجرعة الهلامية ودراسة أهم خصائصها في قياس الجرعة الإشعاعية. وقد ساهمت المقارنة بين هذه الأنماط الثلاثة في توسيع المعرفة بكل من هذه الكواشف وتأسيس طريقة التحضير والاختبار لكل من هذه المواد الحساسة للإشعاع. وبينت التجارب الإمكانية التقنية لتطبيقها في قياس التوزع الفراغي للجرعة الإشعاعية ضمن مجال الجرع التي تقدم في معالجة الأورام. تعطي نتائج الدراسة بعض أهم ميزات مقاييس الجرعة الهلامية الثلاثة المستخدمة بالمقارنة مع أنظمة قياس الجرعة التقليدية. وتوضح الدراسة سهولة تركيب مقاييس الجرعة من مواد قليلة الكلفة واستجابتها للإشعاع المؤين. وبحثت أيضاً علاقة هذه الاستجابة بكل من معدّل الجرعة وكذلك طاقة الإشعاع المستخدم. ومن الموضوعات المأخوذة بعين الاعتبار أيضاً تأثر هذه المواد بالظروف البيئية المحيطة وقابلية المواد المدروسة للحفظ. وقد وضعت توصيات تتعلق باستخدام هذه المواد في التطبيقات العملية ومن أجل التعامل معها فيما يتعلق بإمكانية حفظها لمدة طويلة.

الكلمات المفتاحية: مقاييس الجرعة الهلامية، توزع الجرعة الإشعاعية في ثلاثة أبعاد، ضبط الجودة في المعالجة الإشعاعية.

3 نظام إدارة أعمال الإنتاج والتسويق لمنتجات دائرة النظائر المشعة

Management information system for production &marketing of radioisotope division products

غياث غانم،
د. عماد خضير
مكتب نظم المعلومات.
لانا يونس، باسل يوسف
قسم الكيمياء.

ملخص

جرى في هذا العمل إعداد نظام معلوماتي حاسوبي لإدارة عمليات الإنتاج والتسويق للمنتجات الصيدلانية لدائرة النظائر المشعة. تجري في هذا النظام متابعة طلبات شراء المواد الأولية ومطابقة بوالص الشحن مع فواتير الشراء ومتابعة عمليات التسديد بالتنسيق مع دائرة المحاسبة. كما يجري استقبال طلبات شراء المنتجات من الزبائن وتحويلها إلى مجموعات الإنتاج ليتم تحضير الطلبات وتجهيز الفواتير، ومن ثم تسليمها أو شحنها للزبائن، ومن خلال بند خاص بالشكاوي يتم تسجيل شكاوي الزبائن ومعالجتها.

الكلمات المفتاحية: محاسبة، نظائر مشعة، فواتير، طواقم، مولدات نظائر مشعة، يود.

4 تأثير التسميد الآزوتي في إنتاج الآزوت وامتصاصه ونوعية الزيت في نبات عباد الشمس

Seed yield, N- uptake and oil quality in Helianthus annuus as affected by N- fertilizer

د.فواز كردعلي،
فريد العين،
جلال عطار
قسم الزراعة

ملخص

أجريت تجربة حقلية لدراسة تأثير إضافة معدلات مختلفة من السماد الآزوتي (0 و50 و100 و150 كغ N/هـ) على إنتاج المادة الجافة والآزوت الكلي وإنتاج البذور ومحتواها من الزيت إضافة إلى بعض مواصفات الزيت في نبات عباد الشمس Helianthus annuus باستعمال ^{15}N. استجابت نباتات عباد الشمس بشكل واضح لإضافة السماد الآزوتي من حيث النمو، حيث ازداد إنتاج المادة الجافة والآزوت الكلي مع زيادة معدل إضافة السماد الآزوتي. تميز الجزء الثمري بكونه الموضع الرئيس لتوزع الآزوت حيث بلغت نسبة توزعه فيه 60% من الآزوت الكلي المتراكم، تلته الأوراق 30% ثم السوق 10%، وذلك بغض النظر عن معدلات التسميد الآزوتي. ازداد إنتاج البذور معنوياً نتيجة التسميد الآزوتي، غير أن محتوى البذور من الزيت قد انخفض، مما أدى إلى عدم تأثر كمية الزيت المنتجة معنوياً بالتسميد الآزوتي. كان تأثير التسميد الآزوتي على الرقم اليودي قليلاً مع وجود انخفاض طفيف في المعاملة N100، ولم يلاحظ وجود تأثير على مواصفات الزيت الأخرى المدروسة. ازدادت نسب الآزوت وكمياته المتصة من السماد مع زيادة معدلات إضافة السماد الآزوتي، وبلغت نسبة كفاءة استعمال السماد في كامل النبات 64%، بغض النظر عن معدلات التسميد الآزوتي، وكانت الكفاءة منخفضة في السوق والأوراق مقارنة بالجزء الثمري الذي تميز بكفاءة مرتفعة لاستعمال السماد.

الكلمات المفتاحية: عباد الشمس، سماد آزوتي، زيت، ^{15}N.

5

النمذجة الرياضية للديود اللّيزري InGaAsP/InP

Mathematical modeling of InGaAsP/InP diode laser

د. محمد سوقية،
مصطفى حمادي،
قسم الفيزياء.

د. بشار عبد الغني
قسم الخدمات العلمية.

ملخص

جرى في هذا العمل تطوير نموذج رياضي يصف عملية الإصدار الديناميكي لليزر نصف الناقل InGaAsP/InP. يأخذ هذا النموذج الرياضي بالحسبان عمليات الكسب التفاضلي والكسب عند الإصدار الحر والاتحادات التلقائية والاتحادات بين الجزيئات واتحادات أوجيه وشوتكلي–هول–ريد والتغيّر الزمني للضياعات الداخلية في التجويف. يسمح هذا النموذج بدراسة تأثير وسائط الدخل الليزري (تيار الحقن، ضياعات التجويف الداخلية وسائط السلوك الزمني لظاهرة أوجيه وشوتكلي–هول–ريد ومعاملات أوجيه ومعامل الاقتران التلقائي) على مميزات نبضة الخرج في الليزر نصف الناقل غير المتجانس ذي البنية الثنائية. تظهر الحسابات العددية تأثر كثافة فوتونات الخرج وعرض النبضة وزمن التأخير وفترة النبضة بتغيرات قيم تيار الحقن ومعاملات اتحاد أوجيه وشوتكلي–هول–ريد ومعامل الاقتران التلقائي وضياعات التجويف الداخلية. كما تم تقدير السلوك الزمني لضياعات التجويف الداخلية. أظهرت النتائج المحسوبة في هذا العمل توافقاً جيداً مع النتائج التجريبية المدونة في المراجع.

الكلمات المفتاحية: نمذجة، إصدار ديناميكي، InGaAsP/InP، ليزر نصف ناقل، اتحادات أوجيه.

6

دليل تشغيل آلة لف الوشائع الكهربائية من النموذج WH-751 واستثمارها

Users manual for the electrical coils winding machine type WH-751

مفيد عبده،
محمد هلال أسعد،
د.كمال سكيكر
قسم الخدمات العلمية.

ملخص

تعد آلة لف الوشائع الكهربائية واحدة من التجهيزات الأساس لحرفة صيانة التجهيزات والمعدات الكهربائية بجميع أشكالها. ونظراً لكثرة الأعطال الكهربائية في محركات التجهيزات المتوفرة في الهيئة والحاجة الماسة إلى إعادة لفها، كان من المفيد تزويد هذه الحرفة بآلة لف الوشائع الكهربائية المختلفة من النموذج WH-751. فبهدف توثيق طريقة تشغيل هذه الآلة واستثمارها وتعيين الصيانة الدورية لها وتحديد الأعطال الناجمة عنها وكيفية إصلاحها، وجعل هذه المعلومات الأساسية الخاصة بها في متناول يد فني التشغيل بشكل مبسط وميسر، تم إعداد هذا الدليل باللغة العربية ليكون مرجعاً فنياً معتمداً، مع الأمل أن يلبي المتطلبات الفنية اللازمة لتشغيلها واستثمارها بالشكل الأمثل. أُعدَّ هذا الدليل وفق دليل تشغيل الآلة الأصل واستثمارها الصادر عن الشركة الصانعة باللغة الإنكليزية.

الكلمات المفتاحية: دليل تشغيل واستثمار، وشيعة كهربائية، صيانة، أعطال.

7 دراسة أنواع خاصة من الزجاج ملائمة للتدريع الإشعاعي وتصنيعها

Development and producing of special types of glasses suitable for radiation shielding purposes

د. محمد حسان خريطة،
قسم الوقاية والأمان
د. رفيع جبرة،
المعهد العالي للعلوم التطبيقية والتكنولوجيا
سراج يوسف
قسم الخدمات الفنية

ملخص

جرى في هذا العمل تحضير زجاج بورات الرصاص والألمنيوم، ودرست مواصفات أنواع الزجاج التجارية ومقارنتها. كما درس تأثير أشعة غاما على الخواص البصرية للزجاج وبخاصة الزجاج البوري، حيث تم تشعيع عدد من أنواع الزجاج المتوفرة تجارياً والزجاج الذي تم تطويره واختبارها. عرِّضت العينات لجرعات مختلفة من أشعة غاما وبمعدلين مختلفين للجرعة. ودرست علاقة معامل الامتصاص الضوئي بالجرعة ومعدل الجرعة ونوع الزجاج وتلاشي أثر الأشعة مع الزمن. كما درس تأثير أكسيد السيريوم وأكسيد البور في تحسين مقاومة الزجاج للأشعة المؤينة.

الكلمات المفتاحية: زجاج، تدريع، إشعاعي.

8 دراسة إمكانية عزل المورثات المسؤولة عن تحمل الملوحة لدى بعض طفرات البطاطا المحدثة باشعة غاما وتوصيفها

Caracterization of genes involved in salt tolerance in gamma induced mutations in barly

د. انطونيوس الداود،
د. بسام الصفدي،
عماد نابلسي،
د. نزار مير علي
قسم البيولوجيا الجزيئية والتقانة الحيوية

ساهم في إنجاز هذه الدراسة: قمر غنيمة و م.م. إيمان فواز، والسيد م.م. نشوان شرف الدين بالمساعدة في التحاليل الجزيئية.

ملخص

جرى توظيف تقنيتي الدنا المتعدد الشكل المضخم عشوائياً Random amplified polymorphic DNA (RAPD) وتكرارات التسلسل البسيط البيني Inter Simple Sequece Repeats (ISSR) لدراسة درجة القرابة الوراثية بين سلالات بطاطا طافرة ومتحملة للملوحة. بدايةً، استُخدمت 27 مرئسة (Primers) عشوائية خاصة بتقنية RAPD و25 مرئسة خاصة بتقنية ISSR لتمييز درجة القرابة بين سلالات البطاطا المذكورة آنفاً وتحديدها. أظهرت نتائج ISSR تطابقاً ملحوظاً في التوصيف الجزيئي للسلالات المدروسة بالمقارنة مع نتائج RAPD حيث تجمعت العزلات المتشابهة والمختلفة وراثياً باستخدام كلتا التقنيتين بشكل متشابه. خلصت الدراسة إلى التأكيد على أهمية تقنيتي RAPD وISSR وموثوقيتهما في تحديد درجة القرابة الوراثية بين سلالات البطاطا المدروسة. كما جرى تضخيم 20 شدفة دنا باستخدام RAPD وISSR في السلالات الطافرة المتحملة للملوحة ولكنها غابت في الشواهد الحساسة. جرى عزل هذه الشدف، وتضخيمها ومن ثم تنسيلها ضمن نواقل خاصة باستخدام عتيدات من شركة QIAGEN. جرى تحديد تتابع القواعد الآزوتية للشدف المنسلة ولكن لم تظهر المقارنات على شبكة الإنترنت أي تشابه معنوي بينها وبين التسلسلات المتاحة مما يدل على عدم قدرة أي من التقنيتين المستخدمتين على تحديد مورثات خاصة بصفة الملوحة.

الكلمات المفتاحية: التضخيم العشوائي للدنا RAPD، تقنية الـISSR، شعير، ملوحة، توصيف جزيئي، قرابة وراثية.

9

تأثير أشعة غاما في بيوض فراشة طحين البحر الأبيض المتوسط Ephestia kuehniella وإمكانية استعمال البيوض المقتولة بالأشعة لتربية طفيل البيوض Trichogramma cacoeciae

د. محمد منصور
قسم الزراعة.

Effects of gamma radiation on the Mediterranean flour moth eggs and acceptability of irradiated eggs by Trichogramma cacoeciae females

ملخص

درست حساسية بيوض فراشة طحين البحر الأبيض المتوسط Ephestia kuehniella، في مراحل مختلفة من تطورها، لأشعة غاما، كما درست درجة قبول البيوض المشعة للإصابة بطفيل الترايكوغراما Trichogramma cacoeciae. إضافة إلى ذلك، فقد درس تأثير الأشعة المؤينة في سرعة نمو و تطور اليرقات والعذارى الناتجة عن بيوض مشعة ودرجة قبول إناث الطفيل للبيوض المشعة. بينت النتائج أن حساسية بيوض فراشة الطحين للأشعة المؤينة تناقصت مع ازديادها في العمر. أثرت أشعة غاما أيضاً، بشكل سلبي، في نسبة تحول اليرقات الناتجة عن بيوض مشعة إلى فراشات وفي سرعة هذا التحول، كما تأثرت سرعة نمو اليرقات الناتجة عن بيوض مشعة سلباً. أما تأثير الأشعة المؤينة في درجة قبول البيوض المشعة من قبل الطفيل T. cacoeciae فقد كان إيجابياً؛ إذ زادت نسبة التطفل في البيوض المشعة عن تلك المقتولة بالتبريد.

الكلمات المفتاحية: حشرات، تشعيع، بيوض، Ephestia kuehniella, Trichogramma cacoeciae.

10

مستضدات HLA من الصف الأول في المجتمع السوري باستخدام تقانة السمية الخلوية اللمفاوية المعتمدة على المتممة

د. أحمد عثمان، د. عدنان اختيار، د. وليد الأشقر، بتول الجزائري
قسم البيولوجيا الجزيئية والتقانة الحيوية.

HLA class I antigens in Syrian population using Complement dependent lymphocytotoxicity test

ملخص

نمطت مستضدات الموقعين المورثيين A وB من الصف الأول (HLA-I) لـ (207) أفراد أصحاء ذكوراً وإناثاً من أغلب محافظات المجتمع السوري بطريقة اختبار السمية الخلوية اللمفاوية المعتمدة على المتممة. أظهرت النتائج وجود 19 مستضداً للموقع A و36 مستضداً مختلفاً للموقع B. كما أظهرت النتائج وجود 37 نمطاً عروسياً Haplotypes مختلفاً لهذين الموقعين، ووجود تشابه في هذا التوزيع مع مجتمعات أخرى، كالمجتمعات الأوروبية، والمجتمع اللبناني، وبُعد التشابه عن نمط توزيع هذين المستضدين في المجتمعات الإفريقية والمجتمعات الشرقية.

الكلمات المفتاحية: معقد التوافق النسيجي، صف الأول، سمية خلوية اللمفاوية، مواطنون سوريون.

Aalam Al-Zarra

Journal of The Atomic Energy Commission of Syria

NO. 122

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

Managing Editor

Prof. Dr. Ibrahim Othman

Director General of A.E.C.S

Editing Committee

(Editors In-chief)

Prof. Dr. Adel Harfoush

Prof. Dr. Mohammad Ka'aka

(Members)

Prof. Dr. A. Haj Saeed

Prof. Dr. M. Hamo-leila

Prof. Dr. N. Sharabi

Prof. Dr. F. Awad

Prof. Dr. F. Kurdali

Prof. Dr. T. Yassin