عالم الذرّة

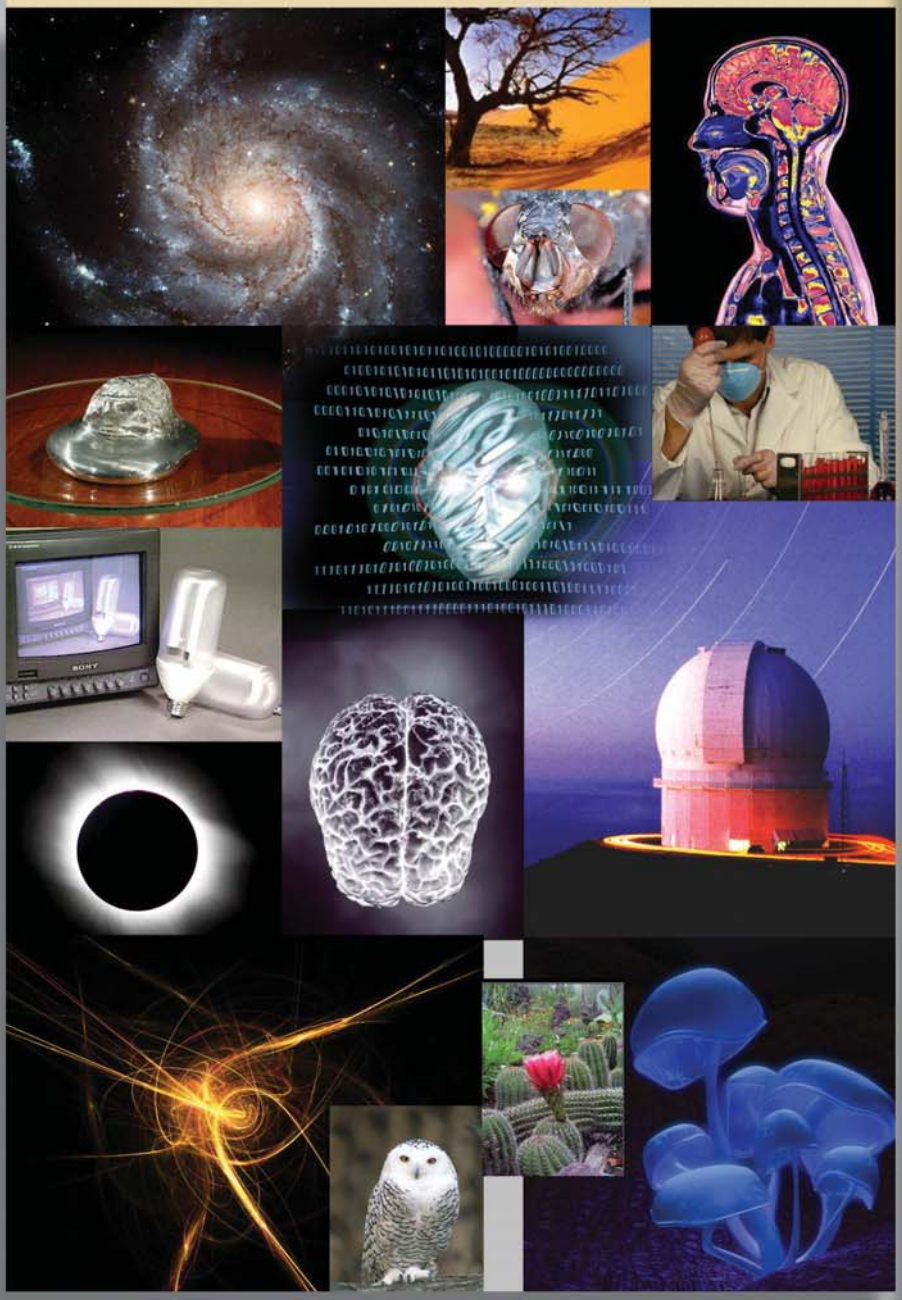
مجلة هيئة الطاقة الذرّية السورية

NO.112

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

الدكتور إبراهيم عثمان

المدير العام لهيئة الطاقة الذرّية

هيئة التحرير

الدكتور عادل حرفوش

الدكتور زياد القطب

المحتويات

المقالات

7 **التشقُّق مشكلة المواد**

تحدث التشقّقات على مقاسات تتراوح بين المقاس الذري والمقاس التكتوني، وهي سبب ضعضعة المواد الصلبة. وتُعدُّ من الناحية التقليدية شغل المهندسين الشاغل.

ر. سباتشك، إ. برينر

13 **الجامد الكمومي الذي يتحدى التفسير**

في العام 2004 سجّل الباحثون أول دليل واضح عن الميوعة الفائقة في الهليوم-4 الجامد.

م. تشالمرز

19 **ذهبٌ فوريّ**

ابحث في المكان المناسب، وسوف تعثر على توضُّعات من المعدن الثمين تتشكل أمام عينيك.

ف. ماك كينا

24 **انطلاقة متجددة للاندماج البارد**

علماء الفيزياء يهزؤون، ولكن المتحمسين منهم يقولون أنهم يمتلكون حالياً الدليل القاطع الذي يثبت أن الاندماج في درجة حرارة الغرفة أمر حقيقي.

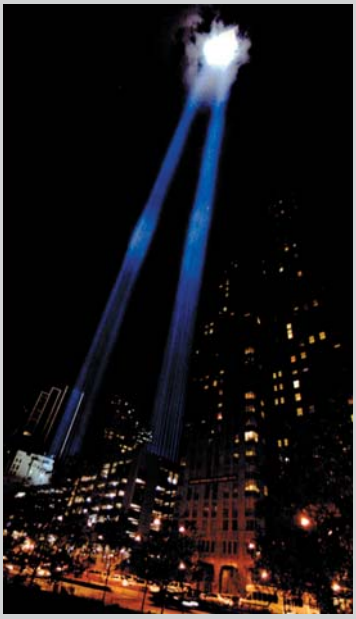
ب. دافيز

الأخبار العلمية

29 **أنقذوا الصخور**

32 **حساب سرعة الضوء، فوتون واحد في كل مرة**

33 **ثقب أسود زاخر بالإجابات**



35 **بلّورات بوليميرية متزايدة الصغر**

37 **نقطة حرجة: فيزياء المُحال**

39 **التكنيسيوم**

إطلالة علمية على حدث

42 **منظور شامل لاستشراف مستقبل العلم والتقانة والابتكار في سورية**

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

ورقات البحوث

58 تأثيرات الإصابة بالمرض Mycosphaerella graminicola في محتوى ونوعية بروتين القمح

58 تأثير أشعة غاما في الحمولة الميكروبية والخصائص الكيميائية والحسية للبرك: كوجبات جاهزة مبرَّدة

59 مقياس الجرعة الإشعاعية العالية المعتمد على البولي فينيل كلوريد المطلي بأخضر المالكيت

59 تحديد عامل عدم الانتظام لتدفق النترونات الحرارية المحوري في كبسولة التشعيع الداخلية لمفاعل البحث منسر

60 تأثير الأشعة غير المؤينة (UVC) في تطور حشرة خنفساء الخابرة Trogoderma granarium Everts

60 محاكاة التنميش المحكوم بالانتثار

61 تقييم مفاعيل تبريد مفاعل المنبع النتروني المصغر السوري (منسر) بغية إطالة زمن تشغيله الأعظمي

61 دراسة تشخيصية للبلازما Ar-O_2 البعيدة المنخفضة الضغط المولّدة في منظومة HCD-L 300: الكثافة النسبية لذرّة O

62 تحليل العوامل المؤثرة في تعرية اليورانيوم من DEHPA/dodecane باستخدام FTIR وطرق التحليل التقليدية الأخرى

62 اختبار الأداء الأول لتعيين المواد المشعّة الطبيعية في عيّنة تربة ملوثة من حقول النفط

تقارير

63 اختبار طريقة لتعيين النشاط الكلّي لمصدرات ألفا وبيتا في العيّنات المائية بعدّاد وميض السائل

63 الحسابات العددية لعمليتي الامتصاص والإصدار في البلورة اللاخطية المستقطبة Cr^{4+}:YAG المضخوخة بليزر نيوديميوم-زجاج

64 تصنيع عيّنة من زجاج سيليكات الليثيوم ودراسة خواصها

64 محاكاة الإنماء البلوري المنضد المحكوم بالانتثار

65 برنامج أتمتة المعالجة الإشعاعية في مركز الطب النووي

65 تناذرات عسر التصنّع النقوي

66 دراسة تأثير إنتاج الموليبدينيوم ^{99}Mo على بعض مواصفات قلب مفاعل البحث باستخدام لغة المحاكاة DARE-P

66 تصميم وتصنيع جهاز حك كواشف الأثر النووي

67 تحرّي وتعيين مادة الأكريلاميد في الأغذية النشوية المطبوخة وذلك بتقانة الـ HPLC

67 تصميم وإدارة المحتوى الإلكتروني لموقع هيئة الطاقة الذرّية السورية على الإنترنت

77 ملخصات باللغة الإنكليزية عن الموضوعات المنشورة في هذا العدد

إرشادات منشودة إلى المشاركين في المجلة

حول علامات الترقيم وبعض الحالات الأخرى عند كتابة النصوص باستخدام الحاسوب

بقلم أ. د. زياد القطب

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

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

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

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

البند الأول

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

- مثال: أين ذهبت المادة المضادة بكاملها؟

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

- مثال: كيف كان الكون بعد الانفجار العظيم!

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

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

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

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

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

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

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

- مثال: – المقدمة.

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

- مثال: مركبات عضوية–معدنية.

وكذلك توضع بين رقمين.

- مثال: انظر المراجع 161-154.

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

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

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

- مثال: نيسان/أبريل.

البند الثاني (حالات أخرى):

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

شروط الترجمة والتأليف للنشر في مجلة عالم الذرّة

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

جميع المراسلات توجه إلى العنوان التالي:

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

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

E-mail: tapo@aec.org.sy

ISSN 1607-985X

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.

رسوم الاشتراك السنوي

يمكن للمشتركين تسليم رسم الاشتراك في مكتب الترجمة والتأليف والنشر في الهيئة (دمشق ، شارع 17نيسان) أو بحوالة على العنوان التالي:

المصرف التجاري السوري - فرع رقم 13، مزة جبل - دمشق

ص.ب: 16005، رقم الحساب 2/3012

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

ـ الاشتراك من خارج القطر: للأفراد (30) دولاراً أمريكياً، للمؤسسات (60) دولاراً أمريكياً .

سعر العدد الواحد

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

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

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.

التشقُّق مشكلة المواد

ملخص

تحدث التشققات على مقاسات تتراوح بين المقاس الذري والمقاس التكتوني، وهي سبب ضعضعة المواد الصلبة. وتُعدُّ من الناحية التقليدية شغل المهندسين الشاغل، ويشرح ***Robert Spatschek*** *و* ***Efim Brener*** *كيف تجتذب ديناميكية انتشار التشقق الزاخرة انتباه الفيزيائيين .*

يعمل ر. سباتشك و إ. برينر في معهد أبحاث الحالة الصلبة التابع لمركز يوليش في ألمانية.

الكلمات المفتاحية

تشقّقات، تشقّق تكتوني، انتشار التشقُّق، ميكانيك الكسور.

تلعب الكسور دوراً واسع الانتشار في حياتنا، بدءاً من المزعجات اليومية مثل سقوط لوح من الزجاج وانتهاءً بكوارث مثل تحطّم مفاعل تشيرنوبل النووي عام 1986. ويمكن للتشققات أن تحدث على مقاسات تتفاوت نزولاً من بضعة كيلومترات حتى نانومترات: فنحن نشاهد ذلك في الهزات الأرضية وفي الأبنية وأجنحة الطائرات وفي وصلات (المعدن –نصف الناقل). وهكذا تكون التشققات من جهة أولى، مسؤولة عن التكلفة الاقتصادية العالية نتيجة ضعضعة المواد الصلبة؛ ومن جهة أخرى، يكون التكسّر القابل للانضباط أمراً جوهرياً لمعالجة خامات الفلزات المعدنية.

على مدى المئة سنة الماضية، أصبح ميكانيك الكسور fracture mechanics أحد أهم فروع الهندسة تطوراً –فهو عبارة عن تجمع طويل الباع من المفاهيم النظرية والإجراءات التجريبية المستعملة لضمان أمن الأبنية. فقد سمح فهم الكيفية التي تسبّب بها التشققات ضعضعة المواد للمهندسين بتطوير مواد تركيبية خفيفة تستعمل في بنى المحركات العالية المتانة وفي مركبات الفضاء وفي أضخم طائرات اليوم، على سبيل المثال.

قد يشعر المهندسون أن تطوير ميكانيك الكسور قد اكتمل من الناحية الأساسية، غير أن عدداً متزايداً من الفيزيائيين قد اجتذبتهم نتيجة الاكتشافات المذهلة في هذا المجال البحثي الناضج. ومع أن هدف المهندسين الأساسي، من وجهة نظرهم، يتمثل في منع الكسور، فقد تبين أن ديناميك الشقوق هو مصدر غني بظواهر فيزيائية معقدة تحدث على مقاسات عديدة من الأطوال والأزمان. وهكذا، فإن هدف الفيزيائيين الآن هو تفسير التآثرات interactions بين الذرات الفرادى الواقعة عند ذروة شق مع ما يسببه ذلك في النهاية من سلوك جهري macroscopic، مثل تفرّع الشقوق في مصدّ الريح المكسور –أو حتى تحديد معادلات الحركة التي تصف لنا بالضبط كيفية نمو الشقوق.

ميزان الطاقة

إن الشقوق هي سبب تكسّر المواد الصلبة. فعندما تخضع مادة ما إلى إجهاد، تستطيل الروابط الذرية فيها، بحيث تختزن طاقة مرنة في المادة نتيجة ذلك. ويقود هذا السلوك المرن إلى العلاقة الخطية المألوفة بين الإجهاد stress والانفعال strain، التي تمتطّ فيها الروابط بمقدار يقارب 10-20% من أطوالها الأصلية قبل أن تتحطم. وفي حين يتضمن هذا السلوك المرن مقاومة عالية ضد ضعضعة المادة فإن هذا الحدّ لا تبلغه المادة أبداً في الواقع. بل عوضاً عن ذلك، تضخّم العيوب الصغيرة الموجودة في المادة الإجهاد الموضعي إلى أن يصبح كبيراً بما يكفي لتحطيم الروابط الذرية، والسماح بنمو الشق.

إذا ما نظر إلى الشق في مقاسٍ ذي كبرٍ كاف، فإنه سيظهر ببساطة على شكل "قطْع" cut مستقيم يمر عبر مادةٍ وتتحطم الروابط الذرية على طوله. وقد استعمل المهندس البريطاني Alan Griffith في العام 1920 هذه الصورة لوصف سلوك التشققات الجهري رياضياً، فلاحظ أن الطاقة اللازمة لنمو شق موجود سلفاً إنما يقدِّمها تحرير الطاقة المرنة المختزنة بجوار الشق. وأوضح غريفيث أنه من أجل أطوال الشق القصيرة تكون الطاقة المرنة المنطلقة أقل مما يلزم لتحطيم الروابط الذرية وبالتالي توحي بوجود طول حرج ينبغي تجاوزه كي يستمر كبر الشق. في الواقع، لو لم يكن الأمر كذلك، لتحطمت جميع المواد الصلبة فور خضوعها للتوتر tension.

غير أن علاقة غريفيث هي أبسط جداً من أن تستطيع وصف معظم المواد الحقيقية. وفي الواقع، يمكن أن يكون الثمن الفعلي لخلق شق ما، وهو ما يعرف باسم "طاقة الكسر"، أعلى بعدة مراتب من مجرد الطاقة اللازمة لتحطيم الروابط الذرية في كثير من المواد. وتوجد أحجية أخرى ذات صلة بالأمر وتتمثل في سببية عدم بلوغ سرعة نمو التشققات في المواد" حدّ سرعتها speed limit الطبيعي". إذ إن السرعة العظمى التي يمكن أن ينتشر فيها الشق، نظرياً، هي سرعة انتشار الأمواج الصوتية عند السطح الحر للمادة (والتي تعرف باسم سرعة رايلي Rayleigh)، بيد أن ذلك لا يتحقق أبداً من الناحية العملية في معظم الأحيان. فعلى سبيل المثال، تبلغ سرعة رايلي في مادة البلكسي غلاس Plexiglass التي تستعمل كثيراً في تجارب التشقق، قرابة 930 متراً في الثانية في حين تكون سرعة انتشار التشقق أقل بحوالي 60% من هذه القيمة دائماً.

منذ أوائل تسعينيات القرن الماضي استعمل باحثون تقنية تجريبية ذكية لحلّ هاتين المسألتين. فقد لجأ هذا الفريق، بعد أن تبين له صعوبة مراقبة التشققات المتحركة بسرعة أثناء حدوثها حتى باستعمال آلة تصوير عالية السرعة، إلى بديل يتمثل بتغليف أحد وجوه عينات البلكسي غلاس بطبقة من الألمنيوم تتمزق حين تتشقق العينة. وبقياس مقاومة طبقة الألمنيوم، التي تتعلق مباشرة بطول الشق، تمكّن الباحثون من تحديد سرعة الانتشار، فوجدوا ولمفاجأتهم أن نمو الشق يعاني من عدم استقرار instability عند سرعة تقارب 36% من سرعة رايلي (انظر الشكل 1).

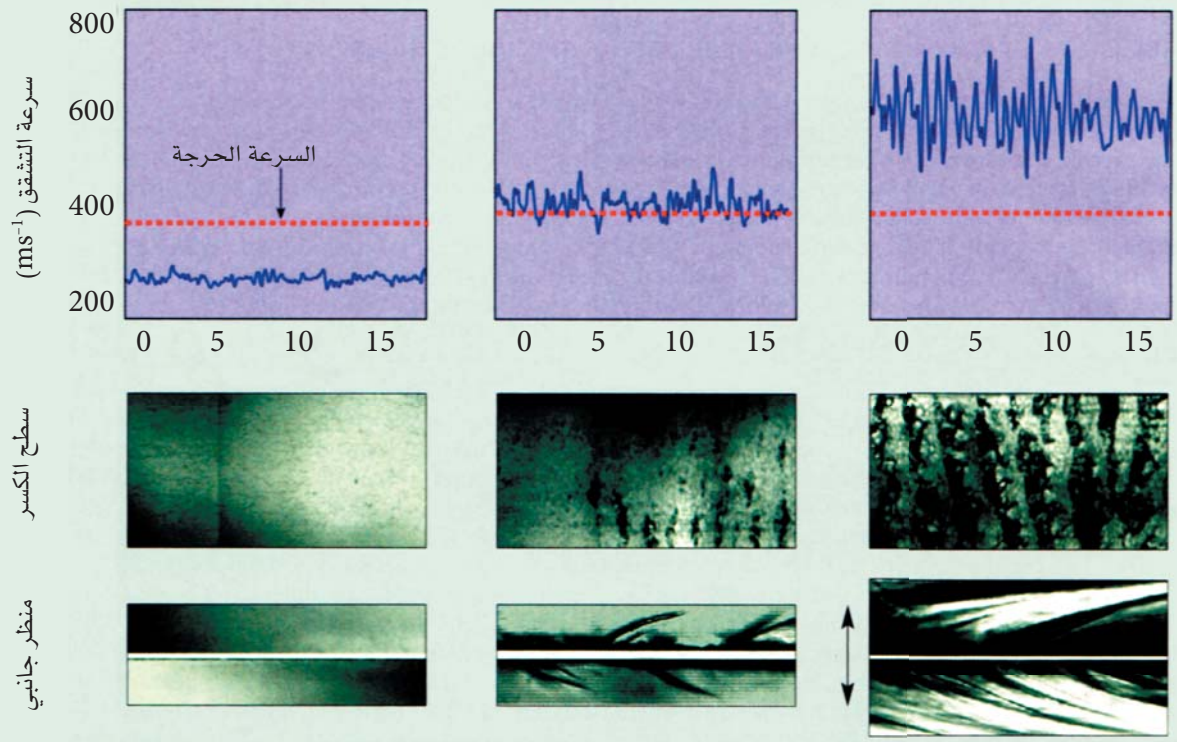
تحت هذا الحدّ، يسلك الشق ببساطة سلوك قطوع cuts مستقيمة تتحرك بسرعة ثابتة تقريباً، كما صورها غريفيث. لكن مع وصول السرعة إلى السرعة الحرجة تبدأ السرعة بالاهتزاز وتظهر "تفرعات مكروية" صغيرة منبثقة عن الشق الرئيسي. لذلك، فعوضاً عن أن تسرِّع الطاقة المرنة المتحررة عملية التشقق كي تصل إلى سرعة رايلي، فإن هذه الطاقة تتبدد في إحداث التفرعات المكروية، التي يمكن بدورها أن تتشظّر هي أيضاً. و قد أظهرت تجارب مماثلة على مواد مختلفة مثل الزجاج و البوليميرات القصوفة عدم استقرار مماثل عند سرعة تقع مابين 30-40% من سرعة رايلي. حتى أن أشكال التفرعات المكروية كانت متشابهة في المواد المختلفة، مما يوحي بأن ديناميكية التشققات لا تعتمد على الخواص النوعية للمواد اعتماداً حساساً.

ورغم أن عدم الاستقرار التفريعي المكروي ما يزال غير مفهوم تماماً من الناحية النظرية، فقد تساعد فكرة التفرعات المكروية في تفسير خاصة أخرى للتشققات لا تفسر اعتماداً على صورة القطوع المستقيمة: تلك هي خشونة التشققات. إذ إن سطوح الكسور في مواد كالزجاج والخزفيات والبوليميرات لطالما شوهد أنها تبدي تقدماً "مرآوياً"– ضبابياً –مشطياً" (انظر الشكل 1) –فعند بدء الانكسار يظهر سطح الشق ناعماً براقاً، مثل مرآة، ويصبح مع تقدم العملية

نظرة سريعة: فيزياء التصدّع

- إن الشقوق هي سبب تكسُّر المواد الصلبة. والتداعيات الهائلة لذلك في الاقتصاد والسلامة.
- تصوّر الموديلات البسيطة الشقوق على أنها قطوع مستقيمة عبر المادة. غير أن الشقوق في الحقيقة يمكن أن تبدي سلوكاً معقداً مثل الانشطار إلى تفرُّعات عديدة.
- هذا وتتضمن الشقوق تأثرات interactions بين المقاسين الذري والجهري، كما يساعد الفيزيائيون في التوصل إلى الرابط بينهما.
- لقد نجحت التقنيات الحاسوبية المبنية على نمذجة حركة الذرات الفرادى في إعادة إنتاج العديد من سمات سلوك التشقق. وثمة مقاربة بديلة تنمذج التشقق كتحول في الطور phase transition.
- ويمكن أن تساعد التشققات أيضاً في تفسير سلوك الهزات الأرضية وفي تفسير أحجيات بالغة القدم بخصوص الاحتكاك.

الشكل1: التفرّعات المكروية

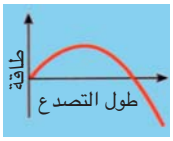


في تسعينيات القرن الماضي، اكتشف الباحثون واحدة من خواص التشققات كانت مفاجأة. فقد وجدوا أنه عند سرعاتٍ منخفضة تنتشر الشقوق في خط مستقيم وحيد ويكون سطح الكسر أملس (يسار الشكل)، ولكن عند قرابة 30–40% من حدّ سرعتها النظرية (وهو سرعة الصوت للأمواج السطحية)، تصبح الشقوق غير مستقرة (في الوسط). عند هذه النقطة الحرجة تبدأ سرعة التشقق بالتموج كما تتشطر تفرعات صغيرة من الشق الرئيسي مترافقة مع تغير في مظهر سطح الكسر من مرآوي إلى "ضبابي". ومع زيادة السرعة متجاوزة السرعة الحرجة تصبح هذه التفرعات أطول من السابقة وأكثر تراصّاً منها كما يأخذ سطح الكسر معها مظهراً خشناً (يمين الشكل).

غائماً في مظهره (مثل "ضباب")، ثم يصبح أخيراً بالغ الخشونة (مثل "المشط"). وقد تبيّن أن هذا التقدُّم التشققي يوافق تنامي التفرعات المكروية.

في العام 2006، تحرّى الباحثون Laurent Ponston وDaniel Bonamy وElisabeth Bouchaud من مختبرات CEA في ساكلي بفرنسا الانتشار البطيء الناجم عن التآكل وكذلك النمو السريع تحت تأثير إجهاد مطبق، فوجدوا أن مظهر خشونة الشق مستقل عن سرعة انتشاره. ووجدوا أيضاً أن الخشونة لامتناحية anisotropic، أي أن لخشونة الشق قيماً مختلفة وفق الاتجاه العمودي على اتجاه الانتشار عما هي عليه وفقه. وبالتالي يمكن تحديد اتجاه انتشار الشق بإجراء فحص "تشريحي بعدي" لسطوح الكسر، ومن ثم إعادة بناء العمليات المسببة لضعضعة البنية.

وحتى إذا انظرنا إلى الشقوق على مقاسات أكبر بكثير حيث لا يستطاع رؤية الخشونة، فإن هذه الشقوق تنتشر في خط مستقيم فقط في حالة تطبيق إجهادات منخفضة. أما في حالة تطبيق إجهادات عالية فيمكن أن تتشطّر وتتطور إلى بنى معقدة على مقاس أكبر بكثير من المقاس التفريعي المكروي، كما في حالة تناثر الزجاج المكسور. وقد أمكن تفسير هذا جزئياً في خمسينيات القرن الماضي على يد Elizabeth Yoffe من جامعة كامبردج التي بينت أنه على النقيض من حالة السرعات المنخفضة للانتشار التي يظهر فيها أعظم إجهاد في الشق أمام رأسه المتحرك مباشرة، فإن إجهاد السطوح المائلة على الكسر يكون أعلى مما هو عليه في السطوح الأخرى عند السرعات العالية. ويشبه هذا الأثر طريقة التوزع الزاوي للإشعاع الكهرطيسي الناجم عن شحنة متسارعة الذي يتوسع عرضياً عند بلوغ سرعات نسبوية. لقد كان المتوقع لهذا النموذج أن يفسر تفرع التشققات التي تنمو بسرعة في المواد القصوفة، ولكنه على ما يبدو لا تشكّل زوايا التفرع المتنبأ بها ولا السرعة الحرجة مؤشرين صحيحين.



ميزان الطاقة

لا يحرّر التشقق تحت طول أقل من طول حرج، طاقة مرنة كافية لتنامي التشقق عبر تكسير الروابط الذرية.

ذروة الشق

إن الصورة الماكروسكوبية للشق على هيئة قطْع بسيط مستقيم تستطيع أن تخبرنا كيفية انفلات الإجهادات نتيجة انتشار الشق. ولكننا من أجل فهم كامل للكسر، بما فيه التنبؤ بسرعة واتجاه نمو الشق،

نحتاج التعمق وأخذ نظرة قريبة عما يجري عند ذروة الشق. ففي خمسينيات القرن الماضي وسّع George Irwin نموذج غريفيث ليبيّن أن نمط الإجهاد قرب ذروة الشق ذو سلوك شمولي. وبكلام آخر، يمكن اختصار معظم المعلومات الماكروسكوبية مثل طول الشق و شكله في عدد واحد يعبّر عن تركيز الإجهاد عند تلك الذروة. إن هذا السلوك الشمولي يعني إمكان وصف جميع التشققات في بضع حالات نموذجية فقط، وذلك اعتماداً على نوع الحمل loading المسؤول. ففي "النمط I" يكون تحميل الإجهاد بتطبيقه عمودياً على الشق، بينما تكون الحركة انزلاقية في "النمط II"، كما في حالة الهزات الأرضية، في حين يحدث تمزقٌ في "النمط III" (انظر الشكل 2).

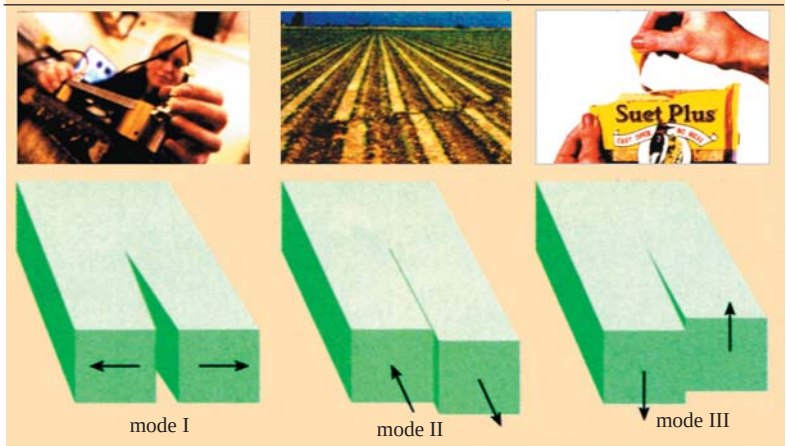
ولكن ثمة مشكلة مع هذا الأنموذج: إذ إنه يعتمد على افتراض كون ذروة الشق حادة بشكل لانهائي وبالتالي فهو يتنبأ بإجهاد لانهائي عند الذروة. ونحن نعلم عدم وجود مثل هذا التفرّد singularity في المواد الحقيقية، لذلك فإما أن ينهار السلوك المرن قرب الذروة أو أن تملك الذروة نصف قطر انحناء محدود. يتجلى التطبيق العملي لهذا المفهوم بإيقاف نمو الشقوق الواهنة عند ذروة الشقوق في أجنحة الطائرات عن طريق حفر حفرة صغيرة عند ذروة الشق بشكل مؤقت. قد يبدو هذا مخالفاً للحدس أن توقف حفرة بحفر حفرة أكبر منها، لكن التفسير هو أن زيادة نصف قطر الانحناء عند الذروة يلغي التفرد في حقل الإجهاد ليصبح الجناح أكثر متانة من ذي قبل بكثير.

يطلق على المنطقة المحيطة بذروة الشق حيث يكون سلوك المادة لا مرنا اسم منطقة العملية process zone يتراوح قدّها ما بين بضع مسافات بين ذرية في الخزفيات البلورية النقية وعدة ملّيمترات في مواد تحتوي نقائص كبيرة ويحرّر الشق في منطقة العملية هذه جزءاً كبيراً من الطاقة المرنة ويتحول إلى حرارة، مما يجعل منطقة الذروة حارة جداً أحياناً إلى درجة إمكان انصهارها. و يمكن لآليات معقدة أخرى أن تتشارك التأثير في منطقة العملية مثل التشوهات اللدنة غير العكوسة وحدوث فجوات مكروية.

يطمح فيزيائيو الكسور إلى تحقيق هدف ربط هذه الآليات التي تحدث على المقاس المكروي في منطقة العملية مع السلوك الماكروسكوبي للتشقق بغية الحصول على معادلات حركة ونمو التشقق. وستسمح لنا قدرتنا على التنبؤ باتجاه نمو الشق (على سبيل المثال) برتق tailor المواد بحيث تنحرف الشقوق الصغيرة نحو مناطق قادرة على امتصاصها قبل أن تصبح مدمرة. وفي العام 2005 طوّر الباحثون مقاربة واعدة لسَبر منطقة العملية تجريبياً. حيث بينوا أن هلامات gels البولي أكريلاميد polyacrylamide تبدي سلوك الكسور نفسه (مثل التفرعات المكروية، كتلك التي يبديها الزجاج ومواد قصوفة أخرى). لكنه بسبب كون سرعة الصوت في الهلامات أقل بثلاث مراتب مما هي عليها في المواد الصلبة فإن الشقوق تسير ببطء كاف يمكّننا من متابعة السلوك المعقد داخل منطقة العملية في الزمن الحقيقي. وعلى وجه الخصوص، فقد اكتشف الفريق في العام 2007 وجود عدم استقرار تماوجي جديد للشقوق عند سرعة تقارب سرعة رايلي وذلك في عينات رقيقة جداً من هذه الهلامات.

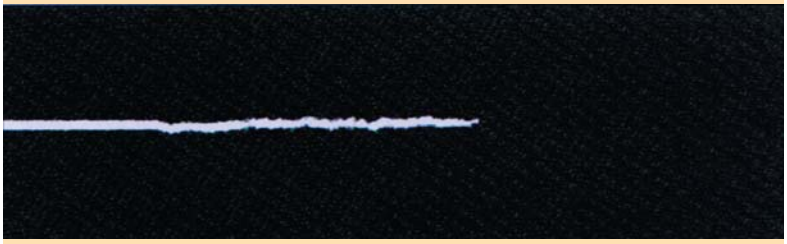
يهدف الفيزيائيون إلى ربط سيرورات تجري على مقاس مكروي عند ذروة الشق بالسلوك الماكروسكوبي بغية الحصول على معادلات حركة لتنامي الشق

الشكل 2: أنماط الكسور



تتصف التشققات في المواد المختلفة بسلوك شموليٍّ مدهش، ويقع سلوكها في أحد ثلاثة أصناف فقط حسب طريقة تطبيق الإجهاد. النمط I يتضمن الكسر تحميلاً شدّياً عمودياً على التشقق وهو أكثر أنواع التحميل انتشاراً في تجارب التشققات المختبرية. أما النمط II للكسر فيتضمن سطوحاً تنزلق فوق بعضها البعض وتشاهد في الهزات الأرضية (الزلازل) وفي عمليات أخرى للاحتكاك. في حين نجد مثالاً بسيطاً عن التحميل في النمط III عند محاولة تمزيق غلاف علبة حلوى بغية فتحها، الأمر الذي سيكون صعباً بدون وجود ثلم صغير يفعل فعل بذرة للتشقق. وتكون معالجة هذا النمط رياضياتية بسيطة جدا مما يجعلها كثيرة الاستعمال في النمذجة النظرية.

الشكل3: محاكيات ذرية



يمكن محاكاة سلوك الشقوق عن طريق نمذجة التآثرات interaction بين الذرات الفرادى مستعملين الحاسوب. وتتضمن هذه المحاكاة للكسر في أشباه البلورات (التي هي مواد مصنوعة من خليط معادن تتشكل غالباً على شكل عناقيد من الذرات قطر كل منها 1 نانومتر) عدة ملايين من الذرات. وقد جرى إقحام شق أولي (ذلك الخط المستقيم البادئ من اليسار) في العينة الخاضعة للإجهاد. يدور الكسر أثناء تناميه حول عناقيد الذرات في المادة، عوضاً عن اختراقها، مما يقود إلى ظهور خشونة مميزة على سطوح الكسر. وبالمقابل، تظهر مستويات انفلاق ناعمة جداً لدى مواد مثل السليكون.

العالم السّري للكسر

يحاول الفيزيائيون، وفق الطريقة الاختزالية الحقيقية، فهم السلوك المعقد عند ذروة الشق من خلال نمذجة سلوك الذرات المنفردة. وفي هذه المقاربة "الديناميكية الجزيئية" يستعمل الباحثون خوارزميات حاسوبية في حل معادلات نيوتن بالنسبة لحركة كل ذرة من الذرات تحت تأثير جاراتها والقوى البعيدة كليهما، مما يزودنا بمعلومات كاملة عن مواقع الذرات وسرعاتها وطاقاتها، وهي أمور ليست في متناول التجارب الحقيقية.

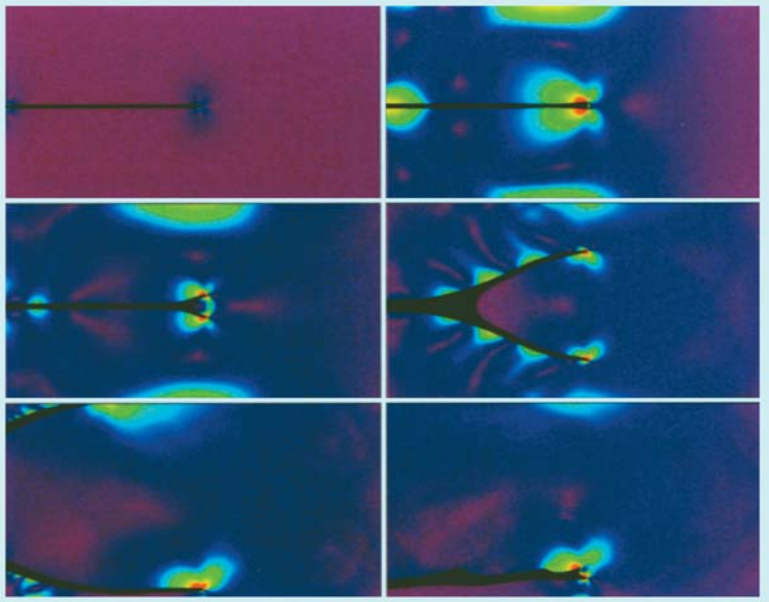
وفي العام 2005، استعمل Frohmut Rosch وزملاؤه من جامعة شتوتغارت بألمانية، مقاربة الديناميك الجزيئي لدراسة نمو التشقق في أشباه البلورات –وهي خلائط معدنية ذات بنية لا دورية (انظر الشكل 3). وقد أوضحوا باستخدام أنموذج تقليدي بسيط للكمون بين الذرات أن عناقيد الذرات، التي هي قوالب البناء في أشباه البلورات، تؤثر تأثيراً كبيراً في نمو سطوح الكسور وخشونتها: فلا تميل الشقوق إلى كسر هذه العناقيد بل تدور حولها عوضاً عن ذلك. وتكون الخطوة التالية للديناميك الجزيئي اشتقاق الكمونات المضبوطة الفاعلة بين الذرات للمادة المدروسة اعتماداً على حسابات كمومية. و بمجرد معرفة هذه الكمونات لن يبقى ما يقبل التخمين: إذ إن قوانين نيوتن ستصف حركة الذرات وسيستنتج انتشار الشقوق بصورة طبيعية. يعالج هذا التحدّي الآن من قبل عدة مجموعات بحثية على مستوى العالم، غير أن الحسابات حالياً مقتصرة على حجوم عينات تصل قرابة 100 نانومتر.

لقد أتى اكتشاف مهم آخر من الديناميك الجزيئي في العام 2003، حينما بيّن Markus Boehler و Huajian Gao من معهد ماكس بلانك لأبحاث المعادن في شتوتغارت، ومعهما Farid Abraham من قسم أبحاث IBM في سانت جوزه بالولايات المتحدة الأمريكية، أنه يمكن للشقوق أن تسير أحياناً بسرعة أكبر من سرعة رايلي للمادة بسبب التأثيرات المرنة الفائقة "hyper elastic". ففي جوار ذروة الشق لا تصح بالضرورة علاقة المرونة الخطية ويمكن للمادة أن تكون عندها أقسى (أو ألين) مما هي عليه في المناطق البعيدة وبالتالي ستكون سرعة الصوت عنده أكبر(أو أصغر) من العادية، وإذا أصبح امتداد منطقة المرونة الفائقة ماكروسكوبياً، فإن الشقوق يمكن أن تنتشر تبعاً لذلك بسرعة تتجاوز حدّ السرعة العادي. إضافة إلى ذلك، قد يساعد تليّن المادة قبل انكسارها في تفسير عدم استقرارية التفرعات المكروية.

بالرغم من كل نجاحات محاكيات الديناميك الجزيئي molecular-dynamics simulations، تبقى مقاسات أطوالها وأزمنتها مقيدة باستطاعة الحواسيب المتوفرة، مما يعني عدم استطاعتها حتى الآن وصف جميع الخواص الماكروسكوبية للشقوق. إذ يمكن أن يتناول أضخم المحاكيات اليوم قرابة 10^8 ذرة، وهذا بعيد جداً عن عدد الذرات في العينات الماكروسكوبية الذي يقترب من 10^{23} ذرة. هنا تأتي مقاربة مكملة لنمذجة الشقوق تدعى طريقة الحقل–الطور phase-field method. فعوضاً عن تتبع حركة الذرات المنفردة، فإن هذه الطريقة تعامل نمو الشق الكلي على أنه انتقال بين طور "غير منكسر" (المادة الصلبة) وطور "منكسر" (داخل الشق). وخلافاً للوصف الماكروسكوبي التقليدي، يمكن للشق أن يمتلك ذروة ممتدة، وبذلك ستختفي مشكلة التفرّد الإجهادي.

تلتفُّ طريقة الحقل–الطور على مشكلة تتبع مسار كل شق منفرد يصبح ميئوساً منه في مسائل التفرع الثلاثي الأبعاد. فعوضاً عن ذلك، توصف كل نقطة في الشق وحوله بمتغير variable يتفاوت بسلاسة ما بين الصفر 0 الذي يمثل الطور المتكسّر والواحد 1، الذي يمثل الطور غير المتكسر، مما يسمح لحافة الشق بأن تكون متفشّية بدلاً من حادة. هذا، وتشابه هذه الطريقة طريقة وصف حركة صدر موجة المدّ عند الساحل بمقارنتها بين مستوى الماء والارتفاع المحلي لخط الساحل، عوضاً عن تتبع كل نقطة من نقاط الحافة التي تفصل الرمل من البحر. إذ يتحدد موقع صدر الموجة تحديداً تاماً بمعرفة سيماء الارتفاع السلس، الذي يقابل "حقل الطور" المميز بين الطور المتكسر وغير المتكسر.

الشكل4: حقل الطور



تصف محاكاة "حقل الطور" حركة السطح البيني ما بين داخل الشق (بالأسود) والمادة الصلبة على أنه تحوّل في الطور، وذلك عوضاً عن نمذجة حركة ذرات المادة فرادى. تبيّن هذه السلسلة من الصور تطور ظهور فرع في شق تحت تحميل شدّي، تالياً لذروة الشق. فالشق المستقيم أصلاً (في الأعلى و اليسار) ينمو ويتشطّر بصورة متناظرة (الوسط)، ثم ينمو أحد الفرعين أسرع من الآخر (أسفل اليسار)، ويستطيع أخيراً أن ينفصم مجدداً (أسفل اليمين). تشير الألوان المختلفة إلى شدة تركيز الإجهاد حول الشق.

لقد استعملت هذه الطريقة بنجاح، إذ استعملها على سبيل المثال Igor Aranson وValery Kalatsky وValerii Vinokur من مختبر أرغون الوطني في العام 2000 لوصف نمط الكسر I، واستعملها في العام 2001 Alain Karma من جامعة نورث وسترن في بوسطن وآخرون لوصف نمط الكسر III. فحسب وصفهم، يفيد السطح البيني المتفشي كنموذج لمنطقة العملية. وبالمقابل، اقترح مؤلفو هذه المقالة نموذجاً في العام الفائت لا يعتمد على تفصيلات منطقة السطح البيني ويقابل حدّ كون منطقة العملية رقيقة رقة لانهائية، كما هي الحال في المواد القصوفة جداً (انظر الشكل 4). إن النجاح الذي تشترك فيه جميع نماذج الحقل–الطور الماكروسكوبية هو أن بإمكانها التنبؤ بالمشاهدات التجريبية في الحالة المستتبة لنظام نمو الشق المتبوع بتفرعات التشقق في حالة القوى المسيّرة الكبيرة. مما يعني أن سمات الشقوق هذه عامة، وقد لا تكون نتيجة لتفصيلات ذرية نوعية مقابلة.

الكسر و الاحتكاك و الفوالق

يبدو لأول نظرة أن الاحتكاك لا يتعلق بتاتاً بالكسور. وقد عرفنا، منذ القرن الثامن عشر، أن القوة الصغرى اللازمة لبدء انزلاق جسم صلب فوق آخر تعتمد فقط على القوة الضاغطة عليهما معاً، وليس على مساحة التماس الاسمية. ولكن لا يوجد حتى الآن تفسير مقبول شمولياً لقانون "أمونتونس–كولون" هذا. فالصورة المعيارية للاحتكاك طبقاً للباحثين Frank Bowden و David Tabor من جامعة كامبردج في ستينيات القرن الماضي هي أن السطحين خشنان على المقاس الميكروسكوبي، وبالتالي فإن المساحة الحقيقية للتماس تكون أصغر بكثير مما تبدو، وتكبر متناسبة طرداً مع القوة الضاغطة.

غير أن Eric Gerde و Michael Marder من جامعة تكساس في أوستن اقترحا في العام 2001 آلية مختلفة مبنيّة على الشقوق من أجل تفسير قانون أمانتوس–كولون في الاحتكاك الانزلاقي. فوفق تصورهما، يتحرك جسم منزلق بواسطة عُرف ridge، حيث ينفصل السطحان ويسيران على طول السطح البيني –مثلما يمكن تحريك بساط بدفع عُرف إلى الأمام على طوله. تسلك هذه الأعراف سلوك شقوق قصّية (النمط II) تلتئم (تستعيد التحامها) عند حوافها المتقاطرة. وفي العام 2004، شاهد Shamuel Robinstien وزملاؤه مثل هذه الشقوق تتحرك بسرعة أكبر من سرعة الجسم المنزلق نفسه. فقد قاموا بقياس مساحة التماس الحقيقية في تجاربهم وأكدوا صورة باودين– تابور في الاحتكاك السكوني. ولكنهم وجدوا في حالة الحركة الانزلاقية نقصاناً في مساحة التماس عند الشقوق، غير أن السطحين لا يبدوان منفصلين تماماً. وهكذا، فإن الصورة الحقيقية يبدو أنها تقع بين هذين النموذجين.

تمثّل الهزات الأرضية مثالاً بارزاً عن الاحتكاك والكسور في أدائهما. إذ تنتشر الشقوق ذات المقاسات الجيولوجية عبر الهزات الأرضية، وتنمذج نمطياً، وفق النمط II، أو تكون شقوقاً قصيّة تسير على طول مستويات الفوالق. وخلافاً للكسور من النمط I المحدودة بسرعة أقل من سرعة رايلي، يمكن للشقوق القصّية نظرياً أن تسير بسرعات أعلى. وتقع السرعات الإضافية المسموحة بين سرعة الموجة القصيّة التي تنتشر بها الأمواج الصوتية في المادة الصلبة وسرعة موجة التمدد الأسرع للأمواج الصوتية الطولانية. ومع أن البيانات الزلزالية تشير إلى أن معظم الهزات الأرضية تسير بسرعة أخفض قليلاً من سرعة رايلي، إلا أنه اكتشفت دفقات تسير بسرعة تفوق سرعة أمواج القص shear waves عند مقاطع من الانفلاقات، كما في تركيا عام 1999 وفي تجارب مختبرية قام بها Ares Rosakis ومعاونوه من معهد كاليفورنيا للتقانة في العام 2004.

على العكس من المواد المتجانسة التي تستعمل عادة في التجارب، تبدي القشرة الأرضية مستويات متغيرة من القوة على طول الفوالق. فقد قام Eric Dunham في العام 2003، يوم كان في جامعة كاليفورنيا في سانتا باربرا، بنمذجة شقوق قصية ثلاثية الأبعاد على طول فالق، فوجد أن المقاطع الأقوى موضعياً مما حولها وذات طاقة الكسر الأعلى مما يجاورها تستطيع رفع سرعة التمزّق فوق سرعة الموجة القصيّة، خلافاً للتوقعات الطبيعية بالنقصان في السرعة. وقد يقود ذلك إلى إصدار أمواج زلزالية إضافية مدمرة –وبالفعل توجد مؤشرات لحدوث مثل هذه الحوادث خلال الهزة الأرضية التي ضربت مورجان هيل Morgan Hill في كاليفورنيا في العام 1984.

يؤكد الاختلاف الواسع في الكبر بين الهزات الأرضية و الذرات على أن الكسور مسألة مقاسات متعددة الأطوال. وتركز معظم المقاربات لفهم ذلك على جزء واحد فقط من هذه التراتبية hierarchy باستعمال توصيفات مبسطة للمادة: فعلى بعدٍ كافٍ من ذروة الشق تطبق نظرية المادة المستمرة continuum، في حين نحتاج إلى مقاربة الديناميك الجزيئي عند المقاسات المتوسطة، أما عند ذروة الشق ذاتها فعلينا حساب التابع الموجي الإلكتروني لانتظام الذرات. والتحدي الآن يكمن في جَسْر المقاسات المختلفة عن طريق المزاوجة بين هذه المقاربات المختلفة. وستزودنا الزيادة المستمرة في استطاعة الحواسيب بما نحتاجه لتناول هذه المهمة، وقد بدأت بعض الأعمال فعلاً باتجاه نمذجة متعددة المقاسات. وستستمر جهود نظرية وتجريبية متضافرة في تعميق فهمنا للتشققات آملين في النهاية الحيلولة دونها.

الجامد الكمومي الذي يتحدّى التفسير

اقترحت الدراسات الحديثة أن "الصلابة الفائقة" في الهليوم-4 هي نتيجة لوجود العيوب في بنيتها البلورية، وليس طوراً جديداً للمادة.

الكاتب ماثيو تشالمرز
كاتب مقالات في مجلة Physics world

ملخص

في العام 2004 سجّل الباحثون أول دليل واضح عن الميوعة الفائقة superfluidity في الهليوم-4 الجامد. يصف ***Mathew Chalmers*** *في هذا المقال عملاً تجريبياً ونظرياً حديثاً حقّق في الوجود الأكيد لمثل هذا "الجامد الفائق".*

الكلمات المفتاحية

جامد فائق، هليوم-4 جامد، مائع فائق، تكثّف بوز-أينشتاين.

لو كان لفرع من الفيزياء أن يجري تقييمه عبر عدد جوائز نوبل التي تمخضت عنه، لتبوأت الميوعة الفائقة superfluidity منزلة أكيدة بين أكثر هذه الفروع نجاحاً. لقد تمخض عن هذا الحقل ما يقارب 20 حائزاً على هذه الجائزة، بدءاً بمنح جائزة نوبل في الفيزياء في عام 1913 للعالم H. K. Onnes، الذي اكتشف الناقلية الفائقة superconductivity، وصولاً إلى منح جائزة عام 2003 للعالم A. Abrikosov، بالمشاركة مع V. Ginzburg وT. Leggett لقاء مساهماتهم في النواقل الفائقة والموائع الفائقة. والسؤال عن السبب بسيط: فهذه الظواهر المناقضة للحدس، والتي تتدفق فيها المادة بدون مقاومة تحت درجة حرارة معينة، هي أمثلة على السلوك الميكانيكي الكمومي الذي يُرى عند المقاس الجهري macroscopic scale.

"هناك قول يردده فيزيائيو المادة المكثّفة مفاده أن ما يمثّله الانفجار العظيم Big Bang بالنسبة لعلم الكون يساوي منزلة "الفوائق supers" بالنسبة للفيزياء الذرّية" حسبما يقول P. Anderson من جامعة برينستون في الولايات المتحدة، الذي تقاسم جائزة نوبل في الفيزياء عام 1977 من أجل عمله على البنية الإلكترونية للمواد المغنطيسية والمواد اللامنتظمة disordered. ويتابع قائلاً: "معظم الناس يجهلون كم هو مقدار إدراكنا المفاهيمي للعالم من حولنا الذي يأتي من هذا الحقل، مثل التناظر المكسور broken symmetry وآلية هيغز Higgs mechanism.

اكتُشفت الميوعة الفائقة في الطور السائل في العام 1938، حينما وجد P. Kapitsa، (الشريك في جائزة نوبل للعام 1938 عن هذا العمل) أن الهليوم-4 السائل عندما يبرَّد إلى ما دون الدرجة 2K يسلك وبصورة مفاجئة كما لو أن لزوجته معدومة. ويمكن للمائع الفائق أن يفعل أشياء غريبة عند عدم وجود مقاومة لجريانه، مثل تسلّق جوانب الوعاء الذي يحتوي على هذه المادة أو المرور عبر ثقوب لا يتجاوز عرضها اتساع بضع ذرّات فقط. أما الناقلية الفائقة، وهي بالمماثلة ظاهرة من ظواهر درجات الحرارة المنخفضة المثيرة يسري فيها التيار الكهربائي بدون مقاومة، فإنها تعود إلى الميوعة الفائقة لأزواج الإلكترونات. ولكن M. Chan من جامعة ولاية بنسلفانيا في

الولايات المتحدة وطالبه الخرّيج E. S. Kim أوردا أدلة على الميوعة الفائقة في أحد الإعدادات غير المحتملة تتمثل في الشبيكة الذرّية لكتلة من الهليوم-4 الجامد.

إن مثل هذا الطور "الجامد الفائق supersolid" للمادة سوف يسري في جامد تقليدي كما لو أنه غير موجود. ومثل الميوعة الفائقة في سائل ما، فقد يتم التنبّؤ بأن هذا السلوك العجيب هو نتيجة لتكثّف بوز–أينشتاين Bose-Einstein condensation- وهو انتقال طوري تتداعى فيه كل الجسيمات في المنظومة إلى الحالة الدنيا نفسها وبذلك لا يعود بالإمكان معاملتها ككينونات مستقلة تتحرك بصورة عشوائية. وهذا التداعي الكمومي ممكن لأن ذرّات الهليوم-4 هي بوزونات، بمعنى جسيمات ذات تعدديات صحيحة العدد من الاندفاع الزاوي السبيني.

ومنذ العام 1995، يوم ابتدع الفيزيائيون في الولايات المتحدة تكثّف بوز–أينشتاين الأول (BEC) في الطور الغازي وذلك بتبريد ذرّات الروبيديوم والصوديوم البوزونية إلى بضع مئات درجات نانوكلفن –وهو إنجاز مُنحا عليه جائزة نوبل عام –2001 قدَّمت هذه المنظومات "مختبراً" لم يسبق له مثيل كي تُدرس فيه الآليات المسؤولة عن الميوعة الفائقة. فإذا كانت الجوامد الفائقة موجودة فعلاً، فذلك يعني أن تكثف بوز–أينشتاين قد شوهد في الطور الجامد مثلما شوهد في الطورين السائل والغازي.

ورغم أن مجموعات بحثية عديدة تحقّقت منذ ذلك الحين من صحة ادعاء تشان للعام 2004، فإن تجارب حديثة تُظهر الدور الذي يلعبه اللاانتظام البلوري أثارت شكوكاً حول ما إذا كان طور الجامد الفائق هذا موجوداً أصلاً. وبالإضافة إلى ذلك، فإن النظريين يختلفون حول تحديد ماهية الآلية المسبِّبة للصلابة الفائقة supersolidity. وبهذا الصدد يعترف تشان بأن "الموقف غامض جداً".

التوقيع الفائق

إن إمكانية تشكل الجامد الفائق، الذي يوجد فيه مكثّف بوز–أينشتاين جنباً إلى جنب مع الشبيكة الذرّية المنتظمة للجامد، ليست بالأمر الجديد: فقد تنبأ بها للمرة الأولى العالمان الروسيان A. Andereev وI. Liftshitz في العام 1969. فقد اقترحا أن حالة الجامد الفائق تنبثق عن تكاثف الفراغات الذرّية بدلاً من معاناة الذرّات الفرادى للتكاثف. وفي معظم الجوامد، تتشكل الفراغات عندما تتحرر ذرّة في موقع خاص في الشبيكة، ويكون ذلك بواسطة طاقة حرارية عادة. ولكن في حالة الهليوم-4، الذي لا يتجمد إلا

إن المكوِّن الشبحي للمنظومة في مواجهته للفيزياء الكلاسيكية يمرُّ بدون جهد إلى داخل الشبيكة الذرّية

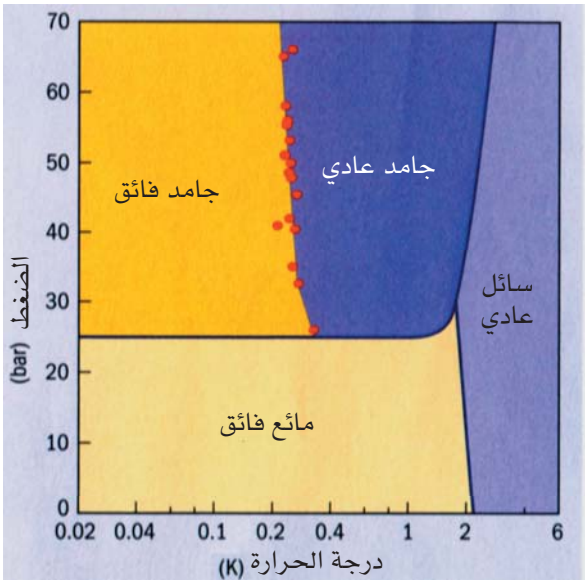
عند درجات حرارة منخفضة جداً وضغط منخفض (انظر الشكل 1)، فإن الذرّات تكون ضعيفة الارتباط بحيث يمكن أن توجد فراغات حتى عند الصفر المطلق بسبب طاقة "نقطة الصفر" الكمومية quantum "zero-point" energy.

إن إمكانية وجود مثل فراغات نقطة الصفر هذه هي التي أقنعت J. Goodkind من جامعة كاليفورنيا في سان دييغو في الثمانينيات من القرن الماضي بأن حالة الجامد الفائق كانت تستحق الدراسة. يقول كودكيند: "إن وجود تكاثف بوز–أينشتاين في الطور الجامد لا تقل أهميته عن اكتشاف الميوعة الفائقة في الهليوم السائل، وسيكون للمادة حالة جديدة مضادة للحدس". وباستعمال تواترات فوق صوتية لسبر الخواص الميكروسكوبية للهليوم-4 أثناء تبريده، لاحظ كودكيند زيادة مفاجئة في سرعة الأمواج الصوتية وتبديدها بالقرب من (200mK)، الأمر الذي فسَّره بكونها ترجع إلى تغيُّر الطور الترموديناميكي (ربما يكون BEC). ولسوء الحظ، فقد نفد تمويل كودكيند عند تلك النقطة، لكن نتيجته الغريبة لفتت انتباه كلٍّ من كيم وتشان.

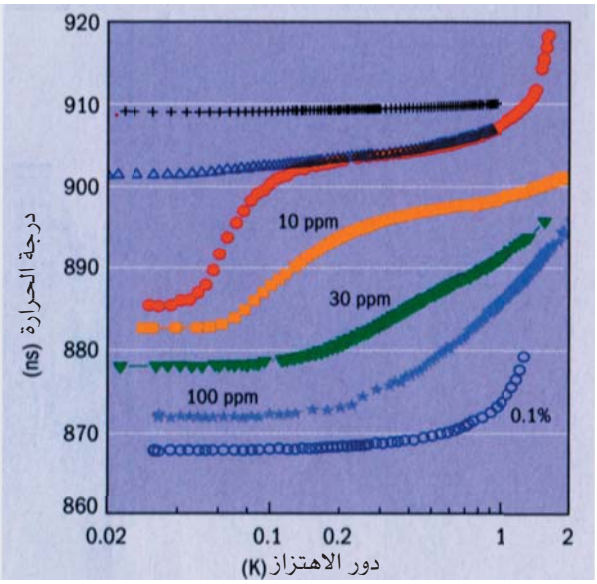
شرع كيم وتشان في العام 1999 بالبحث عن حالة الجامد الفائق يحدوهما في ذلك الأمل في رؤية ظاهرة جديدة تدفع عبقريتهما التجريبية إلى غايتها. فقد استخدما هزاز فتل torsional oscillator، وهو مكون من خلية أسطوانية مملوءة بالهليوم-4 العالي الضغط منطمرة في قرص من الزجاج Vycor المسامي. وتستطيع الخلية التي كانت معلّقة بخيط أن تدور بعدئذٍ إلى الخلف والأمام. ومن خلال رصد دور الاهتزاز oscillation period أثناء تبريد الخلية بالقرب من الصفر المطلق، استطاع الباحثان التفتيش عن علامات تدل على عطالة دورانية لا تقليدية (تتمثل في هبوط مفاجئ في دور اهتزاز الخلية قد يشير إلى بداية الميوعة الفائقة في الهليوم-4 الجامد في داخله) وحينما وصلت العيّنة درجة الحرارة 175mK، كان ما شاهدوه هو بالضبط ما يبيّنه الشكل 2.

يقول تشان: "عند درجات حرارة منخفضة بالقدر الكافي، لا يسلك الهليوم-4 الجامد سلوك الجامد لقد أضعتُ تعداد التجارب الشاهدة التي أجريناها بخلايا مختلفة من أجل إقناع أنفسنا بالظاهرة". ولقد نشر كيم وتشان نتائجهما في كانون الثاني/يناير 2004، مستنتجين أن الهبوط في العطالة الدورانية الذي لاحظاه "ربما" كان يرجع إلى 2% من الهليوم-4 كانت تخضع لتكثّف بوز–أينشتاين للانتقال إلى حالة الجامد الفائق. فهذا المكوِّن الشبحي للمنظومة في مواجهته للفيزياء الكلاسيكية، بقي في حالة راحة في إطار المختبر، يمرُّ بدون جهد إلى داخل الشبيكة الذرّية الاعتيادية وخارجها أثناء دوران الخلية حولها.

عندما أعاد كيم و تشان التجربة بعد ذلك بقليل مستخدمين الهليوم-3 لم يشاهدا مثل هذا السلوك. فعلى خلاف سلوك أبناء عمومته البوزونيات الأثقل منه، تمثّل ذرّات الهليوم-3، فرميونات fermions –بمعنى أنها ذات سبينات نصفية العدد الصحيح، وبذلك يمنعها مبدأ الاستبعاد



الشكل 1: الهليوم في طور الهليوم-4 هو النظير الأكثر انتشاراً من بين نظيرين مستقرين للهليوم، والنظير الآخر هو الهليوم-3. يوجد الهليوم كغاز عند كل ضغط ودرجة حرارة وهو يستعمل عادة في المناطيد ليمكنها من العوم في الجو نظراً لخفته. عندما يُبرَّد الهليوم-4 إلى درجة قريبة من درجة الصفر المطلق، يصبح سائلاً وينقلب في الدرجة 2.17K إلى مائع فائق بحيث يسيل(يتدفق) بدون لزوجة (بموجب القوانين الأساسية لميكانيك الكم تصبح ذرّات الهليوم-3، نظراً لكونها فرْميونات وليست بوزونات كالهليوم-4، مائعاً فائقاً عند درجة الحرارة الأكثر انخفاضاً 0.0025K بمجرد تزاوجها لتشكل بوزونات). وخلافاً لأي عنصر آخر، فإن الهليوم لا يتصلّب في درجة الصفر المطلق، ولكنه يفعل ذلك فقط بتأثير الضغط. وتبيّن التجارب الحديثة أنه يمكن للهليوم-4 المضغوط أن يدخل في حالة من المادة تُدعى الجامد الفائق عند درجة حرارة دون الدرجة 200 mK تقريباً، وهو ما تمّ التنبؤ به منذ عقود عديدة.



الشكل 2: دوران فائق يأتي الدليل الأكثر إقناعاً بأن الهليوم-4 الجامد يمكن أن يصبح جامداً فائقاً من تجارب هزاز الفتل. وحسبما اكتشف أون-سيونغ كيم في العام 2004، يجب أن تهبط العطالة الدورانية ومن ثم دور اهتزاز الهليوم4- الجامد فجأة عند درجة حرارة 175 mK تقريباً (الأحمر)، مما يشير إلى أن بعض البلورات قد قامت بانتقال طوري إلى حالة المائع الفائق الذي بقي ساكناً عندما كان الهليوم-4 الجامد "العادي" المحيط بها يدور حوله. ولكن لم يرَ الباحثون مثل هذا السلوك من أجل الخلية الزائفة (الأسود) أو عندما أعيدت التجربة بالهليوم-3 الذي هو ابن العم الفرميوني للهليوم-4 (الأزرق). وفضلاً عن ذلك، ازدادت درجة حرارة الانتقال إلى الجامد الفائق بزيادة تركيز شوائب الهليوم-3 في عيّنة الهليوم-4 (الخطوط الملونة، انزاحت شاقولياً نحو الأسفل للتوضيح)، كما أن التأثير اختفى في النهاية فوق تركيز 0.1% للهليوم-3.

من تشكيل مكثّف بوز-أينشتاين (BEC). ولكن يمكن لذرّات الهليوم-3 أن تنتج BEC إذا تزاوجت أولاً لتشكل بوزونات، وهي عملية مماثلة لتزاوج الإلكترونات في الناقلية الفائقة، التي يمكن أن تأخذ مجراها عند درجات حرارة أخفض من ذلك بكثير. وفي الحقيقة، فإن أول مشاهدة للميوعة الفائقة في الهليوم3- في العام 1972 عند 2mK فقط (وهو عمل فذ نال عليه D. Lee وD. Oscheroff وR. Richardson جائزة نوبل للفيزياء في العام 1996) قد كانت إشارة واضحة عن الصلة بين الميوعة الفائقة وتكثّف بوز-أينشتاين.

بمعرفة الأهمية المحتملة لاكتشاف الطور الجامد الفائق، فإنه على كل حال كان واضحاً أنه مازال يوجد بعض العمل الذي ينبغي القيام به قبل أن يسقط كيم وتشان كلمة "ربما" من دعواهما. وعلى وجه الخصوص، كانت توجد الإمكانية بأن "العطالة اللاتقليدية" التي سجلاها كانت تعود ببساطة إلى طبقة من الهليوم السائل-4 في العيّنة التي جرى اصطيادها في المسامات النانومترية القدّ لقرص الزجاج Vycor التي ينبغي أن تحتوي على الهليوم-4 كي تحفظه تحت ضغط كاف. لذا فقد أعاد الشريكان التجربة مستخدمين عيّنة كبيرة من الهليوم الجامد-4، ملاحظين هبوطاً في العطالة الدورانية يوحي بأن 1% من العيّنة قد أصبح جامداً فائقاً. ويبدي تشان ملاحظة فيقول: "إن ما أظهرته هذه التجربة هو أننا كنا نشاهد ظاهرة ماكروسكوبية، وليس ظاهرة كمومية موضعية. "أما الادعاء القطعي للشريكين فيما يخص اكتشاف الجامد الفائق فقد تمّ نشره في أيلول/سبتمبر من العام 2004 (يمكن الرجوع إلى Science 305 1941).

فوضى تامة

سرعان ما حفّزت النتائج الواردة من ولاية بنسلفانيا مجموعات بحث أخرى على تكرار تجربة كيم وتشان في هزاز الفتل. ومع بداية العام 2006 كانت ثلاث مجموعات كهذه قد أكدت نتيجة الجامد الفائق وهي مجموعات K. Shirahama والعاملون معه في جامعة كيو باليابان وM. Kubota وطلابه في جامعة طوكيو وJ. Reppy (الذي أجرى أبحاثاً لم تكلل بالنجاح للوصول إلى حالة الجامد الفائق

آخذاً بعين الاعتبار الأهمية المحتملة لاكتشاف الطور الجامد الفائق، فقد اتضح أنه ما زال يوجد بعض العمل ينبغي القيام به قبل أن يستطيع كيم وتشان إسقاط كلمة "ربما" من دعواهما.

في أواخر السبعينيات من القرن الماضي) وطالبه S. Rittner في جامعة كورنل في الولايات المتحدة.

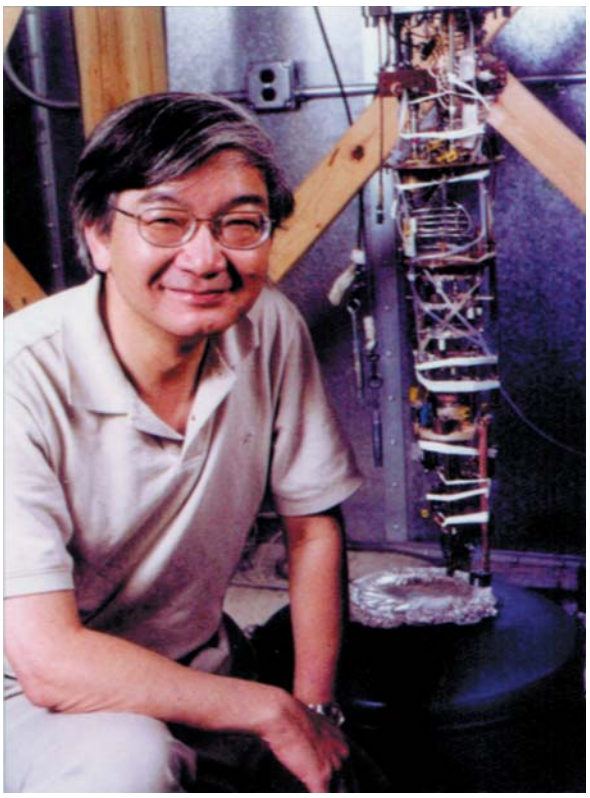
أكدت كلّ هذه المجموعات أنه دون درجة الحرارة 200mK تقريباً يسري حوالي 1% من الهليوم الصلب-4 بطريقة غير تقليدية. بيد أن ريبي وريتنر وجدا في تجربة كورنل أيضاً أنه بالإبقاء على درجة حرارة الهليوم-4 الجامد قريبة من درجة انصهاره ولعدة ساعات ومن ثم تبريده مجدداً ببطء، استطاعا تخفيض إشارة الجامد الصلب إلى أقل من 0.05% بل حتى جعلاها تختفي كلياً. ولما كان مثل هذا التلدين annealing (بمعنى التقوية بالإحماء) يُتَوقع منه أن يخفض سوية العيب imperfection في الجامد، فإن هذا يوحي بأن سلوك الجامد الفائق المشاهد ليس صفة شمولية للهليوم-4 الصلب الجرمي بل نتيجة لعيوب في البنية البلورية.

هذا التفسير المبني على اللاانتظام disorder دعَّمته تجارب عديدة أخرى. ففي أوائل العام الحالي، على سبيل المثال، أعاد ريبي تجربة كيم وتشان على الهليوم-4 الجرمي ولكن بعيّنات سُخِّنت ثم جُمِّدت بسرعة فائقة لكي تسبِّب خللاً في الانتظام، فوجد أن 20% من الصلب قد أصبح مائعاً فائقاً. وفي أثناء ذلك وجد أحد طلاب تشان (واسمه T. Clark) أنه عندما توضع بلورة أحادية فائقة النقاوة من الهليوم4- في هزاز فتل، فإن جزء الجامد الصلب يشكل 0.3% فقط. ويقول تشان: "لقد وجدتُ أن كلّ هذه النتائج الجديدة مشوشة جداً،" ويتابع قوله "إن الشيء المحيِّر هو أن الهليوم الجامد الذي كان محصوراً في زجاج Vycor في تجربتنا الأولية، وفي الذهب المسامي في تجربة أخرى، كان ينبغي أن يكون أسوأ نوعية من تلك التي تمخضت عنها نتائج ريبي الأخيرة –وبالرغم من ذلك فقد عثرنا على جزء من الجامد الفائق يساوي 2% فقط.

يبدو أن مثال الجوامد الفائقة أضعفته أكثر فأكثر تجارب "تدفق التيار المستمر DC flow" المستقلة التي أجراها J. Beamish والعاملون معه في جامعة ألبرتا بكندا عقب النتيجة التي حصل عليها كيم وتشان في العام 2004 بقليل. فلقد وضع هذا الفريق الهليوم-4 الجامد في مصفوفة من الأنابيب الشعرية وفتش عن دليل مباشر عن صلابة فائقة عبر خلق فرق في الضغط في العيّنة ورؤية ما إذا تدفقت أي كتلة كنتيجة لذلك. يقول بيميش: "إن سلوك الهليوم-4 الجامد مختلف تماماً عن ذاك الذي للموائع الفائقة "وتبيّن نتائجنا أنه عند الهبوط إلى الدرجة 30mK، لا يتدفق الهليوم-4 الجامد.

مبادرة النظريين

كثير من النظريين لا يدهشهم وجوب أن تعتمد حصيلة تجارب هزاز الفتل بشدة على الشروط التي جرى تحضير عيّنات الهليوم-4 الجامد على أساسها. ويرجع هذا في جزء منه إلى الحسابات التي أجراها N. Prokofev وB. Svistunov من جامعة مساشوسيتس وآخرون، من بينهم D. Ceperley من جامعة إيلينوي، مبيّنين أن الفراغات لا يمكن وجودها في درجة الصفر المطلق. وفي النتيجة، فإن



رجل الساعة رغم أن موسيس تشان المصوّر هنا إلى جانب هزازه الفتلي في جامعة ولاية بنسلفانيا يجد الموضوع غير مريح، فهل يكون هو الحائز القادم لجائزة نوبل في الميوعة الفائقة.

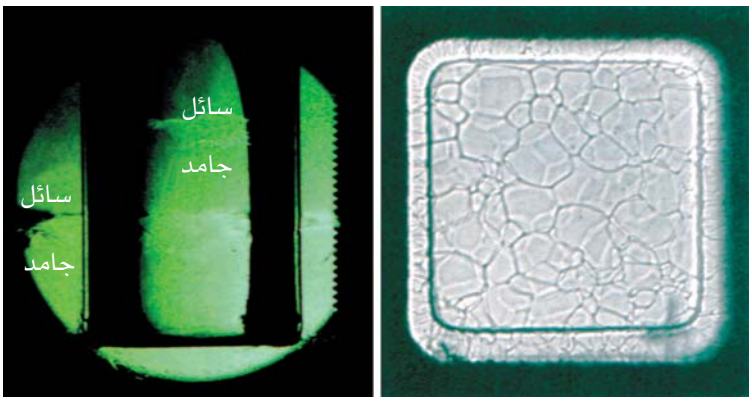
دليل جامد

الخلية التجريبية المحتوية على هليوم-4 جرمي والذي به وضع كيم وتشان ادعاءهما الحاسم بالجامد الفائق في عام 2004.

الميوعة الفائقة في بلورة الهليوم-4 قد لا تكون بسبب تكثيف بوز–آينشتاين للفراغات. بالفعل، وفي العام الماضي شكك تشان نفسه بهذا التفسير حينما اكتشف أن جزء الجامد الفائق لم يتناقص كتابع للضغط، حسبما كان ينبغي أن يفعل لو كان الهبوط الملاحظ في العطالة الدورانية يعود لتشكل تكثُّف بوز–أينشتاين.

ولكن هناك سبب أكثر إلحاحاً للتشكيك بتنبؤ أندرييف وليفتشيتز في التقدم الحديث الذي تحقّق في فهم الكيفية التي قد تولِّد فيها بعض الأنواع من العيوب البلورية توقيع signature بصمة شبه الجامد الفائق. ويقول سفيستونوف: بناءً على الحسابات العددية ومن حيث المبدأ، نحن نكفل وجود طورين جامدين فائقين على الأقل للهليوم-4. ويدَّعي أن واحداً منهما يوجد في حدود حبة مائع فائق، يبلغ عرض الطبقات فيها حوالي ثلاث ذرّات تفصل مناطق ذات توجه بلوري مختلف. وأما الآخر فهو طور زجاجي لمائع فائق، تشكل فيه ذرّات الهليوم-4 حالة "زجاج فائق superglass" غير منتظم حيّزيّاً ولكنه شبه مستقر (Phys. Rev. Lett. 96 105301).

وحديثاً، تمكّن S. Balibar من مختبر الفيزياء الإحصائية لدى المدرسة العليا في باريس من العثور على دليل على الميوعة الفائقة في بلورات الهليوم-4 مع حدود الحبات. ورغم أن شبكة لها مثل هذا الكيان سوف تولّد عطالة دورانية غير تقليدية (هي التي ستظهر في هزاز الفتل)، فإنه وزملاءه استعملوا بدلاً من ذلك جهازاً يشبه مقياس الضغط ليبحثوا عن دلائل مباشرة للصلابة الفائقة (انظر أعلاه).



تدفق بلوري ملأ سيباستين باليبار والعاملون معه آنيتين مستطرقتين بالهليوم-4 الجامد إلى ارتفاع مختلف (إلى اليسار) واستعملوا كاميرا ليروا فيما إذا وصلت المنظومتان إلى حالة التوازن(أي كما يفعل سائل). وبالنسبة لبلورات ذات حدود الحبّة (كما هو مبيّن على اليمين في بلورة هليوم-4 جامد مساحتها حوالي سنتيمتر مربع واحد)، فقد لاحظ الفريق فعلاً مثل هذا التدفق للكتلة.

وبالمماثلة مع تجارب التدفق التي أجراها بيميش والعاملون معه، كانت فكرتهم أن يضعوا الهليوم-4 الجامد في داخل أنبوب زجاجي وأن يستخدموا كاميرا لرؤية تدفق الكتلة استجابة لفرق الارتفاع بين داخل الأنبوب وخارجه.

يقول باليبار: "لا تبدي البلورات من النوعية الجيدة تدفقاً، في حين تفعل ذلك البلورات ذات حدود الحبيبات، ولذلك فإن قدراً محدوداً من اللاانتظام يكفي لذلك". ولكنه مع ذلك يقرُّ بأنه يصعب على شبكة من حدود حبات مائع فائق أن تعلل أجزاء الجامد الفائق الكبيرة التي تشاهد في تجارب هزاز الفتل. ويضيف باليبار قائلاً: "قد تكون حدود الحبات grain boundaries تلك هي التي تربط مناطق سائلة أو زجاجية في بلورات فوضوية (غير منتظمة disordered) لتولّد توقيع جامد فائق ضخم. ولما كان من غير المحتمل لحدود حبات كهذه أن تصطف في قنوات ضيقة في مادة ما، فإن ذلك قد يفسِّر لماذا لم يرَ بيميش والعاملون معه مثل هذا التدفق في تجاربهم التي اعتمدت الخاصة الشعرية.

لقد سجّل V.Grigor'ev وزملاؤه من أكاديمية العلوم في أوكرانيا في شهر شباط/فبراير من هذا العام دليلاً على الطور الزجاجي في الهليوم-4 الجامد الذي وجده بروكوفيف وسفيستونوف في حساباتهما. وبالقياس الدقيق لضغط عيّناتهما كتابع لدرجة الحرارة، T، وجدا ابتعاداً عن التبعية dependence التقليدية المتوقعة T^4 واقتراباً من التبعية T^2 لدرجة الحرارة دون الدرجة 300 mK. ويدّعي الفريق أن هذا ما سيتوقع فيما لو تشكّل طور زجاجي، ويوحي بأن مثل هذا الطور قد يفسِّر النتائج الشاذة التي وجدت من قبل في الهليوم-4 الجامد.

> قد تكون حدود الحبات هي التي تربط مناطق سائلة أو زجاجية في بلورات غير منتظمة لتولّد توقيع الجامد الفائق.

يأمل تشان أن تساعد دراسات كهذه، والتي تبحث عن تواقيع ترموديناميكية للصلابة الفائقة، في حلِّ قضية المسؤول عن توقيع الجامد الفائق المشاهد في تجربته. ويقول تشان: "باستثناء تجربة كودكيند الأصلية فوق الصوتية ultrasound، فإن معظم الأدلة القاطعة عن الجامد الفائق لاتزال تأتي من قياسات هزاز الفتل". ويضيف قائلاً: "وفي رأيي فإن نتائج باليبار ربما تعود إلى أفلام الهليوم-4 السائل المتدفقة على امتداد "الشقوق cracks" أو حدود الحبات ولا علاقة لها بظاهرة الجامد الفائق التي رأيناها في تجاربنا".

تقوم مجموعة تشان الآن بإجراء دراسات ترموديناميكية تخصُّها. وفي لقاء آذار/مارس للجمعية الفيزيائية الأمريكية في دنفر هذا العام، قدّم أحد طلابه الجدد، اسمه X. Lin، قياسات عن السعة الحرارية للهليوم-4 الجامد كتابع لدرجة الحرارة، مبيّناً أن له الشكل التقليدي المتوقع مع قمة إضافية عند درجة الحرارة ذاتها (حوالي 80mK) وهو الموضع الذي تبديه إشارات هزاز الفتل. ويقول تشان: "نحن بحاجة إلى القيام بتجربة شاهدة أخرى لتثبيت ذلك قبل أن نستطيع القول فيما إذا كانت لتلك القمة علاقة بالجامد الفائق.

تساؤلات كبرى

وعليه، هل يأخذ تشان موقعه في الطريق إلى جائزة نوبل القادمة حول الميوعة الفائقة؟ ويقول كودكيند: "إننا بالاستناد إلى الدليل التجريبي الراهن، نحن لا نعلم ما إذا كان تشان يشاهد حالة الجامد الفائق، وبناءً على ذلك نعلم إذا كانت هذه الحالة موجودة". ويضيف "إن تجارب هزاز الفتل تبدي وحدها إشارة صريحة – أما الدراسات الأخرى للتدفق المباشر مع تجارب تبعثر أشعة X والنترونات فإنها لا تقدم أي دليل على الصلابة الفائقة كما لم تنجح حتى الآن محاولات البحث عن توقيع ترموديناميكي". لكن كودكيند يأمل بأن العديد من الأبحاث التجريبية الراهنة للجوامد الفائقة – التي تتضمن دراسات حديثة أنجزها بيميتش على نحو يشبه تجربته والتي أجراها في عام 1997- ستكون قادرة على تحديد سبب السلوك الشاذ الذي رآه تشان ورآه هو.

يعتقد Tony leggett من جامعة إيلينوي، وهو الذي بيَّن في العام 1970 أن عطالة الدوران اللاتقليدية تُعدُّ واصماً لحالة الجامد الفائق، أن نتائج ريتنر–ريبي على بلورات غير منتظمة تُعدُّ معبرة جداً. ويقول بهذا الصدد "إن هذه المعطيات بالنسبة لي توحي بأن

ما رآه الناس حتى الآن هو من باب الديناميكا الشاذة anomalous kinetics، وليس عطالة دورانية لاتقليدية". ولكنه يضيف قائلاً بأننا كي نكتشف ما هو مؤكد فإننا بحاجة إلى تجربة "هيس–فيربانك Hess-Fairbank"، التي خضع فيها الهليوم4- الجامد إلى تدوير rotation تيار مستمر (DC) وليس تدوير تيار متناوب (AC) كما في هزاز الفتل.

ويتفق معه Philip Anderson بصورة أساسية. وفي هذا يقول: "لا ترى أيٍ واحدة من التجارب الميوعة الفائقة أصولاً، ولكنها ترى بالفعل دليلاً على مائع كمومي quantum fluid". ويسمي أندرسون هذا المائع الكمومي مائعاً دوّامياً vortex fluid وذلك، كما يقول، لأن الدليل حتى اليوم يدعم فكرة أن الدوّاميّة vorticity –وهي وسيط أساسي في وصف الميوعة الفائقة– مكمّاة ولكنه لا يدعم فكرة أن الدوّامات مجمّدة.

وفي غضون ذلك، يركّز تشان (الذي يفضل أن لا يسترسل في الكلام عن إمكانية رحلة إلى استوكهولم) على دور العيوب البلورية، بإحداث عدم انتظام في عيّنات الهليوم-4 الجامد بصورة نظامية ثم قياس استجابة الجامد الفائق، وهو يقول في هذا الشأن: "من العبث أن تشغل نفسك بتجربة دوخت العديد من النظريين بالتفكير فيها وشجعت زملاء تجريبيين للمشاركة معهم في التفكير"، ويتابع قوله: "يبدو التقدم بطيئاً في بعض الأحيان، ويمكن أن يكون من المحبط أن تجد نفسك في طريق مسدودة. ولكن ما هو أكثر تسلية أن تكون المحقق بدلاً من أن تقرأ قصة بوليسية".

ذهب فوري

ف. ماك كينا
صحفي بالمجال العلمي يقيم في بوسطن

الكلمات المفتاحية

توضعات الذهب، سائل الحمم البركانية، منظومات مائية حرارية، مصيدة، أبخرة الكبريت.

ملخص

ابحث في المكان المناسب، وسوف تعثر على توضُّعات من المعدن الثمين تتشكل أمام عينيك. هذا ما يستكشفه Phil McKenna في بحثه.

قد تكون البراكين نافعةً لما هو أكثر من الحمم البركانية والرماد

هل تود أن تشق طريقك إلى الثراء؟ اصغ إذاً لما يلي: إذ يحتمل أن يوجد ثمة ذهبٌ جديدٌ يتكدّس هناك ..... إنه ليس مجرّد ذهب غير مكتشف، لو تَفْطَن له، بل توضعات جديدة الدمغة. إنه يبدو ذلك المعدن المتألق الذي يظلُّ الرمز المطلق لثراء يمكن جمعه بأسرع مما يفكر أي امرئ، إذ يُستطاع ترقيد توضعات ضخمة من هذه المادة في غضون عمر بشري أو حتى في غضون أيام.

فبالنسبة لما عرفه ويعرفه أي امرئ عن أساسيات الجيولوجيا كان يتم التسليم بأن خام الذهب يستغرق الملايين من السنوات كي يتوضّع. أما الآن فإن التحريات في منجم غامض بمركز بركان في جزيرة Lihir في منطقة بابوا Papua في غينيا الجديدة، أخذت تغير كل ذلك. ويقول Mark Hannington، وهو خبير في الجيولوجيا الاقتصادية من جامعة أوتاوا في كندا: "بمجرد أننا فكرنا أننا توصلنا إلى الكيفية التي يتشكل بها الذهب، بدأ التشكيل السريع في منطقة Lihir يقلب كل ما نعرفه رأساً على عقب".

إن هذه الاكتشافات ليست آخذة بتغيير فهمنا للطرائق التي تؤدي إلى تشكل توضعات الذهب فحسب، بل يمكنها أيضاً أن تحوّل الطريقة التي يتبعها المستكشفون بحثاً عن غنيمتهم النفيسة.

يصعب بالطبع العثور على الذهب فلولا صعوبة ذلك لما كان قيماً إلى هذا الحد. ومع أنه عادة ما يكون مبعثراً في القشرة الأرضية بشكل كميات أثرية، فإنه في بعض الأحيان يتركز بشكل توضعات تحتوي على نمشات معدنية كثيرة تكون في العادة أصغر من أن ترى بالعين المجردة. وتدخل مجموعة من الآليات في تكوين هذه التوضعات بدءاً من الصخور المضغوطة جداً والتي تنزُّ سائلاً غنياً بالذهب في أعماق الأرض، وانتهاءً بالأنهار التي تترك آثاراً من ثمالات الذهب على ضفافها.

ويمكن لهذه المادة الثمينة أن تتوضع أيضاً بواسطة الينابيع الحارة وغيرها من المنظومات المائية الحرارية التي يسخن ماؤها، القادم من أعماق الأرض، بواسطة الصهارة أو الماغما– ثم الارتفاع إلى السطح حاملاً الذهب المذاب معه. ويقدر حالياً بأن خُمس توضّعات الذهب كله في العالم، ومن ضمنها تلك الموجودة في جزيرة ليهير، قد تكوّن بهذه الطريقة.

ومهما تكن الآلية، كان كل شيء يبدو وكأنه يشير إلى كون هذه العملية بطيئة للغاية. ففي أوائل التسعينيات من القرن الماضي، قام Edwin McKee من قسم المسح الجيولوجي الأمريكي في الولايات المتحدة باستخدام التأريخ بالقياس الإشعاعي radiometric dating (وهي تقنية مبنية على معدل تحلل النظائر إلى عناصر مستقرة) وذلك لتقدير توضّعات الذهب في الأنديز the Andes واستنتج أنها استغرقت مليون سنة أو أكثر حتى تمّ تشكلها. ومنذ ذلك الوقت والدراسات الخاصة بالمعادن النفيسة الأخرى كانت توحي بأنها يمكن أن تتكون ضمن مقاييس زمنية أقصر وقتاً، ولكن استمرت نظرية تَشَكُّل فلز الذهب بشكل بطيء وثابت تراوح مكانها.

ومن أجل إنشاء مكمن للذهب، يجب توافر ثلاثة أمور: مصدر للذهب، ووسيلة نقل، ومصيدة trap. فبالنسبة للمنظومات المائية الحرارية، تصوّر الباحثون أن الماغما هي المصدر المحتمل. وحينما تبدأ حرارة ألسنة الصخور المنصهرة في التبرّد والتبلور في أعماق القشرة الأرضية، تنفث تلك الألسنة طبقة من سائل ذي أساس مائي ترتفع نحو السطح. وقد كان من المعروف في السابق أن هذا السائل غنيٌّ بمعادن منحلة، بما في ذلك الذهب وأبخرة الكبريت، ومنذ السبعينيات من القرن المنصرم كان يُظنّ أن هذا السائل هو وسيلةالنقل. أما آلية الاصطياد التي تجعل الذهب يترسب من هذا السائل كمعدنٍ نقي فإنها بقيت لغزاً.

هذا ولم تكن وسيلة النقل المذكورة آنفاً صالحة. إذ إن قياسات الينابيع الحارة الناشطة، والتي بدت كمصادر محتملة لتوضعات الذهب المستقبلية، لم تكن لتزوّد ما يكفي من الذهب المذاب. فقد كانت التراكيز منخفضةً للغاية إلى حد أنها قد تحتاج إلى ملايين السنوات لتشكيل مكمن مهم وهذا يفوق بكثير الزمن الذي يظن أن الصخر المصهور الموجود إلى الأسفل منه قد استدامه.

ومن ثم في العام 1985، قام Kevin Brown– المختص بالكيمياء الجيولوجية من مركز الأبحاث الحرارية الأرضية في ويراكي Wairakei في نيوزيلاندا، باكتشاف مذهل. ذلك أن البخار– الذي يشغّل توربينات المنشأة– كان يتولد عن طريق جعل المياه (ذات الحرارة والضغط العاليين والنابعة من أعماق الأرض) تنفذ عبر ثقوب صغيرة في صفائح معدنية مثبتة على السطح. ففي الوقت الذي كان يتبخر فيه بعض الماء، فإن هذا الأخير كان يترك وراءه تجمُّعاً قاسياً مائلاً للخضرة حول الفتحة في إحدى الصفيحات تلك، وعندما اختبر براون هذا التجمّع وجده يحتوي على كمية ضخمة مفاجئة من الذهب. وفي هذا الصدد يقول براون (وهو حالياً يعمل كمستشار مستقل): "لقد صُعقنا حينما اكتشفنا فعلياً ماهية ذلك التجمع".

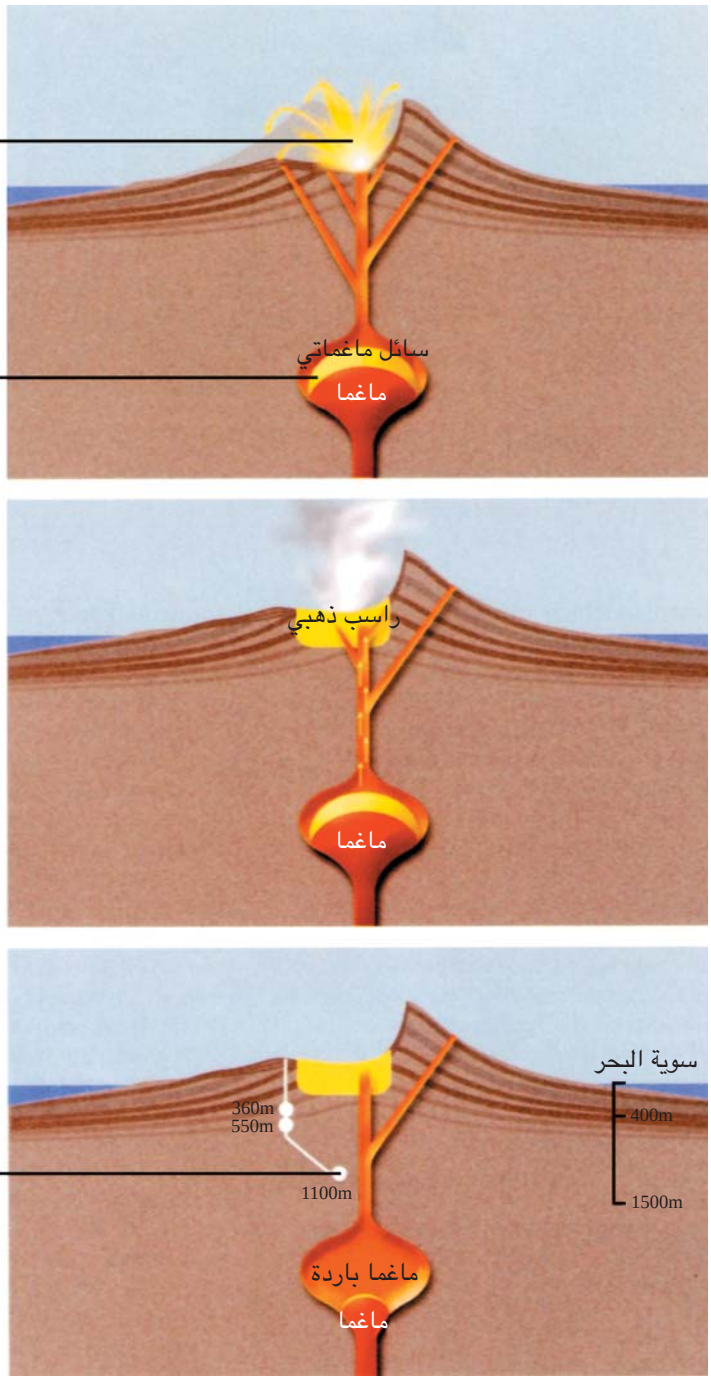
لقد تحقق براون من أن المياه التي كان الجميع يختبرها عند الينابيع الحارة كانت قد فقدت

جزيرة الكنز

تعد جزيرة ليهير في غينيا الجديدة الموطن الأصلي لأحد أكبر مناجم الذهب في العالم.

لا تستغرق العملية سوى سنواتٍ قليلةٍ.

تبين القياسات المأخوذة من بركان على جزيرة ليهير في بابوا بغينيا الجديدة أن حدثاً كارثياً قد يسبب تشكُّل مكمن ذهب كبير في غضون آلاف من السنوات أو حتى أقل، وربما أقل من ذلك بكثير.



بالفعل الكم الأكبر من الذهب الموجود فيها. وقد فسر ذلك كالتالي: فعندما تبدّلت المياه والأبخرة الكبريتية من حالة السائل إلى الحالة الغازية بالقرب من السطح، تركت وراءها ثمالة residue من المعادن، بما فيها الذهب، انحلّت بدورها في السائل. فإذا صحت حجته فإنه يكون قد وجد بالفعل الحلقة المفقودة في الكيفية التي تشكل فيها المنظومات المائية الحرارية hydrothermal system توضّعات الذهب: وهذا يعني أن السائل كان هو وسيلة النقل، وأن المصيدة trap كانت نقصاناً في الضغط أدى إلى غليان الكبريت، بحيث سبّب تغيُّر خواص المحلول مما جعل الذهب يترسب من الماء المتبقي. وبشكلٍ قاطع فقد عنى أيضاً أن التوضعات يمكن أن تتشكل بشكل أسرع بكثير مما يمكن أن يظنه أي امرئ.

ومن أجل التأكد يقيناً احتاج براون إلى الحصول على عينات من المياه تحت مكمن للذهب كانت المنظومة الحرارية المائية التي شكلته ما تزال ناشطة. ولقد كان ثمةَ مكان وحيدٌ كهذا فقط، وهو مكمن لادولام الضخم في جزيرة ليهير، وهو أحد أكبر توضعات فلز الذهب في العالم وأحدثها عمراً، وإذ يحتوي على أكثر من 1000 طن من الذهب (راجع المخطط يميناً). ولكن كانت ثمة مشكلة واحدة فقط: فالسائل الذي كان براون يحتاجه –من أجل فحصه – كان يتوضع على بعد ما لا يقل عن كيلومتر في الأعماق تحت السطح.

عمل براونٍ بين الفينة والأخرى ولمدة عشرين عاماً على التوصل إلى العينة. وقد لاحت الفرصة أمامه بعدما قام عمال مناجم بحفر سلسلة من الآبار العميقة تحت مكمن لادولامٍ بغية خفض حرارة وضغط البخار المحتبس تحت المنجم، وذلك لتحقيق أسباب السلامة. إلا أن توجيههم لعملية الحفر طرح مشكلة. فقد بدأت عملية حفر بعض الآبار بغرز نَصْل شاقولي عند محيط المكمن، ثم غيّر هذا النصل اتجاهه بغية المرور أسفل المكمن. وكيما يلتقط براون عينة ما احتاج أن يصمّم وعاءً يمكن إنزاله باتجاه الأسفل بشكل مستقيم ثم ينعطف بزاوية ما. وحالما يصبح الوعاء في الموضع المطلوب، يجب ملؤه بالسائل، ثم غلقه بشكل محكم وهو ما يزال عميقاً تحت الأرض، ومن ثم إعادته إلى السطح دونما أي تسريب قطرةٍ من حمولته الثمينة.

لقد تمثل وعاء جمع العيّنات الذي ابتكره براون، في نهاية المطاف، في أسطوانة من التيتانيوم بطول مترين مجهزة بدواليب تمكّنها

يمكن لمنشآت الطاقة الجيوحرارية أن تساعدنا في حصاد الذهب من المياه الجوفيه

ثروات مقاطعة الرند

إن ما نسبته 40% من الذهب الذي تمّ تعدينه خلال التاريخ المسجل قد جاء في السنوات المئة والعشرين الماضية من حوض Witwatersrand في جنوب إفريقيا. وفي الواقع لا يعلم أحدٌ كيف امتلكت مقاطعة "الرند" هذا الكم الكبير من الذهب. وتقول إحدى الفرضيات أن أحد أنهار حقبة ما قبل التاريخ قد حمل الذهب إلى بحيرة أو قاع بحر صاغ الحوض الحالي. وحسب هذا السيناريو، انساب الذهب داخلاً من الجبال المحيطة عبر الأزمنة وتراكم كراسب. وثمة فرضيةٌ أخرى ترى أن الذهب قد وصل بعدما توضّع الراسب.

وقد اكتشفت دراسةٌ حديثةٌ قام بها فريق عالم الجيولوجيا John Chesley في جامعة أريزونا في توسكن Tucson باستخدام تقنيات تأريخ بالقياس الإشعاعي أن عمر الذهب في مقاطعة الرند هو نفس عمر الراسب، أي حوالي ثلاثة بلايين سنة. مما يعني أن الذهب لا يمكن أن يكون قد تشكل بعد توضّع الراسب؛ وبذلك لا بد أنه قد نتج عن تآكل الجبال المحيطة.

ولكن كيف دخل الذهب إلى أعماق الجبال في المقام الأول؟ يعتقد الباحثون حالياً بأنه قد تشكل مبدئياً (بواسطة) منظومة هدروحرارية مشابهة لتلك الموجودة على جزيرة ليهير، ولكنهم لا يعرفون بعد كيف توضّعت كميةٌ كبيرةٌ من الذهب. يقول Stuart Simmons من جامعة أوكلاند في نيوزيلندا: "يكره الجيولوجيون بعضُهم بعضاً بسبب آرائهم حول هذا الموضوع، إذ إن هذه الآراء تمثّل جدليات مثيرة تلبس لبوساً دينياً محموماً على نحو ما".

من التدحرج نحو الأسفل تحت تأثير الجاذبية. وقد اعتلى جانب هذا الوعاء الجامع للعيّنات بالقرب من ذروته عمودان متفصلان مطويان مبدئياً على الجانبين مثل أجنحة الحشرة. فحالما تنخفض هذه النبيطة في موضعها، يعمد شدٌّ لأحد الأسلاك إلى رفع الوعاء الجامع للعيّنات بحيث يضبُّ الجناحين داخل جانبي البئر. وهذا بدوره يقدح آلية تدفع إبرة حادة إلى داخل صفيحة رقيقة من المعدن موجودة في أعلى الأسطوانة، بحيث تصنع ثقباً قطره 2 ملّيمتر. وسوف يشق ماء البئر–ذي الضغط المرتفع– طريقه بالقوة عبر صمام وحيد الاتجاه، ويبقى محتجزاً داخل المعيان sampler السابق الذكر.

حينما حلل كل من براون والعالم الجيولوجيStuart Simmons (من جامعة أوكلاند في نيوزيلاندا) الماء، تأكدت فكرتهما، إذ احتوى الماء على نسبة 15 جزءاً في البليون من الذهب المذاب، وهي نسبة تركيز تفوق ألف مرة ما تمّ تسجيله في المياه السطحية للمنظومات الهدروحرارية. وقد أجرى الباحثون حساباتهم كالتالي: إذا أخذنا بالاعتبار سرعة تدفق الماء في منظومة ليهير، فإن 24 كيلوغراماً من الذهب تنضاف إلى مكمن لادولام في كل سنة، وأنه ربما يكون مكمن الفلز بأكمله قد تشكّل في غضون 55000 سنة.

وحتى هذا المعدل السريع للتشكل قد يكون محافظاً جداً، وفقاً للحسابات التي أجراها Christoph Heinrich من معهد الاتحاد السويسري للتقانة في زيوريخ. فقد أمضى هانريك أكثر من عقد من الزمن في تحليل عينات ميكروسكوبية لسوائل هدروحرارية محتجزة داخل بلورات من الكوارتز كانت قد تشكلت على عمق بضعة كيلومترات تحت السطح. وهنا أعطى سحق هذه البلورات كميات أثرية من السائل، وعندما حلّلها هانريك وجد تراكيز من الذهب تفوق بكثير حجم ما وجد في ليهير.

لذلك، فهو يعتقد أن المنظومة الهدروحرارية التي تحرّاها كل من براون وسيمونز ربما تكون قد تجاوزت فوعتها أو تكون قد احتوت على تراكيز ذهب أكبر. ويقول هانريك متحدثاً في هذا الصدد عن المواقع التي درسها في الأرجنتين وأندونيسيا وجنوب شرق أوربا والولايات المتحدة: "إذا التزمت بهذه الجدلية التي يستخدمانها على سوائل ذات تراكيز أعلى بآلاف المرات، فإن زمن تشكيلها قد يكون أقصر بألف مرة (أي خمسين أو ستين عاما)".

العاصفة المثالية

كيف يكون ذلك؟ يقترح هانريك أنه يمكن أن يكون مكمن ليهير قد تشكّل خلال حادثة كارثية وحيدة. فمن المعروف أن انفجاراً في ليهير منذ حوالي 400000 عام مضت قد أغرق ربع هذه الجزيرة البركانية في عمق البحر. ويمكن لهذا الانخساف أن يكون قد سمح للسائل الغني بالذهب الكائن تحت بقايا البركان بأن يصعد إلى السطح ويترسب سريعاً في مكمن مركز (انظر المخطط المرافق). ويقول هانريك: "إن أفضل تخميناتي هو أن هذا قد حدث في غضون خمسين عاماً، بعد حدوث الانهيار بقليل".

إننا نتناقش الآن –ولكن هل يمكن أن يكون هذا قد حدث بشكل أسرع؟ فالعالم Greg Hall وهو الجيولوجي الرئيسي الأسبق ومدير الاستكشاف لدى الشركة الكندية المنقبة عن الذهب Placer Dome، يقول أن ذلك محتمل الحدوث. ويروي قائلاً: "إن شعوري الفطري حينما أرى ليهير أنها قد تشكلت في نفس الوقت الذي استغرقه انفجار جبل سنت هيلينز Saint Helens Mount (شهر أو يوم أو ربما زمن أقل لا يتعدى خمس ساعات" وإنه يعتقد بأن "عاصفة محكمة الظروف" قد تجمّعت لتشكل مكمناً ضخماً. "إنك تحتاج إلى مستودع كبير من الماغما حافل بمحلول غني بالذهب، ولكنك تحتاج أيضاً إلى قادح سريع، مثل بركان ينفث، وذلك حتى تستطيع تحرير المحلول بشكل آني".

ولن يكون الأمر بهذه السرعة على الدوام. ويقول Mckee في هذا الصدد: "أعتقد أنك سوف تجد اختلافاً كبيراً إذ يمكن لمكامن الذهب في أي مكان أن تتشكل حسب ترتيب يتراوح بين ملايين السنين وحتى مجرد ساعات".

وهكذا نتساءل أين سيحدث الاندفاع الذهبي القادم؟ فبدلاً من انتظار أن تأخذ الطبيعة مسارها، كان سيمونز وبراون يحاولان استخدام نتائجهما في هندسة مصيدة ذهب صنعية. وفي التسعينيات من القرن المنصرم، وبعد أن اكتشف براون الذهب وهو يترسب في المحطة الجيوحرارية، قام ببناء وعاءين يجمعان الذهب من الماء أثناء مروره من الضغط المرتفع إلى الضغط المنخفض في الآبار المتاخمة لمنشأة أخرى في نيوزيلندا. لقد احتوى كل وعاء مشابه في حجمه وشكله لبرميل النفط، على سلسلة من حوالي 50 صفيحة فولاذية مثقبة بفتحات صغيرة. وقد سمحت الفتحات للمياه أن تنساب عبر الوعاء في حين قدّمت الصفيحات مساحة سطحية كبيرة يمكن للذهب أن يترسب عليها.

بيد أن ما هو مخيب للآمال أن العائد لم يكن يستحق ذلك الجهد. ويقول براون متحدثاً عن التكلفة والإيراد السنويين المقدرين، على افتراض أن العملية ظلت لمدة عشر سنوات: "سوف يكلفنا الحصول على نصف مليون من الذهب ثلاثة ملايين دولار نيوزيلندي (أي 2 مليون دولار أمريكي). وأغلب التكلفة تتبع لبناء وعاء يتحمل مثل هذه الضغوط المرتفعة. أما التكاليف الأخرى فتأتي من الخسائر في المحطة عندما يتحتم إغلاق (إيقاف تشغيل) البئر بغية قشط الذهب عن الصفائح المعدنية، يضيف براون قائلاً: "ففي كل ساعة تكون فيها محطة الكهرباء خارج العمل، تقوم أنت من جانبك بهدر النقود ليس إلاّ".

وعلى كل حال، قد تكون الآفاق آخذة بالتحسّن. فقد تضاعف سعر الذهب تقريباً منذ أول جهاز بناه براون لجمع الذهب. وفي شهر أيلول/سبتمبر من العام الماضي، أرسلت وزارة الطاقة في الولايات المتحدة براون إلى توكسن Tucson، في أريزونا، للتحدث عن إمكانيات "المصائد" الصناعية في مؤتمر حول استخلاص المعادن من المياه الهدروحرارية. ويحاول براون حالياً برفقة سيمونز تأمين تمويل اختبار تصاميم أوعية جديدة. وتتمثل إحدى الاحتمالات في منظومة من وعاءين يمكن فيها تشغيل الوعاءين بشكل متناوب تفادياً لإيقاف تزويد المحطة بالبخار أثناء جَنْي الذهب. وقد تساعد زيادة المساحة السطحية للصفائح وكذلك إيجاد مواد لتسريع توضُّع الذهب.

ويسلِّم براون بأن: "هذا المكان لن يكون أبداً جزيرة ليهير قادمة، بل يمكن أن يكون خطاً مفيداً جانبياً لمحطة قدرة كهربائية. فالمنظومة الهدروحرارية تؤدي فعلياً مهمة التنقيب لصالحك، وكل ما عليك فعله فقط هو استخلاص الذهب".

انطلاقة متجدّدة للاندماج البارد

علماء الفيزياء يهزؤون، ولكن المتحمسين منهم يقولون أنهم يمتلكون حالياً الدليل القاطع الذي يثبت أن الاندماج في درجة حرارة الغرفة أمر حقيقي.

***Bennett Daviss** يلقي نظرة أكثر قرباً.*

الكلمات المفتاحية

مكشاف، توضع مترافق، تحليل كهربائي، شعاب.

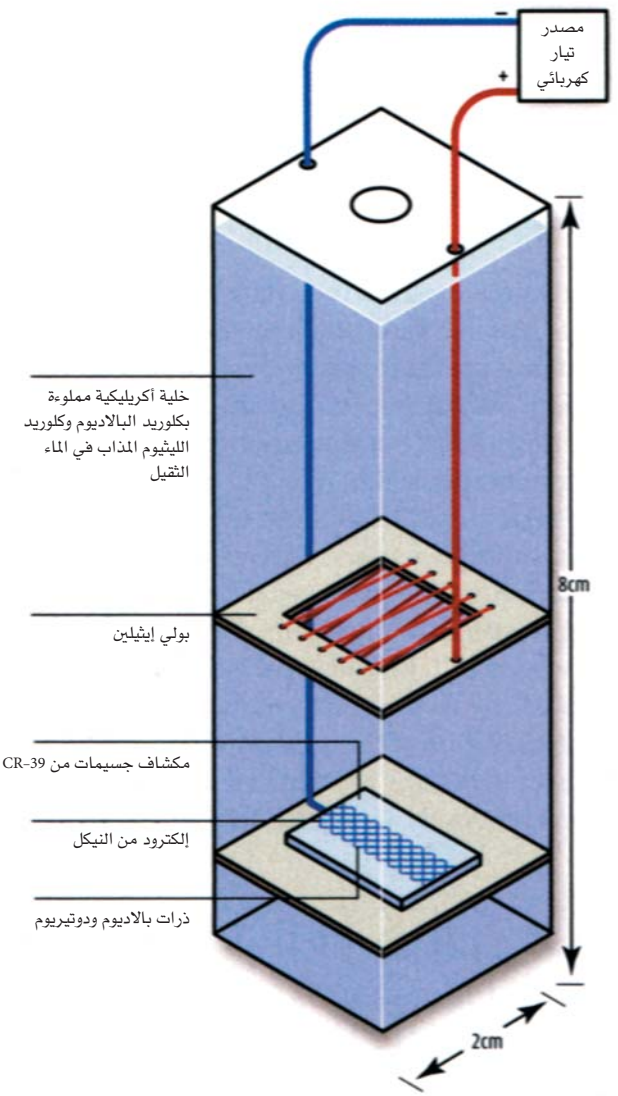
صحيح أن الرقاقة البلاستيكية التي يفتخر بعرضها Frank Gordon تشبه عن بعد شريحة مكروسكوبية عادية، لكنها بالنسبة لغوردون تعدُّ أكثر أهمية من ذلك بكثير. فإذا ما أُخذ برأيه في الوسط العلمي فإن نموذج الوهدات pits المنطمرة في هذا البوليمير الفضي الباهت يقدِّم تأكيداً للفكرة القائلة بأن تفاعلات الاندماج النووي يمكن استحداثها عند درجة حرارة الغرفة وذلك باستخدام معدّات مخبرية بسيطة. إنه ادعاءٌ دراماتيكي، لأن الاندماج النووي يبشِّر إجمالاً بطاقةٍ لا محدودة.

تُعدُّ رقاقة غوردون البلاستيكية أحدث منتج في سلسلةٍ طويلةٍ من تجارب "اندماج بارد cold fusion" أجريت في مركز منظومات الأسطول الحربي والفضائي في سان دييغو في كاليفورنيا. وما يميِّز هذه الرقاقة البلاستيكية هو أنّها قد نشرت في مقالة علمية في مجلة Naturwissenschaften المحكَّمة التي يعتبر ألبرت آينشتاين Albert Einstein وفيرنر هيزينبرغ Werner Heisenberg وكونراد لورنز Konrad Lorenz من بين مؤلفيها السابقين المرموقين. فهل يصدق حقّاً أن يتحقّق فعل الاندماج النووي عند درجة حرارة الغرفة وذلك باستخدام تجهيزات مخبرية بسيطة ليس إلاّ؟ لا يعتقد معظم الفيزيائيين النوويين ذلك، وينفون قطعة غوردون البلاستيكية ذات الوهاد pits معتبرين إياها مجرد نتيجة لتجربة أسيءَ تصورها. فمن هو المصيب إذاً يا ترى؟

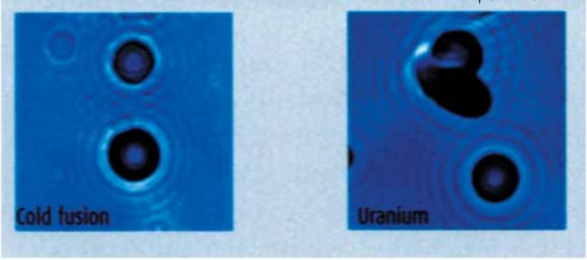
إن الفكرة القائلة بأن الاندماج البارد قد يكون ممكناً إنما اندلعت في آذار/مارس عام 1989، وذلك عندما أعلن الكيميائيان Martin Fleischmann وStanley Pons، العاملان في جامعة يوتا، أنهما قد أجريا تجربة تحليل كهربائي على طاولة الاختبار تحقَّق فيها تفاعل اندماجي، تولَّدت عنه طاقة

الاندماج في المختبر

يقوم باحثو الأسطول الأمريكي بتمرير تيار كهربائي عبر محلول يحتوي على أيونات البالاديوم. وبينما يتوضع البالاديوم على ركازة النيكل ترتصّ ذرات الدوتيريوم داخل البنية الشبيكية للبالاديوم ويحدث تفاعل غامض. ويوحي نموذج الوهاد المتروكة على مكشاف بلاستيكي للجسيمات بحدوث تفاعلات نووية.



منظر مكبر مجهرياً للوهاد المتروكة في CR-39. يتم توليد نماذج مماثلة بواسطة إشعاعات ألفا الصادرة من اليورانيوم المستنفد.



فاقت ما استهلكه لذلك. وقد بدا أن ثمّة عالماً من وقود مجاني إجمالي لا نهاية له يلوح في الأفق –ولكن لم تدم تلك الفكرة طويلاً، إذ سرعان ما ثبت ضلال نتائج فليشمان وبونز في مخابر الأبحاث الأخرى. وقد صار العالمان المنحوسان بمثابة الأضحوكة، كما رفض معظم الفيزيائيين النوويين إيلاء أدنى مصداقية لهذه الفكرة.

ولكن، لم ييأس الجميع من الاندماج البارد، فقد اهتم به الكيميائيّان الكهربائيان Pamela Mosier-Boss وStanislaw Szpak في قسم الملاحة والعلوم التطبيقية التابع لمركز سان دييغو. ولحسن الحظ، فإن رئيسهما Gordon اهتم بالأمر كذلك، وقد قدّم تمويلاً محدوداً من أجل التجارب. لقد أجرى العالمان Mosier-Boss وSzpak حتى الآن مئات التجارب في عُطَل نهاية الأسبوع وخلال أوقات فراغهم، كما نشروا أكثر من عشر نشرات في مجلّات محكّمة مختلفة.

لقد تضمنت التجارب المعملية من الناحية النمطية إنزال إلكترود مصنوع من المعدن الثمين المسمى بالاديوم palladium داخل محلول لملح خامل inert مذاب في "الماء الثقيل" –الذي يمتلك نسبة كبيرة من ذرات هيدروجين من النظير الثقيل لعنصر الدوتيريوم deuterium (نظير ثقيل للهدروجين). ففي الدوتيريوم، تحتوي النواة الذرية على نترون بالإضافة إلى البروتون الوحيد المعتاد.

عندما يتم تمرير تيار كهربائي عبر المحلول، تبدأ ذرات الدوتيريوم تتجمّع ملْتَزَّة داخل فضوات في الإطار الذري الشبيه بالشبيكة luttice-like للبالاديوم، وفي نهاية المطاف، بعد عدة أيام أو أسابيع، يكون هنالك ذرة دوتيريوم واحدة تقريباً لكل ذرة بالاديوم، وعند هذه النقطة تبدأ الأشياء بالحدوث.

أما ما يحدث ولماذا يحدث فإنه شأن غير واضح. ومهما تكن ماهية ذلك، فإن من الظاهر أنه يطلق طاقة، على شكل حرارة، تفوق ما تستهلكه التجربة. ويدّعي مؤيدو الاندماج البارد أن الطاقة الفائضة تأتي من تفاعل اندماج نووي يتضمن ذرات الدوتيريوم.

أما الحصول على تفاعل اندماج يجري بشكل طبيعي، فإنه يتطلب درجات حرارة تناهز ملايين الدرجات، وذلك بغية إعطاء النواة طاقة كافية للتغلب على التنافر repulsion بين شحنات بروتوناتها الموجبة. وتكون النتيجة اندماج نواتي ذرتي الدوتيريوم لتوليد إما التريتيوم –وهو نظير هيدروجين أثقل من الدوتيريوم– بالإضافة إلى بروتون حُرّ، أو ذرة هيليوم-3 (helium-3) ونترون حر. وفي الحالتين يحرر التفاعل أيضاً كمية كبيرة من الطاقة.

ولكن، لا يوجد ثمّة إجماع حول الكيفية التي يمكن أن يعمل بها الاندماج البارد، ومع نضال مجموعات البحث لنسخ نتائج بعضهم بعضاً،

القصة القصيرة للاندماج البارد

1984	1989	1989	1989	1992-1989	1998	2002	2005	2007
بدأ Martin Fleischmann وStanley Pons تجارب باستخدام خلايا إلكتروليتية.	أعلن Fleischmann وPons تولد حرارة عالية يقولان أنها تشير إلى حدوث اندماج بارد.	بدأ العالمان في الكيمياء الكهربائية Pamela Mosier-Boss وStanislaw Szpak اللذان يعملان في مركز المنظومات الحربية البحرية والفضائية للجيش الأمريكي بإجراء تجارب.	نفت لجنة من العلماء اختيرت من قبل وزارة الطاقة الأمريكية الاندماج البارد.	حاول Melvin Miles في مركز المنظومات الحربية البحرية، في China lake، بكاليفورنيا تكرار عمل Fleischmann و Pons فحصل على نتائج مختلطة.	نشر Szpak وMosier-Boss دليلاً على إنتاج التريتيوم في خلايا اندماج بارد.	نشر الأسطول الأمريكي تقريراً عن دليله على الاندماج البارد.	ذكر Szpak و-Mosier Boss وجود عناصر أخرى كدليل على تفاعلات نووية.	نشر Szpak وMosier-Boss دليلاً عن شعاب جسيماتية.

ينبذ معظم الفيزيائيين تلك الواطات watts القليلة من الطاقة الفائضة التي تنبثق من اختبارات على غرار اختبارات Mosier-Boss وSzpak، باعتبارها نوعاً من الشذوذ. لذلك عوضاً عن مجرد البحث عن الطاقة الفائضة، قام الباحثان باستخدام مكشاف detector سبق أن استخدمه العلماء النوويون لمدة طويلة، وذلك في محاولةٍ للتوصل إلى أدلة مقنعة على حدوث الأحداث النووية فعلاً.

وهنا يأتي دور جذاذة غوردون البوليميرية. إنها مصنوعة من CR-39*، وهو بلاستيك صافٍ عديد الكربونات polycarbonate عادة ما يستخدم لصنع العدسات البصرية والنوافذ المضادة للكسر، كما يجيز مرور الجسيمات تحت النووية subatomic. فالنترونات والبروتونات وجسيمات ألفا التي تنطرح من التفاعلات النووية الحقيقية تقطّع الروابط الموجودة ضمن جزيئات البوليمير مخلّفة نماذج متميزة من وهدات pits وشعاب tracks يمكن رؤيتها تحت عدسة المجهر.

روعة البلاستيك

يرجع استخدام CR-39 كمكشاف إلى عدة عقودٍ ماضية. ففي الاتحاد السوفييتي المكبَّل تمويلياً، لم يكن أغلب الفيزيائيين قادرين مادياً على استخدام الأجهزة النووية الحديثة الإبداع. لكنهم عوضاً عن ذلك، أصبحوا خبراء في "قراءة" مكاشيف CR-39، بحيث يتعرفون على الجسيمات انطلاقاً من شكل وعمق الشعاب التي تخلّفها.

لقد استخدم باحثو الاندماج البارد في جامعة إيلنوي وجامعة مينيسوتا الـ CR-39 منذ تسعينيّات القرن المنصرم، فأرسوا أساس أحدث تجربة للعالمين Mosier-Doss وSzpak. ويقول غوردون في هذا الصدد: "إنك لا تحتاج إلى تجهيزات معقدة. فهي أداة كشف سهلة".

وكذلك طور Szpak تقنية باسم التوضع المترافق co-deposition تسرِّع عملية رَزْم packing ذرات الدوتيريوم ضمن شبيكة بالاديومية. وعوضاً عن استخدام البالاديوم بمثابة الإلكترود السالب في تجربته الخاصة بالتحليل الكهربائي electrolysis، فإنه يستخدم سلكاً من النيكل أو الذهب ينغمس في محلول من كلوريد البالاديوم وكلوريد الليثيوم المذاب في الماء الثقيل. وعندما يمر تيار عبر المحلول، تتوضّع كميات متساوية من الدوتيريوم والبالاديوم على السلك (انظر المخطط أعلاه). وفي غضون ثوانٍ، يَلْتزُّ البالاديوم بذرات الدوتيريوم ويبدأ التفاعل أيًّا كان هذا التفاعل.

يقول العالمان Mosier-Boss وSzpak أن خلاياهما تُبدي علامات مؤشِّرة على تفاعلات نووية، تتضمن كمياتٍ غير سويّة من التريتيوم وأشعة X منخفضة الشدة، بعد دقائق فقط من بداية التوضع المترافق co-deposition. وهم يقولون أن الإلكترود يمكن أحياناً أن يسخن أكثر بضع درجات من المحلول الذي يحيط به.

وفي أحدث تجربة لهما وضع Mosier-Boss وSzpak رقاقات CR-39 مقابل الإلكترود. وعندما فحصا الرقاقات بعد إجراء التجربة، اكتشفا أن المناطق الأقرب للإلكترود كانت مرقطة (ملطخة) بوهدات pits ميكروسكوبية، في حين أن المناطق الأبعد منها لم تكن كذلك. ويشار هنا إلى أن التجربة الشاهدة control experiment بدون وجود أي من كلوريد البالاديوم في المحلول لم تولِّد إلاّ شعاباً عشوائية قليلة متناثرة يمكن أن توصف بإشعاع الخلفية background radiation. وكذلك أحدث هذان الباحثان تلفاً كيميائياً مقصوداً على CR-39، يصفها Mosier-Boss قائلاً: إنها تبدو مثل اندفاعات منفوشة فشارية الشكل popcorn-shaped على البلاستيك، وليست وهدات أو حُفَراً". وها هما يحاولان الآن تحديد الجسيمات التي يمكن أن تكون قد خلّفت الشعاب.

إن العلماء النوويين المرتبطين بالمشروع والمتمرسين في قراءة مكاشيف CR-39 يقولون أن النتائج تبدو مقنعةً. فالوهدات "تحاكي شعاباً نووية نمطية في عمقها وقدّها وتوزعها وشكلها وتباينها contrast حسب قول Lawrence Forsley، وهو فيزيائي عمل في أبحاث الاندماج مدة 16 عاماً ويشغل منصب رئيس تقانات JWK في Annandale بفيرجينيا التي تؤلف واحدة من شريكات بحوث مركز سان دييغو.

*CR-39: هو بلاستيك بوليميري "أليل ديغليكول كربونات" يستخدم عادة في صناعة العدسات (المترجم).

هذا ولم يكن Garry Phillips (وهو عالم فيزياء نووية استخدم مكاشيف CR-39 طيلة عشرين عاماً في جمع علامات الإثبات النووية وعمل أيضاً في تقانات JWK) أقل حماساً. فهو يقول: "لم أرَ أبداً على الإطلاق كثافة مرتفعة من الشعاب بهذا القدر من قبل، ولا بد أن تكون من مصدر كثيف جداً، بمثابة مصدر نووي. إنك لا تستطيع أن تحقق ذلك انطلاقاً من أي نوع من أنواع التفاعل الكيميائي".

كثيرون هم الدخلاء الأقل افتتاناً بذلك. بل إن بعض الفيزيائيين ممن رأوا النتائج الأولية لتجارب CR-39 يقولون أنه لا بد وأن Mosier-Boss وSzpak قد أعدّا تجهيزاتهما بشكل غير مسؤول أو أنهما قد قرأا بياناتهما بشكل غير صحيح، أو أنهما سمحا على نحو ما للنثارة detritus الإشعاعية بتلويث خلاياهما. ويوحي آخرون بأن إشعاعات خلفية غير سوية من مصدر مجهول أو حتى رشقات من الأشعة الكونية هي المسؤولة عن ذلك.

ويصر فورسلي على أن تلك الاعتراضات لا تستقيم منطقيّاً فإذا كان ثمّة إشعاع خلفي في مختبر سان دييغو يكفي لنَقْر pock رقاقات CR-39 بهذه الوهاد العديدة pits في وقت قصير جداً، فإن Mosier-Boss وSzpak "سيطاح بهما" حسب قول فورسلي. وهو يشير أيضاً إلى أن أي إشابة contamination في التجربة أو المصادر الخارجية للإشعاع لا بد أن تنثُر شعاباً tracks عبر المكاشيف بشكل عشوائي، لا أن تركّزها قريباً من إلكترودات الخلايا حسبما تبدي مكاشيفهم.

هذا ويشير المعترضون أيضاً إلى صعوبة استنساخ هذه النتائج. ففي حين يدّعي Mosier-Boss وSzpak أنهما يستطيعان إجراء التفاعل متى يشاءان، فإن مختبرات أخرى ناضلت لاستنساخ نتائج ثابتة (ولكن بدون جدوى) باستخدام تقانة التوضع المترافق co-deposition. لكن واحداً من الباحثين أصاب بعض النجاح (وهو Winthrop Williams من جامعة كاليفورنيا، بركلي) إذ كرّر تجربة الأسطول باستخدام CR-39. وفي اجتماع للجمعية الفيزيائية الأمريكية في آذار/مارس، ذكر هذا الباحث أعداداً مشابهة من الوهاد pits حول الإلكترود السالب، حيث يقول: "إن الأمر مُشجع، وينتظرني الكثير من العمل لفهم وتأويل ما أشاهده بشكل دقيق".

إن الافتقار لوجود نظرية ثابتة تفسر الكيفية التي يمكن أن يحصل بها الاندماج المزعوم هو عائق مربك آخر. لقد استمع الكاتب والمحقِّق العلمي Shawn Carlson، الذي أجرى في الماضي بحثاً في الفيزياء النووية، إلى Mosier-Boss وGordan أثناء عرضهما موضوعهما في مؤتمر الاتحاد الصناعي للدفاع الوطني في واشنطن العاصمة في العام الماضي. فلم يقتنع بل قال: "إنه مجموعة شذوذات مفككة تجاري تقنية تجريبية سيئة أكثر من كونها اكتشاف عظيم. وسيتطلب الأمر تحققاً مستقلاً من عددٍ من المختبرات لتحريك هذا المدّ لصالح الاندماج البارد".

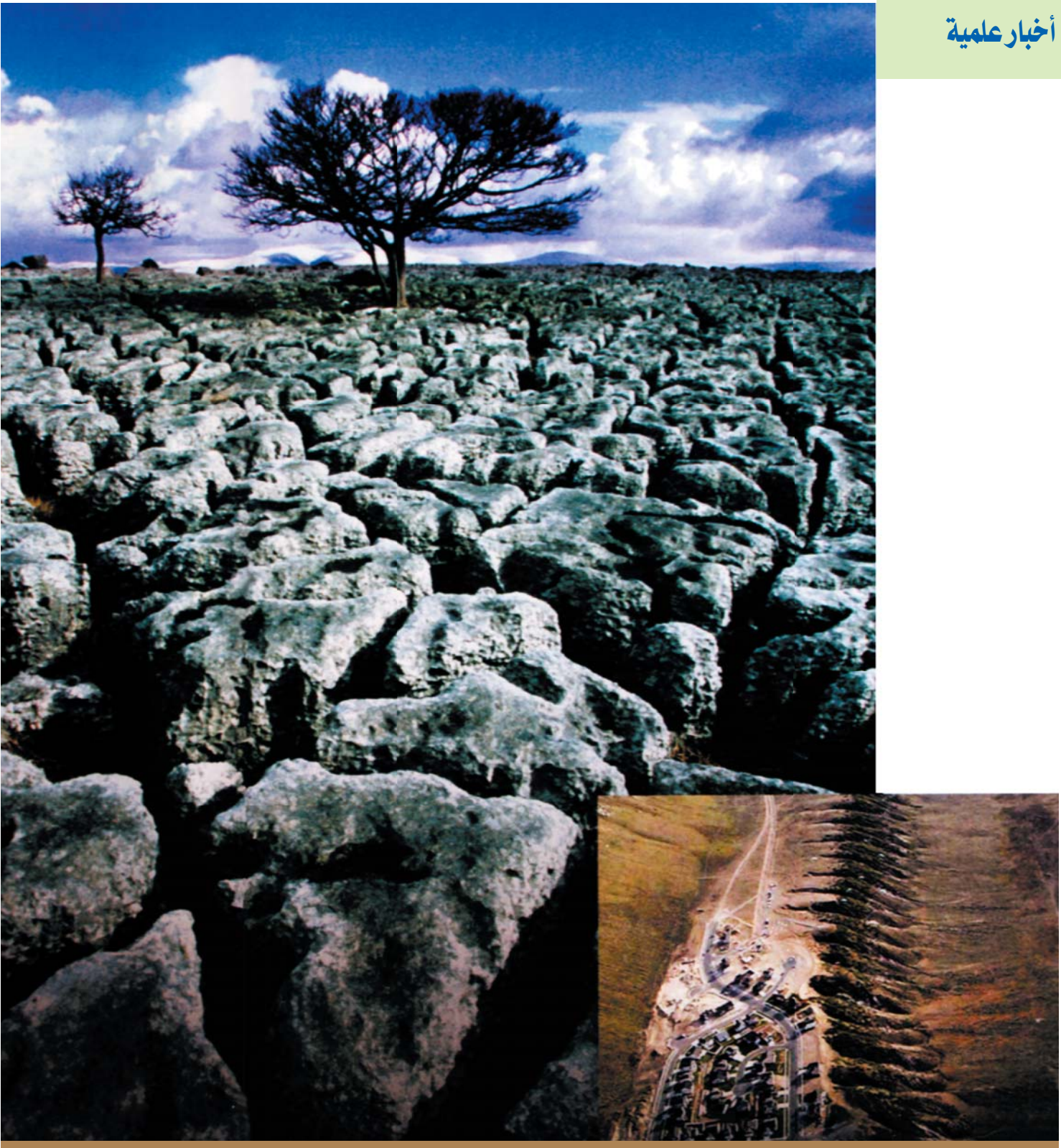
أما المتشككون فإنهم لم يأبهوا به في بحوثهم. ومع ذلك تحاول مجموعة من العلماء الموقّرين في جامعات بالولايات المتحدة وأوربة وآسيا استنساخ تجارب مختبر الأسطول الأمريكي. فقد تتبّع David Nagel (وهو فيزيائي وأستاذ أبحاث بجامعة جورج واشنطن في واشنطن العاصمة) رواية الاندماج البارد منذ بدايتها، ويسرد رغبة متنامية من قبل وزارة الطاقة الأمريكية في دراسة تمويل التجارب تهدف إلى مواصلة هذه التلميحات المتعبة.

وكذلك يتقصى Nagel مناخاً أكثر انفتاحاً لدى منافذ بحثية عسكرية في الولايات المتحدة مثل DARPA ومكتب الأبحاث التابع للأسطول الذي أدّى فيه الخدمة العسكرية كإداري وما زال يقيم روابط وثيقة بهما. وهو يرى أن الاحترار العالمي أو نفاد البترول ليسا وحدهما ما يشغل بال الناس، "بل إنها قوة الأدلة" إلى جانب النتائج الجديدة التي تحثُّ الفيزيائيين على إعادة دراسة القضية التي أغلقت بسرعة وبحزم منذ 18 سنة مضت. ويضيف قائلاً: " قد يكون هذا هو العام الذي تتغير فيه الأمور بالنسبة للاندماج البارد"، ومن ثم يتوقف هنيهة ليتابع قائلاً: "وربما يكون ذلك في العام القادم".

– **الكاتب**: *Bennett Davis هو كاتب علمي في نيوهامشاير.*

– *نشر هذا المقال في مجلة New Scientist, 5 May 2007، وتمّت ترجمته في هيئة الطاقة الذرّية السورية.*

أخبار علمية



أنقذوا الصخور!

في الوقت الذي تُسلب فيه الأرصفة الكلسية بالمملكة المتحدة لأغراض الأعمال الحجرية الحدائقية، فإن ستوكتون بار في ولاية يوتا تندفن تحت ملاعب الغولف والمنازل المترفة.

يعرف الجميع أن من المهم حماية الحياة البرية. لكن أليس بمقدور الصخور الاعتناء بنفسها؟ تجري Kate Ravilious تحقيقاً حول الأمر.

في جولة قمت بها مؤخراً على طول ساحل اسكتلندي مهجور، لم أستطع مقاومة أخذ بعض من الحصى المخططة البيضوية الشكل التي كانت تفرش الشاطئ. "ستبدو تلك الحصيات جميلة في حديقتي"، هذا ما فكرت به وأنا أضعها في جيوبي. أما كلمتا إيكو eco و"هدم النفائس vandalism" فلم تدخلا رأسي قط.

كان ذلك هو الحال إلى أن سمعت عن "المحافظة على الأرض geoconservation"، وهي حركة متنامية لإعطاء صخور الأرض الحماية ذاتها المقدمة إلى الحيوانات النادرة أو إلى القطع الأثرية في المتاحف. يدعي بعض العلماء أن التقاط الحصيات وجمع المستحاثات ينطويان على ضرر يعادل ضرر اقتلاع الأزهار البرية أو جمع بيوض الطيور البرية. وهم يقولون إن التشكيلات الجيولوجية الفريدة في العالم مهددة بالانقراض على نحو متزايد، وتتعرض للدفن تحت الإنشاءات العمرانية وتختفي خلف الدفاعات الساحلية وتنغمر تحت الردم وتمحوها عوامل الطقس التي لا يمكن التنبؤ بها. حتى الجيولوجيون أنفسهم لعبوا دوراً في هذا الصدد: فلقد خلفت عمليات نزع البذور والجمع العشوائي للعينات العديد من المواقع الهامة المليئة بالحفر. ويقول الجيولوجيون الآن بأن الأوان قد حان كي نولي الصخور الاحترام الذي تستحقه.

قد تعتقدون أن الأرض لكونها كوكباً مؤلفاً بمجمله تقريباً من الصخور فإنها تحوي الكثير مما يمكن دراسته. لكن المحافظة على الأرض لا تخصُّ حماية الصخور القديمة. إذ إن المهم هو المعلومات التي تحتوي عليها تلك الصخور. ويقول Chris Cleal من الـ (ProGEO) التي تعرف كذلك بالاتحاد الأوربي للمحافظة على الإرث الجيولوجي: "يُمكننا علم الأرض من فهم نشوء كوكب الأرض الذي نعيش عليه". فقد سجلت الصخور كل ما يتعلق بكيفية تشكُّل المحيطات بداية وسببية ثوران البراكين وانتهاءً بمعرفة زمن وصول الحياة إلى الأرض والحال الذي كان عليه الطقس قبل 200 مليون سنة.

يمثِّل "ستوكتون بار" بالقرب من "سولت ليك سيتي" في ولاية يوتا حالة وثيقة الصلة. فهو بالنسبة للعين المبتدئة مجرد كومة من الرمل والحصى، أما بالنسبة للجيولوجي فإنه يساوي كتاباً نادراً جداً. فخلال العصر الجليدي الرئيس الأخير تَشكَّل "ستوكتون بار" بفعل أمواج وتيارات بحيرة "بونفيل"، وهي بحيرة عملاقة من المياه العذبة غطت معظم غرب "يوتا". صحيح أن بقايا هذه البحيرة اليوم تشكِّل البحيرة المالحة العظمى Great Salt Lake، إلا أن شروط العصر الجليدي مسجلة في تضاريس مثل ستوكتون بار. ويشرح الجيولوجي Marjorie Chan من جامعة يوتا في "سولت ليك سيتي" قائلاً: "يقدم ستوكتون بار فرصة ثمينة لدراسة إشارات مناخية مثل درجة الحرارة والظروف المتطرِّفة واتجاهات الريح وقوتها".

ولسوء الحظ، فإن ستوكتون بار يعد كذلك أحد العقارات الرئيسة المملوكة. ففي السنوات الحديثة ازداد ظهور المنازل الفاخرة وملاعب الغولف بحيث شكلت مشاهد رائعة في السهول المحيطة. وفي غضون ذلك أمعنت محاجر الرمل والحصى في أجزاء أخرى من حاجز ستوكتون. ويقول Chan في هذا الصدد: "إن التعدين والبناء على هذا الحاجز bar يشبه هتك غلاف كتاب نادر. فإذا ما تجلَّت الحضارة لن يكون في مقدور أحد أن يقرأ الكتاب من جديد أبداً".

حينما يُتلَف أحد المصادر الجيولوجية لن يكون الجيولوجيون الخاسرين الوحيدين. ونذكر بالمناسبة أن العديد من التكوينات الصخرية يمثِّل جزءاً حيوياً من المنظومة البيئية.

يقول Peter Doyle، وهو عضو مستقل في الجمعية المشتركة للمحافظة على الطبيعة التابعة لحكومة المملكة المتحدة: "إن علم الأرض هو مكون رئيس للموئل habitat، فالصخور تولد التربة، التي تعيل الحشرات والنباتات والحيوانات التي فوقها".

تعدُّ الأرصفة الكلسية، على شاكلة تلك الموجودة فوق "مالهالم كوف" في شمال مقاطعة يوركشاير الإنكليزية، مثالاً على ذلك. فعلى مدى ملايين السنين مارس الجليد ومياه الأمطار نحتهما في الصخور هناك وصولاً إلى ما يبدو وكأنه قطعة ضخمة من الرصف المهووس. وتعيش نباتات نادرة مثل السرخس الترسي القاسي والخربق السحلبي الأحمر الداكن في بيئة المشكاة niche التي تكونها شقوق الرصيف.

الأرض الصخرية

في بريطانيا حوالي 2900 هكتار من حجارة الرصيف الكلسي، تُلف منها حوالي 97%. إن المناخ المتغير وتسرب التلوث من أراضي المزارع من المشاكل الكبيرة، التي تسرِّع الحت erosion وتضيف مغذِّيات غير مرغوبة إلى المنظومة البيئية. وكذلك تُعدُّ تعديات المحاجر أمراً مقلقاً، لكن تهديداً كبيراً إلى حد مفاجئ للمناظر الطبيعية يأتي مما يقتلعه أصحاب البساتين من الحجارة من أجل الأعمال الحجرية أو المعالم المائية في الحديقة. يقول Mike Benton من جامعة بريستول (ورئيس المعهد البريطاني للحماية الجيولوجية): "في هذه الحالة لم تكن الصناعات الثقيلة مصدر التهديد، بل أناس عاديون يجمعون الصخور لحدائقهم هم مصدر التهديد".

على الرغم من هذه المشاكل، فإن المملكة المتحدة هي رائدة عالمية في المحافظة على الصخور. ويشار إلى أن الجواهر الجيولوجية تحظى بالحماية قانونياً إذا ما أعطيت مكانة ذات أهمية علمية خاصة، حتى ولو كانت تقع على أراضٍ ذات ملكية خاصة. وفي الولايات المتحدة، نجد أن المواقع المملوكة للحكومة فقط مثل حديقة Yellowstone الوطنية، هي التي تحكمها قوانين حماية صارمة؛ أما

المواقع الخاصة مثل ستوكتون بار فإن مالكيها يستطيعون التصرف كما يحلو لهم. وحتى توصيف مساحة ما في المملكة المتحدة كموقع ذي أهمية علمية خاصة فإنه لا يحفظها سالمة على الدوام، حسبما ثبت للجيولوجين من معاناتهم.

لقد أذهل أحد هواة الباحثين عن المستحاثات في الصيف الماضي الجيولوجيين عندما قام باستخراجه بصمات أقدام ديناصور على بيندريك روك (صخرة بيندريك)، وهو موقع ذو أهمية علمية خاصة في جنوب ويلز، وعرضها للبيع على موقع (eBay) الإلكتروني للمزاد العلني المباشر. وقد تم فيما بعد استرجاع هذه المستحاثات وتحذير من جمعها من قبل الشرطة، أما ممشى trackway الديناصور –وهو من أفضل الأمثلة المحافظ عليها في المملكة المتحدة– فإنه مخرَّب. وما بقي منه لا يزال مهدداً من قبل جامعي المستحاثات غير المدققين أو غير المطلعين. ويقول Jonathan Larwood الذي يعمل على توصيف المواقع ذات الأهمية العلمية الخاصة في "إنكلترا الطبيعية" وهي الجهة الحكومية المسؤولة عن إدارة هندسة المناظر الطبيعية:"هناك قصور في فهم قيمة علم الأرض وإننا نمضي الكثير من وقتنا في تشجيع جامعي المستحاثات على العمل معنا بطريقة لا تلحق الضرر بإرثنا الجيولوجي".

تعاني أستراليا من المشاكل ذاتها في حماية كنوزها الحجرية. تخفي منطقة "بيلبارا" Pilbara النائية في أستراليا الغربية دليلاً عن الحياة الأولى على الأرض:"إن الستروماتوليتات التي تأخذ شكل علبة البيض"هي حصائر مكروبات متحجرة تعود إلى حوالي 3.4 بليون سنة. إنها تحمل دالاّت clues تخصّ كيفية نشأة الحياة على الأرض ويمكن أن تساعد في البحث عن علامات حياة على كواكب أخرى، لكن هذه المعلومات الحيوية مهددة بالضياع.

"لقد أدركنا أنها (أي ستروماتوليتات) كانت عطوبة جداً بسبب قربها من منظومة نهرية رئيسة وخلال فصل الأعاصير تنجرف قطع صغيرة منها"، هذا ما تقوله Kath Grey، كبيرة علماء المستحاثات القديمة في قسم المسح الجيولوجي لأستراليا الغربية في بيرث. وأكثر من ذلك، كانت المستحاثات أيضاً هدفاً مغرياً للتجار، الذين كانوا يستطيعون بيعها مقابل آلاف الدولارات في المعارض الدولية للمستحاثات. لقد آثرت غراي وزملاؤها حلاً متطرِّفاً. ففي العام 1999 أزاحوا اللوح الذي يحتوي على أفضل المستحاثات ونقلوه إلى متحف أستراليا الغربية في بيرث.

إن نقل المعالم الهامة من محيطها الأصلي أمر مثير للجدل، لكن في مواجهة السرقة والتخريب والإنشاءات، قد يكون تغيير المكان الخيار الأكثر أمناً. إن القليل من الناس يأبهون بالصخور عندما تبدأ الجرافات بالعمل، حسب قول غراي.

ما هو إذاً مستقبل كنوزنا الجيولوجية؟ تستطيع الحكومات الوطنية تقديم درجة معينة من الحماية، مثلما تستطيع منظمات دولية مثل اليونسكو، التي تشجع الدول على خلق مواقع تراث عالمي وحدائق جيولوجية تعدُّ أماكن "ذات تراث جيولوجي مهم".

لكن ربما كان أهم الأدوات هو التعليم و"السياحة الجيولوجية". ويقول Chan: "يثمِّن الناس الجيولوجيا أكثر حينما يفهمون ما لديهم في الباحات الخلفية لمنازلهم". ومن السخرية أن جمع المستحاثات يمكن أن يكون ذا مفعول إيجابي. يقول Larwood: "إن الجمع هو طريقة هامة لاستقطاب الناس، وإذا ما تم تنفيذ ذلك بحس المسؤولية فإنه لا يمثل إلاّ تهديداً ضئيلاً جداً، ربما يجب ألا أحس بذلك الذنب العظيم حيال حصياتي بعدما تقدّم".

نُشر هذا الخبر في مجلة: NewScientist, 23 June 2007

حساب سرعة الضوء، فوتون واحد في كل مرة

تكمن الحيلة هنا في جعل الحزم الضوئية تتحادث بعضها مع بعض

"سوف تزيد الترانزستورات الضوئية سرعة الحواسيب مئات الأمثال"

اقتربت الحواسيب التي تشتغل بسرعة الضوء خطوة أدنى. فقد استنبط الباحثون ترانزستوراً مصنوعاً من أسلاك نانوية نصف ناقلة قد تكون لبنة بناء رئيسة في مكنات machines أسرع بمئات المرات من الحواسيب الفائقة الحالية.

فحتى وقتنا الحاضر كانت الترانزستورات الضوئية (التي تتحكم فيها حزمة ضوئية واحدة بحالة حزمة ضوئية أخرى) تتطلّب دفقات كبيرة من الفوتونات لتحويل الحالات to switch states، مما يجعل تلك الترانزستورات خاوية القدرة الكهربائية power-hungry إلى حدٍّ غير معقول. أما اليوم، فقد توصل Mikhail Lukin وزملاؤه في جامعة هارفرد إلى تقنية تستخدم فوتوناً واحداً لتحويل حزمة ضوئية ما. ويُعدُّ هذا أول اقتراح عملي لبناء حاسوب ضوئي حسب قولهم.

إن ما يقيّد سرعة ترانزستور كهربائي ما هو السرعة التي يسري بها التيار الكهربائي. فمن الناحية النظرية، لمّا كان سفر الفوتونات أسرع بكثير من سفر التيار الكهربائي، فإن استبدال الفوتونات محل الإلكترونات يسرّع الأمور. ولكن، في الحقيقة، ثبتت صعوبة إيجاد المكافىء الضوئي optical equivalent للترانزستور.

وعلى غرار التيار الكهربائي، فإنه من الممكن إنباض الضوء أو إيقافه pulse on or off، وتبرز الصعوبة في التحكُّم بالبدّالة switch بين هاتين الحالتين (الإنباض والإيقاف). فعلى خلاف الإلكترونات التي يمكن التحكُّم بتدفُّقها بواسطة حقل كهربائي، تكون الفوتونات حيادية neutral من الناحية الكهربائية ولا تتآثر interact عادة إحداهما مع الأخرى. وهذا يجعل من الصعب استعمال حزمة ضوئية ما للتحكُّم بحزمة أخرى.

هناك طريقة ممكنة لجعل الحزم الضوئية تتآثر interact، وذلك عن طريق إطلاق "بحر" متماوج من إلكترونات طليقة يُعرف باسم بلازمون سطحي surface plasmon بين معدن وجسم غير ناقل non-conductor. فالبلازمون يتغيّر تبعاً لشدّة الضوء، الأمر الذي يؤثر بدوره في شدة الضوء الخارج من البلازمون. فإذا أُطلقت في نفس الوقت حزمتان ضوئيتان باتجاه بلازمون سطحي ما، فإن الأولى التي تُعرف باسم حزمة التحكُّم ستغيِّر البلازمون الذي سيغيّر بعدئذٍ شدة المنبع الضوئي الآخر الذي يُعرف باسم حزمة الإشارة.

في السنة الماضية استخدم Anatoly Zayats وزملاؤه في جامعة الملكة في بلفاست بالمملكة المتحدة تقنية لبناء مكوِّن حوسبي ضوئي، بيد أن وابلاً من الفوتونات كان مطلوباً للتحكُّم في حزمة الإشارة، الأمر الذي جعل هذه النبيطة خاوية القدرة الكهربائية power-hungry. أما اليوم فقد اقترح لوكين مقاربة أكثر فاعلية من تلك.

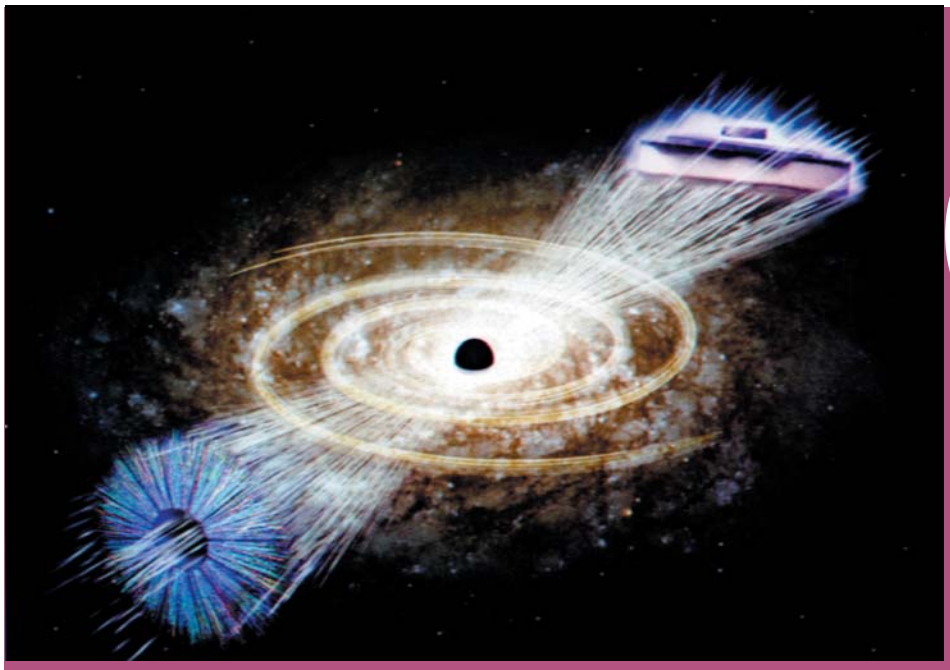
ففي حين كان زاياتس في مقاربته يطلق الضوء من اتجاهين على غشاوة من الذهب مغطّى بالبوليمير بغية خلق بلازمونات، يقترح لوكين استخدام سلك نانوي نصف ناقل يشبه ليفاً ضوئياً منمنماً miniature optical fiber وإرسال كلا الحزمتين على طوله. ولمّا كان هذا السلك النانوي يضيِّق البلازمون المتماوج إلى حيِّز أصغر من غشاوة الذهب، فلا بد أن يكون أكثر حساسية للتغيُّرات في شدة حزمة التحكُّم. ويقول لوكين بأن هذه الحساسية الزائدة تكفي للسماح لفوتون واحد فقط بتحويل حالة حزمة الإشارة.

هذا ويوافق زاياتس على أن هذه المقاربة "تُعدُّ أكثر دقة وعملية". أما John Howell، وهو فيزيائي في جامعة روشستر بنيويورك، فإنه يقول إنها "واحدة من أفضل المقترحات التي رأيتها" لصالح حاسوب ضوئي. هذا ويقول المؤلف المعاون Darrick Chang بأن فريقه قد شرع باختبار هذه الفكرة.

نُشر هذا الخبر في مجلة: NewScientist, 21 July 2007

ثقب أسود زاخر بالإجابات

ثمّة ناحية في نظرية الأوتار string theory (التي تعتبر السبيل المفضّل حالياً صوب "نظرية لكل شيء" theory of everything) قد تساعد في تفسير بعض خواص الأطوار الشاذة للمادة مثل بعض النواقل الفائقة في درجات الحرارة العالية.



الشكل 1: هناك توجد مخارج الإجابة: أسهل مسلك للتنوير حول الظواهر المبهمة للناقلية الفائقة (المغانط الحوّامة، في أعلى اليمين) والبلازما الكواركية–الغلوونية (في الأسفل يساراً: عرض حادثة من مصادم أيوني نسبوي في مختبر بروكهافن الوطني) تقودنا إلى الثقب الأسود حسبما يقول هارتنول وزملاؤه.

كيف تنتقل الحرارة والشحنة داخل ناقل فائق ذي درجة حرارة عالية؟ وماذا يحدث حين تتشظّى النوى الثقيلة لتصنع حساء الجسيمات الأولية المعروف باسم بلازما كوارك–غلوون quark-gluon plasma؟ ففي ورقة بحث نُشرت في نشرة (arXiv) الإعلامية المسبقة، يبيِّن Hartnoll ومن معه بشكل مقنع أن التبصُّر الأسهل في مسألة الناقل الفائق، (تماماً مثلما هو الحال في بلازما كوارك–غلوون) لا بد من التوصل إليه عبر النظر في ثقب أسود. والمقصود هنا ليس أي ثقب أسود بالطبع بل ثقب أسود في زمكان space-time ذي بعد إضافي (الشكل 1).

إن ما قد يبدو كتصوُّر لنكتة رديئة من أحد الفيزيائيين النظريين يمكن أن يكون في الحقيقة دخولاً في التاريخ. فالمقام هنا هو تنويرُ لنظرية الأوتار يُعرف باسم "مضاهاة نظرية الحقل التهايوئي المضادة لفضاء دوسيتر anti-de-Sitter space conformal field theory AdS/CFT" التي تثبت وجود علاقة حميمة بين نظرية آينشتاين العامة حول النسبية والفيزياء الكمومية. وكذلك فإن إمكانية أن تجد استخداماً لها في ميادين مبتعدة جدّاً مثل الناقلية الفائقة وبلازما الكوارك–غلوون تُعدُّ مادة أحلام الفيزيائيين الهادفة إلى توحيد قوة القوانين الفيزيائية من خلال صياغتها بلغة الرياضيات.

وإذا نُظر إلى الموضوع ككل، فإن نظرية الأوتار ترقى للانقضاض على التناقض بين النسبية العامة والنظرية الكمومية اللتين تعتبران أعظم إنجازين لفيزياء القرن العشرين. فحسب النسبية العامة، يُعدُّ الزمان والمكان كينونتين ديناميكيتين على صلة وثيقة بالمادة والطاقة. وعلى خلاف ذلك، فإن الفيزياء الكمومية مع كونها تعرِّفنا كيف تسلك المادة والطاقة كلتاهما، فإن من غير المستطاع صياغتها إلا في زمكان مُجمَّد frozen space-time.

تمثِّل نظرية الأوتار مجموعة اكتشافات رياضياتية قد تستطيع تقديم حلٍّ لهذا اللغز بالذات. بيد أن شهرتها ساءَت حالياً، ويعود ذلك في جزء منه إلى أن تاريخها ذا الأربعين سنةً عمراً حفل بادعاءات مفادها أننا إذا اعتمدنا صحة توجهاتها حصراً فإن الإجابات على الأسئلة الكبيرة للفيزياء ستكون قاب قوسين. هذا وإن إخفاقها في الوفاء بما كان يرتجى منها وعدم تقديمها أي شيء من خلال التجربة قد أصبح نوعاً من الإحراج.

تُعدُّ المضاهاة AdS/CFT مثالاً على ذلك. إنها نتيجة رياضياتية رائعة توصَّل إليها الفيزيائي الأرجنتيني Juan Martin في العام 1997 ولكنها بدت وكأنها لا علاقة لها بأي شيء يحدث داخل المختبر أو

خارجه. فهذه المضاهاة تتكهَّن كوناً universe لا تحكمه إلاَّ الثقالة (الجاذبية) على نحو يشبه في هذا الصدد كوننا بنجومه إلى حدٍّ ما. أما الاختلاف فإنه يتمثَّل في أن ذلك الكون يمتلك بعداً حيِّزيّاً رابعاً إضافياً (إلى جانب البعد الزمنى العادي الواحد). كما يمتلك تقوُّساً curvature إجماليّاً سالباً (من نمط anti-de-Sitter) بحيث يشكل كوناً منغلقاً على نفسه.

وحسبما تبيَّن، فإن هذا العالم يشاكل correspond بالضبط كوناً لاتثاقلياً non-gravitating ذا ثلاثة أبعاد حيِّزية يملؤه شيء يشبه الحقول الكمومية التي توصّف الجسيمات الأولية في الأنموذج (الموديل) المعياري لفيزياء الجسيمات. وهكذا يبدو أن النسبية العامة ونظرية الحقول الكمومية منضويتان داخل بنية واحدة. ولكن أصحاب نظرية الأوتار لم يستطيعوا، رغم أقصى الجهد، إيجاد نظرية تشبه AdS/CFT وتصلحُ للعالم الذي نعيشه. وهذا هو الموقف حتى الآن.

يستخدم هارتنول وزملاؤه المضاهاة AdS/CFT لتوضيح المشكلة الواقعية لكيفية تدفق تيارات الحرارة والشحنات في سائل كمومي quantum liquid من الإلكترونات. فهذه السوائل الكمومية موجودة في الحالة المعدنية لنواقل أكاسيد النحاس الفائقة فوق درجة الحرارة الانتقالية (Tc) التي تصبح تحتها السوائل نواقل فائقة (والتي تتراوح حول 100 كلفن عموماً). وبلغة الميكانيك الكمومي، تعتبر هذه السوائل غزاة أجانب. إذ تعمد الإلكترونات على نحو ما إلى تنظيم نفسها في حالة كمومية حرجة، مما يعني أن فيزياءَها الكمومية الجماعية تغدو غير متبدلة المقاس scale-invariant، أي إنها تبدو ذات مقاس واحد أيّاً كانت مقاسات الطول والزمن التي يشاهد فيها المرء المنظومة. ويشار هنا إلى أن الناقلية الفائقة العالية درجة الحرارة high temperature superconductivity فيما دون درجة الحرارة الانتقالية يعتقد أنها على العموم ذات صلة بهذه الحالة المبهمة للناقلية العادية التي تختلط فيها التأرجحات الكمومية والحرارية.

وعلى الرغم من أن الحقول الكمومية تختلف إلى حدٍّ شاسع فيما يخص العديد من الاعتبارات، فإن الحقول التي تنشأ في المضاهاة AdS/CFT تتشارك الخاصِّية الكمومية الحرجة (أو التهايوئية conformal، أي الحرف C في الرمز CFT) مع هذه التركيبة الكمومية الحرارية. أما ثبات المقاس الذي تتشارك فيه فإنه يُعدُّ مبدأً راسخاً. وفي الحقيقة، يبلغ هذا الثبات في قوته حدّاً لا تهمُّ معه الاختلافات العديدة بين نمطي الحقول. وبذلك تبين في العام 2001 أنه في الطاقات الصغيرة بالمقارنة مع درجة الحرارة تنتمي خواص نقل مادة ما ذات حقل كمومي تهايوئي بشكل رياضياتي (عبر المضاهاة AdS/CFT) إلى هندسة الثقب الأسود في الفضاء المضاد لدوسيتر anti-de-Sitter space. وهذا يجعل بالإمكان اشتقاق المعادلات التي توصّف النقل في التركيبة الكمومية الحرارية الحرجة في سطور قليلة سهلة بدلاً من صفحات الجبر algebra التي يصادفها المرء في التقييم المباشر لنظرية الحقل الكمومي من النمط الذي يجده المرء في الناقلية الفائقة على سبيل المثال.

يدفع هارتنول وزملاؤه ما يمكن للمرء أن يسميه مضاهاة "AdS-to-high-Tc" إلى نتيجتها المنطقية. إنهم يدرسون تطبيقها على ظاهرة خاصة بدلاً من ظاهرة النقل العويصة المعروفة باسم مفعول نرنست Nernst effect (أي التدفق المتصالب للحرارة وتيارات الشحنة بوجود الحقل المغنطيسي) وذلك في المادة الحرجة الكمومية لمنظومتين نحاسيتين ذات بعدين. إنهم يستخدمون في "الجولة النظرية للقوة theoretical tour of force" فيزياء الثقب الأسود في حيِّز مضاد لدوسيتر ثلاثي الأبعاد يحمل الشحنة الكهربائية والمغنطيسية كلتيهما من أجل توجيههما في الاشتقاق derivation المعقّد ذاته لمعادلات النقل ذات الصلة مباشرة مع نظرية الحقل الكمومي. إنهم يبيِّنون أن هذه النتائج النظرية تتماشى ظاهرياً مع عدد لم يتوضح من معالم مفعول نرنست في الناقل الفائق العالي درجة الحرارة حتى الآن.

إذن، فأين يصلح موقع بلازما كوارك–غلوون؟ هنا تبادر المضاهاة AdS/CFT إلى تقديم العون للتجريبيين على نحو مماثل. وتتمثل الخلفية background في مشاهدة أن كرات نارية كواركية–غلوونية (كتلك التي تتكون في المصادم الأيوني الثقيل النسبوي Relativistic Heavy-Ion Collider في مختبر بروكهافن الوطني في لونغ أيلاند) تسلك بطريقة بسيطة ملفتة للنظر، اللهم إلاّ ما يخص تلك التي يصعب على النظريات الحديثة تفسيرها، فإن الديناميك العادي يحكمها ولكنها تمتلك لزوجة viscosity منخفضة جدّاً. وببساطة تامة، تخبرنا المضاهاة AdS/CFT أنه حين تكون الفيزياء الكمومية ثابتة المقاس scale invariant فإن لزوجة مثل هذه المنظومة يمكن أن تقلّ مثلما هو حالها. وتُعدُّ هذه النتيجة أكثر من واضحة بالاستناد إلى فهمنا الحالي للديناميك الكرومي chromodynamics الكمومي الذي هو نظرية الحقل الكمومي ذي الأنموذج المعياري للقوة النووية القوية التي تحكم التآثرات في البلازما الكواركية–الغلوونية.

إذن، ماذا يعني هذا للطموح الكبير لاستخدام نظرية الأوتار من أجل توحيد الثقالة والفيزياء النووية؟ من جانبي شخصيّاً، فإنني اعتبر أن اكتشاف كون الثقوب السوداء مهمّة جدّاً لتنظيم سلوك المنظومات الكمومية ذات العمر الحقيقي بمثابة إشارة على أن نظرية الأوتار يمكن على نحو ما أن تكون في المسار الصحيح. ولكن لن يؤكد هذا الهاجس إلاَّ المزيد من بحوثٍ تشبه بحث هارتنول ومن معه.

نُشر هذا الخبر في مجلة: Nature, Vol 448, 30 August 2007

بلّورات بوليميرية متزايدة الصغر

لقد تحطّمَ رقمٌ قياسي، إذ تم تحضير أصغر بلّورات بوليميرية على الإطلاق. ويوفر شكلها المذهل دليلاً حاسماً يمكن له أن يفيد في شرح كيفية تبلور البوليميرات.

إلى أي حدٍّ يمكن أن تصغر البلّورة مع احتفاظها بتعريف البلّورة؟ وبكلمات أخرى، ما هو أصغر قدٍّ تبدي فيه البلّورة خواص حالتها الصلبة؟ فحتى الآن، لا توجد إجابة كميّة وشاملة لهذا السؤال، لكن ويبر Weber وآخرين يمكن أن يكونوا قد شارفوا على الإجابة، على الأقل بالنسبة للبلّورات البوليميرية. ففي تقرير لهم نشر في Nano Letters، قاموا بوصف تحضير جسيمات نانوية متجانسة القدّ مُصنّعة من البولي إيثيلين –وهو واحد من أرخص البوليميرات وأكثرها استخداماً. إن ذلك يلقي الضوء على نواحٍ أساسية للتبلور البوليميري وعلى القضايا التقنية الداخلة في توليد مثل هذه البلّورات لصالح تطبيقات نوعية.

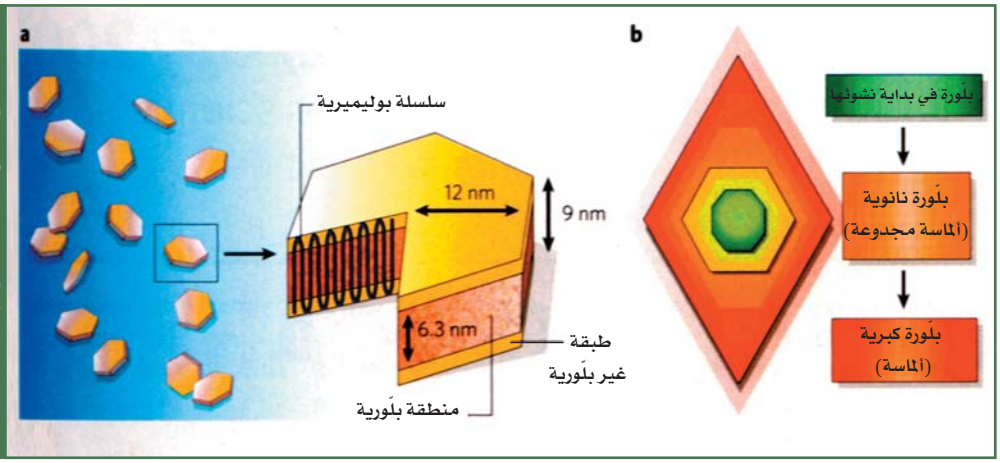
يتوق علماء البوليميرات لأن يتمكنوا من تعقب تبلور سلسلة بوليميرية منفردة. وتتمثل إحدى المقاربات في تضييق الحيّز المتاح الذي تستطيع فيه جزيئات البوليمير أن تتبلور، كحالة وضع الجزيئات البوليميرية في أنبوب نانوي على سبيل المثال. فهذا الأخير لن يؤوي إلاّ سلسلة بوليميرية ممتدّة وحيدة. ومثل هذه الجزيئة لن تشكل بلّورة بكل تأكيد. ولكن إذا ازداد قطر الأنبوب النانوي فإن حيِّزاً كافياً سيتاح مما يتيح للسلسلة البوليميرية بأن تتطوّى، ومن ثم بأن تترتب ذرّاتها بشكل منتظم ثلاثيّ الأبعاد –بمعنى البلّورة. ولكن ما هو القدّ الذي تحتاجه هذه الشبكة ليطلق عليها اسم بلّورة؟

ما تزال مقاربة الأنبوب النانوي حالياً مجرد فكرة تجريبية. وبدلاً من ذلك، حاول الباحثون تضييق قدّ البلّورات البوليميرية من خلال عزل عدد صغير من الجزيئات البوليميرية قدر الإمكان. وتتمثل الطريقة الأكثر استخداماً بطريقة التجفيف التجميدي freeze-drying التي يتم فيها كبت quenched محاليل بوليميرية ممددة جداً، مما سيسمح لاحقاً بفصل جزيئات فرادى. إذ يجري نفث هذه المحاليل على ركازة فيتبخّر المحلول بسرعة ليعطي جسيمات نانوية تحتوي على أعداد قليلة من الجزيئات، ويتم الحصول في أحسن الحالات على جزيئات فرادى. وإذا كانت الجزيئات البوليميرية المعزولة قابلة للتبلوّر، فمن الممكن تحويل الجسيمات النانوية إلى بلّورات منفردة من خلال تسخينها حتى درجة الانصهار ومن ثم كبتها عند درجات حرارة أخفض. تعرف مثل هذه البلّورات ببلّورات منفردة وحيدة السلسلة. ولكن هناك مشكلتان مع هذه المقاربة: إذ لا يمكن إنتاج البلّورات بكميات وافرة كما لا يمكن التحكم بقدودها بشكل دقيق.

والآن يعرض ويبر ومن معه طريقة تحضير البلّورات النانوية للبولي إيثيلين، باستخدام عملية للتحفيز بالنيكل تسمح بصنع البوليمير في وسط مائي. فتحت هذه الشروط، تتشكل جسيمات نانوية متجانسة القدّ فور بدء تفاعل البلمرة، ومن ثم تتبلور بسرعة. ونشير هنا إلى أن هذا التفاعل يحدث عند الدرجة 15 مئوية، التي تقل أكثر من مئة درجة مئوية عن درجة انصهار البولي إيثيلين، وهذه أقل درجة حرارة يمكن لشخص ما أن يحصل فيها على تبلور للبوليمير، بما في ذلك أولئك الذين يستخدمون تجارب التجفيف بالتجميد. وقد تضمّن التبريد المفرط نتائج في درجة تطوّي folding السلسلة تفوق ما شوهد في السابق، وبكلمات أخرى، تتبلور الجزيئة في حيّز أكثر ضيقاً.

يقدم تقرير ويبر ومساعديه تبصُّراً غضّاً في تبلور البوليمير. إذ إن مشاهدة كون البلّورات الفرادى، وليس التجمعات البلّورية، تتشكّل عند درجات الحرارة المنخفضة، إنما تمتاز باهتمام عظيم باعتبارها تقدِّم دالات clues عن كيفية تشكُّل النوى ونمائها. وتتضمن كل بلّورة نانوية بلّورة صفيحية مُسدّسة الشكل محصورة بين طبقتين لا بلّوريتين (سطوح مطويّة) تشبه بنية الهمبرغر (الشكل 1a). وتعتبر بلّورات البولي إيثيلين هذه أصغر البلّورات المعلن عنها حتى الآن، وهي بعرض يقارب 25 نانومتراً وبسُمْك يساوي 9 نانومترات، بما في ذلك الطبقات غير المتبلورة (سَمك البلّورة هو 6.3 نانومتر). هذا وتشتمل كل بلّورة حوالي 14 سلسلة بوليميرية. أما البلّورات ذات السطيحات فإنها تشير بوضوح إلى آلية نمو محدود التنوية nucleation-limited لهذه الجزيئات السلسلية، التي يتبع فيها النمو البلّوري مستويات الشبيكة البلّورية.

ومن المعروف أن بلّورات البولي إيثيلين الأضخم تأخذ شكل الألماس (المعيّن). فإذا كانت البلّورات النانوية السداسية السطوح تمثل مرحلة مبكرة من تشكُّل البلّورة، نتساءَل كيف لها أن تنمو إلى شكل ألماسي ماكروسكوبي؟ هنالك سبيلان مقترحان: الاحتمال الأول هو أن كل مستويين متقابلين من المسدس (مقابلين لما يسمى المستويات {100} في الشبيكة البلّورية) يتبلوران بسرعة أكبر من الآخرين. وبسبب النمو البطيء لما يتبقى من الشبيكة، فإن حواف المسدس الموافقة للمستويات {100} تضطرُّ للتضيُّق أثناء تنامي البلّورة، إلى أن يستنزف المستويان ويتلاشيان (الشكل 1b). وبالمقابل، من



الشكل 1- نمو بلّورة البولي إيثيلين.

a- استحضر weber وزملاؤه أصغر بلّورات نانوية من البولي إيثيلين جرى ذكرها حتى الآن. تضمُّ البنى السداسية طبقة بلّورية داخلية محشورة بين رقاقتين بوليميريتين غير متبلورتين. ويعزى القدّ الصغير للبلّورات إلى الطّي المحكم للسلاسل البوليميرية.

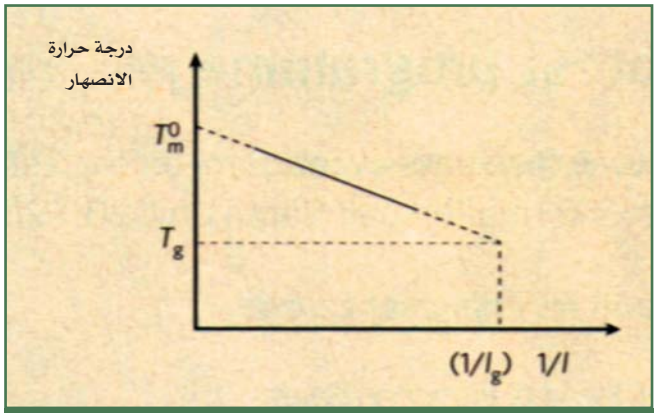
b- تتّخذ بلّورات البولي إيثيلين الكبيرة شكل الألماس. ويتمثل أحد الاقتراحات لتفسير كيفية نماء البلّورات النانوية السداسية إلى ألماسات في تبلور مستويين من البلّورات النانوية بسرعة تفوق سرعة تبلور المستويات الأخرى. وتتضيّق هذه المستويات أثناء نماء البلّورة وتتلاشى أخيراً بتمامها.

الممكن أن تتبنى البلّورات البدائية بنية سداسية تنمو بسرعة حينما تكون البلّورات صغيرة، لكنها تتّخذ بنية الشكل الألماسي الأكثر استقراراً بشكل ترموديناميكي حين بلوغها قداً حدّياً. إن تعيين أيٍّ من السبيلين يصحُّ فعلياً سيقود إلى فهم جديد للتبلور البوليميري.

وبذلك، هل تكون بلّورات ويبر ومساعديه البوليميرية هي أصغر ما يمكن صُنعه؟ هناك طريقة لاختبار ذلك تتمثل في اللجوء إلى معادلة جيبس–تومسون Gibbs-Thomson equation التي تحدد علاقة تبادلية خطية بين درجة حرارة انصهار البلّورات البوليميرية الصفيحية ومقلوب السُّمك الصفيحي (الشكل 2). يتم عادة استقراء مخططات هذه العلاقة لتحديد درجة حرارة انصهار البوليمير عند التوازن الترموديناميكي –ونشير إلى أنه نادراً ما تصل البوليميرات هذه الحالة، وبذلك لا يمكن الحصول تجريبياً على درجة حرارة الانصهار في حالة التوازن. ويمكن أيضاً استقراء مخططات جيبس–تومسون للحصول على درجة حرارة انتقال البوليمير إلى الطور الزجاجي –وهي النقطة التي تتحول عندها البوليميرات من حالة مطاطية إلى حالة صلبة زجاجية غير متبلورة، وفي هذه المرحلة تتوقف جميع الحركية الجزيئية molecular mobility. وتقابل هذه النقطة أصغر سُمك صفائحي يمكن الحصول عليه عملياً.

ولسوء الحظ، يصعب تحديد درجات حرارة انصهار بلّورات وحيدة السلسلة، وذلك لكون هذه البلّورات شبه مستقرة metastable. فعند التسخين في درجة الانصهار، يمكن للبوليميرات بسهولة أن تتحول من حالة شبه مستقرة إلى حالة أخرى تكون فيها البلّورات البوليميرية الصفيحية أكثر سُمكاً. ونشير إلى أن بعض البلّورات البوليميرية التي تكون بعيدة عن التوازن تفعل ذلك فيما إذا جرى تسخينها بمعدلات تتجاوز عدة آلاف الدرجات في الثانية. لذا يجب اتخاذ الحذر الشديد لدى تحديد معطيات لصالح مخطط جيبس–تومسون. فقد لاحظ ويبر ومساعدوه ازدياد سُمْك بلوراتهم بسبب إعادة تنظيم reorganization البوليمير بعد البلّورة. وتوحي هذه النتائج بضرورة إعادة فحص العديد من معطيات مخططات جيبس–تومسون المنشورة سابقاً.

إن اكتشاف طريقة ما لإحداث تبعثرات للبولي إيثيلين في الماء يتيح تطبيقات مهمة لهذه المادة (وللبوليميرات البولي أوليفينية الشبيهة بها) التي هي حالياً تقتصر على أصناف بوليميرية أخرى. وعلى سبيل المثال، فإنه بالإمكان الآن صنع أفلام طلاء رقيقة إلى حدٍّ فائق. ونظراً للأهمية البالغة للاتكسات latexes في التقانة البوليميرية، فإن تقرير ويبر ومساعديه قد يكون بداية ثورة في المواد البولي أوليفينية وتطبيقاتها.



الشكل 2- تقدير القدود البلّورية الأصغرية. ترسم مخططات جيبس-تومسون البيانية درجة حرارة الانصهار لبوليمير ما، مقابل معكوس الثخانة الصفيحية (l) للبلّورات البوليميرية. يمكن استقراء الخط الحاصل (الأقسام المنقطة) انطلاقاً من المعطيات التجريبية وصولاً إلى ثخانة لامتناهية ($l = 0/1$)، وذلك من أجل تحديد نقاط انصهار البوليميرات عند التوازن الترموديناميكي (T^0_m). وهي حالة لا تصل إليها معظم البوليميرات. ويقابل استقراء درجة حرارة الانتقال إلى الحالة الزجاجية (T_g) (وهي درجة الحرارة الدنيا، التي تكون جزيئات البوليمير دونها غير متحركة) أصغر قيمة لـ (l_g) يمكن الحصول عليها.

نُشر هذا الخبر في مجلة: Nature, 30 August 2007

نقطة حرجة: فيزياء المُحال

تعليق: روبـرت ب. كريز

يبدو أن بعض مبادىء الفيزياء -ومن ضمنها القانونين الأولين للترموديناميك- يدعو للتمرد. ويتساءل Robert P. Crease عن السبب.

يتّصف العديد من مبادئ الفيزياء بصيغة مفادها "إذا فعلت هذا فإن ما سيحدث هو كذا". فعلى سبيل المثال، يقول قانون نيوتن الثاني بأن تسارع كتلة معينة سيكون متناسباً مع القوة المطبّقة عليها. وهنا تتضمن مثل هذه المبادئ أن بعض التأثيرات يكون مستحيلاً عملياً. غير أن عدداً صغيراً من المبادئ ينتمي إلى فئة مختلفة. فهي تقول فعلياً "إن ذلك لا يمكن أن يحدث". إن مثل هذه المبادئ تعني ضمنياً استحالة حدوث تأثيرات معينة فيزيائياً.

تتضمن الأمثلة المشهورة للفئة الأخيرة القانون الأول والثاني في الترموديناميك. إذ ينص القانون الأول على عدم إمكانية خلق الطاقة أو إفنائها "أي إنك لا يمكن أن تكسب"، في حين يمكن صياغة القانون الثاني في عدة صيغ، مثل عدم إمكانية نقل الحرارة من جسم بارد إلى جسم أسخن منه أو أن أنتروبية المنظومة المغلقة تزداد دائماً "حتى أنك لا تستطيع التعادل وفقها". وهناك أمثلة أخرى تتضمن مبدأ ارتياب هايزنبرغ ومبادئ النسبية فيما يخص استحالة إدراك السرعة المطلقة وامتناع السفر بسرعة تفوق سرعة الضوء.

غالباً ما لا تمثل هذه المبادئ "فيزياء جديدة" بل استدلالات من مبادئ أخرى. وما هو المختلف بخصوصها يتمثل في صياغتها. ومجرد قولك بأن شيئاً ما غير ممكن فيزيائياً يجعل الفيزيائيين يرغبون في التمرد.

مُحال

ينضوي تحت عنوان فيزياء اللاّممكن physics of impossibility عدة أسماء. أحدها فيزياء "الإغفال forget-about-it"، وثانيها فيزياء "المُحال". فمنذ نصف قرن، تحدث الرياضياتي ومؤرخ العلوم Sir Edmond Whittaker عن "مسلّمات العجز postulates of impotence"، التي تؤكد "عدم إمكانية إنجاز شيء ما، رغم توافر عدد لانهائي من طرق محاولة إنجازه".

لقد كتب ويتّكر: "إن مسلّمة العجز ليست نتيجة مباشرة لتجربة ما، أو أية مجموعة محدودة من التجارب؛ فهي لا تذكر أي قياس أو أية علاقة عددية أو معادلة تحليلية؛ بل هي تأكيد اقتناع، بأن كل المحاولات لفعل شيء معين، أيّاً كانت طريقة الفعل، ستبوء بالفشل".

وهكذا لا تشبه مسلّمات العجز حقائق تجريبية ولا نصوصاً رياضياتية محقّقة تعريفاً. ومع ذلك، فإن مثل هذه المسلّمات تُعدُّ أساسية للعلوم. وقد قال ويتّكر بأنه يمكن اعتبار الترموديناميك مجموعة استدلالات مستخلصة من مسلّمات عجزه: المتمثلة في انحفاظ الطاقة والأنتروبية. ويجادل ويتّكر بأنّه من الممكن في المستقبل البعيد تقديم العناصر الإقليدية الأساسية لكل فرع من العلوم معتمدة على مسلّمة العجز المناسبة .

فيزياء المُحال ذات أهمية للعلوم لأنها تجتذب المعارضين

المعارضون

لكن فيزياء المُحال مهمّة للعلوم لسبب آخر: فهي تجتذب معارضين. إني لا أتحدث هنا عن المحاولات التي لا تُحصى للدجالين والبسطاء للالتفاف على قوانين الترموديناميك بابتكارهم آلات الحركة الدائمة. بل إن من أعنيهم هم الفيزيائيون الجادّون الذين يجدون في فيزياء المُحال تحدّياً لاستنباط مسَارب ينتهون من خلال البحث عنها إلى إيضاح أسس هذا الميدان.

لقد لعب الفيزيائيون المعارضون دوراً رئيساً في اكتشاف وتأويل مبدأ الارتياب. إذ بدأ Werner Heisenberg في العام 1925 الترويج لميكانيك المصفوفات matrix mechanics الجديد –الذي يمثّل مقاربة للفيزياء الذرّية– وذلك عبر الادعاء بأن على الفيزيائيين هجر الأمل في مشاهدة خواص كلاسيكية مثل المكان والزمان. وقد لعب Pascual Jordan دور معارضٍ عبر استنباط تجربة ذهنية لدحض مثل هذه الادعاءات.

لقد جادل جوردان بأنه إذا استطاع شخص تبريد مجهر حتى درجة الصفر المطلق، فسيكون بالإمكان عندئذٍ قياس الموقع الدقيق لإلكترون مثلاً، أو زمن قفزة كمومية ما. ويبدو أن ذلك قد ألهم هايزنبرغ للتفكير بالتآثر interaction بين أداة المشاهدة والحالة المشاهدة، الأمر الذي قاده إلى مبدأ الارتياب. فقد فرض المعارض جوردان تحوّلاً في تفكير هايزنبرغ على نحوٍ عملياتي بدلاً من فلسفي، وفي توضيح فيزياء الحالة المدروسة.

تُعدُّ تجربة James Clark Maxwell الذهنية مثالاً آخر مشابهاً، فهي تتناول مخلوقاً بالغ الصغر يشغّل باباً صغيراً في حاجز داخل صندوق مغلق. وعن طريق فتح وإغلاق الباب، يستطيع هذا العفريت –كما أصبح يُدعى فيما بعد– السماح للجزيئات السريعة كلها بالدخول إلى أحد جانبي الحاجز، مما ينتهك قانون الترموديناميك الثاني بجعله الحرارة تجري إلى ذلك الجانب. لقد ساعدت مناقشة هذه التجربة الذهنية في إيضاح مفاهيم الترموديناميك التي كانت غامضة حينئذ.

النقطة الحرجة

كتب هايزنبرغ ذات مرة: "غالباً ما تدفع تضحيةٌ ما ثمن أيّ تقدم في العلم، فمن أجل كل إنجاز فكري جديد كان لا بد من هجر مواقع وأفكار سابقة. لذلك، فإن زيادة المعرفة والاستبصار يقللان بطريقة ما، وبشكلٍ متواصلٍ، ادعاء العلماء في "فهم الطبيعة".

إن هايزنبرغ يبالغ في هذه النقطة: فمن المؤكد أن تقدم العلم يتضمّن تطوير أفكار أكثر حذقاً وتعقيداً تكتنف الأفكار البسيطة الموجودة سابقاً. لكن هذه الأفكار المعقّدة والحاذقة غالباً ما يولِّدها أولئك الذين لا يرضيهم منظور وجوب تقديم مثل تلك التضحيات التي ذكرها هايزنبرغ .

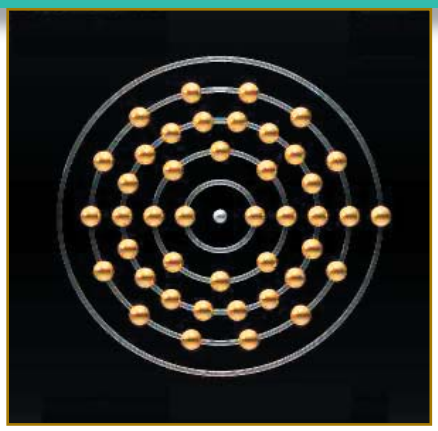
يمثّل عدم الرضا قوة دافعة قوية في العلوم، ويمكن أن تنشأ بطرق عدة. ففي بعض الأحيان، تنبع الفكرة من حسّ العالم بأن كومة البيانات المشوشة المتوافرة لديه يمكن ترتيبها بشكل أفضل. وفي أحيان أخرى تنشأ من الشعور بالتعقيد البالغ لنظرية ما وإمكانية تبسيطها، أو أن أجزاء هذه النظرية لا ينسجم بعضها مع بعض. وكذلك يمكن أن ينشأ عدم الرضا من عدم التوافق بين تنبؤات نظرية ما ونتائجها التجريبية.

تولِّد فيزياء المُحال نوعاً خاصاً من عدم الرضا، يتناول تصادم العلوم مع آمالٍ وأحلام –مثل الحلم بطاقة لا محدودة، ورحلات إلى ما بعد القمر، وتثبيت الأشياء في مواضع نوعية تماماً وفي أزمنة مخصّصة. ويبدو أن الإنسان مفطورٌ على هذه الآمال ومفطورٌ على خيبته تجاه العلم الذي يحبط تلك الآمال. فلا غرابة إذن أن تتركنا فيزياء المُحال غير راضين. لكن العلم يكسب في النهاية.

نُشر هذا الخبر في مجلة: Physics World, July 2007

التكنيسيوم

الرمز:	Tc
العدد الذرّي: (بروتونات في النواة)	43
الوزن الذرّي:	(لا يظهر طبيعياً)



ماهيته

التكنيسيوم هو معدنٌ لونه رمادي فضي يشبه البلاتينيوم ويفقد بريقه ببطء في الهواء الرطب. وقد نتج التكنيسيوم على سطح الأرض بشكلٍ أساسي عن طريق الأنشطة البشرية التي تتضمن مواد قابلة للانشطار. لقد أعطي اسمه من الكلمة اليونانية technetos التي تعني صُنْعي، إذ تولّد للمرة الأولى في العام 1937 بواسطة قصف الموليبدنيوم بالديوترونات (وهي صيغة من صيغ الهدروجين تشتمل على نترون واحد في النواة) وذلك داخل سيكلوترون.

لا توجد أية نظائر مستقرة (أي غير إشعاعية) للتكنيسيوم. (مع التذكير بأن النظائر هي أشكال مختلفة من العنصر تمتلك العدد نفسه من البروتونات في النواة ولكنها ذات عدد مختلف من النترونات). ومن بين النظائر العشرة المشعّة الأساسية، تبرز ثلاثة منها فقط (وهي التكنيسيوم-97، التكنيسيوم-98 والتكنيسيوم-99) تمتلك أعمار نصف طويلة من شأنها أن تبرِّر التخوُّف بمرور الوقت. أما أعمار النصف الخاصة بالنظائر الأخرى فهي أقل من 90 يوماً. ولا يتولّد من بين النظائر الثلاثة الطويلة الأمد سوى التكنيسيوم -99 بكميات كافية تصل إلى مستوى التخوُّف لدى مواقع الإدارة البيئية في وزارة الطاقة بالولايات المتحدة مثل موقع هانفورد. ويتحلل هذا المنتج الانشطاري بواسطة جسيم بيتا ليعطي النظير المستقر روتنيوم-99 (ruthenium-99). هذا وإن عمر النصف الطويل جداً (وبالتالي النشاط النوعي المنخفض) للتكنيسيوم-99 يَحُدُّ من مخاطره الإشعاعية.

وكذلك يضمحلّ التكنيسيوم-98 من خلال إصدار جزيء بيتا في حين يضمحلّ التكنيسيوم-97 عبر قيامه بأسر إلكترون. هذا ويتصف هذان النكليدان المشعّان بأعمار نصف طويلة جداً (تتجاوز المليون عام). وثمة نكليد مشع إضافي، هو التكنيسيوم-99m (وتعني "m" شبه استقراري)، يستخدم في إجراءات التشخيص الطبي. ويتميز هذا النظير بعمر نصف يبلغ حوالي 6 ساعات كما أنه يمثل منتج اضمحلال للموليبدنيوم-99، الذي هو نكليد إشعاعي له عمر نصف يبلغ 66 ساعة، والذي يضمحل أيضاً عن طريق إصدار جسيم بيتا.

مصدره

يتولّد التكنيسيوم كنتيجة لتحوُّلات نووية، ويكون ذلك بشكل نمطي في المفاعل النووي. فعندما تنشطر ذرّة نكليد انشطاري مثل اليورانيوم-235، فهي تنقسم عموماً بشكلٍ لا تناظري إلى شدفتين كبيرتين (وهما منتجان انشطاريان يتّصفان بعددي كتلة يتراوحان ما بين 90 و140) ويتزوّدان بنترونين أو ثلاثة. (العدد الكتلي هو ناتج جمع عدد البروتونات والنترونات في نواة الذرّة). ويكون التكنيسيوم-99 والموليبدنيوم-99 أحد النواتج الانشطارية، ويتّصفان بمردودٍ عالٍ نسبياً يبلغ حوالي6%. وذلك يعني أن حوالي ست ذرّات من كلّ نظير تتولّد في كل 100 انشطار. أما التكنيسيوم-99m فهو ناتج اضمحلالي قصير الأمد للموليبدنيوم-99. (لقد تولّدت كمية بالغة الصغر من التكنيسيوم بشكلٍ طبيعي في التفاعلات النووية المستديمة تحت الأرضية والمقدر أنها حصلت منذ حوالي 1.9 بليون سنة مضت في الغابون بأفريقيا. وقد حصلت هذه الظاهرة بسبب وجود تراكيز كبيرة من اليورانيوم-235 في ذلك الوقت، أما اليورانيوم بكمياته الحالية (وتبلغ حوالي0.72%) فلن تتكفّل تفاعلات مستديمة طبيعية كهذه). هذا ويُعدُّ التكنيسيوم-99 نكليداً إشعاعيّاً أساسيّاً في الوقود النووي المستنفد والنفايات العالية النشاط الإشعاعي التي تنتج عن معالجة الوقود المستنفد، وفي النفايات المشعّة المرتبطة بتشغيل المفاعلات النووية ومحطات إعادة معالجة الوقود.

استخدامه

يُعدُّ التكنيسيوم مانعاً جيداً لتآكل الفولاذ، ويمكن تأمين الحماية عن طريق إضافة كميات صغيرة جداً فقط أثناء الإنتاج. ولكن هذا الاستخدام محدود بواسطة الطبيعة المشعّة للتكنيسيوم. ويستخدم التكنيسيوم-99m عموماً في الطب النووي كقفّاء tracer مشع. وفي هذا التطبيق، يتثبت هذا النكليد المشع مرتبطاً كيميائياً بعقار مختار لميله للتجمع في أعضاء معينة من الجسم، ويتم بعدئذٍ حقن المحلول في جسم المريض. وبعد وقتٍ قصير (إذ إن نصف العمر الخاص به يبلغ فقط 6 ساعات)، تؤخذ صورة باستخدام مكشاف حساس للإشعاع من أجل التحليل. وتُعدُّ هذه التقانة مفيدة جداً في الكشف عن الانتقالات الورمية السرطانية في مواضع بعيدة عن الأورام الأساسية.

وجوده في البيئة

لا يُعدُّ التكنيسيوم عنصراً يتوافر بشكل طبيعي. ويوجد التكنيسيوم-99 في التربة بسبب السقط الناتج عن اختبارات الأسلحة النووية الجوية الماضية. وتكون التراكيز المقدرة في التربة السطحية منخفضة جداً، حيث توافق 0.0001 بيكوكوري لكل غرام (pCi/غرام)، وذلك بسبب نشاطه الإشعاعي المنخفض. ولكن التكنيسيوم-99 كثير التحرك في البيئة، وخصوصاً ضمن الشروط الهوائية (أي حينما يوجد الأكسجين). فهو يستطيع الانطلاق بسرعة من السطح إلى الأعماق مع المياه الراشحة وذلك لأن أغلب مركبات التكنيسيوم لا ترتبط جيداً بجسيمات التربة. ويقدّر التركيز المصاحب لجسيمات التربة الرملية بـ 0.1 منه في الماء الخلالي interstitial (الموجود في المسافات المسامية بين جسيمات التربة)، وذلك على الرغم من أنه يرتبط بقوة أكبر بأنواع التربة الطينية (بنسب تركيز أعلى بعشرة أمثالها). ولهذا السبب، تم العثور على التكنيسيوم-99 في المياه الجوفية في مواقع متعددة لوزارة البيئة. ووجد أن أعلى تراكيز التكنيسيوم-99 في هانفورد تكون في مناطق محتوية على النفايات الناتجة عن معالجة الوقود المشعع، كالحاويات (الخزانات) القابعة في الجزء المركزي للموقع، وفي مناطق طرح السوائل على امتداد نهر كولومبيا ولكن بدرجة أقل. وفي هانفورد، لم تُلاحَظ ممالات (تدرجات) تركيز مهمة أو جرى التنبّؤ عنها بالنسبة لنهر كولومبيا، أي أن مستويات التكنيسيوم عند الموضع أو بعده تكون مماثلة لنظيرتها في أول المجرى.

سيرورته في الجسم

يدخل مركب بيرتكنيتات التكنيسيوم (TcO_4) بسرعة من الأمعاء والرئتين بعيد الابتلاع أو الاستنشاق، وينتقل ما نسبته 50 إلى 80 % من الكمية المستنشقة إلى مجرى الدم. وبعد وصولها إلى الدم، يتراكم ما نسبته 4% من مركب بيرتكنيتات التكنيسيوم في الغدة الدرقية حيث يستبقى مع كون عمر النصف الخاص به يبلغ 0.5 يوم، أما العضوان الآخران اللذان ينتشر فيهما ذلك النظير بشكلٍ تفضيلي فهما جدار المعدة (10%) والكبد (3%). في حين أن بقية ما يدخل الدم ينتشر متوغلاً بشكلٍ متجانس في جميع الأعضاء والأنسجة الأخرى بزمن إقامة قصير. ومن المقدار الذي يصل أنسجة الجسم، يتم طرح ما يقدر بالنصف من خلال البول والنصف الآخر يطرح من خلال البراز.

الخواص الإشعاعية لنظائر التكنيسيوم الرئيسية

النظير	عمر النصف (عام)	النشاط النوعي (Ci/g)	الاضمحلال	طاقة الإشعاع (MeV)		
				ألفا(α)	بيتا(β)	غاما(γ)
Tc-97	2.6 مليون عام	0.0014	EC	-	0.0056	0.011
Tc-98	4.2 مليون عام	0.00088	β	-	0.16	1.4
Tc-99	210000 عام	0.017	β	-	0.10	-

EC = أسر الإلكترون، Ci= كوري، g= غرام، MeV= مليون إلكترون فولط، والشرطة تعني أن المداخلة غير قابلة للتطبيق. وقد تم إدراج الأرقام مقرّبةً إلى أقلّ منزلتين عدديتين.

وبالنسبة للتكنيسيوم المنتشر في بقية الأعضاء باستثناء الغدة الدرقية، يغادر حوالي 75 % الجسم متّصفاً بعمر نصف بيولوجي يبلغ 1.6 يوم، ويغادر ما نسبته 20% متّصفاً بعمر نصف يساوي 3.7 يوم، في حين يغادر 5% بعمر نصف يبلغ 22 يوماً. (وهذه المعلومة توافق أنماطاً مبسطةً قد لا تعكس تكرر التوزع البيني).

تأثيراته الصحية الأساسية

لا يكون التكنيسيوم-99 خطراً صحياً إلا إذا وصل إلى داخل الجسم. وهو لا يمثل خطراً خارجيّاً لأنه يتحلل عن طريق إصدار جسيم بيتا المنخفض الطاقة نسبياً وبدون أشعة غاما. أما التخوُّف الرئيس فهو استثارة السرطان من قبل جسيمات بيتا التي ترافق اضمحلاله الإشعاعي. ويمكن للتكنيسيوم أن يتركز في عدة أعضاء بحسب تركيبها الكيميائي، وبذلك لا يوجد عضوٌ أساسي مثير للقلق. وهذا أحد الأسباب وراء الاستخدام الواسع للنظير تكنيسيوم-m99 القصير الأمد في الطب النووي كوسيلة تشخيص. هذا وإن الطاقة المنخفضة لجسيم بيتا، وانعدام أشعة غاما بمقدار لا بأس به، وكذلك الطرح السريع للتكنيسيوم-99 من الجسم، كل ذلك يحّد من إمكانية قيام تأثيرات صحية.

خطورته

لقد تمّ حساب معاملات خطورة الوفاة بالسرطان وفقاً للعمر تقريباً بالنسبة لجميع النكليدات، بما في ذلك التكنيسيوم. وفي حين تكون معاملات الابتلاع أخفض من معاملات الاستنشاق، إلى حدٍّ ما، فإن الابتلاع عموماً هو أكثر الطرق شيوعاً في الدخول إلى الجسم. وكما هو الحال مع النكليدات الأخرى، فإن معاملات الخطورة بالنسبة لمياه الصنبور تبلغ حوالي70% من معاملات الابتلاع الغذائي.

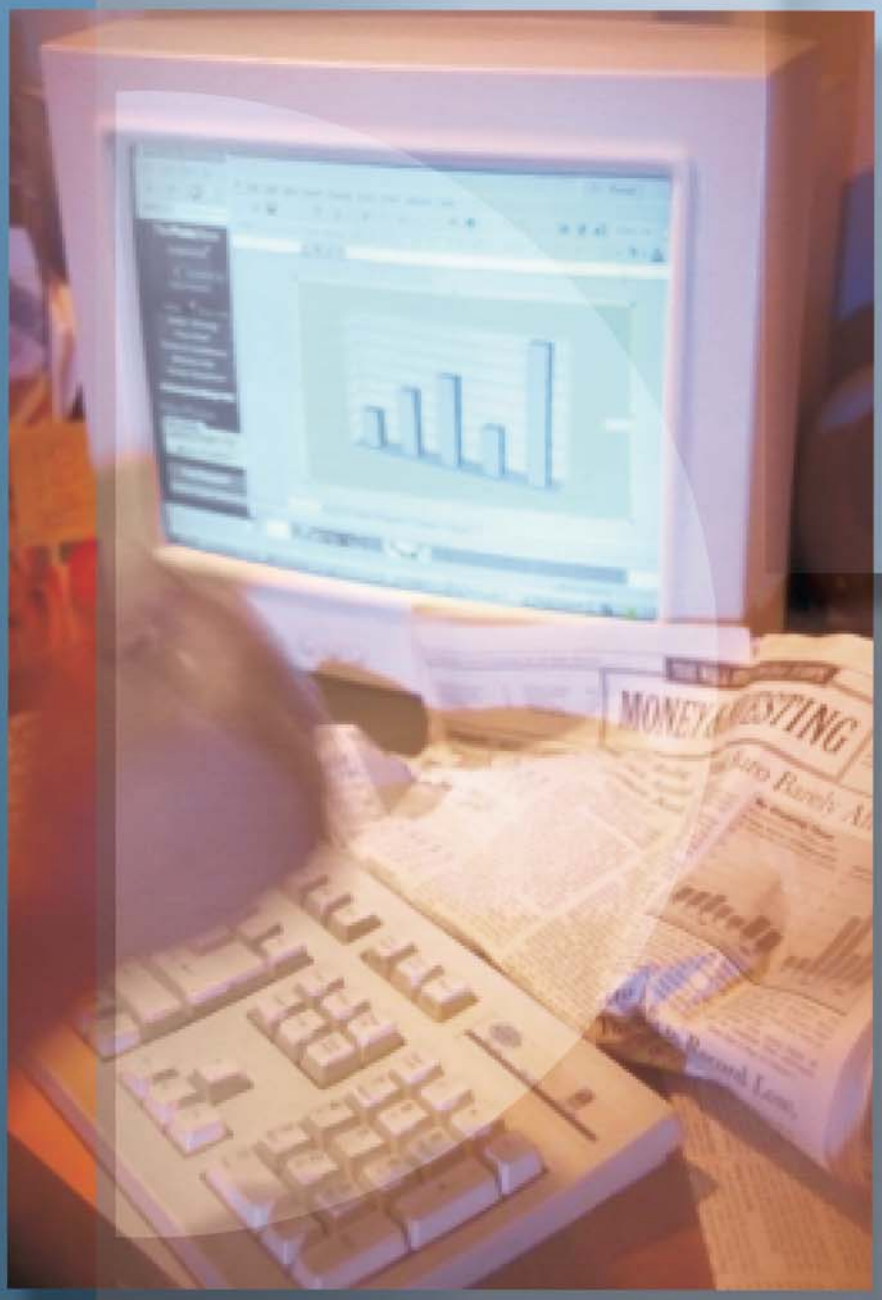
معاملات الخطورة الإشعاعية

يقدّم هذا الجدول معاملات خطورة مختارة فيما يخص الابتلاع والاستنشاق. وقد استخدمت أنماط امتصاص مفترضة موصى بها بالنسبة للاستنشاق، واستخدمت قيم غذائية بالنسبة للابتلاع. وتوافق مقادير الخطورة للوفاة بالسرطان وحدة إدخال هي (pCi^{-1})، وقد ورد معدلها بالنسبة لجميع الأعمار ولكل من الجنسين (10^{-12} تعادل جزءاً من التريليون). وتتوفر كذلك قيم أخرى بما فيها المرضية.

النظير	مقدار الخطورة العمرية للوفاة بالسرطان	
	الاستنشاق (pCi^{-1})	الابتلاع (pCi^{-1})
تكنيسيوم-97	$10^{-13} \times 7.6$	$10^{-13} \times 2.3$
تكنيسيوم-98	$10^{-11} \times 2.6$	$10^{-12} \times 6.0$
تكنيسيوم-99	$10^{-11} \times 1.3$	$10^{-12} \times 2.3$

نُشر هذا الخبر في مجلة: ANL, July 2002

إطلالة علمية



منظور شامل
لاستشراف مستقبل العلم والتقانة والابتكار في سورية

أفول الاقتصاد القائم على الموارد الطبيعية وبزوغ الاقتصاد المقاد معرفياً

يمتلك معظم دول العالم ومنها سورية جزئياً أو كلياً ما يُسمى بعوامل الإنتاج التقليدية وهي: رأس المال والعمالة والأرض والبنية التحتية. تأتي أهمية هذه العوامل من حيث كونها مدخلات ضرورية للإنتاج في أية صناعة أو أي نشاط إنتاجي، ويضاف إليها اعتماد التجارة التقليدية على مدى توافر هذه العوامل وتكاليفها. في سياق النظرية الاقتصادية الكلاسيكية لعوامل الإنتاج، نجد أن الدول المالكة لها كلياً أو جزئياً، تنحصر تنافسيتها في عوامل أخرى مثل عامل الدعم اللوجستي من حيث مدى توفره واتساعه، وكذلك عامل الهيكلة التنظيمية للقطاعات الصناعية وحتى قطاع الزراعة وذلك من حيث مدى وجوده ومرونته.

حتى الآن، يمكن القول أن الشركات والمؤسسات في سورية، تتبنى استراتيجية الكلفة المنخفضة التقليدية والحماية في مجال التنافس في الأسواق المحلية والعالمية دون مواكبة للتطورات الهائلة في العمليات الإنتاجية للمنتجات الاستهلاكية بالشكل المطلوب والتي تتأتى أساساً من البحث العلمي والتطوير التقاني. لكن هذه الاستراتيجية وبالرغم من نجاحها المحدود لدى عدد ضئيل من الدول والشركات، ليست قابلة للصمود في بيئة الاقتصاد العالمي الجديد المقاد معرفياً، لأنه يجب دوماً الأخذ بالاعتبار أنه توجد منتجات عالمية أجود وأرخص وبقيم مضافة أرقى. لذلك نجد أن استراتيجية الكلفة المنخفضة للمنتجات، سوف تؤدي أو ربما أدت بالدول وبالشركات التي تعتمدها إلى الدخول في حلزون اقتصادي تتناقص فيه القيمة المضافة وتتقلص فيه الهوامش الربحية حتى اندثارها تماماً وهذا ما نشهده في حركة الحلزون الاقتصادي السوري الذي يدور بالاتجاه السلبي ببطء أو ربما هو جامد إذا ما أفرطنا بالتفاؤل.

وكذلك هذا ما نجده في العديد من بلدان العالم الثالث، نتيجة للسير وفق استراتيجيات تنمية غير حصيفة ووضع أهداف غير واقعية، إذ اتسعت الفوارق بين الدول الغنية والفقيرة، حيث وصل متوسط دخل الفرد اليوم في العالم المتطور عدة أضعاف متوسط دخل الفرد في البلدان النامية. كما أن الزيادة في متوسط دخل الفرد في العالم المتطور في عام واحد تزيد عن كامل دخل الفرد في البلدان النامية. في هذا السياق، يمكن التأكيد على أنّ اعتماد مثل هذه الاستراتيجية في دولة مثل سورية، أدى أو ربما يؤدي إلى تجفيف الأدمغة الوطنية وبالتالي لن تتمكن سورية من منع هجرة هذه الأدمغة والحفاظ بالتالي على قوتها البشرية الكفؤة.

لكن التحولات الكبرى التي شهدها النصف الثاني من القرن العشرين فرضت على الدول توجهاً تنموياً جديداً للدول، تمثل بعملية الانتقال من المفهوم الكلاسيكي للتنمية الاقتصادية، الذي كان يركز على عوامل الإنتاج التقليدية، إلى مفهوم التنمية المستدامة الذي يركز على القدرات البشرية. وفي الواقع، أدت هذه التحولات إلى ظهور مورد إنتاج جديد غير محسوس وهو المعرفة أو ما بات يُعرف برأس المال الفكري الذي أخذ مكانه وبقوة إلى جانب موارد الإنتاج التقليدية الأخرى، وهذا ما ساعد في الآونة الأخيرة على بروز ثلاث نزعات لنظرية التنمية الحديثة على النحو التالي:

النزعة الأولى

مقاربة التنمية بالتركيز على المقدرات البشرية والمجتمعية بدلاً من الاعتماد على مخرجات الموارد كعوامل أساسية في التنمية، وهذا بالطبع يعبّر عن انزياح في الرؤية التقليدية للتنمية التي يعتبر فيها البشر متلقين منفعلين لثمار التنمية، والانتقال إلى مقاربة حديثة يكون فيها العنصر البشري فعّالاً ومشاركاً في صياغة التنمية. لقد تولّدت هذه النزعة في ظل التغييرات التقانية في مجال تقانة المعلومات والاتصالات والانفجار المعرفي، مما أدّى إلى ميلاد آخر "للاستثمار البشري" لأن مفهوم التنمية قد تبدّل من مفهوم رأس المال البشري إلى مفهوم التنمية البشرية المستدامة. هذا التحوّل الجذري في مفهوم التنمية البشرية نحو مفهوم التنمية البشرية المستدامة، لم يقلّل من مكانة العلم والتقانة بل زاد من مكانتهما واعترف بالدور الحاسم لهما أو للمعرفة بصورة أشمل في بناء ثروة الأمم والرفاه الإنساني.

النزعة الثانية

تدور مقاربتها حول اعتبار المعرفة المورد الأكثر أهمية على الأرجح في التنمية، بحيث أنه لم يعد رأس المال الناشئ عن إنتاج الآلات والموارد الفيزيائية والطبيعية مكوناً وحيداً وإنما أخذ جزء كبير منها يرتكز على الذكاء والمعرفة وعلى الكفاءات والمهارات الإنسانية، وهذا ما جعل إنتاج المعرفة ميزة تنافسية، في الوقت الذي تتناقص الميزة التنافسية في باقي أنواع الإنتاج الأخرى.

النزعة الثالثة

تتمحور حول أهمية مؤسّسات العلم والتقانة والابتكار من حيث كونها تُشكل بنية أساسية للتنمية، فالمؤسسات وفقاً للقواعد الحيوية للسلوك الاقتصادي، أصبحت أدوات حاسمة في التنمية من حيث كونها عوامل تمكينية لها. فعلى سبيل المثال، إنه من غير الممكن تفعيل المعرفة بدون هذه المؤسّسات التي تحرض المعرفة على تنشيط عمليات التنمية وخاصة بعد أن بدأت البشرية تدخل تدريجياً في مجتمعات تتأسس على المعرفة وعلى الذكاء الإنساني وشرعت بالتحول من اقتصاد مبني على القوة البحتة (الطاقة) إلى اقتصاد يقوم على القوة الدماغية أو الفكرية. هذه النزعات الثلاث تتقاطع في نقطة واحدة هي القدرات البشرية ومعها العقل البشري وسائر القدرات المجتمعية.

دلت التجارب الدولية الحديثة في هذا السياق، على أن الفرق الأساسي بين المجتمعات المتقدمة والأخرى المتخلفة يتمثل في أن الاقتصادات المتقدمة هي اقتصادات صناعية حديثة تقوم أساساً على التقانة العالية والمعرفة، في حين تقوم الاقتصادات المتخلفة على المهارات البسيطة ووسائل الإنتاج المتواضعة وبالتالي ما يفصل بين هذين النوعين من هذه الاقتصادات هو المعرفة أو فجوة المعرفة. ونتيجة لذلك، تحولت ثروات الأمم من الموارد الطبيعية إلى الموارد المعرفية، كما انتقلت وسائل الإنتاج من كثافة الاستخدام للأيدي العاملة ورأس المال إلى كثافة الاستخدام للمعرفة.

وفي الواقع، يقوم اقتصاد المعرفة على أعمدة رئيسة هي العلم والتقانة والإنتاج الصناعي وتوظيف المعرفة والتراكم والبناء المنظوماتي للابتكار وديناميته، بالإضافة إلى ركائز فرعية تتمثل بالمجتمعية والقياسية والاستثمار والرقمنة. هذا، وكيما تؤدي المعرفة دورها في الاقتصاد، فإنه ينبغي على إدارة المؤسّسات وإدارة المجتمعات أن تعمل على تحسين مؤشرات المعرفة وتطوير آليات تأهيلها التي تتركز أساساً على البحث والتطوير والتعليم والتشبيك المؤسّسي والقطاعي والابتكاري والريادي والمحاكمة الرشيدة.

لكن دينامية اقتصاد المعرفة والقدرة على التنافس في إطار العولمة والحفاظ على إنتاجية عالية الجودة وواسعة التنوع وذات قيمة مضافة في السوق العولمي والمحافظة على معدلات نمو إيجابية ومضطردة، لا يمكن أن تتحقق إلا إذا كانت عوامل الابتكار جزءاً من المؤسسية الاقتصادية التي تستمدها من الاستثمار المبرمج في البحث العلمي والتطوير التقاني ضمن بيئة مجتمعية وتعليمية وذلك بجعل الابتكار والمخاطرة جزءاً من مكوناتها الرئيسية وخصائصها المميزة. ومن جهة أخرى، فإن سرعة الاكتشاف وتضاؤل الفترة الزمنية بين الاكتشاف من جهة والتطبيق التجاري من جهة ثانية، تجعل الابتكار عربة الأمان بالنسبة للمؤسّسات والشركات على المستوى الجزئي والاقتصاد الكلي على المستوى العالمي.

إن المأزق الذي يعاني منه العديد من الدول النامية ومنها سورية، يكمن في عدم تمكنها من إحراز معدلات نمو اقتصادي تساعدها على تجاوز حالة التخلف، ويعود السبب في ذلك إلى عجز الإدارات والقيادات في تلك الدول عن إدارة التقانة وعن التعرف على المفاصل الرئيسة التي من شأنها أن تنقل الاقتصاد قبل المعرفي إلى الاقتصاد المعرفي وعجزها عن وضع البرامج الوطنية التي من شأنها أن تحرك تلك المفاصل إلى المرحلة المعرفية المتقدمة. إذا كان الابتكار (وهو حالة فردية ومؤسسية ومجتمعية) يمثل العمود الفقري للحفاظ على نمو اقتصاد المعرفة وتعظيم ديناميته واستمرار تجدده وتنافسيته فإن آليات تحفيز الابتكار وتأصيله لم تعطِ قيمة الاستثمار فيها حتى ينتقل المجتمع إلى مجتمع المعرفة وتتحول الثروة إلى ثروة معرفية ويقوم التصنيع على أيدٍ عاملة متطورة بالمعرفة. إن النموذج العام للاقتصاد المقاد معرفياً يرتكز على عشر ركائز هي التصنيع، والتمكين العلمي والتقاني والحرية والتشبيك والعقل المجتمعي المعرفي والفكر والثقافة المعرفية والمخاطر والاستكشاف والمحاكمة الرشيدة والتمكين الابتكاري. من هنا، نجد أن العالم يشهد تغيرات في إدارة التقانة من حيث توليدها ونقلها واستيعابها. وتعنى الدول أكثر مما مضى بوضع سياساتها التقانية وفي آليات تنفيذ هذه السياسات، وبخصوص توليد التقانة فإنه يتم من خلال البحث العلمي والتطوير التقاني. أما نقل التقانة فيشهد تغيرات أساسية في طبيعة التقانة المنقولة وفي أنماط النقل وطرقه، حيث يتجه المصدرون إلى الإقلال من نمطية النقل مع إطلاق اليد بعملية الاستثمار، والتوجه نحو نقل أساسه الاستثمار المباشر. وهذه الأنماط من النقل تقلّل من فرص العالم النامي في اكتساب فعلي للتقانة، كما تقلّل من جدوى وعائدات نقل وسائل وفعاليات الإنتاج (المصانع).

وفيما يخص سورية في هذا الصدد، فإننا ما نزال في طور تبني أو تطوير سياسات واستراتيجيات للعلم والتقانة، وحتى الآن لم يعطَ موضوع اكتساب التقانة حقه. مع الإشارة إلى أن الحكومة بدأت تتنبه لموضوع الاهتمام بدور العلم والتقانة كإحدى الوسائل لحل مشاكلنا الأساسية وتطوير الاقتصاد الوطني في القرن الحادي والعشرين، عن طريق رفع الإنتاجية والقدرة التنافسية، إلى جانب مسائل الطاقة والمياه وإدارة النفايات والبيئة، ومسائل البطالة في صفوف الشباب وتأمين فرص العمل الحقيقية لهم ومسائل الامتلاك الحقيقي لوسائل ومعارف الدفاع والأمن. وليس بخافٍ أن ذلك يستدعي تغيرات في منظومة العلم والتقانة القائمة حالياً بمركباتها التعليمية والبحثية ونقل التقانة والخدمات والإعلام بغية الانتقال بها إلى منظومة وطنية للعلم والتقانة والابتكار فاعلة وقادرة على استيعاب التقانة ومن ثم توليدها محلياً ونشرها.

الواقع الراهن للعلم والتقانة والابتكار في سورية ومخاطر سيناريو الاستمرار به

وعبر نظرة متفحصة لمسيرة العلم والتقانة خلال العقدين الأخيرين، نستطيع القول أن سورية شهدت، وخاصة في السنوات الأخيرة، جملة من الاستحداثات لمؤسسات تخصصية بالعلم والتقانة، بل وشهدت مولد وزارة دولة مختصة بهذا الموضوع في العام 1999 (هي سابقاً وزارة الدولة لشؤون نقل وتطوير التقانة) وهيئات بحثية وعلمية متنوعة على شاكلة مراكز بحث علمي وتطوير تقاني وجامعات ومعاهد عليا تخصصية ومؤسسات إنتاجية تقانية ومؤسسات وسيطة وداعمة.

فإذا ما بدأنا بتحليل المشهد العام للمؤسسات الجامعية والأكاديمية، نجد أنها ركزت جهودها على استحداث أنماط جديدة للتعليم والتعلم فجاء هذا التركيز بالنتيجة على حساب تحقيق إنجازات مهمة في مجال البحث العلمي والتطوير التقاني. إلا أن هذه "الاستحداثات"، وما رافقها من تشييد أبنية وشراء تجهيزات علمية وتأهيل موارد بشرية متخصصة، لم تؤدِ إلى طفرة نوعية ملحوظة في واقع العلم والتقانة في سورية، بل أسهمت إسهاماً متفاوت النجاح (وربما متواضعاً) في الحفاظ على حيوية معقولة في مجالات معينة من قطاعات العلم والتقانة، وعلى إبقاء جذوة البحث العلمي حية في وقت خبت فيه تلك الجذوة في الغالبية العظمى من مؤسسات منظومة التعليم العالي في سورية وذلك بسبب العديد من العوامل التي يمكن أن نلخصها بما يلي:

- تردي الواقع المعيشي للأستاذ الجامعي السوري، الذي أفقد نظام التفرغ الجامعي مضمونه تماماً، ومن النادر جداً أن نرى اليوم في الجامعات السورية أستاذاً متفرغاً للبحث العلمي وذلك بالرغم من قانون التفرغ الجديد الذي صدر في العام الماضي 2006 ويفترض فيه أن يحسن المستوى المعيشي للأساتذة الجامعيين.
- نزيف مستمر في الفئات المتميزة لأعضاء الهيئة التدريسية في الجامعات من خلال الندب والإعارة إلى الجامعات العربية والجامعات الخاصة المحلية، حيث تتجاوز نسبة هذا النزيف في بعض الأقسام ما مقداره 30% تقريباً.
- تهميش الوظيفة البحثية لصالح الوظيفة التدريسية، حيث ترتبط الوظيفة الثانية بمقتضيات الترقي الوظيفي الجامعي وليس بمقتضيات ودوافع البحث العلمي وذلك على عكس الاتجاه العالمي المعمول به في منظومات الدول المتقدمة. لقد أدى هذا التهميش إلى ضعف بنيوي في منظومة البحث العلمي الجامعي من حيث أن الكفاءات الأكاديمية التي تمتلكها هذه المنظومة، آلت إلى نمط المدرسين الجامعيين المستنزفين أكثر من نمط الباحثين العلميين المبدعين والمبتكرين.
- آليات الإنفاق المالي غير المناسبة، فعلى الرغم من أن الأنظمة تسمح بتمويل المشاريع البحثية ضمن الجامعات إلا أن هذه العملية بطيئة وبيروقراطية وتحتاج إلى تطوير جوهري لإجراءاتها. وعليه ينبغي أن يقوم بهذا التطوير القيّمون عليها في إدارة الجامعات، الأمر الذي يثبط همة الباحثين الذي يرغبون بالاستفادة من ذلك التمويل.
- لا توجد مخابر حديثة تقدم بيئة صالحة وراعية للبحث العلمي والمكتبات ضعيفة وتفتقر إلى الدوريات والخدمات التي تمكِّن الباحث من الاطلاع المستمر على آخر مستجدات البحث العلمي عبر العالم.
- الميزانية المرصودة للبحث العلمي ضعيفة بصورة عامة، حيث تنفق سورية ما نسبته 0,18 % فقط من دخلها القومي على البحث والتطوير وغالباً ما توظف هذه النسبة لشراء التجهيزات والحواسيب التي تستخدم لرفد البنية التحتية لمخابر الكليات ومساندة العملية التدريسية، ويندر جداً أن تستخدم فعلياً في تمويل مشروع من مشاريع البحث العلمي.
- التساهل اللامسؤول في القوانين الجامعية التي لا تسمح بترفيع أو ترقية الأساتذة وظيفياً إلا بعد تحقق شروط أكاديمية تشمل فيما تشمل البحث العلمي والنشر المحكم.

- عدم بروز الطلب الجدي على البحث العلمي من قبل المؤسسات الإنتاجية في القطاعين العام والخاص، بالإضافة إلى غياب الثقة في قدرة المؤسسات البحثية الجامعية على البحث العلمي التطبيقي والفعال.
- عدم استمالة نوابغ الطلبة من حملة الشهادة الثانوية (الفرع العلمي) عبر الترغيب بالانتماء إلى معاهد تتجاوب مع نبوغهم وتؤسسها الدولة خصيصاً لهم حسب متطلبات هيئة التخطيط في الدولة (إضافة من هيئة التحرير).
- ظاهرة التصحر أو الهجر العلمي (أي تخلي الطلاب عن متابعة الدراسة في الاختصاصات العلمية والتقانية والتوجه نحو الاختصاصات الأدبية) والتي بدأت بشكل أساسي في المرحلة الثانوية عندما بدأ الطلاب يميلون لدراسة الفرع الأدبي دون العلمي حيث ارتفعت نسبة هجر الاختصاصات العلمية مؤخراً بشكل ملحوظ. ففي العام 2000 كان عدد الطلاب المسجلين في الفروع الأدبية مساوياً تقريباً لعدد الطلاب المسجلين في الفروع العلمية في الدراسة الثانوية العامة وفي عام 2005 أصبح عدد طلاب الاختصاصات العلمية الثلث في حين أن الثلثين الباقيين كانا من طلاب الفرع الأدبي. هذا الانقلاب السريع والمفاجئ خلال الخمس سنوات الأخيرة يعني أن هناك مشكلة حقيقية ستواجه الاقتصاد السوري على المدى الطويل تتمثل بكل بساطة بانخفاض عدد الخريجين المختصين علمياً من مهندسين وفنيين والقادرين على إدارة أية عملية تطويرية صناعية أو خدمية أو تجارية حديثة إذا ما تقرر النهوض بالاقتصاد ذات يوم وإحداث طفرة اقتصادية ما.

ومن جهة أخرى، شدّدت الحكومة السورية في مناسبات عدة على تبني التنمية العلمية والتقانية كواحدة من أولوياتها الأساسية وهذا ما ظهر بوضوح في الخطة الخمسية العاشرة، لا سيما في مجال نشر ثقافة المعلومات التي غدت حجر الأساس في الإصلاح الإداري والتقدم في قطاعات اقتصادية حيوية ومهمة، لكنها لم تُعنَ عناية كافية بالثقافة العلمية والتقانية لتجعل المجتمع السوري يتمتع بالثقافة العلمية ويصبح أكثر وعياً بأهمية العلم والتقانة والابتكار في التنمية الاقتصادية والاجتماعية. فمن المعلوم أنه كلما ارتفعت السوية الثقافية العلمية والتقانية لمجتمع ما، ازدادت قدرة أفراده على الابتكار والإبداع. كما أن نجاح الأنشطة العلمية والبحثية والتطوير التقاني مرهون بإرادة جماعية واعية ليصبح الإنتاج العلمي نمطاً بارزاً ضمن أنماط الحياة اليومية ويكون التفكير العلمي أساساً في الممارسات والتعاملات. إن ارتفاع سوية الثقافة العلمية والتقانية للمجتمع يؤدي إلى ظهور الريادة التقانية فيه فالتطوير التقاني والابتكار لايمكن أن يأتيا من فراغ وإنما يبنيا على ثقافة علمية وتقانية واسعة وعالية السوية في المجتمع وعلى امتلاك للكوادر العلمية العالية التخصص.

ولدى إلقاء نظرة على أهم الإنجازات التي حققتها المؤسسات العلمية والتقانية، نستطيع استخلاص عناصر النجاح ومكامن الإخفاق، دون الحاجة إلى الحديث عن تجربة بعينها أو مشروع علمي محدد، ولسوف نكتفي هنا بعرض بعض نقاط الضعف والقوة، ومحاور العمل الرئيسة، بالإضافة إلى أهم ما يمكن استنتاجه من تجربة كل مؤسسة. وبناءً على ذلك نستطيع أن نصف الملامح المشتركة المميزة للمشهد الراهن للعلم والتقانة في سورية على النحو التالي:

- استطاعت المؤسسات العاملة في مجال البحث العلمي والتطوير التقاني (التي اختارت لنفسها ومنذ البداية محاور محددة سبق لها أن ركزت عليها جهودها ومواردها) أن تحقق قدراً معيناً من النجاح، ونخص بالذكر محوري الزراعة والدواء.
- لم تتمكن هذه المؤسسات، في محاولة تصديها للكثير من المحاور العلمية التي اختارتها، من تحقيق قيمة مضافة تراكمية على مخرجاتها.
- أدركت المؤسسات منذ البداية أهمية الاستثمار في تنمية رأس المال الفكري على جميع المستويات (دكتوراه، ماجستير، إجازة جامعية، معهد متوسط) واهتمت بالتأهيل المستمر جنباً إلى جنب مع التأهيل الأساسي، وهذا ما مكّنها من أن تحقق نجاحاً نوعياً في بعض المحاور. أما المؤسسات التي لم تضع خطة تأهيل موارد بشرية متكاملة ومستمرة وتشمل جميع المستويات، وبل اكتفت بإعداد مجموعة من الأطر العلمية المزودة بشهادة الدكتوراه، فقد تأثرت تأثراً عكسياً بهذا العامل.
- يعاني جميع هذه المؤسسات بشكل عام من ضعف في الموارد المالية المخصصة لأنشطة البحث العلمي والتطوير التقاني.
- تتفاوت المؤسسات في قدرتها على تعظيم الاستفادة من الموارد المالية المخصصة للبحث العلمي (على ندرتها) وذلك بسبب تعقيد الأنظمة والتشريعات السائدة وعدم مواءمتها لطبيعة ومتطلبات الأنشطة البحثية والمشاريع ذات الطابع العلمي، وبمعنى آخر غياب البيئات الترسيخية للبحث العلمي والتطوير التقاني.
- لا يزال المفهوم التعاقدي لمشاريع البحث العلمي والتطوير التقاني ضعيفاً في هذه المؤسسات مع أنها كانت عنصراً أساسياً لجميع

النجاحات التي تحققت ضمنها.

- لا تزال آليات التعاون المشترك للمؤسسات بعضها مع بعض (على شكل مشروعات بحث مشتركة، أو تبادل نتائج البحوث، أو تبادل المعارف التقانية) ضعيفة التأطير وخاضعة لعامل الصدفة أو للعوامل الشخصية، فهي لم ترقَ بعد إلى المستوى السياسي والاستراتيجي.
- لقد نجم عن عدم وجود سياسة وطنية للعلم والتقانة والابتكار واستراتيجية للتنفيذ وخطة عمل وطني (بحث علمي، تأهيل أطر بشرية، نقل وتوطين التقانة)، في سورية تشتيت وبعثرة الجهود التي بذلتها تلك المؤسسات، مما حرمها من تأكيد وإظهار الدور الفاعل الذي يمكن أن تكون قد لعبته لتحقيق بعض أو كل الأهداف الاستراتيجية الوطنية.
- تفتقر تلك المؤسسات إلى منظومات لقياس الأداء وتقييمه، مما حرمها من فرص إعادة تقويم أعمالها بغية تحقيق مستويات أداء أفضل.
- يعاني جميع هذه المؤسسات من ظاهرة تسرب الكفاءات وهجرة الأدمغة نتيجة انخفاض مستوى الدخل للنخبة المؤهلة من أطرها البشرية.
- يمكن أن تكون المؤسسات الصناعية الكبيرة والمتوسطة الحجم التابعة للقطاع العام، حاضنة لوحدات بحوث صناعية تستطيع أن تقدم إسهامات مهمة لمنظومة العلم والتقانة والابتكار الوطنية، إلا أن واقع الحال يشير إلى أن القطاع العام الصناعي في سورية يواجه مشاكل كبيرة في صميم أعماله الإنتاجية وهذه المشاكل ناجمة عن جمود في الأنظمة الإدارية وضعف في الاستثمارات الجارية تمنعه من تجديد وتحديث أدوات وأنظمة الإنتاج الصناعية على نحو يواكب التغيرات المتلاحقة في معالم أنظمة التصنيع الحديثة. ورغم وجود مركز للأبحاث والاختبارات الصناعية ومركز آخر لتطوير الإدارة والإنتاجية تابعين لوزارة الصناعة، فإن الدور الذي يلعبانه يظل محدوداً ومقتصراً على القيام بالاختبارات والقياسات والتأهيل والتوعية العامة بأنظمة إدارة الإنتاج الحديثة وبالجودة ومفاهيمها. ونشير في هذا الصدد إلى أن التوجهات الحالية تدلّ إلى وجود خطة طموحة لإعادة إحياء القطاع العام الصناعي في سورية. وتركز هذه الخطة على مبدأ فصل الملكية عن الإدارة، وعلى ضخ استثمارات مالية جديدة تسمح لهذه المؤسسات الصناعية بإعادة تجديد أدوات الإنتاج فيها وتعزيز القدرات الإنتاجية، ولكنها لا تشير بوضوح إلى التركيز على تعزيز معارف ومهارات وخبرات تطوير المُنتج (أي التصميم والتطوير وإنتاج منتجات مبتكرة)، كما لا تأخذ بعين الاعتبار أن متطلبات نجاح هذه الخطة الطموحة تكمن في تبنيها لإقامة مراكز بحوث صناعية تخصصية تركز على مهارات تطوير المُنتج مما يؤدي إلى إحداث تغيرات ملموسة في منظومة التجديد والابتكار الوطنية. ويظل من المبكر في المرحلة الراهنة التحدث عن الاحتمالات الواقعية لتبلور ونجاح مثل تلك المراكز.
- لم تنضم مؤسسات القطاع الخاص إلى قاطرة البحث العلمي والتطوير التقاني، سواءً من ناحية إسهامها في تمويل أنشطة البحث العلمي ضمن هذه المؤسسات أو إسهامها في خلق الطلب على البحث العلمي والاستفادة من مخرجاته. ويمكن القول وبكل وضوح بأن القطاع الخاص (القائم بشكل عام على مؤسسات صغيرة كثيفة العمالة تقوم بنشاطات لخدمة السوق المحلية) لا يقوم بأي نشاط في البحث والتطوير لأسباب مختلفة نذكر منها:
  - صغر الحجم، وانخفاض الانخراط مع الأسواق الدولية، وضعف قدرات الرأسمال البشري، وغياب التمويل الصناعي ذي المدى الطويل والدعم والتشجيع الرسمي بالإضافة إلى عدم وجود حوافز ضريبية في سورية خاصة في مجال البحث العلمي والتطوير التقاني.
  - إن الغالبية العظمى من الصناعات السورية في القطاع الخاص هي صناعات تحويلية ذات قيمة مضافة صغيرة، وهي بعيدة تماماً عن تطبيقات التقانات المتقدمة التي تدعو بطبيعتها إلى أعمال بحث علمي وتطوير تقاني مرافقة.
  - إن أغلب المؤسسات الصناعية السورية في القطاع الخاص هي مؤسسات أعمال ذات طابع عائلي ورؤوس أموال صغيرة لا تسمح بالاستثمارات الطويلة الأمد في أنشطة البحث والتطوير، بل وتركز على عائد استثماري قصير الدورة ومضمون النتائج. وبالتالي يقتصر دورها على استيراد خطوط الإنتاج الجاهزة في أغلب الأحيان دون الاهتمام بتطويرها تقانياً أو توليد قيمة مضافة على خطوطها.

بناءً على ما سبق ذكره، يمكن القول بأن مؤسسات منظومة التعليم العالي والبحث العلمي والتطوير التقاني في سورية ما تزال تشكل نظاماً مغلقاً وموجهاً، بالإضافة إلى أن تفاعلاته تكاد تكون معدومة مع اللاعبين مثل الشركات والوسطاء ومقتضيات العرض والطلب في

السوق. وفي الواقع، يحتاج هذا النظام المغلق للتعليم والبحث العلمي في سورية إلى إعادة هندسة حقيقية بحيث يتم دمجه مع باقي المكونات الأساسية لبناء منظومة علم وتقانة وابتكار وطنية. وبالطبع تنشأ عن ذلك، تحديات حول كيفية بناء نماذج جديدة لمزج اللاعبين الرئيسيين في عمليات الابتكار والتعليم وفق صيغ تستجيب للبيئة التنافسية الشديدة في العالم ولمتطلبات كل من الجودة والسوق القائم على المعرفة إلى جانب موارد الإنتاج التقليدية الأخرى. وفي الواقع، يجب القول بأن فعاليات التجديد والابتكار والتعليم المتوافرة في سورية لا يمكن أن تتحول إلى منظومة علم وتقانة وابتكار ما لم يكن أصحاب القرار أو المعنيون في الحكومة مستعدين لتغيير طرائق تفكيرهم في مجال سياسة العلم والتقانة باعتماد منطق منظوماتي للتجديد والابتكار تلبية لمتطلبات البيئات الاقتصادية والسياسية البازغة تحت تأثير عولمة الاقتصاد والانفجار المعرفي الذي يجتاح العالم حالياً. لذلك ربما يتوجب على الحكومة أن تسعى إلى إصلاح وترقية قطاع العلم والتقانة وحتى إعادة هيكلته ضمن إطار عمل معين، يقود بالنتيجة إلى قيام منظومة وطنية للتعليم والتجديد والابتكار في سورية بحيث تكون قادرة على إنتاج "تعليم أجود وأرخص وأسرع" وعلى إخراج ابتكار يؤدي إلى توليد قيم مضافة ومنافسة في حلقة الإنتاج.

وبالخلاصة يمكن القول بأن سيناريو الاستمرار بالواقع الراهن للعلم والتقانة والابتكار لن يؤدي إلى توليد قيم مضافة، وسوف يؤدي إلى تدهور تنموي ربما يكون كارثياً، حيث أظهر بعض الدراسات أن دخل الفرد الوسطي في نهاية العقدين القادمين لن يتجاوز الدخل الحالي مما يعني تدهور الوضع المعيشي خلال العقدين القادمين، وبالتالي ينبغي تغيير هذا السيناريو القاتم للعلم والتقانة والانتقال إلى سيناريو تنموي ذي طبيعة إسعافية واستنهاضية قائم على العلم والتقانة والابتكار بسبب التحديات التي تفرضها الدينامية السريعة للأسواق العالمية المتجهة نحو اقتصاد المعرفة مروراً باقتصاد معتمد على الاستثمار في العلم والتقانة والذي يشكل رأس المال الفكري جوهره ولبه. في الواقع، إن الكيان الفيزيائي المولد لرأس المال الفكري وللمعرفة عموماً، هو منظومة مؤسسات العلم والتقانة والابتكار والتي أصبحت المحرك الأساسي للاقتصاد الجديد وغدت بالتالي الجهة المفتاحية في تحقيق التنمية المستدامة.

سيناريو نهوض تنموي قفزيّ عبر مسارين متوازيين أحدهما ترشيدي والثاني ابتكاري

الآن ونحن ندخل الألفية الثالثة، نرى أنّ المعرفة تعبّد الطريق نحو التنمية الشاملة سواءً في الدول النامية أم المتقدمة، فاكتساب المعرفة وتحصيلها أصبح قيمة مهمة وغاية بحدِّ ذاتها من خلال ما يمكن تسميته بمنظومة العلم والتقانة والابتكار (المنظومة الوطنية للابتكار) والتي يمكن أن تُعرف على النحو التالي: "أنها شبكة من المعاهد والمؤسسات العاملة في القطاعين الخاص والعام والتي تتمحور نشاطاتها حول توطين وتعديل ونشر تقانات جديدة وتمتلك وسائل جديدة كالتنظيم والإدارة والتمويل والتسويق والتعليم وعوامل أخرى إضافية". لقد أصبحت هذه المنظومة، وخاصة في الآونة الأخيرة، حجر الزاوية في أي سيناريو تنموي من سيناريوهات التنمية لأية دولة في العالم ومنها بالطبع سورية. ويعود السبب في ذلك، إلى أن المعرفة أو المورد الجديد للإنتاج، تضعف أهمية التنمية إن لم ترتبط بالعلم والتقانة والابتكار أو إذا لم يجرِ التركيز على كيفية توليد المعرفة بصورة دائمة ووضعها قيد الاستعمال، وهذا ما يصعُب فعله إلا عبر كيان يتمثل بمنظومة للعلم والتقانة والابتكار، يتطلب قيامها اتخاذ الإجراءات التالية:

- إزاحة كل المعيقات التي تحول دون انبثاق الإمكانيات الذاتية الكامنة داخل منظومة العلم والتقانة والابتكار.
- تفعيل العلاقات بين المؤسسات الصناعية والحكومية والأكاديمية المكونة لمنظومة التعليم والتقانة والابتكار في الدولة، وربطها ربطاً عضوياً بحاجات العمالة المتغيرة والمتجددة عن طريق الأخذ والعطاء المتكاملين والمتبادلين فيما بين هذه المؤسسات.
- توفير الترتيبات والتنظيمات المؤسسية التي تساعد على نمو هذه الإمكانات الإنسانية إلى أقصى حدودها.
- تأمين التدفق المعرفي وإدارة عمليات توليد ونقل وتحاصص المعرفة ونشرها.

في هذا السياق، يمكن القول بأن منظومة العلم والتقانة والابتكار أصبحت حاجة ضرورية وملحّة للدول، بهدف خدمة التنمية بصورة عامة، وذلك لثلاثة أسباب رئيسية، هي:

- إنّ تحرير التجارة والهبوط السريع لتكاليف الإنتاج يحرّض سورية ودولاً مثلها على التنافس، وعلى نحو متزايد، مع الدول التي تتمتع بتكاليف أخفض للعمل وبقوى عاملة أفضل تأهيلاً وتعليماً.
- إنّ التقانات الجديدة والبازغة قد غيّرت عالمنا اليوم بأسرع مما كان عليه الحال سابقاً، وذلك من خلال ما نشهده حالياً من تطويرات متسارعة في تقانة المعلومات والاتصالات، والمواد الجديدة، والتقانة الحيوية، والأنواع الجديدة للوقود (مثل خلايا الوقود)، والتقانة النانوية البازغة، وسائر موجات التقانة ذات التأثير الكبير. لقد ولّدت التقانات العالية، ولاسيما البازغة منها، مجالات جديدة من

التجديد والابتكار وخلقت العديد من الفرص لمشاريع الأعمال ذات المزايا التنافسية العالية.

- إن ظاهرة الاتصالات في القرن الحادي والعشرين، التي تجري على مدار الساعة، أدّت إلى تغيّرات أسرع في ميول المستهلك وأذواقه، وإلى انتشار لحظي أو آني للأفكار والمنتجات حول العالم.

تتجلى العوامل المذكورة آنفاً بأنّ التطورات التقانية تحدث بسرعة وبإيقا ع لم تشهد له البشرية مثيلاً في التاريخ الصناعي، وبأنّ الصناعة تواجه حالياً تحديات جديدة متمحورة حول هاجس رفع معدلات التجديد والابتكار ضمن أجواء تنافسية محمومة. ويتجلى هذا التنافس من خلال التحديات التي يواجهها أصحاب القرار وقادة الدول التي تدور حول الانتقال من التنافس محلياً على أعمال ذات تكاليف منخفضة إلى التنافس عالمياً على التجديد في الأعمال والابتكار فيها وبقيمة وحيدة. وتطلب هذه التحديات إنفاقات في عناصر مختلفة لبيئات الأعمال، وكذلك ترقية استراتيجيات الشركات والمؤسسات، وخلق وتدعيم أنوا ع جديدة من التنظيمات والهيكليات الملائمة لتحريض عمليات التجديد أو عمليات الاستثمار الناجح للأفكار الجديدة وذلك عبر زج تقانات جديدة أو مشاريع جديدة تهدف فيما تهدف إلى إيجاد منتجات وخدمات أفضل وعمليات إنتاج جديدة ونظيفة وأكثر فعالية ونماذج عمل محسنة، ولعلّ كل ذلك يصب في مصلحة المستهلك والأعمال والاقتصاد ككل. فبالنسبة للمستهلك، إنه ينظر إلى العلم والتقانة والتجديد والابتكار كسباق يؤدي إلى تأمين بضائع ومنتجات ذات قيمة أفضل وجودة أعلى وخدمات أكثر مردودية وفعالية بالإضافة طبعاً إلى إيجاد منتجات جديدة تماماً وبالتالي مستوى حياة أفضل. أمّا من حيث الأعمال والمشاريع، فإن التجديد والابتكار يقودان إلى نموّ أفضل لها، إذ إنّ الموظفين أو العاملين يجدون من خلال التجديد والابتكار أعمالهم أكثر جذباً، ويكسبون مهارات أفضل، لأنه في حال غياب التجديد أو الابتكار فإن ذلك سيؤدي إلى جمود العمل، وحتى فقدانه. أما فيما يتعلق بالاقتصاد ككل، فإنه ينظر إلى الابتكار والتجديد كمفتاح أساسي للإنتاج الأغزر وللازدهار الأعظم الذي يصب في مصلحة الجميع وفي مواجهة التحديات المستقبلية. وبناءً على ما تقدم يجب على أصحاب القرار أن يجدوا الأساليب والطرق اللازمة لكسر الروابط بين النمو الاقتصادي وانحسار الموارد، الأمر الذي يُعدُّ على درجة كبيرة من الأهمية لكل قطا ع اقتصادي، وبشقيه التصنيعي والخدمي. واستناداً إلى ما سبق، ولكي تكون سورية قادرة على التنافس دولياً وليس فقط إقليمياً، فإنها تحتاج وبشدة إلى اعتماد العلم والتقانة والابتكار كسياسة تنموية وذلك من خلال إيجاد أو ترقية منظومة للعلم والتقانة والابتكار، مع العلم بأن كل هذا الطرح يستند إلى حقيقة أن التقدم في العلم والتقانة والابتكار يوفر فرصاً كبرى لتحقيق التنمية المستدامة وذلك ضمن إطار سيناريو نهوض تنموي.

بناءً على ما سبق، قد يكون من المفيد أن تقوم سورية باعتماد سيناريو مزدوج للنهوض التنموي القفزويّ، يكون لبه أو جوهره منظومة وطنية للعلم والتقانة والابتكار، ويتخذ شكل مسارين متوازيين على النحو التالي: الأول، يمكن تسميته بالسيناريو الترشيدي للنهوض التنموي القفزويّ، والثاني هو سيناريو ابتكاري للنهوض التنموي القفزويّ. تدور مقاربة المسار الأول أو السيناريو الترشيدي حول تهجين القطاعات الاقتصادية المفتاحية كالزراعة والصناعة والسياحة وسائر الخدمات بالتقانات العالية مثل الاتصالات والمعلوماتية والتقانة الحيوية، وذلك بهدف زيادة الإنتاجية ورفع سوية وجودة المنتج وتحسين فاعلية استثمار الموارد وبالتالي توليد قيم مضافة على مخرجات القطاعات المفتاحية المذكورة آنفاً وفق منهج ليبرالي يستفيد من التطور التقاني الكبير لتطوير هذه القطاعات وبحيث يؤدي ذلك إلى الانتقال إلى *اقتصاد قائم على الاستثمار في العلم والتقانة*. أما المسار الثاني أو السيناريو الابتكاري، الذي يوازي السيناريو الترشيدي فتدور مقاربته حول توطين وتوليد التقانات العالية والبازغة، تلك التقانات القائمة على الابتكار والإبدا ع الفكري والقدرة العقلية والتي ستكون مجالاً للمنافسة بين الدول كالتقانة الحيوية وتقانة المعلوماتية والاتصالات وتقانة الطاقة النظيفة والمتجددة وتقانة الطيران والمواد الجديدة والتقانة النانوية وغيرها وبحيث يقود هذا السيناريو الابتكاري إلى الانتقال إلى *اقتصاد قائم على المعرفة* التي بدأت تظهر كمورد خامس للإنتاج. هذا السيناريو المزدوج سوف يمكّن على الأرجح سورية من الدخول في حلزون اقتصادي تتزايد فيه القيمة المضافة على منتجاتها وبالتالي التمكن من التكيف مع البيئة التنافسية الشديدة التغير على الصعيدين الإقليمي والعالمي، مع الأخذ بعين الاعتبار أن النهوض التنموي القفزويّ ينبغي أن ينطلق من الأهداف التنموية العامة للدولة لإقامة مجتمع تسوده الرفاهية والعدالة والأمن، وإقامة اقتصاد متنوع الموارد ذي قوة دفع ذاتية تمكّنه من استمرارية النمو وتهدف إلى خير الإنسان وترتكز على جهده. في هذا الإطار، يمكن القول بأن تحقيق التنمية المستدامة كمفهوم حضاري شامل، يتطلب إيجاد الأوعية والمؤسسات الملائمة، والقيادة الفاعلة الحكيمة، والتفكير الإداري المنسجم مع أهداف وطموحات التنمية من حيث توجهاتها الاقتصادية والاجتماعية، والاهتمام بالتنمية الإدارية من خلال أجهزة إدارية مركزية للانتقال بالمجتمع القائم إلى مجتمع ما بعد الحداثة.

بالنسبة *للسيناريو الترشيدي*، يمكن تجسيده والتعبير عنه بمقاربة يطلق عليها تسمية "توليف أو تهجين التقانة حيث يُصار إلى ربط تقانات تقليدية سائدة بالتقانات العالية (كتلك المتصلة بتقانة الاتصالات والمعلوماتية والنظم الخبيرة أو التقانة الحيوية) وذلك بهدف زيادة الإنتاجية أو رفع نوعية المنتج أو تحسين فاعلية استثمار الموارد، أو لهدف يجمع هذه الخصائص كلها أو بعضها معاً. ومن الأمثلة العملية

على ذلك في العالم النامي:

- استخدام المعالجات الصغرية (الميكروية) في عمليات التحكم الرقمي بآلات تشغيل المعادن وذلك كبديل عن شراء تجهيزات تأسيسية جديدة.
- استخدام أنظمة خبيرة متطورة ورخيصة الثمن في ضبط عمليات التجفيف لبعض المواد الغذائية مثل أوراق الدخان أو الشاي وذلك بغرض رفع مستوى الجودة وبالتالي زيادة سعر السوق.
- استخدام تقانات زراعة الأنسجة والاستنساخ والاستنسال والتحوير الوراثي في الزراعة لتسريع معدل تكاثر النباتات أو إكسابها صفات مرغوبة وذلك عن طريق استخدام التقانة الحيوية.

ومن جهة أخرى، تهدف مقاربة تهجين التقانات التقليدية بالتقانات العالية، إلى تدعيم مفهوم القيمة المضافة من أجل تدعيم الموارد الطبيعية المحلية. وفي هذا السياق، قام العديد من البلدان النامية بتطوير استراتيجيات معينة لإضفاء قيمة أكبر على مواردها الطبيعية قبل تصديرها. ففي سورية، قد تسنح الفرصة لتنفيذ هذه الفكرة وذلك من خلال استنباط برنامج منهجي لرفع سوية المواد الخام المحلية لاستخدامها كبدائل عن المواد الخام المستوردة والمستخدمة حالياً في تغذية مشاريع تقوم على التقانات المستوردة. نضرب على ذلك المثالين التاليين:

يستورد الملح العادي المنقى بسعر باهظ، لاستعماله في تركيب أملاح إعادة الإماهة التي تُعطى عن طريق الفم للمصابين بالإسهال. لعله من المؤكد ضرورة وجود جهة ما في سورية قادرة على القيام بإنتاج الملح المنقى محلياً دون الحاجة إلى استيراده وبتكاليف أخفض بكثير.

تستورد سورية ما يقارب من خمسين مليون قارورة زجاجية سنوياً لاستخدامها عبوات للأدوية، ولا شك أن الفرصة سانحة لإنتاج زجاج ذي مزايا طبية في سورية.

ومع أن كلا المثالين قد يبدو غير مهم نسبياً، فمن المفيد إجراء استطلاع يرمي إلى الوقوف على ماهية المواد الخام التي تستوردها سورية وبأي كميات وما الذي يمكن استبداله منها بمواد محلية. إن من شأن نتائج مثل ذلك الاستطلاع الكشف عن عدد من جوانب رفع سوية الموارد المحلية، من خلال توظيف تقانة تقليدية جاهزة أو تقانة مهجنة تبعاً لما تفرضه الحاجة.

هذا ومن أجل مزيد من الإيضاح ، يمكن أن نأخذ محور تهجين قطاع الزراعة بالتقانات العالية التالية:

- التقانة الحيوية النانوية Nanobiotechnology
- تقانات الأمن والأمان الغذائي Food Safety and Security
- تقانة معالجة الأغذية Food Processing
- تقانة تطوير خصائص الغذاء Food properties
- تقانة المعلوماتية الحيوية Bioinformatics
- تقانة ميكروبيولوجيا الطعام Food Microbiology

وهناك قطاعات اقتصادية أخرى، يمكن أن تخضع لعملية التهجين هذه مثل الصناعات الكيميائية وقطاع المعادن والخامات والنسيج والسياحة والصناعات الثقافية والصناعة الدوائية حيث لا مجال هنا لتفصيلها وشرحها.

أما بالنسبة *للسيناريو الابتكاري*، فنسوق الأفكار السريعة التالية التي نعتقد أنها تساعد على شرح مبررات اعتماده:

يعيش العالم حالياً داخل ثورة تقانية شاملة، نتيجة للتقدمات الهائلة التي حدثت خلال الأعوام الثلاثين الماضية، وذلك في مجالات التقانة الحيوية والتقانة النانوية وتقانة المواد وتقانة الاتصالات والمعلومات. لقد حصلت هذه التقدمات في الواقع، بتسارع كبير، مما جعل الاحتمالات قوية بحدوث تغيرات جذرية في كافة مناحي الحياة. كما أن سياق هذه التطورات يدل على أن آثارها ستكون خلال العقدين القادمين أكثر جلاءً وعمقاً، بحيث نستطيع القول أن تقانات العام 2025 الناتجة عن مختلف المنظومات العلمية سوف تحول نوعية الحياة البشرية وتمدد أمدها وتغير أوجه العمل والصناعة وبالتالي سوف تؤدي إلى نشوء قوى اقتصادية وسياسية جديدة على المسرح العالمي.

ولعل معظم الناس لا يعي حقيقة التقانة بذاتها إلا أنه يستطيع تفهُّم ما يمكن أن تقدمه التقانة له من خلال إخضاعها للتطبيق والتداول. فنحن نرى في هذا السياق، وبشكل متزايد كيف أن العديد من التطبيقات يتطلب دمج الكثير من التقانات للحصول على منتجات معينة أو تطبيقات محددة. ونستطيع أن نضرب مثلاً على ذلك أن المقاربات الجديدة في التعامل مع الطاقة الشمسية تقوم على استعمال اللدائن والمواد الحيوية أو البيولوجية والجزيئات النانوية. كما أن آخر نظم تنقية المياه تستعمل أغشية نانوية مع مواد محرضة ومنشطة حيوياً. ويمكن القول بأن تطبيقات كهذه، ربما تساعد على بروز مشكلات كبرى تواجهها الأمم بأشكال مختلفة مثل الماء والطعام والصحة والتنمية الاقتصادية والبيئة وقطاعات حرجة عديدة. إذن ليس بالضرورة أن تكون هذه المشكلات بنفس الحدة لكل الدول حتى العام 2025، فهناك دول قادرة على استيعاب الإسقاطات التقانية وأخرى غير قادرة بدرجات مختلفة وكلُّ ذلك يعود إلى مستوى كفاءة القدرات البشرية الموجودة في الأمة. لذلك يُعتبر توفر القدرات البشرية شرطاً ضرورياً للتعامل وبأشكال مختلفة مع التطبيقات المعقدة للتقانة من هذه الأشكال. وقد يلجأ بلد ما إلى توطين تطبيقات التقانة من خلال الاعتماد على جهوده الذاتية في البحث والتطوير أو على جهود نقل التقانة أو تعاون دولي في البحث والتطوير، أو ربما يلجأ هذا البلد أو ذاك إلى استحضار التقانة المتوافرة تجارياً أو الموجودة على الرف. لكن يجب الإشارة إلى أنْ العديد من البلدان لم يستكمل البنية التحتية الضرورية أو المواد الضرورية في الأعوام الخمسة عشر الماضية لفعل شكل من أشكال التعامل مع تطبيقات الثورة التقانية القائمة حالياً. وينبغي القول في هذا السياق بأن قدرة بلد على اكتساب التقانة لا يعني بالضرورة أنه مساوٍ لقدرته على توظيفها، مع أن القيام بالبحث العلمي أو استيراد الدراية التقانية يشكل خطوة أولى، إلا أن التوطين الناجح يتعلق أيضاً بالمحفزات داخل البلد نفسه والمتمثلة بتشجيع الابتكار وتذليل العقبات التي تقف في دربه. وهكذا فإن طبيعة المحفزات أو الدافعات والمعوقات تعكس إلى حدٍّ كبير الكمون الفيزيائي والبشري والمؤسسي للدولة وكذلك تظهر أهمية الموارد المالية والبيئات التمكينية فيها من سياسية وثقافية واجتماعية. لذلك يلعب كلُّ واحد من هذه العوامل جزءاً معيناً في تحديد قدرة الأمة على وضع التطبيقات الجديدة للتقانة بين أيدي المستخدمين وتجعلهم يحتضنونها ويدعمون استخدامها الواسع عبر الزمن. لهذه الأسباب مجتمعة، يمكن القول بأن البلدان المختلفة سوف تتمايز بعضها عن بعض وفقاً لقدرتها على استخدام التطبيقات التقانية لحلّ المشكلات التي تواجهها.

كمثال على ذلك، يمكن أن نعرض توطين التقانات التالية وما تتيحه من فرص:

1- التقانة الحيوية بغية تحقيق الأهداف التالية:

- جعل التقانة الحيوية أحد عوامل بناء اقتصاد اكتفاء ذاتي وتوزيع عادل للدخل.
- المساهمة في توفير رعاية صحية أفضل وأجود.
- المساهمة في توفير غذاءٍ كافٍ وبكلفة منخفضة.
- تنمية منظومة موارد بشرية كفؤة.
- توليد مناخ أعمال جديد في الصناعة يعتمد على منتجات التقانة الحيوية.
- المساهمة في الحفاظ على البيئة وإنتاج طاقة نظيفة.

2- صناعة الطيران والفضاء، يُعتبر توطينها حيوياً للأسباب التالية:

- تساهم بشكل كبير في النمو المستدام.
- يُنظر إليها كوعاء لحضن تقانات عالية وحرجة ومهارات مفتاحية.
- تمثل دافعاً قوياً للتقدم التقاني.
- تقدّم مساهمة جوهرية في قضايا الأمن والدفاع.
- تساهم في بناء رأس مال بشري علمي وتقاني رفيع المستوى.

3- قطاع الاتصالات والمعلوماتية في سورية، يمكن أن يشتمل على التوجهات التالية:

- التشبيك اللاسلكي، البث اللاسلكي متعدد الوسائط (صوت وفيديو وبيانات).
- أمن المعلومات والنظم المعلوماتية والشبكات والأدوات المرافقة كالتعمية والبطاقات الذكية.

- الطرفيات الذكية الشخصية وتطبيقاتها التي تتيح مجموعة من الخدمات التي تعتمد على تقانات متطورة كالصيرفة الإلكترونية المحمولة والبطاقة الصحية الإلكترونية والملاحة بمعونة الأقمار الصناعية ونظم المعلومات الجغرافية.
- التعلم الإلكتروني E-Learning (مهم جداً للارتقاء بمنظومة التعليم).
- برمجيات المصادر المفتوحة Open Source Software =OSS.
- الحوسبة بواسطة التشبيك الفعال Grid Computing.
- معالجة اللغات الطبيعية–الذكاء الصنعي وتطبيقاتها كالتعرف على الكلام والترجمة الآلية والتخاطب بين الإنسان والآلة باللغة العربية بالتعاون مع الدول العربية وجامعة الدول العربية.
- التصميم والتصنيع بمعونة الحاسوب: CAD, CAM, CAE.
- الطب الممارس عن بعد Telemedicine مثل: نظم المعلومات في المشافي–العناية الطبية عن بعد وحتى التعاون الجراحي عن بعد.
- رياضيات الأرض Geomatics (مثل الحلول المبنية على منظومات المعلومات الجغرافية GIS ومنظومات دعم القرار ومنظومة تحديد المواقع العالمية GPS).
- الهوية اللاسلكية RFID.

4- الذكاء الصنعي وتطبيقاته، ويُعرف بأنه علم بناء أنظمة تتصرف أو تفكر كالإنسان مما يجعل من تقنياته العصب الرئيس للأنظمة والبرمجيات الحديثة وخاصة في تطبيقات الأعمال الإلكترونية.

5- توطين تقانة الإلكترونيات والبصريات.

6- تقانة الطاقة النووية والطاقة المتجددة.

تحديات سيناريو النهوض التنموي القفزويّ

إنّ ما يميز القرن الحادي والعشرين هو طبيعة وخطورة التحديات التي تتصدى لها بلدان العالم النامي ومنها بالطبع سورية. فالتحولات الحضارية الكبرى، الاقتصادية والتقانية والثقافية والمجتمعية، التي ما فتئت تتوالى في صور مبهرة في العقدين الأخيرين، شأنها شأن معارك الحرب والقتال، لا ينتج عنها في العادة منفعة لكل الأطراف. فلقد استفادت من ذلك، عبر دورات التاريخ المختلفة وحتى نهاية القرن العشرين، المجموعات والبلدان والأمم التي هيأتها هياكلها المجتمعية لتسخير العلم والتقانة لصالحها في خدمة مصالحها وتحقيق أهدافها. لذلك، نجد جماعات وحتى أمماً قد خسرت أو اختفت، لأنها كانت أقل استعداداً للاستجابة لمتغيرات دورات التاريخ في العلم والتقانة والابتكار.

يمكن القول أيضاً بأن التحدي الأكبر في مجمله هو صمود سورية وسط تنافسية امتلاك المعرفة والتقانة، والتخلص من الأشكال التقليدية للانغلاق على الذات أو التنمية من خلال نماذج محصنة تجاه ما يحدث في بيئات العالم الحالي وأسواقه البازغة والتي يشكل مجموعها عالم ما بعد التصنيع أو الحداثة. هذا، وتدور في هذه البيئات الجديدة في عالم "ما بعد التصنيع والحداثة" توجهات هذا السيناريو التنموي القفزويّ حول ما يلي:

التعامل الدقيق: الميكروي والنانوي مع المواد ومكوناتها وهيكليات بنائها وفهم كيفية تشكّل خصائصها وإمكانية استبدال المكونات في التوصل إلى نفس الخصائص.

- عدم فرض ذكاء بعينه أو مفهوم بعينه للرشاد أو حل وحيد، من خلال فرض حل معين من بين جملة الحلول التقانية، تعبيراً عن احترام الآخر وسعياً لتقصي الفائدة وتنوع الثقافات.
- الاهتمام باستكشاف دوائر المنطق البيولوجية في الذكاء البشري وفي الحاسبات الميكروية الوراثية في الجينوم البشري وغير البشري وإعادة كتابة تاريخ الحياة (ومستقبل بعض منها كتاريخ أو كمصير)، مع توقع أثر كل ذلك في الثقافة والنظم الحياتية والأخلاقية.

- الاتصال البشري عن بعد ومن مداخل جديدة ومتنوعة في نقل الفكر وفي ممارسة النشاط والصراع وفي إدارة الإنتاج والإبداع العلمي النظري.
- الميل للتصغير والنمنمة في الأنظمة والتجهيزات ووسائل التحكم، ويبدو أنه ميل لانتشار التقانة والحفاظ على الطاقة والموارد والتقليل من الملوثات في أحيان أخرى.
- الرقمنة أي الانتقال إلى النظم الرقمية التي تسمح بجودة أكبر وانتشار أوسع وبتجميع الأجهزة والخدمات العديدة في مكان واحد، بالإضافة إلى تحقيق المزيد من الدقة في المعايرة وإدخال تغيرات واسعة وربما جذرية على أنماط الحياة وعلاقات الإنتاج وقواه. كما تعطي الرقمنة للأمن القومي حصانة من خلال الربط الشبكي.
- الاستخدام الواسع للحاسبات كجزء من الملكات والتفكير الخاص ومتطلبات السرعة في معالجة وتحليل المعلومات وفي تطوير العلم والتقانة واللغات المناسبة للمستقبل وتحويل جزء من هذه الحاسبات إلى معالجات ميكروية وروبوطية.
- انتشار وتطور حقل تقانة المحاكاة والذكاء الصنعي والنظم الخبيرة.

لقد مهّدت وتمهد هذه التوجهات التقانية البازغة، لبدايات تبلور حضارة تقوم على مفاهيم وغايات جديدة في ديمومة التنمية الاقتصادية والإنسانية، وعلى فهم جديد لدور المعرفة في التقدم والإنتاج وثقافة جديدة في هذه الحضارة، حيث يلوح في أفقها ملامح أن البقاء والأمن "للأسرع والأعرف". إنها ثقافة يتلاشى فيها كل شيء من المسافة والزمن نتيجة لثورة الاتصال البشري. هذه المقولة حول البقاء للأسرع، ليست مقولة يطرحها رجال الاقتصاد فقط، بل يطرحها غيرهم أيضاً. فمن يعمل في مجال التقانة الحيوية، أو في سائر التقانات العالية، يعلم أن الكثير منشور ومتاح فعلياً للجميع، لكن الأرباح تذهب للأسرع ابتكاراً. لا شك أن هناك فجوة عميقة تفصل بين منظومة العلم والتقانة السورية والمنظومات العالمية المتربعة على قمة العلم والتقانة وليس هناك سبيل سوى أن نقفز، لأن الذي يتوقف في الطريق سوف يُسحق وأن حالة السكون والتوقف هي بداية النهاية. ولعل ذلك يشكل السيناريو النهضوي التنموي أو الذي ينبغي اتباعه في التعامل مع منظومة العلم والتقانة والابتكار والذي يفترض به إن يؤدي إلى صوغ "عقل سوري جديد لمجتمع سوري جديد" في توليده لأفكار جديدة كلياً وغير مسبوقة في حل مشكلات بعينها وفي اعتزازه بهوية تعطي لفكره التميز والتنافس في تطوير المعرفة والحلول والمقدرة على المنافسة.

لكن سيناريو النهوض التنموي القفزويّ الثنائي المسار *بشقيه الترشيدي والابتكاري*، سيواجه جملة من التحديات الكبرى من جراء التعامل مع التقانات العالية والبازغة تهجيناً وتوطيناً والتي يمكن أن نلخصها وفق المحاور الرئيسة التالية:

- تحقيق التزامنية في كافة العمليات بتطبيق الهندسة المتزامنة، بحيث تنفذ نشاطات التخطيط والتطوير والتنفيذ بشكل متواز بدلاً من الأسلوب التسلسلي المتبع حالياً. يكمن الهدف من وراء وضع مفهوم وتصميم وإنتاج المنتجات والخدمات التي يجب أن تكون متزامنة قدر الإمكان في تخفيض زمن وصول المنتج إلى السوق، وتشجيع التجديد والابتكار، وتحسين الجودة. سوف تُحدث الهندسة المتزامنة ثورة في الطرق التي يتفاعل بها الأشخاص على كافة المستويات في الشركات والمؤسسات. لذلك سوف نرى أن "العمل الجماعي" هو كلمة تستخدم من أجل وصف هذه التفاعلات، بالرغم من أنها غير قادرة على توصيف علاقات المستقبل بشكل دقيق نظراً لاحتمال تفاعل القوى العاملة في كافة جوانب أعمالها من خلال الشبكات الحاسوبية التفاعلية.
- مكاملة الموارد البشرية والتقانية بقصد تحسين أداء القوى العاملة ورضاها، وكذلك تطوير التقانات التي تحسن المساهمات الفكرية للأشخاص في عملهم من جهة، وتقوم بتزويدهم بالمعلومات وامتلاك قدرات التنسيق الضرورية لحلقة التوريد الكاملة، كما تساعدهم على اتخاذ قرارات مبنية على المعلومات في وجه المجهول من جهة أخرى. بناءً على ذلك من المتوقع خلال السنوات القادمة أن يخضع الصناعيون لضغوطات تنافسية كبيرة بهدف تكييف منتجاتهم مع متطلبات السوق المتقلبة وهذا ما يفرض على الأفراد وفرق العمل أن يتمتعوا بسرعة الحركة للسيطرة على التقانة والاستفادة منها بمرور الوقت. هذا ولتحقيق ذلك، يجب على المؤسسات الناجحة أن تقوم بتعليم عمالها كيف يأخذون بعين الاعتبار، كلاً من الزمن والتقانة كتحديات للإنتاجية، وبالتالي يجب عليهم وعلى كافة المستويات، أن يكونوا على اطلاع واسع فيما يتعلق منتجاتهم والأسواق والزبائن والعمليات المستخدمة في صناعتها والطريقة التي تجري بها أعمالهم التجارية.
- تحويل لحظي للمعلومات المستحصلة من تشكيلة واسعة من المصادر إلى معرفة مجدية بهدف صنع قرارات فعّالة. ويقترح بعض الدراسات، أنه يجب على المصنّعين أن يتوزعوا حول العالم لتلبية احتياجات الزبون بشكل اقتصادي، وهذا ما يتطلب أن تكون القوى العاملة معولمة وغير متمركزة في مكان ما، مما يزيد الحاجة إلى اتصالات سريعة ودقيقة وذات جودة عالية وشفافة لاختلافات اللغة

والثقافة، لأن العولمة تستلزم عبور الحدود الوطنية. بالإضافة إلى ذلك، ينبغي أن يُصار إلى تدريب العمال بسرعة وغالباً ما يتم ذلك على مسافة كبيرة من مصادر توافر المعرفة والخبرات، مما يعني أننا سنرى قيام واضمحلال شركات وتحالفات كاستجابة للتغييرات السريعة في شروط الأعمال التجارية.

- إعادة هيكلة الشركات والمؤسسات بشكل سريع كاستجابة للاحتياجات والفرص المتغيرة وتتمثل بقدرة المؤسسة على تشكيل تحالفات معقدة مع مؤسسات أخرى بسرعة كبيرة. وفي الواقع، يعود السبب في نشوء هذا التحدي إلى الاستجابة وبسرعة إلى الفرص والاحتياجات المتغيرة للزبون، وإلى فرص السوق المتغيرة أيضاً والتطورات البازغة في العمليات والإنتاج، وتقانة الاتصالات والمعلوماتية.
- تطوير عمليات التجديد والابتكار مع التركيز على تصغير أحجام المنتجات ونمنمتها. ويعود السبب في نشوء هذا التحدي إلى أن تقانة المعلوماتية والاتصالات والتحكم وسائر التطبيقات في الأعمال المتقدمة قد قادت، وبشكل كبير، التقدم الأهم في التصنيع والإنتاج خلال الربع الأخير من القرن الماضي. ومن المتوقع أن يكون للتقدم في التحكم بالعمليات والهياكل الميكروية ذات المقاسات الأقل من الميكرون والتحليل والكشف عن الأسرار البيولوجية والكيميائية في الطبيعة، الأثر الساحق على الفهم المستقبلي للعمليات والتركيب الكيميائي، مما يؤدي إلى طرق جديدة ومثيرة في صناعة ونسخ مجموعة واسعة من المنتجات وتنميتها وتضيعها. وعلى الأرجح سوف تتوسع عمليات التجديد والابتكار لتشمل كافة نواحي التصنيع والإنتاج، وكذلك سوف تقود تقانات الاختراق في قطاعات معينة من الأعمال إلى تغييرات في الطرق التي يصعب توقعها. ففي التقانة النانوية والتقانة الحيوية، وفّر التقدم في العلوم الأساسية أسساً للتصورات الخاصة بالتجديد والابتكار التي يمكن وصفها "بقفزة كبرى أو بخرق كبير" أو بالثورة الرابعة التقانية.

يُضاف إلى التحديات المذكورة أنفاً تحديات أخرى، يمكن وصفها بتحديات إعادة هندسة القدرات البشرية والمجتمعية في سورية والتي يمكن تلخيصها على النحو التالي:

1- تحديات لا بد أن يواجهها التعليم العالي في بناء نماذج جديدة من القدرات والتي تُطرح بالأسئلة التالية:

- كيف يمكن جعل الجامعات المقامة وفق أساليب عمل تقليدية، مؤسسات تعليم ذات منظومات بينية (بمعنى *حقلنة التعليم العالي* بالجمع بين التخصصات لتلبية الاحتياجات المطلوبة في الأسواق)؟
- كيف يمكن إعداد أساتذة متعددي المنظومات؟
- كيف يمكن إنتاج مادة تعليمية تتمتع بالفاعلية والجاذبية؟
- كيف يمكن نشر الوعي على شكل معلومات بين الناس؟
- كيف يمكن حقن القضايا البيئية في المساقات الدرسية المختلفة؟

2- تحديات تجاه بناء وتطوير نماذج جديدة من القدرات المجتمعية والتي تُطرح بالأفكار التالية:

- مقدرة على المساهمات الفعّالة في المشاريع للقطاع الخاص والقطاع الأهلي في إطار الشراكة مع الدولة.
- مقدرة على العمل في بيئة معولمة ذات تغير تقاني سريع، ويمكن تركيز أهمها في:
  - مقدرة على التحكم بعملية العبور إلى اقتصادٍ أكثر ليبرالية.
  - مقدرة على الاستفادة من الاستثمار الأجنبي المباشر.
  - مقدرة على إدارة التقانة والتعامل معها والسيطرة عليها.
- مقدرة على العبور إلى اقتصاد السوق.
- مقدرة على إدارة التقانة والتعامل معها.

3- تحديات تجاه بناء وتطوير قدرات مؤسسية تطرحها الأفكار التالية:

- مقدرة على العمل في اللامركزية والتنمية من القاعدة إلى القمة.

- مقدرة رشيدة على بناء مؤسسات لإدارة الاقتصاد.
- مقدرة على بناء مؤسسات مجتمعية فعالة مشاركة.
- مقدرة على بناء مؤسسات لدعم الموارد البيئية.

متطلبات تحقيق سيناريو النهوض التنموي القفزوي بفرعيه الترشيدي والابتكاري

في الواقع، يتطلب تحقيق سيناريو النهوض التنموي القفزوي بفرعيه الترشيدي والابتكاري المقترحين في هذه العجالة، تبني مبادرة على شكل خطة عمل قفزوي تبرز فيها وبوضوح تام الأولويات ومحاور العمل لجميع الجهات المعنية في مجال البحث والتطوير في سورية من هيئات علمية بحثية وقطاعات إنتاجية وخدمية. ينبغي أن تسترشد الخطة بشراكة قوية ونشطة بين القطاعين العام والخاص وتؤسس لثقافة البحث والتطوير الناكرة للذات. من هنا، يجب السعي إلى تبني نهج منظوماتي للعلم والتقانة والابتكار، وعليه ينبغي أن تكون خطة العمل القفزوي قادرة على تحريض قيام منظومة سورية للعلم والتقانة والابتكار، تساعد على إيجاد حلول لعدد من العوامل المتعلقة بتطوير ثقافة الابتكار، والتي تشتمل على ما يلي:

1- بناء قاعدة قوية للبحث العلمي والتطوير التقاني عن طريق الاستثمار الطويل الأمد في توليد المعرفة وبشكل أساسي من خلال استثمارات في القطاع العام والخاص.

2- استثمارات في بحوث مركزة في مجالات استراتيجية وموجهة نحو توليد الثروة (ينبغي أن يتم تحديد مثل هذه المجالات حسب الاحتياجات، والقدرات، والإمكانيات).

3- الموارد البشرية المؤهلة تأهيلاً عالياً من أجل تفعيل اقتصاد المعرفة، والتي أصبحت أكثر أهمية من الموارد المادية والطبيعية.

4- توفر البنى التحتية للبحوث الوطنية.

5- إقامة شراكة فعّالة بين الجامعات والقطاع الخاص.

6- بناء شبكات إقليمية ووطنية ودولية مع ارتباطات بينية قوية.

7- تأسيس بنية تحتية معلوماتية ونماذج معرفية حديثة.

8- تصميم آليات دعم فعّالة ومناسبة للشركات القائمة على ثقافة الابتكار، بما في ذلك الدعم المالي.

9- التركيز على نقل التقانة، والأعمال الحرة مع مجموعة متنوعة من الأدوات والطرق المرنة بهدف تقليل فجوة الابتكار.

يتطلب أيضاً تحقيق سيناريو النهوض التنموي القفزوي بمساريه الترشيدي والابتكاري، إيجاد حلول سياسية لإعادة هيكلة الأنشطة الاستثمارية المبعثرة للبحث والتطوير في مختلف القطاعات الاقتصادية، وتحسين قدرات رأس المال البشري، بالإضافة إلى تعزيز البيئة التشريعية المحرضة على الابتكار. وكذلك يُعدُّ من الضروري، وقبل كل شيء، العمل على تغيير عقلية المجتمع وتعزيز ثقافة الابتكار من خلال إقامة شبكات قوية وجهود تعاونية بين القطاعين العام والخاص.

وكذلك يجب على المقاربة المنظوماتية للعلم والتقانة والابتكار السورية أن تركز على إقامة شراكات بين الصناعة والمخابر والمعاهد الداعمة لتسريع بحوث التقانة وتطويرها ونشرها، بواسطة التعاون والتنسيق مع الصناعة وذلك بهدف اعتماد اتجاهات البحث والتطوير المستقبلي وتنفيذه بشكل مشترك في سورية.

وعلى كل حال، فإن تقدم الشراكة بين القطاعين العام والخاص على جميع المستويات؛ المحلية والوطنية والعالمية، يقدِّم العديد من المزايا والفوائد التي ينبغي أن تكون الركائز المهمة في بناء منظومة العلم والتقانة والابتكار السورية وترقيتها. نبدأ بالقول، بأنها تعزز استثمار القطاع الخاص في مجالات البحث والتطوير، وتخفض من التكاليف والمخاطر، وتوفر إمكانية الوصول إلى برامج البحث والتطوير المتواصلة، والخبرة والتسهيلات. كما تجعل القطاع الخاص ينخرط في تحديد الأولويات الوطنية، وبالتالي يزيد هذا الجهد من الفعالية التي يمكن تحقيقها بالأموال الحكومية المخصصة للبحث والتطوير. ويؤدي ذلك إلى جعل جميع المشاركين في عمليات البحث والتطوير يساهمون في تطوير قدرة سورية على بناء اقتصاد أكثر تنافسية في عالم تتزايد فيه المنافسة. لذلك، ينبغي أن تكون هناك مبادرة لإنشاء منتدى للابتكار

وبحيث يكون بيتاً جامعاً للهيئات العلمية البحثية (ولتكن الهيئة العليا للبحث العلمي المحدثة مؤخراً أو أية جهة أخرى) من ممثلين من القطاعين العام والخاص على حدٍّ سواء، لرسم خريطة طريق البحث والتطوير وتجميع الموارد والخبرات، وتقاسم المخاطر والتكاليف، وتأمين نجاح المشاريع الكبيرة العامة والخاصة.

بالإضافة إلى ذلك، فإن تشجيع إنشاء شبكات البحث والتطوير بين الصناعيين ومؤسسات البحث والجامعات من خلال إنشاء منظومة للتعاون (نظام افتراضي للمعلومات الخاصة بالبحث العلمي) في مرحلة البحث والتطوير والمنافسة في مرحلة الإنتاج اللاحقة، سوف يؤدي إلى الرفاه الاجتماعي الأمثل. ويمكن للقرارات السياسية التغلب على أية عقبات قد تعيق هذه المبادرات البناءة عن طريق اعتماد نظم فعّالة ومنح الحوافز، وتوفير الدعم والحماية اللاحقة لحقوق الملكية الفكرية.

أضف إلى ذلك، أن الربط بين جميع أصحاب المصلحة في منظومة العلم والتقانة والابتكار والعاملين فيها عن طريق نظام اتصالات حديث وشبكات البحث ذات سرعات العالية والواسعة النطاق سوف يسمح للباحثين في الحكومة، والجامعات، والقطاع الخاص بالوصول بسرعة إلى عالم الابتكار وتجميع المعلومات، والمصادر، والشركاء في المشروع.

إن تشجيع ثقافة الابتكار هي الدعامة الأساسية لإقامة منظومة الابتكار السورية، ويعود السبب في ذلك إلى أن البعد الإنساني والاجتماعي للابتكار لا يقل أهمية عن بعده التقاني. وبعبارة أخرى، فإن، أية ثقافة فعالة للابتكار لا تتطلب وجوب توفر جملة كافية من التقانات الجديدة، وبيئة قانونية ومالية وتنظيمية لتنشئة لاعبين جدد في السوق وذلك بهدف استخدامهم، بل وكذلك يجب أن تتوافر للصناعات السورية إمكانية الوصول إلى مجموعات كافية من الأشخاص من ذوي المواهب التجارية؛ وأفراد ذوي مهارات فنية وإدارية متقدمة من صنف الذين يقدمون حلولاً قابلة للتنفيذ ومستعدين لتحمل المخاطر والتصدي لها.

وبناءً على ذلك يمكن القول بأن ظهور الأفكار والمنتجات وأساليب الإنتاج الجديدة وانتشارها، يتطلب وجود عملية متواصلة من *"التدمير الخلاق"* لأن التغير التقاني المتسارع يولي الأهمية الأكبر إلى أحدث المهارات التقانية في سوق العمل، وكذلك إلى المعرفة إلى المستويات العالية من المشاركة والمسؤولية. إذن، يجب أن تنص خطة العمل القفزوي أيضاً على تعديل مضمون المناهج وطرق التدريس في جميع مستويات نظام التعليم بهدف تعزيز ثقافة ريادة الأعمال الابتكارية.

وهكذا، ينبغي الاعتراف وبشكل واضح بالدور المحوري للموارد البشرية في سيناريو النهوض التنموي القفزوي المقترح في هذه الدراسة، وبالتالي ينبغي أن تضع هذه الخطة بالدرجة الأولى مسألة "تعزيز ثقافة الابتكار" (أي معالجة قضايا التعليم والتدريب، وسهولة تنقل الأفراد العلميين والفنيين، وإدارة الابتكار على جميع المستويات)؛ وذلك قبل الأولويات الرئيسية الأخرى "خلق بيئة باعثة على الابتكار" و"توجيه البحث نحو الابتكار".

في هذا السياق، ينبغي أن تتضمن منظومة العلم والتقانة والابتكار كافة العوامل المهمّة ذات الصلة بالبيئة المحيطة المؤثرة على تطوير الابتكارات، ونشرها واستخدامها. ويجب على سورية بهذا الصدد، تطوير تشريعات حقوق الملكية الفكرية بما يتفق مع مستوى منظمة التجارة العالمية لتوفير فرص متكافئة على الصعيد العالمي في مجال البحث والتطوير في سورية. كما ينبغي أن تنسجم هذه التشريعات مع التطورات المرتبطة بالتقانات البازغة والخاصة بمجتمع المعرفة، فضلاً عن وجوب استكمالها بتشريعات أخرى متعلقة بحماية التصميم واختراعات المبتكرين.

هذا، وبغية زيادة إمكانية الحصول على الأموال المخصصة للبحث والتطوير، ينبغي على الحكومة أيضاً أن تطور أسلوب إدارة تمويل الدعم الحكومي للبحث العلمي والتطوير التقاني، ولا سيما بالنسبة للصناعة والأكاديميين، وتحسين الصلات بين مجموعات البحث ورأس المال المجازف خاصةً من خلال توفير المعلومات وخدمات الإرشاد للمساهمين والمستثمرين، وبذل المزيد من الجهود لتوجيه *رأس المال "الصبور"* نحو الاستثمار المجازف وتحسين الحوافز الضريبية للاستثمار في البحث والتطوير.

ويجب على الدولة أيضاً أن تتحمل المسؤولية عن إقامة اتصالات مع هيئات البحث العلمي الدولية لزيادة إمكانية الوصول إلى صناديق أموال البحث والابتكار والإمكانات المتوفرة في الخارج، مما يساعد القطاع الخاص على تعزيز المهارات. ونذكر في هذا الصدد، أنه يمكن لسورية أن تفاوض على اتفاقية للبحث والتطوير مع الاتحاد الأوربي أسوة بالدول الأخرى، التي يتمكن فيها الباحثون من المشاركة الكاملة في اتحادات مختلفة لأنشطة البحث والحصول على مبالغ أكبر من الأموال المتاحة.

سوف يظهر في المدى القريب جداً، أنه لا بد من توجيه البحوث نحو الابتكار وتركيزها في هذا المضمار، وهذا ما سوف تدركه الشركات لاحقاً حينما تضطر إلى الاستثمار بشكل مباشر أو غير مباشر في المعرفة الجديدة، سواءً إذا ما كانت ترغب بأن تكون قائدة للصناعة، أو

لمجرد البقاء، ذلك لأن التنافس بين الشركات سوف يعتمد بصورة رئيسة على تطوير العناصر المهمّة في عملية الابتكار. وبناءً على ذلك، يمكن القول بأن لنجاح الشركات التي تشارك في عملية الابتكار تأثيراً مهمّاً على قدرتها التنافسية، وبالتالي ينبغي على الشركات توجيه جهودها نحو تعزيز قدرتها على اكتساب معارف جديدة وتوطين تقانات عالية وبازغة. وفي الواقع، يمكن تحقيق ذلك من خلال توفير الدعم للشركات من خلال ائتمانات الابتكار الضريبية وتقديم المساعدة التقانية لها وخاصة للشركات الصغيرة والمتوسطة. ونذكر على سبيل المثال، أنه يمكن *تأسيس برنامج المساعدات الخاصة بالبحوث الصناعية* من أجل تقديم المشورة وتمويل محدود لكنه موجه نحو البحث والتطوير لمساعدة الشركات الصغيرة التي تشكل الجزء الأكبر من الاقتصاد السوري وذلك بهدف تمكينها من الوصول إلى التقانات وتطبيقها من أجل تحسين وضعها التنافسي. كما أنه يُكتفى بتعزيز تعزيز البرامج القائمة في سورية حالياً عبر زيادة تمويلها فحسب، بل وباقتراح مبادرات جديدة لتقديم المشورة وتوجيه الأعمال التكميلية والتصدي لمرحلة ما قبل التسويق في تطوير المنتجات أيضاً. وإلى ذلك، يجب أن تلعب معاهد البحث والتطوير الوطنية دوراً رئيسياً في تطوير التقانة وتخصيص جزء كبير من أموالها في هذا المضمار، وأن تكون قادرة على تقديم خدمات الدعم التقاني وخاصة لصالح المؤسسات الصغيرة والمتوسطة من أجل زيادة قدرتها التنافسية في تلبية احتياجات السوق.

وبالإضافة إلى ذلك، فإن جذب الشركات المتعددة الجنسيات للاستثمار في سورية سيساعد على اكتساب معرفة جديدة لأن هذه الشركات عادة ما تعتبر مصدراً مهمّاً لنقل التقانة وتحريض الابتكار وبناء قدرات البحث والتطوير. كما يمكن استخدام التعاقد والاستعانة بمصادر خارجية لتسهيل عملية نقل التقانة، ويساعد أيضاً على خفض التكاليف والمخاطر، وبذلك تنتفي الحاجة لضرورة حصول سورية على قدرات تقانية بضربة واحدة شاملة. هذا، وينبغي على الدولة أن تلعب أيضاً دوراً رئيساً في *تعزيز تنمية التجمعات الصناعية والتقانية أو الأقطاب العلمية والتقانية* على الصعيد الوطني كأساس لخلق اقتصاد قائم على المعرفة.

وفيما يتعلق بمسألة تطوير منتجات وخدمات ذات قيم مضافة عالية، لا بد أن تعتمد منظومة العلم والتقانة والابتكار السورية على تأسيس قدرات صميمية في مجالات التقانة العالية الرئيسية وذلك من خلال *اعتماد مبادرة على شكل مشروع برنامج وطني للبحث والتطوير*. وينبغي لهذا المشروع أن يعمل بمثابة محفز على تعزيز قدرة سورية في مجال البحث والتطوير وهذا ما سوف يتيح للجامعات تعيين باحثين بدلاً من معلمين للقيام بنشر أفكار جديدة وبحوث تطبيقية من خلال البحوث الموجهة نحو احتياجات الصناعة والتنمية عموماً. وأخيراً، يجب أن تشارك في هذا المشروع الوطني كافة الهيئات العلمية البحثية السورية وسائر القطاعات الإنتاجية والخدمية بناءً على قاعدة نشر ثقافة التنافس التعاوني في البحث والتطوير والتي تُعتبر منصة صلبة بين هذه الجهات وجامعاً مشتركاً لها. وسوف يساعد النجاح في تحديد المشروع الوطني السوري للبحث والتطوير وتنفيذه على تلافي الآثار الضارة الناجمة عن هجرة العقول واجتذاب المواهب وإعادتها إلى سورية *وبالتالي قيام منظومة سورية للعلوم والتقانة والابتكار*. ❑

د. آصف دياب

مدير عام

الهيئة العليا للبحث العلمي

g Milwaukee's drinking
nt failed – with disastrous
400 000 people fell victim
a debilitating attack of
ast several days and is
tle protozoan called
he final death toll was 54
ncident was particularly
ountry, but it is by no
ecent decades, outbreaks
have been reported
Canada, Australia and
now widely considered an
in much of the developed
lone. Other water-borne
Giardia, noroviruses and
coli all seem to be on the
ago, the diseases caused by
major killers worldwide.
rinking water still kills
n developing countries.
ised world, where the
purified water was one of
g achievements of the
ought we had these
rms we were wrong.
issue of public health.

ورقات البحوث

تأثيرات الإصابة بالممرض Mycosphaerella graminicola في محتوى ونوعية بروتين القمح

د. محمد عماد الدين عرابي، محمد جوهر، د. نزار ميرعلي
هيئة الطاقة الذرية السورية، قسم البيولوجيا الجزيئية والتقانة الحيوية.

ملخص

درست تأثيرات الممرض Mycosphaerella graminicola المسبب لمرض التبقع السبتوري في محتوى ونوعية بروتينات التخزين في القمح. أجري البحث الحقلي بمقارنة قطع تجريبية ملقحة صنعياً وأخرى غير ملقحة بالممرض. استخدم في هذا البحث 21 صنفاً من القمح السوري: 11 صنفاً منها من النوع الطري (Triticum aestivum L) و10 من النوع القاسي (T. turgidum var durum Desf). أظهرت النتائج وجود فروقات عالية في مستويات قابلية الإصابة (الحساسية) وذلك بين الأصناف، وقسمت تبعاً لذلك إلى أربع مجموعات: مقاومة، متوسطة المقاومة، متوسطة القابلية وعالية القابلية (الحساسية). أظهرت النتائج أيضاً انخفاضاً معنوياً في المحتوى البروتيني لدى الأصناف شديدة القابلية للإصابة. على أية حال، لم يؤثر المرض في نوعية البروتين وذلك عند استخدام تقنيتي SDS-PAGE وA-PAGE.

الكلمات المفتاحية: مرض التبقع السبتوري، نبات القمح، بروتين، الممرض Mycosphaerella graminicola، SDS-PAGE و A-PAGE.

نُشرت ورقة البحث هذه في مجلة: *Cereal Research Communications 2007*

تأثير أشعة غاما في الحمولة الميكروبية والخصائص الكيميائية والحسية للبرك: كوجبات جاهزة مبرَّدة

د. محفوظ البشير
هيئة الطاقة الذرية السورية، قسم تكنولوجيا الإشعاع

ملخص

جرى تعريض وجبات جاهزة محلية الصنع، برك، للجرع 0 و 2 و 4 و 6 كيلوغراي من أشعة غاما. تمّ تخزين العيّنات المعالجة وغير المعالجة بالأشعة في البرّاد على درجة حرارة تراوحت بين 1 و 4 م°. وتمّ، بعد التشعيع مباشرة، تقدير الحمولة الميكروبية وتنفيذ التحاليل الكيميائية، وأعيدت هذه الاختبارات أسبوعياً، وخلال فترة التخزين التي استمرت لمدة 6 أسابيع. كما تمّ تقدير المكونات الأساسية وتنفيذ التقويم الحسي وذلك خلال أسبوع من التشعيع. أشارت نتائج تقدير المكونات الأساسية للبرك إلى عدم وجود تأثير معنوي للأشعة على محتوى البرك من الرطوبة والبروتين والدهن. لقد خفَّضت أشعة غاما الحمولة الميكروبية الكلية ومجموعة الكوليفورم والخمائر، كما أطالت فترة تخزين البرك. حيث كانت الجرعة الإشعاعية اللازمة لخفض الحمولة الميكروبية دورة لوغاريتمية واحدة D_{10} 456 و510 غراي لميكروبي السالمونيلا والايكولاي على التتالي. بتقدير الحموضة الكلية وبيروكسيد الدهن والقواعد الآزوتية الطيارة والتي اختيرت كمؤشرات للتعبير عن الطزاجة، فقد كانت القيم المقيسة لهذه المؤشرات ضمن الحدود المقبولة وخلال مراحل التخزين التي استمرت لمدة 1 و 3 و 6 أسابيع بدرجة حرارة تخزين قدرها 1-4 م° وللعيّنات المعالجة بالجرع 2 و 4 و 6 كيلوغراي على التتالي. وأظهرت نتائج التقويم الحسي عدم وجود فروق معنوية بين العيّنات المعالجة أو غير المعالجة بالأشعة.

الكلمات المفتاحية: برك، تشعيع، حمولة ميكروبية، تبريد، تقويم حسي.

نُشرت ورقة البحث هذه في مجلة: *Acta Alimentaria 2007*.

مقياس الجرعة الإشعاعية العالية المعتمد على البولي فينيل كلوريد المطلي بأخضر المالكيت

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

ملخص

دُرس استخدام أفلام من البولي فينيل كلوريد (PVC) المطلية بأخضر المالكيت كمقاييس لجرع إشعاعية عالية باستخدام المطيافية الضوئية. وجدت علاقة ارتباط خطية بين الجرعة المتصة والامتصاصية النسبية في مجال الجرعة 0-25 ك غراي عند طول موجي 628 nm. وجد أن معدل الجرعة ودرجة حرارة التشعيع وثخانة الفلم وكثافة الصباغ لا تؤثر على الاستجابة. نوقش تأثير مدة الخزن وزمن ما بعد التشعيع في الظلام وتحت الضوء على فعالية مقياس الجرعة.

الكلمات المفتاحية: بولي فينيل كلوريد، أشعة غاما، أخضر المالكيت، مقياس الجرعة.

نُشرت ورقة البحث هذه في مجلة: *Radiation Physics and Chemistry,2007*.

تحديد عامل عدم الانتظام لتدفق النترونات الحرارية المحوري في كبسولة التشعيع الداخلية لمفاعل البحث منسر

د. قاسم خطاب، نضال غازي، حسان عمر
هيئة الطاقة الذرية السورية، قسم الهندسة النووية.

ملخص

استخدم نموذج نتروني ثلاثي الأبعاد، باستخدام الكودين CITATION و$WIMSD_4$، للمفاعل السوري منسر (MNSR) لحساب عامل عدم الانتظام لتدفق النترونات الحرارية المحوري في كبسولة التشعيع الداخلية وكانت النتيجة المحسوبة مساوية 4%. استخدم سلك نحاسي لقياس معامل عدم الانتظام لهذا العامل في كبسولة التشعيع الداخلية للمقارنة مع النتيجة المحسوبة وكانت القيمة المقيسة مساوية 5%. تمّ الحصول على توافق جيد بين النتائج الحسابية والمقيسة.

الكلمات المفتاحية: منسر، معامل عدم الانتظام، كبسولة التشعيع.

نُشرت ورقة البحث هذه في مجلة: *Nuclear Instruments & Methods in Physics Research, A 2007*.

تأثير الأشعة غير المؤينة (UVC) في تطور حشرة خنفساء الخابرة Trogoderma granarium Everts

د. إياد غانم، معتصم شما
هيئة الطاقة الذرّية السورية – قسم البيولوجيا الجزيئية والتقانة الحيوية.

ملخص

عُرِّضت أطوار مختلفة من خنفساء الخابرة Trogoderma granarium للأشعة فوق البنفسجية (UVC) وذلك بهدف تقدير تأثير هذه الأشعة على كل طور من أطوار الحشرة وتقدير دورها في كسر حلقة تطور خنفساء الخابرة.

عُرِّضت بيوض ذات أعمار 0 (حديثة الفقس)، و24 و48 ساعة لأشعة UVC بشدة إشعاعية 0.02± 31.4 واط م$^{-2}$. أدَّت جرعات تعادل 3 دقائق (56.52 جول سم$^{-2}$) و8 دقائق (150.72 جول سم$^{-2}$) و12 دقيقة (226.08 جول سم$^{-2}$) إلى موت البيوض المعرَّضة جميعها في حين كانت نسبة الفقس لدى بيوض الشاهد 96.6%. وازداد الموت لدى اليرقات المشعّعة بالأشعة فوق البنفسجية (UVC) طرداً مع ازدياد الجرعة، في حين تناسب، الموت عكساً مع عمر اليرقات المشعّعة من أجل كل جرعة مطبقة من أشعة UVC. وعليه فعند جرعة 56.52 جول سم$^{-2}$، كانت نسبة الموت لدى اليرقات المشعّعة 98.3% و93.3% و83.3%، وكانت نسبة الحشرات الكاملة 1.7% و 6.7% و11.7% لليرقات المشعّعة بأعمار 1-9 و 10-18 و 19-27 يوماً، على التتالي. كما سجلت نتائج مشابهة من أجل الجرعات 150.72 و226.08 جول سم$^{-2}$ من أشعة UVC مع ملاحظة زيادة في نسبة الموت الكلي لليرقات المشعّعة ونقصان في نسبة ظهور الحشرات الكاملة. كان تأثير تشعيع عذارى بأعمار 0 و24 و48 ساعة بجرعات من الأشعة فوق البنفسجية متناسباً عكساً مع أعمار العذارى عند تشعيعها. وعليه، فعند جرعة 56.52 جول سم$^{-2}$ كانت نسبة العذارى الميتة 91.7% و 71.7% و 73.3%، وكانت نسبة ظهور الحشرات الكاملة من هذه العذارى المشعّعة 0% و3.3% و1.7% من أجل عذارى بأعمار 0 و24 و48 ساعة عند التشعيع، على التتالي. كانت نسبة ظهور الحشرات الكاملة المشوهة 25% عند تعريض عذارى بعمر 24 و48 ساعة للجرعة المذكورة أعلاه. لم يلاحظ ظهور أي حشرات كاملة عند تشعيع عذارى بجرعة 225.08 جول سم$^{-2}$ وكانت نسبة موت العذارى 98.3% و96.7% و78.3% وكانت نسبة ظهور الحشرات المشوهة 1.7% و3.3% و7.21% عند تعريض العذارى لهذه الجرعة بأعمار 0 و24 و48 ساعة، على التتالي.

الكلمات المفتاحية: خنفساء الخابرة Trogoderma granarium، حساسية، أشعة فوق بنفسجية.

نُشرت ورقة البحث هذه في مجلة: *Journal of Stored Products Research 2006*

محاكاة التنميش المحكوم بالانتشار

د. محسن شحود
هيئة الطاقة الذرية السورية، قسم الخدمات العلمية.

ملخص

يتم في هذه الورقة عرض طريقة جديدة لمحاكاة التنميش المحكوم بالانتشار لركائز مقنعة بشكل دوري. هذه الطريقة هي تطوير لنموذج معدٍّ سابقاً لمحاكاة الإنماء السطحي الانتقائي. يسمح التطوير المقترح بمحاكاة التنميش الجانبي تحت أطراف القناع وهو الشيء الذي لم يكن ممكناً في النموذج الأصلي.

يتم بداية في الطريقة المقترحة حساب توزع التركيز لمحلول التنميش على المناطق غير المقنعة من سطح الركازة. بعد ذلك، وفي الخطوة الثانية، يتم إجراء عملية انتشار افتراضي مع اعتبار التوزع المحسوب سابقاً مصدراً للانتشار. تتمثل نتيجة المحاكاة عبر أحد الخطوط التي تساوي التركيز الذي تُحدد قيمته عبر عملية تتلاءم مع نتيجة تجريبية.

الكلمات المفتاحية: محاكاة التنميش، تنميش محكوم بالانتشار.

نُشرت ورقة البحث هذه في مجلة: *Modelling and Simulation in Materials Science and Engineering 2007.*

تقييم مفاعيل تبريد مفاعل المنبع النتروني المصغر السوري (منسر) بغية إطالة زمن تشغيله الأعظمي

د. إبراهيم خميس، وحيد الحلبي
هيئة الطاقة الذرية السورية، قسم الهندسة النووية.

ملخص

بهدف تقييم الفوائد المحتملة من تغيير الميزات التشغيلية لمفاعل منسر السوري، جرى التحقق من مختلف نظم التبريد الممكنة. تمّ تطوير نموذج هيدروحراري مفصل لتحليل المفاعل منسر. وقد أظهر التحليل أن تركيب نظام تبريد مساعد في حوض المفاعل يحيط بالمقطع السفلي لوعائه يمكنه أن يتغلب بشكل كبير على استهلاك فائض التفاعلية الناجم عن معامل درجة الحرارة السالب للتفاعلية، وبالتالي يطول الزمن الأعظم لتشغيل المفاعل. ومقارنة بالبيانات التجريبية، فقد ثبتت صحة النموذج المقترح لتحليل سلوك مفاعل منسر أثناء كل من الحالة المستقرة والشروط العابرة.

الكلمات المفتاحية: منسر، إطالة زمن التشغيل، تقييم، مفاعيل التبريد، هيدروحراري.

نُشرت ورقة البحث هذه في مجلة: Progress in Nuclear Energy 2007.

دراسة تشخيصية للبلازما $Ar-O_2$ البعيدة المنخفضة الضغط المولّدة في منظومة HCD-L 300: الكثافة النسبية لذرّة O

د. صقر سلوم، د. منذر نداف
هيئة الطاقة الذرية السورية، قسم الفيزياء.

ملخص

تمّت دراسة الكثافة النسبية لذرّة الأكسجين في بلازما $Ar-O_2$ البعيدة المثارة في منظومة انفراغ المهبط المجوف عند تواتر راديوي 13.56 MHz وضغط منخفض. أجريت القياسات عند ضغط ثابت يساوي 0.05 mbar، وعند استطاعة راديوية 200 واط وعند ثلاث مسافات محورية مختلفة في حجرة البلازما تقع تحت مخرج منبع الانفراغ. حددت الكثافة النسبية للسوية الأرضية لـ O من نسبة شدتي الخطين O(844.6 nm) وAr(750.4 nm) وذلك باستخدام مطيافية الإصدار الضوئي. قيست درجة الحرارة الإلكترونية وكثافة O_2^+ باستخدام قياسات مسبر لانغمور المزدوج. أظهرت الدراسة الحركية لبلازما $Ar-O_2$، مضافاً إليها قياسات كل من المطيافية ومسبر لانغمور، أن آلية الإنتاج الرئيسي للسوية المثارة $O(3p^3P)$ هي الإثارة المباشرة بالصدم الإلكتروني. تمّ الحصول على قيمة عظمى للكثافة النسبية للسوية الأرضية لـ O وبالمقابل قيمة صغرى لـ O_2^+ من أجل النسبة O_2/Ar: 60/40. وجد أن كثافة O العظمى في المنطقة البعيدة أعلى بـ 4.5 مرات منها عند مخرج المنبع.

الكلمات المفتاحية: انفراغات المهبط المجوف الراديوية، حركية البلازما، مطيافية الإصدار، مسبر لانغمور المزدوج، تفكك الأكسجين.

نُشرت ورقة البحث هذه في مجلة: Vacuum 2007.

تحليل العوامل المؤثرة في تعرية اليورانيوم من DEHPA/dodecane باستخدام FTIR وطرق التحليل التقليدية الأخرى

د. موسى الإبراهيم، حبيب شليوط
هيئة الطاقة الذرّية السورية – قسم الكيمياء.

ملخص

عُرِّي اليورانيوم (VI) من 0.1 مول/لتر DEHPA/dodecane باستخدام تراكيز مختلفة من حمض الفسفور. دُرست العوامل المؤثرة وخاصة تركيز حمض الفسفور المستخدم للتعرية ودرجة الحرارة. دُرست طيوف الأشعة تحت الحمراء للطور العضوي المعرَّى في مجال الرابطة الاهتزازية الامتطاطية P=O لتمثيل أثر العوامل السابقة على تعرية اليورانيوم ومقارنتها بطرق التحليل التقليدية. بيّنت النتائج أن تركيز محلول التعرية فعّال ضمن المجال 5-18% وزناً من P_2O_5 عند درجة حرارة ثابتة وأن تأثير درجة الحرارة والنسبة المئوية الوزنية P_2O_5 لمحلول التعرية المناسبين للحصول على معامل توزع التعرية المطلوب.

الكلمات المفتاحية: يورانيوم، أشعة تحت حمراء، ثنائي–2– إيثيل هكسيل حمض الفسفور، تعرية.

نُشرت ورقة البحث هذه في مجلة: *Periodica polytechnica & Chemical Engineering 2007*

اختبار الأداء الأول لتعيين المواد المشعّة الطبيعية في عيّنة تربة ملوثة من حقول النفط

د. محمد سعيد المصري، عبد العزيز آبا
هيئة الطاقة الذرّية السورية – قسم الوقاية والأمان.

ملخص

قامت هيئة الطاقة الذرّية السورية وبالتعاون مع هيئة الطاقة الذرّية العربية بإجراء اختبار الأداء الأول لتعيين المواد المشعّة الطبيعية (NORM) لتربة ملوثة جرى جمعها من إحدى بحيرات التبخير الضحلة الأكثر تلوثاً بالنظائر المشعّة الموجودة في حقول النفط السورية. جرى تحضير العيّنة وتوصيفها وتوثيقها وفق إجراء قياسي معتمد، وأرسلت العيّنات إلى مختبرات ثماني دول عربية هي الكويت ومصر واليمن وتونس والأردن والسعودية وليبيا إضافة إلى سورية. جرى تقييم النتائج وفق ثلاثة معايير إحصائية وهي اختبار Z واختبار U والانحياز النسبي المئوي، واستخدمت هذه الطرائق الإحصائية لتقييم أداء كل مختبر، بالإضافة إلى التقييم الكلّي من أجل كل نكليد مشع. وتبيّن بنتيجة هذا التقييم أن 57% و86% من النتائج حقّقت كلاً من معيار الصحة والدقة لنظيري الراديوم 226 و228 على الترتيب واللذين يعتبران أكثر النظائر أهمية في الصناعة النفطية.

الكلمات المفتاحية: راديوم -226، تربة، عيّنة مرجعية، اختبار الأداء التحليلي، صناعة نفطية.

نُشرت ورقة البحث هذه في مجلة: *Accreditation & Quality Assurance 2007*.

اختبار طريقة لتعيين النشاط الكلّي لمصدرات ألفا وبيتا في العيّنات المائية بعدّاد وميض السائل

د. محمد سعيد المصري، عامر نشواتي، بشرى العاقل، سامر سعيد
قسم الوقاية والأمان
هيئة الطاقة الذرّية - ص. ب 6091 - دمشق- سورية

ملخص

اعتُمدت في هذا العمل طريقة لتعيين النشاط الكلّي لمصدرات ألفا وبيتا في العيّنات المائية بعدّاد وميض السّائل. تقوم الطريقة على تبخير 200 مل من العيّنة المائية حتى 20 مل ومزج 8 مل منها مع مزيج الومّاض المناسب ثم القياس بجهاز عدّاد وميض السّائل من نوعWallac Winspectral 1414، وقد بلغ الحدّ الأدنى للكشف بهذه الطريقة DPM0.33 من أجل إجمالي مصدرات ألفا و1.3 DPM من أجل إجمالي مصدرات بيتا، أما حدّ الثقة الخاص بتكرارية الطريقة فقد بلغ من أجل إجمالي ألفا (±2.32 DPM) و(±1.41 DPM) من أجل إجمالي بيتا، وكان حدّ الثقة لقابلية الإعادة من أجل ألفا DPM ±2.19 ومن أجل بيتا DPM ±1.11.

تتصف الطريقة بسهولة تحضير العيّنات للقياس وإمكانية قياس عدد كبير من العيّنات. بالإضافة إلى ذلك، فقد جرى تحليل بعض العيّنات الحقيقية والمعيارية بهذه الطريقة ودلّت النتائج على دقّة الطريقة وقابلية استخدامها في تحليل عيّنات مائية مختلفة.

الكلمات المفتاحية: عدّاد وميض السّائل، إجمالي مصدرات ألفا، إجمالي مصدرات بيتا، عيّنات مائية.

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

الحسابات العددية لعمليتي الامتصاص والإصدار في البلورة اللاخطية المستقطبة Cr4+:YAG المضخوخة بليزر نيوديميوم-زجاج

د. بشار عبد الغني
قسم الخدمات العلمية - هيئة الطاقة الذرّية - ص. ب 6091 - دمشق - سورية

مصطفى حمادي
قسم الفيزياء - هيئة الطاقة الذرّية - ص. ب 6091 - دمشق - سورية

ملخص

تمّ في هذا العمل تطوير نموذج رياضي يصف عملية الإصدار الديناميكي في البلورة $Cr^{4+}:YAG$ المتوضعة بداخل التجويف الليزري كماصٍّ قابل للإشباع صلب مستقطب. تلعب البلورة $Cr^{4+}:YAG$ دور أداة لمفتاح الجودة المنفعل وعمليات الليزرة $1.4\ \mu m$, $1.062\ \mu m$ نتيجة ضخها بنبضتين. يصف النموذج السلوك الزمني للتفاعل المتبادل بين نبضة ليزر الضخ مع حالة الاستقطاب المتغيرة والماص المستقطب.

الكلمات المفتاحية: نمذجة، إصدار ديناميكي، بلّورة مستقطبة $Cr^{4+}:YAG$، نيوديميوم–زجاج.

تقرير مختصر عن دراسة علمية حاسوبية أُنجزت في قسم الخدمات العلمية، قسم الفيزياء – هيئة الطاقة الذرّية السورية.

تصنيع عيّنة من زجاج سيليكات الليثيوم ودراسة خواصها

د. رفيع جبرة
قسم الفيزياء، المعهد العالي للبحوث والدراسات العلمية
سراج يوسف
قسم الخدمات الفنية، هيئة الطاقة الذرّية، ص. ب 6091، دمشق، سورية

ملخص

تمّ في هذا العمل تحضير عيّنات من زجاج سيليكات الليثيوم ودراسة تأثير المعالجة الحرارية على تشكّل النوى من حيث السرعة والحجم. وبالتالي تحوّل الزجاج من شكله اللابلوري إلى الشكل البلوري السيراميكي، ودراسة الخواص الحرارية للزجاج والسيراميك الناتجين.

الكلمات المفتاحية: زجاج، سيليكات الليثيوم، تبلور.

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

محاكاة الإنماء البلوري المنضد المحكوم بالانتشار

د. محسن شحود
قسم الخدمات العلمية - هيئة الطاقة الذرّية - ص. ب. 6091 - دمشق - سورية

ملخص

تمّ في هذا العمل تطوير طريقة لمحاكاة الإنماء البلوري على سطح مغطى جزئياً بقناع لا تنمو المادة البلورية عليه.

تنقسم هذه الطريقة إلى مرحلتين. يتم في المرحلة الأولى حساب تركيز المادة النامية فوق السطح غير المقنع وذلك بالاعتماد على طريقة مطورة في المراجع العلمية. يتم في المرحلة الثانية تنفيذ عملية انتشار من السطح المكشوف يكون فيها مصدر الانتشار هو التركيز الذي تمّ حسابه في المرحلة الأولى.

تتكون النتيجة النهائية لعملية الإنماء من الخط المعبّر عن أحد التراكيز الثابتة (Iso-concentration line) لعملية الانتشار في المرحلة الثانية.

تمّت دراسة تأثير الوسطاء المستعملة في نموذج المحاكاة على نتيجة المحاكاة المتمثلة في شكل الطبقة النامية وامتدادها الجانبي على سطح القناع وسماكتها في منتصف المنطقة المكشوفة وسماكتها العظمى بالقرب من حرف القناع.

الكلمات المفتاحية: إنماء بلوري انتقائي، انتشار، محاكاة.

تقرير مختصر عن دراسة علمية حاسوبية أنجزت في قسم الخدمات العلمية – هيئة الطاقة الذرّية السورية.

برنامج أتمتة المعالجة الإشعاعية
في مركز الطب النووي

أسامة أجق، إيفا البحرة، د. محمد حسان خريطة

قسم الوقاية والأمان- هيئة الطاقة الذرّية - ص . ب6091 - دمشق - سورية

ملخص

برنامج NMC هو عبارة عن برنامج يستخدم في أتمتة المعالجة الإشعاعية في مركز الطب النووي، وقد كُتب بلغة البرمجة Delphi 6 ضمن بيئة Windows XP، ويمكن أن يستعمل هذا البرنامج من قبل عدد من المشغّلين ضمن أنظمة الشبكات الحاسوبية Network. ينجز هذا البرنامج الحسابات الضرورية لتحديد زمن المعالجة الإشعاعية على أجهزة الكوبالت 60- ويقوم بتخزين المعلومات الخاصة بكلّ مريض على حدة وكذلك إظهار جداول إحصائية للحالات المعالجة تبعاً لحالة العضو المعالج أو المحافظة التي يتبع لها المريض وكذلك تبعاً للجنس والعمر.

الكلمات المفتاحية: معالجة إشعاعية– كوبالت 60-.

تقرير مختصر عن دراسة علمية حاسوبية أنجزت في قسم الوقاية والأمان – هيئة الطاقة الذرّية السورية.

تناذرات عسر التصنّع النقوي

د. خالد المحمد، فاطمة الشيخ

قسم الطب الإشعاعي، دائرة البيولوجيا الطبية
هيئة الطاقة الذرّية - ص . ب6091 - دمشق - سورية

ملخص

تناذرات عسر التصنّع النقوي (MDS) هي مجموعة من الاضطرابات الدموية التي تتميز بانتشار مستعمرات نسيلية لخلايا نقي العظم الجذعية تقود إلى تكوّن دم غير فعّال. إن تشخيص تناذرات عسر التصنّع النقوي هو عملية سريرية إمراضية تنجز بالحصول على القصة السريرية والعائلية والمحيطية الدقيقة، وبفحص نقي العظم والدم المحيطي بعناية، وإجراء الدراسات الوراثية الخلوية. ينبغي الأخذ بعين الاعتبار الاستعداد الوراثي أو القصة العائلية عند الأطفال واليافعين وخاصة في حالة RARS ومتلازمة الصبغي 7 المفرد عند الأطفال. تعتمد قرارات المعالجة بصورةٍ أوليةٍ على حدّة ندرة الخلايا وتعداد الأرومة في نقي العظم والدم المحيطي.

الكلمات المفتاحية: تناذرات عسر التصنّع النقوي، فقر الدم، تكوّن نقوي شاذ، متلازمة الصبغي 7 المفرد عند الأطفال.

تقرير مختصر عن دراسة علمية مكتبية أنجزت في قسم الطب الإشعاعي – هيئة الطاقة الذرّية السورية.

دراسة تأثير إنتاج الموليبدينيوم ^{99}Mo على بعض مواصفات قلب مفاعل البحث باستخدام لغة المحاكاة DARE-P

د. إبراهيم خميس، حاتم عزالدين

قسم الهندسة النووية، هيئة الطاقة الذرّية - ص.ب.6091، دمشق، سورية

ملخص

جرى في هذه الدراسة البحث في أسس إنتاج الموليبدينيوم بطريقة تشعيع أهداف من اليورانيوم المخصب $^{235}U(n,f) \rightarrow {}^{99}Mo$ ودراسة تأثير بعض العوامل المؤثرة كالتدفق النتروني وزمن التشعيع والإغناء، وتمّ التوصل إلى أن إنتاج الموليبدينيوم يتطلب مفاعلات ذات تدفق نترونيٍّ عالٍ، كما أن زيادة التدفق النتروني تؤدي إلى زيادة نشاطية ^{99}Mo وخاصة عند تدفقات أعلى من 1014، كما رأينا أن لزمن التشعيع عاملاً إيجابياً وآخر سلبياً على النشاطية، وبالتالي يجب تحديد الزمن الأمثل.

تمّت نمذجة المعادلات التفاضلية المعبرة عن إنتاج ^{99}Mo لدراسة العوامل المؤثرة على إنتاج ^{99}Mo وخاصة تأثير التدفق النتروني وزمن التشعيع، إضافة إلى حساب كمية البلوتونيوم الناتجة عن التشعيع عند تخفيض نسبة الإغناء.

كما تمّت دراسة إمكانية إنتاج ^{99}Mo في مفاعل منسر، حيث يمكن أن تصل النشاطية النوعية للموليبدينيوم إلى $0.3773\ [Ci/gU^{235}]$. ومن أجل الوصول إلى نشاطية 5000 كوري أسبوعياً في مفاعل مستقبلي وجدنا أنه يجب أن يتوفر فيه 8 مواقع تشعيع ويعمل عند تدفق نتروني 1014 وبوجود أهداف يحوي كلٌّ منها $5\ [gU^{235}]$.

إن عمليات الحساب والمحاكاة جرت باستخدام لغة المحاكاة DARE-P التي جرى تحسينها وتطويرها في قسم الهندسة النووية، حيث تتمتع هذه اللغة بسهولة الاستخدام ومرونة النمذجة.

الكلمات المفتاحية: لغة المحاكاة، إنتاج الموليبدينيوم، تدفق نتروني، زمن التشعيع، نشاطية نوعية.

تقرير مختصر عن دراسة علمية حاسوبية أُنجزت في قسم الهندسة النووية – هيئة الطاقة الذرّية السورية.

تصميم وتصنيع جهاز حك كواشف الأثر النووي

د. رياض شويكاني

قسم الوقاية والأمان - هيئة الطاقة الذرّية - ص. ب. 6091 - دمشق - سورية

ملخص

جرى في هذا العمل تصميم وبناء جهاز لتطوير الآثار المسجلة على كواشف الأثر النووي بالطريقة الكيميائية، حيث يمكّن الجهاز الجديد من إجراء عملية التطوير لعدد كبير من الكواشف بآن واحد (حوالي 200 كاشف). ومن مزايا هذا الجهاز أنه يحافظ على درجة الحرارة ثابتة تقريباً (± درجة مئوية واحدة) خلال عملية تطوير الآثار التي تمتد بضع ساعات، كذلك يتّصف الجهاز بالقدرة على حركة دوران ذات اتجاهين مما يؤدي إلى توفير الوقت وإلى نتائج أفضل.

الكلمات المفتاحية: حك كيميائي، حمام حك، درجة حرارة، تطوير الآثار، كواشف الأثر النووي.

تقرير مختصر عن عمل تقني أنجز في قسم الوقاية والأمان– هيئة الطاقة الذرّية السورية.

تحرّي وتعيين مادة الأكريلاميد في الأغذية النشوية المطبوخة وذلك بتقانة الـ HPLC

د. غدير زيزفون، عدنان عودة
قسم الكيمياء - هيئة الطاقة الذرّية - ص.ب 6091 - دمشق - سورية

ملخص

تزداد نسبة الأكريلاميد المتشكل بطبخ الأغذية الغنية بالكاربوهيدرات كلما ارتفعت درجة حرارة طبخها وزادت مدته. جرى وضع طريقة مناسبة لتعيين الأكريلاميد بتقانة الكروماتوغرافيا السائلة لتحليل عدد كبير من العيّنات المختلفة، حيث بيّنت النتائج أن الأكريلاميد يتشكل عندما تقلى البطاطا وكذلك تبيّن أن الأكريلاميد يتشكل عند قلي الفروج حيث يقوم الشحم الحيواني في هذه الحالة بدور النشاء في البطاطا في عملية تشكل الأكريلاميد .

وأخيراً وجد أن الخبز والكعك والبسكويت يحتوي كمية أقل من الأكريلاميد مقارنة بالأطعمة السابقة.

الكلمات المفتاحية: كروماتوغرافيا سائلة عالية الأداء، مصيدة، مواد نشوية، أكريل أميد.

تقرير مختصر عن بحث علمي أنجز في قسم الكيمياء – هيئة الطاقة الذرّية السورية.

تصميم وإدارة المحتوى الإلكتروني لموقع هيئة الطاقة الذرّية السورية على الإنترنت

محمد ملاذ البغدادي، د. عماد خضير
مكتب نظم المعلومات العلمية والإدارية-
هيئة الطاقة الذرّية - ص.ب 6091 - دمشق - سورية

ملخص

جرى في هذا العمل إعداد تصاميم صفحات موقع الهيئة على الإنترنت www.aec.org.sy. كما جرى تحليل وتصميم المحتوى المعلوماتي للموقع بما ينسجم مع سهولة العرض والتصفح والوصول والتحديث للمعلومات. اتبعت منهجية وظيفية في تصنيف المحتوى الإلكتروني بحيث أفردت صفحة لكلٍّ من الأقسام والمكاتب والمنشآت العلمية والفعاليات الخدمية والمخابر التحليلية والنشاطات الرقابية.

أدرجت ارتباطات حول "مطبوعات" الهيئة و"الورقات العلمية" المنشورة عالمياً للعاملين فيها و"البرامج الوطنية" المشاركة فيها و"الدورات التدريبية" التي تقيمها و"الأخبار العلمية" وغيرها. تجري استضافة الموقع على مخدّمات هيئة الطاقة الذرّية المتصلة بالإنترنت وفق حزمة اتصال عرضها 2 Mbps من الجمعية المعلوماتية السورية. وتعتمد المخدّمات أنظمة تشغيل Linux وضمن بيئة تخديم Apache. وقد طور محتوى الموقع الإلكتروني باستخدام برمجيات php ونظم إدارة قواعد البيانات MySql ويستخدم تقنيات Flash ويشمل الموقع ما يقارب 350 صفحة . تتوفر للموقع واجهات إدارة المحتوى عن بعد فيما يتعلق بإعداد المحتوى وتحديثه وإعداد الأخبار العلمية وتعديلها وحفظ نسخ احتياطية عنها.

أخيراً، أدرج في الموقع زاوية تعريفية باللغة الإنكليزية وخدمات تصفح خارطة الموقع والبحث في محتوياته وإحصاءات زواره وتوزعهم الجغرافي خلال العامين الماضيين منذ إطلاق الموقع مطلع عام 2005.

الكلمات المفتاحية: موقع إنترنت، إدارة محتوى إلكتروني، منشآت علمية، دورات تدريبية، برامج وطنية، ورقات علمية، مطبوعات الهيئة.

تقرير مختصر عن بحث علمي أنجز في مكتب نظم المعلومات – هيئة الطاقة الذرّية السورية.

January

Sun		6	13	20	27
Mon		7	14	21	28
Tue	1	8	15	22	29
Wed	2	9	16	23	30
Thu	3	10	17	24	31
Fri	4	11	18	25	
Sat	5	12	19	26	

February

Sun		3	10	17	24
Mon		4	11	18	25
Tue		5	12	19	26
Wed		6	13	20	27
Thu		7	14	21	28
Fri	1	8	15	22	29
Sat	2	9	16	23	

March

Sun		2	9	16	23	30
Mon		3	10	17	24	31
Tue		4	11	18	25	
Wed		5	12	19	26	
Thu		6	13	20	27	
Fri		7	14	21	28	
Sat	1	8	15	22	29	

April

Sun		6	13	20	27
Mon		7	14	21	28
Tue	1	8	15	22	29
Wed	2	9	16	23	30
Thu	3	10	17	24	
Fri	4	11	18	25	
Sat	5	12	19	26	

May

Sun		4	11	18	25	
Mon		5	12	19	26	
Tue		6	13	20	27	
Wed		7	14	21	28	
Thu	1	8	15	22	29	
Fri	2	9	16	23	30	
Sat	3	10	17	24	31	

June

Sun	1	8	15	22	29	
Mon	2	9	16	23	30	
Tue	3	10	17	24		
Wed	4	11	18	25		
Thu	5	12	19	26		
Fri	6	13	20	27		
Sat	7	14	21	28		

July

Sun		6	13	20	27	
Mon		7	14	21	28	
Tue	1	8	15	22	29	
Wed	2	9	16	23	30	
Thu	3	10	17	24	31	
Fri	4	11	18	25		
Sat	5	12	19	26		

August

Sun		3	10	17	24	31
Mon		4	11	18	25	
Tue		5	12	19	26	
Wed		6	13	20	27	
Thu		7	14	21	28	
Fri	1	8	15	22	29	
Sat	2	9	16	23	30	

September

Sun		7	14	21	28	
Mon	1	8	15	22	29	
Tue	2	9	16	23	30	
Wed	3	10	17	24		
Thu	4	11	18	25		
Fri	5	12	19	26		
Sat	6	13	20	27		

October

Sun		5	12	19	26	
Mon		6	13	20	27	
Tue		7	14	21	28	
Wed	1	8	15	22	29	
Thu	2	9	16	23	30	
Fri	3	10	17	24	31	
Sat	4	11	18	25		

November

Sun		2	9	16	23	30
Mon		3	10	17	24	
Tue		4	11	18	25	
Wed		5	12	19	26	
Thu		6	13	20	27	
Fri		7	14	21	28	
Sat	1	8	15	22	29	

December

Sun		7	14	21	28	
Mon	1	8	15	22	29	
Tue	2	9	16	23	30	
Wed	3	10	17	24	31	
Thu	4	11	18	25		
Fri	5	12	19	26		
Sat	6	13	20	27		

DESIGNING AND MANAGING AECS WEBSITE ELECTRONIC CONTENT

M. M. AL-BAGHDADI, I. KHUDEIR
Scientific & Management Information Systems Office, Atomic Energy Commission, P. O. Box 6091, Damascus, Syria

This report the design, electronic and management aspects of the AECS website HYPERLINK "http://www.aec.org.sy" www.aec.org.sy that was launched at the beginning of 2005. The design was based on functionality in terms of administrative or services to the scientific community. Dedicated pages were allocated to departments, DG offices, facilities, laboratories, services and regulatory activities. The output of AECS in terms of publications, handbooks, periodicals, training programs were also given special emphasis.

In order to achieve a dynamic outlook of the site, a corner dedicated to latest scientific news was implemented where newswire articles are translated into Arabic and made available to the general public in a short period of time. The site has a content search engine over some 350 pages at this time.

The site is hosted on AECS LAN with dedicated 2 Mbps internet permanent link and real IP address. The hosting server is running Linux with Apache. Various software tools are in use in the design and content management including php, MySql, Javascript, and Flash.

Various on-line statistical indicators about the trends of the site usage, traffic ratings and popularity were implemented.

Key Words: website, electronic content management, facilities, training courses, national programs, papers, publications.

also been analyzed. It was concluded that Mo-production requires nuclear reactors having high neutron fluxes, and that raising the neutron flux results in increasing the Mo-activities especially at fluxes that are higher than 10^{14} n.cm^{-2}.s^{-1}. Time of irradiation was found to have adverse i.e. positive and negative effects on Mo activity. Therefore, the optimum irradiation time should be determined. The Mo-production was modeled through a set of differential equation with respect to time with aim to study the most influencing factors on Mo production, especially the effects of neutron flux and time of irradiation. In addition, the mass of plutonium produced during the irradiation of low enriched uranium has been evaluated.

An investigation as to whether ^{99}Mo could be produced in the Syrian MNSR has been made. The result shows that a specific activity of 0.3773 Ci/g for ^{99}Mo could be produced. In future, a nuclear research reactor having neutron flux of 10^{14} n.cm^{-2}.s^{-1} and 8 irradiation sites suitable for targets of 5 g of ^{235}U could produce about 5000 Ci on a weekly.

Calculation and simulation have been achieved using the already developed DARE-P simulation language which was modified and improved in the Nuclear Engineering Department in the Atomic Energy Commission of Syria.

Key Words: Simulation language, Mo-production, neutron flux, irradiating time, specific activity.

DESIGNING AND CONSTRUCTION AN ETCHING APPARATUS FOR NUCLEAR TRACK DETECTORS

R. SHWEIKANI

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

In this work, home made water bath for chemical etching of nuclear tracks on solids was designed and constructed. The new apparatus bath enables the processing of many detectors at the same time (about 200 detectors). One of the characteristics of this apparatus is maintaining a nearly fixed temperature (± 1°C) during the developing process of the tracks which last for a few hours. In addition, this apparatus has the possibility to rotate the detectors in two directions during the etching process as this will save in the etching time and produce better results.

Key Words: chemical etching, etching bath, temperature, etching process, nuclear track detectors.

DETERMINATION OF ACRYLAMIDE IN COOKED STARCH FOOD USING HPLC TECHNIQUE

G . ZAYZAFOON, A. ODEH

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

The percentage of acrylamide formed by cooking food enriched in carbohydrate increases by increasing the cooking temperature and time. A proper procedure for determining acrylamide by HPLC was found and used in analysis a large number of deferent samples. The results showed that acrylamide is formed when potato is fried. The amount of acrylamide increases with increasing the time of cooking which leads to higher temperatures of the cooking oil. Acrylamide is also formed by cooking chicken. In this case the cooked animal fat plays the rule of starch in potato. Finally food like bread, cakes and biscuits contain lesser amounts of acrylamide.

Key Words: HPLC, cartridge, starch food, acrylamide.

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

controlled selective epitaxial growth is presented. In this approach the concentration profile of the growing material at the mask free areas of the substrate surface is at first calculated. Afterwards, a virtual diffusion process with the calculated surface concentration as the diffusion source is performed. The simulation result is then presented through an iso-concentration line, whose value is determined by fitting to an experimental result.

The influence of the fit parameters on the simulation result is investigated.

Key Words: selective growth, simulation, diffusion.

ATOMIZATION OF THE RADIOTHERAPY TREATMENT AT NUCLEAR MEDICINE CENTER

O. ANJAK, E. AL'BAHRA, M. H. KHARITA

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

NMC Program for Atomization of the Radiotherapy Treatment at Nuclear Medicine Center. The program NMC written in Delphi 6. This program can be run under Windows XP as single and multi users.

Program makes all necessary and required calculations for treatment time for patient who is under radiotherapy treatment in Nuclear Medicine Center by using Co-60 Units. Also this program is perform statistical study for patients according to tumor type, Syrian City, sex, and age.

Data is stored on disk files and then whenever should be displayed. Statistical data is displayed on the screen or printed in reports.

Key Words: Radiotherapy treatment, Cobalt-60.

MYELODYSPLASTIC SYNDROMES

K. ALMOHAMAD, F. ALSHEIKH

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

Myelodysplastic syndromes (MDS) are a group of hematologic disorders characterized by clonal expansion of defective bone marrow stem cells leading to ineffective hematopoiesis. Diagnosis of MDS is clinicopathologic process, and is accomplished by obtaining proper and adequate clinical, family and environmental histories, careful peripheral blood and bone marrow examinations, and cytogenetic studies. The possibility of a genetic predisposition or familial occurrence should be considered in children and young adult, particularly with RARS and monosomy 7 in children. Treatment decisions are based primarily on the severity of the cytopenias and blast counts in the bone marrow and blood.

Key Words: Myelodysplastic syndromes (MDS), Anemia, Dysmyelopoiesis, Infantile monosomy 7 (IMO7).

STUDY OF THE ^{99}MO PRODUCTION EFFECT ON SOME OF RESEARCH REACTOR CORE SPECIFICATION USING DARE-P

I. KHAMIS, H. EZZUDDIN

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

In this study, the major basis of Mo- production using irradiation method for targets of enriched uranium is presented. Factors such as neutron flux, time of irradiation, and enrichment ration have

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

determine gross alpha and beta emitters in water samples using liquid scintillation counter. 200 ml of water from each sample were evaporated to 20 ml and 8 ml of them were mixed with 12 ml of the suitable cocktail to be measured by liquid scintillation counter **Wallac Winspectral 1414**. The lower detection limit by this method (LDL) was 0.33 DPM for total alpha emitters and 1.3 DPM for total beta emitters. And the reproducibility limit was (± 2.32 DPM) and (±1.41 DPM) for total alpha and beta emitters respectively, and the repeatability limit was (±2.19 DPM) and (± 1.11 DPM) for total alpha and beta emitters respectively.

The method is easy and fast because of the simple preparation steps and the large number of samples that can be measured at the same time. In addition, many real samples and standard samples were analyzed by the method and showed accurate results so it was concluded that the method can be used with various water samples.

Key Words: Liquid Scintillation Counter, total alpha emitters, total beta emitters, water samples.

NUMERICAL CALCULATIONS OF THE ABSORPTION AND OSCILLATION PROCESSES IN THE NONLINEAR POLARIZED CRYSTAL CR^{4+}:YAG PUMPED BY ND-GLASS LASER.

B. A. GHANI

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

M. HAMMADI

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

A mathematical model describing the dynamic emission of intracavity isotropic Cr^{4+}:*YAG* polarized solid-state saturable absorber as a tool of dual Q-switching and lasing processes 1.06 μm and 1.4 μm by double pumping pulse has been developed. This model describes the time evolution of interaction between the pumping laser pulse with a changed polarization state and the polarized absorber.

Key Words: Modeling, Dynamic emission, polarized Cr^{4+}:*YAG* crystal, Nd- glass.

PREPARING AND STUDYING THE PROPERTIES OF SAMPLES OF Li_2O-$2SiO_2$ GLASS

R. JABRA

Department of Physics, HIAST, Damascus, Syria

S. YOUSEF

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

In This Study we have prepared samples of Li_2O-$2SiO_2$ glass. We study the thermal properties of this glass. and the Effect of differet high tempretures on nucleation rate and size.

Key Words: Li_2O-$2SiO_2$, glass, nucleation.

SIMULATION OF DIFFUSION CONTROLLED SELECTIVE EPITAXIAL GROWTH

M. CHAHOUD

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

A new approach to simulate the diffusion

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

ANALYSIS OF FACTORS AFFECTING URANIUM STRIPPING FROM DEHPA/ DODECANE USING FTIR AND OTHER CONVENTIONAL ANALYTICAL METHODS

M. ALIBRAHIM, H. SHLEWIT
Department of Chemistry, Atomic Energy Commission, P.O. Box 6091, Damascus, Syria

Uranium(VI) is stripped from 0.1 mol.l^{-1} DEHPA/ dodecane using different concentration of phosphoric acid. This study investigates the main operating variables, mainly phosphoric acid concentration used as a strip solution, and temperature. Infrared spectra of the stripped organic were investigated in region of P=O stretching vibration to represent the effect of the previous variables on uranium stripping and compared with other conventional analytical methods. Results showed that concentration of the strip solution is effective in the range of 5-18 wt% P_2O_5 at fixed temperature, and the temperature effect is less than the strip solution concentration effect by the factor of 1/6. Results obtained enable us to choose the suitable temperature and wt% P_2O_5 of the strip solution to evaluate the demanded stripping distribution ratio.

Key Words: uranium; infrared; DEHPA; stripping.

FIRST PROFICIENCY TEST FOR DETERMINATION OF NORM IN CONTAMINATED SOIL FROM THE OIL FIELD

M. S. AL-MASRI, A. ABA
Department of Protection and Safety, Atomic Energy Commission, P. O. Box 6091, Damascus, Syria

The Syrian Atomic Energy Commission in cooperation with the Arabic Atomic Energy Agency (AAEA) has initiated the first proficiency test exercise for determination of NORM in contaminated soil from the oil field. The soil sample was collected from one of the highly radioactively contaminated lagoons with production water in the Syrian oilfields, prepared, characterized and certified according to a standard procedure. Samples were dispatched to laboratories from eight Arab countries, viz. Kuwait, Egypt, Yemen, Tunisia, Jordan, Kingdom of Saudi Arabia, Libya and Syria. The results were evaluated using three statistical criteria; viz. z-Score, the U_{test} score and the relative bias. These statistical methods were used to evaluate the performance of each laboratory in addition to the overall evaluation for each radionuclide. This evaluation has indicated that 57% and 86% of the results passed the criteria set for precision and accuracy applied for this test in relation to ^{226}Ra and ^{228}Ra, respectively. These two radionuclides are considered to be the most important radionuclides in the oil industry.

Key Words: Radium-226, soil, reference material, proficiency test, oil Industry.

REPORTS

METHOD VALIDATION TO DETERMINE TOTAL ALPHA BETA EMITTERS IN WATER SAMPLES USING LSC

M. S. AL-MASRI, A. NASHAWATI, B. AL-AKEL, S. SAAID
Department of Protection and Safety, Atomic Energy Commission, P. O. Box 6091, Damascus, Syria

In this work a method was validated to

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

is presented. This approach is a modification of a model developed for the simulation of selective area growth. The suggested modification enables the simulation of the lateral etching profile underneath mask edges, which was not possible in the original model.

In this approach the concentration profile of the etching solution at the mask free areas of the substrate surface is first calculated. Afterwards in a second step, a virtual diffusion process with the calculated surface concentration as the diffusion source is performed. The simulation result (etching profile) is then represented as an iso-concentration line, whose value is determined by fitting to an experimental result.

Key Words: etching simulation, diffusion controlled etching.

ASSESSMENT OF COOLING EFFECTS ON EXTENDING THE MAXIMUM OPERATING TIME FOR THE SYRIAN MINIATURE NEUTRON SOURCE REACTOR

I. KHAMIS, W. ALHALABI

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

Various schemes of cooling have been investigated for the purpose of assessing potential benefits on the operational characteristics of the Syrian MNSR reactor. A detailed thermal hydraulic model for the analysis of MNSR has been developed. The analysis shows that an auxiliary cooling system, installed in the pool which surrounds the lower section of the reactor vessel, will significantly offset the consumption of excess reactivity due to the negative reactivity temperature coefficient. Hence, the maximum operating time of the reactor is extended. Compared with experimental data, the suggested model proves to be valid for the analysis of MNSR behavior under both steady state and transient conditions.

Key Words: MNSR; time extension; assessment; cooling effect; thermal hydraulic.

DIAGNOSTIC STUDY OF LOW-PRESSURE AR-O_2 REMOTE PLASMA GENERATED IN HCD-L 300 SYSTEM: RELATIVE DENSITY OF O ATOM

S. SALOUM, M. NADDAF

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

The relative density of O atom of Ar-O_2 remote plasma excited in a low pressure 13.56 MHz hollow cathode discharge system has been investigated. The measurements were carried out at a total pressure of 0.05 mbar, radiofrequency (RF) power of 200 W and at three different axial distances in the plasma chamber below the outlet of the discharge source. Using optical emission spectroscopy (OES), the relative density of O ground state was determined from intensity ratio of O(844.6 nm) and Ar(750.4 nm) lines. The electron temperature and O_2^+ densities have been measured using double langmuir probe measurements. The kinetic study of Ar-O_2 plasma, combined with both spectroscopy and langmuir probe measurements, revealed that the main production mechanism of the excited $O(3p^3P)$ is direct excitation by electron impact. A maximum of O ground state relative density and correspondingly a minimum of O_2^+ density are obtained for the ratio O_2/Ar: 60/40. The maximum O density in the remote zone is found to be 4.5 times higher than at the outlet of source.

Key Words: RF hollow cathode discharges, plasma kinetics, emission spectroscopy; double langmuir probe, oxygen dissociation.

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

DETERMINATION OF THE AXIAL THERMAL NEUTRON FLUX NON-UNIFORM FACTOR IN THE MNSR INNER IRRADIATION CAPSULE

K. KHATTAB, N. GHAZI, H. OMAR
Department of Nuclear Engineering, Atomic Energy Commission, P. O. Box 6091, Damascus, Syria

A 3-D neutronic model, using the WIMSD4 and CITATION codes, for the Syrian Miniature Neutron Source Reactor (MNSR) is used to calculate the axial thermal neutron flux non-uniform factor in the inner irradiation capsule. The calculated result is 4 %. A copper wire is used to measure the axial thermal neutron flux non-uniform factor in the inner irradiation capsule to be compared with the calculated result. The measured result is 5%. Good agreement between the measured and calculated results is obtained.

Key Words: MNSR, non-uniform factor, irradiation capsule.

EFFECT OF NON-IONIZING RADIATION (UVC) ON THE DEVELOPMENT OF TROGODERMA GRANARIUM EVERTS

I. GHANEM, M. SHAMMA
Department of Radiation Technology, Atomic Energy Commission, P.O. Box 6091, Damascus, Syria

Various instars of khapra beetle Trogoderma granarium were exposed to ultra-violet rays (UVC) to assess their effect on each instar and their potential in breaking the developmental cycle of the khapra beetle.

Eggs aged zero (recently laid), 24 and 48 h were exposed to UVC at a radiation intensity of 31.4±0.02 Wm^{-2}. Doses equivalent to 3 min (56.52 J cm^{-2}), 8 min (150.72 J cm^{-2}), and 12 min (226.08 J cm^{-2}) resulted in death of all eggs, with a hatch of 96.6% in the control.

Mortality of UVC-irradiated larvae increased proportionally with increase in UVC dose, while, for each dose, mortality was inversely related to age of larvae at irradiation. Thus, at a UVC dose of 56.52 J cm^{-2}, larval mortality was 98.3%, 93.3% and 83.3% and adult emergence was 1.7%, 6.7% and 11.7% for 1–9, 10–18 and 19–27 day-old larvae, respectively. Similar effects were observed for UVC doses 150.72 and 226.08 J cm^{-2} with an increase in the overall mortality of larvae and a decrease in adult emergence. Effect of irradiation of 0, 24 and 48 h-old pupae with doses of UVC, was inversely related to age of pupae at irradiation. Thus, at 56.52 J cm^{-2}, mortality as pupae was 91.7%, 71.7% and 73.3% and adult emergence was 0%, 3.3% and 1.7% for 0, 24 and 48 h-old pupae, respectively. Premature emergence of deformed adultoids was 25% when 24 and 48 h-old pupae were irradiated with the above dose. At a dose of 225.08 52 J cm^{-2} there was no adult emergence. Death as pupae was 98.3%, 96.7% and 78.3% and premature emergence was 1.7%, 3.3%, and 21.7% for pupae irradiated at 0, 24 and 48 h-old, respectively.

Key Words: trogoderma granarium; susceptibility; ultra-violet radiation.

SIMULATION OF DIFFUSION CONTROLLED ETCHING

M. CHAHOUD
Department of scientific services, Atomic Energy Commission, P. O. Box 6091, Damascus, Syria

A new approach to simulate the diffusion controlled etching of periodically masked substrates

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

levels among cultivars which were subsequently divided into four groups: resistant, moderately resistant, moderately susceptible and highly susceptible. Results also showed that protein content decreased significantly in severely infected cultivars. However, the disease did not affect the protein quality using both A-PAGE and SDS-PAGE techniques.

Key Words: septoria tritici blotch, wheat, protein, mycosphaerella graminicola, A-PAGE and SDS-PAGE.

EFFECT OF GAMMA IRRADIATION ON THE MICROBIAL LOAD, CHEMICAL AND SENSORY PROPERTIES OF BORAK: PREPARED CHILLED MEALS

M. AL-BACHIR

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

Locally prepared meals, borak, were treated with 0, 2, 4 and 6 kGy doses of gamma irradiation. Treated and untreated borak were kept in a refrigerator (1-4 °C). Microbiological and chemical analyses were performed on each treated sample immediately after processing, and weekly throughout storage period which lasted for 6 weeks. Sensory evaluation and proximate analysis were done within one week after irradiation. Results of the proximate analysis of borak showed that irradiation doses did not have a significant effect on moisture, protein and fat content of borak. Gamma irradiation decreased the total counts of mesophilic aerobic bacteria, total coliform and yeast and increased the shelf-life of borak. The radiation doses required to reduce the microorganisms load one log cycle (D_{10}) in borak were 456 and 510 Gy for the Salmonella spp and E. coli, respectively. The three chemical parameters, total acidity, lipid peroxide and volatile basic nitrogen, which were chosen as the indices of freshness, were all well within the acceptable limits for up to 1, 3 and 6 weeks at 1-4 °C for samples treated with 2, 4 and 6 kGy, respectively. Sensory evaluation showed no significant differences between irradiated and non-irradiated samples.

Key Words: borak, irradiation, microbial load, refrigeration, sensory evaluation.

A HIGH DOSE DOSIMETER BASED POLYVINYL CHLORIDE DYED WITH MALACHITE GREEN

M. KATTAN, Y. DAHER, H. ALKASSIRI

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

Polyvinyl chloride film (PVC) dyed with malachite green has been studied for high dose radiation dosimetry using visible spectrophotometry. A linear relationship between the relative absorbance and the absorbed dose at the wavelength 628 nm in the range of 0-125 kGy was found. The effect of dose rate, irradiation temperature, film thickness and dye intensity were found not to influence the response. The effects of shelf-life and the post-irradiation storage in darkness and indirect daylight conditions on dosimetry performance were discussed.

Key Words: polyvinyl chloride, gamma radiation, malachite green, dosimetry.

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

Abstracts

ARTICLES

CRACKING A MATERIAL PROBLEM

R. SPATSCHEK, E. BRENER
From the institute for solid State Research, Forschungszentrum, Jüllich, Germany

Cracks occur on scales ranging from the atomic to the tectonic, and are the reason why materials fail. Traditionally the preserve of engineers, Robert Spatschek and Efim Brener explain how the rich dynamics of crack propagation is attracting the attention of physicists.

Key Words: cracks, tectonic crack, crack propagation, fracture mechanics.

THE QUANTUM SOLID THAT DEFIES EXPLANATION

M. CHALMERS
A features editor of Physics World

In 2004 researchers reported the first clear evidence for superfluidity in solid helium-4. However, **Matthew Chalmers** describes recent experimental and theoretical work that has brought the very existence of such a "supersolid" into question.

Key Words: supersolid, solid helium-4, superfluid, Bose-Einstein condensation (BEC).

INSTANT GOLD

P. MCKENNA
A science journalist based in Boston

Look in the right place and you'll find deposits of the precious metal forming before your eyes.

Key Words: Gold deposits, Magmatic fluid, Hydrothermal systems, Traps, Sulpher volatiles.

COLD FUSION RIDES AGAIN

B. DAVISS
Is a science writer in new hampshire

Physicists scoff, but enthusiasts say they now have hard evidence that proves room temperature fusion is real.

Key Words: detector, co-deposition, electrolysis, Tracks.

PAPERS

THE EFFECTS OF MYCOSPHAERELLA GRAMINICOLA INFECTION ON WHEAT PROTEIN CONTENT AND QUALITY

M.I.E. ARABI, M. JAWHAR, N. MIR ALI
Department of Molecular Biology and Biotechnology, Atomic Energy Commission, P. O. Box 6091, Damascus, Syria

The effects of Mycosphaerella graminicola, the causal agent of Septoria tritici blotch of wheat on the content and quality of storage proteins were studied. Field research was undertaken by comparing plots with and without artificial inoculation. Twenty-one Syrian cultivars, 11 (Triticum aestivum L.) and 10 (T. turgidum var. durum Desf.) were used in this study. The results show high differences in the susceptibility

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

PAPERS

58 THE EFFECTS OF MYCOSPHAERELLA GRAMINICOLA INFECTION ON WHEAT PROTEIN CONTENT AND QUALITY

58 EFFECT OF GAMMA IRRADIATION ON THE MICROBIAL LOAD, CHEMICAL AND SENSORY PROPERTIES OF BORAK: PREPARED CHILLED MEALS

59 A HIGH DOSE DOSIMETER BASED POLYVINYL CHLORIDE DYED WITH MALACHITE GREEN

59 DETERMINATION OF THE AXIAL THERMAL NEUTRON FLUX NON-UNIFORM FACTOR IN THE MNSR INNER IRRADIATION CAPSULE

60 EFFECT OF NON-IONIZING RADIATION (UVC) ON THE DEVELOPMENT OF TROGODERMA GRANARIUM EVERTS

60 SIMULATION OF DIFFUSION CONTROLLED ETCHING

61 ASSESSMENT OF COOLING EFFECTS ON EXTENDING THE MAXIMUM OPERATING TIME FOR THE SYRIAN MINIATURE NEUTRON SOURCE REACTOR

61 DIAGNOSTIC STUDY OF LOW-PRESSURE AR-O_2 REMOTE PLASMA GENERATED IN HCD-L 300 SYSTEM: RELATIVE DENSITY OF O ATOM

62 ANALYSIS OF FACTORS AFFECTING URANIUM STRIPPING FROM DEHPA/ DODECANE USING FTIR AND OTHER CONVENTIONAL ANALYTICAL METHODS

62 FIRST PROFICIENCY TEST FOR DETERMINATION OF NORM IN CONTAMINATED SOIL FROM THE OIL FIELD

REPORTS

63 METHOD VALIDATION TO DETERMINE TOTAL ALPHA BETA EMITTERS IN WATER SAMPLES USING LSC

63 NUMERICAL CALCULATIONS OF THE ABSORPTION AND OSCILLATION PROCESSES IN THE NONLINEAR POLARIZED CRYSTAL CR^{4+}:YAG PUMPED BY ND-GLASS LASER

64 PREPARING AND STUDYING THE PROPERTIES OF SAMPLES OF LI_2O-$2SIO_2$ GLASS

64 SIMULATION OF DIFFUSION CONTROLLED SELECTIVE EPITAXIAL GROWTH

65 ATOMIZATION OF THE RADIOTHERAPY TREATMENT AT NUCLEAR MEDICINE CENTER

65 MYELODYSPLASTIC SYNDROMES

66 STUDY OF THE ^{99}MO PRODUCTION EFFECT ON SOME OF RESEARCH REACTOR CORE SPECIFICATION USING DARE-P

66 DESIGNING AND CONSTRUCTION AN ETCHING APPARATUS FOR NUCLEAR TRACK DETECTORS

67 DETERMINATION OF ACRYL AMIDE IN COOKED STARCH FOOD USING HPLC TECNIQUE

67 DESIGNING AND MANAGING AECS WEBSITE ELECTRONIC CONTENT

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

CONTENTS

ARTICLES

7 **CRACKING A MATERIAL PROBLEM**

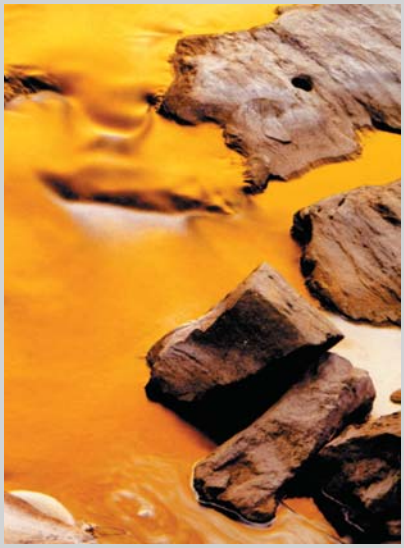
Cracks occur on scales ranging from the atomic to the tectonic, and are the reason why materials fail. Traditionally the preserve of engineers.

R. SPATSCHEK, E. BRENER

13 **THE QUANTUM SOLID THAT DEFIES EXPLANATION**

In 2004 researchers reported the first clear evidence for superfluidity in solid helium-4. However.

M. CHALMERS



19 **INSTANT GOLD**

Look in the right place and you'll find deposits of the precious metal forming before your eyes.

P. MCKENNA

24 **COLD FUSION RIDES AGAIN**

Physicists scoff, but enthusiasts say they now have hard evidence that proves room temperature fusion is real.

B. DAVISS

NEWS

29 SAVE THE ROCKS!

32 SPEED-OF-LIGHT COMPUTING, ONE PHOTON AT A TIME

33 A BLACK HOLE FULL OF ANSWERS

35 POLYMER CRYSTALS DOWNSIZED

37 CRITICAL POINT NO-WAY PHYSICS

39 TECHNETIUM

SCIENTIFIC HIGHLIGHT ON AN EVENT

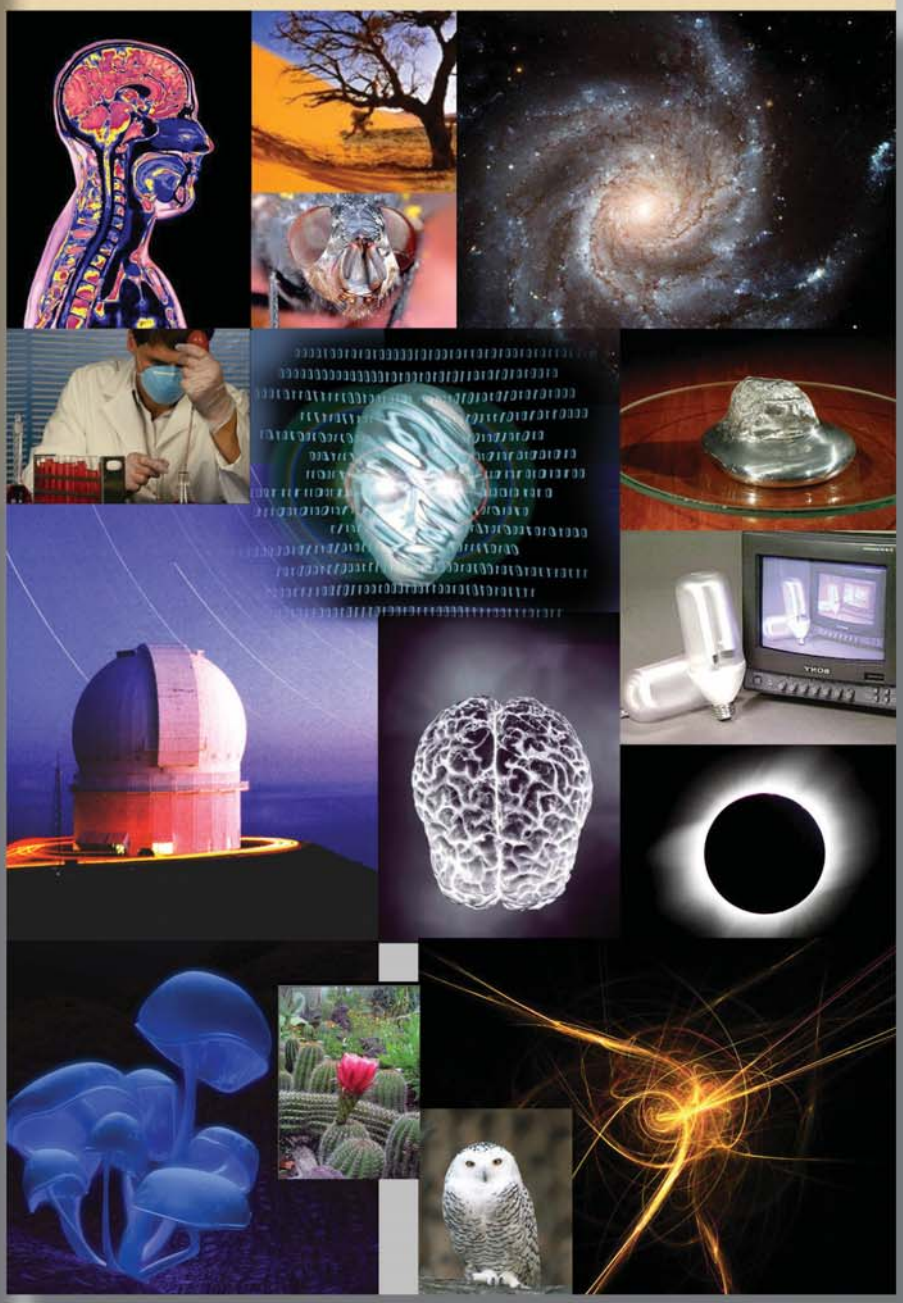
42 SCIENCE, TECHNOLOGY AND INNOVATION BASED-DEVELOPMENT LEAPFROG SCENARIO FOR SYRIA

Aalam Al-Zarra

Journal of The Atomic Energy Commission of Syria

NO.112

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

Dr.Ibrahim Othman

Dirctor General of A.E.C.S

Editorial Board

Dr. Adel Harfoush

Dr. Ziad Qutob

http://serversmiso.aecs.sy

مكتب نظم المعلومات

هيئة الطاقة الذرية السورية