عالَم الذرّة

مجلة هيئة الطاقة الذرية السورية

المدير المسؤول

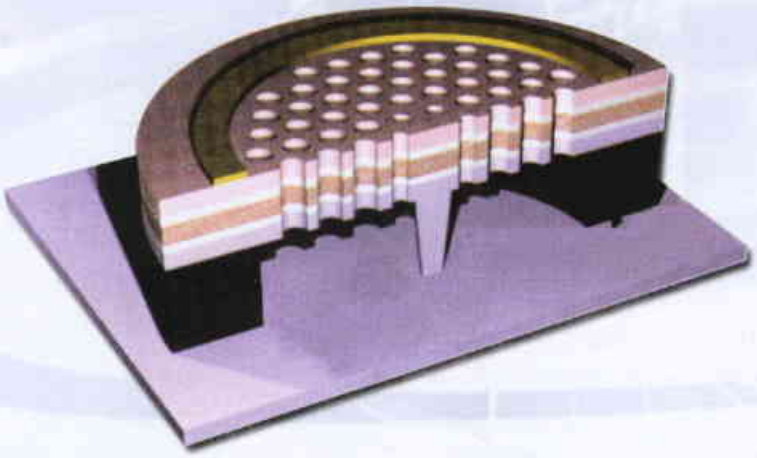
الدكتور ابراهيم عثمان

المدير العام لهيئة الطاقة الذرية

هيئة التحرير

الدكتور عادل الحرفوش

الدكتور زياد القطب



95

السنة العشرون /كانون الثاني- شباط/

2005

مجلة دورية تصدر ستّ مرّات 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.

شروط الترجمة والتأليف للنشر في مجلة عالم الذرة

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

2 ـ يُكتب على ورقةٍ مستقلةٍ عنوان مادة النشر واسم الكاتب وصفته العلمية وعنوانه مع ملخصين لهما أحدهما بالعربية والآخر باللغة الإنكليزية حصراً، في حدود عشرة أسطر لكل منهما، ويُطلب من كل من المؤلف والمترجم كتابة اسمه كاملاً، باللغتين العربية والأجنبية، ولقبه العلمي وعنوان مراسلته.

3 ـ 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 لايتجاوز عشر عبارات باللغتين العربية والإنكليزية.

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

5 ـ إذا كانت المادة مؤلفة أو مجمّعة من مصادر عدّة، يذكر الكاتب ذلك تحت العنوان مباشرة كأن يقول «تأليف، جمع، إعداد، مراجعة...»، ويرفق المادة بقائمة مرقمة للمراجع التي استقاها منها.

6 ـ إذا تضمنت المادة صوراً وأشكالاً، تُرسل 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 الذرّية، الذي تمّ نشره في أعداد المجلة (2 ـ 18).

8- تُكتب المصطلحات وكذلك أسماء الأعلام باللغتين العربية والأجنبية عند ورودها في النص أول مرة ومن ثم يُكتفى بإيراد المقابل العربي وحده سواء أكان هذا المقابل كاملاً أم مختزلاً. وتُستعمل في النص المؤلَّف أو المترجَم الأرقام العربية 1،2،3 أينما وردت مع مراعاة كتابتها بالترتيب العربي من اليمين إلى اليسار. وإذا ورد في نص معادلةٍ أو قانون أحرف أجنبية وأرقام فتكتب المعادلة أو القانون كما في الأصل الأجنبي.

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

10 ـ تُرقم مقاطع النص الأجنبي والنص العربي بترتيب واحد في حالة الترجمة.

11 ـ يُرجى من السادة المترجمين مراعاة الأمانة التامة في الترجمة.

12 ـ تخضع مادة النشر للتقييم ولا تُرد إلى أصحابها نشرت أم لم تنشر.

13 ـ يُمنح كل من الكاتب أو المترجم أو المراجع مكافأة مالية وفق القواعد المقررة في الهيئة.

14 ـ تُوجه المراسلات باسم رئيس مكتب الترجمة والتأليف والنشر إلى العنوان التالي:

الجمهورية العربية السورية ـ هيئة الطاقة الذرّية ـ مكتب الترجمة والتأليف والنشر ـ مجلة عالم الذرّة ـ دمشق ـ ص.ب: 6091

E-mail: aalam_al_zarra@aec.org.sy

رسوم الاشتراك

الاشتراك السنوي للطلاب (200) ل.س ـ الاشتراك السنوي للأفراد (300) ل.س ـ الاشتراك السنوي للمؤسسات (1000) ل.س

الاشتراك السنوي للأفراد من خارج القطر العربي السوري (30) دولاراً أمريكياً. وللمؤسسات (60) دولاراً أمريكياً ـ تتضمن الاشتراكات أجور البريد.

بالنسبة للمشتركين من خارج القطر يُرسل رسم الاشتراك إلى العنوان التالي:

المصرف التجاري السوري فرع رقم 13

مزة ـ جبل ـ ص.ب 16005

رقم الحساب 2/3012

أو بشيك باسم هيئة الطاقة الذرّية السورية

يمكن للمقيمين داخل القطر دفع قيمة الاشتراك بحوالة بريدية على العنوان التالي:

مجلة عالم الذرّة ـ مكتب الترجمة والتأليف والنشر ـ هيئة الطاقة الذرّية السورية ـ دمشق ـ ص.ب: 6091

مع بيان يوضح عنوان المراسلة المفضل

أو تدفع مباشرة إلى مكتب الترجمة والتأليف

والنشر في الهيئة ـ دمشق ـ شارع 17 نيسان

سعر العدد الواحد

سورية 50 ل.س /لبنان 3000 ل.ل/ الأردن 2 دينار/ مصر 3 جنيه / الجزائر 100 دينار / السعودية 10 ريالات و6 دولارات في البلدان الأخرى.

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 الكتابة إلينا على العنوان التالي:

هيئة الطاقة الذرّية السورية ـ مكتب الترجمة والتأليف والنشر

دمشق ص.ب 6091 ـ الجمهورية العربية السورية

أو الاتصال على رقم الهاتف 6111926/2132580 . فاكس 6112289

ISSN 1607-985X

في هذا العدد

المقـــالات

- عناصر فائقة الثقل ..... ي. أوغانيسيان 7
  ترجمة هيئة الطاقة الذرّية
- الطاقة الخفية ..... ر. ركالدويل 13
  ترجمة هيئة الطاقة الذرّية
- تغير المناخ: تعقيد يتفاعل..... ك. هاسلمان، وآخرون..... 21
  ترجمة هيئة الطاقة الذرّية
- ألمعيٌّ يبحث عن عقاقير لتقوية الذاكرة..... إ. مارشال..... 28
  ترجمة هيئة الطاقة الذرّية
- ليزر بلّورات فوتونية وحيد الخلية يعمل كهربائياً ..... هـ.ج. بارك، وآخرون..... 32
  ترجمة هيئة الطاقة الذرّية

أخبار علمية

- حواسيب شخصية تتجسَّس على كل حركة 39
- هل يمكننا حقاً مناولة الجزيئات؟ 40
- النقل من بُعد باستخدام الأزرار..... 42
- نصفٌ مملوءة أم نصفٌ فارغة؟..... 43
- يصعد العلم فجأة إلى ذروة البرنامج الحكومي 45
- الأزواج الإلكترونية البلّورية 46
- ساعة المعصم الذرّية 48
- التريتيوم (الهدروجين –3) 50

ورقات البحوث (أعمال باحثي الهيئة المنشورة في المجلات العالمية)

- خلايا شمسية مبنيَّة على طبقتين عضويتين ..... د. علي المحمد 55
- تقييم الاهتراءات وقياس ثخانات الجدران للأنابيب ذات الأقطار الكبيرة ..... د. وفيق حرارة 58
  بالتصوير الشعاعي المماسي باستخدام منابع أشعة غاما من الكوبالت – 60
- امتصاص الفريون – 12 لإصدار ليزر CO_2 ..... د. شريف الحواط، وآخرون 63

التقارير العلمية (أعمال باحثي الهيئة غير المنشورة)

- تعيين بعض العناصر المعدنية الموجودة في المخلفات الصناعية ..... د. علي خضر، د. محمد معروف 68
  والـــترب الزراعية وبعض الأنواع النباتية بطريقة الصهر باستخدام تقانة التفلور بالأشعة السينية (XRF).
- تعديل وتحقيق البرنامج COBRA-RERTR لاستخدامه ..... د. علي حينون، نضال غازي..... 68
  في الدراسات الترموهدروليكية لمفاعلات البحث.
- تحديد الفلور في حمض الفسفور النقي والمركز ..... د. محمد الخالد عبد الباقي، وآخرون... 69
  باستخدام طريقة الإلكترود الانتقائي وتشغيل جهاز 692PH/Ion Meter .
- دراسة التوزعات الإحصائية في غشاء رقيق (أقل من 5 نانومتر)..... د. محمد بهاء الصوص، د. أحمد المحمد 69
  لحبيبات غير متصلة ودراسة نموها.
- إمكانية إنتاج القفاء ^{82}Br في MNSR واستخدامه لكشف التسرب..... د. خالد حداد، د. سامر الأيوبي..... 70
- الينابيع البحرية الساحلية في لبنان وسوريا: دراسة جيولوجية ..... د. عبد الرحمن الشريدة..... 70
  وجيوكيميائية ونظائرية وإشعاعية.
- إنشاء خريطة جيولوجية رقمية بمقياس 1/1.000.000 لسوريا، ..... بسام قطاع، د. سليمان رماح 71
  باستخدام نظام المعلومات الجغرافي.
- تقصي التعرض المهني لعمال رش المبيدات في محافظة دمشق ..... د. وليد الأشقر 72
  بدليل التبدلات الصبغية المحرضة.
- جهاز لتصليب الحشوات السنية التجميلية الضوئية ..... د. عصام أبو قاسم، وآخرون..... 72
  باستخدام الأشعة الصادرة عن مصباح كوارتز-هالوجين

كتب حديثة مختارة

- نزاع من أجل الترتيب ..... (تأليف: م. د. جوردان)..... 75
  (عرض وتحليل: ب. ب. فينسنت)
- حبة دواء لكل مريض ..... (تأليف: د. جيفريز)..... 76
  (عرض وتحليل: ب. إلوود)

كشاف موضوعي لعام 2004 77

ملخصات باللغة الإنكليزية عن الموضوعات المنشورة في هذا العدد 92

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.

المقـــالات

عناصر فائقة الثقل ★

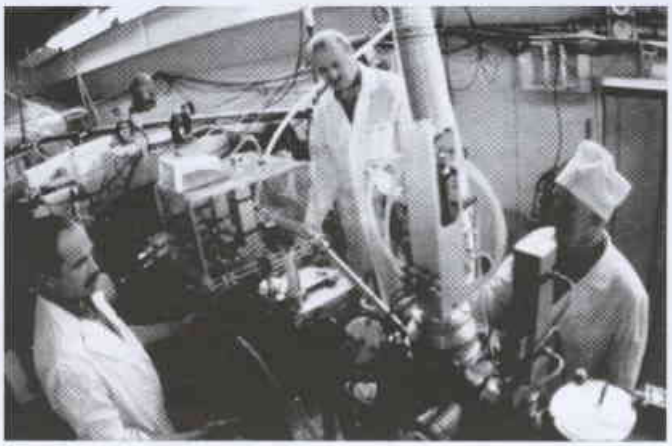
يوري أوغانيسيان

يعمل يوري أوغانيسيان في معهد جوينت للبحوث النووية (JINR) في دوبنا، روسيا

ملخص

سوف يزودنا العنصران 113 و 115 اللذان تم اكتشافهما مؤخراً بحقائق جديدة حول بنية النواة وحول الوجود المحتمل "لجزيرة الاستقرار"

الكلمات المفتاحية: *الجدول الدوري، العناصر الفائقة الثقل، عناصر غير مستقرة، عدد الكتلة، مضادات النترينو، مكاشيف، اصطناع، بروتونات، انشطار، نظائر، نكليدات.*



مواد ثقيلة: يعمل يوري أوغانيسيان (الجالس إلى اليسار) وزملاؤه في مختبر JINR في دوبنا على توسيع حدود الجدول الدوري للعناصر وذلك عبر اصطناع عناصر جديدة ذات أعداد ذرية تصل إلى 118. تبين الصورة اليمنى جزءا من تجهيزاتهم التجريبية يظهر فيه الجهاز المسمى "فارز الارتداد المملوء بالغاز" gas-filled recoil separator والذي يتولى توجيه العناصر الجديدة حال تولدها في الدرينة الثقيلة (أسفل الصورة إلى اليمين) في اتجاه الكاشف.

إن الجدول الدوري للعناصر آخذ بالكبر تدريجياً. فذات يوم لم يكن هذا الجدول يضم سوى 83 عنصراً موجوداً بشكل طبيعي بدءاً بالهدروجين وانتهاء باليورانيوم. وتتصف هذه العناصر بأنصاف أعمار – تماثل عمر الأرض البالغ 4,5 بليون سنة. غير أن الفيزيائيين، ومنذ الأربعينيات من القرن العشرين، باتوا قادرين على اصطناع عناصر غير مستقرة تتفكك إلى عناصر أقل ثقلاً خلال أزمان يمكن أن تتدرج من بضعة آلاف سنة إلى أجزاء صغيرة من الثانية. لقد تمّت معرفة 114 عنصراً مع نهاية العام الماضي، وفي مرحلة مبكرة من العام الحالي ذَكَرَ مؤلف هذه المقالة ومساعدوه اصطناع عنصرين جديدين "فائقي الثقل".

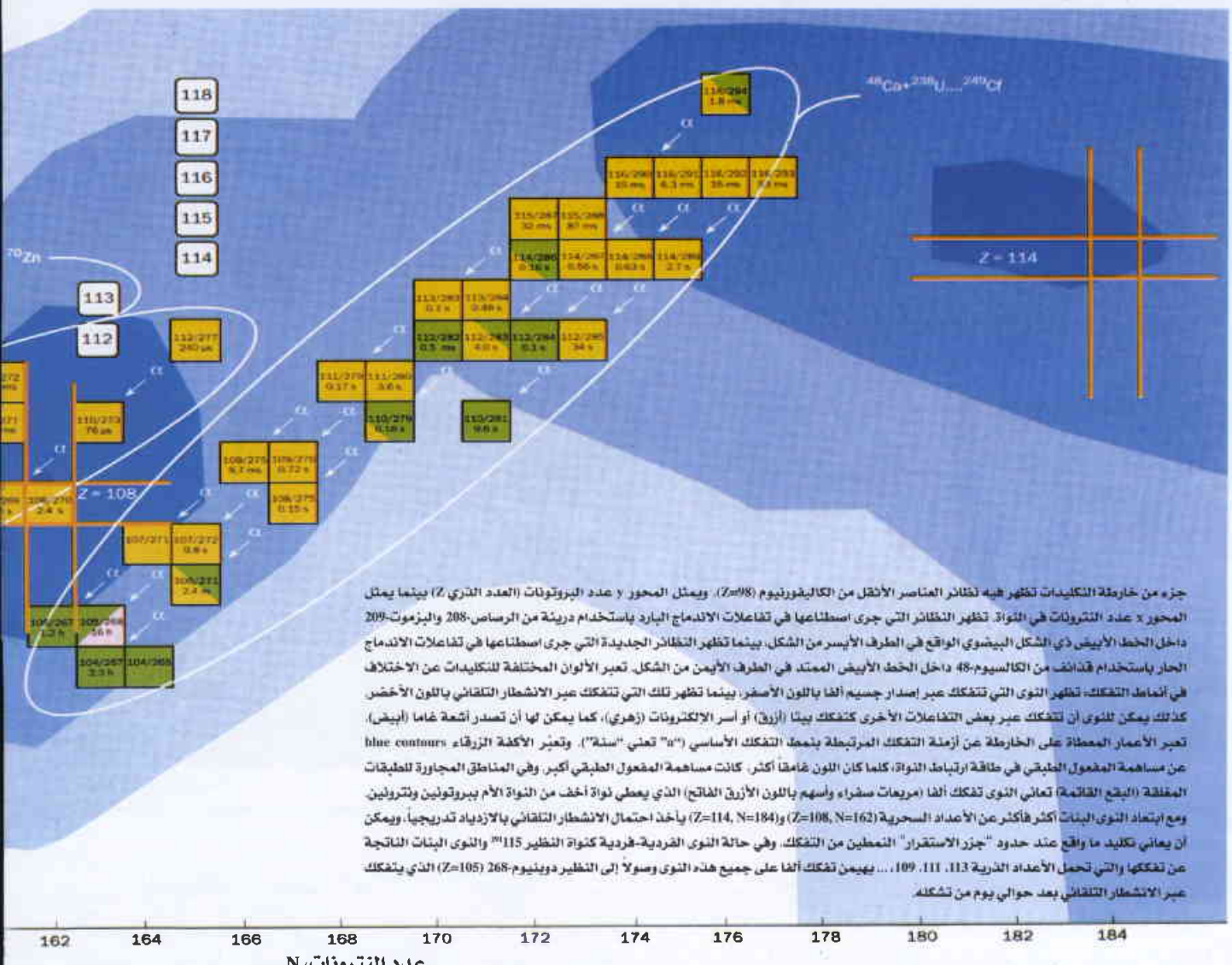
بيد أن هذا الفرع الهام من فروع الفيزياء لا يقتصر ببساطة على اصطناع عناصر أثقل وأثقل، علماً بأن اصطناع عناصر جديدة ليس بالأمر البسيط، بل يتعدى ذلك إلى فهم سلوك هذه العناصر الجديدة التي ما زال العديد منها يفتقد الاسم المعتمد رسمياً. فالعناصر الفائقة الثقل تفسح الطريق أمام الباحثين في مجال الفيزياء النووية لاستكشاف أفكار مثل "الأعداد السحرية" و"جزيرة الاستقرار"، اللتين تساعداننا في فهم كون بعض النوى أكثر استقراراً من بعضها الآخر. كذلك فإن هذه العناصر الجديدة يمكن أن تستخدم في اختبار تنبؤات دقة النماذج models المختلفة للنواة، وأن تفيدنا في نهاية المطاف في فهم سبب احتواء الطبيعة على عدد محدود من العناصر.

الأعداد الأولية

من المعلوم أن النواة تضم أعداداً من البروتونات والنترونات باستثناء نواة الهدروجين التي تتألف ببساطة من بروتون وحيد. ويمكن للعنصر الواحد أن يكون بشكل بضعة نظائر مختلفة. وعلى سبيل المثال فإن نواة الكربون-12 تحتوي على ستة بروتونات وستة نترونات وهي نواة مستقرة، بينما تحتوي نواة الكربون-14 على ستة بروتونات وثمانية نترونات ولها نصف عمر قدره 5730 سنة. لذلك فإن عدة أعداد تُستخدم للتعريف بالنواة: وهي العدد الذري (Z)

★ نشر هذا المقال في مجلة Physics World - July 2004. وتمت الترجمة في هيئة الطاقة الذرية السورية.

العناصر الأثقل



جزء من خارطة النكليدات تظهر فيه نظائر العناصر الأثقل من الكاليفورنيوم (Z=98). ويمثل المحور y عدد البروتونات (العدد الذري Z) بينما يمثل المحور x عدد النترونات في النواة. تظهر النظائر التي جرى اصطناعها في تفاعلات الاندماج البارد باستخدام دريئة من الرصاص-208 والبزموت-209 داخل الخط الأبيض ذي الشكل البيضوي الواقع في الطرف الأيسر من الشكل، بينما تظهر النظائر الجديدة التي جرى اصطناعها في تفاعلات الاندماج الحار باستخدام قذائف من الكالسيوم-48 داخل الخط الأبيض الممتد في الطرف الأيمن من الشكل. تعبر الألوان المختلفة للنكليدات عن الاختلاف في أنماط التفكك: تظهر النوى التي تتفكك عبر إصدار جسيم ألفا باللون الأصفر، بينما تظهر تلك التي تتفكك عبر الانشطار التلقائي باللون الأخضر. كذلك يمكن للنوى أن تتفكك عبر بعض التفاعلات الأخرى كتفكك بيتا (أزرق) أو أسر الإلكترونات (زهري)، كما يمكن لها أن تصدر أشعة غاما (أبيض). تعبر الأعمار المعطاة على الخارطة عن أزمنة التفكك المرتبطة بنمط التفكك الأساسي ("s" تعني "ثانية"). وتعبر الأكفة الزرقاء blue contours عن مساهمة المفعول الطبقي في طاقة ارتباط النواة، كلما كان اللون غامقاً أكثر كانت مساهمة المفعول الطبقي أكبر. وفي المناطق المجاورة للطبقات المغلقة (البقع القاتمة) تعاني النوى تفكك ألفا (مربعات سفراء وأسهم باللون الأزرق الفاتح) الذي يعطي نواة أخف من النواة الأم ببروتونين ونترونين. ومع ابتعاد النوى البنات أكثر فأكثر عن الأعداد السحرية (Z=108, N=162) و(Z=114, N=184) يأخذ احتمال الانشطار التلقائي بالازدياد تدريجياً. ويمكن أن يعاني تكليد ما واقع عند حدود "جزر الاستقرار" النمطين من التفكك. وفي حالة النوى الفردية-فردية كنواة النظير ^{115} والنوى البنات الناتجة عن تفككها والتي تحمل الأعداد الذرية 113، 111، 109، ... يهيمن تفكك ألفا على جميع هذه النوى وصولاً إلى النظير دوبنيوم-268 (Z=105) الذي يتفكك عبر الانشطار التلقائي بعد حوالي يوم من تشكله.

الذي يمثل عدد البروتونات، بينما يمثل عدد الكتلة N,mass number. مجموع العدد الذري وعدد النترونات.

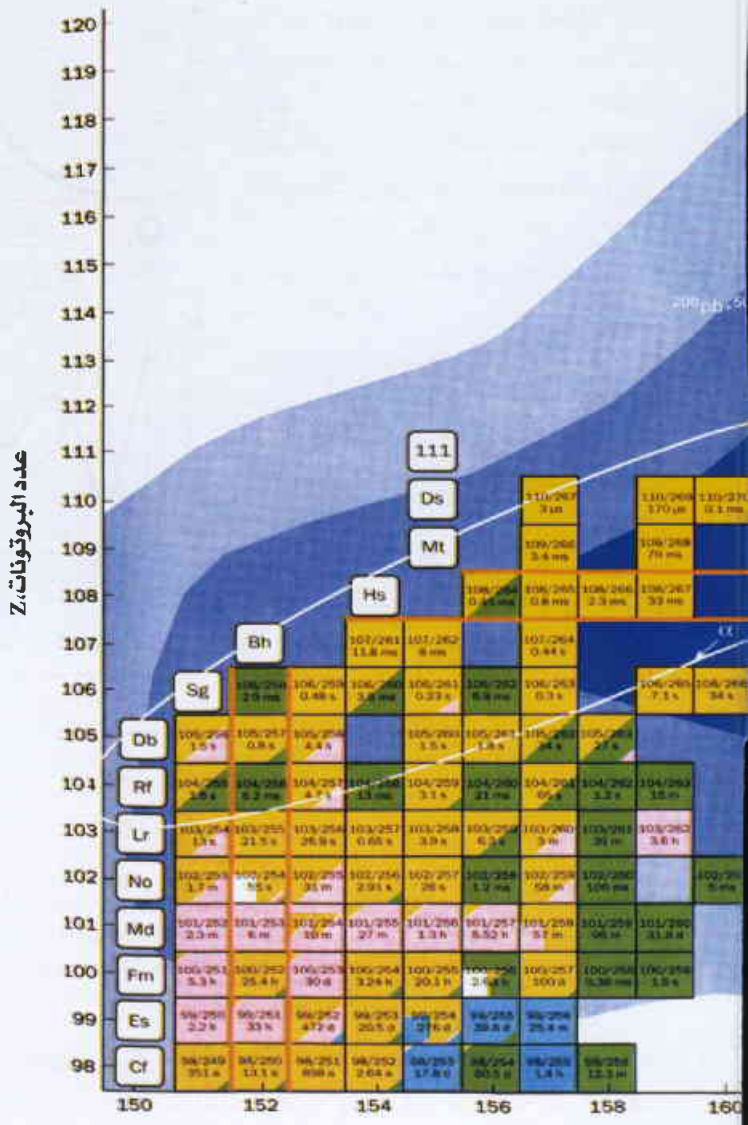
وكذلك تميل العناصر الثقيلة لأن تحتوي على مزيد من النترونات، فعلى سبيل المثال، يحتوي أكثر النظائر استقراراً من بين نظائر الرصاص 82 بروتوناً و126 نترونا. لكننا إذا ما أضفنا نتروناً أو أكثر إلى إحدى النوى المستقرة، أو نزعنا نتروناً أو بضعة نترونات من نواة مستقرة، فإن هذه النواة قد تصبح نواة غير مستقرة وتعاني تفككاً إشعاعياً.

ويمكن للنواة أن تتفكك وفق طرق مختلفة: ففي التفكك المعروف باسم (تفكك ألفا) تقوم النواة بإصدار جسيم ألفا (أي نواة هليوم تضم بروتونين ونترونين)، أما في تفكك بيتا فيتحول أحد نترونات النواة إلى بروتون بإصدار إلكترون ونترينو مضاد antineutrino. كما يمكن للنواة الثقيلة أن تنشطر إلى شظيتين في عملية تعرف باسم الانشطار التلقائي. وقد شوهد هذا النمط الأخير من التفكك الإشعاعي للمرة الأولى في عام 1940 من قبل جيورجي فليروف G. Flerov وكونستانتين بيترزاك K. Petrzhak باستخدام نوى اليورانيوم-238.

وقد دفعت ظاهرة الانشطار النووي نيلس بور N. Bohr وجون ويلر J. Wheeler إلى اقتراح النموذج المعروف باسم نموذج القطرة السائلة liquid-drop model الذي يعامل النواة كقطرة عديمة البنية من سائل مشحون. وما دامت قوى التوتر السطحي للقطرة تفوق قوى التدافع الكولوني الناجمة عن شحنة البروتونات يتشكل حاجز كموني يمنع النواة من الانشطار (الشكل 1). ولكن يمكن التغلب على هذا الحاجز إذا ما زوّدنا النواة بقدر كاف من الطاقة، أو إذا ما شَقَّت النواة نفقاً عبر الحاجز الكموني.

يبلغ حاجز الانشطار في حالة اليورانيوم-238 ذات العدد الذري

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



92 حوالي 6 ميغا إلكترون فولط، وهذا يؤدي إلى انشطار تلقائي نصف عمره حوالي 10^{16} سنة. ولكن عندما يزداد العدد الذري يتناقص الحاجز الكموني ويختفي في نهاية المطاف جاعلاً النوى الثقيلة تتفكك في حوالي 10^{-19} ثانية. وحسب رأي بور وويلر فإن الحاجز الكموني يختفي حينما يصل العدد الذري حوالي 106.

وبالفعل فقد تبين أن أعمار النصف لعناصر البلوتونيوم والكوريوم والكاليفورنيوم التي تحتل طليعة عناصر ما بعد اليورانيوم قريبة جداً من القيم المتوقعة وفق نموذج القطرة السائلة. لكن في عام 1962 اكتشف باحثون من معهد جوينت للبحوث النووية JINR في دوبنا Dubna أن العديد من النظائر التابعة لعناصر ما بعد اليورانيوم – والتي تتميز بطاقة استثارة منخفضة جداً – تتفكك عبر الانشطار التلقائي بأزمنة من مرتبة 10^{-10} إلى 10^{-2} ثانية فقط، الأمر الذي يتعارض مع توقعات نموذج القطرة السائلة. وعلاوة على ذلك، فإن هذا النموذج لا يقوى على تفسير التفاوت الكبير في أعمار النصف للانشطار التلقائي لدى هذه "الإيزوميرات" isomers.

وسرعان ما أدرك الباحثون أن احتمال الانشطار التلقائي يعتمد على البنية الداخلية للنواة. فعلى سبيل المثال لم يكن يخفى على الباحثين آنذاك أن القيم المقيسة تجريبياً لطاقة الارتباط النووي الإجمالية تنحرف عن تلك المتوقعة وفق نموذج القطرة السائلة، إذ أخذت طاقات الارتباط قيماً أعظمية عند أعداد معينة للبروتونات = Z = 2. 8. 20. 28. 50. 82، وكذلك للنترونات N = 2. 8. 20. 50. 82. 126. وتدعى هذه الأعداد السحرية للبروتونات والنترونات "الطبقات المغلقة" وهي شبيهة بالطبقات الإلكترونية المألوفة في الفيزياء الذرّية.

ومع نهاية الستينيات من القرن الفائت قادت هذه المشاهدات إلى نظرية مكروسكوبية جديدة للنواة تبيّن أن الطبقات المغلقة للبروتونات والنترونات تسمح للنوى بأن تكون مستقرة أبعد من الحدود المحددة من قبل نموذج القطرة السائلة (أي عند أعداد ذرية تفوق 106). وقد أمكن التنبؤ بأن مفعول الطبقة shell effect يكون قوياً بشكل خاص لدى النوى ذات الأعداد السحرية Z=108 وN=162 وبشكل أكثر وضوحاً لدى النواة Z=114 وN=184، وهذا ما أدّى إلى تسمية هذه المناطق بـ "جزر الاستقرار" island of stability (الشكل 2). وبالفعل فقد أمكن التنبؤ بوصول أعمار النوى الفائقة الثقل في المنطقة (N=184) إلى 30 ضعف طولها في غياب الطبقات. وهكذا فقد وجد الفيزيائيون النوويون التجريبيون أنفسهم أمام تحد جديد: إنهم بحاجة لاصطناع النوى الفائقة الثقل وقياس خواصها لوضع هذه التنبؤات النظرية على المحك.

تفاعلات الاصطناع

لقد كانت أولى عناصر ما بعد اليورانيوم تُصطَنَع بشكل رئيس في تفاعلات أَسْر نتروني تعاقبي في مختبر لورنس بيركلي في الفترة الممتدة من 1940 إلى 1953. وقد أدت هذه التجارب التي تكتسب فيها النوى نترونات إضافية خلال تعرضها الطويل في مفاعل ذي تدفق نتروني عال. إلى اكتشاف عناصر جديدة ذات أعداد ذرّية وصلت حتى 100 (فيرميوم fermium). ولكن لا يُستطاع استكشاف النوى الثقيلة بهذه التقنية لأنها تتفكك قبل أن تتمكن من أسر النترون التالي.

ضمن إطار الجهود الطامحة إلى اصطناع عناصر أثقل من الفيرميوم تحوّل الباحثون إلى تفاعلات الأيون الثقيل التي تقوم على إرغام نواتين، واحدة من حزمة أيون ثقيل والثانية في دريئة، على الدخول في تفاعل اندماج لتكوين نواة مركبة فائقة الثقل. بيد أن هذه الطريقة تنطوي على صعوبة تتمثل في أن التصادم بين الأيونات يترك نواة المركب الحاصل في حالة استثارة عالية، الأمر الذي يعني إمكان دخولها بالانشطار فوراً. وعلاوة على ذلك، إن المفعول الاستقراري للطبقات النووية يتناقص بشدة مع ارتفاع الطاقة الاستثارية.

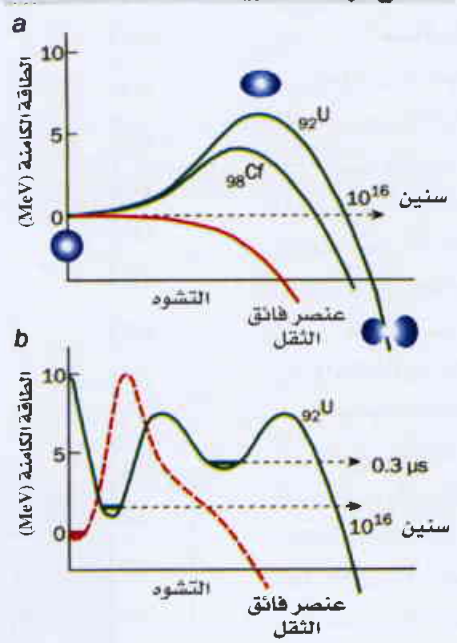
إن استكشاف عناصر ما فوق العدد الذري 106 لم يكن ممكناً قبل عام 1974 حين نجح الباحثون في مختبر JINR في اكتشاف التفاعلات التي تعرف باسم تفاعلات الاندماج البارد. ففي هذه التفاعلات يجري قصف نوى ثقيلة كنواة الرصاص أو البزموت بقذائف من أيونات ذات عدد كتلة يفوق 40. ويتم في هذه التفاعلات امتصاص الطاقة الحركية للقذيفة مما ينجم عنه نواة مركبة أقل استثارة.

في أوائل التسعينيات من القرن الفائت استخدم فريق من الباحثين في مركز GSI في دارمشتات الألمانية، وهم بيتر آرمبروستر P. Armbruster وسيغورد هوفمان S. Hofmann وغوتفريد ميونتسنبيرغ G. Münzenberg وآخرون، تفاعلات الاندماج البارد في اصطناع العناصر 107 إلى 112. ولاحقاً أكّد كوسيوكي موريتا K. Morita ومساعدوه في مختبر RIKEN في طوكيو هذه البيانات واصطنعوا كذلك العنصرين 110 و111 عن طريق تفاعلات الاندماج البارد. وفي العام الماضي وافق الاتحاد الدولي للكيمياء البحتة والتطبيقية IUPAC على إطلاق اسم دارمشتاتيوم على العنصر 110 مؤكداً أيضاً على وجوب إضافة العنصر 111 إلى رصيد مركز GSI من العناصر الجديدة الفائقة الثقل. يخطّط اليوم كلا الفريقين في GSI وRIKEN لاصطناع العنصر 113 وما فوقه.

لكن حتى الاندماج البارد تعترضه قيود إذا ما أردنا أن نستكشف بشكل تام منطقة العناصر الفائقة الثقل. وذلك لأن النوى الثقيلة تميل بطبيعة الحال إلى مقاومة الاندماج، وهذا تأثير يزداد بازدياد الشحنة الكهربائية للأيون المقذوف. لذلك فإن احتمال النجاح في تكوين عناصر جديدة يتناقص أُسّياً مع ازدياد العدد الذري للنواة المركبة. وعلاوة على ذلك، إن النوى المركبة الناتجة في تفاعلات الاندماج البارد تحتوي على عدد صغير نسبيّاً من النترونات. ففي حالة العنصر 112 نجد على سبيل المثال أن النواة النهائية تضم 112 بروتوناً و165 نتروناً، أي إنها ما تزال بعيدة بمقدار 19 نتروناً عن الطبقة المغلقة المتوقعة عند العدد السحري N=184.

تتمثل إحدى الطرائق لإنتاج نوى ذات أعداد عالية من النترونات في أن نستخدم كقذيفة النظيرَ النادر (الكالسيوم-48) الذي يحوي 20 بروتوناً و28 نتروناً. وتبلغ طاقة الاستثارة في النواة المركبة

نماذج البنية النووية



يوجد نموذجان يحاولان تفسير استقرار النوى. (a) ففي نموذج القطرة السائلة تُعامل المادة النووية كما لو أنها تخلو من أية بنية. ويعتمد تشوه النوى على ما إذا كانت بها قوى تدافع البروتونات تستطيع أن تتغلب على التوتر السطحي للقطرة. ويفوق احتمال انشطار النوى الثقيلة وفق هذا النموذج انشطار النوى الخفيفة. (b) ومن ناحية ثانية، فإن النظرية النووية المكروسكوبية تصف النوى بلغة الطبقات البروتونية والنترونية التي يمكن أن تسمح لنوى ثقيلة معينة بأن تعيش مدة أطول بكثير. ويتجلى الاختلاف بين هذين النموذجين بصورة واضحة في مثال العنصر الثقيل 108 (المنحنيات ذات اللون الأحمر). ويعني غياب حاجز الانشطار في نموذج القطرة السائلة أن العنصر الثقيل 108 ذو عمر نصف يقارب 10^{-19} ثانية. بينما يرفع المفعول الطبقي حاجز الانشطار المحسوب وفق النموذج الطبقي المجهري إلى حد كبير لا سيما بالنسبة للنظائر الغنية بالنترونات كالنظير 184 الذي يتجاوز عمره 10^{15} ثانية.

في هذه التفاعلات حوالي 30 إلى 40 ميغا إلكترون فولط. ورغم أن هذه الطاقة تكبت التأثيرات الطبقية فإنها ما تزال قوية بما يكفي للسماح بمشاهدة النواة الفائقة الثقل النهائية. وعلاوة على ذلك فإن الفارق الكتلوي الكبير بين النواتين المتفاعلتين يقلل من حدة التدافع الكولوني بينهما في لحظة تماسهما، وبذلك يسهم في زيادة احتمال حدوث الاندماج.

وبالرغم من هذه المزايا الواضحة فإن محاولات اصطناع عناصر جديدة باستخدام أيونات الكالسيوم-48 والتي استمرت من عام 1977 وحتى 1985 قد باءت جميعها بالفشل. لكن التحسين المطرد للتقنيات التجريبية وتوافر الحزم الغزيرة من أيونات الكالسيوم سمحا بزيادة حساسية هذه التجارب بما لا يقل عن ثلاث مراتب في الكبر. وهذا بدوره قد فتح المجال أمامنا بالتعاون مع زملائنا في مختبر لورنس ليفرمور الوطني Lawrence Livermore National Laboratory في الولايات المتحدة للسَّبر العميق في مجال العناصر الفائقة الثقل.

وإذا صحت هذه النظرية، فإن العناصر الكائنة في "جزر الاستقرار" ينبغي أن لا تتفكك بواسطة الانشطار التلقائي. بل عوضاً عن ذلك ينبغي أن تعاني تفكك ألفا alpha decay. وكنتيجة لذلك ستترك هذه العناصر بصمة تجريبية واضحة تتمثل في نواة ابنة تكون أخفّ من النواة الأم بمقدار بروتونين ونترونين، تتبعها نواة حفيدة تكون أخفّ بأربعة بروتونات وأربعة نترونات، وهكذا دواليك. وبذلك فإن نواتج تفكك النواة الأم سوف تبتعد تدريجياً عن الأعداد السحرية Z=114 وN=18 إلى أن تعبر أخيراً حدود "جزيرة الاستقرار" التي يبدأ وراءها الانشطار التلقائي يسود عملية التفكك. لذلك فإن النواة الثقيلة المصطنعة يجب أن تكون قريبة قدر الإمكان من الطبقة النترونية N=184 كي تولّد سلسلة تفكك ألفا طويلة.

يوجد عنصر الكالسيوم بوفرة كبيرة في الطبيعة، ولكن الكالسيوم-48 الغني بالنترونات لا يشكل سوى 0.19% من الكالسيوم الطبيعي. ولذلك فإن استحصال هذا النظير الخاص عملية معقدة تستهلك الكثير من الوقت وتكلف علاوة على ذلك حوالي 200000 دولار أمريكي للغرام الواحد. وهكذا فقد كان لزاماً علينا أن نوائم مسرِّعنا في مختبر JINR بحيث نحصل على شدة عظمى للحزمة بأقل كمية ممكنة من الكالسيوم-48.

وكمادة للدريئة، فإننا نستخدم نظائر غنية بالنترونات من البلوتونيوم (Z=94) والأمريسيوم (Z=95) والكوريوم (Z=96) والكاليفورنيوم (Z=98)، وجميعها ذوات أعمار طويلة. إن اندماج هذه النظائر مع الكالسيوم-48 يتيح لنا اصطناع عناصر ذوات أعداد ذرية بين 114 و118 وأعداد نترونية بين 172 و177. وهذا هو العدد الأقصى الممكن من النترونات في أي عنصر مصطنع تمَّ إنتاجه صنعياً. ولقد استهلكنا على مدى خمسة أعوام 14 غ من الكالسيوم-48 من أجل اصطناع العناصر 112–116 بالإضافة إلى ذرتين اثنتين من العنصر 118.

النتائج التجريبية

من حيث المبدأ يمكن القول بأن جميع العناصر الثقيلة الجديدة ذات الأعداد الذرية من 112 وحتى 118 قد جرى اصطناعها في مختبر JINR بنفس الطريقة. ولاصطناع العنصر 115 على سبيل المثال استخدمنا التفاعل $^{243}Am+^{48}Ca\rightarrow{}^{291}115$. وتحتوي نواة العنصر 115 النهائية على عدد فردي من البروتونات وعدد فردي من النترونات (*)، الأمر الذي يضعف بشكل واضح من احتمال تفككها عبر الانشطار التلقائي. وهذا يعني وجود فرصة مواتية لمشاهدة سلسلة طويلة من تفككات ألفا من شأنها أن تزودنا بمعلومات هامة عن خواص العديد من النوى بدءاً من نواة العنصر 115 ووصولاً إلى نواة العنصر 105. ومن ناحية أخرى فإن النواة (الزوجية–الزوجية) تكون أكثر احتمالاً للتفكك القصير السلسلة لأنها تمتلك احتمالاً أكبر للتفكك عبر الانشطار التلقائي.

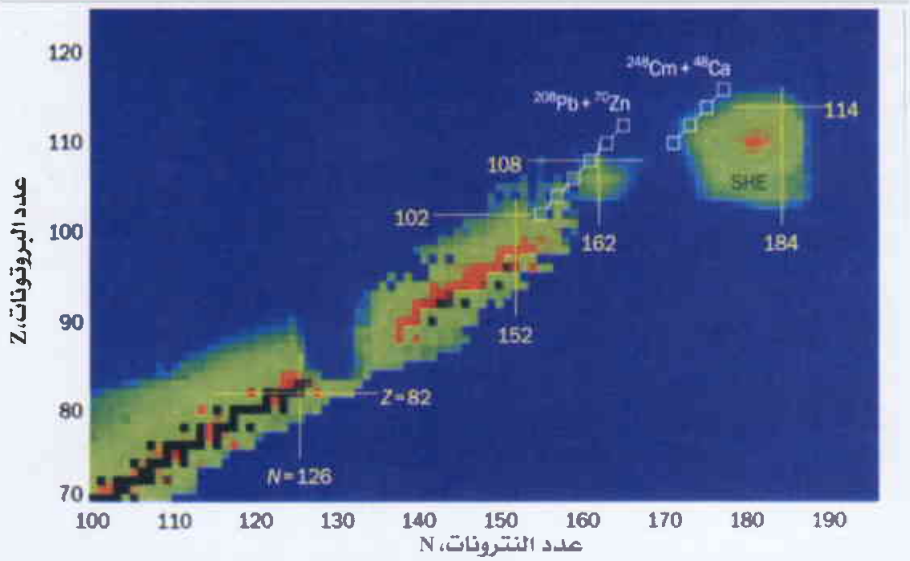
وقبل حدوث تفاعل الاندماج الحاسم تحتاج أيونات الكالسيوم-48 ما يكفي من الطاقة للتغلب على الحاجز الكولوني الذي يبلغ بالنسبة لهذه المنظومة 236 ميغا إلكترون فولط. ولكننا من أجل زيادة احتمال الانشطار استخدمنا طاقة أيونية أعلى قليلاً (كانت 248 ميغا إلكترون فولط)، الأمر الذي منح النواة $^{291}115$ طاقة حرارية بلغت حوالي 40 ميغا إلكترون فولط. ونشير هنا إلى أن النواة المركبة التي تحمل هذا القدر من طاقة الاستثارة تزول استثارتها من خلال إصدارهما ثلاثة نترونات مصحوبة بإشعاع غاما لتشكّل النظير $^{288}115$ الذي يمتلك أيضاً أعداداً فردية من البروتونات (115) والنترونات (173). وفور تشكله يستمر النظير $^{288}115$ بالتفكك إلى عناصر ثقيلة أخف لتنتهي على سبيل المثال بعد إصدار خمسة من جسيمات ألفا إلى العنصر 105 الذي يعرف بالدوبنيوم dubnium.

وما إن تتولد النواة الثقيلة في دريئة الأمريسيوم فإنها تكون محتوية على طاقة حركية تبلغ حوالي 40 ميغا إلكترون فولط تمكنها من مغادرة دريئة الأمريسيوم والطيران عبر الحجرة الغازية للفارز المغنطيسي الذي يقوم بتوجيه هذه النواة نحو المكشاف بينما تحرف أيونات الكالسيوم وجميع نواتج التفاعل الأخرى غير المرغوب بها. وبعد حوالي مكرو ثانية تتوقف النواة في الطبقة الجبهية من مادة المكشاف. وبعد ذلك بحوالي 80 مكرو ثانية تزودنا منظومة معالجة البيانات بمعلومات عن زمن وصول النواة وطاقتها وإحداثياتها.

بعد مرور حوالي 20 إلى 30 ثانية على حادثة كهذه قام مكشافنا بتسجيل خمس إشارات أخرى وقعت جميعها في الجوار المباشر لموضع النواة ضمن حدود لا تتجاوز 0,5 مم. وبعد ذلك لم يسجل المكشاف أي شيء إلى حين التفكك التالي بعد 28,7 ساعة حينما رصد المكشاف إشارتين في نفس الموضع بلغت طاقتهما الإجمالية حوالي 200 ميغا إلكترون فولط. وبكلمات أخرى فقد كان هذا توقيع الانشطار التلقائي للعنصر 105. ونشير هنا إلى أن العمر الطويل للنواة 105 النهائية ذات (N=162) يعود إلى الطبقة النترونية المغلقة عند (N=162).

لقد تم تسجيل سلاسل تفكك من هذا النمط ثلاث مرات في المجموع، وضمّت

جزر الاستقرار



يعتمد استقرار النواة بصورة حدّية على عدد البروتونات وعدد النترونات التي تحتويهما، ويظهر ذلك بوضوح على خارطة النكليدات. وتتمثل أعمار النصف للنوى هنا بألوان مختلفة، إذ ترمز المربعات السوداء إلى العناصر المستقرة الموجودة بشكل طبيعي في قشرة الأرض، بينما يمثل اللون الأزرق القاتم "بحر عدم الاستقرار" حيث تعيش النوى أقل من 10^{-6} ثانية. وتعبر الألوان الأخرى عن التدرج بين هاتين الحالتين حيث يرمز اللون الأحمر إلى عمر طويل نسبياً واللون الأخضر إلى عمر أقصر. وحسب النظرية النووية التقليدية فإن النواة تميل لأن تصبح أقل استقراراً كلما ازداد عدد البروتونات والنترونات. إلا أن النموذج المكروسكوبي الطبقي يتنبأ بارتفاع كبير في عمر النواة عندما يقترب عدد البروتونات وعدد النترونات من قيم معينة تعرف بالأعداد السحرية، الأمر الذي يقودنا إلى توقع وجود "جزيرتي استقرار" في جوار العدد N=162 والعدد N=184. أما الخطوط الصفراء فإنها تقابل مواقع الطبقات النووية المغلقة التي إلى جوارها يشار إلى الأعداد السحرية للبروتونات والنترونات. إن اصطناع العناصر الثقيلة الجديدة ورصد سلاسل ألفا الناتجة عن تفككها مثل السلسلة المبينة عند العدد الذري Z=112 والعدد الذري 116 (المربعات البيضاء) يساعدنا على مقاربة جزر الاستقرار هذه.

(*) عدد النترونات في النواة $^{291}115$ زوجي وليس فردياً كما ورد خطأ في النص الأصلي. (المترجم)

كل منها ستة أجيال للطائفة الواحدة: خمسة تفككات متتالية من نوع ألفا انتهت بانشطار تلقائي. وقد كانت طاقة الجسيمات ألفا وزمن إصدارها في هذه الحالات الثلاث مترابطين بقوة، الأمر الذي يعني أن كل سلسلة تفكك تقابل توليد وتفكك نفس العنصر. كما أننا شاهدنا سلاسل تفكك مشابهة لدى اصطناعنا نوى العناصر ذات الأعداد الذرية الزوجية 112 و114 و116، وقد تراوحت أعمار النوى النهائية في كل سلسلة ما بين بضع دقائق وبضع ساعات تبعاً لأعداد بروتوناتها وعدد نتروناتها. ونشير هنا مجدداً إلى أن أياً من هذه النوى لم تكن لتستمر في الوجود لأكثر من 10^{-19} ثانية لولا البنية الطبقية للنواة.

النَسَق العام

أصبح بحوزتنا الآن بيانات عن خواص تسع وعشرين نواة جديدة ذات أعداد ذرّية تتراوح بين 104 و118. وتتفق أعمار هذه النوى الناجمة وأنماط تفككها وطاقاتها مع توقعات النموذج النووي المكروسكوبي، مما يقدِّم الدليل التجريبي الأول على جزيرة استقرار في نوى فائقة الثقل.

لكننا حتى الآن لم نبلغ سوى شواطئ هذه الجزيرة. لقد لمسنا ازدياداً حاداً في استقرار النوى الفائقة الثقل بازدياد عددها الذري، إلا أننا مازلنا بعيدين عن المجال الذي قد تعيش فيه النوى آلاف وربما ملايين السنين. إن مشكلتنا الرئيسة تكمن في أننا مازلنا لا نعرف كيف نصنع النوى الغنية بالنترونات التي ستقودنا إلى العدد السحري N=184. بيد أننا قد ننجح في الالتفاف على هذه المشكلة. فإذا ما وصل أطول عمر للنواة الفائقة الثقل إلى عشرات الملايين من السنين فلا بد عندئذ أن تكون موجودة بكميات قليلة جداً على الأرض، وستكون الصعوبة الوحيدة في هذه الحالة العثور على هذه النوى الفائقة الثقل.

ثمة عنصر يحتمل أن يكون طويل العمر هو الهاسيوم hassium (Z=108) الذي يحتوي على حوالي 180 نترونا. ففي عام 2001 وجد فريق من الكيميائيين من سويسرا وألمانيا ودوبنا أن الخواص الكيميائية للنظير (هاسيوم-269) ذي العمر القصير تشابه إلى حد بعيد خواص عنصر الأوسميوم (Z=76) الذي يعدُّ معدناً كثيفاً يشاطر عنصر الهاسيوم نفس العمود من الجدول الدوري للعناصر. لذلك فإن من الممكن أن تحتوي عيِّنة الأوسميوم على كمية صغيرة جداً من بعض النظير هاسيوم الذي سيعاني إما انشطاراً تلقائياً أو تفككات ألفا أو بيتا المتعاقبة وصولاً إلى نوى بنات أخف من النواة الأم تعاني بدورها الانشطار.

وفي زمن لاحق من العام الحالي سوف تنطلق تجربة جديدة يحاول فيها مؤلف هذه المقالة بالتعاون مع باحثين في فرنسا تسجيل حوادث الانشطار التلقائي النادرة هذه في عينة من الأوسميوم. فإذا نجحت تجربتنا التي ستجري على عمق كبير تحت سطح الأرض في مودان Modane بفرنسا بغية وقايتها من الأشعة الكونية في رصد مجرد حادثة انشطار تلقائي وحيدة طيلة فترة عام كامل، فإننا سنعرف أن الأوسميوم يحتوي على تركيز صغير جداً من العنصر 108. وإذا ما تم ذلك بنجاح فإننا سنكون قد وجدنا عنصراً فائق الثقل يكاد أن يقع في قمة جزيرة الاستقرار، الأمر الذي سيفتح أمامنا آفاقاً جديدة لاختبار النموذج الطبقي للبنية النووية بشكل أعمق.

في الوقت ذاته سوف نستمر في مختبر JINR في متابعة تجاربنا الرامية إلى استكشاف عناصر أكثر ثقلاً. والعمل جار على قدم وساق لتحسين حساسية تجاربنا وزيادة شدة الحزمة الأيونية. ولكننا في نهاية المطاف سوف نضطر إلى استخدام قذائف أثقل من الكالسيوم-48 إذا ما أردنا توسيع حدود الجدول الدوري للعناصر أكثر وأكثر.

الطـاقة الخفيـة★

روبرت ر. كالدويل
قسم الفيزياء وعلم الفلك، كلية دارتموث، هانوفر، الولايات المتحدة الأمريكية

ملخص

تُؤكد الأدلة الجديدة أن تمدد الكون يتسارع تحت تأثير شكلٍ تنافري (تدافعي) ثقالياً من الطاقة يشكل ثلث الكون.

الكلمات المفتاحية: *الطاقة الخفية، الجوهر الخامس، تمدد الكون، الكون المتسارع، لا تجانس، مستعر أعظم، الثابت الكوني، النظرية العامة في النسبية، انحناء الزمكان.*

إن من سخرية الطبيعة أن يكون أكثر الأشكال وفرةً للطاقة في الكون هو أيضاً أكثر الأشكال غموضاً. فمنذ الاكتشاف الاختراقي بأن تمدد الكون يتسارع؛ انبثقت صورةٌ متسقةٌ توحي بأن ثلثي الكون يتشكلان من "طاقة خفية" (ظلماء)، هي نوعٌ من مادة تنافرية ثقالياً. ولكن هل الدلائل الجديدة من القوة بما يكفي لتبرير قوانين جديدة وغريبة للطبيعة؟ أم يمكن أن يكون ثمّة تفسيرٌ فيزيائي فلكي أبسط للنتائج؟

بدأت قصة الطاقة الخفية عام 1998 عندما كان فريقان مستقلان من الفلكيين يبحثون عن مستعرات عظمى (سوبرنوفا) بعيدة، آملين أن يقيسوا المعدل الذي يتباطأ به تمدد الكون. غير أنهم صُدموا بعد أن أظهرت مشاهداتهم أن التمدد آخذ بالتسارع. وفي الحقيقة فإن الكون قد بدأ بالتسارع منذ زمن طويل، في وقت من الأوقات خلال العشرة بلايين سنة الأخيرة.

لقد أقام علماء الكونيات حول العالم، على غرار المحققين الجنائيين، وصفاً للمتهم المسؤول عن التسارع: يفسِّر ثلثي كثافة الطاقة الكونية؛ إنه تنافريٌ ثقالياً؛ ولا يبدو أنه يتجمع على شكل مجرات؛ وشوهد أخيراً وهو يمطِّط الزمكان space-time؛ وهو يتفق مع الاسم المفترض "الطاقة الخفية". فلقد كان يجول في أذهان الكثير من النظريين اسمٌ متَّهم هو: الثابت الكوني cosmological constant. ومع إنه بالتأكيد يتلاءم مع سيناريو التمدد المتسارع. ولكن هل يكون اسم الطاقة الخفية أكثر إحكاماً؟

إن وجود الطاقة الخفية التنافرية ثقالياً سيكون له تَبعات مثيرة على الفيزياء الأساسية. فأكثر الاقتراحات محافظةً تقول بأن الكون مملوء ببحرٍ متجانس من طاقة الدرجة الصفرية الكمومية، أو بكُثافات من جسيمات جديدة ذات كتلة أقل بـ 10^{-39} مرة من كتلة الإلكترون. وكذلك اقترح بعض الباحثين تغييرات على نظرية آينشتاين العامة في النسبية، مثل وجود قوة جديدة طويلة المدى تعدِّل من قوة الثقالة. ولكن ثمَّة نقائص تعتور حتى الطروحات المحافظة الرئيسية. فكثافة طاقة النقطة الصفرية مثلاً يجب موالفتها بدقة إلى قيمة تقلّ عن قيمة التنبؤ النظري بقدر لا يُصدّق يصل إلى 10^{120} مرة. وبالنظر إلى هذه الحلول المتطرفة لعل ما هو أقرب للعقل أن نتوقع تفسيراً تقليدياً للتمدد المتسارع للكون يستند إلى الفيزياء الفلكية (مثل أثر الهباب أو التباين ما بين المستعرات الفتية وتلك الهرمة). هذه الإمكانية جعلت بالتأكيد العديد من علماء الكونيات يسهرون الليل.

تدعم بيانات حد الظلمة الواردة من مسح سلوان الرقمي للسماء وجود الطاقة الخفية.

وحتى عهدٍ قريب كانت معطيات المستعرات الدليلَ المباشر الوحيد على التسارع الكوني، وهي السبب الضاغط الوحيد لقبول الطاقة الخفية. إلى أن أتاحت مؤخراً القياسات الدقيقة للخلفية المكروموجية الكونية cosmic microwave background (CMB) بما فيها المعطيات الآتية من مسبار ويلكينسون لعدم تجانس الأمواج المكروية (WMAP) أدلَّةً عرضيّة على وجود الطاقة الخفية. والحال نفسه ينطبق على المعطيات الواردة من مشروعين واسعين لرسم التوزع الواسع النطاق للمجرات، وهما: مجال الدرجتين Two-degree field (2DF) ومسح سلوان الرقمي للسماء sloan digital sky survey (SDSS).

ظهر الآن شاهد آخر، فعن طريق جمع معطيات WMAP وSDSS ومصادر أخرى، قدمت أربعة فرق بحثية مستقلة دلائل على

★ نُشر هذا المقال في مجلة Physics World 2004 وتمت الترجمة في هيئة الطاقة الذرّية السورية.

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

ظاهرة تعرف باسم مفعول ساكس – وولف التكاملي. فقد تبين لهذه المجموعات أن التنافر (التدافع) التثاقلي gravitational repulsion للطاقة الخفية قد أبطأ انهيار المناطق العالية الكثافة overdense للمادة في الكون. و هنا صارت فجأة قضية وجود الطاقة الخفية أكثر إقناعاً.

رسم خارطة التمدد الكوني

يمكن أن يكون التمدد الكوني، الذي اكتشفه إدوين هابل Edwin Hubble في أوائل العشرينيات من القرن المنصرم السِّمة الوحيدة الأكثر جذباً للانتباه في كوننا. فالأجسام الفلكية ليست وحدها التي تتحرك تحت التأثير الثقالي لجيرانها، بل إن البُنية الكبيرة المقياس للكون قد توسعت بفعل التمدد الكوني. وأحد التشبيهات الشائعة لهذا هو حركة حبات الزبيب لدى خبزها في كعكة كبيرة جداً. فبينما ترتفع الكعكة تزداد المسافات ما بين كل حبتي زبيب مغمورتين في الكعكة. وإذا اخترنا حبة زبيب معينة لتُمثل مجرتنا نجد أن جميع الزبيبات (المجرات) الأخرى تبتعد عنا في كل الاتجاهات. وكنتيجة لذلك فإن كوننا قد تمدد بدءاً من الحساء الكوني الحار والكثيف الذي تشكَّل في الانفجار العظيم ليصير مجموعات من أكثر المجرات والحشود المجرية التي نراها اليوم تخلخلاً وبرودة.

وبشكل مشابه، فقد تمدّد الطول الموجي للضوء الصادر عن النجوم والغازات في النجوم البعيدة خلال رحلته نحو الأرض. ويُعرف هذا التحوّل في الطول الموجي بالانزياح نحو الأحمر الذي يُعطى بالعلاقة $z = (\lambda_{obs} - \lambda_0)/\lambda_0$ حيث λ_{obs} الطول الموجي المشاهد على الأرض و λ_0 الطول الموجي للضوء الصادر. فمثلاً تُصدر ذرّات الهدروجين المستثارة ما يعرف باسم إشعاع ألفا الانتقالي الليماني Lyman alpha بطول موجي λ_0=121.6nm لدى عودتها إلى الحالة الأساسية (المستقرة). يُشاهد مثل هذا الانتقال في المجرات البعيدة، كما استخدم لتحديد صاحب الرقم القياسي في الانزياح نحو الأحمر ممثلاً في مجرة مذهلة ذات انزياح نحو الأحمر يبلغ z=10 والطول الموجي لخط ليمان ألفا الطيفي λ_{obs}=1337.6. ولكن الانزياح نحو الأحمر لا يبلغنا سوى عن التغيّر في مقياس الكون ولا يُخبرنا شيئاً عن المسافة أو عن عمر الكون وقت صدور الضوء فعلياً. فلو عرفنا المسافات والانزياحات نحو الأحمر للعديد من الأجسام لأمكننا البدء برسم خارطة للتمدد الكوني.

تتمثّل إحدى الطرق الأولية لقياس المسافات خارج مجرة درب التبانة في استعمال "شموع معيارية" مثل النجوم القيفاويّة* المتغيرة. إذ يتغير تألّق luminosity مثل هذه النجوم بشكلٍ دوري مع الزمن، يكون هذا التألق متناسباً مع هذا الدور (الفترة الزمنية). ويمكن تحديد المسافة إلى إحدى هذه النجوم عن طريق قياس دورها أولاً للحصول على التألّق؛ ومن ثم مقارنته بالشدة الملحوظة بغية حساب المسافة. وبهذا تمَّ رسم مخطط بياني للانزياحات نحو الأحمر وكذلك المسافات بالنسبة لأجسام تتحرك في "مجرى هابل Hubble flow" (وهو المنطقة الواقعة خارج التأثير الثقالي لمجموعتنا المحلية من المجرات) مما يكشف قانونَ هابل: $d = cz/H_0$ حيث c هي سرعة الضوء و H_0=72±8kms^{-1} لكل ميغا بارسك megaparsec (Mpc) الذي هو ثابت هابل (كل ميغا بارسك يساوي إلى مليون سنة ضوئية).

كانت هذه العلاقة الخطيَّة بين المسافة والانزياح نحو الأحمر قد تأكدت قبل عام 1998 بالنسبة إلى المجرات التي تبعد حوالي 1000 ميغا بارسك والتي تُوافق انزياحاً نحو الأحمر يساوي 0.24. صحيح أن تمديد هذه العلاقة لتشمل قيماً أكبر للانزياح نحو الأحمر لم يتحدد جيداً، ولكن يمكن استخدام النسبية العامة للربط بين الانزياحات نحو الأحمر والمسافات عن طريق عمل افتراضات حول كثافة الطاقة والمحتوى الطاقي للكون.

ولكن القياس الدقيق للمسافات يُعَدُّ أحد أصعب المهمات الملقاة على عاتق علم الفلك، كما أن العلاقة ما بين المسافة والانزياح نحو الأحمر لم يتمَّ التحقق منها عند الانزياحات الحمراء الكبرى. واستناداً إلى أفضل المعلومات المتوافرة في حينه؛ كان من المُتوقَّع أن يكون التمدد الكوني آخذاً بالتباطؤ في الماضي تحت تأثير الفعل التجاذبي للثقالة، لكن هذا الأمر لم تؤكده المشاهدات أيضاً.

استمرار الشوط

على الرغم من أن النجوم القيفاوية المتغيرة قد ثبُتت أهميتها البالغة كشموع معيارية في علم الفلك لسنواتٍ عديدة، إلا أنها غير

التركيز على المستعرات العظمى

كيف نتأكد من أن تدفق الضوء الوارد من المستعرات العظمى ضَعُف ويخفت حقاً نتيجةً لقطعه مسافات أكبر ناجمةً عن التمدد المُتسارع للكون؟ فلربما تكون المستعرات العظمى أقرب مما نظن، بحيث تفعل عوامل أخرى فعلها. إن التضمينات الهائلة للتسارع الكوني قد استدعت تفحُّصاً واسعاً من جانب الفيزياء الفلكية للمستعرات العظمى من النمط Ia.

يجب أن نُؤكد أن المستعرات العظمى من النمط Ia ليست شموع معيارية، بل يمكن تعيير standardization سطوعها. فالرصد المفصل لمستعرات عظمى مجاورة عند مسافات معلومة قد كشف نموذجاً يمكن استعماله في معايرة السطوع باستخدام منحني الضوء والطيف light curve and spectrum. ولكن قد لا تصلح هذه التقنية في حالة المستعرات العظمى الأكثر بعداً التي تشكلت في زمن أبكر من تاريخ الكون. فمثلاً يُتوقع أن تكون البيئة المكوِّنة للنجم قد تطورت مع الزمن إذ إن ولادة وموت النجوم يلوِّث الحاضنة النجمية بالمعادن. فهل يُمكن لهذه التغيرات في البيئة أن تُترجم إلى تبدلاتٍ في خصائص انفجار الأقزام البيضاء و المستعرات العظمى؟ وهل تكون المستعرات العظمى البعيدة باهتةً لأنها باهتة الضوء فحسب؟ ولكن علماء الفيزياء الفلكية لم يجدوا صلة بين البيئة و السطوع.

وأخيراً توجد إمكانية على الدوام بأن يحجب الغبار الكوني نظرنا. وإذا صح هذا فحتى المستعرات العظمى البعيدة ستبدو خافتة بحيث توهمنا بأن الكون متسارع أبداً. إلاّ أن المستعرات العظمى ذات الانزياح العالي نحو الأحمر لا تبدي مثل هذا الميل. وفي الحقيقة فإن النتائج الأخيرة تعطي دليلاً على نقص سرعة في الماضي.

* النجوم القيفاوية Cepheid، نسبة إلى كوكبة (برج) قيفاوس Cepheus في نصف الكرة الشمالي، و هي نجوم متغيرة السطوع (اللمعان brightness) و لها فترات منتظمة يتغير فيها. تدوم عادة ما بين يوم و خمسة عشر يوماً. (المترجم)

تاريخ وجيز للطاقة الخفية

ظهرت الطاقة الخفية (أو ما يشبهها) مرات عديدة في علم الكون. ففي البداية وضع آينشتاين الثابت الكوني Λ أثناء بنائه أولَ نموذج كوني cosmic model ضمن نظريته الثقالية الحديثة العهد. ولم يكن التمدد الكوني حينذاك قد اكتُشف في وقت أشارت حساباته بشكل صحيح إلى أن الكون يحوي مادة لا يمكنها أن تظلّ ساكنة بدون الإضافة الرياضياتية (Λ-). كانت النتيجة مكافئة لملء الكون ببحر أولي من طاقة سالبة تمخر عبابه النجوم والسُدُم. ولكن الاكتشاف اللاحق للتمدد نفى الحاجة إلى هذه الإضافة المخصصة لمثل هذا الغرض إلى النظرية.

أعاد بعض النظريين اللجوجين خلال العقود التالية إحياء الثابت الكوني دورياً في محاولة منهم لتفسير ظواهر فلكية جديدة. ولكن هذه الاحياءات لم تكن تعمّر طويلاً على الدوام عقب الفحص الدقيق أو بعد وقائع رصد لاحقة تكشف تفسيرات أكثر معقولية للمعطيات، حتى اقترحت التطورات في فيزياء الجسيمات الدقيقة في فترة الستينيات أن طاقة الخلاء vacuum energy لجميع الجسيمات والحقول تُحتم إنشاء مصطلح مثل (Λ). وعلاوة على ذلك فمن الممكن أن يكون تحوّل الطور phase transition الذي جرى خلال الثواني الأولى بُعَيْد الانفجار الأعظم قد ترك الكون مملوءاً بثابت كوني.

ظهرت في عام 1980 نظرية التَنفُّخ inflation theory، التي رأت أن الكون عانى حقبة قصيرة من التسارع كان فيها التمدد أسياً، مع ضغط سالب سبّب التمدد الناجم عن جسيمات جديدة سُمّيت "إنفلاتون"، بديلاً عن الثابت الكوني (Λ). وكان نجاح نظرية التَنفُّخ كبيراً؛ إذ حلّ العديد من التناقضات التي أحاطت بموديل الانفجار الأعظم big bang model، مثل مشاكل الأفق و التسطح، كما توافقت تنبؤاتها مع قياسات البنية ذات المقياس الكبير ومع الخلفية المكروموجية الكونية.

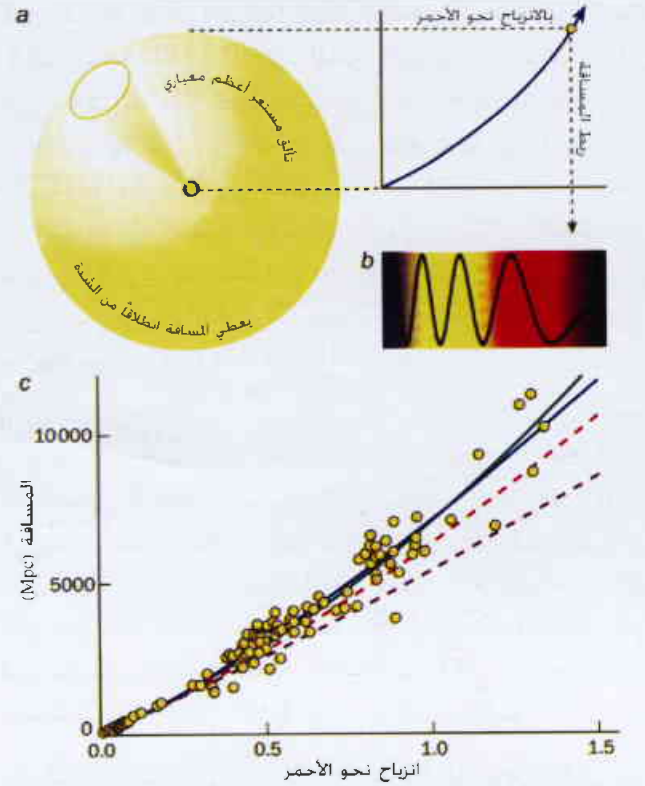
وكذلك يتنبأ التَنفُّخ بأنه ربما يكون قد نشأ نمط متميّز من أمواج تثاقلية طويلة الموجة تشكّلت في بدايات الكون. وتُطابق هذه الأمواج الغرافيتونات حرفياً، مع الإشارة إلى أن الغرافيتونات هي جسيمات افتراضية تحمل القوة التثاقلية، التي كانت قد استطالت بتأثير التمدد الكوني إلى أطوال موجية ماكروية. وسيقدم الكشف عن هذه الأمواج بصمةً فريدةً للتَنفُّخ.

مضيئة بالقدر الكافي لاستخدامها في حالات الانزياحات الكبيرة نحو الأحمر. ولكن الفلكيين وجدوا نمطاً خاصّاً من المستعرات العظمى لتحل محلها.

فالمستعرات من النمط Ia هي انفجارات نووية حرارية لنجوم قزمية بيضاء غنية بالكربون والأكسجين وتزيد كتلتها بـ 40% عن كتلة الشمس وترتصّ ضمن نصف قطر أصغر بـ 100 مرة من نصف قطر الشمس. وقد أظهر سوبراهمانيان تشاندراسخار في بداية الثلاثينيات من القرن الماضي أن كتلة الأقزام البيضاء يمكنها أن تصل إلى 1.4 من كتلة الشمس كحد أقصى. وفيما دون هذه الكتلة تتحصّن هذه الأجسام الكثيفة والمُتراصة ضد المزيد من الانهيار الثقالي تحت ضغط التنكل الفيرميوني. وبعبارة أخرى يمنع مبدأ الاستبعاد الباولي Pauli exclusion أن تشغل الإلكترونات المحكمة الارتصاص نفسَ الحالة. ولكن في الأنظمة الثنائية binary system يمكن للحقل التثاقلي القوي للقزم الأبيض أن يسحب المادة بعيداً عن نجم رفيق إلى أن يأكل القزم نفسه حتى الموت، بحيث يؤدي هذا الكسب في الكتلة إلى عدم استقرار النجم الذي سينفجر بعدئذٍ.

وللمصادفة فإن تألق القزم الأبيض المنفجر يقارب شمعة معيارية، وهذا ما استحث في وسط التسعينيات من القرن الماضي مجموعتين

الشكل - 1: المستعرات العظمى والتمدد الكوني



يمكن الاستفادة من مشاهدات المستعرات العظمى في إعداد رسم بياني لتاريخ التمدد الكوني.

(a) تُحسب بسهولة المسافة إلى مستعر أعظم من النمط Ia انطلاقاً من سطوعه الذي يعاير بوساطة منحني ضوئه وطيفه وشدته المشاهدة.

(b) في غضون ذلك يزيح تمدد الكون معالم من طيف المستعر الأعظم نحو أطوال موجية أكبر، بمقدار يحدده الانزياح نحو الأحمر.

(c) بإنشاء الرسم البياني للمسافة بدلالة الانزياح نحو الأحمر بالنسبة لعدد كبير من المستعرات العظمى، نستطيع إظهار مقدار توسع الكون على مدى الزمن. الدوائر البرتقالية هي نقاط البيانات مع حذف أقلام الخطأ منها ضماناً للوضوح [4]. جنبا إلى جنب مع التنبؤ النظري المستحسن؛ إن الكون ذو 30 % مادة و 70 % ثابت كوني cosmological constant (الخط الأزرق). أيضا يظهر الرسم البياني تنبؤات بكون ذي 30% مادة وتقوس (انحناء) حيّزي (فراغي) (الخط الأحمر المنقط) وفي حالة 100% مادة (الخط الأرجواني المنقط). أما الفارق بين التسارع والتباطؤ فينكشف حيث تتباعد المنحنيات النظرية. الانتقال من التباطؤ إلى التسارع أمر أكثر دقة، فالخط الأخضر يُظهر كونا حرا (أي غير متسارع ولا متباطئ). وتزداد سرعة التمدد إلى ما يحاذي وصول البيانات انحرافها الأقصى من هذا المنحني (أي بالقرب من $z = 0.5$). لقد اقتصرت رؤية هابل للتمدد الكوني على الأجرام الواقعة على مسافات لا تتجاوز بضعة ملايين ميغا بارسكات، اي ضمن منطقة صغيرة على يسار الشكل.

من الفلكيين (هما: فريق البحث عن المستعرات العظمى العالية الانزياح نحو الأحمر high-z supernova search team ومشروع كونيات المستعرات العُظمى supernova cosmology project) على البدء بحملات رصد لقياس المسافات والانزياحات نحو الأحمر لمستعرات عظمى من النمط Ia على أمل تأكيدهم بأن تمدد الكون يتباطأ بالفعل مثلما هو مُتوقَّع له. وكانت النتائج المبنية على ما يقرب من 100 مستعر أو نحو ذلك تمتد لتصل إلى انزياح يُقارب الواحد نتائج مذهلة. فقد وجد كلا الفريقين أن المستعرات (z) العالية الانزياح نحو الأحمر هي أبهت (وبالتالي تكون أكثر بعداً) مما يجب أن تكون عليه في كونٍ آخذ بالتباطؤ. وتبين للباحثين أن تمدد الكون يتسارع (الشكل 1).

ولا غرابة في ازدياد الاهتمام بالمستعرات بشكلٍ كبير منذ ذلك الحين. فها هو مقراب (تلسكوب) هابل الفضائي وبقيةً منشآت الرصد الأرضية تتابع سطوع و خُفوت الضوء الصادر من المستعرات، في حين عكفت المقاريب الأصغر على إجراء مسوح ودراسات لأحداث مجاورة. وحتى الآن تمَّ الحصول على مسافات تخص ما يزيد على 300 مُستعرٍ من النمط Ia ويجري حالياً تحليل بيانات عدد أكبر من هذا بكثير. وتبعاً للحقائق التصنيفية التي في طريقها إلى التحقق يبدو الآن أن الكون قد بدأ بالتسارع منذ حوالي خمسة إلى سبعة بلايين سنة خلت. وينشغل العلماء النظريون، تماماً مثلما ينشغل الراصدون بمحاولة تبيان ما وراء هذا التمدد المتسارع.

الطاقة المفقودة

تقتضي ملاحظات المستعرات الفائقة نوعاً من مادة تنافرية ثقالياً كي تقود التسارع الكوني. ولقد كان الفلكيون على وعي منذ زمن بمسألة الطاقة المفقودة. فالكتلة المتألقة للمجرّات وحشود النجوم أقل بكثير من الكتلة الثقالية. ويعزى هذا الفرق لوجود المادة الخفية، التي هي شكلٌ من مادة باردة لانسبوية يرجّح على الأغلب أن تكون بشكل جسيمات غريبة ضعيفة التفاعل جدّاً، مع الذرّات والضوء.

ولكن الرصد يوحي بأن الكمية الإجمالية للمادة في الكون (بما فيها جميع المادة الخفية) لا تفسِّر إلا ثلث الطاقة الكلية. وقد تمَّ تأكيد ما سبق بمسوحات مثل مشروعي 2DF وSDSS اللذين رسما خرائط لمواقع وحركات ملايين المجرات. غير أن النسبية العامة تتنبأ بوجود ارتباط دقيق بين التمدد والمحتوى الطاقي في الكون. لهذا فإننا نعرف أن كثافة الطاقة الجماعية لكل الفوتونات والذرّات والمادة الخفية وكل ما سواها ينبغي أن تنضاف إلى قيمة حرجة معينة يُحددها ثابت هابل: $\rho_{critical} = 3H_0^2/8\pi G$، حيث G ثابت الثقالة [الثابت الثقالي]. وتكمن العقبة في أنها لا تنضاف.

ترتبط الكتلة والطاقة وانحناء الزمكان بعلاقاتٍ حميمة في النسبية relativity. لهذا فإن أحد التفسيرات أن الفجوة ما بين الكثافة الحرجة وكثافة المادة الفعلية تسدُّها الكثافة الطاقوية المكافئة لفضاء وسيع النسيج لا يمكن تحديده إلاّ بمقاييس تقترب من c/H_0 (أي حوالي 4000 Mpc).

ولحسن الحظ يمكن حساب انحناء الكون بعمل قياساتٍ دقيقة ومحكمة للخلفية المكروموجية الكونية CMB. فالخلفية المكروموجية الكونية، التي تُعد بقيةً من الانفجار العظيم تعود إلى 400000 عام بعد الانفجار، ما هي إلاّ إشعاع جسم أسود صادر عن البلازما الأولية primordial plasma. ومع تبرُّد الكون إلى ما دون 3000 درجة كلفن أصبحت هذه البلازما نفوذةً (شفافةً) للفوتونات، بحيث أخذت تسمح لها بالانتشار بحرية عبر الفضاء. واليوم وبعد حوالي 15 بليون سنة تلت فإننا نرى حماماً bath حرارياً من الفوتونات عند درجة حرارة 2.726 درجة كلفن ينزاح نحو الأحمر باتجاه منطقة الأمواج المكروية من الطيف بسبب التمدد الكوني.

تُظهر الصور الرائعة التي التقطها الساتل WMAP للخلفية المكروموجية الكونية تباينات طفيفة في درجة حرارة الفوتونات عبر السماء، (المعروفة باسم عدم تجانس الخلفية المكروموجية الكونية CMB anisotropy) وهي تعكس التباينات الضئيلة في كثافة وحركة الكون المُبكرة. تُعطي هذه التباينات (التي تكون بمستوى أجزاء قليلة لكل 100000 جزء) الصورة الأصلية للبنية الكبيرة المقياس للمجرات وحشود النجوم التي نراها اليوم.

تُعزى أكثر البقع برودة/ أو سخونة في الخلفية المكروموجية الكونية إلى فوتونات انسحبت من الكمونات التثاقلية للمناطق الكبيرة/ الناقصة الكثافة، ويمكن تحديد قدود هذه المناطق بشكلٍ جيد بالاستعانة بفيزياء البلازما. وحينما يُنظر إليها عبر الكون كله، سيكون المقدار الزاوي الظاهري لهذه اللامتجانسات حوالي 0.5 درجة إذا ما كان للكون ما يكفي من النسيج لملء فجوة كثافة الطاقة، وضعف هذا المقدار في حال انعدام أيّ نسيج. وأسهل طريقة لتصوير هذا المفعول الجيومتري هي تخيل مثلث ثابت القاعدة وذي ساقين مرسومتين على سطوح ذات انحناءات مختلفة: فبالنسبة للغلاف/ أو السطح السرجي الشكل تكون الزاويا الداخلية جميعها أصغر أو أكبر منها في مثلث مشابهٍ مرسوم وفق الهندسة المستوية أو الإقليدية.

وقد أكدت سلسلةٌ من التجارب التي أجريت منذ العام 1999 (مثل TOCO وMAXIMA وBOOMERANG وأحدثها WMAP) أن بقع الخلفية المكروموجية الكونية (CMB) هي بحدود درجة واحدة عرضاً أي أن الهندسة الكبيرة المقياس للكون تكون "مستوية". أما بالنسبة لمسألة الطاقة المفقودة، فهذا يعني أنَّ شيئاً ما غير الانحناء لا بد أن يكون مسؤولاً عن فجوة كثافة الطاقة.

بالنسبة لبعض علماء الكونيات فإن هذه النتيجة تشابه حالة سبق مشاهدتها. فالانتفاخ inflation الذي يُعد أفضل نظرية موجودة عن أصل التموجّات في الخلفية المكروموجية الكونية CMB يفترض أن يكون الكون المبكر جداً قد عانى طوراً من تمدد متسارع سبَّبه جسيم يُعرف باسم إنفلاتون inflaton. ولكن هذا التوسع قد مطط أي انحناء مكاني (حيزي) spatial كبير المقياس جاعلاً هندسة الكون إقليديةً أو مستوية. ولذلك تقترح الأدلّة شكلاً من الطاقة لا يتعنقد على هيئة مجرات؛ وهو تنافريٌّ من الناحية التثاقلية، الأمر الذي يمكن أن يعزى لجسيم جديد لا يُشبه الإنفلاتون.

التناغم الكوني

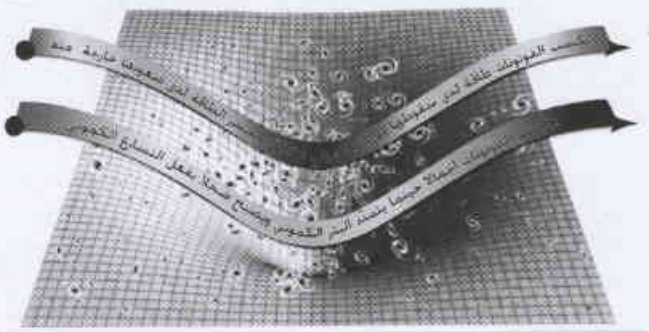
ومثلما كانت معطيات الخلفية المكروموجية الكونية مقنعة، فإن الدليل المباشر الوحيد المقنع على التسارع الكوني (أي على الطاقة الخفية التنافرية تثاقلياً) جاء من معطيات المستعرات العظمى. لكن

الأمور بدأت بالتبدل، فبضم القياسات الدقيقة للخلفية المكروموجية الكونية التي أجراها الساتل WMAP مع المسابر الراديوية والبصرية والسينية عن التوزع ذي المقياس الكبير للمادة، بعضها مع بعض، استخرج علماء الفيزياء الفلكية دليلاً آخر على أن معدل التمدد آخذ بالتزايد. ويبدو أن الآبار التثاقلية الكامنة gravitational potential wells للمناطق الكثيفة والمفرطة الكثافة في الكون قد تمطّطت وأصبحت أكثر ضحالة عبر الزمن، كما لو أنها خضعت لتأثير ثقالةٍ تنافرية (تباعدية).

تُعرف هذه الظاهرة باسم مفعول ساكس–وولف التكاملي (ISW) وهي تؤدي إلى علاقةٍ بين اللامتجانسات في درجة الحرارة في الخلفية المكروموجية الكونية وبين البنية ذات المقياس الكبير للكون. مع أن البلازما الأولية قد صارت نفوذةً (شفافة) للفوتونات بعد أن تبرَّد الكون، فإن الفوتونات لم تنطلق دون عوائق بعدئذ. فقد امتلأ الكون بلاتجانسات inhomogeneitties قوية في مقاييس الطول الصغيرة (حيث تجمَّعت المادة مشكلةً النجوم والسُّدُم و المجرات) وضعف تأثيرها تدريجياً في مقاييس الطول الكبيرة حيث تركب المجرات وحشود النجوم فوق تماوجاتٍ رقيقة في كثافة المادة. وأثناء مسارات طيرانها تشرد وتنجذب الفوتونات من وإلى الكمونات التثاقلية الموافقة.

عندما تمَّ اكتشاف الإشعاع الكوني لأول مرة منذ حوالي 40 سنة خلت، أظهر راينر ساكس وآرت وولف أن الكمون المُتغيِّر مع الزمن

الشكل -2: مفعول ساكس، وولف التكاملي



تُوَفِّر الطاقة الخفية في فوتونات الخلفية المكروموجية الكونية (CMB)، ولا سيما عن طريق مفعول ساكس - وولف التكاملي (ISW). وتكسب فوتونات الخلفية المكروموجية الكونية التي تجوب أرجاء الكون طاقة عبر سقوطها في آبار كمونية تثاقلية. كما تخسر الطاقة حينما تصعد خارجة منها مرة أخرى (المسار الأعلى في الصورة). وفي حالة الآبار الكمونية الضحلة ذات المقياس الكبير التي توافق المناطق العالية والمنخفضة الكثافة والتي تمتد مئات ملايين الميغاپارسكات، يبطل إجمالي الفقد والكسب. ولكن لا يسع هذا إلا في كون تأتي فيه كثافة الطاقة الحدية كاملة من ذرات ومادة خفية. ولكن في حالة وجود الطاقة الخفية يصبح مفعول ساكس - وولف التكاملي فاعلاً، فتمدد الكون يكون سريعا بقدر كاف لمط الآبار الكمونية وإحالتها إلى آبار أكثر ضحالة. الأمر الذي يعني أن الفوتون الذي يسقط داخل منطقة عالية الكثافة يكسب طاقة أكثر مما يخسره حينما يصعد خارجاً منها (المسار الأسفل). ونتيجة لهذا يجب أن تقابل مناطق الفضاء التي تحتشد فوتونات الخلفية المكروموجية الكونية الأسخن، في حين يجب أن تقضي المناطق ذات الكثافة القليلة إلى فوتونات أبرد للخلفية المكروموجية الكونية. وبمقارنة الخلفية المكروموجية الكونية مع البنية ذات المقياس الكبير للكون عند أطوال موجية مختلفة، وجدت أربع مجموعات من علماء الكونيات، كلٌ على حدة، علامات على وجود مفعول ساكس - وولف التكاملي، مما يعطي خطاً جديداً من الأدلة يتفق والتسارع الكوني الناشئ عن الطاقة الخفية.

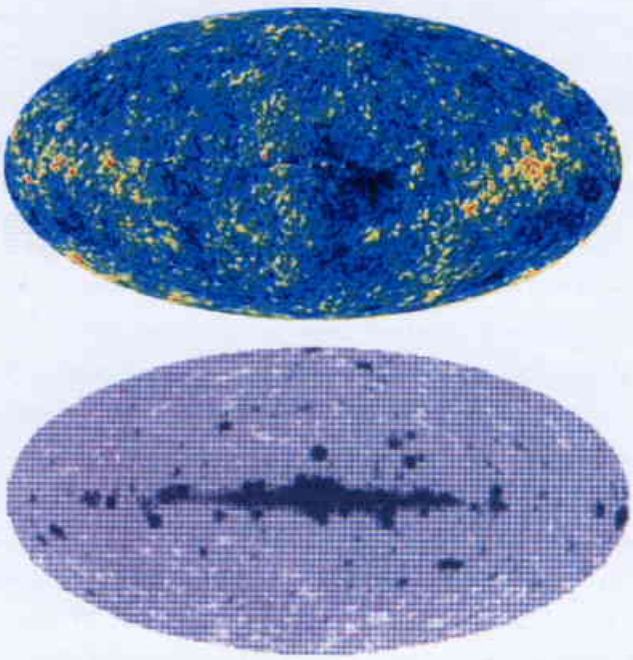
قد يسبب انحرافاً طاقوياً لفوتونات الخلفية المكروموجية الكونية التي تجتازه (الشكل 2). فالفوتون يكسب طاقة عندما ينجذب إلى الكمون التثاقلي لمنطقة ما مفرطة الكثافة، ويَصْرف طاقة عندما يشتُّ عنه ثانية. وإذا ما تعمَّق الكمون في سياق هذه العملية فإن الفوتون يفقد الطاقة تماماً. أما إذا أصبح الكمون أكثر ضحالة مع الزمن فإن الفوتون يكسب طاقة.

في الكون الذي تأتي فيه كثافة الطاقة الحدية الكاملة من الذرّات والمادة الخفية فقط؛ فإن الكمونات التثاقلية الضعيفة ذات مقاييس الطول الطويلة جداً (وهي التي تقابل التماوجات اللطيفة في كثافة المادة) تتطوّر ببطء شديد لا يترك بصمة ملحوظةً على فوتونات الخلفية المكروموجية الكونية. هذه المناطق المفرطة الكثافة تلتحم بالمادة المحيطة بها بنفس المعدل الذي يمطّط به التمدد الكوني الأطوال الموجية؛ الأمر الذي يُبقي الكمونات على حالها. أما عند معدلات التمدد الأسرع لكونٍ يحوي طاقةً خفية، فإن التحام المادة لا يستطيع مجاراة التمطّط، وبالنتيجة يتباطأ الانهيار الثقالي بواسطة الطاقة الخفية التنافرية. ومن ثم تزداد الكمونات ضحالة وتربح الفوتونات طاقةً أثناء عبورها. وعلى نحو مشابه تخسر الفوتونات طاقة لدى عبورها في مناطق ناقصة الكثافة.

يتبين مما سبق أن الكمونات التثاقلية ذات المقياس الكبير التي تمارسها فوتونات الخلفية المكروموجية الكونية تقابل المناطق الناقصة/ أو المفرطة الكثافة التي تشاهد في المسوحات السماوية الميغامجراتية mega-galaxy عند أطوالٍ موجية متباينة. ففوتونات الخلفية المكروموجية الكونية الآتية من المنطقة نفسها التي تحتشد فيها المجرات تزداد سخونة بشكل طفيف تحت تأثير مفعول ساكس–وولف التكاملي. ومن ثم يجب أن تكون هناك علاقةُ إيجابية بين درجة حرارة الخلفية المكروموجية الكونية و أنماط البُنى ذات المقياس الكبير في السماء. والآن وبعد مرور حوالي خمس سنوات على الحصول على نتائج المستعر الأعظم، أعلنت أربع مجموعاتٍ مستقلة الاكتشافات الأولى لمفعول ساكس–وولف التكاملي هذا.

لقد وجد ستيفن بوفن S. Boughn من جامعة هايفرفورد Haverford College وروبرت كريتِّندن R. Crittenden من جامعة بورتسماوث Portsmouth (تلازمات بين معطياتٍ من WMAP) ومن مسبارين للبنية ذات المقياس الكبير هما: معطياتٍ راديو واردة من NRAO/VLA Sky Survey (أو NVSS اختصاراً)، وقياسات واردة من جهاز للأشعة السينية على ساتل HEAO-1 الذي أُطلق عام 1977 (الشكل 3). وكذلك وجد فريق WMAP تلازمات ما بين معطياته وبين نتائج مسوحات NVSS. وعلاوة على ذلك وجد فريق مسح سلوان الرقمي للسماء Sloan Digital Sky Survey (SDSS) (مع بابلو فوسالبا P. Fosalba من معهد باريس للفيزياء الفلكية) ومعاونوهما دليلاً على مفعول ساكس–وولف التكاملي ISW حينما قارنوا بين طاقمي معطيات WMAP وSDSS.

الشكل -3: الكون عند أطوال موجية مختلفة



بمقارنة نموذج لا تجانس في درجة الحرارة temperature-anisotropy للخلفية الكروموجية الكونية (المقيسة بوساطة الساتل WMAP في الصورة العليا)، مع اختلافات الشدة في الخلفية السينية القاسية hard X-ray background المستحصل عليها من بعثة HEAO-1 (الصورة السفلى)، تمكن ستيفن بووفن وروبرت كريتندن من الكشف عن دليل على وجود مفعول ساكس - وولف التكاملي (ISW). وكذلك وجدت ثلاث مجموعات أخرى إشارات أولية على هذا المفعول في المقارنات ما بين بيانات الساتل WMAP وبين الخرائط البصرية والراديوية التي تتقصى توزع المادة.

ومع أن دليل مفعول ساكس – وولف لا يملك وحدَه حتى الآن القوةَ الكافية للتمييز بين التمدد الناتج عن الانحناء الحيّزي (المكاني) spatial curvature وبين التمدد الناتج عن الطاقة الخفية، فإن جَمْعه مع معطيات من الخلفية المكروموجية الكونية في حالة الكون المنبسط يجعل كفة الدليل تميل لصالح الطاقة الخفية. وبالمجموع تصبح النتائج مثيرةً للضيق. وفوق ذلك، يسبُرُ دليل مفعول ساكس–وولف تأثيرات الطاقة الخفية على مسافات تهبط حتى حوالي MPC، وهي مسافات ذات مقياس يختلف تماماً عن مقياس المستعرات العظمى، الأمر الذي يقدِّم خطاً جديداً ومستقلاً من الدليل حول تأثيرات الطاقة الخفية.

الضغط السالب

لا يكمن اللغز الأكبر للتسارع الكوني في أن ثلثي الكون مصنوع من مادة لا نستطيع رؤيتها، بل في أنه يقترح وجود مادة تنافرية من الناحية التثاقلية. ولاختبار هذه الخاصة الغريبة للطاقة الخفية فإنه من المفيد إدخال الكمية $(w=p_{dark}/\rho_{dark})$ حيث p_{dark} هي الضغط الوسطي mean pressure، وρ_{dark} هي كثافة الطاقة الخفية في الكون. وتعدُّ هذه الكمية الجديدة مشابهة لمعادلة الحالة equation بالنسبة للغاز.

يتناسب معدل تغير التمدد الكوني وفق النسبية العامة مع $-[(p_{total}+3\rho_{total})]$، حيث ρ_{total} تمثِّل كثافة جميع المادة والطاقة الموجودة في الكون، بينما تمثل p_{total} الضغط الموافق. ولكن لتبرير التمدد المتسارع يجب أن تكون هذه الكمية موجبةً. وبما أن p_{total} هي كميةٌ موجبةٌ، وأن الضغط الوسطي الناشئ عن المادة العادية والمادة الخفية مهمل لكونه بارداً أو لانسبويّاً non-relativistic، فإن ذلك يوصلنا إلى ضرورة أن يكون $(3w \times \rho_{dark}+\rho_{total}<0)$ في حالة التمدد المتسارع. وبما أن $(\rho_{dark}\sim\rho_{total}^{2/3})$ فإننا نجد أن $(w \geq -1/2)$ ولذلك فإن ضغط الطاقة الخفية ليس ضغطاً قليل السلبية وحسب، بل إنه كبير النسبية!

لماذا يؤثر الضغط على تمدد الكون؟ لقد أوضح آينشتاين أن المادة والطاقة تحنيان الزمكان. لذلك فإن الحركات النشيطة للذرّات فيما يخص الغاز الساخن تسهم في جذبها بوساطة التثاقلي حينما تقاس من خلال تسارع أجسام اختبار بعيدة. لكن القوى المطلوبة لاحتواء أو عزل الغاز الحار تعمل عكس ربح الضغط هذا. ومن جهةٍ أخرى، فإن الكون ليس معزولاً ولا مقيداً. فتمدد كونٍ تملؤه غازات حارة يصير إلى التباطؤ فاعليّاً بسبب تجاذب ثقالته الذاتية، على نحو يفوق تباطؤ كونٍ تملؤه كثافة طاقوية مكافئة من غاز بارد عديم الضغط. وبالمنطق

المادة الخفية: الشكوكيات

◆ الثابت الكوني (w = -1)

وضعه أولاً ألبرت آينشتاين، وفي وقت لاحق اقترح ياكوف زيلدوفيتش Yakov Zeldovich أن طاقة الخلاء الكمومية ستُولّد كثافة طاقة وضغطاً ثابتين. ولكن الحسابات النظرية أعطت قيمةً للثابت الكوني يفوق القيمة المرصودة بـ120 مرتبةً. وبغض النظر عن علم الكون فإن طاقة الخلاء الكمومية هي حقيقةٌ واقعةٌ. وتعتبر معرفة ما إذا كانت المساهمة الكونية معدومةً أو مضبوطةً بشكلٍ دقيق إحدى التحديات المعلّقة في الفيزياء.

◆ الجوهر الخامس (w > -1)

شكلٌ من أشكال الطاقة سالب الضغط ويتفاوت عبر الزمان والمكان. ويتصف الجوهر الخامس بالدينامية على عكس الثابت الكوني، وباضمحلال متوسط كثافة طاقته وضغطه على مرّ الزمن. وقد تُفيد هذه الميزة في تفسير البداية المضبوطة والمفاجئة للتسارع الكوني. وبصياغة مجال سُلّمي للجوهر الخامس، يتنبأ هذا الأخير بوجود تهيّجات شبه جسيمية ذات كتلة تُقارب الـ 10^{-33} eV.

◆ أشكالٌ أخرى من طاقة الخلاء (w < -1)

ما لم نكن ضحايا مؤامرة التأثيرات المنهجية فإن (w < -1) يمثل علامة فيزياء شاذة بحق. وفي أحد هذه الموديلات تؤدي التأثيرات الكمومية للمجال الشبيه بالجوهر الخامس إلى تعديلات في النسبية العامة، في حين تقترح موديلات أخرى تنامي كثافة الطاقة الخفية مع الزمن بحيث يمكن أن تتسبب في نهاية كارثية على شكل "تمزّق كبير big rip". وتشمل أفكار غريبة أخرى وجود حقل شاذ يولّد تسارعاً يشبه ذلك الناتج عن الثابت الكوني ولكنه يتباين عبر أرجاء المكان.

◆ تعديل النسبية العامة

جرت محاولاتٌ عديدة لتعديل (تصحيح) نظرية آينشتاين العامة في النسبية، بغية تجنُّب الحاجة إلى مادة شاذة تقود التمدد المتسارع. وبينما يصعُب التمييز بين بعض هذه المحاولات والجوهر الخامس؛ فإن العديد منها يتنبأ بانتهاكات لمبدأ التكافؤية equivalence (الذي يُشكل حجر الأساس في النسبية العامة) أو بانحرافات عن الكمون التثاقلي الشامل (1/r).

نفسه فإن وسطاً medium يتيح ضغطاً سالباً مثل الذي يكون فيه ($\rho_{total}+3p_{total}<0$) سوف يتمدد بشكلٍ أسرع مصدوداً بثقالته المضادة الذاتية anti-gravity.

ليس الضغط السالب بالظاهرة الفريدة. فضغط الماء في بعض الأشجار الطويلة يصبح سالباً عندما ينسحب الغذاء نحو الأعلى عبر جهازها الوعائي، ويكون الضغط الماسّي للحقل الكهربائي أو الحقل المغنطيسي المنتظم سالباً كذلك. وفي هذه الحالات، يُشبه الضغط إلى حد ما نابضاً ممطوطاً بتوتّر ويمارس قوة نحو الداخل. و على المستوى المكروي يمارس مِحَمٌّ من بوزونات هِغز، (وهو جسيمات افتراضية تسبِّب الكتلة بحسب النموذج المعياري في فيزياء الجُسيمات) ضغطاً سالباً عندما تكون تهيُّجاتها الحرارية أو الحركية صغيرة المقدار. وفي الواقع يمكن النظر إلى الإنفلاتون كنسخة من جسيمات هِغز أكثر ثقلاً. ويمكن لأحد الأشكال المقترحة للطاقة الخفية (ويدعى الجوهر الخامس quintessence)* أن يكون نسخة أخف من جسيمات هِغز .

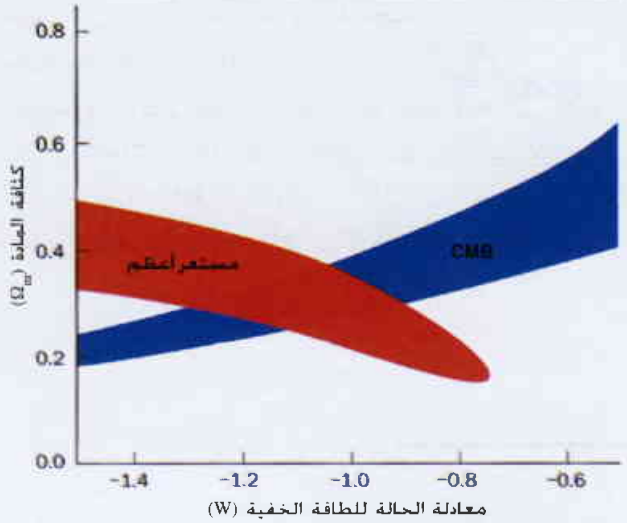
من حيث المبدأ لا يوجد حدٌ أدنى للضغط في الكون، مع أن أموراً غريبة تحدث إذا انخفضت قيمة w إلى ما دون (1-) ولكن معظم الأشكال المُقترحة للطاقة الخفية لا يمكنها أن تنثني أو تنحني إلا قليلاً، وحتى حينذاك فإنها لا تنحني إلا على مسافاتٍ تفوق المجرات طولاً، مما يجعل من الصعب التحكم في مثل هذه الأمور. إلا أن الأمر المؤكد هو أن مثل هذا الضغط السالب القوي لا يحدث مع الجسيمات والحقول العادية في النسبية العامة.

يقود الرصد المفصّل إلى قيودٍ أكثر إحكاماً على بارامترات parameters الطاقة الخفية من تلك التي تُعطيها التقديرات البسيطة المذكورة آنفاً. وعندما تُجمع تنبؤات النماذج النظرية المختلفة مع أفضل قياسات الخلفية المكروموجية الكونية أو احتشاد المجرات ومسافات المستعرات فإننا نجد أن ($0.62<\Omega_{dark}<0.76$) حيث $\Omega_{dark}=\rho_{dark}/\rho_{critical}$ و$w<-1.3$ (الشكل 4).

التطلُّع قدماً بإبهام

يعدُّ دليل وجود الطاقة الخفية التنافرية تثاقلياً دليلاً قوياً، ولكن ثمة ثغرات في معرفتنا. ففيزياء النمط a1 من المستعرات العظمى غير مفهومة بشكلٍ تام، والمادة الخفية ما تزال طليقة، كما توجد بضعة ملامح غير متوقعة في طيف الخلفية المكروموجية الكونية ما نزال لا نفهمها حتى الآن. وبينما لا تبدو بعض هذه الأمور المذكورة على صلة بالتسارع الكوني، فإن السيناريو الإجمالي يجب أن يتساوق بعضه مع بعض كي يكون ذا وقْع. والأخبار الجيدة هي أنه يمكننا أن نتوقع الكثير من معطيات جديدة. فالساتل WMAP مع حشدٍ من تجارب محمولة على مناطيد وأخرى تجري على الأرض تواصل استكشاف

الشكل -4: قيودٌ على الطاقة الخفية



يتمثل تحدٍ رئيسي في علم الكون في تحديد كمية الطاقة الخفية (المعبر عنها على شكل كسر من الكثافة الحدّية بالعلاقة $\Omega_{dark}=\rho_{dark}/\rho_{critical}$ ودرجة تنافرها التثاقلي (الذي يعبّر عنه بالمقدار w). ففي كون مسطح الحيّز (الفضاء) تكون $\Omega_{dark}=1-\Omega_m$ حيث Ω_m تعبر عن كمية المادة ككسر (جزء) من الكثافة الحدية. وتُشير بيانات المستعرات العظمى (المنطقة الحمراء) إلى أن المادة - العادية منها والخفية - تُمثل ما هو أقل من 50% من الكثافة الإجمالية أو الحدية في الكون. ومن المحتمل أن تكون بحدود 20%. وبما أن العلاقة بين المسافة والانزياح نحو الأحمر تعتمد على القوة التنافرية للطاقة الخفية (انظر الشكل 1) فإن بيانات المستعرات العظمى توحي بأن w هي أصغر من 0.8- وكذلك تضع قياسات الخلفية المكروموجية الكونية حدوداً لهذين العددين (المنطقة الزرقاء)؛ فالأحجام الزاوية الظاهرية للمعالم في نموذج لا متجانس درجة الحرارة تعتمد هي أيضاً على العلاقة بين المسافة والانزياح نحو الأحمر، حتى عند قيم الانزياح نحو الأحمر الأكبر من $z\sim1100$. ويوحي تداخل مجموعتي النتائج بأن الطاقة الخفية تتراوح ما بين 62 إلى 76% من كثافة الطاقة الحدية الكلية، وأن قيمة w تقع بين 1.3- و0.9-.

سماء الخلفية المكروموجية الكونية، بانتظار إطلاق ساتل بلانك في وقتٍ لاحق خلال هذا العقد. كما تم تطوير تقنيات جديدة لاستخلاص المعلوماتٍ عن الطاقة الخفية، من أمثال خطط جديدة لدراسة تطور وفرة حشود المجرات. وتعتزم طرائق أخرى أكثر طموحاً الاستدلال على وجود مفعول ساكس–وولف التكاملي عند نقاط فُضْلى وانزياحات مختلفة نحو الأحمر في الكون.

ستلقى دراسة المستعرات العظمى دفعاً هائلاً إذا ما شقّت "بعثة الطاقة الخفية المشتركة joint dark energy mission (JDEM)" طريقها قدماً، وهي بعثة اقترحتها وزارة الطاقة الأمريكية مع إدارة الطيران والفضاء الوطنية الأمريكية NASA. ومع أن تدشينها سيكون بعد حوالي 10 سنوات، فإن الساتل المخصص لهذه المهمة ستكون له الكلمة الأخيرة في قضية التسارع الكوني انطلاقاً من المستعرات العظمى. وتعد هذه البعثة أيضاً بإجراء مسح ضعيف التعدُّس weak-lensing سيشقُّ دربا جديداً نحو فهم طبيعة المادة الخفية من

* الجوهر الخامس، وفق فلسفة العصور القديمة والعصور الوسطى فإن الأجسام الأرضية تتكون من أربعة عناصر هي: التراب والماء والنار والهواء. أما الأجسام السماوية فتتكون من عنصر مثالي وثابت وأكثر نقاءً من العناصر الأربعة يسمى العنصر الخامس. (المترجم).

خلال دراسة تأثيرها على البُنى الكونية وعلى تطور الكون. ومن الطبيعي أن المنافسة الشريفة مع الراصدين الأرضيين ستجعل السنوات القادمة مليئةً بالإثارة.

وبالطبع فإن هدف هذه النشاطات كافّةً ينشُدُ الإجابة على السؤال: ما هي الطاقة الخفية؟ فإذا كان (w) في حدود (1-) فربما كان عندها الثابت الكوني هو الحل. وإذا كان w أكبر من 1- فيمكن أن يتمثّل الجواب الصحيح في الجوهر العنصر الخامس quintessence. كما أنه لا يمكننا استبعاد وجود تشوهات في الثقالة قد لا تكون خطرت على بال آينشتاين نفسه؛ فبينما تتنبأ معظم النظريات التي تربط الفيزياء التثاقلية والفيزياء الكمومية بقيام سلوك غير مألوف عند مقاييس الطول المكروية أو في الأزمنة الموغلة في القِدم من عمر الكون، فإن قلّة منها (إن وُجد) تتوقع تأثيرات جديدة عند مقاييس الطول المكروية في هذه الأيام. ثمّ ماذا لو كان w أقلّ من (1-)؟ ومهما كان الجواب فإن شيئاً ما غامضاً يتفاعل في الكون.

* * *

* *

*

تغيُّر المناخ: تعقيد يتفاعل*

كلاوس هاسلمان
من معهد ماكس بلانك للأرصاد الجوية في هامبورغ بألمانيا
هانس جوشيم شلنهوبر
مركز تندل لبحوث تغيُّر المناخ في نوروش في المملكة المتحدة.
أمار إيدنهوفر
معهد بوتسدام لبحوث آثار المناخ.

ملخص

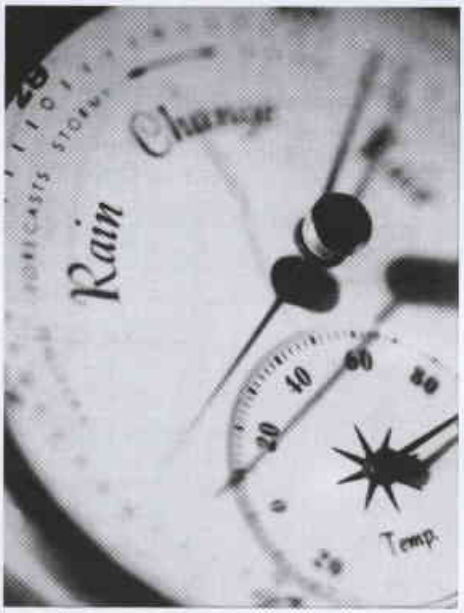
إن تقنيات المحاكاة المبنية على أسس فيزيائية تساعد علماء المناخ على التنبؤ بالكيفية التي سوف تؤثِّر بها القرارات الاقتصادية والسياسية والعلمية في تغيُّر المناخ.

الكلمات المفتاحية: *تقنيات المحاكاة، تبدل مناخي، نماذج المناخ.*

لقد نبَّهت موجة الحر الشديد التي اجتاحت الولايات المتحدة الأمريكية صيف عام 1988 أوساط الإعلام العالمية للتأمل في قضيّة التغيُّر المناخي. ومنذ ذلك الحين، أخذ علماء المناخ يتساءلون فيما إذا كانت شذوذات الطقس التي تتضمّن الفيضانات الكارثية والأعاصير العاتية، تحدث بشكل طبيعي، أم أنها نتيجة لارتفاع في درجة حرارة الكرة الأرضية ناجم عن فعاليات الإنسان ونشاطاته المختلفة. وتكمن المشكلة في أن المناخ ظاهرة إحصائية، تجعل من الصعب إيجاد أجوبة قاطعة على هذه الأسئلة.

يتعذر التنبؤ بشذوذات المناخ فيما عدا بعض الاستثناءات القليلة مثل التنبُّؤ بظاهرة النينو El Nino التي حدثت قبل ستة أشهر. بيد أن موديلات المناخ climate models تستطيع أن تتنبأ بالتوزيع الاحتمالي لمتغيِّرات variables مثل هطل الأمطار ودرجة الحرارة. وفي الواقع فإن التغيرات التي تتنبأ بها هذه الموديلات تنسجم والشذوذات المسجلة حديثاً. وعلى الرغم من أن العدد الإجمالي للتطرُّفات المناخية قليل، فإن المعطيات توحي بأن زيادة تواتر هذه الحوادث يعزى على الغالب إلى الاحترار العالمي الذي يسببه انبعاث غازات الدفيئة greenhouse gases مثل ثنائي أكسيد الكربون.

إن هذا التغيُّر البشري المنشأ anthropogenic (أو من فعل الإنسان) يمكن التنبؤ بحدوثه من خلال الموديلات المناخية، وهو أمر في غاية الوضوح اليوم. ولا يستند هذا إلى الحوادث المتطرِّفة وإنما إلى قياسات متوسط درجة حرارة الكرة الأرضية. وتغطّي هذه القياسات أزماناً طويلة كما تقدِّم تقديراً أكثر وثوقاً عن نسبة إشارة التغيرات المناخية البشرية المنشأ المتنبأ بها إلى "ضجيج" التغيُّرية الطبيعية natural-variability noise. فهذه الإشارة هي الآن فوق الضجيج بكثير، حتى في غياب إحصائيات متكلفة (الشكل1).



إن مواجهة موديلات التغير المناخي لا تكفي بمفردها لتقدير مدى تأثير انبعاث غازات الدفيئة

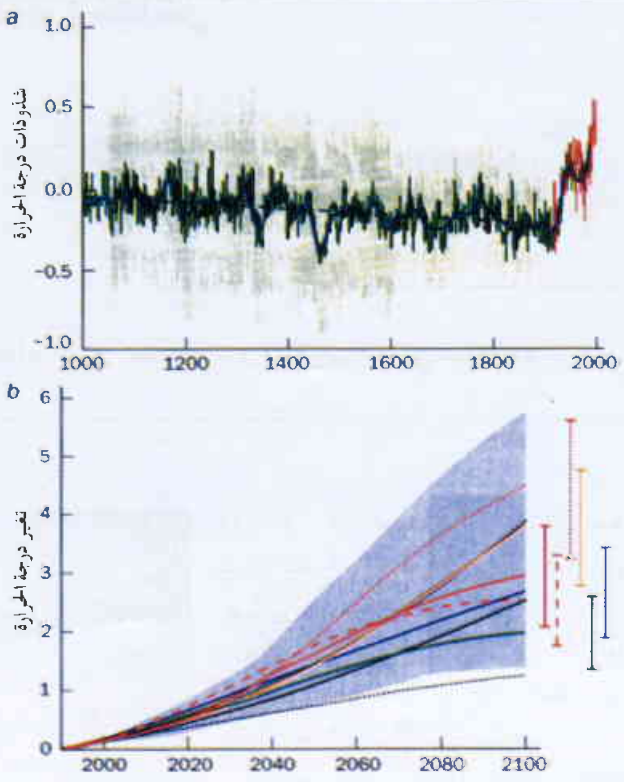
لقد غيَّر ظهور الإشعار البشري المنشأ كلاً من الرأي العام والإدراك العلمي حول موضوع المناخ. إذ لم يَعُدْ تغير المناخ العائد لنشاط الإنسان هو الاحتمال المجرد الذي كان المختصون يناقشونه منذ نهاية القرن التاسع عشر، حين أشار الكيميائي السويدي سفانت أرهينيوس Svante Arrhenius الحائز على جائزة نوبل عام 1903 لأول مرة إلى أن انبعاثات غاز ثنائي أكسيد الكربون من الوقود الأحفوري fossil fuels كانت تسخِّن الأرض. ويأمل الناس اليوم أن يقوم السياسيون بأخذ زمام المبادرة لمعالجة الأمر. كما أن باحثي المناخ بدأوا يدركون أن حساباتهم المفصَّلة والباهظة الثمن لا يستطاع إجراؤها بشكل منفصل عن الحوار حول سياسة مناخية.

ليس القلق كبيراً حول ارتفاع درجة الحرارة بمقدار (0.7) من الدرجة المئوية منذ نهاية القرن التاسع عشر، وإنما الذي يقلق هو الارتفاع المتوقع في هذا القرن والذي سيبلغ 3 درجات مئوية إذا استمرت انبعاثات غازات الدفيئة بالتزايد دون وضع حد لذلك. إن على الباحثين في علم المناخ اليوم أن يتفاعلوا مع الاقتصاديين وعلماء الاجتماع وعلماء السياسة بغية التوصل إلى تقدير المضامين الكاملة لتغيُّر المناخ من أجل تنمية مستديمة.

* نشر هذا المقال في مجلة Physics World, June 2004 وتمت الترجمة في هيئة الطاقة الذرية السورية.

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

الشكل 1: الارتفاع العالمي لدرجة الحرارة



يعتقد عموماً أن متوسط درجة حرارة الكرة الأرضية يتزايد باستمرار بسبب انبعاث غازات الدفيئة، وبشكل خاص غاز ثنائي أكسيد الكربون.

يبين الخط الأحمر القياسات المباشرة لدرجة الحرارة بدءاً من عام 1902 وحتى عام 1980 وذلك جنباً إلى جنب مع معطيات درجة الحرارة غير المباشرة بدءاً من عام 1000 بعد الميلاد (الخط الأخضر و الأزرق). يتبين من هذه الخطوط أن متوسط درجة حرارة الأرض قد ارتفع فوق مستوى المتغير الطبيعي "للضجيج noise" في القرن المنصرم.

يتنبأ باحثو المناخ بأن درجة الحرارة سترتفع ما بين درجة مئوية وحتى خمس درجات مئوية في السنوات المائة القادمة وذلك انطلاقاً من عدة سيناريوهات عائدة لانبعاث غازات الدفيئة الممثلة بخطوط ملوّنة. وتبين الخطوط العمودية المرسومة إلى يمين الشكل مدى زيادات درجة الحرارة كما تتنبأ بها أحدث الموديلات المناخية لكل سيناريو. وعلى الرغم من تفاوت الموديلات المناخية بما يصل إلى نسبة 50 بالمائة بسبب الاختلاف في تمثيلات السيرورات الفيزيائية، فإن أكبر المصادر المسببة للارتياب (المنطقة المظللة بالأزرق) تتمثّل في اسقاطات projections الانبعاث نفسها.

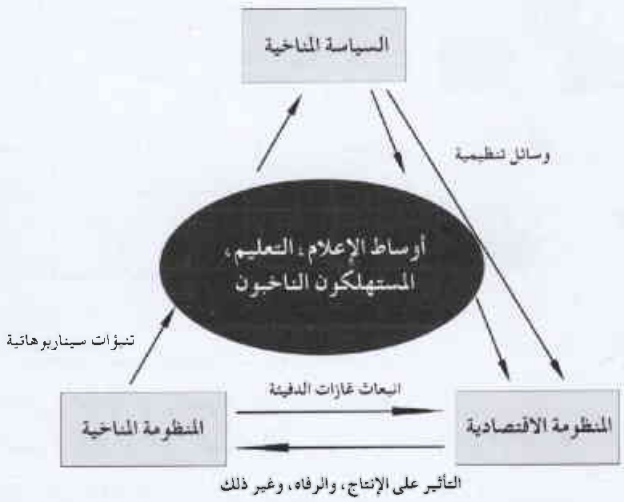
التقدير المتكامل

إن المقاربة المتداخلة المناهج في التقدير المتكامل للتغيُّر المناخي تقدِّم تحدِّياً جديداً لعلماء المناخ. إلا أن العديد من الباحثين في علم المناخ لديهم خلفية فيزيائية ويستمتعون بمعالجة المنظومات المعقدة. وفي واقع الأمر فإن للفيزيائيين سجلاً حافلاً في تتبع البحوث المتداخلة المعارف interdisciplinary مثل التطور والوبائيات والتمويل الكمّي quantitative finance والظواهر الاجتماعية على اختلاف أنواعها (ارجع إلى مجلة Phys.World عدد تشرين الأول/أكتوبر عام 2003 صفحة 33-29). إن مفتاح فهم ديناميّات هذه السيرورات هو فيزياء المنظومات اللاخطية physics of nonlinear systems.

تعرض المنظومات اللاخطية طيفاً منوَّعاً من ظواهر مثيرة كان قد استكشفها لأول مرة في نشرات رائدة عن الشواش chaos عالِم الأرصاد الجوية إدوار لورنتز Edward Lorenz من معهد مساشوستس للتقانة، إضافة إلى أعمال الرياضي بنوا ماندلبروت Benoit Mandelbrot من جامعة ييل حول الكُسَيْرات fractals. ومنذئذ غدا هذا الموضوع مجالاً رئيساً للبحوث في العديد من المختبرات. ولكن التحديات التي تتضمّنها نمذجة modelling منظومة المناخ والاقتصاد الاجتماعي تُعَدّ شائكة للغاية.

تهتمُّ موديلات التقدير المتكامل integrated-assessment models بالتأثرات بين ثلاث منظومات فرعية sub-systems هي: المنظومة المناخية، والمنظومة الاقتصادية الاجتماعية وكذلك الحكومات (الشكل 2). ومن أجل نمذجة المنظومة المناخية لوحدها بشكل فعليّ فإنّ الأمر يتطلب أضخم الحواسيب الفائقة المتوافرة. وأما المنظومة الاقتصادية الاجتماعية فإنها بلا شك لا تقل تعقيداً عن المنظومة المناخية، ولكن موديلاتها تتخلّف تقانياً بقدر كبير عن الحالة الراهنة للموديلات المناخية. وفي الواقع ليس هناك اتفاق أو إجماع على كيفية بناء مثل هذه الموديلات.

الشكل 2: منظومة التقديرات المتكاملة



تساعد موديلات التقدير المتكامل الباحثين على فهم المنظومات الاقتصادية الاجتماعية المناخية المعقدة جداً، وتقدم لهم مُدْخلات لاتخاذ قرارات حول تغيرات المناخ. ويجري في هذه الموديلات التعامل مع منظومة المناخ والمنظومة الاقتصادية والحكومات على أنها منظومات فرعية منفصلة تتفاعل فيما بينها من خلال عدد كبير من العوامل الفاعلة actors (تظهر في منتصف الشكل). في حين تكون التفاعلات بين بعض المنظومات الفرعية تفاعلات مباشرة (كما هو شأن انبعاثات غازات الدفيئة) ويظهر في الشكل تغير المناخ على الاقتصاد وعلى الوسائل التنظيمية الحكومية (من أمثال الضرائب على الكربون) بصورة أسهم تصل بين العوامل الفاعلة. فالعلماء ووسائط الإعلام يبلّغون الحكومات بتغير المناخ، وتتأثر سياسات الحكومة بمجموعات المصالح والجمهور. وتستجيب الأعمال التجارية لتأثيرات وضغوط مماثلة.

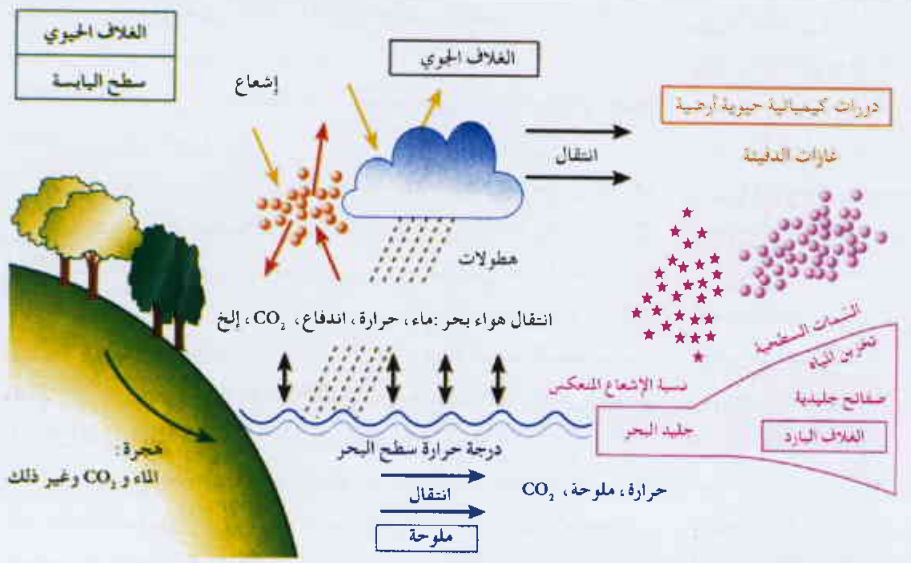
إن طريقة مزاوجة المنظومات الفرعية الفرادى بعضها مع بعض في "موديلات تقديرٍ متكاملٍ" هي أيضاً كبيرة التعقيد. فالمنظومة

الاقتصادية الاجتماعية مثلاً تؤثر في المناخ عبر انبعاثات ثنائي أكسيد الكربون وغازات الدفيئة الأخرى وأيضاً عبر التغيرات في استخدام الأراضي وإزالة الحراج وإدارة المياه وكذلك الحالات الجوية aerosols والملوِّثات الأخرى. وبالعكس، فإن المناخ يؤثر في المنظومة الاقتصادية الاجتماعية من خلال التصحُّر والزراعة وارتفاع سوية سطح البحر والصحة وصناعات البناء وصناعات الطاقة ومناسبات الاستجمام، بالإضافة إلى عوامل أخرى غير ملموسة لكنها هامة كالتنوع الحيوي biodiversity، وموجات الهجرة والاحتمالات المتزايدة للنزاعات المدنية. وأما الحكومات فإنها تؤثر في كل من منظومة المناخ والمنظومة الاقتصادية الاجتماعية بطرائق مختلفة عبر سياسات تخفِّف من تغير المناخ.

يميل النمذجيون لأن يعتبروا المنظومة الكاملة كينونةً جيدة التعريف وبدون حياة. وبالرغم من أنها في غاية التعقيد فإن من الممكن توصيفها عبر مجموعة كبيرة من تأثرات لا خطية nonlinear interactions تعمل داخل المنظومات الفرعية ومن بينها كذلك. ولكن الوصف الواقعي ينبغي أن يتضمن أفعال وسطاء عديدين من البشر ينتمون إلى قطاعات مجتمعية مختلفة ومناطق جغرافية متباينة. ولهؤلاء الوسطاء أهداف فردية مختلفة، والتزامات متباينة تجاه الهدف المشترك المتمثل في التنمية المستديمة. وفي الحقيقة، فإن النزاع الذي يحيط بكيفية تأثير هؤلاء الوسطاء أحدهم بالآخر في المنظومة يُعَدُّ أحد الأسباب وراء عدم وجود نموذج اقتصادي اجتماعي مقبول.

وعلى المدى الطويل، يمكننا أن نتصور إيجاد موديلات حقيقية للمنظومة الاقتصادية الاجتماعية العالمية يمكن ضمّها إلى موديلات مناخية لتعطي موديلات تقدير متكامل واقعية الحال. أمّا على المدى القصير ذي الصلة بدعم سياسة المناخ فإن هذا الأمر غير واقعي بكل بساطة. فلكي نحسب تغير المناخ خلال فترة مئة عام"وبمَيْز أفقي" horizontal resolution قدره 100كم فإننا نحتاج إلى أفضل موديلات المناخ وأكثرها تطوراً كي تُشَغِّل أضخم الحواسيب مدة أسبوع كامل، تجري فيه تريليونات العمليات الحسابية لحساب معدلات تغير ملايين المتغيِّرات variables (الشكل 3). ولكي يكون ثمة معنى لموديلات التقديرات المتكاملة الحالية فإننا نحتاج إلى موديلات مناخية تستغرق بضع دقائق من عمليات حسابية تجري على حاسوب محمول، بحيث يمكن إجراء عدد كبير من تجارب محاكاة مقترنة مع موديلات اقتصادية اجتماعية مرشحة مختلفة.

الشكل (3): نمذجة منظومات المناخ



إن مناخ الأرض محكوم بديناميات معقدة في المجموع المتكون من الغلاف الجوي والمحيطات واليابسة والمنظومة الكيميائية البيوجيئية. وتمثل السيرورات الفيزيائية في كل من هذه المنظومات المناخية الفرعية بثلاثة أبعاد وبمَيْز يتراوح بين 50 و200 كيلو متر. إلا أن سيرورات أخرى (مثل تشكل السحب وتفاعلها مع حقول الإشعاع الأرضي أو سيرورات النقل الدوّامية عند السطح الفاصل بين الهواء والبحر) يمكن أن تحدث مجراها على نطاق أقل اتساعاً، ويجب أخذها بالحسبان. إن الموديلات المناخيّة تتفوق كثيراً على الموديلات الاقتصادية الاجتماعية. ولكن باحثي المناخ يدركون الآن ضرورة أن يأخذوا تصورات علماء الاقتصاد والاجتماع والسياسة بالحسبان إذا أرادوا أن يقدروا تقديراً تاماً مضاعفات هذه التصورات على تغير المناخ.

إن إحدى الاستراتيجيات الواضحة لغرض تخفيض الزمن الذي يتطلبه الحساب إنما تتمثّل في تقليل مَيْز(resolution) موديلات المناخ. ولكن ثمة طريقة بديلة تلجأ إلى تمثيل الاستجابة التي تبديها المنظومة المناخية إزاء القوى الخارجية، وبخاصة إزاء انبعاث غاز ثنائي أكسيد الكربون، وذلك من خلال ما يسمّى التوابع الخطيّة للاستجابة والحافز linear impulse – response functions. (إلى هنا انتهى التصحيح) ويعتمد هذا على خاصة عامة مفادها أن استجابة أية منظومة حقيقية (ولو كانت غير خطية) linear impulse – response functions. ويعتمد هذا على خاصّية عامة مفادها أن استجابة أية منظومة حقيقية (ولو كانت غير خطية) لحالة ما مرجعية يمكن جعلها خطيّة إذا كان الدفع forcing صغيراً بما فيه الكفاية (شريطة أن لا تكون الحالة مجاورة لنقطة متشعبة غير مستقرة. ويمكن معايرة موديلات الاستجابة والحافز بالمقارنة مع أحدث الموديلات المناخية بدون فقدان في المعلومات أو في المَيْز، ولكن هذه الموديلات تكون محدودة بتغيرات في درجة الحرارة تقارب 3 درجات مئوية. ومع ذلك يمكن توسيع المجال ليشمل بعض الحالات المُهَيْمنة غير الخطية. وفي الحقيقة يمكن أن يشمل ذلك تقلّبات في المنظومة المناخية، مثل إمكانية توقف منظومة الدوران البحري العميق للتيارات التي تغذي تيار الخليج gulf stream.

النمذجة الاقتصادية

يُفهم الواقع الحالي لموديلات التقدير المتكامل خير فهم من خلال استذكار الأيام الأولى للنمذجة المناخية. فقد كان واضعو الموديلات

المناخية الأولى في الستينيات والسبعينيات من القرن المنصرم يتّبعون منهجين متوازيين لفهم النظام المناخي وتقديم التقديرات الموثوقة عن تغيّرات المناخ الناجمة عن تراكيز غازات الدفيئة المتزايدة. ويسمّى هذان النهجان في المصطلحات الاقتصادية الحديثة باسم النهج التنازلي والنهج التصاعدي.

لقد انطلق النهج الأول من نظرة مبسطة للغاية إلى ميزان الطاقة الأرضيّة: فالطاقة الممتصة من الإشعاع الشمسي الوارد، والتي تتركز في المنطقة المدارية يُعاد توزيعها إلى خطوط العرض العالية عن طريق عمليات مزج بسيطة في الغلاف الجوي وفي المحيطات، ثم لا يلبث أن يُعاد إصدار الطاقة إلى الفضاء على هيئة أشعة تحت حمراء وهكذا فإن تراكيز غازات الدفيئة تحوِّر توزيع درجة الحرارة في خطوط العرض لأنها تؤثر في ميزان الإشعاعات تحت الحمراء.

أما النهج التصاعدي فقد انطلق من دراسات مفصّلة للعمليات الفيزيائية الأساسية في الغلاف الجوي وفي المحيطات مثل الامتصاص المعتمد على الطول الموجي في الغلاف الجوي وتكوين الغيوم وهطول الأمطار وتيارات الحمل وتيارات المحيط. وقد غدت موديلات النهجين التنازلي والتصاعدي بمرور الزمن أكثر تعقيداً وبدأ النهجان بالتداخل فيما بينهما، الأمر الذي أدى في السبعينيات من القرن الماضي إلى ظهور موديلات مناخية ثلاثية الأبعاد، تحت إشراف جو سماغورنسكي Joe Smagorinsky من مخبر ديناميات الموائع الجيوفيزيائي بجامعة برنستون. ولقد أفضت هذه الموديلات في نهاية المطاف إلى موديلات مناخية عالية الميْز تقرن بين دورات المحيطات والغلاف الجوي والكربون وهذه هي الموديلات التي تعمل في الحواسيب الفائقة للوقت الحاضر.

وكذلك طور أصحاب الموديلات الاقتصادية عدداً كبيراً من الموديلَيْن التنازلي والتصاعدي. واستخدمت الموديلات التصاعدية أو الموديلات الميكرو اقتصادية لتقدير كلفة مواءمة أو تلطيف التغيُّر المناخي لصالح قطاعات صناعية أو تقانات محددة، ولكنها لم تقترن بعد مع موديلات مناخية لغرض إجراء دراسات للتقدير المتكامل. ولقد طُبِّقت الموديلات الاقتصادية التنازلية أو الموديلات الماكرو اقتصادية بطريقتين أساسيتين اثنتين: كموديلات توازن عام قابلة للحساب وكموديلات للنمو الاقتصادي. ونفترض أن تندمج الموديلات التنازلية مع الموديلات التصاعدية في نهاية المطاف مثلما حدث للنمذجة المناخية، أما في الوقت الحاضر فلا يوجد إلا القليل من التداخل أو التراكب بينهما.

تقوم موديلات التوازن العام القابلة للحساب (والتي يرمز لها اختصاراً بموديلات CGE) بتوصيف الاقتصاد العالمي بدلالة عشر أو عشرين منطقة ذات عدد متشابه من القطاعات الاقتصادية، وهي تستخدم لتقدير تأثير "أدوات تنظيم المناخ" مثل عبء الكربون (أو الكميات المسموح بها من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون) ويتم ذلك بحساب التغيّرات في عوامل مثل استخدام الطاقة، وأسعارها وأسعار سلع أخرى، وأنماط التجارة، وتحويلات رؤوس الأموال بالإضافة إلى النمو الاقتصادي في مناطق وقطاعات مختلفة. ولقد أوضح جون وينانت John Weynant وزملاؤه من جامعة ستانفورد مؤخراً قدرة وقبول نهج التوازن العام القابل للحساب (CGE) على تحقيق التقدير المتكامل، إذ قارنوا تنبؤات أربعة عشر موديلاً من هذا القبيل، فتبين وجود توافق بين بعض جوانب هذه الموديلات مع الواقع، في حين أظهرت هذه الموديلات تفاوتاً بمقدار عشرة أضعاف في جوانب أخرى. ويعود ذلك إلى الافتراضات المتباينة في تسويق الدلالة.

وعلى النقيض من موديلات CGE التي تقضي بأن يحسب فيها معدل النمو الوسطي للنمو بدلالة معدل التوفيرات المنزلية، فإن موديلات النمو الاقتصادي (والتي يرمز لها اختصاراً بـ EG) تعتمد معدل نمو متغير يتحدد بنسبة التوظيفات المالية إلى الإنتاج الاقتصادي الكلّي. ويتحدد هذا من خلال مخطَّط عالمي سخيٍّ افتراضي بدلالة الزمن بحيث يحقق أقصى زيادة في الرفاه العالمي المتكامل في وقت محدد. أما الهدف فيتمثل في إيجاد استراتيجية التلطيف هذه، أي بمعنى تحقيق تنظيم انبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون على نحو يؤدي إلى إنقاص الكلفة الإجمالية لتغير المناخ إلى الحدِّ الأدنى والذي يعبر عنه مجموع كلفة التلطيف mitigation وتكاليف الضرر المناخي المتبقّي residual. ويُشار كذلك إلى أن موديلات EG المختلفة تولد حلولاً متباينة جداً.

أما سبب ذلك فيعود إلى أن للعوامل الفاعلة المختلفة دلالات مختلفة للرفاه بحيث توجد حلول مختلفة تبعاً للعامل الفاعل الذي نختاره ليكون اللاعب الشمولي في التخطيط. ولعل أكبر مصدر للخلاف يكمن في مسألة عدم التحيُّز equity: بمعنى ما هو الثمن العادل الذي يجب أن تدفعه الأجيال الحالية حتى تتفادى تكاليف تغير المناخ الذي ستعاني منه الأجيال اللاحقة؟ وبالمثل، فبالإضافة إلى تخفيض انبعاث غازاتهم، كم ينبغي أن تكون مساهمة الدول الصناعية (وهي المصدِّرة الرئيسة لغازات الدفيئة) في تخفيض انبعاثات الغازات المستقبلية من جانب الدول النامية؟

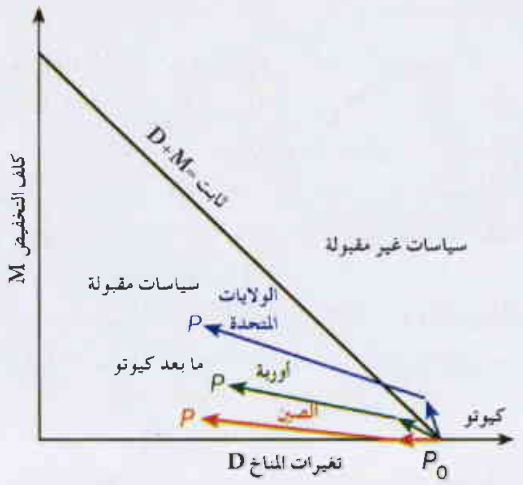
لكن تنشأ مضاعفات أبعد من ذلك عندما يتعرض مفاوضو السياسة المناخية للضغوط من جانب مجموعات أصحاب المصالح المتباينة، أو أن يميلوا إلى "ركوب الموجة" بحيث لا يفعلون شيئاً مكتفين بالاستفادة من الجهود التي يبذلها الآخرون في هذا الصدد. وقد يكون لديهم تصور مختلف تماماً عن تغير المناخ في المستقبل وعن الكيفية التي ستتطوّر بها المنظومة الاجتماعية الاقتصادية.

في ضوء هذه الفروقات العالمية الحقيقية، يبدو أن تحقيق انبعاثات متفائلة أو قريبة من الكمال لثاني أكسيد الكربون من خلال وجود مخطط عالمي افتراضي هو ضرب من المحال. وعلى من يقومون بوضع موديلات التقدير المتكامل أن يقدِّموا طيفاً من وجهات النظر.

إن التحديد الأكثر وضوحاً لأصل التقديرات المختلفة للسياسات المناخية بفعل العوامل الفاعلة المختلفة سيساعد المتفاوضين في إيجاد سياسات مناخية طويلة الأمد يمكن قبولها على نطاق واسع. وعلى سبيل المثال فإن توافر مجال واسع من خيارات السياسات قد يساعد

صانعي السياسات في تخطي الطريق الحالي المسدود الذي انتهى إليه تنفيذ بروتوكول كيوتو Kyoto protocol (الشكل 4).

الشكل (4)، تأثير اتفاق كيوتو



باستخدام نمذجة التقدير المتكامل يمكن تمثيل التأثير المترتّب على السياسات المناخية المختلفة بنقاط في مخطط معرَّف بتكاليف التلطيف المناخي (M) بدلالة كلفة الضرر (D). وتمثل الأسهم عوامل فاعلة محددة تبرز من السياسة الصفرية zero policy (P0) (أو السياسة السابقة) باتجاه السياسة الجديدة (P). وتكون سياسة المناخ مقبولة لكل العوامل الفاعلة شريطة أن تقع نقاط الأسهم تحت الخط المرجعي الذي يصنع زاوية مقدارها 45°، الذي يكون فيه مجموع M وD ثابتاً. يبين الرسم ثلاثة تقديرات افتراضية لتأثير سياسة مناخية ما قصيرة الأمد كتلك التي أقرها اتفاق كيوتو (الأسهم القصيرة)، بالإضافة إلى سياسة مناخية ممكنة بعد كيوتو (الأسهم الطويلة) وذلك فيما يتعلق بثلاثة تجمعات هي: الصين وأوربة والولايات المتحدة الأمريكية.

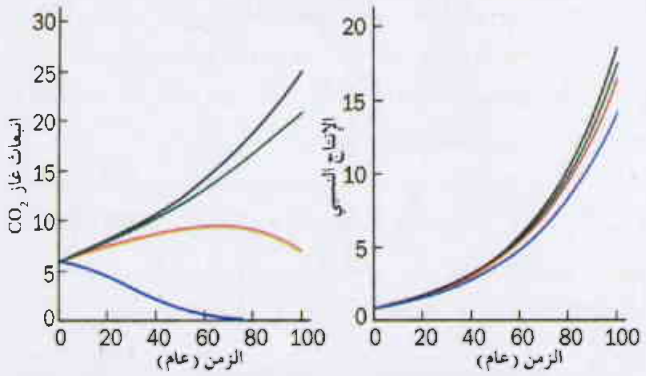
موديلات متعددة العوامل الفاعلة

ولكن أخذ قلّة من العوامل الفاعلة بعين الاعتبار حين مناقشة مفاوضات المناخ غير كافٍ للوصول إلى توجيهات مفيدة فيما يتعلق بسياسة المناخ. فالسياسيون معنيون بتأثير السياسات المناخية على النمو الاقتصادي، وعلى دورات الأعمال التجارية، والبطالة والهجرة وعدم الاستقرار السياسي وما شابه ذلك. وهذه قضايا لا يمكن التصدي لها بموديلات توازن السوق التام perfect-market equilibrium models، بل تتطلب موديلات متعددة العوامل الفاعلة وتتضمّن وسطاء متنوعة في الأقطار المختلفة تمثل أعمالاً ومستهلكين ومؤسسات غير حكومية بالإضافة إلى وسائط الإعلام والمربين ورجال الدين وغيرهم. وبالطبع فإن المتغيِّرات الاقتصادية التقليدية – كرؤوس الأموال والمادية والبشرية والبضائع الاستهلاكية والدخل والتوفيرات والمصادر الطبيعية – يجب أن تدخل في الحسبان كذلك. إذا ما أخذنا بالحسبان عدم إمكانية التنبؤ بأفعال هذه الوسطاء يتضح أننا ما نزال بعيدين عن فهم هذه المنظومة في أي مستوٍ قريب من المنظومة المناخية.

وأكثر من ذلك، فإن التأثرات ضمن منظومة لاخطية معقدة كهذه لا تولد بالضرورة حالة مستقرة تقاربية بطيئة التطور تتطابق مع حلول توازن السوق التام المفترضة في الجيل الحالي من موديلات CGE وGE. بل إن الأرجح هو ظهور مسارات متغيرة بشدة تمثل أوضاع العالم الواقعي من أمثال البطالة البنيوية structural unemployment، والاستثمارات تبعاً لتغير أفضليات المستهلكين، والاختلالات في الموازين التجارية على النطاق الإقليمي، بالإضافة إلى قيام نزاعات مدنية ومعالم سوق غير تامة أخرى، بما في ذلك تذبذبات شواشية chaotic يتعذر التنبؤ بها.

لقد تمت نمذجة تطور أشكال مختلفة من مجتمعات تعاونية أو لاتعاونية باستخدام موديلات أوتوماتية خليوية بسيطة تتأثر فيها عوامل فاعلة أو مجموعات عوامل فاعلة متطابقة أساساً مع أقرب مجاوراتها وفق القواعد الأولية. وكمثال جيد على ذلك نذكر نموذج شُغَرسكيب Sugerscape المألوف الذي أبدعه جوشوا إبشتاين Joshua Epstein وروبرت أكستل Robert Axtell من معهد بروكنغز في واشنطن العاصمة، وهو برنامج يكشف النقاب عن كيفية تعامل المجتمعات الافتراضية مع المجاعة والنمو السكاني، والهجرة والتجارة والنزاعات وقضايا اجتماعية اقتصادية أخرى. فهذا النهج التصاعدي يمكن توسيعه ليشمل تشكيلة عوامل فاعلة متنوعة تمت نمذجتها حسب

الشكل 5، نماذج المؤثرات المتعددة



يمكن حساب انبعاثات غاز أكسيد الكربون (إلى اليسار) والإنتاج الاقتصادي (إلى اليمين) باستخدام موديلات دينامية للتقدير المتكامل. وفي هذا الموديل (أعلاه) تقوم بالأفعال أربعة عوامل هي: النشاطات التجارية (التي تسعى لتحقيق أعلى ربح من خلال قرارات استثمار مناسبة)، والمستهلكون (الذين يؤثرون في استثمارات رؤوس الأموال من خلال أفضلياتهم لمنتجات صديقة أو غير صديقة للبيئة، وأصحاب الأجور (الذين يفاوضون زيادة الأجور)، والحكومات (التي تفرض ضرائب الكربون بهدف تخفيض انبعاث غازات الدفيئة). يظهر الشكل ثلاثة سيناريوهات للتحكم في المناخ أحدها له تأثير ضعيف على انبعاث غازات الدفيئة (باللون الأخضر)، وثنائيها معتدل التأثير (باللون الأحمر) وآخرها قوي التأثير (باللون الأزرق)، وذلك على مدى مائة عام قادمة، هذا بالإضافة إلى النشاطات التجارية المعتادة (باللون الأسود) التي لا تطبق فيها إجراءات تتناول انبعاث غازات الدفيئة. وكما يبدو من الشكل فإنه يمكن تحقيق تخفيض ملموس في انبعاث غاز ثنائي أكسيد الكربون مقابل انخفاض ضئيل نسبياً في النمو الاقتصادي.

الأنماط السلوكية للعوامل الفاعلة في المنظومة الاقتصادية الاجتماعية الحقيقية.

لقد استُخدم موديلٌ تقييم بسيطٍ متكامل ديناميٍّ متعدد العوامل الفاعلة (MADIAM) للتنبؤ بتنامي كلٍّ من انبعاثات غازات الدفيئة عالمياً والإنتاج الاقتصادي حسبما تتحكم به تأثيرات أربعة عوامل فاعلة مستقلة هي: الأعمال التجارية، والمستهلكون، والأيدي العاملة المأجورة والحكومات (الشكل 5).

ويظهر هنا أن منحنيات صافي النمو العائدة لثلاث مجموعات مختلفة من استراتيجيات التحكم تطبقها هذه العوامل الفاعلة تبدي في المحصلة تأثيرات قوية ومعتدلة وضعيفة على تخفيض انبعاث غازات الدفيئة. وبدراسة منحنيات النمو لقرائن اقتصادية مختلفة (مثل رأس المال، والإنتاجية، والأجور، والضرائب، وغير ذلك) نستطيع أن نستقي معلومات عن التأثيرات بين استراتيجيات تحكم العوامل الفاعلة المختلفة ومن ثم نقوم بوضع استراتيجيات تلطيف أفضل.

من الممكن استخلاص استنتاج بسيط ومهم من موديل MADIAM شأنه شأن كل الدراسات الخاصة بالتقديرات المتكاملة: مفاده أن الغرامة الاقتصادية لتحقيق تخفيض مهم في انبعاث غازات الدفيئة ليس باهظاً (ربما يقتصر على بضع سنين خلال قرن) إذا عُبِّر عنه بلغة تأخير النمو الاقتصادي الطويل الأمد عوضاً عن التعبير عنه برقم مطلق مخيف من الواحدات النقدية. وبذلك يكون ثمناً مقبول الدفع تفادياً للمخاطر المجهولة والعارمة التي تنجم عن حدوث تغيُّر مناخي كبير.

ولكن هذه النتائج الخاصّة مبنيّة على موديل ذي معدَّل عالمي. أما وضع توصيف حقيقي للقوى المتعددة الوجوه التي تسعى للتوفيق بين الاهتمامات الفردية وبين الهدف العالمي المشترك، بحيث ينشد حماية المناخ في منظومة كبيرة التعقيد ومتعددة الأقاليم وسريعة التطوُّر، فإنه يعد بشكل واضح مسؤولية رئيسة. ومع هذا تتوافر لدينا الأدوات الأساسية والضرورية لتولّي هذه المهمة ولردم الهوّة الراهنة بين النهجين التصاعدي والتنازلي في النَمذجة الاقتصادية الاجتماعية.

تتطلب موديلات التقدير المتكامل بالإضافة إلى إدخال ديناميات العوامل الفاعلة المتعددة، أن تركِّز أكثر فأكثر على قضايا التغيُّر التقاني والمجتمعي. فإذا رغبنا تفادي حدوث تغير مناخي كبير، فإن موديلات المناخية توحي بأننا بحاجة إلى تحقيق نقلة نحو تقانات للطاقة خالية من الكربون بشكل أساسي خلال فترة تقارب مائة عام. وهذا يتطلب تغيرات رئيسة في الأنماط الاقتصادية والاجتماعية وليس فقط في تقانة الطاقة.

يدور اليوم جدل تقاني واسع حول مصادر للطاقة المتجددة renewable energy مثل حرارة جوف الأرض geothermal والطاقة الحيوية biomass والطاقة الشمسية solar وطاقة الهدروجين وحول مستقبل الطاقة النووية. وعلى المستوى الاقتصادي يتركز الجدل حول السرعة التي يمكن بها تحقيق تخفيض في تكاليف التقانات الجديدة، كما يتناول الجدل كذلك الأثر الذي يعكسه الاستثمار في مجال البحث والتنمية R&D على تخفيف تغيرات المناخ وأثر ذلك على الاقتصاد ككل. ويناقش علماء الاجتماع دور وسائل الإعلام والتقاليد الثقافية في تحقيق تغييرات في أنماط السلوك، في حين يتركز جدال السياسيين حول تأمين سياسات مناخية فعّالة تصمد في وجه الاهتمامات المتباعدة.

أما الصعوبة الأساسية التي تكتنف جميع دراسات التقدير المتكامل للتغيُّر المناخي فإنها تتمثل في المدى الزمني الطويل لهذه الدراسات. فغاز ثنائي أكسيد الكربون يمكن أن يبقى في الغلاف الجوي لمدة تزيد على قرن كامل قبل أن تتمكن المحيطات والغلاف الحيوي من امتصاصه، كما يمكن أن يستغرق انتقال الحرارة إلى أعماق المحيطات زمناً أطول من ذلك. إن هذه الأزمنة الطويلة تتخطى آفاق التخطيط السياسي والاقتصادي العادية وتقدم ارتيابات مهمة في تطور المنظومة الاقتصادية الاجتماعية العالمية التي تُحفِّزُ التغيُّر المناخي وتستجيب له.

من كان يتنبأ قبل 20 سنة خلت ظهور الإنترنت أو النمو الاقتصادي السريع في الصين أو التحوُّل السياسي الذي حصل في الاتحاد السوفيتي السابق؟ وعليه فإن أكبر مصدر للارتياب في التصورات المستقبلية المناخية لايكمن في الموديلات المناخية ذاتها، بل في انبعاثات غازات الدفيئة المفترضة، الأمر الذي يقيّد تصورات التقدير المتكامل في حدود السيناريوهات بدلاً من التنبؤات. وهذا ما يحد من التنبؤات المستقبلية للتقديرات المتكاملة والتي ترتبط بالسؤال "ماذا لو" والسيناريوهات المتاحة بهذا الصدد وليس في التنبؤات.

نهجٌ مُجتمعيٌّ

ولمعالجة هذه القضايا بشكل ناجع نحتاج إلى جهود متضافرة للعديد من العلماء العاملين في مؤسسات ومعاهد مختلفة. ولبلوغ هذه الغاية فقد اقترح أحد مؤلفي ورقة البحث هذه (وهو HJS) الذي يعمل في معهد كارلو جاغر Carlo Jaeger لبحوث الآثار المناخية في معهد بوستدام وزملاؤه من معاهد أخرى تنتمي إلى المنتدى المناخي الأوربي نهجاً طموحاً بعنوان "نهج الوحدات القياسية الموزَّعة approach distributed modular".

إن المفهوم الأساسي لمنظومة التقدير المتكامل المجتمعي والتي يرمز لها اختصاراً بـ (CIAS) هو ابتكار منظومة مفتوحة تنمو، وتتعزز، يطبّقها كل من المجتمع العلمي وأصحاب المصالح وصانعو القرار المهتمون بتغير المناخ. إن نهجاً كهذا سيهيّئ منظومة تستطيع الربط بين طيف واسع من مساقات modules فرعية ذات بارامترات وعلاقات وظيفية وحتى صيغ علمية متنوعة عبر "مُزاوج مركزي" central coupler يؤمن أداة متعددة المزايا لتحرّي تأثير تدابير السياسات المختلفة في ظل افتراضات اقتصادية اجتماعية مختلفة.

إن هدف هذه الفكرة هو أن يستطيع الخبراء الموجودون في موقع تحليل المعلومات استقبال طلبات النصح والاستجابة لها

وكذلك الوصول إلى مكتبة بيانات وموديلات CIAS، والاستفادة من خبرة المجتمع العلمي، وإيجاد حلول للمشاكل التي يطرحها مجتمع أصحاب المصالح. وسيكون أكبر تحد يعترض سبيل مفهوم CIAS تصميم إجراءات تستطيع المواءَمة بين نهوج النمذجة ولغات التكويد coding المختلفة المستخدمة في المساقات المتنوعة التي يجب ضمها معاً في المشكلات الخاصة. ولكن إذا نجح نهج منظومة التقدير المتكامل المجتمعي، ولاسيما حين تدعيمه بتقانة الحسابات الشبكية – فإن هذا النهج يستطيع تغيير الأسلوب الانفرادي لنمذجة التقدير المتكامل المعمول به حالياً، الأمر الذي يفضي إلى تفاعل أوثق بين العلماء وأصحاب المصالح وصانعي القرارات. وهذا ما يراه ضرورياً كل من يعنيه الأمر.

لقد سئل منذ بضع سنوات ريتشارد بِندك Richard Benedick – المفاوض الرئيسي للولايات المتحدة الأمريكية في موضوع تخفيض انبعاث غازات CFC (أي غازات cloro fluoro carbon) عما إذا كان المفاوضون قد وجدوا تحليلات موديلات التقدير المتكامل مفيدة فأجاب ببساطة "أقول بصراحة لا، فهي لا زالت بعيدة جداً عن الحقيقة". إن التحدي الماثل أمام العلماء هو استثارة استجابة أكثر إيجابية عندما يطرح السؤال ذاته مرة ثانية للمفاوضين حول المناخ.

* * *

* *

*

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

ألمعيٌّ يبحث عن عقاقير لتقوية الذاكرة★

إليوت مارشال

ملخص

سُعاة للشراء متلهفون، بدءاً من مرضى الزهايمر Alzheimer وانتهاءً بالمتفوقين، ينتظرون أوائل عقاقير تحسين الذاكرة. ويتسابق اليوم علماءُ مشاهيرُ لتقديم هذه البضاعة.

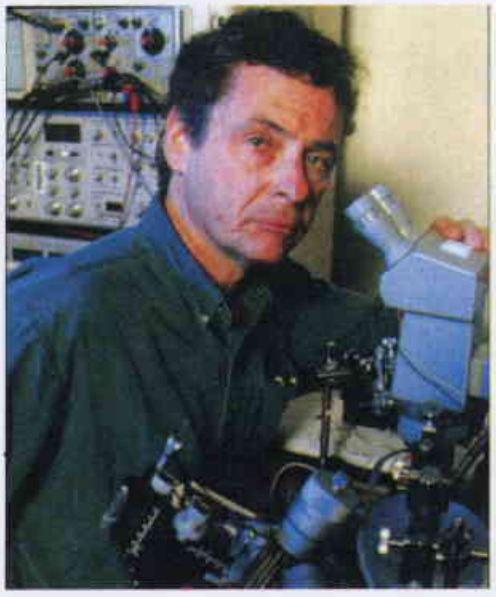
الكلمات المفتاحية: *الذاكرة، داء الزهايمر، المستقبلات الخلوية، النواقل العصبية، العقاقير، الأدينوزين أحادي الفسفات الحلقي.*

النسيان عيبٌ شائع يرافق الشيخوخة، وقد وعدت الأدوية المُجازة بشفائه ذات يوم. لكن إنقاذ الذاكرة انتقل الآن من زيوت الأفعى والتأثيرات الغُفْل placebo إلى الخط العلمي السائد. وثمة انفجار في أعداد الأدوية المرشّحة والمصمّمة لتقوية الذاكرة في السنوات الأخيرة، وقد دخل العديد منها مرحلة التجارب السريرية. ومع أن قلة من الإكسيرات elixirs تساقطت على قارعة الطريق، فإن المراقبين يشهدون علامات مشجعة في اتساع وعمق التجريب السريري.

وبالرغم من انخراط معامل صيدلانية عملاقة في هذا الشأن إلى حدٍّ كبير، فإن بعضاً من أكثر الجهود طموحاً تقودها شركات صغيرة، يرتبط كل منها بعالم أكاديمي بارز، ويدعمه معهد علمي مشهور. ويقوم علماءُ نجومٌ بجَذب انتباه وسائل الإعلام نحو هذه المغامرة وإعطائها مسحة من الفتنة.

إن الإمكانات التجارية لمقويات الذاكرة إمكانات ضخمة. فبعض العقاقير التي هي قيد التطوير يجري تصميمها لمساعدة المصابين بداء الزهايمر أو باضطرابات دماغية أخرى، هؤلاء تتزايد أعدادهم بسرعة كبيرة مع شيخوخة الناس. لكن معظم هذه العقاقير قد يعالج كذلك، وبقدرٍ مساوٍ من النجاح، الضعف المعرفي cognitive الطفيف الذي يمثل حالة سريرية فرعية كثيراً ما تتطور إلى الإصابة بداء الزهايمر، أو يعالج أشكال التراجع في الذاكرة التي تشيع حتى لدى الناس الأصحاء. وتخطط اليوم بعض الشركات لعلاج متاعب الذاكرة التي ترافق الأمراض العقلية والتخلف العقلي. وحتى الفئة التي يغلب عليها القلق والتي تكثر بين أفراد جيل النصف الثاني من القرن الماضي (وهم أبناء زمن ازدهار التكاثر في الولايات المتحدة baby boomers) فقد يكونون في نهاية المطاف زبائن يلتمسون مداواة زلّات الذاكرة. وتتداخل هذه الفئة مع البضاعة الضخمة في إمكاناتها والمزعجة أخلاقياً والتي تضم أناساً يتناولون العقاقير غير المخوّلة طبياً لغرض تحسين قوة ذاكرتهم أكثر من رغبتهم في علاج فقد ذاكرة.

ويقول الكيميائي الأحيائي توم ديتز T. Dietz (معاون المسؤول التنفيذي الرئيسي في شركة Pacific Growth Equities التي تستثمر في سان فرنسيسكو وتتابع ما يجري من تطور في هذا الحقل العلمي): "ثمة كثير من الحماس للمعالجات الجديدة"، ويستطرد قائلاً: "لدينا سكان يتقدمون بالسن بأعداد مطّردة. لذلك فإن هذه الشركات تملك سوقاً جاهزة"، وليس هناك من منافسة كبيرة من جانب العقاقير المخوّلة الأخرى. ويضيف قائلاً: "نحن نشهد الآن تتويج سنوات عمل كثيرة في الظل"، ويختتم قائلاً: "وهذا ما لا نصادفه في أحوال كثيرة". وقد أعلنت عيّنة من هذه الشركات أنها تسير نحو الأهداف ذاتها، ولكن



بداية مبكرة: غاري لنش من جامعة كاليفورنيا في إيرفن ساعد في تأسيس شركة Cortex قبل أكثر من عقد مضى. وقد بدأت هذه الشركة في تسعينيات القرن الماضي بتطوير عقاقير لتقوية الذاكرة تدعى أمباكينات ampakines.

★ نُشر هذا المقال في مجلة *Science*, Vol 304, 2 April, 2004. وتمت الترجمة في هيئة الطاقة الذرّية السورية.

بأساليب واستراتيجيات مختلفة.

كشف حساب

كان غاري لنش G. Lynch من أوائل المستكشفين لهذا المجال. وهو باحث في الطب النفسي وفي السلوك البشري بجامعة كاليفورنيا في إيرفن، وقد عمل في إرشاد شركة صغيرة تدعى Cortex Pharmaceuticals أثناء سنوات إنشائها في الثمانينيات من القرن الماضي، حين كانت تهتم في علاج السكتة الدماغية والأمراض التنكسية العصبية باستخدام عوامل النمو. يقول لنش إن الشركة بناءً على إلحاحه بدأت في التسعينيات تركّز على جزيئات دعيت باسم أمباكينات ampakines وتعمل على تحوير مستقبلات أمبا AMPA receptors التي تستجيب للناقل العصبي (غلوتامات). فلدى تلقّي هذه المستقبلات النوع الصحيح من التنبيه العصبي فإنها تقوّي المشابك synapses. والمشابك هي نقاط تماس بين العصبونات يتم عندها تبادل المعلومات. ووفقاً لهذه النظرية، فإن المشابك الجديدة أو ازدياد حساسية المشابك الموجودة تكتب خبرات في الذاكرة.

بدأ لنش هذا العمل بعد أن علم بمركّب يُحتمل أن يعزّز الذاكرة وهو الأمباكين ampakine، وذلك من ورقة علمية قبل الطبع preprint للياباني إيساو إيتو I. Ito الذي يعمل في شركة Chugai Pharmaceuticals. ويذكر لنش بعد فترة قصيرة من "لقاء تصادفيّ" جمعه مع الكيميائي الدوائي غاري روجرز G. Rogers يوم كان في جامعة كاليفورنيا بسانتا باربارا أن الأخير استنتج سريعاً أنه يستطيع عمل نسخة جديدة من الأمباكين "أشد قوة وأكثر استدامة". وهنا شكّل روجرز ولنش فريق عمل "موحد" بقصد صنع عقّار أمباكين يجري الآن اختباره في شركة Cortex كمركّب يحمل الرمز CX 516. وتقول شركة Cortex إنه تمّ إجراء الاختبارات السريرية للطورين الأول والثاني، كما أقرت صحة المبدأ وسلامة هذا المركّب. ولكن ليس من المحتمل أن يصبح عقّاراً موصوفاً، حسب تعليق لنش، لأن قوته ضعيفة. وتتوجه الآمال الآن نحو مركّبات خليفة له تتضمن CX 717 الذي سيدخل عاجلاً مرحلة الاختبار السريري.

ويقول لنش: "نحن وكل من يستعمل الأمباكينات نسعى لتسهيل تكويد الذاكرة"، بمعنى خلق أثارة trace عصبية لخبرة ما. وعلى النقيض من ذلك، تشدّد بضع شركات أخرى جديدة على خطوة مختلفة قليلاً، تستهدف الماكنَة البروتينية protein machinery التي ترسِّخ الذاكرة. ويقول لنش: "سيكون من الممتع مراقبة هذا التنافس".

اشتقاق من نوبل

تميّزت مؤسسة Memory Pharmaceuticals Corp؛ وهي شركة صغيرة في مونتفال (بنيوجرسي) بمجلات مثل Forbes و Business Week مستفيدة من شهرة عالمها ومرشدها الروحي إريك كاندل E. Kandel، وهو بيولوجي عصبي في جامعة كولومبيا بمدينة نيويورك تقاسم جائزة نوبل في الفيزيولوجيا أو الطب في عام 2000 لقاء عمله في مجال الكيمياء الحيوية للتأشير العصبوني neuron signaling. وكان قد أُغدق على كاندل كثيرٌ من الجوائز خلال سيرته الأكاديمية الطويلة التي نذرها لدراسة كيفية تشكّل وخَزْن الذاكرات على المستوى الجزيئي.

ويقول كاندل إن فكرة تأسيس شركة المستحضرات الصيدلانية للذاكرة Memory Pharmaceuticals تبلورت في جلسة عشاء جمعته في إحدى الليالي مع والتر جيلبرت W. Gilbert الكيميائي الأحيائي بجامعة هارفارد الحائز على جائزة نوبل في الكيمياء عام 1980. وكان كلاهما منخرطين بشركة أخرى ويناقشان أبحاث الذاكرة. وهنا يستذكر كاندل أن زوجته دينيس اقترحت أن نبدأ بتأسيس شركة. وقد تمّ تنفيذ هذا المشروع عندما استقطبا الرأسمالي المغامر جوناثان فلمينغ J. Fleming والمدير العلمي أكسل يونتربيك A. Unterbeck من شركة باير، لتأسيس شركة المستحضرات الصيدلانية للذاكرة المشار إليها آنفاً في عام 1988.

لقد اعتمدت هذه الشركة (التي تُعدُّ جامعة كولومبيا من مناصريها الأوائل، أنموذج كاندل Kandel's model المتعلّق بتوطيد الذاكرة الطويلة الأمد لغرض البحث عن جزيئات محتملة تقوي

نقطة مقابلة: يُعدّ إريك كاندل من كولومبيا (فوق) وتيم تولي من مختبر كولد سبرنغ هاربور، مؤسّسي شركتين متنافستين هما Memory Pharmaceuticals و Helicon Therapeutics على التوالي. وتبحث الشركتان كلتاهما في تحسين الذاكرة عن طريق رفع مستويات CREB.

الذاكرة في النماذج الحيوانية. وكان هدفها الأول علاج داء الزهايمر. ولكنها هدفت كذلك إلى معالجة خرف الشيخوخة الوعائي vascular dementia، والفصام schizophrenia، والاكتئاب depresstion وفقدان الذاكرة المرتبط بتقدم العمر.

ولغاية الوقت الحاضر، فقد حدّدت شركة Memory Pharmaceuticals أربعة عقاقير قيد التطوير. وكان أكثرها اختباراً (MEM 1003) الذي أجازته شركة Bayer. وقد صمم هذا العقّار لوقاية العصبونات من الدخول الفائض لشوارد الكالسيوم، الأمر الذي يُعدّ خللاً شائعاً في الدماغ المتقادم في العمر والذي يتلف العصبونات ويؤدي في نهاية المطاف إلى إيذاء الوظيفة المعرفية cognitive function.

ويلي ذلك على الطريق عقّاران آخران مشتقان من أنموذج كاندل، وهما (MEM 1414) و (MEM 1917). وقد جرى تصميمها لتحسين الذاكرة من خلال تعزيز كميات ناقل عصبي مهم يدعى (الأدينوزين أحادي الفسفات الحلقي cAMP) ودعم بروتين يحوّره ذلك الناقل (ويدعى CREB)، مع العلم أن هذا الأخير يتمتع بمقدرة على تشغيل الجينات وإيقافها. ويُعتقد أن تقلبات كميات CREB تستطيع إعادة تشكيل المشابك reshape وتفيد في تثبيت الذاكرات. أما المركّب المرشح الرابع فهو عقّار يرمز له (MEM 3454)، وهو مركّب مضاد للفصام يتوجه نحو هدف آخر هو المستقبل النيكوتيني ألفا – 7. ونشير إلى أن النيكوتين يخفّف بعض أعراض هذا المرض. ويرى الباحثون أن ذلك قد يفسر ارتفاع نسبة المدخنين بين المصابين بالفصام.

لم يستكمل اختبار السلامة الأول (الطور I) سوى العقّار (MEM 1003)، حيث جرت تجربته على 185 شخصاً. والعمل "جارٍ على قدم وساق" الآن في اختبار العقّار المعزِّز للأدينوزين أحادي الفسفات الحلقي الذي يحمل الرمز (MEM 1414). ويجري الإعداد لاختبارات الطور الثاني عليه. ولقد استثمرت الشركة الصيدلانية السويسرية Roche مبلغ 37 مليون دولار ونيف في هذا الصدد حتى الآن، ووعدت بنحو 248 مليون دولار أخرى إذا أنجز الباحثون مراحل تخصصية محددة. ويستعر السباق بين المعنيين للفوز بأول مستحضر لتقوية الذاكرة.

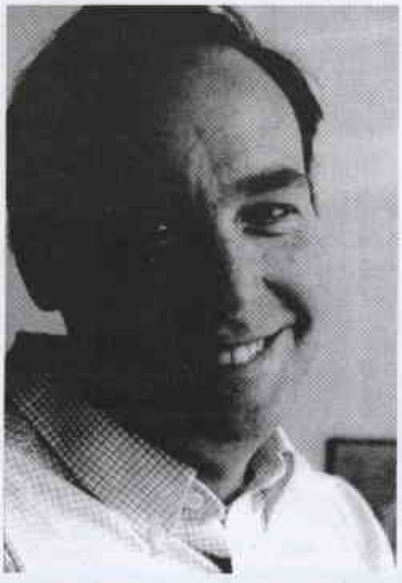
وازداد التنافس لدى نوايا جماعة Memory Pharma في ربيع هذا العام، فهي تستعدّ للتحول من شركة خاصة إلى شركة عامة. وقد أعدّت ملف تسجيل فدرالي تقترح فيه بيع خمسة ملايين سهم مالي في عرضها الأول، وبقيمة 14 دولاراً للسهم الواحد. وسيبدأ البيع بعد مصادقة لجنة الضمانات والتحويل Securities & Exchange Commission. ولكن مدراء الشركة لا يستطيعون بحسب قول ناطق باسمها الإدلاء بمزيد من المعلومات لأنها في فترة تهدئة تفرضها القوانين الأمنية في الولايات المتحدة الأمريكية. إنها خبرة جديدة بالنسبة لكاندل الذي يعد أستاذاً متحدثاً ومتحمساً. ومع أنه لا يستطيع التعليق على تطلعات الشركة، فإنه يقول بأنه مستمتع بهذه المهمّة.

التنافس

ثمة شركة أصغر تدعى Helicon Therapeutics تسعى للوصول إلى أهداف مشابهة، وتدور أعمالها حول أبحاث تيموثي–تولّي T. Tully وجيري ين J. Yin التي تجري في مختبر Cold Spring Harbor، بفارمنغ دال، في نيويورك. ويشترك كل من تولّي و كاندل في أن اختصاصهما واحدٌ وموجهٌ نحو دراسة الأسس الجزيئية للذاكرة، كما يركّز تولّي على دور الأدينوزين أحادي الفسفات الحلقي cAMP والبروتين CREB. ولقد أحرز الشهرة حينما نشر تقريرين في عامي 1994 و 1995 عن ذبابة الفاكهة المهندسة وراثياً (جينياً) لإنتاج كميات كبيرة من بروتين CREB. فلقد حقّقت هذه الحشرات إنجازات ذاكرية فذة مدهشة، إذ تعلمت سلوك مسار جديد للوصول إلى الطعام بعد مرورها فيه لمرة واحدة فقط، أي إنها أبدت سرعة تعلم فاقت كثيراً سرعة الذبابات العادية.

ويوجد تشابه كبير بين الشركة العائدة لتولّي وشركة Memory Pharmaceuticals في أنهما تستقطبان الجزيئات التي تدعم أو تعزّز مستويات البروتين CREB في العصبونات على أمل أنهما بذلك سيحسِّنان وظيفة الذاكرة لدى المرضى كبار السن. أما العنصر الحاسم في كلتا الحالتين فإنه يتمثّل في تحديد الأنزيمات النوعية (أنزيمات الفسفوداي استيراز) التي تقوض بروتين CREB وتثبط تأثيره. وتملك شركة Helicon وشركة Memory Pharmaceuticals الاهتمامات والتراخيص التي تستطيع التحدّي.

يقول تولّي إن ما دفعه لإنشاء شركة Helicon يتعلق بتقرير عن بروتين CREB لا علاقة له ببحثه، وهو تقرير نشرته مجلة Nature عام 1995. إذ حدّدت الدراسة خللاً في بروتين بشريٍّ رابط لبروتين CREB يرافق أحد أنماط التخلف العقلي يدعى "متلازمة روبنشتاين – تايبي". وفي مناقشة له مع جيمس واتسون J. Watson رئيس مختبر Cold Spring Harbor رأى تولّي أن الطريقة الوحيدة لاختبار إمكانية علاج هذه المتلازمة تكمن في إنشاء شركة وصنع عقاقير تؤثر في بروتين CREB. ويضيف تولّي أن واتسون



مقامر مراوغ: قام مارك بير من معهد ماساشوسيتس للتقانة مع زملائه في براون بتأسيس شركة Sention، وهي شركة هادئة لصنع عقاقير الذاكرة حاولت أن تتجنب رادار وسائل الإعلام.

شركات منتقاة لعقاقير الذاكرة

مقويات الذاكرة قيد التطوير	الطاقم	التأسيس	الموجه الأكاديمي	اسم الشركة
عقّار واحد في الطور I عقّار واحد في الطور II	22	1987	غاري لنش	Cortex Pharmaceuticals
عقّار واحد في طور التجريب قبل السريري	20	1997	تيم تولّي	Helicon Therapeutics
عقّاران اثنان في الطور I	75	1998	إريك كاندل	Memory Pharmaceuticals
عقّار واحد في الطور I عقّار واحد في الطور II	28	1999	مارك بير	Sention Inc

اقتنع بالفكرة، وأصبح هذا المختبر مستثمراً رئيساً في شركة Helicon.

ويقول المسؤول التنفيذي الرئيس للشركة جون تولمان J. Tallman، إنه بعد مرور سبع سنوات أصبح لدى شركة Helicon عقّارٌ واحدٌ جاهزٌ ومرشحٌ للاختبارات البشرية، وهو عقّار مثبط لأنزيم الفسفوداي استيراز. ويمكن استعمال هذا العقّار في علاج داء الزهايمر المبكر وفي الضعف المعرفي الطفيف، ويذكر تولمان أن التجارب التي أجريت على الحيوانات سارت بشكل جيد حتى الآن، وأن الطور الأول للاختبارات السريرية قد أصبح جاهزاً للبدء به "في النصف الثاني من عام 2004". ثم يمضي قائلاً: "من المبكر جداً" الحديث عن مشاريع أخرى. وخلافاً لشركة Memory Pharmaceuticals المنافسة لها، فإن شركة Helicon لا تبيع أسهماً للعموم. ويقول: "نحن سعداء أن نظل شركة خاصة"، وإن عدم وجود شركة مشاركة يعد أمراً حسناً أيضاً، لأنه يُتيح لمؤسسي الشركة "مزيداً من التحكم" بها.

مفاجأة الحلبة

لم تَحْظَ شركة Sention Inc.، وهي المتفرِّعة من جامعة براون في بروفيدنس، رود أيسلاند، إلا بقليل من الانتباه. ويقول في وصفها هاري م تراسي H. M. Tracy محرر NeuroInvestment التي تعد رسالة إخبارية (في راي Rye، نيوهامشير) تتقصّى الأعمال: "إنها الشركة المراوغة stealth bomber" بين شركات تحسين الذاكرة. ويضيف قائلاً: إن هذه الشركة "محترسة جداً" مع أنها أدرجت مركّبين اثنين أحدهما في حيّز الطور الأول من الاختبارات السريرية والآخر في حيّز الطور الثاني. ويعترف مارك بير M. Bear مساعد مؤسس شركة Howard Hughes، الذي يعمل الآن باحثاً في العلوم العصبية في معهد ماساشوسيتس للتقانة، أنه يريد التعتيم على الأمر قائلاً: "إننا نحاول أن نبقى هادئين .. ونَدَعُ شركتي Helicon و Memory تستأثران ببريق الشهرة". لقد أسس بير الشركة في براون عام 1999 مع زميلين له هما ليون كوبر L. Cooper، وهو عالم أعصاب نظري كان قد حصل على جائزة نوبل في الفيزياء عام 1972، و ميل إبشتاين M. Epstein، الذي كان يومئذٍ رئيس العلوم العصبية السريرية في براون. ويقول بير بأن الناحية المتميزة في نهج شركة Sention تتمثل في اتّصافها بتركيز أوسع يتناول الوظائف التي "تهيّء الأساس لبروتين CREB الذي ينظم قوة تصليب الذاكرة". ولكنه غير مستعد للبوح بالتفاصيل.

ويقول راندل كاربنتر R. Carpenter المسؤول التنفيذي الرئيس عندما سُئل عن الشائعات حول التركيز بشكل خاص على مستقبلات الغلوتامات: "إننا من الشكوكين بالمستقبلات.. إننا نحاول إبراز التعبير المورثي gene expression للبروتينات التي تستعمل "كأحجار بناء شمولية في خزن الذاكرة". ووعد بير أن تكون النتائج متاحة "بحلول نهاية السنة".

ويناضل عديد من الشركات الصغيرة الأخرى لإيجاد موطئ قدم مربح من خلال نتائج مختلفة. ويوجد لدى دانييل ألكون D. Alkon -العالم العصبي بجامعة ويست فيرجينيا في مورغان تاون- ترخيص يتعلّق بخطٍ آخرٍ من المستقبلات العصبية. فالشركة التي كان هو ذات يوم مرتبطاً بها، وهي NeuroLogic في روكفيل بميرلاند، موّلت الطورين الأول والثاني من الاختبارات السريرية. ولكن ألكون قال مؤخراً: "إنها (أي الشركة) أصبحت أقل فعالية"، في حين يقول مسؤول في الشركة إن أصحاب الشركة وهذا الأخير قد افترقا. ومن جهة أخرى، ثمة شركات أخرى تتقدّم بسرعة، ونشير إلى أن معظمها لا يقيم إلا ارتباطات أكاديمية مباشرة ضئيلة. ونذكر منها شركتي AGY Therapeutics في ساوث سان فرنسيسكو و Saegis Pharmaceuticals في هاف مون باي، في كاليفورنيا.

لقد كانت تلك مجرد حفنة من مشاريع للتقانات الحيوية قد تكون باعثاً لولادة أول جيل لعقاقير تحسين الذاكرة. ويسعى كل منها لأن يخط طريقاً خاصاً به في هذا العلم. وتمسك كل شركة بمجموعة من التراخيص، كما تحاول كل منها أن تستقطب التمويل اللازم لتسويق مكتشفاتها تجارياً. وينحو الأمر لأن يكون سباقاً جديراً بالذاكرة.

ليزر بلورات فوتونية وحيد الخلية يعمل كهربائياً★

هـ.ج.بارك، س.هـ.كيم، س.هـ.كوان، ج.ك.يانغ، ي.هـ.لي، ج.هـ.بائك
قسم الفيزياء، معهد كوريا المتقدّم للعلم والتقانة. ديجوان 305-701 كورية.
س.ب.كيم، ي.ج.جو
مختبر الأبحاث الأساسية للاتصالات، معهد أبحاث الالكترونيات والاتصالات، ديجوان 305-400 كورية.

ملخص

نذكر هنا التوضيح التجريبي لليزر بلورة ذات عصابة فوتونية محظورة وحيد النمط وذي تيار منخفض العتبة (~260μA)، يشغّل بالكهرباء ويعمل عند درجة حرارة الغرفة. تحقن نبضة التيار الكهربائية عبر سلك نصف ناقل قطره تحت المكرومتر وعند مركز النمط مع تردٍّ أصغري في معامل الجودة. يعمل الطراز الفعلي الذي يهمنا في نمط وحيد القطب غير منطبق حسبما تدلّ مقارنة القياسات مع الحسابات المستندة إلى البارامترات المصنّعة الفعلية. وكخطوة صغيرة باتجاه ليزر بدون عتبة أو منبع وحيد الفوتون فإن ليزر البلورة الفوتونية هذا ذا الأبعاد من مرتبة طول الموجة قد يكون ذا أهمية للبلورات الفوتونية وللتحريك الكهربائي الكمومي التجاويفي، للمهتمين بالمعلوماتية الكمومية.**

الكلمات المفتاحية: *فيزياء ليزر، ليزر، ليزر البلورات الفوتونية، نصف ناقل، التحريك الكهربائي الكمومي، آبار كمومية، تألق كهربائي، مجهر إلكتروني ماسح.*

ينصب اهتمام أصحاب فيزياء الليزر والبصريات الكمومية منذ مدة على ليزرات الاستطاعة المنخفضة القليلة الهدر، والبالغة الصغر [1-3]. وإن إمكان حصر الفوتونات في تجاويف مكروية نصف ناقلة ذات فجوة عصابة فوتونية محظورة وتكون ذات حجوم من مرتبة الطول الموجي وذات معاملات جودة مرتفعة، أمرٌ يجعلنا قادرين على دراسة التحريك الكهربائي الكمومي التجاويفي في الأجسام الصلبة وعلى إنشاء نبائط بصرية كمومية مثل منابع فوتون وحيد حسب الطلب. ولقد أعلن حديثاً عن بضعة ليزرات بلورات فوتونية فائقة الصغر ومضخوخة ضوئياً [4-8] أو بنى مصدرة للضوء تُدار كهربائياً باستعمال مفهوم البلورات الفوتونية [9-11]. ومما لفت انتباهنا بصورة خاصة نوعان من ليزرات حافة العصابة الفوتونية التي تعمل بالكهرباء هما ليزرات الحجم الكبير ذات استطاعة الخرج العالية [12] وليزرات الشلال الكمومي [13]. غير أنه لم يظهر حتى الآن التنشيط الإلكتروني للّيزر الوحيد الخلية ذي بُعْد الطول الموجي الذي يعمل بنمط وحيد والذي يُعدُّ خطوة حاسمة نحو شكل عملي لليزر العديم العتبة.

إن إحدى أكثر المشاكل المستعصية لدى محاولة تنفيذ ليزر بلورة فوتونية وحيد الخلية وحُرِّ التَّرْس [4-7]، تكمن في كيفية صنع التماس الكهربائي مع بنية مجاوب البلورة الفوتونية ذي الحجم تحت المكرومتري [14]. إذ يتطلب تحديد منطقة التماس الكهربائي داخل المجاوب الليزري فَهْم أنماط التجاوب المتاحة في تجويف البلورة الفوتونية الثلاثي الشبيكة والوحيد الخلية [15].

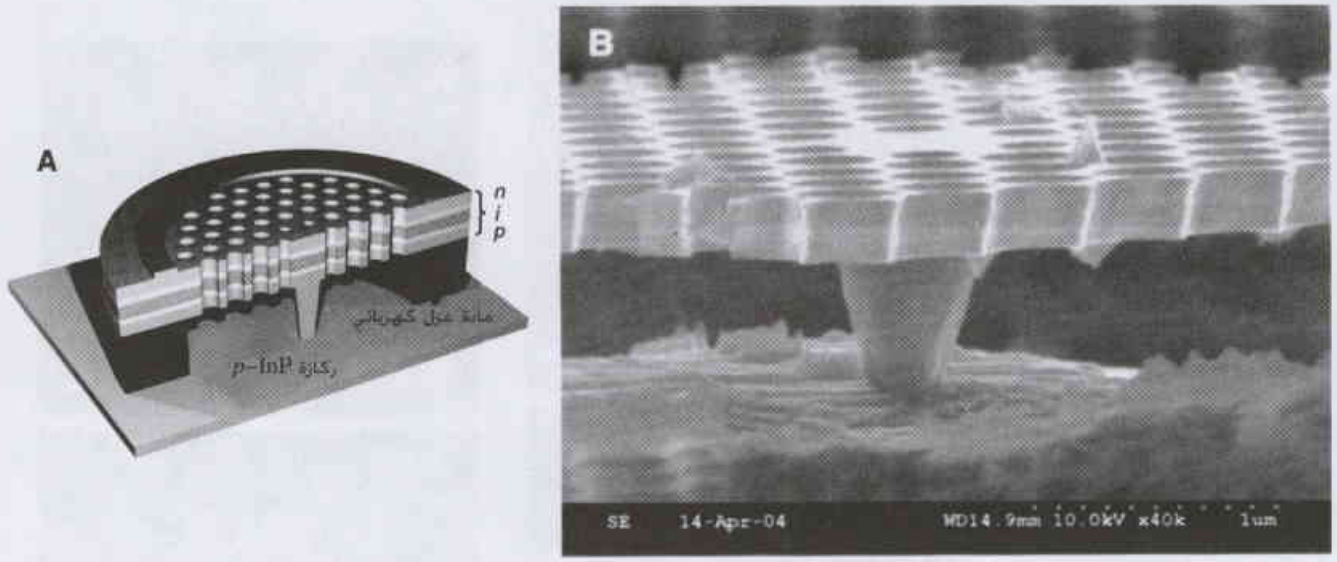
وقد تمّت دراسة ثلاثة احتمالات ممكنة مرشَّحة، لكل منها عقدة مركزية، لأن إدخال عمود مركزي صغير كتماس كهربائي لم يقوِّض معامل الجودة (Q) للنمط بشكل ملموس [15]. ويعمل هذا العمود المركزي الصغير كسلك كهربائي وكَمُنْتَقٍ للنمط وفي الوقت نفسه كبالوعة حرارية [16].

يوضع عمود نصف ناقل ذو أبعاد تحت ميكرومترية في مركز مجاوب البلورة الفوتونية الوحيد الخلية (الشكل -1A). ويبلغ سمك الترس النصف ناقل 282.5nm. وتزوّد الإلكترونات جانبيّاً من الإلكترود العلوي، بينما تحقن الثقوب (حوامل الشحنة الموجبة) بشكل مباشر عبر العمود السفلي. وتعاود حوامل الشحنة اتحادها في الآبار الكمومية الستة المعوضة جهديًّا والمصنوعة من InCaAsP والمصممة ليكون لها قمة تألق كهربائي (EL) بالقرب من طول موجة الاتصالات البالغ 1.5μm. وقد استعملت بنية تطعيمية معاكسة لبنية الليزر النصف ناقل النموذجي كي تستغل الحركية المنخفضة للثقوب خلال عبورها

★ نُشر هذا المقال في مجلة Science Vol 3 September 2004. وتمت الترجمة في هيئة الطاقة الذرّية السورية.

** (المترجم) البلورات الفوتونية هي شبكة منتظمة متناوبة من مادتين مختلفتي قرينة الانكسار يتحدّد مسار الضوء فيها وانتشاره اعتماداً على حلول معادلات مكسويل وتبعاً لتواتره، فهي تشبه البلورات العادية التي هي شبكة منتظمة من الجسيمات يتحدّد سلوك الإلكترونات فيها اعتماداً على حلول معادلة شرودنغر. يظهر في البلورة الفوتونية فجوة طاقة (توافر) يمكن ان تمنع انتشار الضوء عبرها في اتجاه ما كما هي الحالة في بلورات العوازل وأنصاف النواقل لذلك تسمى ايضاً بلورات الفجوة المحظورة.

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



الشكل (1)، (A) رسم تخطيطي لحقن التيار. يبلغ ارتفاع عمود InP المركزي 1.0μnm. والعمود له شكل الماسة أبعادها القطرية 0.64a x 0.51a. كما يبلغ قطر المصطبة المنمشة 50μm، ونصف قطرها الداخلي المصنوع من AuGe وهو الإلكترود السالب 13μm. كانت كثافة التطعيم للطبقة n العلوية وللطبقة P السفلية قرابة $2.7 \sim 10^{19} cm^{-3}$ و $2.5 \sim 10^{18} cm^{-3}$ على الترتيب. (B) مقطع عرضي لصورة SEM. أخذت لعينة كُسرت عن قصد. تظهر المنطقة المحيطة بالعمود المركزي واضحة. أمّا الغبار الموجود حول العمود فهو بقايا المادة العازلة والمادة المستخدمة في التشكيل الضوئي نتجت خلال عملية الكسر.

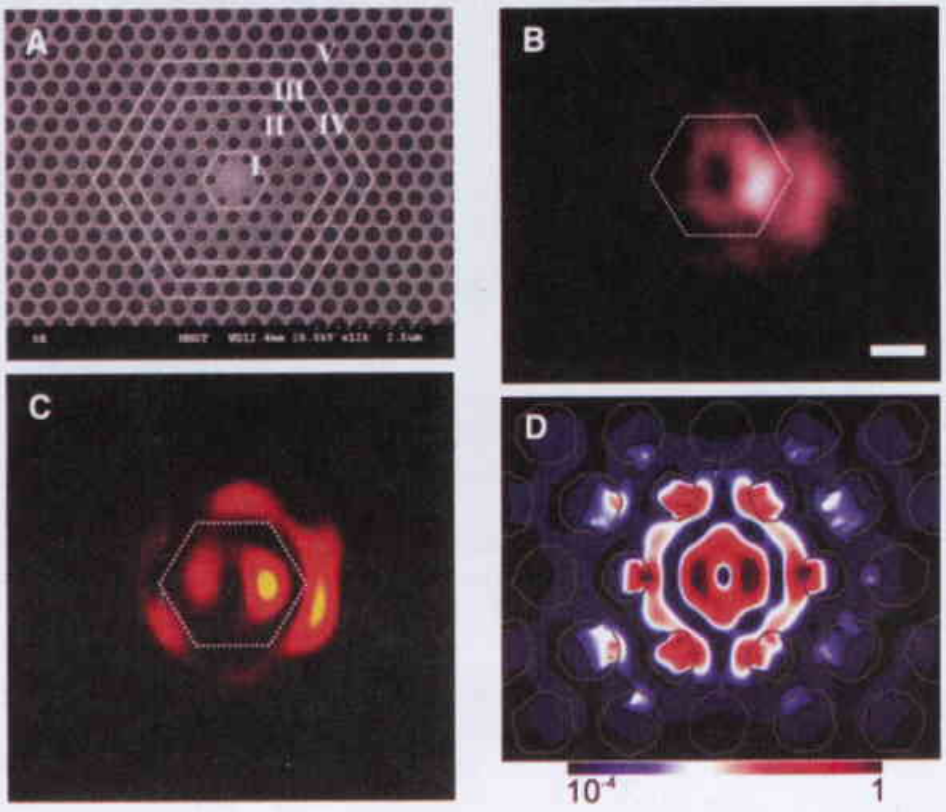
القُمعي للعمود ذي الأبعاد تحت المكرومترية. وإن إدخال هذه الوصلة اللامتجانسة n-i-p يَقْصر أيضاً حدوث إعادة الاتحاد الثنائي الجزيئة على المنطقة المجاورة للعمود المركزي ويعزز من التراكب الفعّال بين منطقة الكسْب الضوئي وسيماء النمط mode profile. إضافة إلى ذلك، فإن التجويف المعدّل للبلورة الفوتونية الوحيدة الخلية محاط بخمس شبكات بلورات فوتونية لا متجانسة وذات ثابت الشبكة (a) نفسه ولكن بأبعاد ثقوب هواء مختلفة بقصد تحسين موقع وحجم عمود فسفيد الأنديوم InP المركزي وحجمه (الشكل -2A). وقد أضيفت المادة العازلة المحيطية ذات الكهربائية الثنائية تحت الترس بغية الدعم الميكانيكي.

يتضمن نهج التصنيع خطوتين رئيستين هما تكوين المصطبة mesa وتحديد طُرُز البلورات الفوتونية [17]. ويُظهر مشهد المقطع العرضي في الشكل (1B)، المأخوذ بواسطة المجهر الإلكتروني الماسح (SEM)، عموداً من فسفيد الأنديوم InP مصنعاً بحجم تحت ميكرومتري. ولقد اكتشف أن سرعة التنميش الرطب تعتمد على أنصاف أقطار الثقوب الهوائية وأنه يمكن تحسين موقع العمود وحجمه بوساطة التعديل المنظّم لتوزع حجوم الثقوب الهوائية. وتحسّن هذه البنية المضايقة لجاوب البلورة الفوتونية معامل الجودة تحسيناً طفيفاً، ولكن تواتر التجاوب والحجم النمطي للأنماط ذات الصلة تبقى بدون تغيير تقريباً. وقد تأكد هذا أيضاً عن طريق حسابات ثلاثية الأبعاد (3D) مستخدمة طريقة الفروق المنتهية في المجال الزمني (FDTD).

تُضخ بالنبْض كهربائياً تجاويف البلورات الفوتونية وحيدة الخلية المصنعة عند درجة الحرارة العادية. أما عرض نبضة التيار الكهربائي المحقونة ودورها فهما 6ns~ و 2.5μs على التوالي [18]. ويتم تجميع الفوتونات المصدّرة عن طريق استخدام عدسة جسمية لمجهر تكبيرها X50 وفتحتها العددية 0.42 ثم يُلقم بها مقياس طيفي. وقد لوحظ فعل لَيْزَرة وحيدة النمط عند الطول الموجي البالغ 1519.7nm (الشكل -3A). وتمَّ قياس عرض خط مطيافي محدَّد فوق العتبة فكان 0.5nm، لهذا النمط الليزري غير المتردّي. وتُبيّن سيماء profile النمط حسبما التقطتها كاميرا تحت حمراء (IR)، (الشكل -2B)، منطقة شدة مركزية أصغرية وكذلك السمات المميزة لنمط وحيد القطب [15.5]. وقد تأكد عمل النمط الوحيد القطب عن طريق مقارنة التواترات التجاوبية المقيسة مع تلك الحاصلة من حسابات 3D-FDTD. وقد استخدمت المعلومات البنيوية العددية المُدْخلة (والمأخوذة مباشرة من صورة المجهر الإلكتروني الماسح SEM) في حسابات الـ (FDTD) كي تعوّض بشكل أمين عن أية عيوب تصنيعية. وإضافة إلى ذلك، لم يلاحظ أي اتجاه مفضل للاستقطاب من الأعلى، كما هو متوقع في حالة النمط الوحيد القطب [5].

تظهر في الشكل (2 C وD) سيماءات الحقل المحسوبة التي ترافق النمط الوحيد القطب. أمّا سيماء الحقل القريب المقيسة (الشكل 2B) فتمثل شدة الحقل المنتشر في جوار الترس ضمن عمق إحكام العدسة الجسمية X50، وهي تباري جيّداً المركبة العمودية "لمتجهة بوينتغ" (Poynting vector) المحسوبة عند المستوي الذي يقع على بعد 3.0μm فوق تجويف الليزر ذي العمود الصغير (الشكل 2C). وحتى اللا تناظر الناجم عن التصنيع المعيب فقد استخرج ثانية حسابات FDTD بشكل معقول لدى استخدام المعلومات والبنيوية العددية المدخلة. وكنقطة مرجعية يظهر في الشكل 2D توزع الطاقة المحصورة في الترس.

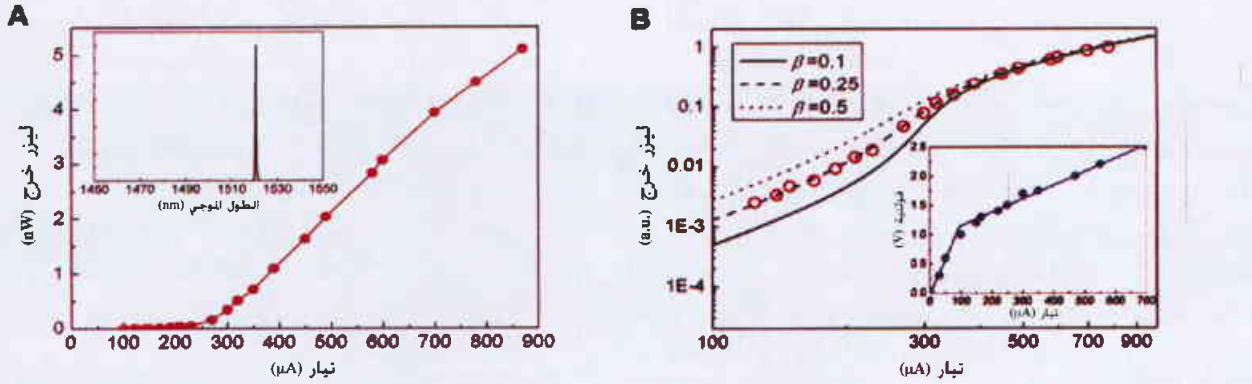
ومن بين بضعة أنماط تجاوب محدّدة نظرياً في البارامترات الشبكية للشكل 2A، لم يلاحظ تجريبياً سوى النمط الوحيد القطب مع طيف كسْب وتواتر تجاوبي يتفقان مع التنبؤات النظرية. يُعزى ذلك



الشكل 2: (A) منظر علوي لعينة مصنعة. يقدر ثابت الشبكة، a، قرابة 510 nm، وتقدر أنصاف أقطار الثقوب الهوائية في المناطق I و II و III و IV و V بحدود 0.28a و 0.35a و0.38a و 0.4a و 0.41a على الترتيب. (B) صورة لنمط وحيد القطب التقطت بوساطة كاميرا IR. يمثل القضيب الأبيض مسطرة قدرها 2μm. أمّا السداسي الأبيض فيقابل المنطقة الواقعة ما بين II و III في (A). (C) المركبة الشاقولية لمتجهة بوينتنغ حُصل عليها باستعمال المعلومات البنيوية من الشكل (A) عن طريق حسابات FDTD 3D -. أنجزت الحسابات عند موقع شاقولي يقع على بعد 3.0μm فوق البلاطة، مع الأخذ في الحسبان آثار الطمس للعدسة الجسمية. (D) سيماء شدة الحقل الكهرباني لنمط وحيد القطب محسوبة عند مركز البلاطة (لاحظ السلم اللغرتمي).

إلى حقيقة كون أنماط العقد المركزية المحتملة الأخرى، مثل الأنماط الرباعية القطب أو السداسية القطب [15] تقع خارج منطقة الكسْب الطيفي. كما لم تستخدم بارامترات قابلة للتعديل في حساباتنا.

بلغ معامل الجودة Q المقيس لتجويف بارد للنمط الوحيد القطب، حسبما تمَّ تقديره من عرض الخط الطيفي المرافق لتيار شفافية قدره 225μA~ [8]، ما قيمته 2500~ أو أكبر، وهذا يتوافق مع العامل Q المحسوب البالغ 3480~ الذي أمكن الحصول عليه باستخدام عمود ذي أبعاد تساوي 0.64a و0.51a والذي تمَّ تقديره من صورة SEM. حيث a هو ثابت الشبكة. ويتردّى العامل Q بسرعة حينما يصبح حجم العمود أكبر من القيمة المذكورة أعلاه، بينما يتحسن قليلاً عندما يكون حجم العمود أصغر من ذلك، غير أن العمود الأصغر حجماً سيؤدي إلى ظهور مقاومة كهربائية ومشاكل حرارية. لذلك، فإن من الأهمية بمكان مواءمة optimizing حجم العمود مع الأخذ في الحسبان المميزات البصرية والكهربائية معاً.



الشكل3: (A)، منحني ضوء-تيار L-I نموذجي لليزر ذي نمط وحيد القطب. يبلغ تيار العتبة قرابة 260μA~ وتشير استطاعة الخرج إلى القيمة الذروية التي يقيسها مقياس الطيف (المؤطر الداخلي). لقد أُخذ الطيف عند تيار 700μA(B)، مقارنة بين منحنيات L-I المقيسة (النقاط الحمراء) مع تلك التي نحصل عليها من حلّ معادلات السرعة (الخط الأسود) للنمط الوحيد القطب. وكانت البارامترات الرئيسة كما يلي: المردود الداخلي η_i=0.25، معامل الحصْر Γ=0.175، سرعة إعادة الاتحاد السطحية $V_s = 1.2 \times 10^4$ cm s^{-1}، معامل الإشعاع ثنائي الجزئ $B = 1.6 \times 10^{-10} cm^3 s^{-1}$، معامل أوجيه Auger $C = 5.0 \times 10^{-29} cm^6 s^{-1}$، كثافة حاملات الشحنة المقابلة للشفافية $N_{tr} = 1.5 \times 10^{18} cm^{-3}$، الحجم الفعال $V_a = 1.72 \times 10^{-13} cm^3$ المساحة السطحية الفعالة $A_a = 1.47 \times 10^{-8} cm^2$. يُظهر (المؤطر الداخلي) المميزات الكهربائية النموذجية حيث a.u. واحدات اختيارية.

لقد وجد أن الحجم النمطي V، لنمط وحيد القطب، يساوي 5.87× $10^{-2}\mu m^3$. وتقابل هذه القيمة $0.684(\lambda/n)^3$، حيث n قرينة انكسار مادة الترس [4.3]، كما تقارب أصغر قيمة نظرية [4].

أما قيمة عامل بيرسل (purcele factor) الكبيرة المخمنة البالغة (389) لمجاوب التيار فإنها تعني إمكان مشاهدة تأثيرات تجاويفية تحريكية كهربائية كمومية في تجويف صغير كهربائي التشغيل وذي معامل جودة عالٍ لليزر بلورة فوتونية [1].

كما وقد لوحظ تيار عتبة منخفض يقدر بحدود 260μA~ من الشدّة الخرجية الذُروية (الشكل 3A) ويتماشى بصورة مرضية مع تلك المخمنة في تجربة الضخ الضوئية [5-8]. وإذا أخذنا بالحسبان وجود مسارات تيارات تسريب غير مهملة في البنية، فإن التيار العتبوي الفعلي قد يكون أصغر من هذا أيضاً.

يشير الكتف الرخو للتشغيل بالقرب من العتبة (الشكل 3A) إلى عامل إصدار تلقائي كبير (β). ويمكن تقدير قيمة (β) من معادلات بسيطة لسرعة الليزر، إذا أعطيت القيم التجريبية والقيم النموذجية لبارامترات آبار In-GaAsP الكمومية [19.15]. أمّا البارامتر الحدّي مثل مساحة السطح الفعالة فإنه يقاس بشكل مباشر من شكل وكبَر الصورة الكهربائية المتألقة التي يستحصل عليها قرب حد الشفافية. لقد وجدنا أن قيمة β غالباً ما تتحدّد بواسطة شكل منحني الضوء والتيار-light current (L-I) تحت العتبة وقربها، حيث يتبين أن تغييرات طفيفة لجميع البارامترات فيما عدا إعادة الاتحاد السطحي تكون مسموحة ومقبولة التأثير. ويمكن حساب قيمة لـ β تقارب 0.25~ لدى مقارنة شدات الخرج الطيفية التكاملية المقيسة مع منحنيات (L-I) تمّ الحصول عليها من معادلات السرعة (الشكل 3B-). وإن هذه القيمة لـ β هي أعلى بكثير مما ورد سابقاً من الليزرات النانوية نصف الناقلة [20.19.15] ونُسب هذا إلى توضع حوامل الشحنة الفعال الناجم عن الضخ الكهربائي إلى جانب عدم التردي وصغر الحجم النمطي [22.21].

تظهر في الشكل (3B، المؤطر الداخلي فيه) المميزات الكهربائية النموذجية لليزر بلورة فوتونية وحيد الخلية، حيث استخدمت قيم ذرويّة للفولطية والتيار. وتكون فولطية التشغيل أقل من 1.0V كما تكون المقاومة الكهربائية 2.2kΩ~. ويتم التعرف على تيار تسريب ملحوظ اعتماداً على منحني (I, dv/dI). كما عُزيت المقاومة العالية نسبياً إلى حجم العمود P-InP تحت المكرومتري وكذلك جزئياً إلى المسافة الجانبية بين الإكترود - n والمركز. وأما تيار التسريب فيُعزى إلى الاتحاد غير المشعّ عند السطوح البينية بين الهواء – نصف الناقل والثقوب الهوائية وكذلك عند حافة المصطبة [23].

ما زالت هناك قضايا مختلفة تحتاج إلى أن يتم تناولها قبل أن يصبح هذا التجويف البالغ الصغر والمشغل كهربائياً والمتّصف بمعامل بيرسل ضخم منبعاً عملياً وجاهزاً للفوتون الوحيد. وعلى سبيل المثال، يحتاج المرء إلى إيجاد طرق لوضع نقاط كمومية جيدة التحديد أو ذرات شائبة [24] عند بطن اهتزاز التجويف ولحقن (زرق) أزواج "إلكترون – ثقب" electron - hole وحيدة على نحو فعّال [25]. ويجب أيضاً تحسين مردود الاقتران الشاقولي خارج التجويف عن طريق تعديل مناسب في بنية التجويف، مثال: تغيير حجوم الثقوب الهوائية [26] مع أو بدون تغيير انعكاسية الركازة. وكبديل لذلك، يمكن بشكل أفقي تزريب funnel الفوتونات المتوضعة في التجويف باتجاه داخل دليل موجة البلورة الفوتونية المنخفض الهدر [27] والمحضّر عبرالمزج المتبادل للآبار الكمومية [28]. ومع كل هذه التحديات، يُعتقد أن توضيح عمل ليزر البلورة الفوتونية الوحيد الخلية يمثل خطوة صغيرة لكنها ذات مغزى نحو تحقيق منبع الفوتون المنشود.

المراجع

REFERENECES:

[1] K. J. Vahala, Nature 424, 839 (2003).

[2] E. Yablonvitch, Phys. Rev. Lett. 58, 2059 (1987).

[3] T. F. Krauss, R. M. De La Rue, Prog. Quantum Electron. 23, 51 (1999).

[4] O. Painter et al., Science 284, 1819 (1999).

[5] H. G. Park et al., Appl. Phys. Lett. 79, 3032 (2001)

[6] H. Y. Ryu et al., Appl. Phys. Lett. 80, 3883 (2002)

[7] M. Loncar, T. Yoshie A. Scherer, P. Gogna, Y. Qiu, Appl. Phys. Lett. 81, 2680 (2002).

[8] K. Srinivasan et al., Appl. Phys. Lett. 83, 1915 (2003).

[9] W. D. Zhou et al., IEEE J. Quantum Electron. 37, 1153 (2001).

[10] D. S. Song S. H. Kim, H. G. Park, C. K. Kim, Y. H. Lee Appl. Phys. Lett. 80, 3901 (2002).

[11] T. D. Happ et al., Appl. Phys. Lett. 82, 4 (2003).

[12] S. Noda, M. Yokoyama, M. Imada, A. Chutinan, M. Mochizuki, Science 293, 1123 (2001).

[13] R. Colombelli et al., Science 302, 1374 (2003); published online 30 October 2003; 10.1126/science. 1090561

[14] A. F. J. Levi et al., Electron. Lett. 28, 1010 (1992).

[15] H. G. Park et al., IEEE J. Quantum Electron. 38, 1353 (2002).

[16] H. G. Park et al., IEEE Photonics Technol. Lett. 15, 1327 (2003).

[17] Materials and methods are available as supporting material on Science online.

[18] The large thermal resistance (346 k mW^{-1}) of the post structure is responsible for this small duty cycle.

[19] M. Fujita, R. Ushigome, T. Baba, IEEE photonics Technol. Lett. 13, 403 (2001).

[20] R. E. Slusher et al., Appl. Phys. Lett. 63, 1310 (1993).

[21] H. Yokoyama, Science 256, 66 (1992).

[22] J. Vuckovic et al., IEEE J. Quantum Electron. 35, 1168 (1999).

[23] L. A. Coldren, S. W. Corzine, Diode Lasers and Photonic integrated Circuits (Wiley, New York, 1995).

[24] Z. Yuan et al. Science 295, 102 (2002); published online 13 December 2001; 10. 1126/science.1066790.

[25] J. Kim, O. Benson, H. Kan, Y. Yamamoto, Nature 397, 500 (1999).

[26] S. H. Kim. S. K. Kim Y. H. Lee, unpublished data.

[27] S. Noda, A. Chutinan, M. Imada, Nature 407, 608 (2000).

[28] D. G. Deppe, N. Holonyak jr. J. Appl. Phys. 64, R39 (1998).

[29] This work was supported by the National Research Laboratory Project of Korea and the National Research and Development Project for Nano Science and Technology.

* * *

* *

*

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

أخبار علمية

1- حواسيب شخصية تتجسَّس على كل حركة *

برمجيات تجسُّسية تُنْتَسَخ على الحواسيب في كل مكان وتذيع تفاصيل شخصية عن المستخدمين

هل يمكن أن تقوم طوعاً بوضع برنامج على حاسوبك يراقب نشاطك عبر الإنترنت ويعرِّضك إلى زخّات من الإعلانات المنهمرة، ويجعلك حسَّاساً للفيروسات الحاسوبية، ويبطيء من سرعة حاسوبك إلى درجة الزحف؟! بالطبع لا.. ومع ذلك فالملايين من الناس يفعلون ذلك تماماً.

إن هذه البرمجية software التي نعنيها هي صنف من البرمجيات يُدعى برمجيات التجسُّس spyware أو برمجيات الإعلان adware. إنها مصمَّمة لتجمع المعلومات عن نشاط مستخدم ما لحاسوب مرتبط بالإنترنت (online activity)، ويستخدمه في أغراض التسويق- أو أسوأ من ذلك. فعلى سبيل المثال، إذا كنت تزور دورياً مواقع إلكترونية لمبيعات السيارات أو العطلات، يمكن لهذه البرمجية أن تجعلك تشاهد الإعلانات المنهمرة التي تبثُّها الشركات التي تروِّج لنوع مماثل من السلع أو الخدمات. أو يمكنها دوماً أن تحوِّل وجهة متصفحك browser من موقع على الشبكة إلى موقع آخر منافس له. ويمكنها أيضاً أن تفتح نوافذ تصفُّح جديدة لتعرض عليك إعلانات من منافس قوي لهذا الموقع، وهي إمكانية أفضت إلى سيل من النزاعات القانونية. وما هو أشد خطورة من ذلك يتجلّى في أن برمجية التجسُّس هذه تستطيع استخدام برمجية "استكشاف لوحة المفاتيح" من أجل الحصول على معلومات شخصية رئيسة، مثل تفاصيل بطاقة الائتمان أو المعلومات المصرفية.

وكما هو أسلوبها الماكر الذي تعمل به هذه البرمجيات المتجسِّسة، نجدها تتسلَّل بنفس المكر إلى حاسوبك. إنها تفعل ذلك أثناء تحميل برنامج تطبيقي آخر، عادة ما يكون برنامجاً مجانياً جذّاباً مثل شريط أدوات متصفح جديد أو برنامج إشراك الملفات الموسيقية. أما التفاصيل الموضحة لغَرَض هذه البرمجية التجسُّسية فغالباً ما تكون مطمورة في المطبوعة الصغيرة وتتكشَّف خلال عملية التحميل، ولهذا لا يكترث أغلب المستخدمين بقراءتها. وتعني قوة لغات برمجة الشبكات في الوقت الحاضر أن بعض ما يُسمى برمجية "السيّار drive-by"- يستطيع التسلل من صفحة إنترنت إلى الحاسوب مباشرة.

وحالما تبدأ برمجية التجسُّس في العمل، فإنها يُحتمل أن تصبح مبعث إزعاج فوري. إذ يمكن أن تغيِّر الصفحة الأولى (المرجعية) لمتصفحك، وأن تضيف إشعارات bookmarks غير مرغوب بها، وأن تغيِّر محركات البحث المؤجلة. أما إشارات التحذير بأنك تؤوي برمجية تجسُّس تتجوّل في جهازك، فإنها تتضمن زيادة مفاجئة في عدد الإعلانات الخاطفة pop-up ads، وانخفاضاً في الأداء، ما دامت تطبيقات برمجيات التجسُّس المختلفة تمارس نشاطها بعيداً عن الأنظار بحيث تستنزف طاقة التشغيل.

وما إن يتم إدخال البرمجية التجسُّسية في الحاسوب حتى تصعب إزاحتها (انظر"كيف لي أن أتخلص من برمجية التجسُّس؟")، ما دامت مصمّمة بحيث تتفادى الإزالة. وتوحي دراسة أجرتها مزودة خدمات الإنترنت الأميركية التي تحمل اسم إيرث لنك [Earth Link] - أن الحواسيب آخذة بالتشوّه بفعل البرمجية التجسُّسية. فبعد الفحص المَسْحي لمئات الآلاف من الحواسيب الموصولة إلى شبكتها، اكتشفت إيرث لنك ما معدله 28 تطبيقاً لبرمجيات تجسُّسية لكل حاسوب شخصي. ويقول سال فيفرس S. Viveros من أمن مك آفي (Mc Afee) التي تسوّق أدوات كشف البرمجيات التجسُّسية: "إن الأمر يزداد أهمية بالنسبة للناس الذين يثمّنون عالياً أهمية خصوصيتهم".

ولكن سرعان ما يمكن أن تقفز البرمجيات التجسُّسية المتكاثرة من مرحلة إزعاج إلى تهديد صريح، عبر إدخال مؤهِّبات تسمح بولوج ديدان (برامج متطفلة مخرِّبة -Worms) أو قراصنة Hackers إلى حاسوبك الشخصي. ويقول ستيفن جريبيل S. Gribble (من جامعة واشنطن في سياتل)، وقد بحث في تلك المسألة: "إن المستخدمين مجبرون عملياً على قبول مخاطرة أمنية بدون إدراك ذلك، ولا يملكون فرصة للتقليل من المخاطرة".

لقد اكتشف فريق جريبيل أن 5 % من الحواسيب الخاصة بالجامعة والبالغ عددها ثلاثين ألفاً يَشْغَلها واحدٌ على الأقل من أربعة برامج إعلانية لبرمجيات شائعة- وهي غيتور Gator، سيدور Cydoor، سيف ناو SaveNow، إيزولا eZola. وما هو أسوأ من ذلك أنهم عثروا في برامج غيتور وإيزولا على شوائب bugs (بمعنى البرمجيات) تسمح لقرصان ما أن يشغِّل برمجية خبيثة في حاسوبك الشخصي. وبالرغم من أن شركات البرمجيات الإعلانية التي تقف خلف هذه البرامج قامت بتثبيت عدد هذه الأعطال، يعتقد جريبيل بأنها مسألة وقت فقط وسيتم بعدها ظهور المزيد من المشاكل الأمنية، ويحذّر قائلاً: "إذا عُثر على خلل أمني سهل الاستغلال في برمجية إعلانية واسعة الانتشار أو في برمجية تجسُّسية، فإن الملايين بل عشرات الملايين من الحواسيب ستكون عرضة للعطب".

* نُشر هذا الخبر في مجلة NewScientist, 26 June 2004، وتمّت ترجمته في هيئة الطاقة الذرّية السورية.

وفيما يواجه المستخدمون مشكلات في خصوصية وأمن المعلومات، وتواجه الأعمال خسائر كامنة حين توجِّه البرمجية التجسُّسية الزبائن إلى مواقع إلكترونية منافسة على الشبكة، فإن سنّ قوانين تحظر البرمجيات التجسُّسية قد يبدو حلاً جليّاً. ولكن كيما يصاغ قانون كهذا، فإن الأمر يتطلّب التمييز الواضح بين ما يُعدُّ تهديداً وما يُعدُّ إعلاناً مشروعاً، وهذا الحدّ الفاصل يكتنفه الزيغ.

في هذا العام، أقرّت ولاية يوتا Utah أول قانون في العالم يحظر البرمجيات التجسُّسية التي لا تميّز بعلامة الشرعية، والتي لا يمكن إزالتها بسهولة. ولكن ثمَّة مروِّجٌ واحدٌ لبرمجية إعلانية يحمل اسم "When U" يقيم الآن دعوى تحدٍّ لهذا القانون مدَّعياً بأنه ينتهك حرية الحديث.

ونذكر من الذين يشوشون وضوح هذا الحدّ الفاصل أيضاً شركات الإنترنت الكبرى، التي تنشر رسائل خليطة حول نفع البرمجيات التجسُّسية. فعلى سبيل المثال، روَّجت ياهو Yahoo متصفحاً داخل الحاسوب مصمَّماً لحجب الإعلانات الخاطفة – بالرغم من حقيقة أن قسمه الإعلاني، (أوفرتور Overture)، يجني الكثير من المال من تلك الإعلانات الخاطفة التي تولِّدها البرمجيات الإعلانية على الحواسيب الشخصية للمستخدمين.

وعلى المدى الطويل، يأمل جريبيل أن يتم شطب هذه المشكلة بواسطة تقانة مضادة لبرمجية التجسُّس مبنيّة داخل أنظمة تشغيل الحاسوب Windows ونظام MacOs. ويقول: "إنه من المبكر أن نقرر كم سيكون هذا ناجعاً... ولكنني متفائل".

كيف لي أن أتخلّص من البرمجية التجسُّسية؟

إن استبعاد البرمجيات التجسُّسية وكذلك برامج الإعلان غير المرغوب بها قد يكون أمراً عويصاً. هنالك أعداد من التطبيقات المجانية تدّعي التخلص من هذا النوع من الكود، ولكن ليست كلها فعّالة. وقد وصل الأمر ببعضها أن اتهم بإدخال برمجيات تجسُّسية.

إن أفضل برنامجين لإيجاد وتحييد البرمجيات التجسُّسية في الحواسيب الشخصية هما البرنامج المجاني Ad Ware (يمكن تحميله من موقع "www.lavasoftusa.com/software/adaware")، وبرنامج Spybot "ابحث ودمّر" Search-and -Destroy (من موقع http://spybot.safer-networking). ويمكن لمستخدمي نظام Mac أن يشتروا برنامج Internet Cleanup من موقع www.aladdinsys.com. ولكن حتى أفضل البرمجيات المضادة للبرمجيات التجسُّسية قد تكافح لاستئصال البرمجيات التجسُّسية الأكثر عناداً. وقد أظهرت الاختبارات أن بعض البرمجيات المجانية قد تتسكع عقب المسح المتقن وقد تعيد تحميل الأجزاء الجدّية الحاسمة من البرنامج التجسُّسي التي سبق إزالتها.

والسياسة الأفضل هي أن تقرأ بعناية الشروط الخاصة باتفاقيات البرمجيات قبل تحميل برمجية ما مجانية من الشبكة، حتى في حال الافتراض بأنها برنامج مخرَّب لبرمجية التجسُّس.

2- هل يمكننا حقاً مناولة الجزيئات؟*

رغم أن الرياح تسير كما تشتهي مراكب التقانات النانوية، تظلُّ مناولة المكونات النهائية للمواد أمراً حساساً. ولقد جرى في الأشهر الأخيرة تجاوز مرحلة رئيسة في هذا الصدد.

إن وضع بادئة "نانو" في عنوان بحثكم، سيكسبكم أهمية مباشرة وربما سيمنحكم الميزانية التي تحتاجونها. ففي جميع أنحاء العالم، تُعَد التقانات النانوية من بين مواضيع الساعة الأحدث المطروحة في ردهات المعاهد البحثية وفي الأوساط العامة أيضاً. وإذا كان لابد من ذكر إشارة دالّة على هذا الشغف، فإننا ننوّه بمبلغ (982) مليون دولار خصصها الرئيس الأمريكي جورج بوش لهذا الحقل في الميزانية المقترحة للعام 2005. أما عملياً في المختبرات، فإن أكثر الأبحاث تقدماً في مجال التقانات النانوية مازالت حكراً على بعض المختبرات المصطفاة. وتُعدّ المناولة النانوية الجزيئية حالة متميزة في هذه التقانة. ففي عمل ثمين، نشره ج. أي. باسكال ومساعدوه J. I. Pascual et al. خلال شهرآذار/مارس من عام 2003 في العدد 423 من مجلة Nature، تبين وجود تقدم ملموس خلال العشرين سنة الماضية. ولكن الطريق ماتزال طويلة قبل الوصول إلى تطبيقات عملية متوقعة.

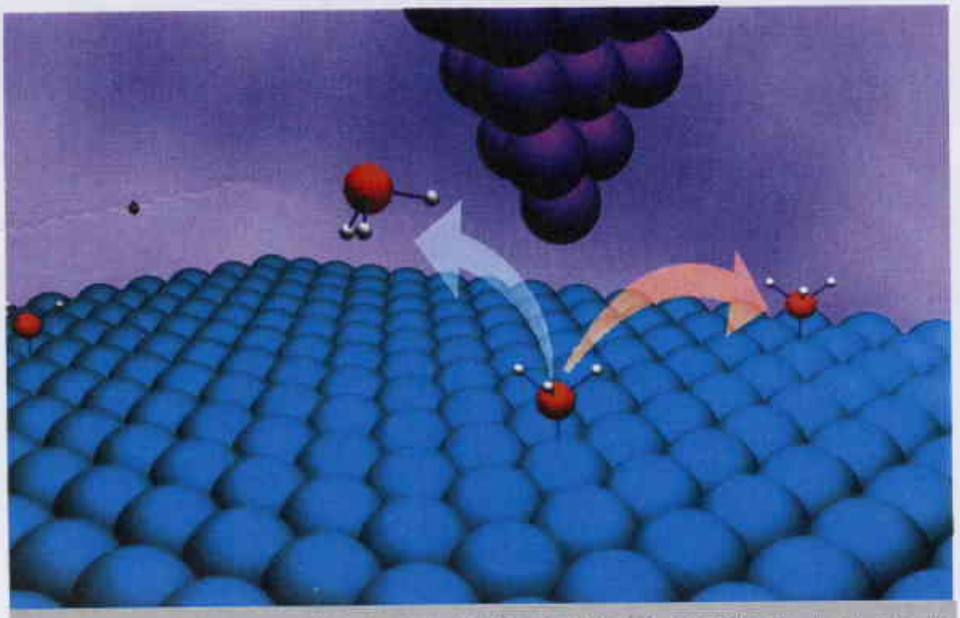
انتقالٌ مُتحكَّم به

لقد نجح باسكال وزملاؤه من جامعة برشلونة، عبر استخدامهم مجهراً ذا مفعولٍ نفقي، في تحريض جزيئة أمونياك وحيدة ومن ثم تحريكها على سطح من النحاس. ويشكل هذا العمل البالغ الدقة مرحلة مهمة منذ عام 1989، وهو تاريخ أول انتقالٍ مُتحكَّم به للذرات. ففي الحقيقة، أظهر العلميون منذ البداية تمكنَهم من مناولة manipulation المكونات الأساسية للمواد. ويمكنهم أيضاً اليوم تحريك الذرات أو الجزيئات واحدة فواحدة ونقلها على سطح ما. حتى إنهم نجحوا كذلك بتحقيق بضعة تفاعلات بسيطة بين جزيئين اثنين. وفي عالم الصناعة، يجري الحديث عن مناولة جزيئية ومناولة نانوية، أو بشكل أعم ثمة حديث عن تقانة نانوية مع تصور التحكم بالمادة في سوية الذرّة أو الجزيئة.

ريتشارد فاينمان المتوفى عام 1988 والحاصل على جائزة نوبل في الفيزياء عام 1965، كان الأول في ولوج الطريق إلى عالم التقانات النانوية.

تُعَدُّ المناولة النانوية، أو بشكل أعم التقانة النانوية، حقلاً حديثاً نسبياً. ويُنسَب هذا الحقل عادة إلى ريتشارد فاينمان Richard Feynman: ففي 29 كانون الأول/ديسمبر عام 1959، وبمناسبة الاجتماع السنوي للجمعية الأمريكية للفيزياء، ذكر هذا الفيزيائي أنه لا توجد أية محدودية فيزيائية لمناولة الذرّات فرادى.

* نُشر هذا الخبر في مجلة La Recherche, N. 376 June 2004، وتمت ترجمته في هيئة الطاقة الذرية السورية.



على سطح من النحاس (باللون الأزرق)، خضع نمطي الاهتزاز في جزيئة النشادر (باللون الأحمر) لتأثير مجهر ذي مفعول نفقي. وقد استخدم تيار شدته 408 MeV لاستثارة جزيئة النشادر بهدف تمديد الرابطة فيها، مما يؤدي إلى تنقلها على السطح (السهم باللون الزهري). وبتطبيق شدة أخرى للتيار (139 MeV) تنعكس الجزيئة على السطح، كانعكاس الكرة عند تعرضها للريح، ثم تنفصل عن السطح النحاسي (السهم باللون الأزرق).

ففي سياق مؤتمره، وبهدف استثارة الجمعية، أطلق فاينمان تحديين اثنين: أولهما، تصغير محتوى صفحة في كتاب لوضعها على مساحة سطح تقل بـ 25 ألف مرة، وثانيهما، بناء محرك كهربائي ضمن مكعّب ضلعه يساوي 6.35 mm. وحتى تاريخه، يجري منح جائزة فاينمان للاختراقات البالغة الأهمية في حقل العلوم النانوية.

لقد كانت الفكرة الأساس بسيطة تماماً وساحرة. وبالرغم من ذلك، فإن قلّةً من الفيزيائيين شاطروا فاينمان رأيه عام 1959. لكن التاريخ أعطى الصواب لفاينمان. ونشير هنا إلى أن المحدودية الوحيدة في فكرته إنما كانت ذات بُعدٍ تقني. وفي الطريق إلى تجاوز هذه المحدودية، وَجَب ابتكار المجهر ذي المفعول النفقي microscope á effet tunnel، ثم المجهر ذي القوّة الذريّة microscope á force atomique في بداية الثمانينيات في مختبرات IBM. وقد استحق هذان الابتكاران جائزة نوبل في الفيزياء التي مُنحت لكلٍّ من الألماني جيرد بينيغ Gerd Binnig والسويسري هنريش روهرر Heinrich Rohrer عام 1986.

تعود الملاحظات الأولى حول الجزيئات الحيوية إلى عام 1983. كيف جرى التحقق منها؟ يشكل المسبار النقطي المعدني جزءاً أساسياً في المجهر المستخدم، حيث تتجول حافة هذا المسبار فوق السطح المدروس. ويسمح التفاعل المتبادل فيما بين المسبار النقطي والسطح بالحصول على صورة لهذا السطح بسوية ذرّية. ويستند هذا المبدأ على المفعول النفقي، حيث يمر تيار كهربائي بين المسبار والسطح المراد تحليله، حتى ولو لم يحصل تماس بينهما أو فصلا بوسط عازل. وبالنسبة للمسافة التي تفوق 2 nm، يصبح التيار مُهمَلاً. بمعنى أن التيار مرتبط بشكل كبير بالمسافة. وبالتالي، فإن فحص خشونة ما من مرتبة 0.1 nm على السطح تؤدي إلى تغيير في التيار النفقي بمعامل 10. أي إن قياس التغير في التيار النفقي يسمح في النهاية بتصوير السطح.

35 ذرّة لكتابة IBM

إن رصد المادة بدقة عالية إلى هذا الحد لا يمكن أن تنعدم آثاره. إذ إن التفاعل القوي المتبادل مع المسبار يمكن أن يشوه البنية الكيميائية للسطح، ويُزوِّر التحليل أيضاً. لكن ما كان من الممكن أن يكون سيئة أمكن تحويره ليصير حسنة توفر إمكانية المناولة النانوية بحيث تسمح المجاهر ذات السبر الموضعي بنقل الذرّات أو الجزيئات. ولقد حققت مجموعة IBM عام 1989 أول تجربة وأول نقل مُتحكَّم به للذرات (مناولة "حافيَّة laterale" وفق لغة خاصة لدى فيزيائيي المواد) في آن معاً. وبقي هذا الحدَث في البال، بحيث وضع إيغلر Eigler وشويزر Schweizer 35 ذرة من الكزينون على سطح من النحاس وكتبوا بها اللفظة الأوائلية IBM.

ومن ثم، فيما بين عامي 1981 و 2003، تم تنفيذ تجارب عديدة جداً في إطار المناولة النانوية. وتم نقل أول جزيئة صغيرة CO عام 1991. وفي عام 1996، نجحت أول عملية نقل جزيئة كبيرة بدرجة حرارة عادية، وهي جزيئة عضوية مكونة من 173 ذرّة. فقد اختيرت بنية حلقة البورفيرين porphyrine المتفرعة بأربع مجموعات هدروكربونية، كجزيئة عضوية معدنية معقدة موجودة في النفط الخام، لتسهيل انتقالها بوساطة مسبار المجهر. وحتى تاريخه، فإن انتقال الجزيئات الكبيرة غير مسيطر عليه تماماً. حيث إن طاقة التفاعل المتبادل مع المسبار يمكن أن تقود بالفعل إلى عدة تبدلات في البنية داخل الجزيئة.

وبعد تمكنهم من تحريك الذرات والجزيئات ونقلها ركّز الباحثون جهودهم لتحطيم الروابط الكيميائية باستخدام الإلكترونات "النَّفَقيَّة" التي يصدرها مسبار المجهر. وهكذا فقد جرى تحطيم جزيئة الأكسجين (O_2) عام 1997. وفي العام نفسه، تمكن مختصون من تحطيم رابطة كربون – يود، بطريقة انتقائية، داخل جزيئة يود البنزن C_6H_{51} المكونة من 12 ذرّة وعدد مماثل من الروابط.

ولمتابعة انطلاقتهم، فقد حققوا التفاعلات الكيميائية الأولى بسوية نانومترية في جزيئات وحيدة. كما أنجزوا تصنيع ثنائي أكسيد الكربون (CO_2) عام 1997. ومذ ذاك، مازال يتزايد عدد النشرات التي تعنى بمناولة الذرّات أو الجزيئات أو التصنيع ضمن جزيئات وحيدة.

وإذا كان عدد آذار/مايو 2003 من مجلة "La Recherche" مهماً، فإن الفضل في ذلك يعود إلى مجموعة باسكال التي لم

تكتف بتحطيم رابطة حُددت سلفاً، كما في حالة رابطة Cu-N، بل تمكنت من الانتقاء بين عدة مسالك لتحطيم الرابطة نفسها. وبوساطة رأس مجهر ذي مفعول نفقي، وبفعل الإصدار المتحكم به للإلكترونات النفقية، فقد أثر هؤلاء المجربون وبطريقة انتقائية على نمطين اهتزازيين في جزيئة النشادر. وبالتحديد، فقد استثاروا، وباختيار تيار شدته 408 MeV، النمط الموافق لتمدّد الروابط آزوت - هدروجين. ولكون هذا التمدّد يُضعف الرابطة نحاس - آزوت، فقد أمكن لجزيئة النشادر أن تنتقل على سطح النحاس. ومع تيار يساوي 139 MeV، تمكنوا أيضاً من استثارة النمط الاهتزازي الموافق لانعكاس جزيئة النشادر. وهذا ما يؤدي إلى انعكاس الجزيئة وانفكاكها تماماً عن السطح النحاسي (انظر المخطط المذكور آنفاً).

واليوم تتواصل أبحاث المناولة النانوية، هادفة بشكل خاص إلى السيطرة على انتقال جزيئات ذات أحجام كبيرة. إذ إن امتلاك هذه الجزيئات أنماطاً متعددة من روابط وذرّات مختلفة يؤدي بالحقيقة إلى صعوبات في مناولتها قبل أن نخضعها لتبدل بنيوي. هذا وإن مناولة ذرّة أو جزيئة على سطح عازل يشكل تحدياً آخر. وينطبق ذلك أيضاً على دراسة انتقال جزيئة وحيدة ضمن هلامة gel أو سائل. أي إن هناك أسئلة عديدة مازالت تنتظر أجوبة عليها.

3- النقل من بُعد باستخدام الأزرار*

نجح فريقان في إجراء عملية نقل من بُعد لحالات كمومية بين ذرّات مختلفة - وهذا يمثل تقدماً مذهلاً في مجال إنجاز الحوسبة الكمومية

في عام 1993، وصف تشارلز بينيت C. Bennet وزملاؤه بروتوكولاً رائعاً لعملية نقل من بُعد لحالة كمومية من موضع إلى آخر، وهو بروتوكول ينجح حتى عندما تكون الحالة الكمومية غير معروفة تماماً في المواضع المعنيّة. ويستفيد مثل هذا النقل الكمومي من بُعد من مصدر كمومي استثنائي، ألا وهو التشابك بين منظومتين. وعلاوة على ذلك، يتطلب هذا البروتوكول أيضاً معلومات تقليدية عادية تؤخذ بعمل قياس مشترك على المنظومة التي تحمل الحالة الكمومية التي يُراد نقلها من بُعد وعلى عنصر أساسي واحد للحالة المتشابكة (كما هو مبيّن في الشكل1). ومما يدعو للغرابة أن لا تحمل القنوات التقليدية ولا الكمومية لوحدها أية معلومات عن الحالة الكمومية، الأمر الذي يفضي إلى توصيف النقل من بُعد بأنه النقل المحرَّر من الحالات الكمومية. فالإثباتات التجريبية الأولية للنقل الكمومي من بُعد منذ عام 1997 ومابعده اشتملت على الحالات الكمومية للحزم الضوئية. الآن، وفي تقدم يمثّل نقلة نوعية، أنجز فريقان عملية نقل من بُعد في الحالات الكمومية للجسيمات الكبيرة.

لقد قام ريب Riebe وزملاؤه، وباريت Barrett وزملاؤه بتوليد تراكبات متماسكة لحالتين داخليتين تخصّان أيوناً فردياً مأسوراً (P في الشكل 1)، ونقلوا من بُعد teleported هذه الحالات الكمومية إلى أيون ثانٍ (B) بمساعدة أيون مساعد ثالث (A). ويتجاوز مضمون هذه التجارب إلى حدٍّ بعيد مجرّد إثبات النقل من بُعد بحدّ ذاته، لأن كلا المخططين يدمجان عدة إجراءات معقّدة تتطلبها الحوسبة الكمومية المتصاعدة. وفي الواقع، إن جهاز المصيدة الأيونية يُعدّ بصورة عامة إحدى أكثر الأدوات الواعدة لصالح الحوسبة الكمومية، طالما أن هذه التجارب أثبتتها مؤخراً مرة أخرى.

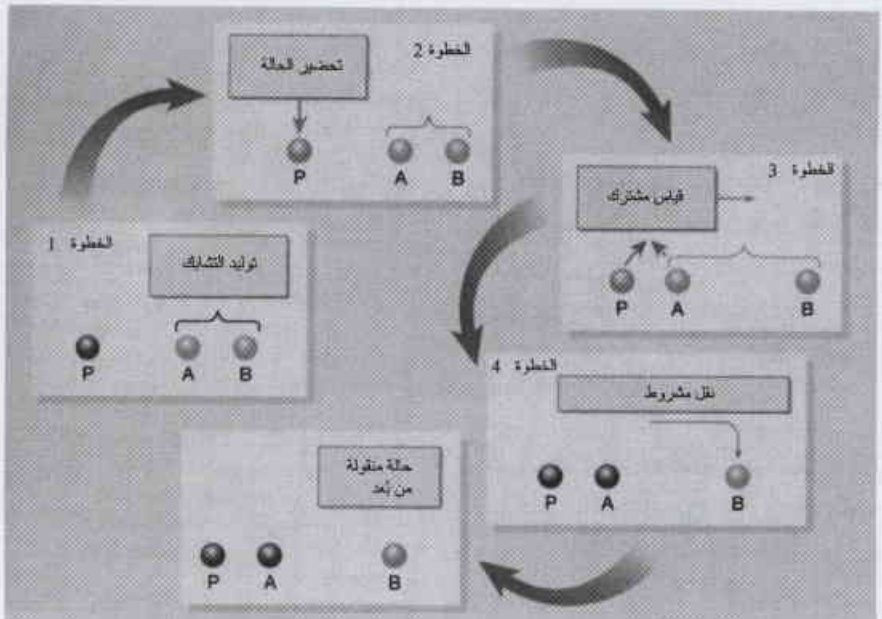
وعلاوة على ذلك، برز النقل الكمومي من بُعد كعملية أساسية للمهام المختلفة في علم المعلومات الكمومية. فعلى سبيل المثال، إذا تمّ توزيع الجسيمات المتشابكة (المتعالقة) على قطاعات متنوعة لحاسوب كمومي، عندئذ يمكن للنقل الكمومي من بُعد أن يزوِّد البتّات الكمومية البعيدة (أو الكيوبتّات) بوسيلة للتآثر بدون شرط التقريب الفيزيائي- بمعنى "التسليك الكمومي quantum wiring" على نحو فعال باستخدام خواص التقييس scaling المرغوب بها. بالإضافة إلى ذلك، يمكن إيصال برمجية كمومية استبدالية disposable من موقع بعيد باستخدام شكل معمّم من النقل الكمومي من بُعد لتعزيز قدرات عتاد الحاسوب الكمومي.

وبشكل لافت للانتباه، استخدم الفريقان تقنيات مختلفة تماماً لإنجاز عملية النقل من بُعد، ومع ذلك توصّل كلاهما إلى قيم متماثلة جداً لما يسمى الأمانة fidelity التي هي رقم جدارة يقيس مدى تشابه الحالة الكمومية التي تظهر في الأيون الثاني بعد عملية النقل من بُعد مع الحالة الكمومية الأصلية. وتساوي الأمانة الرقم (1) في الحالة المثالية. ويعطي كلا الفريقين قيماً تقارب الرقم 0.75، الذي يفوق القيمة "التقليدية" التي تساوي 2/3 والتي يمكن التوصّل إليها بدون تشابك كمومي. وبالنسبة للنقل التقليدي من بُعد، تقاس الحالة الكمومية الأصلية بسهولة ويُعاد خلق حالة كمومية جديدة عبر استخدام المعلومات التقليدية الحاصلة من القياس فقط.

وبذلك بلغت كلتا التجربتين إشعار النقل من بُعد غير المشروط أو القطعي للكيوبتّات الذرّية. ويتم تحضير الحالة الكمومية الأولية عند الطلب، ثم يجري نقلها من بُعد من أيون ما إلى آخر بمردود عالٍ لدى الضغط على زرٍّ ما (الأمر الذي يطلق في الحقيقة سلسلةً من العمليات المعقّدة يتم التحكم بها حاسوبياً). وعندئذ تكون الحالة المنقولة من بُعد متاحة لمزيد من التجارب. ومثل هذا النقل الأصيل من بُعد للبتّات الكمومية، طبقاً للاقتراح الأصلي الذي عرضه بينيت وزملاؤه، لم يتحقق من قبل – لا في تجارب على حالات استقطاب للضوء، ولا بالتأكيد على أية منظومة مادية. أما الإطار الآخر الوحيد الذي تحقّق فيه النقل الحتمي من بُعد فهو الإطار ذو المتغيرات الكمومية المستمرة (مثل سعة حزمة ضوء وطورها إلى حدٍّ ما).

وبلغة المنظومات الفيزيائية الفعلية، استخدم ريب وزملاؤه حالات

* نُشر هذا الخبر في مجلة Nature, Vol 429, 17 June 2004، وتمت ترجمته في هيئة الطاقة الذرّية السورية.



الشكل 1- النقل الكمومي من بُعد. خطوة خطوة على الرغم من اختلاف تفاصيل تجارب ريب وزملائه، وباريت وزملائه، إلا أنهما اتبعا البروتوكول الذي اقترحه بينيت وزملاؤه في إنجاز النقل القطعي من بُعد لحالة كمومية بين أيونين مأسورين. أولاً، يتم توليد حالة متشابكة للأيونين A و B. بعدئذ يتم إحداث الحالة التي سيتم نقلها من بُعد - تراكب متلاصق لحالات داخلية- في أيون ثالث، هو P. والخطوة الثالثة هي قياس مشترك لـ P و A، مع إرسال النتيجة إلى موقع الأيون B، حيث تستخدم لنقل حالة الأيون B (الخطوة 4). عندئذ تكون الحالة التي تمّ إحداثها بالنسبة لـ P قد تم نقلها من بُعد إلى B.

أساسية وشبه مستقرة لأيونات كالسيوم مأسورة بمثابة كيوبتّات، واستخدم باريت وزملاؤه حالتين أساسيتين في البنية الفائقة الدقة لأيونات البيريليوم. أما بالنسبة لتنفيذ العمليات الكمومية، فقد اختلفت التجربتان في جوانب مهمة عديدة. أولاً، تُعدّ العناصر الحاسمة لكلٍ من النقل من بُعد والحوسبة الكمومية عمليات مشتركة لاثنتين من الكيوبتّات لايمكن إنجازها بتداول بسيط للكيوبتّات بشكل منفصل. ومثل هذه التأثرات الثنائية الجسم تكون ضرورية من أجل خلق تشابك بين أيونين (الخطوة 1 في الشكل 1)، ومن أجل تنفيذ القياسات المشتركة أو قياسات حالة بيل Bell-state (الخطوة 3). ويستخدم ريب وزملاؤه نسخة من بوابة سيراك – زولر ذات الكيوبتّين تعتمد على حركة مركز الكتلة المشترك للأيونات. واختار باريت وزملاؤه مؤخراً طريقة هندسية مطوَّرة لعمل بوابة ذات كيوبتّين.

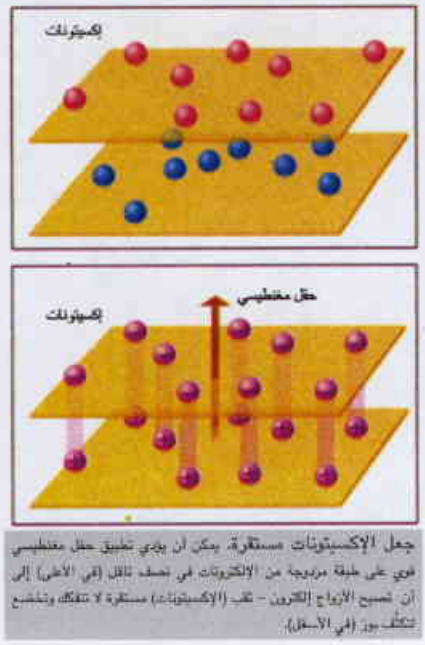
وثمّة فرق آخر يتعلق بالكيفية التي تناول بها المؤلفون الأيونات المنفردة بغرض تداول الحالات الكمومية، بما في ذلك القياسات الإسقاطية. ويستطيع ريب وزملاؤه تناول أي أيون نوعي مستهدف عبر استخدام حزم ليزرية مبأّرة بإحكام وطوّروا تقنية "لإخفاء" الأيونات المتبقية من التفلور الأيوني المستهدف وذلك عن طريق تغيير حالاتها الداخلية بحيث تكون غير حسّاسة للضوء المتفلور. وقد طوّر باريت وزملاؤه القدرة على نقل مجموعات من الأيونات انتقائياً إلى مناطق منفصلة في مصيدة ما مقطّعة، وبذلك يتم عزل أي أيون مستهدف مع الحفاظ على تشابكه ضمن المنظومة.

وبمعزل عن تفاصيل التنفيذ، تمثل هاتان التجربتان جمعاً رائعاً لأوجه التقدم التجريبي، الذي يتراوح مابين مطياقية الدقة والتبريد الليزري وصولاً إلى القدرات الجديدة على التأثرات المتحكَّم بها بين جسمين. إن التقنيات المطوَّرة (الموضوعة) والمُستخدَمة من قبل هذه الفِرَق سوف تثبت أهميتها بلا شك في شأن بناء حواسيب كمومية على نطاق واسع تعتمد على أيونات مأسورة. وفي الواقع، إن الحقيقة المتمثلة في أن مثل هذه الإجراءات المتنوعة التي تُنفذ بهذا الشكل الرائع في مخبرين مستقلين إنما تبرهن على مرونة الأسر الأيوني ion trapping وإمكانية نجاحه الكبيرة لمعالجة المعلومات الكمومية.

نصفٌ مملوءة أم نصفٌ فارغة؟*

بعد سنوات قليلة فقط من تقديم باردين وكوبر وشريفر نظريتهم الناجحة حول الناقلية الفائقة في المعادن [2.1] برزت فكرة أن شيئاً ما مماثلاً يمكن أن يحدث في أنصاف النواقل [3]. فالإلكترونات في الناقل الفائق، على الرغم من تنافرها، تتصل لتشكّل أزواجاً. وتنتمي هذه الأجسام المركّبة، المعروفة باسم أزواج كوبر، إلى صنف من الجسيمات الكمومية يُدعى بوزونات bosons. ولا تخضع البوزونات، بخلاف الإلكترونات المفردة وأمثالها من الجسيمات التي تُدعى فرميونات، إلى مبدأ الاستبعاد الباولي Pauli exclusion principle. فأي عدد من البوزونات يستطيع أن يتكثّف إلى الحالة الكمومية ذاتها. وإن تكثّف بوز هو أساس الخواص الغريبة للهليوم الفائق الميوعة وهو في الوقت الحاضر موضع دراسة معمَّقة في الغازات

* نُشر هذا الخبر في مجلة Science, Vol 305, 13 August 2004، وتمت ترجمته في هيئة الطاقة الذرية السورية.



جعل الإكسيتونات مستقرة. يمكن أن يؤدي تطبيق حقل مغنطيسي في على طبقة مزدوجة من الإلكترونات في نصف ناقل (في الأعلى) إلى أن تصبح الأزواج إلكترون – ثقب (الإكسيتونات) مستقرة لا تتفكك وتخضع تكثف بوز (في الأسفل).

الذرّية المبرّدة تبريداً شديداً. لا يؤدي تكثُّف أزواج كوبر في معدنٍ ما إلى خاصة عدم ضياع نقل الكهرباء المعروفة جيداً فحسب، بل يؤدي كذلك إلى تشكيلة منوّعة من تظاهرات أخرى في ميكانيك الكم على المستوى الماكروسكوبي.

يوجد في نصف الناقل كل من الإلكترونات والثقوب، وما الثقوب سوى حالات إلكترونية غير مملوءة في عصابة التكافؤ valence band للمادة. ومن اللافت للنظر أن سلوك الثقوب يشبه كثيراً سلوك الإلكترونات إنما بفارق حاسم واحد يتمثّل في أن شحنتها الكهربائية موجبة وليست سالبة. ومن الطبيعي أن تتجاذب الإلكترونات والثقوب ولذلك فإن تزاوجها يبدو محتملاً جداً. وعلى غرار أزواج كوبر، فإن هذه الأزواج التي تُعرف باسم إكسيتونات هي بوزونات. فإذا أمكن تبريد مجموعة كثيفة بشكل مناسب من الإكسيتونات إلى درجة حرارة منخفضة انخفاضاً كافياً وجب أن يحدث تكثُّف بوز وأن تظهر حالة جديدة من حالات المادة. وهذا ما ذهب إليه التفكير في بداية الستينيات.

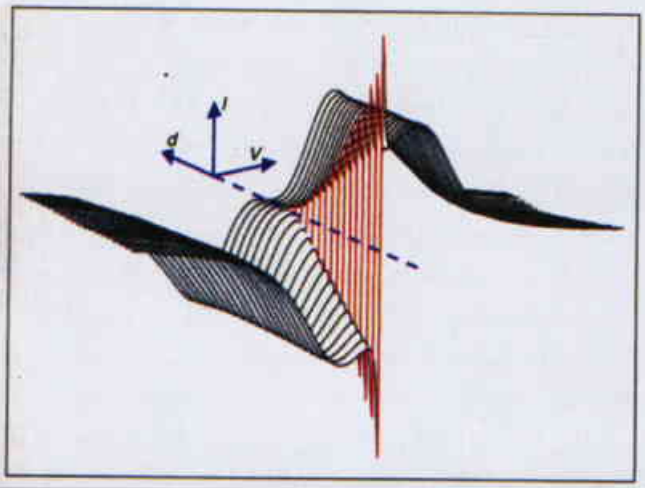
ولكن، للأسف، توجد مشكلة: فالإكسيتونات ليست مستقرة، وهي لا تبقى سوى نحو نانوثانية قبل أن يسقط الإلكترون في الثقب فيملأ الحالة التكافؤية الفارغة ويؤدي إلى ومضة ضوء من جرّاء ذلك. والنانوثانية ليست طويلة جداً، وهذا ما جعل آفاق خلق تكثيفة من الإكسيتونات في نصف ناقل كبير الحجم تبقى فقيرة. ولكن الأمور تحسّنت خلال العقد الأخير تحسّناً ملحوظاً بفضل استخدام بنى نصف ناقلة صنعية تكون فيها الإلكترونات والثقوب محصورة في صفائح رقيقة من المادة مفصولة بعضها عن بعض بطبقة حاجزة رقيقة. إذ يبطىء هذا الفصل المادي إعادة اتحاد الإلكترون والثقب إبطاءً كبيراً. وقد تمَّ الحصول على بعض النتائج المهمة والمثيرة [4-6]. لكن تكثُّف بوز الإكسيتوني بقي محيّراً.

وفي آذار الماضي أظهرت النتائج التجريبية، التي قدَّمها بصورة مستقلة إلى اجتماع الجمعية الفيزيائية الأمريكية في مونتريال كلٌ من معهد كاليفورنيا للتقانة ومجموعات برنستون، دلائل واضحة على تكثُّف إكسيتوني بوزيٍّ [8.7]. ولكن من اللافت للنظر أنه جرى الحصول على النتائج باستخدام عيّنات مؤلفة من طبقتين من الإلكترونات أو طبقتين من الثقوب. فكيف يمكن للمرء أن يحصل على تكثُّف إكسيتونيٍّ بدون أن يكون هناك إلكترونات وثقوب في العيّنة ذاتها؟ تكمن الحيلة في استخدام حقل مغنطيسي شديد لتسوية الحقل المؤثر بين المنظومات (إلكترون – ثقب) و (إلكترون – إلكترون) و (ثقب – ثقب) ذات الطبقتين (انظر الشكل).

لنفرض أنه توجد إلكترونات فقط في طبقة رقيقة من نصف الناقل (يمكن التوصل إلى هذا بسهولة عن طريق التطعيم بشائبة مناسبة). ويخلق تطبيق حقل مغنطيسي شديد عمودي على هذه المنظومة سلّماً من سويات طاقة منفصلة تقيم فيها هذه الإلكترونات. فإذا كان الحقل شديداً لدرجة كافية أمكن للإلكترونات أن تملأ جزئياً فقط أخفض هذه السويات. والآن لنستعر التعبير المألوف القديم: هل السوية مملوءة جزئياً أم فارغة جزئياً؟ يتيح لنا الحقل المغنطيسي أن نختار أياً من وجهتي النظر هاتين. فإذا اخترنا الثانية أمكننا أن ننظر إلى المنظومة كمجموعة من الثقوب، تماماً مثلما نفعل دوماً بالنسبة إلى عصابة تكافؤ في نصف ناقل مملوءة جزئياً. والآن لنجلب طبقة ثانية مماثلة من الإلكترونات ونضعها موازية للأولى. هنا نبقى أحراراً في أن نأخذ وجهة نظر السوية المملوءة جزئياً أو السوية الفارغة جزئياً بالنسبة لهذه الطبقة. لندرس الطبقة الأولى بلغة الثقوب والطبقة الثانية بلغة الإلكترونات. فإذا كانت الطبقتان قريبتين من بعضهما قرباً كافياً، فإن الثقوب والإلكترونات ترتبط بعضها إلى بعض بسبب التجاذب بينها وتشكّل إكسيتونات طبقة بينية. وكل ما نحتاج إليه هو التأكد من أنه لم تتبقَّ أية إلكترونات أو ثقوب مفردة. ويبيّن إمعان النظر في هذا الأمر أن الطريقة لفعل ذلك هي التأكد من أن عدد الإلكترونات الكلّي في الطبقتين الأصليتين كلتيهما يكفي بالضبط ليملأ تماماً إحدى سويات الطاقة التي أوجدها الحقل المغنطيسي. ويمكن تحقيق ذلك بسهولة بواسطة ضبط شدة الحقل المغنطيسي وجعل قيمتها القيمة الصحيحة [9-11].

هناك ميزة كبيرة لمنظومات الطبقة المزدوجة (إلكترون – إلكترون) أو (ثقب– ثقب) لخلق تكثيفات إكسيتونية تتمثّل في أن هذه المنظومات تكون في حالة توازن. ففي الحالة (إلكترون – إلكترون) لا يتعلق الأمر إلاّ بعصابة النقل الخاصة بنصف الناقل. وفي الحالة (ثقب – ثقب) لا يتعلق الأمر إلاّ بعصابة التكافؤ، فلا يحدث اتحاد مُصدر للضوء في أيٍ من المنظومتين والتجارب يمكن أن تُجرى براحة.

تبيّن النتائج الجديدة التي قُدمت في مونتريال، وبشكل جليٍّ، أن الإلكترونات والثقوب ترتبط بعضها بالآخر لتشكّل أزواجاً معتدلة كهربائياً. ولتبيان ذلك أُجري تعديل على قياس كهربائي معروف



التكثف الإكسيتوني. بداية التكثف الإكسيتوني كما يريها التيار الذي يتدفق بمفعول النفق الكمومي بين طبقتين في المنظومة الإلكترونية المؤلفة من طبقة مزدوجة ثنائية الأبعاد، تفصل الفولطية بين الطبقتين. ينخفض التيار النفقي بشدة بالقرب من V=0 عند قيم d الكبيرة. لكن لدى إنقاص d يقفز التيار فجأة بالقرب من V=0 (باللون الأحمر). هذه القفزة التي تذكر بمفعول جوزفسون في الناقلية الفائقة هي مؤشر قوي على الترابط الكمومي المتوقع في الحالة الإكسيتونية.

منذ زمن طويل. فحين يجري تيار كهربائي باتجاه متعامد مع حقل مغنطيسي، تؤدي قوة لورنتس Lorentz force المؤثرة على حاملات الشحنة إلى نشوء فولطية متعامدة مع كلٍ من الحقل والتيار. وهذا هو مفعول هول الشهير. ولعل إحدى أهم مزايا مفعول هول هي أن إشارة فولطية هول Hall voltage تحدِّدها إشارة شحنة الجسيمات الحاملة للتيار. وفي التجارب الحديثة، جُعل تياران متساويان ولكنهما متعاكسان في الاتجاه يجريان في طبقتي الإلكترونات (أو الثقوب). وقد استُخدم هذا الإجراء لأن جريانا منتظما للإكسيتونات في اتجاه ما، إن وجد، سوف يتضمن بالضرورة تيارين متعاكسين في الاتجاه في الطبقتين. وأثناء ذلك تمَّ رصد فولطية هول في إحدى الطبقتين. ويتوقع المرء، بصورة اعتيادية، أن إشارة هذه الفولطية سوف تتحدَّد بواسطة إشارة حاملات الشحنة الكائنة فقط في الطبقة التي يجري فيها القياس. لكن ما وجده فريق معهد كاليفورنيا للتقانة والباحثون في برنستون هو أنه في الشروط التي كان يتوقع فيها تكثُّف الإكسيتونات، انعدمت فولطية هول. وتفسير ذلك بسيط: لم يكن التياران المتعاكسان في الاتجاه في الطبقتين محمولين على جسيمات فرادى بل على الإكسيتونات بين الطبقتين. ليس للإكسيتونات شحنة صافية ولذلك لا توجد قوة لورنتس مؤثرة عليها ولا تنشأ لهذا السبب فولطية هول.

يُعدّ تلاشي فولطية هول دليلاً قاطعاً على وجود الإكسيتونات. لكنه، لوحده، لا يبرهن على أن الغاز الإكسيتوني يمتلك الترابط الكمومي البعيد المدى المتوقع في تكثيفة بوز Bose condensate. ومع أن المجموعتين كلتيهما وَجَدَتا كذلك أن ناقلية الغاز الإكسيتوني يبدو أنها تنحرف diverge مع اقتراب درجة الحرارة من الصفر المطلق، فإن وجود مؤشر مستقل على السلوك المترابط سيجعل البرهان أقوى بكثير. والجدير بالذكر أن تجارب سابقة أجرتها مجموعة معهد كاليفورنيا للتقانة قدَّمت بالضبط مثل هذا المؤشر [12]. فقد بيّنت هذه التجارب المبكّرة ازدياداً عملاقاً في مقدرة الإلكترونات على النفوذ بمفعول النفق الكمومي عبر الحاجز الذي يفصل الطبقتين في الشروط التي كان يتوقع فيها التكثف الإكسيتوني (انظر الشكل).

وإذا ما أُخذت معاً قياسات مفعول هول الجديدة والدراسات الأقدم منها حول النفوذ بمفعول النفق، فإنها توحي بقوة إلى أنه قد تمَّ التوصل أخيراً إلى التصور الذي جرى تقديمه لأول مرة منذ نحو 40 سنة حول تكثف بوز الإكسيتوني.

المراجع REFERENCES

[1] V. Ducic et al., Geophys. Res. Lett. 30 (18), 1951, 2003.
[2] E. Calais et al., Geophys. Res. Lett. 30 (12), 1628, 2003.
[1] J. Bardeen, L. N. Cooper, J. R. Schrieffer, Phys. Rev. 106, 162 (1957).
[2] J. Bardeen, L. N. Cooper, J.R. Schrieffer, Phys. Rev. 108, 1175 (1957).
[3] L. V. Keldysh, Y. V. Kopaev, Fiz. Tverd. Tela. (Leningrad), 6, 2791(1964)[Sov.Phys. 6, 2219 (1965)]
[4] D. B. Snoke, Science 298, 1368 (2002).
[5] L. V. Butov, Solid State Commun. 127, 89 (2003).
[6] C. W. Lai, J. Zoch, A. C. Gossard, D. S. Chemla, Science 303, 503 (2004).
[7] M. Kellogg, J. P. Eisenstein, L. N. Pfeiffer, K. W. West, Phys. Rev. Lett. 93, 036801 (2004).
[8] E. Tutuc, M. Shayegan, D. Huse, Phys. Rev. Lett. 93, 036802 (2004).
[9] H. Fertig, Phys. Rev. B 40, 1087 (1989).
[10] E. H. Rezayi, A. H. MacDonald, phys. Rev. B 42, 3224 (1990).
[11] X. G. Wen, A. Zee, Phys. Rev. Lett 69, 1811 (1992).
[12] I. B. Spielman, J. P. Eisenstein, L. N. Pfeiffer, K. W. West, Phys. Rev. Lett. 84, 5808 (2000).

5- يصعد العلم فجأة إلى ذروة البرنامج الحكومي*

ليست كوريا الجنوبية راضية عن مجهودها العلمي. غير أنه يمكن لبضع خطوات صغيرة أن تؤدي فرقاً كبيرًا في كيفية تدريب الطلبة وكيفية إيصال العلم.

يمثِّل انتقاد العلم الكوري هنا دأباً منزليّاً، إذ تمتد الشكاوى بدءاً من الأداء المتوسط للجامعات والصناعة وانتهاءً بالإشراف التفصيلي من طرف موظفي الرقابة الحكوميين. ولكن الشكوى الأكبر للعلماء، والمتمثِّلة في أن أصحاب المصالح المكتسبة يحولون دون الإصلاح المطلوب وأنه ما من أحد يصغي، لم تعد تجدي نفعاً.

وفي أول خطاب عامٍّ له منذ أن تمَّ صدّ محاولة لاتهامه بسوء التصرف الوظيفي، وفوزه بتأييد أصوات الناخبين من حزبه (حزب يوري Uri Parti) في الانتخابات النيابية، شدَّد الرئيس رو مو هيون

* نُشر هذا الخبر في مجلة Science, Vol 304, 28 May 2004، وتمت ترجمته في هيئة الطاقة الذرية السورية.

على أهمية الإبداع بالنسبة للاقتصاد الكوري وأشار إلى العلوم كواحدة من القطاعات الأكثر حاجةً للتطوير. جاء خطاب الخامس عشر من أيار للسيد رو في أعقاب الإصلاح المدرسي في كافة أرجاء البلاد والزيادة الرئيسية في الإنفاق على البحث العلمي، وكذلك عقب التفويض الجديد في الميزانية لصالح وزارة العلوم والتقانة (MOST).

يقول رئيس المكتب الأساسي للعلم والعمل في وزارة العلوم والتقانة كو بون- جي:"إن آليات السوق لا تعمل بشكل مناسب، لذا تركّز الحكومة على العلوم والصناعة بشكل أكبر، وبخاصة على قطاعات التقانة الراقية مثل التقانة الحيوية والتقانة النانوية". ويقول رئيس الأكاديمية الكوريّة للعلم والتقانة تشنغ كن- مو، بأن الهدف هو خلق ثقافة علمية حديثة "لا تنشد تقليد الآخرين، بل تتعدّى ذلك إلى المغامرة في مجالات جديدة".

يقول الناقدون إن خوض هذا المسار الجديد لن يكون أمراً سهلاً ما دامت المشكلات في كل قطاع من القطاعات عصيّة على الحلول السهلة. وبالرغم من أن كوريا تمنح نسبة مئوية من الدرجات العلمية والهندسية تفوق نظيرتها في أي بلد آخر، على سبيل المثال، فإنها تحتل المرتبة الخامسة عشرة في مبلغ المال المنفَق على كل طالب. ويقول رئيس جامعة بوهانج للعلوم والتقانة بارك تشن- مو، وهي إحدى أهم مدارس العلوم في كوريا، بأن النتيجة هي أنّ معظم البرامج أو المناهج يميل إلى التركيز على النظري وحفظ الكتب أكثر من التدريب العملي الأكثر تكلفة.

ويروي بارك قائلاً: "نحن لا نواجه نقصاً في الطلبة، ولكننا نفتقر إلى النوعية. فمن أصل حوالي 200 جامعة لا تركّز سوى سبع جامعات على البحث العلمي. وحتى نواجه تلك المشكلة، تخطط الدولة إلى مضاعفة الإنفاق على المنح العلمية بحيث يصل إلى 46 مليون دولار. وثمّة تغييرات أخرى سوف تمنح الطلاب مرونة أكاديمية أكبر عبر جعلهم يتقدّمون بطلباتهم إلى الجامعة بدلا من التقدُّم بها إلى مدرسة معيّنة أو برنامج ما داخل المؤسسة، وسوف تجعل كلية الطب تماثل نظيرتها الأمريكية عبر مطالبة الطلبة المتقدّمين بحيازة شهادة البكالوريوس".

وعلى نحوٍ مشابه، فإن الإنفاق على البحث العلمي هو العنصر الأكثر ازدياداً في الميزانية الوطنية، إذ ارتفع بمقدار 8.5% ووصل إلى 5.3 بليون دولار. جزءٌ من ذلك يمثّل خطةً (لمدة سبع سنوات بمبلغ 1.2 بليون دولار) كانت قد استُهلّت في عام 1999 لتعزيز البحث العلمي، ولفرض الإصلاحات الأكاديمية، وزيادة نصيب كوريا من أوراق البحث في المجلات ذات السويّة الرفيعة. ومع أن ما يُسمى برنامج الدماغ الكوري الحادي والعشرين Brain Korea 21 أفاد في ذلك، فإن العلماء الكوريين يقولون إنه لم يكن كافياً لتغيير السلوكيات القديمة.

هذا، وتأمل الحكومة كذلك أن تواجه واقع تدنّي أجور أفراد المهن العلمية ومكانتهم الاجتماعية الوضيعة وذلك من خلال تقديم المزيد من الفرص للعلماء في إطار المرافق الحكومية التي تأتي في مرتبة عالية من الترتيب الهيكلي للتوظيف. وقد تمَّ الإعلان في هذا العام عن خطط لحجز 30% على الأقل من الوظائف الحكومية الجديدة لخريجي العلوم والهندسة، بهدف جعل التدريب التقني إلزامياً بالنسبة لنصف المراكز الحكومية العليا كافةً بحلول عام 2013.

وثمّة تغييرات أخرى لابد أن تكسب العلم نفوذاً سياسياً أكبر. ففي الشهر الماضي كسبت لجنة التقانة والعلوم الوطنية في MOST حقّ مراجعة جميع اقتراحات البحوث العلمية قبل أن يبتّ مكتب الميزانية نهائياً في قرارات الصرف. ونشير هنا إلى أنه في الماضي كان مكتب الميزانية حرّاً في تعديل ترتيب تلك الاقتراحات كي تتلاءم مع أولويات الوكالات الحكومية الأخرى. وكذلك أعلنت الحكومة أن وزير العلوم، أوه ميونغ، سوف يصبح واحداً من ثلاثة نواب لرئيس الوزراء، مما يعطيه دوراً أكبر في صنع السياسة. ويقول كو Koo (من MOST): "إن هذه المنظومة الجديدة ينبغي أن تأخذ موقعها الصحيح بحلول نهاية العام".

وتعوِّل الحكومة أيضاً على الشركات الكبرى في كوريا (الشيبولات chaebols) في أن توظف المزيد من العلماء وأن تقيم لهم سُلَّماً مهنياً أفضل. ولكي تجعل خريجي العلوم فيها يبدون أكثر اجتذاباً، وأضافت الجامعات بدورها مؤخراً إلى لائحة المساقات المطلوبة مساقاً باسم "تدريب الإدارة" management training، كما وسَّعت الروابط مع الشيبولات المذكورة آنفاً. ويقول كيم هيونغ- شيك Kim Heung -Shik، وهو المدير الأعلى للتوظيف في شركة LGE، التي جَنَت البلايين الهائلة من الدولارات في مجال التجهيزات المنزلية والإلكترونية: "سيمكّن هذا الأمر الطلبة من الحصول على مزيدٍ من الخبرة العملية وسيسمح لنا أن نحظى بطلبة علوم موهوبين".

في خطابه الرئاسي، يعترف رو أن التقدُّم في مختلف الجبهات سيكون مطلوباً للسير ببلاده إلى الأمام: "ينبغي على الإدارة الحكومية والسوق أن يكونا مبدعين. كما يجب أن تتسم التقانة والسوق بالإبداع. و"يجب تغذية صندوق الإبداع والمبدعين". وإذا تمَّ اتّباع الوصفة، فإنها سوف تضطر العديد من العلماء في نهاية المطاف إلى التفتيش عن أشياء أخرى للشكوى.

6- الأزواج الإلكترونية البلّورية*

يُبدي العديد من المركّبات في درجات الحرارة المنخفضة ناقلية فائقة، وهي حالة تنعدم فيها المقاومة الكهربائية. ويمكن أن تكون درجة حرارة التحوّل إلى الناقلية الفائقة T_c في النواقل الفائقة النحاسانية cuprate superconductors ذات الدرجة الحرارية العالية تصل حتى

* نُشر هذا الخبر في مجلة Science, Vol 305, 3 September 2004، وتمت ترجمته في هيئة الطاقة الذرّية السورية.

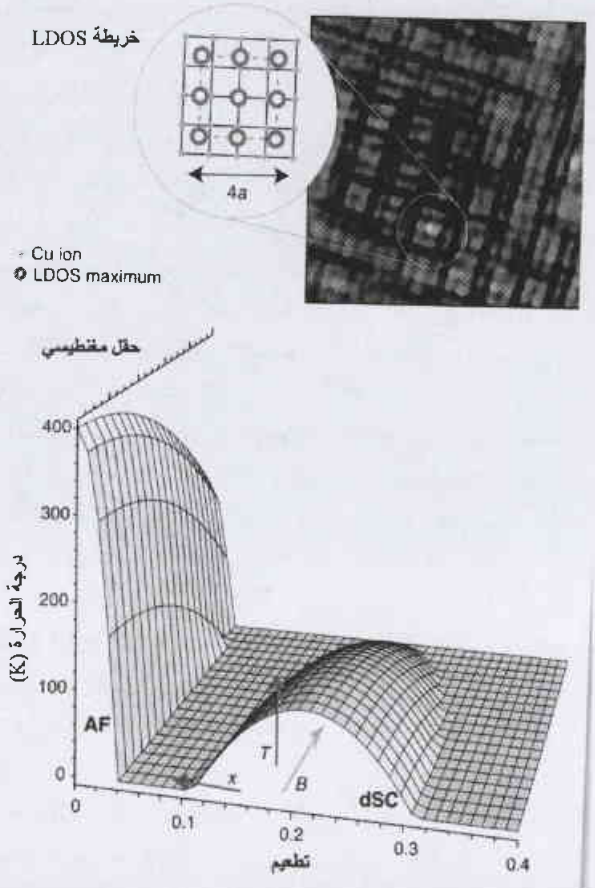
160 K. ولا تزال الآلية التي يحدث بها ذلك يلفُّها الغموض. ويمكن أن تحوز طبيعة الحالة الإلكترونية خارج "القبة الفائقة الناقلية" بعض الدالاّت clues، (انظر الشكل). وقد تركز اهتمام كثير على المنطقة المتوسطة بين عازل موتّ Mott ذي المغنطيسية الحديدية المعاكسة (وهي حالة تكون فيها السبينات متناوبة) في جانب والناقل الفائق في الجانب الآخر. وتتنبأ الاعتبارات النظرية بسيناريوهين أساسيين لسلوك الإلكترون في هذه المنطقة: فإما أن تستطيع الإلكترونات تشكيل أطوار سائلة غريبة ذات اهتياجات عنصرية "مجزأة" fractionalized وبدون تناظرات مكسورة [1]، أو أن تنتظم في حالات تقليدية الترتيب. وقد أثار الاحتمال الأول قدراً كبيراً من الاستثارة بين الباحثين ولكن لم يُعثر على أي دليل مقنع لمثل هذه الأشكال الغريبة من المادة الإلكترونية.

وتقدِّم القياسات الحديثة العالية الميْز التي أجراها هاناغوري وآخرون [2] بواسطة المجهر النفقي الماسح على النحاسات $Ca_{2-x}Na_2CuO_2Cl_2$ (المعروف باسم CCOC) نظرة عجلى مثيرة عما يقع إلى يسار القبة الفائقة الناقلية. فقد رصدوا نمطاً دورياً في الكثافة الإلكترونية الموضعية للحالات local density of states لا يعتمد دوره على طاقة الإلكترون النافذ بفعل النفق (انظر الشكل). وتوحي هذه الملاحظة بشكل قوي إلى وجود ترتيب إلكتروني بلّوري ترتكز إليه. ويأتي هذا في أعقاب تنويهات تجريبية سابقة [4,3] إلى مثل هذا الترتيب السكوني في نحاساتيٍّ آخر هو $Bi_2Sr_2CaCu_8+\delta$ (يعرف اختصاراً بالرمز BiSCCO).

وتوجد من حيث الأساس ثلاث طرق لكبت الناقلية الفائقة في مادة ما (انظر الأسهم في الشكل) هي: رفع درجة الحرارة فوق T_c، أو تطبيق حقل مغنطيسي B، أو تغيير مستوى التطعيم X عبر تغيير التركيب الكيميائي. ويتوقع المرء أن يصل إلى الحالة ذاتها للمادة الإلكترونية باتباع أيٍّ من الطرق الثلاث ما لم يُصادف حدّ طوري آخر في العملية. وقد أكمل هاناغوري وزملاؤه [2]، عبر الانتقال على طول محور التطعيم، مثلّث الاختبارات التي أثبتت بشكل مقنع وجود ترتيب بلّوري إلكتروني داخل القبة الفائقة الناقلية وخارجها.

ففي التجربة الأولى من هذا المثلّث انتقل هوفمان وزملاؤه على طول المحور B واكتشفوا أنماطاً شطرنجية الرقع في الكثافة الإلكترونية الموضعية للحالات (LDOS) في جوار الدوامات المغنطيسية [5]. ثمّ استكشف هوالد وزملاؤه الاتجاه T ولاحظوا تكييفات ضعيفة في عمق الحالة الفائقة الناقلية [3]. وسرعان ما نشر فرشينين وزملاؤه بعد ذلك ملاحظة أكثر إقناعاً لأنماط مشابهة فوق درجة الحرارة T_c [4, 6].

ولعل نتائج هاناغوري وزملائه [2] الجديدة هي الأكثر روعة في هذه المجموعة لكون رقع الشطرنج تسيطر تماماً على إشارة المجهر الماسح النفقي ويمكن أن تُرى بوضوح حتى في البيانات الأولية. وهذا الوضوح إذا أضيف إلى الميْز الذرّي، يمكن من فحص الظاهرة



مخطّط طوري للنحاساتيات cuprates:
AF= المغنطيسية الحديدية المعاكسة.
dSC= حالة الناقلية الفائقة للموجة (d).
وتشير الأسهم إلى طرق مختلفة للخروج من الحالة الفائقة الناقلية [2-5]. أما (المؤطر الداخلي) فيمثّل إلى نمط هاناغوري وزملائه للكثافة الإلكترونية الموضعية للحالات بالنسبة لبلورة واحدة ذات مستوى تطعيم x=1/8 [2]. وتبين الكثافة الإلكترونية الموضعية للحالات (LDOS) نموذج وحدة خلوية (4a x 4a) حيث (a) ثابت الشبيكة. وتضم كل وحدة خلوية تسع ذرى maxima لم يتم تسجيلها (باستثناء الذروة المركزية) فيما يخص مواضع النحاس. ولكن هذا النمط يتوافق مع الشبيكة النحاسية المعنية ذات الدورية (4a). على العكس من ذلك فإن الشطرنجية الرقمية لـ (BiSCCO) لا تتوافق مع الدورية (4.3a حتى 4.7a) [4,3].

فحصاً مفصلاً. ويبدو أن الظاهرة نفسها تحدث في الحالة العازلة (x= 0.08) وفي الحالة الفائقة الناقلية (x= 0.10 و 0.12، ذواتي T_c= 15 K و20 K على التوالي). وتعني هذه الملاحظة ضمناً وجود الناقلية الفائقة جنباً إلى جنب مع ترتيب الشحنات في هذه المادة.

ماذا نتعلم من هذه البيانات الجميلة؟ أولاً لا يبدو أن الحالات السائلة المجزأة التي جرى تصوُّرها في الدراسات النظرية مبكرة تتحقق في النحاسات. بل عوضاً عن ذلك، يلاحظ مزيد من الحالات المرتبة التقليدية للمادة الإلكترونية. وكان قد جرى لبعض الوقت توقع هذه النتيجة [7] ولكن لم يكن من الواضح أية حالة دنيا بديلة سوف تتحقق في النحاسات. أما التبصرات الجديدة، التي قدّمها المجهر النفقي الماسح، فإنها توضح الموقف بقدر كبير. إلا أن هناك الكثير من الأسئلة المتعلقة بطبيعة الحالة المرتبة وعلاقتها (إن كانت هناك علاقة) بحالة الناقلية الفائقة المجاورة.

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

لا يمكن أن يكون الترتيب الملحوظ مجرد موجة كثافة شحنة charge density wave (CDW) بسيطة. ففي أطياف التهيج الإلكتروني، والتي تقاس أيضاً في المجهر النفقي الماسح، تنخفض الكثافة الإلكترونية الموضعية للحالات على الدوام بالقرب من مستوى فرمي Fermi level (وهو ما يسمى سلوك "الثغرة الكاذبة" pseudogap)، وتكون النهاية الصغرى مثبتة عند الطاقة الفرمية (ε_F). وتولّد موجة عادية لكثافة الشحنة ثغرة لا تكون مثبتة عند ε_F على كامل سطح فرمي. وفي الحقيقة تتماثل أشكال طيوف التهيج في الطورين الفائق الناقلية والعازل إلى حد كبير في النحاسات Na-CCoC، مما يوحي بوجود علاقة وثيقة بين الحالتين.

وتقدم هذه الفكرة صلة محتملة [8] بأنه يمكن فهم حالة الثغرة الكاذبة كناقل فائق غير مرتّب الطور phase-disordered. ويمكن جرّ بارامتر ترتيب الناقلية الفائقة (Δ) إلى الصفر بواسطة تأرجحات حرارية أو كمومية في طوره مع إبقاء السعة مختلفة عن الصفر. ويضمن هذا السيناريو تلقائياً أن تبقى الثغرة الكاذبة، لكونها نتيجة مباشرة لثغرة الناقلية الفائقة، مثبتة عند طاقة فرمي. وعلاوة على ذلك، فإن أشكال الخطوط الطيفية تكون بصورة طبيعية مماثلة لتلك التي في حالة الناقلية الفائقة، مع زوال النتوءات الحادة فيها بواسطة التأرجحات [9].

أين تنزل أنماط رقعة الشطرنج الملحوظة [2-5] داخل هذه الصورة؟ طبقاً لمبدأ ارتياب العدد – الطور• number-phase uncertainty فإن تأرجحات الطور في ناقل فائق تميل لأن تكبت التأرجحات في كثافة الشحنة الموضعية. وإحدى الطرق لتسوية مثل هذا الانخفاض في تأرجحات الشحنة تكمن في إحداث تكييف دوري للشحنة يتألف من موجة في كثافة أزواج كوبر. وثمّة شكل متطرّف من مثل موجة كثافة الأزواج pair density wave (PDW) هذه يدعى بلّورة فيغنر Wigner. ففي هذه البلورة تتموضع أزواج كوبر في شبيكة تشبه إلى حد بعيد تموضع الأيونات في الجسم الصلب. وفي الحقيقة فإن الدراسات النظرية الحديثة لهذه الأشكال الجديدة من المادة الإلكترونية تأخذ ببعض الصفات الكيفية للبيانات التجريبية [11-14].

وهناك مقترح نظري آخر ينطلق من عازل موت Mott ويتخيل بلّورة ثقوب [15]. ويتنبأ كلا السيناريوهين بأنماط دورية شطرنجية الرقع كالتي لوحظت في [2-5] ولكن توجد اختلافات كيفية ستتيح، في الوقت المناسب، إثبات الصورة الصحيحة تجريبياً.

المراجع REFERENCES

[1] P. W. Anderson, The Theory of Superconductivity in the high-Tc Cuprates (Princeton Univ. Press, Princeton, NJ, 1997.

[2] T. Hanaguri et al., Nature 430, 1001 (2004); 26 August 2004 (10.1038/nature02861).

[3] C. Howald, H. Eisaki, N. Kaneko, M. Greven, A. Kapitulnik, Phys. Rev. B67, 014533 (2003).

[4] M. Vershinin et al., Science 303, 1995 (2004); published online 12 February 2004 (10. 1126/science. 1093384).

[5] J. E. Hoffman et al., Science 295, 466 (2002).

[6] M. Norman, Science 303, 1985 (2004).

[7] D. A. Bonn et al., Nature 414, 887 (2001).

[8] V. J. Emery, S. A. Kivelson, Nature 374, 434 (1995).

[9] M. Franz, A. J. Millis, Phys. Rev. B 58, 14572 (1998).

[10] This principle states that $\Delta N \Delta f \geq 1$, where ΔN and Δf are the uncertainty in particle number and phase, respectively.

[11] H. -D. Chen, O. Vafek, A. Yazdani, S. -C. Zhang, www.arxiv.org/abs/cond-mat/0402323.

[12] Z. Tesanovic, www.arxiv.org/abs/cond-mat/0405325.

[13] P. W. Anderson, www.arxiv.org/abs/cond-mat/0406038.

[14] One consequence of the PDW hypothesis is a possibility of formation of a "supersolid" phase, previously conjectured to occur in solid 4He. The supersolid retains the crystalline order of the pair Wigne crystal but also exhibits superconductivity, presumably as a result of excess Cooper pairs that cannot be accommodated in the crystal. This picture would explain another enduring mystery in cuprates: that the superfluid density is proportional to the total electron density 1-x.

[15] H. C. Fu, J. C. Davis, D. -H. Lee, www.arxiv.org/abs/cond-mat/0403001.

[16] I. thank J. C. Davis, A. P. Iyengar, T. Pereg-Barnea, Z. Tesanovic, and A. Yazdani for helpful discussions.

7- ساعة المعصم الذرّية*

هل أنت متعب من اضطرارك لضبط ساعتك من حين لآخر؟ حسنٌ ما رأيك في ساعة ذرية تضعها على معصمك؟ يمكن للتطورات في التقانة وتقنيات التوقيت أن تجعل من ذلك إمكانية متميِّزة.

تعتمد المجتمعات الحديثة بشكل كبير على التوقيت الدقيق. تشغل أكثر نبائط التوقيت دقّة (وهي الساعات الذرية الأولية في مختبرات المقاييس الوطنية) حيّزاً بحجم خزانة ضخمة وتضبط الوقت بدقة جزء واحد من 10^{15}، أو بدقة ثانية في 30 مليون سنة. لا يحتاج كل امرىء لهذا المستوى من الأداء. يمكن تحقيق ثبات بمقدار جزء واحد من 10^{12} في ساعات بحجم علبة الحذاء. وهناك عدة آلاف من مثل هذه

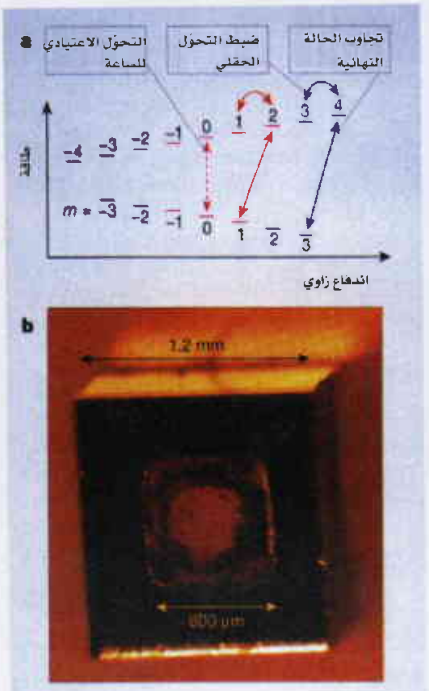
* نُشر هذا الخبر في مجلة Nature Vol 329, 3 June 2004، وتمت ترجمته في هيئة الطاقة الذرية السورية.

• نص هذا المبدأ على أن $\Delta N \Delta f \geq 1$، حيث ΔN الارتياب في عدد الجسيمات و Δf الارتياب في الطور.

النبائط قيد الاستخدام عبر العالم (في مجال الاتصالات البعيدة، على سبيل المثال) لصالح تزامن synchronization إرسال كبير السرعة للمعطيات في الشبكات العديدة المستخدمين. وسينفتح مجال واسع من التطبيقات فيما لو أمكن تصغير الساعات أكثر فأكثر وأمكن إنتاجها بطريقة رخيصة.

تم الآن إيجاد حلول لبعض المشاكل الفيزيائية والفنية التي تصادف على طريق التوصُّل إلى ساعات ذرية بالغة الصغر. وتصف مجموعة Liew et al [1] في منشورات Applied Physics Letters وفي مساهمة لنفس المجموعة [2] في أحد المؤتمرات نمنمة miniaturization عيارية التواتر في خلية بخارية لتصل إلى حجم عدة ملّمترات مكعبة فقط وذلك باستخدام سلسلة من الخطوات تنسجم تماماً مع الإنتاج الوفير. وفي منشورات Physical Review Letters يقترح Jau et al [3] طريقة جديدة للتشغيل يمكنها التغلب على بعض المساوئ الملازمة لساعات خلية البخار الصغيرة. وبالنتيجة يمكن الحصول على ساعات ذرية بكلفة تقل عن 100 يورو (120 دولاراً أمريكياً) لكل واحدة وبحجم واستهلاك للطاقة يجعلانها نبائط مناسبة للاستخدام اليدوي، وربما تكون ملائمة كساعات معصم بتقنية عالية.

في الساعة الذرية التقليدية تتم إضاءة الذرات بأمواج مكروية في المجال التواتري البالغ غيغا هرتز (10^9 Hz) ويمكن تنظيم المجال التواتري للأمواج المكروية بحيث يستحثّ امتصاصها من قبل ذرة ما تحوّلات بين حالتين داخليتين نوعيتين للطاقة الذرّية بأعلى معدّل ممكن. وبهذه الطريقة يصبح التواتر المنظَّم للموجة المكروية الذي هو الإشارة الخرجية output signal الأولية للساعة الذرّية تمثيلاً جهرياً للبنية الداخلية للذرة. يتوافق التواتر الأمثل في ساعة السيزيوم مع الاهتزازات 9.192 .631 .770 للموجة المكروية بالثانية الواحدة (بالكاد فوق 9 غيغا هرتز تواتراً). وبهذا يُقدّم تقسيم الخرج output إلكترونياً على هذا الرقم تكّات ticks الثانية الواحدة في الساعة الذرية. أما الثنائي النوعي لحالات الطاقة الذي يختار عادة لتشغيل الساعة فيكون ثنائي حالات مركزية ضمن منوّع الحالات الستة عشرة في الحالة الأساسية للسيزيزم (الشكل 1a). وبالنسبة لهذه الحالات، فإن تقلبات الحقل المغنطيسي لاتشوِّش تباينها الطاقوي إلاّ قليلاً. وفي الساعات الصغيرة توضع ذرّات السيزيوم بشكل نمطيٍّ في خلية زجاجية أبعادها من رتبة 1 سم وتحفظ كبخار ذري بدرجة حرارة تفوق درجة حرارة الغرفة بقليل.



(الشكل 1 - 1) تتشطر مستويات الطاقة للحالة الأرضية بفعل وجود حقل مغنطيسي ضعيف إلى ذرة سيزيوم (الأزرق والأحمر) وذرة روبيديوم (الأحمر فقط). وتتغير طاقة كل مستوى بالتناسب مع m، التي ترمز إلى الرقم الكمومي المغنطيسي المتعلق بالعزم الزاوي للذرة. ويكون التحول الطبيعي للساعة بين المستويين حين تكون m= صفرا Jau et al. [3] ولكن من المفترض أن رنين الحالة النهائية (بين m=3 وm=4 بالنسبة للسيزيوم، و(m=1 و m=2 بالنسبة للروبيديوم) يكون مفضلاً في حالة الساعات الذرية المنمنمة. أما قوة الحقل المغنطيسي فيمكن التحقق منها عن طريق رصد التواتر الزنيني للتحول بين حالات m المتجاورة. ب) خلية بخار ذرية للسيزيوم بالغة الصغر قام بصنعها Liew وزملاؤه. تملأ حفرة مربعة الشكل في قطعة سليكون (بسماكة 0.375 مم) بكمية قليلة من معدن السيزيوم وتختم بعد ذلك من كلا الجانبين بواسطة صفيحة زجاجية رقيقة.

لا يمكن نمنمة هكذا ساعة تُدار بالأمواج المكروية إلى ما دون 1 سم أو نحو ذلك تقريباً لأنه لا يمكن تنزيل الموجة المكروية في بنىً للتوجيه أصغر بكثير من طول موجتها البالغ 3.2 سم. لكن يمكن كسر هذا الحاجز باستخدام ضوء الليزر. فعندما تحتوي حزمة ضوئية على مكوّنين اثنين للتواتر الضوئي ينفصلان في التواتر بمقدار 9 GHz، فإنه يمكن كذلك قرن حالتيهما الذرّيتين عبر عملية تسمى المَعْلَمْ التجميعي المتماسك. لقد تم من قبل [4] بناء كل الساعات الضوئية حسب هذه الخطوط بحجم الإصبع. لكن Liew et al [1] نقل هذا العمل خطوة إضافية هامة عبر تصنيع تقنية جديدة لخلايا بخار صغيرة (الشكل 1b).

تتضمن نتائجهم الأخيرة [2] تكاملاً للطاقم الضوئي الكامل (الرُّزمة الفيزيائية) في نبيطة لا تشغل إلاّ مليمترات مكعبة قليلة بدون حسبان إلكترونياتها وتجهيزها القُدْروي. علاوة على ذلك، فإن كل خطوات العمل تنسجم بشكل كامل مع التقانة الراهنة فيما يخصّ التكامل ولمعالجة الرقائقية المقياس (wafer-scale). ومن حيث المبدأ يمكن تصنيع مئات أو آلاف الرُّزم الفيزيائية في آنٍ واحد وبكلفة تصنيع منخفضة لكل وحدة. أما إجمالي استهلاك القدرة للساعة الكاملة فيمكن أن يبلغ عشرات قليلة من المليواط وبذلك يصبح التشغيل بالبطارية إمكانية قائمة.

ولكن تتمُّ النمنمة على حساب ثبات منخفض يصل إلى جزئين في (10^{10}) جزء في الثانية الواحدة، بل وتقريباً واحد من (10^{11}) جزء في الفترات الأطول من ذلك. ويعتمد ثبات الساعة الذرية على بارامترين اثنين، فهو يزداد بازدياد نسبة (الإشارة – إلى – الضجيج) (SNR) أثناء استكشاف الإشارة وينخفض بازدياد عرض خط تجاوب المكروية (أي مقدار اختلاف التواتر GHz-9 عن قيمته المثلى).

تكون الخلية البخارية في الساعة المنمنمة قصيرة جداً بحيث يجب زيادة كثافة البخار، ولفعل ذلك يجري تسخين ذرات السيزيوم لدرجة تفوق 80 درجة مئوية بحيث يعطي نفس العدد الإجمالي للذرات إشارة. وفي تلك الكثافات العالية تتصادم الذرات بعضها مع بعض بشكل متكرر. ويشوش كل تصادم تفاعل الذرة مع ضوء الليزر أو مع الموجة المكروية في عملية تدعى تبادل السبين spin exchange، الأمر الذي يسبب زيادة عرض خط التجاوب. وكذلك يمكن للتصادمات أن تنقل الذرات بعيداً عن مستويي الطاقة المَعْنيين بتحوّل الساعة مما يؤدي إلى تقليل عدد الذرات الفعّال في توليد

الإشارة وبالتالي تخفيض نسبة الإشارة إلى الضجيج (SNR).

يقترح Jau et al [3] معاكسة هذه التأثيرات باختيار ثنائي مختلف من الحالات عند الحافة الخارجية لعدودة الحالة الأساسية ground-state multiplet (الشكل 1a). ويمكن لما يسمى بالضخ الضوئي أن يحوّل كل الذرات تقريباً إلى حالة أو أخرى من الحالات الأكثر بُعداً عن طريق استخدام ضوء ليزر مستقطب دائرياً، مما يؤدي إلى زيادة كبيرة في قوّة الإشارة وفي نسبة الإشارة إلى الضجيج (SNR). وبنفس الوقت لا يكون تبادل السبين بين الذرات في إحدى حالات النهاية فعّالاً (بسبب حفظ العزم الزاوي). وهكذا لا تؤدي تصادمات التبادل السبيني هنا إلى زيادة عرض خط التجاوب. ويأخذ هذين التأثيرين معاً بعين الاعتبار يمكن أن يتحسن ثبات الساعة عشرة أضعاف أو مئة ضعف. ناهيك عن أن إحلال هذه الساعات الصغيرة محل الساعات الراهنة التي تكلف 50.000 يورو تقريباً – بواقع يفوق 1 لكل 10^{-12}.

ولكن ثمة عائق هام في حالات النهاية تلك يتمثل في الاعتماد القوي لطاقتها على قوة الحقل المغنطيسي – الأمر الذي يعتبر السبب وراء عدم استخدامها بشكل عادي في الساعات الذرية بكميات أكثر فاعلية. ويقترح Jau et al [3] استخدام نقل راديوي للتواتر بين الحالات المتجاورة في قياس الحقل المغنطيسي بشكل دقيق في الخلية الصغيرة ومن ثم تعويض أية تغيرات بشكل دقيق باستخدام عروة إضافية من الإلكترونيات. ويمكن تحمُّل التعقيدات المضافة هذه مقابل الكسب الكبير المتوقع في الثبات القصير الأمد.

لابد من انقضاء فترة من الزمن قبل أن تصبح الساعة الذرية المنمنمة (على غرار ساعة Liew et al1) مُنْتجاً تجاريًا. وهنا نتساءل هل يمكن أن يرغب الناس حقاً باقتناء ساعة معصم ذرية؟ فلربما كانت دقة مقدارها جزءٌ في 10^{11} جزء (بما يعادل مِكرو ثانية في اليوم) – أمراً مبالغاً فيه إلى حدٍّ ما بالنسبة للاستخدامات اليومية الاعتيادية. غير أن صغر حجم هكذا ساعة وسعرها التقديري المنخفض سيجعلانها قطعة هامة بين منتجات أخرى مثل لاقطات الإشارة GPS أو النبائط المعتمدة على التوقيت والمصممة للتشغيل الذاتي. فلو أمكن تحقيق مكاسب الأداء التي يتنبّأ بها Jau et al [3]، سيكون لدينا ميقاتية ذرّية رخيصة بكميات كبيرة في الأسواق.

[1]- Liew, L-A et al. Appl. Phys. Lett. 84, 2694-2696 (2004)

[2]- Kitching, J. et al. in Proc. 18th Eur. Frequency and Time Forum, Guildford, UK, April 2004 (IEE, Stevenage, UK, in press).

[3]- Jau, Y.-Y. et al. Phys. Rev. Lett. 92, 110801 (2004).

[4]- Kitching J., Knappe, S., Hollberg, L & Wynands, R. Electron Lett. 37, 1449-1451(2001).

8- التريتيوم (الهدروجين-3)*

الرمز:	H(H-3)
العدد الذرّي: (بروتون واحد في النواة)	1
الوزن الذرّي: (الهدروجين الموجود بصورة طبيعية)	1

ما هو التريتيوم؟

التريتيوم هو النظير المشع الوحيد للهدروجين. (والنظير هو شكل مختلف لعنصر يمتلك في النواة نفس عدد البروتونات ولكن عدد النوترونات مختلف). وتتألف نواة ذرة التريتيوم من بروتون ونترونين. وهذا ما يختلف عن نواة ذرة الهدروجين العادية (التي تتألف فقط من بروتون) وعن ذرة الدوتيريوم (التي تتألف من بروتون واحد ونوترون واحد). ويؤلف الهدروجين العادي ما يزيد عن 99.9 % من جميع الهدروجين الموجود بصورة طبيعية، في حين يؤلف الدوتيريوم حوالي 0.02 %، والتريتيوم تقريباً جزءاً واحداً من بليون بليون جزء (10^{-18}) في المئة من مجموع الهدروجين.

الخواص الإشعاعية للتريتيوم

النظير	عمر النصف (بالسنين) (Yr)	الوفرة الطبيعية (%)	النشاط النوعي (Ci/g)	نمط التفكك	الطاقة الإشعاعية (MeV)		
					ألفا	بيتا	غاما
H-3	12	جزء من بليون جزء	9.800	β	-	0.057	-

Ci= كوري، g = غرام، MeV = مليون إلكترون فولط؛ تعني الشَرْطة (-) أن الدخول غير قابل التطبيق. (انظر صفحة الحقائق المصاحبة حول الخواص الإشعاعية، والتوزع الداخلي ومعاملات الخطر لشرح التسميات وتأويل طاقات الإشعاع). تعطى القيم لشكلين قيمين.

أما أكثر أشكال التريتيوم شيوعاً فهي غاز التريتيوم (HT)، وأكسيد التريتيوم الذي يدعى كذلك (الماء الثقيل "أو الماء التريتيومي" tritiated water). وفي هذا الأخير تحلُّ ذرة تريتيوم محلّ إحدى ذرّتي الهدروجين وهكذا يكون رمزه الكيميائي HTO بدلاً من H_2O. و يكون للتريتيوم بصورة أساسية الخواص الكيميائية نفسها التي للهدروجين العادي. فهو يتفكّك بعمرِ نصف قدره 12 سنة عن طريق إصدار جسيم بيتا لتكوين الهليوم-3. يتمتع التريتيوم بنشاط مرتفع نسبياً ويتولّد بعمليات طبيعية وصنعية على السواء. ونشير إلى أنه يشكّل شأناً مهمّاً في مواضع وزارة الطاقة التي تدير منشآت إنتاج التريتيوم، مثل هانفورد.

من أين يأتي التريتيوم؟

يوجد التريتيوم بصورة طبيعية كنسبة مئوية صغيرة جداً من الهدروجين العادي في الماء، بحالتيه السائلة والبخارية. ويتولّد هذا

* نُشر هذا الخبر في مجلة ANL, October 2001، وتمت ترجمته في هيئة الطاقة الذرّية السورية.

التريتيوم نتيجة لتأثر interaction الإشعاع الكوني مع الغازات في الغلاف الجوي الأعلى ويبلغ مخزون الحالة الثابتة الطبيعية في الكرة الأرضية نحو 7.3 كغ. (نحو خمسة أضعاف هذه الكمية يتبقى من اختبارات سابقة للأسلحة النووية). وبعد أن يتم تكوّنه في الغلاف الجوي، يندمج بسرعة في الماء ويسقط على الأرض على شكل مطر، فيدخل بذلك في الدورة الهدرولوجية (المائية) الطبيعية. ويتكوّن التريتيوم أيضاً كناتج انشطار من اختبارات الأسلحة النووية ومن مفاعلات القدرة النووية، بمردود يبلغ نحو 0.01 %. وهذا يعني أنّه ينتج نحو ذرة واحدة من التريتيوم من كل 10000 انشطار. ويولّد كل مفاعل تجاري للكهرباء بالطاقة النووية في كل سنة نحو 20000 كوري (2 غرام) من التريتيوم الذي يندمج بصورة عامة في الوقود النووي والإكساء (التلبيس) cladding.

ونظراً لوجود كمية قليلة جداً من التريتيوم بصورة طبيعية، ينبغي إنتاجه صنعيّاً للاستعمال على مقياس عملي. ويمكن أن يُصنع في المفاعلات النووية الإنتاجية، أي المفاعلات المصمّمة لاستمثال optimize توليد التريتيوم والمواد النووية الخاصة مثل البلوتونيوم-239. ويجري إنتاج التريتيوم بامتصاص نترون ذرة الليثيوم-6. وذرة الليثيوم-6 ذات البروتونات الثلاثة والنترونات الثلاثة، وكذلك النترون المُمتص تتّحد لتتشكل ذرة ليثيوم-7 ذات ثلاثة بروتونات وأربعة نترونات، وهذه بدروها تنشطر بصورة فورية لتشكيل ذرة تريتيوم (بروتون واحد ونترونين) وذرة هليوم-4 (بروتونين ونترونين). ولقد استعادت الولايات المتحدة ما مقداره 225 كغ من التريتيوم تفكّك منها 150 كغ إلى هليوم-3، مما أبقى مخزوناً أخيراً قدره 75 كغ تقريباً. وعلى الرغم من أنّ التريتيوم يمكن أن يُنتج في المسرّعات بقصف الهليوم-3 بالنترونات، فإنّ هذا المدخل لم يثبت على نطاق واسع.

كيف يُستعمل؟

يُستعمل التريتيوم كأحد المكوّنات في الأسلحة النووية ليقوّي مردود الرؤوس الحربية الانشطارية والحرارية النووية (أو الاندماجية). ويستعمل أيضاً ككفّاء tracer في الدراسات البيولوجية والبيئية، وكعامل في الطلاءات (الدهانات) المتألقة مثل تلك المستعملة في صنع إشارات لتدل على مخارج المباني وأنوار مدارج المطارات وعقارب الساعات.

كيف يوجد في البيئة؟

يوجد التريتيوم في الماء (السائل والبخار) كنتيجة لعمليات طبيعية في الغلاف الجوي، وكذلك من السقط الناجم عن تجارب الأسلحة النووية السابقة في الغلاف الجوي ومن تشغيل المفاعلات النووية ومصانع إعادة معالجة الوقود النووي. والشكل الذي يستقطب الاهتمام الأكبر هو أكسيد التريتيوم (HTO) وهو بصورة عامة لا يتميّز عن الماء العادي ويمكن أن يتحرّك بسرعة داخل البيئة بالطريقة نفسها التي يتحرّك فيها الماء. ويوجد التريتيوم بصورة طبيعية في المياه السطحية بمقدار يُقارب 30 بيكوكوري بالليتر (pCi/L). أما المستوى الملوِّث الأعظمي لمياه الشرب الذي أعلنته وكالة حماية البيئة فإنه يبلغ 20000 بيكوكوري / ليتر أو 0.02 مكروكوري بالليتر (بيكوكوري = جزء من مليون جزء من المكروكوري). ويمكن أن توجد تراكيز أعلى في المياه في المنشآت التي تُنتج وتستخدم التريتيوم. فتركيز التريتيوم في سافلة نهر كولومبيا في موقع هانفورد يبلغ نحو 70 بيكوكوري باللتر، وهو تركيز أعلى بنحو 35 بيكوكوري بالليتر منه في عالية النهر. ولقد فاقت تراكيز التريتيوم في المياه الجوفية تحت ذلك الموقع ما مقداره 2000000 بيكوكوري بالليتر في تجمعات مائية محلّية.

ماذا يحدث للتريتيوم في الجسم؟

يمكن أن يدخل التريتيوم إلى الجسم عن طريق مياه الشرب والأطعمة والهواء المستنشق. وقد يدخل أيضاً عبر الجلد. ويمكن أن يدخل كل أكسيد التريتيوم المستنشق تقريباً (حتى 99%) إلى الجسم عن طريق الرئتين ويتوزع بعدئذ عبر الدوران الدموي على كل نسج الجسم. ويتمّ امتصاص أكسيد التريتيوم المبتلع بكامله تقريباً وينتقل بسرعة من السبيل المعدي المعوي إلى مجرى الدم. وخلال دقائق تتوافر بتراكيز مختلفة في سائل الجسم والأعضاء والنسج الأخرى. ويمكن أن يشكل امتصاص الجلد لأكسيد التريتيوم المحمول في الهواء مسلكاً مهماً للقبط uptake، وبصورة خاصة بالنسبة للتعرّض إلى تراكيز من بخار الماء الثقيل (التريتيومي)، كما يمكن أن يحدث تحت شروط من الرطوبة المرتفعة خلال المناخ الحار، بسبب الحركة العادية للماء عبر الجلد. وبالنسبة إلى شخص مغمور في سحابة من أكسيد التريتيوم (HTO) محمولة في الهواء، فإنّ القبط عن طريق الامتصاص عبر الجلد سيبلغ نحو نصف ما يترافق مع الاستنشاق. ولا تهمّ الكيفية التي دخل بها إلى الجسم ، فإنّ التريتيوم يتوزع بصورة منتظمة عبر كل السوائل البيولوجية خلال ساعة واحدة أو ساعتين. ويُطرح التريتيوم من الجسم بعمر نصف بيولوجي قدره 10 أيام، على شاكلة ما يحدث في الماء. وأثناء الزمن الذي يكون فيه التريتيوم موجوداً في الجسم ، يندمج جزء صغير منه في مواقع الهدروجين السهلة الاستبدال في الجزيئات العضوية.

ما هو تأثيره الصحي الأساسي؟

لا يُمثّل التريتيوم خطراً صحياً إلاّ إذا دخل إلى الجسم، لأن التريتيوم يتفكّك بإصداره جسيم بيتا منخفض الطاقة بدون إشعاع غاما. وهذا الجسيم بيتا لا يستطيع اختراق النسج إلى أعماقها أو ينتقل بعيداً في الهواء. والشكل الأكثر احتمالاً للقبط يكون أكسيد التريتيوم (أو الماء الثقيل أو الماء التريتيومي)، لأنّ قبط غاز التريتيوم يكون منخفضاً جداً من الناحية النمطية (أقل من 1%). ويسلك الماء الثقيل سلوك الماء العادي نفسه، سواء أكان ذلك في البيئة أم في الجسم البشري. ولذلك، فإنّ جزءاً مهماً من التريتيوم المستنشق

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

أو المتناول مع الطعام يتم امتصاصه مباشرة إلى داخل الأوعية الدموية. ويترافق خطر التريتيوم الصحي مع تلف خلوي ناجم عن الإشعاع المؤيّن الذي ينتج من التفكّك الإشعاعي، مع احتمال تحريض سرطاني لاحق.

ما هو خطره؟

لقد جرى حساب معاملات خطر الموت بالسرطان خلال حياة الفرد بالنسبة لجميع النكليدات المشعة تقريباً (انظر المؤطّر في الأسفل). وتخصُّ القيم المعطاة هنا الماء الثقيل؛ وهناك قيم إضافية متاحة، تتضمّن ما يتعلّق باستنشاق وابتلاع التريتيوم المرتبط عضويّاً واستنشاق التريتيوم المحمول على جسيمات particulate. وكما هو الحال في النكليدات الأخرى ، فإنّ معامل خطر ماء الشرب يكون حوالي 80% من خطر الطعام الغذائي.

مُعاملات الخطر الإشعاعي

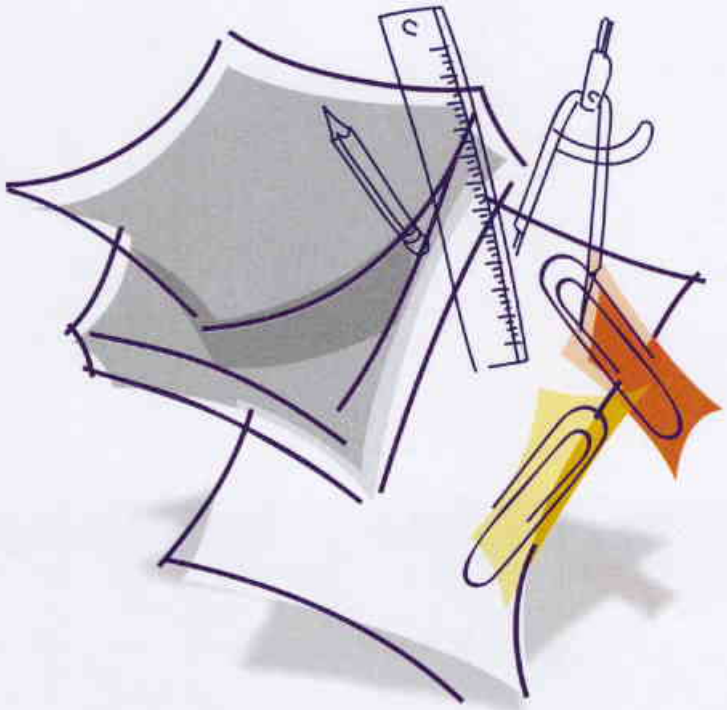
يُزوّد هذا الجدول مُعاملات أخطار مختارة متعلقة باستنشاق وابتلاع الماء الثقيل عبر الأغذية. وقد جرى أخذ متوسط أخطار الموت بالسرطان خلال مدة الحياة لكل وحدة استهلاك الجرعة (بيكوكوري) بالنسبة لكل الأعمار ولكلا الجنسين. (10^{-12} هو جزء من تريليون جزء). وهناك قيم أخرى متاحة تتضمن الإمراضية mortality أيضا.

النظير	خطر الموت بالسرطان عبر مدة الحياة	
	الاستنشاق (pCi_i)	الابتلاع (pCi^{-1})
التريتيوم (H-3)	3.9×10^{-14}	4.4×10^{-14}

للاستزادة انظر لوحة الحقائق حول الخواص الإشعاعية، والتوزيع الداخلي ومُعاملات الأخطار والجدول المرافق 1.

* * *

ورقات البحوث



خلايا شمسية مبنيَّة على طبقتين عضويتين ★

د. علي المحمد
قسم الخدمات العلمية - هيئة الطاقة الذرية - ص . ب 6091 - دمشق - سوريا

ملخص

لقد تمَّ تحضير خلايا شمسية مركبة من طبقتين عضويتين، حيث تم توضيع أفلام رقيقة ذات سماكة تقارب 50 nm من فثاليوسيانين النحاس (CuPc) والبريلين تتراكاربوكسيلك (PTCD) على ركائز من السليكون باستخدام تقنية التصعيد.
لقد أظهرت هذه الخلايا تحسناً في خواصها الفيزيائية يقارب 20% عن تلك المصنَّعة من طبقة عضوية واحدة.

الكلمات المفتاحية: *خلايا شمسية، خلايا شمسية عضوية ، خلايا شمسية متعددة الطبقات.*

مقدمة

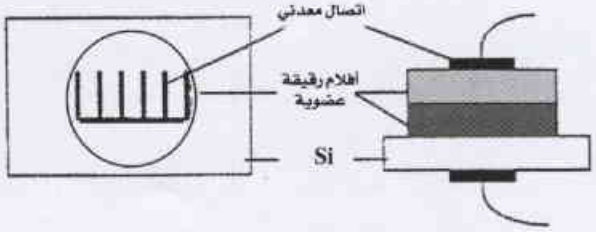
تركزت معظم التحريات، وإلى وقت قريب، على تصنيع خلايا شمسية من طبقة عضوية مفردة. كانت هذه الخلايا من النموذج شوتكي والتي يتم فيها توضيع طبقة عضوية رقيقة بين إلكترودين معدنين مختلفين [1]، أو تصنيع خلايا شمسية هجينية لها التركيب معدن - فلم عضوي - نصف ناقل [2]. تتولد في هذه التراكيب فولطية داخلية عند منطقة اتصال المعدن بالفلم العضوي وتعتمد الخواص الفوتو - ضوئية لهذه الخلايا وبشكل كبير على طبيعة الإلكترود المعدني ونوع المادة العضوية وعلى معدل التوضيع لهذه المادة [3].

لقد بدأ، في السنوات القليلة الماضية، إيلاء انتباه أكثر لتصميم وصلات خلايا شمسية (p-n) من طبقات عضوية متعددة (نوع-p فثاليوسانين ونوع n صباغ البريلين) [4]. وهذا نابع بشكل أساسي من أن استعمال طبقتين عضويتين ماصَّتين للضوء يمكن أن يؤدي إلى تغطية جزء كبير من الطيف الشمسي وخاصة إذا اختيرت الطبقات العضوية المستعملة بحيث تكمل طيف الامتصاص هذا بالإضافة إلى العديد من الخواص الفيزيائية المفيدة الأخرى. تقود ميزة التغطية الكبيرة للطيف الشمسي السابقة إلى امتصاص فوتوني أعلى والذي يؤدي في المحصلة إلى توليد تيار إلكتروني من مرتبة الملّي أمبير [4].

وعلى الرغم من النجاح في تصنيع بعض العناصر الإلكترونية (مقومات تيار، مقومات ضوئية ....) [5] التي يدخل في تركيبها طبقات عضوية رقيقة، فإن استخدام هذه المواد في تطبيقات خلايا شمسية فعَّالة وعملية لا يزال بعيد المنال. وهذا ناتج في الحقيقة من عدة عوامل معيقة مثل فعالية التحويل المنخفضة، وبطء حوامل الشحنة، والتركيب غير المنتظم لهذه الطبقات والمقاومة الحجمية المرتفعة. لكن بنفس الوقت فإن المركبات العضوية لها العديد من المحاسن المتمثلة في انخفاض كلفتها وسهولة تصنيعها على مساحات كبيرة في عملية تدفق مستمرة بالإضافة إلى ذلك امتلاكها للخواص الفيزيائية والضوئية المتميزة.

عمل تجريبي

لقد تمَّ تحضير عينات بتراكيب متعددة الطبقات من المواد العضوية باستخدام تقنية التبخير بنفس الإجراءات التي تم وصفها في نشرة سابقة [5]. حيث تم توضيع أفلام عضوية رقيقة من الـ CuPc وPTCD بشكل متعاقب وبسماكات بحدود (50 - 60 نانو متر) على ركائز سليكونية منظفة مسبقاً وتحت ضغط حجرة بحدود 10^{-6} Torr. كانت المقاومة النوعية للركيزة من النوع p في المجال 10 - 20 Ωcm. هذا وقد تلت عملية توضيع الفلم العضوي عملية توضيع للأقطاب المعدنية، حيث تم توضيع إلكترودات من الذهب والألمنيوم لها شكل المشط بشكل متتال على وجهي العينة وذلك لتأمين اتصال كهربائي جيد مع كل من الفلم العضوي والركيزة نصف الناقلة. تم بعدها إلصاق سلكين من الفضة بالإلكترودين المعدنيين مباشرة باستخدام مادة فضية لاصقة. أصبح التركيب الكامل للعنصر هو معدن (ذهب) - فلم CuPc - فلم PTCD - نصف ناقل - معدن (ألمنيوم). الشكل 1 يظهر شكلاً تخطيطياً للخلايا المصنَّعة.



الشكل 1 - تمثيل تخطيطي لتشكيل الخلية الشمسية CuPc-PTCD-Si

★ نُشرت ورقة البحث هذه في مجلة Energy Conversion and Management.

لتوصيف الخواص الفوتو – ضوئية للخلايا المحضرة، تمَّ إجراء عدة قياسات كهربائية وضوئية، حيث تمَّ قياس خواص التيار – فولط (I-V) لهذه العناصر في الظلام وتحت الإضاءة النظامية لمصدر إكسنون 1000 (بشرط AM1) باستعمال راسم إشارة تتبعي نوع Tektronix 571. وتمَّ أيضاً استعمال مقياس كيثلي متر حساس لقياس فولطية الدارة المفتوحة وتيار القصر للخلايا المحضرة، حيث تم إسقاط الضوء بشكل عمودي على جهة الفِلم العضوي من الخلية وتمَّ بعدها قياس التيار الضوئي مباشرة للخلايا المحضرة.

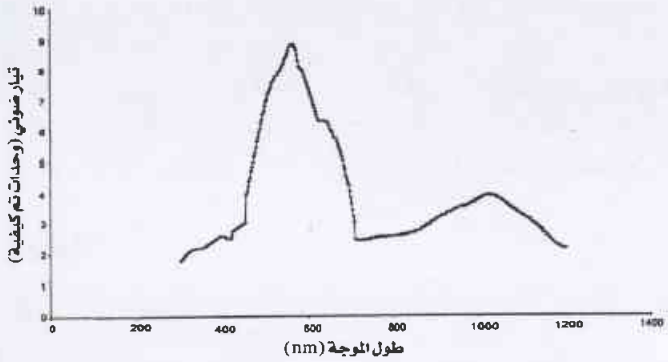
كذلك تم إجراء عمليتي قياس ضوئيتين إضافيتين على الخلايا المصنعة، كانت الأولى باستعمال راسم الإشارة التتبعي ومصباح 60W من التنغستين استعمل كمصدر إضاءة، وكانت الثانية لقياس الاستجابة الضوئية كتابع لطول موجة الضوء الساقط لكلتا العينتين (الخلايا الشمسية المحضرة والطبقات العضوية الموضَّعة) حيث استخدم مصدر ضوئي وحيد اللون يغطي المجال من 200 nm حتى 1.5 μm بشكل مباشر، من خلال نافذة لحجرة كريوستات، على جهة الأفلام العضوية للعينات.

النتائج والمناقشة

يبيّن الشكل 2 نتائج نموذجية لكلٍّ من التيار العاتم (بدون إضاءة) والتيار الضوئي للخلايا المحضرة. فتحت الانحياز الموجب، كمونٌ سالبٍ على الإلكترود الأعلى بالنسبة لركائز من النوع p، يبدي التيار اعتماداً أسّياً على الفولطية المطبقة، يتوافق هذا السلوك للخلايا المصنعة مع نظرية الانتشار الحراري لحوامل الشحنة الموثقة من قبل فورست ومجموعته [6]. بينما تحت الانحياز السالب للخلايا، فإن التيار الضوئي يتزايد بشكل واضح من مستوى التيار المظلم (صفر تقريباً) إلى قيم أعلى. وأكثر من ذلك فقد وجد بأن فولطية الدارة المفتوحة تقع في المجال:

V_{oc} = 480 - 600 mV وتيار القصر في المجال I_{sc} = 130 - 180 μA ومعامل الامتلاء FF = 0.4 - 0.6.

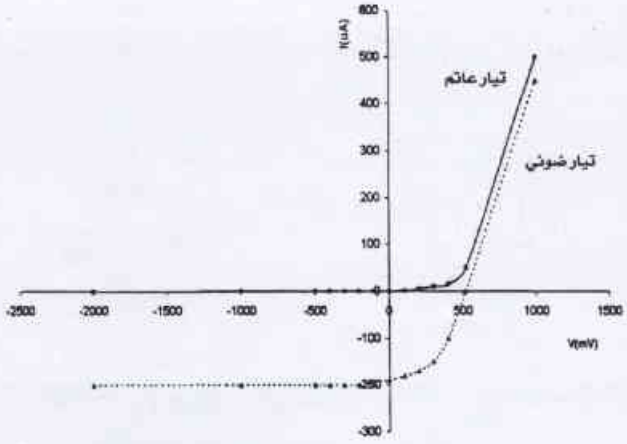
كانت هذه القيم مساوية لـ V_{oc} = 400 - 550 mV وI_{sc} = 100 - 150 μA و FF = 0.3 - 0.4 في العناصر ذات التركيب معدن – فِلم عضوي – نصف ناقل [5]. تزيد القيم الجديدة بحدود 20% عن القيم الموثقة في نشرة سابقة لعناصر مؤلفة من طبقة عضوية منفردة، حيث تمَّ الحصول على مردود تحويل يقارب 2-3% [5]. يُعزى التحسُّن هنا وبشكل أساسي إلى وجود عدة طبقات عضوية في تركيب هذه العناصر ويمكن تأكيد هذا الافتراض انسجاماً مع النتائج المبيَّنة في الشكلين 3 و4. يظهر الشكلان الاستجابات الطيفية المعدَّلة (التيار الضوئي كتابع لطول الموجة) لكل من الخلايا المحضرة وللأفلام العضوية الموضعة على الترتيب. أخذت هذه الطيوف تحت شرط الانحياز الصفري.



الشكل 3- التيار الضوئي للخلايا الشمسية CuPc-PTCD-Si

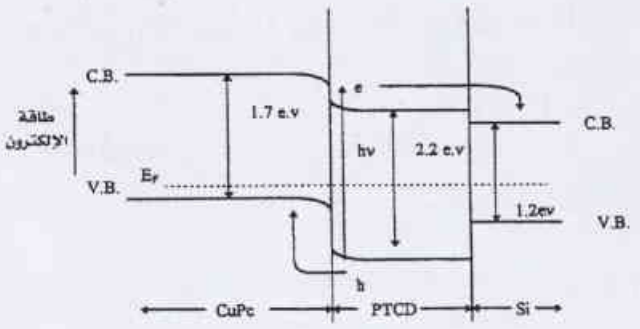
الشكل 4- الاستجابة الضوئية لأفلام CuPc-PTCD كتابع لطول الموجة

يظهر الشكلان كما هو واضح تشابهاً نسبياً في الطيفين خاصة على مجال الضوء المرئي 400-700 nm، حيث يكون امتصاص الضوء في الطبقات العضوية الموضعة قوياً جداً ويزيد على 95%، وبنفس الوقت فإن الاستجابة الضوئية للخلايا الشمسية المحضرة هي أيضاً قوية جداً على نفس المجال الضوئي. وهذا يدل على أن جزءاً معتبراً من الضوء الساقط يتم امتصاصه في الطبقات العضوية الموضعة والذي بدوره يؤدي إلى توليد مزيد من حوامل الشحنة الكهربائية مما يزيد بالتالي من المساهمة في التيار الضوئي وبشكل متناسب مع كمية الطاقة الكهرطيسية الممتصة في هذه الطبقات [7]. تقود عملية امتصاص الضوء في المواد العضوية بشكل أساسي إلى توليد الإكسيتونات (أزواج من الإلكترونات – الثقوب) والتي تلعب دوراً حيوياً في عملية توليد الحوامل في مثل هذه



الشكل 2- مميزات التيار- فولط للعناصر الشمسية CuPc-PTCD-Si

العناصر، ويمكن تفسير هذه العملية وبشكل معقول باستخدام مخطط الطاقة المبين في الشكل 5 كما يلي:



الشكل 5- مخطط حزم الطاقة المفترض للعناصر الشمسية CuPc-PTCD-Si

تتولد الإكسيتونات نتيجة لامتصاص الفوتونات الضوئية والتي بدورها تنفصل إلى أزواج من الإلكترونات والثقوب عند منطقة اتصال الطبقات العضوية CuPc / PTCP حيث تنجرف الإلكترونات بسهولة إلى القطب المعدني (اتصال أومي) وتُمنع من العبور إلى الطبقة CuPc نتيجة للحاجز الكموني المتشكّل وعليه فإن عملية الاتحاد بين حوامل الشحنة المتولدة بالقرب من هذه المنطقة CuPc / PTCD سوف تُخمد بقوة. أظهر معامل الامتلاء أيضاً تحسناً واضحاً على ذلك لخلايا معدن – فلم عضوي – نصف ناقل الموثق في النشرة السابقة [5].

يُعزى التحسن هنا أيضاً وبشكل مباشر إلى تشكل أماكن فعّالة في منطقة الاتصال بين الطبقتين العضويتين، حيث إن التركيب الحالي للعناصر يختلف عن تركيب الخلايا الشمسية التقليدية العضوية ذات الطبقة الوحيدة في أن منطقة الاتصال بين الطبقتين العضويتين تحدد وبشكل صارم الخواص الفوتو – ضوئية للخلايا. وعملياً، فإن منطقة الاتصال هي المسؤول الأول عن التوليد الضوئي لحوامل الشحنة وينجم عن هذا بأن اعتماد فعالية الحوامل المتولدة على الحقل المطبق يكون ضعيفاً. وعليه فإن هذا يقود إلى التغلب على المحددات القاسية لخلايا الطبقة الواحدة ويؤدي بالتالي إلى تأمين عامل امتلاء أكبر ومعتبر للخلايا الشمسية ذات الطبقتين. وهناك أيضاً معامل آخر يمكن أخذه بعين الاعتبار في إعطاء مزيد من التحسن لمعامل الامتلاء يعزى إلى الانخفاض في المقاومة التسلسلية للخلايا وذلك لأن القطب المعدني الأولي مصنع من الذهب (له انحلال قليل).

استنتاج

تظهر النتائج الموثّقة بأن المركبات العضوية يمكن استخدامها بنجاح وفعالية في تصنيع عناصر إلكترونية مثل المقوّمات العادية والمقوّمات الضوئية والخلايا الشمسية. فمن النتائج الموثقة هنا ومن النتائج السابقة تظهر التراكيب ذات الطبقتين العضويتين تحسناً معتبراً وواضحاً في الخواص الإلكترونية والفيزيائية للعناصر على تلك المصنعة من طبقة عضوية واحدة وأيضاً على خلايا بتركيبة شوتكي. كما أن الخلايا المحضرة أعطت ميزات خرج معتبرة ومردوداً يقع ضمن أكثر الخلايا الشمسية المبنية على مواد عضوية فعالية حتى الآن.

مع هذا فإن هناك العديد من الأوجه التي لا تزال مفتوحة لبحث أكثر وفهم أفضل لآلية توليد حوامل الشحنة الضوئية لهذه العناصر وذلك من أجل تحسين فعاليتها لتطبيقات المستقبل. فالتبديل الحلقي، والتمديد الحلقي الداخلي المترافق والبلمرة والتطعيم والخلط الصباغي وتعدد الطبقات كلها عوامل يمكن أن تؤثر بقوة على أداء العنصر.

المراجع REFERENCES

[1] G.A. Chamberlain, Solar cells, Vol. 8, 47(1983).

[2] K. Manabe, S. Kusabayashi and M. Yokoyama. Chem. Lett., Vol. 1987, 609 (1987).

[3] C.W. Tang, Appl. Phys. Lett., Vol. 48, 184 (1986).

[4] M. Hiramoto, H. Fukusumi and M. Yokoyama, Appl. Phys. Lett., Vol. 61, 2580 (1992).

[5] A. Al-Mohamad, Thin Solid Films, Vol. 271, 132 (1995).

[6] SR. Forrest, LY. Leu, FF. So, and Y. Yoon, J. Appl. Phys., Vol. 66, 5908 (1989).

[7] T. Kume., S. Hayashi and K. Yamamoto, Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 32, 3486 (1993).

تقييم الاهتراءات وقياس ثخانات الجدران للأنابيب ذات الأقطار الكبيرة بالتصوير الشعاعي المماسي باستخدام منابع أشعة غاما من الكوبالت - 60*

د. وفيق حرارة
قسم الخدمات العلمية - هيئة الطاقة الذرية - ص. ب. 6091 - دمشق - سوريا

ملخص

تتضمن هذه الورقة محددات مفيدة يمكن تطبيقها في التصوير الشعاعي المماسي لكشف الاهتراءات الداخلية والخارجية وقياسها، والتي تحدث على الأنابيب الفولاذية وأنابيب الحديد الكربوني ذات الأقطار الكبيرة باستخدام منابع أشعة غاما من الكوبالت - 60. لقد تم تطبيق تقنية التصوير الشعاعي المماسي بنجاح على أنبوبين مرجعيين من الفولاذ، الأول قطره 8 إنش (219مم) والثاني قطره 12 إنش (324 مم)، تمّت خراطة كل منهما على شكل درج داخلي ودرج خارجي وبثخانات مختلفة. ونتج عن تطبيق التقنية دقة قياس مقدارها 96% في تحديد الثخانة الحقيقية المتبقية لثخانة الجدار عند إحاطة الأنبوبين بعازل حراري ودقة قياس مقدارها 98% عندما يكون الأنبوبان دون عازل حراري.

الكلمات المفتاحية: التصوير الشعاعي المماسي، محاكاة، عازل حراري، أنابيب ذات أقطار كبيرة، أشعة غاما.

مقدمة

تستخدم الأنابيب بشكل واسع في الصناعة، حيث تعد وسيلة اقتصادية لنقل المواد السائلة والمواد الغازية من مكان إلى آخر، وتتعرض هذه الأنابيب أثناء استخدامها إلى تآكل واهتراء وترسبات داخلية، إن لم يتم كشفها في الوقت المناسب قد تؤدي إلى حدوث تسرب ما بداخلها من مواد وبالتالي إلى حدوث انفجارات أو كوارث [3, 2, 1].

يتطلب ضمان سلامة عمل الأنابيب ووثوقيتها مراقبة الثخانة المتبقية لجدرانها وقياسها. يتم قياس ثخانة جدران الأنابيب في الخطوط الكبيرة بواسطة تقنيات موطدة تعتمد على استخدام أجهزة الاختبار الداخلية الآلية التي تعمل بالأمواج فوق الصوتية أو بالتيارات الدوامة، إلا إنه لا يمكن تطبيق تقنيات الاختبار المذكورة في اختبار أنابيب المنشآت الصناعية وذلك لوجود الكثير من الأنابيب ذات الأقطار المختلفة. يفيد قياس الثخانة المتبقية لجدران الأنابيب في المنشآت الصناعية بالأمواج فوق الصوتية بشكل دوري في معرفة مقدار التآكل ومعدل ازدياده، ومع ذلك فإن هذه الطريقة محدودة التطبيق، وذلك لأن غالبية الأنابيب التي يُطلَب قياس الثخانة المتبقية لجدرانها تكون معزولة بعازل حراري ويتطلب تطبيق طريقة الاختبار المذكورة إزالة طبقات العازل. إن إزالة طبقات العازل الحراري مرتفعة التكلفة وقد يكون خطراً على صحة العاملين إن كان العازل المستعمل هو من الصوف الصخري (asbestos). لذا فإنه يُلجأ للاستعاضة عن طريقة الاختبار بالأمواج فوق الصوتية بطريقة الاختبار بالتصوير الشعاعي المماسي.

إن مبدأ قياس الثخانات المتبقية لجدران الأنابيب بالتصوير الشعاعي المماسي معروف، فقد كتب العديد من الباحثين عن إمكانية تطبيق طريقة الاختبار بالتصوير الشعاعي المماسي بموثوقية عالية في اختبار الأنابيب ذات الأقطار الصغيرة والتي لا يزيد قطرها عن 6 إنش [5,4]. حيث يمكن إجراء القياس على الصورة الشعاعية بالحساب العددي أو بتطبيق طريقة المقارنة بمساعدة بلوك معياري أو بتطبيق طريقة القطر الخارجي للأنبوب [7, 6]. إلا أن تطبيق طريقة التصوير الشعاعي المماسي في تحديد مقدار الاهتراء وقياس ثخانة الجدران المتبقية للأنابيب ذات الأقطار الكبيرة لم يتم توطيدها بعد.

وصف طريقة الاختبار

ينتج عن التصوير الشعاعي المماسي صور شعاعية مبين عليها المقطع العرضي وثخانة جدار الأنبوب المختبر مما يسمح بالقياس المباشر للثخانة المتبقية لجدار الأنبوب. يمكن الحصول على الصور الشعاعية المذكورة بتنفيذ التصوير الشعاعي وفق الوضعية (1) أو الوضعية (2) الموضحتين في الشكل (1) وذلك وفقاً للقطر الخارجي للأنبوب والمسافة ما بين المنبع المشع وفلم التصوير (SFD) وإمكانية الوصول إلى المنطقة المراد تصويرها. يتوجب قبل التصوير الشعاعي المماسي حساب الثخانة المكافئة للتعريض وذلك لاختيار منبع أشعة غاما المناسب للاختبار. يمكن حساب ثخانة الاختراق الأعظمية للأشعة

* نُشرت ورقة البحث هذه في مجلة Insight Vol45 No10 October 2003.

(t_{max}) بالاستعانة بقيم القطر الخارجي والقطر الداخلي للأنبوب وفقاً للعلاقة التالية:

$$t_{max} = \sqrt{OD^2 - ID^2} \quad (1)$$

حيث:

t_{max} = ثخانة الاختراق الأعظمية.

OD = القطر الخارجي للأنبوب.

ID = القطر الداخلي للأنبوب.

إن خيال المقطع العرضي للأنبوب المسجل على فلم التصوير الشعاعي يساوي تقريباً الجزء من الأنبوب العامودي على مركز الوتر المار من نقطة تماس الأشعة مع القطر الداخلي للأنبوب، وبما أن خيال المقطع العرضي للأنبوب قد تم إسقاطه على الفلم مما يؤدي إلى تكبير مقطع الخيال [9, 8]. يتناسب هذا التكبير مع المسافة ما بين المنبع المشع والفلم والمسافة ما بين المنبع المشع والأنبوب، وبما أنه يمكن قياس خيال ثخانة جدار الأنبوب مباشرةً على الصورة الشعاعية وبالتالي فإنه يمكن حساب الثخانة الحقيقية المتبقية لجدار الأنبوب بتطبيق العلاقة التالية:

$$t = \frac{t_i \cdot [SFD - 0.5(OD + 2d)]}{SFD} \quad (2)$$

حيث:

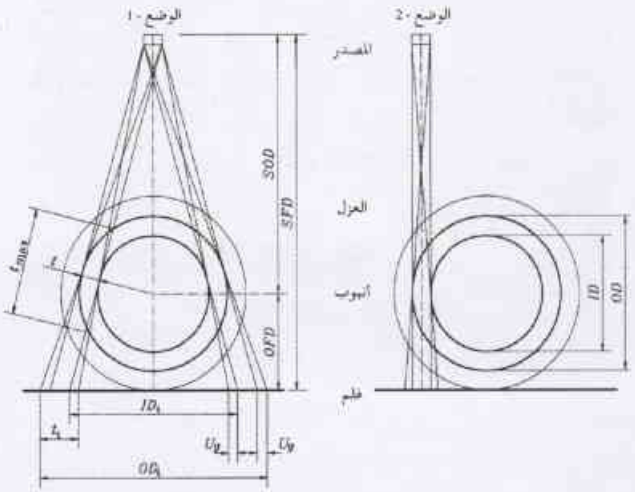
t = الثخانة المتبقية لجدار الأنبوب.

t_i = ثخانة خيال جدار الأنبوب على الصورة الشعاعية.

SFD = المسافة ما بين المنبع المشع وفلم التصوير.

OD = القطر الخارجي للأنبوب.

d = ثخانة العازل حول الأنبوب (من أجل الأنابيب العارية d = 0)



الشكل 1- ترتيبات التصوير الشعاعي المماسي

من أجل الأنابيب غير المعزولة، من السهل حساب الثخانة المتبقية لجدار الأنبوب من خيال الجدار على الصورة الشعاعية بطريقة المقارنة وباستخدام بلوك مرجعي ذي ثقب متوضع على منطقة تماس الأشعة مع سطح الأنبوب حيث يمكن حساب ثخانة الجدار من العلاقة التالية:

$$W = \frac{d}{d'} \cdot W' \quad (3)$$

حيث:

d = القطر الحقيقي لثقب البلوك المرجعي.

d' = قطر خيال الثقب على الصورة الشعاعية.

W' = ثخانة خيال جدار الأنبوب على الصورة الشعاعية.

بما أن المنبع المشع المستخدم ليس نقطياً فإن خيال حافة المقطع العرضي للأنبوب على الصورة الشعاعية لا يكون حاداً وإنما يترافق مع وجود غبش. يساوي عرض الغبش الكلي الناتج محصلة كل من مجموع الغبش الناتج عن المحددات الهندسية والغبش الناتج عن الفلم والغبش الناتج عن الاهتزاز [11, 10]. يمكن في اختبارات تحديد الاهتراء التي تتم في ظروف العمل الحقلي إهمال الغبش الناتج عن الفلم والغبش الناتج عن الاهتزاز، وذلك لصغر قيمتيهما، وبالتالي فإنه يمكن عد محصلة عرض الغبش مساويةً عرض الغبش الناتج عن المحددات الهندسية فقط.

يرتبط عرض الغبش بالعرض الفعال للبؤرة المحرقية للمنبع المشع وبالمسافة ما بين المنبع المشع وفلم التصوير وبالمسافة ما بين المنبع المشع والأنبوب. وبالتالي فإنه يمكن إجراء تصحيح قيمة الثخانة المتبقية لجدار الأنبوب وفقاً لقيمة الغبش U_g التي تحسب من العلاقة التالية:

$$U_g = \frac{0.5f \times (OD + 2d)}{SFD - 0.5(OD + 2d)} \quad (4)$$

حيث:

U_g = عرض الغبش على الصورة الشعاعية.

f = عرض البؤرة المحرقية للمنبع المشع.

يمكن بالخبرة العملية تمييز خيال الغبش من خيال المقطع العرضي الحقيقي للأنبوب وبالتالي إهمال حسابه عند القيام بقياس خيال المقطع العرضي الحقيقي للأنبوب.

إجراءات الاختبار

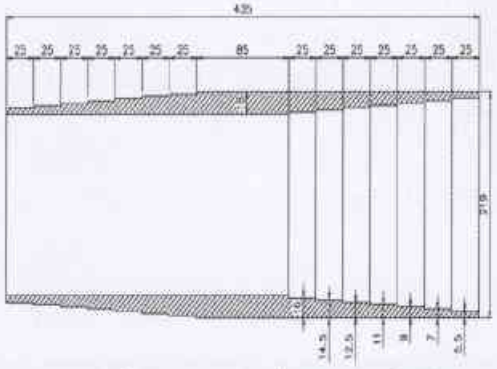
تمت صناعة أنبوبين مرجعيين من الفولاذ، الأول قطره الخارجي يساوي 8 إنش (219 مم) وثخانة جداره تساوي 18 مم وطوله 435 مم، والثاني قطره الخارجي يساوي 12 إنش (324 مم) وثخانة جداره 11 مم وطوله 435 مم. يحتوي كل أنبوب على 7 درجات داخلية و7 درجات خارجية على شكل درج تمت خراطتها على السطح الداخلي والخارجي للأنبوب لمحاكاة الاهتراءات الداخلية والاهتراءات الخارجية المنتظمة. يبلغ طول الدرجة الواحدة 25 مم وتم اختيار الدرجات لتقع في مجال الثخانات من 0.3 إلى 0.9 من ثخانة جدار الأنبوب مقربة إلى أقرب نصف مليمتر وبدقة ثخانة جدار مقدارها 1± مم. يبيّن الشكلان (2) و(3) المقاطع العرضية للأنبوبين المعياريين.

تم التأكد من الثخانات الاسمية للأنبوبين المعياريين ومن ثخانات

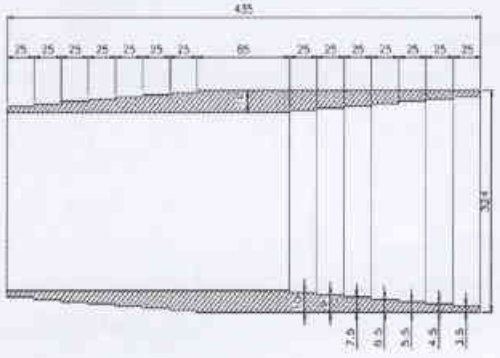
الدرجات عليهما بطريقة قياس الثخانات بالأمواج فوق الصوتية وباستخدام مسبار مزدوج البلور. ولمحاكاة الأنابيب المعزولة أُحيط كل من الأنبوبين المعياريين بطبقتين من الصوف الزجاجي (Fiberglass) بثخانة 50 مم وأُحيط الصوف الزجاجي بطبقة رقيقة من الألمنيوم. وقد تم تصوير كل من الأنبوبين المعياريين شعاعياً مرتين، مرة بوجود العازل والمرة الثانية دون وجود عازل، وقد تم التصوير باستخدام منبع مشع من الكوبالت - 60 ذي عرض فعال 20 مم، وعند مسافات ما بين المنبع المشع وفلم التصوير مقدارها 371 سم و255 سم من أجل الأنبوب ذي القطر الخارجي 219 مم وذلك بوجود عازل ودون وجوده على الترتيب، ومسافات مقدارها 493 سم و376 سم من أجل الأنبوب ذي القطر الخارجي 324 مم وذلك بوجود عازل ودون وجوده على الترتيب. وقد تم التعريض وفقاً للوضعية (2) من الشكل (1) وباستخدام أفلام متوسطة السرعة من نوع Kodak AA 400 وصفائح رصاصية أمامية وخلفية ذات ثخانة 0.125 مم. لقد تم حساب المسافة ما بين المنبع المشع وفلم التصوير بالاستعانة بالعرض الفعال للمنبع المشع ومن أجل قيمة غبش مساوية 0.9 مم وفقاً للعلاقة:

$$SFD = \frac{(OD + 2d)}{2}\left(1 + \frac{f}{U_g}\right) \quad (5)$$

تم حساب زمن التعريض للحصول على كثافة مقدارها 3.5 على الفلم خارج الأنبوب وذلك من أجل نشاط المنبع ومن أجل المسافة المطبقة ما بين المنبع المشع وفلم التصوير. وقد تمت معالجة أفلام التصوير الشعاعي بعد التعريض وتجفيفها وفقاً لتوصيات الشركة الصانعة.



الشكل 2- مقطع عرضي للأنبوب المعياري ذي القطر 8 إنش.



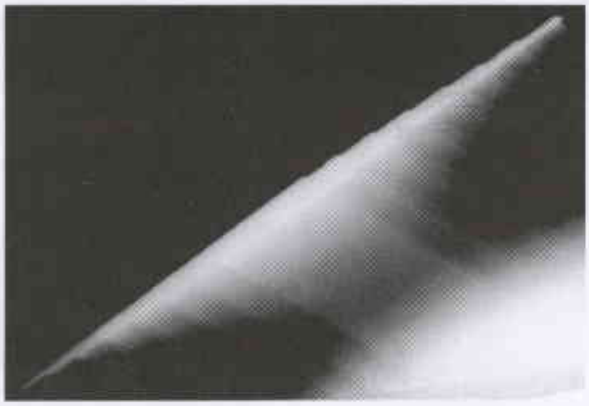
الشكل 3- مقطع عرضي للأنبوب المعياري ذي القطر 12 إنش.

النتائج والمناقشة

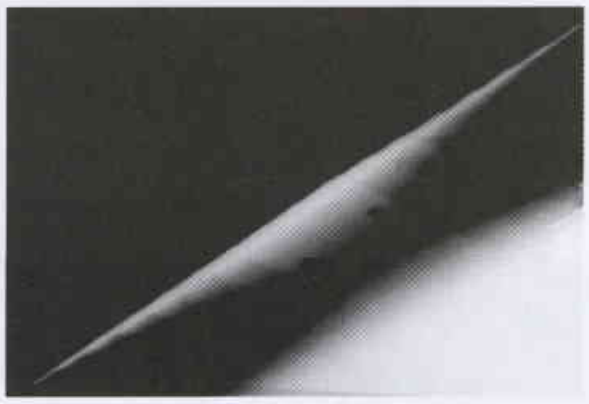
تمت قراءة الصورتين الشعاعيتين الناتجتين عن تصوير كل من الأنبوبين المعياريين بواسطة قارئ أفلام ذي شدة ضوئية عالية، حيث تم تحديد مواقع خيال جدار الأنبوب ومواقع خيال جدار الأنبوب المتبقي عند كل درجة من الدرجات الداخلية والخارجية، ومن ثم تم قياس ثخانات الخيال بشكل عامودي على محور الأنبوب باستخدام مسطرة ذات دقة تدريج 0.1 مم، وأخيراً حُسبت القيمة الحقيقية لثخانة جدار كل من الأنبوبين المعياريين وثخانة جدار الدرجات عليه في حالة وجود عازل حراري وحالة عدم وجود عازل حراري.

لقد لوحظ تطابق في قيمة الثخانة المحسوبة للدرجتين الداخلية والخارجية المتساوية الثخانة على الأنبوب.

يبين الشكل 4 والشكل 5 الصور الشعاعية للأنبوبين المرجعيين في حالة العزل الحراري.



الشكل 4- الصورة الشعاعية للأنبوب المرجعي ذي القطر 8 إنش.



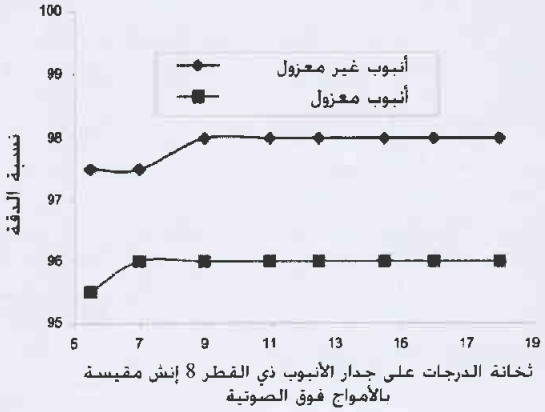
الشكل 5- الصورة الشعاعية للأنبوب المرجعي ذي القطر 12 إنش.

يبيّن الشكل 6 والشكل 7 منحنيات الدقة كنسبة مئوية لثخانة جدار الدرجات المقيسة بالتصوير الشعاعي المماسي بدلالة الثخانة الحقيقية لجدار الدرجات في حالة وجود عازل وحالة عدم وجوده وذلك للأنبوبين المعياريين 8 و 12 إنش على الترتيب.

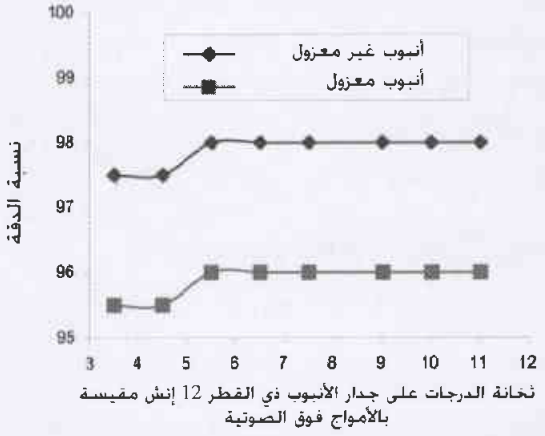
يتبيّن من الشكلين أنه يمكن تطبيق التصوير الشعاعي المماسي باستخدام منابع غاما من الكوبالت - 60 وبموثوقية عالية في تحديد

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

الثخانات المتبقية لجدران الأنابيب ذات الأقطار الكبيرة سواء كانت هذه الأنابيب معزولة أم غير معزولة حرارياً.



الشكل 6- النسبة المئوية لدقة طريقة التصوير الشعاعي المماسي في قياس ثخانات الدرجات على الأنبوب المرجعي ذي القطر 8 إنش بدلالة الثخانة الحقيقية للدرجات.



الشكل 7- النسبة المئوية لدقة طريقة التصوير الشعاعي المماسي في قياس ثخانات الدرجات على الأنبوب المرجعي ذي القطر 12 إنش بدلالة الثخانة الحقيقية للدرجات.

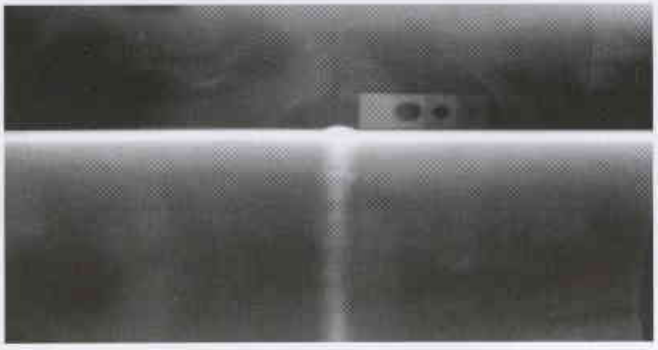
من أجل دقة قياس عالية يجب أن يكون التحديد في الصورة الشعاعية أكبر ما يمكن، ويتحقق هذا من أجل كثافة صورة شعاعية خارج منطقة التعريض أصغر من أو مساوية لـ 4.

وكذلك فقد تبيّن أن تحديد الصورة الشعاعية يزداد بزيادة المسافة ما بين المنبع المشع وفلم التصوير. ويكون التحديد جيداً من أجل مسافة ما بين المنبع المشع وفلم التصوير محسوبة من قيمة العرض الفعال للمنبع المشع ومن أجل قيمة غبش أصغر من 1 مم.

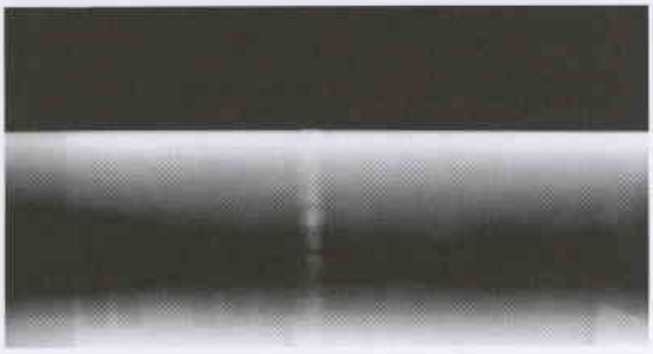
بالإضافة إلى ذلك فقد تبين أن دقة القياس ليس لها علاقة مع قيمة الحساسية الناتجة عن مؤشرات جودة الخيال، وبالتالي فإنه يمكن بطريقة التصوير الشعاعي المماسي استخدام أفلام تصوير شعاعي سريعة وقبول الصور الشعاعية بقيم تباين منخفضة.

إن تطبيق طريقة التصوير الشعاعي المماسي باستخدام منابع أشعة غاما من الكوبالت - 60 بالمحددات المذكورة أعلاه على أنابيب فولاذية متآكلة وبأقطار واقعة ما بين (6 - 18) إنش تم إحضارها من حقول البترول في الرميلان قد أعطت دقة قياس مقدارها 96% في تحديد الثخانات المتبقية لجدرانها، وقد تم تأكيد هذه الدقة بقياس الثخانات المتبقية للأنابيب بالطرائق الميكانيكية بعد القص.

يبين الشكلان 8 و9 صورتين شعاعيتين تظهران خيال الثخانة المتبقية لجدار أنبوبين متآكلين غير معزولين الأول ذو قطر يساوي 12 إنش والثاني ذو قطر يساوي 18 إنش كما تظهر الصورة الشعاعية أيضاً خيال البلوك المرجعي على الأنبوبين والذي يستخدم لتسهيل حساب الثخانة المتبقية لجدران الأنابيب بطريقة المقارنة.



الشكل 8- صورة شعاعية لأنبوب متآكل ذي قطر 12 إنش (324 مم) تبين خيال الثخانة المتبقية لجدار الأنبوب وخيال البلوك المرجعي عليه.



الشكل 9- صورة شعاعية لأنبوب متآكل ذي قطر 18 إنش (457 مم) تبين خيال الثخانة المتبقية لجدار الأنبوب.

الخلاصة

تم تطبيق طريقة التصوير الشعاعي المماسي باستخدام منابع مشعة من الكوبالت - 60 بنجاح في قياس الثخانات المتبقية لجدران الأنابيب ذات الأقطار الكبيرة. في هذه الطريقة تقتصر القياسات على منطقة تماس الأشعة مع الأنبوب ومن هنا فإنه يتطلب في بعض الحالات إجراء العديد من الصور الشعاعية للتحري عن عدة مواضع على الأنبوب ويمكن في هذه الحالة تطبيق طريقة بديلة تقوم على رسم العلاقة ما بين كثافة الصور الشعاعية وثخانة جدار الأنبوب.

من أجل الحصول على نتائج مثلى يجب حساب المسافة ما بين المنبع المشع وفلم التصوير من أجل قيمة غبش أصغر من 1 مم ووفقاً لأبعاد المنبع المشع وإمكانية الوصول للأنبوب المراد اختباره. ويجب أن يتم حساب زمن التعريض للحصول على كثافة صورة شعاعية مقدارها 3.5 خارج الأنبوب.

وقد تبين أيضاً أنه ليس لدقة تحديد الثخانة المتبقية لجدران الأنابيب وقياسها أي علاقة مع الحساسية التي يمكن الحصول عليها على الصور الشعاعية، وبالتالي فإنه بالإمكان الحصول على نتائج قياس جيدة باستخدام أفلام سريعة مما يسمح بإنقاص زمن التعريض.

وكذلك فإنه لا يمكن تطبيق هذه الطريقة في قياس ثخانة جدار الأنابيب عندما تكون الثخانة المخترقة للأنبوب كبيرة t_{max} وذلك لأنه لا يمكن رؤية خيال الجدار الداخلي للأنبوب على الصورة الشعاعية وبالتالي لا بد من تحديد حدود تطبيق طريقة التصوير الشعاعي المماسي باستخدام منابع الكوبالت - 60 وذلك بدلالة قطر وثخانة جدار الأنبوب.

REFERENCES المراجع

[1] Herbert H Uhlig, R Wincton Revie, Corrosion and corrosion control, 3rd edition, John Wiley & Sons, Inc, N.Y., 1985, PP165-186.

[2] Marsg. Fontana, Corrosion Engineering, 3rd edition, Mc Graw-Hill, Inc., N.Y., 1986, pp220-256.

[3] R. Griffiths, Over View of Oil Refinery Corrosion Monitoring, Non destructive Testing, Australia Vol.26, No.1, 1989.

[4] J. Kenneth Billeaudeaux, Tangential Radiography Using a Radiation Gage, Materials Evaluation, February1992.

[5] R. P. Krolicki, Internal Corrosion Examination and Wall Thickness Measurement of Pipe by Radiographic Method, Materials Evaluation, February 1977.

[6] W. Harara Critical Comments on the Optimum Determination of Remaining Wall Thickness in Insulated Pipes by Tangential Radiography, Insight, October 2001.

[7] W. Harara Corrosion Evaluation and Wall Thickness Measurement of Insulated Pipes by Tangential Radiography Using there Outer Diameters, Russian Journal of Non Destructive Testing No.7, 1999 pp.88-93.

[8] P. Willems, B. Vaessen - Applicability of CR for Corrosion and Wall Thickness Measurement, 7TH European Conference on Non Destructive Testing, Copenhagen, 26-29 may 1998.

[9] W. S. Burkle, Application of the Tangential Radiographic Technique for Evaluating Pipe System Erosion / Corrosion, Materials Evaluation, October 1989.

[10] Industrial radiography, Agfa- Gevaert N.V. 1986 Pp 67-72.

[11] Nondestructive Testing HandBook, eds. Robert C. McMaster, Vol.1. pp.1915-1916.

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

امتصاص الفريون-12 لإصدار ليزر CO_2 ★

د. شريف الخواط، د. صقر سلوم، د. محمد درغام زيدان
قسم الفيزياء – هيئة الطاقة الذرّية – ص. ب. 6091 – دمشق – سوريا

ملخص

تمت دراسة الامتصاص تحت الأحمر للفريون -12(CF_2Cl_2) في مجال إصدار ليزر CO_2 قابل للتوليف ذي استطاعة قدرها 3W، وذلك باستخدام خلية نحاس مزودة بنوافذ KBr متوضعة خارج مجاوب الليزر.

تبين النتائج أن الفريون-12 يمتص كل خطوط إصدار ليزر CO_2 وبشكل رئيسي في المجالين $1073-1083\ cm^{-1}$ و $937-943\ cm^{-1}$. كان الامتصاص الأقوى للخطوط الليزرية عند 10P(28) ($937.21\ cm^{-1}$).

تم الحصول على قيم معاملات الامتصاص من أجل كل الأطوال الموجية المتوفرة لليزر CO_2 المستخدم عند ضغوط مختلفة للفريون- 12 تراوحت ما بين 5 و 1000 mbar.

باستخدام قاعدة معلومات HITRAN للفريون-12، تم حساب معاملات الامتصاص للخطين 10P(28) و9R(28) بدلالة ضغط الغاز، وتمت مقارنتها بالقيم التجريبية. وقد كانت القيم المحسوبة على توافق معقول مع التجربة.

الكلمات المفتاحية: *ليزر CO_2 قابل للتوليف، فريون-12، مطيافية الامتصاص تحت الأحمر.*

مقدمة

يعتبر الفريون -12 غازاً ملوثاً صادراً عن العديد من مواد التبريد وأجهزة التكييف. ويعدُّ حالياً من أكثر المركبات الكلوروفلوركربونية توفراً في الجو. وبسبب قدرته الكامنة على استهلاك الأوزون والتسخين الشامل للجو فقد كان موضوع أبحاث مخبرية واسعة [2.1]. ولقد أجريت معظم هذه الأعمال على خصائص إصدار وامتصاص الغاز باستعمال منابع حرارية تقليدية [3].

يوجد أيضاً سعي حثيث للبحث عن المنظومات الجزيئية الشبيهة بـ CF_2Cl_2، والتي فيها من الممكن أن نختار إثارة لأنماط اهتزازية محددة. وللقيام بمثل هذه الإثارة ينصح باستخدام الإصدار الليزري لـ CO_2، حيث تتوضع أنماط اهتزازية مميزة للفريون -12 في مجال تواترات الليزرة lasing frequencies (الإصدار الليزري) [4].

جرى إنجاز العمل الحالي لدراسة امتصاص الفريون -12 في مجال الأطوال الموجية لليزر CO_2، بغية إيجاد معاملات الامتصاص بدلالة الضغط. ولتنفيذ التجربة تم إنشاء ليزر CO_2 مستمر قابل للتوليف tunable CO_2 laser؛ حيث وضعت خلية من النحاس فيها الفريون -12 خارج مجاوب الليزر laser resonator.

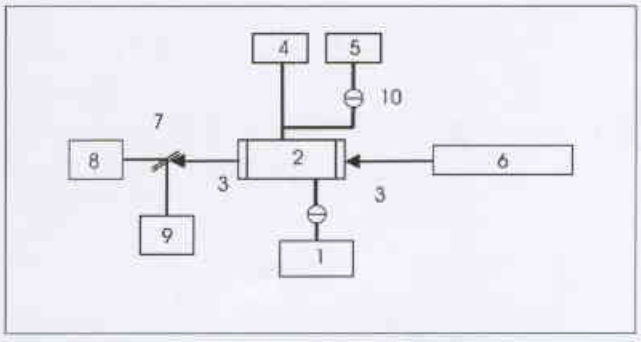
الإجراء التجريبي

نفذت التجربة باستخدام:

أ- ليزر CO_2 مستمر وقابل للتوليف، يعمل عند استطاعة خرج مستمرة قدرها نحو 3±0.2 W، طول الجوف 2m، وطول الوسط الفعال نحو 86 cm والقطر الداخلي لأنبوبة الانفراغ 18 mm.

ب- خلية نحاس أسطوانية بقطر داخلي يساوي 33.4 mm وبطول يساوي 260 mm، مزودة بنوافذ من KBr. تم وصل الخلية إلى نظام تخلية و إلى أسطوانة تحتوي على الفريون -12 كخزان.

يعرض الشكل 1 مخططاً تمثيلياً للوحدة التجريبية.



الشكل 1 : مخطط تمثيلي للوحدة التجريبية :
1- خط التخلية، 2- خلية النحاس، 3- نوافذ من KBr، 4- مقياس ضغط، 5- خزان CF_2Cl_2، 6- ليزر CO_2 -7، شاطر حزمة، 8- محلل طيف، 9- مقياس استطاعة، 10- صمام إبري.

جرى تمرير الحزمة الليزرية عبر الخلية وقيست الاستطاعة النافذة بمقياس استطاعة ليزر CO_2. وحدّد الطول الموجي للخط الليزري بواسطة محلل طيف من نمط Optical Engineering 16A. أعطى ليزر CO_2 المذكور آنفاً نحو 36 خطاً ليزرياً في العصابتين عند 1.06 µm و 9.6 µm.

لتقدير تعريض broadening خطوط الإصدار الليزرية لـ CO_2، تم استخدام تعريض دوبلر لأن ضغط المزيج الغازي CO_2:N_2:He

★ نُشرت ورقة البحث هذه في مجلة Applied Physics B-Lasers and Optics (2004).

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

في أنبوبة الليزر يساوي تقريباً 13 mbar [5]. ويعطى تعريض دوبلر بالعلاقة التالية [6]:

$$\Delta\nu_D = 2\nu_0\sqrt{\frac{2kT}{\mu c^2}\ln 2} \quad [Hz], \qquad (1)$$

حيث ν_0 التواتر المركزي للخط الليزري، وμ الكتلة المختزلة لمكونات الغاز، k ثابت بولتزمان، T درجة الحرارة الحركية للغاز، c سرعة الضوء. وهذا قابل للتطبيق على ليزرات CO_2 الانفراغية المستمرة، فمن أجل T=400 K، يتغير تعريض دوبلر في المجال (258.3 MHz) و8.61×10^{-3} cm^{-1} (223.2 MHz) – 7.44×10^{-3} cm^{-1}، وذلك من أجل المجال الطيفي لخطوط إصدار الليزر التي تقع ما بين ((10P (28) 936.80 cm^{-1} و((9R (28) 1083.48 cm^{-1}.

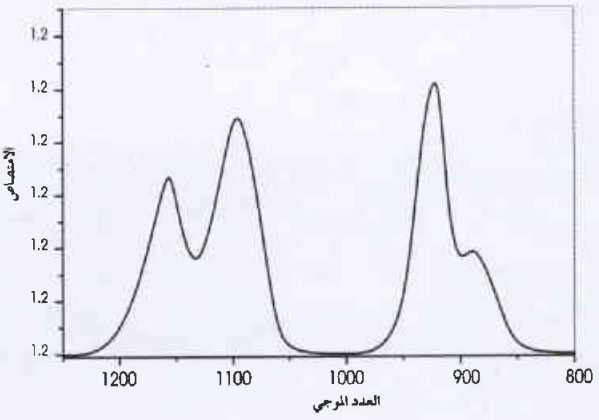
في مثل هذا الليزر، يكون عدد الأنماط الطولانية نحو حوالي 3، حيث إن الفراغ الذي يفصل الأنماط يساوي تقريباً 75 MHz. ولذا فإن الأنماط الثلاثة تقع ضمن تعريض دوبلر المحسوب سابقاً. وفضلاً على ذلك كان النمط العرضاني المركزي TEM_{00} مهيمناً على الأنماط الأخرى في حزمة الليزر.

طيف امتصاص CF_2Cl_2

كما هو معروف من المطيافية الجزيئية molecular spectroscopy، يوجد 3N-6 أنماط اهتزازية من أجل الجزيئات اللاخطية المتعددة الذرات، حيث N هي عدد الذرات. من هذه الصيغة نستنتج أن جزيء CF_2Cl_2 يملك 9 أنماط اهتزازية. وتواترات هذه الأنماط هي [7]:

1099 cm^{-1}, 261.5 cm^{-1}, 667.2 cm^{-1}, 457.5 cm^{-1}, 322 cm^{-1}, 929 cm^{-1}, 435 cm^{-1},1162 cm^{-1}, 449 cm^{-1}.

يعرض الشكل 2 [8] طيف الامتصاص بتحويل فورييه تحت الأحمر FTIR للفريون -12 في المنطقة بين 800 cm^{-1} و1250 cm^{-1}. حيث تتطابق الأنماط الاهتزازية 929 cm^{-1}. 1099 cm^{-1}. 1162 cm^{-1} مع قمم الامتصاص الرئيسة الثلاث.



الشكل 2، طيف امتصاص CF_2Cl_2 بتحويل فورييه تحت الأحمر في المنطقة بين 800 cm^{-1} و1250 cm^{-1}.

لتقدير تعريض خطوط امتصاص الفريون -12، تم استخدام تعريض الضغط، حيث إن الضغط يتغير بين 5mbar و1000 mbar. يعطى تعريض الضغط $\Delta\nu_p$ بالعلاقة التالية [9]:

$$\Delta\nu_p = \frac{\beta}{2\pi} \qquad (2)$$

حيث β هي معدل التصادم، والذي يعبر عنه ضمن تقريب الكرة الصلبة hard-sphere approximation بالشكل التقريبي:

$$\beta = 4d^2\sqrt{\frac{\pi}{kTM}}\,p \qquad (3)$$

حيث p ضغط الغاز و d قطر الجزيء. بتعويض القيم T=300 K و d=3.54 °A من أجل CF_2Cl_2 [7]، نجد العلاقة التالية:

$$\Delta\nu_p = 1.64\times10^{-5}p(mbar) \quad cm^{-1} \qquad (4)$$

والتي تعطي مجال التعريض بين 1.64×10^{-4} cm^{-1} من أجل (p=10 mbar) و1.64×10^{-2}cm^{-1} من أجل (p=1000 mbar).

النتائج والمناقشة

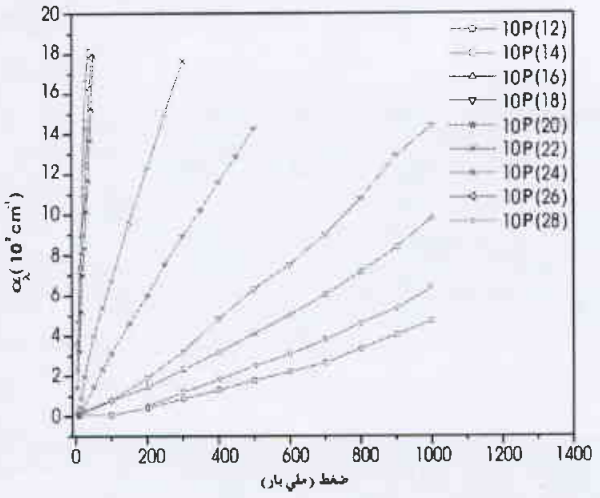
جرى تحديد قيم معاملات الامتصاص من قياس استطاعة الليزر باستخدام قانون بيير– لامبير [10]:

$$P_2(\lambda) = P_1(\lambda)\exp(-\alpha(\lambda)L) \qquad (5)$$

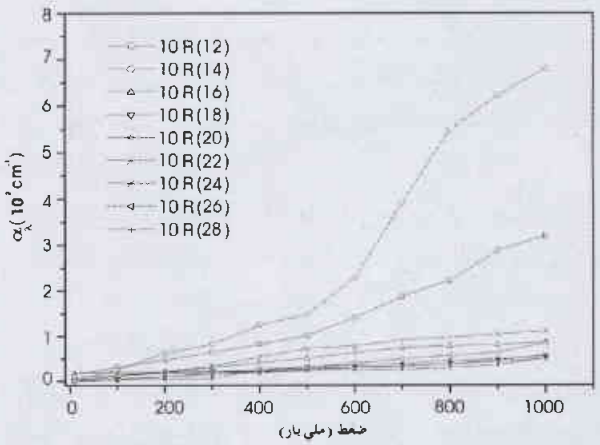
حيث $P_1(\lambda)$ هي استطاعة الليزر الواردة عند طول الموجة λ. $P_2(\lambda)$ هي الاستطاعة النافذة عبر خلية الفريون -12، $\alpha(\lambda)$، هي معامل الامتصاص مقدراً بـ cm^{-1} و L هو طول الخلية.

تعرض الأشكال 3. 4. 5. 6 قيم معاملات امتصاص CF_2Cl_2 بدلالة الضغط للفروع 9R. 9P. 10R . 10P على الترتيب. كما نرى، يزداد الامتصاص بسرعة مع الضغط من أجل الخطوط 10P(24)، 10P(26)، 10P(28) عند 940.37 cm^{-1} .938.97 cm^{-1} 937.21 cm^{-1} ومن أجل الخطوط 9R(12)-9R(28) في المجال 1072.96 cm^{-1} - 1083.42.

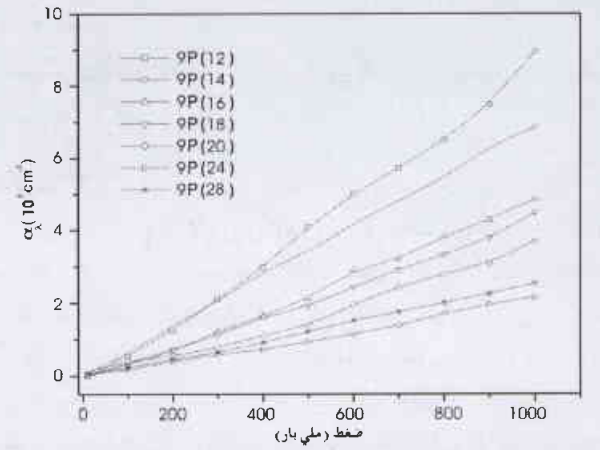
وصل الامتصاص إلى حدِّ الإشباع فوق الضغط 100 mbar. بينما يزداد الامتصاص ازدياداً بطيئاً بالنسبة لمعظم الخطوط الأخرى حتى ضغط 1000 mbar.



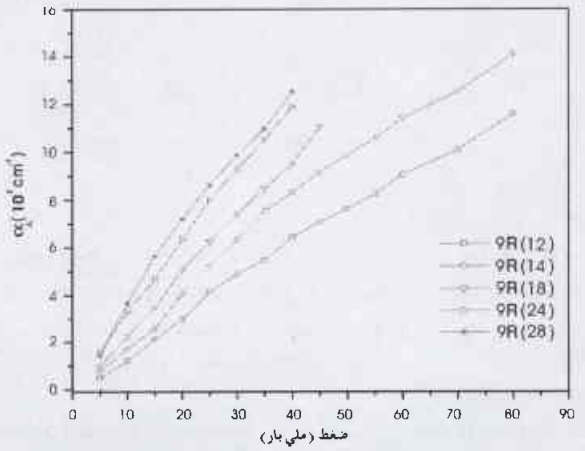
الشكل 3، معامل الامتصاص $\alpha(\lambda)$ بدلالة الضغط لـ CF_2Cl_2 عند الخطوط الليزرية للفرع 10P.



الشكل 4: معامل الامتصاص $\alpha(\lambda)$ بدلالة الضغط لـ CF_2Cl_2 عند الخطوط الليزرية للفرع 10R.



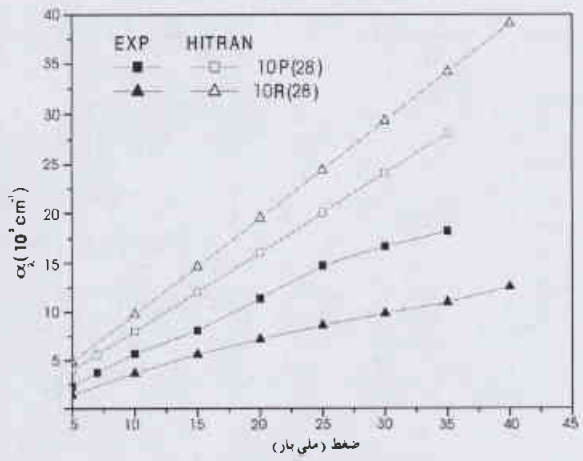
الشكل 5: معامل الامتصاص $\alpha(\lambda)$ بدلالة الضغط لـ CF_2Cl_2 عند الخطوط الليزرية للفرع 9P.



الشكل 6: معامل الامتصاص $\alpha(\lambda)$ بدلالة الضغط لـ CF_2Cl_2 عند الخطوط الليزرية للفرع 9R.

تم حساب معاملات الامتصاص للفريون -12 باستخدام قاعدة معلومات HITRAN عند الخطين 10P(28) و9R(28) [11]. يعرض الشكل 7 نتائج هذا الحساب بالمقارنة مع القيم المقيسة لنفس الخطوط. وكما نرى، يوجد تباين بين الخطوط المحسوبة والمقيسة، ومن المحتمل أن يكون هذا التباين مرتبطاً بدقة القياس. فعلى سبيل المثال كانت استطاعة الليزر في حالة 9R(28) أخفض منها في حالة 10P(28).

بالاعتماد على النتائج المقيسة تم حساب معامل الامتصاص



الشكل 7: مقارنة بين معاملات الامتصاص المحسوبة بواسطة HITRAN والمقيسة للفريون -12 عند الخطين الليزريين 10P(28) و9R(28).

مقدراً بـ $cm^{-1}atm^{-1}$ للخطوط الليزرية المقيسة، ومن ثمّ تم الحصول على طيف امتصاص CF_2Cl_2 كما يبينه الشكل 8a,b. كما نرى من جزأي الشكل، حصل الامتصاص الأقوى عند ((10P(28) $937.21\ cm^{-1}$)، تتوضع بعض خطوط الفرعين 10P و9R في منطقة الامتصاص القوية لطيف فوريه تحت الأحمر للفريون -12، وفي الوقت نفسه تكون الأجزاء المتبقية لخطوط ليزر CO_2 متوضعة في منطقة الامتصاص الضعيف من الطيف.

يمكن تفسير ما لوحظ آنفاً ضمن مفهوم التعريض الضغطي، والانزياح الممكن لخطوط الامتصاص.

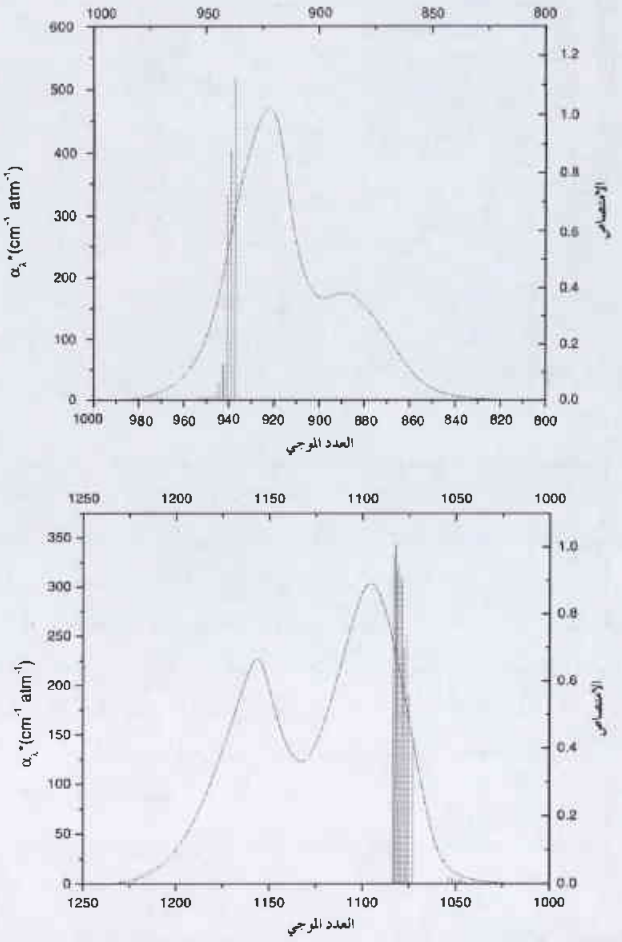
لهذا الهدف، تم حساب انزياح التواتر لمركز كل خط من خطوط امتصاص الفريون -12 عن التواتر المركزي الموافق لخط إصدار ليزر CO_2 باستخدام الصيغة التالية [12]:

$$\delta\nu = \Delta\nu_p \sqrt{\frac{\alpha/\alpha' - 1}{(p/p')^2 - \alpha/\alpha'}} \qquad (6)$$

حيث α',α، هما معاملا الامتصاص المأخوذان من التجربة، p و p' هما ضغطا الغاز في خلية الامتصاص على الترتيب.

وبتطبيق الصيغة المذكورة آنفاً، تم إيجاد انزياح التواتر لمعظم خطوط امتصاص الفريون -12 بالنسبة لخطوط ليزر CO_2. وعلى سبيل المثال، كانت قيم الانزياح العظمى $3.45\times10^{-2}\ cm^{-1}$ للخط 10P(14) و$1.41\times10^{-3}\ cm^{-1}$ للخط 10P(24) و$5.83\times10^{-2}\ cm^{-1}$ للخط 10R(18) و$6.681\times10^{-2}\ cm^{-1}$ للخط 9P(20) و$1.27\times10^{-3}\ cm^{-1}$ للخط 9R(12). وبالتالي، فإن الانزياح الأصغري يوافق الامتصاص الأقوى (الشكلان 6.3) والانزياح الأكبر يوافق الامتصاص الأضعف (الشكلان 5.4).

بالمقارنة بين تعريض الخط الليزري وتعريض خط امتصاص CF_2Cl_2 وجد أن خط الامتصاص أعرض من خط إصدار الليزر، وهذا صحيح من أجل مجال الضغط بين 425 mbar و1000 mbar. بينما تتغير هذه العلاقة بحسب مجال ضغط الغاز.



الشكل 8a،b، طيف الامتصاص تحت الأحمر بتحويل فورييه لـ CF2Cl2 بالمقارنة مع طيف الامتصاص الناتج عن ليزر CO2 (معامل الامتصاص (cm-1 atm-1) بدلالة أعداد الأطوال الموجية لخطوط ليزر CO2).

وفيما يتعلق بالعلاقة اللاخطية بين معاملات الامتصاص والضغط من أجل الخطوط 10P(12).10R(12) و10R(14) (الشكلان 3، 4) فيمكن إرجاعها إلى تناقص انزياح خط الامتصاص فوق ضغط محدد، ليكون أقرب إلى مركز الخط الليزري الموافق. وتمت برهنة هذه النتيجة من خلال حساباتنا المعتمدة على نفس الصيغة المذكورة آنفاً.

لوحظ تأثير مشابه لضغط الغاز على عملية الامتصاص بالنسبة لجزيئات أخرى مثل SO_2 وCH_3F [13، 14]. ويجب الأخذ بعين الاعتبار أن خط الإصدار الليزري يتراكب مع أكثر من خط امتصاص (أو جزء من خط) للجزيء.

إن نتائج مطيافية تحت الأحمر للامتصاص مهمة بشكل خاص ويمكنها أن تكون قيّمة في كيمياء الليزر والكيمياء الضوئية للجزيئات، حيث يمكن أن تتعلق عملية نقل الطاقة وحتى مسار التفاعل بطبيعة الامتصاص.

يمكن كشف الفريون -12 في الجو كغاز أثر باستعمال المطيافية الصوتية الضوئية [15].

خاتمة

شرحت نتائجنا التجريبية تغيرات معاملات الامتصاص $\alpha(cm^{-1})$ للفريون -12 بدلالة الضغط (مأخوذاً من 5 mbar إلى 1000 mbar) للخطوط الطيفية لليزر CO_2 مستمر قابل للتوليف وذي استطاعة قدرها 3 W. قمنا بحساب معاملات امتصاص مشابهة للفريون -12 عند خطين ليزريين مختلفين 10P(28) و9R(28) وذلك باستخدام قاعدة معلومات HITRAN. النتائج المحسوبة هي على توافق معقول مع التجربة على نحو معتدل.

تمثل معاملات الامتصاص التي حصلنا عليها $\alpha^*\lambda(cm^{-1}\ atm^{-1})$ طيف الامتصاص لـ CF_2Cl_2 عند الخطوط الطيفية لليزر. ويوجد توافق جيد مع طيف تحويل فورييه تحت الأحمر للجزيئة CF_2Cl_2.

المراجع

REFERENCES

[1] Y. Iida, M. Morita: 'Simplified Monitoring Technique of HFC Mixed Gases in Coolant Recycle System'. In: Sixth Int.Conf. Greenhouse Gas Control Technologies, Kyoto (Japan) 1-4 October 2002.

[2] M. Jasinki, P. Szczucki, M. Dors, J. Mizeraczyk, M. Lubanski, Z. Zakrzewski: Czechoslovak J. Phys. 50, 285 (2000).

[3] W. Evans and E. Puckrin: Appl.Opt. 35, 1519 (1996).

[4] M.O. Bulanin, A. P. Burtsev, S.A. Korotkov: Opt. Spec. 66, 241 (1989).

[5] W. J. Witteman: The CO2 Laser (Springer, Berlin 1987).

[6] W. Demtr?der: Laser Spectroscopy (Springer-Verlag, Berlin 1988).

[7] D.R. Stull and H. Prohet: JANAF Thermochemical Tables, 2nd edn (NBS, Washington 1971).

[8] http://spectra.galactic.com/spectra online/ (2001).

[9] P.W. Milonni, J.H. Eberly: Lasers (John Wiley, NewYork 1988).

[10] M. W. Sigrit: Air Monitoring by Spectroscopic Techniques (John Wiley, New York 1994).

[11] http://www.hitran.com (2003).

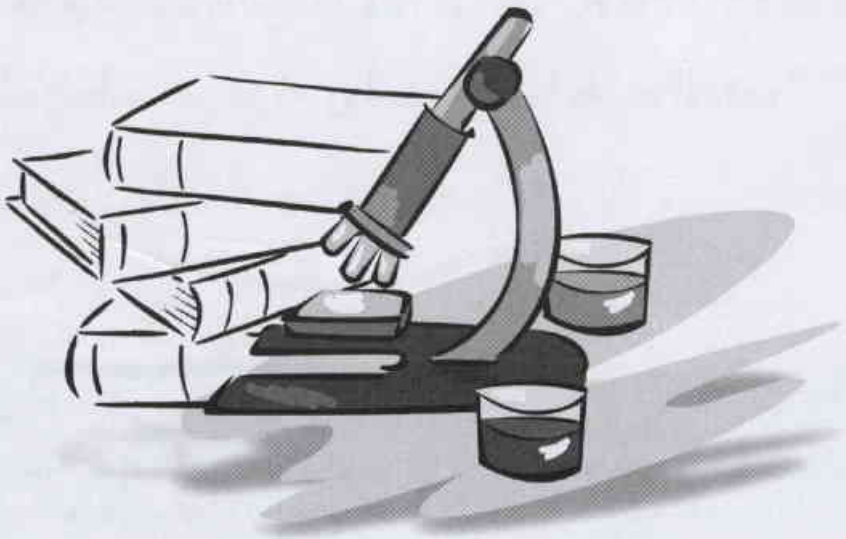
[12] O. L. Gaiko, N. S. Leshenuk , V. V. Nevdakh, Ja.I. Nekrashevitch, L. N. Orlov: Appl. Spectrosc. 35, 33 (1981) (in Russian).

[13] L.T. Petkovska B. B. Radak, S. S. Miljanic, R. T. Bailey, F. R. Cruickshank, D. Pugh: Proc. Indian Acad. Sci. (Chem. Sci), 103, 401 (1991).

[14] S. S. Miljanic, B. B. Radak and L. T. Petkovska: Proc. Indian Acad. Sci. (Chem. Sci.) 103, 405 (1991).

[15] P. Repond, M.W. Sigrist: Appl.Opt. 35, 4065 (1996).

التقارير العلمية



تعيين بعض العناصر المعدنية الموجودة في المخلفات الصناعية والترب الزراعية وبعض الأنواع النباتية بطريقة الصهر باستخدام تقانة التفلور بالأشعة السينية (XRF)★

د. علي خضر
قسم الكيمياء - هيئة الطاقة الذرّية - ص. ب. 6091 - دمشق - سوريا
د. محمد معروف
قسم الكيمياء - كلية العلوم - جامعة تشرين

ملخص

تمت أمثلة تحضير أقراص زجاجية متجانسة وثابتة بطريقة الصهر على أساس المزيج المؤلف من $Li_2B_4O_7$ و $LiBO_2$ بنسبة 22:12، و $NaNO_3$ كعامل مؤكسد، و NH_4I كعامل مانع للالتصاق بالجدار الداخلي للبواتق. خدمت هذه الأقراص في التحليل بالتفلور بالأشعة السينية (XRF) للعناصر الأساسية والعناصر الأثر في عينات الترب الفسفاتية والصرف الصحي المستصلحة. أكّدت إضافة PbO، المستخدم كعامل ماص، على إتمام عملية صهر خلائط الحديد والنيكل - نحاس. عينت بعض العناصر في مجال واسع من التراكيز وانخفض تأثير المادة الحاملة أو تأثير التداخلات بين العناصر نتيجةً لاستخدام نسب تمديد (مادة صهورة: عينة) في المجال 1:11-1:13.9.

الكلمات المفتاحية: طريقة الصهر، تفلور بالأشعة السينية، صخور فسفاتية، صرف صحي، خلائط معدنية.

تعديل وتحقيق البرنامج COBRA-RERTR لاستخدامه في الدراسات الترموهدروليكية لمفاعلات البحث★★

د. علي حينون، نضال غازي
قسم الهندسة النووية - دائرة أمان المفاعلات - هيئة الطاقة الذرّية - ص. ب. 6091 - دمشق - سوريا

ملخص

جرى في هذا العمل اختبار الكود COBRA-RERTR لاستخدامه في دراسات التصميم الترموهدروليكية المتعلقة بمفاعلات البحث. ويعود اختيار هذا الكود لهذا الغرض للإمكانيات الواسعة التي أُضيفت إليه من قِبَل المطورين لتأهيل استخدامه في تحليل مفاعلات البحث ذات الإغناء المنخفض، إضافة إلى الميّزة التي يتمتع بها والمتمثلة بمقدرته على نمذجة التدفقات العرضية المرافقة لتبريد القنوات المتوازية المفتوحة. هذا ولابد من التنويه إلى اقتصار الكود على محاكاة الحالات المستقرة وبعض الحالات العابرة البسيطة نظراً لقصور منهجية الحل العددي المعتمدة عن محاكاة التغيرات السريعة في متحولات الجملة. وقد تبيّن لدى اختبار الكود في مجال الدراسات التميمة وجود مصاعب متمثلة بإعطاء قيم عالية لدرجة حرارة الجدار عند نقطة نشوء الغليان الفقاعي إضافة لتأرجحها أحياناً ضمن الحيزات الحجمية نتيجة تأرجح معامل الانتقال الحراري بين القيمة الموافقة للجريان أحادي الطور السائل وتلك العائدة لثنائي الطور بعد نقطة التحويل. ويُعزى دليل الاستخدام المرافق لنسخة الكود المستخدمة في هذا العمل إلى استخدام الكود بطريقة حساب عددية غير تكرارية لا ضمنية (explicit noniterative) غير ملائمة لحساب درجة حرارة الجدار عند الموضع الذي تظهر فيه الفقاعات الأولى بشكل دقيق. من جهة

★ تقرير مختصر عن دراسة علمية أنجزت في قسم الكيمياء - هيئة الطاقة الذرّية السورية.

★★ تقرير مختصر عن دراسة علمية حاسوبية أنجزت في قسم الهندسة النووية - هيئة الطاقة الذرّية السورية.

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

أخرى بيّنت اختبارات الكود بالنسبة للظواهر الترموهدروليكية الأساسية أن هناك ضرورة لإدخال تعديلات على بعض النماذج الفيزيائية الحالية بعد أن أظهرت الحسابات الأولية قصور النماذج ذات العلاقة المستخدمة في الإصدار الحالي للبرنامج. وتضمنت هذه التعديلات إضافة علاقة جديدة لحساب معدل الانزلاق لثنائي الطور إضافة لنموذج جديد لنمذجة تشكّل البخار في مجال الغليان دون المشبع. وقد حقق الكود المعدل بالاستعانة بسلسلتين من التجارب تناولتا التوزع المحوري للبخار في مجال الغليان دون المشبع ونقطة نشوء عدم الاستقرار الترموهدروليكية في القنوات المجهدة حرارياً. وقد بيّنت دراسة التحقيق أن مقدرة الكود على حساب التوزع المحوري للبخار دون المشبع قد تحسّنت بشكل ملحوظ بحيث أصبح التباين النسبي بين الحساب والتجربة يقع دون 10% بعد أن كانت قيمته تفوق 100%. كما اتضحت مقدرة الكود على محاكاة عدم الاستقرار الترموهدروليكي المتمثل بحساب سرعة الجريان الحرجة الموافقة لنقطة انعدام ميول منحني ضياع الضغط التكاملي للقناة بدلالة معدّل الجريان. وقد أعطت نتيجة الحساب قيمة محافظة لكون السرعة المحسوبة تفوق القيمة التجريبية بمقدار 12%.

الكلمات المفتاحية: الكود COBRA-RERTR، مفاعلات البحث، تصميم ترموهدروليكي، غليان دون المشبع، عدم الاستقرار، دراسات التحقيق.

تحديد الفلور في حمض الفسفور النقي والمركز باستخدام طريقة الإلكترود الانتقائي وتشغيل جهاز 692PH/Ion Meter ★

د. محمد الخالد عبد الباقي، عبد الرحمن وحود، عبد المعطي شلب الشام

مكتب التعدين المائي - هيئة الطاقة الذرّية - ص. ب. 6091 - دمشق - سوريا

ملخص

طورت طريقة لتحديد الفلور بطريقة الإلكترود الأيوني الانتقائي في عيّنات حمض الفسفور النقي المركز 85% وذلك لضبط مواصفات الحمض المنتج في وحدة تنقية حمض الفسفور وفي جميع مراحل التشغيل.

درست بدقة هذه الطريقة وتبيّن أن الحد الأدنى للكشف هو 1.5mg/l والانحراف المعياري 0.47، كما وصِّفَت طريقة العمل على جهاز 692PH/Ion Meter ومعايرته.

الكلمات المفتاحية: فلور، إلكترود انتقائي، أيون، حمض فسفور.

دراسة التوزعات الإحصائية في غشاء رقيق (أقل من 5 نانومتر) لحبيبات غير متصلة ودراسة نموها ★★

د. محمد بهاء الصوص، د. أحمد المحمد

قسم الفيزياء - هيئة الطاقة الذرّية - ص. ب. 6091 - دمشق - سوريا

ملخص

جرى في هذه الدراسة عمل برنامج حاسوبي لدراسة التوزعات الإحصائية لحبيبات غير متصلة في غشاء رقيق (أقل من 5 نانومتر). يقوم البرنامج بتحليل ومعالجة الصور المأخوذة لهذه الأغشية عن طريق المجهر والمخزنة في الحاسب وفق نظام الصور Bmp. يمسح البرنامج الصورة نقطةً نقطة "Pixel" ويحدد الجزر المتشكلة ضمن الغشاء والمعلومات المتعلقة بها، ويحسب التوزع البياني لمتوسط أبعاد الجزر ومسافة الجوار القريب لها مع النسب المئوية لذلك، ويعرض الكل عن طريق خطوط بيانية معبرة ويقوم البرنامج بحساب المقادير المطلوبة المتعلقة بالنمو البلوري للأغشية الرقيقة.

الكلمات المفتاحية: أغشية رقيقة، نمو بلوري، برمجة مرئية، دراسة إحصائية.

★ تقرير مختصر عن نشرة علمية توضيحية أنجزت في مكتب التعدين المائي – هيئة الطاقة الذرّية السورية.

★★ تقرير مختصر عن دراسة علمية حاسوبية أنجزت في قسم الفيزياء – هيئة الطاقة الذرّية السورية.

إمكانية إنتاج القفاء ^{82}Br في MNSR واستخدامه لكشف التسرب★

د. خالد حداد - د. سامر الأيوبي
قسم الهندسة النووية - هيئة الطاقة الذرّية - ص. ب. 6091 - دمشق - سوريا

ملخص

جرى في هذا العمل التحري عن إمكانية إنتاج القفَاء المشع ^{82}Br في مفاعل البحث MNSR المتوفر في الهيئة وتبين أن الكمية والنشاطية النوعية التي يمكن إنتاجها تسمحان باستخدامه في مجال كشف التسرب وفي تطبيقات صناعية أخرى. كما تم اقتراح طريقة جديدة لكشف التسرب في الأنابيب المطمورة عن طريق اقتفاء إشعاع الـ ^{82}Br النافذ عبر التربة حيث بينت نتائج قياس نفوذية التربة إمكانية استخدام هذه الطريقة عملياً. درس الترابط ما بين نسبة شدتي خطي غاما (متجاورين ومميزين لـ ^{82}Br) وسماكة التربة التي ينفذان عبرها.

الكلمات المفتاحية: قفَاء مشع، كشف التسرب.

الينابيع البحرية الساحلية في لبنان وسوريا: دراسة جيولوجية وجيوكيميائية ونظائرية وإشعاعية ★★

د . عبدالرحمن الشريدة
قسم الجيولوجيا - هيئة الطاقة الذرّية - ص. ب. 6091 - دمشق - سوريا

ملخص

دُرس الحامل الكارستي (أعلى الكريتاسي) والينابيع تحت البحرية في الساحل السوري باستخدام تقنية النظائر والهيدروكيمياء بهدف تحديد الارتباط الهدروليكي للمياه الجوفية والينابيع تحت البحرية. أظهرت النتائج أن المياه الجوفية والينابيع تحت البحرية لها نفس الميل في العلاقة $\delta^{18}O / \delta^{2}H$ والذي يعني نفس المنشأ الهدرولوجي، بالإضافة إلى ذلك فان هذه العلاقة قريبة جداً من ميل خط الهطول المحلي والذي يعكس الرشح السريع للأمطار وتغذية الطبقة الجوفية. حساب النسبة المئوية للمياه العذبة (في الينابيع تحت البحرية) لمنطقة خليج الباصية وميناء طرطوس يتراوح ما بين 20 إلى 96%. التقدير الكمي لتصريف بعض الينابيع (TS3، TS2 و BS2، BS1) يصل إلى 11 م^3/ثا أو 350 مليون م^3/سنة. باستخدام النموذج الدفعي، تمّ تقدير وقت مكوث المياه الجوفية بـ 8 سنوات.

الكلمات المفتاحية: سوريا، الطبقة الساحلية، الينابيع تحت البحرية، نظائر.

★ تقرير مختصر عن تجربة استطلاعية مخبرية أنجزت في قسم الهندسة النووية – هيئة الطاقة الذرّية السورية.

★★ تقرير مختصر عن دراسة علمية ميدانية أنجزت في قسم الجيولوجيا – هيئة الطاقة الذرّية السورية.

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

إنشاء خريطة جيولوجية رقمية بمقياس 1/1,000,000 لسوريا، باستخدام نظام المعلومات الجغرافي★

بسام قطاع
قسم الجيولوجيا - هيئة الطاقة الذرّية - ص.ب. 6091 - دمشق - سوريا
د.سليمان رماح
قسم الجيولوجيا - جامعة دمشق و وزارة الري - دمشق - سوريا

ملخص

هدفت هذه الدراسة إلى إنشاء قاعدة بيانات رقمية مكانية تضم مجموعة من الشرائح الرقمية المختلفة لسوريا. أهم هذه الشرائح: الجيولوجيا، التواجدات المعدنية، التكتونيك، شبكة المسيلات المائية. اعتمدنا في ذلك على الخريطة الجيولوجية لسوريا (مقياس 1:1000,000) مع جزء من الخريطة الجيولوجية لتركيا (رقعة إقليم Hatay مقياس 1:1000,000) وبعض البيانات من المراجع العلمية والإنترنت وشملت الخريطة التكتونية المعدلة لسوريا الصورة الفضائية الرقمية بصيغة Mr Sid، ونموذج الارتفاع الرقمي DEM.

أُنجز في هذا العمل:

❶ تعديل بعض هذه البيانات وبشكل خاص دمج جيولوجية لواء اسكندرون مع جيولوجية الخريطة الأصلية إلى سوريا، وإعادة رسم حدود بعض المسطحات المائية بالاستناد إلى الصورة الفضائية لسوريا، وإضافة بعض التواجدات المعدنية وحقول النفط والغاز التي لم تكن موجودة في الخريطة الأصلية وتعديل الخريطة التكتونية من خلال إضافة صدوع تحت سطحية تم تحديدها من خلال المسح السيسمي.

❷ تطبيق بعض العمليات على بعض هذه الشرائح، التي هدفت إلى إظهار بعض السمات المميزة والمحددة مثل الأحقاب الجيولوجية والتشكيلات الصخرية مظهرة تكشفات صخور الكريتاسي والباليوجين الحاوية على الصخور الفسفاتية، وإظهار التكتونيك على أكثر من نوع من الشرائح، مع تمثيل بياني (وردة الاتجاه) لاتجاه الصدوع في سوريا.

❸ إضافة شريحة نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) التي حصلنا عليها من الإنترنت (www.usgs.gov).

❹ استخدام شريحة الصورة الفضائية لسوريا والتي حصلنا عليها من الإنترنت أيضاً (www.nasa.gov) في إجراء بعض التعديلات على الخريطة الأصلية.

الكلمات المفتاحية: GIS، الخريطة الجيولوجية الرقمية، سوريا.

★ تقرير مختصر عن دراسة حاسوبية أنجزت في قسم الجيولوجيا – هيئة الطاقة الذرّية السورية.

تقصي التعرض المهني لعمال رش المبيدات في محافظة دمشق بدليل التبدلات الصبغية المحرضة★

د. وليد الأشقر
قسم البيولوجيا الجزيئية والتقانة الحيوية - هيئة الطاقة الذرّية - ص. ب 6091 - دمشق - سوريا

ملخص

دُرس تعرض بعض عمال قسم رش المبيدات في محافظة دمشق لمبيدات مستعملة في مكافحة الحشرات الصحية، وذلك بإجراء مستنبتات لعينات دم محيطي من عشرة عمال، وشخصين سليمين كشاهدين لمدة 48 ساعة، للحصول على انقسامات خلوية لدراسة الصيغة الصبغية. أُجري الاستنبات لنفس المجموعة مرتين خلال عامين متتالين (2001- 2002) قبل بدء موسم الرش. درست الانقسامات الخلوية من كافة المستنبتات وسُجِّلت الكسور الصبغية والصبيغية والتبدلات الصبغية الأخرى. ارتفعت قيم الكسور الصبغية الملاحظة لخمسة عمال (3.1 - 5.4 كسر/خلية) عن القيمة الملاحظة لدى الشاهد (2.4 كسر/خلية) في العام الأول، وتراجعت هذه القيم في العام الثاني لدى أربعة عمال وكانت أعلى من الشاهد لدى ثلاثة عمال آخرين (3.3- 4.6 كسر/خلية) بينما تعذرت دراسة قيم الكسور الصبيغية لدى ثلاثة عمال في السنة الثانية. تُقدَّم هذه الدراسة البيانات التفصيلية لكل عامل وللمجموعة المعالجة خلال عامي الدراسة.

الكلمات المفتاحية: مبيدات، تعرض، عمال، سوريا، تبدلات صبغية.

جهاز لتصليب الحشوات السنية التجميلية الضوئية باستخدام الأشعة الصادرة عن مصباح كوارتز-هالوجين★★

د.عصام أبوقاسم، محمد شفيق ويس
قسم الخدمات العلمية، هيئة الطاقة الذرّية، ص. ب 6091 - دمشق - سوريا
د.سامي حسن
قسم الوقاية والأمان، هيئة الطاقة الذرّية، ص. ب 6091 - دمشق - سوريا

ملخص

يتكون جهاز تصليب الحشوات السنية الضوئية المصمَّم من قسمين أساسيين: أولاً: وحدة التغذية الكهربائية التي زودت بوحدة تغذية كهربائية احتياطية تعمل عند انقطاع التيار؛ وثانياً: المجموعة الضوئية التي تتكون بدورها من المنبع الضوئي (QH-lamp)، والمرشح الضوئي ضيق الحزمة، والناقل الضوئي. يقدم هذا العمل شرحاً لبنية التصميم الأولي المنجز لهذا الجهاز، ويعرض بالتفصيل الاختبارات التي تمت من قبل المختصين في هيئة الطاقة الذرّية على الدارات الكهربائية والمنظومة الضوئية لهذا التصميم بغية تطويره.

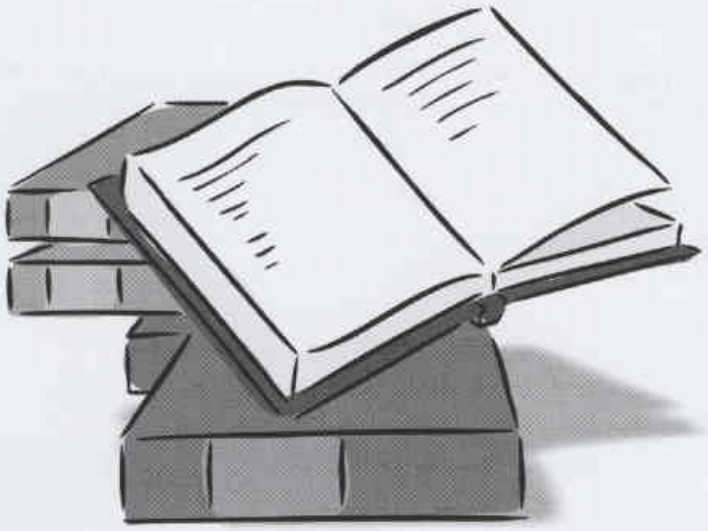
الكلمات المفتاحية: حشوات سنية ضوئية، تغذية كهربائية احتياطية، ناقل ضوئي.

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

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

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

كتب حديثة مختارة



1ـ نزاع من أجل الترتيب

A struggle for order★

تأليف: مايكل د. جوردان
عرض وتحليل: برنادیت بیتسوید-فینسنت

شأن حسن الترتيب: ديمتري مندليف وسيطرة الجدول الدوري

يرتبط اسم ديمتري مندليف دائماً وأبداً بالجدول الدوري الموجود في مختبرات الكيمياء والصفوف الدراسية في أرجاء العالم. لكن هذا الابتكار الشهير، الذي نظم العناصر وأعطاها معنى منطقياً، لم يكن إلا واحداً من منجزات مندليف الكثيرة. وقد قام مايكل جوردان، وهو أستاذ مساعد في التاريخ في جامعة برنستون، بإعادة بناء أعمال مندليف العلمية المتغايرة في جميع أوجهها ومع كل تناقضاتها. وكتابه، الذي يحمل عنوان "شأن حسن الترتيب A Well-Ordered Thing"، ليس بكتاب سيرة علمية معياري ولا محاولة لاستجلاء غموض هذا العالم، الذي أصبح أيقونة وطنية في روسيا. بل عوضاً عن ذلك، فإن جوردان يستخدم مندليف كمثال لاستطلاع حياة وأعمال أفراد من الصفوة المثقفة في القرن التاسع عشر في سان بطرسبيرغ الإمبراطورية.

قد يشعر مؤرخو الكيمياء حقاً بشيء من الإحباط لقلة الكيمياء في هذا الكتاب. فالحاجة إلى وسيلة لتعليم الكيمياء كانت أمراً جدّياً لابتكار النظام الدوري، لذا فقد يكون جوردان قد أحسن صنعاً في إيلائه مزيداً من الاهتمام لكتب مندليف المدرسية. أما عن كتابه في الكيمياء العضوية لعام 1861 فقد تمّ التعامل معه بعجالة، بحجة أن كتاب ألكسندر بتليروف قد تفوق عليه تفوقاً سريعاً. أما كتاب مندليف الذي يحمل عنوان "مبادىء الكيمياء الناجحة" فربما تمّ تصنيفه مع الكتب المضادة لأعراف الكتب الجامعية. ولا يقدّم جوردان أي تفاصيل حول المحاولات السابقة في التصنيف، أو حول الكيفية التي استُقبل فيها الجدول الدوري سواء في روسيا أم في الخارج.

ولكن تاريخ الكيمياء لم يكن هو محط اهتمام جوردان الرئيسي. بل عوضاً عن ذلك يحاول أن يفهم الأثر الثقافي لحركات الإصلاح الكبيرة والثورات السياسية التي حدثت في الإمبراطورية الروسية قبل نهاية القرن التاسع عشر. من هذا المنظور، يظهر نظام مندليف الدوري كمجاز يظلّل برنامجاً لإعادة البناء وتحديث روسيا القيصرية. إن القانون الدوري، مع تنبؤاته لعناصر مجهولة وتصحيحاته الجريئة للأوزان الذرّية، كان أحد تعابير محاولة عصيّة على الكبت لاجتثاث الاختلالات والشذوذات في القطاعات المختلفة.

يتناقض هذا البحث الدؤوب عن الترتيب مع تعددية الجوانب عند مندليف. فبالرغم من أنه يجسد كيمياء العناصر لدى كيميائيي الزمن الحاضر، فهو لم ينفق الوقت الكثير على هذا الموضوع؛ إذ سرعان ما هجر بحثه حول العناصر عقب إنشائه الجدول الدوري، بالرغم من الشكوك حول تصنيف العناصر الترابية النادرة والغازات الخاملة. وفي السبعينيات من القرن التاسع عشر استهل مشروعاً كان مجارياً له كعالم كبير، إذ ضمّ نبائط ضغط عال. وكان هدفه تقصّي الانحرافات عن قانون الغازات الكاملة مع توقع عزل الإيثر، الذي اعتُبر مادة متطايرة مجهولة افترضها كل من علم الديناميكا (الحركة) لنيوتن وعلم الكهرمغنطيسية الذي أوجده جيمس كليرك ماكسويل. ولقد كان طموح مندليف أن يدمج الإيثر كعنصر كيميائي في النظام الدوري، من أجل أن يوحّد العلوم الطبيعية. وقد سعى أيضاً ليحفظ فردية وتكاملية العناصر الكيميائية، التي كانت مهددة بالنشاط الإشعاعي والإلكترونات – التي اعتُبرت جسيمات تحت ذرّية subatomic تدعم الرأي بأن العناصر الذرّية مؤلفة من وحدات أصغر.

وباسم العلم، قضى مندليف حياته يكافح "الانحرافات" أو الخرافات. فعلى سبيل المثال، كافح الفكرة السائدة بين المثقفين عن الروحانيات spiritualism، وأسس في الجمعية الفيزيائية الروسية لجنة لتحري الأوساط mediums. وكذلك اهتم مندليف بالوجه الشعبي العام للعلم. ففي الصحف وفي كتبه، دافع مندليف عن شرعية وسلطة المؤسسات العلمية في المسائل التي تخصّ الرأي العام. لقد عمل خبيراً على المستوى المحلي في البداية ومن ثم على نطاق دولي، وبخاصة من خلال عمله على التقييس في مجلس الموازين والمقاييس وكذلك في محاولته لتحديث التقويم.

يصوّر جوردان مندليف كتابع مخلص للقيصر، كان يحمل أفكاراً محافظة وناضل باستبسال ضد تفكك الإمبراطورية الروسية وكذلك العناصر الكيميائية. وفي الواقع، لم يفصل مندليف في ذهنه مستقبل روسيا عن مستقبل العلم، وقد كانت له تطلعاته بأن يكون "نيوتن الروسي".

إن هذا الكتاب الممتع في قراءته يقدّم درسين هامّين للعلماء الباحثين. فمن ناحية أولى، تجسد السيرة المهنية لمندليف التفاعل بين الإبداع العلمي والمشاريع الاقتصادية والسياسية والتربوية. ومن ناحية ثانية، قد يواسينا أن نعلم أن عالماً كهذا في شهرته تحمّل من الإخفاقات العديدة خلال حياته ما لا يصدق. ونذكر بخاصة أن مشروعه لعزل الإيثر قد باء بالفشل وأثر في مصداقيته العلمية. كما كانت نظريته في المحاليل وآراؤه عن منشأ النفط خاطئة. و كذلك فشل في إصلاح التقويم، كما أن طلبه للتعيين في الأكاديمية الإمبراطورية في سان بطرسبيرغ قوبل بالرفض. ولكن فوق كل شيء، يأتي أخيراً انهيار اعتقاده الجازم بفردية individuality العناصر الذي كان يشكل الأرض الصلبة التي نبت فيها النظام الدوري.

★ M.D. Gordin.

– العرض والتحليل عن مجلة *Nature*, 19 August 2004. وتمّت الترجمة في هيئة الطاقة الذرّية السورية.

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

2 ـ حبّة دواء لكل مريض

Apill for every ill★

تأليف: ديارموید جيفريز
عرض وتحليل: بيتر إلوود

بيتر إلوود P. Elwood مسرور بقصة اكتشاف معقّدة
الأسبرين: القصة الرائعة لعقار عجيب

أول ما استنبط الأسبرين على يد كيميائي في شركة باير Bayer للصيدلانيات، اعتبر مدير مخبره أن "المُنتَج ليس بذي قيمة". والآن اعتُبِر الأسبرين "أحد أجود العلاجات اختباراً وإحداها تكلفة في الممارسة السريرية"- بسبب تأثيره على المرض الوعائي ناهيك عن وصفه المسلّم به كمسكن للألم. وفي كتاب الأسبرين، يتتبع الكاتب والمنتج التلفزيوني ديارموید جيفريز D. Jeffereys هذا النجاح اللافت للنظر، الذي ربما يكون واحداً من أروع القصص في مجال الطب برمّته.

ولكن يأتي الاكتشاف بداية، وبالطبع تبدأ قصته، فيما قبل التاريخ بعلاجات عشبية. أما القصة المعيارية لنشأة العقار البحت فتنسب صياغته إلى عام 1897 على يد فتى شاب يعمل في مختبر يديره كيميائي اسمه باير وكان والده لايقدر على النوم جيداً بسبب آلام في مفاصله.

وثمّة مرحلة جديدة من هذه القصة بدأت باكتشافين في مطلع السبعينيات. إذ حدّد جون فين J. Vane وآخرون أن التأثير المسكن للعقار إنما يتحقق عبر التأثير على البروستاغلاندينات.

وبعدئذ ذكر تقرير لفريق بحثيّ في كارديف أن حدوث انخفاض في أمراض القلب ناجم عن تناول جرعات يومية منخفضة من الأسبرين. ويقدّم جيفريز تقارير سارة في هذا الصدد مبنيّة على مقابلات مع الباحثين (وأنا من بينهم).

لم تنته القصة بأي حال من الأحوال. فما يزال تأثير الأسبرين في الحمى وموت الخلايا المبرمج (الهرير الخلوي apoptosis) مجهولاً. ومن المحتمل أن يكون له تأثيرات في أمراض السرطان والزهايمر. لكن هذه لم تُجرَّب حتى الآن بشكل صحيح. وربما يتبيّن أن الأسبرين يستحق الوصف بأنه "فيتامين C".

* * *

★ D. Jeffreys.
– بيتر إلوود هو أستاذ فخري في الوبائيات بجامعة ويلز، كلية الطب، كارديف.
– العرض والتحليل عن مجلة *Newscientist*, 21 August 2004، وتمّت الترجمة في هيئة الطاقة الذرّية السورية.

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

كشاف

2004

الأعداد

89-90، 91، 92، 93، 94

باب المقـــالات

	العدد	الصفحة
في المجال الفيزيائي		
1- محاكاة المواد - ج. مارتان، ج. زيرا - ترجمة هيئة التحرير	90-89	35
2- التغييرات المصيرية في النظريّة من أجل فيزياء تنبئية -ج. زين، جوستان- ترجمة هيئة التحرير	90-89	50
3- المحاكيات في فيزياء الجسيمات - ب. منسوليه- ترجمة هيئة التحرير	90-89	54
4- نمذجة السطوح والسطوح البينيّة والبنى النانوية - ماري، وآخرون ترجمة هيئة التحرير	90-89	57
5- هل تتغير قوانين الطبيعة مع الزمن؟ ج. ويب ترجمة: أحمد ميمون شاذلي	91	7
6- ليزرات الإلكترونات الحرّة تعمل في نظام أشعة -X - إ. بلونجيز- ج. فيلدهاوز - ت. موليز- ترجمة هيئة التحرير.	91	14
7- من سيلتقط بوزون هِغز؟ بول كولاس - بوريس توشمينغ - ترجمة هيئة التحرير	91	20
8- تطبيقات لظواهر نووية تولّدها ليزرات بالغة الشدة - ك. و. د. لدينغهام - ب. ماك كينا - ر. ب. سينغال - ترجمة هيئة التحرير.	91	27
9- النسبية الخاصة المضاعفة- د. هاريس - ترجمة هيئة التحرير	92	7
10- فوتونات مفردة عند الطلب - ف. غرانجير - إ. أبرا- ترجمة هيئة التحرير	92	11
11- راديو الثقالة - م. بروكس - ترجمة هيئة التحرير	93	10
12- ثورة في المناولة الضوئية - د. ج. غرابر - ترجمة هيئة التحرير	93	20
13- إعادة تعريف الكيلوغرام - إ. روبنسون - ترجمة هيئة التحرير	94	17
في المجال التقاني		
1- المحاكاة، تقنية جديدة وتقليد قديم - م. سير - ترجمة هيئة التحرير	90-89	8
2- الفهم والتصميم والتنفيذ هي الغايات الثلاث للمحاكاة - إ. كلاين... ترجمة هيئة التحرير.	90-89	13
3- المحاكاة كمنهجية للبحث والتطوير - د. بسنار- ترجمة هيئة التحرير	90-89	17
4- نمذجة المناخ - ب. براكونو، أ. مارتي - ترجمة هيئة التحرير	90-89	24
5- محاكاة تخزين النفايات النووية وإيداعها - ع. طومي، إ. موش، أ. بنغاور ... ترجمة هيئة التحرير.	90-89	31
6- نمذجة الجزيئات الكبُروية البيولوجية - م.ج. فيلد، ج. بيار إيل... ترجمة هيئة التحرير.	90-89	44
7- النمذجة السلوكية - ن. لوكلير، وآخرون- ترجمة هيئة التحرير	90-89	63
8- البرنامج المحاكاة. ضمان الأسلحة بدون التجارب النووية - ج. بسنار... ترجمة هيئة التحرير.	90-89	68
9- الوقود النوويّ: نمذجة تجميع متطوّر للبلوتونيوم - ر. لونان ... ترجمة هيئة التحرير.	90-89	80
10- اللحام الافتراضي - أ. فونت، وآخرون - ترجمة هيئة التحرير	90-89	99
11- استمثال المبادلات الحرارية المتراصّة بالمحاكاة الرقمية - ب. باتريس توشون ... ترجمة هيئة التحرير.	90-89	104
12- المفاعلات النووية: من المحاكاة إلى المحاكيات - ب. فايديد... ترجمة هيئة التحرير.	90-89	111
13- محاكاة التدخّل في الوسط المؤذي - ل. شودورج- ترجمة هيئة التحرير	90-89	118
14- أوجه التقدّم في النمذجة الأولية الافتراضية - ك. أندريو- ترجمة هيئة التحرير	90-89	122

15- محاكاة طرائق الهدروكربونيات - ج. دوفا، وآخرون- ترجمة هيئة التحرير..... 90-89 127
16- محاكاة المراقبات اللاإتلافية: البرمجية سيفا (CIVA)- ب. كلمون 90-89 130
ترجمة هيئة التحرير.
17- هل تريد أن تتحدث - إ. سامبل - ترجمة هيئة التحرير..... 91 18
18- صنع ليزرات تردم هوّة التراهرتز- ج. ديفيز، إ. لينفيلد - ترجمة هيئة التحرير..... 94 22
19- المتانة فوق العالية والناقلية الكهربائية العالية في النحاس - لي. لو، وآخرون..... 94 28
ترجمة هيئة التحرير.

في المجال البيولوجي

1- التنبؤ بالبنية الثلاثية الأبعاد للبروتينات - هـ. أورلاند - ترجمة هيئة التحرير..... 90-89 87
3- النمذجة الفوتونية لرقاقات الحمض الريبي النووي المنقوص الأوكسجين - س. جيتان..... 90-89 96
ترجمة هيئة التحرير.
4- إشعاعات X تُعيّن بدقة أهدافاً ورميّة - متين دُرّاني - ترجمة هيئة التحرير..... 91 34
5- تنوير الطب بالليزرات - م. دُرّاني - ترجمة هيئة التحرير..... 92 24
6- مراقبة الدماغ أثناء العمل - بني غولاند وآخرون - ترجمة هيئة التحرير..... 92 28
7- الفعل الغذائي للّيبتين في عصبونات الوطاء التي تنظّم الأكل - ج. بوريت 94 12
ش. درابر - ر. سيمرلي - ترجمة هيئة التحرير.
8- محاكاة المنظومات البيولوجية - ك. جيدرول - ترجمة هيئة التحرير..... 90-89 92

في المجال الجيولوجي

1- المخاطر الزلزالية في تصميم المنشآت النووية الأساسية - س. بيرج- تيبري 93 7
- س. دوفال - ترجمة هيئة التحرير.
2- الأيام الأربعة التي هزّت العالم - ك. رافيليو - ترجمة هيئة التحرير..... 94 7

في المجال الكيميائي

1- التصميم الاصطناعي لكالكوجينيدات لاعضوية متبلورة تبدي ناقلية سريعة للأيون..... 93 14
- ن. زنج - ن. فينج ك.بو - ترجمة هيئة التحرير.

باب الأخبـــــــار المتفرقة

في المجال الفيزيائي

1- خماسيات الكواركات تتوارد بكثرة..... 91 39
2- أشعة غاما لها زاوية مغنطيسية..... 91 40
3- حساب مالا يُحسب..... 91 42
4- السيمياء النووية 91 46
5- أيام غريبة..... 92 39
6- في البُعد الخامس 92 44
7- بصريات لاخطّية في أليف..... 93 33
8- لعبة الانتظار..... 94 35
9- التحكّم بالسبين غير موضعي وقابل للتوليف في جملة نقط كمومية مقترنة..... 94 37
10- ارفع درجة الحرارة..... 94 39

في المجال التقاني

1- أسَلاتٌ لتحريك جزيئات وحيدة 91 45
2- التنقيب عن النفط "بأنف بصري"..... 91 50

3- الدليل للتطبيقات المتريّة 92 37
4- فيزياء الاندماج النووي الحراري ومشروع المفاعل ITER..... 92 41
5- تسريع النبضات في البحث عن الاندماج..... 92 42
6- سلك فائق الناقلية يتحول إلى قدرة كهربائية 92 49

في المجال البيولوجي

1- السر القاتل للإشعاع 91 49
2- جسيمات نانوية مغنطيسية تُحدّد الفيروسات بدقة في مسوح الجسم 91 52
3- كيف يمكن أن يكون لفيزياء الجسيمات فعل علاجي 92 46
4- من المختبر إلى المريض 92 50
5- الجسم يحمل كهرباء 94 41
6- تشريح اليأس 94 45

في المجال الكيميائي

1- اليود 91 53
2- اليورانيوم 92 52
3- الكربون - 14 ..... 93 31
4- السوائل الأيونية - هل لها دور كمذيبات في المستقبل؟ 93 35
5- الزئبق 94 49

في المجال الجيولوجي

1- تعقّب الزلازل من الفضاء 93 33

بـــاب ورقـــــات البحـــــوث

في المجال الفيزيائي

1- كشف العيوب المرتبطة بالأكسجين في GaAs باستخدام مطيافية إصدار الإلكترون 91 57
السطحي، د. منذر نداف وآخرون.
2- تأثير إعادة اتحاد الشحنات على السطح البيني على وسطاء الخلية 92 62
د. معين سعيد، عمار قسيس.
3- قياس حصة النترونات المتأخرة وزمن تولد النترونات بواسطة تحليل الضجيج في المفاعل منسر 93 60
د. إبراهيم خميس، وآخرون.

في المجال الكيميائي

1- فصل الرصاص عن السترونسيوم من عيّنات مرجعية بالتبادل الأيوني وقياس الرصاص..... 91 62
على شكل معقد إيوسين -2 ورصاص - كربتاند (2.2.2) $^{+2}$ بالمطيافية الضوئية
د. رفعت المرعي، عمر الشياح.
2- تعديل خواص التحسس للثيالوسينين - المعدني بواسطة بلازما ECR، د. منذر نداف وآخرون..... 92 57
3- فصل الذهب انتقائياً من عينات فلزات الحديد باستخدام المبادلات الأيونية، رفعت المرعي، وآخرون... 92 68
4- تحديد المحتوى الإجمالي من المركبات العطرية في الكيروسين..... 93 46
باستخدام مطيافية فوق البنفسجي، د. عادل حرفوش، حبيب شليويط.

في المجال البيئي

1- تأثير نسبة الرمل إلى الإسمنت في انبثاق غاز الرادون من الخلطات الإسمنتية 94 74
المحتوية على الراديوم Ra^{226}، د. صلاح الدين تكريتي، وآخرون.

في المجال التكنولوجي

1- إدارة النفايات الحاوية لمواد مشعة طبيعية في صناعة النفط والغاز: الخبرة السورية..... 91 67
د. محمد سعيد المصري، د. حازم سومان.

2- دراسة حركية البلمرة بعد التشعيع في الأكريل أميد الصلب باستخدام المسح..... 93 66
المسعري التفاضلي، د. زكي عجي، هارون القصيري.

في المجال الجيولوجي

1- الاختيار الأمثل لمسابير غاما – غاما الطيفية باستخدام مصادر إشعاعية منخفضة 91 74
لتحديد الرماد في مخزونات الفحم، د. جمال أصفهاني.

2- نظرية الأمثلة غير الخطية المقيدة لتفسير شذوذات مغنطيسية..... 93 39
عائدة لفوالق شاقولية وجدر قاطعة رقيقة، د. جمال أصفهاني، د.محمد طلاس.

3- دراسة بنية وخصائص الوسط الكارستي لمنطقة اللامالو 94 66
(مقاطعة إيرو – فرنسا) باستخدام الرادار الجيولوجي، د. وليد الفارس، وآخرون.

في المجال الزراعي

1- تقانة بسيطة لتقويم تفاعل أنماط الشعير الوراثية مع العامل الممرض Pyrenophora graminea.... 91 71
د. محمد عماد الدين عرابي، محمد جوهر.

2- تقدير النمو والكفاءة التثبيتية للآزوت الجوي وامتصاص الآزوت في نظام الزراعة البينية..... 93 49
للسيسبان وذرة السورغوم العلفية ضمن ظروف مالحة وغير مالحة، د. فواز كرد علي، وآخرون.

3- تأثير مستويات مختلفة من ملوحة مياه الري على نمو وتشكّل العقد الجذرية وكفاءة 94 53
تثبيت الآزوت الجوي في نبات السيسبان وعلى نمو نبات عباد الشمس باستخدام تقانة ^{15}N
د. فواز كرد علي، فريد العين.

في مجال الوقاية

1- إمكانية استعمال الكواشف البلاستيكية CR-39 كمقياس جرعة للأشعة فوق البنفسجية..... 94 61
د. رياض شويكاني، وآخرون.

في مجال البيولوجيا

1- تباين الفوعة المرضية بين عزلات الفطر Pyrenophora teres، والعامل المسبب لمرض..... 92 74
التلطخ الشبكي لدى نبات الشعير، د. عماد الدين عرابي وآخرون.

2- التعددية الشكلية للغليادين والتحليل العنقودي لأصناف القمح القاسية المزروعة في سورية..... 92 82
د. نزار مير علي.

بـــاب التقـــاريـــــــر

في المجال الفيزيائي

1- دراسة أثر وجود فتحات متعددة داخل مجاوب ليزري على الأنماط وضياعها..... 91 82
د. محمد خير صبرة، د. بسام عباس.

2- دراسة حاسوبية لنموذج معدل من خمسة أطوار لجهاز البلازما المحرقية 92 90
د. شريف الحواط، د. صقر سلوم.

3- تحليل أسباب الخسارة في عامل الامتلاء في الخلايا الشمسية $ZnO/CdS/CuGaSe_2$ 94 81
د. معين سعد، عمار قسيس

في المجال الكيميائي

1- دراسة علمية مخبرية حول تحضير طاقم EC وضبط جودته، د. توفيق ياسين، وآخرون..... 91 84

2- تقييم الأداء التحليلي للمخابر المشاركة في البرنامج الوطني لضبط جودة التحاليل المخبرية..... 91 90
عبد الغني شخاشيرو، وآخرون.

3- تحضير نظير السترونسيوم المشع Sr-85 ، د. توفيق ياسين، نعمان سليمان..... 92 90

4- تحضير متراكبات من البولي إستر مع كبريتات الكالسيوم بواسطة الإشعاع، د. زكي عجي..... 92 91

5- معالجة إحصائية لنتائج برنامج المقارنة الخارجية لتحليل عنصري الزنك والسيلينيوم في..... 92 93
الدم بتقانة INAA ، د. عادل باكير، وآخرون.

6- تأثير المعالجة الحرارية على كثافة الكوك النفطي الخام السوري..... 93 76
د. حسان الحاج إبراهيم، محمد منلا علي.

7- تحليل الفخار الأثري بواسطة التحليل الآلي بالتنشيط النتروني INAA..... 93 76
د. إلياس حنا بكرجي، د. إبراهيم عثمان.

8- حساب مؤشر الهشاشة - المتانة لبعض البوليسترات بواسطة تحليل الطيوف المركبة..... 93 77
لتيارات فك الاستقطاب المثارة حرارياً، د. منذر قطان.

9- تحضير مبادلات أيونية من بولي غول الفينيل المطعم بحمض الليمون..... 94 83
وحمض السكسينيك بواسطة الإشعاع، د. زكي عجي.

في المجال البيئي

1- دراسة بيئة نهر العاصي في سوريا ولبنان، د. محمد العودات..... 92 92

2- تقييم أثر معامل الشركة العامة للأسمدة على البيئة المجاورة بتعيين النكليدات المشعة..... 93 75
الطبيعية وبعض عناصر الأثر في العوالق الهوائية، د. محمد سعيد المصري، وآخرون.

3- مستويات الضجيج في مدينة دمشق، د. محمد العودات، د. يوسف مسلماني..... 94 82

في المجال البيولوجي

1- مراقبة الأشخاص المعرضين مهنياً لعنصر التريتيوم، د. محمد حسان خريطة، وآخرون..... 91 87

2- أتمتة تقدير الجرعات الإشعاعية الفردية، د. محمد حسان خريطة، وآخرون..... 91 89

3- دراسة التعرضات المهنية في سورية في الفترة من عام 1990 حتى عام 1999..... 92 91
وحساب الجرعة التجميعية في كل ممارسة، د. محمد حسان خريطة، عاطف البزال.

4- دراسة التبدلات الصبغية المسببة للعقم لدى ثيران مركز الإلقاح الاصطناعي في سوريا..... 92 92
د. وليد الأشقر، وآخرون.

5- تركيز هرمون التستوستيرون في الدم والعوامل المؤثرة عليه في ذكور حملان العواس السوري.... 92 93
د. معتز زرقاوي، د، سليمان ديب.

6- تعيين اليورانيوم في عينات بول العاملين في المحطة الرائدة باستخدام تقانة مقياسية..... 93 75
الفلورة لتقدير الجرعات الإشعاعية الداخلية، د. محمد حسان خريطة، وآخرون.

7- الكشف عن السرطان وتدبيره باستعمال تقانة الـRIA ، د. محمد عادل باكير، وآخرون..... 94 83

في المجال الجيولوجي

1- دراسة مظاهر التكتونيك الحديث في التوضعات البليوسينية والرباعية..... 92 94
على امتداد الساحل السوري، د. سليمان رماح.

2- الخصائص الهدروكيميائية والنظائرية للحوامل المائية الجوفية العميقة 94 85
في منطقة جبل الحص من (حوض حلب)، د. عبد الرحمن الشريدة.

في المجال الزراعي

1- تحديد تراكيز بعض العناصر الصغرى والكبرى في الترب المزروعة بالقطن والترب البور..... 93 74
في منطقة ريف دمشق باستخدام التحليل بالتنشيط النتروني، د. إبراهيم خميس، وآخرون.

2- تأثير الفسفوجبسوم المضاف للتربة في نمو نبات الكوخيا وفي انتقال العناصر المشعة والفلور..... 93 77
وعناصر الأتر إليها، د. محمد العودات، وآخرون.

3- التوصيف الجزيئي ودرجة القرابة بين أصناف الزيتون المزروعة في سـوريا باستخدام تقانة التضخيم 93 78
العشوائي المتعدد الأشكال للدنا RAPD، د. نزار مير علي، عماد نابلسي

4- تقويم الأداء التعايشي لبعض السلالات الطافرة من فول الصويا الملحقة بسلالتين..... 94 84
من بكتريا Bradyrhizobium Jabonicum، د. فواز كرد علي، وآخرون.

5- إحداث وعزل وانتخاب طفرات بطاطا مقاومة لمرض اللفحة المتأخرة، د. بسام الصفدي..... 94 85

في مجال التقانة

1- دراسة نظرية وتجريبية لتحديد تابع انتقال المفاعل MNSR، د. علي حينون وآخرون..... 91 80

2- محاكاة الحت الكيميائي الرطب لرقائق سليكونية من كلا الوجهين، د. محسن شحود، سامر آغابي. 91 86

3- إعداد نظام استعلام مناخي في مركز الهيئة في منطقة دوبايا، د. عماد خضير..... 93 74

4- تصميم واجهة التحكم COBRET في بيئة النوافذ لإجراء المعالجة البدئية واللاحقة للبرنامجين.... 94 81
COBRA-RERTR و PARET، د. علي حينون، وآخرون.

في مجال الوقاية

1- إمكانية استعمال الكواشف البلاستيكية CR-39 كمقياس جرعة للأشعة فوق البنفسجية 94 61
د. رياض شويكاني، وآخرون.

كتـــب حديثـــة مختـــارة

في المجال الفيزيائي

1- أثر كازيمير: دلالات فيزيائية على طاقة نقطة الصفر، (تأليف: ك. أ. ميلتون)..... 91 95
(عرض وتحليل: ب. و. ميلوني).

2- المادة الكثيفة اللينة، (تأليف: ر. أ. ل. جونز)، (عرض وتحليل: د. فايتس)..... 92 97

3- الفيزياء المتقدمة للحالة الصلبة، (تأليف: ف. فيليبس)، (عرض وتحليل: س. ساشديف)..... 92 98

4- مبادئ تحليل البيانات، (تأليف: ب. ساها)، (عرض وتحليل: هـ. سيليف)..... 93 2

5- قبضة الثقالة: مسألة فهم قوانين الحركة والتثاقل، (تأليف: ب. غوندهيلكار)..... 94 90
(عرض وتحليل: ج. غوندلاش).

في المجال الكيميائي

1- وصف جامع عن المادة الحفرية ، (تأليف: ستيفن ل. سويب)..... 93 81

في المجال البيولوجي

1- النَّبض اليومي للحياة، (تأليف: إ. غفينر)..... 94 88

في مجال التقانة

1- استشعار المحيط بالليزر من بُعد: طرائق وتطبيقات، (تأليف: أ. بنكين، ك. فولياك)..... 91 94
(عرض وتحليل: غ. نويمان).

LIGHT POLYMERIZATION DEVICE OPERATING WITH A (Q-H) LAMP★

I. ABUKASSEM, M. WAISS
Department of Scientific Services, Atomic Energy Commission, P.O. Box 6091, Damascus, Syria
S. HASSAN,
Department of protection and Safety, Atomic Energy Commission, P.O. Box 6091, Damascus, Syria

ABSTRACT

The achieved light polymerization device is consisted of two major parts: the power supply part which is equipped with an auxiliary rechargeable power unit, and the light unit which is consisted of the light source (QH-Lamp), the narrow-band optic filter, and the light guide tube. This report demonstrates the structure of the realized primary model of the device; and gives also an explanation of the electrical and optical qualifications attempts achieved by the specialists at the AECS in order to improve this system.

Key Words

Light polymerization device, auxiliary power supply, light guide tube.

★ A short report on a scientific study in the *Department of Scientific Services*, Atomic Energy Commission of Syria.

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

tectonic map of Syria rectified satellite image in Mr Sid format and digital elevation, model (DEM).

In this work, we have accomplished the following tasks:

❶ Data modification, which included merging Iskandaron geology with the geological map of Syria. Redrawing of water surfaces border that were recently formed using satellite image, adding new mineral and oil field to the mineral resources map, and modification of the tectonic map by adding subsurface faults delineated from seismic survey.

❷ Application of GIS operations on different layers, to outline some features like geological ages and rock formations showing phosphate rocks from Cretaceous and Paleogene, and overlying tectonic layer on different themes, with rose diagram of main fault directions in Syria.

❸ Adding Digital Elevation Model (DEM) downloaded from the internet, (www.usgs.gov).

❹ Use of satellite image of Syria, downloaded from the internet, (www.nasa.gov).

Key Words

GIS, digital geological map, Syria.

★ A short report on a scientific study in the *Department of Geology*, Atomic Energy Commission of Syria.

OCCUPATIONAL EXPOURE INVESTIGATION OF PESTICIDES OPREADER WORKERS AT DAMASCUS CITY USING INDUCED CHROMOSOMAL ABERRATIONS STUDY★

W. AL ACHKAR

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

ABSTRACT

Occupational exposure of some pesticides workers at Damascus city (Syria), spreading insecticides for hygienic purposes was evaluated. Whole peripheral blood cultures of ten workers and two healthy controls were cultured for 48 h. to harvest metaphases and karyotyping study. These cultures were done twice before spreading season on 2001 and 2002.

Metaphases from all cultures were studied. Chromosomes or chromatid aberrations were scored. Chromatid breaks rate for five workers at the first year were higher than control (3.1-5.4 breaks/ cell Vs 2.4 b./ c.).

At the second year, these rates decreased for four workers, where as they were higher than the control for three other workers (4.6-3.3 b./c.) and it was impossible to study the chromatid breaks of three other workers. Full data of the two years study for each worker and for the group is given in this report.

Key Words

pesticides, exposure, workers, Syria, chromosomal aberrations.

★ A short report on a scientific study achieved in the *Department of Molecular Biology and Biotechnology*, Atomic Energy Commission of Syria.

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

buried pipelines by tracing ^{82}Br radiation through the soil. The measured soil transmission indicates the possibility of practical applications. The intensities ratio of two ^{82}Br adjacent gamma lines - traversed soil thickness correlation was studied.

Key Words

Radiotracer, Leakage detection.

★ A short report on a scientific research achieved in the *Department of Nuclear Engineering*, Atomic Energy Commission of Syria.

COASTAL SUBMARINE SPRINGS IN LEBANON AND SYRIA: GEOLOGICAL, GEOCHEMICAL, AND RADIO-ISOTOPIC STUDY★

A. AL-CHARIDEH

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

ABSTRACT

The coastal karst aquifer system (Upper Cretaceous) and the submarine springs in the Syrian coast have been studied using chemical and isotopic methods in order to determine the hydraulic connections between the groundwater and the submarine springs. Results show that the groundwater and submarine springs are having the same slope on the $\delta^{18}O$/ $\delta^{2}H$ plot indicate the same hydrological origin for both. In addition this relation is very close to the Local meteoric water line (LMWL) reflecting a rapid infiltration of rainfall to recharge coastal aquifer. The calculated percentage of freshwater in the two locations (Bassieh and Tartous) range from 20 to 96%. The estimation rate of the permanent submarines springs (BS1, BS2 and TS2, TS3) is 11m^3/s or 350 million m^3/y. The maximum residence time of the groundwater in the Cenomanian /Turonian aquifer was estimated at around 8 years, using the piston-flow model.

Key Words

Syria, coastal aquifer, Submarine springs, Isotope.

★ A short report on a scientific research achieved in the *Department of Geology*, Atomic Energy Commission of Syria.

ESTABLISHMENT OF 1/1.000.000 SCALE-DIGITAL GEOLOGICAL MAP OF SYRIA, USING GIS★

B. KATTAA*, S. RAMMAH**

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

*** Department of Geology, University of Damascus and Ministry of Irrigation, Damascus, Syria*

ABSTRACT

This study is aimed at establishing digital-spatial database comprising a number of different layers, from geology, mineral occurrences, tectonic, and drainage network. We have adopted the geological map of Syria scale (1:1,000,000) as the base map, with part from the Geological map of Turkey (Hatay sheet, scale 1:1500,000). In addition to other sources from the literature and internet, which included modified

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

ABSTRACT

A method for determination of fluoride in pure and concentrated phosphoric acid samples 85% by ion selective electrode was developed. It was for determination of phosphoric acid specifications in the pilot plant for purification of phosphoric acid.

The accuracy of the method was studied and the method detection was found to be 1.50 mg/l and standard deviation was found to be 0.47. Operation instruction of the 692pH/ION Meter from Metrohm was described.

Key Words

fluoride, selective electrode, ion, phosphoric acid.

★ A short report on a scientific research achieved in the *Hydrometallurgy Office*, Atomic Energy Commission of Syria.

GROWTH AND STATISTICAL DISTRIBUTION STUDY OF NON-CONTINUOUS GRAINS OF THIN-FILMS (LESS THAN 5 NM)★

M. B. ALSOUS, A. ALMOHAMMAD

Departmen oft Physics, Atomic Energy Commission, P.O. Box 6091, Damascus, Syria

ABSTRACT

In this work, a numerical program for studying the growth and statistical distribution of non-continuous particles of thin-films (less than 5nm) has been achieved. The user can choose the working area in the photo and adjust the mean contrast in order to get the best monochromatic image. The program scans the photo pixel by pixel and detects the interface process during non-continuous thin film growth and calculates statistically the thin film particle number, their diameters and their inter-particles distances. These results are exhibited through histograms on the screen. The statistical specifications of the thin film are finally deduced and shown on the computer screen.

Key Words

Thin films, crystal growth, visual programming, statistical study.

★ A short report on a scientific research achieved in the *Department of Physics*, Atomic Energy Commission of Syria.

THE FEASIBILITY OF 82BR RADIOISOTOPE TRACER PRODUCTION IN MNSR AND ITS APPLICATIONS IN LEAK DETECTION★

KH. HADDAD, S. AL-AYOUBI

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

ABSTRACT

The possibility of ^{82}Br production using the Syrian MNSR was investigated. Results showed that the quantity and the specific activity of the produced ^{82}Br radiotracer are sufficient to be applied in leakage detection and other industrial applications. New method is proposed for leakage detection in

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

MODIFICATION AND VERIFICATION OF THE PROGRAM COBR-RERTR FOR THE APPLICATION IN THE THERMOHYDRAULIC ANALYSIS OF RESEARCH REACTORS★

A. HAINOUN, N. GHAZI

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

ABSTRACT

In the framework of testing, evaluation and application of computer codes in the design and safety analysis of research reactors, the thermal hydraulic code COBRA-RERTR (Reduced Enriched Research and Test Reactor) has been tested and partially validated. COBRA-RERTR has been selected due to the available options, which are suitable for the analysis of research reactors which are operated at low temperatures, and which may use plate-type fuel elements and heavy water as the coolant. In addition to that, the code enables the consideration of cross-flow that is important in case of parallel and open coolant channel.

The test of the code shows an overestimation of the wall temperature with in addition to some fluctuation from node to node. This results from the solution scheme that uses an explicit, non-iterative solution for heat conduction and heat transfer to the coolant. The code evaluation regarding the basic thermal hydraulic phenomena indicates the necessity to modify and extent the physical models deals with the estimation of slip ratio and simulation of void content in the sub-cooled boiling. The code has been validated by recalculation of special experiment on axial void distribution and thermal hydraulic instability in the subcooled boiling regime. The validation indicates significant improvement of the code in prediction the axial void distribution in subcooled boiling. The discrepancy between calculation and experiments was about 20% after the modification comparing to 100% in the original model. On the other hand the validation shows the capability of the modified code to simulate thermal hydraulic flow instability characterized by the critical inlet flow velocity at which the flow just becomes unstable. This point is identical to the minimum in the integral pressure drop curve. The code results show, from the view point of reactor safety, conservative estimation since the predicted values of critical inlet velocity are higher than the experimental values.

Key Words

COBRA-RERTR, research reactors, thermalhydraulic design, subcooled boiling, instability verification.

★ A short report on a scientific study achieved in the *Department of Nuclear Engineering*, Atomic Energy Commission of Syria.

DETERMINATION OF FLUORIDE IN PURE AND CONCENTRATED PHOSPHORIC ACID BY ION SELECTIVE ELECTRODE MANUAL OF 692pH/ION METER★

M. ABDULBAKE, A. WAHOUD, A. SHALABALSHAM

Hydrometallurgy Office, Atomic Energy Commission, P. O. Box 6091, Damascus, Syria

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

ABSORPTION OF CO_2 LASER EMISSION BY FREON-12★

S. AL-HAWAT, S. SALOUM. M. D. ZIDAN

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

ABSTRACT

The infrared (IR) absorption of freon-12 (CF_2Cl_2) was studied in the emission range of a 3-W tunable CW CO_2 laser by using a brass cell with KBr windows that was located outside the laser resonator. The results show that CF_2Cl_2 absorbs all CO_2 laser emission lines in the ranges of 1073-1083 cm^{-1} and 937-943 cm^{-1}. The most strongly absorbed laser line was 10P (28) (937.21 cm^{-1}). Absorption coefficient values were obtained for all available wavelengths of the CO_2 laser as the CF_2CL_2 pressure was varied from 5 to 1000 mbar. By using the HITRAN database for freon-12, the absorption coefficients were calculated at the 10P (28) and 9R (28) lines as functions of the gas pressure and compared with the experimental values. The calculated results are in reasonable agreement with the experiment.

Key Words

tunable CO_2 laser, freon-12, IR absorption spectroscopy.

★ This paper appeared in *Applied Physics B- Lasers and Optics*, (2004).

REPORTS

DETERMINATION OF SOME METALS IN INDUSTRIAL WASTE, AGRICULTURAL SOILS AND PLANTS USING FUSION METHOD FOR XRE★

A. KHUDER

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

M. MAROUF

Department of Chemistry, Faculty of Science, University of Teshreen

ABSTRACT

The preparation of homogeneous stable glass discs by fusion was optimized on the basis of the mixture of $Li_2B_4O_7$ and $LiBO_2$ (22:12), $NaNO_3$ as an oxidizing reagent and NH_4I as a releasing agent used to prevent sticking with crucibles. These discs served in the analysis by XRF of major and trace elements in samples of phosphate and sewage sludge amended soils. Adding of PbO, as a heavy absorber, ensured the complete fusion of iron and nickel-copper alloys. The determination of elements in a wide rage of concentrations and the decrease of the matrix or inter- element effects were obtained as a result of using the dilution ration (flux: sample) in the range of 11:1-13.9:1.

Key Words

fusion method, X-rey fluorescence, phosphate rocks, sewage sludge, metal alloys.

★ A short report on a scientific research achieved in the *Department of Chemistry*, Atomic Energy Commission of Syria.

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

PAPERS

SOLAR CELLS BASED ON TWO ORGANIC LAYERS★

A. AL-MOHAMAD

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

ABSTRACT

Solar cells composed of two organic layers have been prepared. Thin films of copper phthalocyanine (CuPc) and perylene tetracarboxylic (PTCD) with thicknesses of about 50 nm have been, respectively, deposited on silicon substrates using a sublimation technique. The prepared cells show an improvement of approximately 20% in their physical parameters over the cells fabricated with only one organic layer.

Key Words

solar cells, organic solar cells, multi-layer solar cells.

★ This paper appeared in *Energy Conversion and Management*, (2004).

CORROSION EVALUATION AND WALL THICKNESS MEASUREMENT ON LARGE-DIAMETER PIPES BY TANGENTIAL RADIOGRAPHY USING A CO-60 GAMMA-RAY SOURCE★

W. HARARA

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

ABSTRACT

This paper contains some useful parameters which can be applied to the tangential radiography technique to detect and measure the internal and external corrosion attack on large-diameter insulated and non-insulated carbon steel and stainless steel pipes using a Co-60 γ-ray source. The tangential radiography technique has been successfully applied to specially designed 8^n diam (219 mm) and 12^n diam (324 mm) steel pipes, having internal and external machined steps of different thicknesses. The application of this technique has given 96% accuracy in the determination of the real thicknesses, for both reference pipes when they were covered with insulation, and 98% accuracy in the determination of the real thicknesses for both reference pipes when they were not insulated.

Key Words

tangential radiography, simulation, insulator, large-diameter pipes, Gamma-ray.

★ This paper appeared in *Insight*, Vol 45 N° 10 October (2003).

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

A STAR-STUDDED SEARCH FOR MEMORY-ENHANCING DRUGS★

E. MARSHALL

ABSTRACT

An eager market-from Alzheimer's patients to aging overachievers-awaits the first memory-enhancing drugs. High-profile neuroscientists are racing to provide the goods.

Key Words

memory, Alzheimer disease, cellular receptors, neurotransmitters, drugs, cyelic adenosine monophosphate (cAMP).

★ This article appeared in *Science*, 2 April 2004. It is translated into Arabic at the Atomic Energy Commission of Syria.

ELECTRICALLY DRIVEN SINGLE-CELL PHOTONIC CRYSTAL LASER★

H. G .PARK, S. H. KIM, S. H .KWON, J. K. YANG, J. H BAEK, Y.H. LEE

Department of Physics, Korea Advanced Institute of Science and Technology, Dajeon, Korea.

Y. G. JU, S. B. KIM

Telecommunication Basic Research Laboratory, Electronics and Telecommunications Research Institute, Dajeon, Korea.

ABSTRACT

We report the experimental demonstration of an electrically driven, single-mode, low threshold current (~260 μA) photonic band gap laser operating at room temperature. The electrical current pulse is injected through a sub-micrometer-sized semiconductor wire at the center of the mode with minimal degradation of the quality factor. The actual mode of interest operates in a nondegenerate monopole mode, as evidenced through the comparison of the measurement with the computation based on the actual fabricated structural parameters. As a small step toward a thresholdless laser or a single photon source, this wavelength-size photonic crystal laser may be of interest to photonic crystals, cavity quantum electrodynamics, and quantum information communities.

Key Words

laser physics, laser, photonic crystal laser, semiconductor, quantum electrodynamics, quantum wells, electro luminescence, scanning electron microscope.

★ This article appeared in *Science*, 3 September 2004. It is translated into Arabic at the Atomic Energy Commission of Syria.

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

ABSTRACTS OF THE ITEMS PUBLISHED IN THIS ISSUE

ARTICLES

SUPERHEAVY ELEMENTS★

Y. OGANESSIAN

ABSTRACT

The recent discovery of elements 113 and 115 will tell us more about the structure of the nucleus and the possible existence of the 'island of stability'.

Key Words

periodic table, superheavy elements, unstable elements, mass number, antineutrinos, detectors, synthesis, protons, fission, isotopes, nuclides.

★ This article appeared in *Physics World*, July 2004. It is translated into Arabic at the Atomic Energy Commission of Syria.

DARK ENERGY★

ROPERT. R. CALDWELL

Department of Physics & Astronomy, Dartmouth College, Hanover, New Hampshire, USA.

ABSTRACT

New evidence has confirmed that the expansion of the universe is accelerating under the influence of a gravitationally repulsive form of energy that makes up two-thirds of the cosmos.

Key Words

Dark energy, quintessence, expansion of the universe, accelerated expansion universe, anisotropy, supernova, cosmological, general theory of relativity, space-time curvature.

★ This article appeared in *Physics World*, May 2004. It is translated into Arabic at the Atomic Energy Commission of Syria.

CLIMATE CHANGE: COMPLEXITY IN ACTION★

K. HASSELMANN

Max Planck Institute for Meteorology, Hamburg, Germany.

H. J. SCHELLNHUBER

Tyndall Centre for Climate Change Research, Norwich, UK.

O. EDENHOFER

Potsdam Institute for Climate Impact Research.

ABSTRACT

Physics-based simulation techniques are helping climatologists predict how economic, political and scientific decisions will influence climate change.

Key Words

Simulation techniques, climate change, climate models.

★ This article appeared in *Physics World*, May 2004. It is translated into Arabic at the Atomic Energy Commission of Syria.

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

- DETERMINATION OF FLUORIDE IN PURE AND CONCENTRATED PHOSPHORIC ACID BY ION SELECTIVE ELECTRODE MANUAL OF 692pH/ION METER ..... M. ABDULBAKE, ET ALL 69
- GROWTH AND STATISTICAL DISTRIBUTION STUDY OF NON-CONTINUOUS GRAINS OF THIN-FILMS (LESS THAN 5 NM) ..... M. B. ALSOUS, A. ALMOHAMMAD 69
- THE FEASIBILITY OF 82BR RADIOISOTOPE TRACER PRODUCTION IN MNSR AND ITS APPLICATIONS IN LEAK DETECTION ..... KH. HADDAD, S. AL-AYOUBI 70
- COASTAL SUBMARINE SPRINGS IN LEBANON AND SYRIA: GIOLOGICAL, GEOCHEMICAL, AND RADIO-ISOTOPIC STUDY ..... A. AL-CHARIDEH 70
- ESTABLISHMENT OF 1/1.000.000 SCALE-DIGITAL GEOLOGICAL MAP OF SYRIA, USING GIS ..... B. KATTAA, S. RAMMAH 71
- OCCUPATIONAL EXPOURE INVESTIGATION OF PESTICIDES OPREADER WORKERS AT DAMASCUS CITY USING INDUCED CHROMOSOMAL ABERRATIONS STUDY ..... W. AL ACHKAR 72
- LIGHT POLYMERIZATION DEVICE OPERATING WITH A (Q-H) LAMP ..... I. ABUKASSEM, ET ALL 72

SELECTED NEW BOOKS (Review and analysis)

- A STRUGGLE FOR ORDER ..... BY: M. D. GORDIN 75
  OVERVIEW & ANALYSIS: B. B. VINCENT
- A PILL FOR EVERY ILL ..... BY: D. JEFFREYS 76
  OVERVIEW & ANALYSIS: P. ELWOOD
- **2004 SUBJECT INDEX** 77

ABSTRACTS OF THE ITEMS PUBLISHED IN THIS ISSUE IN ENGLISH 92

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

CONTENTS

ARTICLES

SUPERHEAVY ELEMENTS ..... Y. OGANESSIAN 7

DARK ENERGY ..... R. R CALDWELL 13

CLIMATE CHANGE: COMPLEXITY IN ACTION ..... K. HASSELMANN, ET ALL 21

A STAR-STUDDED SEARCH FOR MEMORY-ENHANCING DRUGS ..... E. MARSHALL 28

ELECTRICALLY DRIVEN SINGLE-CELL PHOTONIC CRYSTAL LASER ..... H. G. PARK, ET ALL 32

NEWS

PC SPIES REPORT ON YOUR EVERY MOVE ..... *NEW SCIENTIST* 39

PEUT-ON VRAIMENT MANIPULER LES MOLÉCULES? ..... *LA RECHERCHE* 40

PUSH-BUTTON TELEPORTATION ..... *NATURE* 42

HALF FULL OR HALF EMPTY? ..... *SCIENCE* 43

SUDDENLY, SCIENCE MOVES TO THE TOP OF THE GOVERNMENT'S AGENDA ..... *SCIENCE* 45

CRYSTALLINE ELECTRON PAIRS ..... *SCIENCE* 46

THE ATOMIC WRIST-WATCH ..... *NATURE* 48

TRITIUM (HYDROGEN-3) ..... *ANL* 50

PAPERS (Published worldwide by the Syrian A. E. C. Staff)

SOLAR CELLS BASED ON TWO ORGANIC LAYERS ..... A. AL-MOHAMAD 55

CORROSION EVALUATION AND WALL THICKNESS MEASUREMENT ON LARGE-DIAMETER PIPES BY TANGENTIAL RADIOGRAPHY USING A CO-60 GAMMA-RAY SOURCE ..... W. HARARA 58

ABSORPTION OF CO2 LASER EMISSION BY FREON-12 ..... S. AL-HAWAT, ET ALL 63

REPORTS (Unpublished works of the Syrian A. E. C. Staff)

DETERMINATION OF SOME METALS IN INDUSTRIAL WASTE, AGRICULTURAL SOILS AND PLANTS USING FUSION METHOD FOR XRE ..... A. KHUDER, M. MAROUF 68

MODIFICATION AND VERIFICATION OF THE PROGRAM COBR-RERTR FOR THE APPLICATION IN THE THERMOHYDRAULIC ANALYSIS OF RESEARCH REACTORS ..... A. HAINOUN, N. GHAZI 68

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

Notice: Scientific matters and different inquiries; subscriptions, address changes, advertisements and single copy orders, should be addressed to the journal's address:

Damascus, P.O.Box 6091 Phone 6111926/7,Fax 6112289, Cable; TAKA.

E-mail :aalam_al_zarra@aec.org.sy

Subscription rates, including first class postage charges : a) Individuals $ 30 for one year

b) Establishments $ 60 for one year

c) for one issue $6

It is preferable to transfer the requested amount to:

The commercial Bank of Syria N-13 P.O. Box 16005 Damascus-Syria account N-3012/2

Cheques may also be sent directly to the journal's address.

The views expressed in any signed article in this journal do not necessarily represent those of the AEC of Syria, and the commission accepts no responsibility for them.

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

AALAM AL-ZARRA

JOURNAL OF THE ATOMIC ENERGY COMMISSION OF SYRIA

Managing Editor

Dr. Ibrahim Othman

Director General of A. E. C. S.

Editorial Board

Dr. Adel Harfoush

Dr. Ziad Qutob

95

20th Year /JANUARY-FEBRUARY/

2005

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 of the different applications of Atomic energy.

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