



عالم الذرة

مجلة هيئة الطاقة الذرية السورية

مجلة عالم الذرة

مجلة دورية تصدر ست مرات في السنة عن هيئة الطاقة الذرية في الجمهورية العربية السورية. وتهدف إلى الإسهام في نشر المعرفة العلمية باللغة العربية في الميدانين الذري والنووي، وفي كل ما يتعلق بهما من تطبيقات.

المدير المسؤول

الدكتور إبراهيم عثمان

المدير العام لهيئة الطاقة الذرية

هيئة التحرير

الدكتور عادل حرفوش

الدكتور زياد قطب

NO.106

5

خلايا جذعية لمعالجة
الاضطرابات العصبية

يُعزى العديد من الاضطرابات العصبية الشائعة، كداء باركنسون
والسكتة الدماغية وتصلب الأنسجة المتعدد، إلى فقدان عصبونات
وخلايا دبقية.

أ. لندفال، ز. كوكايا



11

كسب عرض العصابة لمضخم ضوئي وسيطي على
جذاذة سليكون فوتونية

إن تطوير مضخم ضوئي على سليكون هو أمر أساسي لنجاح
الدارات الفوتونية المتكاملة المصنعة من السليكون فوق عازل
(SOI).

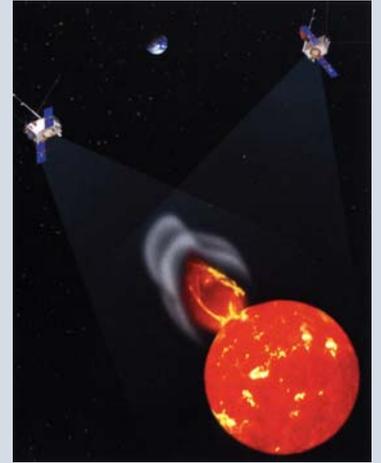
م. أ. فوستر، ج. أ. شاربنغ، أ. ل. جيتا

16

انفجارات شمسية
ثلاثية الأبعاد

تستطيع اندفاعات هائلة على الشمس تُعرف باسم مقذوفات كتلية شعاعية أن
تولّد عواصف مغناطيسية عنيفة في الغلاف الجوي المحيط بالأرض. يقدّم إيوين
كارتلدج E. Cartridge وصفاً لبعثة فضائية جديدة ستقدم رؤى غير مسبوقة عن
هذه الانفجارات.

إ. كارتلدج



20

فيزيائيو الجسيمات يقيسون
تقلب المادة إلى مادة مضادة

لقد اكتُشف أن جسيماً تحت نري يدعى
الميزون B المعتدل الغريب ينقلب تلقائياً إلى
جسيمه المضاد ثم يعود ثانية ثلاثة ترليون مرة
في الثانية الواحدة.

ج. كروول



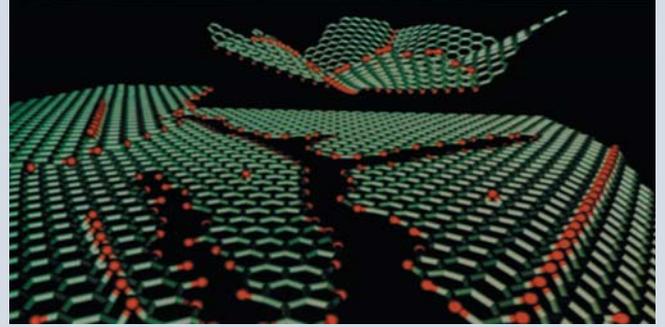
تُرست مواد الأكاسيد ذات المسامات الميزوية المنتظمة دراسة واسعة ولها مجال واعد
من التطبيقات، مثل الوساطة الكيميائية والامتصاص والفصل. ولم ينظر إليها، بصورة
عامة، من أجل خواصها الضوئية والإلكترونية.

ج. س. أرماتاس، م. ج. كاناتزيدس

23

جرمانيوم ميزومي البنيان ذو تناظر مكعبي
للمسامات

الأخبار العلمية



29 ◀ الفيزياء في مسرح الجريمة

31 ◀ بوليميرات تظهر أنها معادن

33 ◀ الأكسجين يقتحم عالم الكربون

35 ◀ العلم في العالم العربي

36 ◀ رؤية نانوية باستخدام الأشعة السينية (أشعة-X)

38 ◀ اتحاد من خلال التنافر

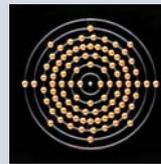
39 ◀ غاز ذري في عالم فرضي ثنائي البعد

41 ◀ داء الاحمرار وداء باركنسون والدماغ

43 ◀ الجرمانيوم يأخذ ترتيبات مُتَّصِّبة

45 ◀ الشفافية على شبيبة ضوئية

47 ◀ الأميريسيوم



تقارير علمية

51 ◀ استرجاع الفاناديوم والنيكل من الرماد الناجم عن حرق النفط الثقيل المستخدم في محطات الوقود الكهربائية

51 ◀ الكشف عن درجة القرابة الوراثية بين عزلات مختلفة من فطر *Pyrenophora graminea* وفطر *Cochliobolus sativus* باستخدام الملعقات الجزيئية ISSR و RAPD

52 ◀ تأثير معدلات مختلفة من السماد البوتاسي على كفاءة استخدام النتروجين وإنتاج محصول القطن باستخدام تقانة التخفيف النظيري بالنتروجين-15

52 ◀ تحضير السليكون المسامي ودراسة بعض خواصه الضوئية

53 ◀ التقويم الحقلي لبعض طفرات البطاطا المقاومة لمرض اللفحة المتأخرة، وتقويم أولي (في الأصص) لبعض طفرات البطاطا المتحملة للملوحة

53 ◀ تصميم وتنفيذ ونمذجة حاسوبية لمحطة تحلية مياه تعمل على البخار المضغوط

54 ◀ تقدير الوسائط الجيوفيزيائية العائدة لبنى جيولوجية باستخدام دوال فيير

54 ◀ بناء تجربتين مؤتمتتين لقياس المقاومة النوعية R-T والتيار الحرج I-V

55 ◀ تحاليل الصيغة الصبغية للابيضاض النقوي المزمّن والحاد

55 ◀ مقارنة الطرائق المختلفة لعزل الحمض النووي الريبي المنقوص الأكسجين من خلايا حقيقيات وطلائعيات النوى

56 ◀ نقل الأجنة عند الحيوانات والتقانات ذات الصلة

56 ◀ الملوثات الهيدروكربونية المتعددة الحلقات العطرية في البيئة، مصادرها، أثرها، طرائق تعيينها

إطالة علمية على حدث

58 ◀ اليورانيوم وتخصيبه

- 1- تُرسل نسختان من مادة النشر باللغة العربية مطبوعتان بالآلة أو مكتوبتان بالبر بخط واضح على وجه واحد من الورقة، وبفراغ مضاعف بين السطور.
- 2- يُكتب على ورقة مستقلة عنوان مادة النشر واسم الكاتب وصفته العلمية وعنوانه مع ملخصين لها أحدهما بالعربية والآخر باللغة الإنكليزية حصراً، في حدود عشرة أسطر لكل منهما، ويطلب من كل من المؤلف أو المترجم كتابة اسمه كاملاً، باللغتين العربية والأجنبية، ولقبه العلمي وعنوان مراسلته.
- 3- يُقدم المؤلف (أو المترجم) في ورقة مستقلة قائمة بالعبارات التي تشكل الكلمات المفتاحية "Key Words" (والتي توضح أهم ما تضمنته المادة من حيث موضوعاتها وغايتها ونتائجها والطرق المستخدمة فيها) وبما لا يتجاوز خمس عبارات باللغة الإنكليزية وترجمتها بالعربية.
- 4- إذا سبق نشر هذا المقال أو البحث في مجلة أجنبية، ترسل الترجمة مع صورة واضحة عن هذه المادة المنشورة ويستحسن إرسال نسخة الأصل المطبوع والأشكال (الرسوم) الأصلية إن وجدت، ولو على سبيل الإعارة.
- 5- إذا كانت المادة مؤلفة أو مجمعة من مصادر عدة، يذكر الكاتب ذلك تحت العنوان مباشرة كأن يقول "تأليف، جمع، إعداد، مراجعة" وترفق المادة بقائمة مرقمة للمراجع التي استقاها منها.
- 6- إذا تضمنت المادة صوراً أو أشكالاً، ترسل الصورة الأصلية وكذلك الأشكال مخططة بالبر الأسود على أوراق مستقلة، إلا إذا كانت موجودة في المادة المطبوعة المطبوعة بلغة أجنبية (كما جاء في الفقرة "4") مرقمة حسب أماكن ورودها.
- 7- يُرسل مع المادة قائمة بالمصطلحات العلمية العربية المستخدمة فيها مع مقابلاتها الأجنبية إذا لم تكن واردة في معجم الهيئة للمصطلحات العلمية والتقنية في الطاقة الذرية الذي تم نشره في أعداد المجلة (2-18).
- 8- تكتب المصطلحات وكذلك أسماء الأعلام باللغتين العربية والأجنبية عند ورودها في النص أول مرة ومن ثم يكتفى بإيراد المقابل العربي وحده سواء أكان هذا المقابل كاملاً أو غير كامل وتستعمل في النص المؤلف أو المترجم الأرقام العربية (1، 2، 3) أينما وردت مع مراعاة كتابتها بالترتيب العربي من اليمين إلى اليسار وإذا وردت في نص معادلة أو قانون أحرف أجنبية وأرقام نكتب المعادلة أو القانون كما هي في الأصل الأجنبي.
- 9- يُشار إلى الحواشي، إن وجدت، بإشارات دالة (*، +، X، ...) في الصفحة ذاتها، كما يشار في المتن إلى أرقام المصادر والمراجع المدرجة في الصفحة الأخيرة، وذلك بوضعها ضمن قوسين متوسطين [] .
- 10- ترقم مقاطع النص الأجنبي والنص العربي بترتيب واحد في حالة الترجمة.
- 11- يرحي من السادة المترجمين مراعاة الأمانة التامة في الترجمة.
- 12- تخضع مادة النشر للتقييم ولا ترد إلى أصحابها نشرت أم لم تنشر.
- 13- يمنح كل من الكاتب أو المترجم أو المراجع مكافأة مالية وفق القواعد المقررة في الهيئة.

جميع المراسلات توجه إلى العنوان التالي:

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

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

E-mail: tapo@aec.org.sy

ISSN 1607-985X

رسوم الاشتراك السنوي

يمكن للمترجمين تسليم رسم الاشتراك في مكتب الترجمة والتأليف والنشر في الهيئة

(دمشق، شارع 17 نيسان) أو بحوالة على العنوان التالي:

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

ص.ب: 16005، رقم الحساب 2/3012

- الاشتراك من داخل القطر: للطلاب (200) ل.س، للأفراد (300) ل.س،

للمؤسسات (1000) ل.س.

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

سعر العدد الواحد

سوريا: 50 ل.س مصر: 3 جنيهات لبنان: 3000 ل.ل الجزائر: 100 دينار

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

الإعلانات

تود مجلة عالم الذرة 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 يرحي الكتابة إلينا أو الاتصال بنا وفق العنوان الوارد أعلاه.

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

خلايا جذعية

لمعالجة الاضطرابات العصبية

ملخص

يُعزى العديد من الاضطرابات العصبية الشائعة، كداء باركنسون والسكتة الدماغية وتصلب الأنسجة المتعدد، إلى فقدان عصبونات وخلايا دبقية. وفي السنوات الأخيرة، تم بنجاح توليد عصبونات ودبق عصبي انطلاقاً من خلايا جذعية في مستنبت culture، فأزكت الجهود الرامية إلى تطوير معالجات اغتراس مبنية على خلايا جذعية لصالح بشر مرضى. وحديثاً جداً، تم توسيع الجهود لتنشيط تكوين العصبونات والدبق العصبي اللذين تولدتهما خلايا جذعية داخلية المنشأ ضمن الجملة العصبية المركزية للشخص البالغ والحيلولة دون موتهما. أما الخطوة التالية فهي ترجمة هذه الخطوات المثيرة من موقعها في المخبر إلى معالجات سريرية نافعة.

الكلمات المفتاحية

اضطرابات العصبية، داء باركنسون، خلايا دبقية، معالجات اغتراسية، خلايا جذعية، سكتة.

بينما قد يكون تنشيط خلايا جذعية من منشأ ذاتي في الجهاز العصبي المركزي أمراً مفيداً.

وفي هذا البحث، ندرس عدة اضطرابات عصبية كان العلاج المعتمد على الخلايا الجذعية قد أثار اهتماماً خاصاً بها. وسنصف الطرق التي يمكن بها استخدام الخلايا الجذعية لمعالجة هذه الحالات، حيث نناقش آفاق نجاح ومشكلات ترجمة الاكتشافات المخبرية إلى علاجات نافعة سريرياً.

داء باركنسون

تتمثل السمة المرضية المميّزة لداء باركنسون (PD) بالفقدان التدريجي للعصبونات السوداء المخططة nigrosriatal المحتوية على الدوبامين، بيد أن التنكس degeneration يحدث كذلك في منظومات العصبونات اللادوبامينية الفعل non-dopamineic. أما الأعراض

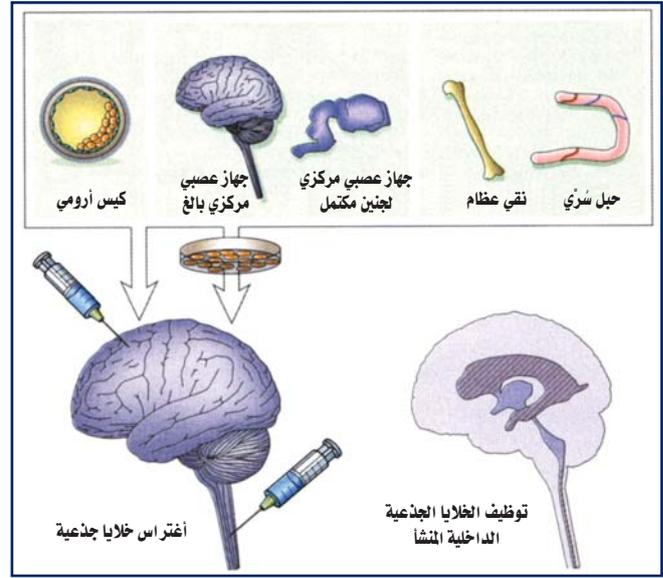
ما يزال يُؤمل أن تقدّم الخلايا الجذعية مصدراً لا ينفد من العصبونات والدبق لصالح معالجات تهدف إلى استبدال الخلايا أو إلى الحماية العصبية (neuroprotection) في الاضطرابات التي تصيب الدماغ والحبل الشوكي (الشكل1). وقد تكون الخلايا الجذعية الجنينية (ES) والخلايا الجذعية المأخوذة من الجملة العصبية المركزية (CNS) للجنين المكتمل أو للفرد البالغ أو من أي أنسجة أخرى- كلها ملائمة لهذا الغرض، بيد أن الخلايا البشرية ربما تكون الخلايا الضرورية المطلوبة من أجل التطبيق السريري. إن تطور معالجات معتمدة على الخلايا الجذعية سوف يتطلب معرفة تفصيليةً بباثولوجية المرضى وكيفية إصابة أنماط خلوية معينة في مناطق متعددة من الجملة العصبية المركزية. سيحتاج الأمر إلى أنماط خلوية وجزئيات وقائية عصبية مختلفة، وذلك تبعاً للاضطراب. وفي حالة بعض الاضطرابات لا يمكن تحقيق مكاسب إلا باستخدام خلايا مغترسة ولدتها خلايا جذعية في المختبر (خارج الجسم)،

من هذه البروتوكولات من إحداث تحسن وظيفي ذي قيمة علاجية لم تحقق برهاناً واضحاً، على أن العصبونات المتولدة في المختبر تستطيع حالما يتم اغتراسها في الحيوانات المصابة بداء باركنسون التجريبي، أن تُعصّب الجسم المخطط striatum، وتطلق الدوبامين في الجسم الحي in vivo، وأن تحقّق شفاءً ملموساً من عيوب تشابه الأعراض لدى البشر [1]. ولكي يكون العلاج بالخلايا الجذعية ناجحاً بالنسبة لداء باركنسون، ينبغي أن يتم إنتاج العصبونات [4] الدوبامينية- المتميزة بخواص عصبونات المادة السوداء- بأعداد كبيرة. وبالنسبة للعصبونات الدوبامينية المتولدة من خلايا جذعية جنينية بشرية ES [5]، فقد كان احتمال بقائها على قيد الحياة بعد اغتراسها في نماذج (موديلات) حيوانية أمراً ضعيفاً ويحتاج إلى زيادتها بشكل كبير قبل التطبيق السريري. ولما كان بعض المرضى سيحتاجون إلى غراسّ implants في مناطق متعددة من الدماغ [6]، فالشفاء الأمثل سوف يتطلب إعداد عملية تطعيم مبنية على تصوير سابق للجراحة. وسوف يكون من الضروري أيضاً أن يتم تطوير استراتيجيات تعيق تقدم المرض. ويمكن أن تكون إحدى المقاربات الممكنة لمنع تموت العصبونات الموجودة هي أن يتم اغتراس خلايا جذعية بشرية تمت هندستها بحيث تفصحّ express جزيئات وقاية عصبية مثل العامل المغذّي العصبي المشتق من السلالة الخلوية الدبقية والذي يُرمز إليه بـ (GDNF) [7].

السكتة الدماغية

تحدث السكتة الدماغية بسبب انسداد شريانٍ مخيٍّ، مما يؤدي إلى نقص تروية بؤري focal ischemia، وإلى فقدان عصبونات وخلايا دبقية، وإلى أعطال إدراكية أو حسية أو حركية. ولا توجد معالجة فعّالة لتعزيز الشفاء، لذا فإن أي علاج يفرضي إلى تحسن ضئيل- قد يكون قيماً. إن الخلايا المغترسة المأخوذة من مصادر مختلفة مثل دماغ الجنين المكتمل، أو من خطوط خلوية سرطانية مسخّية teratocarcinoma أو ظهارية عصبية، أو من نقي العظام أو الحبل السري، جميعها قد أثمرت بعض التحسن في الحيوانات، وكذلك في إحدى التجارب السريرية، على أناس مصابين بالسكتة [1]. وفي أغلب الحالات، فقد عملت الطعوم عن طريق تقديم عوامل مغذية trophi حسّنت بقاء الخلايا على قيد الحياة كما حسنت أداؤها لوظائفها [1]. ولكن كيما يكون العلاج المعتمد على الخلايا الجذعية ذا قيمة سريرية رئيسية، ينبغي أن تكون الخلايا البشرية قادرة على أن تحل محل العصبونات الميتة، وأن تعيد غمد النخاعين remyelinate إلى المحاور العصبية وأن تصلح مجموعات الدارات العصبية المعطوبة.

وكخطوة أولى باتجاه ذلك الهدف، تم اغتراس خلايا جذعية عصبية لجنين بشري مكتمل (NS) في أدمغة جرذان تلت بفعل السكتة، فسببت هجرة عصبونات جديدة باتجاه الآفة الإقفارية (ischemic lesion) [8]. وهناك دراسات أخرى أظهرت أن أسلاف progenitors الخلايا



الشكل 1:

تطبيق الخلايا الجذعية لغرض الاضطرابات العصبية. يتم عزل الخلايا الجذعية وغرسها داخل الدماغ والنخاع الشوكي للمصاب بالمرض، إما بشكل مباشر أو بعد مرحلة التحوير الجيني السابق للتمايز في المستنبت لتشكيل أنماط معينة من العصبونات وخلايا الدبق العصبي، أو لتشكيل خلايا تولّد جزيئات محصّنة عصبية. وفي الاستراتيجيات المعتمدة على تنشيط الآليات المرممة الخاصة بالمرض نفسه، يتم إرسال الخلايا الجذعية الداخلية المنشأ إلى باحات من دماغ الشخص البالغ ونخاعه مصابة بالمرض، حيث تقوم هناك بإنتاج عصبونات وخلايا دبق جديدة (تتبيّن الباحات العصبية والدبقية في محاذاة البطين الجانبي والقناة المركزية باللون الأحمر المخطط). يمكن للخلايا الجذعية أن تقدم فوائد سريرية من خلال الاستبدال العصبي والتجديد المييليني remyelination والتحصين العصبي.

الرئيسية فهي التصلب، وبطء الحركة (bradykinesia) والرعاش وعدم ثبات الوضعيات postures. وترتكز المعالجات الحالية على تناول مادتي L-dopa وناهضات agonists مستقبل الدوبامين عن طريق الفم، وعلى تنشيط أعماق الدماغ في النواة تحت المهادية subthalamic nucleus. وتعد هذه المعالجات فعّالة فيما يخصّ بعض الأعراض، ولكنها تترافق بتأثيرات جانبية كما أنها لا توقف تقدم هذا المرض. وكيما تكون منافسة سريريا، فإن المعالجة المعتمدة على الخلايا الجذعية يجب أن تقود إلى تحسّن مهم وطويل الأمد في الحركة mobility، وأن تخفف الأعراض المعنّدة القائمة، وأن توقف تقدم المرض كذلك.

لقد أظهرت تجارب الاغتراس السريرية لعصبونات دوبامينية الفعل من جنين بشري مكتمل أن الاستبدال الخلوي يمكن أن يولد تحسناً كبيراً مستديماً لدى بعض المرضى. لذا فمن المبشّر أنه أمكن في المختبر توليد خلايا لها خواص العصبونات الدوبامينية الفعل انطلاقاً من خلايا جذعية من مصادر مختلفة، كالأخلايا الجذعية الجنينية ES والأخلايا الجذعية المعزولة من نقي العظام ومن دماغ الجنين المكتمل [1-3]. وعلى أية حال، فإن احتمالية أن تتمكن أي

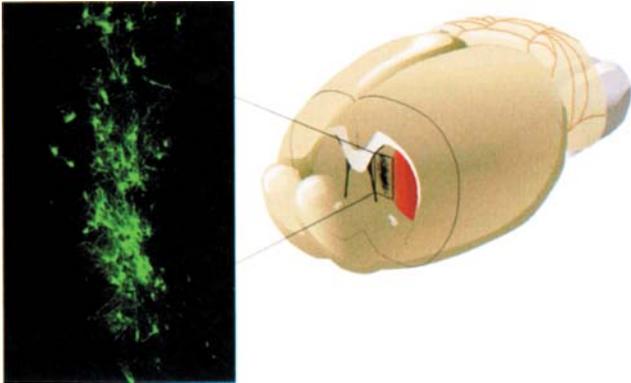
والوقاية العصبية لمنع تقدم المرض - هدفاً سريريّاً أكثر تحقيقاً من الاستبدال العصبي فيما يخص داء هنتنغتون.

التصلب الجانبي الضموري

Amyotrophic lateral sclerosis

بالنسبة للتصلب الجانبي الضموري (ALS)، لا يظهر الخلل الوظيفي وتتكرر العصبونات المحركة في النخاع الشوكي (العصبونات المحركة السفلية) فقط، بل وكذلك في القشرة المخية وجذع الدماغ (الأعصاب المحركة العلوية). ويتطور الضعف العضلي بشكل سريع وتحدث الوفاة في غضون سنوات قليلة. ولا يوجد أي علاج ناجح. يتحتم على العلاج المعتمد على الخلايا الجذعية أن يستعيد أو يحافظ على وظيفة كل من العصبونات المحركة العلوية والسفلية، كما أنه ينبغي للعصبونات الجديدة أن تندمج داخل الدارات العصبية الموجودة. وقد أظهرت التقارير الحديثة بأنه بات من الممكن توليد عصبونات محركة سفلية في المختبر *in vitro* انطلاقاً من خلايا جذعية من مصادر مختلفة، بما في ذلك خلايا جذعية جنينية وأخرى من الجهاز العصبي المركزي CNS لجنين مكتمل [16, 15, 1]. صحيح أن العصبونات المحركة المشتقة من خلايا جذعية جنينية لفئران تتشبه مشابك synapses وظيفية مع الألياف العضلية [18, 17] في المختبر وتمدد محاور axons إلى الجذور البنية بعد اغتراسها في الجردان البالغة [17]. ولكن لم يثبت ما إذا كانت تلك العصبونات تستطيع الاندماج في الدارات العصبية الموجودة واستعادة الوظيفة المحركة.

وبينما يبدو الاستبدال العصبوني لدى مرضى التصلب الجانبي الضموري هدفاً بعيد المنال، يعد استخدام الخلايا الجذعية لمنع تموت العصبونات المحركة مقارنة سريرية أقصر أجلاً وأكثر واقعية.



الشكل 2: اغتراس الخلايا الجذعية داخل دماغ مصاب.

تبقى الخلايا الجذعية العصبية لجنين بشري مكتمل والموسومة ببروتين متفلور أخضر حية لمدة شهر على الأقل وتتمايز إلى خلايا تشبه العصبونات من الناحية الشكلية وذلك بعد التطعيم في الجوار اللصيق للجسم المخطط (المنطقة الحمراء) لدى الجرذ المصاب بالسكتة.

الجذعية الجنينية المأخوذة من النسانيس والمغترسة في أدمغة فئران بعد إصابتها بسكتة قد تمايزت إلى أنماط مختلفة من العصبونات وخلايا الدبق، وأعدت تأسيس اتصالات مع باحات الهدف target areas [9]، وأفضت إلى إقامة وظيفة حركية متحسنة [10]. هذا ويمكن زيادة تحسين الكفاءة العلاجية لمثل تلك الاستراتيجيات عن طريق تحويل الخلايا الجذعية وراثياً: على سبيل المثال، عن طريق زيادة إفصاح (تعبير) جينة مضادة للاستماتة anti-apoptotic gene [11].

إن من المثير للاهتمام، أن دماغ الحيوان القارض البالغ الذي أتلفته السكتة يمتلك بعض المقدرة على التعويض العصبي من خلاياه الجذعية العصبية نفسها. ولمدة عدة أشهر بعد السكتة، تستطيع الخلايا الجذعية (NS) أن تولد عصبونات مخططة جديدة تهاجر إلى موقع الأذية [12, 1]. وإنه لمن المهم حالياً أن تثبت (establish) ما إذا كان تخلق النسيج العصبي الذاتي المنشأ endogenous يمكن أن يسهم في الترميم الوظيفي بعد السكتة، وفيما إذا كان هذا يحدث لدى البشر. وبما أن تجديد العصبونات القشرية المخية سيكون أساس التحسن الوظيفي لدى معظم الأدمغة التالفة بسبب السكتة، فسوف نحتاج أيضاً إلى معرفة ما إذا كان يمكن للخلايا الجذعية لدماغ البالغ ذاتها أن تستثار لتنتج عصبونات قشرية مخية. وسوف تعتمد المعالجات الفعالة على استراتيجيات لزيادة إمكانية بقاء العصبونات الحديثة على قيد الحياة وكذلك لتحسين اندماجها في دارات عصبية مجددة الانتظام.

مرض هنتنغتون

يُعد مرض هنتنغتون (HD) اضطراباً معدداً مميّزاً بالرقص (حركات تلقائية مفرطة) والخرف المترقي. وسببه هو تموت عصبونات إسقاطية projection neurons في الجسم المخطط (striatum). يهدف العلاج بالخلايا الجذعية إلى استرجاع أو الحفاظ على الوظيفة الدماغية عن طريق استبدال وحماية العصبونات المخططة - وهي استراتيجية قد تكون غير كافية لأن المرضى يعانون أيضاً من تنكس يترقى بالقشرة المخية الحديثة neocortical. أما في النماذج الحيوانية المصابة بهذا المرض، يعزز استبدال الخلايا باستخدام طعوم من العصبونات المخططة لجنين مكتمل الشفاء الوظيفي functional recovery، وتدل بعض الدلائل من تجارب سريرية على أن ذلك يمكن أن يحدث أيضاً لدى المرضى [1]. وبالمقابل، ما تزال المقاربات approaches المبنية على الخلايا الجذعية في بداياتها، كما أن إعادة بناء الدارات العصبية المخططة لم يتبين في الحيوانات. وعلى أية حال، فقد تبين حديثاً أن الخلايا الجذعية العصبية البشرية المغترسة في أدمغة الجرذان تخفض الاختلالات الحركية في داء هنتنغتون التجريبي من خلال آليات اغتذائية [14, 13]. وفي وقتنا هذا، يبدو أن استخدام الخلايا الجذعية - من أجل إيتاء العوامل الاغتذائية

ويُحسّن الذاكرة في النماذج الحيوانية قد كان لها بعض الفائدة لدى مرضى مصابين بداء الزهايمر [21].

التصلب المتعدد

ينتج التصلب المتعدد (MS) عن تخرب- منشؤه التهابي- في الغمد النخاعي (الميليني) الذي يحيط بالمحاور، مؤدياً إلى اضطرابات توصيلية وتشكيلة منوعة من الأعراض العصبية وإلى عجز رئيسي لدى بعض المرضى. وتعدّ خسارة المحاور- كنتيجة للالتهاب الحاد أو لزوال الميلين المزمّن chronic demyelination- سبباً مهماً في التدهور الوظيفي. وتعدّ العلاجات الكابتة والمعدلة للمناعة فعّالة بشكل جزئي فقط.

تكون الخلايا السلفية للخلايا القليلة التغصّات (OPCs) التي تولّد الميلين غزيرة الوجود في الدماغ البشري للبالغ [22]. وتحدث عملية تجديد الميلين remyelination التلقائية بدرجات متفاوتة في المراحل المبكرة للتصلب المتعدد، كما أن الخلايا OPCs توجد أيضاً في آفات التصلب المتعدد المزمّن العديمة الميلين. أما المنطقة المهمة لإجراء البحث فهي التي تركز على التفتيش عن طرق لتحسين إعادة ميلين تلك الخلايا، والتعرّف على العوامل التي تؤدي إلى فشل الخلايا في إنتاج الميلين في المقام الأول. وبغية تحقيق هذه الغاية، فقد برهن بيك وآخرون Back et al [23] مؤخراً أن الهياالورونان hyaluronan- المشتق من الخلايا النجمية astrocytes يتجمّع في الآفات العديمة الميلين لمرضى التصلب المتعدد ويمنع نضج الخلايا السلفية للخلايا القليلة التغصّات POCs الذاتية المنشأ.

يمثّل اغتراس الخلايا المجددة للميلين remyelinating cells مقارنة أخرى لمعالجة فقدان الميلين لدى المصابين بالتصلب المتعدد. وقد تم تبيان أن الخلايا OPCs المشتقة [24] من خلايا جذعية جنينية وبالغة [22] تستطيع تزويد الميلين في دماغ فأر مزال الميلين ونخاعه الشوكي بعد اغتراسها. ولكن ثمة قلق رئيسي يتمثل في أن البيئة الالتهابية يمكنها أن تخرب خلايا OPCs المطعوم وتنشط نضجها maturation. لذا يحتمل أن تكون العلاجات المضادة للالتهاب والكابتة للمناعة علاجات ضرورية. وثمة مشكلة أخرى تتمثل في أن آفات التصلب المتعدد المزمنة تكون متوزعة عبر مواقع متعددة في أنحاء الجهاز العصبي المركزي. وسيطلب العلاج الناجع أن تهاجر خلايا OPCs المغترسة إلى تلك المواقع. والمثير في الأمر، بعد إعطاء الدواء جهازياً لدى الفئران، فقد هاجرت الخلايا الجذعية العصبية NS إلى الآفات الالتهابية المزمنة الميلين، حيث أصبح البعض منها خلايا OPCs ومحاور [25] مجددة الميلين remyelinated. وقد بقيت أغلب الخلايا غير متميزة وكبتت الآليات المحرّضة للالتهاب [26].

ويدعم هذا المنظور دراسات تبين أن الخلايا المنشئة germ cells الجنينية البشرية المعطاة داخل السائل الدماغي الشوكي لجرذان مصابة بأذية عصبونية محرّكة تستطيع الهجرة داخل النخاع الشوكي فتسبّب شفاءً محرّكاً، ربما من خلال التحصين العصبي neuroprotection [19]. ويمكن تحسين نجاعة هذه المقاربة عن طريق تحويل الخلايا الجذعية جينياً genetically لتفرز جزيئات تعزز بقيا survival العصبون المحرّك. فعلى سبيل المثال، بيّنت دراسة حديثة أن الأسلاف progenitors القشرية المخية البشرية التي تمت هندستها لتعبّر عن GDNF (استمرت حيّة بعد الاغتراس داخل النخاع الشوكي لدى جرذان مصابة بالتصلب الجانبي الضموري وأطلقت العامل الاغتنائي العصبي [20].

داء الزهايمر

يتميز داء الزهايمر بفقدان عصبوني ومشبكي في كافة أرجاء الدماغ، شاملاً ذلك المنظومة الكولينية الفعل في الدماغ الأمامي القاعدي واللوزة المخية amygdale، والحصين أو قرن آمون hippocampus، وبضع مناطق مخية قشرية كذلك (القشرة). وتختل بشكل متروّق ذاكرة المرضى وأداءهم المعرفي، إذ يتطوّر لديهم الخرف dementia، ويحتمل وفاتهم في سن مبكرة. ولا تمنح العلاجات الحالية، كالمعالجة بمثبطات الأسيتيلكولين استيراز acetylcholinesterase inhibitors لتحسين الوظيفة الكولينرجية، إلا تخفيفاً جزئياً وموقّتاً للأعراض.

تقدم التغيّرات الباثولوجية التي تشاهد في داء الزهايمر موقفاً إشكالياً شديداً للاستبدال الخلوي. وإذا ما أخذ بالاعتبار التلف الواسع والمتروّق في أدمغة مرضى داء الزهايمر، فمن غير المحتمل أن تسلم الآليات المسؤولة عن توجيه الخلايا الجذعية العصبية (NS) المغترسة لأن تتمايز differentiate إلى عصبونات جديدة. ومن الناحية النظرية يمكن الحيلولة دون التراجع المعرفي الذي يسببه تنكس العصبونات الكولينرجية للدماغ الأمامي القاعدي basal forebrain عن طريق اغتراس عصبونات كولينرجية متولدة من خلايا جذعية عصبية في المختبر. ولكن كيما تنهياً فائدة أعراضية symptomatic طويلة الديمومة، فإن هذه المقاربة ستتطلب وجود خلايا هدف target cells سليمة داخل دماغ المريض، ولكن هذه الخلايا الهدف يحتمل جداً تلفها.

ولكن، بما أنه يمكن تحويل الخلايا الجذعية جينياً وأن تمتلك هذه الخلايا مقدرة على الهجرة بعد الاغتراس فإنه من الممكن استخدامها لإيصال العوامل التي يمكن أن تحوّر سير هذا الداء. وكدعم لهذه المقاربة، فإن طعوم الأرومات الليفية fibroblasts في الدماغ الأمامي القاعدي التي تولد عامل النمو العصبي (NGF) الذي يناهض بدوره الموت العصبوني الكولينرجي ويُنشط الوظيفة الخلوية

آفات النخاع الشوكي

ذكرت دراسة أخرى أن الخلايا الدبقية القليلة التغصّات والناجمة عن خلايا جذعية بشرية يمكنها أن تزود بالميلين النخاع الشوكي لقارص ما متأذ وأن تحسّن الوظيفة المحركة لذلك القارص [32].

آفاق

قد يكون من السابق لأوانه أن نبدأ تجارب سريرية لاستخدام الخلايا الجذعية في معالجة الاضطرابات العصبية. ولكن التقدّم المطرد يدعم الأمل بأن العلاجات المبنية على الخلايا الجذعية في استرجاع والحفاظ على وظيفة الدماغ والنخاع الشوكي- يمكن تطويرها. فبالنسبة لكل نوع من الأمراض، يمكن حالياً وضع خارطة طريق تعرّف الإنجازات العلمية والسريرية الهامة المطلوبة للوصول الخلايا الجذعية إلى العيادة. فقبل أن نطبق العلاجات بالخلايا الجذعية على المرضى، ينبغي لنا أن نكون قادرين على التحكم بتكاثر وتمييز الخلايا ضمن أنماط ظاهرية phenotypes محددة وأن نمنع تشكل الأورام. علاوة على ذلك، ينبغي إثبات نجاعة الخلايا الجذعية وآليات فعلها في نماذج (موديلات) حيوانية ذات خواص باثولوجية وأعراضية symptomatology مشابهة للمرض البشري. وحتى لو حدث هذا، قد يكون من الصعب نقل المعلومات المستوفاة من الحيوانات إلى البشر، وذلك بسبب الفوارق بين الأنواع الحية في درجة اللدونة plasticity العصبية وبسبب عدم اكتمال المعرفة بالآليات المرض. ويجب علينا أن نفهم كيف نسيطر على البيئة النسيجية الباثولوجية، بما في ذلك التفاعلات، المناعية والالتهابية، بغية السماح بإصلاح كفاء. وأخيراً، يجب علينا أن نتذكر أنه مهما تكن الآليات العصبية البيولوجية مثيرة، فسوف يتم البتُّ بمدى الفعالية السريرية للخلايا الجذعية من خلال قدرتها على تزويد المرضى المصابين باضطرابات عصبية بتحسيناتٍ جوهريّةٍ آمنّةٍ وطويلة الأمد في جودة الحياة.

تعتلُّ أذيات النخاع الشوكي المسارات المحورية المساعدة والنازلة، وتسبب خسارةً في العصبونات وخلايا الدبق، والتهاباً وزوالاً للميلين. وتؤدي الآفات إلى فقدان الحركة، والحسّ والتحكم الذاتي المستقل فيما يقع تحت موقع الأذية. ولا يوجد هناك علاج شاف، أما أكثر العلاجات الحاليّة شيوعاً- والمتمثل في جرعات عالية من الميثيل بريدنيزولون methylprednisolone- فإنه ذو قيمة مشكوك بأمرها.

يمكن لاغتراس الخلايا الجذعية في النخاع الشوكي أن يفضي إلى فوائد وظيفية [28, 27]، ولا سيما من خلال إفراز عامل اغتدائي أو تجديد ميلين المحاور الاحتياطية. وقد برهنت دراسة حديثة على أن الخلايا الجذعية البشرية المتغرسية داخل نخاع شوكي فأري تالف قد ولد عصبونات جديدة وخلايا دبق عصبية قليلة التغصّات oligodendrocytes، الأمر الذي حقق شفاءً حركياً [29]. ولكن ثمة مخاطر لتأثيرات جانبية ما لم يتحقق تمايز الخلايا الجذعية العصبية بعد عملية الاغتراس. ويمكن أن يسبّب تمايز الخلايا النجمية astrocyte differentiation وإنبات المحاور على غير هدي بعد اغتراس الخلايا الجذعية العصبية في النخاع الشوكي المتأذي للجزء حدوث فرط تحسس للمنبهات التي لا تكون مؤلّة في المعتاد [30].

ربما يكون الهدف السريري الأكثر واقعية على المدى القصير هو استخدام الخلايا الجذعية من أجل تجديد الميلين remyelination، والذي ربما يحصل إلى درجة معينة بعد آفات من خلايا OPCs داخلية المنشأ [31]. وقد ذكرت إحدى الدراسات أنه بعد عملية اغتراس الخلايا الجذعية العصبية داخل النخاع الشوكي في الجرذان، حدث ترابط جيد بين عدد من الخلايا الدبقية القليلة التغصّات الناجمة عن الطعم من جهة، وبين كمية الميلين ومدى الشفاء الوظيفي [30]. وقد

REFERENCES

- [1] Lindvall, O., Kokaia, Z. & Martinez-Serrano, A. Stem cell therapy for human neurodegenerative disorders-how to make it work. Nature Med. 10 (suppl.), S42-S50 (2004).
- [2] Dezawa, M. et al. Specific induction of neuronal cells from bone marrow stromal cells and application for autologous transplantation. J. Clin. Invest. 113,1701-1710 (2004).
- [3] Takagi, Yet al. Dopaminergic neurons generated from monkey embryonic stem cells function in a Parkinson primate model. I. Clin. Invest. 115,102-109 (2005).
- [4] Mendez, I. et al. Cell type analysis of functional fetal dopamine cell suspension transplants in the striatum and substantia nigra of patients with Parkinson's disease. Brain 128, 1498-1510 (2005).
- [5] Perrier, A. L. et of. Derivation of midbrain dopamine neurons from human embryonic stem cells. Proc. NatlAcad. Sci. USA 101,12543-12548 (2004).
- [6] Piccini, P. et al. Factors affecting the clinical outcome after neural transplantation in Parkinson's disease. Brain 128,2977-2986 (2005).
- [7] Behrstock, S. et al. Human neural progenitors deliver glial cell line-derived neurotrophic factor to parkinsonian rodents and aged primates. Gene Ther. 13, 379-388 (2006).
- [8] Kelly, S. et al. Transplanted human fetal neural stem cells survive, migrate, and differentiate in ischemic rat cerebral cortex. Proc. Natl Acad. Sci. USA 101,11839-11844 (2004).

- [9] Hayashi, J. et al. Primate embryonic stem cell-derived neuronal progenitors transplanted into ischemic brain. *J. Cereb. Blood Flow Metab.* published online 4 January 2006 (doi:10.1038/sj.jcbfm.9600247).
- [10] Ikeda, R. et al. Transplantation of neural cells derived from retinoic acid-treated cynomolgus monkey embryonic stem cells successfully improved motor function of hemiplegic mice with experimental brain injury. *Neurobiol. Dis.* 20,38-48 (2005).
- [11] Wei, L. et al. Transplantation of embryonic stem cells overexpressing Bcl-2 promotes functional recovery after transient cerebral ischemia. *Neurobiol. Dis.* 19,183-193 (2005).
- [12] Thored, P. et al. Persistent production of neurons from adult brain stem cells during recovery after stroke. *Stem Cells* 24, 739-747 (2006).
- [13] Ryu, J. K. et al. Proactive transplantation of human neural stem cells prevents degeneration of striatal neurons in a rat model of Huntington disease. *Neurobiol. Dis.* 16, 68-77 (2004).
- [14] McBride, J. L. et al. Human neural stem cell transplants improve motor function in a rat model of Huntington's disease. *J. Comp. Neural.* 475,211-219 (2004).
- [15] Wichterle, H., Lieberam, I., Porter, J. A. & Jessell, T. M. Directed differentiation of embryonic stem cells into motor neurons. *Cell* 100, 385-397 (2002).
- [16] Li, X. J. et al. Specification of motoneurons from human embryonic stem cells. *Nature Biotechnol.* 23, 215-221 (2005).
- [17] Harper, J. M. et al. Axonal growth of embryonic stem cell-derived motoneurons in vitro and in motoneuron-injured adult rats. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* 101, 7123-7128 (2004).
- [18] Miles, G. B. et al. Functional properties of motoneurons derived from mouse embryonic stem cells. *J. Neurosci.* 24, 7848-7858 (2004).
- [19] Kerr, D. A. et al. Human embryonic germ cell derivatives facilitate motor recovery of rats with diffuse motor neuron injury. *J. Neurosci.* 23, 5131-5140 (2003).
- [20] Klein, S. M. et al. GDNF delivery using human neural progenitor cells in a rat model of ALS. *Hum. Gene Ther.* 16,509-521 (2005).
- [21] Tuszynski, M. H. et al. A phase 1 clinical trial of nerve growth factor gene therapy for Alzheimer disease. *Nature Med.* 11,551-555 (2005).
- [22] Windrem, M. S. et al. Fetal and adult human oligodendrocyte progenitor cell isolates myelinate the congenitally dysmyelinated brain. *Nature Med.* 10, 93-97 (2004).
- [23] Back, S. A. et al. Hyaluronan accumulates in demyelinated lesions and inhibits oligodendrocyte progenitor maturation. *Nature Med.* 11,966-972 (2005).
- [24] Nistor, G. I., Totoiu, M. O., Haque, N., Carpenter, M. K. & Keirstead, H. S. Human embryonic stem cells differentiate into oligodendrocytes in high purity and myelinate after spinal cord transplantation. *Glia* 49, 385-396 (2005).
- [25] Pluchino, S. et al. Injection of adult neurospheres induces recovery in a chronic model of multiple sclerosis. *Nature* 422, 688-694 (2003).
- [26] Pluchino, S. et al. Neurosphere-derived multipotent precursors promote neuroprotection by an immunomodulatory mechanism. *Nature* 436,266-271 (2005).
- [27] Mc Donald, J. W. et al. Transplanted embryonic stem cells survive, differentiate and promote recovery in injured rat spinal cord. *Nature Med.* 5,1410-1412 (1999).
- [28] Ogawa, Y. et al. Transplantation of in vitro-expanded fetal neural progenitor cells results in neurogenesis and functional recovery after spinal cord contusion injury in adult rats. *J. Neurosci. Res.* 69,925-933 (2002).
- [29] Cummings, B. J. et al. Human neural stem cells differentiate and promote locomotor recovery in spinal cord-injured mice. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* 102,14069-14074 (2005).
- [30] Hofstetter, C. P. et al. Allodynia limits the usefulness of intraspinal neural stem cell grafts; directed differentiation improves outcome. *Nature Neurosci.* 8,346-353 (2005).
- [31] Yang, H. et al. Endogenous neurogenesis replaces oligodendrocytes and astrocytes after primate spinal cord injury. *J. Neurosci.* 26, 2157-2166 (2006).
- [32] Keirstead, H. S. et al. Human embryonic stem cell-derived oligodendrocyte progenitor cell transplants remyelinate and restore locomotion after spinal cord injury. *J. Neurosci.* 25, 4694-4705(2005).

المؤلف:

أول لندفال، زال كوكايا

- نشر هذا المقال في مجلة *Nature/Vol 441/ 29 June 2006*، وتمت ترجمته في هيئة الطاقة الذرية السورية.

ملخص:

إن تطوير مضخم ضوئي على سيليكون هو أمر أساسي لنجاح الدارات الفوتونية المتكاملة المصنعة من السيليكون فوق عازل (SOI). وقد تم مؤخراً تبيان إمكان الحصول على كسب ضوئي بعرض عصابة 1nm (نانومتر) باستعمال أثر رامان [9, 11]، مما قاد إلى الحصول على هزاز رامان Raman Oscillator [10, 11]، وإلى تعديل ضوئي بدون ضياع [12]، وإلى ضوء بطيء قابل للتوليف بصرياً [13]. وتتمثل القوة الرئيسية للاتصالات البصرية في توازي نقل المعلومات والمعالجة على قنوات ذات أطوال موجية متعددة. غير أن ضيق عصابة كسب رامان النسبي لا يسمح إلا بتضخيم أو توليد قناة ذات طول موجي وحيد. وإذا ما أمكن إثبات وجود ربح عريض العصابة على السيليكون، فإنه يكون بالمستطاع توليد صفيقة من القنوات بأطوال موجية متعددة ومعالجتها، مما يشكل تقدماً بارزاً في الدارات الفوتونية المتكاملة الكثيفة. إننا نبيّن هنا كسباً صافياً لدى القطع أو الوصل على مجال من الأطوال الموجية يقارب 28 nm عبر العملية الضوئية المبنية على مزج الأمواج الأربع المتوافقة طورياً في أدلة موجية (wave guides) قوية من SOI مصممة بصورة مناسبة. كما نبيّن أيضاً تحوُّلاً في طول الموجة ضمن المجال 1.511-1.591 بمردود ذروي يصل إلى +5.2dB، مما يمثل تحسناً يفوق 20 ضعفاً مردود مزج الأمواج الأربع الذي سبق التوصل إليه لأدلة موجية من SOI [14, 17]. ويسمح هذان التقدمان بتنفيذ تقسيم كثيف متعدد الأطوال الموجية في دائرة متكاملة فوتونية مصنوعة كلها من السيليكون. بالإضافة إلى ذلك، فإن جميع ما تم التوصل إليه عبر مزج الأمواج الأربع في ألياف السليكا مثل المؤخرات الضوئية بالكامل [18] all optical delays والنابع الضوئية لتقانة المعلومات الكمومية [21] يمكن نقله الآن إلى منصة SOI.

كسب عريض العصابة لمضخم ضوئي وسيطي على جاذدة سيليكون فوتونية

الكلمات المفتاحية:

اتصالات بصرية، دارات فوتونية متكاملة، شبيبة فوتونية من السيليكون.

الضخ SPM. ويعتمد كسب موجة الإشارة على مقدار عدم التوافق الطوري Δk بين ثوابت انتشار الأمواج وعلى الآثار اللاخطية SPM و XPM وفق العلاقة [22]:

$$(1) \quad \Delta k = 2\gamma P_{\text{pump}} - \Delta k_L$$

حيث $\Delta k_L = 2k_{\text{pump}} - k_{\text{signal}} - k_{\text{idler}}$ هو عدم توافق الطور الناتج عن التبديد الخطي linear dispersion وفيها على التوالي k_{pump} و k_{signal} و k_{idler} تمثل الأعداد الموجية لموجة الضخ والإشارة والمكملة، أما P_{pump} فهي استطاعة الضخ، و $\gamma = \frac{\omega_{\text{pump}} n_2}{c A_{\text{eff}}}$ هي المردود اللاخطي الفعال لدليل الموجة و A_{eff} هي المساحة الفعالة للنمط المنتشر. ويعطى معامل الربح g في FWM بالعلاقة [22]:

$$g = \left[\gamma P_{\text{pump}} \Delta k_L - \left(\frac{\Delta k_L}{2} \right)^2 \right]^{1/2}$$

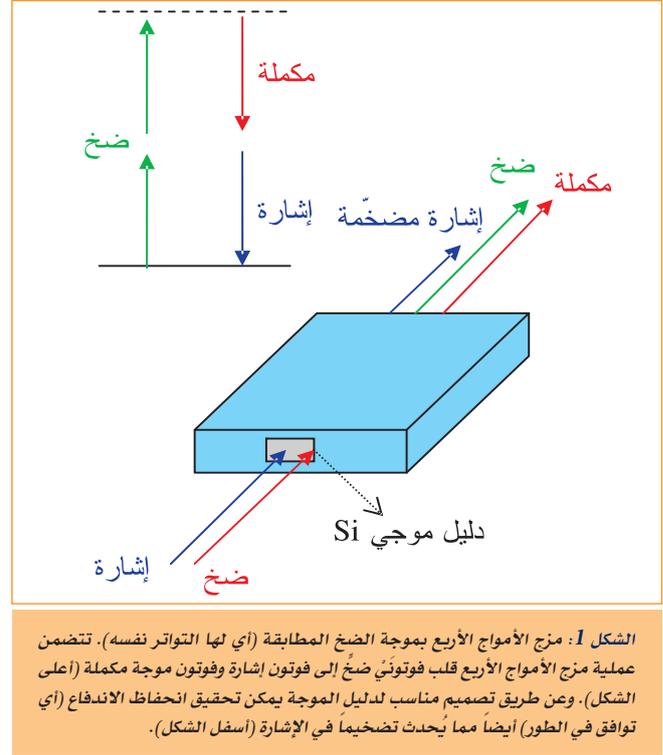
وبإهمال آثار نضوب الضخ يصبح ربح الإشارة وفق طريقة [22] FWM معطى بالعلاقة:

$$G_{\text{signal}} = \frac{P_{\text{signal}}^{\text{out}}}{P_{\text{signal}}^{\text{in}}} = 1 + \left(\frac{\gamma P_{\text{pump}}}{g} \sinh(gL) \right)^2$$

إن التضخيم عبر مزج الأمواج الأربع (FWM) [22] هو عملية ضوئية مشتقة من الطواعية اللاخطية nonlinear susceptibility من المرتبة الثالثة، $\chi^{(3)}$ ، للمادة. وفي السيليكون فإن أخفض مرتبة ضوئية لاخطية هي من المرتبة الثالثة، الأمر الذي يؤدي إلى نشوء قرينة انكسار معتمدة على الشدة $n = n_0 + n_2 I$ حيث n_0 هي قرينة الانكسار الخطية و $n_2 = \frac{12\pi^2 \chi^{(3)}}{n_0 c}$ هو معامل قرينة الانكسار اللاخطية و c سرعة الضوء و I هي الشدة الضوئية. وتقع قيم n_2 المقاسة للسيليكون ضمن المجال $10^{-14} \text{ cm}^2 \text{ W}^{-1}$ (4-9) [24, 23, 14]، وتبلغ قرابة مئتي ضعف قيمتها لزجاج السليكا. وكما هو مبين في الشكل (1) فلدَى مزج الأمواج الأربع يُقلب فوتونان من فوتونات الضخ عند التواتر ω_{pump} إلى فوتون إشارة وفوتون مكمّل idler يمتلكان التواترين ω_{idler} و ω_{signal} وعلى التوالي بحيث يتحقق: $2\omega_{\text{pump}} = \omega_{\text{signal}} + \omega_{\text{idler}}$ ، مما قد يقود إلى تضخيم في موجة الإشارة. إضافة إلى ذلك، تخضع موجة الضخ لتعديل طوري ذاتي (SPM) وتعرض على تعديل طوري متصالب (XPM) بين موجتي الإشارة والمكملة والذي يبلغ ضعفي تعديل موجة

المألوف وذلك لحساب تبديد سرعة المجموعة GVD للنمط المنتشر، وبغية الحصول على نتائج دقيقة فإن من المهم إدخال تأثير الاقتران بين تبديد المادة وتبديد الدليل الموجي، وليس معاملتهما بصورة مستقلة بعضهما عن بعض. نتنبأ [27,26] من أجل مجال صغير من أشكال الأدلة الموجية وحجومها، وجود GVD الشاذ اللازم لتوافق الطور كما نشاهده. نرسم في الشكل (2a) تبديد سرعة المجموعة GVD لأدلة موجية ذات مقاطع مختلفة، أما في الشكل (2b) فيظهر ربح FWM المنتبأ به من أجل مسافة انتشار قدرها 2 cm ولاستطاعة قمة ضخ قدرها 1-W. يسمح الدليل الموجي ذو GVD الشاذ (300nm×600nm) بحدوث التوافق الطوري وبتنبأ بامتلاكه مجالاً عريضاً للتضخيم. وبالمقارنة، فإن أصغر الأدلة الموجية (200nm×400nm) وأكبرها (1.0µm×1.5µm) يمتلكان GVD عاديين ويظهزان ربحاً أصغرياً. وقد اقترح استخدام التبديد المزدوج الانكسار (birefringence) لتحقيق التوافق الطوري في الأدلة الموجية الكبيرة [28]، غير أن هذا التعقيد الإضافي غير ضروري في حالة أدلة موجية تبدي GVD شاذاً.

تتحقق تجريبياً نتائج عملية مزج الأمواج الأربع FWM لأدلة موجية من النوع SOI لها هندسات مختلفة لمقاطعها العرضية صنعت بالطريقة الموصوفة سابقاً [29]، ولكن بوجود طبقة أكسيد مطمورة سمكها 1 µm. وقد استمدت نبضتا الضخ والإشارة من مهتز وسيطي ضوئي ذي عرض نبضة قرابة الفمتوثانية متركزة عند 1.550 nm وبمعدل تكرار يبلغ 75 MHz وقد جرى ترشيح نبضات الضخ ليصبح عرض العصابة 1 nm متركزة عند 1.550 nm، وكذلك ترشيح نبضات الإشارة ليصبح عرضها 1.5 nm قابلة للتوليف ما بين 1.510 nm و 1.590 nm. وقد كانت المدتان الزميتان لنبضتي الضخ والإشارة بعد الترشيح 3.5 ps و 2.4 ps على التوالي. ثم ضخمت نبضات الضخ في مضخم ليفي مطعم بالإربيوم وضمت إلى نبضات الإشارة باستخدام مقسم متعدد الأطوال الموجية. ويحتوي زراعا الضخ والإشارة كلاهما على متحكمات بالاستقطاب للحصول على استقطاب TE في دليل الموجة السليكوني. وقد أوصل الضوء إلى الدليل الموجي باستخدام ليف عدسي مؤنّف وقالب نمط معكوس التآنيّف على رقاقة السليكون [29]، ممّا أنتج ضياع اقتران مقيس يتراوح بين -12.3 dB و -13.3 dB. وكان الضياع الكبير نتيجة فقر التطابق بين نمط ليف العدسة ونمط الليف المعكوس التآنيّف. وقد كان ضياع الانتشار الخطي المقيس في الدليل الموجي ما بين 1.1 dBcm⁻¹ و 1.4 dBcm⁻¹ عند الطول الموجي 1550 nm. وقد تمّ تحديد هذه القيم بمقارنة الضياع في دليلين موجيين مختلفين في الطول بمقدار 7.4 mm. كما قورنت هذه النتائج من بين ستة أدلة موجية مختلفة بغية اختبار انسجام القياسات. وقد احتوت جميع الأدلة الموجية على نفس العدد من الثنيات ونفس العدد من المزاوجات المؤنفة. ويضمن التآنيّف العكسي إثارة النمط الأساسي في أدلة موجية متعددة النمط وقد جُمع الضوء الذي يغادر دليل الموجة السليكوني وأرسل إلى محلل طيفي ضوئي بغية الكشف عنه.



حيث $P_{\text{signal}}^{\text{in}}$ و $P_{\text{signal}}^{\text{out}}$ هما استطاعة الإشارة الخارجة والداخلة على الترتيب، و L هو طول مسار التفاعل. وتحدث قمة الربح عندما تكون الإزاحة في الطور الناجمة عن SPM و XPM معوّضة بمقدار عدم التوافق في ثوابت الانتشار للأمواج الضخ والإشارة والمكملة. وسيطلب هذا أن يكون لموجة الضخ متجهة انتشار أكبر من متوسط متجهتي الإشارة والمكملة. وهذا يتحقق عندما يكون تبديد سرعة المجموعة (CVD) شاذاً (أي عندما يكون $\frac{d^2 k_{\text{pump}}}{d\omega^2} < 0$). وفي الألياف الضوئية حيث تستخدم FWM بصورة روتينية في عصابة الاتصالات عن بعد فيما وراء 1.3µm يكون GVD لزجاج السليكا شاذاً [22].

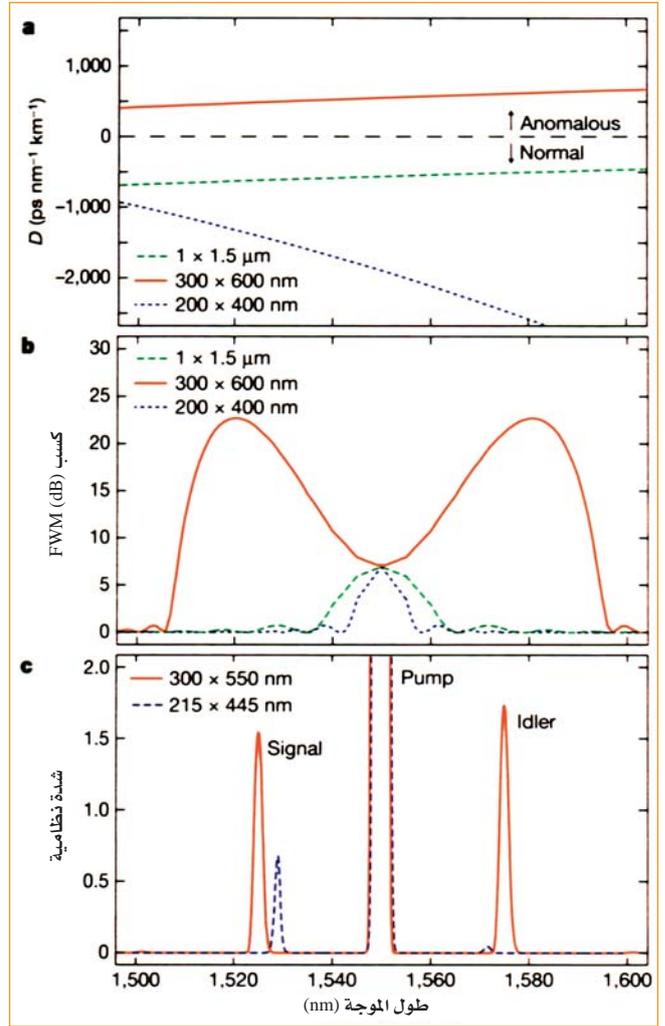
لقد سبق أن شوهدت عملية مزج الأمواج الأربع في أدلة الموجة SOI عند تبديد سرعة الموجة العادي، غير أن التحوّل حدث على مجال عصابة ضيق، وكان المرود صغيراً، فلم يلاحظ كسب صاف نتيجة غياب التوافق الطوري [14, 17]. غير أنه عند أطوال موجية قريبة من 1.5µm يبدي السليكون تبديداً عادياً عالياً جداً في GVD نتيجة قربته من حافة عصابة الامتصاص عند 1.1µm. ويدخل الحصر confinement باستخدام دليل الموجة تبديداً شاذاً في سرعة المجموعة GVD، وهو ما استخدم في ألياف زجاج السليكا لإنشاء مجالات طيفية شاذة من GVD [25] تقع على بعد عدة ثمانيات octaves من أي من تجاوبات المادة. غير أنه لم يكن من الواضح ما إذا كانت مساهمة دليل الموجة هذه في أدلة الموجة المعتمدة على SOI ذات الحصر العالي ستتغلب على تبديد المادة القريب جداً من عصابة الامتصاص لتعطي ربحاً صافياً شاذاً في GVD. وإننا نقوم بالتحقق من هذه النقطة عبر محاكاة باستخدام برنامج حل solver يعتمد نمط الفروق المحدودة لمتجهة الموجة الكامل

من كبر اللابخرية في هذا الدليل، فإن عملية FWM تعطي ضياءً صافياً للإشارة قدره (-1.7dB) ومردوداً ضعيفاً في تحويل طول الموجة (-13.2 dB) نتيجة غياب التوافق الطوري.

إن عرض عصابة الربح لهذه المنظومة موضح في الشكل (3a) وهو يُظهر ربح الإشارة المقيس وفق عملية وصل/قطع تابعاً لطول الموجة ولعدد من الأدلة الموجية المختلفة الأطوال والمقاطع العرضية. نعرف ربح الإشارة وفق وصل/قطع أو مردود تحويل الموجة المكتملة على أنه نسبة استطاعة الإشارة أو استطاعة الموجة المكتملة التي تغادر الدليل مع وجود حزمة الضخ مقسومة باستطاعة الإشارة التي تغادر الدليل بغياب حزمة الضخ [16, 17]. ويبدو واضحاً آثار التوافق الطوري عبر انزياح قمة الربح انزياحاً ملموساً عن طول موجة الضخ. وكما هو متوقع، فإن قيمة الانزياح تزداد من أجل أدلة موجية ذات GVD متناقصة. ونلاحظ تجريبياً ربخاً أصغر من المنتبأ به في النموذج البسيط المستعمل في الشكل (2b)، نتيجة الآثار المركبة للامتصاص اللاخطي، ولامتصاص الحوامل الحرة ولفاد الضخ. نرسم في الشكلين (3b و 3c) ربح الإشارة المقيس وفق وصل/قطع الشكل (3b) ومردود تحويل للموجة المكتملة الشكل (3c) كتتابع لاستطاعة الضخ عند القمة داخل دليل الموجة ذي المقطع (300nm×550nm) وطول 6.4 mm ومن أجل أطوال موجة إشارة متعددة. ويتضح من هذه المنحنيات أن آليات الضياع اللاخطية لامتصاص فوتونين [24, 23] ولتوليد الحوامل الحرة [30, 4] هي المهيمنة عند استطاعات ضخ منخفضة. غير أنه مع ازدياد استطاعة الضخ تصبح عملية FWM متوافقة طورياً عند طول موجة الحزمة المشاهدة من أجل أطوال موجية بعيدة عن طول موجة الضخ بعداً كافياً، وفي النهاية سيتفوق هذا الربح على الضياعات اللاخطية، مسبباً ربخاً لاخطياً صافياً. فنلاحظ من أجل الأدلة الموجية ذات الطول صافٍ يمتد ما بين 1.512 nm وحتى 1.535 nm مع ليزر ضخ مؤلف عند 1.550 nm الشكل (3a).

إن من نتائج عملية FWM هذه المقدرة على إنجاز تحويل كفو في الطول الموجي. فكما يظهر في الشكل (3c)، هناك قمة في كفاءة التحويل تمتد ما بين +3 dB و -2 dB لأطوال موجية تقع ما بين 1.511 nm و 1.545 nm والتي تقابل أطوال موجية للموجة المكتملة ما بين 1.555 nm و 1.591 nm. وكنا محدودين لهذا المجال نتيجة عرض عصابة نبضات منبع الفمتوثانية. ويتوقع عروض عصابة تحويل أكبر في الأطوال الموجية إذ نلاحظ مردود تحويل يبلغ +3 dB عند حافة مجال توليف الإشارة (1.511 nm).

كي نتغلب على الامتصاص اللاخطي ونزيد من الربح، صنعنا دليل موجة أطول من الأدلة السابقة بطول 17 mm. وكان لدليل الموجة هذا مقطع عرضي بحدود (300nm×550nm) وأربع ثنيات نصف قطر كل منها 100 μm. رسم ربح الإشارة وفق وصل/قطع تابعاً لطول الموجة في الشكل (3a). ونرى من أجل استطاعة ضخ عند القمة قيمتها 4.2

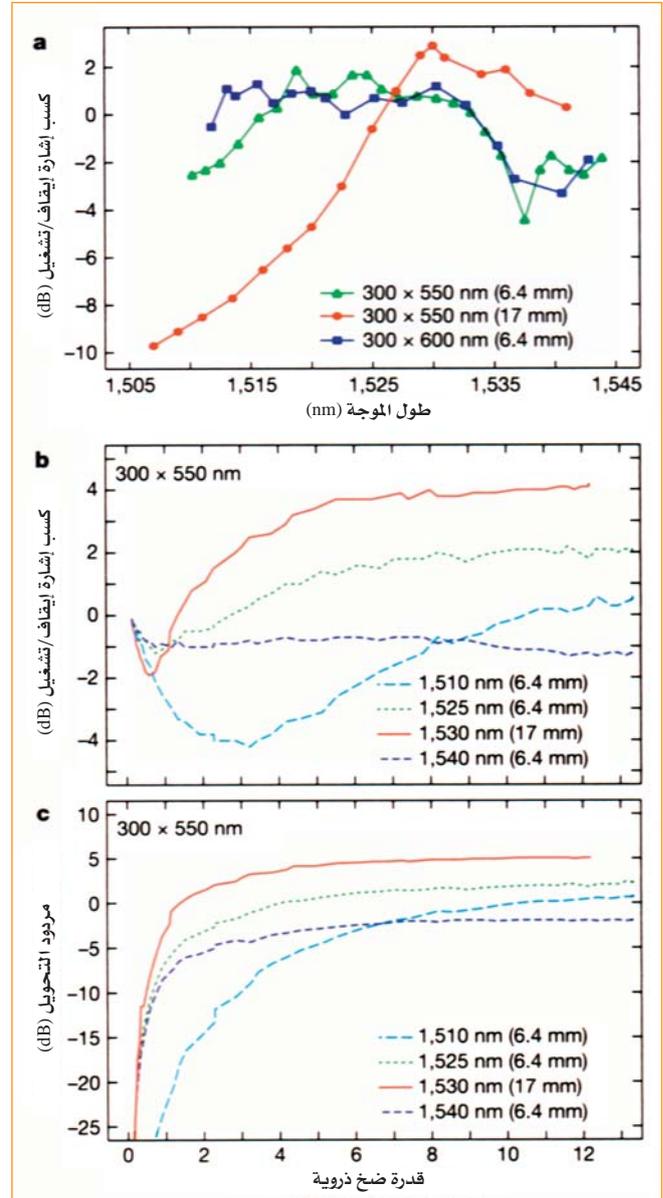


الشكل 2: تبديد شاذ في سرعة المجموعة ومزج الموجات الأربع ذو التوافق الطوري a: تبديد سرعة الموجة المحاكى (GVD)، الذي رمز له بـ D و b: ربح وفق عملية مزج الموجات الأربع (FWM) لأدلة موجية من السليكون لها أبعاد مقاطع عرضية مختلفة. وقد حسب ربح FWM بافتراض قمة استطاعة ضخ مقدارها 1-W ودليل موجي طوله 2 cm. يُبدي الدليل الموجي (300nm×600nm) تبديداً شاذاً $D > 0$ ، ممّا يسمح بتوافق طوري وتضخيم كبير. أمّا أصغر الأدلة الموجية (200nm×400nm) وأكبرها (1.0μm×1.5μm) فلهما GVD عادي $D < 0$ ، وبالتالي ربح صغير. c: أطراف FWM المشاهدة تجريبياً من أدلة موجية تبدي GVD شاذاً (300nm×550nm) وكذلك GVD قرب الصفر (215nm×445nm). وقد جرى استنتاجهما نسبة إلى استطاعة الإشارة بدون وجود ضخ.

يظهر في الشكل 2c إشارات FWM نموذجية مشاهدة في أدلة موجية ذات تبديد سرعة الموجة الشاذ GVD وقرب الصفر GVD. فباستعمال دليل موجة طوله 6.4 mm ومقطعه (300nm×550nm) باستطاعة ضخ عند القمة مساوية 11.0 W داخل الدليل، يشاهد ربح صافٍ في الإشارة قدره (1.9 dB) وبمردود عالي التحويل لطول الموجة قدره (+2.4 dB) ونتوقع أن تحمل الموجة المكتملة idler استطاعة أكبر من استطاعة الإشارة نتيجة الآثار المعتمدة على الزمن وعلى طول الموجة في الضياعات اللاخطية. ونرسم، بغية المقارنة، الإشارة قرب صفر GVD في دليل موجة طوله 8 mm ومقطعه (215nm×445nm) وباستطاعة ضخ عند القمة مساوية 8.0 W داخل الدليل. وعلى الرغم

تحويل الموجة المكتملة تابعين لاستطاعة الضخ لهذا الدليل الموجي الأطول بين الأدلة، فنلاحظ قمة ربح ومردوداً يقاربان على الترتيب 4.2 dB و +5.2 dB. وتوقع أنّ أمثلة طول دليل الموجة وتبديد سرعة المجموعة GVD ستؤدي إلى تخفيض إضافي في متطلبات استطاعة الضخ. وعند إضافة ضياع الانتشار الخطي (-1.4 dB cm^{-1}) فإنّ هذا الربح وصل/قطع البالغ 4.2 dB سيعطي ربحاً صافياً قدره 1.8 dB في الإشارة بعد انتشاره مسافة 1.7cm. ويتيح هذا الربح احتمال اهتزاز وسيطي قابل للإدخال في تراكيب مجاوبة على رقاقة لتغذية راجعة. يُضاف إلى ذلك، إنّ موازنة أكبر ربح ملاحظ مع الضياع المشاهد خارج عرض عصابة FWM، يمكننا من حساب الربح الناجم عن FWM الذي كان مساوياً على الأقل 13.9 dB.

أوضحنا في هذا المقال، إمكان تضخيم ضوئي عريض العصابة وفق عملية FWM متوافقة طورياً وتحويل تواتر في رقاقة فوتونية سليكونية بالكامل. ونتوقع التوصل إلى زيادة إضافية في الأداء بزج تقنيات للتخلص من الحوامل الحرة ولتقليل الضياعات اللاخطية [11.9]. إنّ القدرة على التضخيم وعلى التحويل بين الأطوال الموجية على هذا المجال العريض باستخدام ليزر ضخ واحد، التي تقع جميعها ضمن عصابة الاتصالات، تعزز مقدرات معالجة الإشارة في الدارات الفوتونية المتكاملة السليكونية بالكامل. ونتوقع، تبعاً لهذه النتائج، نقل تطبيقات عديدة لعملية FWM، التي تم البرهان عليها في الألياف المصنوعة من السليكا، إلى الدارات الفوتونية المتكاملة السليكونية، بما فيها الوصل/القطع الضوئي بالكامل وإعادة توليد الإشارة الضوئية والمنابع الضوئية لنقانة المعلومات الكومبية.



الشكل 3: التضخيم المقيس تجريبياً. a: ربح الإشارة المقيس بطريقة وصل/قطع تابعا لطول موجة الإشارة ولمساحات مقاطع عرضية لأدلة موجية مختلفة وبأطوال مختلفة. مما يوضح حساسية الربح لأبعاد دليل الموجة. تظهر الكلمة المفتاح في a أبعاد الدليل الموجي (الطول)؛ بينما تبين الكلمات المفتاح في b و c "طول موجة الإشارة" (طول الدليل الموجي). ونلاحظ انزياحاً كبيراً في موقع قمة الربح عن طول موجة الضخ وذلك مع زيادة عرض الدليل الموجي، الذي ينجم عن نقص قيمة GVD الشاذة؛ c.b. ربح الإشارة المقيس وصل/قطع (b) ومردود تحويل الموجة المكتملة (c) كتوابع لاستطاعة قمة الضخ داخل الدليل الموجي لدليلين موجيين طولهما 6.4 mm و 17 mm ولهما مقطع عرضي (300nm×550nm). ونقيس تضخيماً لاخطياً صافياً للإشارة بمجرد الوصول إلى استطاعة ضخ كافية لتحقيق توافق في الطور عند الطول الموجي المراقب.

المؤلفون:

م. أ. فوستر، ج. أ. شاربنغ، أ. ل. جينا

مدرسة الفيزياء الهندسية والتطبيقية

ب. س. شميدت، أ. س. تيرنر، م. ليسون

مدرسة الهندسة الكهربائية والحاسوبية، جامعة كورنيل إيثاكا، نيويورك 14853، الولايات المتحدة الأمريكية.

- نشر هذا المقال في مجلة Nature, June 2006، وتمت ترجمته في هيئة الطاقة الذرية السورية.

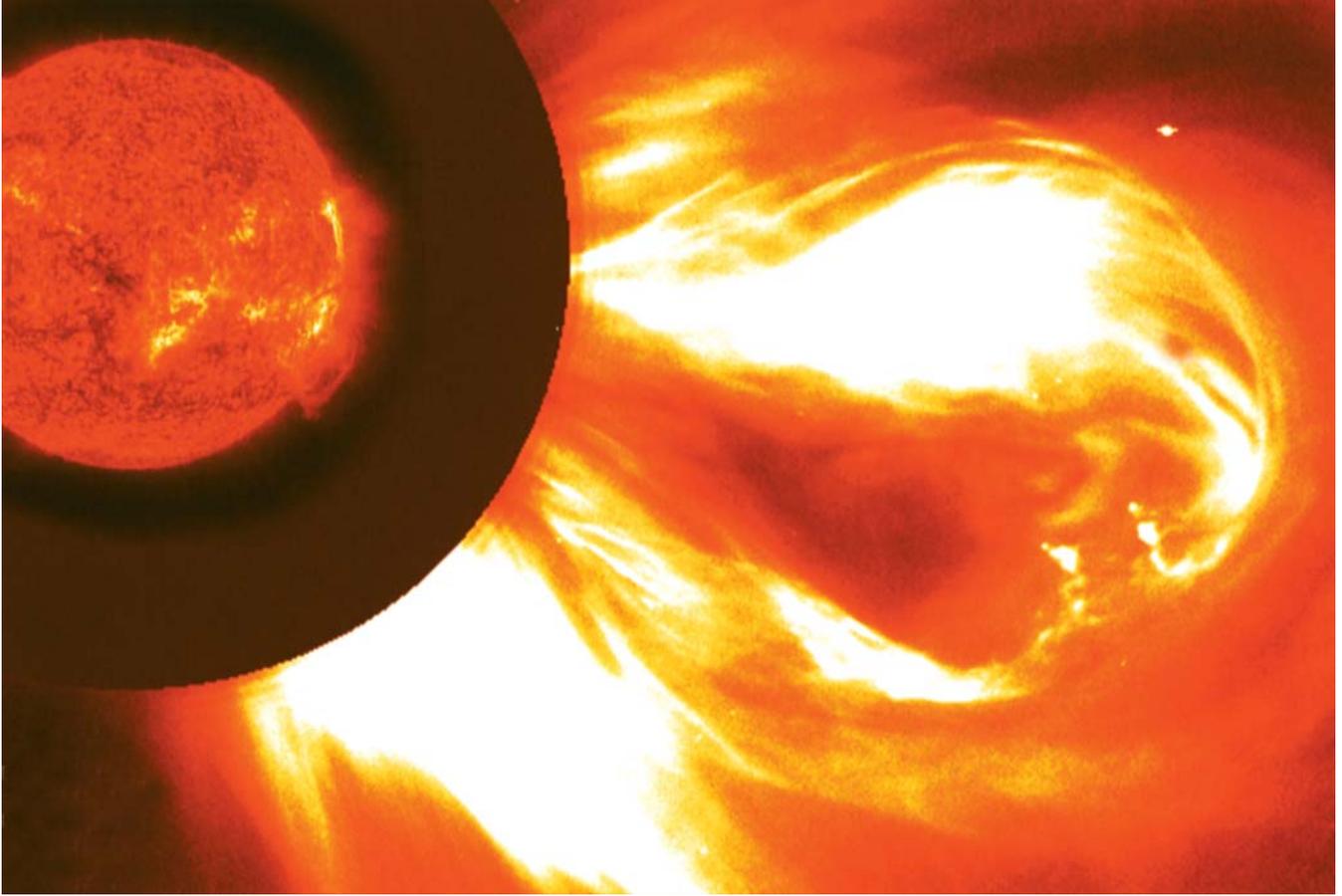
W داخل الدليل قمة في الربح وصل/قطع تصل إلى 2.9 dB وعرض عصابة في هذا الربح يقع ما بين 1.525 nm و 1.540 nm. فيهمين الامتصاص اللاخطي خارج مجال التوافق الطوري ليصل إلى -9.7 dB. كما نرسم في الشكلين (3b و 3c) ربح الإشارة وصل/قطع ومردود

REFERENCES

المراجع

- [1] Claps, R., Dimitropoulos, D., Raghunathan, V., Han, Y. & Jalali, B. Observation of stimulated Raman amplification in silicon waveguides. *Opt. Express* 11, 1731-1739 (2003).
- [2] Espinola, R. L., Dadap, J. I., Osgood, R. M. Jr, McNab, S. J. & Vlasov, Y. A. Raman amplification in ultrasmall silicon-on-insulator wire waveguides. *Opt. Express* 12, 3713-3718 (2004).
- [3] Liu, A., Rong, H., Paniccia, M., Cohen, O. & Hak, D. Net optical gain in a low loss silicon-on-insulator waveguide by stimulated Raman scattering. *Opt. Express* 12, 4261-4268 (2004).
- [4] Rong, H. et al. Raman gain and nonlinear optical absorption measurements in a low-loss silicon waveguide. *Appl. Phys. Lett.* 85, 2196-2198 (2004).
- [5] Xu, Q., Almeida, V. R. & Lipson, M. Time-resolved study of Raman gain in highly confined silicon-on-insulator waveguides. *Opt. Express* 12, 4437-4442 (2004).
- [6] Liang, T. K. & Tsang, H. K. Efficient Raman amplification in silicon-on-insulator waveguides. *Appl. Phys. Lett.* 85, 3343-3345 (2004).
- [7] Boyraz, O. & Jalali, B. Demonstration of 11 dB fiber-to-fiber gain in a silicon Raman amplifier. *Electron. Express* 1, 429-434 (2004).
- [8] Xu, Q., Almeida, V. R. & Lipson, M. Demonstration of high Raman gain in a submicrometer-size silicon-on-insulator waveguide. *Opt. Lett.* 30, 35-37 (2005).
- [9] Jones, R. et al. Net continuous wave optical gain in a low loss silicon-oninsulator waveguide by stimulated Raman scattering. *Opt. Express* 13, 519-525 (2005).
- [10] Rong, H. et al. An all-silicon Raman laser. *Nature* 433, 292-294 (2005).
- [11] Rong, H. et al. A continuous-wave Raman silicon laser. *Nature* 433, 725-728 (2005).
- [12] Jones, R. et al. Lossless optical modulation in a silicon waveguide using stimulated Raman scattering. *Opt. Express* 13, 1716-1723 (2005).
- [13] Okawachi, Y. et al. All-optical slow-light on a photonic chip. *Opt. Express* 14, 2317-2322 (2006).
- [14] Fukuda, H. et al. Four-wave mixing in silicon wire waveguides. *Opt. Express* 13, 4629-4637 (2005).
- [15] Espinola, R. L., Dadap, J. I., Osgood, R. M. Jr, McNab, S. J. & Vlasov, Y. A. C-band wavelength conversion in silicon photonic wire waveguides. *Opt. Express* 13, 4341-4349 (2005).
- [16] Yamada, K. et al. All-optical efficient wavelength conversion using silicon photonic wire waveguide. *IEEE Photon. Technol. Lett.* 18, 1046-1048 (2006).
- [17] Rong, H., Kuo, Y. H., Liu, A., Paniccia, M. & Cohen, O. High efficiency wavelength conversion of 10 Gb/s data in silicon waveguides. *Opt. Express* 14, 1182-1188 (2006).
- [18] Sharping, J. E. et al. All-optical, wavelength and bandwidth preserving, pulse delay based on parametric wavelength conversion and dispersion. *Opt. Express* 13, 7872-7877 (2005).
- [19] Lin, Q, et al. 40-Gb/s optical switching and wavelength multicasting in a two-pump parametric device. *IEEE Photon. Technol. Lett.* 17, 2376-2378 (2005).
- [20] Ciaramella, E. & Trillo, S. All-optical reshaping via four-wave mixing in optical fibers. *IEEE Photon. Technol. Lett.* 12, 849-851 (2000).
- [21] Li, X., Voss, P. L., Sharping, J. E. & Kurnar, P. Optical-fiber source of polarization-entangled photons in the 1550 urn telecom band. *Phys. Rev. Lett.* 94, 053601 (2005).
- [22] Hansryd, J., Andrekson, A., Westlund, M., Li, J. & Hedekvist, P. Fiber-based optical parametric amplifiers and their applications. *IEEE Select. Topics Quant. Electron.* 8, 506-520 (2002).
- [23] Tsang, H. K. et al. Optical dispersion, two-photon absorption and self-phase modulation in silicon waveguides at 1.5 μm wavelength. *Appl. Phys. Lett.* 80, 416-418 (2002).
- [24] Dinu, M., Quothi, F. & Garcia, H. Third-order nonlinearities in silicon at telecom wavelengths. *Appl. Phys. Lett.* 82, 2954-2956 (2003).
- [25] Foster, M. A., Moll, K. D. & Gaeta, A. L. Optimal waveguide dimensions for nonlinear interactions. *Opt. Express* 12, 2880-2887 (2004).
- [26] Raghunathan, V., Claps, R., Dimitropoulos, D. & Jalali, B. Parametric Raman wavelength conversion in scaled silicon waveguides. *J. Lightwave Technol.* 23, 2094-2102 (2005).
- [27] Turner, A. C. et al. Tailored anomalous-group velocity dispersion in silicon channel waveguides. *Opt. Express* 14, 4357-4362 (2006).
- [28] Dimitropoulos, D., Raghunathan, V., Claps, R. & Jalali, B. Phase-matching and nonlinear optical processes in silicon waveguides. *Opt. Express* 12, 149-160 (2004).
- [29] Almeida, V. R., Panepucci, R. R. & Lipson, M. Nanotapers for compact mode conversion. *Opt. Lett.* 28, 1302-1304 (2003).
- [30] Liang, T. K. & Tsang, H. K. Role of free carriers from two-photon absorption in Raman amplification in silicon-on-insulator waveguides. *Appl. Phys. Lett.* 84, 2745-2747 (2004).

انفجارات شمسية ثلاثية الأبعاد



ملخص

تستطيع اندفاعات هائلة على الشمس تُعرف باسم مقذوفات كتلية شعاعية أن تولّد عواصف مغنطيسية عنيفة في الغلاف الجوي المحيط بالأرض. يقدم إدوين كارتليدج E. Cartlidge وصفاً لبعثة فضائية جديدة ستقدم رؤى غير مسبوقة عن هذه الانفجارات.

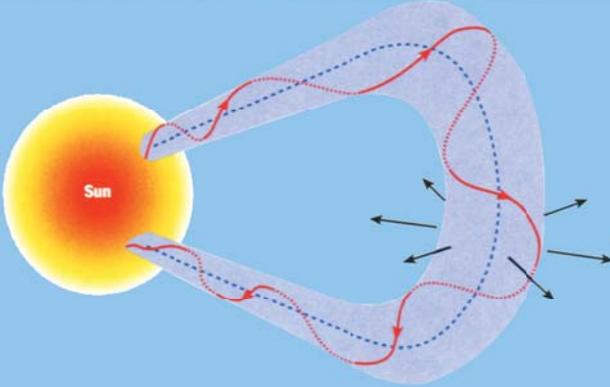
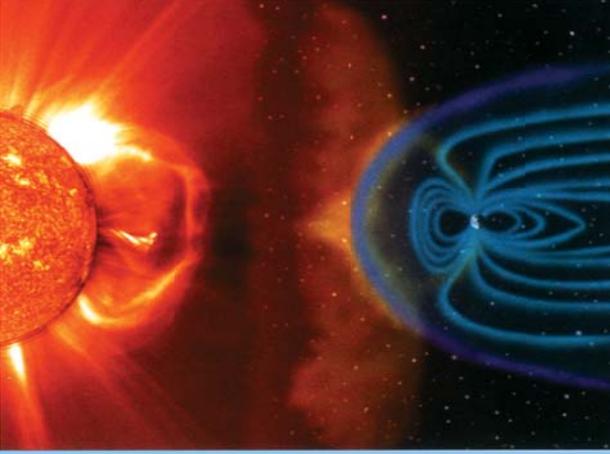
الكلمات المفتاحية

المناخ الفضائي، الغزف المغنطيسي، العواصف الجيومغنطيسية، الالكترونيّات المكروية، الريح الشمسية.

إن الظاهرة التي يُعتقد أنها مسؤولة عن ذلك وعن العواصف الجيومغنطيسية الأخرى هي المقذوفات الكتلية الشعاعية (CME). ويمكن لهذه الانفجارات الهائلة على سطح الشمس أن تقذف بلايين الأطنان من البلازما في الفضاء بسرعة ملايين الكيلومترات في الساعة، كما ترسل تيارات كهربائية وجسيمات عالية الطاقة تخترق الحقل المغنطيسي الواقي للأرض. وتستطيع السوائل الموجودة الراصدة للشمس تقديم تحذيرات (إنذارات) بالعواصف القريبة، مما يسمح مثلاً لشركات الطاقة الكهربائية بفصل أجزاء محددة

في شهر آذار/مارس من العام 1989 تَذوَّق سكان مدينة كيبيك الكندية طعم الكمون التمزيقي للشمس. إذ إن عاصفة مغنطيسية في الغلاف الجوي للأرض سببت اندفاعاً صغيرة في الطاقة الكهربائية في جزء من الشبكة الكهربائية للمدينة، مما قلب الفاصم الكهربائي. وهذا بدوره أدى إلى قلب فاصم آخر، وهكذا إلى أن تخربت الشبكة بكاملها. وبنتيجة ذلك، بات السكان المحليون بدون كهرباء وحرارة مدة تسع ساعات، وأُغلقت منظومة قطار الأنفاق والمطارات، كما اضطرت المدارس والشركات التجارية إلى الإغلاق.

الشكل 1: مناشر طقس الفضاء



يتعرض الحقل المغنطيسي ثنائي القطب التابع للأرض إلى تيار مستمر من الجسيمات المشحونة الواردة من الشمس تُعرف بالرياح الشمسية (في الأعلى). وهذه الرياح تضغط الدرع المغنطيسي الواقع للأرض، أي الغلاف المغنطيسي magnetosphere، على الجهة الأقرب إلى الشمس وتمده نحو الخارج على الجهة البعيدة. وينضغط الغلاف المغنطيسي أيضاً بفعل المقذوفات الكتلية الشعاعية التي تنفث فقاعات بلازما متوسعة لها شكل الحرف U من سطح الشمس والتي يجرها حقل مغنطيسي (في الأسفل). إن ارتباط هذه الخطوط الحلقية بخطوط الأرض وانضغاط الغلاف المغنطيسي (بواسطة الرياح الشمسية) يحدثان عواصف جيو مغنطيسية.

نحو الأرض يومين أو ثلاثة أيام. وفي رحلتها تدفع الرياح الشمسية التي تتحرك ببطء أكبر، وتُصدر الشمس على نحو مستمر تياراً (دفعاً) من الجسيمات المشحونة. وتسلك الفقاعة كمحراث ثلجي يراكم الرياح الشمسية في منطقة عالية الكثافة ذات حافة أمامية واضحة التحديد تُعرف باسم موجة الصدم. وهذه بدورها تعمل على تسريع جزء صغير من جسيمات الرياح الشمسية إلى طاقات أعلى.

إن وصول فقاعة المقذوفات الكتلية الشعاعية إلى الأرض له تأثيران رئيسان: أولهما أن موجة الصدم تضغط "مقدمة" الغلاف المغنطيسي - وهو المنطقة من الفضاء المفعمة بالحقل المغنطيسي

من شبكاتها أو تنبّه مشغلي السواتل لوضع أجهزتهم في "صيغة أمنة". لكن غالباً ما تكون هذه التحذيرات متأخرة أو ناقصة وغير دقيقة وأثبتت كلفتها الباهظة. وفي الواقع، يتنبأ العلماء أن عاصفة جيو مغنطيسية قوية ما من نوع خاص يمكن أن تسبب تلفاً في السواتل يصل إلى 70 بليون دولار عندما يُؤخذ في الحسبان ما يرافق ذلك التلف من خسارة في الخدمات.

ولكن سرعان ما سيتحقق العون على شكل مرصد للعلاقات الأرضية الشمسية (STEREO) تابع لوكالة ناسا. ومن المقرر في هذا الصيف إطلاق بعثة فضائية كلفتها 540 مليون دولار تتألف من ساتلين متماثلين تقريباً - يتركز أحدهما أمام الأرض في مدارها حول الشمس، والآخر خلفها. وسيوفر هذان الساتلان رؤية (نظرة) ثلاثية الأبعاد للمقذوفات الكتلية الشعاعية (CMEs)، الأمر الذي لن يقلب فهمنا لهذه الحوادث فحسب، بل وسوف يزودنا أيضاً بتنبؤ أفضل بكثير عن العواصف الجيو مغنطيسية الناجمة.

الانواءات المغنطيسية

يُعتقد أن الشمس، على غرار الأرض، تحتوي قضيباً مغنطيسياً كبيراً، أو أنها ثنائي قطب dipole. وتكون شدة حقل هذا المغنطيس ليست هائلة، حوالي 50 G (5×10^{-3} T)، وهي تكاد تساوي شدة مغنطيس برّاد. لكن تشوهات موضعية في الحقل يمكن أن تكون أقوى بكثير. ويُعتقد أن سبب هذه التشوهات هو الدوران المتفاوت للشمس، حيث يستغرق دوران المناطق قرب القطبين حوالي 33 أو 34 يوماً في حين يكمل خط الاستواء دورته خلال 25 يوماً. وبالنتيجة، يصبح الحقل المغنطيسي المتولد في مركز الشمس ملتوياً ومتشابكاً ومعقداً، مما يفضي إلى مناطق ذات خطوط حلقية كثيفة تبرز من المركز. وهذه المناطق، التي تبلغ شداتها الحلقية آلاف الغاوس، يُعتقد أنها تحدّ من حمل الحرارة المتجه نحو الأعلى من المركز وتولد البقع العاتمة على سطح الشمس التي تُعرف بالبقع الشمسية sun spots.

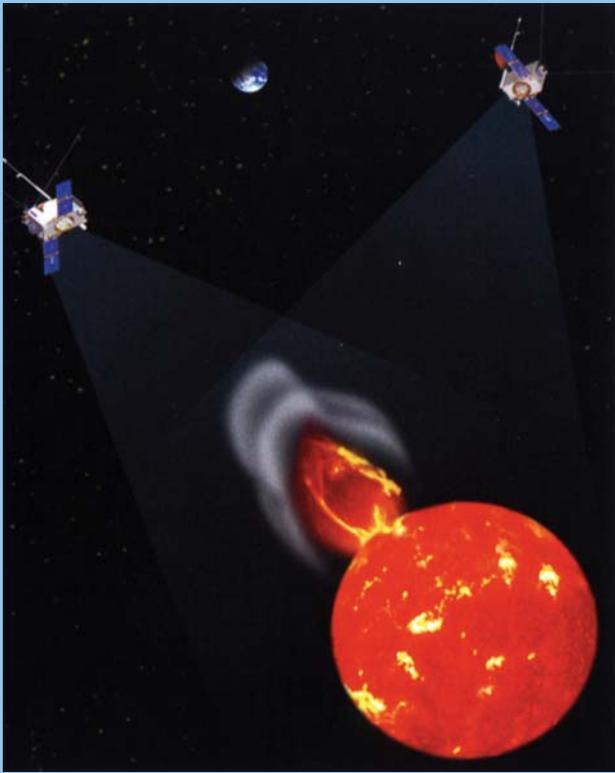
وفي نهاية المطاف، تصبح الحقول متشابكة جداً بحيث تصل إلى درجة الكسر وتتحل فجأة، محررة كميات هائلة من الطاقة عندما تفعل ذلك. وهذه الإصدارات من الطاقة يُعتقد أن سببها الاضطرابات الشمسية - وهي الانفجارات الهائلة في الغلاف الجوي المحيط بالشمس والتي تسرع الجسيمات المشحونة الصادرة عن الشمس بسرعات عالية. ويُعتقد أنها أيضاً سبب الـ CMEs.

تنفث CME كميات هائلة من البلازما على شكل فقاعة متوسّعة تأخذ شكل الحرف U يسحبها حقل مغنطيسي متأصل جزئياً في الشمس (انظر الشكل 1). ويستغرق عادةً وصول الفقاعة المقذوفة

يمكن أن تسبب عاصفة جيومغناطيسية قوية على وجه الخصوص تلفاً في السواتل يصل إلى 70 بليون دولار.

وبإجراء قياسات في الأبعاد الثلاثة جميعها، سيكون مرصد STEREO قادراً على إجراء تنبؤات أدق بكثير عن نشوء مادة المقذوفات الكتلية الشعاعية CME. فساتلاها اللذان أُطلقا باستخدام صاروخ واحد، سيعملان كزوج عيون تماماً - بحيث يقدّران اتجاه

الشكل 2: رؤية مضاعفة



إن المركبتين الفضائيتين التابعتين لـ STEREO ستعطيان صوراً ثلاثية الأبعاد للمقذوفات الكتلية الشعاعية بفضل نقاط إطلالة ممتازة في الفضاء. وقد تقرّر إطلاقهما معاً على صاروخ من طراز بوينغ دلتا تو من Cape Canaveral في ولاية فلوريدا مع نهاية شهر تموز/ يوليو من هذا العام (مع أن هذا التاريخ يمكن أن يمر إذا لم يكن بالإمكان إيجاد البطارية اللازمة لتشغيل آلية الصاروخ الإجبارية وذاتية التدمير). وما إن يتم إطلاق المركبتين الفضائيتين، حتى يتخذان مداراً متحد المركز حول الأرض، ويقترّب هذا المدار ليحاذي القمر بعد مضي حوالي شهرين إلى ثلاثة أشهر بعد إقلاع الصاروخ. في هذه النقطة سيكون الساتلان متباعدين إلى حدّ يكفي لجعل جاذبية القمر تدفعهما خارجاً في اتجاهين مختلفين كلياً - فأحدهما سيدخل إلى مدار حول الشمس والآخر سينكفئ على نفسه ليطيّر عابراً القمر مجدداً بعد ذلك بستة أسابيع قبل أن يدخل إلى مدار شمسي. والنتيجة النهائية هي أن إحدى المركبتين ستنتهي في مدار شمسي أمام الأرض في حين تمتد الأخرى خلف الأرض.

التابع للأرض. وهذا ما يمكن أن يثير إشكالية تتعلق بالسواتل الجيوتزامنية geosynchronous إذا ما تمّ دفع تلك المقدّمة، التي تبعد عن سطح الأرض بالحالة الطبيعية مسافة تزيد عن 60 000 كم، إلى ما تحت مدار هذه السواتل بمسافة 40 000 كم. وإذا ما حدث ذلك فإن الجسيمات العالية الطاقة المنبعثة من الاضطرابات الشمسية أو الرياح الشمسية يمكن أن تخترق بطانة (غلاف) هذه السواتل، مؤدية إلى إغلاق ذاكرة حواسيبها بعد أن كانت مفتوحة.

ثانياً، إن خطوط الحقل المغنطيسي من داخل الفقاعة تتصل مع تلك الخطوط في الغلاف المغنطيسي للأرض محرّرة كميات كبيرة من الطاقة. وهذه الطاقة تسرّع الجسيمات الموجودة الآن داخل الغلاف المغنطيسي، وربما بعضها ينشأ من الرياح الشمسية. ويعتبر تأثر هذه الجسيمات مع جزيئات غازية في الغلاف الجوي العلوي مسؤولاً عن الأضواء في الشمال والجنوب. ولكن، يمكن لهذه الجسيمات المتسارعة، من خلال إحداث تيارات كهربائية قوية داخل الغلاف المغنطيسي، أن تعبث كلياً بالإلكترونيات المكروية في السواتل، بالإضافة إلى إتلاف إمدادات القدرة الكهربائية على سطح الأرض، الأمر الذي سبّب مشكلات في إقليم كيبيك.

كذلك تمتلك العواصف الجيومغناطيسية إمكانية إيذاء الفلكيين. ويشير ميخائيل كيزر M. Kaiser، وهو عالم في مشروع STEREO، إلى أن عاصفة كبيرة في كانون الثاني من العام الماضي قد أوصلت جرعات خطيرة جداً من الإشعاع إلى كل فلكي في مجال كوكب المريخ صادف أنه كان يمشي في الفضاء يومذاك. وهناك أيضاً احتمال قليل بأن أي أحد خارج المحطة الفضائية الدولية على ارتفاع منخفض سيكون قد تأثر. يقول كيزر: "لا بد أنك تفضّل أن تكون في الداخل".

قدرة الاثنين

يمكن للمركبة الفضائية الراهنة أن تنذر بعواصف شمسية وشيكة الحدوث. فعلى سبيل المثال، يمكن لسابر التركيب المتطور ACE التابع لوكالة ناسا أن يعطي إنذاراً دقيقاً إلى حدّ مقبول بعاصفة قبل ساعة من حدوثها وذلك بقياس الجسيمات الطاقية الصادرة عن الرياح الشمسية قبل أن تصل إلى الأرض. ومن ناحية أخرى، يقوم المرصد الهليوسفيري والشمسي التابع لوكالة الفضاء الأوروبية ووكالة ناسا (سوهو SOHO) برصد المادة بصورة أقرب كثيراً من الشمس. مما يعني أنه يستطیع أن يقدم ملاحظة عن عاصفة محتملة لبضعة أيام. ولكن أية أخطاء في قياسات سوهو لاتجاه التفريغ سيتم تكبيرها عندما تنطلق المادة إلى الأرض، جاعلة التنبؤات المتعلقة بها أقل وثوقية بكثير.

الظروف على الشمس. ولن يكون STEREO حساساً بما يكفي كي يقدم مثل هذه التنبؤات، لكن البعثة الشمسية-B اليابانية، المقرر إطلاقها في أواخر هذا العام، ومرصد الديناميك الشمسي التابع لوكالة ناسا، الذي تقرر إطلاقه في غضون عامين، سوف يحققان لنا جزءاً من المشوار. فكلاهما سوف يجريان قياسات دقيقة جداً للحقول المغنطيسية المتغيرة على الشمس.

يقارن كيزر التطور الحاصل حول فهم الطقس في الفضاء في السنوات العشر الأخيرة بقدرتنا المتحسنة كثيراً على التنبؤ بالطقس على سطح الأرض، إذ يقول: "إذا عدت إلى الخمسينيات من القرن الماضي، فإن التنبؤ بالأعاصير كان يعتبر بالفعل سحراً شريراً. لكن في هذه الأيام يحتمل التنبؤ بالمكان الذي ستضربه الأعاصير ضمن عشرة أميال وكذلك الزمان الذي ستتشكل خلاله. فنحن نتحرك في الاتجاه نفسه بالنسبة للفضاء والأرض".

المادة المتجهة نحو الأرض وسرعتها بفضل الانحراف الطفيف بين المرصدين (انظر الشكل 2). وسيقوم طقم من أجهزة تصوير باستخدام الأشعة المرئية والأشعة فوق البنفسجية على ظهر المركبة الفضائية بتتبع التطور الثلاثي الأبعاد لـ CMEs من المنشأ على السطح الشمسي، وعبر الغلاف الجوي المحيط بالشمس (الذي يُعرف بالإكليل) وعن طريق الوسط بين الكواكب إلى تقاطعها النهائي مع الأرض. وسوف تشمل هذه القياسات تقييماً لحجم فقاعة CME التي تقدم دليلاً عن حجم الانفجار الأولي وبالتالي مقدار الطاقة التي ستصرفها في الغلاف المغنطيسي للأرض.

بالإضافة إلى ذلك، ستحتوي المركبة الفضائية مستقبلات receivers راديوية لكشف الإصدارات المنبعثة من جسيمات الرياح الشمسية التي سرعتها موجة الصدم. وهذه الإصدارات ستولد صورة ثلاثية الأبعاد لفقاعة CME بحيث توفر رؤية مستقلة وامتمة للصورة المستحصل عليها عند أطوال موجية مرئية وفوق بنفسجية. وثمة مجموعة أخرى من الأدوات على ظهر الساتلين سنكتشف الجسيمات الخطرة العالية الطاقة وتقيس توجيه الحقل المغنطيسي في فقاعة CME فيما يتعلق باتجاه الحقل المغنطيسي للأرض. وهذان المجالان يولدان مزيداً من العواصف الشديدة، عندما يعاكس أحدهما الآخر، تكون أشد بكثير منها حينما يقعان في الاتجاه نفسه. ويقول كيزر: "سيدمج STEREO قدرات ACE وSOHO ويفعل ذلك من نقطتي إطلالة ممتازتين. ونحن في الواقع لن نقوم بقياس أي شيء جديد لكننا سنجري هذه القياسات من منظور مختلف".

إنذار بالعاصفة

سيرسل STEREO في الوقت الصحيح دفقاً من البيانات إلى مجموعة من محطات التتبع المتخصصة في العالم التي أسستها الإدارة الوطنية الجوية والمحيطية -وهي المنظمة التي تزود الولايات المتحدة بالتنبؤات عن الطقس، بما في ذلك المناخ في الفضاء أيضاً. واستناداً إلى كيزر، يمكن لبيانات STEREO -التي ستتكوّن من صورة مضغوطة للشمس وقياسات الجسيمات الطاقية - أن تحسّن ملاحظة العاصفة من ساعة إلى يومين باستخدام ACE .

على أية حال، ومن أجل بعض الأغراض فإن إنذاراً مدته يومان ليس كافياً. إذ إن الخطوط الجوية على سبيل المثال تفضل ملاحظة مدتها أسبوع بغية تغيير مسارات الطائرات بعيداً عن القطبين -أي عن المناطق التي تتأثر أشد التأثير بالعواصف المغنطيسية، ولكن بما أن المادة التي تلفظها المقذوفات الكتلية الشعاعية تستغرق ما لا يقل عن يومين إلى ثلاثة أيام للوصول إلى الأرض، فهذا سيتضمن كونها قادرة على التنبؤ بحدوث CME وبشدتها المحتملة عبر دراسة

المؤلف:

إدوين كارتليج

- نشر هذا المقال في مجلة Physics World, July 2006، وتمت ترجمته في هيئة الطاقة الذرية السورية.

لقد اكتُشف أن جسيماً تحت ذري يدعى الميزون B المعتدل الغريب ينقلب تلقائياً إلى جسيمه المضاد ثم يعود ثانية ثلاثة ترليون مرة في الثانية الواحدة. هذا ما يشرحه جوزيف كروول في هذا المقال.



تقلب المادة المضادة

لقد استعمل optimized الفيزيائيون العاملون على مكشاف CDF لدى المختبر "فرمي لاب" هذه النسيطة للإحاطة بالذنبات السريعة جداً بين جسيمات المادة والمادة المضادة.

فيزيائيو الجسيمات يقيسون تقلب المادة إلى مادة مضادة

الكلمات المفتاحية

تقلب المادة والمادة المضادة، الميزون B ، نكهة الكوارك، النموذج المعياري.

وُجد أن الكاونات تنتهك تناظراً أساسياً يدعى تناظر الشحنة-الندية charge-parity (CP) symmetry. وبتعبير آخر، إذا استُبدلت الكاونات المضادة بالكاونات وعُكست اتجاهات الحيز الثلاث كلها، فلن يكون السلوك نفسه. هذا الاكتشاف غير المتوقع له مضامين عميقة بالنسبة للفيزياء لأنه يساعد على تفسير رجحان أو تفوق المادة على المادة المضادة في الكون.

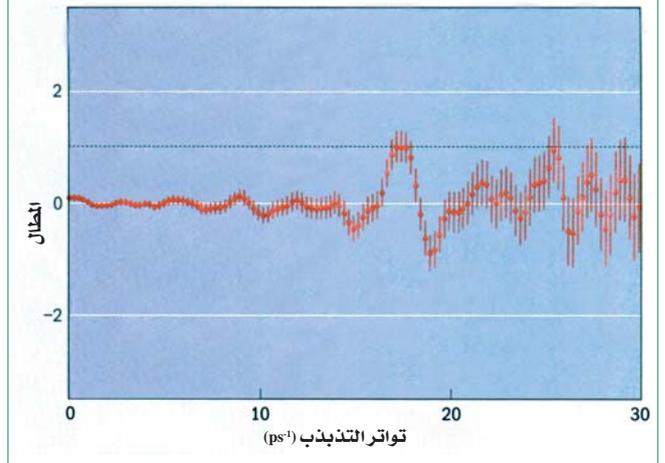
لكن الكاونات ليست مقتصرة على الميزونات التي تخضع لتذبذبات (المادة والمادة المضادة) فقط، فالتجارب التي أجريت في أواخر الثمانينيات وأوائل التسعينيات من القرن الماضي في مختبرات الجسيمات الأوروبية في سيرن CERN وديزي DESY أوحى بأن "الميزونات B " المعتدلة -التي تحتوي على الكوارك القاعي bottom quark

بقي الفيزيائيون طيلة الخمسين سنة الماضية على علم بأن بعض أنواع الميزونات المعتدلة neutral mesons تستطيع أن تتحول إلى نظرائها من المادة المضادة ثم تعود ثانية إلى ما كانت عليه. إن الميزونات هي جسيمات تحت ذرية تشكل حالات مرتبطة (لكوارك وكوارك مضاد) توجد بصورة سريعة الزوال في تجارب فيزياء الطاقة العالية وفي تآثرات الأشعة الكونية. لكن ميكانيك الكم يتيح لها أن تتذبذب بين عالمي المادة والمادة المضادة وبسرعات صاعقة.

لقد حدث التنبيب بالتحويلات جسيم-جسيم مضاد particle-antiparticle transformations للمرة الأولى في العام 1954 من أجل الكاونات المعتدلة neutral kaons، التي تتألف من تحت كوارك "down" quark وكوارك مضاد "غريب" strange antiquark. وبعد عقد من الزمن

إن قياس تواتر تحول الميزون B_s^0 يعد عملاً تجريبياً خارقاً

قياس تواتر الانتقال



لحساب التواتر الذي يتذبذب عنده B_s^0 فيتحول إلى \bar{B}_s^0 والعكس بالعكس، يحسب الباحثون أرجحية أن يأتي المطال اللاتناظري $asymmetry$ الملحوظ من تواتر تذبذب خاص. إذا كانت المعطيات متساوقة مع الذبذبات عند تواتر خاص، فعندئذ نتوقع أن يكون هذا المطال هو الوحده؛ وما عدا ذلك فهو يساوي الصفر. وأفضل مواهمة هي التي تقابل تواتراً زاوياً يساوي $17.3 \times 10^{12} ps^{-1}$ ، الذي يقابل تواتراً قدره $2.75 THz$.

يتحول أحد تحت الكواركات في النترين إلى فوق كوارك ليغطي بروتوناً. وتوصف الشدات النسبية لتأثرات تغير النكهة -flavour changing interactions في قطاع الكواركات بمصفوفة 3×3 تدعى كابييو- كوباياشي-ماسكاوا Cabibbo-Kobayashi-Maskawa أو المصفوفة CKM اختصاراً.

إن العناصر التسعة للمصفوفة CKM -وهي القيم التي لم يتنبأ بها النموذج المعياري Standard Model- هي أعداد عقدية. ولكن نظراً لكون المصفوفة "وحداية unitary" فإن القيم يمكن التعبير عنها بدلالة ثلاثة أعداد حقيقية مستقلة وطور عقدي واحد فقط. إن وحداية المصفوفة CKM لها أيضاً تأويل هندسي ملائم بلغة مثلث ارتفاعه هو الأصل في انتهاك CP في النموذج المعياري.

إن الحاجة للإحاطة بالأضلاع الأخرى والزوايا الداخلية لهذا المثلث الوحداية دفعت الباحثين إلى إنشاء "مصانع B-factories" مخصصة لهذا الغرض في مختبر KEK في اليابان ومختبر المسرع الخطي في ستانفورد سلاك (SLAC) بكاليفورنيا. ولما أصبح هذان المصنعان في طور التشغيل في العام 1999 أخذتا ينتجان عشرات الملايين من أزواج "الميزونات B وميزونات B المضادة" كل عام عبر تصادم حزم من الإلكترونات والبوزترونات عند طاقة تبلغ حوالي $11 GeV$. وعلى نفس القدر من الأهمية فإن النتائج أكدت الإسهام الكبير لميزونات B في انتهاك CP المتوقع في النموذج المعياري.

لكن المصادم تيفاترون التابع لمختبر فرمي لاب، الذي يصادم البروتونات والبروتونات المضادة عند طاقات تبلغ $2 TeV$ ، ينتج ميزونات B بقدر يفوق مصانع B إلى حد كبير. وفضلاً عن ذلك، فإن طاقة التصادم الأكبر تمكنا من دراسة ميزونات B التي تعد ذات كتلة كبيرة جداً تعيق إنتاجها في مصانع B عند طاقات أعلى، أمثال B_s^0 . إن دراسة تصادمات المادة - المادة المضادة لميزونات B_s^0 تمكنا من تحديد نسبة العنصرين من عناصر CKM التسعة بدقة، والتي نستطيع منها حساب طول أحد أضلاع المثلث الوحداية.

وكذلك فإن مثل هذا القياس ونظراً لكونه اختباراً متناسقاً جيداً لعناصر CKM (عندما يضاف إلى قياسات الضلعين الآخرين للمثلث) يقدم أيضاً دليلاً غير مباشر لانتهاك CP. وإذا لم ينتهك تناظر CP، فإن ارتفاع المثلث - ومن ثم الطور العقدي- سيكون صفراً.

تعدّي التواترات العالية

بدأ المسعى لمشاهدة ذبذبات نكهة ميزون B_s^0 لدى CDF في عام 1992. ولكن لم يكن معدل المعطيات عالياً بما يكفي للإسكاف بناسية قياس الذبذبات بصورة جدية إلا بعد أن حصل تحديث كبير على مركب المسرع تيفاترون خلال الأعوام 1996-2000. وفي هذه الأثناء خضع مكشاف CDF إلى إعادة بناء reconstruction لتمكينه من استئثار المعدلات العالية للمعطيات.

إن التيفاترون هو المنشأة الوحيدة في الوقت الراهن التي يمكن فيها قياس تذبذبات B_s^0 ، بيد أن بيئة تصادم "البروتون-البروتون المضاد" تجعل الإجراءات أكثر تعقيداً مما هي في مصانع البوزترونات

الأثقل - هي دورها تتذبذب أيضاً. إن B_s^0 الذي يتكون من كوارك غريب وكوارك قاعي يتحول إلى \bar{B}_s^0 (وهو كوارك قاعي وكوارك قاعي مضاد)؛ في حين يتذبذب ابن عمه B_d^0 الأقل كتلة (وهو تحت كوارك مضاف إليه تحت كوارك مضاد) ويتحول إلى \bar{B}_d^0 .

لقد تبين أن B_d^0 يقوم بهذه الحركة الجبازية ما يقارب 80 بليون مرة في الثانية. قد يبدو ذلك سريعاً، لكن ذبذبات B_s^0 أسرع، ولذلك لم يكن من المستطاع قياسه حتى الآن لأنه يتصّف بالمرآعة. ويتحليل أكثر من بليون من التصادمات بين البروتون والبروتون المضاد في المصادم تيفاترون Tevatron في مختبر المسرع الوطني بفرمي (فرمي لاب Fermilab) في الولايات المتحدة، حدّد الفيزيائيون الذين يعملون على تجربة CDF مؤخرًا أن هذا التواتر يقارب 3 تيرا هرتز (أي $3 \times 10^{12} Hz$). وهذه القيمة تتفق تماماً مع القيمة التي تنبأ بها النموذج المعياري standard model لفيزياء الجسيمات، وتقوم ذبذبات B_s^0 بتأمين منظومة جديدة يتم بها استكشاف انتهاك تناظر الشحنة-النديّة (CP).

تغيير النكهة

يصف النموذج المعياري العالم تحت الذري بدلالة ستة كواركات وستة لبتونات leptons تتأثر فيما بينها عن طريق القوة الكهرومغناطيسية، والقوتين النوويتين القوية والضعيفة. إن "نكهات" flavours الكواركات الستة هي: فوق up وتحت down وغريب strange وفتان charm وقاعي bottom وُزروي top، مصنفة وفق تزايد الكتلة؛ بينما الأنواع الستة من اللبتونات هي: الإلكترون، والميون والتاو يضاف إليها نترينواتها المصاحبة، يضاف إلى ذلك أن لكل كوارك ولبتون الجسيم المضاد الخاص به.

في النموذج المعياري تنشأ ذبذبات (المادة-المادة المضادة) من التأثيرات الضعيفة، التي تجعل الكواركات واللبتونات تغير النكهة أو النمط. ففي التفكك الإشعاعي لجسيمات بيتا، على سبيل المثال،

B. وبدلاً من إنتاج أزواج "ميزونات B و B المضادة" بصورة مباشرة، يتم إنتاج كواركات قاعية bottom quarks أولاً على شكل أزواج من "الكواركات والكواركات المضادة".

لم يكن معدل المعطيات عالياً بالقدر الذي يكفي للإسكاف بناسية قياس الذبذبات بصورة جدية إلا بعد أن طرأ تحسُّن كبير على المسرع تيفاترون.

الأخير، الأكثر هولاً، فإنه يتمثل في تعيين نكهة الميزون B حين إنتاجه. ومن أجل هذه الخطوة، يمتلك CDF مكشافاً "ل زمن الهروب" time of flight detector تم بناؤه خصيصاً

لتعيين هوية الكاونات kaons المشحونة المتوقع إنتاجها إلى جانب الميزونات B_s^0 في عملية الهدنة hadronization process. إن شحنة الكاونات هي التي تحدد فيما إذا كان الميزون B ناتجاً من كوارك قاعي أو كوارك مضاد قاعي.

بداية جديدة

إن نتائج تحليل CDF، التي استغرق استكمالها أربع سنوات، كان قد تم الإعلان عنها في حلقة دراسية (سمينار) في المختبر فرمي لاب في العاشر من نيسان/أبريل. تقدم هذه النتائج أول قياس لتواتر تذبذب الميزون B_s^0 الذي بلغ 2.75×10^{12} Hz. وهذا يعني أن الميزونات B_s^0 تتحول transform ذهاباً وإياباً بين جسيمات وجسيمات مضادة حوالي أربع مرات خلال زمن حياتها الوسطي. ورغم أن هذا القياس مضبوط جداً، فاحتمال أن تستطيع ترجمات عشوائية أن تنتج إشارة تذبذب ملحوظة هو 0.2%. وما دام الأمر كذلك، فإنه غير مضبوط بالقدر الذي يكفي لإعلانه عن مشاهدة محددة مدتها خمسة أجزاء من ألف جزء من الثانية "five sigma" لتحولات ميزونات B_s^0 من مادة إلى مادة مضادة. ومهما يكن من أمر فإن التواتر المشاهد يتفق مع النموذج المعياري وكذلك يقع ضمن المجال الذي قاسه الباحثون في التجربة D0 شقيقة CDF التي أجريت في أوائل هذا العام.

إن قياس تواتر تحول الميزونات B_s^0 هو عمل يدل على البراعة التجريبية، إذ إنه يقابل فرقاً في الكتلة ما بين B_s^0 و \bar{B}_s^0 يبلغ 0.011 eV - أي ما يقارب جزءاً واحداً من ترليون جزء من كتلة B_s^0 السكونية. هذا قياس استثنائي لفرق طاقة طفيف جداً بين حالتين كموميتين مقترنتين. لكن ذلك ليس نهاية المطاف في هذه المسألة العلمية. فنحن نخطط لدى CDF لمواصلة تحسين تحليل المعطيات الحالية، وكذلك جمع المزيد من المعطيات لإغناء المعنى الإحصائي وتحسين دقة القياس.

أما وقد أنشأنا B_s^0 oscillation frequency فإننا الآن قادرون على الشروع بدراسة انتهاك CP في منظومة الميزونات B_s^0 . وسيكون هذا أحد الأهداف الأولية لتجربة LHCb في المصادم الهدروني الكبير Large Hadron Collider التابع لسيرن CERN الذي يتوقع دخوله حيز التشغيل في العام القادم لأنه قد يستطيع كشف سمات في الفيزياء أبعد من النموذج المعياري، مثل التناظر الفائق supersymmetry. وما هذا القياس إلا بداية لمزيد من الاكتشافات العلمية المثيرة.

ولدى انطلاقها متفرقة، تزداد القوة العارمة بينها إلى أن تصبح كافية لتوليد أزواج أخرى من "الكواركات-الكواركات المضادة". تنظم هذه الأزواج نفسها بسرعة في هَدرونات hadrons، ينتهي من خلالها حوالي 10% من الكواركات القاعية المنتجة إلى ميزونات B_s^0 .

يتضمن قياس تواتر تذبذب الميزونات B_s^0 عدة خطوات. فبمجرد إنتاج الميزون B_s^0 فإنه يضمحل في الحال، ومن ثم لا يمكن قياسه مباشرة بواسطة مكشاف CDF. لذا فنحن نحتاج أولاً إلى اختيار تلك الحوادث التي نرى فيها دليلاً بيناً لمنتجات اضمحلال B_s^0 المتوقعة. ونحتاج ثانياً إلى قياس الزمن الذي انقضى بين إنتاج الميزون و اضمحلاله، (الأمر الذي يُعرف من جهة أخرى بزمن الاضمحلال المناسب). وأخيراً علينا أن نحدد نكهة الميزون B - أي إذا ما كان يحتوي على كوارك قاعي وبالتالي يكون \bar{B}_s^0 أو يحتوي على كوارك مضاد قاعي وبالتالي يكون B_s^0 - وذلك سواء لدى إنتاجه أم لدى اضمحلاله. يُحدد الأخير بصورة لا لبس فيها بواسطة منتجات الاضمحلال، بينما يتحقق الأول باستخدام تقنية تسمى وسم النكهة flavour tagging.

ولاستخراج تواتر التحول transformation frequency نقوم بعدد بتصنيف الميزونات إلى نمطين: الميزونات التي تضمحل ولها النكهة ذاتها التي كانت تتمتع بها حين إنتاجها وهي تصنف بأنها "غير مختلطة unmixed"، بينما تصنف الميزونات التي تضمحل بنكهة عكسية بأنها "مختلطة mixed". وبعدد نقسم عدد الاضمحلال غير المختلطة مطروحاً منها عدد الاضمحلال المختلطة على مجموع كليهما، ونأخذ قياس هذا "اللاتناظر asymmetry" كتابع للزمن المميز للاضمحلال. ويتبع اللاتناظر الناتج سلوكاً جيبياً بتواتر يقابل تواتر تذبذب الانتقالات "مادة-مادة مضادة".

إن التحديات التجريبية في إجراء مثل هذه القياسات كثيرة. تكمن أولاً في عزل تصادمات "البروتون-البروتون المضاد" التي تحتوي على الميزونات B_s^0 ، والتي تحدث مرة واحدة في كل 10000 حادثة. ويمكن جعل هذا الأمر ممكناً بواسطة "قادر trigger" معقد يقوم باتخاذ قرارات سريعة ودقيقة حول رفض نتائج التصادم "بروتون-بروتون مضاد" أو رفضها. إن قادر CDF ينتقي ميزونات B_s^0 عبر كشف مدى بُعد اضمحلالها عن نقطة التصادم، وهذا يعني قياس مسارات الجسيمات بدقة تبلغ عشرات الميكرونات.

التحدي الثاني هو أن نقيس زمن الاضمحلال بدقة. ومن أجل هذه الغاية يتم تجهيز مكشاف CDF بشرائط من السليكون موضوعة قريبة جداً من نقطة التصادم بحيث تتيح مِيزاً زمنياً أفضل من 100 fs (فمتوثانية) أي 10^{-15} s. وهذا الميز يقل بـ15 ضعفاً عن زمن حياة B_s^0 ويقابل ما يساوي ربع دور التذبذب الملاحظ. أما التحدي

المؤلف: جوزيف كروول من جامعة بنسلفانيا في الولايات المتحدة وقد كان عضواً في التعاون مع CDF منذ 1993.

- نشر هذا المقال في مجلة Physics World, July 2006، وتمت ترجمته في هيئة الطاقة الذرية السورية.

جرمانيوم ميزوي البنيان ذو تناظر مكعبي للمسامات

ملخص

درست مواد الأكاسيد ذات المسامات الميزوية المنتظمة دراسة واسعة [1-8] ولها مجال واعد من التطبيقات، مثل الوساطة الكيميائية والامتصاص والفصل. ولم ينظر إليها، بصورة عامة، من أجل خواصها الضوئية والإلكترونية. تمثل أنصاف النواقل العنصرية ذات المسامات النانوية التي تخترقها شكلاً مختلفاً عما يرد في مادة الأطر (الهيكل)، فهي ذات خواص

فيزيائية مغايرة لمميزات الشكل الكتلي bulk المعتاد أو للأغشية الرقيقة أو للأشكال البلورية النانوية. نصف هنا جرمانيوم ميزوي البنيان MSU-Ge-1 ذا أفضية شبه تليفية تحوي على جزيئات خافضة للتوتر السطحي، ومفصولة بعضها عن بعض بجدران لابلورية تقع على السطوح الصغيرة لشبه التليف (G)، كما هو الحال في السيليكا الميزوية المسام [2] MCM-48. ومع أنّ الجرمانيوم Ge نصف ناقل تساهمي عالي درجة حرارة الانصهار يصعب تحضيره من بلمرة المحلول، فقد نجحنا في تجميع شبكة Ge مستمرة باستخدام طبيعة مناسبة لذرات الجرمانيوم Ge⁴⁺. وتشير نتائجنا إلى إمكان تكييف أنصاف النواقل من المجموعة 14 في الجدول الدوري بأشكال ميزوية التشكل مثل MSU-Ge-1 التي تمتلك قسامات نوعين من أنفاق تيهية labyrinthine ثلاثية الأبعاد تمثل لمجموعة التناظر الفضائية $Ia\bar{3}d$ ، وتتفصل بسطح أصغري مستمر من الجرمانيوم الذي لولاه لكان غير بلوري. وكننتيجة لهذه البنية الجديدة للجرمانيوم، التي تمتلك جدراناً لا تتجاوز سماكتها نانومتر واحد، نجد فرجة عصابة طاقة إلكترونية أعرض مما هي عليه في الجرمانيوم البلوري أو اللابلوري (فهي تساوي 1.4ev مقابل 0.66ev). ويخلق التأكسد المتحكم به ل MSU-Ge-1 تشكيلة من تحت أكاسيد الجرمانيوم ذات نسب من Ge:O ذات تفاوت مستمر وذات فرجة طاقة تتزايد بسلاسة.

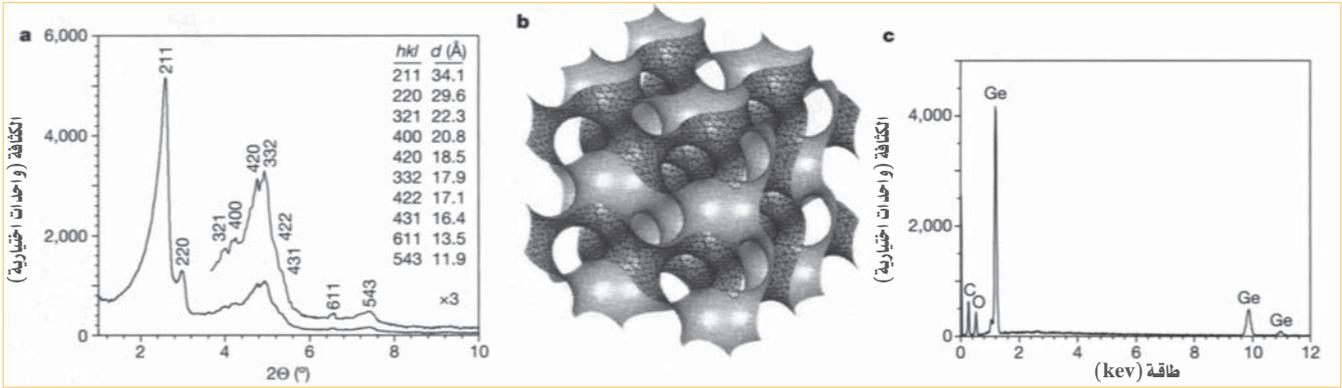
الكلمات المفتاحية

التحفيز، الامتصاص، مواد الأكاسيد ذات المسامات الميزوية، أنصاف النواقل، خافضات التوتر السطحي.

وخلافاً للمركبات الميزوية البنيان، فإنّ المواد العنصرية الميزوية البنيان لم تطوّر كفاية، ولم تدرس إلا بضعة أمثلة فقط تتضمن منظومات معادن انتقالية، بما فيها سبائك Pt و Pt/Ru [12,13]. ويعد تصنيع بنى عنصرية مثقبة ذات أنفاق بمقاس نانوي تحدياً كبيراً بسبب صعوبة تنمية أو تنظيم طلائع مناسبة وفق الأسلوب المرغوب. ويمكن لأنصاف النواقل الميزوية المسام العنصرية ذات الانتظام المسامي الثلاثي الأبعاد أن تحوّر بارامترات الفيزيائية بطريقة تقود إلى تحقيق خواص إلكتروبصرية جديدة غير موجودة في المواد الكتلية المشابهة [9,14].

لقد درّس الجرمانيوم نصف الناقل مع العديد من تطبيقاته التّقانية دراسة موسّعة جدا [15-17]. كما تم ذكر عدد كبير من رائق تصنيع وتطوير جسيمات جرمانيوم Ge نانوية [18,19]. ووصف حديثاً تحضير بلورات جرمانيوم نانوية في الطور السائل باستعمال مادة خافضة للتوتر السطحي غير أيونية كعامل موجّه لحجم وشكل البلورات [20,21]. ومع أنّ اصطناع البلورات النانوية من الجرمانيوم

إنّ آلية الرصف البلوري السائلي لتحقيق تحكّم تركيبى على المقاس النانوي، قد قاد إلى اكتشاف أطوار ميزوية لاعضوية ذات معماريات مسامية مدهشة. وتتضمن هذه الطريقة تآثرات كهراكية وتوافقاً في الشحنة عند السطح البيني لجزيئات المادة الخافضة للتوتر السطحي المتجمّعة ذاتياً والأنواع اللاعضوية. وقد جرى في الأصل استخدام هذه الطريقة مع المواد المبنية على السيليكا، ثم امتدت هذه المقاربة إلى السيليكات العضوية [3-4] وبعدها إلى أكاسيد المعادن الانتقالية [5-8]. ففي حين تكون الأكاسيد الخزفية الميزوية المسامات مرغوبة في تطبيقات الوساطة الكيميائية والفصل والامتزاز، فإن مؤطراتها frameworks تفتقد الخواص الإلكترونية والضوئية المثيرة. وقد أدت فكرة الأجسام الصلبة ذات المؤطرات الميزوية المسام النصف الناقلة بمجموعات بحثية متنوعة إلى تطوير سبل تركيبية لمواد غير أكسيدية وذلك بربط تجمعات التشالكوغنايد مع أيونات معدنية رابطة متنوعة أيضاً [9-11]. وقد أظهرت هذه المواد انتظاماً طويلاً المدى مع خواص إلكتروبصرية تنبع من مؤطرات التشالكويدي الخافض للتوتر السطحي.



الشكل 1: تبعثر الأشعة السينية عن المادة MSU-Ge-1 الميزوية البنين، والسطح الأصغري شبه التدويري الثاني الاستمرار وطيف الأشعة السينية المتبدد الطاقة. (a) نمط XRD للمسحوق في الجرمانيوم الميزوي البنين المكعب. يشبه هذا النموذج تلك الواردة في تقارير منظومات MCM-4 السيليكاكية المكعبة ذات الجودة العالية. وإن فهرسة انعكاسات براغ (انظر الجدول داخل الشكل) منسجمة مع خلية وحدة متمركزة الجسم ذات طول الضلع (b) $a=8.4\text{nm}$. السطح الأصغري شبه التدويري ثنائي الاستمرار ذو تناظر للمسامات هو $Ia\bar{3}d$. كما يتبع هيكل الجرمانيوم العنصري السطح شبه التدويري فيما تشغل الجزينات الخافضة للتوتر السطحي للقنوات المسامية. وينتمي سطح الظليلين المختلفين إلى منظومتى القنوات المختلفة المستقلة في البنية. (c) طيف الأشعة السينية متبدد الطاقة لمادة MSU-Ge-1 النقية يظهر وجود عنصر الجرمانيوم فقط. وتُعزى القمم المرتبطة بالكربون والأكسجين إلى المادة الخافضة للتوتر وقد تكون مرتبطة أيضاً بالشبكة.

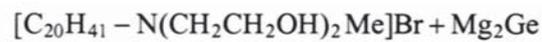
يظهر نموذج انعراج الأشعة السينية للمسحوق (XRD) للمادة MSU-Ge-1 في الشكل 1a. ويبيد هذا النموذج عدة قمم متميزة واضحة ضمن مجال الزوايا الصغيرة $2\theta = 2 - 8^\circ$ ، التي يمكن فهرستها على النحو التالي: قمم الانعراج (211) و (220) و (321) و (400) و (420) و (332) و (422) و (431) و (611) و (543)، ويقابل هذا النموذج المجموعة الفضائية المكعبة $Ia\bar{3}d$ ذات بارامتر خلية الوحدة المكعبة المشدب الذي يساوي $a = 8.4\text{nm}$. ويشير العدد الكبير من قمم براغ Bragg peaks المشاهدة في نمط XRD إلى انتظام عالٍ في المسامات وإلى دورية طويلة المدى في البنية. إضافة إلى ذلك، تظهر نتائج XRD أن مؤطر الجرمانيوم يُرسم فوق السطح التدويري الأصغري بصورة مشابهة للسيليكات الميزوية البنين MCM-48 (الظاهرة في الشكل 1b) [22].

عُيّن التركيب الكيميائي للمادة MSU-Ge-1 باستخدام التحليل العنصري لـ C و H و N والتحليل ذي المجس المكروي المتبدد الطاقة. وقد أُكِّد التحليل وجود الجرمانيوم Ge فقط وغياباً تاماً لعنصر المغنيزيوم Mg وللعنصر الهالوجيني (الكلور أو البروم). انظر الشكل 1c. كما كان تركيب MSU-Ge-1 منسجماً مع النظامية التكافؤية الكيميائية للمادة $EMBEHA-[Ge]_m$ (stoichiometry).

يقدم الشكل 2 صوراً نمطيةً بواسطة المجهر الإلكتروني النافذ (TEM) وقد جرى التقاطها من MSU-Ge-1، مع محولات فورييه السريعة (FFT) المقابلة المأخوذة على طول مساحة رقيقة من الصور. وقد نجحنا في تسجيل صور TEM وفق الاتجاهات [100]، [110]، [111] و [311] التي تظهر دورية منتظمة ممتدة للمسامات ومؤكدة أنّ المادة تركيب ميزوي البنين شبه تدويري مكعبي التناظر [21].

أمر تحقق بصورة حسنة، باستخدام إجراءات تؤثر في حجم وشكل الجسيمات النانوية "الداخلية"، فإنه لم تظهر في التقارير أعمال لتصنيع أنصاف نواقل جرمانيوم ذات مؤطرات ميزوية البنين. وإنما نورد في هذا المقال استراتيجية تركيبية ناجحة لتحضير جرمانيوم نصف الناقل ميزوي البنين، مبنية على تقنية رصف بلورية سائلة، كما نورد شكلاً جديداً من إطار مبنئ كلياً على جرمانيوم ذي منظومة مسامية نانوية مكعبية التناظر التدويري (cubic gyroid symmetry).

كي ننتج الجرمانيوم الميزوي البنين، استعملنا أنيونات Ge^{4+} مستمدة من Mg_2Ge ووصلناها معاً عبر تفاعل إبدال رباعي كلور الجرمانيوم ($GeCl_4$) بوجود خافضات توتر سطحي كاتيونية، انظر المخطط (1). ويجب أن يتم الاصطناع في جو خامل inert. كما استعملنا المادة الخافضة للتوتر السطحي الثنائية N - أيكوسان - N - ميثيل - N,N - ديس (2 - هيدروكسي إيثيل) بروم الأمونيوم (EMBEAB) كمرصاف مذيكي micellar template في محلول الفورم أميد. وتأخذ المادة الهجينة العضوية-اللاعضوية التي سنرمز لها بـ MSU-Ge-1 الصيغة $EMBEHA-[Ge]_m$ (حيث $m \approx 8$):



الفورم أميد
↓
جو من N_2



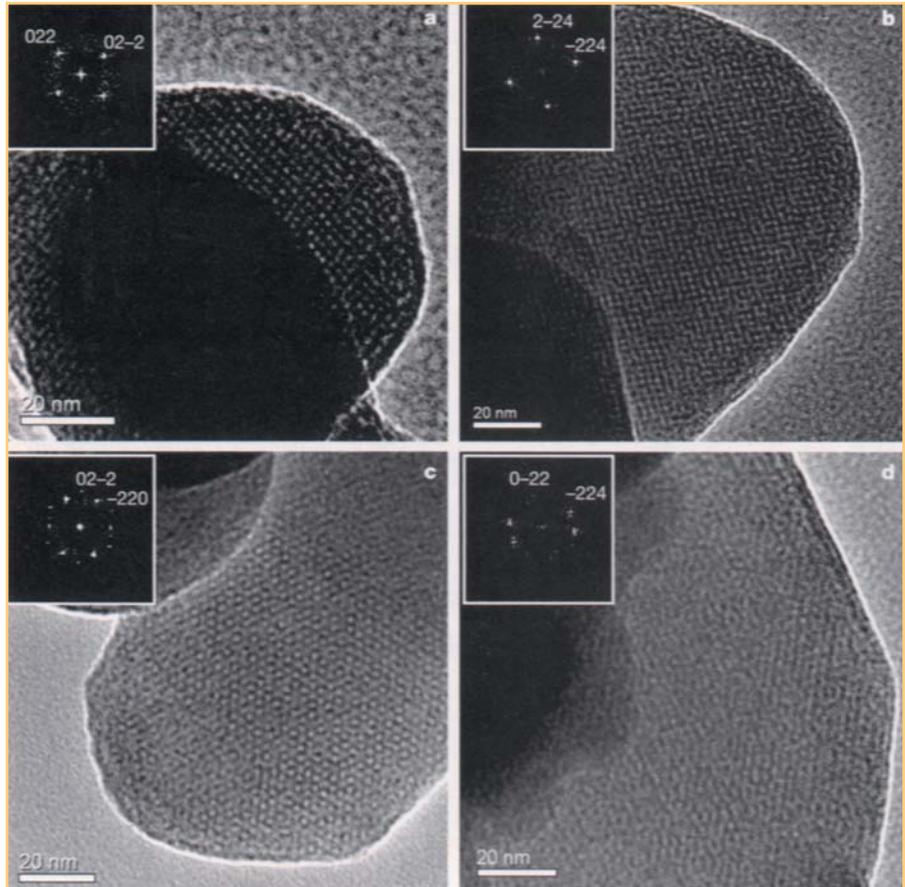
محلول ذلي مرتب
↓
وسيط رابط $GeCl_4$
↓
MSU-Ge-1

MSU-Ge-1 يمتلك بنية محلية محددة تحديداً حسناً (أي وجود رابطة Ge-Ge)؛ غير أنه بسبب رقة الجدران الشديدة (~ 1nm) لشبكة Ge شبه التدويرية نتوقع أن تقع معظم ذرات الجرمانيوم على السطح. لذلك لا نستطيع التأكد من وجود الهندسة الرباعية الوجوه التامة التي يتمتع بها الجرمانيوم البلوري أو اللابلوري بصورة مؤكدة في MSU-Ge-1. وإن غياب ظهور رقم الترابط الزوجي الذري عند المسامات فيما بعد 5Å يؤكد غياب الترتيب المتوسط المدى أو الطويل المدى في شبكات Ge في المادة MSU-Ge-1. يبدي الجرمانيوم البلوري قمم ترابط بين ذرية interatomic طويلة المدى ناجمة عن دوريته. ومن الأهمية بمكان ملاحظة غياب قمم الترابط PDF عند 1.7Å و 3.2Å التي يمكن أن تنشأ من حصص الروابط Ge-O و Ge-O-Ge في البنية [25].

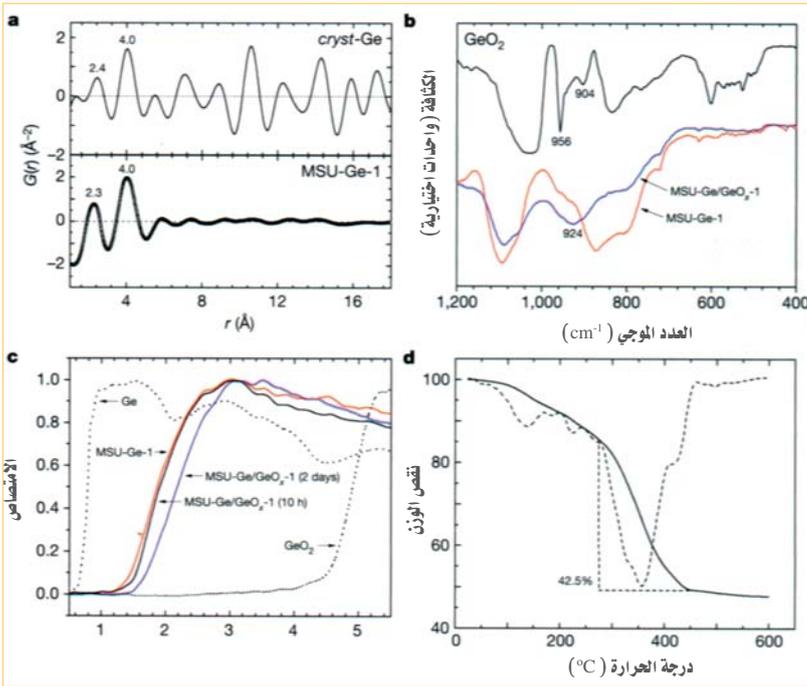
مع أن أصناف الأكاسيد في المؤطر MSU-Ge-1 الميزوي البنيان غير متوقع وجودها على أساس الشروط اللاهوائية في المخطط 1، وكان وجود هذه الأكاسيد قد استكشف بواسطة مطيافية محولة فورييه تحت الحمراء (FTIR). إذ إن مطيافية FTIR حساسة للاهتزازات الذرة-ذرة ويمكن تحديد هوية العصابة المميزة حتى مع وجود كميات قليلة من روابط Ge-O في البنية. فقد أشار طيف نصف الناقل على النحو الذي جرى فيه تحضير إلى غياب الاهتزازات

وإضافة إلى ذلك، فإن فهرسة بقع انعراج FFT (الحشوات الداخلية في الشكل 2) تؤكد أن البنية الدورية تُعرّف بالتناظر المكعبي المتمركز الجسم وهي ضمن المجموعة الفضائية $Ia\bar{3}d$. واستناداً إلى دراسات صور TEM وحجم الجسيمات الخافضة للتوتر السطحي والتباعدات بين المسامات المحددة بانعراج الأشعة السينية XRD، نقدّر سماكة جدار الجرمانيوم Ge بـ 1 nm .

وإن غياب قمم براغ في منطقة الزاوية الأعلى ($2\theta > 10^\circ$) للنموذج XRD يوحد البنية غير الدورية لمؤطر الجرمانيوم في المادة MSU-Ge-1. غير أن البنية المحلية للمؤطر قد أختبرت بواسطة التبعثر الانتشاري للأشعة السينية وبواسطة تحليل تابع توزع الأزواج (PDF) [23]. ويعرض الشكل (3a) رسومات PDF بدلالة المسافة بين الذرات r لك (MSU-Ge-1) وللجرمانيوم المتعدد البلورات. فتبدي رسومات PDF ترابطاً قوياً بين متجهات المسافات الذرية عند 2.3Å وعند 4.0Å التي تقابل مسافات روابط Ge-Ge و Ge...Ge للمجاور الأقرب التالي في المؤطر الميزوي البنيان. وبالمقارنة، يبدي الجرمانيوم متعدد البلورات (الشكل 3a) والجرمانيوم اللابلوري [24] الترابطين نفسيهما بين القمتين عند 2.4Å و 4.0Å المتأصلتين في المسافات بين روابط Ge-Ge و Ge...Ge للمجاورات التالية في القرب، مما يشير إلى بنية محلية مشابهة للمادة MSU-Ge-1. ويوحى هذا أن مؤطر



الشكل 2: صور TEM للجرمانيوم نصف الناقل الميزوي البنيان MSU-Ge-1. (a) صورة أخذت وفق الاتجاه [100]؛ و (b) وفق الاتجاه [110]؛ و (c) وفق الاتجاه [111]؛ و (d) وفق الاتجاه [311]. إن التباعدات بين المسامات منسجمة مع تلك المستخلصة من XRD. ويبيّن كل مقتطع في كل لوحة صور FFT مأخوذة على طول مساحة صور TEM ذات الميز العالي.



الشكل 3: تحليل تابع توزيع الأزواج PDF وأطياف FTIR والامتصاص وبيانات TGA. (a) تابع PDF الذري المختزل $G(r)$ بدلالة المسافة بين الذرات للجرمانيوم الميزوي والجرمانيوم الميكروبلوري (cryst-Ge). يُظهر الجرمانيوم اللابلوري تابعاً $G(r)$ مشابهاً لما هو موجود في المادة MSU-Ge-1 (المرجع (b)). طيف FTIR للمادة MSU-Ge-1 (الخط الأحمر)، وللعيينة نفسها بعد تعريضها للهواء مدة طويلة (قرابة يومين) (الخط الأزرق)، جنباً إلى جنب مع طيف GeO_2 البلوري. وتعزى القمة الشديدة المتمركزة عند المادة MSU-Ge-1 المؤكسدة إلى توسع عصابات الاهتزاز عند ولقد سجلت جميع الطيوف وفق طراز الانعكاس الانتشاري). (c) طيوف الامتصاص الضوئي لـ MSU-Ge-1 (الخط الأحمر) وللمادة المؤكسدة بعد تعريضها لمدة عشر ساعات (الخط الأسود) وبعد تعريضها لمدة يومين (الخط الأزرق). تكشف النتائج فرجات طاقية 1.42eV و 1.47eV و 1.61eV للمادة MSU-Ge-1 ولؤكسداها على التوالي. وقد أعطيت فرجتا الطاقة للجرمانيوم الميكروبلوري (0.66eV) و لـ GeO_2 (4.6eV) للمقارنة α و S هما معاملا الامتصاص والتبعثر على التوالي). (d) جبهوية TGA للجرمانيوم الميزوي والبنيان العنصري (بوجود جريان تيار نيتروجين). ونعزو الضياع في الوزن البالغ 42.5% في مجال درجة حرارة ما بين المستخلص من المنحني التفاضلي لـ TGA (الخط المتقطع) إلى احتراق المادة الفعالة سطحياً.

الطاقية تتضمن انقلاب روابط Ge-Ge إلى مكونات Ge-O-Ge. وقد تم التأكد من ذلك بواسطة تحليل PDF للأصناف المؤكسدة في الهواء التي تظهر قمم ترابط عند 1.8\AA و 2.9\AA و 4.2\AA (انظر الشكل S1 في الملحق). وهذه الترابطات بين الذرية interatomic لروابط Ge-O-Ge وللمجاورات الثانية Ge...Ge (عبر المكونات Ge-O-Ge) وللمجاورات البعيدة Ge...Ge (انظر الشكل S1 في الملحق). وتصل المرحلة النهائية لهذه العملية إلى GeO_2 افتراضياً وهذه الأخيرة ذات فرجة طاقية تبلغ 4.56eV . ويشير الانزياح المستمر نحو الأزرق المرتبط بدرجة الأكسدة إلى عملية متجانسة وإلى تطور من Ge إلى GeO_2 ، وليس إلى توليد مزيج طوري MSU-Ge-1 و GeO_2 . وإن الأكسدة المنضبطة في الهواء لمادة MSU-Ge-1 هي توبوتاكتك (topo) (كما يُستدل من نماذج XRD للعيينة المؤكسدة في الهواء التي تشير إلى استبقاء المجموعة التدويرية والفضائية $Ia\bar{3}d$ ؛ انظر الشكل S2 المتمم)، ونقود إلى مادة ميزوية البنيان. لذلك فإن تراكم الأكاسيد GeO_x المولدة بهذه الطريقة تمثل ظهور صنف جديد من المواد يستأهل بحثاً ذاته دراسات في المستقبل.

لقد جرى فحص الاستقرار الحراري للمادة MSU-Ge-1 بطريقة القياس الثقالي الحراري (TGA) والتحليل التفاضلي لها (DTGA) في جو من الأوزون (الشكل 3d). تبدي سيماء TGA ضياعاً في الوزن قدره (14%) تحت درجة الحرارة 250°C وهو يحدث في خطوات عريضة نتيجة انتزاع الفورم أميد المتمز فيزيائياً وربما المتمز كيميائياً. ويتبع ذلك ضياع وزن تدريجي يقارب 42.5% يحدث ما بين درجتي الحرارة 250°C و 400°C ، اللتين تقابلان تفكك المادة الخافضة للتوتر السطحي المألوفة للمسامات الميزوية. وقد تبين أن المادة التي نحصل عليها عند الدرجة 600°C هي جرمانيوم بلوري.

الامتطاطية stretching عند 904cm^{-1} وعند 956cm^{-1} التي هي نمطية بالنسبة للرابطة Ge-O. ويدعم هذا نتائج تحليل PDF التي نوقشت أعلاه. وقد بدأ ظهور دليل وجود أصناف الأكاسيد (GeO_x) في مؤطر الجرمانيوم في عينات خضعت لتعرض مديد (ما يزيد عن يومين) للهواء، اعتماداً على نمو شدة وعرض عصابة Ge-O المتمركزة عند 924cm^{-1} (انظر الشكل 3b).

بيدي مؤطر الجرمانيوم الميزوي البنيان لـ MSU-Ge-1 خواص صوتية وكهربائية مختلفة عن تلك التي يملكها الطور الكتلتي البلوري أو الطور اللابلوري. وبيّن الشكل 3c أطياف الامتصاص الضوئي للمادة MSU-Ge-1 كما حُضِر أولاً وللجرمانيوم البلوري أيضاً، إضافة إلى تلك التي تم الحصول عليها بعد التعرض المديد لـ MSU-Ge-1 للهواء المحيط (ما يزيد عن 10 ساعات وعن يومين). هذا ويوجد انزياح مهم وملحوس نحو الأزرق لحافة الامتصاص في MSU-Ge-1 مقارنة بالجرمانيوم الجرمي تقدر بقرابة 0.76eV . أي أن الامتصاص المترافق مع انتقالات الفرجة الطاقية يحدث عند 1.42eV في حالة MSU-Ge-1 مقابل 0.66eV لـ Ge. ويمكن فهم هذا الانزياح البارز نحو الأزرق عبر النظر في تغيرات كثافة حالات الطاقة الإلكترونية الناجمة عن الجدران الرقيقة لشبكة Ge في MSU-Ge-1 ($\sim 1\text{ nm}$). وقد شاهدنا انزياحات مشابهة نحو الأزرق لفرجات طاقية تقترب من 1.4 eV في بلورات نانوية للجرمانيوم ذات أقطار من مرتبة $\sim 4\text{ nm}$ (وهذه نتيجة لتأثيرات القُد الكمومي) [26].

توحي الزيادة التدريجية في الفرجة الطاقية لمنتجات أكسدة MSU-Ge-1 (الشكل 3c) توليد أصناف تحت أكسيدية لـ GeO_x مستحدثة في المؤطر، ويسبب تكون GeO_x تعريضاً متتابعاً للفرجة

تحت الخلاء عند درجة حرارة الغرفة على مدى ليلة ليعطي MSU-Ge-1 بمرود يُقارب 83%. وقد جرت جميع هذه المناولات بصندوق ذي قفازات مملوء بالأزوت. وكي تُزال أية كثافة من طور الجرمانيوم تعلق المادة كما هي محضرة في الكلورفورم (1mg ml^{-1}) مع التحريك المستمر لمدة 20 دقيقة. أما الجزء الأقل كثافة من MSU-Ge-1 فيشكل معلقاً مستقرًا في حين تترسب النواتج الثانوية. يُبان decant المعلق بعناية بوساطة ممص ويعزل الناتج النقي بعد الترشيح، ثم يُغسل بالكلورفورم ويجفف تحت الخلاء عند درجة حرارة الغرفة لمدة 12 ساعة.

جرى التحليل العنصري لـ C و H و N في جهاز تحليل من نوع بيركن إلدير Perken Elmer series II CHNS/O Analyser 2400. سُخِّنت العينة حتى الدرجة 160°C وأُقيمت لمدة ساعة تحت تيار جار من N_2 قبل إجراء القياس. فكانت النتائج منسجمة بعضها مع بعض عند الانتقال من عينة إلى أخرى وكانت المتوسطات 32.24% لـ C و 5.97% لـ H و 1.61% لـ N.

أدت محاولات إزالة المادة الخافضة للتوتر السطحي من الجرمانيوم الميزوي البنيان بواسطة التفكيك الحراري إلى انكماش المؤطر اللاعضوي مما سبب ضياعاً في انتظام المسامات. فعلى سبيل المثال، أدى التسخين عند الدرجة 400°C لمدة ثلاثة أيام إلى انكماش في حجم خلية الوحدة unit cell بما يقرب 19%. مع أنه أزال معظم المادة الخافضة للتوتر السطحي (فلم يبق إلا 8% منها)، فقد أدى أيضاً إلى تخفيض في دورية المسامات. وقد وجد أن المساحة السطحية النوعية للمادة المعالجة حرارياً هي $18\text{m}^2\text{g}^{-1}$ وذلك بقياسات امتزاز الأزوت. كانت المعالجة الحرارية كالتالي: تسخن العينات من 30°C إلى 230°C (5°min^{-1}) لمدة 3 ساعات، ثم من 230°C إلى 400°C (5°min^{-1}) لمدة ثلاثة أيام تحت جريان مستمر من الأزوت قدره 30ml min^{-1} .

ينبغي أن تكون أنصاف النواقل الميزوية البنيان أرضاً خصبة للدراسات الفيزيائية الكيميائية [27]. ويمكن أن تنشأ الآن إمكانات تطبيقية يمكن دراستها واستغلال خواص شبكة الجرمانيوم نصف الناقل، وبشكل أوسع خواص المواد الميزوية البنيان المبنية على عناصر. يُضاف إلى ذلك، فإن مقارنة استعمال أنيونات الزنتل (zintl) العنصري (كما في Mg_2Ge) كمرصاف تبدو مناسبة بصورة خاصة لبناء مواد عنصرية مسامية واسعة المجال-يمكن أن تولد صنفاً من العناصر ميزوية البنيان ذات تراكيب جديدة من الخواص مثل فرجات طاقة متوسطة أو ضيقة وخواص امتصاص ضوئية أو قابلية تطعيم dopability. وقد وجدنا أيضاً أن شبكة من الجرمانيوم ميزوية البنيان من النوع MCM-41 مركبة من تجمعات جرمانيوم يمكن تصنيعها بواسطة عملية رصف خافضة للتوتر السطحي. وتفتح هذه المشاهدات سبلاً تصنيعية عامة محتملة لعناصر مرتبة ميزوية البنيان ذات معماريات architectures مسامية متباينة، بما فيها السليكون الميزوي المسام.

الطرائق

تحضير طليعة Mg_2Ge وخافض للتوتر السطحي كاتيوني. تم تحضير مركب الزنتل Mg_2Ge وفق طريقة تحضير معدلة عن تلك الواردة في الأدبيات [28]، وذلك داخل صندوق ذي قفازات تحت جو من الأزوت. فقد سُخِّن مسحوق الجرمانيوم ومعدن المغنيزيوم بزيادة مولية قدرها 10% حتى درجة حرارة 650°C وترك عندها لمدة ثلاثة أيام في أنبوب مغلق من Nd، محاط بزجاجة سيليكاً مخلّاة. وجرى التأكد من نقاوة الناتج الرمادي المرزق بواسطة مسحوق XRD. أما المادة الخافضة للتوتر السطحي المزوجة الألفة EMBHEAB فقد جرى تحضيرها بكميات متفاعلة نظامية التكافؤ من 1-brmoeicoaene مع أمين N-methyldiethanol في الايثانول ضمن شروط إعادة التدفق لمدة 48 ساعة. وقد تم الحصول على المركب الخافض للتوتر السطحي النقي بواسطة إعادة البلورة مرتين من محلول يحتوي على مزيج أسيتيت CHCl_3 -ethyl [29].

تحضير MSU-Ge-1 إن النهج النموذجي لتحضير MSU-Ge-1 هو كالتالي: يُعَلَّق مسحوق عالي النعومة من Mg_2Ge (قاربة 48mg، مول 0.04) في 5ml من الفورم أميد عند الدرجة 75°C مع تحريك مستمر لمدة 18 ساعة. ثم ترك المزيج كي يبرد حتى 65°C لتضاف المادة الخافضة للتوتر السطحي (مول 0.06، 280mg) يحرك المزيج لمدة 5 ساعات ويسخن تدريجياً ببطء حتى الدرجة 75°C . يُضاف بعدها محلول مكوّن من 0.04m mol في 1ml من الفورم أميد نقطة فنقطة باستعمال ممص ويترك المزيج الحاصل ليلة واحدة عند الدرجة 85°C (يجب إضافة محلول GeCl_4 مباشرة عند التحضير خلال مدة دقيقتين تقريباً). وقد جرى عزل الناتج الرمادي المائل إلى البني الفاتح بالترشيح، ثم غُسل بالفورم أميد الدافئ عدة مرات ثم جُفّف

المؤلف:

ج. س. أرماناس، م. ج. كانانزيس

- نشر هذا المقال في مجلة Nature/Vol 441/ 29 June 2006، وتمت ترجمته في هيئة الطاقة الذرية السورية.

الفيزياء في مسرح الجريمة

إن لعلوم القضاء ما هو أكثر من البيولوجيا والكيمياء. وكذلك يلعب الفيزيائيون دوراً حيوياً في كل شيء بدءاً من مضاهاة النماذج الإحصائية لآثار الأقدام وانتهاءً بمعالجة الأدلة السمعية والبصرية، حسبما يعكس زينو جيرادنتس **Z. Geradts**.



تحت المجهر يقدم الفيزيائيون مساهمة كبيرة لعلوم القضاء.

أن مجال العلامات الأدواتية هو مجال قديم ولم يكن يجري تقليدياً في بيئة أكاديمية، لكنه بدأ الآن بالتحرك من فنٍ مبنّي على التجريب إلى مقارنة أغنى علماء وإحصاءاً.

وفي العام 1995 انتقلت إلى فحص الأسلحة النارية الذي يتعامل بأسلوب الأدلة ذاتها: وأقصد علامات الحز على الطلقات وعلامات الكبس في منطقة الإصابة. وقد طوّرت أساليب مضاهاة للنماذج على أغشية الخرطوش cartridge cases. وفي هذه الأثناء قمت، بالتعاون مع زميل فيزيائي يشغل على قاعدة بيانات لخط اليد، بإعداد وسيلة لفحص الصور والفيديو المأخوذ غالباً من CCTV. ولقد حققت بحثاً هذا دمج اهتماماتنا بوسائط تحسين الصور. ومثال على ذلك كان استخدام أسلوب ترميم فاينر "restoration Wiener" (والمقصود أسلوب فوريير "Fourier" لإزالة تأثيرات الحركة من الصورة) من أجل قراءة لوحات السيارات غير الواضحة بسبب زيف الحركة.

وفي العام 1995 تقدّمت بطلب للحصول على تمويل من الحكومة اليابانية للعمل في مشروع لدى معهد البحوث الوطنية للعلوم الشرطية في طوكيو. وعملت خلال الفترة التي قضيتها هناك على إيجاد طرق لتحديد هوية الكاميرات عبر فحص عيوب بيكسل في الصور. والفكرة في هذا الأمر تتمثل بأنه في حال وجود عيوب في الحساس (CCD) sensor لكاميرا معينة، فإن ذلك سوف ينكشف في النماذج المميّزة للبكسلات في الصور المأخوذة بهذه الكاميرا.

عندما كنت صبيّاً أحببت التجريب وكنت متأكداً من أنني كنت أرغب في مهنة في مجال الفيزياء. لقد حققت ذلك الطموح بطريقة قد لا يكون الكثير من طلاب الفيزياء أخذها في الحسبان، أي أن أصبح عالماً في مجال القضاء. وبينما كنت أدرس للحصول على درجتي الجامعية في الفيزياء التطبيقية من جامعة ريجسفيك للتقانة، أمضيت ثلاثة أشهر في المعهد القضائي الهولندي (NFI)، الأمر الذي فتح عيني على الإمكانيات المتاحة في هذا المجال. وبعد التخرج عملت لمدة 3 سنوات في قسم البحث والتطوير R&D لدى شركة آلات تصوير مستندات. لكن كانت لدي حساسية لأحد الصبغات المستخدمة هناك. وفي العام 1991 سئحت لي فرصة للانتقال إلى العلوم القضائية وذلك عندما عرض عليّ المعهد القضائي الهولندي عملاً لديه في قسم العلامات الأدواتية.

يمكن أن لا تكون قد فكرت في الأمر كمسألة فيزيائية، غير أنه يمكن استخدام علامات الكبس والحز التي تُحدثها أدوات مثل السكاكين وقطاعات الخشب لتحديد ماهية أداة معينة. فعلى سبيل المثال، كنت قد عملت في قضية قتل تم فيها مضاهاة علامة حز موجودة على الجمجمة مع علامات اختبارية أحدثتها السكين نفسها التي جرى استخدامها. ومن خلال عملي في هذا القسم طوّرت قاعدة بيانات حاسوبية لعلامات الحز وآثار الأقدام واشتغلت في خوارزميات مضاهاة النماذج pattern-matching algorithms. صحيح

ليس من الضروري أن تلتحق بدورة قضائية من أجل أن تعمل في علوم القضاء، لكن ذلك سيكون مفيداً لك. فنحن نستأجر أشخاصاً يحملون مؤهلات من الدرجات الجامعية تصل حتى درجات الدكتوراه. فبالنسبة لحاملي درجة الدكتوراه في الفيزياء، تتمثل المجالات الأفضل لهم في مشاريع البحوث والتطوير R&D لدى المخابر والجامعات الوطنية. فمن أجل الحصول على درجة الدكتوراه، درستُ في مجال تعرفُ النماذج في قواعد المعلومات القضائية بدوام جزئي بين عامي 1997 و2002 وذلك أثناء عملي لدى المعهد القضائي الهولندي (NFI). وبذلك تمَّ الجمع بين عملي السابق في مجال العلامات الأوثانوية وآثار الأقدام والأسلحة النارية وبين تطبيقات قواعد معلومات البيولوجيا الإحصائية لمقارنة الوجه و بصمات الأصابع.

وبالإضافة للعمل في أحد أكبر مخابر الجرائم، هناك خيار تأسيس شركة خاصة بك. فقد أقدم على ذلك الكثير من الفيزيائيين القضائيين في الولايات المتحدة. وكانوا غالباً يتخصصون في الحوادث القضائية وإعادة تمثيل الحادث -من حوادث السيارات إلى انهيار المباني. وعادة تكون التحقيقات التي ينفذونها تخصُّ الحالات المدنية، في حين يقوم المعهد القضائي الهولندي (NFI) -التابع لوزارة العدل الهولندية- بأعمال تخصُّ القضايا الجنائية.

وفي الحقيقة، فإنَّ الإدلاء بشهادة في المحكمة وتقديم الأدلة يكون جزءاً مهماً من العمل، خصوصاً في بلدان مثل المملكة المتحدة والولايات المتحدة التي تتم فيها المحاكمات من قبل هيئة المحلفين. وعادة ما تعمل تشكيلة منوعة من الخبراء في مسائل مختلفة لا بد من تجميعها في تقرير واحد. ولقد أدليت بالشهادة لأكثر من عشر مرات في حياتي المهنية. وتضمن ذلك قضايا ذات مستوى عالٍ وقد استلزمت إحدى هذه القضايا تحديد ما إذا تمَّ التلاعب بأحد أشرطة الفيديو المعطوبة. وفي المستقبل، من المحتمل أن يكون هناك عمل مجزئ مادياً بشكل أكبر لخبراء الدفاع، خصوصاً بعد أن أصبح الناس على دراية أكبر بنقاط الضعف الممكنة في أدلة قضائية، مثل التسمم. وحتى إذا كانت علوم القضاء لا تضاهي تماماً سحر وشوط الـ CSI (التحقيق في مسرح الجريمة) لكنها بالتأكيد مهنة مجزية ومثيرة بالنسبة للفيزيائي.

نشر هذا الخبر في مجلة: PhysicsWorld, Vol 19, 7 July 2006

من المفيد أن نكون قادرين على تحديد الخصائص الجسمانية للمجرم من خلال صورة CCTV للجريمة

وقد استُخدمت هذه التقنية للربط بين الصور الإباحية للأطفال وبين الكاميرات التي يُعثر عليها مع المشتبه فيهم.

وفي العام 1997 غيَّرتُ مجالات عملي ثانية، فبدأت العمل في شعبة الأدلة الرقمية. وقد نما فن تصوير الناحية photogrammetry في هذه الأيام كجانب من جوانب هذا المجال (وأقصد الأدلة الرقمية). فمثلاً يكون من المفيد أن نكون قادرين على تحديد الخصائص الجسمانية للمجرم من خلال صورة CCTV للجريمة، مثل الطول. ويمكن لهذا العمل أن يتضمن الرجوع إلى مسرح الجريمة مع المشتبه به والأشخاص المشابهين له لأخذ صور مقارنة أو من أجل الحصول على المعلومات على أساس رياضياتي بواسطة دراسة عوامل مثل التشوه الذي تحدثه عدسة الكاميرا في الصور. وقد أصبح من الشائع إنشاء نماذج حاسوبية ثلاثية الأبعاد من أجل إظهار مسرح الجريمة في المحكمة.

التحقيق المُدمج الاختصاصات

هذا، وتجمَع علوم القضاء عدة معارف علمية. فقد اتسعت أقسام البيولوجيا بسرعة تبعاً لتزايد أهمية الأدلة الدناوية DNA، وتستخدم الكيمياء لتحليل تركيب المواد التي يُعثر عليها في مسرح الجريمة. ولدينا أيضاً بضعة اختصاصيين بالتشريح المرضي يعملون في التحقيقات بجرائم القتل، بالإضافة إلى مجموعة اختصاصيين في علم السموم. ففي مخبرنا يوجد 15 فيزيائياً تقريباً. ويعمل بعضهم في معالجة الصوتيات والصور والفيديو، كما ويحلل آخرون كيفية انتشار النيران في قضايا حرائق المباني أو يفحصون الأدلة الرقمية في السوِّاقات الصلبة hard drives والهواتف النقالة.

إذا بدا هذا الأمر مثيراً لاهتمامك، فما رأيك بالدخول في مجال علوم القضاء؟ الخيار الأول هو أن تلتحق بإحدى الدورات العديدة الجديدة في مجال علوم القضاء التي تنظمها الجامعات. فقد أصبحت هذه الدورات شائعة لدى الطلاب -الذين تشدهم برامج التلفزيون التي تُصوِّر عمل العلماء القضائيين، مثل: التحقيق في مسرح الجريمة crime scene investigation أو CSI اختصاراً. على أية حال، فإنَّ الحياة اليومية للعالم القضائي ليست سريعة الخطوات مثلما يصوِّرها التلفزيون. فعلياً قضاء الكثير من الوقت في ضبط الجودة بقصد تقليل خطورة الأخطاء. وستقدِّم المعاهد القضائية للموظفين بضع سنوات عديدة من التدريب المرتبط بهذا العمل لتشمل كتابة التقرير وشهادة الخبير والتدريب التقني.

بوليميرات تظهر أنها معادن

رغم أنه تمت منذ أمد طويل معرفة أن بوليميرات معينة تنقل الكهرباء، إلا أنها كما يبدو تختلف عن المعادن في خواص إلكترونية وضوئية أخرى. لكن هناك شكل جديد من البوليمير يقرب هذه العلاقة رأساً على عقب.

ورغم أن الناقلية الكهربائية لهذا الشكل من البولي أنيلين التي تساوي تقريباً 10^3 siemens لكل سنتيمتر بدرجة حرارة الغرفة، وهي ليست عالية بشكل خاص (باعتبار أن ناقلية النحاس عند هذه الدرجة على سبيل المثال تساوي 6×10^5 s cm⁻¹ تقريباً)، فإن هذه الناقلية تزداد بشكل ثابت كلما انخفضت درجة الحرارة، مع الإشارة إلى أنها ارتفعت بواقع 2.5 تقريباً. ومثل هذا السلوك هو سمة مميزة للمعدن: إذ إن إلكترونات الناقلية التي تحمل التيار الكهربائي داخل المعدن تنتقل كجزيئات حرة، وأن السرعة التي تتبعثر فيها الإلكترونات هي ما يحد الناقلية. ولما كان مصدر التبعثر المهيمن يتمثل في الحركات الاهتزازية الحرارية للذرات، فإن هذا التبعثر لدى هبوط درجة الحرارة يتجمد، ومن ثم تزداد الناقلية. وفي درجات الحرارة المنخفضة جداً، تتشبع الناقلية عند مستوى يحدده الاضطراب المتبقي residual disorder.

والسمة الأخرى المحددة للمعدن تتمثل في انعكاسيته الضوئية optical reflectivity، الأمر الذي يعطي الفضة والألنيوم بريقهما المعهود. فالضوء ينعكس عن السطح المعدني حينما يقع تردده تحت التردد الاهتزازي المميز للإلكترونات في معدن ما (ويدعى هذا التردد باسم التردد البلازمي ω_p)، وهو يُعطى بالمعادلة: $(\omega_p^2 = ne^2/em)$ ،

إن الحقيقة المتمثلة بأن البولي أنستيلين يصل إلى مستويات معدنية للناقلية عندما يُطعم كيميائياً، أحدثت هزة حقيقية لدى ذكرها أول مرة في العام 1977. ولم يكن ذلك لكون البوليميرات الناقلية يمكن أن تكون ذات استخدام عملي عظيم فحسب، بل أيضاً لأن الفيزياء المتضمنة التي يرتكز عليها هذا الأمر جاءت كمفاجأة: إذ لم تكن حركة الإلكترونات الحرة بوضوح على طول العماد الكربوني الأساس لسلسلة البوليمير متوقعة بشكل كبير. وقد جذب هذا الاكتشاف اهتمام الكثير من الكيميائيين وعلماء وفيزيائيي المواد. وبحلول منتصف التسعينيات من القرن المنصرم ظهر العديد من المواد البوليميرية الناقلية.

وعلى الرغم من ناقليتها المشابهة للمعادن، فإن هذه البوليميرات لم تف بالغرض كمعادن في نواح مهمة أخرى. ولقد قدم لي Lee وآخرون الأدلة الغائبة التي تدعم النظرة السائدة بأن ما يمنع صنع معادن حقيقية من البوليميرات هو اضطراب بنيوي structural disorder يصعب جداً شطبه في المواد البوليميرية. ويبيد الشكل البولي أنيلين polyaniline الناقل المطعم، الذي اصطنعه المؤلف لغرض إنتاج مادة أكثر انتظاماً مما كان متوافراً من قبل، كلا نوعي الخواص الكهربائية والضوئية المطلوبة في المعدن الحقيقي.

جزئياً في مواقع تحاذي سلاسل البوليمير (وبذلك تدعى "معدّات نقل الشحنة") وتؤمن شحناتها الأيونية ذات التعبئة التامة كمونات عشوائية تحصر الإلكترونات.

يتحسن التموضع localization عن طريق إعادة ترتيب الشحنات القريبة للروابط التشاركية covalent bonds على سلسلة البوليمير. وتولد هذه العملية حالة طاقة أدنى يمكن للإلكترونات أن تحتلها، ويمكن النظر إلى الاقتران الحاصل للبنية الموضعية مع الشحنة الإلكترونية على أنه كينونة شبيهة بجسيم يطلق عليها اسم بولارون polaron. وهذا يسبب أيضاً مجموعة شارات ضوئية مميزة بما في ذلك طُرز بنية بوليميرية مهتزة عند ترددات بين 15 و60 تيراهرتز كما يسبب انتقالات إلكترونية إلى حالات داخل فرجة نصف الناقل، وبشكل نمطي عند ترددات تقع في المجال تحت الأحمر القريب.

ورغم أنه يوجد الكثير من الأدلة المطيافية لدعم الأنموذج البولاروني للمواد المطعمة جزئياً، فإن السمات البولارونية تبدو زهيدة في البولي أنيلين المطعم الأكثر ترتيباً الذي اصطنعه Lee وزملاؤه. والمذهل هو التحوّل من ناقل بولاروني إلى معدن بسيط (أي من مادة تتناقص ناقليتها، عند درجات الحرارة المنخفضة، مع انخفاض درجة الحرارة إلى مادة تزداد ناقليتها). ويجب أن يكمن التفسير في الطريق الذي تستطيع الإلكترونات النقل شطب الكمونات الموضعية التي تنشأ من الاسترخاء الهندسي البولاروني ومن الاضطراب البنيوي كليهما. وتستمر هذه العملية بشكل ذاتي: فلدَى إقصاء الكمونات، تصبح إلكترونات النقل ذاتها أكثر قدرة على الانزياح ومن ثم أكثر قدرة على الشطب.

لهذه الظاهرة موازيات في بعض أصناف المواد غير العضوية مثل المنغنيتات الضخمة المقاومة للمغناطيسية colossal magnetoresistance manganites التي تستطيع إظهار تغيرات هائلة في الناقلية تبعاً لتغيّرات ترتيبها المغناطيسي، والتي يكون فيها دور التآثرات البولارونية مهماً على نحو مماثل. ونشير إلى أن التضمينات بالنسبة لمجال البوليميرات الناقلة حلوة مرّة: فبالرغم من كون إيضاح التوصل إلى بوليمير يعمل كمعدن حقيقي يُشكّل حجر زاوية حقيقياً، فإنه يقيد مستوى الناقلية الذي يمكننا توقعه من مثل هذه المواد.

حيث تكون n الكثافة العددية لإلكترونات النقل m الكتلة الإلكترونية e والثابت الكهربائي للخلفية (background). وفي هذه الحالة تكون إلكترونات النقل قادرة على التحرك بسرعة تكفي لاستبعاد الإشعاع الكهرومغناطيسي الوارد، ويكون الجزء الحقيقي من وظيفة استجابة العزل الكهربائي المعقدة للمعدن سالباً.

وبالنسبة للمعادن ذات الكثافات العالية من إلكترونات النقل مثل الفضة والألمنيوم، يقع تردد البلازما فوق عصابة تردد الضوء المرئي، داخل المنطقة فوق البنفسجية للطيف الكهرومغناطيسي. ولكن فيما يخص الشكل الناقل للبولي أنيلين الذي اصطنعه لي Lee وزملاؤه، تكون كثافة إلكترونات النقل أقل بكثير، ويكون تردد البلازما عميقاً في المجال تحت الأحمر أسفل ترددات الضوء المرئي. لذلك لا يبدو أن البولي أنيلين يعكس الضوء المرئي مثلما يفعل المعدن. ومع ذلك، فإن انعكاسيته الضوئية في المجال تحت الأحمر يناسب بدقة كبيرة أنموذج معدن بسيط، ويبقى الجزء الحقيقي من وظيفة استجابة العزل الكهربائي لديه سالباً تحت أدنى الترددات بشكل حديّ.

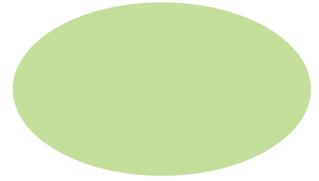
في الحقيقة، تتمثل المفاجأة في الكيفية التي سيظهر فيها البولي أنيلين المعدني العادي. هذا وإن نمذجة انعكاسيته الضوئية على نحو ينتحل فيه صفة معدن يولد تقديراً حقيقياً لعدد إلكترونات النقل (في حدود إلكترون واحد لكل زمرة من الأنيلين في البوليمير)، لا تتطلب أي تعديل يؤخذ في الحساب فيما يخص الكتلة الإلكترونية، وتعطي قيمة لناقلية التيار المستمر d.c. تضاهي القيمة المقاسة بشكل مباشر.

يطرح هذا الاكتشاف تعارض الأنموذج المعدني في مواجهة أنموذج آخر يُشار إليه بشكل غير دقيق باسم "الأنموذج البولاروني polaron model" الذي كان يُشكّل طيلة العقدين الماضيين التفسير المفضّل للناقلية البوليميرية. وينطلق هذا الأنموذج من حقيقة كون بوليميرات مثل البولي أستيلين والبولي أنيلين، بدون تطعيم كيميائي، تمثل أنصاف نواقل (وبهذه الصورة، فإنها تستخدم على نطاق واسع بمثابة مكوّنات فعّالة في الترانزيستورات والديودات المصدرة للضوء والديودات الفوتوفولتية photovoltaic). أما حينما تُضاف كمية قليلة من شحنة إلكترونية مطعّمة dopant إلى البوليمير غير المطعم، فإن الشحنات الإلكترونية على سلسلة البوليمير تتموضع localized. ونشير في هذا الصدد إلى أن التهييج الحراري مطلوب من أجل تحريك الشحنة من موقع إلى الموقع الذي يجاوره. وهكذا تنخفض الناقلية مع انخفاض درجة الحرارة. وللمفارقة فإن هذا التموضع الذي يعيق الناقلية يمثل بشكل أساسي حرفة handiwork المواد التي ولدت الشحنة: بمعنى أن المطعّات الكيميائية تترتب

نُشر هذا الخبر في مجلة: Nature, Vol 441, 4 May 2006

عندما ترتبط ذرات الأكسجين بسطح غرافيت، فإنها تنتظم في صفوف وتبني جسوراً عبر ذرات الكربون. ويشكل ذلك رأس حربته لهجوم كيميائي يتخرّب بموجبه الترتيب الذري للكربون الصلب.

يقتحم عالم الكربون



العيوب أو عند مواقع حافية ذرية edge-atom في الشبكة، أي في الأماكن التي لا ترتبط فيها ذرات الكربون بشكل تام مع الذرات الأخرى. فالأمر مقبول إلى هنا، لكن كيف تقترح المجموعات ذات المحتوى الأكسجيني المرتبطة بالسطح تحطم الشبكة الكربونية، وتقضي في نهاية المطاف إلى تخریب بنية الغرافيت بشكل تام؟

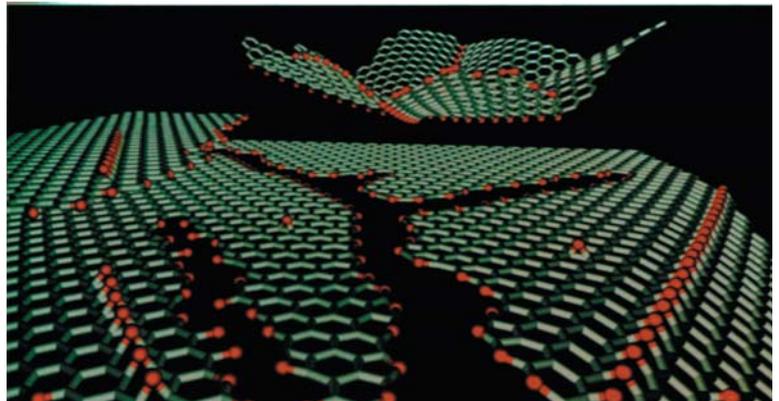
ثمة نوع من مجموعة كيميائية يتشكل على السطح الغرافيتي يُعرف باسم جسر إيبوكسي epoxy bridge، وفيه ترتبط ذرة أكسجين وحيدة بذرتي كربون مجاورتين لتشكل مثلثاً triangle. ففي ورقتهم العلمية، وصف Li ومن معه كيف أن الإجهاد stress الناشئ بسبب هذه الجسور الإيبوكسية يقود إلى حل لغز الشبكة الغرافيتية. إذ إن كل جسر إيبوكسي ينشُد بقسوة بسبب تغيير هندسة ذرات الكربون المتضمنة فيه. فبينما كانت الذرات المُجسّرة bridged atoms منتظمة في مستوٍ سداسي على شكل قرص العسل ذات مرة نجدها الآن ترتبط بذرة أكسجين جالسة فوق سطح الشبكة، بدلاً من ذرة كربونية شبكية، وتتخذ شكلاً مشوهاً ثلاثي الأبعاد تقريباً. وهذه الهندسة الجديدة لا تتماهى تماماً مع بقية الشبكة - وكان الأمر كما لو أننا حاولنا إدخال إسفينٍ مربعٍ في ثقبٍ مستدير.

وبشكل ميكانيكي، تعمل ذرة الأكسجين كإسفينٍ مُصغّرٍ، تفصل ذرتي الكربون المُجسّرتين إحداهما عن الأخرى ويمط الرابطة فيما بينهما. ولا تفعل مجموعات الإيبوكسي فعلها بشكلٍ إفرادي، بل

ماذا يحدث عندما نحرق كربوناً؟ يبدو احتراق الكربون كتفاعل بسيط، لكن عند المقاس الذري atomic scale فإنه يمثل نتيجة لبضع خطوات. فعندما يحترق الغرافيت، مثلاً، تحدث مرحلة وسيطة يتم خلالها تشكل أكسيد الغرافيت [1]. وتُسبب هذه العملية عدم استقرار في الانتظام المُرتب لذرات الكربون بحيث يبدأ تشكل تصدعات وتتحطم البنية. وتفيد تفاعلات الأكسدة المنضبطة في تحضير قشارات رقيقة جداً من الغرافيت، أو في تقطيع أنابيب كربونية نانوية إلى أطوال أقصر، لكن تفاصيل مهاجمة الأكسجين للروابط الكربونية بقصد تحطيم البنية الذرية للغرافيت لم يتم فهمها أبداً. ويقدم جو لوان لي (J. L. Li) وزملاؤه في مجلة Physical Review letters تفسيراً لهذه العملية الجوهريّة.

تنتظم ذرات الكربون في الغرافيت وفق شبكة lattice سداسية شبيهة بقرص العسل، بحيث ترتبط كل ذرة كربون بثلاثٍ أُخرى، لتتشكل ملاءات مُسطحة متماسكة بفعل قوى فاندرفالس الضعيفة. وتكون الروابط بين الذرات خاملة كيميائياً، وبذلك فإنه ما لم توجد عيوب في الشبكة مثل فقدان ذرات كربونية فإن السطح الغرافيتي يكون ضعيفاً. وأثناء الأكسدة يكون أكسيد الغرافيت المتشكل معقد البنية [1]، حيث ترتبط المجموعات المحتوية على الأكسجين، بشكل عشوائي، بشبكة قرص العسل. وهذه المجموعات، التي يمكن أن تساهم في كيمياء سطوح متنوعة، ترتبط بشكل رئيسي عند نقاط

الشكل 1: هجوم أكسجيني على الغرافيت. يُبين Li et al [2] أنه عندما ترتبط ذرات الأكسجين (اللون الأحمر) بسطح الغرافيت، تُشكل جسوراً إيبوكسية ثنائية الأرجل، تصطف لتخفيض طاقتها. وذلك يمارس توتراً جماعياً يحطم الروابط الكربونية التحتية. ويسبب الاسترخاء البنيوي حول المتون ridges البارزة تجعّداً للملاءات الغرافيتية المسطحة أصلاً. وهذا ما يُسهل فصلها، مُحدثاً قشوراً مشوّهة من الغرافيت، على شاكلة تلك الظاهرة في أعلى الشكل. وتقود العيوب على طول الذبول الأكسجينية إلى مزيد من الكسور الميكانيكية.



فإن خطوط مجموعات الإيبوكسي تحدد مسبقاً مخطط التمزق، كما هو حال خط التشقّب الذي يوجه التمزق في حواف الطوابع البريدية. ونشير إلى أن خطوط العيوب الناتجة تصبح واضحة الرؤية باستخدام التصوير الميكروسكوبي للجرافيت المؤكسد [2].

وكذلك يمكن توقع حدوث تسلسل مشابه للحوادث لدى أكسدة أنابيب الكربون النانوية. إن هذه الأخيرة تتشارك نفس الارتباط كما في حالة الجرافيت، باستثناء ما يحدث عند الذرى النهائية حيث توجد العيوب. لقد أدت عملية الأكسدة بوجود أحماض قوية إلى إزالة انتقائية للذرى النهائية [3] وإلى تشظي الأنابيب النانوية الطويلة إلى قطع صغيرة [4]. ويمكن أن يتوقع المرء انتظام مجموعات إيبوكسية بشكل محيطي في الأنابيب النانوية مما يؤدي إلى كسرها عرضياً إلى قطع أقصر في عملية تقطع مفيدة. ومن ناحية أخرى، يمكن للأكسدة غير المنضبطة أن تتسامح بشدة مع قوة الأنابيب النانوية [5].

تُقدّم ورقة Li et al استبصاراً في آليات المستوى الذري للأكسدة في الكربون. إن الجرافيت ومُصنّعاته، مثل الأنابيب النانوية، هي مواد ذات طيف واسع من الاستخدامات، بدءاً من التزليق lubrication وحتى الإلكترونيات. وإن إحداث انشقاق تأكسدي مُنضب لاستخلاص بنى جرافيتية نانوية المقاس (مثال أنابيب نانوية حسب الطلب [6] أو ملاءات جرافيتية نانوية القُد [7]) انطلاقاً من قطاعات كبيرة من هذه المواد يمكن أن يكون ذا فائدة تقنية عالية لكل أصناف التطبيقات. وإن فهم كيفية قيام الأكسجين بتحطيم البنية الذرية للجرافيت يُقضي إلى مجال جديد بالكامل لتقانة نانوية مبنية على فنّ طبيّ نانوي المقياس للجرافيت [8].

تتعاون بعضها مع بعض. وتُبين الحسابات الشاملة التي قام بها المؤلفون [2]، والمبنية على نظرية الفعالية الكثافية density functional theory، أنّ التوضع المتوازي جنباً إلى جنب للجسور الإيبوكسية مُجنّد طاقياً، بحيث أنها تسعى للاصطفاف على سطح الجرافيت (الشكل 1). وكنتيجة لذلك، فإن هذه الجسور وبشكل جماعي تسبب توتراً في الشبكة المتوضعة تحتها وهذا التوتر كافٍ لتحطيم الروابط الكربونية الطبيعية في هذه الشبكة.

تشبه التغذية الراجعة feedback التي تحكم مثل هذا الربط المنظم للأكسجين على الجرافيت كسراً fracture هشاً عاماً، حيث يتحدّد موقع إخفاق الرابطة اللاحقة من قبل الصدع crack أثناء انتشاره عبر المادة. ويتحطيمها للروابط الكربونية، تقوم ذرات الأكسجين الجاسرة bridging oxygen بمتابعة تشظي رقاقة الجرافيت في أن معاً، مشكلةً رزّةً بين الشظايا الشبيكية المنفصلة. وتتماسك هذه الشظايا فيما بينها وفق زاوية محددة، لتجاري الزاوية المنفرجة المفضّلة كيميائياً عند الوصلات الأكسجينية. هذا وتسبب الشبيكية المنبتقة عن مثل هذه الأحاديديّة المخططة بالسحاب zip الأكسجيني تجعد طبقة جرافيت وحيدة، يُعرف باسم الملاءة الجرافيتية graphene sheet. وتتوسّف هذه الملاءة مبتعدة عن كتلة الجرافيت الصلب، مدمّرة قوى فاندرفالس الضعيفة التي كانت تربطها ذات مرة.

إنّ صورة مجموعات إيبوكسي المنبتقة التي انعزلت وترتبت وفق صفوف، لتشارك في عملية متسلسلة ومتناغمة لتحطم الروابط تُعدّ واعدة إلى حدّ ما. لكن حركات مراحل العملية الإجمالية تتطلب تفسيراً أعمق. إنّ الارتباط العشوائي لمجموعات الإيبوكسي يجهل الفوائد الطاقية لتشكّل الخطوط. ولا يمكن لمجموعات الإيبوكسي أن تجد مثل هذا الاصطفاف المستقر إلا كنتيجة للقفز السريع في المكان، ولكن هذا ليس من السهل أن يتلاءم مع الحواجز الطاقية العالية أمام مثل هذا القفز. ويتطلب الأمر دراسة إضافية أيضاً لتحديد كيف تطرأ العيوب المرئية أو التوقّفات الصدعية. ومهما كان أمر التفاصيل،

نُشر هذا الخبر في مجلة: Nature, Vol 441, 15 June 2006

References

- [1] He, H., Klinowski, J., Forster, M. & Lerf, A. Chem. Phys. Lett. 287, 53-56 (1998).
- [2] Li, J.-L. et al. Phys. Rev. Lett. 96, 176101 (2006).
- [3] Ajayan, P. M. & Lijima, S. Nature 361, 333-334 (1993).
- [4] Liu, J. et al. Science 280, 1253-1257 (1998).
- [5] Dumitrica, T., Hua, M. & Yakobson, B. I. Proc. Natl Acad. Sci. USA 103, 6105-6109 (2006).
- [6] Ziegler, K. J. et al. J. Am. Chem. Soc. 127, 1541-1547 (2005).
- [7] Berger, C. et al. Science 312, 1191-1196 (2006).
- [8] Ebbesen, T. W. & Hiura, H. Adv. Mater. 7, 582-586 (1995).

العلم في العالم العربي

يعدّ الاضطراب السياسي في الشرق الأوسط التحديات الضخمة التي تواجه الذين يحاولون دعم البحث في الدول النامية.

العربية للعلوم والتقانة ترغب في أن يساعد علماء المنطقة دولهم في المنافسة بالأسواق العالمية.

تغيير العلاقات

لقد تأسس الآن برنامج للمنح تابع لهذه المؤسسة يخص مجالات مثل تحلية المياه والهواتف الخليوية وعلم المواد والانسالية Robotics والبحوث الطبية الحيوية. وقد أصبحت هذه المنظمة أكثر طموحاً. فعلى سبيل المثال، لم يكن هناك اجتماع يمكن من خلاله لعلماء العالم العربي الالتقاء فيما بينهم وتعرّف كل منهم الآخرين. لذلك، استهلّت المؤسسة العربية للعلوم والتقانة منتدى يُعقد كل سنتين تحت اسم ندوة استشراف البحث العلمي. وقد جذبت هذه الندوة التي عُقدت في مدينة الرياض في المملكة العربية السعودية في العام 2004 نحو 850 عالماً، أي ضعف العدد الذي حضر في الاجتماع السابق.

وبشكل غير معهود بالنسبة للهيئات العلمية، فقد انشغلت المؤسسة العربية للعلوم والتقانة بقضايا صعبة للسياسة العامة، بما في ذلك إحدى أكبر مشاكل المنطقة المتمثلة بمستقبل العراق. ورغم الشك المنتشر على نطاق واسع في العالم العربي بخصوص الغزو وقتل الكثير من العلماء في العراق، فإن هذه المؤسسة تعمل مع حكومة ذلك البلد للمساعدة في تعرّف العلوم هناك.

لقد أعلنت المؤسسة العربية للعلوم والتقانة في هذا الشهر عن برنامجها الأكثر طموحاً حتى هذا التاريخ والمسمى "الازدهار" وهي الكلمة العربية المقابلة لـ: prosperity التي تعني التوفيق. فهذا البرنامج يهدف إلى رفع سوية الحياة في المجتمعات العربية وذلك بشكل جزئي عن طريق تجارة المعرفة Commercialization of knowledge. إذ تقدم المؤسسة العربية للعلوم والتقانة وعداً عبر برنامج الازدهار بإيجاد حلول، مبنية على البحوث للمشاكل في مجالات الزراعة والطاقة والبيئة والرعاية الصحية، وحتى في مجال الحكم.

ويجادل مضموم برنامج الازدهار بأن مشاكل المنطقة حادة إلى حد كبير بحيث لا ترقى الأنشطة الحالية للمؤسسة العربية للعلوم والتقانة، مهما بلغت درجة نجاحها، إلى مستوى معالجتها. وهم يعتقدون أن ما نحتاجه هو رؤية استراتيجية يكون في جوهرها علم وتقانة وتجارة.

نقلت مجلة Nature قبل أربع سنوات بعض الأخبار المستبشرة من العالم العربي. فبعد مرور سنوات على تناقص الاستثمار في مجال البحوث، بدأت الدول العربية بالإنفاق بشكل أكبر على العلم والتقانة. وقد كانت هذه الزيادات متواضعة وبدأت من منطلق منخفض، لكنها كانت تجري في العديد من الدول التي كانت تشهد انخفاضاً في الدخل الوطني نتيجة انخفاض أسعار النفط في ذلك الوقت.

وفي الوقت نفسه نشأت منظمة شبكة جديدة بتمويل عربي. وهي المؤسسة العربية للعلوم والتقانة (ATSF) Foundation، التي تأسست في الشارقة بدولة الإمارات العربية المتحدة -التي تعتبر إحدى أكثر المناطق ديناميكية في المنطقة- وكانت هذه المؤسسة تهدف إلى العمل بشكل أشبه ما يكون بوكالة لتمويل العلوم الوطنية عن طريق تقديم منح للعلماء استناداً إلى عملية تنافسية مفتوحة ومراجعة نزيهة (راجع مجلة Nature 416، 120-122؛ 2002).

ويمكن الظن أنه ليس في ذلك ما هو خارق -سوى أن في العديد من الدول النامية، تكون مثل هذه الوكالات ضعيفة التمويل وتعاني من البيروقراطية وتنقصها الشفافية والقدرة الداخلية علي تقدير الجودة. في حين قامت المؤسسة العربية للعلوم والتقانة تفادياً لمثل هذه العثرات بتنظيم نفسها كمؤسسة غير ربحية وبعيدة عن الحكومات وتسعى للحصول على التمويل من القطاع الخاص. وهدفت هذه المؤسسة أيضاً إلى تشجيع العلماء العرب المغتربين في أوروبا والولايات المتحدة على تواصل العمل مع العلماء في الوطن وإلى ربط المستثمرين بالباحثين عن طريق تنظيم ورشات عمل حول مواضيع مثل المفاولة والملكية الفكرية.

ولا يمكننا المبالغة في الأهمية الواضحة لمثل هذه الأنشطة، لأن موقع دول الشرق الأوسط وشمال أفريقيا هو بالقرب من أسفل الجداول العلمية لبراءات الاختراع والسّمات التجارية. كما أن استخدام الاستثمارات الأجنبية في الدول العربية وصادات هذه الدول من التقانة المتقدمة هما أيضاً ضمن أدنى الحدود في العالم. وفيما ينضم المزيد من الدول العربية إلى منظمة التجارة الدولية (وقد كانت المملكة العربية السعودية آخر الدول حتى الآن) فإن المؤسسة

حكومات، مثل الكويت والمملكة العربية السعودية اللتين يمكنهما دفع الكثير لها. فيدون دعم هاتين الدولتين، سيكون من المحتمل أن يبقى هذا الصندوق بمثابة المولود الميت.

وعلى النقيض من هذا النموذج لوعد لم يتحقق، سعت المؤسسة العربية للعلوم والتقانة حديثاً إلى إظهار أنها تعني ما تقول. فهي تعرض أملاً في عالم من تشاؤم معمم، وفي التطلع إلى تسخير البحوث والمشاريع من أجل تخفيف وطأة الفقر والتخلف، يعرض مشروع الازدهار ما يجمع الرؤية والشعور بالمسؤولية المدنية كليهما.

لكن مشروع الازدهار ليس كأى شيء باشرت المؤسسة به من قبل. إذ يجب على مؤيدي هذه المؤسسة -بمن فيهم المستثمرين والمناخين العرب الذين سيدفعون للمشروع وللعلماء الذين سيقومون بالعمل- أن يكونوا مقتنعين بأنه يمكن لهذه المؤسسة أن تنفذ الوضع. لذلك يجب على المؤسسة العربية للعلوم والتقانة ألا تكتفي بإظهار فهم واضح للمشاكل، بل ويجب عليها أيضاً أن تظهر أنها تفهم حلول هذه المشاكل وأنه يمكنها أن تُعَبِّئ الموارد الضرورية لذلك. وهذا سيكون تحدياً حتى بالنسبة لمؤسسة أبدت وعداً مبكراً جداً.

نُشر هذا الخبر في مجلة: Nature, Vol 441, 29 June 2006

"وفي التطلع إلى تسخير البحث والمشروع من أجل تخفيف وطأة الفقر والتخلف، يعرض مشروع الازدهار كلاً من الرؤية والشعور بالمسؤولية المدنية."

ويُعتبر هذا المشروع بمثابة فكرة عظيمة هي نتيجة لاعتقاد العلماء العرب بأنهم متميزون وبالتالي يجب عليهم أن يتعاملوا مع تشكيل مستقبل أفضل لأولئك الأقل تميزاً. وما يجب على مصممي هذا البرنامج أن يفعلوه الآن هو أن يشرحوا كيف يعتزمون تحقيق هذه الرؤية. ماذا يستطيع المفهوم أن يقدم، وما هي كلفة ذلك؟

ثمة حاجة لمثل هذا الشرح في منطقة نوت لديها جميع الخطط الأخرى لإحياء العلم والتقانة. ولنأخذ على سبيل المثال آخر هذه الخطط: صندوق للبحوث المخططة متعدد الجنسيات سيغطي أرجاء العالم الإسلامي. وسينظر هذا الصندوق في تنحية الإنفاق العلمي وتسليمه إلى الإنفاق من المؤتمنين الدوليين، مما يجعل من الصعب على الحكومات أن تُنفق المال على أمور أخرى.

وقد أيدَ الرئيس الباكستاني برويز مشرف هذه الخطة وصادق عليها وزراء العلوم في الدول الأعضاء البالغ عددهم 57 عضواً في منظمة المؤتمر الإسلامي. ولكن أخفقت هذه الخطة في استئارة

أمكن الحصول على صور مذهلة ثلاثية الأبعاد لجسيمات نانوية باستخدام مجهر يعمل بأشعة X، وهي تكشف تشوهاً بلورياً بتفصيل غير مسبوق. ولا تكتم البراعة في تبئير أشعة X، بل في انعراجها.

رؤية نانوية باستخدام الأشعة السينية (أشعة X)

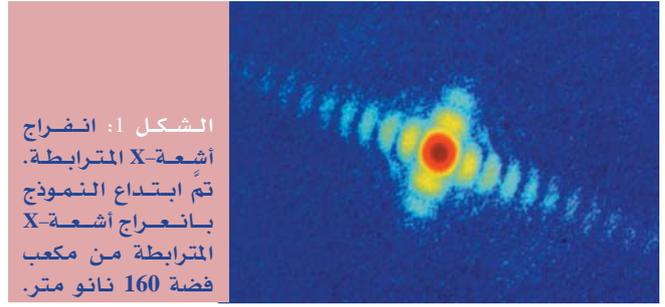
ثمة حاجة شديدة في مجال التقانة النانوية إلى صور ذات مِيزٍ ذريّ المقياس. وبما أن الجسيمات النانوية تتركب من عدد قليل نسبياً من الذرات، فإن سلوكياتها الميكانيكية والكهربائية والترموديناميكية تتحدد بشكل رئيس بواسطة سطوح الجسيمات والسطوح البينية مع المواد الأخرى، وبواسطة عيوب كالتي تسببها شواغر ذرية أو ذرات غير أصلية، وعيوب تسببها تشوهات الشبكة البلورية الذرية وتُعرف باسم الإجهاد Strain. فعلى سبيل المثال، تعتبر جسيمات الذهب النانوية، التي تتألف من آلاف الذرات، محفزات catalysts ممتازة من أجل تفاعلات كيميائية محددة حتى لو كان الذهب الكتلي bulk

تخيّل نبيطة (جهاز) تصوير بقدرة ذات مِيزٍ resolution يفوق المجهر الضوئي ألف مرة وتستطيع رؤية أشياء داخلية في العمق. هذا هو وعد مجهر يعمل بأشعة X- وكان يعتبر حلم العلماء منذ اكتشاف أشعة X- قبل أكثر من قرن. لقد خطا إيان روبنسون I. Robnson وزملاؤه خطوة مهمة نحو تحقيق هذا الحلم باستخدام تقنية التصوير المعتمد على انعراج أشعة X المترابطة. وتثبت نتائجهم قدرة مجهر الأشعة السينية على إنتاج صور ثلاثية الأبعاد بمقياس نانوي، كما تشير إلى المسار الأوضح نحو مجهر الأشعة السينية النهائي المنشود ذي المِيزِ الذريّ المقياس.

لقد تمّ اقتراح التصوير بأشعة X- المترابطة في مطلع الثمانينيات من القرن الماضي كوسيلة لرؤية توزع الكثافة الإلكترونية في مواد غير بلورية، وتمّ إثباته لأول مرة في عام 1999. وبعد ذلك بعامين استخدم روبنسون وآخرون هذه التقنية على منظومة بلورية. يبين الشكل 1 مثالا لنموذج انعراج مترابط مأخوذ من مكعب فضة 160 نانومتراً، كان قد لاحظهُ روبنسون وزملاؤه في عمل سابق. وتمثّل الحزوز streaks الأربعة المتناظرة تعريفاً بالأوجه المكعبة. وهذه الخطوط تحدثها سطوح انتهائية قاطعة ويمكن أن تتشكل بأشعة X- غير المترابطة. ولكن الترابط ضروري لإحداث التحويل الدوري periodic modulation للحزوز. ونشير إلى أن التحويل هو نموذج تداخلي تحدثه أشعة X- المبعثرة على نحو مترابط انطلاقاً من الجوانب المتقابلة للمكعبات، على غرار نموذج التداخل في تجربة توماس يونغ الكلاسيكية ذات الشقين. وتمّ قلب هذا النموذج لتوليد صورة للمكعب.

لقد طبّق روبنسون وزملاؤه الآن تقنيتهما على بُنى معقدة أخرى. فقد جمعوا نموذج الانعراج المترابط من جسيمات رصاص نانوية نصف كروية وذات وجوه سطحية faceted صغيرة. بعد ذلك جرى قلب النموذج بتطبيق تقنيات حاسوبية طوّرها الباحثون للحصول على صورة كاملة ثلاثية الأبعاد لتوزع الكثافة الإلكترونية في الجسيمات. وثمة جانب بارز حقاً في هذه الصورة يتمثّل بالتعبير الواضح عن تشوّه الشبكة يُطلق عليه اسم حقل الإجهاد. فعندما تُرسم الخرائط الكفافية لمقدار الإجهاد يتضح أنّ نشوء حقل الإجهاد يكون من نقطة خارج جسيم الرصاص تماماً، في منطقة التماس مع الركازة الزجاجية التي نُمي عليها الجسيم. وهذا ما يدعم بقوة ادعاء المؤلفين بأن سبب حقل الإجهاد هو قوى تماس بين وجهية interfacial contact forces ما بين الجسيم والركازة. وهذه القوى يمكن أن تترافق بعبء وحيد يمكن أن يمثل نواةً لنمو البلورة النانوية.

وبإنتاج صورة بدون عدسات لحقول إجهاد في جسيم رصاص نانوي وبمميزٍ حيزي يساوي 40 نانومتراً، يكون روبنسون وزملاؤه قد خطوا خطوةً مهمّةً نحو الأمام في تحقيق مجاهر الأشعة السينية المحتملة. ويستطيع المرء حتى أن يتصوّر استعمالاتٍ أوسع مما تقدّم، كتصوير حقل الإجهاد بالقرب من عيبٍ ذري منفرد داخل نقطة كمومية نصف ناقلة. وستتطلب مثل هذه التطبيقات تحسيناتٍ مهمّةً على الكواشف وتدقّقاً بالأشعة السينية المترابطة أكبر بكثير، الأمر الذي سيصبح متاحاً مع الأجيال المستقبلية من مصادر أشعة X- قاسية مثل ليزر الإلكترون الحر الذي يعمل بأشعة X-. وبهذا التقدم، فإنّ الحلم بمجهر قادر على تصوير موقع ونوع كل ذرّة في بلورة نانوية أو تجمّع جزيئي كبير يمكن أن يصبح حقيقة.



الشكل 1: انعراج أشعة X- المترابطة. تم ابتداء النموذج بانعراج أشعة X- المترابطة من مكعب فضة 160 نانومتر.

gold خاملاً بالضرورة، وللبلورات النانوية نصف الناقلة التي تُعرف بالنقاط الكمومية سلوك إلكتروني وضوئي يمكن توليفه بربط جزيئة واحدة مع سطحها. ولتطوير مواد ذات خواص مفيدة ينبغي أن نفهم أولاً كيف تتعلق هذه الخواص بالبنية الذرية وبكيمياء السطح.

تشيع المجاهر الإلكترونية في علم المواد، لكن مجاهر الأشعة السينية أصبحت كبديل جذاب لسببين: أولهما، أن القوة الاختراقية للأشعة السينية للمواد تسمح لنا بالتحديد الكمي للبنية الكاملة الثلاثية الأبعاد للجسيمات النانوية، والتي لا تكون في العادة تدميرية. وغالباً ما تتطلب المجهرية الإلكترونية العالية الميز عيّات ينبغي ترقيتها وصولاً إلى عدة طبقات ذرية. وهذا ما يمثل تحدياً تقنياً بالنسبة للعديد من المواد ويمكن أن يغيّر الخواص التي هي قيد الدراسة. فالبنى النانوية المسجّاة embedded يمكن دراستها على أفضل وجه بأشعة X-.

وثانيهما، أن المصادر السنكروترونية المتألّقة من الأشعة السينية القاسية - أي ذات طول موجي أقصر من 0.1 نانومتر - قد أصبحت متاحة بسهولة. وهذا ما مكن من تطوير بصريات أشعة سينية ذات قوة ميز محسّنة. وحتى الآن، قدّمت المجاهر التي تعتمد على ألواح منطقة فريزنيل (التي تركز الضوء بالانعراج) أو البصريّات المرآتية صوراً بالأشعة السينية ذات ميز بالحدود العليا (حوالي 40 نانومتراً). لكن البصريّات المستخدمة بهذه الطرائق يواجه صعوباتاً تحدياً على الصعيد التقني. والتصوير بأشعة X- المترابطة، الذي يستخدم أشعة سينية داخل طورية in-phase، يقدّم بديلاً عن التصوّر "عديم العدسات".

عندما يُشعّع جسمٌ ما بأشعة X- المترابطة، فإنّ الإشعاع المبعثر يشكّل نموذجاً pattern. وبالمقارنة مع التبعثر الذي تسببه أشعة X- المترابطة، فإنّ النموذج المترابط لا يحتوي فقط على معلومات حول سعة الإشعاع المبعثر، بل يحتوي أيضاً على معلومات حول طور الإشعاع شريطة أن يكون النموذج فائق الاعتيان بقدر كافٍ. فالاعتيان الفائق يمثل تقنيةً مثبتة تستخدم لضمان استرجاع صحيح للمعلومات الطورية phase information الصادرة عن الإشعاع المبعثر. وعلى نحو حاسم، تسمح المعلومات الطورية بقلب النموذج رياضياً لاستعادة صورةً لتوزع كثافة الشحنة في الجسم. وثمة خاصية مهمّة للتصوير الانعراجي المترابط تتمثّل بحساسيته العالية للإجهاد البلوري - أي لانحرافات الذرّات عن مواقعها الكتلية الاسمية.

نُشر هذا الخبر في مجلة: Nature, Vol 442, 6 July 2006

اتحاد من خلال التنافر

يمكن للذرات المتنافرة تبادلياً الموضوعة بفواصل intervals دورية في " بلورة من الضوء "، أن تُجر بشكل غير معهود على الانتظام في اقترانات مستقرة. وقد شهد هذا التنبؤ النظري تأكيداً تجريبياً.

أن يكون مستقرًا فقط لأن الزوج إذا تفكك، سيتطلب انحفاظ الطاقة من الذرتين المنعزلتين امتلاك طاقات تقع في مجال محظور. ومع أن البنى الدورية تمثل الأشكال الطبيعية التي تنظم فيها الذرات نفسها على هيئة بلورات، ومثل ذلك شائع جداً في الفيزياء، فإن التأثيرات مع البيئة في الحالة الصلبة تبدد الطاقة مما يحول دون مشاهدة الأزواج المرتبطة المتنافرة التي يتنبأ بها النموذج النظري. لقد طوّق فنكلر وزملاؤه هذا العائق باستخدام بنية دورية مصنوعة من الضوء. وفي مثل هذه "الشبيكة الضوئية" optical lattice يتم ترتيب الذرات الفائقة البرودة في مصفوفة منتظمة من مصائد مكروية يحدثها تداخل حزمين ليزريتين أو أكثر. وتشبه المنظومة المرتبة الحاصلة من الذرات بنياناً من الحالة الصلبة. وتتشارك الذرات المعتدلة في شبيكة ضوئية ما عدة خواص مع الإلكترونات في المعدن. ولكن بعكس بلورة الحالة الصلبة تكون البلورات الضوئية خالية من العيوب والاهتزازات التبددية، وبذلك برهننا على أنها منظومات مثالية للتحري عن الظواهر الفيزيائية الكمومية المحيرة الأخرى.

وفي تجارب فنكلر وزملائه، تم دمج مقدرات الشبيكة الضوئية بأداة قوية يستطيع المتخصصون في الفيزياء الذرية استخدامها لتغيير طبيعة التأثيرات بين ذرتين فحولوا التجاذبات إلى تنافرات، والعكس بالعكس. وقد نفذت هذه الحيلة بوضع ذرات باردة في حقل مغناطيسي متجانس وتوليف شدة الحقل عبر تجاوب طينيبي -يطلق عليه اسم تجاوب فيشباخ- الذي يحدث عندما تتساوى طاقة حالة جزيئية مرتبطة مع طاقة ذرتين متصادمتين. وبالمتابعة انطلاقاً من مشاهدة تكاثف بوز-أينشتاين (التي تتضمن ذرات "بوزونية" ذات سبين نصفية تدعى "فرميونية")، فإن تجاوبات فيشباخ جعلت من الممكن مشاهدة ظواهر مدهشة، بما في ذلك تشكيل جزيئات باردة والتتويج بمشاهدة المائعة الفائقة superfluidity بين الذرات الفرميونية الفائقة البرودة.

أخذ فنكلر وزملاؤه غازاً بارداً من ذرات الروبيديوم البوزونية، التي تمتلك تأثيرات تجاوبية بالحالة الطبيعية، وملؤوا في البداية شبيكة ضوئية مكعبة ثلاثية الأبعاد بحيث لا يحصر كل موضع شبيكي أيّاً من الذرتين، أو يحصر ذرتين متجاوبتين (الشكل 1). عندئذ استخدم الباحثون أحد تجاوبات فيشباخ لضبط التأثير بين

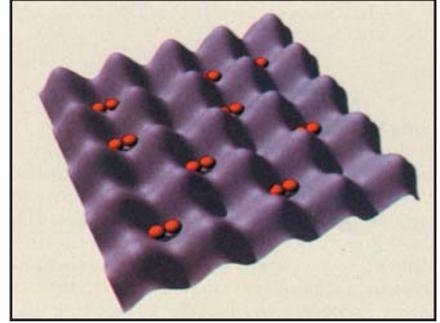
تميل الطبيعة عادة إلى توفير الطاقة. إذ كلما استطاعت الجسيمات المستقلة أن تنظم ذاتها بشكل حر، فإنها تختار البنيان الذي يقلل طاقتها الكلية إلى أدنى حد. وهذا ما يفسر سبب استطاعة جزيئة ما أن تتشكل من ذرتين أو أكثر: فالبنيان المرتبط يكون مستقرًا لأن الطاقة الكلية للذرات حينما تكون قريبة بعضها من بعض هي أقل منها عندما تكون متباعدة. وقد أشار فنكلر Winkler وآخرون معه إلى توسع أساسي لهذا المفهوم عن الجزيئة يتمثل في أن الأزواج الذرية ترتبط ببعضها عبر قوى تنافرية بدلاً من قوى جاذبة.

ويبدو بديهياً أن الحصول على منظومة مرتبطة من الجسيمات يتطلب قوة تجاذب فيما بينها. لكن يسهل أيضاً أن نلمس أن التجاذب بحد ذاته ليس كافياً: إذ إنه للتوصل إلى بنيان متوازن لا بد من وجود قوة تنافرية أيضاً، وإلا ستتهار المنظومة بكل بساطة. وهذه الظاهرة عامة تماماً في علم الفيزياء الفلكية، إذ إن هناك أنماطاً محددة، على سبيل المثال، من المستعرات supernovae جاءت نتيجة الانفجارات التي تحدث عندما لا تعود الجاذبية الذاتية لنجم ما تتوازن بسبب الضغط الذي تولده التفاعلات النووية الحرارية في قلبها. ومن الناحية الأخرى، توجد النجوم المستقرة عندما توازن (تعادل) بعض القوى النافرة جذب الثقالة. وفي النجم النوروني يتم تزويد هذا التنافر من قبل قواعد الميكانيك الكومومي الذي يمنع الجسيمات ذات السبين النصفية كالنورونات من الاقتراب الشديد بعضها من بعض. وثمة تأثيرات ميكانيكية كمومية مماثلة يمكن إعادة توليدها بدرجات منخفضة جداً تعادل واحداً بالمليون من الصفر المطلق، على سلم الفيزياء الذرية المختلف تماماً في طور المادة المعروف باسم تكاثف بوز-أينشتاين.

ما يثير الدهشة أن التجاذب في العالم الكومومي ليس ضرورياً لتشكيل منظومة مرتبطة مستقرة: بل يمكن أن يكون التنافر كافياً. وهذا التنبؤ، كما الحال في الكثير من ميكانيك الكم، أمر مخالف للحدس، طالما أن المرء يتوقع ببساطة انفصال الجسيمين المتنافرين من أجل تقليل طاقة تأثيرهما إلى أدنى حد. ولكن بوجود اضطراب حيزي دوري periodic spatial perturbation لن يعود هذا صحيحاً. فهنا لا تستطيع طاقة جسيم ما أن تتفاوت بشكل متواصل، بل تتقيد بمجالات محددة من القيم. وهكذا يمكن لزوج من الجسيمات المتنافرة

هذا النمط الجديد من الجسم المرتبط يبقى مستقرًا لأن التآثر التنافري الكبير بين الذرات، في البيئة البنيوية للشبيكة، لا يمكن تحويله إلى طاقة حركية. وهذه النتيجة عامة، طالما أن الحقول المغنطيسية يمكن استخدامها لتوليف قوة التآثر بين الأنواع الذرية الأخرى. وثمة تأثير أكبر يمكن تحقيقه بتوسيع مفهوم مزائج الذرات المختلفة وكذلك باللعب بالغازات الكمومية ذات الطبيعة المختلفة البوزونية والفرميونية معاً. ويبدو أيضاً أن الشبكات الضوئية تثبت مدى نجاعتها للتحري عن ظواهر الأجسام المتعددة التي لا يمكن ملاحظتها في منظومات أخرى يكون فيها التآثر مع البيئة قوياً جداً. وطالما أن الذرات الباردة بحد ذاتها هي نمط لمحاك simulator تجريبي للتأثيرات الفيزيائية الكمومية، فإن النتيجة هي صندوق معدّات يزدن بالأدوات المناسبة لاستكشاف الطرق الجديدة الرائعة في المعلومات الكمومية والحالات الكمومية للمادة.

الشكل 1: أزواج تنافرية. إن التنافر بين أزواج ذرات الروبيديوم المتطابقة في شبكة ضوئية صناعية يدفعها لتكون مستقرة مقابل الانفصال كما أثبت ذلك فنكلر وزملاؤه.



الذرات المشكّلة للأزواج. فعندما تُحذف التآثرات لا تكون الأزواج مستقرة وتتفكك الذرات بسرعة، منتشرة خلال بضعة ملي ثوان عبر الشبيكة وقافزة من موضع إلى الموضع الذي يليه. ولكن عندما تستعاد التآثرات المتنافرة، تتوقف عملية الانفصال. وعندئذ تبقى أزواج الذرات مع بعضها مدة أطول بكثير - عدة مئات من ملي ثوان - مما يثبت بوضوح أن استقرارها يحفزها التنافر المشترك للمكوّنات. ويحصل الباحثون على معلومات إضافية حول طبيعة الأزواج بقياس سرعة توزع الذرات وطاقة الربط.

نشر هذا الخبر في مجلة: Nature, Vol 441, 15 June 2006

لقد كانت مشاهدة تكثف بوزه - أينشتاين في غاز ذري نتيجة خلاقة. إن حالة غازين ثنائيي البعد أكثر تعقيداً، وقد كشفت تجربة تداخل فضولية انتقالاً مختلفاً لمائع فائق.

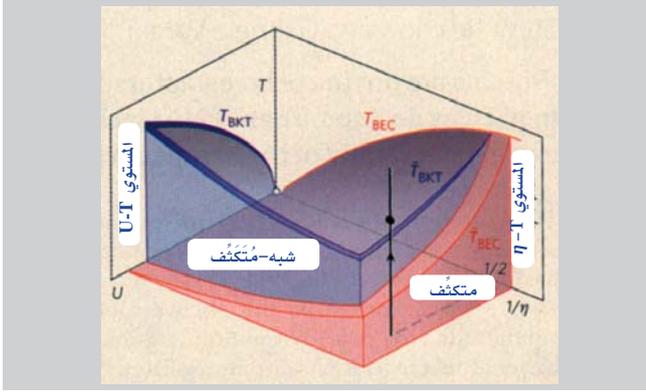
غاز ذري في عالم فرضي ثنائي البعد

كمونات ضوئية مثارة بالليزر كي يضغطوا "غاز بوزه" شديد البرودة - وهو مؤلف من ذرات سببها عدد صحيح، (وهو هنا الروبيديوم-87) ليصير مصائد مسطحة، الأمر الذي يمكن الذرات من الحركة ضمن مستو فقط. ولاكتشاف ما كان يفعله الغاز، وضعوا بدءاً مصيدتين الواحدة فوق الأخرى ثم أطلقوا الذرات من كليهما. وهنا أعطت صور نماذج التداخل الحاصلة معلومات حول جوانب حاسمة للغاز الثنائي البعد.

إن تاريخ الفيزياء في بعدين physics in two dimensions مليء بالأغاز والمفاجآت. ففي العام 1966 وضعت مقولة تنادي بغياب صنف من الانتقالات الطورية phase transitions في بعد واحد وفي بعدين. إن التذبذبات الحرارية الضئيلة تمنع بصورة أساسية الانتظام من الظهور فوق مسافات كبيرة في مثل هذه المنظومات. ويتألف تكثف بوز-أينشتاين من ذرات توابعها الموجية وفق ميكانيك الكم "مترابطة" coherent - أي متفقة في الطور بشكل تام - وبذلك فهي تبدي شكلاً

تعدّ الغازات الكمومية الذرية منظومات فريدة لدراسة المفاهيم الأولية في العديد من مجالات فيزياء الجسيمات. إن تكثف بوز-أينشتاين - وهو تشكل مائع فائق غازي من خلال انهيار توليفة من الذرات إلى حالة كمومية واحدة - من أكثر الأمثلة جلاء، وكان قد شوهد أول مرة في غاز من ذرات الروبيديوم الشديدة البرودة. الغازات الذرية مفيدة لأن مكوناتها مألوفة: فالذرات تتآثر عبر تصادمات جسيمين two-body collisions محددين بشكل جيد، كما أن كمونات الأسر trapping potentials التي تحتجز الغاز أمر معروف. ويسمح ذلك التبسيط بربط التبصرات التجريبية مع الأساسيات النظرية بشكل مباشر.

ولكن هل يستطاع أيضاً دراسة الفيزياء في بعدين - وهي التي تختلف أصلاً عن الفيزياء في ثلاثة أبعاد - في غازات كمومية ذرية؟ لقد بدأ هادزيبابيك Hadzibabic وزملاؤه بفعل ذلك بالضبط. وفي تركيبة أعدت لتجربة مثيرة للفضول، استخدم كاتباً هذا الخبر



الشكل 1: مخطط طوري وصفي لغاز بوزة الذريّ المأسور والثنائي البعد. T هي درجة الحرارة، U هي شدة التآثر التصادمي. يصف وسيط الأسر η الحصر: فالقيمة اللانهائية للوسيط η (وهذا يقابل الصفر على المحور $1/\eta$) تقابل المنظومة المسطحة ذات الجدران القائمة، والقيمة $\eta = 2$ (أشير إليها عند النقطة $1/2 = 1/\eta$) تصف مصيدة منحنية بصورة توافقية. في المستوي $U-T$ وعند $0 = \eta$ ، سيخضع غاز متجانس لانتقال برزيسكي-كوسترليتز-ثولس (BKT) عند الدرجة T_{BKT} إلى طور مائع فائق، لكن تكثف بوز-أينشتاين لا يمكن أن يتشكل. ويشير ثخن الخط الأزرق إلى حجم القفزة في كثافة المائع الفائق عند نقطة الانتقال. يصف المستوي $\eta-T$ عند $U = 0$ غازاً مثالياً مأسوراً (غير متأثر) مع عبور إلى طور متكثف، عند T_{BEC} ، ليس بمائع فائق، مع انعدام انتقال BKT. ويعيداً عن هذه المستويات، من المتوقع حدوث عبورين: فعند T_{BEC} هناك عبور حاد ينقل المنظومة إلى طور شبه طويل مدى الانتظام بصلافة ميوعة فائقة محدودة (المنطقة الزرقاء). ويشير العبور العريض عند درجة الحرارة الأخفض T_{BEC} إلى بداية الانتظام عبر المصيدة بأكملها، فينشئ تكثفاً له استجابة مائع فائق محدودة. أجريت تجارب هادزيباييك وزملائه على الخط الأسود. ومع زيادة درجة الحرارة، فقد شاهدوا أمرين: اختفاء الانتظام شبه الطويل المدى وظهور الدوامات (النقطة السوداء).

الحالات المسموح بها إلى حد أن العبور إلى طور بوزة-أينشتاين المكثف (وبالتالي الطور المنتظم) غداً ممكناً أيضاً في مصائد أحادية البعد أو ثنائية البعد. وبأخذهما في الاعتبار كمونات أسر ذات صيغة جبرية من الشكل R^D (حيث R هي البعد القطري عن مركز المصيدة و D هو وسيط يشير إلى شدة انحدار steepness جدران المصيدة)، أقام المؤلفان علاقة مستمرة بين مصيدة "توافقية" ($D=2$) ومصيدة مستوية (منبسطة) القاع وذات جدران قائمة ($D \rightarrow \infty$). ونشير إلى أن هذه النهاية الأخيرة تحاكي سلوك غاز متجانس ذي كثافة محدودة، وكما هو متوقع، تذهب فيه درجة حرارة الانتقال وصولاً إلى تكثف بوز-أينشتاين T_{BEC} إلى الصفر بازدياد D (المستوي $D-T$ في الشكل 1).

يتطلب الوصف الكلي للوضع التجريبي الخاص بهادزيباييك وزملائه أيضاً تضمين التآثر التصادمي غير المدوم ($U > 0$)، وكذلك

من أشكال الانتظام البعيد المدى long-range order. وهكذا، كانت النتيجة المباشرة لهذه المقولة هي أن تكثف بوز-أينشتاين لا يمكن أن يوجد في بعد واحد أو بعدين إلا في الحالة النظرية البحتة وفي درجة حرارة الصفر المطلق.

أما في بعدين، فإن تخريب الانتظام بالتذبذبات الحرارية ليس إلا هامشياً: بمعنى أن الانتظام يمكن أن يظهر فوق مسافات قصيرة، ويتضاءل ببطء مع ازدياد المسافة بحيث يبقى شبه انتظام طويل المدى quasi-long distance. ويكون هذا الانتظام كافياً لتوليد صفة أخرى للمادة المكثفة: وهي صفة القساوة stiffness كالتى تحدث عندما يقاوم جامد ما قوة القص shear force المطبقة على سطحين متقابلين من الجسم. وتضيق قساوة القص هذه عندما ينصهر ذلك الجامد ويصبح سائلاً. وبالمضاهاة مع سلوك جامد ما، فإن غاز بوزة، وتحت درجة حرارة معينة، يقاوم "التواء" twist في طور ذرّاته مطبقاً على حدوده. وتعد هذه الظاهرة هي المتطلب الأساسي لتوليد مائع فائق ينساب بدون احتكاك.

يتم تأسيس هذه القساوة في العادة عن طريق انتقال طور ما إلى طور منتظم. ولكن القساوة في بعدين يمكن أن توجد بدون انتظام حقيقي. ولقد كان الفيزيائي السوفييتي فاديم لافوفيتش برزيسكي V. Berezinskii أول من فهم الطبيعة الغريبة لهذا المائع الفائق رغم كون طوره غير منتظم وفي درجة حرارة منخفضة. ففي العام 1971 تنبأ بوجود انتقال طوري عزاه إلى فك اقتران الأزواج المرتبطة من الدوامات مع جريان تيار المائع الفائق في جهات متعاكسة. وبعد عدة أشهر، قدّم ميخائيل كوسترليتز M. Kosterlitz وديفيد ثولس D. Thouless حجة ترموديناميكية ممتازة وضعت بمقتضاها الصيغة الصحيحة لدرجة الحرارة T_{BKT} التي يحصل عندها انتقال برزيسكي-كوسترليتز-ثولس (BKT) هذا. وبالصعود إلى درجات حرارة أعلى من هذه الدرجة، يخففي فجأة شبه الانتظام الطويل المدى مثلما تفعل الميوعة الفائقة - إذ تنهار كثافة المائع الفائق حتى الصفر في قفزة مميزة تعتمد على T_{BKT} وعلى كتلة الذرّات المعنية فقط. لقد جرت دراسة الحالة الخاصة العائدة لعمل هادزيباييك وآخرين (وهي حالة غاز بوزة ثنائي البعد تتأثر ذرّاته تآثراً ضعيفاً فقط) بصورة مستفيضة.

كما حدّد بحث عددي كميّ quantitative numerical work حديث، الموقع الدقيق لدرجة الحرارة T_{BKT} فيما يخص انتقال المائع الفائق في غاز كهذا بدلالة شدة التآثر، U ، وذلك بين ذرّاته (المستوي $U-T$ في الشكل 1). وعندما تتضاءل U ، تتناقص كثافة المائع الفائق وتقارب T_{BKT} الصفر. ويتفق هذا المنحى الإسقاطي - مع ملاحظة كون الغاز غير المتأثر ($U=0$) لا يكفل الميوعة الفائقة.

وكذلك تم تحليل التساؤل حول ما إذا كان الحيّز المحدود للحركة التي يسببها كمون الأسر trapping potential (كالحيز الذي ذكره هادزيباييك وآخرون) يغير فيزياء غاز بوزة غير المتأثر. فكان الاستنتاج المثير أن مثل هذا الحصر confinement يحوّر كثافة

عند \bar{T}_{BEC} ، وفي الوقت ذاته، استفاضت نماذج التداخل بخطوط خلع dislocation lines (الشكل 4)، مشعرةً بوجود دوامات.

إن القفزة في الكثافة والإغراق flooding بالدوامات ظهرا على مدى ملموس في درجة الحرارة، كما هو متوقع فيما يخص ظاهرة الانتقال في عينة غير متجانسة. ولكن، يبقى هناك اعتراضات. إذ إن مجال درجة الحرارة الذي شوهدت فيه القفزة ينبغي أن ينسب إلى شكل وتركيبية المصائد، كما لم يشاهد العبور السلس إلى طور بوز-أينشتاين المتكثف، والذي ينبغي أن يكون مترابطاً تماماً على مدى حجم العينة. ومع ذلك، فإن ملاحظة هادزيباييك وزملائه المباشرة لانتقال برزينسكي-كوستريليتز-تولس تبين مرة أخرى كيف يمكن لفاهيم الفيزياء الأساسية أن تستخلص من تجارب في غاز كمومي.

كمون الأسر التوافقي. وفي مثل هذه التركيبية، (وتحت درجة حرارة العبور إلى تكثف بوز-أينشتاين \bar{T}_{BEC})، يمكن أن يكون تناقص انتظام الطور مع البعد بطيئاً لدرجة يكون فيها الترابط الطوري مصوناً على امتداد كل ذرات العينة، فيتشكل تكثف بوز-أينشتاين. أما فوق \bar{T}_{BEC} فإن تذبذبات الطور الكبيرة تخرب التكثف، لكن يجب عليها أن تستمر في الإبقاء على المنظومة في حالة مائع فائق مع انتظام شبه طويل المدى. من هنا يجب أن نتوقع، عند درجات حرارة أعلى من \bar{T}_{BEC} ، عبوراً ثانياً تحتفي عنده الميوعة الفائقة عندما تتفكك أزواج الدوامات. إن تماسك هذه الصورة (الشكل 1) تدعمه قفزة متلاشية موجودة في قساوة المائع الفائق لدى الوصول إلى حد الغاز الكامل (غير المتأثر)، كما تدعمه المحاكيات العددية.

أجرى هادزيباييك وزملائه تجاربهم على امتداد الخط الأسود للشكل 1. وحلّلوا التباين في صور تداخل الذرات المنطلقة من مصيدتين كتابع للمدى المكاني. ومع زيادة درجة الحرارة حدوداً هبوطاً مفاجئاً في درجة انتظام الطور، وهذا مؤشر على قفزة في كثافة الميوعة الفائقة

نُشر هذا الخبر في مجلة: Nature, Vol 441, 29 June 2006

داء الاحمرار وداء باركنسون والدماغ

قد تُسبب الاختلالات في عدد من المسارات pathways الخلوية داء باركنسون.

وتبين ذبابات الفاكهة ذات الطفرات في بروتين يُدعى (PINK1) إمكانية

وجود نوع من تفاعل غير مشكوك به بين اثنين من هكذا مسارات.

(هما باركين parkin، ويوكويتين كاربوكسي ترمينال هدرولاز L1) تُعدُّ مكونات منظومة اليوكويتين-بروتيازوم (UPS) التي تقوِّض البروتينات التالفة أو المشوهة الطي misfolded. وعلاوة على ذلك، فإن تضاعف الجينة ألفا-سينكولين مرتين أو ثلاث مرات يتسبب في داء باركنسون، كما أن فرط إفصاح (تعبير) overexpression ألفا-سينكولين يثبِّط وظيفة المنظومة (USP). فهذا الدليل بمجموعه يورِّط اختلال وظيفة المنظومة (USP) في تطوير داء باركنسون.

وتشير طفرات أخرى وحيدة الجينة إلى أن داء باركنسون يتراقد بعيوب في المتقدِّرات mitochondria التي هي عضيات تنجز التنفس في الخلية. فالكيموايات التي تثبِّط "المعقد I" المتقدِّري mitochondrial "complex I" تستطيع توليد عدة ملامح من داء باركنسون في الجمل التجريبية. ولقد ترسَّخت الفرضية المتقدِّرية لداء باركنسون باكتشافات الطفرات السببية causative mutations في الجينة (DJ-1) والجينة (PINK1). ونشير في هذا الصدد إلى

لقد وصف داء باركنسون لأول مرة في العام 1817، ولكن فهمنا لما يسبب التنكس العصبي neurodegeneration الذي يبعث الأعراض المدمرة لهذا الداء ما يزال أولياً. ويعيق مثل هذا الفهم الفقير إيجاد علاجات له، ذلك أن العلاجات الحالية لا يبدو أنها توقف تطور المرض، حتى ولو كانت تستطيع لفترة من الزمن تلطيف المتاعب الحركية التي تميِّز هذه الحالة. ومن أراد التزوّد بدالات clues عن أساس التنكس في مرض باركنسون، يمكنه العودة إلى عدد 29 حزيران/يونيو 2006 من المجلد 441 من مجلة Nature.

يُعتقد أن معظم حالات داء باركنسون الفرادي sporadic ينجم عن ضغوط بيئية طويلة حياة المرء تتراكم مع حساسية وراثية فردية لديه. ولكن جزءاً صغيراً من الحالات (ربما أقل من 10%) ينجم عن طفرات وحيدة الجينة single-gene mutations. وهذه تقدّم تبصّرات حول المسارات الخلوية المتورّطة في التنكس العصبي. وعلى سبيل المثال، فإن منتجات جينتين طافرتين في داء باركنسون

أن بروتين DJ-1 له دور في استجابة الإجهاد التأكسدي-oxida-tive stress response، إذ إن بعض DJ-1 الخلوي ينتقل تحت شروط الأكسدة إلى المتقدّرات حيث تبقى وظيفته بحاجة إلى إيضاح. أما بروتين PINK1 فإنه موجود في المتقدّرات ويُتنبأ بأنه كيناز (بمعنى أنزيم يضيف زمراً فسفاتية إلى بروتينات أخرى)، بالرغم من عدم معرفتنا ركائز substrates هذا الأنزيم.

وهكذا بدا وكأنه توجد بداية لضمّ parcelling نظيف ولطيف يجمع أليتين تُسببان داء باركنسون، هما: اختلال وظيفة المنظومة UPS والعلّة المتقدّرية mitochondrial impairment. وبالطبع، قلما تكون الأمور بهذه البساطة. إن التلميح الأولى بأن الأمور ليست تماماً مثلما كانت تبدو جاءت من دراسات تُبين أن فرط إفصاح (تعبير) باركين في الخلايا المستنبطة يؤخر الاختلال الوظيفي المتقدّري المحفّز بالذيفان toxin-induced، وأن ذبابات الفاكهة التي تفتقر إلى جينة باركين تتصف بشذوذات متقدّرية بارزة في عدة أنسجة. وكذلك شوهدت عيوب متقدّرية لدى بشر وفئران يعوزهم بروتين الباركين. فلماذا يُسبب انعدام هذا البروتين الاختلال الوظيفي المتقدّري؟

يثير كلارك وآخرون Clark et al وكذلك بارك وآخرون Park et al أسئلة إضافية حول ما إذا كان لباركين دور في التسبب بداء باركنسون، بالرغم من أن التركيز الأساسي لهاتين الورقتين العلميتين يخصّ الجينة PINK1. وتُبين كلا الورقتين أن ذبابات الفاكهة الحاملة للطفرات في النسخة الذبابية fly version للجينة PINK1 تبدي تنكساً في عضلات الطيران كما تبدي تكويناً معيباً للنطاف. وباستخدام الجمع بين المقاربات الكيميائية الحيوية والتصوير، يذكر هؤلاء الباحثون أن العيوب المتقدّرية ترافق كلا هذين الشذوذين. وكذلك يذكر بارك وآخرون Park et al أن الذبابات الطافرة PINK1 تبدي فقداناً في العصبونات الدوبامينية التي هي نمط من العصبونات يعرف عنه أنه يتنكس في داء باركنسون، ويصحب ذلك تورماً swelling في المتقدّرات. ومع أن الأنسجة النوعية التي تتأثر بفقدان وظيفة الـ PINK1 تختلف لدى الذبابات والبشر، فإن حقيقة كون كل من الأنسجة المصابة بطفرات PINK1 في ذبابة الفاكهة إنما تتصف بعيوب متقدّرية توحى بأن التنكس العصبي لدى البشر بطفرات PINK1 يُنجم أيضاً عن اختلال الوظيفة المتقدّرية. صحيح أن هذا الاكتشاف مهم ولكنه غير متوقّع.

أما المفاجأة الحقيقية في أهمية هاتين الورقتين العلميتين فهي اكتشاف أن باركين parkin يبدو أنه يعمل نزولاً من (PINK1) في مسار عام يؤثر في سلامة المتقدّرات. وفي الواقع، فإن الخصائص المتشابهة إلى حد مدهش لذبابات الفاكهة الطافرة بالنسبة لـ PINK1 و parkin كليهما، بما في ذلك تنكس عضلات الطيران وعيوب تكوين النطاف والشذوذات المتقدّرية تُفند لوحدها كون هاتان الجينتان تعملان في مسار مشترك. وعلاوة على ذلك، تُبين كلتا الورقتين أن التفصيح (التعبير) المفرط لباركين يعوّض الافتقار لـ PINK1 مانعاً

بذلك تأثيرات طفرة الـ PINK1. أما التفصيح expression المفرط لـ PINK1 فلا يؤثر بشكل مستبان على خصائص الطفرات الباركنينية. وكذلك تُبين كلتا الورقتين العلميتين أن للطفرات المزدوجة PINK1-parkin أعراضاً يمكن تمييزها عن الأعراض المشاهدة في الطفرات الوحيدة. وعلى النقيض من ذلك تكون ذبابات الفاكهة الطافرة DJ-1 مختلفة تماماً عن الطافرات parkin و PINK1 مما يوحي بأن DJ-1 تؤثر في مسارين مختلفين. ومما يثير الاهتمام، أن المشابهات بين ذبابات الفاكهة الطافرة PINK1 و parkin توازي دراسة سريرية تُبين أن الطفرتين parkin و PINK1 البشريتين قد تسببان أعراضاً متشابهة.

ونتساءل الآن: ما هي طبيعة المسار الذي ينظمه كل من باركين و PINK1؟ والجواب على ذلك أن أبسط تأويل للمعطيات هو أن PINK1 تقلل وفرة باركين من خلال تخفيض كمية الرنا المرسال لباركين أو بروتينه. وعلى التناوب، يمكن لـ PINLI أن يُفسّفت phosphorylate باركين وأن يؤثر بشكل مباشر على فعاليته. ولكن، ثمة مشكلة مع هذا النموذج الأخير تتمثل في أن معظم البيانات توحى بأن بروتين PINK1 يقيم بشكل أساسي في المتقدّرات في حين يقع باركين خارج المتقدّرات. ومع ذلك، يبقى من الممكن أن يتغيّر تموضع localization باركين أو PINK1 حين الإجهاد. وهناك عدة تقارير، بما في ذلك تقرير بارك وآخرون، جادلت بأن بعضاً من باركين على الأقل يرافق المتقدّرات.

ثمة نموذج آخر لتفسير المكتشفات الحالية، وهي أن الاختلالات المتقدّرية التي تسببها PINK1 تؤدي إلى اختلال وظيفي ثانوي في الـ UPS الأمر الذي يمكن تخفيضه بواسطة فرط تفصيح (تعبير) باركين. ونشير إلى أن باركين الذي هو من مكونات الـ UPS يُعتقد بأنه يفعل فعله في (ليغاز يوبيكوتين ubiquitin E3 ligase E3) الذي يعتبر أنزيمًا يوجّه البروتينات المخصّصة لتدمير البروتيازومات عن طريق قدها بزمرة بوبيكوتين. وفي هذا الصدد، ثمة دليل على أن طفرات باركين ترافق عيوباً في (المعقد I) complex I وأن هذه العيوب تستطيع تثبيط الـ UPS في النماذج الحيوانية لداء باركنسون.

وأخيراً، يبقى ممكناً أن يكون لباركين دور وظيفي في المتقدّرات لا يتضمن نشاط الليغاز-يوبيكوتين الخاص بها. فبالرغم من وجود أدلة مهمة في المختبر in vitro على أن باركين لا يستطيع العمل كليغاز يوبيكوتين، فإن قلة من ركائز الباركين الواردة في التقارير قد ثبتت صحتها في الجسم الحي in vitro. وعلاوة على ذلك، ثمة أدلة على أن باركين يستطيع تنظيم النشوء الحيوي للمتقدّرات biogenesis of mitochondria. وينبغي على التجارب المستقبلية التي تستهدف تحديد المسار (PINK1-باركين) أن تستجلي الآلية التي تُسبب التنكس العصبي في داء باركنسون وأن تلقي الضوء على بعض المسائل الأساسية في بيولوجيا المتقدّرات.

نشر هذا الخبر في مجلة: Nature, Vol 441, 29 June 2006

الجرمانيوم يأخذ ترتيبات مُثَقِّبَةً

الجزئيات الشبيهة بالصابون تفيد كسقالة لهياكل من الجرمانيوم المسامي، جيدة الترتيب بشكل ملحوظ. تضي المعالم النانومترية القَدّ لهذه الأطر من أنصاف النواقل خواص ضوئية وكهربائية فريدة.

المعتمدة على القَدّ بالجرمانيوم عند قدود تتميز بكونها كبيرة نسبياً، ومن المتوقع أن تكون له صفات إلكترونية وضوئية غير عادية وهو في الشكل النصف مسامي.

لكن توجد هناك بضعة إجراءات لاصطناع الجرمانيوم المسامي. ولقد استخدمت تقنيات التتميش (الحفر) etching والترسيب البخار vapour deposition لتشكيل أفلام رقيقة من الجرمانيوم ذات بنى مسامية عشوائية نوعاً ما وقدود متميَّزه. واليوم يصف أرماتاس Armatas و كاناتزيدز Kanatzidis وكذلك تولبرت Tolbert وزملاؤه استعمال تقنية متعددة الإمكانيات تعرف باسم الرصف الخافض للتوتر السطحي surfactant templating لاصطناع بنى من الجرمانيوم نصف مسامية بأشكال هندسية مكعبية سداسية على التوالي.

يتضمّن الرصف الخافض للتوتر السطحي التجميع الذاتي self-assembling للبنات بناء لا عضوية عبر تآثراتها الكهراكية مع جزئيات عضوية خافضة للتوتر السطحي "مزوجة الألفة" amphiphilic (كالجزئيات الموجودة في الصابون) تمتلك خواص مُحبة للماء hydrophilic وكارهة للماء hydrophobic. ووفقاً للكيفية التي تتغير فيها هذه التآثرات، تم الحصول على أشكال هندسية مختلفة عندما ترتبط المكونات اللاعضوية لتشكيل إطاراً ما. لقد تم، باستعمال هذه التقنية، تصنيع أشكال من السليكا ذات منظومات من الأتنية المكعبية أو السداسية الحسنة الترتيب، أو ذات أنفاق تشبه الدود في شكلها غير مرتبة أو بنى مؤلفة من طبقات. وفي هذه المواد ذات البنية الميزوية mesostructured، تتبادل المناطق اللاعضوية مع المناطق المرصافية العضوية عند مسافات نمطية تبلغ عدة نانومترات. وللحصول على جسم صلب نصف مسامي بقنوات سهلة المنال ومساحات سطحية كبيرة، ينبغي أن يُزال المرصاف العضوي، وغالباً ما يتم ذلك بالاحتراق، بدون انهيار الهيكل اللاعضوي. فإذا كان هذا الإجراء فعالاً فإنه يفضي إلى بنية غالباً ما تبدي ترتيباً

حين تنكمش المواد النصف الناقلة إلى المقاس النانوي nanoscale، تبدأ خواصها الفيزيائية بالتغير: فالألوان تتغير، ونقاط الانصهار تتناقص، وتقلب عصابات الطاقة الإلكترونية إلى سويات منفصلة، وتصبح مساحات السطوح المتفاعلة أكبر بشكل متناسب حين يتناقص قَدّ الجسيم. ولا ينطبق هذا فقط على جسيمات من أنصاف نواقل منفصلة، بل أيضاً بالنسبة لأطر "نصف مسامية mesoporous" موسّعة وذات مقاس نانومتري. توجد ورقتان علميتان تتناولان بالتفصيل اصطناع بنى مسامية دورية مصنوعة من الجرمانيوم. وفيها يظهر أن الخواص الضوئية لهذه المواد تعتمد على أبعادها، وتركيبها ووجود جزئيات أخرى ملتصقة بسطوحها (يمكن الرجوع إلى مجلة نيتشر/العدد 441 للعام 2006 وإلى العدد الحالي من مجلة عالم الذرة في الصفحة).

يمكن أن تكون المسامية porosity خاصية مفيدة إلى أبعد الحدود في مادة ما، مع ما يصاحبها من تطبيقات تستفيد من مساحة سطح كبيرة تتأثر فيها الجزئيات مع السطح، مثل الحساسات sensors والحفازات catalysts. لقد دُرُس السليكون الذي يحتوي على ثقب بمقاس نانوي بشكل واسع منذ أن اكتُشفت خواصه التألفية. لكن الأشكال المسامية لصنو له من المجموعة 14 في الجدول الدوري، سماه مندليف mendeleev إيكاسليكون ekasilicon (في حين أن مكتشفه كليمُنز وينكلر C. Winkler أعطاه اسماً آخر هو الجرمانيوم، تقديراً واحتراماً لبلده الأم)، كان حظه من الدراسة أقل بكثير. ويرجع الاهتمام بالجرمانيوم إلى طبيعته كنصف ناقل واستخدامه في الترانزستورات، وكذلك إلى تطبيقاته كمكوّن من مكونات كبلات الألياف البصرية fibre-optic cables، باعتباره العنصر الذي تنتج إليه الأنظار في منظومات الرؤية الليلية الحساسة لما تحت الأحمر وكذلك باعتباره حفّازاً للبلّمرَة polymerization catalyst في صنع زجاجات الشراب غير المُسكر. ويمكن أيضاً تحقيق الخواص

في هذا الصدد يقول أرماتاس وكاناتزيرز "أدت محاولات إزالة خافض التوتر السطحي من جرمانيوم ميزوي البنية بواسطة التفكك الحراري إلى انكماش الاطار اللاعضوي يصاحبه فقدان لاحق في ترتيب المسام". على كل حال، لوحظت في هذه المنظومة خصائص مهمة حتى بدون إزالة خافض التوتر السطحي. ففُرجتها العصبية الضوئية optical bandgap - وهي بارامتر حاسم في تعيين خواص المادة في النقل الكهربائي - يمكن، على سبيل المثال، تغييرها بسلسلة من خلال أكسدة جزئية مُسيطر عليها وتوليد أصناف الأكاسيد الثانوية $Ge O_x$ في الإطار.

أما في المنظومة المبنية على (Ge_2^+) ، تتبع الأكسدة اللطيفة مرحلة تبادل أيوني ion-exchange تولد روابط متصالبة cross-linkages في (Ge_2^+) تسمح بأن تأخذ إزالة خافض التوتر السطحي مجراها. وينتج عن هذا سطح كبير تبلغ مساحته $500 m^2$ لكل غرام من المادة، وتسمح البنية المفتوحة هذه بمشاركة جزيئات مضيئة تزيح طاقات الإلكترونات عند سطح نصف الناقل وبذلك تستطيع تعديل ناقليته الكهربائية.

وعودة إلى الورقتين المشار إليها سابقاً فإنهما تمثلان تقدماً ملحوظاً في بناء أطر الجرمانيوم. والورقتان، إلى حد ما، متتامتان: حيث أنهما تُظهران تعدد إمكانات كيميائية مركب الزينتل Zintl- compound chemistry بالاتحاد مع رصف خافض للتوتر السطحي ويؤمن مداخل مختلفة للوصول إلى هندسات مصممة ومرتبطة لأنصاف النواقل. فتولبرت وزملاؤه يشرحون طريقة لإنتاج مسامية ميزوية حقيقية. وأرماتاس وكاناتزيرز يبينان أنه يمكن تحقيق بنية مكعبية بجران وقنوات متصلة، وهي التي غالباً ما تكون معمارية architecture مرغوب فيها على نحو أكبر وصولاً إلى بلوغ الضيوف إلى كامل المنظومة المسامية.

لاريب أن هذا العمل سستمخض عنه منظومات من أنصاف نواقل ذات مسامية ميزوية جديدة ذات صلة بالتحساس sensing والكشف والاتصالات. وتوجد فرص لتوليف خواص هذه المنظومات مع تراكيب مختلطة، بما في ذلك منظومات Ge/Si المختلطة وتجمعات الزينتل عبر استخدام عناصر أخرى من المجموعة 14، أو باستعمال جزيئات رابطة أخرى لربط مركبات زينتل باستخدام طريقة أرماتاس وكاناتزيرز. ومع ما سبق من تشكيلة بنيوية وتركيبية أوجدتها الأكاسيد ذات المسامية الميزوية، فإن المسرح مهياً لأنصاف نواقل ميزوية البنية وذات خواص يمكن هندستها.

منتظماً على مقياس قدّ الثقب المرصافي، بالرغم من أنها ليست بالضرورة بلورية بالمقاس الذري (فالسليكا النصف المسامية على سبيل المثال لها جدران لا بلورية).

إن الاصطناع الناجح للجرمانيوم ذي البنية الميزوية mesostructured ينبغي أن يوجّه الاهتمام إلى تحديات عديدة. ويتمثل التحدي الرئيسي من بين تلك التحديات في إيجاد مادة طليعية precursor للجرمانيوم ذوابة تتجمع ذاتياً بوجود مادة خافضة للتوتر السطحي مزدوجة الألفة ويمكن أن تتصل لتشكل إطاراً مستمراً. ويتعزّز التجمع الذاتي بحد ذاته باختيار مذيب يشكل شبكة ذات رابطة هيدروجينية ولكنه لا يتفاعل مع المادة الطليعية. تستعمل الورقتان العلميتان اللتان أشرنا إليهما مادتين طليعتين، بالرغم من اختلافهما، ترتبطان كلاهما بالمركبات التي تتشكل عندما تتحد معادن كهروموجبة بدرجة عالية مع عناصر من وسط الجدول الدوري. ولقد كان إدوارد زينتل E. Zintl أول من أوجدها ومهد لها في العشرينيات والثلاثينيات من القرن المنصرم. ونشير إلى أن الصيغة الكيميائية لمركب أرماتاس وكاناتزيرز هي Mg_2Ge ويحتوي وحدات Ge^{4+} في شبكة بلورية، بينما الصيغة الكيميائية لمركب تولبرت وزملائه هي K_2Ge_9 ، ويتألف من سلاسل بوليميرية (Ge_2^+) أكثر تعقيداً مشنقة من أيونات عنقودية من Ge_9^{4+} .

ومن أجل تشكيل جرمانيوم مرتّب ميزويّ البنية أضاف أرماتاس وكاناتزيرز مركب $GeCl_4$ إلى مزيج التفاعل كي يؤمّن جسوراً من Ge^{4+} تربط الوحدات Ge^{4+} التابعة للمادة الطليعية. ومن جهة أخرى، فإن تولبرت وزملاءه يربطون سلاسل الجرمانيوم الخاصة بهم عن طريق أكسدة معتدلة، أخذين حذرهم كي يتجنبوا أطوار أكسيد الجرمانيوم التي تنجم عن الأكسدة المفرطة. كانت النتيجة النهائية، في الحالة الأولى، بنى ذات قنوات مكعبية، وفي الحالة الثانية بنى ذات قنوات سداسية الشكل ثنائية البعد.

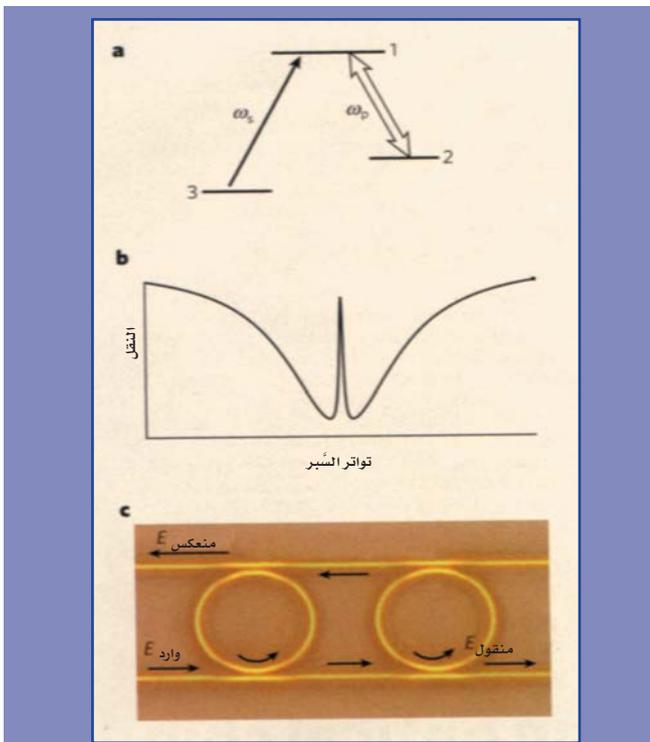
وكما في حالة السليكا الميزوية المسام، فإن جدران كلتا المادتين تكونن لبلورية بالمقاس الذري، ولكنها دورية بالمقاس الميزوي للأطر ذاتها. وكما كان متوقعا، تبدي المادتان أثراً تعتمد على الفقد تنجم عن ما يسمى الحصر الكمومي، وهو ظاهرة تؤثر على قيم الطاقة المسموح بها لإلكترونات المادتين عند مقاسات أصغر. وعلى وجه الخصوص، بالمقارنة مع الأطياف في مادة الجرمانيوم الكتلية، فقد لوحظت انزياحات نحو أطوال موجية أقصر، أي نحو أطوال موجية أكثر زرقة في الامتصاص الضوئي أو أطيايف التآلق لجران الجرمانيوم التي يبلغ ثخنها 1 nm.

- وثمة تحدٍ أخير تمثل في إزالة خافض التوتر السطحي بدون إتلاف البنية الميزوية أو انقلاب الجرمانيوم إلى أكسيده. ولقد تبين أن هذا أمر صعب في المنظومة التي اشتقت من Mg_2Ge :

نشر هذا الخبر في مجلة: Nature, Vol 441, 29 June 2006

الشفافية على شية ضوئية

يمكن تنفيذ حيلة بليزرين لجعل الأوساط العاتمة شفافةً في منظومات مجاوبات ضوئية بالغة الصغر؛ لتحقيق نتائج جوهرية لصالح الاتصال الضوئي ومعالجة المعلومات.



الشكل 1: الشفافية المُستحثة كهرومغناطيسياً (EIT).

a- في الشفافية الكلاسيكية المُستحثة كهرومغناطيسياً (EIT) في منظومة ذرية ما، تجري مواءمة حقل ضخ قوي ω_p لصالح انتقال طاقة ذرية (1-2) وتخلق "نافذة شفافة" لحقل إشاري ω_s signal field، تتم مواءمته لصالح انتقال ثانٍ (1-3). b- ينتج عن التداخل الإتلافي بين مساري الامتصاص حَسْكة spike انتقال متزايد ضيقة ضمن خط امتصاص عرض. وهكذا تتغير قرنية انكسار المادة بسرعة فوق مجال التواتر الضيق ويمكن لهذه البعثة المتزايدة الحاصلة أن تؤدي إلى تدفق فائق ultraslow للضوء. تؤمن الحسكة الضيقة واصماً marker تواترياً جيد التحديد لقياسات الضبط. c- في منظومة للمجاوبات المكروية درسها إكسيو Xu وآخرون، تحدث الشفافية المُستحثة كهرومغناطيسياً (EIT) بسبب التداخل الإتلافي بين حقلين الذي يترك حلقتين متباعدين بشكل مناسب في اتجاه موقع الانعكاس. ويتحدد عرض مَعْلَم الامتصاص بالفقد الإجمالي لمنظومة المجاوب الحلقي (وغالبا ما يمكن التغلب عليه عبر المزوجة مع موجة موجي مستقيم)، في حين تنقر النافذة الشفافة عبر الفقد الداخلي للمجاوبات الحلقية.

لقد كان اكتشاف الشفافية المُستحثة كهرومغناطيسياً (EIT) (وهو مفعول استثنائي يحدث حينما تتأثر حزمات ليزر داخل مادة ضوئية)، وكذلك استخدام تقنيات حديثة لتصنيع بنايات أصغر للتحكم بالضوء، بمثابة تطورات حديثة مثيرة في الفيزياء الضوئية. إذ إن إكسيو وزملاءه Xu et al حسبما كتبوا في Physical Review Letters قد جمعوا الاثنان بشكل موفق، فعرضوا على شبيهة، مضاهاة analogue ضوئية كاملة للشفافية المُستحثة كهرومغناطيسياً (EIT) مبنية على استجابة مجاوبات مكروية ضوئية. ويمكن لهذه النتيجة أن تفتح مسارات لم يسبق التطرق إليها في الفوتونيات، مما يقدم آفاقاً لإيجاد نبائط أصغر حجماً وأكثر كفاءة في تداول الضوء ونقله.

وحسبما تمّ تنفيذه أساساً، فإن الشفافية المُستحثة كهرومغناطيسياً (EIT) تتضمن تأثر interaction ضوء الليزر مع مجموعة من الذرات. وهي تعتمد على الحقيقة المتمثلة في أنه حينما يمتلك فوتون عارض طاقة "مجاوبة" تعادل الفرق بين طاقتي مستويين لذرة ما، فإن الفوتون قد تمتصه تلك الذرة ويمكن استخدام طاقته لاستثارة الذرة إلى حالة طاقة أعلى. وعندما يقود حقلان ليزريان منفصلان اثنين من انتقالات كهذه يتشاركان في المستوى الأعلى نفسه (الشكل 1a) فإن التداخل الإتلافي بين المسارين اللذين يربطان المستوى الأعلى بالمستويات الأدنى يسمح للاحتمال الكومومي الميكانيكي بتلاشي الذرة الموجودة في المستوى الأعلى. وحيث إنه لا توجد ذرات في المستوى الأعلى، لم يكن يحدث هناك امتصاص للحقول المطبقة. وبذلك تصبح الذرة "شفافة" للحقول الليزرية المطبقة في مدى تواتري ضيق بشدة (الشكل 1b). ولعملية التداخل هذه مضاهئات analogies في الفيزياء الكلاسيكية، حيث يسبب التزواج بين هزازين تخفيضاً في سعة اهتزازهما.

يمكن استخدام ظاهرة الشفافية المُستحثة كهرومغناطيسياً (EIT) لتقوية تأثيرات لاخلية ضوئية إلى حد كبير-مثل اعتماد قرينة

هذا وتابع إكسيو Xu وآخرون هذا التقدم إلى مرحلة أبعد من ذلك. فباستخدام إجراءات تصنيع نانوية حديثة أنتجوا زوجاً من مجاويات حلقيّة مكروية مقترنة مع أدلة موجية waveguides متوازية على ركازة سليكون على عازل نمطية للشبيبة الإلكترونية. وقد كانت قرينة انكسار السليكون التي ألفت الأدلة الموجية والحلقات (3.45) أضخم بكثير من قرينة انكسار أكسيد السليكون الذي أحاط بها من جميع الجهات (1.46). وهذا يعني أنه حُصر الضوء في حلقات ذات قطر صغير جداً من خلال العملية المعروفة بالانعكاس الداخلي الكلي. كما جرى تبيان سلوك يشبه الشفافية المُستحثة كهرومغناطيسياً (EIT) وذلك بواسطة قياس النقل عند تواترات مختلفة لحزمة الليزر المحقونة داخل المنظومة. وقد قام المؤلفون ببناء بضع نبائط من هذا القبيل حيث تفاوتت المسافة بين الحلقات المكروية من نببئة إلى أخرى. وهكذا كان بالإمكان تعديل الموقع الطيفي لذروة النقل الشبيبة بالشفافية المُستحثة كهرومغناطيسياً (EIT).

فما فائدة كل هذا؟ فحسبما يشير الاسم، تُشكل الشفافية المُستحثة كهرومغناطيسياً (EIT) من الناحية الأساسية طريقة لجعل مادة ما شديدة الامتصاص في ظروف أخرى مادة شفافة؛ وبذلك يمكن استخدامها في تطبيقات مثل بناء خطوط نقل ضوئي لمسافات بعيدة. وقد سمحت خاصة البعثرة الناجمة عن الشفافية المُستحثة كهرومغناطيسياً (EIT) بتحقيق انتشار "الضوء البطيء" بسرعات لا تعدو جزءاً صغيراً من السرعة الطبيعية للضوء. هذا وتعتبر الدارات الضوئية من أجل الاختزان الضوئي بشكل مؤقت تطبيقاً واضحاً لمثل تقانة الضوء البطيء هذه. وربما يكون الأكثر أهمية أنه يمكن لتجاويات الشفافية المُستحثة كهرومغناطيسياً (EIT) أن تكون أضيق بكثير من تجاويات المجاويات الفردية، سواء كانت نرات أم مجاويات مكروية. وبما أنه لا يمكن قياس تواتر التجاوب بشكل نمطي إلا وفقاً لدقة تعطى بجزء ثابت من عرض خط التجاوب، فإن عرض الخط المضيّق يمكن أن يفيد في إجراء قياسات ضوئية دقيقة لكميات مثل قوة الحقل المغناطيسي. وتعتبر إمكانية اصطناع مثل هذه المكونات على شبيبة ضوئية حسبما يقترحه اختراع إكسيو Xu وزملائه بمثابة خطوة أساسية نحو تطوير مثل هذه الوسائط الضوئية المتكاملة.

انكسار المادة على كثافة الضوء الوارد - الأمر الذي يعتمد عليه تشغيل العديد من النباط الفوتونية. وعموماً، يمكن إنجاز مثل هذه التأثيرات اللاخطية باستخدام حقل مطبق لليزر قابل للموافقة تم توليفه قريباً من التواتر التجاوبي لانتقال ذري ما. ولسوء الحظ، يزداد أيضاً امتصاص ضوء الليزر عند هذه التواترات تماماً ويلغي هذا التأثير الكثير من فائدة العمل في محاذاة التجاوب. ولكن مع وجود منبعي ليزر يمكن استخدام التداخل الكومومي لضمان إزالة الامتصاص الذري مع المحافظة على استجابة لاخطية كبيرة.

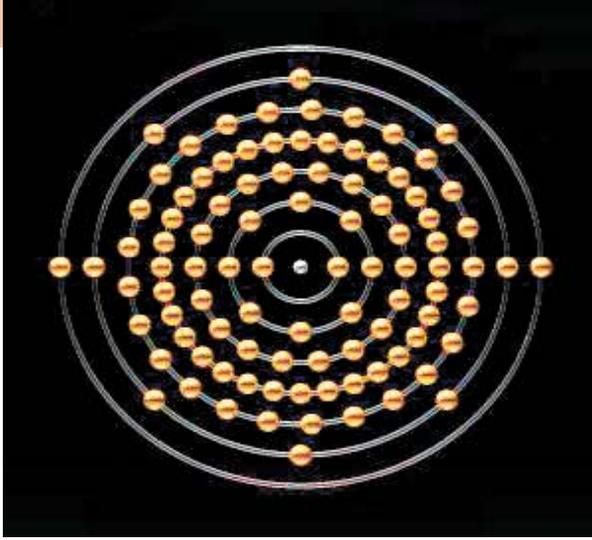
وأما الناحية السلبية لتأثير EIT الذري التقليدي، وبشكل أعم للبصريات اللاخطية المبنية على التجاوب الذري - فتتمثل في هذا التأثير الذي يمكن تطبيقه فقط بالنسبة لضوء في مدى صغير جداً من التواترات بالقرب من الانتقالات الذرية المثبتة. وتستخدم طريقة بديلة لتحقيق خصائص نقل للشفافية المُستحثة كهرومغناطيسياً (EIT) على غرار طريقة Xu وزملائه تستخدم نبائط صغيرة تُدعى المجاويات المكروية الضوئية (الشكل 1c) التي يعتمد تواتر تجاوبها على قدها الفيزيائي. وفي مثل هذه النباط، تحدث تواترات التجاوب حينما يتوافق العدد الكلي للأطوال الموجية للضوء الوارد مع التجاوب. علاوة على ذلك، يحدث تداخل إتلافي بين الضوء الناشئ من مجاوبين مقترنين.

لقد كانت المجاويات المكروية المبكرة مجرد حالات هوائية aerosols تحتوي على جسيمات بأحجام مختلفة، لكن أساليب التصنيع الحديثة تنتج مجاويات فردية ذات تواترات تجاوب مطاوعة إلى حد كبير. وتأخذ هذه المجاويات أشكالاً مختلفة: أشكالاً حلقيّة أو أقراصاً أو كرات يمر فيها الضوء عبر السطح الخارجي كما يفعل الصوت في "رواق الهمس" أو أشكالاً أقل وضوحاً، مثل العيوب في بلورة كريستال فوتونية تامة. هذا وإن قدها الصغير يجعلها مناسبة بشكل مثالي لأداء عمليات على ضوء يضاها العمليات المنفذة بواسطة مكونات من شبيبات السليكون على الإلكترونيات. وقد تم اقتراح تطبيقات عديدة لها.

وفي العام 2004 تم اقتراح بضع طرائق لجمع الشفافية المُستحثة كهرومغناطيسياً (EIT) والمجاويات المكروية الضوئية للحصول على تجاويات مشابهة للشفافية المُستحثة كهرومغناطيسياً (EIT) في المنظومات الضوئية المتكاملة. ونُشر في العام الماضي عرض مخبري لمثل هذا التأثير. وفي تلك التجربة شوهدت أطياف نقل مشابهة للشفافية المُستحثة كهرومغناطيسياً (EIT) في مجاوبين مكرويين متأثرين على شكل كرات زجاجية بقياس 400 ميكرومتر قطراً تدعم تجاويات نمط رواق الهمس.

نُشر هذا الخبر في مجلة: Nature, Vol. 441, 8 June 2006

الأميريسيوم



Am	الرمز:
95	العدد الذري: (عدد البروتونات في النواة)
-	الوزن الذري: (لا يوجد طبيعياً)

ماهيته

الأميريسيوم معدن طرّوق ذو لون أبيض فضي يَبْهت لمعانه ببطء في الهواء الجاف بدرجة حرارة الغرفة، ولا يوجد الأميريسيوم بشكل طبيعي ولكنه يتولّد صناعياً عن طريق تفاعلات أُسر نتروني متتابعة بواسطة نظائر البلوتونيوم. ويوجد 16 نظيراً معروفاً للأميريسيوم جميعها نشطة إشعاعياً. (النظائر هي أشكال مختلفة من العنصر تمتلك العدد نفسه من البروتونات في النواة ولكنها ذات عدد مختلف من النوترونات). وقد جرى إنتاج الأميريسيوم-241 أول مرة في العام 1944 في مفاعل نووي بجامعة شيكاغو University of Chicago. وقد أعطى الدكتور جلين

سيبورغ Dr. G. Seaborg العنصر الجديد اسمه هذا في العام 1964 تيمناً بالقارة التي تم اكتشافه فيها.

ومن بين النظائر الستة عشر المشعة، تمتلك ثلاثة منها فقط عمر نصف بطول كاف لتبرير الاهتمام به في مواقع الإدارة البيئية لوزارة الطاقة (DOE)، وتلك النظائر هي: الأميريسيوم-241، الأميريسيوم-242m، الأميريسيوم-243. وتتراوح قيم أعمار النصف للنظائر الثلاثة ما بين 150 إلى 7.400 سنة، في حين أن أعمار النصف للنظائر الأخرى هي أقل من يوم واحد. ويُعدُّ الأميريسيوم-241 عموماً أكثر النظائر انتشاراً في مواقع DOE مثل منطقة هانفورد. حيث يبلغ عمر النصف الخاص به 430 سنة ويضمحل عن طريق

الخواص الإشعاعية لنظائر الأميريسيوم الأساسية والنكليات المشعة المرتبطة بها						
النظير	عمر النصف (yr)	النشاط النوعي (Ci/g)	نمط الاضمحلال	طاقة الإشعاع (MeV)		
				ألفا	بيتا	غاما
Am-241	430 سنة	3.5	α	5.5	0.052	0.033
Am-242 m	150 سنة	9.8	IT	0.025	0.044	0.0051
Am-242	16 ساعة	820.000	β, EC	-	0.18	0.018
Am-243	7400 سنة	0.20	α	5.3	0.022	0.055
Np-239	2.4 يوماً	230.000	β	-	0.26	0.17

IT = تحول تصاوفي، EC = أسر الإلكترونات، Ci = كوري، g = غرام، MeV = مليون فولط إلكتروني، الشُرطة (-) تعني العملية غير قابلة للتطبيق، يضمحل الأميريسيوم-242 عبر طريقين هما: إصدار جسيم بيتا (83%) والأسر الإلكتروني (17%). وقد تم هنا إدراج خصائص معينة للأميريسيوم-242 والنيبتونيوم-239 لأن هذه النكليات ترافق تحللات الأميريسيوم، ثم إعطاء القيم مقربة إلى أهم منزلتين عدديتين أساسيتين.

إصدار جسيم بيتا مع إشعاع غاما مرافق. أما النظيران الآخران فيمثلان نمطياً نسبة مئوية قليلة من الاحتياطي الإجمالي للأميريبيوم في موقع ما. ويتصف الأميريبيوم-242m (m تعني متبدل الاستقرار) بعمر نصف يناهز 150 عاماً، وهو يضمحل عن طريق التحول التصاوي isomeric transition. ولا يعد الأميريبيوم-243 عموماً مقلقاً رئيساً في مواقع DOE بسبب نسبة وفرته المنخفضة بالمقارنة مع الأميريبيوم-241، وكذلك لانخفاض نشاطه النوعي.

مصادره

يعد الأميريبيوم ناتجاً ثانوياً عن أنشطة إنتاج البلوتونيوم وهو ينشأ من توالي عمليات أسر البلوتونيوم للنترونات. أما أكثر النظائر شيوعاً وهو الأميريبيوم-241، فإنه ناتج اضمحلال البلوتونيوم-241. فعندما يمتص البلوتونيوم-239 نترولين، يقوم بإنتاج البلوتونيوم-241، الذي يضمحل عن طريق إصدار جسيم بيتا مع عمر نصف قصير نوعاً ما (14 عاماً) ليؤلف الأميريبيوم-241. ويتم إنتاج الأميريبيوم-241 بطريقة مماثلة إثر اضمحلال البلوتونيوم-243 الذي يضمحل عن طريق إصدار جسيم بيتا بعمر نصف يبلغ 5 ساعات. ويمكن لوقائع امتصاص نترونية متتابة من قبل النظير-241، أن تنتج كل من الأميريبيوم-242m والأميريبيوم-243.

استخداماته

تمثل مكاشيف الدخان أكثر استخدامات الأميريبيوم شيوعاً. وتعتمد هذه المكاشيف على الجسيم ألفا الذي يرافق تحلل الأميريبيوم-241 ليؤين الهواء بين ثغرة تقع بين إلكترونين، مما يسبب تياراً كهربائياً صغيراً جداً يسري بينهما. وعندما يدخل الدخان في الحيز الكائن بين الإلكترونيين، يتم امتصاص إشعاع ألفا من قبل جسيمات السخام، فيتم قطع التيار، وعندها ينطلق جرس التنبيه. ولا تشكل جسيمات ألفا الناشئة من مكاشيف الدخان خطراً صحياً، حيث أنه يتم امتصاصها في بضعة سنتيمترات من الهواء أو بواسطة بنية المكشاف. ويستخدم الأميريبيوم كذلك كمصدر محمول للتصوير الشعاعي بأشعة غاما، ولبحوث البلورات، وكمادة هدف في المفاعلات النووية أو مسرعات الجسيمات لتوليد عناصر أكثر ثقلاً. وثمة منبع نتروني شائع يتألف من الأميريبيوم-241 والبريليوم. ويتم امتصاص جسيم ألفا المنطلق خلال الاضمحلال الإشعاعي للأميريبيوم-241 من قبل البريليوم-9، بحيث يتولد كربون-12 ونترون واحد. ويمكن لنبائط كهذه أن تستخدم في الاختبار غير الإتلافي للمكونات والمعدات وكذلك لصالح تطبيقات صناعية أخرى.

وجوده في البيئة

إن الاختبار الجوي للأسلحة النووية، والذي توقف في أنحاء العالم بحلول عام 1980، قد ولّد أغلب الأميريبيوم البيئي. كما وقد سببت الحوادث والانبعاثات الصادرة عن منشآت إنتاج الأسلحة تلوثاً محلياً. ويُعد أكسيد الأميريبيوم أكثر الصيغ شيوعاً في البيئة. وتبلغ النسب الوسطية للأميريبيوم-241 في تربة السطح حوالي 0.01 بيكوكوري (PCi) /g. ويكون الأميريبيوم نمطياً غير نواب تماماً، بالرغم من أنه يمكن أن تصبح نسبة ضئيلة منه نوابية خلال العمليات البيولوجية والكيميائية. وهو يلتصق بشكل قوي جداً بالتربة، وبتقدير قيم تراكيز الأميريبيوم المتعلقة بجسيمات التربة الرملية والتي تعد أعلى بـ 1.900 ضعف ما هي عليه في المياه الخالية (الماء الموجود في الفراغات المسامية بين جسيمات التربة)، فهو يرتبط بشكل أكثر قوة بالتربتين الطفالية والطينية، لذا تكون نسب التركيز تلك أعلى قيمة. وفي هانفورد، يكون أغلب الأميريبيوم في المناطق التي تحتوي على النفايات الناشئة من معالجة الوقود المشعّ، مثل الحاويات الموجودة في الجزء المركزي من الموقع.

سيرورته في الجسم

يمكن أن يدخل الأميريبيوم إلى الجسم عن طريق تناول الطعام أو شرب الماء أو استنشاق الهواء. وقد يكون الامتصاص المعوي المعدّي من الغذاء أو الماء مصدراً محتملاً للأميريبيوم المتوضع داخلياً لدى عامة الناس. أما بعد الابتلاع أو الاستنشاق، فإنه يتم طرح أغلب الأميريبيوم خارج الجسم خلال بضعة أيام ولا يدخل إلى مجرى الدم مطلقاً، إذ إن ما يدخل إلى الدم يساوي حوالي 0.05% فقط مما يدخل الجسم بالابتلاع وبعد مغادرة الأمعاء أو الرئة، يكون ما يقارب نسبة 10% منها قد خرج من الجسم. أما ما تبقى مما يدخل إلى مجرى الدم فهو يتراكم بشكل متساو تقريباً في الكبد والهيكل العظمي حيث يبقى لمدة زمنية طويلة، مع عمر نصف احتباس بيولوجي يبلغ حوالي 20 و50 عاماً، على التوالي (حسب موديلات مبسطة لا تعكس إعادة التوزع البيئية). وتعتمد الكمية المتوضّعة في الكبد والهيكل العظمي على عمر الشخص، مع امتصاص مُجرّاً fractional uptake في الكبد يتزايد مع تقدم العمر. أما الأميريبيوم في الهيكل العظمي فإنه يتوضع بشكل متجانس على السطوح القشرية والتربيقية للعظام ويعاد توزيعه ببطء في أنحاء كتلة العظم المعدنية بمرور الوقت.

آثاره الصحية الأساسية

لا يشكّل الأميريبيوم خطراً على الصحة بشكل عام إلا إذا دخل إلى الجسم، بالرغم من وجود القليل من الخطورة يرتبط بأشعة

معاملات الخطورة الإشعاعية

يوضح الجدول التالي معاملات خطورة مختارة تتعلق بالاستنشاق والابتلاع. وقد تم استخدام أنماط امتصاص مفترضة موصى بها بالنسبة للاستنشاق، كما استخدمت قيم غذائية بالنسبة للابتلاع. وهذه القيم تتضمن إسهامات منتجات اضمحلال الأميريسيوم القصيرة الأعمار. أما قيم الخطورة فإنها تخص الوفيات بالسرطان لكل الأعمار على أساس وحدة الابتلاع (pCi)، وقد أخذت المتوسطات على اختلاف الأعمار وللجنسين (10^9 تعادل واحداً على بليون، 10^{12} تعادل واحداً على ترليون). أما بقية القيم، بما فيها المتعلقة بالمرضية، فهي موجودة أيضاً.

الخطورة العمرية للوفاة بالسرطان		التنظير
الابتلاع (pCi^{-1})	الاستنشاق (pCi^{-1})	
$10^{-11} \times 9.5$	$10^{-8} \times 2.4$	أميريسيوم-241
$10^{-11} \times 6.8$	$10^{-12} \times 1.3$	أميريسيوم-241m
$10^{-11} \times 9.8$	$10^{-8} \times 2.3$	أميريسيوم-243

غاما التي يصدرها النبتونيوم-239، الذي يعدُّ ناتج اضمحلال ذي فعالية إشعاعية للأميريسيوم-243. أما وسائل التعرُّض الأساسية فهي ابتلاع الغذاء والماء المحتويين على نظائر الأميريسيوم وكذلك استنشاق الغبار الملوَّث بالأميريسيوم. ويعدُّ الابتلاع عموماً أكثر أشكال التعرُّض إقلاقاً ما لم يكن هناك مصدر قريب للغبار الملوَّث المحمول جواً. ولأن الأميريسيوم يدخل إلى الجسم بشكل أكثر يسراً عن طريق الاستنشاق أكثر من الابتلاع، فإن كلا من طريقتي التعرُّض يمكن أن يكون مهماً. ونشير إلى أن التخوف الصحي الرئيسي يتأتى من الأورام الناجمة عن الإشعاع المؤين الذي تصدره نظائر الأميريسيوم المتوضعة على سطوح العظام وفي الكبد.

خطورته

لقد تمَّ حساب معاملات الخطورة العمرية للوفاة بالسرطان بالنسبة لكل النكليدات تقريباً، بما فيها الأميريسيوم (راجع المؤطر 2). وبينما يكون الابتلاع عموماً هو أكثر أنماط التعرُّض شيوعاً، فإن معاملات الخطورة فيما يخص هذا الطريق تكون أخفض بكثير منها فيما يخص الاستنشاق. أما بالنسبة لبقية النكليدات، فإن المعامل الخاص بمياه الصنبور يساوي 80% من ذلك المبين بالنسبة للابتلاع الغذائي.

وبالإضافة إلى مخاطر التعرضات الداخلية، فهناك خطورة التعرُّض الخارجي لأشعة غاما التي ترافق الأميريسيوم-243. ولتقدير خطورة الوفاة العمرية بالسرطان، فإننا إذا افترضنا أن ثمة 100.000 شخص كانوا يتعرضون باستمرار لطبقة كثيفة من التربة المحتوية على تركيزٍ وسطيٍّ مبدئيٍّ يساوي (1 pCi/g) من الأميريسيوم-243، فإنه يوجد ثلاثة من هؤلاء المئة ألف شخص يمكن أن يتوقع إصابتهم بسرطانٍ مميت. (وهذا بالمقارنة مع 25 ألف شخص من المجموعة ممن يتوقع لهم الوفاة بالسرطان بسبب جميع الأسباب الأخرى وذلك وفقاً للمعدلات الأميركية). وترتبط هذه الخطورة بشكل كبير بأشعة غاما الصادرة بفعل منتج اضمحلالها القصير العمر، وهو نبتونيوم-239. أما الخطورة الخارجية بالنسبة لنظيري الأميريسيوم الآخرين فهي أقل من 10% مما هي عليه بالنسبة للأميريسيوم-243.

نُشر هذا الخبر في مجلة: ANL, October 2001

استرجاع الفاناديوم والنيكل من الرماد الناجم عن حرق النفط الثقيل المستخدم في محطات الوقود الكهربائية

د.جمال سطاس - عجاج دحدوح - عمر الشياح

قسم الكيمياء - هيئة الطاقة الذرية ص. ب 6091 - دمشق - سورية

ملخص

بعد إنجاز عدة تجارب مخبرية، اختيرت مرحلتا غسل للرماد المتطاير لاسترجاع الفاناديوم، الموليبدنوم والنيكل. أُتبعت مرحلة غسل قلووية أولى لاسترجاع الفاناديوم والموليبدنوم بمرحلة غسل ثنائية بحمض الكبريت لاسترداد النيكل. وتمت دراسة تأثير بعض المتغيرات العملية (الطور السائل/الطور الصلب، حرارة عملية الغسل، زمن الخلط، تركيز عامل الغسل) في استرداد الفاناديوم والنيكل.

كما حددت شروط الترسيب المثلى للفاناديوم والموليبدنوم من الوسط القلوي والنيكل من محلول حمض الكبريت.

الكلمات المفتاحية: رماد متطاير، غسيل، فاناديوم، نيكل، موليبدنوم.

تقرير مختصر عن بحث علمي أنجز في قسم الكيمياء - هيئة الطاقة الذرية السورية.

الكشف عن درجة القرابة الوراثية بين عزلات مختلفة من فطر *Pyrenophora graminea* وفطر *Cochliobolus sativus* باستخدام المعلومات الجزيئية RAPD و ISSR

د. انطونيوس الداود - د. محمد عماد الدين عرابي - عماد نابلسي - د. نزار مير علي

قسم التقانة الحيوية والبيولوجيا الجزيئية - دائرة أمراض النبات - هيئة الطاقة الذرية السورية - ص. ب. 6091 - دمشق - سورية

ملخص

جرى توظيف تقنيتي التضخيم العشوائي للدنا المتعدد الأشكال (RAPD) Random amplified polymorphic DNA ومتكررات ما بين التتابعات البسيطة (ISSR) Inter Simple Sequence Repeats لدراسة درجة القرابة الوراثية بين 32 عزلة لفطر *Pyrenophora graminea* المسبب لمرض تخطط أوراق الشعير (Barley leaf stripe, BS) و20 عزلة لفطر *Cochliobolus sativus* المسبب لمرض التلطح البقعي (Spot Blotch, SB) وعفن الجذور الشائع (Common Root Rot, CRR). جُمعت عينات الفطرين المذكورين من نباتات شعير وقمح مصابة في مناطق مختلفة من القطر العربي السوري. بدايةً، استُخدمت 27 مرئسة (Primers) عشوائية خاصة بتقنية RAPD لتمييز عزلات كلا الفطرين وتحديد درجة القرابة فيما بينها. تراوحت النسب المئوية لعدم التوافق (percent disagreement value, PDV) بين 0.64 (بين العزلة CRR51 والعزلة CRR44) و 0.05 (بين العزلة SB30 والعزلة SB37). اعتماداً على نتائج تحاليل RAPD، اختيرت أكثر العزلات تشابهاً واختلافاً للأمراض الثلاثة، حيث طبقت عليها تقنية الـ ISSR واستخدمت لذلك الغرض 25 مرئسة مختلفة (Anchored and Nonanchored) لتقييم وتقدير مصداقية نتائج الـ RAPD. أظهرت نتائج ISSR تطابقاً ملحوظاً في التوصيف الجزيئي للعزلات الفطرية المدروسة مقارنة بنتائج الـ RAPD، حيث تجمعت العزلات المتشابهة والمختلفة وراثياً باستخدام كلتا التقنيتين بشكل متشابه. خلصت الدراسة إلى التأكيد على أهمية وموثوقية تقنيتي RAPD وISSR في تحديد درجة القرابة الوراثية بينها على أن تراعى زيادة عدد المرئسات المستخدمة عند تطبيق تقنية RAPD.

الكلمات المفتاحية: ISSR، RAPD، تلطح بقعي، عفن الجذور الشائع، قرابة وراثية.

تقرير مختصر عن بحث علمي أنجز في قسم التقانة الحيوية - هيئة الطاقة الذرية السورية.

تأثير معدلات مختلفة من السماد البوتاسي على كفاءة استخدام النتروجين وإنتاج محصول القطن باستخدام تقانة التخفيف النظيري بالنتروجين 15

خلف خليفة- محمد الشماع - فريد العين

قسم الزراعة - هيئة الطاقة الذرية - ص. ب. 6091 - دمشق - سورية

ملخص

أجري هذا البحث بهدف معرفة وتحديد تأثير إضافة السماد البوتاسي على كفاءة استخدام النتروجين وإنتاج القطن. استخدم في تنفيذ هذه التجربة تصميم القطع المنشقة Split plot design باستخدام ثلاثة معدلات من النتروجين 120، 180، 240 كغ N/هـ وأربع سويات من البوتاسيوم 0.50، 100، 150 كغ K_2O /هـ وبأربع مكررات. بيّنت النتائج: (1) ازدياد إنتاج القطن المحبب بزيادة البوتاسيوم المضاف عند استخدام معدلي النتروجين (180 و240 كغ N/هـ). (2) زادت كفاءة استخدام النتروجين بازدياد إضافة البوتاسيوم بعمر 108 أيام. (3) بلغت أعلى كفاءة لاستخدام البوتاسيوم في كامل نبات القطن 42% وتناقصت هذه الكفاءة بزيادة البوتاسيوم المضاف وتزايدت بزيادة النتروجين المضاف. (4) بلغ أعلى إنتاج للقطن المحبب للمعاملة المشتركة N240 K50 (6442 كغ/هـ).

الكلمات المفتاحية: قطن، تسميد، بوتاسيوم، نتروجين.

تقرير مختصر عن بحث علمي أنجز في قسم الزراعة - هيئة الطاقة الذرية السورية

تحضير السليكون المسامي ودراسة بعض خواصه الضوئية

د. منذر نذاف - د. فوزي عوض

قسم الفيزياء - هيئة الطاقة الذرية - ص. ب. 6091 - دمشق - سورية

ملخص

تم في هذه الدراسة تحضير السليكون المسامي بطريقة التتميش الكهركيميائية لرقائق من السليكون وحيد البلورة من النوعين n و p في محلول لحمض فلور الماء باستخدام ثلاثة أنماط مختلفة. بالإضافة إلى التتميش بتطبيق تيار مستمر وجهد نبضي، تم تطوير نمط تنميش جديد لتحضير السليكون المسامي المصدر للضوء، وذلك بتطبيق جهد بشكل خطوات متدرجة بين شريحة السليكون والكثود من الغرافيت وإيقافه بشكل دوري. تبين ضمن شروط تنميش متكافئة، أن التتميش بتطبيق جهد بخطوات متدرجة ودورية يمكن أن يُشكل طبقة سليكون مسامي بتألق فوتوني وانزياح نحو الأزرق أكبر من تلك المحضرة باستخدام التتميش بتطبيق تيار مستمر أو بتطبيق جهد نبضي. وجد أن إيقاف خطوات الجهد المطبق لمدة زمنية محددة خلال عملية التتميش يؤثر بشكل كبير على انزياح التألق نحو الأزرق وبالتالي يُعطي هذه الطريقة ميزة إضافية. ويمكن استخدام ذلك لتحضير سليكون مسامي بخواص جديدة. إن الفهم الحقيقي لآلية الانزياح نحو الأزرق غير واضحة بشكل تام، رغم أن الملاحظات التجريبية من قياسات مجهر القوة الذرية والمسامية تدعم نموذج الحصر الكومي. إلا أن نتائج FTIR بيّنت أيضاً أن لتغير شدة قمتي الامتصاص العائدتين لنمطي الامتصاص Si-H و H-Si-O3 دوراً كبيراً في تحديد فعالية إصدار التألق الفوتوني. أكدت دراسة خواص تحسس السليكون المسامي للرطوبة النسبية وخواصه كبلورة فوتونية أفضلية التتميش بنمط الجهد بخطوات متدرجة ودورية. وجد أن حساسية السليكون المسامي المحضّر بهذا التتميش تساوي حوالي 70% مقارنةً بـ 51% و 45% للسليكون المسامي المحضّر باستخدام التتميش بتيار مستمر وبجهد نبضي على التوالي.

الكلمات المفتاحية: سليكون مسامي، تنميش كهركيميائي، تألق فوتوني، تحسس الرطوبة، بلورة فوتونية.

تقرير مختصر عن دراسة علمية مخبرية أنجزت في قسم الفيزياء - هيئة الطاقة الذرية السورية.

التقييم الحقلي لبعض طفرات البطاطا المقاومة لمرض اللفحة المتأخرة، وتقويم أولي (في الأصص) لبعض طفرات البطاطا المتحملة للملوحة

د. بسام الصفدي، د. محمد عماد الدين عرابي

قسم التقنية الحيوية - هيئة الطاقة الذرية - ص . ب 6091 - دمشق - سورية

ملخص

تم الحصول على طفرات من بحثين سابقين لإحداث وانتخاب طفرات بطاطا مقاومة لمرض اللفحة ومتحملة للملوحة في الزجاج. وجرى في التجربة الحالية تقييم أداء طفرات البطاطا على المستوى الحقلي بالنسبة لطفرات اللفحة والأصص بالنسبة لطفرات الملوحة. بينت النتائج محافظة السلالات الطافرة على أدائها في تحمل الملوحة أو مقاومة مرض اللفحة كما تبين وجود فروق معنوية بين النباتات الطافرة المتحملة للملوحة ونباتات الشاهد في مساحة الأوراق وتركيز اليخضور وعدد ووزن الدريئات.

الكلمات المفتاحية: بطاطا، ملوحة، طفرة، لفحة متأخرة.

تقرير مختصر عن تجربة استطلاعية محلية أنجزت في قسم التقنية الحيوية - هيئة الطاقة الذرية السورية.



تصميم وتنفيذ ونمذجة حاسوبية لمحطة تحلية مياه تعمل على البخار المضغوط

د. سهيل سليمان، جاك مومجيان

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

ملخص

تم إعداد النموذج الرياضي لكل من محطات التحلية الحرارية الأحادية التأثير ذات الصفائح الرقيقة المناسبة على الأنابيب الأفقية ومحطات التحلية الحرارية المتعددة التأثير من النوع نفسه. وكذلك أضيف مبدأ الضغط الميكانيكي للبخار كمصدر لإضافة الطاقة إلى النوعين السابقين وبرمجت كل من النماذج السابقة بلغة برمجة الفيچوال بيسيك Visual Basic، بحيث يمكننا معرفة تأثير كل من معدل تدفق الماء المقطر المنتج ومحتوى ماء الدخل من الأملاح ونسبة الاستعادة للمحطة ودرجة حرارة الماء المالح الأعظمية ودرجة حرارة بخار التسخين ودرجة حرارة ماء البحر والمرود الأدياباتي للضاغط المستخدم (في حال كون المحطة تستخدم مبدأ الضغط الميكانيكي للبخار) على كل من معامل أداء المحطة ومعدل استهلاك الطاقة في الضاغط وكمية الحرارة الإضافية اللازمة لإتمام العملية وتدفقات كل من ماء التغذية اللازم والماء الشديد الملوحة المطروح والماء اللازم للتبريد في المكثف النهائي ومحتوى الماء الشديد الملوحة من الأملاح ومساحة سطح انتقال الحرارة في المبخرات في كافة مراحل المحطة والمسخنات الأولية لماء البحر والمكثف النهائي المرتبط بالمرحلة الأخيرة ومسخن ماء البحر المتعدد المسارات (في حال كون المحطة تستخدم مبدأ الضغط الميكانيكي للبخار).

الكلمات المفتاحية: تبخير متعدد التأثيرات، ضغط بخاري ميكانيكي، معمل الأداء الحراري.

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

تقدير الوسائط الجيوفيزيائية العائدة لبنى جيولوجية باستخدام دوال فيير

د. محمد طلاس - د. جمال أصفهاني

قسم الخدمات العلمية - قسم الجيولوجيا

هيئة الطاقة الذرية - ص.ب. 6091 - دمشق - سورية

ملخص

تم في هذا العمل عرض طريقة تفسير شاذات حقلية مقيسة، عائدة لبنى جيولوجية تحت أرضية وذات هندسة بسيطة (كرة، أسطوانة، صفيحة، فالق...الخ) وذلك بهدف تقدير الوسائط الجيوفيزيائية المتعلقة بتلك البنى. تم التركيز على فكرتين أساسيتين مختلفتين لبناء الطريقة التفسيرية: تعتمد الفكرة الأولى بشكل أساسي على مفهوم دالة فيير، حيث تم استخدامها كدالة هدف في البرنامج الرياضي المقيد الذي يصف المسألة الجيوفيزيائية وكما تعتمد على مفهوم دالتي الجزاء بنوعها اللوغارتمية والأسية بهدف تفعيل القيود الرياضية المفروضة على الوسائط الجيوفيزيائية.

تعتمد الفكرة الثانية بشكل أساسي على حلول جملة معادلات خطية نظامية يتم من خلالها تقدير الوسائط الجيوفيزيائية المطلوبة. تناول العمل تفسير شاذات كمن ذاتي، وشاذات مغنطيسية وشاذات جاذبية عائدة لبنى جيولوجية تحت أرضية مختلفة. أبدت نتائج الطرائق التفسيرية المقترحة توافقاً جيداً مع النتائج التجريبية من جهة ومع نتائج طرائق تفسيرية أخرى من جهة ثانية.

الكلمات المفتاحية: دوال جزاء رياضية، خوارزميات عشوائية، شاذات كمن ذاتي، شاذات مغنطيسية، شاذات جاذبية، دوال فيير.

تقرير مختصر عن دراسة علمية حاسوبية أنجزت في قسم الخدمات العلمية - هيئة الطاقة الذرية السورية.



بناء تجربتين مؤتمتتين لقياس المقاومة النوعية R-T والتيار الحرج I-V

د.عادل نادر - د. محمد بهاء الصوص

قسم الفيزياء - هيئة الطاقة الذرية - ص.ب. 6091 - دمشق - سورية

ملخص

قمنا في هذا العمل ببناء تجربتين موجهتين بالحاسوب لقياس كل من المقاومة الكهربائية والتيار الحرج. جرى تحسين حامل العينات في تجربة المقاومة الكهربائية ليستوعب عينات ذات أقطار كبيرة من رتبة 1cm، كما تم إنشاء حامل عينة يسمح بقياس التيار الحرج من دون الحاجة للحم الوصلات على الأشرطة في تجربة قياس التيار الحرج. يُمكن تحصيل المعطيات عن طريق الحاسوب من إجراء عدد أكبر من القياسات خلال فترة زمنية قصيرة مقارنة بالطريقة اليدوية.

الكلمات المفتاحية: قياسات كهربائية - المميز I-V

تقرير مختصر عن تجربة استطلاعية أنجزت في قسم الفيزياء - هيئة الطاقة الذرية السورية.

تحاليل الصبغة الصبغية للابيضاض النقوي المزمن والحاد

د.وليد الأشقر

قسم البيولوجيا الجزيئية والتقانة الحيوية

هيئة الطاقة الذرية - ص.ب 6091 - دمشق - سورية

ملخص

استقبل مخبر الصبغيات 60 عينة نقي عظم مُحولة من مختلف مشافي القطر وعيادات الأطباء الخاصة لإجراء التشخيص الوراثي عليها، وتتنوع العينات بين الابيضاض النقوي المزمن CML، والابيضاض النقوي الحاد AML. استنتجت خلايا نقي العظم باستعمال وسط استنبات صُنعي مُركب لفترات (17 و24) ساعة بدون محرض انقسامي في وسط عقيم، وأخضعت هذه العينات لمراحل تثبيت مختلفة وتلوين باستخدام ملون غيمزا بهدف الحصول على انقسامات خلوية. وأجرينا عليها التعصيب التريسيني بعصائب G-، كما درس تألق التهجين في الموضع FISH باستعمال عدد من مسابر الـ DNA المميزة للابيضاض النقوي المزمن والحاد. وكانت نتائج تحليل الصبغيات موزعة على النحو الآتي: 40 حالة CML إيجابية، و15 حالة CML سلبية، و3 حالات AML إيجابية، وحالتان AML سلبيتان، إضافة إلى حصولنا على تبدلات صبغية نادرة تخص الابيضاض النقوي المزمن CML، وأعطى لكل مريض نتيجة مع صورة توضح حالته المرضية.

الكلمات المفتاحية: طابع نووي، ابيضاض نقوي مزمن، ابيضاض نقوي حاد، شذوذات صبغية، تقانة تألق التهجين في المكان.

تقرير مختصر عن دراسة علمية مخبرية أنجزت في قسم التقانة الحيوية – هيئة الطاقة الذرية السورية.

مقارنة الطرائق المختلفة لعزل الحمض النووي الريبسي المنقوص الأكسجين

من خلايا حقيقيات وطلايعيات النوى

د. أيمن المري

قسم البيولوجيا الجزيئية والتقانة الحيوية - دائرة الميكروبيولوجيا والمناعيات

هيئة الطاقة الذرية - ص.ب 6091 - دمشق - سورية

ملخص

تم عزل الحمض النووي الريبسي المنقوص الأكسجين من خلايا حقيقيات وطلايعيات النوى باستخدام أربع طرائق (طريقة أمريكية، حرارية، أنزيمية، أنزيمية – حرارية). كانت النقاوة متشابهة تقريباً، مع اختلاف في كمية الدنا المعزولة، حيث حصلنا على أكبر كمية عند تطبيق الطريقة الأنزيمية – الحرارية، وعلى أقل كمية عند استخدام الطريقة الحرارية. لذا ننصح باستخدام الطريقة الأنزيمية – الحرارية لأنها ذات تكلفة أقل من العدة التجارية وتمكننا من عزل الدنا بكمية كافية ونقاوة جيدة نسبياً.

الكلمات المفتاحية: الحمض النووي الريبسي المنقوص الأكسجين، طلايعيات النوى، حقيقيات النوى، مورثة.

تقرير مختصر عن تجربة استلامية مخبرية أنجزت في قسم البيولوجيا الجزيئية والتقانة الحيوية – هيئة الطاقة الذرية السورية.

نقل الأجنة عند الحيوانات والتقانات ذات الصلة

د. معتز زرقاوي

قسم الزراعة - هيئة الطاقة الذرية - ص.ب 6091 - دمشق - سورية

ملخص

تستعرض الدراسة التقانات الحديثة المستخدمة في تنظيم ورفع وتحسين الكفاءة الإنتاجية والتناسلية عند الحيوان بشكل عام، مع التركيز على موضوع نقل الأجنة والتقانات الهامة ذات الصلة والمنظمة التعريف بتقانة نقل الأجنة والمواضيع المتعلقة بها من تحضير الحيوانات المانحة والمستقبلة، والتعرف على البرامج المختلفة لتوقيت وإحداث الشياخ وكذلك برامج الإباضة المتعددة والتعريف بالمواد والمعاملات الهرمونية المستخدمة في تلك البرامج. كما سيتم من خلال الدراسة التطرق إلى طرائق إنتاج الأجنة وتقويمها ونقلها والمراحل الزمنية المختلفة لتطور أجنة الحيوانات منذ الإخصاب حتى مراحل مختلفة. وسيتم تسليط الضوء أيضاً على كيفية جمع السائل المنوي وتقويمه وعلى تقانة التلقيح الاصطناعي. وأخيراً، سيتم شرح بعض الطرائق الهرمونية وغير الهرمونية المستخدمة في تشخيص الحمل عند الحيوانات لما لهذا الموضوع من أهمية في هذا المجال.

سيتم شرح وإيضاح الكثير من المصطلحات والتعابير العلمية ذات الصلة والتي تفتقر إليها المكتبة العربية.

الكلمات المفتاحية: بويضات، توقيت، إحداث، هرمونات، مانحة، مستقبلية، إباضة متعددة، إنضاج، إخصاب، تلقيح اصطناعي، نقل الأجنة، تشخيص الحمل.

تقرير مختصر عن دراسة علمية مكتوبة أنجزت في قسم الزراعة - هيئة الطاقة الذرية السورية.

الملوثات الهيدروكربونية المتعددة الحلقات العطرية في البيئة، مصادرها، أثرها، طرائق تعيينها

د. محمد سعيد المصري، يوسف بدير، سحاب إبراهيم

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

ملخص

نظراً لتزايد الاهتمام العالمي في السنوات الأخيرة حول مراقبة الملوثات الهيدروكربونية المتعددة الحلقات العطرية (PAHs) في البيئة، فقد قمنا في التقرير الحالي بعرض المعلومات المتوفرة حول هذه الملوثات في البيئة وعلى وجه الخصوص مصادرها وطرائق انتقالها ومصيرها وتأثيراتها المختلفة على الإنسان والبيئة. هذا وقد جرى عرض المواصفات الفيزيائية والكيميائية والسمية وطرائق تعيين المستويات البيئية المنخفضة لهذه الملوثات إضافة إلى عرض أهم المعايير الدولية المنشورة والمتعلقة بها.

الكلمات المفتاحية: الملوثات الهيدروكربونية المتعددة الحلقات العطرية، مصادرها، الكرماتوغرافيا الغازية، آثار بيئية وصحية.

تقرير مختصر عن دراسة علمية مكتوبة أنجزت في قسم الوقاية والأمان - هيئة الطاقة الذرية السورية.

اليورانيوم وتخصيبه

أ. د. مصطفى حمو ليلا

مقدمة

يشغل موضوع تخصيب اليورانيوم مادة السياسة والإعلام منذ زمن، وقد أحدث في هذه الأيام بُعداً ليس بحاجة للتعريف فهو أساس عمل مفاعلات الطاقة وتوليد الكهرباء وإزالة الملوحة وغير ذلك من تطبيقات تحتاجها البشرية لنواح اقتصادية واجتماعية بغية تنمية الشعوب ووصولاً إلى رفاه الإنسان حاضراً ومستقبلاً. ولو أن العدل يسود علاقات الدول والشعوب بعيداً عن الإبتزاز والهيمنة، لن يكون للهواجس الشريرة موقع يحول دون امتلاك الأمم في العالم الثالث لحقوقها في التقانة النووية وتطبيقاتها بعد أن احتكر العالم المتقدم أسبابها ويات يستعمل العصا بدل الجزرة في العلاقات الدولية.

لئن كان هذا هو الحدث الشاغل لمحتكري هذه التقانة، والأمل المشروع الذي تسعى إليه الدول المتوسطة والفقيرة تحقيقاً لحياة أفضل لشعوبها، فلا بأس في التعريف به والاطلاع على ثقافته في لمحات تثقيفية لقرّاء مجلة عالم الذرة في قطرنا الذي يتوخى الرفعة مع السلام العادل ومواكبة العلم الحديث بجميع أشكاله وبذلك سنقف في هذه الإطالة عند استعراض وجيز يُعرّف باليورانيوم وانتشاره وبقصة تاريخه ووجوده ونظائره ودرجات تخصيبه مع وقفة معقولة عند طرائق ذلك التخصيب.

خواص اليورانيوم وانتشاره:

اكتشف اليورانيوم أول مرة في حالة أكسيد على يد كلابروث عام 1789 وأعطى هذا الاسم تيمناً بسم الكوكب أورانوس (Uranus) الذي اكتشفه هرشل قبل ذلك عام 1781. تبلغ كثافته (19.01/غ/سم³)، وهو أثقل من الرصاص بنحو 65%. وعندما يُقسم يمكن أن يتفاعل مع الماء البارد أو مع الهواء ليصبح مغطى بطبقة من الأكسيد، يُستخرج المعدن من فلزاته ويحول كيميائياً إلى أكاسيد أو إلى أية أشكال كيميائية أخرى تستخدم في الصناعة. وهو كمعدن له تأثير سمي ويعد من العناصر الطبيعية الضعيفة النشاط الإشعاعي، ويفوق الفولان ليونة بقليل كما يقبل الطرق والسحب إضافة إلى ضعف قابليته للمغنة (مغناطيسيته مسابرة). وينتشر اليورانيوم الطبيعي على العموم بنسب صغيرة في الصخور وفي التربة وفي المياه والنباتات والحيوانات (بما فيها البشر).

يتألف اليورانيوم مثل غيره من العناصر من عدد من النظائر المختلفة في أوزانها الذرية وبنشاطها الإشعاعي وبقابليتها للانشطار بالرغم من أنها متماثلة في صفاتها الكيميائية، ويستخدم، كما سنبين فيما يلي، النظير 235U، 238U، 236U، 234U، 233U، 232U وتتراوح أعمار أنصافها بين 68.9 سنة ومليارات السنين.

وأكثر نظائره ثباتاً هي: ^{232}U , ^{233}U , ^{234}U , ^{235}U , ^{236}U , ^{238}U وتتراوح أعمار أنصافها بين 68.9 سنة ومليارات السنين.

الجدول 1- مميزات اليورانيوم وشكله المعدني

kg/m ³ 19050	كثافته
238.02891/amu(g/mol)	وزنه الذري
1405K	نقطة الانصهار
2070K	نقطة الغليان
477kj/mol	حرارة التبخر
15.48kj/mol	حرارة الانصهار
3155 m/s(293.15K)	سرعة الصوت
120 J/kg.K	السعة الحرارية النوعية
{RN} 5f ⁶ d ¹ 7s ²	تشكيله الالكتروني
2,8,18,32,21,9,2	الالكترونات في كل طبقة

معدن أبيض فضي



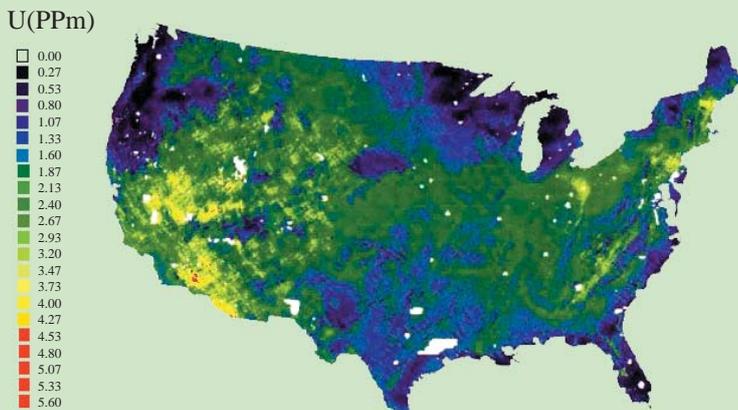
ويختلف تركيز اليورانيوم من بيئة إلى أخرى لاختلاف طبيعة الصخور والتربة الموجود فيها، حيث يلاحظ أن الصخور البركانية الحمضية تحوي اليورانيوم بترافيز تصل إلى 3 أجزاء بالمليون، وهذا أكبر بمئة مرة من تركيز اليورانيوم في الصخور البركانية الأساسية وأقل بأربعين مرة من تركيز اليورانيوم في الصخور الفسفاتية التي يمكن أن يصل محتوى اليورانيوم فيها إلى أكثر من 120 جزءاً في المليون.

يُصادف اليورانيوم منتشراً في التربة ويتبع تركيزه فيها طبيعة الصخر الأم ومحتواه من اليورانيوم، كما يتبع طبيعة عوامل الحث المؤثرة عليه. وينتج عن الاستعمال المستمر للأسمدة الفسفاتية تزايد في تركيز اليورانيوم بالتربة وفي المياه الجوفية. ينتقل اليورانيوم أيضاً من النباتات إلى جسم الإنسان، ويقدر معدل استهلاك الإنسان من اليورانيوم من كافة المصادر (المياه والغذاء) بنحو 518 بكرل سنوياً. ونذكر أن كمية اليورانيوم المنتقلة إلى الإنسان بواسطة مياه الشرب مهمة مقارنة بغيرها من المصادر، حيث أن تركيزه في المياه العذبة يتراوح بين 0.01 و 100 جزء في البليون وهو يتبع طبيعة الصخور الملامسة للمياه ومحتواها من اليورانيوم، أما وسطي تركيز اليورانيوم في مياه البحر فيساوي 3.3 جزء في البليون.

قصة اليورانيوم:

اكتسب اليورانيوم أهمية جديدة في السياسة العالمية بعدما أن برهن رياضياً قبل الحرب العالمية الثانية على أنه يمكن لتفاعل نووي متسلسل أن يحدث في مقدار من المادة الانشطارية إذا كانت كتلة هذا المقدار أكبر من حد أدنى هو الذي نسميه اليوم بالكتلة الحرجة، واتسعت أهميته أثناء تلك الحرب من خلال تطبيق برنامج مشروع مانهاتن لتطوير القنبلة الذرية الأولى. ففي البداية، وقبل اكتشاف البلوتونيوم، حظي اليورانيوم وحده بالاهتمام في الاعتبار لتطوير القنبلة الذرية بالرغم من أن عملية تخصيب اليورانيوم إلى المستويات الضرورية تحتاج إلى تجهيزات عملاقة هائلة (انظر مختبر أوك ريدج في الإنترنت)، ولكن تمّ آخر الأمر تخصيص كمية أكثر من كافي له لصنع قنبلة واحدة ألقيت

الشكل 2- توزع تراكيز اليورانيوم في تربة الولايات المتحدة



على هيروشيما في اليابان عام 1945. في حين استخدم لصنع القنبلة الثانية، التي جرى تطويرها أثناء الحرب، البلوتونيوم-239 كمادة انشطارية، والبلوتونيوم هذا يحتاج بدوره إلى اليورانيوم للحصول عليه. وقد استمر الاعتقاد بدايةً بأن اليورانيوم مادة نادرة نسبياً واستمر هذا الاعتقاد عقداً من الزمن رغم اكتشاف توضعاته أثناء ذلك في كثير من المواقع حول العالم.

وبما أن اليورانيوم وبخاصة النظير 238 يتمتع بعمر نصف من حيث نشاطه الإشعاعي، يبلغ 4.47×10^9 سنة فإن الكمية الكلية الموجودة في الكرة الأرضية تبقى عملياً ثابتة على حالها تقريباً (كميات كبيرة جداً مبعثرة في مواد وأجزاء الكرة الأرضية بشكل متجانس تقريباً).

الشكل 1- فلز اليورانيوم



ويعد الصخر الحاوي على معدن اليورانيوم فلزاً لليورانيوم في العادة إذا كان يحوي تركيزاً يمكن استغلاله تجارياً، ويعطي ما مقداره 0.5 كغ إلى 2 كغ من أكسيد اليورانيوم في الطن، أي إذا كان فيه 0.05 إلى 0.20 بالمئة من هذا الأكسيد.

إن كل نظائر اليورانيوم مشعة وتعاني نظائره الأساسية الطبيعية الثلاثة (^{238}U , ^{235}U , ^{234}U) المنتشرة في البيئة من التفكك الإشعاعي وتصدر جسيمات ألفا المصحوبة بإشعاعات غاما الضعيفة. ويشكل نظيره الغالب ^{238}U بتفككه سلسلة طويلة من منتجات الاضمحلال الإشعاعي التي تضم النكليدين المشعين الرئيسيين للراديوم -226 والرادون -222. ويستمر التفكك المتسلسل حتى بلوغ عنصر الرصاص غير المشع ^{206}Pb في حين ينتهي تفكك اليورانيوم -235 إلى الرصاص -207 المستقر.

لقد اشترى مالكو ومشغلو المفاعلات الأمريكية المدنية لتوليد الطاقة من الولايات المتحدة ومن المزودين الخارجيين ما مجموعه 21200 طن من اليورانيوم خلال العام 2001، وكان السعر المتوسط المدفوع لكل كيلو غرام من اليورانيوم 26.39 دولاراً وهو سعر أخفض بمقدار 16% عند مقارنته بالأسعار المدفوعة عام 1988. وقد أنتجت الولايات المتحدة ما مقداره 1018 طناً من اليورانيوم من سبعة مناجم عاملة تقع كلها غرب نهر المسيسيبي خلال ذلك العام. انظر الجدول (2) الذي يبين إنتاج المناجم العالمية من اليورانيوم خلال الأعوام 2002-2005، والجدول (3) الذي يبين مواقع الإنتاج الأعظم خلال العام 2005 والخط البياني في الشكل (3) الذي يبين تطور الإنتاج حتى العام 1999.

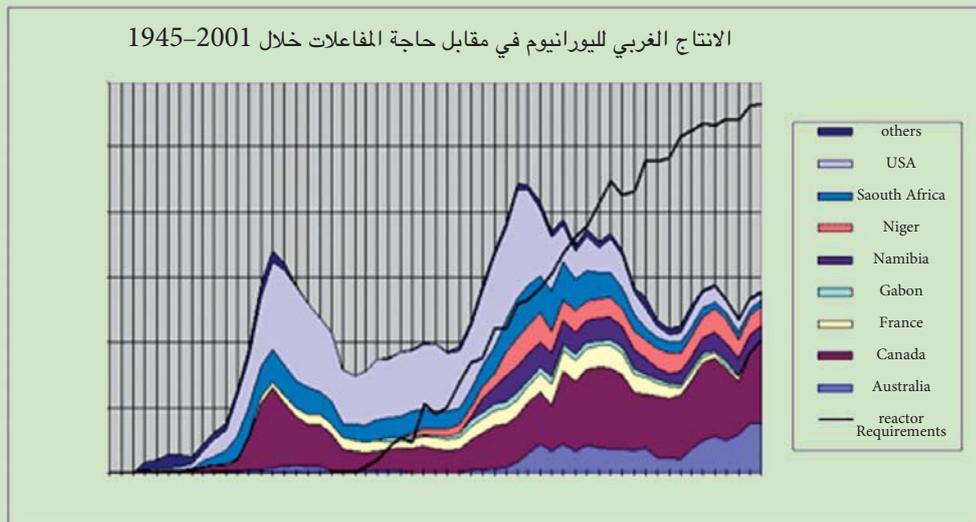
الجدول 2- إنتاج المناجم العالمية لليورانيوم خلال 2002-2005 بالأطنان

Country	2002	2003	2004	2005
Canada	11604	10457	11597	11628
Australia	6854	7572	8982	9519
Kazakhstan	2800	3300	3719	4357
Russia (est)	2900	3150	3200	3431
Namibia	2333	2036	3038	3147
Niger	3075	3143	3282	3093
Uzbekistan	1860	1598	2016	2300
USA	919	779	846	1039
Ukraine (est)	800	800	800	800
China (est)	730	750	750	750
South Africa	824	758	755	674
Czech Repub	465	452	412	408
India (est)	230	230	230	230
Romania (est)	90	90	90	90
Germany	212	150	150	77
Pakistan (est)	38	45	45	45
France	20	0	7	7
Brazil	270	310	300	0
Total world	36 063	35 613	40 219	41 595

الجدول 3- مواقع الإنتاج الأعظم خلال العالم 2005 بالأطنان

Mine	Country	Main owner	Type	Production (tU)	%of world
McArthur River	Canada	Cameco	Underground	7200	17.3
Ranger	Australia	ERA (Rio Tinto 68%)	open pit	5006	12.0
Olympic Dam	Australia	BHP Billiton	by-product/uground	3688	8.9
Rossing	Namibia	Rio Tinto (69%)	open pit	3147	7.6
Krasbokamensk	Russia	TVEL	underground	c 3000	7.5
Rabbit Lake	Canada	Cameco	underground	2316	5.5
McClellan Lake	Canada	Cogema	open pit	2112	5.1
Akouta	Niger	Areva/Onarem	underground	1778	4.3
Arlit	Niger	Areva/Onarem	open pit	1315	3.2
Beverley	Australia	Heathgate	ISL	825	2.0
Top ten total				30,387	73.1

الشكل 3- تطور إنتاج اليورانيوم خلال الفترة 1945-2001



نظائر اليورانيوم:

يجدر بنا بادئ ذي بدء التعريف بماهية النظير. فالنظائر هي أشكال مختلفة لذرات العنصر الكيميائي الواحد و يتميز كل نظير بعدد كتلي مختلف عن العدد الكتلي للنظير الآخر، ولكنه يتمتع بذات الشحنة الكهربائية في نواته، ولذلك تحتل النظائر كلها ذات المكان في جدول مندلييف الدوري.

ويرمز اصطلاحاً للعنصر الكيميائي بأول حرف أو حرفين من اسمه وتوضع في أسفل يسار رمزه شحنة نواته الكهربائية Z (العدد الذري)، كما يوضع في أعلى يسار رمز النظير عدده الكتلي A ويوضع أحياناً في أسفل يمينه عدد النيوترونات N في نواته. (فيوجد للكور مثلاً نظيران مستقران يرمز لهما بـ: $(^{35}_{17}\text{Cl } ^{37}_{17}\text{Cl})$ ويدل هذا الرمز على تركيب كل من نوى ذرات النظائر: فلنظير الكور $^{35}_{17}\text{Cl}$ مثلاً العدد الكتلي $A=35$ الذي يمثل عدد النيوترونات (البروتونات والنيوترونات) في نواته، وله العدد الذري $Z=17$ الذي يمثل عدد البروتونات أو عدد الشحنات في نواة هذا النظير، ويكون N عدد النيوترونات مساوياً وضوحاً $N=A-Z=18$. أما عدد الإلكترونات في الغمامة الإلكترونية المحيطة بالنواة فيساوي عدد البروتونات Z في نواة الذرة المعتدلة غير المؤينة.

وعلى هذا النحو يجري تمثيل نظائر اليورانيوم الثلاثة على النحو التالي: $^{238}_{92}\text{U}$ $^{235}_{92}\text{U}$ $^{234}_{92}\text{U}$.

تتألف معظم العناصر الكيميائية في الطبيعة من مزيج من النظائر ذات الأوزان الذرية المختلفة التي تمتلك (أياً كان مصدرها) النسبة الثابتة ذاتها فيما بينها وذلك يبقى الوزن الذري لخليط العنصر الكيميائي ككل ثابتاً لأنه يمثل نسبة الكتل الذرية موسطة بنسبة وجودها الطبيعي في العنصر. ويُعرف في الوقت الحاضر قرابة 250 نظيراً مستقرًا ونحو 50 نظيراً طبيعياً مشعاً وما يزيد على 1000 نظير صناعي. وإلى جانب استخدام كلمة نظير للدلالة على نظائر العنصر الكيميائي الواحد المختلفة في كتلتها فإنها تستخدم للدلالة أيضاً على نظائر العناصر الكيميائية المختلفة والتي يختلف بعضها عن بعض من حيث الشحنات والأعداد الكتلية وأعداد النيوترونات. ويستفاد من اختلافات كتل النظائر الخاصة بالعنصر الكيميائي الواحد ومن خصائصها النووية للفصل بينها (أي من أجل تخصيصها بنظير محدد) بينها بطرائق مختلفة كما سنبين في شرح أشهر طرائق الفصل أو التخصيب.

ويمكن القول استطراداً أن الذرات المتماثلة في أعدادها الكتلية والمختلفة في أعدادها الذرية (وبالتالي المختلفة بأعداد النيوترونات فيها) تسمى الإيزوبارات Isobars مثل $^{40}_{18}\text{Ar}$ ، $^{40}_{19}\text{K}$ ، $^{40}_{20}\text{Ca}$ في حين تسمى النظائر المتماثلة في أعداد نوتروناتها بالإيزوتونات وإن اختلفت في أعدادها الذرية وفي أعدادها الكتلية مثل $^{51}_{23}\text{V}$ ، $^{52}_{24}\text{Cr}$ ، $^{54}_{26}\text{Fe}$.

وبعد هذا التعريف بمصطلح النظائر عموماً نعود إلى موضوع اليورانيوم. فاليورانيوم في الطبيعة يتألف من ثلاثة نظائر رئيسية هي ^{234}U ، ^{235}U ، ^{238}U مع العلم بأن اليورانيوم -238 هو الأكثر وفرة (الوفرة الطبيعية له في حدود 99.3%) وهذه النظائر الثلاثة مشعة وتولد بتفككها نظائر مشعة أخرى، ويعتبر النظير ^{238}U هو الأكثر وفرة واستقراراً لأن عمر نصفه 4.5×10^9 y (مليارات السنين) أما عمر النصف لليورانيوم -235 فيبلغ 7×10^8 y وعمر النصف لليورانيوم -234 هو 2.5×10^5 y.

هذا ويمكن فصل النظائر بعضها عن بعض أو أن زيادة تركيز أحدها بالنسبة للنظائر الأخرى أو حتى زيادة تركيز أحد النظائر إلى قيم أعلى من نسبتها الطبيعية في عملية تسمى عملية الإغناء أو التخصيب، ويقصد باليورانيوم المخصب هنا تحديداً اليورانيوم الذي ازداد محتواه من اليورانيوم -235 عبر عمليات فصل بعض من، أو كل من، نظائره الأخرى انطلاقاً من اليورانيوم الطبيعي الذي يتألف في معظمه من اليورانيوم -238 ولا يحتوي إلا قرابة 0.72% وزناً من اليورانيوم -235 الذي هو النظير الوحيد الموجود في الطبيعة القابل للانشطار بالنيوترونات الحرارية بأي نسبة يمكن توفيرها. وخصب اليورانيوم هنا يعني ازدياد نسبة اليورانيوم الانشطاري -235. في شهر شباط من عام 1940 استحصل أ. و. نيبير على كميات قليلة من أجزاء مركزة من ثلاثة نظائر من اليورانيوم ذات الكتل 234 و 235 و 238 باستخدام مطيافه الكتلي. سلمت هذه الكميات إلى كل من أ. ت. بوث E.T.Booth و أ. فون غروس و ج. ر. دانينغ لإجراء التحريات في مسرّع جامعة كولومبيا. وسرعان ما أثبت هؤلاء العلماء أن اليورانيوم -235 كان النظير المهيأ للانشطار عن طريق نوترونات حرارية، ولذلك كان من الطبيعي أن يهتم فريق العلماء بقيادة دانينغ، أكثر من أي وقت مضى في عملية فصل كميات كبيرة من نظائر اليورانيوم.

ويعد اليورانيوم المحتوي على أية زيادة في تركيز اليورانيوم -235 مؤشراً حاسماً في كل من مجالي توليد الطاقة الكهربائية النووية والتسلح النووي العسكري، وتسعى الوكالة الدولية للطاقة الذرية إلى مراقبة وإدارة التزود بهذا اليورانيوم المخصب ومراقبة كافة العمليات التي يخضع لها، وهي تبذل جهوداً مكثفة للتأكد من سلامة وأمان توليد الكهرباء من الطاقة النووية، ووضعت نصب عينيهما (لجم) انتشار الأسلحة النووية في البلدان غير النووية.

ولقد أُعطي اليورانيوم المخصب خلال مشروع مانهاتن للتخصيب الاسم الرمزي "أورالوي" oralloy المختصر من عبارة Oak Ridge alloy وبقي هذا الاسم سارياً للدلالة على اليورانيوم المخصب.

ويُعرف اليورانيوم 238 المتبقي بعد عملية التخصيب كمنتج ثانوي باسم اليورانيوم المستنفد Deleted Uranium (DU) وهو أقل نشاطاً إشعاعياً بكثير حتى من اليورانيوم الطبيعي، ولأن اليورانيوم المستنفد خصوصاً يتمتع بكثافة عالية جداً فإنه يُستخدم في التدرّيع وفي الأسلحة المخترقة للدروع وغير ذلك من تطبيقات المواد الكثيفة وينخفض في آخر عملية التخصيب تركيز اليورانيوم -235 في اليورانيوم المستنفذ إلى نحو ثلث مقدار تركيزه في اليورانيوم الطبيعي أي إلى مقدار (0.2-0.3%) من أصل 0.7%. ويحوي اليورانيوم المستنفد (المنضب) تحديداً ما مقداره 0.2% إلى 0.4% من اليورانيوم -235 ذلك لأن اليورانيوم الطبيعي المستنفد الخاضع للتخصيب والذي يحوي تلك النسبة المنخفضة من اليورانيوم 235 ينتج كميات كبيرة من اليورانيوم المستنفد.

بودرة الكعكة الصفراء



فمثلاً يتطلب إنتاج كيلو غرام واحد من اليورانيوم المخصب لدرجة 5% فقط ما مقداره 11.8 كغ من اليورانيوم الطبيعي ويخلف 10.8 كيلوغراماً من اليورانيوم المستنفد أو المنضب، إلى درجة 0.3%.

درجات التخصيب:

يخصب اليورانيوم إلى درجات مختلفة تصنف حسب درجة التخصيب إلى مايلي:

1 اليورانيوم العالي التخصيب (HEU) Highly Enriched Uranium:

يعد اليورانيوم عالي التخصيب إذا تجاوز فيه تركيز اليورانيوم -235 أو اليورانيوم -233 النسبة 20% ويكون محتوى اليورانيوم للأغراض العسكرية من اليورانيوم -235 ما مقداره 85% ونيّف وهو المقدار المستخدم لمرتبة السلاح، مع أنه يكفي من أجل السلاح الفج غير المتقن وغير الفعال ما نسبته 20% وهذا ما يلزم لما يُعرف باسم السلاح الصالح للاستخدام، ويقول البعض بأن نسبة أقل من هذا الحد تبقى صالحة للسلاح ولكن ذلك يستدعي عندئذ زيادات متسارعة في مقدار الكتلة الحرجة وفي حجم القنبلة. انظر الشكل (4) قرص من اليورانيوم عالي التخصيب.

2 اليورانيوم المنخفض التخصيب (LEU) Low-Enriched Uranium:

وهو اليورانيوم الذي يحوي أقل من 20% من اليورانيوم -235 ويكفي على سبيل المثال للاستخدام في مفاعلات الماء الخفيف (LWR) light water reactor التجارية (التي هي الأكثر انتشاراً بين مفاعلات القدرة الكهربائية النووية في العالم) اليورانيوم المخصب إلى حدود 3-5% باليورانيوم -235، في حين يكون تخصيب اليورانيوم الجديد في مفاعلات البحث عادة في حدود 12% إلى 19.95%، ودرجة التخصيب الأخيرة هذه تُستخدم لليورانيوم المستخدم وقوداً للإحلال محل الوقود العالي التخصيب عند التحول من استخدام اليورانيوم العالي التخصيب إلى اليورانيوم المنخفض التخصيب.

3 اليورانيوم الطفيف التخصيب (SEU) Slightly Enriched Uranium:

ويُقصد به اليورانيوم الذي يقع فيه تركيز اليورانيوم -235 بين الحدين 0.9% و2%. وهي مرتبة جديدة في التخصيب تُستخدم للحلول محل اليورانيوم الطبيعي (NU) natural uranium في بعض مفاعلات الماء الثقيل مثل مفاعل CANDY الكندي. وتتنخفض بذلك التكلفة لأن المفاعل سيحتاج كمية أقل من اليورانيوم ولتوظيف أموال أقل لتشغيله، ولأن هذا بدوره سيقبل كمية الوقود المستخدم وبالتالي سيخفض تكاليف إدارة النفايات.

4 اليورانيوم المعاد استخدامه (RU) Recovered Uranium:

يمكن أن يعد هذا النوع ضرباً من اليورانيوم الطفيف التخصيب (SEU) لأنه يُستخدم في دورة الوقود التي تقوم على الوقود المسترجع من مفاعلات الماء الخفيف (LWR). فالوقود المستهلك في المفاعلات LWR يحوي عادة من اليورانيوم 235 أكثر مما يحويه اليورانيوم الطبيعي منه ولذلك يمكن أن يُستخدم لتزويد المفاعلات التي تستخدم اليورانيوم الطبيعي عادة كوقود.

طرائق تخصيب اليورانيوم:

نظراً لخواص نظير اليورانيوم ^{235}U الانشطارية فإنه يعد المقوم الأهم للوقود المستخدم في المفاعلات النووية لإنتاج الطاقة الكهربائية. حيث يُستخدم الوقود المخصب باليورانيوم -235 في أكثر مفاعلات الطاقة، وترتفع تراكيز اليورانيوم -235 الأخف نسبياً من اليورانيوم -238 إلى بضعة أضعاف في المئة في بعض هذه التطبيقات وترتفع تراكيزه إلى درجات أكبر في الأسلحة النووية على وجه الخصوص. هذا وتُعد تقانات تخصيب اليورانيوم ذات تطبيقات عسكرية بالرغم من أن تطوير عمليات التخصيب ترمي أيضاً إلى أهداف مدنية. ولهذا السبب بالذات فإن المعلومات التقنية في مجال التخصيب سرية إلى حد كبير ولا تعالج الأدبيات العلنية إلا بعض جوانبها.

الشكل 4- قرص معدن اليورانيوم عالي التخصيب



ويجدر بنا الإشارة إلى أن عمليات التخصيب الانتقائية إلى حد كبير، ولا تقود الانتقائية العالية بالضرورة إلى أحسن منشآت التخصيب اقتصادياً، وقد تشكل عملية التنسيق التي توالف بين رأس المال وقيمة الطاقة الحاصلة الخيار الأمثل وربما يكون مفيداً اختيار العمليات الأقل انتقائية. وفي هذه الحالة تؤول عملية التخصيب مادياً إلى عدد أكبر من العمليات المرهقة حتى بلوغ درجة التخصيب المنشودة. فصغر عامل الفصل في العملية المرهقة الواحدة وندرة وجود نظير اليورانيوم 235 (صغر وفرته الطبيعية) في مادة التلقيم الداخلة إلى المرحلة التالية والعائدة إلى المرحلة السابقة يجعل منشأة التخصيب كبيرة الأبعاد جداً ويرفع تكاليف مجمع التخصيب إضافة إلى زيادة زمن الإنتاج.

و نذكر أن انتقاء شروط تشغيل محطة التخصيب وتحديد حجوم مراحلها وترابط هذه الخطوات أو المراحل لتشكيل منشأة أو محطة فصل النظائر ذات المراحل المتعاقبة (الشلال) يمكن أن يتحدد على أساس ما يسمى نظرية الشلال cascade theory التي تعد وسيلة هامة لدراسة استمثال منشأة التخصيب.

سنحاول هنا إعطاء أحدث صورة حتى تاريخه لعلم فصل النظائر والتقانات المستخدمة في مجال التطبيقات الصناعية ومجال البحوث المخبرية وذلك استناداً إلى مراجع حاول مؤلفوها إعطاء عرض كامل وشامل لها في الحدود المسموح بها من جهات مراقبة السرية أو من أصحاب البراءات الخاصة. مع العلم أن نظرية الشلال كما عالجها B. Brigali تعطي المفاهيم الأساسية للمعالجة الرياضية لعمليات الفصل، كما تضم كذلك أيضاً فصلاً أصيلاً خاصاً بالشلالات اللامتناظرة المثالية: Ideal Nonsymmetric Cascades .

إن عملية تخصيب النظائر عملية صعبة تتطلب الاستخدام المكثف للطاقة، وهي عملية صعبة لأنها تتطلب فصل نظيرين متقاربين في الوزن ومتماثلين في الصفات الكيميائية فاليورانيوم 235 أخف بـ 1.26% من اليورانيوم 238. وقد استثمر العديد من تقانات التخصيب وما يزال كثير من التقانات تحت الاختبار والتطوير، وهذه التقانات كلها تستغل الاختلافات البسيطة في الأوزان الذرية للنظائر. ويجري العمل في الوقت الحاضر على محاولة الفصل بالاستفادة من البحوث المغنيطيسية النووية، وليس من المؤكد ما إذا كان يمكن استخدام ذلك على نطاق الإنتاج. ومهما يكن من أمر فإن الصفة العامة لمخططات التخصيب للإنتاج على نطاق واسع هي أنها تستخدم عدداً من المراحل الشلالية المتكررة التي تنتج انتقائياً تراكيز أعلى من اليورانيوم 235. وكل من هذه المراحل أو الخطوات تزيد تركيز قسم من المنتج القادم من المرحلة السابقة إلى حد ما وتدفعه إلى المرحلة اللاحقة في نظام الشلال أو العمليات المتعاقبة التي يعاد فيها القسم الأوفر للتخصيب مجدداً إلى المرحلة السابقة..

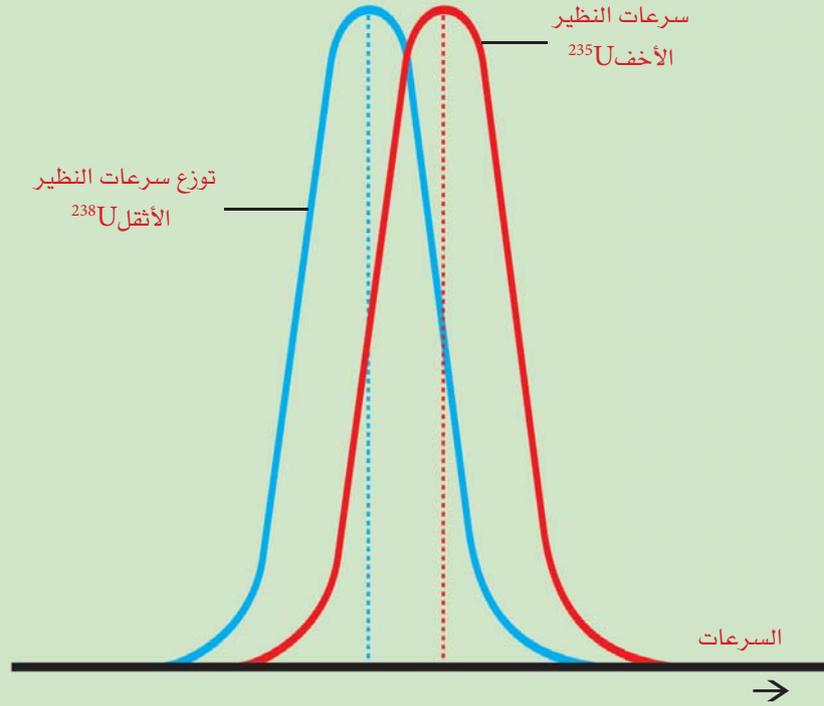
هذا وتتفاوت طرائق التخصيب في فعاليتها وتكاليف إنتاجها ومردودها زمنياً، وسنعرض فيما يلي أشهر طرق التخصيب بشكل موجز مع التوسع قليلاً في الطرائق الثلاث التي أثبتت جدواها عملياً وتاريخياً وأعطت كميات محسوسة من اليورانيوم المخصب وهي: الانتثار الحراري والانتثار الغازي والفصل الكهرومغنطيسي.

1- طريقة الانتثار (النفوذ) الحراري Thermal Diffusion:

تستخدم طريقة الانتثار الحراري خاصية الانتقال الحراري للجزيئات أو الذرات عبر طبقة رقيقة من الغاز أو السائل موضوعة بين سطحين حار وبارد وذلك لغرض فصله أو تخصيبه. وتستفيد هذه العملية من حقيقة أن جزيئات الغاز الأخف ^{235}U تتوغل باتجاه السطح الساخن والجزيئات الأثقل ^{238}U تتوغل باتجاه السطح البارد.

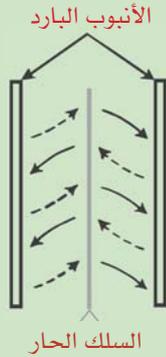
لقد استخدمت محطة التخصيب العاملة حسب هذا المبدأ في أوك ريج خلال الحرب العالمية الثانية لتحضير مادة التغذية لتلقيم لعملية التخصيب الكهرومغنطيسية كما سنرى، ومن ثم جرى التخلي عنها لصالح طريقة الانتثار (التوغل) الغازي عبر الأغشية المسامية.

فمن المعروف جيداً أن جزيئات الغاز أو السائل يكون في حركة مستمرة وأن متوسط طاقاتها الحركية لا يعتمد إلا على درجة الحرارة: ففي غاز مكون من مزيج نظيرين يكون متوسط الطاقة الحركية للجزيئات الخفيفة والثقيلة هو نفسه، أي أن $\frac{1}{2}mv^2$ المتوسطة هي ذاتها لكل من الجزيئتين: $\frac{1}{2}m_1v_1^2 = \frac{1}{2}m_2v_2^2$ وبعبارة أخرى، أن سرعة الجزيئة الأخف في المتوسط يجب أن تكون أكبر من سرعة الجزيئة الأثقل، وهذا ما يمكن استغلاله، من حيث المبدأ، لفصل النظيرين. ولكن لسوء الحظ فإن متوسط السرعة يتناسب عكساً مع الجذر التربيعي للكتلة: $\frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{M_2}{M_1}}$ والفرق بين السرعتين المتوسطتين صغير جداً في حالة نظائر اليورانيوم. أضف إلى ذلك أن توزع السرعات (رغم اختلاف السرعات الوسطية) يستدعي تداخلاً في مجالات السرعة حيث يظهر تداخل واسع بينها يجعل ما يزيد على 49% من الجزيئات الخفيفة ذات سرعات أخفض من سرعات 50% من سرعات الجزيئات الأثقل. وعلى العموم فإن هذه الطريقة ومعظم ما سبيلها في شرحنا من طرائق إنما تعد طرائق إحصائية. وقد جُربت كلها بدرجة ما من النجاح على اليورانيوم أو الهيدروجين أو على كليهما، وتعتمد كل واحدة من الطرائق الإحصائية على فروق صغيرة في السلوك المتوسط للجزيئات ذات النظائر المختلفة، وبما أن المتوسط بالتعريف هو مسألة إحصائية فإن هذه الطرائق تسمى بالإحصائية لأنها تعتمد أساساً على سلوك هذا المتوسط. وبما أن عامل الفصل في كل حالة صغير نسبياً فإنه يستدعي إجراء مراحل متتابعة كثيرة للفصل (بمعنى شلال). هذا وتتنبأ النظرية الحركية للغازات بمدى الفروق في سرعات انتشار الغازات لمختلف الأوزان الجزيئية. انظر الشكل (5) الذي يبين التوزيع الإحصائي حول المتوسط.



الشكل 5- هيئة التوزيع الإحصائي حول الوسطي

لقد تم اقتراح إمكانية إنجاز فصل النظائر عملياً بطريقة الانتثار الحراري لأول مرة بعد الدراسات النظرية لتفاصيل الاصطدامات الجزيئية والقوى بين الجزيئات. وقد تمت مثل هذه الدراسات، التي قام بها انسكوغ Enskog وتشابمان Chapman قبل عام 1920، وتبين أنه إذا كان هناك تدرج حراري في خليط غاز ما فسيكون هناك ميل لنوع واحد من الجزيئات لأن يزداد تركيزه أكثر في المنطقة الباردة والآخر في المنطقة الحارة. ويعتمد هذا الميل ليس فقط على الأوزان الجزيئية بل أيضاً على القوى بين الجزيئات. وإذا كان الغاز مزيجاً من نظيرين فإن النظير الأثقل يمكن أن يتراكم في المنطقة الحارة أو في المنطقة الباردة أو لا يتراكم إطلاقاً، اعتماداً على طبيعة القوى بين الجزيئات. وفي الواقع فإن اتجاه الفصل قد ينعكس مع تغيير درجة أو التركيز النسبي. ولقد استُخدم كلٌّ من هـ. كلوسيسوس H.Clausius، و ج. ديكل G.Dickel مفعول مثل هذا الانتثار الحراري لفصل النظائر وذلك في ألمانيا في العام 1938، إذ أنشأ أنبوباً شاقولياً يحتوي على سلك محمى على طول محور الأنبوب لإنتاج فرق في درجة الحرارة يصل إلى 600°C بين المحور المركزي والمحيط، فأصبح المفعول مضاعفاً، إذ أصبحت النظائر الثقيلة (في المواد المدروسة) متمركزة قرب الجدار الخارجي البارد من جهة، كما مال نزع الغاز البارد على الجانب الخارجي إلى الانخفاض نحو الأسفل، في حين مال نزع الغاز الحار قرب المحور إلى الارتفاع نحو الأعلى. انظر الشكل (6): مبدأ الانتثار الحراري وتشكل التيار المعاكس.



مسارات الذرات الخفيفة - نحو السلك وإلى الأعلى
مسارات الذرات الثقيلة - نحو جدار الأنبوب وإلى الأسفل

الشكل 6- مبدأ الانتثار الحراري وتشكل التيار المعاكس

وقد قام هذا الباحثان بتطبيق ذلك بنجاح كبير على غازي النيون والكلور وغيرهما من العناصر الغازية، ومن ثم جرى تطبيقه على غاز سداسي فلور اليورانيوم. وهكذا تَوَدِّي حادثة الحمل الحراري إلى حدوث تدفق تيار معاكس ويسبب الانتثار الحراري تدفقاً مفضلاً للجزيئات الثقيلة نحو الخارج عبر السطح الفاصل بين التيارين.

إن نظرية الانتثار الحراري في الغازات معقدة بما فيه الكفاية، أما نظرية الانتثار الحراري في السوائل فمستحيلة عملياً، إلا أن تأثير الفصل موجود فعلاً، وقد استخدم بنجاح لفصل سداسي فلوريد اليورانيوم الخفيف والثقيل. وقد تقدم أبلسون P. H. Abelson إلى بريغز بمذكرة يشير فيها إلى إمكان فصل نظائر اليورانيوم بالانتثار الحراري في سداسي فلورايد اليورانيوم السائل وتم استثمار المشروع في المكتب الوطني للمقاييس بتمويل من إدارة البحرية الأمريكية لكونها تهتم بالطاقة النووية من أجل بناء الغواصات.

2- طريقة الانتشار (النفوذ) الغازي (Gaseous Diffusion):

وهي تقانة استخدمت لإنتاج اليورانيوم المخصب عن طريق إكراه غاز سداسي فلورايد اليورانيوم (hex) على المرور عبر أغشية نصف نافذة (مسامية). وهذه تعطي فصلاً طفيفاً ما بين الجزيئات الحاوية على اليورانيوم-235 واليورانيوم-238. وقد لعبت هذه التقانة خلال الحرب الباردة دوراً كبيراً كتقانة صالحة لتخصيب اليورانيوم بالرغم من أنها في الوقت الحاضر استبدلت كلياً وحل محلها طرائق جيدة. منذ عام 1896، بين اللورد رايلي Rayleigh أن مزيجاً من غازين لهما وزن ذري مختلف يمكن فصلهما جزئياً بالسماح لبعض منه بالانتشار عبر حاجز مسامي في جو مخلّى evacuated. وبسبب ارتفاع سرعتها الوسطية فإن جزيئات الغاز الخفيف تنتشر عبر الحاجز بصورة أسرع، وبالتالي يصبح الغاز الذي مرّ عبر الحاجز (أي المنتشر) أغنى بالمكوّن الأخف وإن الغاز المتبقي الذي لم يمر عبر الحاجز قد تم إبقاؤه من هذا المكوّن الأخف. يطلق على الغاز الذي يتم تخصيبه إلى حد أعلى من المكوّن الأخف اسم "المنتشر الفوري". إنه الجزء الذي ينتشر قبل أن يصبح إفقار المتبقي محسوساً.

وإذا استمرت عملية الانتشار حتى يكون كل الغاز تقريباً قد مرّ عبر الحاجز، فإن متوسط تخصيب الغاز المنتشر سيتناقص بالطبع. ونشير هنا إلى أننا إذا ما افترضنا كون سرعات الانتشار متناسبة عكساً مع الجذور التربيعية للأوزان الجزيئية فإن عامل الفصل للمنتشر الفوري، المسمى "عامل الفصل المثالي" α ، يعطى بـ العلاقة: $\alpha = \sqrt{\frac{M_2}{M_1}}$

حيث M_1 هو الوزن الجزيئي للغاز الأخف و M_2 الوزن الجزيئي للغاز الأثقل. وبتطبيق هذه العلاقات على اليورانيوم سيتوضح لنا مدى أهمية مسألة الفصل.

وبما أن اليورانيوم نفسه ليس غازاً، فيجب استعمال بعض مركباته الغازية. إن المركب الوحيد الملائم على ما يبدو هو سداسي اليورانيوم UF_6 الذي له ضغط بخار يساوي ضغطاً جويًا واحداً في درجة حرارة $56^\circ C$.

وبما أن للفور نظير واحد فقط، يكون لدينا غازان هامين هما سداسي فلوريد اليورانيوم $^{235}UF_6$ و $^{238}UF_6$ ، لهما الوزنان الجزيئيان 349 و 352 على التوالي.

وهكذا إذا سمح لجزء صغير من كمية سداسي فلوريد اليورانيوم بالانتشار عبر حاجز مسامي، فإن الغاز المنتشر سيكون غنياً بـ $^{235}UF_6$ بعامل فصل قدره:

$$\alpha = \sqrt{352/349} = 1.0043$$

قد تجعل مثل هذه الحسابات الأمر يبدو وكأنه لا فائدة منه في عملية فصل النظائر (باستثناء نظائر الهيدروجين) بواسطة عمليات الانتشار هذه، إلا أن تكرار الوحدات يجعل الأمر ممكن التطبيق.

لقد أمكن في نهاية العام 1941 تبيان إمكانية فصل سداسي فلوريد اليورانيوم من حيث المبدأ بواسطة وحدة الانتشار الأحادية المرحلة عبر حاجز مسامي (حاجز مصنوع على سبيل المثال عن طريق تلميش لوحة رقيقة من خليطة الفضة والتوتياء بحمض كلور الماء). هذا وقد أمكن إنجاز كمية كبيرة جداً من الأعمال على الحواجز والمضخات، لكن لم يتم الحصول على جواب كافٍ تماماً بخصوص تشغيل واسع المدى.

وكان أكثر المشاكل استعصاءً على الحل إنتاج أغشية النفوذ أو الحواجز النفوذة التي تعتمد عليها كل العملية، فيجب أن يكون الحاجز مسامياً مثل إناء فخاري وأن تكون ذا آلاف الملايين من المسام المجهرية المتماثلة الأقطار إلى حد معقول، فالسّم عندما يكون واسعاً يشكل مسرباً يسمح لجزيئات سداسي فلوريد اليورانيوم بالعبور دون تفريق بين النظيرين وتبطل عملية التخصيب، وفوق ذلك يجب أن يكون الحاجز متيناً ليتحمل الضغط اللازم لإجبار الغاز على العبور خلاله كما يجب على المسام أن تكون صامدة ولا تتآكل بسرعة بغاز سداسي فلورايد اليورانيوم. وقد استغرق صنع وتحسين الحواجز جهود المئات من العلماء ومهندسي الإنتاج حتى أن مصنع نفوذ الغاز 25-K أوقف عن العمل إلى حين صارت الحواجز الأنبوبية جاهزة للاستعمال وبدأ المشروع بالعمل بمجرد تسلم الحواجز المنجزة وأمكن تقييم الوحدات القليلة الأولى بسداسي فلوريد اليورانيوم في 1945/1/20.

وكما سبق ذكره فإن معدل الانتشار لغاز من الغازات عبر حاجز مسامي نموذجي يتناسب عكسياً مع الجذر التربيعي لوزنه الجزيئي، وهكذا إذا بدأ غاز ما مؤلف من نظيرين بالانتشار عبر حاجز في أوعية مخلاة فالنظير الأخف (وزنه الجزيئي M_1) ينتشر بشكل أسرع من النظير الأثقل (وزنه الجزيئي M_2) وتكون النتيجة، لفترة قصيرة من الزمن على الأقل، أن التركيز النسبي للنظير الأخف أكبر على الجانب البعيد من الحاجز، منه في الجانب القريب. وإذا أتيح لهذه العملية أن تستمر خلال زمن غير محدد فإن التوازن سيتوطد وعمليات التركيز ستصبح متماثلة على جانبي الحاجز.

وحتى إذا سحب الغاز المنتشر (أي الغاز الذي مر عبر الحاجز) بواسطة مضخة فإن الكمية النسبية من النظير الأثقل المارة عبر الحاجز

ستزداد نظراً لأن النظرير الأخرى على الجانب القريب من الحاجز قد استُنفد عن طريق القسم الأسبق من الانتثار. ولا يمر من الغاز الذي يصل إلى أي مرحلة، يمر فقط النصف، عبر حاجز المرحلة التالية الأعلى، بينما النصف الآخر يعود ثانية إلى السابقة. وهكذا فإن معظم المادة التي يمكن أن تخرج من الشلال يكون قد أُعيد تدويره مرات متعددة. ويكون حجم الغاز الداخل في النتيجة أكبر مئة ألف مرة من الغاز الناتج بخصوبة مقبولة.

نكرنا أن من مزايا سداسي فلوريد اليورانيوم هي أن للفلورين نظيراً واحداً ولذلك يكون لكل جزيئات سداسي فلوريد اليورانيوم لأي نظير من نظائر اليورانيوم المفترضة الكتلة نفسها. ولما كان متوسط المسار الحر للجزيئة في الضغط الجوي، هو من مرتبة جزء من عشرة آلاف جزء من المليمتر (أي عشر الميكرومتر). فإنه لتأمين دفع انتثاري حقيقي للغاز يجب أن يكون قطر الثقوب الكثيرة في الحاجز أقل من عشر متوسط المسار الحر.

بناءً عليه يجب أن لا يكون قطر الثقوب في مادة الحاجز أكبر من 0.01 ميكرون بل ويجب أن تكون أقطار بلايين الثقوب من هذا القدر أو أصغر. وهذه الثقوب يجب ألا تتوسع و ألا تنسد نتيجة التآكل المباشر، أو بسبب مخلفات عملية التآكل في مكان آخر من المنظومة. ولا بد وأن يكون الحاجز قابلاً لأن يتحمل ضغطاً عظيماً قدره ضغط جوي واحد، كما لا بد وأن يكون قابلاً لأن يصنع بكميات كبيرة وبكيفية موحدة. يمر تقريباً نصف المادة الداخلة إلى أي مرحلة مفترضة عبر الحاجز ومنها إلى المرحلة التالية العليا، بينما يمر النصف الآخر عائداً إلى المرحلة الأدنى السابقة. فالنصف المنتثر يكون بضغط منخفض ويجب أن يُضخ إلى ضغط عالٍ قبل إدخاله إلى المرحلة التالية.

وتبين الحسابات أنه إذا افترضنا وجود ضغط جوي كامل على أحد جانبي الحاجز وضغط يساوي الصفر على الجانب الآخر وقبلنا بأن مسامية الجدار ملائمة فإننا نكون بحاجة إلى حاجز بمساحة إجمالية قدرها عشرات آلاف الأمتار المربعة في منشأة كبيرة.

3- طريقة نبد الغاز The Gas Centrifuge:

تستعمل عملية نبد الغاز عدداً كبيراً من الأسطوانات الدوارة المتسلسلة والمرصوفة بشكل متواز. فيولد هذا الدوران قوة نابذة كبيرة تجعل جزيئات الغاز الأثقل الحاوية على اليورانيوم-238 تتحرك نحو المحيط الخارجي للأسطوانة وتجعل جزيئات الغاز الأخف الغنية باليورانيوم-235 تتجمع أقرب إلى محور الدوران. وهذه العملية تتطلب طاقة أقل كثيراً من السابقة لبلوغ ذات الدرجة من التخصيب مما تتطلبه الطريقة السابقة التي استغني عنها إلى حد بعيد.

ونذكر أنه إلى جانب قوى التثاقل والقوى الكهرومغناطيسية التي تؤثر على الأيونات تحديداً توجد هناك بالطبع قوى فاندرفالس التي تؤثر ما بين الذرات والجزيئات، وهذه القوى الأخيرة تتحكم بسرعات التفاعلات الكيميائية وعمليات التبخر وغيرها، وهي تعتمد على الإلكترونات الخارجية للجزيئات وليس على كتل النوى. ومن الواضح في معظم طرائق التخصيب هنا أنه لا توجد وسيلة ممكنة لتطبيق قوى ميكانيكية مباشرة على الجزيئات بصورة إفرادية يمكن أن تشبه بنحز الذرات بعضى أو جذبها بخيط. والجسيمات في معظم الأحوال تكون خاضعة لحقل التثاقل وعندما يجري تأيينها فإنها تتأثر بالحقول الكهربائية والمغناطيسية بشكل واضح، وقوى التثاقل تتناسب بالطبع مع كتل الذرات وتحديداً مع ثقل نوى هذه الذرات. ففي خلاء عالٍ جداً تسقط ذرات U-235 ومثلها ذرات U-238 بالتسارع نفسه ولكن بسرعتين مختلفتين قليلاً جداً نتيجة وجود قوى مختلفة أولها قوى الاحتكاك التي تقاوم الحركة وإذا ما لجأنا إلى قوى الطرد العطالية

المركزية الشديدة (حقول القوى النابذة أو كما يقال قوى التثاقل الكاذبة) أصبح الاختلاف فعالاً في فصل الكتل المختلفة بعضها عن بعض (تخصيبها).



الشكل 7- شلالات النابذات في منشأة التخصيب الأمريكية

وبما أن طريقة النبد المركزي هذه تقوم أساساً على تطبيق قوى ثقالة كاذبة كبيرة فقد أخذت في الاعتبار منذ وقت مبكر كطريقة لفصل النظائر وبالرغم من فشل التجارب الأولى على القوة النابذة فإن التطوير اللاحق للنابذة ذات السرعة العالية قد أدى إلى النجاح باستخدام نابذات أسطوانية طويلة يتم فيها التدفق نحو الأسفل للبخار في الجزء الخارجي من الأسطوانة الدوارة وتدفع نحو الأعلى للبخار الخفيف في المنطقة المركزية أو المحورية (واعتقد أن إحداث ميل بسيط جداً في جدار الأسطوانة يساعد في ذلك - شبه مخروطية) فحقل القوة النابذة القطري يؤثر بقوة أكبر على الجزيئات الأثقل بحيث يزداد تركيز الجزيئات الثقيلة في المنطقة المحيطة وينخفض في المنطقة المحورية والعكس بالعكس. والميزة العظيمة هنا أن عامل الفصل يعتمد على الفرق بين الكتل وليس على الجذر التربيعي لنسبة الكتل كما في طريقتي الانتثار السابقتين. انظر الشكل (7) شلالات النابذات في منشأة التخصيب في الولايات المتحدة.

4- طريقة النبد المنشطة The Zippe Centrifuge:

تعد هذه الطريقة تحسناً لطريقة نبد الغاز العادية، والاختلاف الرئيس يتجسد في استخدام الحرارة. حيث يسخن أسفل الأسطوانات الدوارة لإنتاج تيارات تحرك اليورانيوم -235 إلى أعلى الاسطوانة حيث يمكن جمعها بواسطة مغرفة صغيرة. وقد استخدم هذا التصميم المحسن من قبل الشركة التجارية أورنكو Urenco بقصد إنتاج الوقود النووي.

ويتعزز التخصيب بالقوى النابذة عند تمديد غاز UF_6 بغاز الهيليوم أو بغاز الهيدروجين الذي يلعب دور غاز حامل يوصل إلى سرعات تدفق للغاز أعلى كثيراً مما يمكن الحصول عليه عند استخدام غاز سداسي فلور اليورانيوم النقي.

5- عمليات تحريك الهواء Aerodynamic Processes:

تتضمن طريقة التخصيب بعملية تحريك الهواء تقانات "بكر" ذات البربازة النافثة Becker Jet Nozzel Techniques المطورة بواسطة EW Becker ومساعديه وطريقة الأنبوب الدوامي للفصل. وعمليات التخصيب هذه تعتمد على الانتثار المساق بتدرجات الضغط كما هو الحال في عملية نبد الغاز. وفي الحقيقة يمكن اعتبار عمليات تحريك الهواء وكأنها عمليات نبد غير دوارة، فالتيار الدوامي للجريان يؤدي إلى نبد الغاز في معدات ذات شكل خاص ثابتة وغير دوارة. ويتعزز التخصيب بالقوى الدوامية (النابذة) عند تمديد الغاز UF_6 بغاز الهيليوم أو بغاز الهيدروجين الذي يلعب دور غاز حامل يوصل إلى سرعات تدفق دوامي للغاز أعلى كثيراً مما يمكن بلوغه عند استخدام غاز سداسي فلوراليورانيوم الصرف. وقد نشرت مؤسسة تخصيب اليورانيوم في جنوب إفريقيا (UCOR) وطورت ما يسمى عملية هليكون الدوامية للفصل Helikon Vortex Separation Process المستندة إلى الأنبوب الدوام وذات الوحدات المتعاقبة المتطورة من واحدة إلى أخرى، كما قامت في Nuclei في البرازيل ببناء محطة رائدة لعرض الطريقة وفاد الاتحاد المالي للصناعة النووية في البرازيل العمليات التي استخدمت في طريقة الفصل الدوامي. وفي كل الأحوال فإن كلتا الطريقتين تحتاج للكثير من استهلاك الطاقة ولتطلبات ضخمة للتخلص من الحرارة الضائعة، بالرغم من أنها حالياً في موقع الاستخدام الناجح وتعطي مردود فصل في المرحلة الواحدة أكبر من مردود المرحلة في طريقة الانتثار الغازي بأربع إلى ثماني مرات وتتعاون جنوب إفريقيا الجنوبية والبرازيل على تطوير هذه الطريقة.

وهناك طريقة مشابهة هي طريقة الحركة الأيونية التي تعتمد على حقيقة أنه يوجد في المحلول الإلكتروني أيونان متماثلان كيميائياً ولكنهما بكتلتين مختلفتين يتحركان تحت تأثير حقل كهربائي بسرعتين مختلفتين ولو بفارق صغير يمكن أن يختفي بسهولة بواسطة التأثيرات المثيرة للاضطراب في المحلول. وقد أفاد كل من بروير A.K.Brewer ومادوريسكس S.L.Madorsky من مكتب المعايير أنهما استطاعا فصل نظائر البوتاسيوم بهذه الطريقة.

6- طريقة التقطير التجزيئي والتيار المعاكس:

إن فصل المركبات ذات نقاط الغليان المختلفة، أي ذات الضغوط البخارية المختلفة، بالتقطير، هي عملية صناعية مألوفة في أبراج التقطير ذات الأرفف لفصل المشتقات البترولية كالبنزين والكيروسين...إلخ. ويتم عادة فصل الكحول والماء على نحو بسيط لأن بينهما فرق في نقطة الغليان يصل إلى $20^{\circ}C$ بواسطة مبخر ومكثف عادين. وقد تجمع المادة المكثفة (الكثافة) ويعاد تقطيرها عدداً من المرات عند الضرورة.

أما فصل المركبات ذات نقطة الغليان المتقاربة فيكون مجهداً جداً لضرورة تنفيذ عدد كبير من التبخيرات والتكثيفات المتتالية بعمليات منفصلة. وبدلاً عن ذلك فإنه يجري فصل مستمر في برج تجزئة شبيه ببرج التقطير. إن الغرض من برج التجزئة أساساً هو إنتاج سيل من البخار، متجه نحو الأعلى، ودفق من السائل متجه نحو الأسفل، وكلاً التدفقين على اتصال وثيق ويتبادلان الجزيئات باستمرار.

إن الجزيئات ذات نقطة الغليان الأخفض تكون لها نزعة أكبر نسبياً للدخول إلى سيل البخار والعكس صحيح.

ويمكن استخدام طرائق التقطير ذات التيار المعاكس هذه في فصل الماء الخفيف والماء الثقيل اللذين يختلفان في نقطة الغليان بحوالي $1.4^{\circ}C$ ، وإن كانت الطريقة غير ناجحة في فصل نظائر اليورانيوم. ونذكر أن طريقة التيار المعاكس مفيدة بشكل عام ليس فقط في عمليات التقطير ذات الطورين (سائل - غاز)، ولكن أيضاً في عمليات فصل أخرى مثل تلك التي تتضمن انتشاراً ناجماً عن اختلافات في درجة الحرارة (تدرجات) ضمن منظومات وحيدة الطور. وقد تتألف التيارات المعاكسة من غازين أو سائلين أو غاز واحد وسائل واحد.

7- طرائق الفصل الكيميائية Chemical Methods:

لقد كتب عن طريقة كيميائية في مرحلة طليعية (رائدة) ولكنها لم تستخدم، فطريقة Chemex الفرنسية استغلت الاختلاف الطفيف في نزعة النظائر لتغيير تكافؤها في الأكسدة أو الإرجاع واستخدام الأطوار غير القابلة للامتزاج في الماء أو في المحلات العضوية. وقد طورت الشركة اليابانية الكيميائية أساهي Asahi أيضاً طريقة عملية للتبادل الأيوني تستفيد من كيمياء مشابهة وتعتمد في تخصيب النظائر على

أعمدة التبادل الأيوني ذات الرينيات (الراتنجيات) الخاصة (والتي تسمى طريقة الأعمدة الراتنجية الخاصة).

ونشير إلى أن هناك سبباً ما كي نأمل بأن يتم إنجاز فصل النظائر بالتفاعلات الكيميائية العادية. وقد تبين في الواقع أن ما يسمى ثابت التوازن في تفاعلات التبادل البسيطة بين مركبات نظيرين مختلفين ليس واحداً بالضبط، وهكذا يمكن أن تتم عملية الفصل في مثل هذه التفاعلات. فمثلاً، في التبادل الحفّاز لذرات الهيدروجين بين غاز الهيدروجين والماء، فإن الماء يحوي ما بين 3 إلى 4 أضعاف من تركيز الدوتريوم بالمقارنة مع غاز الهيدروجين المتوازن معه.

إن التأثير مع الهيدروجين وبخار الماء هو من النوع العام نفسه ولكن توطد التوازن يتم على نحو أسرع. وهكذا من الممكن تكييف هذه الطريقة بترتيب تدفق تيار معاكس ومستمر مثل ذلك المستخدم في التقطير.

فالطريقة تعتمد على التبادل الحفزي catalytic للدوتريوم بين غاز الهيدروجين والماء. وحين يتوطد مثل هذا التبادل بالحفازات فإن تركيز الدوتريوم في الماء أعظم منه في الغاز بعامل يصل إلى ثلاثة أو أكثر، كما أشرنا.

إن مثل هذه الترتيبات هي قيد الاستخدام بالفعل لإنتاج الماء الثقيل. والطريقة العامة مفهومة جداً وكذلك من المعروف أن تأثيرات الفصل تنخفض عموماً مع ارتفاع الوزن الجزيئي، لذلك لا يوجد هناك سوى فرصة صغيرة جداً لاستخدام هذه الطريقة بنجاح على النظائر الثقيلة مثل اليورانيوم. وتقول مقالة د. شهيد مصطفى - في مجلة عالم الذرة أن الدراسات التقنية والاقتصادية أثبتت أن هذه الطريقة أفضل من طريقة الانتثار الغازي ومن طريقة الفصل بالقوة النابذة من أجل الحصول على إنتاج مقبول.

8- طريقة التحلل الكهربائي:

نجمت طريقة التحلل الكهربائي لفصل النظائر عن اكتشاف أن الماء الموجود في خلايا التحلل الكهربائي (خلايا الإلكتروليت) المستخدم في الإنتاج التجاري العادي للهيدروجين والأكسجين يحتوي على تركيز متزايد من جزيئات الماء الثقيل. إن التفسير الكامل للتأثير لم يتم بعد. ومن الناحية العملية كان الإنتاج الكامل للهيدروجين الثقيل قبل الحرب يجري بواسطة طريقة التحلل الكهربائي هذه. وإن الإنتاج الأعظم له كان في النرويج، وإنتاج الولايات المتحدة بهذا الأسلوب كان كافياً لكثير من الأغراض التجريبية.

9- طريقة التخصيب البلازمي للنظائر (PSP) Plasma Separation Process:

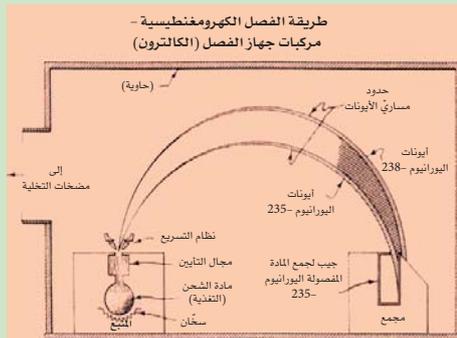
وهي طريقة تصف تقانة كامنة أكثر فاعلية في تخصيب اليورانيوم وتستفيد الطريقة من فيزياء البلازما ومن مغناطيس الناقلة الفائقة. ويستخدم في هذه العملية مبدأ الرنين السيكلوتروني الأيوني Ion Cyclotron Resonance لتزويد نظائر الـ ^{235}U بالطاقة انتقائياً في بلازما تحوي مزيجاً من الأيونات، (يعني الرنين السيكلوتروني امتصاص رنيني للطاقة في حقل كهربائي متناوب بواسطة الأيونات (الإلكترونات) في حقل مغنطيسي منتظم وذلك حين يكون تردد الحقل الكهربائي مساوياً لتردد السيكلترون)، وقد طور الفرنسيون شكلاً من طريقة (PSP) خاصاً بهم أسموها طريقة RCI قبل أن يتم خفض الدعم المالي لهذا التطوير إلى درجة كبيرة عام 1986 ومن ثم علق البرنامج عام 1990 بالرغم من أن طريقة RCI ما زالت تستخدم لفصل النظائر المستقرة.

10- طريقة فصل النظائر الكهرومغنطيسية (EMIS) Electromagnetic Isotope Separation:

وهي عملية كهرومغنطيسية لفصل أو تخصيب النظائر وفيها يبخر معدن اليورانيوم أولاً ومن ثم يؤين إلى أيونات إيجابية الشحنة وهذه بدورها تسرع ومن ثم تحرف بواسطة حقول مغنطيسية إلى حيث يتم جمعها بوسائل خاصة. وقد طور مطياف الكتلة إلى مستوى الإنتاج وسمي "الكالترون" calutron، (إشارة إلى مغنطيس سيكلترون كالفورنيا المفك)، خلال الحرب العالمية الثانية، انظر الشكل (8)، وأعطى بعد تطوير تلقيمه الكثير من ^{235}U الذي استخدم في قنبلة "الطفل الصغير" النووية التي أقيمت فوق هيروشيما في آب عام 1945. وتعبير "كالترون" استخدم تحديداً للإشارة بالمعنى الضيق إلى النبيلة المتعددة الجوانب المنتظمة ذات الشكل البيضوي حول المغنطيس القوي.

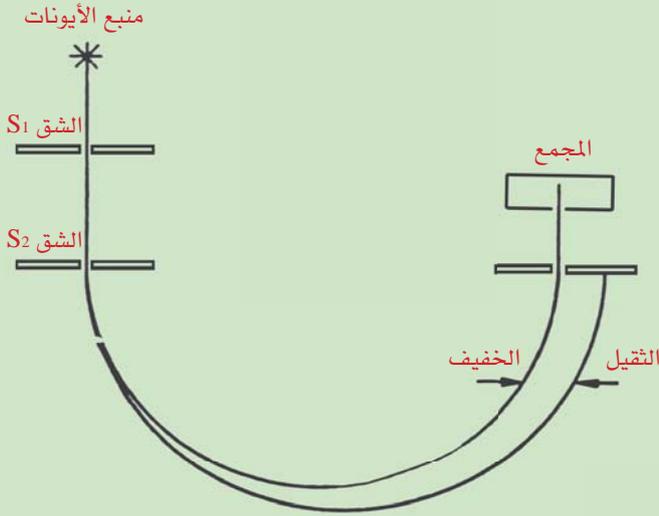
لقد سبق وأشرنا إلى أن اكتشاف وجود النظائر المستقرة كان من خلال دراسة سلوك جزيئات الغاز المؤين المتحرك عبر الحقول المغنطيسية والكهربائية وهي ذات الطريقة التي تشكل أساس عمل الطريقة المسماة مطيافية الكتلة أو الطريقة الكهرومغنطيسية لفصل النظائر. وهذه تستخدم كوسيلة أساسية لتحديد الوفرة النسبية للنظائر.

الشكل 8- الكالترون



وهذه الطريقة قيمة جداً في فصل النظائر لأنها تستطيع بلوغ الفصل الكامل للنظائر بسهولة وسرعة كبيرة إلا أنها وإن كانت فعالة في قياس طيف الكتلة فإنها لا تستطيع إلا معالجة كميات صغيرة جداً من المادة تقدر بأجزاء الميكروغرام في الساعة لأسباب نوجزها

الشكل 9- مخطط عمل مطياف الكتلة



بما يلي: يتضح من الشكل (9) المبسط لمطياف الكتلة أن المركب الغازي الذي سيخضع لعملية الفصل يخضع أولاً لعملية التأين بالانفراج الكهربائي في منبع الأيونات ومن ثم تدفع الأيونات عبر الشق S_1 ويتم تسريعها خطياً بحقل كهربائي بين الشقين S_1 و S_2 لتكتسب جميعها تقريباً الطاقة الحركية ذاتها والتي هي عملياً أكبر آلاف المرات من متوسط طاقتها الحرارية وبذلك يكون اندفاع الأيونات الأخف أقل من اندفاع الأيونات الأثقل وحين تدخل المجال المغنطيسي تأخذ مسارات نصف دائرية (لورنس) تعامد الحقل المغنطيسي لها أنصاف أقطار تتناسب مع اندفاعاتها (وبذلك تتبع الأيونات الخفيفة أنصاف دوائر أصغر من أنصاف الدوائر التي تتبعها الأيونات الأثقل) وبوضع مجمع مناسب في بشكل مناسب يتم تجميع الأيونات الخفيفة. أما الاعتبارات الأساسية التي تحد من كمية المادة المجمعة فتتلخص في ثلاثة:

أولاً- صعوبة إنتاج كميات كبيرة من الأيونات الغازية، ثانياً-

ضيق الحزمة المستخدمة الشديد الذي يحد كثيراً من الجزء المستخدم من الحزمة وأخيراً يمكن أن تسبب الكثافات العظيمة

جداً للأيونات في حدوث شحنات فضائية تتداخل مع عملية الفصل. ونذكر أن كمية اليورانيوم ^{235}U التي تجمع في يوم واحد، ونقاوة المادة المجمعة، تتأثران بعوامل كثيرة منها: (1) عرض المجمع وبعده عن المهبط وشكله، (2) الضغط في فرجة المغنطيس، (3) شدة الحقل المغنطيسي وانتظامه، (4) شكل الشقين المحددين والمسافة الفاصلة بينهما ومنظومة التسريع، (5) فولتية التسريع، (6) حجم الشق وشكله في منبع الانفراج الذي تأتي منه الأيونات، (7) التيار في قوس الانفراج، (8) موضع القوس في حجرة الانفراج، (9) ضغط البخار في حجرة الانفراج القوسي (ونظرية الانفراج بشكل عام غير كافية)، (10) طبيعة البخار الكيميائية. ومن المؤكد أنه لم يكن هناك وقت للدراسة النظامية لكل الترتيب الممكنة للمتحويلات، لذا جاءت التطويرات حدسية إلى حد كبير. وكان ينبغي دراسة أنواع مختلفة من الشروط كما كان يجب وضع عدد من التفسيرات الجزئية. وبعد كل هذا فإن خبرة المجموعة المتراكمة، وهي الإحساس "feel" بالمشكلة، كان ينبغي أن تترجم إلى خطط معينة وإلى توصيات.

وقد تبين بعد العام 1941 أن هذه الصعوبات يمكن أن تذلل وتم إنتاج أول عينات ذات حجم محسوس من اليورانيوم ^{235}U النقي، وما أن أثبتت التجربة انشطار اليورانيوم ^{235}U بالنترونات الحرارية بعد فصل كميات ضئيلة منه بمطياف الكتلة حتى تجلت الحاجة لعينات أكبر من اليورانيوم ^{235}U وعمل لورنتس في بركلي على الفصل الكهربائي الذي نجح على نحو رائع، وأعلن في 1941/12/6 أنه يستطيع خلال ساعة واحدة الحصول على ميكروغرام من اليورانيوم ^{235}U الذي أبعدت عنه نسبة كبيرة من اليورانيوم ^{238}U .

كان المصنع الكهرمغنطيسي Y-12 أول عملية انطلقت قدماً. وقد بدأ إنشاء المصنع في شباط/فبراير 1943 واكتملت الوحدة الأولى بحلول آب/أغسطس من العام نفسه.

وقد أجري البحث المتعلق به في مختبر لورنس في بركلي، وكان العلماء هناك مدموجين إلى حد بعيد بالشركات ذات العلاقة. فقد نُقل فعلاً خمسون منهم إلى شركة "تتيس إيستمان" التي كان عليها تشغيل المصنع.

كان على المصنع Y-12 أن يتلقى اليورانيوم الطبيعي، الذي يحوي أقل من 0.72% من النظير ^{235}U المرغوب فيه، وأن يحصل منه على ^{235}U النقي تقريباً بنسبة تفوق 90% فهذا ما كان يريده مصممو القنبلة. أمّل لورنس في أول الأمر تحقيق ذلك بخطوة واحدة، غير أن هذا كان في نظر غروفز يعد تفاقلاً مفرطاً، ومن ثم حُطّ لـ Y-12 ليكون منظومة من مرحلتين: أولاهما، المرحلة ألفا alpha، تُغني إغناءً أولياً يصل إلى نحو 15% والثانية سميت المرحلة بيتا beta، تكمل العملية:

ومعنى زيادة التركيز في الوحدات ألفا قرابة عشرين ضعفاً، هو أن نحو 95% من النظير ^{238}U غير المرغوب فيه قد أُزيل، ولم يبق سوى زهاء 5%، لذا فإنه يتعين على الوحدات بيتا أن تعالج من اليورانيوم قدرًا أقل جداً من الوحدات ألفا، وأن تكون، من ثم، أصغر منها كثيراً. وفي نهاية الأمر كان هناك تسع وحدات ألفا، أُطلق عليها بسبب مظهرها العام اسم "مضمار السباق"، يغذي إنتاجها ثمان وحدات بيتا.

ويمكن تكوين فكرة إلى حد ما عن حجم المصنع وتَعَقُّده من كونه تَطَلَّب 11000 عامل. وكان "مضمار سباق" ألفا يتضمن ما لا يقل عن 96 حوضاً تحوي الكالوترونات، وكان طول المضمار نحو 37 متراً وعرضه 23,5 م وارتفاعه 4,6 م. ولم يُنشأ قبلاً أحد قط حيزاً واسعاً كهذا ومخْلِى من الهواء إخلاءً شديداً، في حين أُنذرت المغناط الكهربية الضخمة بابتلاع 100,000 طن من النحاس وهذا ما يضر بالمشاريع الأخرى القائمة زمن الحرب. وللتغلب على الصعوبة الأخيرة، استعملت الفضة بديلاً من النحاس، فاستُعيِر 86,000 طن من وزارة المالية الأمريكية، وأعيدت بعد الحرب بنقص طفيف. كانت العملية، من ناحية معينة، غير فعّالة إلى حد بعيد: إذ كان نحو 10% فقط من ذرات اليورانيوم المحقونة في الكالوترونات يبلغ المجمّعات. أما البقية فكانت تتناثر على كامل الجهاز في الأحواض، وكانت استعادتها تنطوي على عمل عسير: تفكيك قطع التجهيزات ومعالجتها بمحلول حمضي (مصنع كيميائي واسع).

كانت المنشأة الكهرمغناطيسية هي المحطة الوحيدة في التشغيل لمدة عام تقريباً. لذلك كان الإلحاح في زيادة معدل إنتاجها هائلاً. لقد تبين بأن أي طريقة لإغناء المادة التي ستغذي المنشأة - حتى ولو كان الإغناء ضئيلاً - ستزيد معدل الإنتاج بصورة ملحوظة. وعلى سبيل المثال، إن الوحدة الكهرمغناطيسية التي تستطيع أن تنتج غراماً واحداً في اليوم من U-235 النقي بنسبة 40% من اليورانيوم الطبيعي تستطيع أن تنتج غرامين في اليوم من U-235 النقي بنسبة 80% إذا صار تركيز الـ U-235 في مادة التغذية ضعفاً التركيز الطبيعي (1.4 بالمئة بدلاً من 0.7 بالمئة). لذلك اقترح ضرورة إنشاء منشأة انتثار حراري واسعة النطاق. إن منشأة كهذه ستكون أرخص من أي منشأة واسعة النطاق أخرى، كما يمكن بناؤها بسرعة أكبر.

إن العائق الرئيسي لهذه المنشأة هو استهلاكها الهائل للبخار الذي جعلها تبدو غير عملية لمجمل عملية الفصل. ولقد تقرر أن تبني منشأة الانتثار الحراري واسعة النطاق في كلينتون وأن يستخدم ناتج منشأة الانتثار الحراري كمادة تغذية للمنشأة الكهرمغناطيسية. ولقد شيدت منشأة الانتثار الحراري الجديدة هذه في زمن قصير لدرجة مذهلة خلال أواخر صيف عام 1944. بالرغم من بعض خيبات الأمل، فإن تشغيل هذه المنشأة نجح في غرضه بزيادة معدل إنتاج المنشأة الكهرمغناطيسية زيادة ملحوظة. وما أن صارت مصانع

أوك ريدج تعمل بفاعلية حتى عالجت بضع عشرات الأطنان من اليورانيوم الطبيعي لإنتاج 60 كيلوغرام من ^{235}U في غضون أسابيع وذلك من أجل قنبلة هيروشيما.

ومن ثم هجر الفصل المغناطيسي إلى حد بعيد لصالح طرائق أكثر فعالية، في حين وجد المفتشون الدوليون أن العراق قد بنى سرّاً عشرات الكالوترونات وزعموا أنها كانت ستستخدم لتطوير قنبلة نووية.

11- طريقة الفصل الليزري Laser Processes:

تعد العمليات الليزرية من تقانات الجيل الثالث الممكنة الواعدة باستهلاك طاقات دخل أقل وبرأس مال أقل وتبعت تحليلية أقل ولذلك فإنها تتمتع بميزات اقتصادية كبيرة. فالطريقة المسماة Atomic Vapor Laser Isotope Separation (AVLIS) أي طريقة فصل النظائر الليزرية في البخار الذري تمثل تقانة تستخدم الليزر المولفة إلى تواترات تؤين ذرات اليورانيوم -235 من دون غيرها من الذرات ومن ثم تساق إيوناته المشحونة إيجابياً لتنجذب إلى صحيفة سلبية الشحنة حيث يتم جمعها.

وتعرف الطريقة الثانية لفصل النظائر بالليزر باسم Molecular Laser Isotope Separation (MLIS) وفي هذه الطريقة يوجه ليزر الأشعة تحت الحمراء على غاز سداسي فلور اليورانيوم UF_6 ليثير الجزيئات التي تحتوي ذرات اليورانيوم -235. ويوجه ليزر آخر ليحرر ذرة الفلور مخلفاً خماسي فلور اليورانيوم UF_5 الذي يتساقط مترسباً من الغاز.

وهناك تطوير لطريقة جزيئية تستخدم UF_6 يجري في أستراليا تدعى (SILEX) والتي على ما يبدو تختلف جذرياً في أساسها عن كل ما جرى اختباره في أي مكان آخر، ونظام silex هذا يطوره:

(Silex System Ltol{1} http://WWW.greenleft.org.au/back/2005/614/614p9.htm)

ولا تتوفر حالياً تفاصيل هذه العملية. وفي عام 1996 احتفظت USEC بحقوق تقييم وتطوير Silex لفصل اليورانيوم (وهي عملية تستخدم لفصل السيليكون وغيره من العناصر) ولكنها تخلت عن ذلك عام 2003.

وعلى كل حال لا تعد أي من هذه الطرائق الليزرية جاهزة للاستعمال التجاري بالرغم من كون Silex تعد طريقة متقدمة.

12- طريقة الفصل بالأنايب النانوية:

يقترح الباحثون في جامعة بتسبرغ وجامعة كارنيجي ميلون في الولايات المتحدة طريقة جديدة لفصل النظائر الخفيفة عن الثقيلة للعنصر نفسه. فتقترح محاكاتهم الحاسوبية أن من الممكن استخدام الأنايب النانوية الكربونية المجمعّة من صفائح الغرافيت والتي لا يتجاوز

قطرها عدة أنغسترومات "كمناخل كمومية" quantum sieves لفصل مزائج الهيدروجين الجزيئي ونظيره المشع التريتيوم. ومن الممكن في يوم ما استخدام المناخل الكمومية في إزاحة جزيئات الماء المشعة أو "الثقيلة" من خزانات التبريد المستعملة في خزن قضبان الوقود النووي. فإن المرشح المصنوع من الأنابيب النانوية الكربونية يستطيع الاستفادة من التأثيرات الكمومية لفصل النظائر. ومن حيث المبدأ فإن جزيء الهيدروجين الموضوع داخل أنبوب نانوي سيهتز بصورة كبيرة تمكنه من الهروب. وفي المقابل، فإن جزيء التريتيوم الأثقل سيهتز بصورة أقل بكثير مما يُمكن من امتزازه بسهولة أكبر. يمكن لحزم من الأنابيب النانوية الكربونية لها حجم المسام الصحيح أن تقوم بشكل فعّال في نخل مزيج من غاز الهيدروجين والتريتيوم وامتصاص جزيئات الأخير.

وجد الباحثون أن التوصل إلى نخل أكثر فعالية يتم بأنابيب نانوية أضيق بكثير من تلك التي يمكن تصنيعها حالياً.

على كل حال، فقد اقترحوا أن من الممكن تجاوز هذه المشكلة بحزم الأنابيب النانوية معاً بحيث تصبح الفجوات فيما بينها أصغر من القطر. وقد أظهرت المحاكاة بأن الأنابيب النانوية التي أقطارها 13.6 أنغستروم والتي حجمها قريب جداً للقطر الذي يمكن الحصول عليه من الحزم العالي الحشد، تكون فعّالة جداً في فصل الهيدروجين والتريتيوم.

وأخيراً نذكر شيئاً عن اليورانيوم ومخاطره:

إن كل نظائر ومركبات اليورانيوم سامة، مفرّمة أو ماسخة teratogenic وهي أيضاً مشعة. ويمكن أن تكون قاتلة ويتركز تأثير الجرعات الأخفض من الجرعة القاتلة بشكل أساسي في تضرر الكلية القابل للاستشفاء. وآثار اليورانيوم الإشعاعية نظامية بمعنى أنها موضعية بسبب طبيعة جسيمات ألفا الصادرة عن تفكك اليورانيوم-238 وغيره، ومركبات اليورانيوم قليلة الامتصاص عموماً في بطانة الرئتين ولكن يمكن أن تبقى أخطارها الإشعاعية بغير حدود وهي في داخل الجسم. وقد تبين أن أيونات اليورانيوم (UO_2^{++}) الناتجة عن ثالث أكسيد اليورانيوم أو عن نترات اليورانيوم وغيرهما من مركبات اليورانيوم السداسية تسبب عيوباً ولادية وتخرّب نظام المناعة عند حيوانات التجارب. ويشكل معدن اليورانيوم الجزأ فتاتاً خطر الاشتعال لأن معدن اليورانيوم يعد حاملاً للحرارة (pyrophoric) حتى إن حبات صغيرة من معدنه تشتعل تلقائياً في الهواء في درجة حرارة الغرفة ولكن القطع الكبيرة يتأكسد سطحها وتمنعها طبقة الأكسيد هذه من الاشتعال.

ويمكن أن يتعرض الشخص لليورانيوم (أو لإحدى بناته المشعة) باستنشاق الغبار في الهواء أو باستنشاق مشتقات التبغ أو التنباك التي استنتجت برش سماد الفسفات أو من تناول الأطعمة أو المياه التي تحوي نسبة من اليورانيوم تتعدى الحدود المسموحة. ويتعرض معظم الناس لليورانيوم بالدرجة الأولى من خلال الأطعمة والمياه، ويقدر معدل الاندخال اليومي من اليورانيوم الآتي من الأطعمة ما بين 0.07 إلى 1.1 ميكروغرام في اليوم الواحد.

وفي العادة تكون كمية اليورانيوم في الهواء صغيرة جداً، غير أن الناس الذين يعيشون قرب المرافق التي تصنع أو التي تختبر فيها الأسلحة النووية، أو قرب المرافق التي تستنجم أو تعالج فلزات اليورانيوم أو تقوم بتخصيبه من أجل وقود المفاعلات وغيرها يمكن أن يتعرضوا لجرعات متزايدة من اليورانيوم وبناته وكذلك فإن المنازل والمنشآت القائمة فوق توضعات اليورانيوم (سواء الطبيعية منها أو التي يرميها الإنسان كخبث من الصناعة) يمكن أن يتعرضوا لزيادات في الجرعة من غاز لرادون المشع والمسرتن. ويمكن أن يدخل اليورانيوم إضافة إلى طريق الاستنشاق والهضم من خلال جروح الجلد في بعض الظروف. وهو لا يمتص عبر الجلد حتى أن جسيمات ألفا التي يصدرها اليورانيوم لا يمكن أن تخترق الجلد وبهذا يكون اليورانيوم خارج الجسم أقل إيذاءً بكثير مما لو استنشق أو ابتلع. وعندما يدخل اليورانيوم بحد ذاته إلى الجسم يمكن أن يؤدي كيميائياً إلى السرطان و أو إلى تضرر الكليتين.

يتعرض العاملون في مناجم اليورانيوم ومن في جوارهم إلى خطر استنشاق غبار اليورانيوم المشع المحمول بالهواء، الذي يحمل أيضاً خطر غاز الرادون المشع وخطر إشعاعات بناته (التي يضاف خطر إشعاعاتها إلى خطر استنجام صخور اليورانيوم المشعة) ولهذا فإن مناجم اليورانيوم غير المهواة جيداً تحمل خطراً متزايداً لتطوير سرطان الرئة وغيره من الأمراض الرئوية. إضافة إلى إمكان خطر تلوث المياه الجوفية بالمواد الكيميائية السامة المستخدمة في فصل فلزات اليورانيوم.

وعندما يدخل اليورانيوم جسم إنسان عن طريق البلع أو الشرب يغادر نحو 90% من الكمية المبتلعة أو المشروية جسم هذا الإنسان بطريق التبرز ويبقى الباقي في الدم. وغالب كمية اليورانيوم المنتصبة من اليورانيوم إلى الدم يطرح عن طريق البولة خلال بضعة أيام. وترسب كميات ضئيلة من اليورانيوم المحمول في الدم في عظام الشخص حيث تستقر لسنوات طويلة حيث تفعل فعلها السمي والإشعاعي.

وتأتي أكبر الأخطار الصحية من الإندخالات الكبيرة large intakes من الأضرار السمية للكلية، لأن اليورانيوم إضافة لكونه ضعيف النشاط الإشعاعي فإنه معدن سام كسائر معظم الأكتينيدات، ويزيد التعرض لليورانيوم من خطر ظهور السرطان نتيجة نشاطه الإشعاعي. وبما أن اليورانيوم يميل للتركز في مواضع خاصة من الجسم فإنه كذلك يزيد خطر إمكان حدوث السرطان في هذه المواضع، وأولها العظام والكبد، ويسبب أمراض الدم مثل اللوكيميا إضافة إلى أن اليورانيوم المستنشق يزيد خطر حدوث سرطان الرئة.

ومن الإجراءات أو الاختبارات الطبية التي يمكن إجراؤها لتقدير كميات اليورانيوم عند التعرض لكميات كبيرة من اليورانيوم هي قياس كميات اليورانيوم في البولة وفي عينات البراز. لأن أكثر اليورانيوم كما أشرنا يغادر الجسم عن طريق البراز خلال بضعة أيام بعد الابتلاع ويستمر بالمغادرة عن طريق البول لمدة بضعة أشهر بعد التعرض. ومن المفهوم أن نتائج هذه القياسات لا تعطي ببساطة مستويات اليورانيوم التي تم التعرض لها بالضبط تماماً، وبما أن اليورانيوم يؤدي الكلية يُنصح بإجراء اختبارات إضافية خاصة لمعرفة ما إن كانت الكلية قد تضررت. ماذا يفعل المرء لمعرفة ما إن كان مجاوراً لمصادر اليورانيوم - يمكن أن يطلب من إدارة هيئة الطاقة الذرية مثلاً توجيهه من يلزم لإجراء القياسات والتحليل اللازمة في الموقع ذلك لأن هذه تحتاج إلى تجهيزات خاصة، وتدريب على كشف اليورانيوم وبناته في البيئة المحيطة. وهنا يجري التأكد من مستويات اليورانيوم في التربة والمياه ومن مستويات غاز الرادون في الهواء وما إن كانت ضمن الحدود المسموحة. انظر معايير مياه الشرب ومعايير المأكولات المسموحة التي لا تشكل خطراً محسوساً.

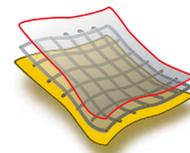
ونذكر مثلاً إن حد اليورانيوم الأقصى المسموح في المياه الصالحة للشرب في أمريكا هو 30 ميكروغرام في اللتر (في الأماكن التي يتعزز فيها اليورانيوم صناعياً) .

المراجع:

- [1] كتاب Springer. Verlay, edited by S. Villani, Uranium Enrichment 1979.
- [2] مجلة عالم الذرة - العدد السادس كانون الثاني 1988 ص 26-34، مقال الدكتور شهيد مصطفى بعنوان لمحة عن بعض طرائق فصل النظائر من (5) مراجع قديمة.
- [3] نشوء العصر الذري، ترجمة الدكتور مكي الحسني الجزائري، تأليف اكوين ماكاي منشورات دار طلاس عام 1993 (سلسلة الثقافة المميزة -4).
- [4] الطاقة الذرية لأغراض عسكرية، ترجمة مجموعة من العاملين في مكتب الترجمة، تأليف هنري دولف سميث- منشورات هيئة الطاقة الذرية السورية عام 1999.

وأخيراً عناوين المقالات الحديثة من الإنترنت:

- [5] .Enriched Uranium- Wiknedia the free encyclopedia
- [6] .Uranium- Wiknedia the free encyclopedia
- [7] .Uranium- Dictionary by Labor Law Talk all dictionaries & encyclopedias
- [8] .http://WWW.antonna.nl/Wise/uranium/#DU



we applied the Enzymatic - Heating method, and the lower quantity when we used the Heating method. So we recommend using of Enzymatic-Heating method, because it is less expensive than the American Kit, and it helps us to isolate the DNA in a relatively high quantity and purity.

Key Words: DeoxyriboNucleic Acid, prokaryotes, eukaryotes, gene.

EMBRYO TRANSFER IN ANIMALS AND RELATED TECHNIQUES

M. ZARKAWI

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

The present study reviews the new techniques used to regulate and improve the productive and reproductive efficiencies in animals in general, with special emphasis on embryo transfer (ET) and its related techniques including the definition of ET, preparation of donor and recipient animals, different programmes adopted for oestrus synchronization and induction, multiple ovulation, in addition to the several materials, procedures and hormonal treatments utilised in such programmes. Methods for embryo production and evaluation, besides reviewing the chronology of embryo development will be dealt with. The study will also briefly describe ways of semen collection and evaluation and the artificial insemination technique. Finally, the different methods for pregnancy diagnosis will be described.

Many idioms, terms and related expressions concerning the subject which, despite their importance, the Arabic library lacks of, will be explained and illustrated,

Key Words: oocytes, synchronization, induction, hormones, donors, recipients, multiple ovulation, maturation, fertilization, artificial insemination, embryo transfer, pregnancy diagnosis.

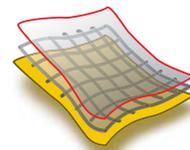
POLYCYCLIC AROMATIC HYDROCARBONS POLLUTANTS IN THE ENVIRONMENT. SOURCES, EFFECTS, DETERMINATION METHODS

AL-MASRI, M.S., BUDEIR, Y., IBRAHIM, S.

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

Regarding the international concern in the control of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in the environment, an overview is given for (PAHs) sources, emissions, transport, fate and different effects on humans and the environment. Physical, chemical and toxic properties of these pollutants in addition to their determinations at low environmental levels have been presented. Published International standards are also highlighted.

Key Words: polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs), sources, health and environmental effects, gas chromatography.



CONSTRUCTION OF TWO COMPUTER CONTROLLED EXPERIMENTS TO MEASURE THE RESISTIVITY R-T AND THE CRITICAL CURRENT I-V

A.NADER, M. B. ALSOUS

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

In this work, two computer controlled experiments to measure the resistivity (R-T) and the critical current (I-V) were constructed. The sample holder for the resistivity measurement experiment was improved in order to hold large samples whose diameters are in the order of 1 cm long. The sample holder of the I-V experiment was also improved to allow the I_c measurement with no need to solder the wires on the tape. The computer controlled data acquisition enabled us to do more readings with smaller time intervals compared with the manual method.

Key Words: electric measurements, I-V characteristics

KARYOTYPE ANALYSIS OF CHRONIC AND ACUTE MYELOID LEUKEMIA

W. ALACHKAR

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

We received, in our laboratory 60 bone marrow samples brought from hospitals and clinics, patients were

variable (CML, AML). We cultured, in a sterile atmosphere the bone marrow cells using a special media for 17&24 hours without adding any mitogene, we treated the samples to obtain a good quality metaphases to study the Karyotype (fixing, G-banding, gimsa staining) and to apply FISH technique using special DNA probes for CML&AML.

The results were as follow :40 cases of CML positive, 15 cases of CML negative, 3 cases of AML positive, 2 cases of AML negative, in addition to some rare CML aberrations. Each patient got his result with an illustration figure.

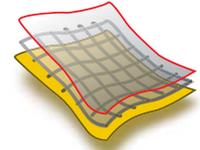
Key Words: Karyotype, Chronic Myeloid Leukemia (CML), Acute Myeloid Leukemia (AML), Chromosomal abnormality, Fluorescence In Situ Hybridization (FISH).

COMPARISON OF THE DIFFERENT METHODS FOR DEOXYRIBONUCLEIC ACID ISOLATION FROM EUKARYOTE AND PROKARYOTE CELLS

A. AL-MARIRI

*Department of Molecular biology and Biotechnology,
Microbiology and Immunology Division, Atomic
Energy Commission, P. O. Box 6091, Damascus, Syria*

We isolated DeoxyriboNucleic Acid (DNA) from Eukaryotes and Prokaryotes cells by using four methods (American Kit [Promega], Heating method, Enzymatic method, and Enzymatic-Heating method). The purity was approximate similar, with difference in the DNA isolation quantity, whereas we had the higher quantity when



resistance to late blight disease using in vitro technique. The current study aimed at evaluating potato mutants under field conditions for blight mutants and in pots for salinity mutants. Results demonstrated that mutant lines have maintained their performance in salinity tolerance or blight disease resistance. Significant differences were noticed among mutant lines and the control in leaf area and chlorophyll concentration.

Key Words: potato, mutant, salinity, late blight.

MODELING AND DESIGNING A VC DESALINATION PLANT AND PROGRAMMING THE MODEL

SUHEIL SULEIMAN, JACK MOMJIAN

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

Mathematical models were developed for the desalination plants of single effect evaporation and multi effect evaporation with horizontal falling films. And mechanical vapor compression was added as additional energy source. All these models were programed using Visual Basic. Therefore it becomes possible to identify the effect of each of water distillate flux, feed water concentration, recovery ratio, TBT, heating steam temprature and compressor adiabatic efficiency on the plant thermal performance ratio, compressor power consumption, cooling water flow rate and specific heat transfere area, the last parameters considered the most efficient terms in desalination plant.

Key Words: MEE, MVC, Thermal Performance Ratio.

GEOPHYSICAL PARAMETERS ESTIMATION DUE TO GEOLOGICAL STRUCTURES USING FAIR FUNCTION

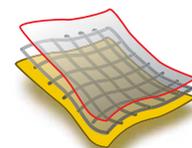
M. TLAS, J. ASFAHANI

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

Interpretation methods for interpreting field anomalies caused by underground geological structures due to simple geometrical shape have been proposed in this work. The main objective is to estimate the geophysical parameters related to these structures. The Interpretation is based on two principal different ideas to explain methods. The first idea is to use the constrained, nonlinear mathematical modeling; in this case the geophysical problem has to be formulated as a constrained, nonlinear mathematical model. Whereas the objective function of this model is chosen as the Fair function and the mathematical constraints related to geophysical parameters have been eliminated by the logarithmic barrier function. The unconstrained, nonlinear mathematical model resulted has been solved by the adaptive simulated annealing, random search algorithm. The second idea is to estimate the geophysical parameters related to geophysical problem via solving a set of linear equations.

In this work, self-potential, magnetic and gravity field anomalies have been interpreted using proposed interpretation methods. The agreement between the results obtained by the interpretation methods and the field anomalies is comparable.

Key Words: mathematical barrier functions, random search algorithm, self-potential anomalies, magnetic anomalies, gravity anomalies, fair functions.



complete block with four replications, the main plots representing N rates (120, 180, 240 kg N/ha) and the sub-plots representing K rates (0, 50, 100, 150 kg K₂O/ha). The results showed that seed cotton yield increased with increasing K levels applied under each rate of N (except N120). The highest seed cotton yield was obtained with the combined treatment N240K50 (6442 kg/ha). This treatment gave also the optimum potassium use efficiency (42 %). The potassium use efficiency decreased and the nitrogen use efficiency (at 180 days of harvest) increased with the increasing rate of K applied.

Key Words: cotton, fertilization, K , N.

POROUS SILICON: SYNTHESIS AND OPTICAL PROPERTIES

M. NADDAF – F. AWAD

*Department of physics, Atomic Energy Commission,
P. O. box 6091, Damascus, Syria*

Formation of porous silicon by electrochemical etching method of both p and n-type single crystal silicon wafers in HF based solutions has been performed by using three different modes. In addition to DC and pulsed voltage, a novel etching mode is developed to prepare light-emitting porous silicon by applying and holding-up a voltage in gradient steps form periodically, between the silicon wafer and a graphite electrode. Under same equivalent etching conditions, periodic gradient steps voltage etching can yield a porous silicon layer with stronger photoluminescence intensity and blue shift than the porous silicon layer prepared by DC or pulsed voltage etching. It has been found that the holding-up of the applied voltage during the etching process for defined interval of time is

another significant feature of this method, which highly affects the blue shift. This can be used for tailoring a porous layer with novel properties. The actual mechanism behind the blue shift is not clear exactly, even the experimental observation of atomic force microscope and purist measurements in support with quantum confinement model. It has been seen also from Fourier Transform Infrared study that interplays between O-Si-H and Si-H bond intensities play key role in deciding the efficiency of photoluminescence emission. Study of relative humidity sensing and photonic crystal properties of porous silicon samples has confirmed the advantages of the new adopted etching mode. The sensitivity at room temperature of porous silicon prepared by periodic gradient steps voltage etching was found to be about 70% as compared to 51% and 45% for the porous silicon prepared by DC and pulsed voltage etching, respectively.

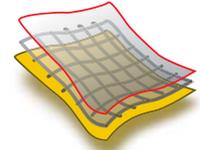
Key Words: porous silicon, electrochemical etching, photoluminescence, humidity, sensing, photonic crystal.

FIELD EVALUATION OF SOME POTATO MUTANTS RESISTANT TO LATE BLIGHT DISEASE, AND PRELIMINARY EVALUATION (POTS) OF POTATO MUTANTS TOLERANT TO SALINITY

B. AL-SAFADI, M. I. E. ARABI

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

Mutants were obtained from two previous studies aimed at improving potato tolerance to salinity and



After some preliminary tests, two leaching stages of fly ash to recover vanadium, molybdenum and nickel were selected. A first stage alkaline leaching of fly ash to recover vanadium and molybdenum followed by a second stage sulfuric acid leaching of the residual ash to recover nickel.

The impact of some operational parameters (L/S, leaching temperature, mixing time, and agent leaching concentrations) on the recovery of V, Ni was investigated.

Conditions of precipitation of V and Mo from alkaline medium and Ni from sulfuric acid solution were established.

Key Words: fly ash, leaching, vanadium, nickel, molybdenum.

GENETIC RELATEDNESS OF COCHIBOLUS SATIVUS AND PYRENOPHORA GRAMINEA USING RAPD AND ISSR MARKER TECHNIQUES.

AL- DAOUDE, M. I. E. ARABI, I. NABULSI AND N. MIR ALI.

*Department of Biotechnology and molecular Biology,
Plant disease division, Atomic Energy Commission,
P.O. Box 6091, Damascus, Syria*

Random Amplified Polymorphic DNA (RAPD) and Inter-Simple Sequence Repeat (ISSR) were used to study the genetic relatedness of 32 different isolates of Pyrenophora graminea, the causal agent of barley stripe (BS) and 20 isolates of Cochliobolus sativus that cause two important diseases, spot blotch (SB) and common root rot (CRR). Isolates of

both fungi were collected from infected barley and wheat plants from different growing areas in Syria. Twenty seven random primers were utilized to determine genetic relatedness. Percent Disagreement Value (PDV) fluctuated from 0.64 (CRR51 and CRR44) to 0.05 (SB30 and SB37). Isolates that were genetically similar or different were selected and further assessed by ISSR. Twenty five anchored and non-anchored oligonucleotides were used to verify RAPD results. Our results showed that ISSR clustering and PDV resemble RAPDs for all three studied diseases. Consequently, RAPD and ISSR were reliable and could be used to determine the genetic relatedness of fungal pathogens provided a large number of polymorphic primers is used when RAPD is to be used.

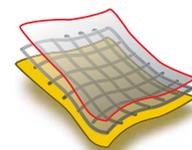
Key Words: RAPD, ISSR, genetic relatedness, spot blotch, CRR.

EFFECT OF DIFFERENT RATES OF POTASSIUM FERTILIZER ON NITROGEN USE EFFICIENCY AND COTTON YIELD USING AN ¹⁵N ISOTOPIC DILUTION TECHNIQUE

KH. KHALIFA, M. AL- CHAMMA'A, F. AL-AIN

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

A field study was conducted to evaluate the effect of K fertilizer on nitrogen use efficiency and cotton yield. The experimental design was a split-plot randomized



atmosphere. E. Cartledge describes a new space mission that will provide unprecedented views of these explosions.

Key Words: space weather, magnetosphere, geomagnetic storms, atmosphere.

PARTICLE PHYSICISTS MEASURE MATTER- ANTIMATTER FLIP

J. KROLL

University of Pennsylvania in the US he has been a member of the CDF collaboration since 1993

A subatomic particle called the strange neutral B-meson has been found to spontaneously flip into its own antiparticle and back again three trillion per second.

Key Words: matter-antimatter flip, B-meson, quark flavour, standard model

MESOSTRUCTURED GERMANIUM WITH CUBIC PORE SYMMETRY

G. S. ARMATAS, M. G. KANATZIDIS

*Department of Chemistry, Michigan State University,
East Lansing, Michigan 48824, USA*

Regular mesoporous oxide materials have been widely studied and have a range of potential applications, such as catalysis, absorption and separation. They are not generally considered for their optical and electronic properties. Elemental semiconductors with nanopores running through them represent a different form of framework material with physical characteristics contrasting with those of the more conventional

bulk, thin film and nanocrystalline forms. Here we describe cubic mesostructured germanium, MSU-Ge-I, with gyroidal channels containing surfactant molecules, separated by amorphous walls that lie on the gyroid (G) minimal surface as in the mesoporous silica MCM-48. Although Ge is a high-melting covalent semiconductor that is difficult to prepare from solution polymerization, we succeeded in assembling a continuous Ge network using a suitable precursor for Ge⁴⁺ atoms. Our results indicate that elemental semiconductors from group 14 of the periodic table can be made to adopt mesostructured forms such as MSU-Ge-I, which features two three-dimensional labyrinthine tunnels obeying $Ia\bar{3}d$ space group symmetry and separated by a continuous germanium minimal surface that is otherwise amorphous. A consequence of this new structure for germanium, which has walls only one nanometre thick, is a wider electronic energy bandgap (1.4 eV versus 0.66 eV) than has crystalline or amorphous Ge. Controlled oxidation of MSU-Ge-I creates a range of germanium suboxides with continuously varying Ge:O ratio and a smoothly increasing energy gap.

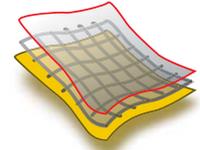
Key Words: catalysis, absorption, mesoporous oxide materials, semiconductors, surfactants.

REPORTS

RECOVERY OF VANADIUM, AND NICKEL FROM FLY ASH PRODUCED FROM HEAVY OIL-FIRED ELECTRICAL POWER STATION

J. STAS, A. DAHDOUH, O. AI-CHAYAH

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



ARTICLES

STEM CELLS FOR THE TREATMENT OF NEUROLOGICAL DISORDERS

O. LINDVALL, Z. KOKAIA

Many common neurological disorders, such as Parkinson's disease, stroke and multiple sclerosis, are caused by a loss of neurons and glial cells. In recent years, neurons and glia have been generated successfully from stem cells in culture, fuelling efforts to develop stem-cell-based transplantation therapies for human patients. More recently, efforts have been extended to stimulating the formation and preventing the death of neurons and glial cells produced by endogenous stem cells within the adult central nervous system. The next step is to translate these exciting advances from the laboratory into clinically useful therapies.

Key Words: neurological disorders, Parkinson's disease, glial cells, transplantation therapies, stem cells, stroke.

BROAD-BAND OPTICAL PARAMETRIC GAIN ON A SILICON PHOTONIC CHIP

M. A. FOSTER, J. E. SHARPING, A. L. GAETA

School of Applied and Engineering Physics

A. C. TURNER, B. S. SCHMIDT, M. LIPSON

School of Electrical and Computer Engineering, Cornell University, Ithaca, New York 14853, USA

Developing an optical amplifier on silicon is essential for the success of silicon-on-insulator (SOI) photonic integrated circuits. Recently, optical gain with a 1-nm

bandwidth was demonstrated using the Raman effect, which led to the demonstration of a Raman oscillator, lossless optical modulation and optically tunable slow light. A key strength of optical communications is the parallelism of information transfer and processing onto multiple wavelength channels. However, the relatively narrow Raman gain bandwidth only allows for amplification or generation of a single wavelength channel. If broad gain bandwidths were to be demonstrated on silicon, then an array of wavelength channels could be generated and processed, representing a critical advance for densely integrated photonic circuits. Here we demonstrate net on/off gain over a wavelength range of 28 nm through the optical process of phase-matched four-wave mixing in suitably designed SOI channel waveguides. We also demonstrate wavelength conversion in the range 1,511-1,591 nm with peak conversion efficiencies of +5.2 dB, which represents more than 20 times improvement on previous four-wave-mixing efficiencies in SOI waveguides. These advances allow for the implementation of dense wavelength division multiplexing in an all-silicon photonic integrated circuit. Additionally, all-optical delays, all-optical switches, optical signal regenerators and optical sources for quantum information technology, all demonstrated using fourwave mixing in silica fibres, can now be transferred to the SOI platform.

Key Words: optical communications, integrated photonic circuits, silicon photonic chip.

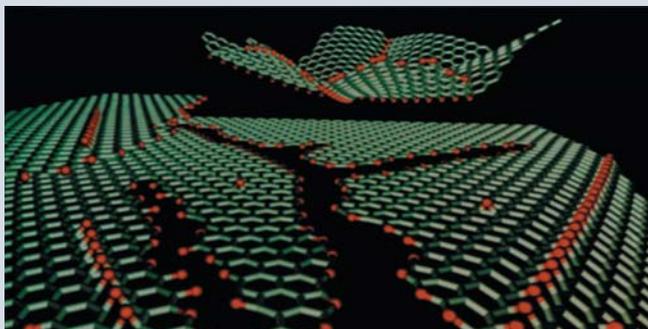
SOLAR EXPLOSIONS IN 3D

E. CARTLIDGE

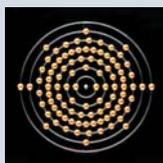
News Editor of Physics World

Huge eruptions on the Sun known as coronal mass ejections can generate violent magnetic storms in the Earth's

NEWS



- 29 ▶ PHYSICS AT THE SCENE OF THE CRIME
- 31 ▶ POLYMERS SHOW THEY'RE METAL
- 33 ▶ OXYGEN BREAKS INTO CARBON WORLD
- 35 ▶ SCIENCE IN THE ARAB WORLD
- 36 ▶ X-RAY NANOVISION
- 38 ▶ UNITED THROUGH REPULSION
- 39 ▶ ATOMIC GAS IN FLATLAND
- 41 ▶ PINK, PARKIN AND THE BRAIN
- 43 ▶ GERMANIUM TAKES HOLEY ORDERS
- 45 ▶ TRANSPARENCY ON AN OPTICAL CHIP
- 47 ▶ AMERICIUM



REPORTS

- 51 ▶ RECOVERY OF VANADIUM, AND NICKEL FROM FLY ASH PRODUCED FROM HEAVY OIL-FIRED ELECTRICAL POWER STATION
- 51 ▶ GENETIC RELATEDNESS OF COCHIBOLUS SATIVUS AND PYRENOPHORA GRAMINEA USING RAPD AND ISSR MARKER TECHNIQUES
- 52 ▶ EFFECT OF DIFFERENT RATES OF POTASSIUM FERTILIZER ON NITROGEN USE EFFICIENCY AND COTTON YIELD

USING AN ¹⁵N ISOTOPIC DILUTION TECHNIQUE

- 52 ▶ POROUS SILICON: SYNTHESIS AND OPTICAL PROPERTIES
- 53 ▶ FIELD EVALUATION OF SOME POTATO MUTANTS RESISTANT TO LATE BLIGHT DISEASE, AND PRELIMINARY EVALUATION (POTS) OF POTATO MUTANTS TOLERANT TO SALINITY
- 53 ▶ MODELING AND DESIGNING A VC DESALINATION PLANT AND PROGRAMMING THE MODEL
- 54 ▶ GEOPHYSICAL PARAMETERS ESTIMATION DUE TO GEOLOGICAL STRUCTURES USING FAIR FUNCTION
- 54 ▶ CONSTRUCTION OF TWO COMPUTER CONTROLLED EXPERIMENTS TO MEASURE THE RESISTIVITY R-T AND THE CRITICAL CURRENT I-V
- 55 ▶ KARYOTYPE ANALYSIS OF CHRONIC AND ACUTE MYELOID LEUKEMIA
- 55 ▶ COMPARISON OF THE DIFFERENT METHODS FOR DEOXYRIBONUCLEIC ACID ISOLATION FROM EUKARYOTE AND PROKARYOTE CELLS
- 56 ▶ EMBRYO TRANSFER IN ANIMALS AND RELATED TECHNIQUES
- 56 ▶ POLYCYCLIC AROMATIC HYDROCARBONS POLLUTANTS IN THE ENVIRONMENT. SOURCES, EFFECTS, DETERMINATION METHODS

SCIENTIFIC HIGHLIGHT ON AN EVENT

- 58 URANIUM AND IT'S ENRICHMENT

77 ABSTRACTS OF THE ITEMS PUBLISHED IN THIS ISSUE IN ENGLISH

CONTENTS

ARTICLES

5

.....
**STEM CELLS FOR
THE TREATMENT
OF NEUROLOGICAL
DISORDERS**

Many common neurological disorders, such as Parkinson's disease, stroke and multiple sclerosis, are caused by a loss of neurons and glial cells.

O. LINDVALL, Z. KOKAIA

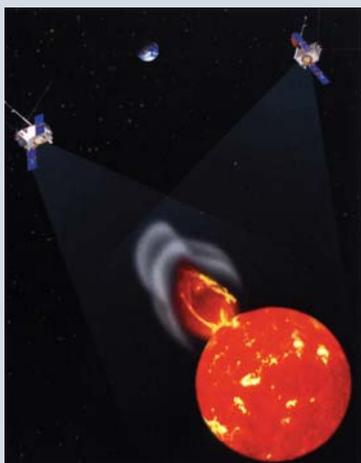


11

.....
**BROAD-BAND OPTICAL
PARAMETRIC GAIN ON A SILICON
PHOTONIC CHIP**

Developing an optical amplifier on silicon is essential for the success of silicon-on-insulator (SOI) photonic integrated circuits.

M. A. FOSTER, J. E. SHARPING, A. L. GAETA,
A. C. TURNER, B. S. SCHMIDT, M. LIPSON



16

.....
**SOLAR
EXPLOSIONS
IN 3D**

Huge eruptions on the Sun known as coronal mass ejections can generate violent magnetic storms in the Earth's atmosphere. E. Cartlidge describes a new space mission that will provide unprecedented views of these explosions.

E. CARTLIDGE

20

.....
**PARTICLE
PHYSICISTS
MEASURE MATTER-
ANTIMATTER FLIP**

A subatomic particle called the strange neutral B-meson has been found to spontaneously flip into its own antiparticle and back again three trillion per second.

J. KROLL



23

.....
**MESOSTRUCTURED
GERMANIUM WITH CUBIC
PORE SYMMETRY**

Regular mesoporous oxide materials have been widely studied and have a range of potential applications, such as catalysis, absorption and separation. They are not generally considered for their optical and electronic properties.

G. S. ARMATAS, M. G. KANATZIDIS

Aalam Al-Tharra

Journal of The Atomic Energy Commission of Syria



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.

Managing Editor

Dr. Ibrahim Othman
Director General of A.E.C.S

Editorial Board

Dr. Adel Harfoush
Dr. Ziad Qutob



NO. 106