عالم الذرّة

مجلة هيئة الطاقة الذرية السورية

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

العدد الثالث والثمانون السنة الثامنة عشرة كانون الثاني-شباط 2003

المدير المسؤول

الدكتور إبراهيم عثمان

المدير العام لهيئة الطاقة الذرّية

هيئة التحرير

الدكتور توفيق قسّام (رئيس هيئة التحرير)

الدكتور محمد قعقع **الدكتور فؤاد العجل**

الدكتور أحمد الحاج سعيد **الدكتور محمد فؤاد الربّاط**

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

شروط الترجمة والتأليف للنشر في مجلة عالم الذرة

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

2- يُكتب على ورقةٍ مستقلة عنوان مادة النشر واسم الكاتب وصفته العلمية وعنوانه مع ملخصين لها أحدهما بالعربية والآخر باللغة الإنكليزية حصراً، في حدود عشرة اسطر لكل منهما، ويطلب من كل من المؤلف والمترجم 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 عشر عبارات باللغتين العربية والإنكليزية.

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

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

7- يرسل 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 يُكتفى بإيراد المقابل العربي وحده سواء أكان هذا المقابل كاملاً أم مختزلاً. وتستعمل في النص المؤلَّف أو المترجَم الأرقام العربية 3, 2, 1 أينما وردت مع مراعاة كتابتها بالترتيب العربي من اليمين إلى اليسار. وإذا ورد في نص معادلةٍ أو قانون أحرف أجنبية وأرقام فتكتب المعادلة أو القانون كما في الأصل الأجنبي.

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

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

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

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

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

14- توجه المراسلات باسم رئيس هيئة التحرير إلى العنوان التالي:

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

رسوم الاشتراك

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

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

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

المصرف التجاري السوري فرع رقم 13
مزة – جبل – ص.ب 16005
رقم الحساب 2/3012

أو بشيك باسم هيئة الطاقة الذرّية السورية

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

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

مع بيانٍ يوضح عنوان المراسلة المفضل

أو تدفع مباشرة إلى مكتب الترجمة والتأليف والنشر في الهيئة – دمشق – شارع 17 نيسان

سعر العدد الواحد

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

تود مجلة عالم الذرّة إعلام الشركات والمؤسسات العاملة في قطاع التجهيزات العلمية والمخبرية كافة والصناعات المتعلقة بها عن فتح باب الإعلان التجاري فيها.
للمزيد من الاستفسار حول رغبتكم بنشر إعلاناتكم التجارية الكتابة إلينا على العنوان التالي:
هيئة الطاقة الذرّية السورية – مكتب الترجمة والتأليف والنشر
دمشق ص.ب 6091 – الجمهورية العربية السورية
أو الاتصال على رقم الهاتف6111926/7 – فاكس 6112289

ISSN 1607-985X

في هذا العدد

المقالات

☐ الأجواف المكروية نصف الناقلة: نصف ضوء ونصف مادة . . . جرمي ج. بومبيرغ . . . . . 7.
ترجمة هيئة التحرير

☐ أصل كتلة النترينو . . . . . هيتوشي موراياما 13
ترجمة هيئة التحرير

☐ السبينترونيات . . . . . د. غروندلر 19
ترجمة هيئة التحرير

☐ اشتعال شديد . . . . . ج. غريفث 25
ترجمة هيئة التحرير

☐ رؤية باطن الأرض بالهزّات الأرضية الصنعية . . . . . س. بولر 31
ترجمة هيئة التحرير

أخبار علمية

☐ محطّم الذرّات يسبر مملكة "الغاز"النووي 39
☐ قياس الحقول المغنطيسية الضخمة 39
☐ أشجار تختنق 40
☐ ضبط الليزر بالبلّورات السائلة 41
☐ البوزترونات الباردة تدعم نظرية الفناء 42
☐ معاناة الأولاد جرّاء تعرّض الآباء للإشعاع 43
☐ البطّارية: لم يحن الوقت بعد لاعتبارها حالة نهائية 44
☐ إيجاد طرق جديدة لحماية نباتات ضربها الجفاف 47
☐ مناقشة حساب ميزانية الإشعاع الشمسي 50

ورقات البحوث (أعمال باحثي الهيئة المنشورة في المجلات العالمية)

☐ تقييم منبع النترونات الفوتونية في مفاعل منبع . . . . . د. إبراهيم خميس. 54
النترونات السوري المصغر

☐ تقييم التلوث بعناصر الأثر في بيئة نهر بردى . . . . . د. إبراهيم خميس وآخرون 58
باستخدام تقانة التحليل بالتنشيط النتروني

☐ التغيرات في مياه الغسل خلال التحلية. . . . . د.محفوظ البشير 62
والمادة الجافة والمواصفات التكنولوجية لألياف القطن

☐ معدّلات ترسيب وتأريخ تلوث بحيرة جافة: بحيرة العتيبة . . . . . د. محمد سعيد المصري وآخرون. 68

☐ التغيرات المورفولوجية لبيوض الأسكارس . . . . . معتصم شما، محمد عمار العدوي 76
لمبريكويدز المشعّة بأشعة غاما

☐ إزاحات ذات منشأ زلزالي على امتداد صدع سرغايا: أحد الفروع النشطة لنظام صدع البحر الميت في سورية ولبنان . . . . . د. معاوية برزنجي وآخرون 78

التقارير العلمية (أعمال باحثي الهيئة غير المنشورة)

☐ تعيين الانزياح النظيري طيفياً لبعض المركبات المحتوية على نظائر مستقرة بتقنية FTIR . . . . . د. عبد الوهاب علاف، د. محمد درغام زيدان 84
☐ تصميم فانتوم لضبط الجودة لتجهيزات التشخيص الشعاعي بأشعة – X. . . . . د. حسان خريطة – أسامة أنجق. خالد والي 86
☐ تأثير أشعة غاما في الحمولة المِكروبية والخصائص النوعية للجبنة البلدية . . . . . د. محفوظ البشير – سمر فرح 88
☐ تقييم تحمل الملوحة عند بعض أصناف الكرمة المحلية في الزجاج . . . . . د. طريف شربجي – زهير أيوبي 89
☐ استخدام الزجاج في التدريع الإشعاعي . . . . . سراج يوسف 91
☐ الأداء الإنتاجي لصيصان الفروج المغذاة على مسحوق اللحم والعظم المعامل بالتشعيع . . . . . د. محمد راتب المصري 92

كتب حديثة مختارة

☐ كهرباء نظيفة من الفولطيات الضوئية . . . . . (تأليف: ماري د. أرشر و روبرت هلّ) (عرض وتحليل: ويتشارد كوركِش) 97
☐ طرائق تبعثر أشعة X والنترونات في عالم البوليميرات . . . . . (تأليف: ريونغ – جوي روي) (عرض وتحليل: تشارلز ج. غلينكا) 98

ملخصات باللغة الإنكليزية عن الموضوعات المنشورة في هذا العدد. 108

كشاف موضوعي لعام 2002. 111

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.

المقالات

الأجواف المكروية نصف الناقلة: نصف ضوء ونصف مادة*

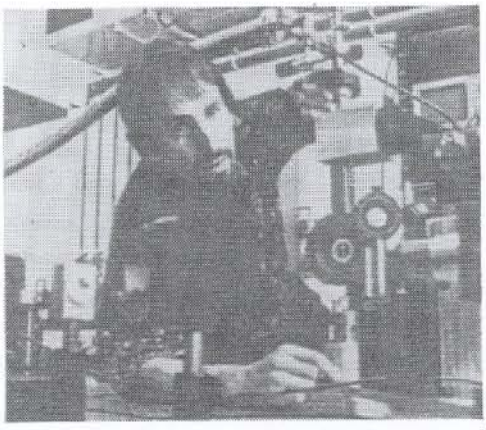
جرمي ج. بومبيرغ
قسم الفيزياء والفلك وقسم الإلكترونيات وعلم الحاسوب - جامعة ساوثمبتون - ساوثمبتون - المملكة المتحدة.

ملخص

الآبار الكمومية المقحمة بإحكام بين مرآتين يمكن أن تُستَخدم لصنع نوع جديد من الليزر الذي يستطيع أن يضخّم الضوء أكثر من أي مادة أخرى معروفة.

الكلمات المفتاحية: جوف مكروي، بولاريتون، تبعثر محثوث، ليزر بولاريتون، مُتكثِّف بولاريتوني، إكسيتون.

ما الذي تحصل عليه إذا اعترضتَ الضوء بمادة؟ إنه سؤال يفتن باحثي الإلكترونيات الضوئية الكمومية هذه الأيام، الذين يريدون أن يَرَوا إلى أي مدى يمكن للحالات الفيزيائية للعالم أن تنجدل. ورغم أن لدينا فهماً جيداً للمكوّنات الكمومية للضوء والجوامد - وهي الفوتونات والذرّات - إلّا أنه تبيّن أنّ تجميع كتالات البناء هذه بتعمُّد طرق غير مألوفة يمكن أن يؤدي إلى سلوك جديد وغير متوقع في أغلب الأحيان.



أشياء برّاقة - لقد وجد جرمي بومبرغ ومجموعته في جامعة ساوثمبتون أن "المصدرات البولاريتونية "تستطيع أن تقدّم تضخيمات هائلة.

لنتأمل في "الآبار الكمومية"، وهي التي تشكّل أساس ليزرات أنصاف النواقل الحديثة. لقد اكتُشفت لأول مرة في الثمانينيات من القرن الماضي، وهي تقع في قلب الاتصالات الضوئية وتقانات التخزين الضوئي optical - storage technologies، مثل مشغّلات الأقراص التلفزيونية الرقمية DVD players، ولها الآن سوق عالمية تزيد على 10 بليون جنيه استرليني. تتألف الآبار الكمومية من صفيحة رقيقة من نصف ناقل متبلور مُقْحَمَة بين صفيحتين من نصف ناقل آخر. تَحشر الطبقتان الخارجيتان التوابعَ الموجية للإلكترونات ضمن الصفيحة المركزية، فتزيد من طاقة الإلكترونات ومن تأثرها مع الضوء. يستطيع المهندسون التحكّم بلون الضوء الصادر عن الليزر بسهولة عن طريق ضبط سويات الطاقة في الصفيحة المركزية، التي تقوم بدور بئر كمونية .

لكن هذا الملعب الصغير جداً - بحجم البقّة - للإلكترونات له تشعّبات ليست مجرّد تقانية فحسب، بل تفرّعت إلى تنوّع هائل من فيزياء جديدة، تضم أثر هول الكمومي، الذي يمكن أن يُستخدم كمعيار أساسي لقياس النسبة بين الشحنة التي يحملها الإلكترون وثابت بلانك. ولقد أصبح الباحثون، على مدى السنوات العشر الماضية، حريصين بصورة متزايدة على دمج الآبار الكمومية فيما يُعرف باسم "الأجواف المكروية نصف الناقلة semiconductor microcavities".

لقد اكتشف الفيزيائيون أن هذه المواد ذات الطبقات المتراكبة بجهد وعناية يمكن استخدامها لتشكيل حالات كمومية جديدة تماثل موائع فائقة ويمكن استخدامها في نبائط كمومية لقياس التداخل. لا بل يمكن للأجواف المكروية نصف الناقلة أن تستخدم في يوم من الأيام كنوع جديد من المصدرات الضوئية ذات الكفاءة العالية من أجل توصيلات بينية في الإلكترونيات الضوئية أو المعالجات الكمومية quantum processors. إن بعض المصانع، مثل هيتاشي وتوشيبا، مهتم بالأجواف المكروية نصف الناقلة كجزء من سياسته لبناء مبادىء فيزيائية جديدة ستساعده على بناء أجيال مستقبلية من النبائط وتضمن له ميّزات تنافسية على المدى البعيد.

البولاريتونات Polaritons: جزء ضوء، وجزء مادة

الأجواف المكروية نصف الناقلة هي في الأساس آبار كمومية مُقحمة بين مرآتين من نصف ناقل متعدد الطبقات، تعكسان الضوء بكفاءة تزيد على 99% (الشكل 1). لذا فإن أي ضوء يدخل الجوف المحتوي على الآبار الكمومية يتم أسْره في الداخل، شريطة أن يكون طوله الموجي ضعف ثخن الجوف. ويندفع الضوء متنقلاً بين المرآتين ذهاباً وإياباً، مع تسرُّب جزء ضئيل جداً فقط (أقل من 0.1%) من خلال المرآتين عند كل ارتداد.

إن هذه المقدرة على أسر الفوتونات (بسبب المرايا المتعددة الطبقات) وأسر الإلكترونات (بسبب البئر الكمونية) تشكّل الأساس الذي تقوم عليه ليزرات الإصدار السطحي ذات الجوف الشاقولي vertical-cavity surface-emitting lasers أو اختصاراً (VCSEL)، التي هي أمثلة ونماذج للأجواف المكروية نصف الناقلة. وخلافاً لليزرات أنصاف النواقل العادية، فإن ليزرات الإصدار السطحي ذات الجوف

* نشر هذا المقال في مجلة *Physics World*, March, 2002. ترجمة هيئة التحرير - هيئة الطاقة الذرّية السورية.

الشاقولي VCSEL تصدر إشعاعاً عمودياً على الطبقات. وبالإضافة إلى ذلك فهي كفوءة جداً ولاتحتاج إلا إلى مقدار ضئيل من القدرة كي تبدأ العمل. هذه الميّزات التي تتمتع بها VCSEL تفسر لماذا يُتوقع للمبيعات العالمية لـ VCSEL أن تتجاوز بليون جنيه استرليني مع نهاية هذا العقد. ولقد دلّت الأبحاث الحديثة الجارية على الأجواف المكروية نصف الناقلة على أن فيزياء جديدة بصورة جذرية يمكن أن تُسخَّر لتعزيز الإصدار الضوئي من أنصاف النواقل أكثر من ذلك في المستقبل.

إذن، كيف تعمل الأجواف المكروية نصف الناقلة؟ عموماً نقول، عندما يُعرَّض بئر كمومي نصف ناقل للضوء فإنه يمتص فقط فوتونات ذات طاقة معينة. ويستطيع بعض الفوتونات الذي يمتلك بالضبط الطاقة الصحيحة أن يثير إلكتروناً من عصابة التكافؤ ذات الطاقة الأخفض للبئر إلى عصابة النقل ذات الطاقة الأعلى للبئر، مخلّفاً "ثقباً" ذا شحنة موجبة. ويجذب الإلكترون والثقب المثاران كل منهما الآخر جذباً كهراكدياً، متّخذَين مداراً مماثلاً لمدار الإلكترون والبروتون في ذرّة هدروجين. يُدعى هذا الجسيم المركّب المستقر "الإكسيتون exciton"، ويستطيع أن يتحرك فقط في مستوي البئر الكمومي.

تشبه الإكسيتونات ذرّات اصطناعية، إلا أنها أكبر منها بحوالي 100 مرة وتتأثر مع الضوء بصورة أشد منها بحوالي 100 مرة أيضاً. ولكن نظراً لأن ارتباط الإكسيتونات أضعف بحوالي 100 مرة من ارتباط الذرّات فإنها تكون هشّة جداً. ويمكن تحديد وجودها في بئر كمومي بسهولة باستخدام مطياف ضوئي. يُظهر طيف الامتصاص خطاً قريباً جداً من طاقة الفرجة العصابية: ويصبح الخط أكثر حدّة مع انخفاض درجة الحرارة إلى ما دون 100 K.

عندما يُشكّل بئر كمومي جزءاً من جوف مكروي نصف ناقل، فإن الإكسيتونات، على أية حال، تتفكك إلى فوتونات تنتقل من مكان إلى آخر بصورة متكرّرة حتى يتم إعادة امتصاصها من قِبَل البئر الكمومية. وفي الحقيقة، إن التحويل البيني بين الضوء والمادة يمكن أن يكون قوياً لدرجة أن الطاقة تدور بين الإكسيتونات والفوتونات بأسرع مما يستطيع الضوء أن يتسرّب من المرايا أو يتبعثر على جسيمات أخرى في نصف الناقل. وفي هذا النظام، الذي يُعرف بـ "الاقتران القوي strong coupling"، لم يعد ممكناً القول بعد الآن فيما إذا خُزّنت الطاقة كجزء من المادة (أي الإكسيتونات) أو في الضوء (أي فوتونات الجوف).

تُسمى أشباه جسيمات نصف الناقل المختَلَطة هذه "بولاريتونات polaritons". ونظراً لأن جزءاً منها ضوءٌ، وجزءاً مادة فهي تمتلك خواص جديدة لاتُرى في أي من الإكسيتونات أو الفوتونات. وفي الحقيقة، إذا جمعنا إكسيتون - وهو يمتلك حوالي 10% من كتلة الإلكترون - مع فوتون عديم الكتلة ينتج إما "بولاريتون أعلى upper polariton" (UP) عالي الطاقة أو "بولاريتون أدنى lower polariton" (LP) منخفض الطاقة. إن البولاريتونين، اللذين يتألف كل منهما من نصف إكسيتون ونصف فوتون، متساويا البعد عن جانبي طاقتهما الوسطى. إن هذا الأمر أشبه ما يكون بعبور فيلٍ (هو الإكسيتون) للنهر (هو الفوتون). فالمركّب "ماء-فيل aqua-elephant" له طاقة أخفض إذا كان الفيل يسير مع الجريان وله طاقة أعلى إذا كان يسبح في عكس الجريان.

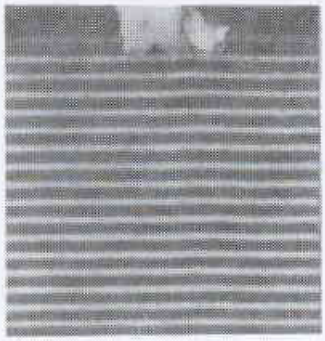
إن نظام الاقتران القوي هذا، والذي يدل على أن البولاريتونات قد نتجت، لوحظ أول مرة في عام 1991 من قِبَل كلاود وايسبّتش C. Weisbuch وياسو أراكاوا Y. Arakawa والعاملين معهما في مركز أبحاث العلم والتقانة المتقدمة في جامعة طوكيو في اليابان. فقد رأوا بصورة متكررة عيّنة تمتص مركّبتين منفصلتين من الضوء بطولين موجيين مختلفين بدلاً من طول موجي واحد.

أصل البولاريتونات

من السهل نسبياً دراسة بولاريتونات البئر الكمومية. فبعد إثارتها بالليزر، تتفكك إلى فوتونات أو إكسيتونات. فالفوتونات ستتسرب أحياناً عبر المرايا غير الكاملة للجوف نصف الناقل، ويمكن كشفها باستخدام مطياف (الشكل 2a). من المفيد أن نعلم بوجود علاقة مباشرة بين الزاوية θ، وهي الزاوية التي تترك بها الفوتوناتُ العيّنةَ، واندفاع البولاريتونات p في مستوي الجوف. إذن فبقياس الطول الموجي للفوتونات (ومن ثم الطاقة) كتابع للزاوية (ومن ثم الاندفاع)، نحصل على معلومات عن كتلة البولاريتونات.

لقد أجرى هذه التجارب روملد هودر R. Houdre وكلاود وايسبتش والعاملون معهما في مدرسة البوليتكنيك في لوزان، بالإضافة إلى موريس سكولنيك M. Skolnick والعاملين معه في جامعة شيفيلد في المملكة المتحدة. ولقد وجدوا أن طاقة الفوتونات التي تصدرها البولاريتونات الأدنى في جوف مكروي تزداد مع الزاوية، قبل أن تصبح ثابتة فوق 30° (الشكل 2b). تبيّن سِيمَاء هذه الطاقة أنه بالرغم من كون البولاريتون نصف إكسيتون، فإن كتلته الفعّالة - التي تتناسب مع مقلوب تقوّس هذه التابعية للزاوية، هي في الحقيقة أقل من جزء بالألف من كتلة الإكسيتون.

ا داخل جوف مكروي



جوف يحتوي على آبار كمومية

مقطع عرضي عبر جوف مكروي نصف ناقل. يتألف هذا الجوف من مرآتين مصنوعتين من طبقات متعددة تحيطان بجوف مركزي سماكته 250 nm يحتوي على ستة آبار كمومية. تتكون المرآتان من تناوب صفائح من زرنيخيد الغاليوم وزرنيخيد الغاليوم والألمنيوم، في حين تتكون الآبار الكمومية من طبقة رقيقة من زرنيخيد الغاليوم والإنديوم مُقحمة بين زرنيخيد الغاليوم - والكل موضوع بحالة طبقات ذرّية شبه تامة.

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

إذن، ماالذي يتحكم بالطول الموجي للفوتونات التي يصدرها الجوف؟ في أثناء ارتداد الفوتونات بين المرآتين ذهاباً وإياباً، يتداخل معظمها تتداخل فيما بينه تداخلاً هدّاماً. وفقط الفوتونات ذات اللون المحدد تستطيع أن تنمو وتتعزز بصورة تجاوبية داخل الجوف المكروي. ومن أجل الفوتونات المنتقلة عمودياً على الجوف، ينبغي أن يكون من الممكن ملاءمة عدد صحيح من أنصاف الأطوال الموجية داخل الجوف. وبعبارة أخرى، يجب أن يكون للفوتونات طول موجي λ، هو إما 2L، أو 2L/2، أو 2L/3،.. إلخ، حيث L هو ثخن الجوف.

إن هذا يقود إلى الاقتراح بأن ألواناً معينة فقط من الفوتونات هي التي تُصدَر. وعلى أية حال، عندما تدخل الفوتونات الجوف المكروي من أي جهة كانت باستثناء أن تكون ناظمية - أي $\theta>0°$ - فإن بعضاً من اندفاعها يكون الآن في مستوي الجوف المكروي. يُعطى هذا الاندفاع p الواقع في المستوي بالعلاقة $p=hk/2\pi=h(\sin\theta/\lambda)$، حيث h هو ثابت بلانك، و k هو الشعاع الموجي للفوتون. إن الفَقْد في الاندفاع العمودي على الطبقات يعني أن الفوتونات التي تدخل الجوف المكروي بزاوية ما ينبغي أن يكون لها اندفاع ابتدائي أعلى إذا كان لها أن تتعزز وتنمو بصورة تجاوبية. وعليه فإن التداخل البنّاء يحدث من أجل الفوتونات التي لها طول موجي أقصر من ذلك، إذ أن الزاوية التي تدخل بها الفوتونات العيّنة تزداد. وخط القاع هو بحيث تستطيع الأجواف أن تصدر ضوءاً في مجال من الأطوال الموجية.

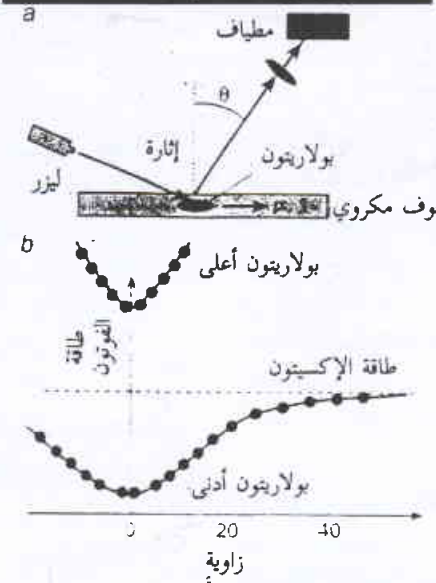
إذا رسمنا منحنياً بيانياً لطاقة الفوتونات المجاوبة resonant photons energy بدلالة الزاوية - أو الطاقة بدلالة الاندفاع - فإننا نحصل على منحنٍ تربيعي صاعد صعوداً حاداً (الشكل 3a). أما الإكسيتونات، فهي على النقيض من ذلك، تتمتع بكتلة كبيرة - تبلغ بصورة نموذجية حوالي 10% من كتلة الإلكترون- مما يجعل طاقتها الحركية $1/2\ mv^2=p^2/2m$ تزداد زيادة طفيفة فقط كتابع للاندفاع $p=mv$ (انظر الشكل 3b).

إن هذه المنحنيات البيانية للطاقة بدلالة الاندفاع، والتي تُعرف باسم "علاقات التشتت dispersion relations"، مهمة لأنها تكوّد خواص البولاريتونات. وفي الحقيقة، إن علاقات التشتت للبولاريتونين الأعلى والأدنى مختلفة جداً عن علاقات تشتت الإكسيتون والفوتون المكونة منهما. وفي النتيجة، كلما كانت طاقتا الإكسيتون والفوتون الأصليتان قريبتين من بعضهما، كان تدافعهما أشدّ عندما يقترنان لصنع البولاريتونات. إن علاقة التشتت للبولاريتون الأعلى أكثر تسطّحاً من تلك التي للفوتون، في حين تكون للبولاريتون الأدنى مشوهة كثيراً (الشكل 3c). إن الشيء المهم على وجه الخصوص هو أن منحنى تشتت البولاريتون الأدنى له بالفعل نهاية صغرى - أي مصيدة - تأسر البولاريتونات ذات الاندفاع الأدنى. تتراكم البولاريتونات تلقائياً في المصيدة وتصدر ضوءاً مباشرة من العيّنة.

مشاهدة الأجواف المكروية

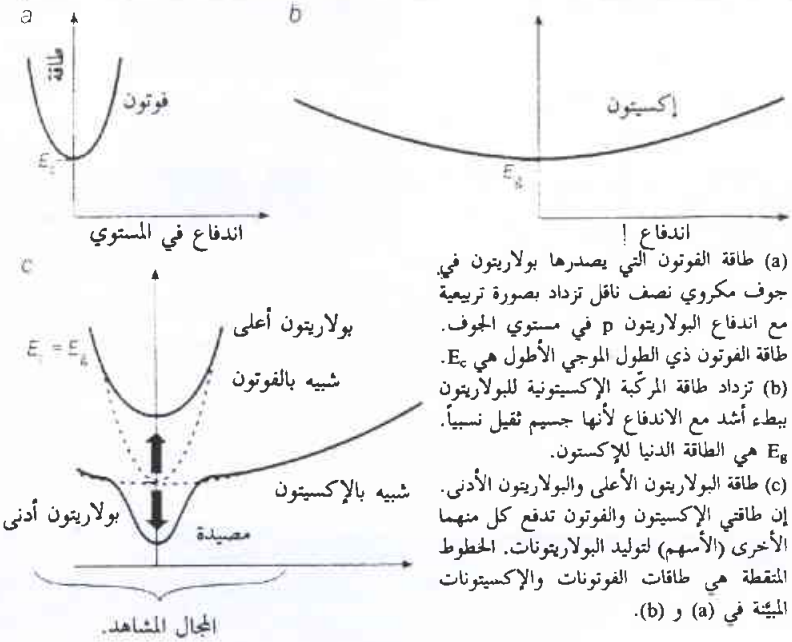
منذ اكتشاف الأجواف المكروية المقرونة بشدة عام 1991، ومجموعات متعددة في كل أنحاء العالم تحاول أن تكتشف سلوك هذه البُنى. إن ما يثير الباحثين أكثر كان ما تنبأ به في عام 1996 أتاك إيماموغلو A. Imamoglü - وهو الآن في جامعة كاليفورنيا بسانتا باربارا في الولايات المتحدة - بأن البولاريتونات ينبغي أن تصدر ضوءاً بكفاءة لا تُصدَّق. فقد أدرك أن البولاريتونات هي بوزونات - وهي جسيمات لها سبين قيمته عدد صحيح - في حين أن الإلكترونات التي تشكل الإكسيتونات هي فرميونات، أي أن لها سبيناً نصفياً ولهذا السبب، يمكن أن تجمّع كل البولاريتونات معاً في حالة كمومية واحدة، حيث تُصدر، وبصورة مجتمعة، طاقتها على شكل ضوء بدلاً من أن تصدر منفردة طاقتها على شكل حرارة. وعلى نقيض ذلك، تسلك الإكسيتونات سلوكاً

2 بولاريتونات سابرة



(a) بولاريتونات كانت قد أُثيرت بواسطة حزمة ليزرية تتفكك إلى مكوّناتها - أي إلى فوتونات وإكسيتونات. توجد علاقة مباشرة بين اندفاع البولاريتون في مستوي طبقات الجوف p وبين الزاوية θ التي تنبثق منها الفوتونات. (b) قياس طاقة الفوتونات كتابع للزاوية يُظهر وجود بولاريتونات أعلى (بطاقة عالية) وبولاريتونات أدنى (بطاقة منخفضة).

3 علاقات التشتت



(a) طاقة الفوتون التي يصدرها بولاريتون في جوف مكروي نصف ناقل تزداد بصورة تربيعية مع اندفاع البولاريتون p في مستوي الجوف. طاقة الفوتون ذي الطول الموجي الأطول هي E_c. (b) تزداد طاقة المركّبة الإكسيتونية للبولاريتون ببطء أشد مع الاندفاع لأنها جسيم ثقيل نسبياً. E_g هي الطاقة الدنيا للإكستون. (c) طاقة البولاريتون الأعلى والبولاريتون الأدنى. إن طاقتي الإكسيتون والفوتون تدفع كل منهما الأخرى (الأسهم) لتوليد البولاريتونات. الخطوط المنقطة هي طاقات الفوتونات والإكسيتونات المبيّنة في (a) و (b).

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

شبيهاً بسلوك الإلكترونات التي تشكّلت منها: فكل حالة لاتستطيع أن تمتلك أكثر من إلكترونين - أحدهما له سبين للأعلى والآخر له سبين للأسفل. وفي تفادي صحبة أحدهما الآخر، تسعى الإكسيتونات لتجنُّب الحالات التي تُصدر الضوء ببراعة.

لسوء الحظ، دلّت التجارب المبكرة التي أجرتها مجموعات متعددة - من بينها مجموعة إيماموغلو - أنه عندما استُخدم ليزر لإثارة سحابة كثيفة من الإكسيتونات داخل جوف مكروي، أدّى ذلك بالفعل إلى محو وإزالة نظام الاقتران الشديد. وبتعبير آخر، إن الجوف المكروي نصف الناقل لم يَعدْ يُصدر خطين من الضوء نظراً لوجود البولاريتونات الأعلى والأدنى. كانت المشكلة هي أن الليزر جعل الإكسيتونات تتبعثر أكثر فأكثر عن بعضها البعض، مُضعفة بذلك الجَذْبَ الكولوني بين الإلكترون والثقب، وبذلك فهي تقلل من تأثرهما مع الضوء. وعليه فإن كل ماكان يمكن رؤيته هو مجرد طيف الإكسيتونات الطبيعي.

من ناحية ثانية، وفي عام 1998 اكتشفت مجموعتان - يقودهما كل من لي سي دانغ Le Si Dang لدى مختبر CNRS للمطيافية الفيزيائية في غرونوبل، وجاكلين بلوخ J. Bloch لدى مختبر CNRS للبُنى المكروية والإلكترونيات المكروية في بانيو - أن أجوافاً مكروية مثارة إثارة ضعيفة نسبياً أصدرت ضوءاً بطريقة غريبة. وجدت كلتا المجموعتين أن زيادة قدرة الليزر المسلَّط على الجوف المكروي جعلت البولاريتونات الأدنى تُصدر فوتونات بعدد أكبر عند $\theta = 0°$ (الشكل 4a). برهنت هذه التبعية فوق الخطيّة للقدرة على أن البولاريتونات تستطيع أن تتجمع في مصيدة البولاريتون الأدنى بدلاً من أن تصدر من البولاريتون الأعلى.

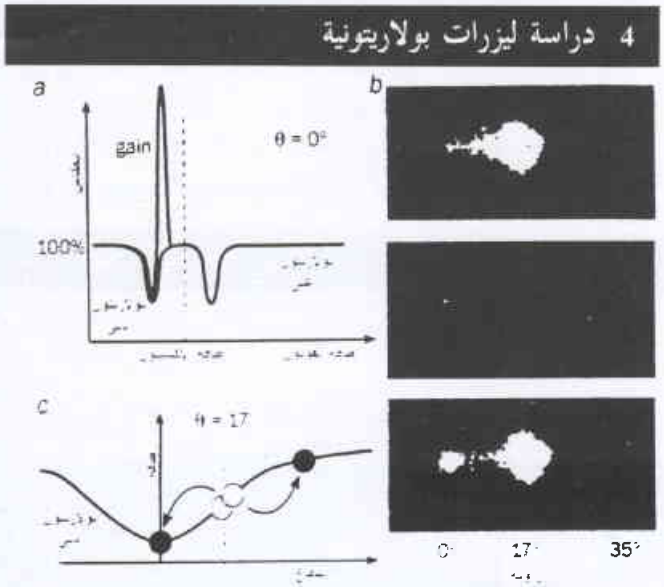
ليزرات البولاريتونات

في أواخر عام 1998 انتقلتُ إلى جامعة ساوثمبتون من مختبر كمبريدج هيتاشي، وبدأت مجموعتي الجديدة العمل عن كثب مع مجموعة موريس سكولنيك في شيفيلد ومع ديفيد ويتّكر D. Whittaker في مختبر أبحاث كمبريدج التابع لتوشيبا. ففي تجاربنا الأولى في ساوثمبتون، التي قادها بافلوس سافيديس P. Savvidis، سلّطنا ضوء ليزر على جوف مكروي مصنوع من آبار كمومية من زرنيخد الغاليوم - إنديوم مُقْحَمَة بين مرآتين مصنوعتين من زرنيخيد الغاليوم ومن زرنيخيد الغاليوم والألمنيوم. وبعد ذلك حسبنا عدد البولاريتونات التي تكوّنت بدلالة الزاوية، وذلك بقياس الشدة المنعكسة لليزر سَبْر probe laser عمودي على العيّنة.

ولدى سقوط ليزر الضخ بزوايا سطحية أكثر فأكثر، وجدنا أن شدة نبضة السَّبر المنبثقة من العيّنة ازدادت فجأة بعامل يكاد يصل إلى 100 عندما وصلت θ زاوية حرجة تبلغ 17° (الشكل 4b). إن هذه الاستجابة تسهل رؤيتها حتى بالعين المجرّدة. وعندما تهبط θ إلى مادون 17° فإن شدة ليزر السَّبر تهبط مرة أخرى. يُشير هذا التضخيم الهائل لضوء السَّبر إلى أنه لابد أن تكون هنالك فيزياء جديدة تأخذ مجراها. كما أن التضخيم ازداد بصورة أسية مع قدرة ليزر الضخ.

يمكننا الاستنتاج في النهاية بأن التضخيم يسبّبه نوع جديد من عمليات التبعثر، حيث تصطدم فيه أزواج من البولاريتونات الواحد بالآخر ويتبادلان الطاقة في العملية. فأحد البولاريتونين يسرق طاقة واندفاعاً من البولاريتون الآخر، مع تحرك البولاريتون ذي الطاقة الأعلى صاعداً علاقة التشتت، والبولاريتون الآخر هابطاً إلى قاع مصيدة الاندفاع (الشكل 4C). إن البولاريتونات المحقونة بنبضة السَّبر إلى قاع المصيدة يتم ضمّها بواسطة بولاريتونات التبعثر من المضخة. وتكون الحصيلة النهائية انبثاق حزمة سَبْر مضخَّمة بصورة ناظمية على العيّنة بزاوية $\theta = 0°$، في حين تنبثق حزمة أكثر ضعفاً - تحتوي على فوتونات من البولاريتونات ذي الطاقة الأعلى - بزاوية 35°. والسبب الذي يؤدي إلى حدوث هذا التبعثر عند الزاوية 17° هو أن المضخة يجب أن تلائم نقطة الانعطاف على علاقة التشتت لتسمح بانحفاظ متزامن للطاقة والاندفاع في التصادم. ومن البديهي أن هذه الزوايا تتغير من مادة لأخرى، وهي تتحدد بقرينة الانكسار والاقتران الضوئي للآبار الكمومية.

كي نفهم هذا الأثر، لنتذكر أنه عندما يصطدم فرميونان متماثلان، فإنهما لا يستطيعان إيقاف مسيريهما بآن واحد في الاتجاه نفسه، لأن مبدأ باولي في الاستبعاد يحظر عليهما أن يكونا في الحالة ذاتها. ومن جهة أخرى، عندما يتصادم بوزونان متماثلان - مثل بولاريتونين - فإنهما يفضّلان بالفعل الانبثاق في الاتجاه ذاته. وفي الحقيقة، إن المعدل الذي يتبعثران فيه يتناسب و $N_{initial}(1+N_{final})$، حيث $N_{initial}$ و N_{final} يمثلان عدد البولاريتونات في الحالتين الابتدائية والنهائية على التوالي.



(a) تسليط ليزر ضخ على جوف مكروي يخلق بولاريتونات تصدر ضوءاً. تُظهر "انعكاسية" ليزر سبر ثانٍ كتابع لطاقة الفوتون الصادر (بالأحمر) وجودَ البولاريتونين الأعلى والأدنى. عندما تكون قدرة ليزر الضخ عالية بالقدر الكافي، فإن الجوف المكروي يلعب دور مضخم ضوئي (بالأخضر).

(b) يحدث الربح فقط عندما يدخل ليزر الضخ (في الأعلى) العيّنة بزاوية تبلغ 17°. إن شدة ليزر السَّبر (في الوسط)، التي تكون ضعيفة عادة، تزداد فجأة حوالي 100 ضعف (في الأسفل). كما تخرج أيضاً حزمة أضعف من العيّنة بزاوية 35°.

(c) يرجع التضخيم إلى "تبعثر الأزواج"، الذي يتم فيه تصادم أزواج البولاريتونات وتبادل الطاقة فيما بينها. يتحرك البولاريتون ذو الطاقة الأعلى إلى أعلى علاقة التشتت، في حين يهبط الآخر إلى قاع مصيدة الاندفاع.

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

وبعبارة أخرى، يزداد معدل التبعثر مع دخول بولاريتونات أكثر في الحالة النهائية، التي هي في قاع المصيدة.

تعني هذه العملية التي تُعرف باسم "التبعثر المحثوث stimulated scattering"، أن عدد البولاريتونات في الحالة النهائية يزداد. وعليه فإن الربح يزداد أيضاً بصورة أسّية مع قدرة المضخة، ويمكن أن يكون أعلى من $10^7\ cm^{-1}$. إن هذا الربح أكبر من الربح لأي مادة أخرى معروفة- وهو اكتشاف مذهل يقتضي أن تُستخدم الأجواف المكروية نصف الناقلة كنبائط تبديل مسيَّرة بالضوء في شبكات المعلومات الضوئية بأكملها ذات السعة الفائقة العلو.

إن هذه التجارب التي تستخدم نبضات ليزرية قصيرة جداً تبلغ 0.1 بيكوثانية (10^{-13}s) في الطول فقط، تُظهر بأن الربح ليس عالياً فحسب بل هو أيضاً فائق السرعة. وفي الحقيقة، إن الأجواف المكروية نصف الناقلة هي إذن لا خطيّة، حيث وجدنا مؤخراً أن البولاريتونات تستطيع أن تغير علاقة تشتتها، تماماً كما يضغط فيل فراشاً مشي فوقه. تستطيع البولاريتونات حتى إيقاف بعضها في مساراتها وتعكس الاتجاه. وفوق ذلك، فقد حصل الآن ميشيل سابا وكريستيانو سيوتي و بنوات ديفود من EPFL في لوزان على ربح يتجاوز 5000 في أجواف مكروية عند درجات حرارة تفوق 200 K، وهذا يشير إلى إمكانية أن نكون قادرين قريباً على استغلال هذه اللاخطيّات الضوئية الهائلة في نبائط الإلكترونيات الضوئية التي تعمل في درجة حرارة الغرفة. يمكن لهذه الأرباح الكبيرة أن تُلاحظ حتى بليزرات الديودات، التي تعمل بصورة مستمرة.

إذا تحقق شرط أن تكون كثافة الإكسيتونات أقل بكثير من الحدّ الذي تتخرّب فوقه، فإن التجارب تدل على وجود عتبة واضحة يُصدر الجوف المكروي عندها ضوءاً بكفاءة لدى ازدياد شدة ليزر الديود. إن النبيطة التي طولها مكرون واحد تعمل مثل ماهو معروف باسم هزّاز وسيطي ضوئي optical parametric oscillator (OPO). وخلافاً لليزر العادي، فإن هزّاز البولاريتون هذا يأخذ فوتونات الضخ ويحولها مباشرة إلى حزمتي خرج بطولين موجيين مختلفين.

وعلى مدى سنوات يحاول الباحثون في مركز أبحاث الإلكترونيات الضوئية في ساوثمبتون، وفي جامعة ستانفورد وفي كل مكان، أن يحسّنوا من كفاءة الهزّازات الوسيطية الضوئية مستخدمين مواد "تقليدية" مثل نيوبات الليثيوم lithium niobate. ولكن بفضل الربح الهائل الذي أبدته الأجواف المكروية نصف الناقلة، سيكون من الممكن إنتاج هزّازات وسيطية ضوئية مكروية تكون أصغر بـ 10 000 مرة. كما أنه يَعِدُ بأسلوب جديد للحصول على نبائط ليزر بولاريتون عالي الكفاءة high - efficiency polariton laser – أو "plaser".

السمات الأساسية لليزرات البولاريتونات (بليزرات)

يمكننا تلخيص بعض السمات الأساسية للبليزرات التي ظهرت في السنوات الأخيرة.

* لها ربح يتجاوز $10^7\ cm^{-1}$ – أعلى من أي مادة معروفة.

* لاتوجد ضرورة لأنْ يكون التوزع الإلكتروني فيها "معكوساً" كما هو مطلوب في الليزر العادي – أي بوجود إلكترونات في عصابة النقل العليا بعدد أكثر مماهي عليه في عصابة التكافؤ السفلى. وعوضاً عن ذلك، فإن التبعثر المحثوث يسحب البولاريتونات إلى المصيدة من "خزّان" الإكسيتونات. يُصدَر الضوء عندما تتسرب المركّبات الفوتونية للبولاريتونات عند قاع المصيدة.

* على نقيض الليزرات العادية، تستطيع مصدرات الضوء هذه أن تعمل بصورة أفضل عندما تُسخّن.

* يعتمد مردودها على مدى السهولة التي تستطيع بها الإكسيتونات أن تسقط في مصيدة الاندفاع من غير أن تعود للتأين ثانية خارجها. وكما أشار ألِكسي كافوكين A. Kavokin من جامعة بليز باسكال في كليرمون – فيرّان وزملاؤه العاملون ضمن تعاون EU CLERMONT، ستساعد التراكيز الضعيفة للإلكترونات في البئر الكمومية وذلك بإزالة اندفاع الإكسيتونات.

* الليزرات البولاريتونية لا تمتص ضوءاً عند الطول الموجي الذي تصدره، وبذلك تزيح عقبة كبيرة لصنع ليزرات تُشغَّل بمقادير أصغرية من دخل الطاقة.

إن الأثر الكبير الآخر لمصيدة التشتت هو تخفيض عدد الحالات الإلكترونية المختلفة المنخفضة الطاقة والتي يمكن للبولاريتونات أن تنتهي فيها. والشيء الممتع فيما يتعلق بحقيقة كون العديد من البولاريتونات تتراكم في الحالة الأخفض $k=0$ هو أن لها كلّها الطور نفسه. وفضلاً عن ذلك، فكتلتها m_p صغيرة للدرجة أن طول موجة دوبروي $\sqrt{(h^2/2\pi\ m_p\ k_B\ T)}$ – حيث k_B ثابت بولتزمان – وهو أكبر بحوالي 100 مرة من قطر إكسيتون في درجة الحرارة نفسها T، ومن مرتبة المسافة الكائنة بين بولاريتونين منفصلين. وعليه فإن التوابع الموجية للبولاريتونات تتراكب، وتخضع المنظومة لتحوّل في الطور لتشكل حالة جهرية وحيدة، أي أنها مترابطة من وجهة نظر ميكانيك الكمّ.

وبعبارة أخرى، تشكّل البولاريتونات مُتكثِّفاً condensate. وعلى أية حال، هي حالة دينامية لأن كلّ بولاريتون يتفكك في غضون 10 بيكوثانية مصدراً فوتوناً. ولذلك فإن على خزّان الإكسيتونات أن يستكمل باستمرار النقص الحاصل لعدد البولاريتونات في الحالة الأخفض من أجل استمرار المتكثِّف. إن المتكثِّفات البولاريتونية اللاتوازنية هي بذلك شيء ما يختلف عن مُتكثِّفات بوز – أينشتاين المصنوعة من ذرات فائقة البرودة وإن تكن بالفعل تشترك بمظاهر عديدة، مثل التبعثر المحثوث.

لقد قامت مجموعتي حديثاً بقياس التداخل بين المتكثِّفات البولاريتونية، مظهرة "أعمار ترابط" coherence lifetimes تصل إلى أكثر من 1000 بيكوثانية. وهذه الأزمنة أبطأ بحوالي ألف مرة من أزمنة استرخاء الترابط لإكسيتونات في بئر كمومية لنصف ناقل نموذجي، مبيِّنة مدى فعّالية الكبح الذي أصاب التبعثر البولاريتوني. إن المتكثِّفات، التي لها أقطار تبلغ حوالي 100 مكرون، تُعدّ أولى الحالات الكمومية الجهرية في أنصاف النواقل والتي يمكن سبرها مباشرة بطريقة ضوئية في مواضع مختلفة في الوقت نفسه.

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

يمكن أن يكون للمُتكثّفات البولاريتونية تطبيقات تقانية. فالإكسيتونات في المتكثّف تكون حسّاسة لعوامل بيئية، كالحقول الكهربائية والمغنطيسية، التي قد تقود إلى جيل جديد من مقاييس التداخل الذرّية الصلبة ذات الدقة العالية ووصلات جوزيفسون الضوئية.

مستقبل الأجواف المكروية

لقد تقدّم البحث في الأجواف المكروية نصف الناقلة بمعدل سريع إلى أقصى الحدود في السنوات الأخيرة. ويرجع معظم هذا التقدم إلى حقيقة وجود جماعة من الباحثين على صلة وثيقة مع بعضهم – معظمهم يستقر في أوربا – يتبادلون النتائج فيما بينهم ويشجع بعضهم بعضاً، من خلال مناقشة حارّة في أغلب الأحيان. قد تبدو هذه الصلات غير متفقة مع الصورة التقليدية للباحثين أفراداً أو جماعات الذين يحصلون على النتائج لحسابهم، لكنهم يُظهِرون فوائد المنافسة الناجحة والتعاون القائم في المجال.

يتفرّع بحث الجوف المكروي يتفرع اليوم إلى عدد من المجالات الجديدة المثيرة للاهتمام. وأحد الأهداف التي يسعى إلى تحقيقها تشكيل عيّنات ذات اقتران قوي في درجة حرارة الغرفة، بحيث يكون الإلكترون والثقب في الإكسيتون مربوطين إلى بعضهما برباط أكثر إحكاماً وقوة. إن هذا يزيد الفصل بين آبار البولاريتونات الأعلى والأخفض فوق طاقات حرارية نموذجية. ومن المواد التي تحقق هذا الشرط نتريد الغاليوم أو أُكسيد الزنك، ولكنها للأسف ليست كالبُنى اللامتجانسة نصف الناقلة الموجودة حالياً من حيث التطور التقاني. هنالك اختيار آخر ممكن وذلك باستخدام مواد عضوية، يمكن أن تكون فيها طاقة الانشطار بين البولاريتونات هائلة.

وعندما تنفتح هذه الطرق الجديدة، فإن ما هو جليٌّ وواضح أننا نتوقع الكثير الكثير من مزج الضوء والمادة.■

☆ ★ ☆

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

أصل كتلة النترينو*

هيتوشي موراياما
قسم الفيزياء - جامعة كاليفورنية

ملخص

إنَّ المعطيات التجريبية الجديدة، التي تُبيّن بأنَّ للنترينوات كتلة، تجبر الفيزيائيين النظريين بأن يُعيدوا النظر في النموذج المعياري لفيزياء الجسيمات.

الكلمات المفتاحية: كتلة النترينو، إضمحلال، اهتزاز، حالة اليدوية، النموذج المعياري.

إذا أمعنّا النظر في الكون، نشاهد نجوماً ومجرّاتٍ من جميع الأشكال والحجوم. وما لايمكن أن نشاهده، على أية حال، هو أن الكون مملوء بجسيمات تدعى النترينوات. تولّدت هذه الجسيمات، التي لا شحنة لها والتي كتلتها قليلة أو لا كتلة لها، بعد الانفجار العظيم بأقل من ثانية، وبقيت أعداد كبيرة من هذه النترينوات البدائية المنخفضة الطاقة في الكون حتى يومنا هذا لأنها تتآثر مع المادة بشكل ضعيف. وبالفعل، فإن كل سنتمتر مكعب من الفضاء يحتوي على حوالي 300 من هذه البقايا غير المشحونة.

يعبر أجسامنا في كل ثانية ترليونات من النترينوات - وغالباً ما تكون جميعها قد نتجت من التفاعلات الاندماجية في قلب الشمس. على أية حال، إن إنتاج النترينوات ليس مقتصراً على مجرتنا فقط. عندما تموت النجوم ذات الكتل الضخمة، يتحرر معظم طاقتها كنترينوات على شكل انفجارات مستعرة فائقة عنيفة. ومع أن المستعرات الفائقة تستطيع أن تظهر ساطعة كالمجرات عندما يُنظر إليها بالمقاريب (التلسكوبات) الضوئية، فإن هذا الضوء لايمثّل إلاّ جزءاً صغيراً من الطاقة المتحرّرة (انظر الشكل).

كشف الفيزيائيون النترينوات الأولى من مستعر فائق عام 1987 عندما انهار نجم من قبل حوالي 150.000 سنة ضوئية في سحابة ماجلان الكبرى، المجرة الأقرب إلى درب التبانة. كشفت تجربتان ضخمتان تحت الأرض النترينوات من المستعر الفائق 1987A هما المكشاف كاميوكاند Kamiokande في اليابان وتجربة IMB قرب كليفلاند في أوهايو في الولايات المتحدة قبل ثلاث ساعات كاملة من وصول ضوء الانفجار إلى الأرض.

رصدت المقاريب الأرضية، كالمرصد الإنكليزي الاسترالي، الضوء من المستعر الفائق 1987A بعد عدّة ساعات من كشف تجربة كاميوكاند وتجربة IMP للنترينوات التي صدرت عنه.

وسمّ الحادث ولادة علم فلك النترينوات. تمّ بناء تلسكوبات نترينو بعد ذلك بقليل، بما فيها تجربة أماندا AMANDA في القارة القطبية الجنوبية (أنتاركتيكا)، وهنالك خطط لبناء تجربة أكبر تدعى ICECUBE لكشف النترينوات من اندفاعات بعيدة ببلايين السنوات الضوئية.

على أية حال، تبقى النترينوات هي الأقلّ فهماً من بين الجسيمات الأساسية. اعتقد الفيزيائيون ولمدة نصف قرن بأن النترينوات كالفوتونات ليس لها كتلة. ولكن المعطيات الحديثة من تجربة كاميوكاند الفائقة في اليابان قد قلبت هذه النظرية وأكّدت أن النموذج المعياري لفيزياء الجسيمات غير كامل. يتطلب توسيع النموذج المعياري، كي يحتوي النترينوات الكتلية بشكلٍ طبيعي، تغيراتٍ بعيدة المنال. يقترح بعض النظريين مثلاً احتياج أبعاد فضائية إضافية لتوضيح كتلة النترينو، بينما يقترح نظريون آخرون أن التمييز المقدّس الحالي بين المادة والمادة المضادة يجب أن يتم التخلّي عنه. يمكن لكتلة النترينو أن توضّح حتى وجودنا.

ولادة النترينوات

أُحيطت النترينوات بالغموض منذ أن اقترحها ولفغانغ باولي W. Pauli لأول مرة عام 1930. استغرب الفيزيائيون في ذلك الوقت ذلك لأن إضمحلال بيتا النووي ظهر وكأنه قد خرق قانون إنحفاظ الطاقة. في إضمحلال بيتا، يتحول النترون في النواة غير المستقرة إلى بروتون ويُصدر

* نشر هذا المقال في مجلة *Physics World*, May, 2002. ترجمة هيئة التحرير - هيئة الطاقة الذرّية السورية.

إلكتروناً في الوقت نفسه. وقد وُجد، بعد الكثير من الفوضى والنقاش، أن طاقة الإلكترون المشعّ تعطي طيفاً مستمراً. وقد أثار هذا دهشة كثير من الفيزيائيين لأن أنواعاً أخرى من النشاط الإشعاعي يقتضي أشعة غاما وجسيمات α مع طاقات متقطعة. قادت هذه النتيجة حتى نيلز بور إلى التفكير بأنَّ من الممكن للطاقة أن لاتكون منحفظة في عالم النوى الغامض.

بذل باولي أيضاً جهداً كبيراً لحلّ هذا الغموض، ولعدم قدرته على حضور الاجتماع الفيزيائي في كانون الأول عام 1930، أرسل بدلاً عن ذلك رسالة إلى السيدات والسادة المهتمين بالنشاط الإشعاعي يقترح فيها "علاجاً يائساً" لإنقاذ قانون إنحفاظ الطاقة". كان علاج باولي هو في تقديم جسيم متعادل جديد يبلغ إندفاعه الزاوي الذاتي أو "السبين" $\hbar/2$ حيث $\hbar$ ثابت بلانك مقسوماً على 2π. وبتفسير غير متقن "للنترون" من قِبَل باولي، فإن الجسيم الجديد يجب أن يصدر مع الإلكترون في اضمحلال بيتا وبالتالي تبقى الطاقة الكلية منحفظة.

بعد ذلك بعامين اكتشف جيمس شادويك J. Chadwick ما ندعوه الآن بـ "النترون"، ولكن كان من الواضح أن هذا الجسيم ثقيل جداً لكي يكون "النترون" الذي تنبأ به باولي. على أية حال، لعب جسيم باولي دوراً حاسماً في أول نظرية اضمحلال بيتا النووي المصاغة من قِبَل إنريكو فِرمي E. Fermi عام 1933 والتي عُرفت فيما بعد بالقوة الضعيفة. ولمّا كان شادويك قد أطلق اسم النترون على شيء آخر كان على فِرمي أن يخترع إسماً جديداً. ولكونه إيطالياً كان الخيار الواضح هو "نترينو"، وتعني شيئاً ضئيلاً متعادلاً.

ولمّا كان تأثر النترينوات ضعيفاً جداً مع المادة، فقد راهن باولي بصندوق من الشمبانيا على أنه لايمكن لأي فرد أن يكتشف واحداً منها. وبالفعل بقيت الحالة هكذا حتى عام 1956 عندما اكتشف كلايد كاوان C. Cowan وفريد راينز F. Reines مضاد النترينوات صادرة من مفاعل نووي في سافانّه ريفر في كارولينة الجنوبية في الولايات المتحدة. وعندما أعلنا اكتشافهما أوفى باولي بوعده.

وبعد مضي عامين قاس موريس غولدهابر M. Goldhaber ولي غرودزنس L. Grodzins وأندرو صنيار A. Sunyar "حالة اليدوية" (يمينية أم يسارية) handedness للنترينوات بإجراء تجربة بديعة في مختبر بروكهافن في الولايات المتحدة. تصف حالة اليدوية لجسيم ما اتجاه سبينّه على طول اتجاه الحركة - فسبين جسيم يساري مثلاً يتجه دائماً باتجاه معاكس لإندفاعه.

ا جمع شمل النترينوات

منظر مكشاف SNO موجود على مسافة 2000 متراً تحت سطح الأرض في منجم كرايغتون قرب سودبري في كندا. مقطع الوعاء 12 متراً وهو مملوء بـ 1000 طن من الماء الثقيل. قليل من النترينوات التي تعبر المكشاف تتأثر لتعطي إلكترونات تسير بسرعة أكبر من سرعة الضوء في الماء الثقيل. تولّد هذه الإلكترونات ومضات من ضوء سيرنكوف الذي يُكشف بـ 9600 أنبوب مضاعف ضوئي محيطة بالوعاء.

درس غولدهابر ومعاونوه ماذا حصل عندما أسَرت نواة اليوروبيوم -152 إلكتروناً ذريّاً خضع اليوروبيوم 152 إلى إضمحلال بِتا عكسي ليعطي نواة سَماريوم -152 غير مستقرة ونترينو. إضمحلّت نواة السَماريوم - 152 بعد ذلك بإصدارها أشعة غاما. وعندما تمَّ إصدار النترينو وأشعة غاما باتجاهين متعاكسين، كان على درجة التناول أن تبقى نفسها حتى يبقى الاندفاع الزاوي منحفظاً. وبيَّن فريق بروكهافن من قياس حالة اليدوية لأشعة غاما باستخدام مرشح مستقطَب مصنوع من الحديد أن النترينوات تكون دائماً يسارية.

تقتضي هذه النتيجة المهمة أن تكون النترينوات لاكتلة لها. ولتوضيح ذلك إفرض أن النترينوات لها كتلة وأنها دائماً يسارية. فوفق النسبية الخاصة لايستطيع الجسيم الكتلي أن تكون سرعته مساوية لسرعة الضوء. فمن حيث المبدأ، يستطيع الملاحظ المتحرك بسرعة الضوء عندئذ أن يتجاوز النترينو الكتلي السبيني ويشاهده يتحرك بالاتجاه المعاكس. وأما بالنسبة للملاحظ، فإن النترينو الكتلي يبدو يمينياً. ولمّا لم يتم اكتشاف نترينوات يمينية إطلاقاً فقد استنتج فيزيائيو الجسيمات أن النترينوات لاكتلة لها.

النموذج المعياري

نعلم حالياً أن جميع الجسيمات الأولية - ستة كواركات وستة لبتونات - متجمعة في ثلاث عوائل أو أجيال. وبالفعل فقد أثبتت التجارب الدقيقة على مصادم الإلكترون والبوزترون الضخم ليب LEP في سيرن CERN في سويسرا أن هنالك تماماً ثلاثة أجيال. تُبنى المادة العادية كل يوم من أعضاء الجيل الأخف: الكواراكان فوق وتحت اللذان يكوّنان البروتونات والنترونات؛ والإلكترون، ونترينو الإلكترون المتضمن في إضمحلال بِتا. يتضمن الجيل الثاني والجيل الثالث نسخاً أثقل من هذه الجسيمات مع العدد الكمّي نفسه. تسمى مضاهيات الإلكترون الميون والتاو، بينما نترينو الميون ونترينو التاو مكافئان إلى نترينو الإلكترون. لكل جسيم أيضاً جسيم مضاد مقابل يحمل شحنة كهربائية معاكسة. وفي حالة النترينوات هنالك النترينو المضاد متعادل ولكنه يميني.

يحتوي النموذج المعياري أيضاً مجموعة من الجسيمات تحمل القوى بين الجسيمات الأولية. تتوسط الفوتونات القوى الكهرطيسية، وتحمل الجسيمات الكتلية W^+ و W^- القوى الضعيفة، التي تؤثر فقط على الجسيمات اليسارية والجسيمات المضادة اليمينية، وثمانية غلوونات تحمل القوى الضعيفة.

جميع الجسيمات التي تصنع المادة لها كتلة - بدءاً من أخفّها وهو الإلكترون إلى الأثقل وهو الكوارك ذروة - ويمكن أن تكون يسارية

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

ويمينية. وبالرغم من أن النموذج المعياري لايستطيع أن يتنبأ بكتلها، فإنه يُقدّم الآلية التي وفقها تكتسب الجسيمات الأولية كتلة. تتطلب هذه الآلية منّا أن نقبل بأن الكون مملوء بالجسيمات التي لم نشاهدها حتى الآن.

وبغض النظر عن الكيفية التي يظهر فيها الخلاء، فإنه محشو بجسيمات تدعى بوزونات هيغز Higgs سبيناتها تساوي الصفر (وبالتالي فهي ليست يسارية وليست يمينية). تُبيّن نظرية الحقل الكمومي ولاتغيّر لورنتس Lorentz أنه عندما يحقن جسيم في "الخلاء"، فإن حالة يدويته تتغير عندما يتأثر مع بوزون هيغز (الشكل 2a). فمثلاً يصبح الإلكترون اليساري بعد التصادم الأول يمينياً، وبعد التصادم الثاني يسارياً وهكذا. ولنضع ذلك بصورة أسهل، فالإلكترون لايستطيع أن ينتقل عبر الخلاء بسرعة الضوء، وعليه يجب أن يصبح كتلياً وبالمشابه فإن الميونات، التي تصطدم مع بوزونات هيغز بتكرار أكثر تصادمها مع الإلكترونات، يجعلها أثقل بـ 200 مرة من الإلكترونات. بينما يتأثر الكوارك ذروة مع بوزون هيغز طيلة الوقت غالباً.

توضح هذه الصورة أيضاً لماذا تكون النترينوات عديمة الكتلة. فإذا ما جرّب النترينو اليساري أن يصطدم مع بوزون هيغز فعليه أن يصبح يمينياً. ولمّا كان لاوجود لهذه الحالة، فإن النترينو اليساري لايستطيع أن يتأثر مع بوزون هيغز وبالتالي لايكتسب أية كتلة. وفي هذه الطريقة تمضي النترينوات العديمة الكتلة يداً بيد مع غياب النترينوات اليمينية في النموذج المعياري.

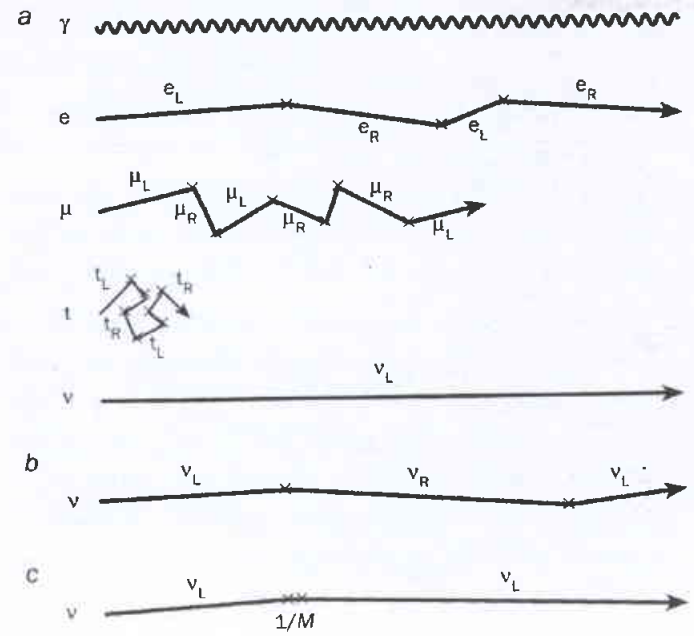
الدليل على كتلة النترينو

كنتُ في مؤتمر في تاكاياما قرب كاميوكا في اليابان عام 1998 عندما أعلنت تعاونية سوبركاميوكاند اكتشاف أول دليل على كتلة النترينو، لقد كانت لحظة مثيرة للمشاعر. وعلى نحو غير مألوف في مؤتمر فيزيائي فقد قام المؤتمرون تحية ترحيب للمتحدّث. ووقفتُ أنا أيضاً. ومع بقاء النموذج المعياري حياً أمام كل تحدٍّ تجريبي منذ أواخر السبعينيات من القرن الماضي فإنه تداعى أخيراً. لقد أظهرت التجارب على أقل تقدير بأن النظرية ليست كاملة.

تبحث تعاونية سوبركاميوكاند عن النترينوات التي تنتج من قذف الأشعة الكونية لنوى الأكسجين أو النتروجين الموجودة في الجو. غالباً تكون هذه النترينوات الجوّية عبارة عن نترينوات ميون وتتفاعل بصورة ضعيفة جداً مع المادة. وعلى أية حال، فإن مكشاف سوبركاميوكاند المملوء بـ 50 000 طن من الماء والمتوضع عميقاً في منجم كاميوكا إلى حد يستطيع فيه أن يكشف النترينوات الجوية. تتأثر هذه النترينوات مع النوى الذرّية في الماء لإنتاج إلكترونات وميونات أو لبتونات تاو التي تنتقل بصورة أسرع من سرعة الضوء في الماء لإنتاج موجة صدم ضوئية تدعى إشعاع سيرنكوف Cerenkov. يمكن كشف هذا الإشعاع بأنابيب عدّاد وميضي حسّاس محيطة بصهريج الماء.

من هذه الإشارات استطاع فريق سوبركاميوكاند، أن يعيّن أيضاً الجهات التي أتت منها النترينوات. ولمّا كانت الأرض شفافة بشكل

2 النترينوات تتصادم مع بوزون هيغز



(a) تكتسب الجسيمات في الخلاء، وفق آلية هيغز في النموذج المعياري، كتلة عندما تتصادم مع بوزون هيغز. تُغير جميع الجسيمات بما فيها الإلكترونات (e) والميونات (μ) والكواركات (t) حالة يدويتها عندما تصطدم مع بوزون هيغز. فالجسيمات اليسارية تصبح يمينية وبالعكس. بيّنت التجارب أن النترينوات (υ) تكون دائماً يسارية، وبما أنه لاتوجد النترينوات اليمينية في النموذج المعياري، تتنبأ النظرية أنه لايمكن للنترينوات أن تكتسب كتلة. (b) في أحد توسعات النموذج المعياري توجد هنالك نترينوات يمينية ويسارية. تكتسب نترينوات ديراك هذه كتلة عبر آلية هيغز، ولكن النترينوات اليمينية تتأثر بشكل أضعف بكثير جداً من أي جسيم آخر. (c) وبالنسبة إلى توسيع آخر للنموذج المعياري تتولّد النترينوات الثقيلة جداً لفترة قصيرة قبل أن تصطدم مع بوزون هيغز لإنتاج نترينوات ماجورانا اليسارية الخفيفة.

أساسي بالنسبة للنترينوات، فإن النترينوات التي تنتج بشكل كبير في الجو على الجانب المقابل من الكوكب تستطيع أن تصل إلى المكشاف بدون أي عائق. اكتشف الفريق أن حوالي نصف النترينوات الجوية من الجانب الآخر للأرض قد فُقِدت، بينما لم يحصل ذلك بالنسبة للنترينوات الآتية من الأعلى. إن أكثر التفسيرات قبولاً لهذه النتيجة هو أن نترينوات الميون قد تحوّلت "أو اهتزّت" إلى نترينوات تاو عندما مرّت خلال الأرض. لم يستطع سوبركاميوكاند أن يُعين هوية نترينوات تاو. إن الجسيمات القادمة من الجانب الآخر للأرض تملك فرصة أكبر للاهتزاز من تلك الجسيمات القادمة من الأعلى. وفوق ذلك، فإذا كانت النترينوات تتحول إلى شيء آخر من تلقاء نفسها فإننا نستنتج بأنه يجب أن يكون انتقالها أبطأ من سرعة الضوء وبالتالي يجب أن يكون لها كتلة.

استُخدم السوبركاميوكاند أيضاً لمراقبة النترينوات الشمسية. تُنتج تفاعلات الاندماج التي تتمّ في الشمس نترينوات إلكترون فقط، ولكن هذه النترينوات تستطيع من ثَمّ أن تهتز إلى كلٍّ من نترينوات ميون ونترينوات تاو. وبالرغم من أن التجربة كانت قادرة على كشف النترينوات الشمسية فإنّها لم تستطع أن تميّز بين الأنواع المختلفة من النترينوات. وبالمقابل، فإن مرصد صادبري للنترينوات (SNO) في كندا

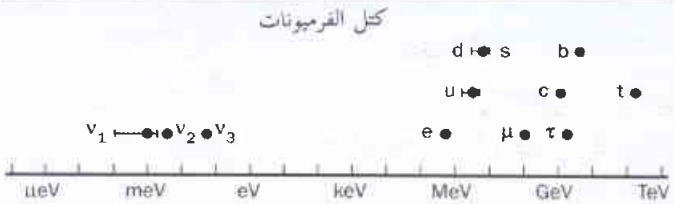
http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

استطاع تعيين هوية نترينوات الإلكترون لأنه مملوء بـ "الماء الثقيل" الذي يحتوي نوى الهدروجين مع نترونات إضافية، يتفاعل عدد قليل من نترينوات الإلكترون مع نوى الهدروجين الثقيل لإنتاج إلكترونات سريعة تولّد إشعاع سيرنكوف (الشكل 1).

وبدمج المعطيات القادمة من السوبركاميوكاند مع تجربة (SNO) استطاعت تعاونية SNO تحديد عدد نترينوات ميون أو نترينوات تاو التي وردت على المكشاف الياباني. لقد قدّمت نتائج SNO أيضاً دليلاً آخر عن كتلة النترينو وأكّدت أن العدد الإجمالي للنترينوات القادمة من الشمس اتفقت مع الحسابات النظرية.

إنّ تضمينات كتلة النترينو كبيرة إلى حدٍّ بعيد بحيث أنّه ليس من المدهش بأن يكون فيزيائيو الجسيمات يبحثون عن دليل مباشر لوجودها منذ أكثر من أربعة عقود. وعند التأمل في الماضي نجد من السهل أن نفهم عدم نجاح هذه الأبحاث (الشكل 3). فبما أن النترينوات تنتقل بسرعات نسبوية، فإن تأثير كتلتها صغير إلى حدٍّ لايمكن فيه تعيينها حركياً. فبدلاً من البحث عن كتلة النترينو مباشرة، فقد بحثت التجارب، مثل تجربة سوبركاميوكاند وتجربة SNO عن التأثيرات التي تعتمد على الاختلاف في الكتلة بين أحد أنواع النترينو ونوع آخر.

3 وزن الفرميونات



مقارنة كتل جميع الفرميونات الأساسية، الجسيمات التي سبيناتها $\hbar/2$. وعلى نحو مختلف عن النترينو فإن أصغر فرميون هو الإلكترون الذي كتلته $0.5MeVc^{-2}$. لاتقيس تجارب اهتزاز النترينو كتلة النترينو مباشرة، بل تقيس، فرق الكتلة بين مختلف أنواع النترينو. ولكن بفرض أن كتل النترينوات مشابهة فرق الكتلة هذا، نستطيع أن نضع حدوداً عليا على كتلة مئات قليلة من مِلّي إلكترون فولت.

تكون هذه التجارب من بعض الوجوه مضاهية لمقاييس التداخل التي تكون حسّاسة بالنسبة للاختلافات الصغيرة جداً في التواتر بين موجتين متداخلتين. ولما كان من الممكن التفكير بأنّ الجسيم الكمومي عبارة عن موجة تواترها معطىً بحاصل قسمة طاقتها على ثابت بلانك، فإن قياس التداخل يستطيع كشف اختلافات صغيرة جداً للكتلة لأن كل من طاقة وتواتر الجسيمات يعتمد على كتلتها.

تعود أعمال قياس التدخل في حالة النترينوات بالفضل إلى حقيقة أن النترينوات المتولّدة من التفاعلات النووية هي بالحقيقة عبارة عن مزيج من "حالتين ذاتيتين للكتلة" مختلفتين. وهذا يعني مثلاً أن نترينوات الإلكترون تتحول ببطءإلى نترينوات تاو ثم تعود مرة ثانية إلى حالتها السابقة. تكون كمية هذا المزج مكممة بزاوية مزج θ. يمكننا فقط كشف التداخل بين حالتين ذاتيتين مختلفتين قليلاً بالكتلة إذا كانت زاوية المزج كبيرة إلى حدٍّ كاف. وبالرغم من أن التجارب الجارية حالياً غير قادرة على تثبيت اختلاف الكتلة وزاوية المزج فإنها قد ضيّقت مدى الإمكانيات (الشكل 4).

تضمينات كتلة النترينو

والآن وقد تبيّن أن هنالك كتلة للنترينو، فعلينا أن نحلّ مسألتين: الأولى هي تجاوز التناقض بين حالة اليدوية اليسارية والكتلة. والثانية هي فهم لماذا كتلة النترينو صغيرة جداً إذا ما قُورِنت بكتل الجسيمات الأخرى. وبالفعل فإن القياسات المباشرة تُشير إلى أن كتلة الإلكترونات أكبر بـ 500.000 مرة على الأقل من كتلة النترينو. عندما نفكر بأن النترينو ليس له كتلة، فلا توجد هنالك مشكلة، ولكن وجود كتلة صغيرة جداً هي اللغز، ويجب أن يوجد هنالك سبب خفي لهذه الحالة.

من حيث الأساس، هنالك طريقتان لتوسيع النموذج المعياري من أجل جعل النترينوات ذات كتلة. تتطلب المقاربة الأولى جسيمات جديدة تدعى نترينوات ديراك، وتتطلب المقاربة الأخرى نوعاً مختلفاً تماماًمن الجسيمات تدعى نترينوات ماجورانا Majorana.

إن نترينوات ديراك هي فكرة بسيطة مع عيب خطير، فوفق هذه المقارنة يعود السبب في هروب النترينوات اليمينية من الكشف عنها على النحو المشار إليه، إلى أن تآثراتها أضعف بـ 26 مرة على الأقل من النترينوات العادية. إن فكرة نترينو ديراك تعمل باتجاه أننا نستطيع توليد كتل النترينو عبر آلية هيغز Higgs (الشكل b2). على أية حال، تقترح الفكرة أيضاً بأنه يجب أن يكون للنترينوات كتل مشابهة لكتل الجسيمات الأخرى في النموذج المعياري. ولتجنّب هذه المسألة يجب علينا أ ن نجعل قوة تآثرات النترينو مع بوزون هيغز أضعف على الأقل 10^{12} مرة من كوارك ذروة. قليل من الفيزيائيين يقبل مثل هذا الرقم الصغير جداً كثابت أساسي في الطبيعة.

في عام 1998 اقترح نيما أركاني - حامد N.A. Hamed من مركز المسرّع الخطي في ستانفورد، وسافاس ديموبولس S. Dimopoulous من جامعة ستانفورد، وغيا دفالي G. Dvali من المركز الدولي للفيزياء في تريستا، وجول مارس - روسل J. M. Russell من سيرن، طريقة مغايرة لجعل تآثر النترينوات اليمينية ضعيفاً جداً. لقد استغلوا الفكرة من نظرية الوتر الفائق التي تقول بأن الأبعاد الثلاثة للفضاء، التي هي مألوفة لدينا، مطمورة في زمكان ذي 10 أو 11 بعداً. فالمرجح لدينا أن جميع جسيمات النموذج المعياري - إلكترونات - كواركات - نترينوات يسارية، بوزونات هيغز وهكذا، تبقى على صفيحة ثلاثية الأبعاد تدعى three-brane.

إحدى الصفات الخاصة للنترينوات اليمينية هي أنها لاتحسُّ القوى الكهرطيسية، أو القوية والضعيفة. يناقش أركابي - حامد ومعاونوه بأنّ النترينوات اليمينية لاتُؤسَرُ على الصفيحة ثلاثية الأبعاد بالطريقة نفسها كما نحن، بل على العكس فإنها تستطيع أن تتحرك في الأبعاد الإضافية. توضّح هذه الآلية سبب عدم ملاحظتنا للنترينو اليميني ولماذا تكون تآثراتها مع الجسيمات الأخرى في النموذج المعياري ضعيفة جداً. إن النتيجة في هذه المقاربة هو أن كتل النترينو يمكن أن تكون صغيرة جداً.

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

تتضمن الطريقة الثانية لتوسيع النموذج المعياري جسيمات يُطلق عليها اسم نترينوات ماجورانا – إحدى مميّزات هذه المقاربة هي أنه ليس علينا بعد الآن أن نقول بوجود نترينوات يمينية ذات تأثرات ضعيفةجداً. على أية حال، علينا أن نتخلى عن التمييز الأساسي بين المادة والمادة المضادة. ورغم أن هذا يبدو غريباً وعجيباً، فإن من الممكن للنترينوات والنترينوات المضادة أن تكون متماثلة بسبب عدم امتلاكهما لشحنة كهربائية.

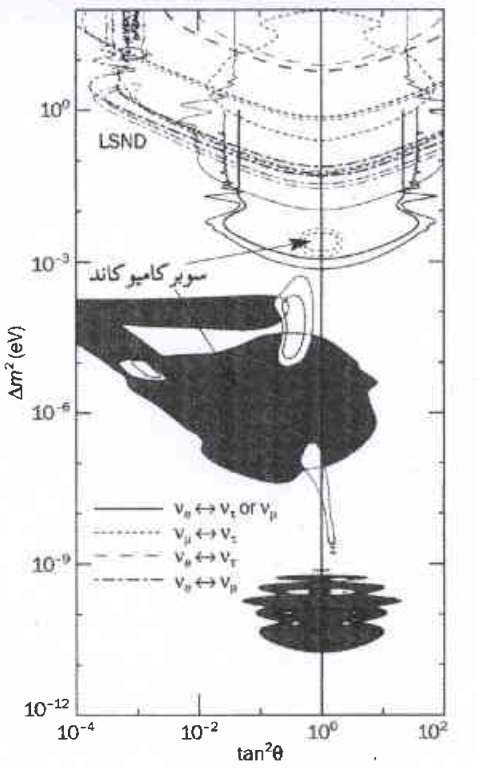
تقع النترينوات الكتلية بصورة طبيعية ضمن هذا الإطار، استعِد إلى الذاكرة المراقب المسافر بسرعة الضوء الذي يتجاوز نترينو يميني ويرى نترينو يساري. كنا سابقاً قد ناقشنا أن غياب نترينوات يمينية يعني أن النترينوات ليس لها كتلة. ولكن إذا كانت النترينوات والنترينوات المضادة هي نفس الجسيمات فإننا يمكن أن نناقش بأن المراقب حقيقةً يرى نترينو مضاد يميني وعندها يُصبح لفرضية النترينو الكتلي معنى.

وهكذا كيف ولدت كتلة النترينو؟ من الممكن في هذا المخطط أن يكون للنترينوات اليمينية كتلة من تلقاء نفسها بدون الاعتماد على بوزون هيغز، وبصورة مخالفة للكواركات واللبتونات الأخرى، لاترتبط كتلة النترينو اليميني M مع سلمّ كتلة بوزون هيغز. بل على العكس، يمكن أن تكون أثقل بكثير من جسيمات أخرى.

عندما يصطدم نترينو يساري مع بوزون هيغز يكتسب كتلة m يمكن مقارنتها مع كتلة الكواركات واللبتونات الأخرى. ويتحول في الوقت نفسه إلى نترينو يميني الذي هو أثقل مما يسمح به إنحفاظ الطاقة عادةً (الشكل 2c). على أية حال، يسمح مبدأ الارتياب لهايزنبرغ Heisenberg لهذه الحالة أن توجد لمدى زمني قصير Δt تعطى بالعلاقة $\Delta t \sim \hbar/Mc^2$ بعد أن يتحول الجسيم راجعاً إلى نترينو يساري بكتلة m عند الاصطدام مع بوزون هيغز ثانية. وببساطة، يمكن أن نفكر بالنترينو كحامل كتلة وسطية m^2/M طوال الزمن.

يمكن أن ينشأ بصورة طبيعية عن هذه الآلية المسماة بالمتأرجحة نترينوات خفيفة لها تأثرات عادية الشدة. من الطبيعي أن نكون قلقين بأن تكون النترينوات ذات الكتلة m المشابهة لكتل الكواركات واللبتونات ثقيلة جداً. على أية حال، لازلنا قادرين أن نحصل على نترينوات خفيفة إذا كانت M أكبر بكثير من الكتل النموذجية للكواركات واللبتونات.

4 حدود على خواص النترينو



فشلت التجارب السابقة في كشف اهتزازات النترينو بسبب نقص الحساسية. على أية حال، يمكن تفسير نقص الإشارة كقيد على فرق الكتلة Δm^2 بين أنواع النترينوات وزاوية المزج θ. يبيّن الرسم البياني لـ Δm^2 كتابع لـ $\tan^2\theta$ المناطق داخل الخطوط المستثناة. المنطقة الرمادية مستثناة من قِبَل السوبركاميوكاند. أتت الخطوط المتصلة من البحث عن تحوّلات نترينوات الإلكترون (υ_e) إلى أي نوع من أنواع النترينو. تُبيّن القيود على الاهتزازات وبخاصة بين نترينوات الميون (υ_μ) ونترينوات تاو (υ_t) بالخط المنقط، بينما يبيّن الخط المتقطع نتائج الاهتزازات من υ_e إلى υ_t. يلقي الخط المنقط – المتصل الضوء على قيود اهتزازات υ_e إلى υ_μ. ومن أجل التجارب القادرة على كشف اهتزازات النترينو، فإن المساحات الزرقاء والصفراء تلقي الضوء على القيم المفضّلة لـ Δm^2 و$\tan^2\theta$ مع ثقة تبلغ 90% و 99%. قدّمت تجربة LSND في مختبر لوس ألاموس الوطني الدليل عن اهتزازات النترينو، ولكن هذا ليس مؤكداً.

لذلك يجب أن تكون النترينوات اليمينية ثقيلة جداً، كما تنبأت النظريات الموحّدة الكبرى التي هدفت إلى جمع الكهرطيسية مع التآثرات القوية والضعيفة.

تقترح التجارب الجارية أن هذه القوى كانت موحّدة عندما كان مقطع الكون حوالي 10^{-32} متراً. ووفق مبدأ الارتياب، فإن الجسيمات التي أُنتِجت بهذا التخوم الصغير ملكت إندفاعاً عالياً وبالتالي كتلة عالية، وما ينتج عن ذلك هو أن سلّم مسافة التوحيد يعطي للنترينوات اليمينية كتلة كافية لتوليد نترينوات خفيفة عبر الآلية المتأرجحة. وبهذه الطريقة، فإن النترينوات الخفيفة التي نلاحظها في التجارب تستطيع لذلك سبر فيزياء جديدة عند مسافات قصيرة جداً. من بين الفيزياء التي تستطيع أن تضعها النترينوات على أقدام ثابتة هي نظرية التناظر الفائق التي يعتقد الفيزيائيون بالحاجة إليها حتى يحدث التوحيد ولجعل آلية هيغز منسقة مع سلالم المسافات القصيرة.

لماذا نوجد نحن؟

إن التخلي عن التمييز الأساسي بين المادة والمادة المضادة يعني أن بمقدور الحالتين أن تتحوّل كل منهما إلى الأخرى، كما أنه من الممكن أيضاً أن يتم حَلُّ أحد أكبر ألغاز الكون الذي نحن فيه. أين ذهبت المادة المضادة بكاملها؟ كان الكون بعد الانفجار العظيم ممتلئاً بكميات متساوية من المادة والمادة المضادة اللتين فنيتا عند برود الكون. على أية حال، وبصورة تقريبية بقي جسيم واحد من كل 10 بلايين جسيم من المادة موجوداً ليُشكّل النجوم والمجرات والحياة على الأرض. فما هو الذي ولّد هذه الزيادة الصغيرة جداً من المادة عن المادة المضادة والتي مكّنتنا من الوجود؟.

من الممكن مع نترينوات ماجورانا أن نفسر سبب زيادة المادة. لقد أنتج الانفجار العظيم الحار نترينوات يمينية ثقيلة إضمحلّت أخيراً وتحوّلت إلى مقابلاتها من النترينوات اليسارية الخفيفة. وبتبرّد الكون لم يَعد هنالك طاقة كافية لإنتاج نترينوات كتلية أكثر من ذلك. ولكونها جسيمات مضادة في حدِّ ذاتها.

اضمحلّت نترينوات ماجورانا هذه إلى نترينوات يسارية أو نترينوات مضادة يمينية مع بوزونات هيغز التي اضمحلّت بعد ذلك إلى كواركات ثقيلة. وإن وجود اختلافات طفيفة بين احتمالات الاضمحلال إلى مادة ومادة مضادة سيبقي في الكون كمية زائدة من المادة.

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

من المشجّع أن نرى مثل هذه الظاهرة مؤخراً. ففي السنوات الثلاث الماضية أثبتت تجربة KTeV في فرميلاب قرب شيكاغو وتجربة NA48 في سيرن أن الكَيون المعتدل – وهو حالة الربط للكوارك تحت والكوارك الغريب المضاد – وجسيمه المضاد يضمحلان بطريقة مختلفة بشكل بسيط. إن هذا الاختلاف صغير جداً في حدود جزء من المليون. على كل حال، لانحتاج إلاّ إلى جزء من 10 بليون جزء لكي ننوجد. فإذا ما وجد اختلاف مشابه في احتمالات الاضمحلال في النترينوات اليمينية، وهذا شيء ممكن، فإنه يمكن أن تنتج زيادة ضئيلة من المادة البدائية التي تشكّلت منها الجسيمات الأخرى كافة.

استشراف المستقبل

إنه لزمن بهيج ومثير لفيزياء النترينوات. هنالك العديد من التجارب حالياً، قيد الإنجاز أو قيد البناء أو التخطيط لوضع دليل وجود كتلة للنترينو على موطىء قدم صلب. يفضّل الفيزيائيون استخدام النترينوات الصنعية المتولّدة من المسرّعات أو المفاعلات النووية لأن من الممكن التحكّم بها على عكس النترينوات الجوية أو الشمسية.

تكمن الصعوبة في أن النترينوات تظهر فقط لتهتز على مسافات طويلة، وبذلك تحثُّ وتحرص سلسلة ما يطلق عليها اسم تجارب الخط القاعدي أو الأساسي الطويل. تجري تجربة K2K في اليابان مسبقاً منذ سنوات قليلة. تتضمن هذه التجربة إطلاق حزمة من نترينوات الميون الناتجة من مسرع في مختبر KEK نحو مكشاف سوبركاميوكاند الذي يبعد 250 كيلومتر. وقد كشفت التجربة حتى الآن إختفاء نترينوات الميون نظراً لاهتزازات النترينوات، وهذا متساوق تماماً مع ما تعلمناه من النترينوات الجوية. وهنالك تجربة موازية أفضل تدعى MINOS ستوسع البحث عن اهتزازات النترينو. وما هو تحت البناء حالياً هو في إرسال النترينوات الناتجة من مختبر فرمي Fermilab مسافة 750 كيلومتر إلى منجم سودان Soudan في مينّيسوتا، وهنالك خطط مشابهة لإطلاق نترينوات ميون ناتجة من سيرن CERN نحو مكاشيف في مختبر غران ساسّو Gran Sasso في إيطاليا. ويأمل الفيزيائيون المختصون بالجسيمات كشف لبتونات تاو الناتجة عن اهتزاز نترينوات ميون إلى نترينوات تاو.

رفعت تعاونية SNO في السنة الماضية من كفاءة مكشافها في محاولة لكشف نترينوات ميون أو نترينوات تاو مباشرة. ففي الفرص القليلة التي تتآثر فيها هذه النترينوات في المكشاف فإنها تحطّم نوى الدوتريوم في الماء الثقيل لتحرر نترونات. وبغية عَدّ نترينوات ميون ونترينوات تاو أضاف فريق SNO كلوريد الصوديوم النقي الذي يأسر النترونات. وهنالك تجربة أخرى في اليابان تدعى Kam LAND تدرس النترينوات المُضادة من مُنشَأة قدرة نووية تجارية على بُعد 175 كيلومتر. يأمل الباحثون هنالك في إثبات أن نترينوات الإلكترون تتحول بالتأكيد إلى أنواع أخرى من النترينوات.

توجد، على المدى الطويل، مناقشات حول إرسال نترينوات إلى آلاف من الكيلومترات. فيمكن مثلاً إطلاق حزم من النترينوات المنتَجة من مختبر فِرمي أو بروكهافن نحو تجارب في اليابان أو أوربة. وتبذل محاولة جادة أيضاً لملاحظة تحوّل المادة والمادة المضادة باستخدام عملية نادرة في النواة تسمى اضمحلال بتا المضاعف بلا نترينو. يضمحل في هذا المفاعل، غير المسموح به في النموذج المعياري، نترونان إلى بروتونين وإلكترونين بدون إصدار أي نترينوات مضادة. إدّعى حديثاً هانز كلابدور – كلينغرثاوس H. Klapdor- Kleingrothaus ومعاونوه من معهد ماكس بلانك للفيزياء النووية في هايدلبرغ أنهم لاحظوا مثل هذه العملية، ولكن الدليل على ذلك بعيد عن الحسم والإقناع (انظر مجلة Physics World عدد آذار 2002).

الخاتمة

نحن الآن أمام لحظة مذهلة من تاريخ فيزياء الجسيمات. إن بوزون هيغز، الجسم الغامض الذي يملأ الكون الذي نعيش فيه ويُحدث الاضطراب في الجسيمات سوف نجده في وقت ما من هذا العقد. والدليل على كتلة النترينو يظهر قوياً جداً. لقد وُجِد أن النموذج المعياري الذي أُسّس في نهاية السبعينيات من القرن الماضي والذي صمد أمام الاختبارات التجريبية غير تام. يتطلب إدماج كتلة النترينو في النظرية وتفسير صغر كتلته تغيراتٍ كبرى في النموذج المعياري. يمكن أن نحتاج إلى إدخال أبعاد إضافية أو التخلي عن التمييز المقدّس بين المادة والمادة المضادة. وإذا كان الوضع الثاني هو الحال فإن من الممكن لكتلة النترينو أن تميط اللثام عن الأصل الحقيقي لوجودنا. الشيء الأكيد أننا على يقين بأننا سنعرف الكثير جداً عن النترينوات في السنوات القادمة.■

☆ ★ ☆

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

السبينترونيات ★

د. غروندلر
معهد الفيزياء التطبيقية – جامعة هامبورغ – ألمانية

ملخص

تَعِد النبائط التي تستثمر سبين الإلكترون بإحداث ثورة في الإلكترونيات المكروية حالما يمكن للإلكترونات المستقطبة بأن تحقن بكفاءة في أنصاف النواقل بدرجة حرارة الغرفة.

الكلمات المفتاحية: السبينترونيات، ترانزستور السبين، حقن السبين، حالة السبين، نصف ناقل، محسّ هول.

سيحتفل الفيزيائيون في نهاية هذا العام بمرور قرن على ولادة باول ديراك P. Dirac، أحد أكثر العلماء المؤثّرين في القرن العشرين. لقد جمع ديراك ميكانيك الكم مع النسبية الخاصة لتفسير الخواص المغنطيسية الغريبة أو "السبين" للإلكترون. وما لم يتمكن ديراك من إدراكه، على أية حال، هو كيف يمكن لسبين الإلكترون أن يُغيّر حقل الإلكترونيات المكروية.

حقاً، لقد جذب سبين الإلكترون في الوقت الحاضر اهتماماً متجدداً لأنه يَعِد بأضراب واسعة من النبائط الجديدة التي تجمع بين التطبيقات المحتية والمنطقية والتخزينية. وبالإضافة إلى ذلك، يمكن لهذه النبائط السبينترونية أن تقود إلى الحواسيب الكمومية والاتصالات الكمومية القائمة على أساس من النبائط الإلكترونية المصنّعة من الحالة الصلبة، وبالتالي مغيّرة بذلك منظور تقانة المعلومات في القرن الواحد والعشرين.

كانت المعالجات المكروية الإلكترونية التقليدية حتى السبعينيات من القرن الماضي تعمل على أساس رزم مكوكية لشحنة إلكترونية على طول قنوات نصف ناقل آخذه في الصغر. وبالرغم من أن هذا الاتجاه سيستمر في السنوات القليلة القادمة، يتنبأ الخبراء بأن تقانة السليكون قد بدأت في الاقتراب من حدودها الأساسية. ومن أمثلة ذلك أن المقطع العرضي لإلكترودات البوابة في المعالج المكروي السليكوني سيكون في العام 2008 فقط 45 نانومتر. وهذا ما يستوجب متطلبات قاسية على المواد وتقنية التصنيع المستعملة في صناعة أنصاف النواقل. وفي الواقع، فإن ما يُتنبأ به هو أن تصل تكلفة تنفيذ خط إنتاج جديد لمثل هذه النبائط إلى 33 بليون دولار.

وبالرغم من أن خلائف تقانة السليكون قد جرى مناقشتها، فإن معظمها يعتمد على مجموعة كاملة من المواد الجديدة، وعلى تقنيات معالجة وتناول جديدتين، وعلى تصميم دارة متبدلة فيما بين تحسينات أخرى. تتضمن التقانات الجديدة هذه ترانزستورات وحيدة الإلكترون ونبائط إلكترونية جزيئية قائمة على أساس مواد عضوية أو أنابيب كربون نانوية.

إلاّ أن المقدرة على استثمار درجة حرية السبين في أنصاف النواقل تَعِد بنبائط منطقية جديدة تعمل بشكل معزّز وسرعات أعلى واستهلاك قدرة أقل. وبشكل قاطع، يمكن تصنيع هذه النبائط بكثير من الأدوات التي أُستخدمت سابقاً في الصناعة الإلكترونية مما يسرّع تطويرها. إن التحدي الذي يواجه المصنّعين هو جمع تقانة صناعة أنصاف النواقل مع تقنيات مختلفة تماماً تستخدم في صناعة التسجيل المغنطيسي لإنتاج نبائط بسلّم نانومتري.

المعادن تحقق غايتها

إن استخدام سبين الإلكترون أو العزم المغنطيسي، فضلاً عن شحنته، هو تقدم حديث في علم الإلكترونيات، إذ يقوم بدبلجة الإلكترونيات المغنطيسية وإلكترونيات السبين أو السبينترونيات. وبالفعل، فقد استُثمر توجيه سبين الإكترون مسبقاً من قِبل الجيل الأخير من المُحسّات المغنطيسية وبخاصة من قِبل "رؤوس القراءة" لسوّاقات القرص القاسي.

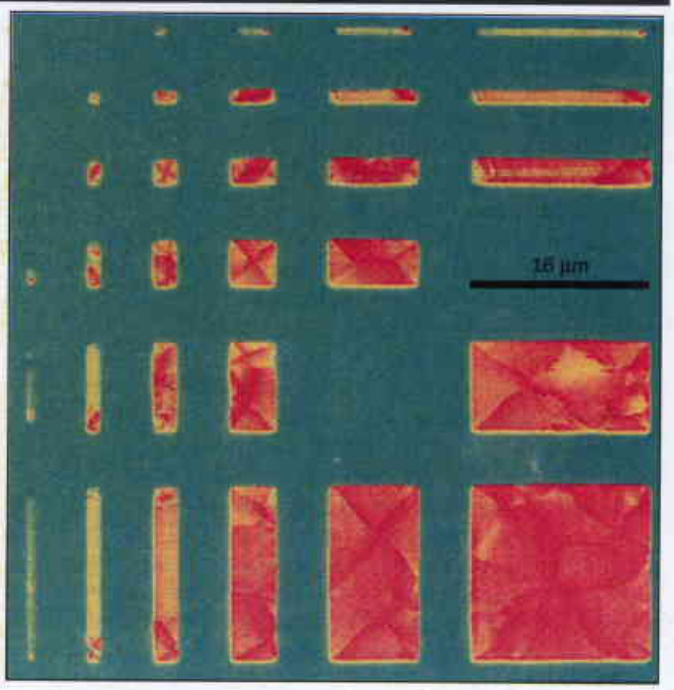
تملك جميع أوساط التسجيل المغنطيسي، بما فيها أقراص الحاسوب، سطح تسجيل يحتوي على طبقة مغنطيسية مقسمة إلى مناطق مغنطيسية صغيرة (انظر الشكل 1). تمثل العزوم المغنطيسية لهذه المناطق الحالتين "0" و "1" للمعلومة الرقمية، وهي تُقرأ، في حالة الأقراص القاسية، بواسطة نبيطة فِلم رقيق حساس مكون من طبقات متناوبة من مواد مغنطيسية ولا مغنطيسية.

لقد تزايدت في السنوات الأخيرة السعة التخزينية للمواد المغنطيسية بشكل مثير على أثر اكتشاف أن المقاومة الكهربائية لهذه النبائط المتعددة الطبقات المعدنية تتغير بشكل كبير في حقل مغنطيسي. اكتُشف هذا المفعول، المعروف باسم المقاومة المغنطيسية العملاقة (GMR)، بصورة مستقلة عام 1988 من قِبل ألبرب فيرت A. Fert من جامعة جنوب باريس ومن قِبل بيتر غرونبرغ P. Grunberg من مركز بحوث يولش في ألمانية.

إن مسبب المقاومة المغنطيسية العملاقة هو الإلكترونات التي سبيناتها إلى الأعلى والإلكترونات التي سبيناتها إلى الأسفل والتي تواجه عند مرورها في متعدد الطبقات المغنطيسية مقاوماتٍ مختلفة. فالإلكترونات، التي سبيناتها متراصفة في الاتجاه نفسه مثل العزم في طبقة ذات مغنطيسية حديدية، تواجه مقاومة أقل من تلك الإلكترونات التي تتجه سبيناتها بالاتجاه المعاكس.

★ نشر هذا المقال في مجلة *Physics World*, April 2002. ترجمة هيئة التحرير – هيئة الطاقة الذرّية السورية.

1 العزم المغنطيسي



مناطق مغنطيسية في فِلم برمالّوي (سبيكة عالية النفوذية من الحديد والنيكل) منمذجة سمكها 20 نانومتر. تتجه جميع العزوم المغنطيسية في الاتجاه نفسه في بنى تقيس أقل من 500 نانومتر في بعد واحد. تبدأ المناطق المغنطيسية في التشكل بازدياد المساحة . صنّعت البنى المكروية وصوّرت باستخدام مجهرية القوة المغنطيسية من قِبل غويدر ماير في جامعة هامبورغ.

أظهرت التجارب الرائدة عام 1985 التي قام بها روبرت سِلْسبي R. Silsbee من جامعة كورنيل ومارك جونسون M. Johnson الموجود حالياً في مختبر بحوث نافال في واشنطن .D.C أنه كان من الممكن "حقن" سبين من مغنطيس حديدي في معدن لا مغنطيسي. بيد أن حفظ سبين الإلكترونات عند مرورها خلال الطبقات المعدنية هو العامل الحاسم من أجل نبائط GMR. وهذا ممكن فقط إذا كان سمْك الطبقات المعدنية أصغر من "طول تبعثر السبين"، وهي المسافة التي بَعدها ينقلب السبين. إن تقنيات توضع الفِلم الرقيق التي سمحت بأن تنمو طبقات المعدن فوق بعضها البعض بسمك عدة نانومترات وبدقة رائعة، قد حولت المقاومة المغنطيسية العملاقة GMR إلى عمل استثماري يقدر ببليون دولار خلال عقد من اكتشافه.

يُتوقع أن تحصل تحسينات سريعة مشابهة من النبائط المصنّعة من طبقتين مغنطيسيتين حديديتين مفصولتين بطبقة معدن-أكسيد عازلة سمكها نانومتر واحد فقط. تعتمد سهولة عبور الإلكترونات للنفق من خلال الحاجز العازل على التمغنط النسبي للطبقتين المغنطيسيتين، وعلى حقيقة أن الإلكترونات تحتفظ بسبيناتها عند عبورها من خلال الحاجز. يحقق مفعول المقاومة المغنطيسية النفقية المدبلجة (TMR) في الحصول على تغير أعلى للمقاومة الحاصلة في الحقول المطبقة الصغيرة أكثر مما نجده في نبائط GMR.

قام جاغاديسن موديرا J. Moodera عام 1995 في معهد ماسا شوستس للتقانة بإثبات الـ TMR في درجات حرارة الغرفة في النبائط ذات طبقات أكسيد رقيقة جداً. وبعد أقل من عقد من الزمن صنّعت موتورولا و IBM وإنفينيون نبيطة تخزين مغنطيسية سريعة تقوم بدمج طبقات كثيفة من عناصر TMR. ومن المتوقع لهذه النبائط المعروفة بذاكرة مدخل عشوائي مغنطيسي أن تدخل أسواق الجملة عام 2004.

السبين في أنصاف النواقل

بالرغم من التقدم في صناعة التسجيل المغنطيسي فإن صانعي أنصاف النواقل لا يزالون يهملون السبين. يتنبأ الخبراء الحصول على ثروة هائلة من الفرص الجديدة إذا ما استطاعوا استثمار الإلكترونات التي سبيناتها متجهة إلى الأعلى والإلكترونات التي سبيناتها متجهة إلى الأسفل في نبائط أنصاف النواقل. يمكن دمج القدرات المنطقية والتخزينية في إنتاج نبيطة وحيدة حاسوبية متعددة الوظائف تستطيع أن تحل محل مكونات إلكترونية تقليدية عديدة. وفي الوقت نفسه، هنالك إمكانية لأنواع جديدة من المحسّات والمعالجات المكروية بسبب أن من الممكن لأنصاف النواقل أن تتداول وأن يُتحكم بها. يعتقد كثير من الباحثين أن هذه النبائط ستحسب بسرعة أكبر وأن يكون استهلاكها للطاقة أقل، وأن تقدم طريقة لنقل وتخزين المعلومات أكثر كفاءة.

على أية حال، تستخدم إحدى أكثر التطبيقات الكفؤة إثارة للسبينترونيات طبيعة السبين الكمومية الحقيقية. إن سبين الإلكترون، وفقاً للميكانيك الكمومي، عبارة عن تراكب حالات السبين المتجه إلى الأعلى والسبين المتجه إلى الأسفل، ويوصف تابع موجته بكلٍ من السعة والطور. وفي الطريقة نفسها التي يكون فيها إشعاع الليزر مترابطاً في المكان والزمن، فإن السعة والطور لسبين الإلكترون يمكن أن يكونا مترابطين كلية. وإذا ما أمكن الاحتفاظ "بترابط السبين" هذا في نصف الناقل، فإن من الممكن استثماره في الاتصال الكمومي وفي الحسابات. وبالفعل، فإن المِنْصّة السبينترونية قد سجلت رقماً قياسياً من أعداد الفيزيائيين وأطلقت العديد من الجهود البحثية على النطاق العالمي.

وقبل أن يكون بإمكان السبين أن يصبح مشروعاً ضخماً، فإنه يترتب على الباحثين أن يفوا بمتطلبات أساسية ثلاثة في أنصاف النواقل. أول هذه المتطلبات هو أنه يجب أن يضمنوا أن يكون طول تبعثر السبين أكبر من النبيطة حتى لا يتحطم توجيه السبين. والثاني أنه يجب أن يكونوا قادرين على حقن أو فرض معلومة السبين على جريان التيار بين إلكترودي المنبع والمصرف. والأخير هو أنه يجب أن يبتكروا طريقة للتحكم في توجيه السبين خارجياً.

كيف تعمل السبينترونيات

اقترح سوبريو داتّا S. Datta وبيسواجيت داس B. Das من جامعة بوردو في الولايات المتحدة، بعد اكتشاف GMR بقليل، نوعاً جديداً من ترانزستور أثر الحقل (FET) الذي يستثمر سبين الإلكترونات المتحركة خلال نصف ناقل بدون أن تتبعثر. وعندما تُطبق فولطية على إلكترود البوابة لـ FET، يولّد الحقل الكهربائي الناتج قناة توصيل بين إلكترودي

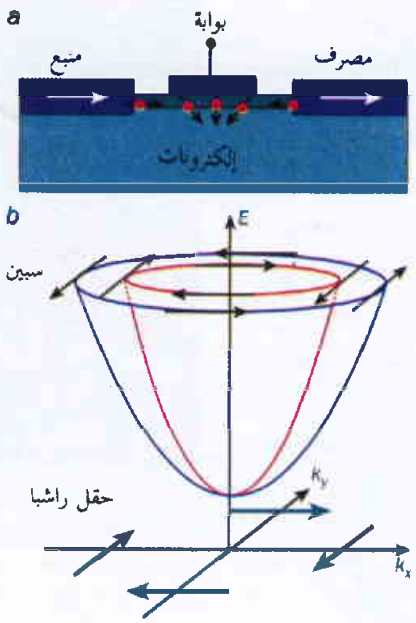
المنبع والمصرف. واقترح داتّا وداس أنه يمكن أيضاً استخدام الحقل في التحكم بتوجيه السبين بحيث أنه يُعدِّل التيار. إن الجميل في فكرتهم هو أن من الممكن تصنيع "السبين - FET" باستخدام التجهيزات المعيارية في الإلكترونيات المكروية للحصول على تطبيقات مِحسّية ومنطقية. ما يثير الدهشة، هو أن مفهومهم قد أصبح مثالاً لسبينترونيات أنصاف النواقل وحث جهود البحث على نطاق عالمي.

ولفهم كيف يمكن لحقل كهربائي أن يتحكّم بالسبين، علينا أن ننظر إلى تأثير النسبية على سبين الإلكترون كما هي ممثلة في معادلة ديراك. وبعلاقات بسيطة، يوجد للإلكترون عزم ثنائي القطب مغنطيسي ذاتي ويسلك سلوك قضيب مغنطيسي صغير جداً متراصف على طول محوره للاندفاع الزاوي. يمكن لسبين الإلكترون أن يأخذ القيمتين $+\hbar/2$ أو $-\hbar/2$ حيث $\hbar$ ثابت بلانك مقسوماً على 2π. ولما كان الإلكترون يدور حول النواة فإنه يُنتج حقلاً مغنطيسياً يعدّل من عزمه المغنطيسي الخاص به - وهو تأثر يعرف باسم "اقتران سبين - مدار". وعلى أية حال، يظهر الحقل الكهربائي للنواة في الهيكل السكوني للإلكترون وكأنه حقل مغنطيسي - وهذا أثر نسبوي صرف. وكنتيجة لذلك، فإن سبين الإلكترون في الحقيقة يدور عندما يدور حول النواة.

تُلمَس تأثيرات مشابهة لدى الإلكترونات المتحركة خلال الحقل الكهربائي في داخل أنواع معينة من بلّورات نصف ناقلة. والرائد في هذا الموضوع هو الفيزيائي النظري عمانوئيل راشبا E. Rashba الموجود حالياً في جامعة ولاية نيويورك في بوفّالو. استنبط هذا العالم في أوائل الستينيات من القرن الماضي مقداراً يصف كيف يتحول الحقل الكهربائي إلى حقل مغنطيسي (يُعرف باسم حقل راشبا) وبذلك يؤثر على حالة السبين للإلكترون. يعتمد ما يطلق عليه إسم بارامتر راشبا هذا على خواص متعددة مختلفة من نصف الناقل لها علاقة بتأثر سبين - مدار لإلكترونات التكافؤ. وباتباع هذا الأسلوب اعترف الفيزيائيون بأن أنصاف النواقل التي تتصف باقتران سبين - مدار قوي - مثل أرسنيد الإنديوم و أرسنيد الغاليوم والإنديوم - تستطيع الحقول الكهربائية فيها أن تتحكم بالسبينات بكفاءة أكبر من تلك التي تتصف باقتران أضعف، مثل أرسنيد الغاليوم.

لقد شكّلت أفكار راشبا أساس الترانزيستورات سبين - FET، التي تَصَوّرَها داتّا وداس واستمرت في التطور من قبل الفيزيائيين النظريين والتجريبيين على السواء. كان فريق بوردو قد اقترح بناء نبيطة من نصف ناقل متغاير البنية الذي تستطيع فيه الإلكترونات أن تنساب بحرية من

2 ترانزستورات السبين



(a) يرتكز FET - سبين الذي تصوّره داتّا وداس على بنية متغايرة لنصف ناقل. تنساب الإلكترونات (حمراء) المحقونة من المنبع على طول قناة أرسنيد الإنديوم (خضراء) وتُكشف عند المصرف. تولّد فولطية البوابة حقلاً كهربائياً في اتجاه نمو البنية المتغايرة التي تقود إلى حقل مغنطيسي يُعرف باسم حقل راشبا. ولمّا كان هذا الحقل عمودياً على كل من الحقل الكهربائي واتجاه النقل فيستطيع سبين الإلكترون المحقون أن يبادر. تتحكم فولطية البوابة على الترانزستور بحقل راشبا وبذلك تعدّل التيار.
(b) طاقة الإلكترونات كتابع للاندفاع k. يشطر حقل راشبا (أخضر) الإلكترونات في عصابة النقل إلى عصابتين ثانويتين يمكن تمييزهما بتوجيه سبيناتهما. ويكون لحالتي السبين اندفاع مختلف قليلاً من أجل اتجاه حقل مُعطى.

خلال منطقة غير مطعّمة "عالية الحركية". كان المكوّن المهم في النبيطة طبقة حاوية على أرسنيد الغاليوم والإنديوم التي تستطيع أن تنساب فيها الإلكترونات (الشكل 2a).

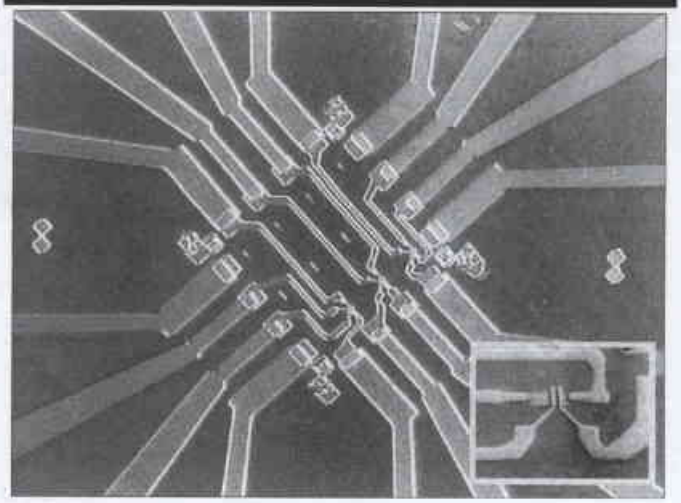
اتبعت مجموعة ألريش ميركت Ulrich Merkt's من جامعة هامبورغ أسلوباً مختلفاً وطورت نبيطة تشبه كثيراً ترانزستور أثر الحقل لمعدن - أكسيد - نصف ناقل (MOSFET) - وهو المكوّن المفتاحي في دارات متكاملة كبيرة القياس قائمة على السليكون. استعمل ميركت وزملاؤه بلّورة أرسنيد الإنديوم بدلاً من السليكون لتصنيع نبيطة تختلف إلى حد ما في تصميمها عن سبين - FET لـ داتّا وداس، ولكنها مع ذلك بديل مقبول (الشكل 3).

إن بارامتر راشبا α، في ترانزيستور أرسنيد الإنديوم MOSFET كبير بشكل خاص ويمكن التحكم به بكفاءة بتطبيق فولطية على إلكترود البوابة. يشطر حقل راشبا الناتج الإلكترونات في عصابة النقل إلى عصابتين ثانويتين يمكن تمييزهما من توجيه سبيناتهما (الشكل 2b). ومن أجل توجيه معطى في الفضاء توجد حالتان من السبين لهما عزمان مختلفان قليلاً. وكما هو الحال في السبين - FET الأصلي الذي تصوره داتّا وداس، تستثمر نبيطة هامبورغ هذا الاختلاف في الاندفاع Δk.

يمكن وصف الإلكترون المحقون من إلكترود المنبع إلى قناة النقل بتراكب حالتي سبين مختلفتين قليلاً بالعزوم. وعندما تتحرك حالتا السبين بشكل مترابط خلال نصف الناقل يكتسبا إنزياح طور نسبي $\theta = \Delta kL = 2m^*\alpha L/\hbar^2$ حيث تكون m^* الكتلة الفعّالة للإلكترون و L طول النبيطة. ونتيجة لذلك، تحصل حركة مبادرة لسبين الإلكترون المحقون عندما يتحرك خلال قناة التوصيل ويمكنه أن يشير إلى اتجاه مختلف تماماً في الوقت الذي يصل فيه إلى المصرف. يمكن التحكم بالتوجيه النهائي للإلكترون عبر بارامتر راشبا وفولطية البوابة. إذا كان إلكترودا المنبع والمصرف مصنوعين من مادة مغنطيسية حديدية، فيمكن عندها تبديل المقاومة المغنطيسية للسبين - FET بدون حقل مغنطيسي خارجي. وهذا ما يشير إلى أن السبين - FET يستطيع أن يملك سمات جديدة. وكمثال على ذلك، يمكن استخدام سبين - FET ككتلة بناء من أجل نبيطة منطق قابلة لإعادة البرمجة بسرعة والتي تستطيع أن تعيد أو تتذكر حالتها النهائية إذا ما قطعت القدرة عنها. وبالإضافة إلى ذلك، يمكن لسبين - FET أن تحذف تأخر الزمن الموجود عادة بين المعطيات التي تستخرج من وسط خزن مغنطيسي ومن ثمّ يعالَج في نبيطة نصف ناقل.

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

3 زمن الاختبار للسبينترونيات



تحقن السبينات في بلّورة أرسنيد الإنديوم ومن ثمّ تُكشف بجذاذة الاختبار هذه التي صُنعت من قِبل كريستوفر تشيرهولتز C. Schierholz من جامعة هامبورغ باستخدام الطباعة الحجرية لحزمة ضوئية وإلكترونية. يُدرس نقل الإلكترون باستخدام أسلاك فائقة النقل تتأثر بصعوبة بالضجيج في الدرجات المنخفضة من الحرارة. يبين الشكل الداخلي المنبع المغنطيسي الحديدي والمصرف بقياس مقطع مقداره ميكرومتر واحد مفصول بقناة نصف ناقل طولها 150 نانومتر تماماً. جرى حذف إلكترود البوابة الذي يتمم MOSFET هذا.

النقل الطويل المسافة

حتى تعمل سبينترونيات أنصاف النواقل يجب أولاً أن تكون الإلكترونات مستقطَبة وبالتالي تكون جميع سبيناتها متجهة في الاتجاه نفسه. ومن المهم أيضاً أن يبقى استقطاب السبين محتَفظاً به إلى حد كبير أثناء انتشار الإلكترونات خلال نصف الناقل. ولقد حققت مجموعة ولفغانغ رول W. Ruhle من جامعة ماربورغ في ألمانية وديفيد أوشالوم D. Awschalom ومعاونوه من جامعة كاليفورنية في سانتا باربارا تقدماً كبيراً في هذا الاتجاه المعيّن. أظهرت نتائجهم أنه يمكن لسبينات الإلكترونات أن تُنقل أكثر من 100 مكرومتر في أرسنيد الغاليوم، وهذا أبعد بكثير من طول قناة نصف الناقل المتخيّلة من أجل نبائط السبينترونيات. وبالإضافة إلى ذلك، أفاد أوشالوم ومعاونوه أن "رزمة صغيرة" من الإلكترونات تبقى مترابطة في المسافة نفسها. اكتُشِفَ نقل سبين ناجح باستعمال تقنيات ضوئية معقدة - مثلاً تعطي كمية الضوء المستقطَب دائرياً، الناتج من إعادة تجميع إلكترونات مستقطبة السبينات مع ثقوب، مقياساً لتوجيه السبينات.

وبصورة لافتة للنظر، تقترح البحوث المكثفة في سانتا باربارا وفي أمكنة أخرى أن عدد العيوب في كتلة من أنصاف النواقل، مثل أرسنيد الغاليوم ونتريد الغاليوم، لها تاثير ضعيف على توجيه السبين. يمكن أيضاً نقل السبين بنجاح عبر السطح البيني بين نصفي ناقل مختلفين. لاحظت إرينا مالاجوفتش I. Malajovich من سانتا باربارا و معاونوها في جامعة ولاية بنسلفانية أن الممكن للتيار المستقطَب السبين أن ينساب بدون أية إعاقة من طبقة أرسنيد الغاليوم إلى طبقة من سلينيد الزنك. يمكن التحكم بكلٍ من سعة تيار السبين وطوره حتى بمقياس الفمتوثانية (10^{-15} ثا). تقدم قابلية التحكم في طور سبين الإلكترون مع كمية كبيرة من سطوح بينية نصف ناقلة إمكانياتٍ مذهلة للتطبيقات المستقبلية للاحتساب الكمومي. إن هذا الأمر ممكن التحقيق من الناحية التقانية لأن من الممكن لتنضيد الحزمة الجزيئية أن تُنتج بشكل روتيني طبقات نصف ناقلة سمكها ذرة واحدة تماماً.

حقن السبين

بخلاف النبائط المتعددة الطبقات المصنوعة من المعادن أو الأكاسيد المعدنية، تستطيع أنصاف النواقل أن تنقل معلومة السبين - إلكترون إلى مسافات جهرية ومن نبيطة إلى أخرى.

يتصور المهندسون تحصيل ثروة من النبائط الإلكتروضوئية القائمة على السبين بما فيها الديودات المصدرة للضوء (LEDs) التي تولد ضوءاً مستقطباً بصورة ذاتية. سوف تحذف مثل هذه الـ LEDs الحاجة إلى المرشحات المستقطِبة التي تُدخَل حالياً في النبائط التقليدية وستنخفض من زَهوها. إن المسألة الحاسمة الآن هي في إيجاد مادة تستطيع حقن تيار سبين مستقطَب بكفاءة في نصف ناقل في درجة حرارة الغرفة. ولتجنب هذه المسألة وَلّدت معظم المجموعات البحثية دفقات قصيرة من إلكترونات سبين مستقطَبة بواسطة إنارة سطح نصف الناقل بدفقات من ضوء مستقطَب دائرياً. ولكن الهدف النهائي هو في حقن السبينات كهربائياً.

استُعمل، حتى الآن، أسلوبان مختلفان لحلّ المسألة. يقتضي الأول إنماء طبقات متراصفة السبين إضافية من نصف ناقل مغنطيسي فوق المادة الموجودة باستخدام التنضيد بالحزمة الجزئية. لقد حقق هيديو أوهنو H. Ohno ومعاونوه من جامعة طوكيو في اليابان ومجموعة لورنس مولينكامب L. Molenkamp من جامعة فورتسبورغ في ألمانية، وميشيل أوستريش M. Oestreich من جامعة هانوفر مع روهله Ruhle من ماربورغ وبيرنود جونكر B. Jonker من مخابر الأبحاث البحرية ومعاونوه في الولايات المتحدة تطورات مهمة باتباع هذه الطريقة في السنوات الأخيرة. لقد بيّنوا أن مفهومهم هذا يعمل بشكل جيد في الدرجات المنخفضة من الحرارة منجزين كفاءات حقن ترتفع إلى 90%. وعلى أية حال، تنخفض الكفاءة بشكل مريع فوق الدرجة 4 كلفن لأسباب أساسية تتعلق بمميزات تراصف سبين أنصاف النواقل المغنطيسية.

يتضمن الأسلوب الثاني حقن إلكترونات ذات السبين المستقطَب من معدن مغنطيسي حديدي مثل الكوبالت أو النيكل أو الحديد. ولكن هذا الأمر قد أثبت صعوبة في التطبيق بسبب تشكل طبقات حاوية سبينات عشوائية التوجيه بين المعدن ونصف الناقل. وعلى أية حال، بينت مجموعة كلاوس بلوغ K. Ploog من معهد باول درود في برلين في السنة الماضية أن من الممكن حقن سبينات من الحديد إلى داخل أرسنيد الغاليوم. كان أصل النجاح هو النمو الدقيق والحذر من طبقات مغنطيسية حديدية على معدن نصف الناقل. توصلت مجموعة برلين نتيجة استخدام تقنية ضوئية من قياس كمية السبين في نصف الناقل، إلى كفاءة حقن سبين تبلغ 2% في درجة حرارة الغرفة.

يعتقد بلوغ ومعاونوه أن السبينات قادرة على العبور النفقي الكمومي من خلال مايطلق عليه إسم حاجز شوتكي Schottky الذي قد تشكل

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

بين الحديد وأرسنيد الغاليوم. ومع ذلك فلا تزال كفاءة حقن السبين بعيدة إلى حد كبير عن كفاءة استقطاب السبين الحجمي لفِلم الحديد، والتي تساوي حوالي 40%. ومن المحتمل لعدة تأثيرات مجهرية أن تفسر تقصير السبين في نصف الناقل، بما في ذلك تبعثر "قلب السبين" عند السطح البيني للمعدن ونصف الناقل، أو تغير طور السبين في البنية المتغايرة لنصف الناقل وهكذا يبقى انتقال السبين بين المغنطيس الحديدي المعدني ونصف الناقل يشكل تحدياً للباحثين.

وعلى أية حال، يمكن أن تقدم تجربة حقن السبين الحديثة باستخدام تقنية السبر الماسح رؤى جديدة للمشكلة. لقد مسح فانسانت لابيلاّ V. Labella وزملاؤه من جامعة أركنساس في الولايات المتحدة سطح أرسنيد الغاليوم برأس حادٍ مؤلف من سلك مصنوع من بلّورة أحادية من النيكل. وبحقن 100% من تيار مستقطَب السبين في المادة استطاع فريق أركنساس ربط كفاءة حقن - السبين بالسمات السطحية لنصف الناقل. وقد وجد أنه في حين احتفظ 92% من الإلكترونات المحقونة في السطيحات المنبسطة بالاستقطاب الأصلي، فإن الوضع قد تغير بشكل كبير قرب التدرّجات الحادة. إن معظم الإلكترونات قلبت سبيناتها على بعد نانومترات قليلة من حافة الدرجة، وبذلك أحدثت اضطراباً في جريان السبين.

يطلق على الإلكترونات المحقونة من المغنطيس الحديدي المعدني إلى نصف الناقل في تجربة برلين أحياناً اسم الإلكترونات "الساخنة" لأنها تملك طاقة أكبر من طاقة الإلكترونات التي هي في عصابة النقل لنصف الناقل. إن إحدى الأفكار التي لم يتم اكتشافها بعد بشكل تام هي حقن إلكترونات لها الطاقة نفسها كما لمعظم الإلكترونات الطاقية في عصابة النقل. ونعني الحقن عند طاقة فيرمي Fermi. ويمكن أن يتم تحقيق ذلك إذا كان هنالك تماس أومي Ohmic - ذلك الذي له مقاومة مهملة - بين المغنطيس الحديدي ونصف الناقل. وهنالك سبب آخر جيد لاستخدام أرسنيد الإنديوم، فضلاً عن أرسنيد الغاليوم، هو أنه لا يشكل حاجزَ شوتكي عندما يكون في تماس مع مغنطيس حديدي معدني.

لقد بنى حديثاً كان - مينغ هو C-M. Hu من هامبورغ بالتعاون مع جَنساكو نيتّا J.Nitta ومعاونيه من NTT في اليابان، وكذلك وبصورة مستقلة جويدو ماير G. Meier وزملاؤه في هامبورغ نبائطَ تستطيع أن تحقن وتكشف عن السبينات كهربائياً، وبذلك تدمج قناة نصف ناقا دون المكرون. ولمّا كان طول قناة الإنديوم - أرسنيد 150 نانومتر فقط، فقد تمّ انخفاض التبعثر الإلكتروني بشكل كبير في الدرجات المنخفضة من الحرارة. وهذا ما سمح للسبينات أن تُنقل من المنبع إلى المصرف المصنوع كل منهما من المادة المغنطيسية البرمالّوي. لقد أفاد كل من الفريقين أن كفاءة الحقن السبيني لنبائطه منخفض، وهو من رتبة عدد قليل بالمائة.

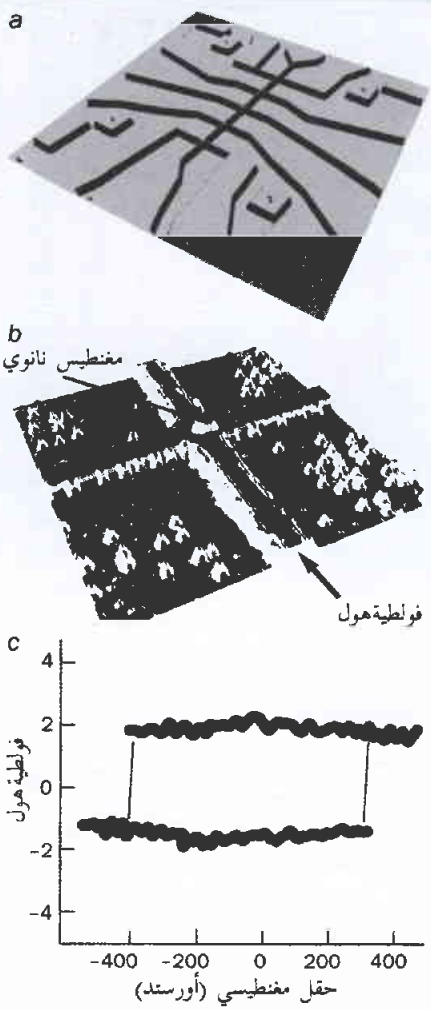
ويجادل الخبراء في أنه من الممكن لهذه البنى الهجينة من المغانط الحديدية وأنصاف النواقل أن تعاني أيضاً من ظواهر تشويش للمقاومة المغنطيسية. وبعكس الطبقات البينية الأكسيدية أو المعدنية في نبائط المقاومة المغنطيسية العملاقة GMR أو المقاومة المغنطيسية النفقية TMR، فإن قنوات أنصاف النواقل حسّاسة جداً للحقول المغنطيسية، وبالفعل فإن الحقل الشارد العائد للبنية النانوية الحديدية المغنطيسية غالباً ما يكون كافٍ لحرف الإلكترونات وتوليد مقاومة إضافية. لقد درس أندريه غايم A. Geim وزملاؤه من جامعة مانشستر في المملكة المتحدة وفريقنا وآخرون، الحقول الشاردة بالتفصيل (الشكل 4). بينت النتائج أهمية شكل مناطق المغنطيسية الحديدية في المنبع والمصرف. وحقاً، فإن محاكاة المغنطيسية المكروية والتصوير المغنطيسي حاسم لفهم جميع تجارب الحقن السبيني.

السبينترونيات والمستقبل

بالرغم من الصعوبات الحالية مع البنى الهجينة للمغانط الحديدية وأنصاف النواقل، فإن أحدَ ما تتمتع به هذه النبائط من جمال هو أنه من الممكن التحكم بالسبين بطرق عديدة مختلفة. تبين التجارب سابقاً أن من الممكن تداول سبين الإلكترونات ضوئياً بالإضافة إلى الحقول المغنطيسية والكهربائية. وهنالك إشارات إلى أن هنالك إمكانية لتضخيم السبين في أنصاف النواقل. وفوق ذلك، يمكن حتى التحكم بالسبين على مستوى النانومتر باستخدام المغانط النانوية التي تنتج حقولاً مغنطيسية متموضعة تماماً (الشكل 4). وحتى من الممكن تعديل طور تيار السبين المترابط عند السطح البيني بين نصفي ناقلين متباينين.

وفي حالة التحكم بالحقل الكهربائي، طورت مجموعتنا حديثاً نظرية لتفسير نقل الإلكترون في سبين - MOSFET واقعي حيث تحقن السبينات وتكشف كهربائياً. يأخذ نموذجنا بعين الاعتبار المميزات المادية،

4 الحقل المتبقي



(a) مُحس هول Hall، مصنّع من منظومة إلكترون ثنائية الأبعاد نانوية البنية.

(b) يُبين المنظر المكبَّر مغنطيساً نانوياً من النيكل يُنتج حقلاً شارداً يحرّض فولطية هول.

(c) فولطية هول كتابع لحقل مغنطيسي مُنتج من مغنطيس نانوي قطره حوالي 90 نانومتر وارتفاعه 160 نانومتر. يمكن في نبائط السبينترونيات المستقبلية أن يستخدم الحقل المغنطيسي الموضعي في شطر الحالات الإلكترونية إلى حالة متجهة إلى الأعلى وحالة متجهة إلى الأسفل.

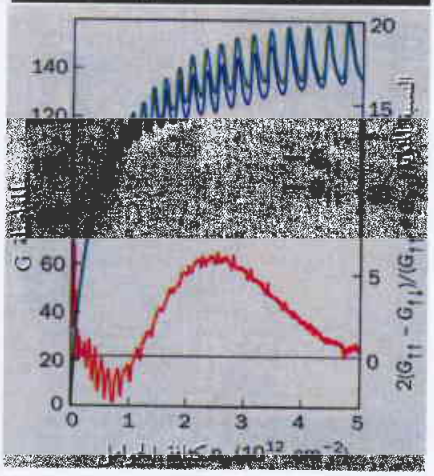
http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

والنقل المعتمد على السبين عبر السطح البيني للمغناطيس الحديدي ونصف الناقل، واعتماد كثافة حوامل الشحنة وحقل راشبا Rashba على فولطية البوابة. ويتنبأ بأن المقاومة المغنطيسية لـ MOSFET تتغير مع الفولطية بطريقة مشابهة لتلك التي تتم مع سبين – FET التي ابتكرها داتّا وداس (انظر الشكل 5).

بينت عدة مجموعات أن ترانزستور السبين المتضمن نصف ناقل يقع بين بوابة ومنبع ومصرف المصنوعة من مغانط حديدية معدنية تقليدية شغّال من حيث المبدأ، مع أن التقدم قد أُعيق بسبب كون كفاءة السبين – الحقن منخفضة. يمكن أن تكون إحدى الطرق للتغلب على هذه المشكلة هي في استخدام أنصاف نواقل ذات مغنطيسية حديدية عند درجة حرارة الغرفة. على أية حال، اتبَع عديدٌ من مجموعات البحث أسلوباً مختلفاً ويتحرّون نموّ ما يسمى سبائك هويسلر Heusler. تصنّع هذه المواد من المعادن المتراصفة جزئياً بحالتها النقية ولكن جميع سبيناتها متراصفة في درجة حرارة الغرفة على شكل سبيكة. ونستطيع، من حيث المبدأ، أن نعزّز تأثيرات المقاومة المغنطيسية إلى 100% إذا صنّعنا منابع ومصارف من هذه المواد.

سمحت الطباعة الحجرية الحديثة وتقنيات التوضع حالياً لنا بتصنيع نبائط صغيرة إلى حد تكفي للإلكترونات بأن تنتقل خلالها قذفياً، أي بدون أن تتبعثر. وكنتيجة لذلك، يكون العامل الحاسم من أجل الحقن تبعثراً معتمداً على السبين عند السطوح البينية. تبين الحسابات من قِبل

5 ترانزستور السبين في حالة التشغيل



سلوك نظري لـ MOSFET – سبين مصنوع من آرسنيد الإنديوم ومنبع مغنطيسي حديدي مستقطب جزئياً ومصرف. يكشف نموذجنا المواصلة (مقلوب المقاومة) كتابع لكثافة الحاملات في قناة نصف الناقل التي بدورها تتعلق بالفولطية المطبقة. يُبين المنحنيان الأخضر والأزرق المواصلة من أجل نبيطة تمّ فيها مغنطة المنبع والمصرف في الاتجاه نفسه وفي الاتجاه المعاكس بالترتيب. ينعكس تابع موجة السبين المترابط على السطوح البينية ضمن النبيطة ويقود إلى نموذج تداخل مميز. يُبين المنحني الأحمر الفرق بين المنحنيين الأخضر والأزرق مقسومين على المواصلة الوسطية. وهذه هي الطريقة المقبولة لتعريف المقاومة المغنطيسية للنبيطة. وما يبعث على الإثارة هو أن المواصلة يمكن أن تكون سلبية من أجل قيم محددة لفولطية البوابة – وهو سلوك جديد وفريد لنبائط سبينترونيات أنصاف النواقل.

جورج كيرتسناو G. Kirczenow من جامعة سيمون فريزر في كندا، ومجموعة بيتر ديديرتش P. Dederich من يولش وآخرين حالياً أن السطوح البينية بين نصف ناقل والمغنطيس الحديدي المعدني التقليدي المنمى بتنضيد حزمة جزيئية تستطيع أن "تصَفّي" السبينات لتعطي تياراً مستقطَب السبين تماماً. وبالفعل، فإن هندسة السطوح البينية موضوع رائج والسباق للوصول إلى كفاءات حقن سبيني قائم على قدم وساق. وحديثاً جداً، أفادت مجموعات الأبحاث في مختبر الأبحاث البحرية في بوفّالو عن كفاءة مقدارها 30% لحقن السبين من الحديد إلى بنية متغايرة من أرسنيد الغاليوم بعد أن قاموا بتطوير حاجز شوتكي النفقي.

يمكن للتطورات الحالية في نقل السبين وحقنه أن تبشر بحقبة من سبينترونات أنصاف النواقل التي تستطيع أن تغير صناعة الإلكترونيات المكروية. وأما الأكثر ثورية فهي فكرة إمكانية استخدام منظومة كمومية أصيلة مثل سبين الإلكترون لتكويد المعلومة في المنظومات الكمومية. ولمّا كان يمكن للسبين أن يوجد في تراكب من حالات كمومية مختلفة، فإنه يمكن أن يستخدم كبتّة كمومية "qubit" في الحسابات الكمومية والاتصالات. إن إنجاز الكبتّات الكمومية الواقعية هدف بحثي طموح وبعيد المنال وسيواصل إبهار الفيزيائيين المختصين بالحالة الصلبة بعد الذكرى السنوية المائة لديراك بِكَثير.■

☆ ★ ☆

اشتعال شديد*

ج. غريفث
أستاذ كيسياء الاحتراق – جامعة ليدز

ملخص

سواء أردت أن تطير حول العالم أو أن تذهب للتسوّق أو بكل بساطة أن تتدفّأ فإنّك تحتاج إلى إشعال النار. غير أنّ الوصول إلى أفضل احتراق ليس هو بالشيء السهل. كيف نحصل بالفعل على الطاقة العظمى من الوقود الذي نحرقه ؟ وكيف يمكن أن نحاول إزالة التلوّث الذي يُحدثه هذا الاحتراق؟

الكلمات المفتاحية: احتراق، تلوّث، لهب الانتشار، لهب المزج المسبق، ملوّثات، هدروكربونيات آروماتية (عطرية)، آلية زلدوفيتش، بلمرة متعددة، فلّرينات، التحويل الحفزي، المطيافية بالفلورة، مطيافية رامان، ثقالة مكروية، خبط المحرّك، الاحتراق المرحلي.

الشكل 1– تُبيّن شمعة وحرائق بنزن شكلين من أهم أشكال الاحتراق: شكل لهب الانتشار وشكل لهب المزيج المسبق.

منذ أن أدرك البشر أنّ بإمكانهم استخدام كومة من الأغصان المحترقة لتدفئة أنفسهم أو لطبخ طعامهم، أصبحت النار مهمة بصورة متزايدة في حياتنا. إنّ أكثر من 90% من كل تسخيننا وقدرتنا يتولّد بالاحتراق وكل منظومة وسائل تنقّلنا تقريباً تعتمد عليه. تستهلك المواقد والأفران في أنحاء العالم كل سنة أكثر من بليون طن من الفحم. وقدّر استهلاك أسطول الولايات المتحدة من الطائرات لوحده في العام 2000 بأكثر من 250 مليون لتر من الكيروسين كل يوم.

غير أنّ الحاجة لتلبية هذا الطلب الهائل من الطاقة تتعارض مع اهتماماتنا بالبيئة. إذ تنتج عن احتراق الوقود الأحفوري مثلاً كميات ضخمة من ثنائي أكسيد الكربون الذي يساهم في الاحترار العالمي. وتنطلق بالإضافة إلى ذلك ملوّثات خطرة مثل أكاسيد النتروجين

* نشر هذا المقال في مجلة *New Scientist*, 8 December, 2001. ترجمة هيئة التحرير – هيئة الطاقة الذرّية السورية.

والسخام. وللمساعدة في الحدّ من مثل هذه الإصدارات يعمل العلماء على فهم عمليات الاحتراق المعقّدة وتطوير تقانات جديدة لضمان استعمال الوقود بصورة أنظف وأكثر مردوداً.

والاحتراق هو عملية كيميائية تتطلّب وجود مادتين أساسيتين: **وقود**، مثل الغاز والنفط أو الفحم **ومؤكسد**، وعادة ما يكون أكسجين الهواء. ضع كمية قليلة من الطاقة في أو مع لهب صغير أو شرارة مثلاً فإنّك بذلك تقدح تفاعلاً ناشراً للحرارة يحرّر بسرعة الطاقة المنحبسة في الروابط الكيميائية للوقود.

غير أنّ الاحتراق ليس هو بالعملية الكيميائية العادية. ففي اللحظة التي يبتدئ بها **يستديم ذاتياً**، وهذا ما يميّزه من معظم أنماط التفاعلات الكيميائية. وإنه ينتج بصورة رئيسة من حقيقة أنّ بعض الطاقة المنطلقة بالاحتراق يُسخّن الوقود الذي حوله. وهذه العملية من التغذية الراجعة تُزيد في سرعة التفاعل وتحافظ على استمرارية الاحتراق.

وبخلاف الكثير من التفاعلات الكيميائية الأخرى، تكون عملية الاحتراق مرئية بفضل الدخان واللهب. ويحدث **اللهب** عندما تولّد كميات كبيرة من الطاقة المتحرّرة الضوء. ومن المحتمل أن يكون المثال الأكثر شيوعاً عن اللهب هو الشمعة المحترقة (الشكل 1). ويُعرف هذا النوع من اللهب الذي يشبه شكله قطرة الدمع بلهب الانتشار بسبب أنّ أكسجين الهواء ينتشر للداخل نحو منطقة الاحتراق بينما ينتشر بخار الهدروكربون للخارج من الفتيل.

قام في بداية القرن التاسع عشر العالم الإنكليزي مايكل فراداي بأول دراسات تفصيلية عن لهب الشمعة. فقد اكتشف أنّ الحرارة المشعّة من اللهب تُذوّب الشمع متيحاً له الصعود عبر الفتيل إلى الأعلى بصورة سائلة. وعندما يصل الشمع السائل إلى الفتيل يتبخّر بالحرارة وتنتشر جزيئات الهدروكربون في اللهب. وهنا، حيث تكون درجة الحرارة نحو 1000 درجة مئوية، تحطّم الحرارة هذه الجزيئات إلى شظايا أصغر وأكثر تفاعلاً.

تبدأ هذه الشظايا الصغيرة بالتفاعل مع الأكسجين متجزئة إلى سلاسل أصغر فأصغر مولّدة بذلك غازات وبخار ماء وقسيمات صلبة صغيرة، معظمها من الكربون غير المحترق أو السُخام، وهذا ما ندعوه الدخان. وتحدث السرعة القصوى للتفاعل والإصدار الأعلى للحرارة والضوء بالقرب من السطح الخارجي للهب بسبب أنّه يمثّل المكان الذي يجتمع فيه وقود الهدروكربون مع الأكسجين.

ويعود سبب بعض الضوء، وبصورة رئيسة التوهّج الأصفر والبرتقالي، إلى قسيمات السخام المتوهّجة المتولّدة أثناء الاحتراق. تصل درجة حرارة المنطقة الأكثر احمراراً والأقرب إلى مركز اللهب إلى نحو 800 درجة مئوية، أمّا المناطق الملوّنة باللونين البرتقالي والأصفر فتكون درجة حرارتها أعلى من ذلك وتصل حتى 1400 درجة مئوية.

وعلاوة على ذلك فإنّ بعض الجزيئات التي تنتج عن الاحتراق تكتسب طاقة كبيرة عندما تتشكّل، إذ تمتص إلكتروناتها هذه الطاقة وتعيد إصدارها على شكل فوتونات. والنتيجة تكون في أنّ اللون الأزرق الذي يُرى في قاعدة لهب الشمعة يدلّ على أنّ اختلاط الأكسجين مع الوقود يتمّ في هذه المنطقة ممّا يُسبّب تفاعلات قوية ناشرة للحرارة.

تعتمد الأشكال الأكثر شيوعاً المستخدمة في الاحتراق، على لهب الانتشار مثل محطات توليد الطاقة التي تحرق قسيمات الفحم الحجري المسحوق ومحرّكات الديزل في المركبات والشاحنات التي تحرق الوقود كرذاذ من القطيرات الصغيرة. يحدث هذا النوع من اللهب أيضاً على سطح الوقود الصلب مثل فحم الكوك والخُثّ (الفحم الرديء) والخشب عندما يتم حرقها في المواقد أو في العراء. وقد يلعب أحياناً الاحتراق الانتشاري دوراً كبيراً في تطوير مواد جديدة وثمينة (انظر المؤطّر 1).

ومع ذلك فإنّ اللهب الانتشاري لايكون كفوءاً. وللوصول إلى أمثل مردود للاحتراق وأعظم انطلاق للحرارة والمحافظة على أدنى درجة من

المؤطّر 1- استخلاص مواد قيّمة من رماد الاحتراق

يقوم الباحثون حالياً بدراسة كيفية استخدام الاحتراق لتصنيع مواد قيّمة لايمكن أن تُصنع بالطرائق التقليدية. وهذا يتطلّب مزج ضروب من المتفاعلات reactants مثل الكربون والبورون والسليكون مع المعادن مثل الألمنيوم أو التيتانيوم. إنّ اشتعال المزيج يرسل موجة احتراق عبر المادة ويتشكّل المنتج المرغوب في المناطق الأكثر حرارة. فإذا كانت نقطة انصهار المنتج أعلى من درجة حرارة الاحتراق، عندئذ يتشكل المنتج بصورة فورية كجسم صلب.

وأمثلة المواد المصنّعة بهذه الطريقة تتضمّن الكربيدات carbides والبوريدات borides التي تستعمل كمواد ساحجة والألومينيدات aluminides والتيتانيدات titanides التي يُصنّع منها سبائك ممتازة لاستعمالها في المركبات الفضائية بالإضافة إلى أكاسيد معدنية غريبة تستعمل كنواقل فائقة أو في خلايا الوقود fuel cells.

وبالإضافة إلى ذلك يمكن أن يُشكّل مزيج الاشتعال بالشكل المرغوب قبل البدء بعملية الاحتراق. وهذه التقنية هي كفوءة من حيث الطاقة energy-efficient لأنّها تتطلّب كمية قليلة فقط من الطاقة لبدء الاحتراق.

والفرع الآخر من التصنيع بالاحتراق هو الغازات المتفاعلة reacting gases لإحداث طبقات رقيقة عالية النقاوة. فمثلاً يؤدّي احتراق غاز السيلان silane (SiH_4) والنشادر إلى نيتريد السليكون الذي هو نوع من الخزف مقاوم للحرارة والتآكل يُستعمل في أجزاء المحرّكات وكحجب واقية ضد الحرارة في كبسولات الفضاء وإكساء محمِلات الكريات ball bearings "الرولمانات".

إنّه من الممكن أيضاً إنتاج الألماس الصناعي لاستعماله في أدوات السحق والقطع. وتتم إحدى الطرائق النموذجية بحرق مزيج غني بالوقود من الأستيلين والهدروجين والأكسجين وإمرار غازات الاحتراق فوق سطح بارد مثل السليكون أو الموليبدينوم حيث تنمو عندئذ طبقة من الألماس. ويعني معدّل نمو سطحي بثخانة 100 مكرومتر بالساعة أنه من الممكن إنتاج ثخانة من الألماس أكثر من ملّيمتر.

الدخان والتلوّث، لابدّ من مزج الأكسجين والوقود قبل بداية الاحتراق بقدر الإمكان والأفضل أن يتم ذلك في السوية الجزيئية.

أثار الكيميائي الألماني روبرت بُنزن R. Bunsen في أواسط القرن التاسع عشر فكرة تحسين مردود الاحتراق. فقد اقترح مزج نفثٍ من غاز قابل للاشتعال مع الهواء قبل اشتعاله. استخدمت هذه الفكرة في النهاية في حرّاق بُنزن الذي يُنتج لهباً حاراً جداً. وحتى الوقت الحاضر فإنّ المزج المسبق للهواء مع نفث من الغاز الطبيعي، الذي يتألّف بصورة رئيسة من الميتان، يبقى أفضل طريقة لصنع حرّاقات فعّالة من أجل مواقد الطبخ المنزلية ومنظومات التسخين والأفران الصناعية.

تختلف بنية لهب **المزج المسبق** premixed flame اختلافاً كبيراً عن لهب الانتشار (انظر الشكل1). تقع منطقة التفاعل الرئيسة، والمنطقة التي تشتعل بأشد سطوع من اللون الأزرق، في داخل اللهب. واللهب نفسه يكون بشكل مخروطي لأن الحافة الدائرية للحرّاق تجعله مستقراً. ويكون تفاعل الاحتراق مستديماً ذاتياً بسبب الناقلية الحرارية بالإضافة إلى انتشار الأنواع الكيميائية الفعّالة مثل انتشار الجذور الحرة free radicals من اللهب في مزيج الوقود والهواء الأبرد المتدفق نحو الأعلى. وبسبب أن الوقود يحترق بمردود أكبر في اللهب مسبق المزج يتشكّل السخام بصورة أقل ويُنتج توهجاً قليلاً جداً من اللون الأصفر.

يتمّ أحد أكثر تطبيقات الاحتراق المسبق المزج شيوعاً في محرّكات الغازولين (البنزين) المستخدمة في السيارات. ويتمّ مزج الهواء في معظم الأشكال الأكثر كفاءة من هذه المحركات مع كميات مضبوطة بعناية من بخار الغازولين ويحقن المزيج في أسطوانات المحرّك. يضغط المكبس المزيج وتقوم شرارة بقدح الاحتراق. وعندما يشتعل المزيج يُنتج غازات حارة تنتشر وتدفع المكبس لتدوير عمود المحرك المرفقي crankshaft.

مردود أعظمي

تعليمات من أجل احتراق كامل

للوصول إلى مردود أعظمي يجب أن يُمزج بخار الغازولين بكمية كافية من الهواء ليحترق إلى ثنائي أكسيد الكربون والماء. وإذا لم تتوفّر كمية كافية من الهواء فإنّ كامل الوقود لا يحترق ممّا يؤدّي إلى نقصان في خرج الحرارة الكلية وفي نسبة الاحتراق وفي القوة المطبّقة على المكبس. وإذا كان هناك الكثير من الهواء حينئذ تمتص الزيادة بعض الحرارة ممّا يُؤدّي إلى هبوط في خرج قدرة المحرّك.

ويمكن للكيميائيين أن يحسبوا كمية الأكسجين اللازمة للمردود الأعظمي. وتعطي المعادلة التالية الاحتراق الكامل للأوكتان الذي يعدّ المركّب الممثّل للغازولين:

$$C_8H_{18} + 12.5O_2 + 47N_2 = 8CO_2 + 9H_2O + 47N_2$$

وفي هذه الحالة يتأكسد كل الوقود إلى ثنائي أكسيد الكربون والماء. وهذا يمثّل بالنسبة إلى الحجم 1.7 بالمئة من بخار الأوكتان في الهواء. أمّا بالنسبة إلى البوتان، الذي هو الوقود النموذجي لمواقد المخيمات، فإن النسبة المثلى هي 3.2 بالمئة في الهواء.

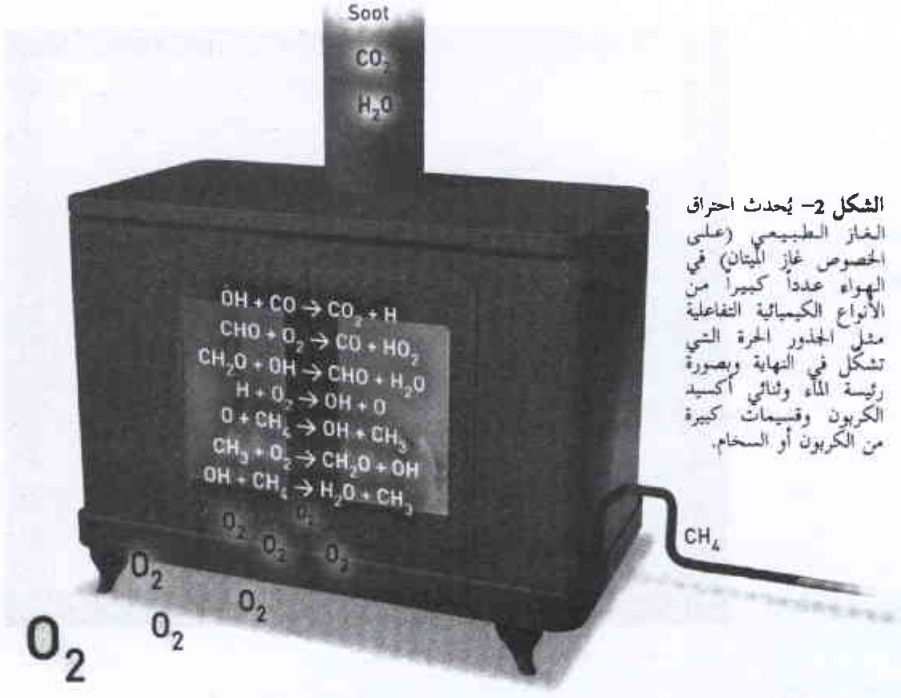
يمكن أن يستمر عملياً لهب أي وقود فقط في مجال محدود من الشروط. ويتحدّد هذا المجال بدرجة الحرارة والضغط ونسبة الوقود إلى الهواء. ويُعرف الحدّان الطرفيان من هذا المجال بحدي قابلية الالتهاب الفقيرة والغنية lean and rich flammability limits. يحدث الحدّ الفقير منهما عندما يوجد وقود كاف تماماً لإشعال اللهب ويحدث الحدّ الغني عندما يوجد هواء كاف تماماً لإشعال اللهب. ويبلغ هذان الحدّان بالنسبة إلى الأوكتان 1 و 6 بالمئة على التتالي بالحجم.

لاتُحدّد حدود قابلية الالتهاب المجال الأوسع المحتمل لنسبة الوقود إلى الهواء التي بها تشتغل المحركات فقط وإنّما تساعد الناس أيضاً على تخمين خطر الحريق أو الانفجار في إجراءات الصناعة أو التصنيع التي تستخدم السوائل أو الغازات القابلة للالتهاب. إنّ إلقاء عود مشتعل من الثقاب في خزّان سيارة مثلاً لا يُسبّب انفجاره على ما يبدو لأنّ مزيج البخار والهواء غني جداً بالغازولين لدرجة لايجعله يلتهب رغم ما يمكن أن يُرى في الأفلام السينمائية.

تكون الكيمياء المتضمنة تفاعلات الاحتراق معقدة جداً حتى بالنسبة إلى أبسط الأمثلة وهو احتراق الغاز الطبيعي أو غاز الميتان:

$$CH_4 + 2O_2 = CO_2 + 2H_2O$$

يُنتج احتراق نفث من الغاز الطبيعي في الأكسجين أو في الهواء عدداً كبيراً من منتجات التفاعل (انظر الشكل 2). تتضمّن هذه المنتجات جذوراً حرة شديدة التفاعل وذرّات مثل H و O و OH. وهذه تُطلق كل



الشكل 2- يُحدث احتراق الغاز الطبيعي (على الخصوص غاز الميتان) في الهواء عدداً كبيراً من الأنواع الكيميائية التفاعلية مثل الجذور الحرة التي تشكّل في النهاية وبصورة رئيسة الماء وثنائي أكسيد الكربون وقنيصات كبيرة من الكربون أو السخام.

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

أنواع التفاعلات المتسلسلة المتنافسة التي تقود في النهاية إلى تشكيل ثنائي أكسيد الكربون والماء.

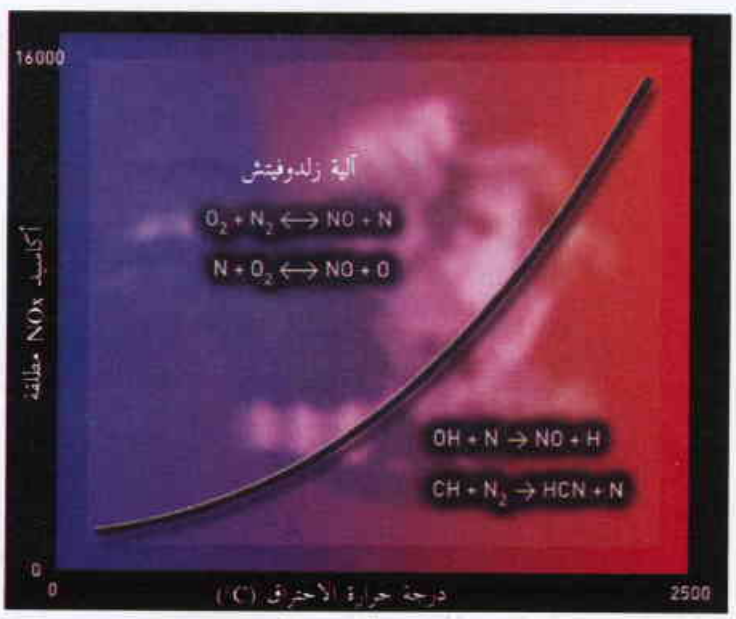
تلعب ذرّات الهدروجين دوراً مهماً بصورة خاصة لأنّ كل ذرّة منها يمكن أن تستمر في تشكيل منتجات التفاعل الثلاثة الأخرى: OH وO وCH_3. والجذر OH يلعب أيضاً دوراً حاسماً لأنّه المساهم الرئيس في تشكيل الماء في كل تفاعلات الاحتراق.

يولّد الاحتراق أيضاً مع ثنائي أكسيد الكربون والماء عدداً من **الملوّثات الجوية** المؤذية تتضمّن أحادي أكسيد الكربون وأكاسيد الآزوت (NO_x) والسخام. وتتشكّل أيضاً جزيئات شبه حلقية أكبر تُعرف **بالهدروكربونيات الآروماتية متعدّدة الحلقات** (PAHs).

يبدو أنّ تشكيل أحادي أكسيد الكربون محتوم تقريباً. فإذا كان مزيج الاحتراق غنياً بالوقود أو إذا كان امتزاج الوقود بالهواء ضعيفاً فإنّ جزيئات الوقود الزائدة "تلتهم" جذور OH قبل أن تتمكّن من أكسدة كل كمية غاز أحادي الكربون إلى ثنائي أكسيد الكربون. وللتقليل من هذه المشكلة حاول المهندسون القيام بعملية الاحتراق تحت شروط فقيرة.

وأكاسيد الآزوت، وبصورة رئيسة أكسيد الآزوتي NO، هي أيضاً نواتج ثانوية محتومة تقريباً للاحتراق وناجمة عن وجود الآزوت في الهواء. ويصبح الآزوت متعلّقاً بتوازنين كيميائيين بسيطين يعرفان بآلية زلدوفيتش Zel'dovich mecanism (انظر الشكل 3). وهذه التفاعلات استكملت بصورة رئيسة بإضافة تفاعلين ينتجان أكسيد الآزوتي NO وسيانيد الهدروجين HCN. إنّ أكسدة سيانيد الهدروجين إلى حدود أبعد تقود في النهاية إلى أكاسيد الآزوت مثل ثنائي أكسيد الآزوت NO_2.

يؤدّي احتراق الفحوم الحجرية أو زيوت الوقود الثقيلة في المحرّكات أو في الأفران إلى إنتاج أكاسيد نتروجينية أكثر من احتراق الغاز الطبيعي أو الغازولين نظراً لاحتوائها على ذرّات النتروجين مرتبطة ضمن جزيئات



الشكل 3– تتشكّل ملوّثات أكسيد النتروجين عندما يتفاعل نتروجين الهواء مع الأنواع الكيميائية المتشكلة أثناء الاحتراق. تُنقص المحافظة على درجة حرارة احتراق منخفضة تشكيل هذه الملوّثات.

الوقود. وبالإضافة إلى ذلك تشكّل إصدارات ثنائي أكسيد الكبريت مشكلة للوقود كالفحم الحجري ناجمة عن محتواه من الكبريت.

يبدأ تشكيل السخام مع بعض أبسط الأنواع الموجودة في لهب غني بالوقود. فالجزيئات، مثل C_2H_2 والجذور الحرة فالجذر C_2H_3، التي تشكّلت مع تردّي جزيئات الوقود، يمكن أن تتفاعل فيما بينها بآلية تدعى **بلمرة الجذور الحرة** free radical polymerisation لتوليد قسيمات كبيرة مؤلفة من سلاسل كربونية طويلة. ويمكن أيضاً أن تتفاعل البوليميرات لتشكيل الهدروكربونيات الآروماتية متعددة الحلقات (PAHs) . تتكتّل جزيئات الكربون بعد ذلك مع بعضها بالطريقة نفسها التي تتكثّف فيها قطرات الماء من بخار الماء، لتشكيل جسيمات السّخام الصلبة. وعندما تنمو جسيمات السّخام هذه يمكن أن تُعطي بنى ذات كتلة جزيئية ضخمة. ويمكن أن تتشكّل أيضاً في اللهب، بالإضافة إلى الهدروكربونيات الآروماتية متعددة الحلقات، الفلّرينات fullerenes مثل مركّبات C_{60} و C_{90} التي تشابه القباب الجيوديزية.

توجد خلال كل عملية الاحتراق منافسة بين تشكّل السخام وتحلّله بالأكسدة. فعند درجات الحرارة المرتفعة تتمتع الأكسدة بفرصة أكبر لتحلّله، وهكذا يحدث تشكّل السخام بصورة رئيسة في اللهب الغني بالوقود عندما يتم الاحتراق في درجة حرارة منخفضة.

ومع ذلك قد تكون جسيمات السخام مفيدة في بعض الحالات، فقد تلعب مثلاً دوراً مهماً في الأفران المستخدمة لتوليد الحرارة والقدرة. إذ أنّ السخام يمكنه أن يُشعّ طاقة بالتوهّج يساعد بذلك على انتقال الحرارة من اللهب إلى الماء الحار أو إلى المنظومة المولّدة للبخار.

تخفيض التلوّث

كيف نُنظّف ما نقوم به

هناك تقنيات متنوّعة يمكن أن تقلّل من تأثير ملوّثات الاحتراق على البيئة. إنّ معظم ثنائي أكسيد الكبريت وأكاسيد النتروجين المنطلقة في البلاد الصناعية تأتي من محطات توليد الطاقة، ولكن من الممكن التخلص من هذه الغازات الضارة. إذ يمكن تخفيض سويات أكاسيد النتروجين NO_x بالتحويل الحفزي catalitic conversion (عملية تتضمّن إمرار غازات الانفلات عبر حفّاز) حتى نسبة 90% وإزالة أكثر من 90% من ثنائي أكسيد الكبريت بغسله في أبراج إزالة الكبريت.

ومع ذلك فإنّ أحد أفضل الطرق لتخفيض كمية الملوّثات المنطلقة من الاحتراق هو تصميم محرّكات وأفران تنتج، في المقام الأول، كمية أقل من هذه المواد الكيميائية المؤذية. يزداد نتاج أكاسيد النتروجين المتشكّلة في توازني زلدوفيتش كلّما ارتفعت درجة حرارة الاحتراق (انظر الشكل 3). وهكذا فإنّ تصميم منظومات احتراق للعمل في درجات حرارة أخفض يُنقص إصدارات أكاسيد النتروجين. ويستخدم المهندسون عدداً من الأعمال الذكية الأخرى لتخفيض التلوّث إلى حده الأدنى. فهم يستثمرون أحياناً الاضطراب داخل المحرّكات لتحريك الغاز أو الوقود المتبخّر بسرعة من بقعة إلى أخرى أو إحداث دوّارات

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

ودوّامات تُركّز مواد الاحتراق. وهذا ما يساعد على مزج الوقود بالأكسجين معاً ويُحسّن معدّل الاحتراق ويُخفّض سويات التلوّث.

وغالباً ما تستخدم محرّكات سيارات الغازولين مثل هذه الطرائق لحصر أجزاء من خليط الاحتراق الغني بالوقود في المنطقة المركزية من المكبس بالقرب من قابس الشرارة. وهذا ما يؤدّي إلى إحداث نمو لهب شديد واحتراق اقتصادي. وهذا يعني أنّ المحرّك يمكنه أن يشتغل بشروط فقيرة جداً، يزيل غاز أحادي أكسيد الكربون CO ويُخفّض إصدارات غاز ثنائي أكسيد الكربون CO_2 دون ضياع كبير في الأداء.

ولتعرّف أفضل طريقة لإعطاء المردود الأمثل للاحتراق يحتاج المهندسون والكيميائيون إلى قياس تركيب وحركة الغازات عندما تحترق وإلى فهم تأثير ذلك على كيميائية الاحتراق. غير أنّ فهم تفصيلات عن اللهب داخل المحرّكات هو عمل صعب جداً، ذلك لأنّ معظم الأنواع الكيميائية المسؤولة عن تشكيل الملوّثات لاتستمر إلّا بضعة مكروثانية. وبالإضافة إلى ذلك تكون الشروط داخل المحرّك أثناء الاحتراق دوامية عالية. ويوجد تأرجح كبير في التركيب الكيميائي وفي درجة الحرارة من بقعة إلى أخرى.

أصبحت عمليات المحاكاة الحاسوبية والتجارب في المدارات الفضائية أسلحة حيوية في معركة اكتشاف الأسرار الأساسية للاحتراق (انظر المؤطّر 2). لكنّ ملاحظة هذه الظاهرة العنيفة كما تحدث في محرّك حقيقي أصبحت ممكنة من خلال تطوير تقنيات مثل المطيافية بالفلورة أو **تبعثر رايلي** Rayleigh scattering أو **مطيافية رامان مضادة الستوكس المترابطة** coherent anti-Stokes Raman spectroscopy (CARS). تستخدم هذه التقنيات حزماً ليزرية لتحديد هوية الجزيئات أو محتواها من الطاقة، ويمكن بوساطتها كشف تفصيلات خفية لعملية الاحتراق. فطريقة CARS مثلاً تكمن في إثارة جزيئات النتروجين بتنويرها بضوء ليزري. والطريقة التي تحرّض هذه الطاقة اهتزازات في الجزيئات تُعطي الباحثين قياساً فورياً لدرجة الحرارة عند تلك النقطة.

كان على المهندسين أن يُصمّموا محرّكات خاصة من أجل هذا النمط من التجربة. فقد سمحت هذه المحرّكات للعلماء رؤية غرفة الاشتعال مباشرة عن طريق نوافذ مقاومة للحرارة على جانب المحرّك وفي رأس الأسطوانة. قاس الباحثون في ألمانية، بعد جمع تقنيات الفلورة وتبعثر رايلي، العلاقة بين درجة حرارة الاحتراق وتوليد غاز النتروجين حول قابس الشرارة في محرّك يدور بالغازولين.

ومن المهم أيضاً أن نقيس حركة الغاز المضطرب أثناء الاحتراق. ويمكن أن تكشف التقنيات التي تقيس الضوء المتبعثر من القسيمات داخل المحرّك هذه الحركات وتُزوّدنا بخارطة عن أشكال التدفق وسرعات الغاز داخل المحرّك.

وهذه المعلومات هي أساسية من أجل تعلّم كيف يمكن أن نخفّض الملوّثات ونزيل مشكلة **خبط المحرّك** engine knock الذي هو اشتعال تلقائي لوقود غير محترق أمام اللهب يحد كثيراً من أداء محركات السيارات.

إنّ أحد المحرّكات الأكثر تطوّراً من الناحية التقانية هو العنفة الغازية. وصلت هذه المحرّكات إلى حالة معقدة جداً من التطوير، حيث تعدّ بحرقها الوقود بدرجات حرارة مرتفعة من بين أكثر نبائط الاحتراق المستخدمة الفعّالة ذات الاستخدامات المتعددة. وربّما يكون الاستخدام الأكثر شيوعاً للعنفات الغازية في دفع الطائرات ولكنّها تُستخدم أيضاً في

المؤطّر 2- السلوك الغريب للنار في الفضاء

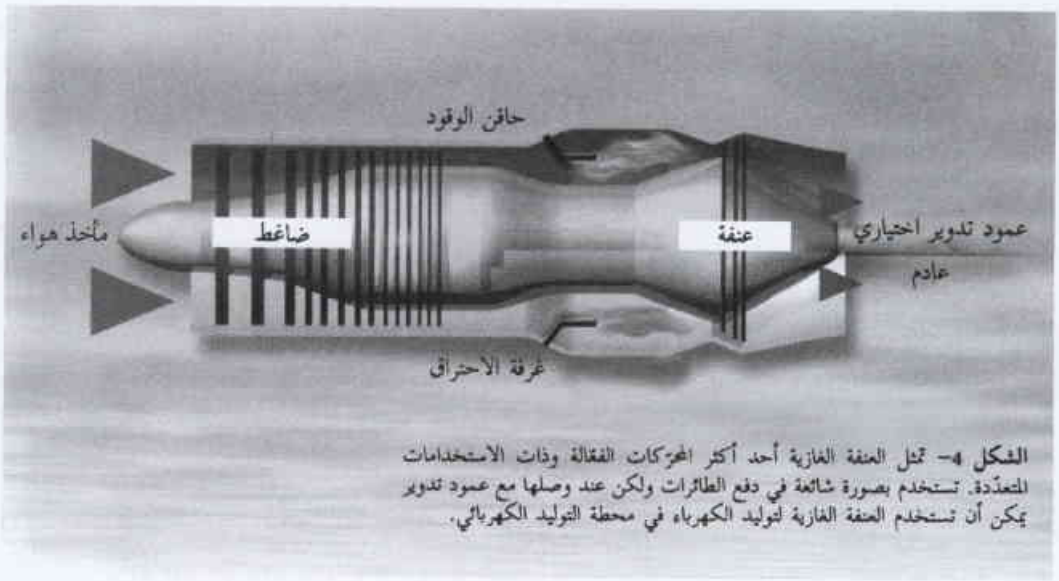
إنّ أفضل الطرائق لفهم اللهب والاحتراق هو نمذجة كيميائيتهما وديناميتهما بعمليات محاكاة حاسوبية. ومع ذلك فإنّ ثقالة الكرة الأرضية لها تأثيرها الخاص في اللهب وتجعل هذه الحسابات صعبة إلى أبعد الحدود. إنّ تيارات الحمل التي تحدث حول اللهب نتيجة الثقالة تغيّر السرعة التي يحترق فيها الوقود وتجعل فهم كيميائية الاحتراق وبنيته المفصّلة الحاصلة في اللهب صعبة على الباحثين في عملية الاحتراق.

وبالإضافة إلى تنفيذ هذه الحسابات الصعبة قرّر الباحثون أخذ تجاربهم المتعلقة بالاحتراق إلى بيئات تكون فيها الثقالة أضعف إلى أبعد الحدود ، وليس من الضروري أن تكون في الفضاء. يمكن أن تحدث على الكرة الأرضية في سقوط حر حيث يتم تحريرها من قمة أبراج إسقاط drop towers عالية بنيت لهذه الغاية. فعندما يسقط الجهاز سقوطاً حراً فإنّه يلاقي شروطاً من الثقالة المكروية microgravity لمدة تصل إلى خمس ثوانٍ. ومن أجل مدة للتجارب أطول يمكن لطائرة أبحاث خاصة أن تحصل على شروط من الثقالة المكروية لمدة حوالي 30 ثانية وذلك بطيرانها في مسارات على شكل قطع مكافىء. وإذا كانوا بحاجة إلى فترات أطول من الثقالة المكروية يمكن أن يرسل الباحثون التجهيزات إلى مدار في الفضاء على متن مكوك أو وضعها في محطة فضاء عالمية.

يتخذ لهب الشمعة في الثقالة المكروية، بدون ثقالة وتيارات حمل تشوهه، شكل نصف دائرة كامل تقريباً لايشبه شكل قطرة الدمع المشوّه المألوف على سطح الكرة الأرضية. يكون تدفّق الأكسجين إلى اللهب أقل بكثير بدون الحمل الذي يساعده، ولذلك تحترق الشموع بدرجات حرارة أخفض وبسطوع أقل بكثير في الثقالة المكروية. إنّه من الممكن أيضاً إحداث لهب كروي تماماً بحرق قطرة من الوقود. فقد أحدث علماء من الولايات المتحدة عام 1997 على متن "سكاي لاب" Skylab كرات غازية كروية من اللهب بقيت تحترق في كل مرة لمدة أكثر من ساعة، وهي كرات تمّ التنبؤ بها من الناحية النظرية ولا يمكن تحقيقها تجريبياً على الكرة الأرضية.

ومع ذلك فإنّ تجارب الاحتراق هذه لا تعدّ مجرّد أشياء غريبة وإنّما تساعد العلماء على فهم سلوكية اللهب في الفضاء التي هي أساسية من أجل الأمان إذا أردنا أن نتعلّم كيفية الكشف عن الحرائق على متن المركبات الفضائية وكيفية إطفائها.

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



الشكل 4- تمثل العنفة الغازية أحد أكثر المحرّكات الفعّالة وذات الاستخدامات المتعدّدة. تستخدم بصورة شائعة في دفع الطائرات ولكن عند وصلها مع عمود تدوير يمكن أن تستخدم العنفة الغازية لتوليد الكهرباء في محطة التوليد الكهربائي.

السفن كما تستخدم على نطاق واسع لتوليد الكهرباء وعادة ما يُحرق الغاز الطبيعي أو النفط.

وبالمقابلة مع تعقيدات المحرّك ذي الاحتراق الداخلي ودورة إضرامه للنار، تشتغل العنفات الغازية بصورة متواصلة (انظر الشكل 4). تسحب سلسلة من المراوح الهواء إلى مقدمة العنفة حيث يتمّ انضغاطه وترتفع درجة حرارته إلى أكثر من 700 درجة مئوية قبل أن يبتدئ الاحتراق. وعندما يدخل هذا الهواء إلى غرفة الاحتراق يرذّذ الوقود ،سواء أكان الكيروسين أو الغاز مثل الميتان، فيها ويقوم الاضطراب الحاصل في الدفق بمزج الوقود والهواء معاً. وعند ذلك يُشعل المزيج لإحداث احتراق انتشاري مضطرب إلى أبعد الحدود.

تنتشر غازات الانفلات الحارة وتسرّع عند خروجها من مؤخرة المحرّك، عبر مجموعة ثانية من الشفرات التي تحرّك عنفة لتسيير مراوح الضاغط. ولتوليد الكهرباء في محطات الطاقة مثلاً يمكن للعنفة، في الاستخدامات الثابتة، أن تُحرّك عمود تدوير ينقل الحركة إلى مولّد الكهرباء. وأمّا غازات الانفلات الحارة فيمكن عندئذ نقلها بأقنية واستخدامها لإنتاج البخار لتوليد طاقة كهربائية إضافية. ويمكن أن يؤدّي هذا الشكل من الدورة المشتركة في محطة توليد الكهرباء إلى مردود يصل حتى 60% وهذه النسبة أفضل بكثير من نسبة الأفران في محطات توليد الكهرباء التقليدية التي يكون مردودها حول 40%.

أمّا في محرّكات الطائرات فتستخدم غازات الانفلات الحارة لتوليد الدفع. ولضمان مردود عالٍ للوقود وإصدارات أقل من 10 أجزاء من المليون من أكاسيد النتروجين تشغّل المحرّكات بالقرب من حدود قابلية الالتهاب الفقيرة. إنّه من المستحيل إعطاء مردود أمثل إلى هذه العنفات النفاثة لجعلها تشتغل بالقرب من حدود الالتهاب الفقيرة أثناء كل مراحل الطيران. إنّ الدفع الذي يُنتجه المحرّك يعتمد على نسبة الوقود إلى الهواء، والحفاظ على المزيج الفقير أثناء الإقلاع عندما تُطلب الطاقة كاملة، يخفّض التلوّث بالقرب من سطح الأرض. ومع ذلك وخلال الطيران عندما تنخفض سرعة المحرّك فإنّ تخفيض نسبة الوقود إلى الهواء أكثر من ذلك سينقلها إلى خارج حدود قابلية الالتهاب لوقود الطيران. وهكذا يمكن أن يُؤدّي الطيران بمزيج أفقر إلى انطفاء المحرّك. ولحل هذه المشكلة صمّمت العنفات الغازية الأخيرة لتتضمّن غرف اشتعال ثانوية وهو مبدأ يدعى **الاحتراق المرحلي** staged combustion. فعندما يحتاج الطيارون إلى دفع كامل يشغّلون الغرفة الرئيسة ولكن أثناء الطيران يمكنهم استخدام منطقة ثانوية أصغر في غرفة الاحتراق للحفاظ على احتراق مستقر ونظيف عند دفع أقل. ولتخفيض الإصدارات الملوّثة قام الباحثون بتطوير عنفات غازية بحيث يتم مزج الوقود والهواء قبل دخول المزيج إلى غرفة الاحتراق.

لقد تمّ التغلّب بالفعل على صعوبات متنوّعة في العنفات التي تستخدم الغاز الطبيعي، إذ يعطي الاحتراق مسبق المزج بصورة استثنائية إصدارات منخفضة من أكاسيد النتروجين. ومع ذلك يصعب التحكّم بالاشتعال الذاتي autoignition والاشتعال المرتدّ flashback في مزيج من كيروسين الطيران والهواء، وهذا ما يجعل استخدام وقود مسبق المزج في محرّكات الطائرات أكثر صعوبة إلى حدٍّ بعيد. وعلى الرغم من ذلك يستمر البحث في التقدّم ممهداً الطريق إلى جيل من طائرات نظيفة غير ملوّثة للبيئة ستطير بنا عبر الأجواء في العقد القادم.■

☆ ★ ☆

رؤية باطن الأرض بالهزّات الأرضية الصنعية*

س. بولر
ناشر في علوم الأرض - وست يوركشاير - المملكة المتحدة

ملخص

إذا أردت استكشاف الصخور في الأعماق تحت سطح الكرة الأرضية - بغية البحث عن النفط أو المعادن أو عن أي شيء مهم آخر - فإنك ستحتاج إلى استخدام مجالٍ من الاهتزازات القابلة للكشف، وبعض الأجهزة الحسّاسة لالتقاطها، ومجموعة من الطاقات الحاسوبية لفرز حجم المعلومات التي من المحتمل جمعها.

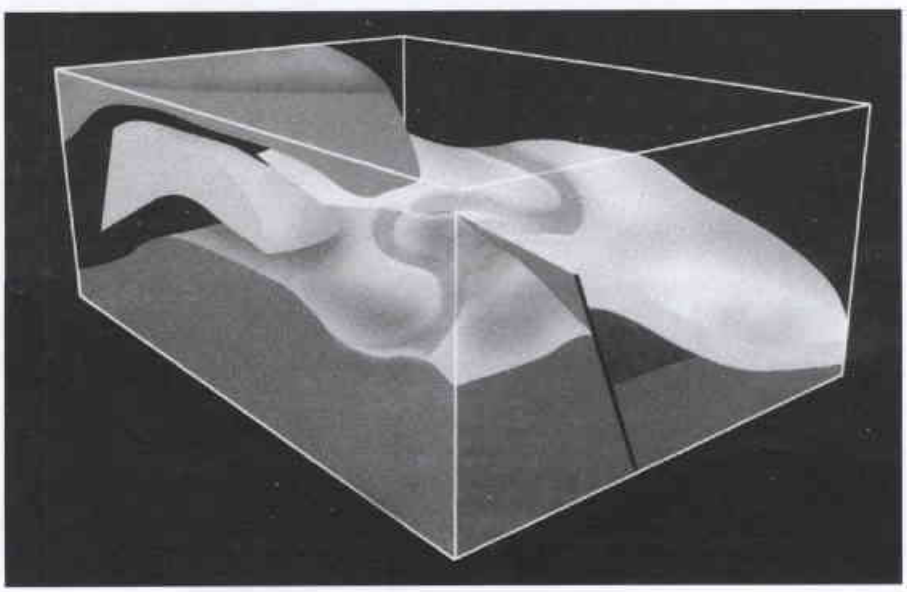
الكلمات المفتاحية: علم الزلازل، الهزّات الأرضية، تكشُّفات الصخور، الأمواج الزلزالية، مقاييس الزلزلة، ممانعة صوتية، تصوير مقطعي طبقي، معطف، خسف إقليمي، منطقة الانغراز.

قد تبدو الصخور سهلة السبر إلى حدٍّ ما، إلّا أنّ الكثير من الصخور المهمة يكون مخبأً في باطن الأرض . ويوجد معظم تاريخنا الجيولوجي، هناك، في الصخور التي لايمكننا رؤيتها أو لمسها أو اعتيانها مباشرة. وإذا أردت أن تستكشف ماذا يوجد هناك فإنّك تحتاج إلى وسائل "للرؤية" عبر الصخور الصلبة. وعادة ما يكوّن الجيولوجيون صورة عمّا حدث في الماضي لتشكيل كرتنا الأرضية بدراسة التكشُّفات الصخرية في الجروف الصخرية وأودية الأنهار وجوانب الجبال. ويمكنهم، في أماكن المناجم والآبار العميقة، جمع معلومات من الكيلومترات القليلة العليا من القشرة الأرضية. إلّا أنّ هذه المناجم والآبار العميقة تكون نادرة ولا تخدش إلّا سطح الأرض فقط، ولذلك يلجأ العلماء إلى علم الزلازل seismology

وعلم الزلازل العلم الذي يدرس الاهتزازات الزلزالية عندما تنتقل عبر الكرة الأرضية. فهو يُستخدم على نطاق واسع في البحث عن خزّانات النفط والغاز. **والأمواج الزلزالية** هي اهتزازات ضمن الصخور تنتقل عبر الكرة الأرضية مثلما تنتقل الأمواج عبر الماء أو الأمواج الصوتية عبر الهواء، ويمكنها أن تزوّدنا بتفاصيل عن البنية الباطنية للكرة الأرضية، لأنّها تنتقل بسرعات مختلفة بحسب المواد التي تنتقل عبرها، وتنعكس وتنكسر عند الحدود الفاصلة بين الأنواع المختلفة من الصخور (انظر المؤطّر 1).

وفي بداية القرن العشرين، تحرّى الجيولوجيون أنماطاً مختلفة من الأمواج الزلزالية وبدأوا يدركون سلوكيتها في الصخور. فقد سجّلوا الزمن الذي تستغرقه الأمواج، عندما تتبع مسارات مختلفة، ليتوصلوا إلى مقاييس الزلزلة. فقد استخدام هؤلاء الجيولوجيون إشارات من الزلازل لفهم البنية الإجمالية للكرة الأرضية ورسم حدود لبّ الأرض ومعطفها، على سبيل المثال.

يُحدث علماء الزلازل في الوقت الحاضر كلّ اهتزازاتهم الخاصة بهم بهدف تسجيل زمن ومكان وصول الإشارات، وبذلك يمكنهم رسم خريطة طبقات الصخور الأقرب إلى سطح الأرض. إنّ مثل هذه **المسوح الزلزالية** تكون معقّدة للغاية، وأكثرها شمولاً وتفصيلاً يُعطي صورة ثلاثية الأبعاد لما تحت الأرض تكون واضحة وضوح الخريطة الجيولوجية ومُسجّلة لتطوّر صفحة الأرض خلال ملايين السنين (الشكل 1). ويُعدّ الجيوفيزيائيون في الصناعة الهدروكربونية عند بحثهم عن حقول النفط والغاز، مسؤولين إلى حدّ كبير عن إنشاء هذه الخرائط عندما يفتشون عن الإشارات الدالة على خزّانات الهدروكربون.



الشكل 1 - الهدف من المسح الزلزالي الثلاثي الأبعاد - صورة لترتيب الصخور الجوفية. هنا (على اليمين) صدع احتبس النفط ضمن خزّان رسوبي وسرير لنهر قديم يتعرّج عبر سطح أرض قديمة.

* نشر هذا المقال في مجلة *New Scientist*, 10 November 2001. ترجمة هيئة التحرير - هيئة الطاقة الذرية السورية.

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

يتجمّع النفط والغاز في أعماق باطن الأرض ضمن صخور مسامية ونفوذة. وتتمتع هذه الصخور بفجوات بين حبيباتها ذات أبعاد مكروية وتحت ملّيمترية يجري عبرها الماء والموائع الأخرى. تتشكّل الهدروكربونات عندما تُدفن الرواسب الطينية الغنية بالمواد العضوية - مثل بقايا المتعضيات المكروية الطافية(البلانكتون) - وتتعرّض للحرارة الصادرة من باطن الكرة الأرضية. يخرج الماء عند عصر الطين الذي يتحوّل إلى صخر. تختزل الحرارة والضغط البقايا العضوية إلى جزيئات الهدروكربون التي تملأ بالتدريج الفراغات المسامية الدقيقة في الصخر. ويدفع ثقل الرواسب الموجودة في الأعلى الغاز أو النفط نحو الأعلى حتى يصل إلى طبقة كتيمة حيث ينحبس تحتها.

إنّ أكثر ما استُخدم من طرائق للبحث عن النفط والغاز هي الطريقة **الزلزالية الانعكاسية** (الشكل 2)، حيث يكون مصدر الاهتزازات والمستقبِل receiver قريبين بعضهما من بعض - فالإشارات التي يتم

الشكل 2 - الاستمرار في الاتصال - مصفوفات من المصادر والمستقبِلات متصلة فيما بينها بكبلات (اللون الأزرق) على سطح الأرض، وبصورة متزايدة عن طريق السواتل.

كشفها هي الاشارات التي تنتقل في الأرض إلى الأسفل بصورة مستقيمة تقريباً وترتدّ ثانية إلى السطح. يتضمن أبسط شكل لهذا النوع من المسح إثارة نبضة من الاهتزازات في **نقطة الإطلاق** (سُمّيت بهذا الاسم نظراً لأنّ المسوح المبكرة استخدمت المتفجرات)، وتلقّي الاشارات عندما ترتدّ راجعة إلى السطح. وعملياً، يستخدِم المسح الزلزالي **خطوطاً** أو **صفيفات** من المكاشيف يبلغ عددها أحياناً المئات لا بل الآلاف على طول **الخطوط الزلزالية** (الشكل 3).

وعندما يعمل المسّاحون الزلزاليون، على اليابسة يمكنهم أن يستخدموا، كمصدر للاهتزازات، إمّا انفجاراً متحكماً به في حفرة ضحلة، وإمّا آلة اهتزاز. والطريقة السائدة هي استخدام **مركبة هزّ**، وهي شاحنة يُركّب فيها لوح معدني كبير يمكن تخفيضه ليلامس سطح الأرض ويحمل وزن الشاحنة. وعندما تهتزّ الشاحنة لعدة ثوانٍ فإنها تُحدث في الأرض أمواجاً زلزالية مناسبة.

ويمكن استخدام **جيوفونات*** geophones لتسجيل الاهتزازات (انظر المؤطّر 1)، ولكنّها لا تسجّل إلّا الحركات الشاقولية. وأفضل أنواع المكاشيف هي مقاييس الزلزلة ذات العُصابة العريضة broadband seismometers، لاستطاعتها التقاط المجال الأعرض من التواترات وبالتالي تسجيل إزاحة سطح الأرض بالأبعاد الثلاثة. ولكنّها تعطي كمّية هائلة من البيانات معظمها يكون بدون فائدة. وتُستخدم في الأغلب مكاشيف أبسط وأرخص نظراً للحاجة إلى المئات بل إلى الآلاف منها لكلّ خط زلزالي. (تشير التسمية "الخط الزلزالي" أيضاً إلى البيانات التي تعطيها المكاشيف).

وعند العمل في البحار يستخدم مسّاحو الزلازل إمّا الانفجارات وإمّا نبائط تُطلق دفقة من الفقاعات تثير موجة ضغط تُحرّض، عند وصولها إلى قاع البحر، موجة زلزالية. وتقوم مراكبهم المتخصّصة بالمسح بجرّ خطوط طويلة من الهدروفونات hydrophones - وهي محسّات ضغط يمكنها التقاط الأمواج الزلزالية المنقولة من قاع البحر في الأسفل عبر مياه البحر.

وكيفما أو حيثما حصلت عملية المسح فإنّ الإشارة الأولى الملتقطة ستكون الاهتزازات التي انتقلت مباشرة إلى المستقبِلات على امتداد سطح الأرض أو البحر. أمّا الإشارة التالية فستكون الإشارة المنعكسة من الحدود الزلزالية الرئيسة الأولى - أي من التغيّر الرئيس الأول في خواص الصخور، أي التغيّر مثلاً من غضار صفحي إلى حجر رملي - وتتبعها إشارات من الطبقات الأعمق. ويمكن لعلماء الزلازل، بعد معرفة **سرعة** الأمواج في الأنواع المختلفة من الصخور ومعرفة نوع الصخر الذي يُتوقّع وجوده في الطبقات العلوية، أن يحدّدوا أزمنة الانتقال إلى الحدود الصخرية المختلفة، كما يمكنهم تحديد

* أجهزة لقياس الاهتزازات الزلزالية الأرضية بتحويلها إلى إشارات كهربائية.

المؤطّر 1: عندما تتحرّك الكرة الأرضية: الأنماط الزلزالية ونبائط التحسُّس

تُطلِق الزلازل سلسلة من الأمواج الزلزالية، بعضها ينتقل على سطح الكرة الأرضية (تدعى الأمواج السطحية)، وبعضها الآخر ينتقل عبر الأجسام الصخرية (وتدعى **الأمواج الجسمية الزلزالية**. يعتمد الاستكشاف الزلزالي على الأمواج الجسمية، وبصورة رئيسة على أمواج الضغط المسماة أمواج-p. وهناك أيضاً أمواج القصّ shear waves وتُعرف بأمواج - s. وبتعبير أعمّ، كلما كان الصخر أكثف وأعمق تنتشر الأمواج الزلزالية فيه بصورة أسرع وأينما يوجد نوعان مختلفان من الصخور الواحد بعد الآخر فإن التباين عند الحدود بينهما يحدّد أية أمواج زلزالية تنعكس أو تنكسر وبأية سرعة تنتشر وبأية وسرعتها وبأية كثافة للصخور.

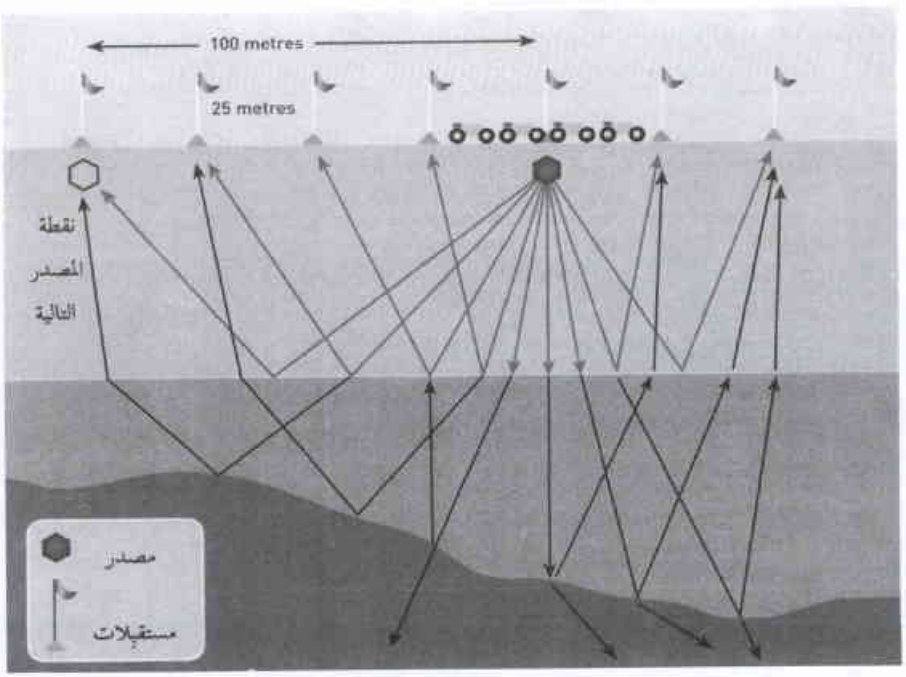
تعتمد شدة الانعكاس على التباين بين الطبقتين، وبصورة عامة تتعلّق هذه الشدة بعبارات **الممانعة الصوتية** acoustic impedance لكل طبقة والتي تساوي جداء السرعة الزلزالية seismic velocity بكثافة الصخر. فإذا كانت الممانعة مختلفة جداً بين نوعي الصخر؛ فإنّ الحد بينهما **سيشكّل عاكساً** قوياً ويظهر ذلك بوضوح على البروفيلات الزلزالية.

تُشكّل عملية الانعكاس الكلّية عند السطوح البينية المختلفة أمراً معقداً، رغم أنّها تتبع القوانين نفسها التي يتبعها انكسارالضوء وانعكاسه. فبعض الطاقة سوف ينكسر أو ينعكس عند كلّ سطح، وسيتحوّل جزء من أمواج الضغط p إلى أمواج قصّ s، وقد يرتد بعض أجزاء الإشارة عدة مرّات بين الطبقتين. وكلّ هذه العمليات تؤثّر على كيفية وصول الإشارات إلى المكاشيف، وتجعل التقاط نمط الاهتزازات بالمكاشيف مشوشاً.

تلتقط **الجيوفونات الكهرطيسية** الاهتزازات الزلزالية وتحوّلها إلى إشارات كهربائية يتم تسجيلها لإنشاء مخطط زلزالي. تتألّف هذه الجيوفونات من وشيعة مثبتة بين قطبي مغنطيس على نوابض دقيقة ومحمولة على سفوة spike منغرزة بالأرض. وعندما تهتز الأرض تسعى عطالة المغنطيس لإبقائه في مكانه في حين تتحرّك الوشيعة. وتؤدي الحركة النسبية للوشيعة والمغنطيس إلى توليد فولطية متناسبة مع سرعة حركة الأرض التي تُسجَّل رقمياً للمعالجة.

أمّا الهدروفونات المستخدَمة تحت الماء فتحتوي على حظار diaphragm حسّاس يستجيب إلى التغيّرات في الضغط.

تُفضي الجيوفونات والهدروفونات ومقاييس الزلزلة الأخرى البسيطة إلى التقاط تواترات محدَّدة فقط، وبصورة خاصة، الحركة الشاقولية للأرض وليس الاهتزازات الثلاثية الأبعاد. أمّا **المكاشيف** ذات العُصابة العريضة فيمكنها، مع ذلك، التقاط المجال الكامل من التواترات ضمن الأمواج الزلزالية. إذ تُمكّن الأجهزة ذات العُصابات العريضة من التقاط الإشارات المنكسرة، ومن جمع تفاصيل أكثر عن طبيعة الإشارة. فقد ثبتت فائدتها في مسوح الأعماق، وبصورة خاصة في البحار، حيث، على العكس من النموذج العادي، لا يوجد إلّا عدد قليل من مقاييس الزلزلة الغالية الثمن ذات العُصابات العريضة في صناديق كتيمة على قاع البحر، والكثير من نقاط التفجير shot points التي توضع عادة بالقرب من المركب الذي يناور لوضع الخطوط الزلزالية.



الشكل 3 – مصادر ومستقبلات على مقطع زلزالي يقطع الأرض بأمواج (اللون الاحمر) انعكست على طبقة صخرية منبسطة وأمواج أخرى (اللون الأسود) انكسرت لتنعكس على طبقة أعمق غير منتظمة.

المسافة التي انتقلت فيها الأمواج ويبنون منها صورة لشكل الطبقات الصخرية الباطنية (انظر المؤطّر 2).

لدى الجيوفيزيائيين لحسن الحظ الآن إمكانية استعمال نماذج جيدة من أجل ما يُدعى **بنية السرعة** velocity structure لمعظم مناطق الكرة الأرضية. وهذه أمور تمّت معرفتها عبر استكشافات متكرّرة في الأمكنة التي يتصادف فيها حفر الآبار وإجراء المسوح الزلزالية. إنّه من الممكن أن نستنتج من الطبقات الصخرية في الآبار مدى تأثيرها على الموجة الزلزالية وتعرُّف أمكنة وجود العواكس المهمة. وعند ذلك يمكن استخدام تلك المعلومات لتمييز العواكس القوية ومطابقتها مع الحدود التي تُرى على المقطع الزلزالي.

يتطلّب تفسير البيانات الرقمية من المسوح الكثير من المعالجة العددية. ومع هذا فهي حالة فرز، بصورة أساسية، للمعلومات من الخطوط

المؤطّر 2: إنشاء أحسن وأوضح صورة ثلاثية الأبعاد

لجعل المعلومات مفيدة من الناحية الجيولوجية، يحاول الجيولوجيون تجميع خطوط مسحهم لإظهار مقطع زلزالي. فهم يرسمون خطوط المسح الواردة من كلّ طلقة تخترق شاقولياً نحو الأسفل الواحد بعد الآخر على طول خط المسح الأفقي.

إنّ المرحلة الأولى الشائعة لجعل الإشارات من المعالم الجيولوجية تبدو واضحة هي تعرّف الاهتزازات التي تصل إلى كلّ جيوفون أو هدروفون مع انتمائها إلى أي طلقة. وبعد ذلك يمكنهم إزالة أية طلقة لم تنطلق أو أي مكشاف معطّل.

تبدأ المقاطع الزلزالية مع مقياس شاقولي لزمن ذهاب وإياب، أي الزمن الذي تستغرقه الأمواج الزلزالية للانتقال إلى الأسفل والعودة من عمق محدّد. تنعكس موجة الضغط p من الانفجار البدئي عندما تُصادف سطحاً عاكساً قوياً. هكذا، لأن العاكس مرن ويعكس طريق الذهاب الواحد ومن ثمّ الطريق الآخر، يسجّل المستقبِل زوجاً موجياً wave pair أو **مويجة** wavelet (الشكل 4 b).

يتعرّف علماء الزلازل خطوط المسح الزلزالية من مواقع مختلفة على الخط وينظمونها في ترتيب محدّد. وإذا قاموا بعد ذلك بملء نصف أي من الإشارات المويجية الواردة من العواكس القوية بالأسود (الشكل 4b)، فإنهم يدمجونها في الشريحة المركّبة محدّدين بذلك طبوغرافية السطح العاكس.

ويتمكّن علماء الزلازل، باستخدام نموذج **بنية السرعة** للمنطقة قيد الدرس، من قلب زمن إشارة الانتقال إلى مقياس حقيقي للعمق مقدّراً بالكيلومترات. وعند ذلك يحصلون على صورة مفصّلة عن البنية تحت السطحية تبيّن طبقات الصخر وطياتها وصدوعها وحالات اللاتوافق (**حالات اللاتوافق** هي سطوح انقطع عندها تسلسل تشكيلة الصخر بالنهوض المكوّن للجبال وبعملية التحات أو بالخسف نتيجة التصدّع).

أمّا عملية **التكديس** stacking فهي تقنية يمكن أن تساعد في إظهار الإشارة بصورة أوضح مقابل أي **ضجيج خلفي** – الانعكاسات العشوائية. إذا أجريَت محاولة القيام بمسح انعكاسي ضحل باستخدام مطرقة، فإنّ ضربات مطرقة واحدة لن تكون قوية بصورة كافية لإعطاء إشارة واضحة. غير أنّ جمع خطوط المسح من ضربات متعدّدة يمكن أن يقوّي الانعكاس.

ويمكن أيضاً تجميع كلّ الإشارات المنعكسة من طبقة واحدة. وتدعى هذه التقنية التكديس العادي لنقطة – العمق common depth - point stacking. وهذا ما يقوّي الانعكاس من تلك الطبقة، في حين تنزع الأجزاء العشوائية من الإشارة لأن تُلغي كلّ واحدة الأخرى. يُفضي جزء من هذه المعالجة إلى تعرّف المسافات المختلفة التي قطعتها هذه الإشارات المختلفة ومن ثمّ تصحيحها.

فمثلاً، ستعطي ميول الطبقة ونوعاتها نتائج شاذة، وهكذا تحتاج المعالجات الزلزالية إلى دمج المعالم الجيولوجية. ومثل هذه المعالم لاتحتاج لأن تقع على طول الخط نفسه، فالطيّات والصدوع في الصخر على جوانب الخط الزلزالي قد تعكس الأمواج الزلزالية بحيث يُظن أنها آتية من معالم غير اعتيادية على طول الخط نفسه. إذا انتهت الطبقة بصورة مفاجئة – مثلاً، عندما تنزاح بصدع – فإنّ الأمواج الزلزالية ستنكسر عند الطرف. وهذا ما يؤدي إلى خطوط مسح traces منحنية على الخط الزلزالي، ومثل هذه الابتسامات الانكسارية يجب تعرّفها وإزالتها.

ويمكن فهم الكثير من هذه الأشياء الغريبة إذا تمت مقارنة نتائج جمع الكثير من نقاط الإطلاق والمستقبِلات المختلفة، وبذلك يمكن رؤية الشيء نفسه من زوايا مختلفة.

الزلزالية لتطوير شرائح ذات بعدين للجيولوجيا المحلية وخلطها بعد ذلك للحصول على صورة ثلاثية الأبعاد.

تقع معظم الاستكشافات الزلزالية على طول خطوط، وتؤدّي إلى إنتاج **بروفيلات زلزالية** – مكافئة للمقاطع العرضية الجيولوجية . ومعظم البروفيلات الزلزالية الانعكاسية تصل إلى عمق نحو 6 كيلومترات، حيث يُكتشف عادة النفط والغاز، إذا كانا موجودين. يعتمد ميْز البروفيلات الزلزالية على الطول الموجي لموجة جسمية زلزالية seismic body wave، وبصورة رئيسة على أمواج الضغط (انظر المؤطّر 1). غير أنّه لا يمكن، مهما كان الطول الموجي، التقاط تفاصيل أصغر من ربع الطول الموجي هذا (رغم أن الميْز يكون، عملياً، بنحو نصف الطول الموجي). إن الأمواج الجسمية الزلزالية في باطن الأرض أطوالاً موجية قدرها 500 م، وهكذا فإنّ ميْزاً قدره حوالي 200 م هو في حدود مسوح زلزالية استكشافية نموذجية. ويمكن أن تُرى تفاصيل أكثر في بعض الحالات عندما تُستعمل، مثلاً، مسوح ضحلة أو باستعمال مستقبِلات بمسافات متقاربة. وكلّما أردت النظر إلى عمقٍ أكبر كلّما كنت بحاجة إلى طاقة أكبر.

في معطف الأرض: بروفيلات عميقة وتصوير مقطعي طبقي

إنّ أحد المجالات، الذي قدّم فيها المسح الزلزالي فوائد إلى العلوم الجيولوجية بصورة عامة، يتعلّق بالبنى العميقة جداً من الكرة الأرضية. فقد طبّق الجيوفيزيائيون التقانة التي طوّرتها الصناعة حتى لإنتاج صور الموهو Moho – الذي يمثل الحدود الفاصلة بين لبّ الكرة الأرضية ومعطفها. ومع ذلك، فإنّ الطاقة المتزايدة والأجهزة الكثيرة اللازمة عادة ما تعني بذل جهد جماعي. فعندما نُفّذ هذا النوع من البروفيل الزلزالي الانعكاسي على اليابسة تطلّب مصادر طاقة أشد كثيراً. فقد استخدَمت بعض الخطوط التي نُفّذت على اليابسة أربع شاحنات هزّ تعمل معاً لتوليد النبضة الزلزالية. فعوضاً عن اهتزازها لبضعة ثوانٍ استمرت حتى نصف دقيقة.ومع ذلك، فإن معظم الخطوط الزلزالية الانعكاسية العميقة تمت في البحر. فمثلاً، أنتجت "نقابة المؤسسات البريطانية للبروفيلات الانعكاسية" (وهي اتحاد من الجامعات والمعاهد والصناعة جمّع موارده وخبراته في الثمانينيات) خطوطاً زلزالية حول الجزر البريطانية أظهرت فيها الحدود بين القشرة الأرضية والمعطف، وكشفت عن أنها متقطّعة بصدوع.

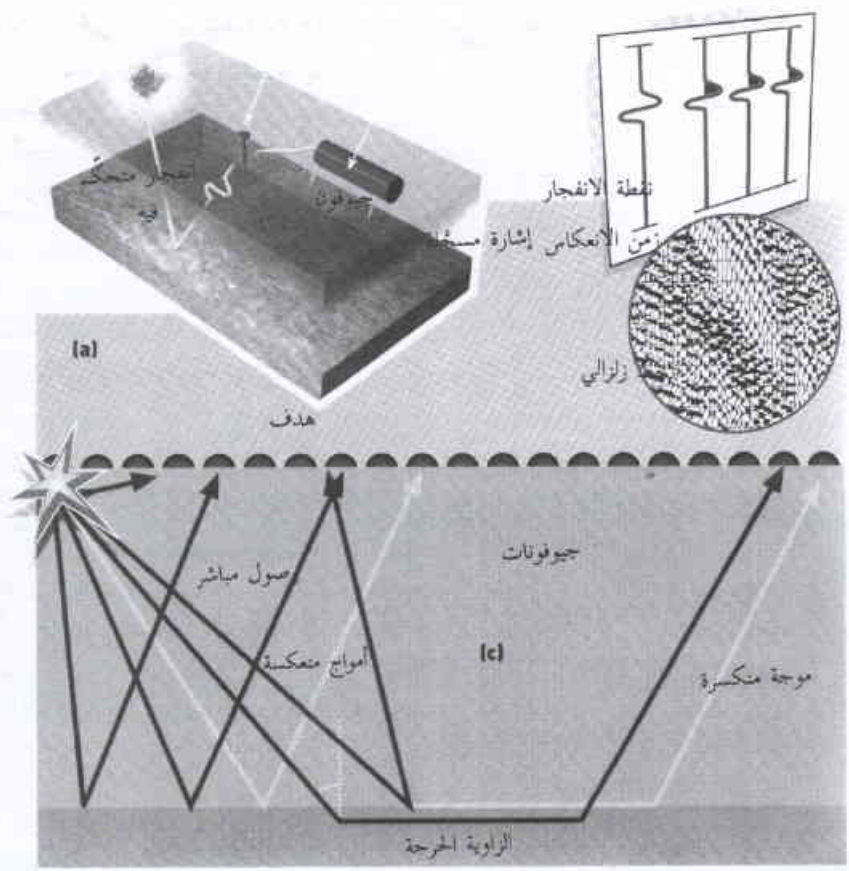
وقد طبّق المسح الزلزالي العميق أيضاً تقنيات التصويرالمقطعي الطبقي مستخدماً الأمواج الزلزالية الصادرة عبر الكرة الأرضية بعد حدوث الزلازل. يضع علماء الجيوفيزياء مقاييس الزلزلة لالتقاط الأمواج في الأمكنة التي يمكن أن يحصلوا فيها على بيانات مفيدة. تُقارَن البيانات تماماً كما تُقارَن بيانات ماسحات التصوير الطبقي المحوري المحوسب Computerized Axial Tomography (CAT) في المستشفيات مع نموذج مرجعي لتحديد كل شيء شاذ. يكون النموذج في التصوير الطبقي الزلزالي العميق المرجع الذي يُعطي أفضل المعلومات المتاحة عن السرعات الزلزالية لطبقات الكرة الأرضية المختلفة، من قشرة الأرض إلى لبّها. فإذا كان لجزء هام من الكرة الأرضية سرعة زلزالية مختلفة عن النموذج النظامي، عندئذ ستقوم هذه التقنية بالعثور عليها.

لماذا يجب أن يظهر مثل هذا الاختلاف؟ من خلال التصوير الطبقي الزلزالي تم التوصل إلى اكتشافٍ مهم يتمثّل في استمرار وجود صفائح من الغلاف الصخري، تنزلق تحت قشرة الكرة الأرضية في منطقة الانغراز subduction، كأجسام متميّزة من الصخور، حتى لبّ الكرة الأرضية تقريباً. ويمكن أن تُرى بهذه الطريقة لأن تركيبها يختلف عن تركيب صخور المعطف التي حولها، وهكذا فإنّ سرعاتها الزلزالية تكون أقل من المتوقع.

كثيراً ما يتفحّص علم الزلازل الاستكشافي ستراتغرافية الصخور الرسوبية الضحلة التي تتشكّل على أطراف المحيطات، بدءاً من زمن تشقّق القارات، مثلما يحدث حالياً في البحر الأحمر. وهذه هي الأمكنة التي يتشكّل فيها الغاز والنفط ويتجمّع في خزّانات (الشكل 1). فقد بيّن علم الهزّات الاستكشافي كيفية حدوث هذا الأمر بتفصيل مثير. إذ يمكننا أن نرى على هذه الخطوط الزلزالية أنّ بعض الطبقات الرسوبية يمتد بصورة مسطحة على الأرضية القديمة للبحر، وبعضها الآخر يكون مائلاً عليها وتقطعه الصدوع، أوتعرّض للتحات ليحتل مكانه لاتوافق طبقي uncomformity. وباختصار، يمكننا العثور على الكثير من المعالم التي يمكن تعرّفها من الملاحظات الجيولوجية يوماً بعد يوم.

الستراتغرافيا، أو علم طبقات الأرض، هو العلم الذي يدرس تاريخ الطبقات الصخرية والترتيب الذي تشكّلت فيه. يتيح علم الستراتغرافيا الزلزالي للجيولوجيين تعرّف مجموعات الصخور المتجانسة نسبياً والمحدّدة بسطوح يمكن العثور عليها على المقاطع الزلزالية. وهذا يعني أنّه يمكن التركيز على التغيّرات الرئيسة التي حدثت خلال توضّع الرواسب، مثل الخسف الإقليمي أو التغيّر في سوية البحر. وسّع الباحثون هذه الطريقة من البحث خلال عملية الترسيب إلى علم الجيولوجيا ككلّ. فعندما قارنوا التسلسلات الصخرية وحدودها المنتشرة عالمياً، تبيّن لهم أنّ بعض المراحل التي بدا أنّها تُمثّل خسفاً للأرض، حدث تماماً عبر العالم وفي الوقت نفسه. وقد استنتجوا من ذلك أنّه عوضاً عن هبوط اليابسة لابدّ وأن تكون سوية البحار قد ارتفعت. غير أنّ الدراسات الأحدث قادت علماء الستراتغرافيا إلى الاعتقاد أنّ التغيّرات التي لوحظت هي تغيّرات معقّدة وتعتمد على معالم معيّنة مثل تزويد المنطقة قيد المسح بالرواسب، كما تعتمد على التغيّرات في سوية البحار التي يمكن أن تكون محلية وليست شاملة.

رغم أنّ علم الزلازل الانعكاسي (الشكل 3) أصبح الوسيلة الرئيسة لاستكشاف واستخراج النفط والغاز، إلّا أن الصناعة النفطية أوجدت طريقة مشابهة تَستخدِم الإشارات المنكسرة لفهم أوسع لخصائص الصخور في الأعماق. ففي علم **الزلازل الانكساري** تكون التقنيات المستخدمة مشابهة، باستثناء أن مصدر الإشارات والمستقبِلات تكون متباعدة بحسب عمق المقطع. ويمكن لعلماء الزلازل التقاط الشعاع (الموجة) من طبقة أعمق في الكرة الأرضية الذي انتقل على امتداد جوار سطح التماس بين تلك الطبقة والطبقة التي تعلوها. وهذا الشعاع (الموجة) يكون قد وصل إلى تلك الطبقة **بالزاوية الحرجة** (الشكل 4c)، التي تعتمد على خواصّ الطبقتين. ويمكن استنتاج سرعة الأمواج الزلزالية في الطبقة السفلى برسم مخطط أزمنة الوصول الأول إلى المستقبِلات المتباعدة بالتدريج مقابل المسافة. ويعطي ميل المخطط السرعة. وتنتج السرعات في الطبقات الأعمق



الشكل 4 – من الانفجار إلى التفسير: تنعكس الأمواج الزلزالية وتنكسر من طبقة هدف تحت أرضية (a) ويأخذ كلّ وصول للموجة مكانه على مقطع أبيض وأسود (b).

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

من حسابات مشابهة، ولو أنها أكثر تعقيداً. تمتاز هذه الطريقة في أنّها قادرة على الاختراق إلى مسافة أكبر، رغم أنّ التفاصيل لاتكون، بصورة عامة، جيدة من أجل الأعماق الضحلة مثلما تكون التفاصيل التي تعطيها تقانة الانعكاس. يُعدّ علم الزلازل الانكساري الآن وسيلة بحث مهمّة، لأنّه يمثّل طريقة لاستكشاف الصخور التي يصعب الوصول إليها، مثل طبقات المعطف الأقرب إلى لبّ الكرة الأرضية الموجود على عمق 2800 كم.

يمكن أن يزوّدنا علم الزلازل الانكساري أيضاً بكثير من المعلومات المتعلقة بطبيعة الصخور. فمثلاً، إنّ الكثير من الصخور يكون مطبّقاً بمقياس دقيق ويستحيل تحديده على المقطع الزلزالي. غير أنّ هذا التطبّق يفترض أنّ خواص الصخور تكون مختلفة عندما تتحرّك الأمواج الزلزالية عبرها في اتجاهات مختلفة. وهذا أمر يمكن أن يكون مهماً في الصخور الحازنة مثلاً، حيث نجد أنّ المسام تكون متصلة مع بعضها على طول الطبقات في الصخر ممكّنة بذلك النفط من الانسياب جانبياً، في حين تمنعه من التحرّك نحو الأعلى أو الأسفل.

يكون الجيوفيزيائيون قادرين على نمذجة تفاصيل البنية تحت السطحية، مثل تحسين التفاصيل المتعلقة بالحدود المعقّدة، أو العثور على تغيّرات على طول حدٍّ من الحدود عن طريق مرسمات الزلزلة التركيبية synthetic seismograms. وهذه التقنية تحسب ما سيحدث لنبضة زلزالية نموذجية تنتقل عبر سلسلة من الطبقات تتلاءم مع الطبقات المفترض أنّها باطنية. وبعد ذلك يقارن المعالج مرسمة الزلزلة التركيبية مع مرسمة زلزلة حقيقية ويغيّر خواص الطبقات، أو يضيف أو يزيل طبقات ليتم التلاؤم مع واقع الأمر.

قادت زيادة طاقة الحوسبة إلى الاستخدام الواسع بصورة متزايدة للمسوح الزلزالية الثلاثية الأبعاد. فعوضاً عن استخدام مجرّد مصفوفات من مصادر الطلقات والمستقبِلات على طول خط واحد، تُشغّل طرائق المسح الحديثة عدة خطوط الواحد بعد الآخر، أو تُركّب مصفوفات من المستقبِلات بنموذج معيّن على السطح، وبعد ذلك تُعالج النتائج لتشمل كلّ نقاط الطلقات والمستقبِلات. و رغم أنّ هذه الطريقة تتطلّب الكثير من المستقبِلات الإضافية وتكون فيها عملية المعالجة أكثر تعقيداً إلى أبعد الحدود، إلّا أنّها أصبحت بسرعة الوسيلة الأفضل لفهم المناطق، حيث تتحكّم بتجمّع النفط والغاز بنى معقّدة، مثل الصدوع المتفرعة.

ويمكن أيضاً الحصول على نتائج أكثر دقة نظراً لإمكانية اكتشاف تأثيرات معالم خط زلزالي أحادي في أجزاء أخرى من المسح، لأنّ معالجة كلّ خط على حدة تكون موثوقة أكثر. غير أنّ المزيّة الكبرى تكون في أنّ هذا النوع من المسح يتعامل مع الصخور في أبعادها الثلاثة، سواء أكان ذلك في المقاطع العرضية أو الخرائط أو الخرائط عبر الزمن.

كما يمكن لعلماء الأرض الآن البحث في خرائط ثلاثية الأبعاد لأراضي المنطقة قيد الدرس في أزمنة جيولوجية مختلفة. إذ تبيّن كلّ خريطة الصخور على السطوح عند زمن محدّد من التاريخ الجيولوجي فقد تُشاهَد في إحدى هذه الخرائط رواسب رملية متوضّعة في قناة تحت بحرية تعرّج مجراها عبر صخور غرينية وطينية. وتُشاهد بعد عدة ملايين من السنين طبقة ثخينة من الرمل الطيني تغطّي الرمل والطين معاً. ينضمّ هذان المنظران لتكوين خزّان نفطي محتمل مع بقايا عضوية في طين قاع البحر والتي تتفسّخ لتكوين النفط الذي بدوره يمكن أن يهاجر إلى رمال القناة النظيفة، حيث ينحبس فيها لأن الطبقات الطينية التي تعلوها تشكل غطاءً كتيماً. ويمكن أن يُبيّن منظر المسح الثلاثي الأبعاد شكل وامتداد واتجاه خزّان نفطي أو غازي قيّم – وهذه معالم يصعب إيجادها إلّا بحفر الآبار العميقة المكلفة والمعتمدة على التخمين.

ويحصل الجيولوجيون أيضاً، أثناء تحرّياتهم عن النفط والغاز واستخراجه من خزّاناته، على صور جديدة لأهدافهم من التقدّم في قدرة المعالجة. إنّ وجود النفط أو الغاز في بعض الصخور يغيّر خواص الصخور؛ فالحجر الرملي المشبع بالماء يبدو مختلفاً على المقطع الزلزالي عن الحجر الرملي المملوء بالغاز أو النفط. وهذه الخواص يمكنها أن تغيّر تباين الممانعة عند الحدود الفاصلة بين نوعين من الصخور (انظر المؤطّر 1)، وهذا ما يجعل الانعكاسات من خزّان مشبع بالغاز مثلاً أشدّ من الانعكاسات من أجزاء الخزّان السفلى المشبعة بالماء.

لاتعطي المسوح الزلزالية الثلاثية الأبعاد فقط صورة دقيقة جداً عن شكل هذه الخزّانات وإنما يمكنها أيضاً أن تتيح لعلماء الأرض تقدير توزع النفط والغاز ضمنها، والعثور على أية عوائق يمكن أن تقف في طريق استخراج الاحتياطي من النفط والغاز. فالصدوع التي تقطع عرضياً خزّاناً ما مثلاً تهشّم الصخور وتسد الفراغات المسامية التي يجب أن يمرّ عبرها النفط، وهكذا فإنّ ذلك الجزء من الخزّان يكون في الواقع خالياً من النفط. وقد لايُعثر على ذلك في النمذجة البسيطة التي تعتمد على خط زلزالي فقط، في حين يظهر في المسح الثلاثي الأبعاد. وفي الوقت الحاضر نستطيع في الواقع مراقبة استخراج النفط والغاز من الخزّانات، أمّا في المستقبل سيتمكن جيولوجيو الإنتاج، بميزٍ جيد كافٍ ومعالجة سريعة كافية، من مراقبة خزّان فارغ قبل أن تراه عيونهم نفسها.

أثبتت المسوح الزلزالية أنّها أداة مربحة في صناعة الغاز والنفط وهكذا فهي جزء مهم في الازدهار الصناعي الحديث. غير أنّ الحواسيب التي تزداد طاقتها بصورة مطردة مع برمجيات المعالجة الذكية تدل على أنّها الطريقة المستقبلية للكثير من الاستكشافات الجيولوجية. ومثلما تكشف عن تفاصيل الكيلومترات العشرة العلوية من باطن الكرة الأرضية، يمكن للتقنيات الزلزالية الأحدث أن تبحث بتعمق النشاطات الداخلية لكوكبنا.■

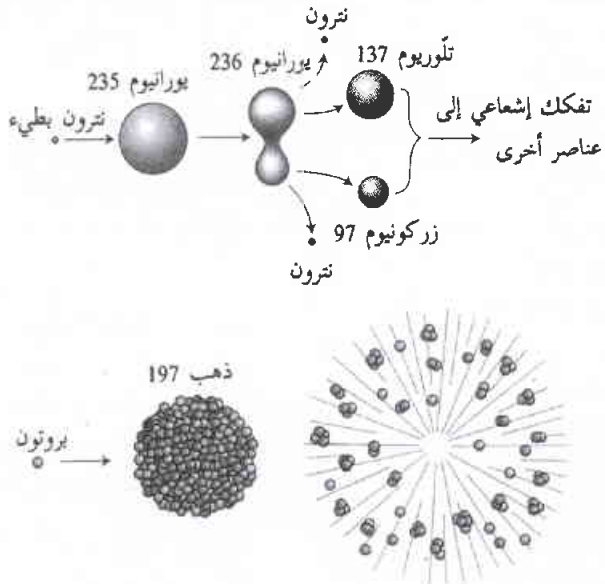
☆ ★ ☆

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

أخبار علميّة

1- محطّم الذرّات يسبر مملكة "الغاز"النووي★

"يالمفاجأة، فهذه النواة السائلة جداً ستتبخر". لو كان هملت Hamlet متخصّصاً في الفيزياء النووية، ربما كان سيشعر بالابتهاج أكثر. والغريب كما يبدو أن النوى الذرّية تسلك أحياناً سلوك السوائل، وعندما يتم سفعها لوحدها بطاقات عالية إلى حدٍّ كافٍ فإنها تطشّ وتتحول إلى غاز. والآن قام العلماء، الذين يعملون في مختبر بروكهافن الوطني في أوبتن Upton بنيويورك، بوضع خطة للشروط التي تستطيع فيها نوى الذهب أن تقوم بتلك القفزة، أي المعلومات التي يمكن أن تساعد في الكشف عن أسرار ولادة نجم نتروني.



أعطى الفيزيائيون توأماً جديداً لنموذج القطرة السائلة للانشطار (في الأعلى) بواسطة "تبخير" نوى الذهب (في الأسفل)

يعتمد العمل على نموذج كان قد وضعه الفيزيائيون في الثلاثينيات لتفسير انشطار اليوراتيوم. فالنترون الذي يصدم نواة كتلتها أكبر بمئتي مرة من كتلته لايخرّب جذاذة أو جذاذتين تقريباً؛ إذ يشطر النواة بشكل لطيف إلى قسمين. وأدرك الفيزيائيون أن نواة اليورانيوم تسلك سلوك قطرة ماء أكبر من الحجم المعتاد. وعندما يصدمها نترون تهتز النواة وتتمدّد ومن ثمّ تنشطر إلى قسمين متساويين تقريباً (نائرةً بضع شظايا أصغر، كالنترونات، أثناء العملية). يقول فكتور فيولى V. Viola، وهو فيزيائي لدى جامعة إنديانا، في بلومنغتون Bloomington: "تسلك نوى الحديقة المنوّعة في كلّ يوم سلوك السائل، وهذا وصف ناجح جداً".

قرّر فيولى وزملاؤه تطوير مضاهاة (مقارنة) السائل من خلال تحديد معادلة الحالة للنواة- أي العلاقات بين الضغط ودرجة الحرارة التي تُحدّد متى تسلك النواة سلوك الغاز ومتى تسلك سلوك السائل. وفي بروكهافن، أطلقوا بروتونات وبيونات وبروتونات مضادة على وريقة رقيقة من الذهب، وأضافوا طاقة تؤدي إلى غليان نوى الذهب. وفي غضون ذلك هنالك نبيطة تدعى كرة إنديانا السليكونية (ISiS) - وهي عبارة عن كرة بحجم كرة الشاطئ مزوّدة بـ 450 كاشفاً - تتعقب بدقة أثر حجم وطاقة الجزيئات المتطايرة.

حلّل الفيزيائيون القراءات التي حصلوا عليها بطريقتين مختلفتين : الأولى تبدأ بتوزيع حجوم الأجزاء المتطايرة من النوى. يقول فيولى: " في الماء المغلي لاتحصل على جزيئات ماء منفردة ومنزوعة، بل ستحصل على متثانيات dimers ومثلوثات trimers ورباعيات tetramers . إذ ترتبط درجة حرارة البخار بالأعداد النسبية لتلك العناقيد". وبمقارنة الطاقة المضافة إلى النواة (ومن ثمّ "درجة حرارتها") مع الوفرة النسبية للشظايا حدّد الفيزيائيون خواص "السائل" النووي، بما في ذلك درجة حرارته الحرجة: وهي الدرجة التي لم يعد يوجد فوقها الطور السائل، والتي حسبوها عند طاقة قدرها 7 ملايين إلكترون فولط تقريباً. أما التحليل الثاني فيضع مباشرة نماذج لتفكيك وصنع الروابط النووية ويتوصّل إلى درجة حرارة حرجة أعلى قليلاً، أعلى من 8 ملايين إلكترون فولط تقريباً.

يقول جوزيف ناتوويتز J. Natowitz، وهو فيزيائي في جامعة تكساس A&M في كوليج ستيشن College Station: "في الحقيقة أعتقد أن هذا عمل جيد قاموا به"، وهو يعتقد أن الفيزيائيين سيتوصلون إلى حلّ التناقض حالما يُحكِمون قبضتهم على كيفية تمدد النواة وتفككها بعد الصدم. "فلدي بعض الأفكار"، هذا ما قاله ناتوويتز.

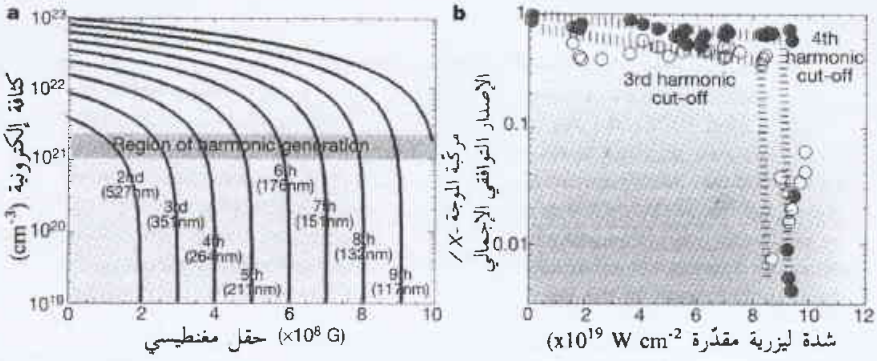
ومع أن التجاعيد بحاجة إلى الكوي، فإن النتائج قدّمت للفيزيائيين أداة جديدة لفهم "تبخير" النوى. كذلك يمكنهم أن يسلّطوا الضوء على العملية العكسية، أي تكاثف النوى من أجزاء أصغر. ويقول فيولى بهذا الصدد: "إن هذا يتعلق بما يحدث أثناء تشكيل النجوم النترونية". وإذا كان الأمر كذلك فمن المحتمل أن يكون العمل ناجحاً بشكلٍ واضح.■

2- قياس الحقول المغنطيسية الضخمة★★

من المتوقع وجود الحقول المغنطيسية الضخمة [4-1] في المنطقة العالية الكثافة من البلازما التي تتولّد أثناء التأثر الشديد للمادة الليزرية، قرب سطح الكثافة الحرجة حيث يحدث معظم عملية امتصاص الليزر، غير أنه لم يتم قياس هذه الحقول حتى الآن. وباستخدام نبضات مبأّرة على شذّات قصوى لدراسة تأثرات البلازما- ليزر [5]، سنكون قادرين على تسجيل أعلى الحقول المغنطيسية التي لم يسبق أن تمّ توليدها في المختبر- والتي تفوق 340 ميغاغوس- بوساطة عمليات قياس الاستقطاب للتوافقيات الليزرية المتولّدة ذاتياً.

وبما أن توافقيات الليزر تتولّد على سطح الكثافة الحرجة وبالتالي تنتشر بشكلٍ متناحٍ خارج المنطقة الكثيفة [6]، فقد وجدنا في قياس الاستقطاب النهائي لهذه التوافقيات طريقة فعّالة لاكتشاف قدر الحقول المغنطيسية التي

★ نشر هذا الخبر في مجلة *Science*, Vol 295. 25 JANUARY 2002. ترجمة مكتب الترجمة والتأليف والنشر - هيئة الطاقة الذرّية السورية.
★★ نشر هذا الخبر في مجلة *Nature*, Vol 415, 17 January 2002. ترجمة مكتب الترجمة والتأليف والنشر - هيئة الطاقة الذرّية السورية.



الشكل 1– قياس مخبري لحقول مغنطيسية أكبر من 340 ميغاغوس. a، مخطّط لقطوعات الموجة -x من أجل التوافقيات المختلفة (الثانية، والثالثة، وهكذا) للإشعاع 1.054 µm بعبارات الكثافة الإلكترونية للبلازما والحقل المغنطيسي. b، الموجة -x /الإصدار التوافقي الإجمالي للتوافقية الثالثة (الدوائر الجوفاء) والتوافقية الرابعة (الدوائر المملوءة) لسلسلة من الدفقات الليزرية.

تنطلق عبره. يُعدّ استخدام التوافقيات الليزرية المتولّدة ذاتياً ملائماً، لاسيما وأن هذه التوافقيات تتولّد تماماً في الوقت ذاته عندما تتولّد الحقول المغنطيسية وتنتشر بحيث تكون متّجهاتها **k** متعامدة مع الحقول المغنطيسية السمتية في البلازما – الأمر الذي يبسّط تفسير المعطيات. وفي تجاربنا، نستخدم خواص انتشار التوافقيات ذات الرتبة المنخفضة (أي التوافقيات ذات الرتبة الثالثة والرابعة والخامسة في البلازما).

تمّ الحصول على هذه النتائج بوساطة منظومة ليزر فولكان (الطول الموجي 1.054µm ، وطاقة النبضة 90 جول، ومدة النبضة 1 بيكوثانية تقريباً). أُجري للحزمة استقطاب p وتبئير إلى شدة عظمى قدرها $9x10^{19}$ W cm^{-2} على هدف رقيق صلب (0.1 - 1.0 mm). وقيست مركّبات الاستقطاب في التوافقيات الليزرية المنبعثة باستخدام مجالٍ دينامي عالٍ، وصفيفات نبائط مقرونة الشحنة كمكاشيف.

عندما تنتشر الموجة الكهرطيسية في البلازما الممغنطة بحيث يكون متّجهها **k** متعامداً مع الحقل المغنطيسي **B**، فإن الموجة غير العادية (الموجة -x، وهي الموجة التي يكون لها متّجه حقل كهربائي متعامد مع الحقل المغنطيسي) يمكن أن تعاني من قطوعات cut-offs وتجاوبات (انظر الشكل 1a). تحدث القطوعات عندما تكون قرينة انكسار البلازما مساوية للصفر، وتحدث التجاوبات عندما تقترب القرينة من اللانهاية. تنعكس الموجة -x عندما تواجه قطعاً ويتم امتصاصها في تجاوب. فعلى سبيل المثال، تحدث القطوعات بالنسبة للتوافقيات ذات الرتبة الخامسة والرابعة والثالثة عند 460، 340، 220 ميغاغوس على التوالي، من أجل كثافة إلكترونية قدرها $n_c = 2.4x10^{21} cm^{-3}$ (الكثافة الحرجة المعدّلة نسبوياً). تحدث التجاوبات عند الحقول المغنطيسية التي تكون أعلى من القطوعات. فالموجة (0) العادية (التي يكون فيها **E** موازياً لـ **B**) لاتتأثر بالحقل المغنطيسي – ويتضمن ذلك أنه إذا وُجد في البلازما حقل أكبر من حقل القطع، تكون الموجة العادية فقط قادرة عندئذ على الانتشار والوصول إلى المكشاف، وبالتالي تكون هي الوحيدة التي يمكن ملاحظتها.

هذا ما وجدناه فيما يتعلق بالدفقات ذات الشدة القصوى. يبيّن الشكل 1b نسبة المركّب-p (الموجة -x) إلى الإصدار الإجمالي (الموجة -x والموجة –0) من أجل التوافقيتين الثالثة والرابعة فيما يتعلق بمختلف الشدّات الليزرية الواردة.

وعند الشدّات العالية، فإن قطوعات الموجة -x يمكن ملاحظتها بشكلٍ واضح، بما في ذلك وجود حقل مغنطيسي أصغري مقداره 340 ميغاغوس في البلازما، ولم تُلاحَظ قطوعات من أجل التوافقية الخامسة. وهذا يدل على أن الحقل المغنطيسي الذُروي أدنى من 460 وأعلى من 340 ميغاغوس من أجل شدّات $9x10^{19}$W cm^{-2}. ومثل هذه الحقول هي أكبر بأكثر من مرتبة من أي حقل لوحظ سابقاً في المختبر [9–7]. وهذه القطوعات كانت قابلة للتجديد باستمرار في تجاربنا– ولكن فقط عند الشدّات الليزرية القصوى.

إن شدة الحقل المغنطيسي المتولّد بهذه الطريقة يمكن أن تقترب من شدة الحقول اللازمة لاختبار نماذج الفيزياء الفلكية للنجوم النترونية والأقزام البيض [10].

المراجع REFERENCES

[1] Wilks, S. C. et al. Phys. Rev. Lett. 69, 1383-1386 (1992).

[2] Pukhov, A. & Meyer-ter Vehn, J. Phys. Rev. Lett. 76, 3975-3978 (1996).

[3] Mason, R. J. & Tabak, M. Phys. Rev. Lett. 80, 524-527 (1998).

[4] Sudan, R. Phys. Rev. Lett. 70, 3075-3078 (1993).

[5] Perry, M. D. & Mourou, G. Science 264, 917-924 (1994).

[6] Norreys, P. A. et al. Phys. Rev. Lett. 76, 1832-1835 (1996).

[7] Borghesi, M. et al. Phys. Rev. Lett. 80, 5137-5140 (1998).

[8] Tatarakis, M. et al. Phys. Rev. Lett. 81, 999-1002 (1998).

[9] Clark, E. L. et al. Phys. Rev. Lett. 84, 670-673 (2000).

[10] Lai, D. & Salpeter, E. E. Astrophys. J. 491, 270-285 (1997).■

3– أشجار تختنق★

إنّ الأمل بأن تمتص الغابات الكميّة الإضافية من غاز CO_2 التي يصدرها الإنسان إلى الغلاف الجوي تلقّى، في الآونة الأخيرة، ضربة أخرى. وعوضاً عن هذا الأمل، تبيّن أن الملوّثات، مثل

★ نشر هذا الخبر في مجلة *New Scientist*, 11 May 2002. ترجمة هيئة التحرير – هيئة الطاقة الذرّية السورية.

SO_2، يمكنها إلى حدٍّ بعيد أن تُقلّل من مقدار CO_2 الذي تستطيع الأشجار استهلاكه.

وقد توصلت إلى الاستنتاج المذكور آنفاً الباحثة مارتين سافارد M. Savard ورفاقها، العاملون لدى مكتب المسح الجيولوجي التابع لمقاطعة كيوبك في كندا، بعد أن قاموا بتحليل نسبة نظائر الكربون في حلقات أشجار الراتنجيات (وهي أشجار حرجية من الفصيلة الصنوبرية تتبع الجنس Picea) النامية قرب مصنع لصهر النحاس. فالأشجار، بطبيعتها، تفضّل استخدام غاز CO_2 الذي يحتوي على نظير الكربون -12/الشائع؛ لكن في الحالة التي لاتستطيع عندها الأوراق امتصاص قدرٍ كافٍ من CO_2 الطازج، فإنها تكون مجبرة على استخدام مقدار أعظم من الجزيئات المحتوية على الكربون -13 النادر.

ورغم أن سويات غاز CO_2 في الغلاف الجوي تزداد باضطراد، فقد وجدت الباحثة سافارد أن نسبة الكربون -13 إلى الكربون -12 الأكثر شيوعاً، داخل الأشجار النامية بالقرب من مصنع الصهر، تزداد أيضاً باضطراد؛ وهذا يوحي ، كما أفادت الباحثة، بأن هذه الأشجار تعاني صعوبة في حصولها على قدرٍ كافٍ من غاز CO_2. أما الأشجار النامية بعيداً عن موقع الصهر فتكون فيها نسبة الكربون-13 إلى الكربون-12 أقلّ بكثير مما هي عليه في الأشجار القريبة من هذا الموقع.

وبالحساب، وجدت سافارد أن الأشجار بالقرب من موقع الصهر كانت تمتص غاز CO_2 بمعدّل يقلّ 25% عن الحدّ الطبيعي. وحسبما أفادت الباحثة، فإن الاختلاف في معدّل الامتصاص ناجم عن التلوّث. فثنائي أكسيد الكبريت يدخل الأوراق عبر فتحات دقيقة تُدعى بالثغيرات stomata، تماماً كما هو الحال بالنسبة لثنائي أكسيد الكربون. وكما قالت الباحثة سافارد: "يُحدِث SO_2 تفاعلاً داخل الأوراق يؤدي إلى تغيّر في تركيز أيون الهدروجين (pH)، الأمر الذي يسبّب إغلاق الثغيرات". ولاتستطيع الأوراق المتضرّرة اقتناص القدر ذاته من CO_2 والذي يمكن للأوراق السليمة اقتناصه.

ويُعدّ الضرر المذكور آنفاً من الأضرار المستديمة الطويلة الأمد. فرغم أن إصدارات SO_2 عند موقع الصهر قد تضاءلت في عام 1980 بمعدّل يزيد على 90% من معدّل إصدارها السابق، إلاّ أن استهلاك الأشجار لغاز CO_2 لايزال معرقلاً. ومن المعروف أن أبحاثاً سابقة بيّنت أن لثنائي أكسيد الكبريت تأثيرات سلبية على استهلاك CO_2 داخل البيوت النباتية، لكن الباحثة سافارد كانت أول من أعلن عن وجود ظاهرة كهذه في الحقل.■

4- ضبط الليزر بالبلّورات السائلة*

يمكن لليزر الجديد، الذي يُصدر عدة أطوال موجية مختلفة في درجات حرارة مختلفة، أن يكون مفيداً في مجال التطبيقات بدءاً من الإلكترونيات الضوئية إلى التحسُّس الحراري عن بُعد. استغل ديديريك فيرسما D. Wiersma وستيفانو كافاليري S. Cavalieri، من المختبر الأوربي للمطيافية اللاخطيّة في فلورنسة، البنية المعتمدة على درجة الحرارة للبلّورات السائلة بهدف التحكّم في السلوك الضوئي لـ"الليزر العشوائي" الذي يمكن أن يكون عرضه عدّة عشرات من المكرونات فقط. (فيرسما وكافاليري، مجلة Nature 2001, 414, 708).

أساس الليزرات التقليدية عبارة عن مادة فعّالة ضوئياً داخل تجويف مشكّل من مرآتين تستطيعان أسر الإشعاع لوقت يكفي لحدوث الليزرة. إن مرحلة التضخيم هذه حاسمة للحصول على إشعاع شديد وحيد الطول الموجي. ولكن الليزر الذي طوّره فيرسما وكافاليري هو ليزر عشوائي، وقد أُطلق عليه هذا الاسم لأن الحصول على التضخيم يتم بفعل الانتثار العشوائي للضوء في مادة ليزر.

إنَّ الدرجة التي يتبعثر فيها الضوء خلال المادة، في الليزر العشوائي، تُحدّد سوية الكسب في الليزر. فإذا ما تبعثر الضوء بشدة يتم أسره لمدة أطول ويستطيع أن يُحفِّز إصداراً أكبر، وهذا يقود إلى كسب أعلى وبالتالي إلى شدة ضوء أكبر.

أدرك فيرسما وكافاليري أنهما يستطيعان تعديل كمّية الكسب بالتحكّم بكيفية الشدة التي تُبعثِر فيها مادة الليزر الضوء. ولتحقيق ذلك، أضافا الزجاج المسحوق إلى صبغ ليزر محلول في بلّورة سائلة. ترتصف البلّورات السائلة، التي هي عبارة عن جزيئات شبيهة بالسلسلة، إلى درجة أنها تعتمد على درجة حرارتها. وبتغيّر درجة التراصف، يتغيّر عامل الانتثار للبنية ككلّ.

وجد فيرسما وستيفانو، عند درجات حرارة أقلّ بكثير من 35°C، أن الليزر أصدر ضوءاً شديداً جداً وبمجال ضيق من الأطوال الموجية يبلغ حوالي 610 نانومتر. ولكن عندما زادوا درجة الحرارة، هبطت الشدة ببطء وأصبح مجال الأطوال الموجية أعرض. وتوقف فعل الليزر عند الدرجة 42°C، وهذا يتوافق مع انتقال الطور في البلّورة السائلة. وعند هذه النقطة، تنخفض شدة الإشعاع الصادر بشكلٍ حاد، ويصبح طيف الإصدار مسطّحاً جداً وعريضاً.

* نشر هذا الخبر في مجلة *Physics World*, January 2002. ترجمة هيئة التحرير - هيئة الطاقة الذرّية السورية.

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

يمكن، بتغيير تركيبة الزجاج والبلّورة السائلة، تعديل مجال درجة الحرارة الذي يكون عندها الليزر حسّاساً. ووفق فيرسما وكافاليري، فإن هذا يجعل الأمر ممكناً من أجل أنواع واسعة من التطبيقات.■

5- البوزترونات الباردة تدعم نظرية الفناء★

تدبّر الفيزيائيون أمرهم أخيراً في حلّ اللغز الذي عمّر طويلاً حول فناء البوزترون في الغازات الجزيئية.

إحدى الخواص الفريدة للبوزترونات هي أنها حالما تحتك بالإلكترونات فإنها تفنى لتعطي أشعة غاما. استُغلّت هذه الميّزة البارزة بصورة متزايدة في التجارب الخاصة بالتحرّي عن توزع الإلكترونات في الأجسام الصلبة والسوائل والغازات. وبالتالي فمن الغريب أن الآليات الأساسية من أجل فناء البوزترون في الغازات الجزيئية قد بقيت مثيرة للخصام منذ بدأت التجارب الأولى قبل أكثر من أربعين عاماً.

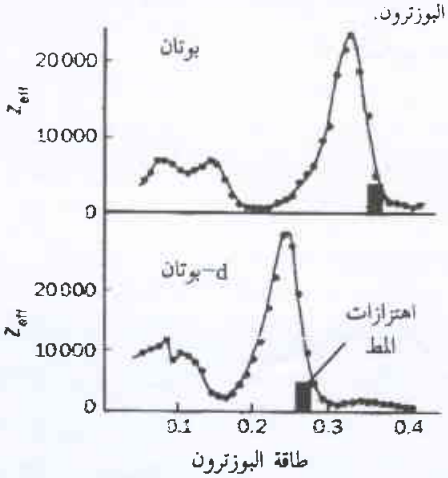
وضّح، حالياً، كليف سوركو C. Surko ومعاونوه من جامعة كاليفورنية في سان دياغو في الولايات المتحدة كثيراً من هذه الأمور بقياسهم معدّل الفناء وذلك باستخدامهم حزمة بوزترون ذات انتشار ضيق للطاقات. أظهر ميّز الطاقة المطوّر دليلاً قوياً بأن البوزترونات تستطيع أن تُشكّل حالات مرتبطة مع عدد من الجزيئات (انظر غيلبرت وزملاءه، مجلة Phys. Rev. Lett. 88, 043201. 2002.).

حقّق الباحثون، في التجارب السابقة لفناء البوزترون، نبضات بوزترون في غاز ضغطه قريب من الضغط الجوي، وقاسوا شدة إصدار أشعة غاما كتابع للزمن. وحالما كان يتم تبطيء البوزترونات إلى الطاقات الحرارية، فإنها كانت تفنى مع الإلكترونات عند تصادمها مع الجزيئات الغازية. على أية حال، إنّ الصعوبة في هذه التجارب هي أن البوزترونات المتصادمة تملك في الواقع طاقات انتشار واسعة (تصل إلى 0.3 إلكترون فولط)، مما يحجب تفاصيل معينة من عملية الفناء. كشفت تجارب سان دياغو حالياً تفاصيل هذه الملامح.

يتناسب معدّل الفناء مع بارامتر لابُعدي يُعرف بـ Z_{eff}، والذي يمكن تفسيره بعدد الإلكترونات المتاحة للفناء أثناء التصادم. تساوي Z_{eff} في أبسط نمط للفناء، عدد الإلكترونات في الذرّة أو الجزيء. يُطلق عليه أحياناً إسم "معدّل ديراك"، نسبة إلى بول ديراك P. Dirac الذي يُعدّ أول من قدّر معدّل الفناء للبوزترونات المغمورة في غاز إلكتروني.

على أية حال، كانت إحدى السمات البارزة في التجارب المبكّرة هي أن القيمة المقيسة لـ Z_{eff} أكبر بكثير من معدّل ديراك. اقترح الباحثون في ذلك الوقت أن كِبر هذه المعدّلات يعود بصورة ما إلى البوزترونات المشكّلة حالاتٍ مرتبطة مع جزيئات الغاز. أعطت أبحاث لاحقة مقادير أكبر لـ Z_{eff}- فعلى سبيل المثال، أعطت للأوكتان الحاوي 66 إلكتروناً القيمة $Z_{eff} = 600\,000$. ولكن تفاصيل كيف أن الحالات المرتبطة قد زادت فعلاً من Z_{eff} بقيت غامضة إلى حدٍّ ما.

ستيفن غيلبرت S. Gilbert وليفي بارنيس L. Barnes من جامعة كاليفورنية في سان دياغو مع جزء من خط حزمة البوزترون.



البارامتر Z_{eff} المقيس كتابع لطاقة البوزترون من أجل غاز البوتان (C_4H_{10}) وغاز البوتان الدوتريومي (C_4D_{10}). تكون الأطياف فعلياً متشابهة عندما يُعاد تدريج طاقة C_4H_{10} مع أخذ الطاقات الاهتزازية المختلفة بعين الاعتبار. تقع قمة التجاوب تقريباً تحت طاقة اهتزاز المطّ بين روابط الكربون والهدروجين، وبين الكربون والدوتريوم.

بقي هذا اللغز بدون حلٍّ إلى أن طوّر غليب غريباكين G. Gribakin ومعاونوه في جامعة جنوبي ويلز الجديدة نموذجاً تكون فيه Z_{eff} متناسبة مع عدد سويات الاهتزاز للجزيء عوضاً عن عدد الإلكترونات (Phys. Rev. A 61 022720 2000). إنّ النقطة المركزية في هذا النموذج هي أنّ البوزترون يستطيع أن يُلحق نفسه مع جزيء متعادل ليُشكّل حالة معقّدة تكون ثابتة كيميائياً. يثير البوزترون مؤقتاً سوية اهتزازية، وبذلك يزيد من احتمال الفناء. يشابه هذا النموذج نماذج النواة المركّبة التي أول ما اقتُرحت منذ ستين عاماً لتفسير أسْر النترونات في النوى الثقيلة.

أول دليل ثابت على أنّ البوزترونات تستطيع أن ترتبط مع الذرّات أو الجزيئات قُدّم عام 1997. والحسابات الواسعة النطاق التي أُجريت من قِبَل جورجي رايزهكه G. Ryzhikh وكاتب هذا الخبر من جامعة تريتوري الشمالية، وماكس ميلاّ M. Mella ومعاونيه من جامعة ميلان في إيطالية، وكرسيستوف شتراسبورغر K. Strasburger، وهنريك شوجناكي H. Chojnacki من الجامعة التقنية في بولندة، أثبتت أنّ البوزترونات تستطيع الارتباط مع عدد من الذرّات والجزيئات البسيطة. وبصورة أساسية، يرتبط البوزترون مع مكافيء إلكتروني واحد والذي يكون مرتبطاً بدوره مع بقية الذرّة.

تطلّب تأكيد هذه الأفكار، على أية حال، تجربة حزمة بوزترون تستطيع أن تقيس Z_{eff} بميّز جيد للطاقة. وكان الاعتقاد بأن إجراء مثل هذه

★ نشر هذا الخبر في مجلة *Physics World*, March 2002. ترجمة هيئة التحرير - هيئة الطاقة الذرّية السورية.

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

التجربة صعب جداً لدرجة أنّ الفكرة لم تُؤخَذ بصورة جدّية. المشكلة الأولى هي أن حزم البوزترونات تكون بصورة عامة أقل شدة بكثير من حزم الإلكترونات. وإضافة لذلك، يكون احتمال الفناء أثناء التصادم بصورة عامة منخفضاً جداً. يعني هذان العاملان أنّ معدّل التصادم صغير جداً بحيث يصعب قياسه بشكلٍ موثوق. جُمعت هذه الصعوبات مع حقيقة أن هنالك قابلية أكبر لفناء البوزترونات في مكانٍ ما من الجهاز، عوضاً عن الغاز، مما يؤدي إلى خلفية أشعة غاما كبيرة.

أذهل فريق سان دياغو الباحثين في هذا الحقل بالتغلب على هذه المشاكل. العنصر المفتاحي في تجربتهم هو حصولهم على منبع بوزترونات باردة. تمّ إصدار حوالي 10^7 بوزترون في الثانية بواسطة نظير مشع للصوديوم-22، مُرّرت بعد ذلك خلال مهدىء نيون صلب عَمِل على تبطيء الجسيمات إلى طاقات تبلغ أعداداً قليلة من الإلكترون فولط (eV).

حُقِنت البوزترونات بعد ذلك في داخل مصيدة وفقدت طاقة أكثر نتيجة تصادمها مع جزيئات النتروجين. وحالما فقدت البوزترونات طاقة كافية، حوصرت بحقلين كهربائي ومغنطيسي وبقيت في المصيدة. ويمكن، بصورة نموذجية، خزن حوالي 10^8 بوزترون بهذه الطريقة. وبتداول الحقلين، حصل سوركو ومعاونوه على أربع نبضات قصيرة في كلّ ثانية تحوي حوالي $5x10^4$ بوزترون مع انتشار طاقة تبلغ حوالي 25 مِلّي إلكترون فولط. حُقِنت هذه النبضات بعدئذ في خلية غاز وعُيِّنت Z_{eff} من شدة إشارة أشعة غاما.

لقد حجب الرصاص والتنغستين والنحاس مكشاف أشعة غاما للسيزيوم - اليود من تدخّل فناء الخلفية. وفعلاً، قدّر فريق سان دياغو أنه في كلّ 10^9 بوزترون تدخل إلى الجهاز هنالك واحد فقط من أشعة غاما المقيسة يعود إلى الخلفية. زاد سوركو ومعاونوه الإشارة بـ "إعادة تدوير" البوزترونات، بإرسالهم ذهاباً وإياباً حوالي عشر مرّات خلال خلية الغاز وذلك بواسطة عكسهم على نهايات الخلية. واستخدموا أيضاً حقلاً مغنطيسياً حاصراً ليضمنوا أن البوزترونات انتقلت في الاتجاه الصحيح ولم تتصادم بجدران الخلية.

قاس فريق سان دياغو مبدئياً Z_{eff} كتابع لطاقة البوزترون في جزيئات مختلفة من مركّبات الهدروكربون بما فيها البوتان والبوتان الدوتريومي (ونعني جزيء البوتان الذي حلّت فيه ذرّات النظير الأثقل وهو الدوتريوم مكان ذرّات الهدروجين العشر). وجد سوركو ومعاونوه تجاوباً تماماً تحت الطاقة التي يكون فيها اهتزاز المط للكربون - هدروجين أو الكربون - دوتريوم مثاراً (انظر الشكل 1). وهذا التجاوب يُقدّم الدليل على وجود معقّدٍ قصير العمر يتشكّل عندما يرتبط البوزترون بحالة إثارة اهتزازية، ويؤكد أيضاً على أحد الملامح المفتاحية لنموذج غرياكين. ولمّا كان البوزترون يستطيع أن يرتبط مع حالة إثارة اهتزازية لغاز البوتان، فإنه من المؤكد غالباً أن يرتبط مع الحالة الأساسية أيضاً. وبالإضافة إلى ذلك، لاحظ فريق سان دياغو تجاوبات مشابهة في الإيتان والبروبان.

إن لتقنيات الأشر التي طوّرها فريق سان دياغو تطبيقات كامنة عديدة. لقد استُخدمت مسبقاً في الحصول على مصادر حزم جديدة لدراسة موادّ من أجل صنع جذاذات مكروية مثلاً، وستُستخدم في تجميع البوزترونات من أجل تصنيع مضاد الهدروجين. وستُمكّن تقنيات التبريد أيضاً من الحصول حتى على حزمٍ من البوزترونات أسطع وأبرد للحصول على كُثافة بوز-آينشتاين من البوزترونيوم، وهي منظومة شبيهة بالهدروجين يكون فيها الإلكترون يدور حول البوزترون.■

6- معانـــاة الأولاد جـرّاء تعـرُّض الآبـــاء للإشـعـاع*

تأثيرات الإشعاع لاتتوقف عند الأفراد الذين تعرّضوا إليه

تقترح إحدى الدراسات الحديثة أنه يمكن لأفراد تعرّضوا للإشعاع أن يورّثوا مجموعات جينيّة (جينومات) لامستقرة قد تصل حتى إلى أبناء أحفادهم. وقد يكون عدم الاستقرارية هذا هو السبب وراء تجمّع حالات الإصابة بابيضاض الدم leukaemia حول محطة سيلافيلد Sellafield النووية في بريطانية.

أظهرت دراسات أُجريت خلال السنوات القليلة الماضية أن الضرر الإشعاعي يستمر بشكلٍ مذهل ليظهر في أجيال لاحقة؛ فهو يزيد من معدّل التطفر، ليس فقط في الخلايا التي ضربها الإشعاع مباشرة، بل أيضاً في الخلايا المتحدّرة عن الأخيرة والناجمة عن العديد من الانقسامات اللاحقة. وتكون العيوب الولادية أكثر شيوعاً في نسل الفئران المعرّضة للإشعاع، وفي الجيل التالي لهذا النسل أيضا. وتُعدّ معدّلات التطفر عالية في الجيلين المذكورين كليهما (Nature, Vol.405, p.37).

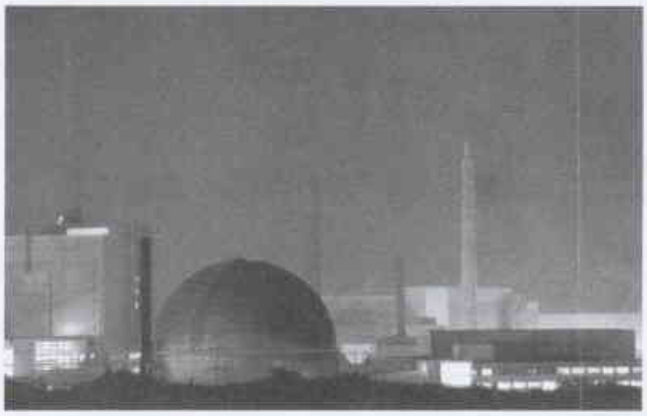
وفي الوقت الراهن، بيّن خبراء الوراثة أن الإشعاع قد يؤثر حتى في الجيل الرابع؛ حيث أخذ فريق بقيادة الباحث يوري دوبروفا Y.Dubrova عشرين من ذكور الفئران التابعة لسلالات مختلفة وشعّعها إما بنترونات عالية الطاقة لمدة تزيد قليلاً على ساعتين، أو بسفع من إشعاعات X لمدة دقيقتين أو أربع دقائق. بعد ذلك، تمّ تزويج ذكور الفئران المذكورة آنفاً بإناث سليمة، تتبع السلالة ذاتها، وسُمح للنسل الناتج أن يتزاوج أيضاً مع حيوانات سليمة، وذلك لإنجاب أبناء أحفاد للفئران الأصلية.

وقام الفريق البحثي المذكور آنفاً بقياس معدّلات التطفر في الفئران من خلال فحص استطالتين للدنا (DNA)، تُعرفان باسم "التكراريتين الترادفيتين القصيرتين short tandem repeats"، وتكونان عرضة للتطفر الذاتي أو المحرّض بالإشعاع. وجد الفريق أن معدّلات التطفر كانت عالية في ذكور وإناث النسل وفي الجيلين اللاحقين، وهي من سوية موازية لمعدّلات التطفر الخاصة بأسلافها المشعّعة، وذلك بصرف النظر عن نوع الإشعاع وحجم الجرعة وسلالة الفئران.

كذلك، تُشير الدراسة المنوه بها آنفاً إلى أن الضرر الإشعاعي يُخلّ، في الأجيال اللاحقة، باستقرار الجينوم برمّته ولايقتصر فقط على أجزاء

* نشر هذا الخبر في مجلة *New Scientist*, 11 May 2002. ترجمة هيئة التحرير - هيئة الطاقة الذرّية السورية.

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



سيلافيلد: هل يستطيع أثر التوالد أن يفسّر تجمع حالات الإصابة بابيضاض الدم ؟

الحيوان التي تعرّضت للإشعاع. وكما تقول روث باربر R.Barber العضو في فريق ليسستر البحثي: "هنالك شيء شامل يحدث ويؤثر في استقرارية الجينوم بكامله".

وتعتقد الباحثة المذكورة أن هذا الأمر ينشأ عن تغيرات لاتُبدِّل الكود الوراثي، لكنها مع ذلك تستطيع الانتقال إلى خلية الأنسال؛ ولو أنه لا أحد يعلم ماهية التغيّرات التي ستؤدي لأن يصبح الجينوم عرضة للتطفر.

ومهما كانت الآلية، فإن النتائج تؤكد الأخطار الكامنة التي تواجه الأولاد الذين تعرّض آباؤهم للإشعاع. ويفيد فريق البحث بأنَّ النتائج التي حصل عليها تُقدِّم "تفسيراً محتملاً" للتجمّع الواضح لحالات الإصابة بابيضاض الدم قرب محطة سيلافيلد النووية.

وتُصادَف حالة ابيضاض الدم الطفولي childhood leukaemia في سيسكيل بـ كومبريا، حيث يعيش الكثير من عمّال محطة سيلافيلد، بمعدّل يزيد عشر مرّات عما هي عليه في عموم بريطانية. على أية حال، لم تستطع دراسات الأمراض الوبائية أن تعزو بشكل قاطع هذه الحالة المرضية إلى تعرّض الآباء للإشعاع. وتؤكّد الباحثة باربر على أنه لم يثبت حتى الآن أن الدنا (DNA) اللامستقر هو المسبّب للمرض في الفئران، ومن البديهي أن لايثبت هذا أيضاً في الإنسان.

وكما أفاد ريتشارد سيتلو R. Setlow، المختص في الفيزياء الحيوية لدى مختبر بروكهافن الوطني في ولاية نيويورك، لم تُثبت الدراسات التي أُجريت على أفراد بقوا على قيد الحياة إثر تعرّضهم لانفجاري القنبلة الذرّية في هيروشيما وناغازاكي، وجود أية طفرات فوق سويات الخلفية؛ لكن الأضواء مُسلّطة حالياً على أولاد هؤلاء الأفراد. وفي هذا السياق، يعود الباحث سيتلو ليقول: " إذا تبيّن وجود أي شيء سوف نرغب في مواصلة البحث إلى الجيل اللاحق؛ فنحن بحاجة لاكتشاف مدى السرعة التي تختفي بها هذه الطفرات -أو تراجعها.

لمزيد حول هذا الموضوع، يمكن الرجوع إلى Proceedings of the National Academy of Sciences (Vol. 99, p.6877). ■

7- البطّاريـة: لم يحن الوقت بعد لاعتبـارها حالة نهائية*

يبدو أن متطلبات الإلكترونيات المحمولة للقدرة لايمكن إشباعها، لكن البطّارية المهيبة لاتزال ملزمة بتأدية عددٍ من الأدوار كي تحافظ عليها كلاعبٍ هام وأساسي في الثورة الرقمية.

قد لاتبدو علب القدرة القلوية، والتي تقوم بدسّها حالياً داخل أدواتك الإلكترونية، مشابهة كثيراً لعمود البطّارية الذي سبق أن طوّره أليساندرو فولتا A.Volta قبل 200 سنة، لكنها من حيث الجوهر تمثل التقانة ذاتها. ورغم أن أداء البطّاريات قد تحسّن إلى حدٍّ بعيد،إلاّ أنَّ الإلكترونيات الرقمية تتطوّر بشكلٍ سريع جداً إلى الحدّ الذي أصبحت عنده مصانع القدرة الكيميائية تكافح وتسعى جاهدة لمواكبتها. وفي هذا الصدد، يقول كريشنا شيناي K. Shenai، مهندس القدرة لدى جامعة إلينوي في شيكاغو: "أضحت البطّاريات الفصل الملفت للنظر في عالم اليوم اللاسلكي، ولكنها لاتمنح قدراً كافياً من القدرة، كما أنها تُعدّ ثقيلة جداً بالنسبة للقدرة التي تمنحها، إضافة إلى كونها لاتعيش لفترة طويلة كافية لتغطية الطلبات على الجيل القادم من المنظومات الرقمية المحمولة". وحسب رأي جون هادلي J. Hadley، المشرف على أبحاث البطّارية القلوية لدى شركة رايوفاك Rayovac في مدينة ماديسون بولاية ويسكونسن: "هنالك نبائط إلكترونية شخصية سبق تطويرها لكنها تتطلّب منّا تطوير بطّاريات أفضل حتى يصبح المستهلكون راضين مستقبلاً عن أداء هذه النبائط".

ويبدو محتوماً أن تحلّ خلايا الوقود محلّ العديد من المهام المنوطة حالياً بالبطّاريات، كما أنَّ الخلايا الفوتوفولطية، وحتى الآليات المنظمة لعمل الساعة، تجد نفسها الآن مضطرة للدفاع عن مواقعها؛ غير أنَّ الكيميائيين وخبراء علم المواد العاملين في الحقل يدّعون أنهم لازالوا يحتفظون في سرّهم ببعض الأدوار. فالإلكترودات الخزفية المعقّدة والإلكتروليتات الصلبة المصنّعة من بوليميرات ناقلة ستُبقي منافسيها، ولسنوات عديدة، في وضع حرج. وكما يقول الكيميائي جيم ماكبرين J. McBreen، العامل لدى مختبر بروكهافن الوطني في مدينة أوبتن بولاية نيويورك: "لا أعتقد أننا قد خدشنا فعلاً حتى السطح لما يمكن تحقيقه في مجال كيمياء البطّارية، ورغم ذلك فإننا قطعنا شوطاً كبيراً وأبعد مما كنّا عليه قبل سنوات عدّة".

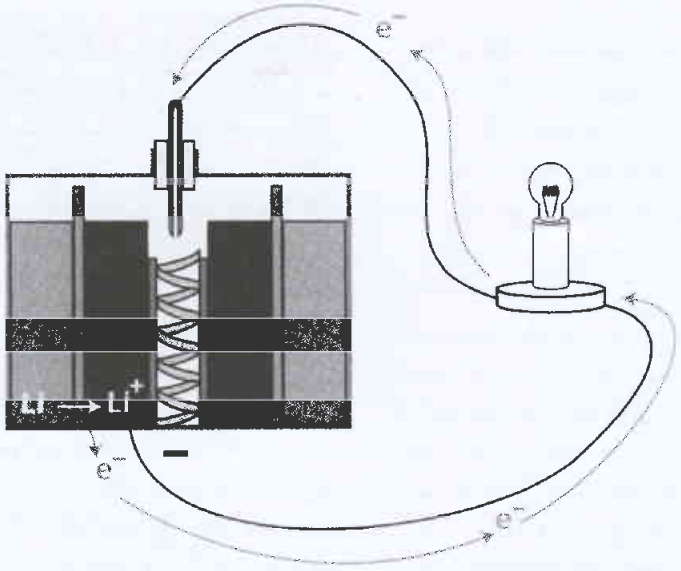
إن السلاح السرّي في صناعة البطّارية هو الليثيوم، وهو مادة تتمتع بإحدى أعظم القوى المحرّكة الكهربائية في الطبيعة، كما يُعدّ واحداً من أخفّ المعادن المعروفة. والمشكلة الكبرى مع الليثيوم هي أنه معدن ذو

* نشر هذا الخبر في مجلة *Science*, Vol. 296, 17 May 2002. ترجمة هيئة التحرير . هيئة الطاقة الذرية السورية.

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

تفاعلية هائلة، فهو يشتعل حتى عند تعرّضه لأصغر كمّية من الرطوبة، وهو عملياً يستطيع أكسدة أيٍّ من الإلكتروليتات السائلة.

ورغم التحدّيات المذكورة آنفاً، فإن الجيل الأول لهذا النوع من البطّارية، والذي يُطلق عليه اسم "بطّاريات أيون الليثيوم، قد أصبح قيد الاستخدام في الساعات وآلات التصوير الوميضية وأحدث البطّاريات القابلة لإعادة شحنها. وتستطيع هذه البطّاريات أن تختزن قدراً من الطاقة يزيد ثلاثة أضعاف عن الذي يستطيع تخزينه حجم محدّد من البطّاريات القلوية التقليدية، كما يمكن إعادة شحنها مرات عديدة غير محدّدة. وخلافاً لما هي عليه البطّاريات التقليدية (انظر المقال الجانبي القصير)، فإنّ بطّاريات أيون الليثيوم لاتستخدم تفاعل الإرجاع والأكسدة لتوليد الكهرباء بل إن أيونات الليثيوم تتحرّك ذهاباً وإياباً، ما بين الأنود والكاتود دافعة الإلكترونات لتتحرك معها.



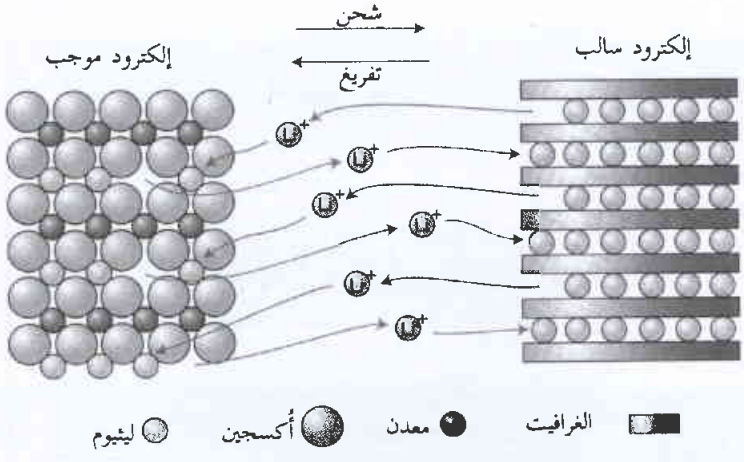
النمط السائد حالياً: في بطّارية ليثيوم صرفة، تتأكسد أيونات معدنية داخل الكاتود الخارجي مطلقة بذلك إلكتروناً إلى داخل الدارة ومحرّرة أيون الليثيوم ليهاجر إلى الأنود.

وفي بطّاريات أيون الليثيوم المتوفرة حالياً، يتألف الأنود من الغرافيت الفائق النقاوة، الذي يقوم بامتصاص أيونات الليثيوم بمعدّل واحد لكلّ واحدة من حلقات الكربون السداسية. وتُشكّل أكاسيد كلٍّ من الكوبالت أو النيكل أو المنغنيز مادة الكاتود. وعندما تُفرّغ البطّارية شحنتها تعمل أيونات الليثيوم على إثارة أنود الغرافيت، وتهاجر عبر الإلكتروليت، وتُشكّل معقّدات كيميائية مع الأكسيد المعدني ضمن قنوات دقيقة داخل البنية الفيزيائية للكاتود. وبتطبيق قوى فولطية معاكسة، ترجع الأيونات ثانية إلى نقطة بدايتها معيدة بذلك شحن البطّارية. من جهة ثانية، إن التفاعلية العالية لمعدن الليثيوم وضرورة استبعاد الرطوبة تعني وجود تكلفة عالية جداً لتصنيع بطّاريات الليثيوم.

ولتبرير التكاليف، يرغب المصمّمون في تعزيز أداء البطّاريات إلى مدى أبعد مما هو عليه حالياً؛ وأول هدف لهم في هذا التحسين هو الأنود. ويُعدّ الغرافيت جيداً لهذه المهمة، لأن الليثيوم ينزلق بسهولة بين صفائح حلقاته الكربونية المتوازية. وتكمن المشكلة في أن الأمر يتطلب ست ذرّات من الكربون لإيواء أيون واحد من الليثيوم، وهذا في حدّ ذاته يُشكّل حيّزاً ضائعاً لايُستفاد منه. وفي هذا السياق، يفيد جيرالد سيزار G. Caesar، مدير أبحاث البطّارية وخلية الوقود التابعة لبرنامج التقانة المتقدمة لدى المؤسسة الوطنية للمعايير والتقانة في مدينة غيثرزبورغ بولاية ماريلاند، قائلاً: "إننا نرغب بتطوير مواد تستطيع اختزان قدر أعظم من الليثيوم داخل حجم محدّد.

ولتحقيق ما سبق ذكره، يفتش الباحثون عن مركبات معدنية تمتص أيونات الليثيوم. فعلى سبيل المثال، وجد الكيميائيون لدى شركة T/J Technologies في مدينة أناربور بولاية ميتشيغان، أن جسيمات نانوية لسبائك مختلفة من الليثيوم والقصدير تستطيع امتصاص وتحرير قدر من الليثيوم يزيد بمقدار ضعفين ونصف عن ذلك الذي يمكن لحجم محدّد من الغرافيت امتصاصه وتحريره. والبطّاريات المصنّعة بأنودات من سبيكة القصدير تختزن قدراً من الشحنة أعظم بحوالي ثلاث مرّات عن ذلك الذي تختزنه البطّاريات المصنّعة بأنود من الغرافيت، كما أن المواد ذات الأساس القصديري تقلّ في تكلفتها كثيراً عن الغرافيت.

وهنالك خط آخر للهجوم، ألا وهو تحسين الإلكتروليت الذي لابُدّ له أن يستبعد أقلّ أثر للماء من أجل تجنّب حدوث انفجار. وفي هذا السياق، يقول الباحث ماكبرين، العامل لدى مختبر بروكهافن: "هنالك الكثير جداً من المشكلات التي تعاني منها الإلكتروليتات اللامائية، وإنه لمن المذهل أن تكون بطّاريات أيون الليثيوم بالجودة التي هي عليها حالياً". وإحدى المشكلات الرئيسة هي أن أيونات الليثيوم الموجبة الشحنة وأيوناتها المرافقة السالبة الشحنة لاتنفصل جيداً عن بعضها في مذيبات لامائية؛ وهكذا ينتهي الأمر بأيون الليثيوم لأن سحب أيونه المرافق بشكل مشابه لكرة وسلسلة. ويضيف ماكبرين، الذي قامت مجموعته البحثية بتطوير إضافات مختلفة من أجل تخفيف ذلك الاحتقان، قائلاً: "كلما كان



أنماط مهاجرة: لايوجد تفاعل إرجاع وأكسدة في بطّارية أيون الليثيوم. تنتقل الأيونات، ذهاباً وإياباً، بين تجاويف داخل الكاتود الغرافيتي ومعقّدات أكسيد معدني داخل الأنود.

أصعب على الليثيوم أن يتحرك من إلكترود إلى آخر كلما كان أداء البطّارية أضعف". ومن بين هذه الإضافات مركّب "أيزوبرايل البورون المفلور fluorinated isopropyl boron" الذي يُعزِّز، مئة ضعف، ناقلية الإلكتروليت المعياري المسمّى ethylene carbonate-dimethyl carbonate، الأمر الذي يمنح أيونات الليثيوم حرية أعظم في الحركة. وقد حافظت بطّارية مصنّعة من الإلكتروليت المذكور آنفاً على أدائها بما يزيد على 50 من دورات انفراغ الشحنة؛ وإنّ اختبارات لأجلٍ أطول هي قيد الإجراء حالياً.

أخيراً، ولأسباب تتعلق بالتكلفة والوزن وطول العمر والأمان، يرغب المصنّعون في الاستغناء عن الإلكتروليتات السائلة. وعلى نطاق عالمي، بدأت عشرات من مجموعات البحث تتسابق من أجل تطوير بوليميرات ناقلة مناسبة. وكخطوة متوسطة للباحثين في هذا المجال، أُجريت بواسطة كيونغ - هي لي Kyoung - Hee Lee ورفاقه العاملين لدى شركة Samsung SDI في كورية، تمّ تشكيل هجين من بوليميرات متآطرة التشابك cross-linked polymers في وجود إلكتروليت سائل. وقد وجد فريق سامسونغ أن مثل هذه المواد يتمتع بناقلية تزيد مئة مرّة على ناقلية الإلكتروليت السائل بمفرده. والبطّاريات الاختبارية المصنّعة من الإلكتروليت المرن شبه الهلامي كانت، حسب قول الباحث لي، "مشجّعة جداً كمُرشّحاتٍ لمنصب خلية أيون ليثيوم ذات فائدة من الناحية العملية". وتعمل مجموعات بحثية أخرى، لدى مختبر بروكهافن وجامعة روما، على إيجاد إلكتروليتات بوليميرية - سائلة مختلطة.

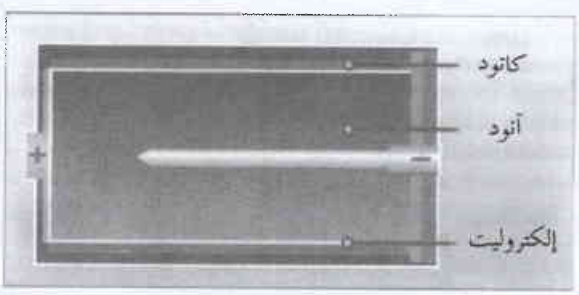
وثبت أنه من الصعب إزالة السائل تماماً، لأنه ليس سهلاً جعل أيونات الليثيوم تتحرك بسهولة عبر بوليمير صلب؛ لكن الدلائل تشير إلى احتمال أن يكون هذا التوجه مجزياً بالنسبة لتطبيقات خاصة. وتحاول "كواليون Quallion"، وهي شركة تصنع بطّاريات خاصة في مدينة سيلمار بولاية كاليفورنية، أن تطوّر بطّاريات أيون ليثيوم لها حجم حبة الأرز الكبيرة وتمنح القدرة لنبائط مُحرِّضة للعصب قابلة للاستزراع من أجل معالجة حالات مرضية، كمرض باركنسون Parkinson's disease والسلس البولي. ويقوم الباحث روبرت وست R. West، العامل لدى مركز البحث العضوي - السليكوني في جامعة ويسكنسن، بمساعدة الشركة المذكورة آنفاً على إيجاد إلكتروليتات مناسبة. يقول وست إن البوليميرات الناقلة التي أساسها من السليكون والأكسجين والمعروفة باسم "بوليسيلوكسانز polysiloxanes" هي بوليميرات ليّنة ومطواعة عند درجة حرارة الغرفة وتتمتع بأعلى قدر من الحجوم الحرة؛ وهذا يعني أنه سيكون هنالك حيّز كبير لأيونات الليثيوم كي تنتقل بين الإلكترودات.

وفي الوقت الراهن، تمكّن وست ورفاقه من تحضير عدّة إلكتروليتات بوليميرية قامت شركة كواليون بإدخالها في نماذج أولية. وقد ثبت أن أفضل البوليميرات هي تلك التي تتمتع بناقلية مساوية تقريباً لتلك الخاصة بالإلكتروليتات السائلة. وتعكف شركة كواليون حالياً على إيجاد الحلّ لكيفية تصنيع كمّيات تجارية من البطّاريات الصغيرة جداً. وفي هذا السياق، يقول وندي ونغ W. Wong، مدير المشروع لدى شركة كواليون: "في محاولتنا لتصنيع بطّارية بهذا الحجم الصغير، نحن نتعامل مع مجموعة جديدة تماماً من البارامترات الفيزيائية".

وفي المستقبل القريب، سيلجأ مصمّمو البطّاريات إلى تعزيز فوائد الليثيوم من خلال انتقالهم من أيونات الليثيوم إلى أنودات مصنّعة من معدن الليثيوم، والتي -بدون شك- ستُخزِّن قدراً أعظم من القدرة داخل حجم محدّد. ومرة أخرى، فإن العامل الرئيس لتحقيق ذلك هو إيجاد إلكتروليت صلب مناسب. فقد استطاع الكيميائيون: ماسون هرَّب M. Harrup، و ثوماس لوثر T. Luther، وفريدريك ستيوارت F. Stewart، العاملون لدى قسم الطاقة التابع لمختبر أيداهو الوطني الهندسي والبيئي في مدينة أيداهو فولز، استنباط إلكتروليتات صلبة باستخدام بوليميرات يعتمد أساسها على الفسفور والنتروجين، تُعرف باسم "بوليفسفازينز polyphosphazenes"، والتي يمكنها بسهولة أن تُمرِّر أيونات الليثيوم بين مجموعاتها الكيميائية. وبجمع البوليمير مع السيراميك ثمّ ضغطه، ومن ثمّ تدويم المزيج وتحويله إلى فِلم رقيق، تمكّن الباحثون من صنع صفائح للبوليمير

في داخل البطارية

تُعدّ بطّارية نموذجية من قياس AA نسخة مصغّرة جداً عن محطة للقدرة تستخدم تفاعلاً كيميائياً لإحداث تيار كهربائي. وفي كلّ بطّارية يوجد إلكترود موجب وآخر سالب مغموران ضمن إلكتروليت يعمل على نقل إلكترونات أو أيونات بينهما. وإن التفاعلات الكيميائية بين الأيونات، ضمن الإلكتروليت، ومختلف المعادن للإلكترودين تسبّب تراكم الإلكترونات في المطراف السلبي، أو الأنود. وإن وصل الإلكترودين عبر دارة خارجية (تحوي النبيطة التي تحتاج إلى تيار، كما هو الحال في جهاز تشغيل الفيديو الرقمي DVD player) المحمول سيسمح للإلكترونات بالانسياب عبر الدارة من الأنود إلى الإلكترود الموجب، أو الكاتود. وكلما زاد انفراغ شحن البطّارية كلما أصبح الأنود أكثر تأكسداً والكاتود مرجعاً. وفي نهاية المطاف، يعدو أحد الإلكترودين غير قادر على التفاعل لفترة أطول، ويتوقف عندئذ تفاعل الأكسدة والإرجاع وتموت البطّارية. وفي البطّاريات القابلة لأن يُعاد شحنها، يؤدي تطبيق فولطية خارجية عبر الإلكترودين إلى تشغيل تفاعل الإرجاع والأكسدة باتجاه معكوس.



الصلب تتمتع بقدرٍ كافٍ من المرونة كي تُشكّل غلافاً يحيط بأنود الليثيوم المعدني. وعندما تُجمع هذه الصفائح مع أحد الكاتودات المتوفرة تجارياً فإن النتيجة ستكون بطّارية تتمتع، حسب رأي الباحث هرَب، "بأداء متميّز من حيث القدرة-الوزن خلال عدد كبير جداً من دورات انفراغ وإعادة الشحن، وهذا كلّه ضمن رزمة مرنة". وسوف تسمح مثل هذه البطّارية لمصنّعي النبائط أن يحشروا مصدر القدرة داخل أشكال شاذة من الزوايا والأركان المظلمة.

وأخيراً، فإن الاحتياجات للنبائط الإلكترونية ستتجاوز قدرة البطّاريات على التكيّف؛ لكن اللعنة ستحلّ على مصمّمي البطّاريات إن رضخوا ذات يوم أو ركنوا إلى الاستسلام. وكما يقول الباحث سيزار Caesar: "في نهاية المطاف، هنالك الكثير من أسرار الكيمياء التي يمكنك الاستفادة منها في تصنيع البطّارية، ونحن نحاول استثمارها لجني استحقاقاتها كافة". ■

8- إيجاد طرق جديدة لحماية نباتات ضربها الجفاف*

نظراً لأنّ الجفاف يُشكّل تهديداً قائماً على الدوام، يسعى الباحثون إلى تحديد هوية جينات تستطيع مساعدة النبات على تحمّل ظروف الجفاف، مع آمال باستخدام هذه الجينات لإنتاج محاصيل أشدّ تحمّلاً.

تُنبىء الحقول الجافة والنباتات المعاقة النمو الممتدة من مين Maine وحتى جورجيا Georgia، بأن شرقي الولايات المتحدة قد ابتُلي بأسوأ حالة للجفاف خلال فترة العقد الأخير. كذلك، يُعاني من التُرب الجافة العطشى مزارعو الولايات المتحدة التي تزرع الحبوب وتعتمد على رعي الحيوانات، كما هو الحال في كل من: مونتانا، ونبراسكا، ووايومنغ. وحتى الغرب الأوسط، الذي يُعدّ موطناً لحوالي 20% من المياه العذبة في العالم، فإنه يعاني أيضاً من مشكلة الجفاف؛ إذ أن فيه مناطق تبعد 65 كيلومتراً فقط عن البحيرات العظمى تُعاني بشكلٍ خطير من انخفاض في منسوب المياه.

والصورة العالمية تُعاني من الكآبة ذاتها. فتاريخياً، يزداد اتساع المناطق الجافة في أفريقية والشرق الأوسط، كما يظهر نقص المياه العذبة في مناطق جديدة، كالحافة الأسيوية للمحيط الهادي، وشمال شرقي البرازيل، وهي مناطق لم يسبق على الإطلاق أن كان هنالك شك بأمر مواردها المائية. وفي هذا السياق، يقول جفري بنيتزن J. Bennetzen، وهو خبير الوراثة الجزيئية لدى جامعة بوردو في مدينة وست لافايت بولاية إنديانا: "على نطاق عالمي، يُعدّ الجفاف أكبر مشكلة بالنسبة لإنتاج الغذاء"؛ وهذا ما يجعل البحث عن محاصيل مقاومة للجفاف أمراً مُلحاً وعاجلاً.

وخلال العقد الأخير تقريباً، تمكّن بنجاح باحثو العالم النامي أن يقرنوا تقانة الواسم الجزيئي، وهي تقانة تتيح تحديداً أكثر دقة للسلالات الحاملة لصفات مرغوبة، مع علم تربية النبات التقليدي من أجل إنتاج أصناف أكثر تحمّلاً للجفاف. فعلى سبيل المثال، أعلنت وزارة الزراعة في جنوب أفريقية، قبل سنة مضت، إطلاقها لسلالة الذرة ZM521 التي تُنتج غلّة أعلى بمقدار 50% عن تلك الخاصة بالأصناف التقليدية تحت ظروف الجفاف. وقد ساهمت في تطوير السلالة ZM521 مؤسسات عدّة، بما في ذلك "المجموعة الاستشارية للبحوث الزراعية العالمية"، و "المركز العالمي لتحسين الذرة والقمح"، والاتحاد الأوربي.

وفي الآونة الأخيرة، لجأ باحثو النبات في الولايات المتحدة وأوربة إلى طريقة عمل أكثر حداثة بتركيزهم على تحديد هوية جينات مميّزة تساعد النباتات على تحمّل ظروف الجفاف؛ كما تبيّن، فيما بعد، أنها تساعد هذه النباتات على تحمّل إجهادات أخرى، كدرجات الحرارة المنخفضة وتراكيز الملح العالية التي غالباً ما تُصادف في التُرب المروية. في واقع الحال، ومن وجهة نظر نباتية، فإن ضرر الصقيع، الذي فيه يغادر الماء خلايا النبات ليُشكّل بلّورات ثلجية في الفراغات بين - الخلوية، وضرر الملوحة، الذي يحدث عندما لاتستطيع الجذور أن تستخلص من التُرب المحمّلة بالملح ما يكفيها من مياه عذبة، وضرر الجفاف، جميعها تُعدّ أشكالاً من التجفاف dehydration. وفي هذا السياق، يقول ميشيل ثوماشو M. Thomashow، من جامعة ولاية متشيغان في مدينة إيست لانسنغ: "إذا استطعت زيادة تحمّل النبات للتجفاف فلن يكون مُهمّاً بعد ذلك إذا أتى الإجهاد من البرد أو الجفاف، حيث ستساعد هذه الزيادة النبات ليبقى على قيد الحياة".

فحنو الملح: نباتات بندورة، حاملة لجينة غريبة (دخيلة) تحمي خلاياها من التجفاف (في الشكل العلوي)، استطاعت أن تنمو بقوة داخل محلول ملحي بتركيز 200 ملّي مول، في حين أن النباتات غير المعاملة (إلى يمين الشكل) لم تستطع ذلك فذبلت.

* نشر هذا الخبر في مجلة *Science*, Vol. 296, 17 May 2002. ترجمة هيئة التحرير - هيئة الطاقة الذرّية السورية.

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

ويقوم الباحثون حالياً بمحاولة من أجل زيادة قدرة المحاصيل النباتية على تحمّل التجفاف عن طريق نقل بعض الجينات إليها والتي سبق لهم تحديد هويتها؛ وقد حقّقوا بعض النجاح، رغم تواضعه، في كلٍ من القطن والبندورة، وهم يأملون أن يمتد عملهم هذا إلى أهم المحاصيل المزروعة، ألا وهي الحبوب.

وكما حصل في مؤسسات أخرى، رغبت مؤسسة روكفلر، في مدينة نيويورك، أن تتأكد من أن مثل هذه الإنجازات ستفيد الدول النامية أيضاً، فصادقت قبل سنتين على القيام بجهدٍ عالمي يستغرق عشر سنوات وبتكلفة قدرها 50 مليون دولار بهدف تحسين تحمّل الجفاف في كلٍّ من محصولي: الذرة في أفريقية، والأرز في آسيا. ومع الترحيب بالمقاومة التي اكتسبتها النباتات المحوَّرة وراثياً من أجل مقاومة الآفات أو مبيدات الأعشاب، يبقى المستقبل مجهولاً لمعرفة مدى القبول الذي ستحظى به النباتات المقاومة للجفاف والمستنبطة عبر التقانة ذاتها.

حالات تكيّف معقّدة

وجد الباحثون، عبرالسنين، أن النباتات قد طوّرت عدّة آليات لدرء ضرر الجفاف؛ وإحدى هذه الآليات إنتاجها "واقيات تناضحية osmoprotectants"، وهي مركّبات تحمي البروتينات والأغشية من التأثيرات الضارة والمؤذية بتشكيلها إما غلافاً واقياً على سطوحها أو بإزالتها لجذور هدروكسيل مُخرِّبة تعمل على تقطيع البروتينات فيما لوبقيت على حالها بدون إزالة. ولايمكن لجميع النباتات أن تُصنِّع "الواقيات التناضحية" المذكورة آنفاً والتي تشمل أنواعاً من السكر، مثل سكر التريهالوز trehalose، وأحماضاً أمينية محدّدة، ومشتقات من أحماض أمينية.

وقبل ما يناهز العشر سنوات، قرّر الباحث هانز بوهنرت H. Bohnert، من جامعة إلينوي في مدينة أوربانا – تشامبين، أن يرى فيما إذا كان بالإمكان إيلاج جينات الواقيات التناضحية وجعلها عاملة وظيفياً في نباتات لاتحمل طبيعياً هذه الجينات. فأخذ الباحث المذكور من نباتات الثلج، وهي الغطاء النباتي الذي يلتحف منصفات الطرق السريعة في كاليفورنية، جينة تنتج الواقي التناضحي المسمّى "د- أونونيتول D-ononitol" وأدخلها في نباتات التبغ. وكانت النباتات المحوَّرة أفضل في قدرتها على تحمّل إجهادات، كالجفاف، وإنما ليس بالقدر الكافي للحصول على فرق معنوي في الحقل.

ومهما يكن من أمر، قدّمت النتائج السابقة برهاناً على مبدأ أساسي. ومنذ ذلك الوقت، يقوم الباحثون لدى اثني عشر مختبراً بإدخال جينات الواقيات التناضحية إلى محاصيل رئيسة، بما في ذلك البطاطا والأرز والكانولا، وكذلك شجرة الكاكي في اليابان. ومرة أخرى كان إنتاج المركّبات منخفضاً جداً إلى الحدّ الذي لايمكن معه تحسين تحمّل النباتات للجفاف.

حقول بُنية مسفوعة بالشمس. إن تحسين تحمّل الجفاف في الذرة سيجعل محاصيل مسفوعة، كتلك المبيّنة في الشكل، شيئاً من الماضي.

وقد رأى أندرو هانسون A. Hanson، خبير البيولوجيا النباتية لدى جامعة فلوريدا في مدينة جينزفيل، وكذلك غيره من الباحثين، ضرورة إيجاد حلٍّ لهذه المشكلة. وقد أفاد الباحث المذكور آنفاً معقّباً على ذلك: "نحن في حاجة لأن نُشخِّص ما يحدُّ من سويات الواقيات التناضحية في النباتات المهندسة وراثياً، كما أننا بحاجة لاستخدام دورات متكرّرة من هذه الهندسة كي نتغلب على حدود هذه السويات.

وحتى عندما تكون الجينات الخاصة بتحمّل الجفاف موجودة في النباتات، فإن التعبير عنها غالباً مايكون ضعيفاً أثناء الإجهاد. لذلك، فإن الاستراتيجية الراهنة هي تحديد مسارات التشوير التي تقدح عمل الجينات ذات القدرة الواقية ومناولتها. وفي هذا الصدد، يقول الباحث بوهنرت: "إذا مثّلت الجينات مكوّنات الحاسوب hardware، التي يبدو أنها موجودة في جميع النباتات، فإن ما يجعلها تتحمّل الإجهاد هي البرمجيات software.

وبالفعل، أظهرت أبحاث حديثة أن توليفاً دقيقاً لمجموعات مُنظِّمة يمكن أن يصنع أو يكسر تحمّل الجفاف. فعلى سبيل المثال، تمكّنت مجموعة ثوماشو، قبل عشر سنوات مضت، من التعرّف على أربع جينات متورطة في تحمّل البرد في الجنس Arabidopsis. وفي الوقت ذاته تقريباً، قام فريق يرأسه الباحث كازو شينوزاكي K. Shinozaki، من مؤسسة البحوث الفيزيائية والكيميائية في مدينة تسوكوبا Tsukuba في اليابان، بمشاركة زوجته كازوكو ياماغوشي-شينوزاكي K. Y. Shinozaki، وهي باحثة لدى المركز الياباني العالمي لبحوث العلوم الزراعية الكائن أيضاً في مدينة تسوكوبا، بتحديد الهوية لمجموعة من جينات الجنس Arabidopsis المتورطة في تحمّل الجفاف. وقد أظهر تحليل تسلسلي أن اثنتين من جينات ثوماشو المستجيبة للبرد (COR genes) هما الجينتان ذاتهما المكتشفتان من قِبَل الباحث الياباني شينوزاكي وزوجته والمستجيبتان للتجفاف (RD genes).

ولاتزال الوظائف لمعظم الجينات المذكورة أعلاه غير معروفة؛ لكن ثوماشو، بالتعاون مع الراحل بيترستيبونكس P. Steponkus من جامعة كورنل، بيّن أن واحداً من جينات COR يُصنِّع بروتيناً واقياً للقر cryoprotective يعمل على تثبيت الأغشية تجاه الضرر الناجم عن تجفاف خلوي مُحرَّض بالتجمّد. وفي البداية، حاول ثوماشو وفريقه ببساطة الإفراط في التعبير عن هذه الجينة، أو جينات COR أخرى، بمفردها وذلك لتحسين قدرة النباتات التابعة لجنس Arabidopsis على تحمّل التجمّد، لكن نجاحهم كان قليلاً في هذه المحاولة؛ غير أن توليفهم نشاط عدة جينات مستجيبة للبرد في آن واحد أعطى نتائج أفضل.

وفي عام 1997، تمكّن ثوماشو ورفاقه من تحديد هوية عامل انتساخ، CBF1، يتحكّم في التعبير عن مجموعة من جينات COR وجينات أخرى مستجيبة للبرد في الجنس Arabidopsis. وبعد انقضاء عام على الكشف السابق، بيّن

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

الباحثون أن فرط التعبير عن جينة CBF1 يزيد من تحمّل التجمّد لدى نباتات Arabidopsis. وفي تجارب مماثلة أُجريت بعد أشهر قليلة، بيَّن شينوزاكي وزوجته أن بإمكانهما زيادة تحمّل الصقيع والجفاف كليهما من خلال فرط التعبير عن عضوٍ ثانٍ من عائلة CBF الخاصة بعوامل الانتساخ أطلقا عليه اسم "DREB1". من جهة ثانية، كان النمو ضعيفاً لنباتات Arabidopsis المحوَّرة.

وقد أَمَل ثوماشو أن يمتد عمله ليشمل نباتات المحاصيل. وكما أَعلنَ في اجتماع عُقِد مؤخراً، فإن إجزاءً لمنظومة CBF/DREB1 هي واسعة الانتشار في المملكة النباتية. وقد اكتشف الباحث المذكور ورفاقه جينات شبيهة -CBF في الكانولا، وهي بذور زيتية تجارية ذات علاقة بالجنس Arabidopsis. وهنالك مؤشرات بأنه توجد لدى كلٍّ من القمح والجاوْدار وحتى البندورة أجزاء يُطلِق عليها ثوماشو اسم "مسار CBF الخاص بالاستجابة للبرد". والهدف الحالي هو أن يبدأ سريعاً تشغيل نشاط هذه الجينات بدون حدوث إعاقة لنمو النباتات.

والدليل على أنَّ ما سبق ذكره سيكون ممكناً قد أتى فعلاً على يد العالم النباتي توان-هوا دافيد هو Tuan-Hua David Ho، من جامعة واشنطن في مدينة سانت لويس، والذي عمل بالتعاون مع خبير الكيمياء الحيوية ري وو R. Wu لدى جامعة كورنل، ومع مين-تسير شان Min-Tsair Chan العامل لدى مؤسسة العلوم الزراعية في مدينة تايبه بتايوان، حيث قام هؤلاء الباحثون بربط جينة CBF1 إلى تسلسل مُنظِّم يسبِّب تشغيلها عندما تنخفض درجة الحرارة، كما قاموا بعد ذلك بنقلها إلى داخل نباتات البندورة. وكنتيجة لهذا العمل يقول دافيد هو: "إن هذا الجيل الجديد من البندورة ذات الجينة المنقولة يتمتع بإنتاج طبيعي، وهو في الوقت ذاته يُظهر سوية أعلى لتحمّل الإجهاد".

والملوحة، التي تنجم غالباً عن ري الأراضي المزروعة بالمحاصيل، تسبِّب للنبات تجفافاً يوازي في خطورته تماماً ذلك الذي يسبِّبه الجفاف ذاته، لكن نجاحاً ما قد تحقق هنا أيضاً. ففي جامعة كاليفورنية - فرع ديفس - درس إدواردو بلوموالد E. Blumwald ورفاقه واحداً من البروتينات الموجودة في الجنس Arabidopsis يُدعى "AtNHX1" والذي يستطيع الحماية ضد هذا التهديد.

تحوي خلايا النبات تجاويف تستطيع تنحية مواد ضارّة. ويتوضع AtNHX1 في غلاف أحد أنواع هذه التجاويف، حيث يقوم بضخ أيونات الصوديوم من هيولى الخلية إلى داخل التجويف. وقبل ثلاث سنوات، بيّن فريق بلوموالد أن بإمكانهم حماية Arabidopsis من التركيز العالي للملح عن طريق تحوير التسلسل المُنظِّم لجينة AtNHX1 بحيث تصنع مقادير من البروتين أعلى من الحدّ الطبيعي.

في السنة الماضية، وسّع بلوموالد هذه المكتشفات مبيِّناً أن فرط التعبير عن جينة AtNHX1 يحمي أيضاً البندورة المزروعة في الدفيئات من التراكيز العالية للملح. وبالفعل، استطاعت ثمار البندورة أن تنمو في محلول من الملح تركيزه 200 ملّي مول، أي ما يوازي تقريباً ثلث تركيز الملح في مياه البحر، وهو تركيز أعلى بكثير من ذلك السائد في المياه العذبة المستخدمة للري. (ظهرت هذه النتائج في عدد شهر آب لعام 2001 من مجلة Nature Biotechnology). ويجري التخطيط لإجراء تجارب حقلية في العام المقبل.

وهنالك طريقة أخرى لحماية النباتات من التأثيرات التجفيفية للملح، ألا وهي منعه، بالدرجة الأولى، من العبور إلى داخل خلاياها. وفي نتائج تمّ الإعلان عنها في العدد الصادر في 20 تشرين الثاني لعام 2001 من وقائع الأكاديمية الوطنية للعلوم، بيَّن الباحثان مايك هاسيغاوا M. Hasegawa وراي بريسان R. Bressan ورفاقهما في جامعة بوردو أن بإمكانهما زيادة تحمّل الملح في نبات Arabidopsis من خلال تعطيل نشاط الجينة الخاصة ببروتين يُدعى AtHKT1 والذي يقوم بنقل الصوديوم عبر أغشية الخلايا الجذرية.

وكان هدف هذه المناولات الوراثية إحداث منع مباشر لتجفاف الخلايا النباتية؛ لكن برامج أخرى لتحمّل الجفاف هي حالياً قيد البحث والاختبار. فمنذ أواسط الثمانينيات، عرف خبراء بيولوجيا النبات أن إجهادات، كالضوء الشديد أو الجفاف أو الملوحة، تعمل على زيادة إنتاج مركّبات أُكسجينية سامة، مثل البيروكسيدات، التي تشمل بين تأثيراتها الضارة تمزيق الاصطناع الضوئي.

وفي عملٍ بحثي بدأ في أواسط التسعينيات، تمكّن خبير البيولوجيا الجزيئية النباتية راندي آلن R. Allen ورفاقه من جامعة تكساس التكنولوجية في مدينة لوبوك Lubbock، من إدخال جينتين مكوِّدتين لإثنين من الأنزيمات التي تلتهم بشره نوعين من البيروكسيدات هما: بيروكسيداز الأسكوربيت (APX)، وبيروكسيداز الغلوتاثيون. وقد تمّ إدخال هاتين الجينتين، كليهما معاً أو كلّ واحدة على حدة، في نباتات التبغ. وقد استهدف الباحثون الأنزيمين المذكورين آنفاً ليُصبحا نشيطين في الصانعات اليخضورية حيث يحصل الاصطناع الضوئي. وفي دراسات مختبرية جرى وصفها في عدد كانون الأول 2001 من مجلة علم النبات التجريبي، اكتشف فريق آلن أن نباتات التبغ المحوَّرة حافظت على معدّلات للاصطناع الضوئي قريبة من الحدود الطبيعية تحت ظروف الإجهاد، في حين انخفضت هذه المعدّلات إلى النصف في نباتات تبغ من النوع البري.

وقد بدأ الباحثون، حتى قبل نشر دراسات التبغ، بعملٍ في مجال القطن، وهو من المحاصيل النباتية الهامة في ولاية تكساس. وفي عام 2000، بيّنت تجربة حقلية أولية، أجريت تحت ظروف زراعة الأراضي الجافة، على قطن محوّر بإدخال جينة APX، أن النباتات المحوّرة أنتجت قطناً بمقدار 280 كغ/هـ، في حين أنتج النوع البري قطناً بمقدار 168 كغ/هـ فقط.

عودة إلى المستقبل

وكان لباحثين آخرين عودة إلى القواعد الأساسية؛ فدرسوا الأسس الفيزيولوجية للتحمّل، وهو عمل يمكن أيضاً أن يُقدِّم أساليب جديدة تزيد من تحمّل الجفاف. على سبيل المثال، وفي دراسات على بادرات الذرة النامية في ظروف تتوفر فيها كمّيات محدودة من الماء، وجد اختصاصي بيولوجيا النبات روبرت شارب R. Sharp، العامل لدى جامعة ميزوري في مدينة كولومبيا، أن الجذور تتكيف بأساليب عدّة عندما تجابه شحّ المياه، فقد يتغيّر تركيب خلاياها مما يتيح لها قدراً أعظم من النمو العمودي

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

عميقاً داخل التُرب. كذلك تتكيف الجذور تناضحياً فتمتص قدراً أعظم من الذائبات والماء. وحسب قول الباحث شارب، يمكن لآلية الاستجابة هذه أن تزداد قوة من خلال تغيّرات تحدث في آليات مُنظِّمة، الأمر الذي يؤدي إلى المزيد من تعزيز قدرة الجذور على الاستكشاف العمودي للترب.

تلجأ دوروثي بارتلز D. Bartels، من جامعة بون في ألمانية، وآخرون غيرها، إلى البحث عن حلول للغز من نباتات تتمتع بقدرة استثنائية للتعامل مع الجفاف، كما هو الحال في نبات النشور Craterostigma plantagineum الذي بإمكانه أن يغدو مصاباً بتجفاف كامل لكنه يستعيد الحياة عندما يتعرّض للرطوبة. وأحد أسرار هذا النبات تمتعه بكيمياء متجدّدة تتيح للاستقلاب الخلوي أن يدخل في حالة كمون أشبه بالزجاج. ومن الملفت للنظر أن النبات المذكور آنفاً رغم أنه يتحمّل التجفاف إلاّ أنه لايستطيع العيش في تُرب ملحية، الأمر الذي يوحي، حسب قول بارتلز "بوجود استقلاب فريد من نوعه لهذا النبات".

وفي الوقت الراهن بدأت دراسات على الجنس Physcomitrella، وهو طحلب يتحمّل التجفيف الشديد، يقودها باحث البيولوجيا النباتية لدى جامعة واشنطن رالف كواترانو R. Quatrano، وزميله دافيد كوف D. Cove من جامعة ليدز في المملكة المتحدة. وتُعدّ الطحالب واحدة من بين عدد من أوائل النباتات الأرضية التي يمكنها أن توفر مصدراً جيداً لجينات يُحتاج إليها من أجل التغلّب على مشكلة شحّ المياه. وفي هذا الصدد، يقول جون أوتول J. O'Toole، العالِم لدى مؤسسة روكفلر، الذي سبق له، خلال مدة تزيد على 25 عاماً، أن طوّر برامج أبحاث في مجال تحمّل الجفاف: "قبل ست أو سبع سنوات فقط، عندما أُعطيت القدرة على ضبط التحوّل، سَخِرْتُ من أهمية الجينات السحرية والعجيبة المتحصَّل عليها من أعشاب النشور أو الطحالب". أما في الوقت الراهن، فيقول العالِم ذاته ما مفاده أنّ تحديد هوية جينات كهذه سيكون إحدى الخطوات المقبلة الواعدة التي توفر للباحثين فرصة جديدة وهامة لنقل ومناولة صفة تحمّل الجفاف إلى داخل المحاصيل الزراعية. ولاشك بأن مزيداً من المعرفة بشأن التكيفات الفيزيولوجية المتنوعة مع الجفاف مقرونة بفهم واستيعاب يعتمد الأسس الوراثية سيساعد الزراعة العالمية على القيام بدورها في صيانة إحدى المصادر التي تنضب بشكلٍ متسارع، ألا وهي المياه العذبة.■

9- مناقشة حساب ميزانية الإشعاع الشمسي ★

في وقت مبكّرٍ من هذا العام، أمضت مجموعة تضم حوالي 70 عالماً أسبوعاً مُجهِداً على سفوح جبال روكي في ولاية كولورادو تراجع وتناقش الفهم الراهن لميزانية إشعاع الغلاف الجوي. وقد ركّز الاجتماع - وهو الأخير في سلسلة مؤتمرات شابمان Chapman التي ينظّمها الاتحاد الجيوفيزيائي الأمريكي - على ما يُدعى بالامتصاص الشاذ للإشعاع الشمسي ضمن الغلاف الجوي.

وبشكلٍ متسارع، بيّنت الأدلة التي تمّ جمعها خلال العشرين سنة الماضية أن امتصاص الإشعاع الشمسي المتنبأ به بوساطة النماذج هو، إلى حدٍّ كبير، أقلّ من الامتصاص المقيس تجريبياً. وكمتوسط عالمي، تتنبأ النماذج الحالية أن الغلاف الجوي يمتص حوالي $65\ Wm^{-2}$، في حين تُشير الملاحظات من ذروة الغلاف الجوي ومن سطح الأرض إلى أن الامتصاص الفعلي هو $95\ Wm^{-2}$. هذه اللامواءمة المقدَّرة بحوالي $30\ Wm^{-2}$ تتوافق مع 10% من المتوسط العالمي لما يرد من إشعاع شمسي، الأمر الذي يوحي بوجود بعض من الامتصاص الشاذ الإضافي اللازم إضافته إلى النماذج.

وحسب إفادة كلّ من: جف كايل J. Kiehl، وأنتوني سلينغو A. Slingo، وغيرهم ممن حضروا الاجتماع المذكور آنفاً، كانت التلميحات الضمنية ضخمة حول نمذجة المناخ وتبخير الماء وتكثّفه ضمن سلّم عالمي؛ ويعود سبب ذلك إلى أن أهم ماصٍّ للإشعاع في الغلاف الجوي، وهو البخار، يعمل على تسخين الغلاف الجوي أكثر بمراحل عديدة من غازات الدفيئة الأخرى كثنائي أكسيد الكربون.

ورغم أنه يظلّ ممكناً لمعلومات طيفية ناقصة حول بخار الماء أن توفر بعضاً من الامتصاص الإضافي في نماذج جوية، فقد أظهر مؤتمر شابمان وجود مشاكل نمذجة وأخرى ذات علاقة بالمشاهدة لابد من معالجتها أولاً (انظر مقال Maurellis في عدد شباط من مجلة Physics World، الصفحة 22).

فالمشاهدات الحقلية تشمل تدفقات إشعاعية إلى الأعلى وأخرى إلى الأسفل يجري قياسها على ارتفاعات متعدّدة. فالسواتل هي التي تقيس التدفق عند ذروة الغلاف الجوي، في حين تعمل الطائرات على تقييم التدفق عند ارتفاع متوسط (عادةً عند حوالي 7-10 كيلومتر فوق الأرض، وهي الارتفاعات التشغيلية لمعظم الطائرات والغيوم). ويجري أخذ قياسات أخرى للتدفق الإشعاعي عند أو قرب سطح الأرض.

ويجب على العاملين في نمذجة الإشعاع إجراء جرد لجميع الأوساط الماصّة والمبعثرة والمصدرة للإشعاع في الجو؛ وهم ملزمون بتكديس بيانات حول التوزع الشاقولي لجميع الغازات والجسيمات ذات الصلة، وكذلك بصماتها الطيفية. بعد ذلك، يجري تجميع هذه المعلومات في نماذج تقوم بحساب التدفقات عند الارتفاعات التي عندها تؤخذ القياسات الحقلية.

وقد تمّ التعرّف على مرشحين اثنين للامتصاص الشاذ هما: الغيوم والإيروسولات - وهي عبارة عن جسيمات جوية يُقدَّر حجمها بحوالي 0.01-10 مكرومتر، وتختلف فيما بينها كثيراً في الشكل والتوجه والأصل. ولردح من الزمن، عُرف بأن الإشعاع الذي تمتصّه غيوم إفرادية يمكن أن يختلف كثيراً عن توقعات النماذج. وقد بيّن وليم أوهيروك W. O'Hirok أنّ ما تسهم به الغيوم من طاقة في ميزانية الإشعاع يتراوح بين 4- إلى $2\ Wm^{-2}$ عند الأمواج المرئية، كما يبلغ $17\text{-}28\ Wm^{-2}$ في المجال القريب من الأشعة تحت الحمراء. وبشكلٍ خاص، فإن الكمّية المتصّة تتوقف على ارتفاع الغيمة وما تحويه من بخار الماء. من جهة ثانية، أشار الباحث ألبرت آركينغ A. Arking إلى أنه عندما يحين الوقت الذي

★ نشر هذا الخبر في مجلة *Physics World*, Nov.2001. ترجمة هيئة التحرير - هيئة الطاقة الذرّية السورية.

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

نستطيع عنده تقدير المتوسط لعديد من القياسات العالمية، عندئذ ستميل القياسات والنماذج إلى الاتفاق مع بعضها.

لكن الحالة مختلفة بالنسبة للإيروسولات. فإسهامها الطاقي في منظومة جو الأرض (والذي يُعرف أيضاً باسم التقوية الإشعاعية radiative forcing) لايزال غامضاً تماماً حتى في حالات تكون فيها السماء خالية من الغيوم؛ وهذا يعود جزئياً إلى المجال الضخم من خواص الإيروسولات الذي لايزال بعيداً جداً عن الفهم الكامل. وهنالك توجه مَفَاده أنه حتى امتصاص السماء الصافية (الخالية من الغيوم) لايزال غير مفهوم، وربما يعود ذلك جزئياً إلى مشاكل تتعلق بفهم قياسات التبعثر المنتشر لضوء الشمس مقابل قياسات أخرى لضوء الشمس المباشر.

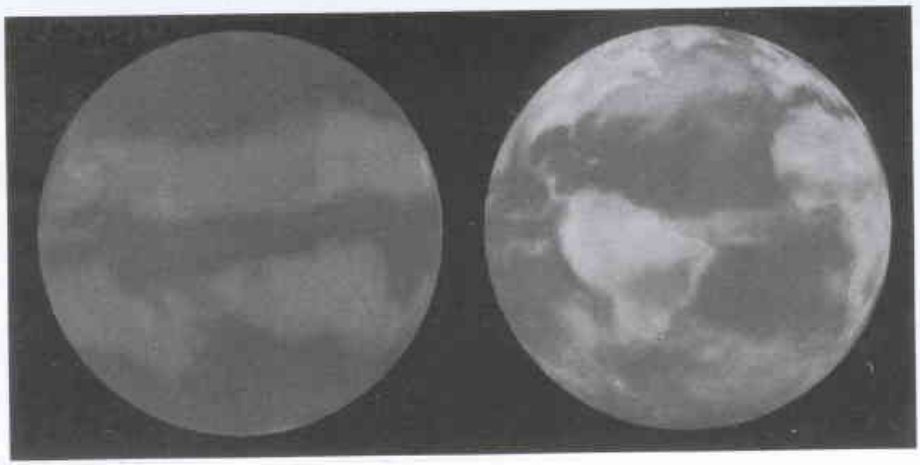
وكما أفاد تشك لونغ C. Long، فإن المشاهدات الحقلية السابقة قد تتضمن أخطاءً يمكنها أن تُعلِّل ما يُقارب ثلث الامتصاص الشاذ. وعموماً، تُعدّ أجهزة قياس الإشعاع الوارد والمنعكس أجهزة صعبة المعايرة داخل المختبر، وقد تعمل بشكلٍ مغاير عندما يجري تشغيلها في الحقل. وعلى سبيل المثال، تكون القباب المغطية لهذه النبائط عرضة لأن تسخن، الأمر الذي يؤدي حسب رأي الباحثَيْن: سي - تشي تسيه Si-Chee Tsay وستيفن شفارتز S. Schwartz إلى انحياز القياسات بقدرٍ يتراوح بين 5-25 واط/متر مربع. أما أجهزة السواتل فهي حتى أصعب من الأجهزة المذكورة سابقاً في المحافظة على معايرة محدّدة.

وتختلف مشاكل نمذجة الإشعاع فيما بينها، إلى حدٍّ ما، وهذا، إلى حدٍّ كبير، عائد إلى الصعوبات الهائلة في توصيف منظومة بالغة التعقيد كمنظومة الغلاف الجوي للأرض. فمن الضروري دمج التأثيرات لمئات الملايين من خطوط الامتصاص الجزيئية إلى داخل كودات الحاسوب عبر خطط لوضع المعايير، والتي غالباً ما تُركز فقط على منطقة الأمواج القصيرة من الطيف (أي عند أطوال موجية أقلّ من حوالي 5μm). وتوفر مثل هذه الخطط استقراءً داخلياً في مجال الحلول الممكنة للمعادلات التفاضلية ذات الصلة، وهي تُعدّ أساسية من أجل تقليل أزمنة الحوسبة.

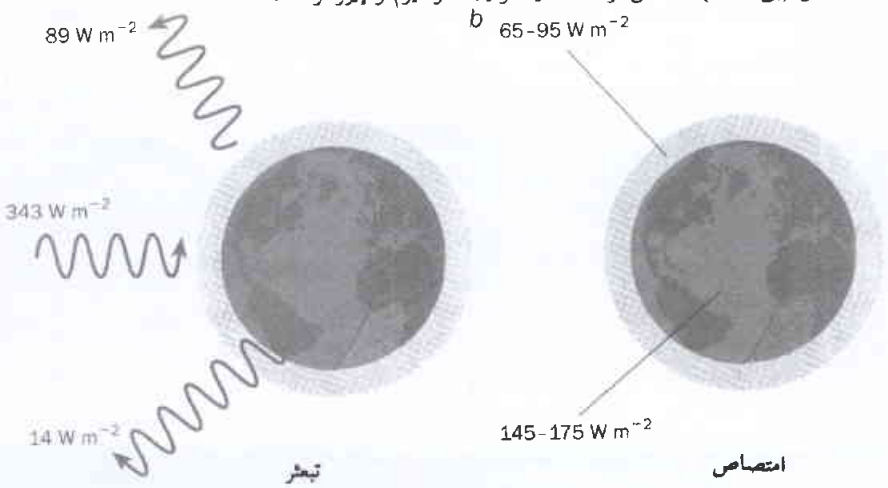
وكناتج ثانوي، غير مرغوب فيه، عن توليد خطط مثلى لوضع المعايير، فإن أجزاءً صغيرة من الطيف، ولكنها مهمّة، يجري إهمالها. فعلى سبيل المثال، أوضح الباحث كو-نان ليو Kou-Nan Liou وآخرون غيره أنه من الممكن تعليل ما يناهز ثلث الامتصاص الشاذ عند الأخذ بعين الاعتبار أطوالاً موجية أعظم طولاً وبالتقليل من أخطاء وضع المعايير. كذلك، فإن حقل النمذجة الجوية يشمل العديد من الكودات المختلفة، والتي في حال تعرُّض كلٍّ منها إلى القليل من مختلف الإضافات أو الإسقاطات، تصبح المقارنة بين المتشابه منها أمراً صعب التحقيق.

لكن احتمالاً مَفَاده أن معرفتنا في فيزياء الإشعاع للغلاف الجوي هي إلى حدٍّ ما غير كاملة، لايزال قائماً. فإضافة إلى خطوط بخار الماء التي لاتعليل لها، أشارت الباحثة فيرونيكا فيدا V. Vaida إلى أن التأثيرات العائدة لبخار الماء المتثاني water-vapour dimer (حالة انتقالية تصادمية مُحرّضة بالتجاور الوثيق لاثنين من جزيئات بخار الماء) تفسّر بعضاً من الامتصاص المفقود في النماذج. من جهة ثانية، بيَّن الباحثون: سوزان سُلُمون S. Solomon، ووليم كونانت W. Conant، وروبرت بورتمان R. Portman أنّ تأثيرات بخار الماء المتثاني في الجزء المرئي من الطيف كانت بسيطة.

علاوة على ما سبق، أظهر الباحث هرتش نوسنزفيغ H. Nussenzveig أنه يمكن للتراكيب ذات القمم الحادة في المقطع الفعّال للتبعثر الإيروسولي، والذي يُعرف بـ "تجاوبات ماي Mie resonances" أن تُعلِّل اللامواءمة بين النظرية والمشاهدات. وفي



تقيس أجهزة السواتل الإشعاع الحراري (إلى اليسار) المصدَر إلى الفضاء من سطح الأرض والغلاف الجوي كليهما، إضافة إلى ضوء الشمس (إلى اليمين) المنعكس بواسطة المحيط واليابسة والغيوم والإيروسولات.



(a) من المعروف تماماً أن الأرض تتلقى سنوياً من الشمس متوسطاً عالمياً للإشعاع قدره 343 Wm^{-2}، كما أن الكتيات التي تنتشر عائدة إلى الفضاء (89 Wm^{-2}) والتي تنتشر بواسطة الغلاف الجوي (14 Wm^{-2}) هي أيضاً معروفة تماماً.
(b) لاتتفق النماذج والمشاهدات بشأن مقدار الإشعاع الممتص والذي يُعاد تشعيعه بواسطة كلٍّ من الأرض والغلاف الجوي.

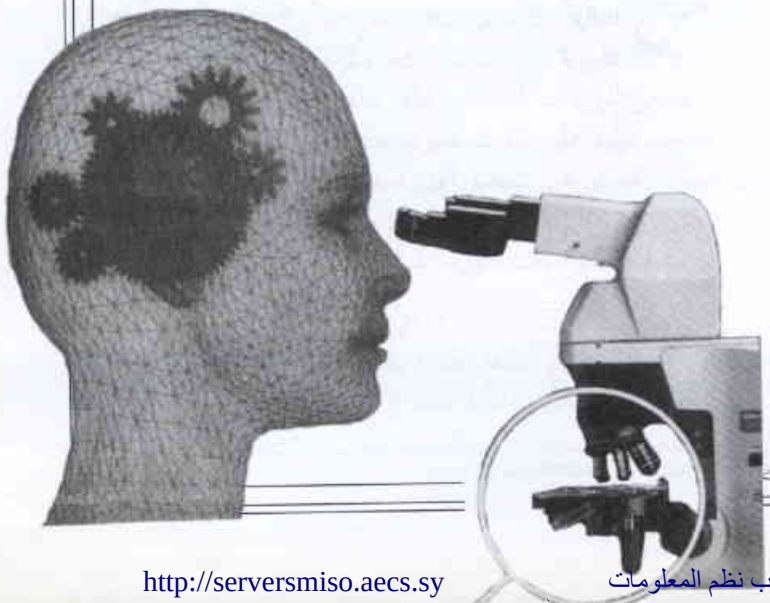
الوقت ذاته، أوضح خوزيه فاندرلي مارتينز J. V. Martins وباحثون آخرون أنه من المحتمل جداً أن يكون هنالك تقدير بخس وشديد لإسهام الإيروسولات، ولاسيما في السخام الأسود black soot، وبالتالي استطاعوا أن يُفسّروا قدراً أعظم من الشذوذ المتبقي.

وربما كان الأمر الأكثر أهمية هو أن اجتماع تشابمان قد بيّن أن نسبة الـ 10% من الشذوذ هي أقرب إلى 2% في حالة السماء الصافية – رغم أنها تظل عرضة للمقارنة مع التقوية الإشعاعية العائدة إلى غازات الدفيئة. وقد دأب الفيزيائيون، بوسيلة ما أو بأخرى، على متابعة هذه المشكلة لفترة تزيد على 100 عام، أي منذ أن بيّن صمويل لانغلي S. Langley، في ورقة قدّمها إلى وزارة الحرب الأمريكية، أن قدرة الغلاف الجوي على امتصاصه انتقائياً للطاقة الشمسية تؤدي إلى تسخين الأرض أكثر مما كان متوقعاً. ولأسباب أكثر ملاءمة من الحرب، لابدّ أن نعترف بأنه، على الأقل حتى تاريخه، لم نتوصّل بعد إلى موازنة تامة لميزانية الإشعاع.■

☆ ★ ☆

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

ورقات البحوث



تقييم منبع النترونات الفوتونية في مفاعل منبع النترونات السوري المصغر*

د. إبراهيم خميس
قسم الفيزياء – هيئة الطاقة الذرّية – ص. ب 6091 دمشق – سورية

ملخص

جرى تقييم لشدة منبع النترونات الفوتونية المباشرة بصورة ديناميكية من أجل مفاعل منبع النترونات المصغر "منسر" في شروط دون حرجة. وبغرض المقارنة، طُبّقت طريقتان مكونيتان مختلفتان. إضافة لذلك، قيست شدة منبع النترونات الفوتونية باستخدام مراقبات التدفق النتروني وتقنية التحليل بالتنشيط النتروني. وقد حصلنا على نتائج متطابقة لكلتا الطريقتين. حيث استعرضت التأثيرات الديناميكية لمنبع النترونات الفوتونية على استجابة المفاعل للتفاعليات المدخلة. وجرى التحقق من وجود منبع النترونات الفوتونية العائد إلى البِريليوم العاكس.

الكلمات المفتاحية: المفاعل منسر، النترونات الضوئية، ديناميك المفاعل، التحليل بالتنشيط النتروني.

مقدمة

يمكن إنتاج النترونات الفوتونية في المفاعلات خارج الوقود النووي. يحدث مثل هذا الإنتاج نتيجة للتفاعلات المتبادلة، وخاصة الامتصاص، بين إشعاعات غاما الفورية والمتأخرة وبين مواد المفاعل عند عتبات طاقة محدّدة [1]. ويعود جزء من الإنتاج الفوتوني إلى عمليات التفكك لنواتج الانشطار ذات العمر الزمني الطويل جداً. وبشكلٍ عام، لاتمتلك المفاعلات أية مصادر للنترونات، عدا تلك التي تتولّد نتيجة للانشطار التلقائي المحرّض في الوقود النووي. إلّا أن انبعاث النترونات الفوتونية نادراً ما يكون ذا أهمية. ولكن وجود البِريليوم أو الدوتريوم (الماء الثقيل) أو الكربون أو الليثيوم قد يساهم بشكلٍ ملحوظ في إقلاع منبع النترونات بعد إيقاف المفاعل. وفي بعض الحالات التي يشكّل فيها البِريليوم أو الماء الثقيل القسم الأكبر من قلب المفاعل (كعاكس بصورة أساسية)، قد لاتحتاج المفاعلات إلى عملية إقلاع لمنبع النترونات. وعادةً ما تواجه مثل تلك الحالة في مفاعلات البحث المتراصّة التي تمتلك كمّية كبيرة من البِريليوم، مثل مفاعل منسر [2]. وكذلك تساهم النترونات الفوتونية بشكلٍ صغير في حمل التفاعلية الكلّي في المفاعلات التي تتطلّب استخدام البِريليوم أو الماء الثقيل. فغالباً ما يستمر وجود منبع النترونات الفوتونية حتى بعد إغلاق المفاعل وخمود النترونات الفورية والمتأخرة.

إن عدد النترونات الفوتونية المنتجة بواسطة فوتونات غاما لنواتج الانشطار ذو أهمية كبيرة أثناء تصميم وعمل المفاعلات. فبالإضافة إلى مساهمتها كمصدر لإقلاع النترونات، تتصرّف النترونات الفوتونية بشكلٍ مشابه للنترونات المتأخرة عند تأثيرها على حركية المفاعل. ولقد نُشرت معطيات عن المردود والعمر النصفي والمردود النسبي للنترونات الفوتونية الناتجة عن نواتج انشطار اليورانيوم 235 والمعرّضة لفترات تعرّض مختلفة وذلك بخصوص الماء الثقيل D_2O والبِريليوم Be [3]. وقد تبيّن، بشكلٍ عام في الدراسات الديناميكية للمفاعل، أن هناك مجموعات تسع محدّدة للنترونات الفوتونية [4] مصنّفة بحسب أعمارها النصفية الخاصة بها.

يُعدّ مفاعل منسر السوري مفاعل بحث ذا استطاعة منخفضة، حيث يستخدم البِريليوم كعاكسٍ سفلي وفوقي وحقلي. وتتفاوت سماكة البِريليوم العاكس من 5 سم للعاكس السفلي إلى 10 سم للعاكس الحقلي. وهناك خمسة مواقع تشعيع داخل البِريليوم الحقلي العاكس وخمسة أخرى خارجه. ويبلغ التدفق النتروني الحراري الاسمي في مواقع التشعيع الداخلية 1×10^{12} n.cm^{-2}.s^{-1}. وفي مواقع التشعيع الخارجية 5×10^{11} n.cm^{-2}.s^{-1} وبشكلٍ عام، إن التدفقات النترونية في مواقع التشعيع مستقرة بشكلٍ جيد، ولهذا السبب يُعدّ مفاعل منسر جهازاً ممتازاً لعملية التحليل بالتنشيط النتروني.

في هذا العمل، سنقوم بمناقشة وتقييم شدة منبع النترونات الفوتونية لمفاعل منسر.

ديناميكية النترونات

إن المعادلات الحركية للنموذج النقطي المتوسط مكانياً لِست مجموعات من النترونات المتأخرة ولتسع مجموعات من النترونات الفوتونية [5] هي:

$$\frac{dn}{dt}=\frac{(\rho-1)\beta_{eff}}{\Lambda}n+\sum_{i=1}^{6}\lambda_i c_i^d+\sum_{j=1}^{9}\lambda_j c_j^p+q$$

$$\frac{dc_i^d}{dt}=\frac{\gamma^d\beta_i^d}{\Lambda}n-\lambda_i c_i^d \qquad (i=1,2,3,\ldots,6)$$

$$\frac{dc_j^p}{dt}=\frac{\gamma^d\beta_j^p}{\Lambda}n-\lambda_j c_j^p \qquad (j=1,2,3,\ldots,9)$$

* نشرت ورقة البحث هذه في مجلة *Annals of Nuclear Energy*, Vol. 29, issue 11, pages, 1365 - 1371, 2002. مراجعة هيئة التحرير.

حيث: n = كثافة النترونات

ρ = حمل التفاعلية

β_{eff} = النسبة الكلّية النترونات المتأخرة وللنترونات الفوتونية.

$$\beta_{eff} = \gamma^d \sum_{i=1}^{6} \beta_i^d + \gamma^p \sum_{j=1}^{9} \beta_j^p$$

β_i^d, β_j^p = المجموعة i و j للنترونات المتأخرة والنترونات الفوتونية على التتالي (أي المولّدات الأولية).

λ_i, λ_j = ثوابت التفكك للمولّدات الأولية i و j.

c_i^d, c_j^p = المولّدات الأولية للنترونات المتأخرة والنترونات الفوتونية.

γ_i^d, γ_j^p = مردود النترونات المتأخرة والفوتونية.

Λ = زمن توليد النترون.

لخصت معطيات الانشطار الحراري لمفاعل منسر بالجدول 1. وحُدّدت قيم زمن توليد النترونات والجزء الفعّال الكلّي للنترونات المتأخرة بشكلٍ تجريبي [6]، حيث أعطيت الكسور النسبية للمولّدات الطليعية precursors لكلٍ من النترونات المتأخرة والفوتونية كالتالي:

$$\beta_{i,eff} = \frac{\gamma^d \beta_i^d}{\beta_{eff}}$$

$$\beta_{j,eff} = \frac{\gamma^p \beta_j^p}{\beta_{eff}}$$

تُعطى التفاعلية الكلّية المتوفرة في قلب المفاعل، أثناء ديناميكية المفاعل، بالعلاقة التالية:

$$\rho = \rho_{cr} + \alpha_m (\overline{T_{core}} - \overline{T_{init}}) + \rho_{xe}$$

حيث ρ_{cr}= حمل التفاعلية لقضيب التحكّم. ولقد اعتُبرت حالات إدخال التفاعلية كخطوة ذات قيم موجبة مقدّرة بواحدة [mk]، و

α_m = معامل التفاعلية للمهدىء [Δk/k/°C]، ويُعطى بالعلاقة التالية:

$$\alpha_m = 0.026445 \times 10^{-3} - 0.0034752 \times 10^{-3} \cdot \overline{T_{core}}$$

Tcore = درجة الحرارة الوسطية لمبرّد قلب المفاعل [°C] عند الزمن t، و

Tinit = درجة الحرارة الأولية لمبرّد قلب المفاعل [°C].

إن الخواص الرئيسة لمفاعل منسر هي ميّزات الأمان الذاتي، كفائض التفاعلية المنخفض الموجود في قلب المفاعل وكبر معامل التفاعلية الحراري السالب. ومثل هذا الأثر الحراري الكبير التفاعلية، جعل من الصعوبة بمكان إظهار تأثير منبع النترونات الفوتونية أثناء القياسات الديناميكية، والتي تشتمل إدخال تفاعلية موجبة إلى المفاعل عند استطاعات عالية نسبياً. ولتفادي ذلك، فقد اعتُمدت طريقة القياسات السكونية وبطريقتين مختلفتين أثناء العمل في الشروط تحت الحرجة للمفاعل. تتضمّن الطريقة الأولى مفهوم أن التفاعلية تحت الحرجة للمفاعل تتناسب بصورة عكسية مع استطاعة المفاعل [7]. والافتراضية الأساسية في هذه الحالة هي أن شدة منبع النترونات الفوتونية الموجودة بالمفاعل تبقى ثابتة أثناء مستويات عدّة للاستطاعة. وفي هذه الحالة يُقال إن المفاعل في حالة توازن تحت حرج،

الجدول 1- معطيات الانشطار الحراري لمفاعل منسر

النترونات المتأخرة			النترونات الضوئية		
i	المنتوج $\beta_i^d \times 10^{-3}$	ثابت التفكك (λ_i, sec^{-1})	j	المنتوج $\beta_j^p \times 10^{-6}$	ثابت التفكك (λ_j, sec^{-1})
1	0.246	0.0127	1	20.7	2.265×10^{-2}
2	1.363	0.0317	2	36.6	8.886×10^{-2}
3	1.203	0.115	3	18.5	3.610×10^{-1}
4	2.605	0.311	4	36.8	7.453×10^{-1}
5	0.819	1.4	5	3.66	2.674×10^{-1}
6	0.167	3.87	6	32.0	6.191×10^{-3}
			7	2.6	1.591×10^{-3}
			8	0.38	2.478×10^{-4}
			9	0.57	6.098×10^{-5}
$\sum \beta_i^d = 0.0064$			$\sum \beta_j^p = 1.517 \times 10^{-4}$		
$\gamma^d \approx 1.23$			$\gamma^p \approx 1.23$		

وإن مستوى استطاعة الإيقاف يكون متعلقاً بالتفاعلية تحت الحرجة [1] كالتالي:

$$\rho_0 = -\frac{l \cdot S}{n_0}$$

حيث:

ρ_0 تفاعلية التوازن تحت الحرجة،

Λ زمن توليد النترونات،

S شدة المنبع الفعال،

n_0 مستوى استطاعة الإيقاف.

أما الطريقة الثانية فتتضمن تحديد شدة منبع النترونات الفوتونية باستخدام تقنية التحليل بالتنشيط النتروني الآلي [8]. وجرت الاستفادة من ثلاث وريقات معدنية نموذجية ومستخدمة كمواد معيارية قياسية لإجراء تلك القياسات. حيث شُعّعت وريقة ذهب ووريقتان من الديسبروسيوم في ثلاثة مواقع تشعيع مختلفة أثناء عمل المفاعل منسر في الحالة تحت الحرجة. وبمعرفة جميع العوامل المؤثرة على معادلة التحليل بالتنشيط النتروني NAA، وبقياس نشاطية تلك الوريقات، أصبح بالإمكان تحديد شدة منبع النترونات الفوتونية.

العمل التجريبي

بما أن المفاعل منسر كان في حالة إيقاف لمدة ستة أسابيع، فإن شروط الحالة تحت الحرجة له كانت كالتالي: درجة حرارة الماء في قلب المفاعل 20 °C، ويمكن اعتبار النترونات المتأخرة مهملة. في البداية، أُجريت قياسات التدفق النتروني الحراري في مواقع التشعيع بتقنية التحليل بالتنشيط النتروني الاعتيادية (NAA). حيث اختيرت وريقات الأورربيوم والكوبالت، وهي مواد معيارية قياسية (SRM)، كمقارنات. وأجريت مقارنة النشاطية الإشعاعية المقيسة لكلّ مقارن بقيمته النموذجية، في حين أُجريت معايرة الطاقة والمردود في بداية تشعيع الوريقات. بعد ذلك قمنا بتشعيع وريقة من الذهب ووريقتين من مادة الديسبروسيوم في مواقع التشعيع نفسها لمفاعل منسر، وحُسبت النشاطية الإشعاعية لكلّ وريقة من الوريقات. من ثمّ، وباستخدام هذه النشاطية الإشعاعية ومقارنتها بتلك التي تعود للمقارن، أمكن التوصل إلى القيم المستنتجة للتدفق النتروني الحراري.

الجدول 2 – نشاطية المواد المرجعية والمقيسة

المواد المرجعية النظامية (SRM)	النشاطية (KBq)		التدفق النتروني الحراري المقاس ($n.cm^{-2}.sec^{-1}$)	
	المرجعية	المقيسة	Dy-1	$2.64x10^6$
Eu-152	371.5	371.5	Dy-2	$2.95x10^6$
Co-60	328.3	318.3	Au	$2.68x10^6$

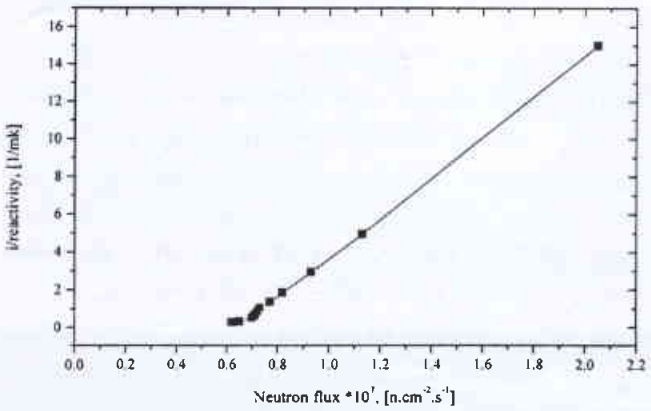
استُخدمت وريقة الذهب التي تزن 63.5 mg قطرها 12.7 mm. يتضمن الجدول 2 النشاطية الإشعاعية النموذجية والمقيسة للمواد المعيارية القياسية. وبالقيام بعملية التشعيع لمدة 60 دقيقة والتبريد لمدة 4 ساعات، قيست النشاطية الإشعاعية لوريقة الذهب باستخدام البرنامج NAD [5]. وتبيّن أن التدفق النتروني الوسطي المحسوب (أي شدة المنبع) هو 2.75×10^6 $n.cm^{-2}.s^{-1}$ وبخطأ تقديري مقداره 10.9%.

القسم الثاني من التجربة، أي القسم الديناميكي، تضمّن سلسلة من الانسحابات التدرّجية لقضيب التحكّم بدءاً من الشروط تحت الحرجة العميقة التي تكون فيها درجة الحرارة في قلب المفاعل لاتزال مساوية لـ 20 °C. حيث سُحِب قضيب التحكّم خطوة خطوة يدوياً بدءاً من موضع قضيب التحكّم تحت الحرج، وتوجّب الانتظار لمدة 20 دقيقة عند كلّ مستوى طاقة كي يصل المفاعل منسر إلى حالة الاستقرار. ثمّ قيست استطاعة المفاعل (أي التدفق النتروني) والتفاعلية المدخلة لكلّ خطوة تمّ تسجيلها. وبالتالي استُنتجت التفاعلية تحت الحرجة عند كلّ خطوة. لكن، وبسبب وجود انحياز محدّد للكاشف النتروني، فقد كان من المستحسن رسم العلاقة بين مقلوب التفاعلية والاستطاعة النترونية للمفاعل.

النتائج والمناقشة

رُسمت العلاقة بين مقلوب التفاعلية تحت الحرجة والتدفق النتروني الحراري كما في الشكل 1. وباستخدام طريقة التنسيب للنتائج التي جُمعت، حصلنا على خط مستقيم، وهذا يتفق مع المعلومات النظرية في هذا المجال. حيث تبيّن أن المعادلة المستنتجة الحاكمة للعلاقة بين التفاعلية تحت الحرجة واستطاعة المفاعل (أي التدفق النتروني) هي من الشكل التالي:

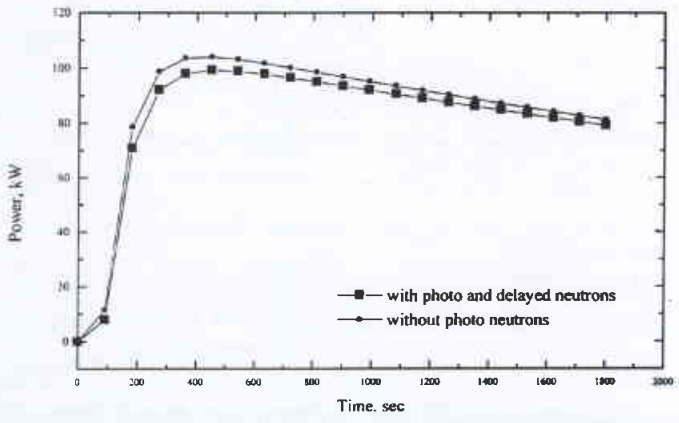
$$\frac{1}{\rho_{subcritical}} = -26.6 + 13.5 \cdot \Phi$$



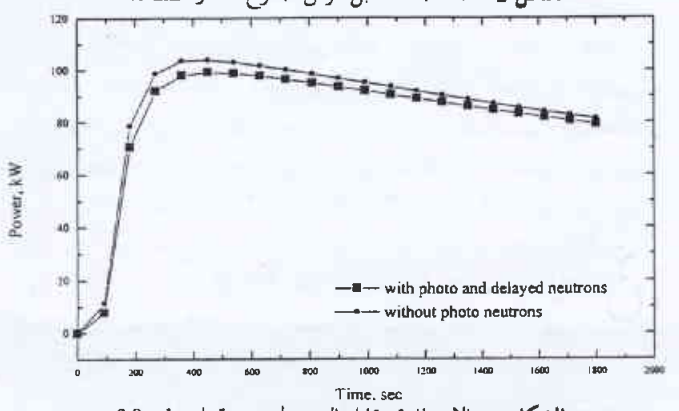
الشكل 1– التدفق النتروني مقابل مقلوب التفاعلية

كان متوسط قيمة التدفق النتروني الحراري المقيس في موقع التشعيع الداخلي قبل بدء التجربة الديناميكية مساوياً 2.75×10^6 $n.cm^{-2}.s^{-1}$. في حين أن الانحياز في التدفق النتروني الذي حصلنا عليه تجريبياً كان حوالي $4.5 \times 10^6 n.cm^{-2}.s^{-1}$. وبمقارنة النتائج التي حصلنا عليها من قياس التدفق النتروني باستخدام التحليل بالتنشيط النتروني الآلي (INAA)، المبيّنة في الجدول 2، بالانحياز الذي حصلنا عليه تجريبياً نصل إلى نتيجة مفادها أن كلا الأسلوبين السكونيين المعتمدين لقياس منبع النترونات الفوتونية كانا دقيقين.

وللمقارنة، اختيرت حالتان عابرتان حقيقيتان أُجريتا على المفاعل منسر [9]. وبعد نمذجة مفاعل منسر قدّرت الاستجابة الديناميكية عند إدخال تفاعلية قفزية مقدارها 2.1 mk وأخرى مقدارها 3.8 mk ولحالتين. الحالة الأولى تمثل حالة مفاعل منسر الحقيقي الذي يتواجد فيه كلّ من النترونات الفوتونية والنترونات المتأخرة. أما الحالة الثانية فهي حالة افتراضية تقضي بوجود النترونات المتأخرة فقط في مفاعل منسر(أي تهمل مساهمة النترونات الفوتونية في المجال الديناميكي). يبيّن الشكلان 2 و 3 النتائج التي تمّ الحصول عليها لديناميكية مفاعل منسر من أجل الحالتين السابقتين على التوالي. حيث يلاحظ تأثير النترونات الفوتونية في إبطاء جموح التفاعلية بشكلٍ واضح، وهذا مشابه لتأثير النترونات المتأخرة. وبتقييم تأثير النترونات الفوتونية عند إدخال تفاعليتين مقدارهما 2.1 و 3.8 mk، نتوصّل إلى أن النسبة الوسطية المقدّرة لتأثير النترونات الفوتونية إلى تأثير المتأخرة منها في مفاعل منسر تساوي 4% تقريباً.



الشكل 2– الاستطاعة مقابل الزمن لجموح مقداره 2.1 mk



الشكل 3– الاستطاعة مقابل الزمن لجموح مقداره 3.8 mk

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

REFERENCES المراجع

[1] Hetrick, D.L., 1971. Dynamics of Nuclear Reactors, University of Chicago Press, Chicago, USA.

[2] CIAE, 1993. Safety Analysis Report for the Syrian MNSR.

[3] ANL-5800, 1963. Reactor Physics Constants, Second Edition, Argonne National Laboratory, United States Atomic Energy Commission.

[4] Bernstein, S., Ergen, W. K., Talbott, F. L., Leslie, J. K., and Stanford, C. P., 1965. Yield of photo neutrons from U-235 fission products in beryllium and deuterium. Journal of Applied Physics, Vol. 27, No. 1, p. 12-22.

[5] Pytel K., 1998. IAEA-Expert report. Vienna.

[6] Hainoun, A., Khamis, I., 2000. Determination of neutron ceneration time in miniature neutron source reactor by measurement of neutronics transfer function. Nuclear Engineering and Design, 195, 299-305, The Netherlands.

[7] Lewins, J., 1978. Nuclear Reactor Kinetics and Control. Pergamon Press, Oxford, U.K.

[8] Perry, S.J. 1991. Activation Spectrometry in Chemical Analysis. Wiley, New York, USA.

[9] AECS, 1996. Commissioning Report of the Syrian MNSR, internal report.■

☆ ★ ☆

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

تقييم التلوث بعناصر الأثر في بيئة نهر بردى باستخدام تقانة التحليل بالتنشيط النتروني★

د. إبراهيم خميس – د. محمد سعيد المصري – أحمد سرحيل – نزار الصمل
قسم الفيزياء – هيئة الطاقة الذرّية – ص. ب 6091 – دمشق – سورية

ملخص

جرى تقييم أثر صناعة الدباغة وتلبيس المعادن على الجزء الشرقي من بيئة نهر بردى. جُمعت عيّنات رسوبيات وتربة ونبات من تسعة مواقع على طول النهر بالقرب من التجمع الصناعي الشرقي وذلك خلال عام 1999. دلّت نتائج التحليل بالتنشيط النتروني على وجود تراكيز مرتفعة من الكروم في الرسوبيات التي جُمعت بالقرب من معامل الدباغة، حيث بلغت القيمة العظمى ما مقداره 2692 جزءاً في المليون. وبالإضافة إلى ذلك، لوحظت تراكيز مرتفعة نسبياً من الكروم في التربة الزراعية التي جُمعت بالقرب من ضفاف النهر في المنطقة الصناعية، فتراوحت التراكيز بين 77 و 327 جزءاً في المليون. على أية حال، كانت تراكيز الكروم في أوراق النباتات المزروعة على ضفاف النهر منخفضة، ويعود ذلك إلى الارتباط القوي للكروم بالتربة. كما لوحظت تراكيز مرتفعة أيضاً من عناصر الأثر الأخرى، كالنحاس والنيكل، في عيّنات الرسوبيات، حيث بلغت أعلى تراكيز للنحاس القيمة 4000 جزء في المليون وهي أعلى بكثير من المستويات الطبيعية. وتُعدّ محلات تلبيس المعادن المصدر الرئيس لهذا العنصر في المنطقة. ونضيف هنا أن تراكيز العناصر المدروسة تتناقص كلما أصبحت المسافة أبعد من المنطقة الصناعية شرقاً. وبشكلٍ عام، وجدت عناصر الأثر الأخرى بتراكيز منخفضة، ويمكن استخدام المعلومات المذكورة هنا كسوية طبيعية للمراقبة المستقبلية.

الكلمات المفتاحية: عناصر الأثر، نهر بردى، تلوث، التحليل بالتنشيط النتروني.

مقدمة

استُخدمت مياه نهر بردى لسنين عديدة من قِبَل سكان مدينة دمشق في الزراعة والصناعة كونه مصدراً حيوياً للمياه في المدينة. كما استُخدمت أيضاً لنقل نفايات مدينة دمشق، بما فيها اطلاقات الصرف الصحي والصرف الصناعي، من المناطق الصناعية المتمركزة بالقرب من النهر. عادة، تترسّب الملوثات المحمولة بمياه النهر في رسوبيات قاع النهر أو تنتقل إلى تربة ضفاف النهر حيث تنمو وتُزرع المحاصيل الزراعية. تؤدي صناعة الدباغة، والتي تُعدّ من الصناعات المعروفة جداً، إلى مشاكل التلوث البيئي [1، 2، 3]، ويحدث التلوث بعناصر الأثر مثل الكروم بفعل هذه الصناعات حول معامل الدباغة [1، 2، 3، 4]. وبالتالي، طوّرت طرائق عديدة لمعالجة مياه دفق النهر من قِبَل العديد من البلدان لمنع حدوث هذا التلوث [5، 6]. على أية حال، جرى اعتبار قُرابة أربعة معامل حكومية كبيرة للدباغة و200 محلّ صغير للدباغة، المصدر الرئيس لتلوث نهر بردى في الجزء الشرقي من مدينة دمشق، ناهيك عن وجود معامل الدهان ومعالجة اللحوم (المسلخ) وبعض محلات تلبيس المعادن في المنطقة الصناعية الشرقية. أثبت العديد من الدراسات [8، 7] وجود مستويات مرتفعة نسبياً لعناصر الأثر، كالرصاص والزرنيخ والتوتياء والنحاس، في رسوبيات بحيرة العتيبة وتربة ضفاف النهر. وكرّس العديد من البرامج الوطنية بالتعاون مع منظمات عالمية، مثل IAEA و UNEP و MEDPOL، الجهود لتقييم مشاكل التلوث في نهر بردى وأنظمة بيئية أخرى في سورية.

تتعامل الورقة الحالية مع تقييم تراكيز عناصر الأثر في بيئة نهر بردى والناجمة عن الاطلاقات السابقة لمياه الصرف الصحي في المنطقة الصناعية الشرقية لمدينة دمشق. ويمكن استخدام نتائج هذا العمل لوضع الخلفية الطبيعية للمراقبة المستقبلية لاطلاقات صناعة الدباغة.

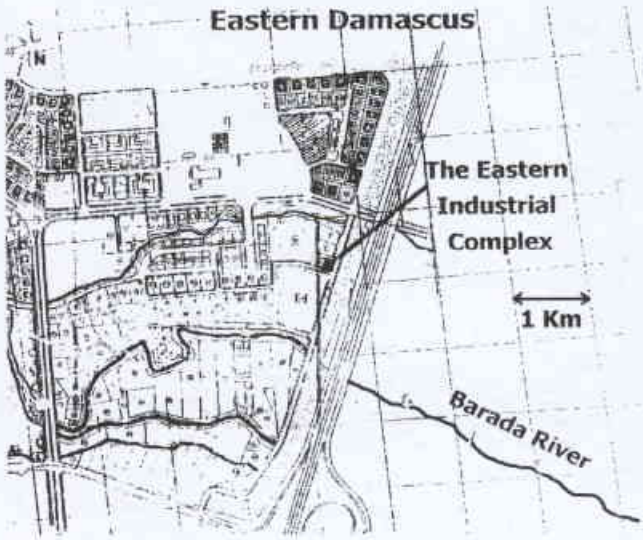
القسم العملي

جمع العيّنات

جُمعت عيّنات من الرسوبيات والتربة والنبات من تسعة مواقع على طول نهر بردى بالقرب من المنطقة الصناعية الشرقية، حيث جرى تغطية مسافة أكثر من 6000 م كما هو موضّح في الشكل 1. قُسّمت المنطقة إلى ثلاثة مقاطع وهي قبل منطقة الدباغات ومنطقة الدباغات وبعد منطقة الدباغات. جُمعت معظم العيّنات خلال شهر شباط من عام 1999. أُخذت عيّنات الرسوبيات على مسافة 10 سم من إحدى ضفاف النهر وبعمق 5 سم باستخدام ملعقة مصنوعة من الفولاذ غير القابل للصدأ في حين أُخذت عيّنات التربة (5 سم العليا) على مسافة 1.5 م من ضفة النهر. جُمعت النباتات، مثل أوراق الفول، على مسافة 5 م من ضفة النهر.

★ نُشرت ورقة البحث هذه في مجلة *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, Vol. 251, No. 2(2002) 227 - 231.

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



الشكل 1– مواقع جمع العيّنات على نهر بردى

استُخدمت تقانة التحليل بالتنشيط النتروني لتعيين تراكيز عناصر الأثر (As, Hg, Cr, Ag, Cu, Co, Ni) في العيّنات كافة. وأُجريت التحاليل باستخدام المفاعل السوري منسر (MNSR).

تحضير العيّنات

غُسلت عيّنات الأوراق بماء الصنبور ثم بالماء المقطّر والأسيتون. جُفّفت العيّنات كافة (رسوبيات، وتربة، وأوراق النباتات) في الفرن لمدة 24 ساعة عند الدرجة 45 مئوية. طُحنت العيّنات الجافة ونُخلت في منخل قياس 300 ميش مصنوع من الفولاذ غير القابل للصدأ. جُفّفت العيّنات المرجعية والعيّنات مرة أخرى لمدة أربع ساعات عند الدرجة 45 مئوية قبل التشعيع. خُتمت عيّنات بوزن يتراوح بين 150 – 250 ملغ بالنايلون الشفّاف وضُغطت باستخدام مكبس يدوي ووضعت في كبسولات مصنوعة من البولي إيثيلين للتشعيع. استُخدمت كبسولات منفصلة للعيّنة والمواد المرجعية القياسية والمواد المرجعية للتشعيع القصير الأمد، في حين استُخدمت لفترات التشعيع المتوسطة والطويلة عيّنات عيارية مرجعية وعيّنات قياسية وضعت في كبسولة واحدة على الترتيب التالي: عيّنة 1، عيّنة 2، RM1، عيّنة 3، SRM_1، عيّنة 4، SRM2، عيّنة 5، عيّنة 6. وكانت نسبة الوزن للعيّنات العيارية المرجعية والعيّنات المراد تحليلها مساوية الواحد تقريباً.

التشعيع

حُمّلت كلّ عيّنة بشكلٍ يدوي إلى الـ RPS للتشعيع، حيث شُعّعت العيّنة مرتين بتدفق نتروني حراري قيمته 5×10^{11} n. cm^{-2}. S^{-1} لمدة ثلاثين ثانية و 5 ساعات بقصد دراسة النكليدات ذات عمر النصف القصير و عمر النصف الطويل على التوالي. تراوح تدفق النترونات الحرارية على طول كبسولة التشعيع بين 1.5 و 3%، و استُخدمت رقائق من Au و Dy بنقاوة 99.99%، وهي من صنع شركة Reactor Experiments Inc، الولايات المتحدة الأمريكية، كمرقاب للتدفق. وبالإضافة إلى ذلك، استُخدم سلك من النحاس عالي النقاوة لقياس التوزع المحوري على طول الكبسولة في مواقع التشعيع.

القياس

قُذفت العيّنة المشعّعة آلياً بإشارة من مؤقت زمني، باتجاه الكاشف. ومن ثمّ حُملت كلّ عيّنة إلى داخل حامل العيّنة المثبّت على مسافة من غطاء الكاشف. وللحامل أبعاد مساوية تقريباً الأبعاد الداخلية لعنق الكاشف. أُجريت القياسات بمطيافية غاما بعد أزمنة تبريد قدرها 300 ثانية و 2 و 30 يوماً باستخدام كاشف جرمانيوم عالي النقاوة ذي قدرة فصل مرتفعة (1.85 كيلو إلكترون فولط عند الطاقة 1.33 ميغا إلكترون فولط)، وكفاءة تعداد نسبية مرتفعة (25%) وخلفية طبيعية منخفضة. قيست النكليدات المشعة ذات الأعمار القصيرة على مسافة 10 سم من سطح الكاشف، وحُدّدت مساحات القمم باستخدام برنامج Gammaples Version 1.02 من شركة Silena.

ضبط الجودة

طُبّقت إجراءات ضبط الجودة باستخدام مواد مرجعية قياسية (RM) وعيّنات مراقبة. أما العيّنات المرجعية التي زُوّدت من الوكالة الدولية للطاقة الذرّية فكانت Soil-7، SL-1، Lichen-336، GSD-9 ومن NIST المواد التالية Apple Leaves-1515، Peach Leaves 1547. واستُخدمت العيّنات IAEA SL-1، IAEA- 356، Chinese GSB-9 مع العيّنات SL-1، Soil-7 والعيّنات NIST 1515 و Lichen-336 مع NIST peach 1547 (عُرضت بعض النتائج في الجدول 1). بالإضافة إلى ذلك، جرت معايرة طاقة وكفاءة مطيافية غاما باستخدام منابع عيارية وهي ^{60}Co و ^{137}Cs و ^{152}Eu.

النتائج والمناقشة

عُرضت تراكيز عناصر الأثر الرئيسية في عيّنات الرسوبيات والتربة في الجدولين 2 و 3. ومن الواضح أن تراكيز كلّ من Cr و Cu أعلى من المستويات الطبيعية. تراوحت تراكيز الكروم من 11 جزءاً في المليون إلى قيمة عظمى قدرها 2692 جزءاً في المليون، وهي أعلى بـ 30 مرة من المستويات الطبيعية (يتراوح المستوى الطبيعي بين 10 – 90 جزءاً بالمليون

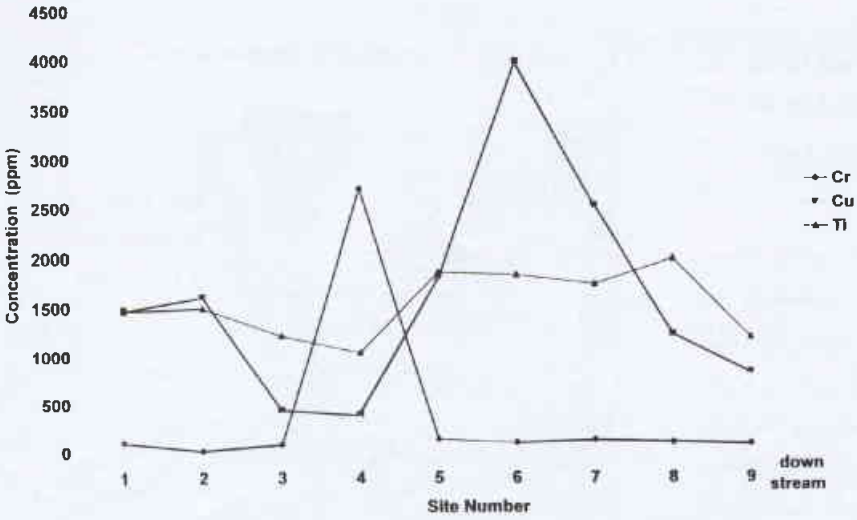
الجدول 1– نتائج تحليل المواد المرجعية (جزء في المليون)

العنصر	SL-1, Sediment		Soil-7		NIST-1515 Apple Leave	
	القيمة المقاسة	القيمة المرجعية	القيمة المقاسة	القيمة المرجعية	القيمة المقاسة	القيمة المرجعية
Ag	-	-	4.86 ± 0.07	4.7	-	-
As	28.7 ± 1.3	27.5	13.4 ± 0.6	13.4	-	-
Co	19.1 ± 0.7	19.8	9.0 ± 0.1	8.9	0.086	0.090
Cr	95 ± 7	104	61.1 ± 1.3	60	0.278	0.300
Ni	52.1 ± 5.2	44.9	26.8 ± 1.2	26	-	-
Ti	-	-	3238 ± 190	3000	-	-

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

[9]). ويعود هذا المستوى المرتفع بشكلٍ واضح إلى الاطلاقات الناجمة عن محلات ومعامل الدباغة في المنطقة. على أية حال، يدل توزع الكروم على طول النهر أن الكروم قد تركّز في تلك المواقع القريبة من المنطقة الصناعية ولم ينتقل إلى مسافات بعيدة لحسن الحظ وبقي مرتبطاً برسوبيات النهر (الشكل 2)، وبالتالي فإن جزءاً صغيراً من النهر داخل المنطقة الصناعية قد تأثر بهذه الصناعة.

أما عنصر الأثر الآخر الذي وجد بتراكيز مرتفعة في الرسوبيات، فهو النحاس، حيث وصل تركيزه قيمة عظمى قدرها 3971 في المليون عند الموقع 6. ويعود هذا المستوى المرتفع إلى رمي نفايات محلات تلبيس المعادن المنتشرة في المنطقة أيضاً، ويلاحظ الأمر ذاته



الشكل 2– تغيّر تراكيز النحاس والكروم والتيتانيوم في الرسوبيات على طول نهر بردى

الجدول 2 – تراكيز عناصر الأثر في رسوبيات نهر بردى (جزء في المليون)

رقم الموقع	Cu	Ti	Ni	Hg	Cr	Co	As	Ag
1	1476±107	1461±241	< 0.1	1.16±0.07	98±1	7.44±0.09	5.01±0.16	7.6±0.4
2	1602±116	1491±246	150±11	1.59±0.09	11±2	6.94±0.09	4.37±0.14	12.3±0.6
3	436±32	1208±199	55±4	1.56 ±0.09	77±1	4.01±0.05	3.16±0.10	8.2±0.4
4	392±28	1034±171	55±4	1.76±0.10	2692±41	6.97±0.09	2.96±0.10	6.7±0.3
5	1791±129	1852±261	167±13	1.50±0.08	128±2	7.09±0.09	4.50±0.15	18.3±0.8
6	3971±287	1826±301	133±10	2.09±0.12	92±1	7.09±0.09	4.45±0.14	4.8±0.2
7	2516±181	1733±286	134±10	2.53±0.14	119±2	7.59±0.09	4.56±0.15	10.4±0.5
8	1216±88	1987±328	88±7	1.19±0.07	94±1	9.63±0.12	4.16±0.14	6.8±0.3
9	824±60	1185±196	92±7	1.16±0.07	79±1	5.49±0.07	3.34±0.11	8.6±0.4
المستويات الطبيعية*	0.07	-	-	-	70-90	74	10	-

* من المرجع [9].

مع عنصر النيكل، والذي يُعدّ أيضاً من ملوثات صناعة تلبيس المعادن، حيث وجد بتراكيز مرتفعة عند الموقع 5، فبلغت أعظم قيمة قرابة 167 جزءاً في المليون. ولوحظ للنحاس توزع مماثل لتوزع الكروم على طول النهر، كما هو واضح في الشكل 2. تزايد تركيز التيتانيوم في الرسوبيات أيضاً على طول المنطقة المدروسة، والذي يُعدّ إحدى المواد الكيميائية المستخدمة في صناعة الدهانات والأصبغة، فتراوح تركيز التيتانيوم بين 1031 و 1987 جزءاً في المليون، حيث وجدت أعلى القيم في تلك العيّنات التي جُمعت من داخل المنطقة الصناعية. ويمكن ملاحظة تراكيز متجانسة على طول النهر.

ورغم أن الكروم هو الملوّث الرئيسي الناجم عن صناعة الدباغة في المنطقة، لم يظهر لنا وجود دراسة لتراكيزه في التربة والنباتات الزراعية المنتشرة على ضفاف النهر [6]. يبيّن الجدول 3 نتائج تحاليل عيّنات من التربة جُمعت بالقرب من ضفاف النهر. لوحظت تراكيز مرتفعة نسبياً من الكروم في تربة بعض المواقع (الموقعين 3 و 4)، وكانت أعلى من المستويات الطبيعية وقريبة منها في المواقع الأخرى. وربما تعود هذه المستويات المرتفعة إما إلى رمي نفايات محلات الدباغة مباشرة إلى الأرض الزراعية المجاورة، أو إلى تدفق المياه خلال فصل الشتاء والتي حملت معها بعض الترب الملوثة من مكان توضع الدباغات إلى الأماكن الأخرى على طول النهر، وتترسب في المناطق الأخرى على ضفاف النهر. وبالإضافة إلى ذلك، إن التلوث بالنيكل من صناعة

الجدول 3– تراكيز عناصر الأثر في التربة

رقم الموقع	Ti	Ni	Hg	Cr	Co	As	Ag
1	2622±316	45.5±5.1	0.64±0.09	82±3	8.23±0.16	5.07±0.05	-
2	2601±314	45.6±8.0	0.64±0.09	84±3	9.09±0.002	4.63±0.04	2.24±0.16
3	2849±344	48.6±4.6	1.31±0.18	277±41	10.14±0.12	6.23±0.06	3.48±0.17
4	2844±343	53.0±1.7	0.45±0.06	327±37	9.0±0.29	7.15±0.07	2.11±0.21
5	3158±381	58.6±3.5	0.08±0.01	92±11	10.60±0.02	10.37±0.10	1.62±0.23
6	2486±300	708±8.1	0.58±0.08	91±4	9.67±0.26	6.73±0.06	3.56±0.18
7	2283±275	39.8±8.2	1.25±0.17	84±9	8.13±0.01	4.92±0.05	1.76±0.21
8	3008±363	52.2±3.8	0.85±0.11	83±6	10.85±0.25	10.02±0.09	1.83±0.22
9	2891±349	18.9±6.5	0.22±0.03	77±3	9.05±0.32	5.77±0.05	0.90±0.16
المستويات الطبيعية*	-	0.01 - 2.6	0.08 - 0.17	10 - 40	8	7 - 20	-

* من المرجع [9].

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

تلبيس المعادن كان واضحاً في الموقع 6، حيث وصل القيمة 708 جزءاً في المليون.

تُزرع بعض المحاصيل على ضفاف نهر بردى، حيث يستخدم المزارعون مياه النهر أو بعض الآبار الارتوازية للري. ويمكن أن يحدث تلوث النباتات بعناصر الأثر إما بانتقال هذه العناصر عبر الجذور ومن ثمّ إلى الأوراق، أو بواسطة ترسُّب الغبار الحامل لعناصر الأثر على الأوراق. ولقد لوحظ أن تراكيز عناصر الأثر المدروسة منخفضة نسبياً وأقل من حدّ الكشف الأدنى للطريقة المستخدمة (يُحسب الحدّ الأدنى للكشف من خلال برنامج مطيافية غاما). وربما يعود ذلك إلى حقيقة مفادها أن عمليات الدباغة هي عملية رطبة ولهذا لا يوجد ترسُّب جاف. بالإضافة إلى ذلك، وجد أن معظم عناصر الأثر المدروسة (الكروم والنيكل والنحاس) تبقى مرتبطة بالتربة ويصعب انتقالها إلى النبات.

الاستنتاجات

تُعدّ صناعات الدباغة وتلبيس المعادن المنتشرة في الجزء الشرقي من نهر بردى المصدر الرئيسي للتلوث في هذه المنطقة. دلّت النتائج على وجود مستويات مرتفعة من الكروم والنيكل والنحاس في عيّنات الرسوبيات التي جُمعت بالقرب من المنطقة الصناعية على نهر بردى. على أية حال، وجدت الملوثات متوضّعة بالقرب من مواقع رمي نفايات المعامل، حيث كان التلوث متمركزاً فقط في المنطقة الصناعية. ويمكن إعداد برنامج لإزالة التلوث لهذا الجزء من النهر. ولقد أثبتت طريقة التنشيط النتروني أنها طريقة مناسبة لتحليل عناصر الأثر في العيّنات البيئية وتعطي نتائج صحيحة، ويمكن استخدامها بنجاح للمراقبة المستقبلية.

المراجع REFERENCES

[1] J. M. TOBIN, J. C. ROUX, Water Research, 32 (1998)1407.

[2] O. TUNAY, I. KAHDOSALI, B. BASEGMEZLER, O. KOSEBAY, Fresenius Environmental Bulletin, 7 (1998) 223.

[3] O. TUNAY, I. KAHDOSALI, D. ORBON, E. ATES. Water Science and Technology, 32 (1995)1.

[4] I. KAHDASLI, O. TUNAY, E. DAYMEN, S. MERIC, Fresenius Environmental Bulletin, 7 (1998) 859.

[5] C. GALLET, F. PELLISSIER, J Chemical Ecology, 23 (1997) 2401.

[6] O. TUNAY, I. KAHDOSALI, D. ORBON, S. KOLCAK, Water Science and Technology, 36 (1997)225.

[7] M. S. AL-MASRI, H., SHAIKKHALIL, A., ABA, Z. AL-HARES, History Pollution of El-Oteibeh Lake and Determination of Sediment Element Distribution, AECS-PS\FRSR 216, 2000.

[8] A. KUDIER, K. KALIFIA, M. ABAS, Distribution of Important Chemical Elements in Soil Near Barada River, AECS-PS\FRSR 112, 1996.

[9] E. MERIAN, Metals and Their Compounds in the Environment, New York; VCH, 1991.■

☆ ★ ☆

التغيرات في مياه الغسل خلال التحلية وفي المحلول الملحي خلال التخزين لثمار الزيتون★

د.محفوظ البشير
قسم تكنولوجيا الإشعاع - هيئة الطاقة الذرّية - ص. ب. 6091 - دمشق - سورية.

ملخص

عولجت ثمار الزيتون (صنف الصوراني) بالجرعات 0 و 1 و 2 و 3 كيلو غراي، وتمّت تحليتها في ماء مقطّر لمدة 8 أيام، ثم خُزّنت في محلول ملحي لمدة 12 شهراً بدرجة حرارة الغرفة. وبعد مرور 6 و12 شهراً على التخزين في المحلول الملحي قُدّر يومياً في مياه التحلية كلّ من المادة الصلبة العضوية وغير العضوية والصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم والناقلية الكهربائية EC وقيم الـ pH. وبيّنت نتائج هذه التجارب أن أشعة غاما قد أدت إلى زيادة نسبة المادة الصلبة العضوية وغير العضوية وعنصري الصوديوم والبوتاسيوم في الخلاصة المائية لمنقوع هذه الثمار، وذلك مقارنة مع نسب هذه المركّبات في المنقوع المائي للثمار غير المعالجة خلال مرحلتي التحلية والتخزين. وكان لأشعة غاما تأثير على كلّ من الناقلية وقيم الحموضة في كلّ من مياه التحلية ومحلول التخزين الملحي.

الكلمات المفتاحية: تحلية، أشعة غاما، ثمار الزيتون، تخزين، مياه الغسل.

مقدمة

تُعدّ ثمار زيتون المائدة حالياً من الثمار الأكثر أهمية بين الثمار، التي تُستهلك بعد تخميرها، في منطقة حوض البحر الأبيض المتوسط. ويُقدّر الإنتاج السنوي في العالم من هذه الثمار حسب إحصائيات عام 1994/ 1995 بحوالي 900.000 طن [1]. عُرفت زراعة الزيتون في سورية منذ قديم الزمان، حيث قُدّر الإنتاج السنوي كمتوسط للسنوات العشر الماضية بـ 470 ألف طن [2]، وتُعدّ سورية من الدول الخمس الأولى في العالم إنتاجاً للزيتون، واحتلت عام 1990 المركز الرابع عالمياً في إنتاج الزيتون [3].

تحتاج ثمار زيتون المائدة المعدّة للاستهلاك بشكلٍ مباشر إلى تجهيز وحفظ بوسائل خاصة تتضمن المعالجة بالقلوي أو التمليح أو التخمير أو التحميض [4] .

يسبب تصنيع الزيتون مشاكل بيئية رئيسية تتمثل بطرح ملوّثات من المخلّفات الناتجة من المعالجات الرئيسية، كالمحاليل القلوية والملحية [8، 7، 6، 5].

دُرست إمكانية استخدام أشعة غاما في تحسين قابلية تخزين الثمار من حيث دورها في تنظيم النشاط الاستقلابي وتخليص الثمار من الكائنات الحية الدقيقة المسبّبة للتلف [11، 10، 9].

لقد بيّنت نتائج الدراسات المنفّذة على ثمار الفاكهة أنه باستخدام أشعة غاما كمعالجة مفردة يمكن تحسين قابلية تخزين الثمار وربما التأثير على قوام الثمار [9].

وربما تعود طراوة الثمار إلى تأثير الأشعة في جزيئات البكتين الكبيرة الحجم ومتعددات السكريد كالبروتوبكتين والسلّولوز، أو إلى إحداث تبدلات تحوّل المركّبات البكتينية غير القابلة للذوبان إلى أشكالٍ أكثر ذوباناً [13، 12].

إن المعلومات قليلة في المراجع العلمية حول إمكانية استخدام أشعة غاما لتجهيز أو حفظ ثمار زيتون المائدة، لذلك فقد كان هدف هذا البحث اختبار تأثير أشعة غاما على الخصائص الكيميائية للمياه المستخدمة في تحلية ثمار الزيتون، والتي يمكن استخدامها كمؤشر لقابلية التحلية، ثم دراسة التبدلات في المحلول الملحي المستخدم خلال مراحل التخزين. واستُخدمت في هذا البحث ثمار صنف الصوراني ذي الأهمية الاقتصادية في سورية.

مواد البحث وطرائق العمل

استُخدمت في التجارب ثمار صنف الصوراني، حيث كان مصدر الثمار حقولاً خاصة في إدلب (شمال سورية). قُطفت الثمار في الأسبوع الثاني من شهر تشرين الثاني عام 1997.

عُبئت الثمار في أكياس ورقية بمعدل كيلو غرام واحد في كلّ كيس، ثم عولجت في اليوم التالي من قطفها بالجرعات 0 و1 و 2 و 3 كيلو غراي من أشعة غاما الصادرة عن النظير المشع كوبالت ^{60}Co بمعدل جرعة قدره 669 غراي/ ساعة، وتمّ تقدير الجرعة الممتصة باستخدام كلور البنزن الكحولي كمقياس للجرعة [14].

★ نشرت ورقة البحث هذه في مجلة *Grasas Aceites*, Vol.52, 2001,305-310.

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

الجدول 1– تأثير أشعة غاما على المادة العضوية المنحلة في ماء الغسل والمحلول الملحي لثمار الزيتون (g/kg)

المعاملة	ماء الغسيل (يوم)										المحلول الملحي (أشهر)	
	1	2	3	4	5	6	7	8	الكلي		6	12
الشاهد	0.42 a	0.58 a	0.86 a	1.40 a	1.71 a	1.90 ab	1.98 a	3.41 c	12.25 a		41.45 a	68.15 a
كيلوغري 1	0.46 a	0.75 b	1.27 b	1.96 b	2.06 b	1.99 b	1.98 a	3.20 b	13.66 bc		42.62 a	78.05 a
كيلوغري 2	0.42 a	0.86 c	1.35 b	1.98 b	1.96 b	1.85 a	1.95 a	2.89 b	13.27 b		42.93 a	78.26 a
كيلوغري 3	0.52 a	0.97 d	1.53 c	2.23 c	2.06 b	1.88 ab	1.85 a	3.17 b	14.19 c		42.47 a	69.53 a

وضعت الثمار المعالجة وغير المعالجة بالأشعة في مرطبان، حيث أُضيف لتر ماء لكلّ واحد كيلو غرام ثمار، وتمّ تغيير الماء يومياً لمدة 8 أيام بهدف تحليتها، وبعد تنفيذ عمليات التحلية تمّ حفظ الثمار وتخميرها في محلول ملحي من كلور الصوديوم NaOH بتركيز قدره 5.6% (وزن/ حجم)، وبدرجة حرارة الغرفة لمدة 12 شهراً. لحساب كلّ من وزن الثمرة الواحدة ونسبة اللحم إلى البذرة، فقد استُخدم 200 غرام من الثمار وبأربعة مكرّرات، ومن ثم قُسّم الوزن الكلّي على عدد الثمار. تمّ استخدام أربعة مكرّرات لتقدير نسبة الزيت، حيث تمّ طحن الثمار بمطحنة تراوحت ثقوبها بين 3 و 4 ملم، ثم استُخلص الزيت من العجينة بالطرد المركزي 4000 دورة في الدقيقة ولمدة 20 دقيقة. قُدِّر كلّ من كمّية المادة الصلبة العضوية وغير العضوية وقيم الـ pH والناقلية الكهربائية وتراكيز كل من الصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم في محاليل التحلية (8 مرات) وفي المحلول الملحي (بعد 6 و 12 شهراً). وحسب الطرائق المعيارية [15]، قُدِّرت المادة الصلبة العضوية لكمّية 25 مل من محلول النقع بالتجفيف عند درجة حرارة قدرها 105 درجة مئوية حتى ثبات الوزن، واستُخدمت العيّنة نفسها لتقدير المادة الصلبة غير العضوية بترميدها عند درجة حرارة قدرها 550 درجة مئوية لمدة 4 ساعات. وتمّ تقدير تركيز عناصر الصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم بإضافة كلور الليثيوم LiCl إلى المحلول، وباستخدام مقياس ضوء اللهب السويسري نموذج ATS 200 MKI. وتمّ تقدير قيم الحموضة الـ pH في المحاليل باستخدام مقياس الـ pH المصنّع في شركة Hanna نموذج HI8521، أما قيم الناقلية الكهربائية الـ EC، فقد تمّ قياسها باستخدام جهاز TDS Conductivity meter (Syber scan، 200).

اعتُمد في تجارب هذا البحث تصميم بسيط من أربعة معاملات وأربعة مكرّرات، واستُخدم في تحليل النتائج المتحصل عليها إحصائياً (تحليل التباين) برنامج Super ANOVA Abacus Concepts, Inc 1.11 6/20/91، الذي يعمل على نظام حاسوب الماكنتوش، حيث تمّت مقارنة متوسطات المعاملات باعتماد PLSD عند حدود ثقة قدرها 95%.

النتائج

بيّنت نتائج التحليل أن الخصائص الفيزيائية والكيميائية لثمار صنف الصوراني المستخدم في تجارب هذا البحث هي على الشكل التالي: لون الثمار أخضر موشح بالسواد، ومتوسط وزن الثمرة 1.8 ± 0.12 غ، ونسبة الزيت المستخلص من الثمار (14.59 ± 2.28%، ويشكّل اللبّ في الثمار نسبة مرتفعة تُقدَّر بـ 80.36 ± 1.39%، أما البذور فقد شكّلت نسبة 20% من إجمالي وزن الثمرة.

تأثير أشعة غاما في محتوى محاليل النقع والتخزين من المادة الصلبة العضوية وغير العضوية

يبيّن الجدول 1 أن كافة الجرعات المستخدمة من أشعة غاما (1 و 2 و 3 كيلوغراي) قد أدّت إلى زيادة معنوية في كمّية المادة الصلبة في الخلاصة المائية للثمار المنقوعة، وذلك خلال اليوم الثاني والثالث والرابع والخامس من أيام الغسل. وفي نهاية مراحل النقع، وبجمع كمّية المادة الصلبة الناتجة في الخلاصة المائية للأيام الثمانية، نجد زيادة في المادة الصلبة المستخلصة من الثمار المعالجة بالأشعة. تبيّن بيانات الجدول 1 أن أشعة غاما لم تؤثر على نسبة المادة الصلبة الذوّابة في المحلول الملحي وخلال فترة التخزين (6 و12 شهراً).

يعرض الجدول 2 تأثير أشعة غاما على المادة الصلبة غير العضوية في مياه تحلية ثمار الزيتون لـ 8 مرات وفي محلول التخزين الملحي بعد 6 و12 شهراً. حيث تبيّن هذه النتائج أن الجرعات 1 و2 و3 كيلوغراي قد أدّت إلى زيادة المادة الصلبة المنحلة غير العضوية في مياه اليوم الثاني والثالث والرابع من أيام التحلية، مع عدم وجود فروق معنوية في نسبة المواد الصلبة المنحلة غير العضوية بين المحلول الناتج من ثمار مشعّة والمحلول الناتج من ثمار غير مشعّة، وذلك في أيام التحلية الأول والخامس والسادس. ومع

الجدول 2– تأثير أشعة غاما على المادة غير العضوية (المعدنية) المنحلة في ماء الغسل والمحلول الملحي لثمار الزيتون (g/kg)

المعاملة	ماء الغسيل (يوم)										المحلول الملحي (أشهر)	
	1	2	3	4	5	6	7	8	الكلي		6	12
الشاهد	0.30 a	0.25 a	0.37 a	0.80 a	1.06 a	0.83 a	1.11 c	1.93 c	6.67 a		36.72 a	64.80 a
كيلوغري 1	0.28 a	0.30 b	0.48 b	1.05 b	1.10 a	0.80 a	1.09 bc	1.81 b	6.91 a		38.11 a	74.17 a
كيلوغري 2	0.24 a	0.37c	0.58 c	1.09 b	1.11 a	0.81 a	0.91 a	1.72 a	6.82 a		38.24 a	74.25 a
كيلوغري 3	0.31 a	0.49 d	0.72 d	1.28 c	1.07 a	0.82 a	0.95 ab	1.95 c	7.59 b		37.99 a	66.06 a

* لا توجد فروق معنوية بين الأرقام التي تحمل حروفاً متماثلة ضمن العمود الواحد

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

الجدول 3- تأثير أشعة غاما على أيونات الصوديوم في ماء الغسل والمحلول الملحي لثمار الزيتون (ملغ/ كغ)

المعاملة	ماء الغسيل (يوم)									المحلول الملحي (أشهر)	
	1	2	3	4	5	6	7	8	الكلي	6	12
الشاهد	8.27 a	8.60 c	13.73 a	15.15 a	15.92 a	8.77 b	1.61 b	8.12 b	80.16 a	408 a	743 a
كيلوغري 1	8.78 a	6.54 a	15.18 a	18.97 b	19.24 a	8.79 b	0.80 a	7.25 a	85.55 ab	418 ab	846 a
كيلوغري 2	9.78 b	10.25 d	13.79 a	16.98 ab	18.61 a	7.99 a	0.80 a	6.48 a	84.69 ab	430 b	921 a
كيلوغري 3	8.26 a	7.63 b	16.00 a	17.45 ab	17.51 a	10.67 c	0.81 a	8.34 b	86.67 b	422 ab	674 a

الجدول 4- تأثير أشعة غاما على أيونات البوتاسيوم في ماء الغسل والمحلول الملحي لثمار الزيتون (ملغ/ كغ)

المعاملة	ماء الغسيل (يوم)									المحلول الملحي (أشهر)	
	1	2	3	4	5	6	7	8	الكلي	6	12
الشاهد	85 a	103.53 a	170 a	175 a	285 a	192 a	220 c	276 c	1506 a	286 a	373 a
كيلوغري 1	91 a	146.59 c	179 a	224 b	295 b	205 b	217 b	270 b	1631 c	282 a	491 b
كيلوغري 2	87.70 a	141 b	173 a	236 c	286 a	194 a	210 a	255 a	1583 b	293 a	344 a
كيلوغري 3	105 b	173 d	187 a	245 d	297 b	205 b	222 c	274 c	1707 d	428 b	392 ab

ذلك، أدّى استخدام الأشعة في نهاية فترة التحلية إلى خفض معنوي في نسبة المادة الصلبة الذوّابة غير العضوية (عند استخدام الجرعتين 2 و3 كيلو غراي في اليوم السابع وعند استخدام الجرعتين 1 و2 كيلو غراي في اليوم الثامن). وبجمع المادة الصلبة غير العضوية الناتجة خلال مراحل النقع المختلفة (ثمانية أيام)، فقد لوحظ وجود زيادة في كمّية المادة الصلبة غير العضوية الناتجة من ثمارٍ معالجةٍ بالأشعة، مقارنة مع الكمّية الناتجة من ثمارٍ غير مشعّعة، وكانت هذه الزيادة معنوية عند المياه الناتجة من ثمارٍ معالجةٍ بجرعة إشعاعية قدرها 3 كيلو غراي، وذلك مقارنة بالمياه الناتجة عن ثمار الشاهد. ولم تُسجَّل فروق معنوية في محتوى محلول التخزين من المادة الصلبة غير العضوية، وذلك عند تخزين الثمار لمدة 6 و 12 شهراً.

تأثير أشعة غاما على محتوى محاليل النقع والتخزين من العناصر المعدنية

يبيّن الجدول 3 وجود زيادة معنوية في كمّية الصوديوم في الخلاصة المائية الناتجة عن الثمار المعالجة بالأشعة، مقارنة مع محتوى الخلاصة المائية للثمار غير المعالجة، وذلك خلال اليومين الأول والثاني من النقع للثمار المعالجة بالجرعة 2 كيلو غراي، وفي اليوم الرابع للثمار المعالجة بالجرعة 1 كيلو غراي، وفي اليوم السادس للثمار المعالجة بالجرعة 3 كيلو غراي، مقارنة مع الشاهد. وبجمع ما نتج في نهاية الأيام الثمانية من النقع، فقد سُجّلت زيادة في كمّية الصوديوم في محاليل الثمار المعالجة بالأشعة، مقارنة مع الشاهد، وكانت هذه الزيادة معنوية في المحصلة النهائية للتحلية في الخلاصة المائية للثمار المعالجة بالجرعة 3 كيلو غراي، مقارنةً مع الخلاصة المائية للثمار غير المعالجة. واستمرت هذه الزيادة في محلول التخزين الملحي، وبشكلٍ خاص من الثمار المعالجة بجرعة إشعاعية قدرها 2 كيلو غراي، وذلك بعد مرور 6 أشهر على الحفظ، في حين لم يُلاحظ فروق معنوية في محتوى المحلول الملحي من الصوديوم بين الثمار المعالجة وغير المعالجة بالأشعة، وذلك بعد مرور 12 شهراً على الحفظ.

يبيّن الجدول 4 أن لجميع الجرعات الإشعاعية المستخدمة تأثيراً معنوياً في زيادة كمّية عنصر البوتاسيوم في محاليل النقع لليومين الثاني والرابع، في حين كان لاستخدام الجرعتين 1 و 3 كيلو غراي تأثير معنوي في زيادة تركيز عنصر البوتاسيوم في محلول النقع لليومين الخامس والسادس. وبجمع كمّية البوتاسيوم المتحصل عليها خلال مراحل النقع المختلفة (الأيام الثمانية)، نلاحظ أن كمّية البوتاسيوم في محاليل الثمار المعالجة بالأشعة هو أعلى معنوياً مما هو عليه في محاليل الثمار الشاهد، وسُجّلت زيادة في محتوى المحلول الملحي للثمار المعالجة بالجرعة 3 كيلو غراي بعد تخزينها لمدة 6 أشهر، وفي محتوى المحلول الملحي للثمار المعالجة بـ 1 كيلو غراي بعد الحفظ لمدة 12 شهراً، مقارنةً مع ما هو عليه الحال عند المحاليل الملحية للثمار الشاهد.

يبيّن الجدول 5 أن استخدام أشعة غاما قد أدّى إلى خفض معنوي في كمّية الكالسيوم في المحاليل الناتجة عن هذه الثمار، وذلك خلال اليومين

الجدول 5- تأثير أشعة غاما على أيونات الكالسيوم في ماء الغسل والمحلول الملحي لثمار الزيتون (ملغ/ كغ)

المعاملة	ماء الغسيل (يوم)									المحلول الملحي (أشهر)	
	1	2	3	4	5	6	7	8	الكلي	6	12
الشاهد	36.47 c	9.776 a	17.53 a	11.63 b	4.98 a	9.97 a	0.00 a	0.00 a	90.33 c	55.6 a	315 a
كيلوغري 1	27.45 b	9.817 a	15.81 a	8.33 ab	4.99 a	9.98 a	0.00 a	0.00 a	76.37 b	56.0 a	364 a
كيلوغري 2	27.50 b	9.857 a	15.73 a	4.98 a	4.98 a	9.98 a	0.00 a	0.00 a	73.02 b	65.8 b	299 a
كيلوغري 3	18.23 a	9.867 a	15.83 a	6.61 a	4.98 a	10.00 a	0.00 a	0.00 a	65.51 a	66.0 b	260 a

* لا توجد فروق معنوية بين الأرقام التي تحمل حروفاً متماثلة ضمن العمود الواحد

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

الأول والرابع ومجموع الأيام الثمانية. كذلك فقد سُجّلت زيادة معنوية في محتوى المحلول الملحي للثمار المعالجة بالجرعتين 2 و 3 كيلو غراي، مقارنة مع محتوى المحلول الملحي للثمار غير المعالجة، وذلك بعد 6 أشهر من التخزين، في حين لم تُسجّل فروق معنوية بين محتوى المحلول الملحي للثمار المعالجة وغير المعالجة من عنصر الكالسيوم، وذلك في نهاية فترة التخزين التي استمرت 12 شهراً.

تأثير أشعة غاما في الناقلية الكهربائية وقيم الحموضة في محاليل نقع وتخزين ثمار الزيتون

يبيّن الجدول 6 أن الجرعات العالية من أشعة غاما أدّت إلى زيادة معنوية في قيم الناقلية للخلاصة المائية، مقارنة بقيم الناقلية الكهربائية للخلاصة المائية الناتجة عن ثمار غير معالجة، وذلك في الأيام الثلاثة الأولى من النقع، في حين سُجّل انخفاض معنوي في قيم الناقلية للخلاصة المائية للثمار المعالجة بالأشعة، مقارنة مع قيم الناقلية للخلاصة المائية الناتجة من ثمار غير معالجة، وذلك في الأيام الثلاثة الأخيرة من النقع. إلاّ أنه لم تُسجّل فروق معنوية في قيم الناقلية بين المحلول الملحي للثمار المعالجة وغير المعالجة بالأشعة، وذلك بعد مرور 6 أشهر من التخزين، في حين كانت قيم الناقلية للمحلول الملحي للثمار المعالجة بالجرعة 3 كيلو غراي أعلى معنوياً، مقارنةً مع قيم الناقلية لمحلول الثمار غير المعالجة، وذلك بعد مرور 12 شهراً على التخزين.

تشير بيانات الجدول 7 إلى ارتفاع قيم الحموضة في المحاليل المائية للثمار المعالجة بالأشعة، مقارنة مع قيم المحاليل المائية للثمار غير المعالجة، وذلك خلال الأيام الأربعة الأخيرة من التحلية. ورغم عدم وجود فروق معنوية في قيم الحموضة بين المحاليل المائية الناتجة من ثمار معالجة والمحاليل الناتجة من ثمار غير معالجة، إلاّ أن الجرعات العالية كان لها تأثير في زيادة قيم الحموضة، وذلك خلال مراحل التخزين المختلفة.

المناقشة

لقد أدّى استخدام الجرعات (1 و 2 و 3 كيلو غراي) من أشعة غاما إلى زيادة تركيز كلٍّ من المادة الصلبة الذوّابة العضوية وغير العضوية وعنصري الصوديوم والبوتاسيوم في كلٍّ من مياه التحلية والمحلول الملحي المستخدم لحفظ الثمار، وربما تعود هذه الزيادة إلى عوامل عدة منها: أولاً – تحطيم بعض البنى الأساسية في الجدران الخلوية (السلّولوز، الليغنين، الهيميسلّولوز، البكتين...إلخ) في قشرة الثمار، والتي أدّت بدورها إلى زيادة قدرتها التبادلية. لا توجد دراسات منفّذة حول تأثير الأشعة المؤينة في الخصائص النوعية لثمار الزيتون، ومع ذلك فهناك العديد من المعلومات المنشورة عن أنواع أخرى من ثمار الفاكهة، حيث أشار [12] إلى تحطيم كلٍّ من السلّولوز والبكتين في ثمار التفاح باستخدام سوية من الجرعات مماثلة للسوية المستخدمة في تجاربنا، وبيّن [16] أن التشعيع بجرعات إشعاعية قدرها 1 و 1.5 كيلو غراي قد أدّى إلى إبطاء معدل إرجاع المركّبات القابلة للانحلال في الكحول، والبكتين القابل للانحلال في حمض الهدروكلوريك، وزيادة في البكتين القابل للانحلال في الماء أو في الهكساماتافسفات، وذلك في ثمار البابايا. وبيّن [17]، بدراسة السلّولوز المكوّن للجدران الخلوية في ثمار التفاح تحت المجهر الإلكتروني، أن التشعيع، بجرعة تُقدَّر بـ 0.4 كيلو غراي من أشعة غاما، قد خفّض نسبته وقلّص حجمه بحيث ظهر وكأنه مؤلف من خط رقيق، وأدّت معالجة الثمار بجرعة قدرها 1 كيلو غراي إلى اختفائه تماماً. وقد أشار [18] إلى أن تعريض ثمار الفريز لجرعة قدرها 4 كيلو غراي قد أدّى إلى تحلّل متعددات السكريد المتواجدة في الجدران الخلوية، وبشكل خاص السلّولوز

الجدول 6– تأثير أشعة غاما على قيم الناقلية الكهربائية لماء الغسل والمحلول الملحي لثمار الزيتون (ms/s)

المعاملة	ماء الغسيل (يوم)								المحلول الملحي (أشهر)	
	1	2	3	4	5	6	7	8	6	12
الشاهد	0.49 bc	0.40 a	0.51 a	0.71 a	0.84 a	0.88 b	0.89 b	1.38 b	56.83 a	57.63 a
كيلوغري 1	0.48 ab	0.45 ab	0.64 b	0.87 a	0.91 bc	0.89 b	0.89 b	1.37 b	56.53 a	57.47 a
كيلوغري 2	0.44 a	0.48 b	0.67 b	0.69 a	0.88 b	0.83 a	0.84 a	1.29 a	56.50 a	57.10 a
كيلوغري 3	0.53 c	0.57 c	0.74 c	0.57 a	0.94 c	0.83 a	0.86 a	1.36 b	55.93 a	59.37 b

الجدول 7– تأثير أشعة غاما على قيم الـ pH لماء الغسل والمحلول الملحي لثمار الزيتون

المعاملة	ماء الغسيل (يوم)								المحلول الملحي (أشهر)	
	1	2	3	4	5	6	7	8	6	12
الشاهد	5.70 b	5.23 a	5.13 a	5.02 a	4.75 a	4.71 a	4.65 a	4.24 a	5.97 ab	5.71 a
كيلوغري 1	5.71 b	5.27 a	5.28 a	4.92 a	4.82 ab	4.77 ab	4.81 b	4.38 ab	5.93 a	5.81 a
كيلوغري 2	5.64 a	5.32 a	5.26 a	4.96 a	4.95 b	4.90 b	4.85 b	4.41 ab	6.00 ab	5.80 a
كيلوغري 3	5.75 c	5.31 a	5.24 a	4.92 a	4.90 ab	4.82 ab	4.84 b	4.51 b	6.17 b	5.71 a

• لا توجد فروق معنوية بين الأرقام التي تحمل حروفاً متماثلة ضمن العمود الواحد

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

والمواد البكتينية. إن تأثير الجرعات المنخفضة من أشعة غاما دُرِس من قِبَل [19] على ثمار الكرز وباستخدام جرعات تتراوح بين 0.4 و 1 كيلو غراي، ومن قِبَل [20] على ثمار التفاح المعالجة بجرعة إشعاعية قدرها 0.3 كيلو غراي، ومن قِبَل [11] على ثمار التفاح المعالجة بجرعات إشعاعية قدرها 0.5 و 1.0 و 1.5 كيلو غراي . ثانياً - تغير مركّبات التخزين في الثمار وتحويلها من شكلٍ غير قابل للذوبان إلى شكلٍ أكثر ذوباناً. فقد أشار [21] إلى أن التشعيع أدّى إلى زيادة البكتين القابل للانحلال في الهكسامیتافسفات (HMP). ثالثاً - زيادة النشاط الأنزيمي والذي ربما يؤدي بدوره إلى تحطيم المركّبات الداخلة في بنية الجدران الخلوية، حيث أشارت نتائج تجارب [13] إلى زيادة نشاط أنزيم البكتين متيل استيراز (PME) عند معالجة ثمار التفاح والأجاص بجرعة إشعاعية قدرها 1 كيلو غراي من أشعة غاما.

يمكن بهذه المعلومات المنشورة على أنواع أخرى من ثمار الفاكهة الاقتراح بأن هناك تأثيراً مماثلاً للأشعة على ثمار الزيتون أدّى بدوره إلى زيادة المواد الصلبة الذوّابة العضوية منها وغير العضوية وعنصري الصوديوم والبوتاسيوم في مياه التحلية والمحلول الملحي المستخدم في حفظ الثمار. وزيادة هذه المركّبات في كلٍّ من مياه التحلية والمحلول الملحي أدّى بدوره إلى زيادة قيم الحموضة والناقلية الكهربائية.

الاستنتاجات

تشير نتائج هذا البحث إلى أن أشعة غاما أدّت إلى زيادة تحلّل الجزيئات الكبيرة في ثمار الزيتون، وحوّلت المركّبات غير القابلة للذوبان إلى مركّبات أكثر ذوباناً وعملت على زيادة نفوذية الجدران الخلوية لثمار صنف الصوراني. وهذه التبدلات ربما تساعد في تسريع عملية تحلية الثمار والافتراض بإمكانية استخدام أشعة غاما كطريقة بديلة لتحلية ثمار الزيتون، ومع ذلك يحتاج التحقق من هذه النتائج تنفيذ المزيد من التجارب.

المراجع REFERENCES

[1] Anonymous (1994). Situacion y evolucion del mercado internacional de la aceituna de mesa. Olivae, 54, pp.18-21.

[2] Annual Agricultural Statistical Abstraçt, (1999). Syrian Arab Republic, Ministry of Agriculture and Agrarian Reform, Dep. Of Planning and Statistics, Division of Agricultural Statistics, Production & Numbers of Olives Trees, 1990-1999 by Governorate 1999, Table 78.

[3] International Olive Oil Council (IOOC) (1960-1990). yearly reports on production of table olives, IOOC, Madrid.

[4] Fernandez Diez, M. J. (1984). Changes in the chemical components during the processing of table olives and their relation to the quality, in proceedings of the IUFOST international symposium, Vol. I, Valencia, Spain, November 5-7, pp. 301-18.

[5] Fernandez Diez, M. J. (1991). Olives, in Encyclopedia of Food Science and Technlogy, Vol. 3 (ed Y. H. Hui), Wiley & Sons, New York, pp. 1910-25.

[6] Garrido Fernandez, A. (1982). New wastewater free process to produce Spanish green olives, in Proceedings of International Symposium on Food Industries and Environment, Budapest, pp. 107-14.

[7] Fernandez Diez, M. J., Castro Ramos, R., Garrido Fernandez, A., Gonzalez Cancho, F., Gonzalez Pellisso, F., Nosti Vega, M., Heredia Moreno, A., Minguez Mosquera, M. I., Rejano Navarro, L., Duran Quintana, M. C., Sanchez Roldan, F., Garcia Garxia, P., and Castro Gomez Millan, A. (1985). Biotecnologia de la aceituna de mesa. Consejo Superior de Investigaciones Cientificas, Instituto de la Grasa, Madrid-Sevilla, Spain.

[8] Garcia, P., Brenes Balbuena, M., Vicente Gonzalez, J. and Garrido Fernandez, A. (1990). Depuracion de las aguas residuales de las plantas envasadoras dee aceitunas verdes mediante tratamientos fisico-quimicos. Grasas y Aceites, 41, pp.263-9.

[9] Al-Bachir, M. (1998). Use of gamma- irradiation and sulphur dioxide to improve storability of two Syrian grapes cultivars (Vitis vinifera). International Journal of Food Science and Technology, (33) pp. 521- 526.

[10] Al-Bachir, M. (1999a). The effect of gamma- irradiation on storability of two cultivars of Syrian grapes (Vitis vinifera). Radiation Physics and Chemistry, (55) pp. 81- 85.

[11] Al-Bachir, M. (1999b). Effect of gamma- irradiation on storability of apples (Malus domestica L.). Plant Food for Humman Nutrition, (54) pp. 1- 11.

[12] Kertesz, Z. I ., Glegg, R. E., Boyle, F. P., Parson, and Massey, L. M. Jr. (1964). Effect of ionizing radiation on plant tissues III. Softening and change in pectins and cellulose of apples, carrots and beets, J. Food Sci. pp.29 - 40.

[13] Al-Bachir, M. (1986). Az ionizalo sugarzas hatasa a gyumolcs- felek es csemegeszolo tarolhatosagara. (Effect of ionizing irradiation on storability of fruits and grapes). Kertiszeti egyetem, Kandidatusi ertekezes. Budapest.

[14] Cserep, Gy, Jejes, P., Foldiak, G., Gyorgy, I., Horuath, Zs, Jakab, A., Stenger, V. and Wojnarovits, L. (1971).

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

composition of strawberries. J. of Food-Science,V.85 (1) pp.182-185.

[19] Drake- SR., Moffitt- HR., and Eakin- DE. (1994). Low dose irradiation of Rainier sweet cherries as a quarantine treatment. J. of Food Processing and preservation, V. 18 (6) pp. 473- 481

[20] Miller- WR and McDonald- RE (1994). Quality of preharvest GA3- treated grapefruit after gamma irradiation and storage. Proceedings- of- the- Florida-State -Horticultural Society, V. 107, pp. 232- 234.

[21] Yasia, - M. S., Chachin, - Kazuo and Iwata, - Takashi (1987). Effect of gamma irradiation on tissue firmness, some cell wall degrading enzymes and pectic substances of tomato fruit. Bulletin- of- University- of- Osaka-Prefecture, Series- B- Japan. V. 39, pp. 9- 20.■

Chemical dosimetry course: a laboratory and institute of isotopes of Hungarian Academy Sciences, Budapest, pp. 27-32

[15] Association of Official Analytical Chemists (AOAC) (1990). Official methods of analysis (15th ed.), Washington, D. C., U.S.A.

[16] Muhamad- Samadi-bin-Yasir (1990). The effect of gamma radiation on the chemical content, texture and shelf of papaya. J. Sains-Nuklear-Malaysia.V. 8 (1) pp.15-23.

[17] Xin - Zhi- Jiao (1989). The effects of gamma- ray ultrastructure and ethylene biosynthesis in apple pulp cells. Plant- Physiology, Supplement. V. 89 (4) pp. 194.

[18] Amour, Jd., Gossel-in, C., Arul, J., Castaigne, F. and Willemot, C. (1993). Gamma-radiation affects cell wall

☆ ★ ☆

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

معدّلات ترسيب وتأريخ تلوث بحيرة جافة: بحيرة العتيبة*

د. محمد سعيد المصري، عبد العزيز آبا، هيثم شيخ خليل، زهير الحارس
قسم الوقاية والأمان- هيئة الطاقة الذرّية – ص. ب. 6091 – دمشق – سورية

ملخص

تمّ عرض معدّلات تراكم الرسوبيات وتوزع عناصر مختارة لبحيرة جافة (بحيرة العتيبة) تقع بالقرب من مدينة دمشق. جُمِعت خمس عيّنات سبور عمق من مواقع مختلفة في البحيرة وحُلّلت أربعة عناصر أساسية (Na, Mg, K, Fe) وستة معادن الأثر (U, Zn, Pb, Cr, Ni, Co)، وكذلك Cu حُدِّدت معدّلات الترسيب بتطبيق طريقة تأريخ الرصاص 210 ووجد أنها تتراوح بين 0.100 و 0.793 سم/سنة. وأظهرت النتائج أن نموذج التأريخ البسيط (CF:CS) لمعدّل الترسيب والتدفق الثابتين قابل للتطبيق لتأريخ الرسوبيات الجافة الحديثة وتسجيل تأريخ التلوث للمئة عام الماضية، ولُوحِظ أن طريقة الرصاص 210 صالحة فقط لتأريخ العناصر الأساسية و الأثر والتي لاتنتقل للطبقات العميقة بفعل مياه الأمطار. ويمكن أن استخدام السجلات التاريخية المحسوبة بطريقة الرصاص 210 في التحقق من تاريخ بدء انخفاض منسوب مياه البحيرة.

الكلمات المفتاحية: معدّلات الترسيب، طريقة تأريخ الرصاص 210، تأريخ التلوث، بحيرة العتيبة، سورية.

مقدمة

يُعدّ استخدام النكليد المشع الرصاص 210 من الطرائق المعروفة والشائعة في تحديد معدّلات الترسيب في المياه العذبة والبحرية [5,4,3,2,1] حيث استُخدمت هذه الطريقة بشكلٍ واسع في تأريخ التغيّرات الكيميائية وتلوث رسوبيات البحيرات خلال المئة عامٍ الماضية [13,12,11,10,9,8,7,6,4,3,2]. ولتأريخ صحيح لمثل هذه التغيّرات يتوجّب الأخذ بعوامل عدة تؤثر في نتائج تطبيق طريقة الرصاص 210 على حالات ترسيب مختلفة كحالة الرسوبيات الشاطئية ورسوبيات المياه العميقة ورسوبيات المياه العذبة وغيرها [18,17,16,15,14,1]. وللحصول على نتائج أكثر قرباً من القيمة الحقيقية لمعدّلات الترسيب، وضع الباحثون عدة نماذج لاستخدام طريقة تأريخ الرصاص 210 آخذين في الاعتبار العوامل التي تؤثر في توزع الرصاص 210 في الرسوبيات. ومن هذه النماذج نموذج معدّل التزويد الثابت (CRS) ونموذج التزويد الأولي الثابت (CIC) وهما يُستخدمان في حساب معدّلات الترسيب المتغيرة [13]، في حين يُستخدم نموذج معدّل الترسيب والتدفق الثابتين (CF:CS) في حساب معدّل الترسيب الثابت، وفي كلتا الحالتين، تستخدم هذه النماذج لدراسة الرسوبيات الرطبة. ولم تتوفر لنا دراسات تُعنى بتعيين معدّلات الترسيب والسجلات التاريخية للملوثات الكيميائية والإشعاعية في البحيرات الجافة باستخدام مثل هذه النماذج. ولهذا قمنا في العمل الحالي بتفحص نتائج تطبيق "نموذج معدّل الترسيب والتدفق الثابتين باستخدام الرصاص 210" في تحديد معدّلات الترسيب الماضية لبحيرة جافة في سورية (بحيرة العتيبة)، واستُخدمت هذه المعدّلات في تحديد السجلات التاريخية للتغيرات الكيميائية والتلوث بالعناصر الأثر والتي أثّرت على بيئة البحيرة في المئة عام السابقة.

الطرائق والمواد

منطقة الدراسة

تقع بحيرة العتيبة (بحيرة جافة بطول قدره 20 كم وعرض 5 كم) في الجزء الشرقي من مدينة دمشق (الشكل 1)، على مسافة قدرها 20 كم من المنطقة الصناعية الشرقية. دلّت الدراسات السابقة [9] أن المياه الوافدة للبحيرة من الأنهار الصغيرة قد توقفت عن التدفق في البحيرة في العام 1969، وبدأ منسوب المياه بالانخفاض، وكان مؤشر ارتفاع المياه في البحيرة قبل هذا التاريخ نحو 601.55 م. أصبحت البحيرة جافة تماماً في الفترة الواقعة ما بين 1981– 1985، أما الجداول والأنهار الصغيرة التي كانت تصب في البحيرة فهي نهر بردى و سيول الفيضانات المتدفقة من المرتفعات المحيطة بالبحيرة والتي عادة ما تصل إلى البحيرة خلال فصل الشتاء.

جمع العيّنات

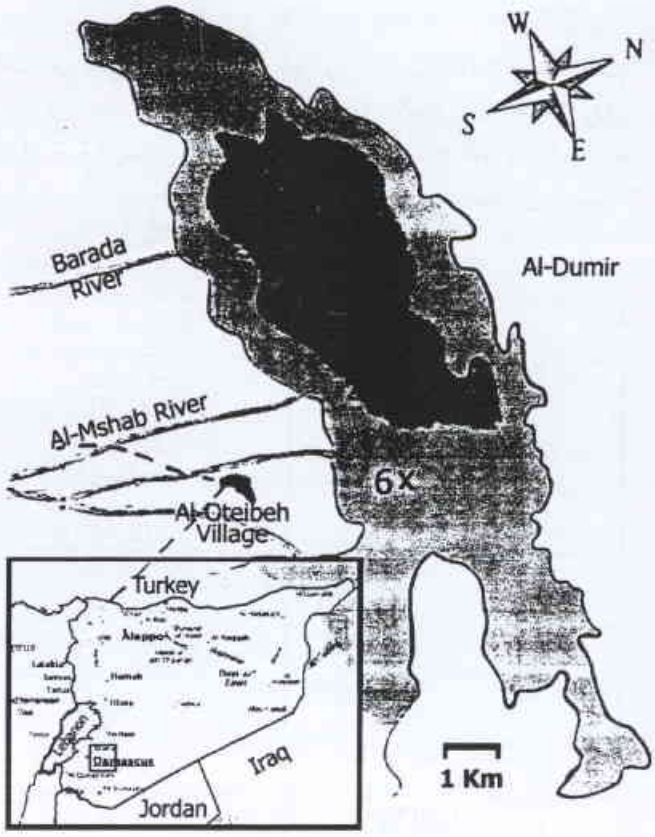
جُمِعت خمسة سبور عمق من خمسة مواقع من البحيرة في عام 1998 (الشكل 1). أُخذت عيّنات السبور بعمق تراوح بين 30 و 50 سم باستخدام صفيحة حادة من الألمنيوم. جرى تقسيم كلّ سبر عمق إلى عدة شرائح (1–2 سم لكلّ شريحة) في الموقع، ووضعت في أكياس من النايلون.

الطرائق والإجراءات المخبرية

جُفِّفت العيّنات في الدرجة 95°C لمدة 48 ساعة، ثم طُحِنت بعد ذلك ونخلت بمنخل 32 ميش وتمت مجانستها قبل التحليل، بعد أن أُزيلت الأحجار الصغيرة والصدف وجذور النباتات منها. وعُيِّن محتوى المركّبات العضوية الكلّي بقياس نقصان الوزن بعد الحرق عند الدرجة 450°C.

* نُشرت ورقة البحث هذه في مجلة *The Science of the Total Environment* (2002).

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



الشكل 1– مواقع جمع العيّنات.

التحليل الإشعاعي

قيست تراكيز الرصاص 210 بطريقة تعيين البولونيوم 210 بعد تحقيق التوازن الإشعاعي و ذلك باستخدام التقانة القياسية (تقانة صحن الفضة) [20]. مُزج 0.5 غرام من كلّ عيّنة رسوبيات مع كمّية محدَّدة (0.2 بكريل) من البولونيوم 208 كمقفي أثر. هُضمت كلّ عيّنة باستخدام حمض الآزوت المركّز لفترة زمنية وصلت إلى 24 ساعة على الأقل. بُخّرت العيّنة بهدوء، بعد أن أصبح المحلول واضحاً، إلى قرب الجفاف ومن ثم حلّ الراسب في 100 مل من 0.5 مول/ل حمض كلور الماء. سُخّن المحلول إلى الدرجة 80°C ورُسّب البولونيوم 210 تلقائياً على قرص من الفضة مع التحريك بعد إرجاع الحديد بحمض الأسكوربيك. جرى تعداد جسيمات ألفا الصادرة عن البولونيوم 208 (5.15 ميغا إلكترون فولط) والبولونيوم 210 (5.3 ميغا إلكترون فولط) باستخدام مطياف ألفا (Oasis, Oxford) زُوّد بكاشف سليكون فعّال (مساحة المنطقة الفعّالة 300 mm^2، تعداد الخلفية الطبيعية قرابة 3.6 في اليوم، وتبلغ الثخانة الصغرى المستنضبة حوالي 100 مكرومتر). صُحّحت فعالية البولونيوم 210 من أجل المردود بمقارنة الفعالية المقيسة للبولونيوم 208 المستخدم كمقفي أثر والتفكك الإشعاعي من زمن جمع العيّنة. بلغ الحد الأدنى لكشف الطريقة المستخدمة حوالي 0.4 بكريل/كغ وزن جاف.

قيست عيّنات الرسوبيات أيضاً بمطياف غاما باستخدام كواشف جرمانيوم ذات قدرة فصلٍ مرتفعة (1.85 كيلو إلكترون فولط عند الطاقة 1.33 ميغا إلكترون فولط) وبكفاءة تعداد نسبية عالية (26% و80%) ومنخفضة الخلفية الطبيعية، وذلك لتعيين الراديوم 226.

التحليل الكيميائي

استُخدمت تقانة التنشيط النتروني في تعيين العناصر الكيميائية الأساسية (الحديد و البوتاسيوم و المغنيزيوم والصوديوم) وبعض العناصر الأثر (الكوبالت والكروم و النيكل) في كافة العيّنات، و جرى التحليل باستخدام مفاعل البحث السوري منسر (MNSR) على الشكل التالي: جُفّفت كافة العيّنات في الفرن لمدة 24 ساعة عند الدرجة 45°C. طُحِنت العيّنات الجافة ونخِلت في منخل قياس 300 ميش مصنوع من الفولاذ غير القابل للصدأ. وخُتمت عيّنات بوزن يتراوح بين 150–250 ملغ بالنايلون الشفاف وضُغِطت باستخدام مكبس يدوي ووضعت في كبسولات مصنوعة من البولي إيتيلين للتشعيع. شُعّت كلّ عيّنة مرتين بتدفق نتروني حراري قيمته $5x10^{11}$ n $cm^{-2}.s^{-1}$ لمدة ثلاثين ثانية و5 ساعات بقصد دراسة النكليدات ذات عمر النصف القصير وذات عمر النصف الطويل على التوالي. أُجريت القياسات بمطياف غاما بعد أزمنة تبريد قدرها 300 ثانية و2 و30 يوماً باستخدام كاشف جرمانيوم عالي النقاوة ذي قدرة فصل مرتفعة (1.85 كيلو إلكترون فولط عند الطاقة 1.33 ميغا إلكترون فولط) وكفاءة تعداد نسبية مرتفعة (25%) وخلفية طبيعية منخفضة.

جرى تعيين عناصر الأثر الأخرى، مثل النحاس و الكدميوم و الرصاص والزنك، باستخدام طريقة قياس الفولطية بالنزع المصعدي [21] بجهاز 693 VA Processor، صنع شركة Metrohm.

ضبط الجودة

طُبّقت إجراءات ضبط الجودة باستخدام عيّنات مراقبة داخلية وتحاليل مكررة، كما حُلّلت أيضاً عيّنات عيارية زُوِّدت من الوكالة الدولية للطاقة الذرّية (IAEA-368, Soil 7, SL1) للتأكد من صحة النتائج التحليلية التي تمّ الحصول عليها في هذه الدراسة. عُرضت بعض هذه النتائج في الجدول 1.

النتائج والمناقشة

معدّلات الترسيب ونموذج التأريخ

يوضح الشكلان 2 و3 تغير تركيز الرصاص 210 مع العمق. ويُلاحَظ منهما أن تركيز الرصاص 210 غير المدعم في كافة سبور العمق يتناقص مع العمق إلى أن يصبح منخفضاً جداً في الطبقات العميقة (15–20 سم)، و هذا ما هو متوقع لتابعية الرصاص 210 مع العمق. استُخدمت تغيرات قيم الرصاص 210 غير المدعم مع العمق في حساب متوسط ميل أفضل المستقيمات المارّة من هذه القيم بطريقة أفضل المربعات وباستخدام كافة القياسات التجريبية، في حين عُيِّن تركيز الرصاص 210 المتراكم خلال الفترة الأخيرة من جفاف البحيرة (1981–1985) و حتى زمن أخذ العيّنات (1998) (قيمة الرصاص 210 في الطبقة السطحية من الرسوبيات) بطريقة الاستقراء. وكانت كافة بروفيلات العمق المرسومة بين الرصاص 210 غير المدعم والعمق خطيّة في كافة المواقع المدروسة، آخذين في الاعتبار حذف قيمة الرصاص210 للشريحة الأولى في كلّ سبر عمق في الرسم، بالإضافة إلى ثبات قيمة الرصاص 210 في الطبقات العميقة،

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

فتراوحت قيمة معامل الارتباط R بين 86 و 99 (الجدول 2). و تدل هذه الخطيّة على أن نموذج CF:CS مناسب لتحديد معدّلات الترسيب في بحيرة جافة بعد حذف قيمة الرصاص 210 في الطبقة السطحية في حساب ميل أفضل المستقيمات. و دلّ تعيين معدّلات الترسيب في بحيرة العتيبة من ميل هذه المستقيمات أنها تراوحت بين 0.100 و 0.794 سم/سنة، في حين دلّت حسابات أخرى لميل المستقيمات الخمسة ولكن بإدراج قيمة الرصاص 210 للطبقة السطحية في القيم التجريبية المستخدمة في الرسم، أن قيم معدّلات الترسيب أعلى من تلك الناجمة عن الحسابات

الجدول 1- نتائج عيّنات مراقبة الجودة

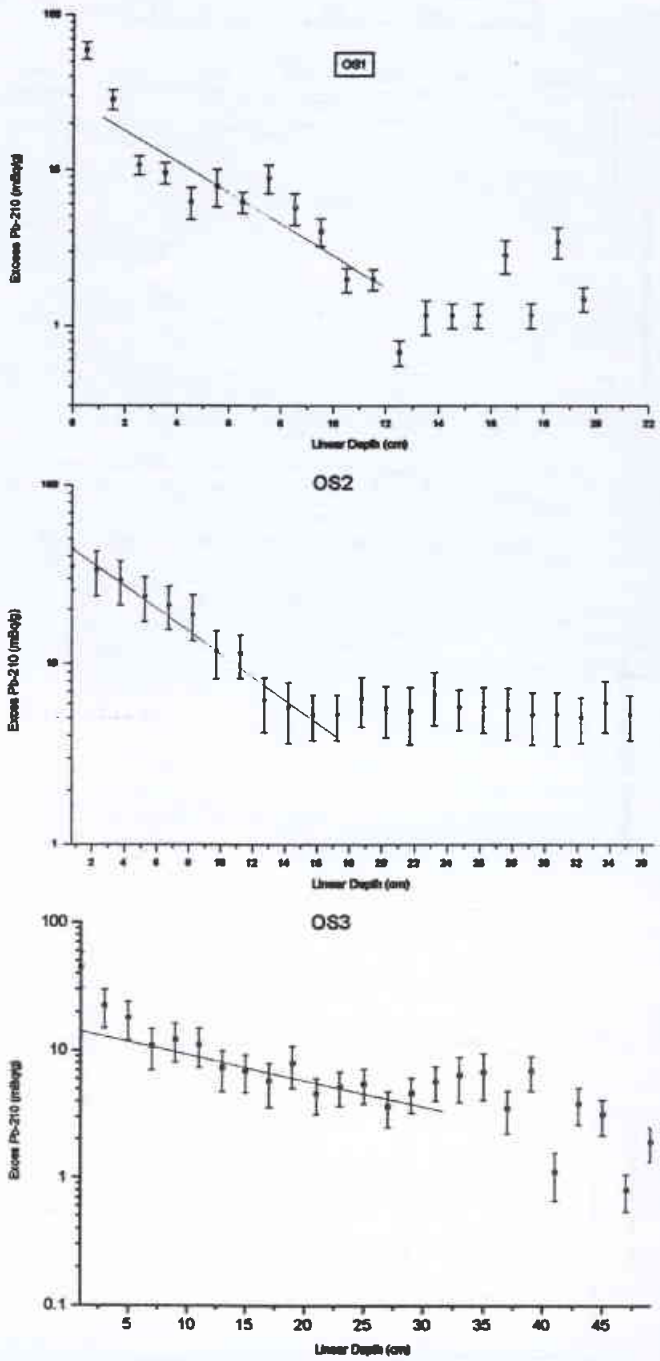
نوع ورمز العينة	العنصر	القيمة المرجعية	القيمة المقاسة
SLI (Sediment)	Cu	30 μg g^{-1} (24.4 – 35.6)	25.6±0.3 μg g^{-1}
	Zn	223 μg g^{-1} (213-233)	225.2±17.5 μg g^{-1}
	Pb	37.7 μg g^{-1} (30.3-45.1)	30.49±0.77 μg g^{-1}
Soil 7	Co	8.9 mg kg^{-1}	8.98±0.35 mg kg^{-1}
	Cr	60 mg kg^{-1}	58.46±2.92 mg kg^{-1}
	Fe	25700 mg kg^{-1}	24263±557 mg kg^{-1}
	K	12100 mg kg^{-1}	13077±1566 mg kg^{-1}
	Mg	11300 mg kg^{-1}	11325±278 mg kg^{-1}
	Na	2400 mg kg^{-1}	2379±63 mg kg^{-1}
	Ni	26 mg kg^{-1}	25.3±0.4 mg kg^{-1}
IAEA- 368 (Sediment)	^{210P}Pb	18.76 Bq kg^{-1}	18.5±1.4 Bq kg^{-1}

الجدول 2- معدّلات الترسيب

رقم الموقع	مجال عمق السبر (سم)	معدل الترسيب	معادلة الخط	معامل الارتباط
OS_1	0-24	0.135±0.019	$Log\ y = 1.45 - 0.100 \times x$	0.92
OS_2	0-36	0.214±0.019	$Log\ y = 1.69 - 0.063 \times x$	0.97
OS_3	0-48	0.642±0.120	$Log\ y = 1.17 - 0.021 \times x$	0.86
OS_{5-1}	0-17	0.793±0.096	$Log\ y = 1.38 - 0.017 \times x$	0.94
OS_{5-2}	18-27	0.100±0.007	$Log\ y = 3.43 - 0.134 \times x$	0.99
OS_6	0-36	0.214±0.010	$Log\ y = 1.69 - 0.063 \times x$	0.97

الجدول 3- مخزون تدفقات الرصاص 210

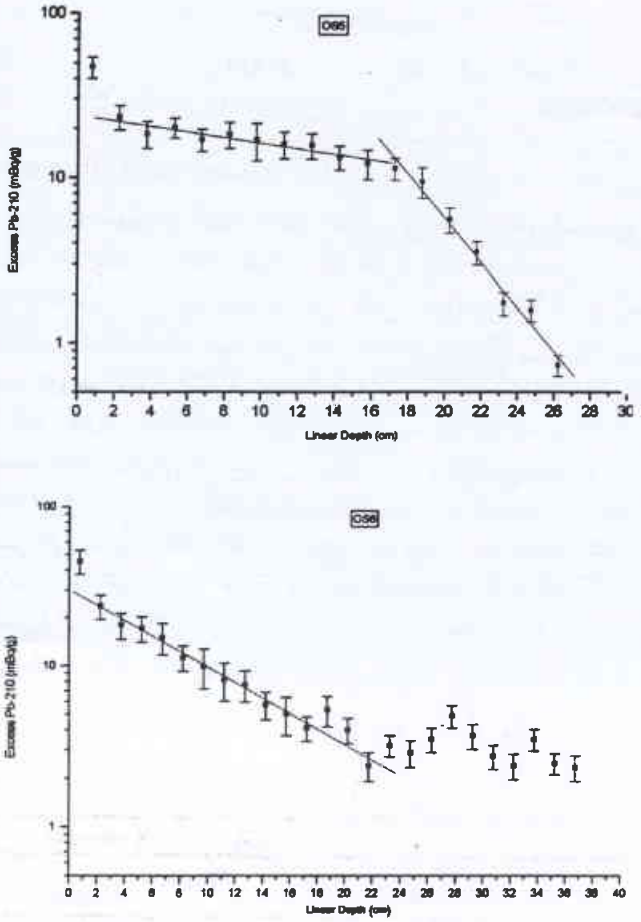
رقم الموقع	مخزون الرصاص210 $Bq.\ m^{-2}$	تدفق الرصاص210 $Bq.\ m^{-2}.y^{-1}$
OS_1	632	19.6
OS_2	1734	54
OS_3	1524	47.4
OS_{5-1}	1554	48.3
OS_6	1437	44.6
المتوسط	1376±430	43.13



الشكل 2– بروفيلات التراكيز الخطية لنشاط الرصاص 210 غير المدعم مع عمق الرسوبيات.

بدون القيمة السطحية للرصاص 210 ولكن بأخطاء مرتفعة نسبياً.

لُوحِظت أعلى معدّلات الترسيب في بحيرة العتيبة (0.793 سم/سنة) في الموقع القريب من منطقة الضمير الواقعة في شمال البحيرة وفي الموقع القريب من منطقة مصب نهر بردى (0.642 سم/سنة)، في حين لُوحِظت أقل المعدّلات (0.11 سم/سنة) أيضاً في الموقع OS_5 القريب من منطقة الضمير. ويعود هذا التباين الكبير في قيم معدّلات الترسيب من موقع لآخر إلى اختلاف مصادر مياه البحيرة. على أية حال، تُعدّ القيم المذكورة



الشكل 3– بروفيلات التراكيز الخطية لنشاط الرصاص 210 غير المدعم مع عمق الرسوبيات.

هنا أعلى من تلك المذكورة لبحيرات رطبة أخرى في العالم [12,10]، وربما تعود هذه القيم المرتفعة إلى صغر حجم بحيرة العتيبة, وارتفاع كمّية العوالق المائية التي كانت تُحمل بالسيول المتدفقة إلى البحيرة خلال فصل الشتاء من تلال الضمير, والتي تُعدّ المصدر الرئيس لهذه العوالق المائية. ولقد لُوحِظ وجود معدّلي ترسيب في الموقع OS_5 (الشكل 3)، حيث يبدأ ميل المستقيم الثاني عند الطبقة 16–17 سم، وربما تعود هذه التابعية في هذا الموقع إلى وجود مصدرين مائيين يصبان في هذا الموقع بآن واحد، ويحملان نوعين مختلفين من العوالق المائية وهما: سيول الأمطار الوافدة للبحيرة من تلال الضمير الواقعة في شمال البحيرة، والأنهار الصغيرة الواقعة في جنوب البحيرة. ويتلقى كلا الموقعين OS_1 و OS_5 الكمّية نفسها من الرسوبيات من خلال النهرين الصغيرين "المسحب والعلوي"، ونوعاً ما الموقع OS_6، الذي يتلقى الرسوبيات من نهر الخرار. وربما يعود معدّل الترسيب المرتفع للموقع OS_3 إلى كون المصدر الرئيس للمياه التي تصب في هذا الموقع هو نهر بردى، والذي كان يتميز في الماضي بسرعة تدفق مرتفعة ولكنه لا يصل والأنهار الأخرى إلى البحيرة هذه الأيام.

وباستخدام القيم التجريبية للرصاص 210 غير المدعم في كلّ سبر عمق، جرى تحديد مخزون وتدفقات الرصاص 210 الجوي (الجدول 3)، حيث حُسِبت قيم مخزون الرصاص 210 باستخدام تكامل أفضل

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

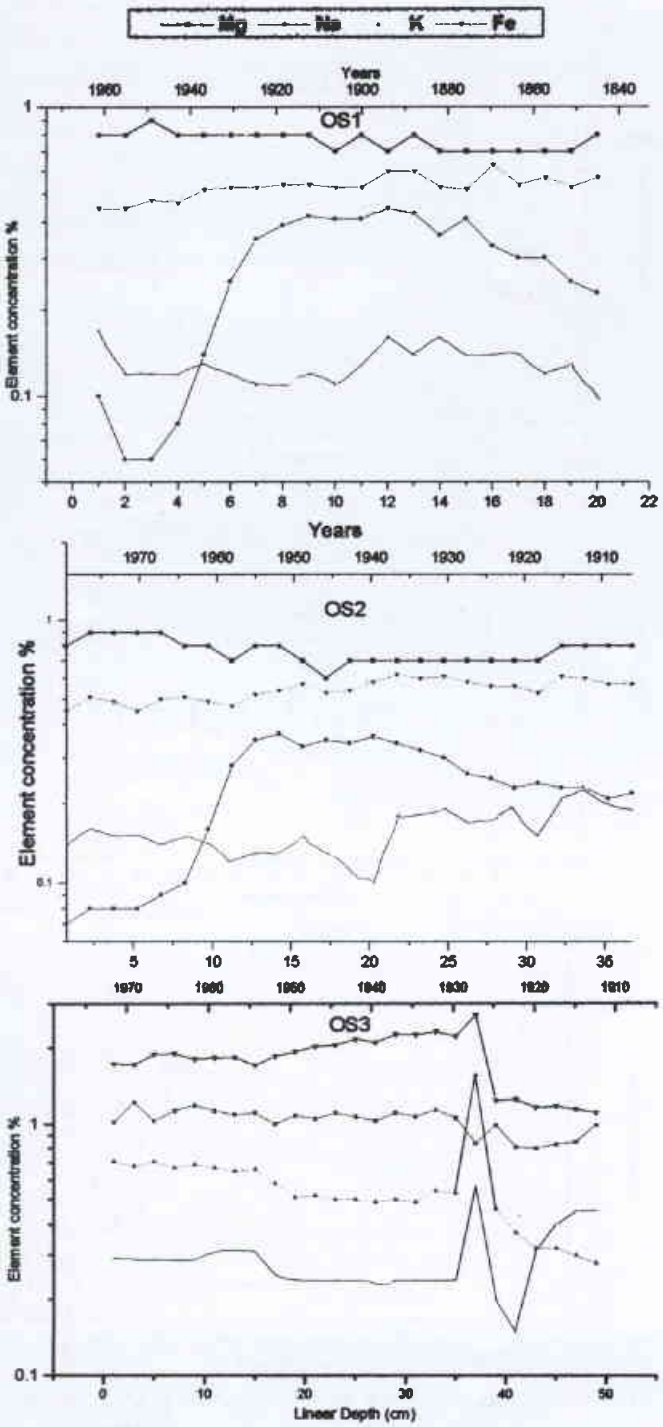
المنحنيات لقيم الرصاص 210 غير المدعم، فبلغت قيمة تدفق الرصاص 210 الوسطية قرابة 43±13 بكريل/م^2. سنة.

محتوى المركّبات العضوية الكلّي

تراوح محتوى المركّبات العضوية الكلّي في عيّنات رسوبيات سبور العمق بين 38% و 45% وبقيمة وسطية قدرها 42%، وهذا يعني وجود توزع متجانس من المواد العضوية على كامل البحيرة، وأنه لا توجد أية ملوّثات عضوية دخلت البحيرة في الفترة السابقة. وتقع القيم المسجّلة في هذه الدراسة ضمن القيم الطبيعية لبحيرة كان يُعرف بأنها ذات قلوية مرتفعة [13]، ولم يُلاحظ وجود تغيرات ملموسة في محتوى المواد العضوية مع العمق في كلّ سبر من السبور المحلّلة، وهذا يعني أيضاً أن مياه الصرف الصحي لمدينة دمشق، والتي كانت تُرمى في مياه نهر بردى، لم تصل إلى البحيرة خلال الفترة السابقة، وأن معظم المواد العالقة كانت تترسب على طول مجرى نهر بردى. وربما يعود مصدر المواد العضوية في البحيرة إلى انتشار الأشنيات في البحيرة ووجود المتعضيات الأخرى.

بروفيلات تراكيز المعادن الأساسية

رُسمت تراكيز العناصر الأربعة المقيسة (Mg, Na, K, Fe) مع العمق إضافة إلى إدراج أعمار طبقات السبور المحسوبة باستخدام النموذج CF:CS (الأشكال 4 و 5). ازدادت تراكيز هذه العناصر مع العمق، حيث لُوحِظت تراكيز مرتفعة في الطبقات العميقة لبعض السبور، ويعود ذلك إلى انسياب كمّيات كبيرة من المياه حاملة معها العوالق المائية بفعل السيول أو غسل الأملاح القابلة للانحلال بمياه الأمطار من الطبقات السطحية إلى الطبقات العميقة، حيث أدّت هذه العملية إلى نقصان في مستويات أملاح الصوديوم في الطبقات السطحية وارتفاعها في الطبقات العميقة. وتُلاحَظ هذه التابعية في المواقع OS_1 و OS_2 وOS_5، في حين ظهرت بعض القمم في الطبقات العميقة كما هو الحال في السبرين OS_3 وOS_6، حيث كان يتلقى هذان الموقعان الماء من الأنهار الصغيرة الرئيسة الرافدة للبحيرة في الجزء الجنوبي. على أية حال، تُعدّ تراكيز العناصر الأربعة (Fe, K, Na, Mg) في عيّنات السبور في كلّ موقع قابلة للمقارنة (الجدول 4)، حيث لُوحِظت أعلى التراكيز منها في الموقعين OS_5 وOS_6، ما عدا تراكيز الحديد التي كانت مرتفعة في الموقع OS_3 (حوالي 26.4 غرام/كغ). وأظهرت نتائج تأريخ المقاطع في كلّ سبر عمق أن هناك تغيرات صغيرة في بيئة البحيرة حدثت بعد عام 1969، وربما تعود هذه التغيرات إلى بدء انخفاض منسوب مياه البحيرة في الفترة 1960- 1970، إلى أن أصبحت

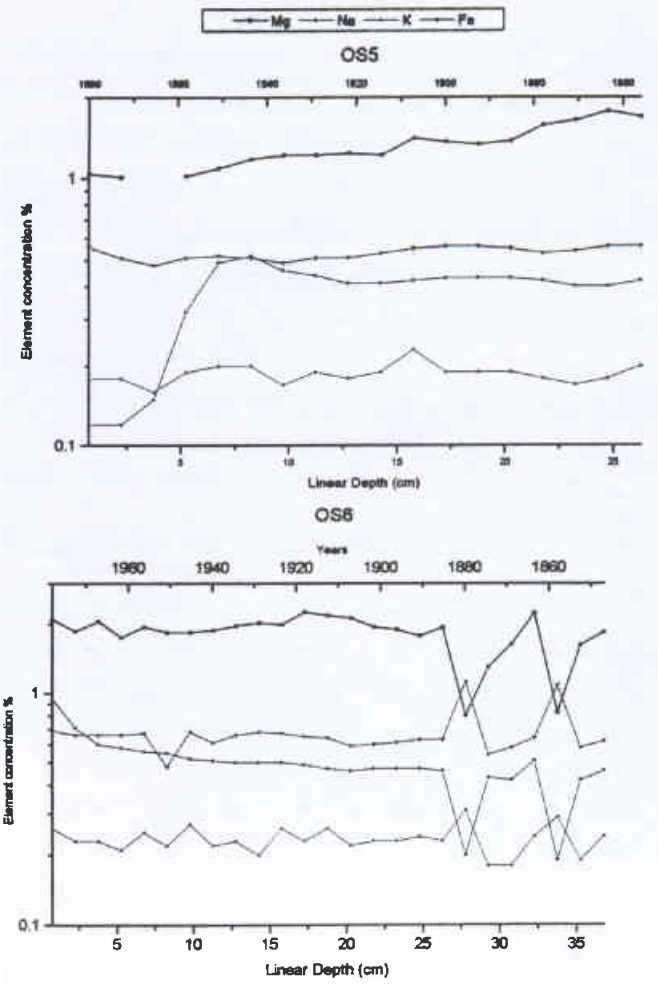


الشكل 4- بروفيلات العمق وتأريخ العناصر الرئيسة في الرسوبيات.

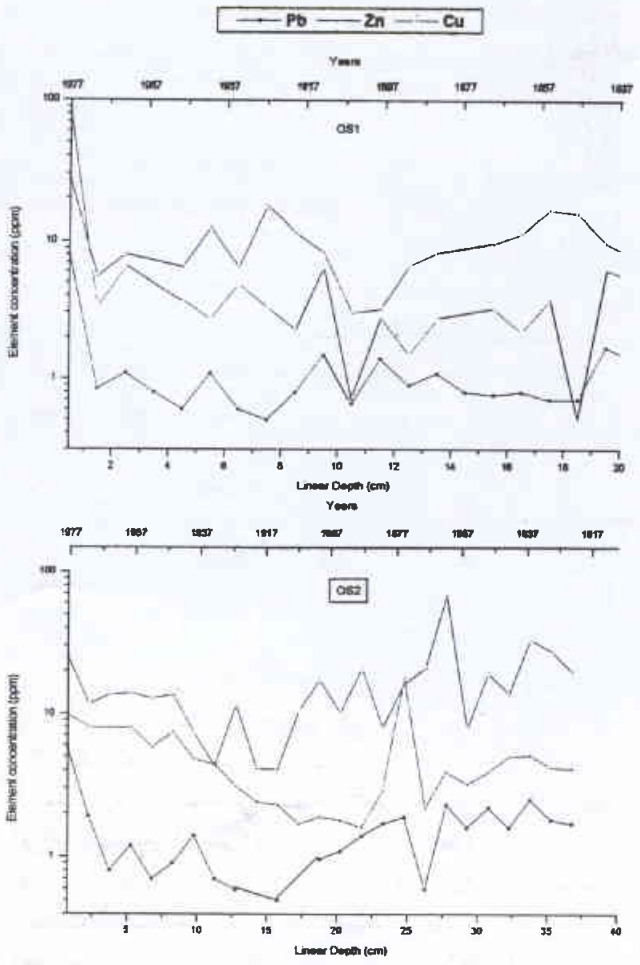
الجدول 4- مجالات تراكيز عناصر الأثر والعناصر الأساسية في سبور رسوبيات بحيرة العتيبة

الموقع (عمق الرسوبيات)	مجال التراكيز (وزن جاف)										
	Fe (g kg^{-1})	K (g kg^{-1})	Mg (g kg^{-1})	Na (g kg^{-1})	Co (mg kg^{-1})	Cr (mg kg^{-1})	Ni (mg kg^{-1})	U (mg kg^{-1})	Zn (mg kg^{-1})	Pb (mg kg^{-1})	Cu (mg kg^{-1})
OS1 (24cm)	4.5-6.0	1.1-1.7	7-9	1.0-4.5	2.1-2.9	2.6-18.3	8.4-29.8	2.9-6.5	3-28	0.6-8	0.5-8.4
OS2 (36cm)	4.5-6.2	1.0-2.3	6-9	0.8-3.7	2.4-3.0	10-18.6	7.7-15.6	3.3-4.8	4.3-68	0.5-5.7	1.6-18
OS3 (50cm)	11.1-26.9	2.8-15.6	8-11.9	1.5-5.6	4.9-12.3	31.5-88	NM	3.2-7.4	27-91	3-11.4	12-22
OS5 (25cm)	4.8-11.1	1.6-22.3	2.5-26	1.2-8.5	0.63-7	15-70	NM	2.5-9.9	3-69	0.6-4.6	1-8.5
OS6 (35cm)	4.8-11.2	1.8-3.1	8-22.5	1.9-9.5	2.2-4.8	16-37	NM	5.3-12.1	9-25	0.8-2.5	3.5-38

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



الشكل 5– بروفيلات العمق وتأريخ العناصر الرئيسة في الرسوبيات.



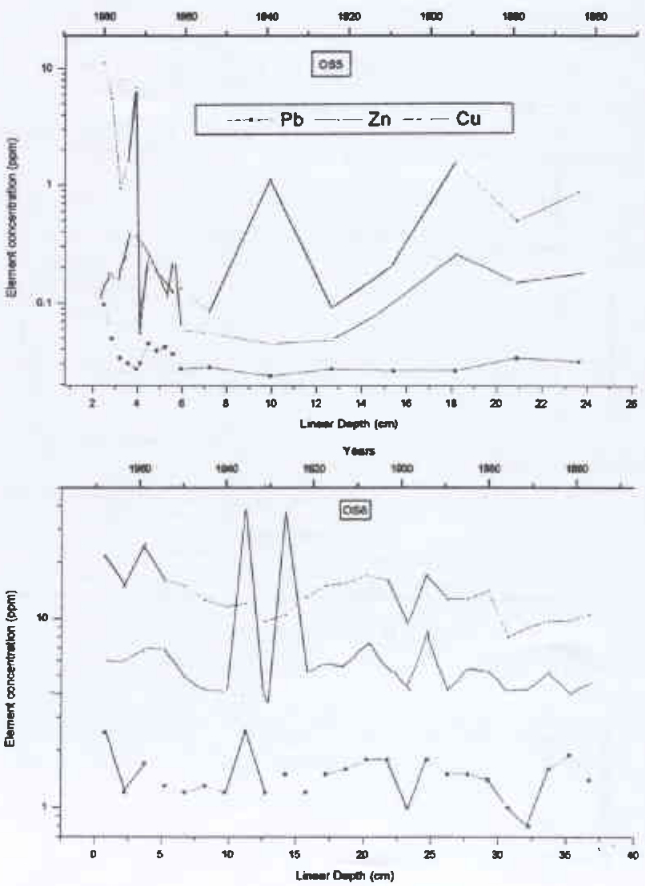
الشكل 6– بروفيلات العمق وتأريخ بعض عناصر الأثر في الرسوبيات.

البحيرة جافة. كما يُلاحظ أيضاً وجود تشابه في بروفيلات العمق لتراكيز الصوديوم في المواقع OS_1 وOS_2 وOS_3، حيث تبدأ هذه التراكيز بالزيادة بعد الفترة 1960–1970 (حوالي عام 1967). وهو أيضاً تاريخ بدء انخفاض منسوب مياه البحيرة. ونظراً لانتقال العناصر الأساسية من طبقة لأخرى، فلا يدلّ تأريخ طبقات السبور عن تاريخ وجود هذه العناصر الحقيقي لدى تشكّل هذه الطبقات، ولهذا لا يمكن استخدام نموذج CF:CS لتحديد تواريخ التغيرات في تراكيز بعض العناصر الأساسية، مثل الصوديوم والبوتاسيوم بشكلٍ دقيق، لبحيرة جافة ولا بد من اعتبار نماذج أخرى وعوامل أخرى مثل الهاطل المطري.

بروفيلات تراكيز بعض العناصر الأثر

يوضّح الشكلان 6 و7 بروفيلات العمق لبعض العناصر الأثر مع تاريخ تشكّل كلّ طبقة من طبقات السبور الخمسة للمواقع المدروسة، حيث عُرضت فقط العناصر التي تغيرت تراكيزها مع العمق بشكلٍ ملموس (Zn, Cu, Pb). ويُظهر الجدول 4 مجال تراكيز العناصر المدروسة كلّها في عيّنات السبور جميعها. ويُلاحِظ أن معظم القيم المقيسة منخفضة نسبياً وتقع ضمن المستويات الطبيعية مع وجود بعض المستويات المرتفعة لبعض العناصر، مثل الكروم، حيث وصل القيمة 88 جزءاً في المليون في الموقع OS_3 (وهي قيمة ما تزال تقع ضمن المستويات الطبيعية للكروم والبالغة 10–90 جزءاً في المليون [22]). وربما يكون نهر بردى مصدر هذه التراكيز، و أنه قد حمل بعض نفايات صناعة الدباغة التي تتمركز على ضفافه. وتُعدّ صناعة الدباغة المصدر الرئيس للكروم على ضفاف نهر بردى. وبشكلٍ عام، لُوحِظ أن عيّنات السبر OS_3 تحتوي على أعلى التراكيز من العناصر الأثر المقيسة بالمقارنة مع السبور الأخرى، وتعود هذه القيمة المرتفعة وعدم انتشار الكروم في البحيرة إلى ترسيب الملوّثات المحمولة بنهر بردى فقط في هذا الموقع، وانخفاض معدّل تدفق نهر بردى خلال فترة الخمسين عاماً الماضية. وبدراسة بروفيلات العمق لتراكيز عنصر الأثر، يُلاحِظ وجود المتغيرات في التراكيز في الطبقات السطحية للمواقع OS_1 وOS_2 وOS_3، في حين لُوحِظت قمم في الطبقات العميقة لبعض العناصر، مثل النحاس والزنك، في المواقع OS_6 وOS_8 وOS_2 (الشكلان 6 و 7). وليست هذه بتابعية مستمرة وإنما حدثت على شكل دفقات متتالية وعلى أزمنة مختلفة، وسببها تدفق المعادن بسيول كبيرة حدثت في فترات متعاقبة. وأظهر تأريخ هذه القمم (الطبقات) أنه حدث رمي لبعض الملوّثات في السنوات الواقعة بين 1920 و 1940. ونضيف هنا أيضاً أن بروفيلات العمق لتراكيز الرصاص والنحاس والزنك ذات تابعية متشابهة

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



الشكل 7– بروفيلات العمق وتأريخ بعض عناصر الأثر في الرسوبيات.

للطبقات السطحية (0–5 سم)، حيث تنقص مع العمق بشكلٍ حاد ومن ثم تزداد بعد ذلك. ويُلاحِظ أن نقطة تغير هذه التابعية تقع في الفترة ما بين 1960–1970 (حوالي عام 1969)، والذي هو تاريخ بدء انخفاض منسوب مياه البحيرة. ومن جهة أخرى، تختلف تابعية عناصر الأثر مع العمق بشكلٍ واضح عن تابعية العناصر الرئيسة المدروسة هنا مع العمق ويعود ذلك إلى اختلاف الطبيعة الكيميائية لكلٍّ من المجموعتين، حيث ترتبط العناصر الأثر بشكلٍ كبير مع المواد العضوية ومن الصعب انتقالها إلى الطبقات العميقة بواسطة غسل بسيط بمياه الأمطار. ونضيف هنا أنه يمكن أن تُسبِّب العمليات البيولوجية، التي يمكن أن تؤثر على حركية العناصر الأثر، إعادة توزع هذه العناصر ما بين الطبقات، ولكن هذه العمليات لا تُعدّ هامة هنا لجفاف البحيرة.

الاستنتاج

يمكن تحديد معدّلات الترسيب الماضية لبحيرة جافة بقياس المستويات الطبيعية للرصاص 210 غير المدعم في سبور العمق بعد حذف قيمة الرصاص 210 في الطبقة السطحية في كلّ سبر رسوبيات. ولوحظ أنه يمكن تطبيق النموذج CF:CS البسيط في حساب أعمار طبقات الرسوبيات واستخدامه في تحديد السجلات التاريخية للمعادن الأثر في بحيرة العتيبة، بالإضافة إلى معرفة تاريخ بدء انخفاض منسوب مياه البحيرة. ويتأثر تأريخ تغيرات تراكيز العناصر الرئيسة للبحيرة الجافة بالهاطل المطري.

المراجع

REFERENCES

[1] Krishnaswamy S, Lal D, Martin JM, Meybeck, M. Geochronology of lake sediment. Earth and Planetary Science Letters 1971; 11: 407-414.

[2] El-Daoushy F. The Determination of ^{210}Pb and ^{226}Ra in lake sediments and dating applications. UUIP 1978; 949: 45.

[3] Biford MW, Brenner M. Dilution of ^{210}Pb by organic sedimentation in lakes of different tropic states and applications to studies of sediment water interactions. Limno. Oceaogr 1986; 3, 584-595.

[4] Berger GW, Eisma D, Van Bennekom AJ. ^{210}Pb derived sedimentation rate in the Vlieter, a recent filled in tidal channel in Wadden Sea. Neth J Sea Res 1987; 21: 287-294.

[5] Othman I, Al-Masri MS, Al-Rayyes A. Sedimentation rates and pollution history of the eastern Mediterranean sea: The Syrian coast. The Science of the Total environment 2000; 248:27 - 35.

[6] Gunten H R, Sturm M, Erten HN, Rossler E, Wegmuller S. Sedimentation rates in the lake Constance determined with Pb-210 and Cs-137. Z Hydrol 1987; 49: 275-283.

[7] Bloesch J, Evans RD. Lead210 dating of sediments, Hydrobiologia 1982; 92:579-586.

[8] Ivanovich M, Harmon RS. Uranium series disequilbrium, applications to environmental problems, Oxford: Clarendon press, 1992.

[9] Jaakkola T, Tolonen K, Huttunen P. The use of fallout Cs-137 and Pu-239 for dating of lake sediments. Hydrobiologia 1983; 103:15.

[10] El-Daously F. Scandinavian limo-chronology of sediments and heavy metals, Hydrologia 1986; 143: 267-276.

[11] Kumar US, Navada, SV, Rao SM, Nachiappan RP, Kummar B, Krishnamoorthy TM, Jha SK, Shukla VK. Determination of recent sedimentation rates and pattern in lake Naini, India by ^{210}Pb and ^{137}Cs dating technique. Applied Radiation Isotopes 1999; 51: 97-105.

[12] Robbins J, Edgington DN. Determination of recent sedimentation rates in lake Michigan using ^{210}Pb and ^{137}Cs. Geochemi Cosmochim Acta 1975; 39: 285-301.

[13] Allan JRL, Rae JE, Longworth G, Haster SE, Ivanovich, M. A comparison of ^{210}Pb dating technique with three

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

independent dating methods in an estuarine salt-marsh sequence. Estuaries 1993; 16:670-677.

[14] Appleby PG, Oldfield F. The assessment of ^{210}Pb date from sites with varying sediment accumulation rates. Hydrobiologia 1983; 103:29-35.

[15] Anderson, RF, Schill, RL Hesslein, RH. Determining sediment accumulation and mixing rates using ^{210}Pb and ^{137}Cs and other tracers. Can. J. Fish. Aquatic. Science 1987; 44: 231-250.

[16] Goldberg ED. (1963), Geochronology with lead210, In: IAEA, editor. Radioactive dating. Vienna, International Atomic Energy Agency, 1963:121-131.

[17] Goldberg ED, Gamble JJ, Griffin JJ, Koide M. Pollution history of Narragansett Bay as recorded in its sediments. Estuary Coast Mar Science 1977; 5: 549-561.

[18] Longmore M, Olearry, B. Rose. Cs-137 profiles in the sediments of a partial Meromitic lake on Great Sandy Island. Hydrobiologia 1983; 103: 21-27.

[19] USSR Ministry of Land. Water resources use in Barada and Avage basin for irrigation of crops, USSR, Leningrad, Institute for Design of Water Resources Development Projects. Moscow, 1986.

[20] Flynn WW. The determination of low levels of polonium-210 in environmental samples. Anal Chemica Acta 1968; 43:243-249.

[21] Khandekar RN, Tripathi RM, Rahnnath R, Mishra VC. Simultaneous determination of Pb, Cd, Zn, Cu insurface soil using differential pulse anodic stripping Voltametry. Indian J Environment Health 1988; 30:98-103.

[22] Merian E. Metals and their compounds in the environment. New York: VCH, 1991.■

☆ ★ ☆

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

التغيرات المورفولوجية لبيوض الأسكارس لمبريكويدز المشعّة بأشعة غاما*

معتصم شما – محمد عمار العدوي
قسم تكنولوجيا الإشعاع – هيئة الطاقة الذرّية – ص. ب 6091 – دمشق – سورية

ملخص

عولجت عيّنات من مياه المدخل لمحطة معالجة الصرف الصحي لمدينة دمشق، والتي تحتوي على بيوض الأسكارس لمبريكويدز، بجرعات إشعاعية من أشعة غاما تراوحت بين 1.5 حتى 8 kGy. ولقد أظهرت نتائج الفحص المجهري المباشر للبيوض تغيرات مورفولوجية واضحة، ولم يُلاحَظ تكوّن يرقات داخل البيوض بعد حضنها لمدة 8 أسابيع. لذا يمكن اعتبار التغيرات المورفولوجية كمعيار لتحديد الحيوية.

الكلمات المفتاحية: مخلّفات الصرف الصحي، بيوض الديدان، أسكارس لمبريكويدز، أشعة غاما، تحطيم.

مقدمة

تتواجد بيوض الأسكارس بكمّيات كبيرة في الحمأة [1،2]، ويُعرف عنها أنها مقاومة للكلورة والحرارة [1–3]. كلّ هذه العوامل جعلت منها مثالاً منطقياً لدراسات تثبيط الطفيليات. تستقر هذه البيوض في الحمأة خلال عمليات التنقية الأولية لمخلّفات الصرف الصحي [4]، وتُعدّ مقاومة البيوض أعلى من مقاومة كلٍّ من البكتريا والفيروسات والتي تُشكّل معاً مُمرضات للإنسان والحيوان في حال استخدام هذه الحمأة كسماد للتربة الزراعية [5]، لذا كان من الضروري التخلّص من هذه الممرضات للتقليل من مخاطر تعرّض الإنسان لها. تُستخدم بيوض ديدان الأسكارس في معظم دراسات تثبيط الطفيليات، وذلك نظراً لمقاومتها العالية للمواد الكيميائية [4]، مثل الكلور، ومقاومتها للتحطيم الفيزيائي ودرجة الحموضة والحرارة العالية والمتوسطة [4]. وبشكل عام، لوحظ أن بيوض الأسكارس توجد بتركيز أعلى من بيوض الطفيليّات الأخرى في الحمأة [4]، وتوجد بتركيز 3000 بيضة/غ في الحمأة المهضومة وفي الحمأة الجافة [2]. استُخدم معيار تعطيل تطور بيوض الأسكارس إلى مرحلة اليرقة المعدنية كمؤشر على التحطيم الناجح [2].

تعتمد محطة عدرا لمعالجة مياه الصرف الصحي، والتي تبعد 22 كم عن مدينة دمشق، على معالجة أولية (فيزيائية) وثانوية (بيولوجية) ومن ثم تجفيف هوائي. يرتبط 90% من سكان مدينة دمشق، والتي يبلغ عدد سكانها حوالي 2 مليون نسمة، مع محطة عدرا، ويصل معدّل مياه الصرف الصحي للمحطة إلى حدود 200.000-250.000 م^3، ومن المتوقع أن يزداد مستقبلاً ليصل إلى 450.000م^3. يتم الحصول من هذه الكمّية على 2500 م^3 من الحمأة المهضومة يومياً، والتي يتم تجفيفها هوائياً في أحواض ومن ثم تُباع كسماد للمزارعين. ولكن في فصل الشتاء لايمكن إتمام عملية التجفيف، لذلك يُضخ الجزء الفائض من الحمأة الرطبة إلى بحيرة عتيبة، التي تُستخدم كحوض للحمأة. أما المنتج الثاني للمحطة وهو المياه فيتم إضافة الكلور لها لري الأراضي الزراعية. وبما أنَّ هناك تحذيراً من منظمة الصحة العالمية من استخدام الكلور بمعالجة الصرف الصحي، كان التفكير باستخدام تقنية أخرى بديلة للمعالجة وهي التشعيع.

وهذه الدراسة توضح استخدام التغيرات المورفولوجية مجهرياً كطريقة سريعة لتحديد حيوية بيوض الأسكارس لمبريكويدز.

المواد والطرائق

– جُمعت بيوض الأسكارس من مياه الصرف الصحي الداخلة إلى محطة عدرا، والتي تُشكّل ما نسبته 85% مياه و15% أجسام صلبة، وتمّ استخدام التعويم باستخدام محلول مشبع من نترات الصوديوم $NaNO_3$ كثافته 1.38 غ/مل، وذلك لفصل البيوض من المياه بالتثفيل لمدة خمس دقائق عند 2000 دورة/ثانية.

– تمّ فحص البيوض مجهرياً، ثم أُضيفت للبيوض مياه صرف صحي من مياه المخرج، وهي خالية تماماً من البيوض، ليصل تركيز البيوض إلى 10^2 بيضة/غ في خمسة عشر أنبوب اختبار ذات غطاء، وقُسّمت هذه الأنابيب إلى ثلاث مجموعات، كلّ مجموعة تتكون من خمسة أنابيب: أنبوب للشاهد والأربعة الأنابيب الأخرى تمّ تشعيعها بجرعات تصاعدية عشوائية (1.5، 3.0، 5.0، 8.0kGy) من منبع Co^{60} بواسطة خلية غاما (Issledovatel) ذات نشاط إشعاعي قدره 6.039 kCi، معايرة بمشعر فريكه Fricke solution عند معدّل جرعة يبلغ 3.3 kGy/h، وذلك في هيئة الطاقة الذرّية السورية بدمشق.

– تمّ فصل البيوض بالطريقة السابقة نفسها وفُحِصت مجهرياً مباشرة بعد التشعيع وتمّ أخذ صور فوتوغرافية للبيوض.

– حُضنت البيوض المشعّة في أطباق بتري تحتوي على 0.8% من محلول فورمالدهيد لمدة ثمانية أسابيع [5].

* نُشرت ورقة البحث هذه في مجلة *Radiation Physics and Chemistry*, 65(2002)277-279.

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

– تمَّ تحديد حيوية البيوض الملقحة بقدرتها على تشكيل اليرقات خلال فترة الأسابيع الثمانية بعد المعالجة الإشعاعية [5].

– أُعيدت التجربة ثلاث مرات. وبالمقارنة بين العيّنات المختلفة، فقد اعتُبرت البيوض الملقحة غير قابلة للحياة في حال بدأت هذه البيوض الملقحة بعمليات التشكّل الجنيني بدون أن تكمله، وهذه البيوض لم تتطور بوجود أو عدم وجود دليل على الأذى والتغيرات المورفولوجية. في كلّ سلسلة من المجموعة المشعَّعة والمحضونة، تمَّ تقييم 200–250 بيضة وحُدِّدت النسبة المئوية للبيوض القابلة للحياة.

النتائج

أظهر الفحص المجهري المباشر بعد التشعيع أن 90% من البيوض الملقحة ذات الغشاء المزدوج تحوَّل الجنين فيها إلى كتل صغيرة متجانسة حبيبية الشكل، في حين انقسمت أجنة البيوض، التي تمَّ تشعيعها بالجرعتين 1.5 و 3 kGy، إلى كتلتين محاطتين بالغشاء الداخلي. أما البيوض التي شُعِّعت بجرعة قدرها 5 kGy فقد أظهرت بوضوح وجود كتلتين جنينيتين غير متماثلتين إحداهما محطمة والأخرى سليمة، ولكن البيوض التي شُعِّعت بالجرعتين 6 و 8 kGy أظهرت اختفاء الغشاء الداخلي للجنين وانتشار محتوياته الداخلية داخل البيضة.

أظهر الفحص المجهري لليرقات بعد ثمانية أسابيع من الحضن عدم تكوّن اليرقات في البيوض المشعّعة، وبذلك كانت نسبة التحطيم 100%، مقارنة بنسبة الشاهد التي بلغت 59.6%.

المناقشة

معظم دراسات المعالجة الإشعاعية لبيوض الأسكارس تمّت بتشريح الديدان والحصول منها على البيوض مباشرة [4،5،6،7]، ولكن في هذه الدراسة تمَّ اختيار البيوض المخصَّبة ذات الغشاء المزدوج، في حين أرجع [5] انخفاض حيوية البيوض لكونه استخدم البيوض مقشَّرة، وقد أجرى تجربته على 250–300 بيضة. أما [1]، فقد استخدم $3x10^3$ – 10^4 بيضة/مل لكلّ جرعة إشعاعية، وذلك لتحديد الحساسية الإشعاعية للبيوض. ولكن في هذه الدراسة، كانت الجرعة الصغرى 1.5 kGy كافية لقتل جميع البيوض، لذلك كان من المستحيل تحديد الجرعة الإشعاعية القاتلة، ويجب إجراء المزيد من الدراسات لتحديد تلك الجرعة اعتماداً على التغيرات المورفولوجية. في عام 1975 حصل [8] على قتل كامل للبيوض عند الجرعة 0.95 kGy بواسطة منبع كوبالت في محلول ملحي، في حين حصل [5] على النتيجة نفسها ولكن عند الجرعة 1.1 kGy باستخدام المسرّع الإلكتروني، وفي [9] أعلنوا أن الجرعة 4.8 kGy ضرورية لتحطيم بيوض الأسكارس. من جهة أخرى، تبيَّن أن حيوية البيوض لم تتأثر بالجرعة 0.3 kGy ولابعدد البيوض الحية بعد التشعيع بهذه الجرعة، وكانت مشابهة للشاهد. وبما أنه – في هذه الدراسة– لم يتم الأخذ بالعوامل الفيزيائية والكيميائية المؤثرة على الجرعة الإشعاعية (درجة الحرارة، والأكسجين، ودرجة الحموضة، والأوزون ....)، لذا يجب – في الدراسات اللاحقة– أخذ تلك العوامل بعين الاعتبار، كما أن عدد البيوض ونسبتها لم يكن كافياً لتحديد الحساسية الإشعاعية للبيوض.

لقد كان الهدف الرئيس من هذه الدراسة هو تحديد حيوية البيوض مجهرياً توفيراً للوقت. ولسوء الطالع، أشارت بعض الأدبيات إلى أن تلوين البيوض بالملونات الحيوية، مثل DAPI 4.6-DI-amino-2phenyline [10]، لا يعطي ملوناً حيوياً ثابتاً لتمييز حيوية البيوض وموتها، ولايمكن اعتباره معياراً للحيوية، لذلك يمكن اعتبار التغيرات المورفولوجية للبيوض المشعّعة ظاهرة جديدة لتحديد حيوية البيوض.

المراجع

REFERENCES

[1] Brannen, J. P., Garst, D.M., Langley, S., 1975. Inactivation of Ascaris lumbricoides eggs by heat, radiation and thermo-radiation. SAND 75-0163 (Report prepared by Sandia Laboratories, Albuquerque. New Mexico 87115).

[2] Melmed, L.S., Comnions. D.K., 1979. Disinfection of sewage sludge with gamma radiation. Water SA. Vol.5, No.4, pp. 153 -159.

[3] Chang, S.L., 1961. Viruses, amebos and nematodes and public water supplies. Journal of American Water Works Association, 53, pp. 288-296.

[4] Yeager, J.G., O'Brien, R.T., 1983. Irradiation as a means to minimize public health risks from sludge-borne pathogens, Journal of Water Pollution Control Federation. 55 No.7, 977-983.

[5] Horak, P., 1994. Experimental destruction of Ascaris ova in sewage sludge by accelerated electron irradiation. Water Research. 28(4), 934-941.

[6] Yeager, J.G., Ward, R.L., 1980. Effectiveness of irradiation in killing pathogens, National Symposium on the Use of Cesium-137 to Process Sludge for Further Reduction of Pathogens. Sandia Labs. 80-2744 (Report prepared by Sandia Laboratories, Albuquerque. New Mexico 87115), pp. 80-83.

[7] Holl, P., Schneider, H., 1975. Disinfection of sludge and wastewater by irradiation with electrons of low accelerating voltage. In Radiation for a Clean Environment. Proceedings of a Symposium, International Atomic Energy Agency, Vienna, pp. 123-138.

[8] Sivinski, H.D., 1975. Treatment of sewage sludge with combinations of heat and ionizing radiation (thermo-radiation). In Radiation for a Clean Environment, Proceeding of Symposium, International Atomic Energy Agency, Vienna, pp. 151-167.

[9] Enigk, K., Holl, P., Dey- Hazra A., 1975. Erradication of parasitic cysts and eggs in sewage sludge by irradiation with low energy electrons. Zb1. Bakt. Hyg., 1.Abt., Orig. B 161, 61-71 (in German).

[10] Koudela, B., Steinhauser, L., 1984. Evaluation of vitality of Sarcocystis in beef by the DAPI fluorescence test. Acta Vet. 53, 193-197.■

إزاحات ذات منشأ زلزالي على امتداد صدع سرغايا: أحد الفروع النشطة لنظام صدع البحر الميت في سورية ولبنان★

د. فرانسيسكو غوميز – د. معاوية برزنجي
معهد دراسة القارات – جامعة كورنل – إثاكا – نيويورك 14853 – الولايات المتحدة الأمريكية
د. مصطفى مغراوي
معهد فيزياء الأرض – ستراسبورغ – فرنسة
د. عبد الناصر دركل
قسم الجيولوجيا – جامعة دمشق – سورية
محمد رضا سبيناتي، رياض الدراوشة
قسم الجيولوجيا – هيئة الطاقة الذرّية – ص. ب 6091 – دمشق – سورية
شارل تابت
المجلس الوطني للبحث العلمي – بيروت – لبنان
د. محمد خولي
المركز الوطني للاستشعار عن بعد – بيروت – لبنان
منصور شرابي
الشركة العامة للدراسات والاستشارات الفنية – دمشق – سورية
د. كمال خير
قسم الجيولوجيا – الجامعة الأمريكية – بيروت – لبنان

ملخص

أجريت تحريات حقلية على امتداد صدع سرغايا، أحد فروع نظام صدع البحر الميّت، الواقع في غرب سورية وشرق لبنان، فتبين وجود إزاحات يسارية على امتداده تعود للرّباعي الأعلى والحديث، إضافة إلى بقايا محتملة لتمزق سطحي ناتج عن حدوث زلزال تاريخي. أشارت تقانة التأريخ بطريقة الكربون 14 المنفَّذة وتكشُّف سطوح حرّة على هيئة جروف صدعيّة في التوضعات البحرية العائدة للبليستوسين الأعلى إلى حدوث انزلاق ذي منشأ زلزالي خلال القرنين إلى ثلاثة القرون الماضية، ويحتمل أن يتوافق الانزلاق مع أحد الزّلزالين التّاريخيين الموثقين زلزال 1705 م أو زلزال 1759 م. وبتقدير معدل الانزلاق في الهولوسين والذي تراوح من 1 إلى 2 مم/ السنة، فقد استهلك (أو اختزن) صدع سرغايا جزءاً كبيراً من التشوّه النّشط على طول مسار الحد الصفيحي بين الصفيحتين العربية والإفريقية. وتشير هذه النتائج إلى أن فروع هذه الصدوع النشطة تشترك في نقل الإجهاد ضمن ثنية الكبح اللبنانية (والمتمثلة بانحراف صدع اليمونة عن الاتجاه العام لصدع البحر الميّت باتجاه شمال شرق ونهوض سلسلتي جبال لبنان الغربيّة والشرقيّة).

الكلمات المفتاحية: صدع البحر الميّت التحويلي، سورية، لبنان، نيوتكتونيك، زلازل.

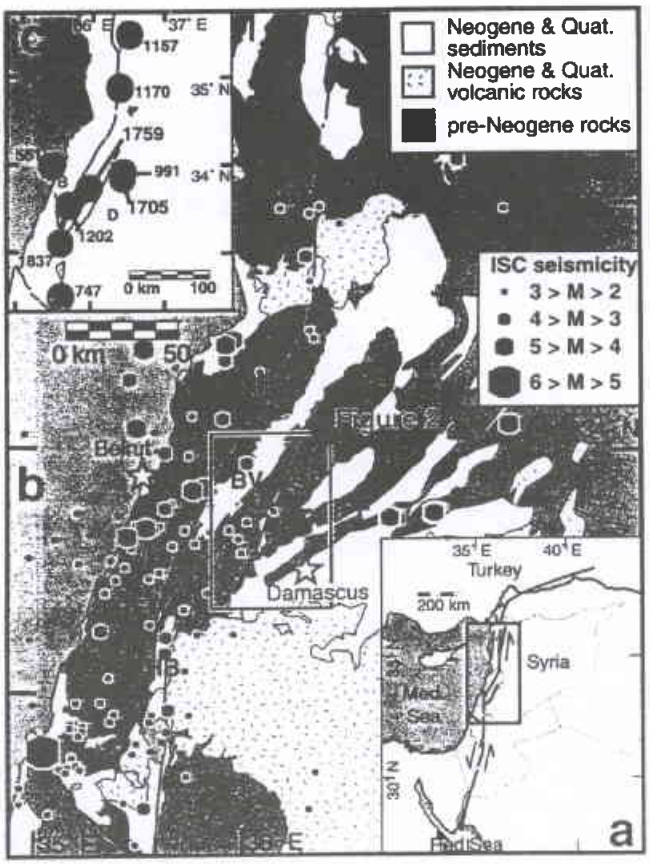
مقدمة

يُعدّ نظام صدع البحر الميّت عنصراً رئيساً في الوضع التكتوني لمنطقة شرق المتوسط؛ كونه اختزن (أو استهلك) من 5 إلى 10 مم/ السنة من الحركة اليسارية الانزياحية بين الصفيحتين العربيّة والإفريقيّة [1]. ومع أن الوثائق التّاريخيّة سجّلت حدوث زلازل في منطقتنا خلال فترة الـ 2000 سنة الماضية على الأقل، فما يزال فهمنا محدوداً نسبيّاً فيما يتعلق بنظام صدع البحر الميّت كبنية نشطة ومولدة للزلازل، وينطبق ذلك خصوصاً على الـ 500 كم الشّماليّة من النّظام الصّدعي، أي في غرب سورية ولبنان وجنوب تركيا، في الوقت الذي يبدي الوضع الزلزالي خلال القرن الماضي نشاطاً زلزالياً في حدوده الدنيا (الشكل 1). وثمّة نقاش دار فيما إذا كان حدّ الصفيحة النّشط يتمثّل بنظام البحر الميّت (على سبيل المثال 2 و 3) أو أن التشوّه النّشط يتركز غرباً في البحر المتوسط (على سبيل المثال 4 و5). والتّمييز بين هذين الرأيين سيكون له مدلولات هامة في تقدير المخاطر الزلزاليّة في منطقتنا، وفي النّماذج التكتونية الإقليمية.

تسلّط هذه الدّراسة الضّوء على الجزء المركزيّ من نظام صدع البحر الميّت المؤلف من عدد من الصدوع الواضحة (على سبيل المثال 3 و6)، وهي: صدوع اليمونة وسرغايا والروم (الشكل 1b). فيما تشكّل نتائج تحرياتنا الحقلية على امتداد نطاق صدع سرغايا – وهو فرع من نظام

★ نشرت ورقة البحث هذه في مجلة *Journal of the Geological Society*, London, Vol. 158, 2001.

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



الشكل 1 – (a) الوضع التكتوني الإقليمي لنظام صدع البحر الميّت (DSPS). (b) خريطة جيولوجية مبسطة للجزأين المركزي والشمالي لنظام صدع البحر الميّت [7]. تمثل (AL) جبال لبنان الشرقية و (BV) وادي البقاع و (GF) صدع الغاب و (HB) حوض الحولة و(RF) صدع الروم و (SF) صدع سرغايا و (YF) صدع اليمونة و(PF) حزام الطي التدمري. تمثل الدوائر السوداء موقع الزلازل ذات القدر أكبر من 2 درجة المستخلصة من سجل مركز الزلازل الدولي (ISC) خلال الفترة 1963-1997. (c) خريطة مواقع الزلازل التاريخية ذات القدر أكبر من 7 درجات ضمن منطقة ثنية الكبح (32.5 درجة شمال و 35 درجة شمال) [14]. تمثل (B) و (D) مدينتي بيروت ودمشق على التوالي.

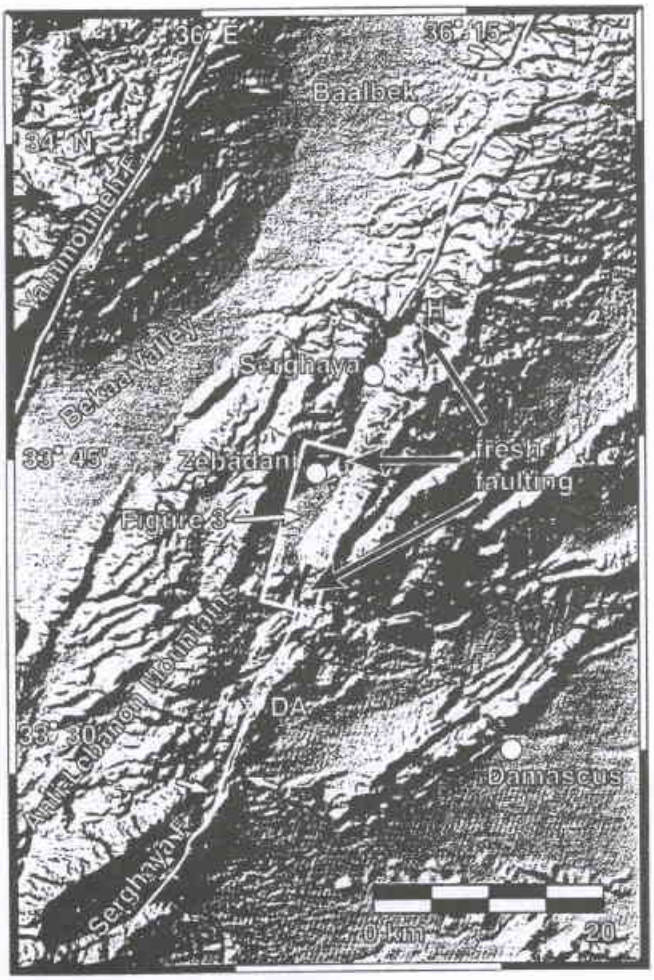
صدع البحر الميّت يقطع جبال لبنان الشرقية على طول الحدود السوريّة – اللبنانيّة (الشكل 1b) – تحدياً للمقترحات التي تقول: إن الصدوع ذات الاتجاه شمال شرق جنوب غرب في ثنيّة الكبح اللبنانية غير نشطة نتيجة لحقل الجهد الإقليمي المشترك (على سبيل المثال 5). وتشير نتائج هذا البحث إلى أن نطاق صدع سرغايا نشط منذ البليستوسين، على عكس ما كان يُعتقَد في السابق (على سبيل المثال 6)، ويبدو أن باستطاعته توليد زلازل كبيرة.

شواهد التكتونيك النشط على امتداد نطاق صدع سرغايا

يتميّز نطاق صدع سرغايا ذي الطول 150 كم تقريباً على المقياس الإقليمي بقسمة خطية واضحة وبانحرافات للأودية الكبيرة، وبأحواض شدّ (الشكل 2). فمن بين 34 وادياً كبيراً تقطع صدع سرغايا من مرتفعات الجولان إلى شمال شرق بعلبك، هنالك 29 وادياً تبدي انحرافات يسارية انزياحية، مما يدل على تعرُّض نظام التصريف المائي في المنطقة لتأثير تكتوني معين. وقد لوحظ أيضاً وجود انعراجات يسارية للصدع بشكل منتظم في الأحواض المتطاولة، مما يشير إلى أن آلية الأحواض هي من نمط أحواض الشَّدّ. وتُعدُّ انعراجات مسار الصّدع الملاحظَة في دير العشائر وحام من أقوى الأمثلة الدّالّة على ذلك (الشكل 2).

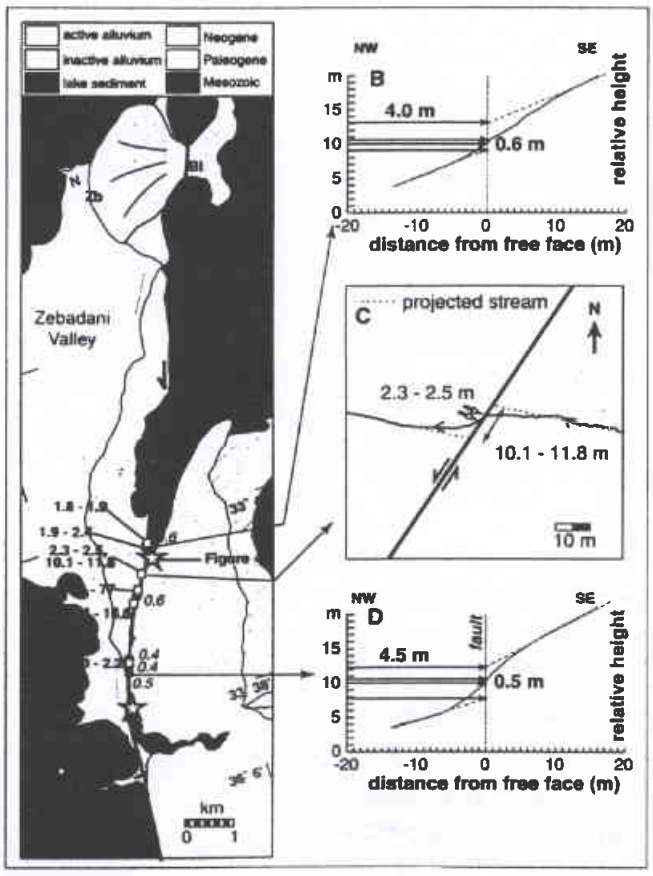
يقطع نطاق صدع سرغايا في طريقه في وادي سرغايا والزبداني توضعات رسوبية حديثة وأشكالاً أرضية (الشكلان 1 و2)، حيث يمكن تتبُّع أثر الصّدع على الحافّة الشرقيّة لوادي الزبداني عبر مظهر جيومورفولوجي واضح المعالم (الشكل 3a). ويسير الصّدع في الجزء الجنوبي من الوادي أسفل الجبهة الجبلية واضعاً التوضعات اللحقية الحديثة بتماس مع الرسوبات البُحيريّة العائدة للرباعي الأعلى والكونغلوميرا النيوجينية والصخور الكربوناتية الكريتاسية [7].

لقد أحدث تصدُّعٌ حديثٌ جرفاً خطّياً واضحاً توافق مع انحرافات ذات إزاحات يساريّة لمسيلات المياه الصغيرة (وسيتم مناقشة هذه النقطة



الشكل 2 – خريطة تبين تضاريس مظللة لنطاق صدع سرغايا (SFZ) مأخوذة من نموذج الارتفاع الرقمي (منتجة من صور الردار ذي الفتحة الصنعية SAR). انظر الشكل 1 لتحديد الموقع. لاحظ الإزاحات اليسارية المضرب المتناغمة للأودية وخاصة على الفرع الشمالي للصدع (الأسهم البيضاء الصغيرة). أُشير إلى مواقع التصدّع الحديث بأسهم رمادية كبيرة (راجع النص لمزيد من التفصيل). تمثل (DA) دير العشائر و(H) حام.

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



الشكل 3– (a) خريطة تفصيلية لنطاق صدع سرغايا في وادي الزبداني (انظر الشكل 2 لتحديد الموقع). تشير الأرقام إلى ارتفاعات السطوح الحرة (دوائر سوداء) وإزاحات المسيلات المائية الصغيرة (مربعات بيضاء)، وكلاهما بالمتر. تشير النجوم البيضاء إلى مواقع تكشفات نطاق الصّدع. (ZB) تعني مدينة الزبداني و (BL) مدينة بلودان. الأشكال من (b) إلى (d) هي أمثلة عن الأشكال الأرضية على امتداد الصّدع وهي ممسوحة باستخدام محطة رقمية التسجيل للمسح الطبوغرافي. والأسهم على بروفيلات تكشف الصّدع تدل إلى ارتفاعات السطوح الحرة. أضف إلى ذلك أن تكشف الصّدع هو بحدود 4.5 م كما هو ملاحظ في (d).

بالتفصيل لاحقاً)، ويحتفظ هذا الجرف الصدعي، في القسم الجنوبي من وادي الزبداني، بسطح حرّ في التوضعات البُحيريّة الطرية، حيث يدل السطح على وقوع حركة حديثة جداً؛ لأن مثل هذه السّمات تتجوى بسرعة وتزول بعد 1000 سنة تقريباً (على سبيل المثال 8). كما شوهدت في مواقع عدة تحزُّزاتٌ على سطوح الصدوع شبه الشاقولية في الرسوبات البُحيريّة، ممّا يدلُّ على وجود مركبة انزياحية شاقولية بحدود 20% إلى 25% من نسبة الإزاحة الكلّيّة. يتمثّل صدع سرغايا في الطرف الشّمالي لوادي الزبداني ذو اتجاه شمال جنوب، بتكشُّف جرف صخري مُحزَّز بارتفاع حوالي 15 م. ونقترح هنا أنَّ حركة الصدع حديثة؛ لأن درجة التجوية في المتر ونصف المتر إلى المترين السفليين من الجرف أقلُّ مقارنة بما هي عليه في أعلاها.

يسير نطاق صدع سرغايا، شمالي وادي سرغايا، بمحاذاة الجبهة الجبلية، ثمَّ ينحرف قاطعاً التكشُّفات الصخرية، وتكون متون الإغلاق المؤلَّفة من الحجر الكلسي الجوراسي في الجزء الجنوبي من الوادي مُتصدِّعةً مقابل المسيلات المائية، مع اتجاهات حركة يسارية انزياحية. يقطع صدعُ سرغايا في أقصى الشّمال قرب قرية حام (الحدود اللبنانية) (الشكل 2) غطاءَ التوضعات الحطامية في قاعدة الانحدار والمنحدرات ذات الميل الشديد على الطرف الشرقي للوادي الضيق. ويظهر التّصدّع الحديث هنا على شكل تربة مُتكشّفة طرية ضمن التوضّعات الحطاميّة ذات اللون البنيّ المصفرّ الفاتح. بذلك فإن مظاهر التصدُّع الحديث جداً تمتد بطول 35 كم على الأقل من الأجزاء الجنوبية لوادي الزبداني حتى قرية حام.

ولتقدير حركات الصّدع الحديثة، قيست انحرافات الجداول الصغيرة وبروفيلات الجروف الصّدعيّة في الأجزاء الجنوبيّة لوادي الزبداني (الشكل 3) باستخدام محطّةٍ رقمية التّسجيل للمسح الطّبوغرافيّ. ويعود سبب اختيار تلك المنطقة إلى ندرة التّأثيرات والتّعديلات البشريّة عليها من جهة، ولاحتوائها على ستة مسيلات مائية صغيرة من جهة ثانية. وقد بيّنت كافة المسيلات انحرافات يساريّة انزياحيّة متناسقة فسرّت على أنها إزاحات حقيقيّة. فقد بيّنت المسيلات ذات العمق الأقلّ (والأحداث بالتالي) انزياحات أصغر، ثمَّ قيست إزاحات المسيلات الأصغرية فكانت من مرتبة 1.8 إلى 2.5 م (الشكل 3)، فيما تصل انزياحات المسيلات الأكبر إلى 77 م، ولقد وُجِدَ في بعض المسيلات كلا النوعين من الانزياحات: الصغيرة والكبيرة فسُمّيت إزاحات مركّبة (الشكل 3c).

تمَّ مسح البروفيلات على نحو معامد للجرف الصّدعيّ عبر السطوح المستوية عموماً بعيداً عن المسيلات، مع قياس مباشر لارتفاعات التسطح الحرّ. كما قيست ارتفاعات الجروف الصغيرة الحاوية على سطوح حرّة، فكانت 0.4 إلى 0.6 م (الشكل 3)، وكانت نسبُ هذه الارتفاعات إلى إزاحات المسيلات الصغيرة الأصغرية متناغمةً مع التّحزُّزات في نطاق الصّدع الرئيس، لذا يبدو من المحتمل أن الإزاحات الأصغرية للمسيلات والأجزاء الحديثة جدّاً من الجروف الصّدعيّة معاصرةٌ لبعضها البعض، وأنَّ الإزاحة الناتجة هي 1.8 إلى 2.6 م.

علاوة على ذلك، يمكن رؤية جرف مركّب بارتفاع 4.0 إلى 4.5 م في بعض البروفيلات الطبوغرافية (الشكل 3b و d) مع البروفيلات الثلاثة الجنوبية التي تبدي الرسوباتُ البحيريةُ الرُّباعيةُ فيها تصدُّعاتٍ مقابل التوضُّعات الحديثة للغطاء اللحقي غير النّشط. يكون السطح المقيس في البروفيلات مستوٍ تقريباً، وبالتالي فإنَّ وضوح المعالم في جرف الصّدع يعكس النهوض التكتوني الحقيقي مع تأثيرات في حدودها الدنيا من النقل الأفقي للسمات الجيومورفولوجية. ولقد فسّرنا تراجعَ هذا السطح اللحقي بأنّه استجابةٌ محتملةٌ للتغير المناخي في نهاية البليستوسين الأعلى. ففي تلك الفترة، تلا المناخَ الجافَّ الذي ساد لبنان وغرب سورية أجواءٌ أكثر رطوبة [9]، إذ أن تجوية المنحدر المتزايدة والتراجع في وادي الزبداني يمكن أن يكون قد نجم عن طاقة المسيلات المتزايدة ونقص الغطاء النباتي الذي يصل على زيادة استقرار المنحدرات. ومن الممكن الافتراض أنَّ هذا السطح قد تراجع مع التّغيُّر المناخي تقريباً منذ 9 إلى 10 ملايين سنة [9]، فقد كان هذا السطح نشطاً في نهاية العصر الجليدي منذ 17 مليون سنة تقريباً. وتشير هذه الافتراضات إلى أن معدل الانزياح الشاقولي يتراوح بين 0.25 و 0.45 مم بالسنة بالنسبة للبليوستسين الأعلى والهولوسين، فإذا كانت نسبةُ الانزياح الأفقي إلى الشاقولي عاليةً أي تقارب 4 إلى 1 أو

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

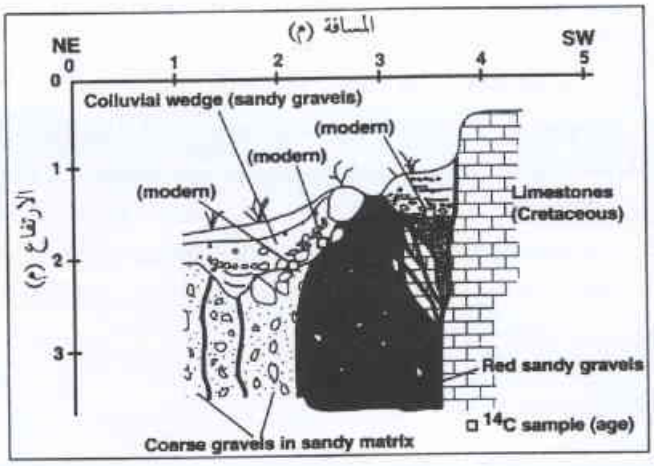
حتى 5 إلى 1، فهذا يدفعنا إلى الاقتراح بأن معدّل الانزياح الطويل الأمد لنطاق صدع سرغايا هو من مرتبة 1 إلى 2 مم بالسنة.

حادثة التّمزّق السّطحي الأخيرة

بيّنت حفرتان على مسار الصّدع في جنوب سهل الزبداني (الشكل 3)، واللتان تكشفتا بهدف التّحرّي عن المياه الجوفية وجودَ تمزّقٍ صدعي مع توضّعات حطاميّة فضّيّة وترب قديمة ورسوبات بُحيريّة. وقد سُحِبت ثلاثُ عينات فحمية وبقايا نباتية من إحداهما من أعلى التوضّعات الحطاميّة المصدَّعة على عمق يقع بين نصف المتر والمتر تحت مستوى التربة (الشكل 4)، وقيست أعمار الكربون المشعّ للعيّنات الثلاث بطريقة تحليل بيتا، وقُدّرت بأنها حديثة العهد (200 سنة أو أقل). ومن خلال تطبيق التصحيح المناسب، توافقت أعمار التوضعات مع عام 1650 م أو أحدث [10] ممّا ساهم بتقدير الحدّ الأعظمي لتاريخ آخر حادثة تصدّع سطحية.

فإذا افترضنا أنّ الانزياح الذي تتراوح قيمته بين 1.8 و 2.6 م، الملاحظ في الطرف الجنوبي من وادي الزبداني، يعكس الانزياح الوسطي لآخر حادثة تمزق سطحية، فإنّ زلزالاً يتراوح قدرُه بين Mw = 6.9-7.2 قد يكون مسؤولاً عن توليد تمزّق سطحي بطول من 60 إلى 90 كم تمّ تقديره باستخدام العلاقات التجريبية العائدة لـ [11 و 12].

يفترض أنّ زلزالاً كبيراً قد وقع على امتداد نطاق صدع سرغايا خلال القرنين إلى الثلاثة الماضية كما وثقته السجلاّت التاريخية. وقد حدثت ثلاثة زلازل تاريخية فقط هي زلازل أعوام 1705 و 1759 و1837 ضمن الحدود الزمنية المفترضة بواسطة تأريخ الكربون 14 من التوضّعات الحطاميّة المصدّعة. وتذكر الوثائق التاريخية العثمانية أنّ منطقة جبال لبنان الشرقية تأثّرت بزلزالين عنيفين هما زلزالا 1705 و1759، وبالتالي فَهُما مرشحان محتملان لأنْ يكونا قد نجمَا عن حركة صدع سرغايا. وقد دلّت إعادة تقييم زلزال 1705 أنّ تأثيراتِه كانت أكثر شدّةً في منطقة جبال لبنان الشرقية والسلسلة التدمرية الغربية، مع تسبّبه بوقوع أضرار لدمشق والمدن المجاورة لها [13 و 14].



الشكل 4– مقطع تخطيطي على امتداد الصّدع مع توضعات لحقية متصدعة، كما يبين المقطع مواقع العيّنات المأخوذة للتحليل (مربعات بيضاء). انظر إلى الشكل 3 لمعرفة الموقع.

تُعَدُّ السلسلةُ الزلزالية التي وقعت بين شهري تشرين الأول وتشرين الثاني عام 1759 واحدةً من أمثلة الزلازل التاريخية الموثّقة جيداً التي وقعت على امتداد نظام صدع البحر الميّت (على سبيل المثال 15)، وترافقت حادثة تشرين الثاني (وهي الأكبر قدراً) بحدوث تمزّقٍ محتمل وصل حتى حوالي 100 كم [15]. ورغم أنّ هذه الحادثة نسبت إلى نشاط صدع اليمونة، فإنّ موقع مركزه السطحي المقترح لم يتم تأكيده من خلال الشاهد الحقلي. ومن المواقع المتأثّرة بالزلازل المذكورة في الورقة [15] نذكر مدن بعلبك وسرغايا والزبداني والقنيطرة، حيث تجاور هذه المواقع نطاق صدع سرغايا أكثر من أيّ صدع آخر. وبناء على هذا نقترح أنّ أحد زلزالي 1705 و 1759 حدث على امتداد صدع سرغايا، كما يمكن أن يكون أحد هذين الزلزالين قد أحدث الإزاحات الوارد ذكرها في هذه الورقة.

الدلالات التكتونية

تشير الحركات التي وقعت في الهولوسين، والزلازل التاريخية التي حدثت على امتداد صدع سرغايا ذي الاتجاه شمال شرق – جنوب غرب أنّ ثنيةَ الكبح اللبنانية نشطةٌ. كما تدل نتائج البحث أنّ نطاق صدع سرغايا يختزن (يستهلك) جزءاً كبيراً من الإزاحة الكلّيّة المتوقّعة لنظام صدع البحر الميّت. إنّ معدّل الانزلاق الطويل الأمد على مسار صدع سرغايا والمقدّر بحدود 1 – 2 مم بالسنة يُخلّف (أو يبقي) ما بين 3 إلى 8 مم بالسنة من الحركة على امتداد نظام صدع البحر الميّت، لتكون مُحتضَنَة من قبل بُنى مختلفة مثل صدوع اليمونة أو الروم. وبشكل مغاير لا يمكن شرح نشاط نطاق صدع سرغايا بسهولة من خلال الفرضية التي تفيد أنّ الجهدَ الإقليمي المشترك قد نقل موضع التصدّع النّشط بعيداً داخل البحر، وأبقى ثنية الكبح غير نشطة (على سبيل المثال 5).

ورغم ما ذُكِر عن توقف صدع اليمونة بواسطة اللافا البليوسينية في شمال لبنان [5] لا يمكن أن تكون مستبعدةً في الوقت الراهن، فهناك شاهدٌ مهمٌّ للتصدّع النّشط على امتداد الجزء الشمالي لنظام البحر الميّت أي على امتداد صدع الغاب (شكل 1b) (على سبيل المثال 16)، وهذا يتناغم مع معطيات نظام تحديد الموقع العالمي (GPS) على مسار نظام صدع البحر الميّت في جنوب تركيا [17]. ويبدو فريداً أنّ صدع اليمونة لن يكون نشطاً أيضاً. وقد وصلنا إلى ذات النتائج التي قدمها [18] حديثاً والتي مفادها أنّه من غير المحتمل أن صدع الروم يشكّل حدّ الصفيحة الحالي.

خاتمة

تشير نتائج دراسة نطاق صدع سرغايا أنّ ثنية الكبح الكبيرة – في غرب سورية وشرق لبنان – لنظام صدع البحر الميّت تشتمل على تصدّع نشط انزياحي يساري. ويبدو أنّه بمقدور نطاق صدع سرغايا توليد زلازل كبيرة القدر، ويجب أن تؤخذ مخاطر الصّدع بعين الاعتبار في أيّة دراسة تتعلق بتقدير المخاطر الزلزاليّة خاصّة أنّ مدينتي دمشق (4 ملايين نسمة) وبيروت (مليونان نسمة) لا تبعدان عن الصّدع سوى 25 كم و60 كم على التوالي. تشير مكاملة معطيات الزلازل التاريخية لسورية والمناطق

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

المجاورة مع الدراسات الحقلية المنفَّذة على صدع سرغايا إلى أنَّ أحد الزلزالين التاريخيين (1705 أو 1759) يُعَدُّ مرشحاً محتملاً نَجَمَ عن نشاط صدع سرغايا، بينما تشير سطوح التصدُّع وانزياحات المسيلات الكبيرة إلى وقوع حوادث عديدة. ويتطلب التقييمُ الشمولي للخطر الزلزالي – تحديداً – تنفيذَ دراسات سيسموتكتونية متقدِّمة وأكثر دقَّة، تتضمن إجراءَ تحرِّيات الزلزاليّة القديمة وتنفيذَ قياسات تحديد الموقع العالمي (GPS).

REFERENCES المراجع

[1] Joffe, S. and Garfunkel, Z. 1987. Plate Kinematics of the circum Red Sea: are-evaluation. Tectonophysics, 141, 5-22.

[2] Garfunkel, Z., Zak, I. and Freund, R. 1981. Active faulting in the Dead Sea rift. Tectonophysics, 80, 1-26.

[3] Quennell, A. M. 1984. The Western Arabia rift system. In: Dixon, J. E. & Robertson, A. H. F. (eds.) The geological Evolution of the Eastern Mediterranean. Geological Society, London. Special Publication, 17, 775-788.

[4] Girdler, R. W. 1990. The Dead Sea transform system. Tectonophysics, 180, 1-13.

[5] Butler, R. W. H., Spencer, S. and Griffiths, H. M. 1997. Transcurrent fault activity on the Dead sea Transform in Lebanon and its implication for plate tectonics and seismic hazard. Journal of the Geological Society, London, 154, 757-760.

[6] Walley, C. D. 1988. A braided strike-slip model for the northern continuation of the Dead Sea Fault and its implications for Levantine tectonics. Tectonophysics, 145, 63-72.

[7] Dubertret, L. 1949. Carte Geologique de Syrie: Feuille de Zabdani. Ministry of Public Works, Damascus.

[8] Wallace, R. E. 1977. Profiles and ages of young fault scarps, north-central Nevada. Geological Society of America Bulletin, 88, 1267-1281.

[9] Rossignol-Strick, M. 1993. Late Quaternary climate in Eastern Mediterranean region. Paleorient, 19, 135-152.

[10] Trumbore, S. E. 2000. Radiocarbon geochronology. In: Noller, J. S. & Sowers, J. M. (eds) Quaternary Geochronology: Methods and Applications. American Geophysical Union Reference Shelf, 4, 41-60.

[11] Wells, D. L. and Coppersmith, K. J. 1994. New empirical relationships among magnitude, rupture length, rupture area, and surface displacement. Bulletin of the Seismological Society of America, 84, 974-1002.

[12] Ambraseys, N. N. and Jackson, J. A. 1998. Faulting associated with historical and recent earthquakes in the Eastern Mediterranean region. Geophysical Journal International, 133, 390-406.

[13] Poirier, J. P. and Taher, M. A. 1980. Historical seismicity in the Near and Middle East, North Africa, and Spain from Arabic documents (VIIth- XVIIIth century). Bulletin of the Seismological Society of America, 70, 2185-2201.

[14] Mouty, M., Sbeinati, M. R. and Darawcheh, R. 1998. Seismic data for siting and site-revalidation of muclear facility, Part 1: catalog of historical earthquakes in and around Syria. Atomic Energy Commission of Syria, Damascus.

[15] Ambraseys, N. N. and Barazangi, M. 1989. The 1759 earthquake in the Bekaa Valley: Implications for earthquake hazard assessment in the Eastern Mediterranean Region. Journal of Geophysical Research, 94, 4007-4013.

[16] Trifonov, V. G., Trubikhin, V. M., Adzhamyan, Z., Dshallad, S., El-Khair, Y. and Ayed, K. 1991. Levant fault zone in northwest Syria. Geotectonics, 25, 145-154.

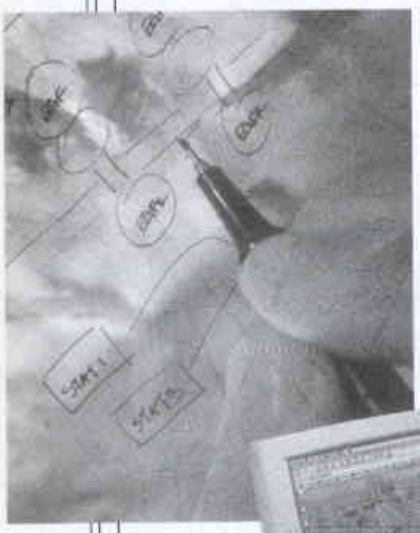
[17] Mcclusky, S. and Balassanian, S. et al. 2000. GPS constraints on plate motion dynamics. Journal of Geophysical Research, 105, 5695-5719.

[18] Griffiths, H.M., Clark, R. A., Thorp, K. M. and Spencer, s. 2000. Strain accommadation at the lateral margin of an active transpressive zone: geological and seismological evidence from the Lebanese restraining bend. Journal of the Geological Society, London, 157, 289-302.■

☆ ★ ☆

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

التقارير العلمية



تعيين الانزياح النظيري طيفياً لبعض المركبات المحتوية على نظائر مستقرة بتقنية FTIR ★

د. عبد الوهاب علاف – د. محمد درغام زيدان
قسم الكيمياء – هيئة الطاقة الذرّية – ص. ب. 6091 – دمشق – سورية

ملخص

يتضمن بحث تعيين الانزياح النظيري طيفياً لبعض المركبات المحتوية على نظائر مستقرة بتقنية FTIR مرحلتين:

I – إنتاج المركبات ذات الصيغة VOX_3 حيث X = F, Cl, Br, I وتحديد أطياف ما تحت الأحمر للمركبات الأربعة السابقة ومن ثم تعيين الانزياح النظيري تجريبياً من خلال الأطياف المسجلة للنظائر المستقرة ومقارنة ذلك مع الدراسات النظرية الطيفية للزمر التالية: $P\text{-}^{37}Cl_3$، $P\text{-}^{35}Cl_3$، $P\text{-}^{37}Cl$، $P\text{-}^{35}Cl$، $^{32}S = P$، $^{34}S = P$، $V\text{-}^{81}Br$، $V\text{-}^{79}Br$، $V\text{-}^{35}Cl$، $V\text{-}^{37}Cl$.

II – إنتاج المركبات ذات الصيغة SPX_3 حيث X = F, Cl, Br, I وتحديد أطياف ما تحت الأحمر للمركبات الأربعة السابقة.

ومن ثم تعيين الانزياح النظيري تجريبياً من خلال الأطياف المسجلة للنظائر المستقرة ومقارنة ذلك مع الدراسات النظرية الطيفية للزمر التالية: Cl_3, $FP^{34}S$, $FP^{32}S$, $^{34}S = P$, $^{32}S = PF_3{}^{35}$ - Cl, P^{37} - Br, P^{79}-Br, P^{81}-Br, P^{97}-Br, P^{81}-P.

الكلمات المفتاحية: الانزياح النظيري، الطور الغازي، فاناديوم أوكسي ثلاثي هالوجين، فسفوروس ثيو ثلاثي هالوجين، ميز منخفض.

مقدمة

تحضر مركبات ثلاثي هاليدات الفاناديوم من الأكسيد عادة وعملياً لا تعتبر هذه المركبات من المركبات الشائعة. يكون ثلاثي هاليدات أوكسي الفاناديوم على الأغلب في حالة الأكسدة 4 أو 5 حيث نلاحظ أن الهاليدات الحاوية على الفاناديوم بعدد الأكسدة 5 مركبات ثابتة مثل VOX_3 و VO_2X حيث X= هالوجين. بينما في حالة الأكسدة 4 فإن هذه المركبات تكون غير ثابتة تتحلمه بقوة لتعطي الأكاسيد الخماسية المائية.

لخصت الخواص الفيزيائية والكيميائية لـ VOX_3 و VO_2X, VOX_2 من قبل غرينوود Greenwood وإيرنشو Earnshaw [1].

يمكن اعتبار هاليدات أوكسي الفاناديوم ذات تناسق من النمط C_{3v} إذا ما قورنت مع هاليدات الفسفوريل POX_3. وبذلك يجب أن يكون هنالك ستة أنماط اهتزازية فعّالة جميعها في مجال رامان و IR، ثلاثة منها متناسقة بشكل تام وتعود للقسيمات a_1 أما الثلاثة الباقية فهي اهتزازات متوالدة تعود للقسيمات e. حيث تظهر الثلاثة الأولى في الطيف على شكل حزم امتصاص متوازية بينما الثلاثة الباقية على شكل حزم متعامدة.

سجل سلينغ Seling وكلاسن Claassen طيف ما تحت الأحمر لبخار VOF_3 وفسر الجزيء والحزم الست الملاحظة باعتبار أن له تناسق من النمط C_{3v} [2]. وكذلك فقد سجل ميلر Miller طيف تحت الأحمر لـ $VOCl_3$ في الحالة السائلة، أما أوزين Ozin فسجل طيف رامان لـ $VOCl_3$ في الطور الغازي [3-4]. وسجل طيف IR لـ $VOBr_3$ في الحالة السائلة في المجال من 75-3000 cm^{-1} [5].

كما نشرت طريقة الإنتاج التسلسلي في الطور الغازي لجزيئات POX_3 المشابهة حيث X= F, Cl, Br, I ودراسة هذه الجزيئات بمطيافية تحت الأحمر [6]. واستمراراً مع ملاحظاتنا السابقة وبحثنا الجديد حول ثلاثي هالوجين أوكسي الأنتموان $SbOX_3$ [7] تعرض هذه الورقة الإنتاج التسلسلي لمركبات ثلاثي هاليدات أوكسي الفاناديوم VOX_3 حيث X = F, Cl, Br, I. بالإضافة إلى الدراسة الطيفية بمطيافية تحت الأحمر لهذه الجزيئات في الطور الغازي والتي لم يسبق دراستها أو نشرها من قبل. تتم العملية باستخدام VOX_3 كمادة أساسية وإرسال بخارها فوق فلور الصوديوم NaF، بروم البوتاسيوم KBr، يود البوتاسيوم KI لإنتاج VOF_3، $VOBr_3$، VOI_3 على الترتيب. ومن الجدير بالذكر بأنه ليس هناك أي معلومات تجريبية أو طيفية متوفرة حول مركب VOI_3 ويمكن اعتبار النتائج الواردة في هذا التقرير كأول محاولة لاكتشاف هذا الجزيء وتفسيره.

تعيين الانزياح النظيري للمركبات VOX_3

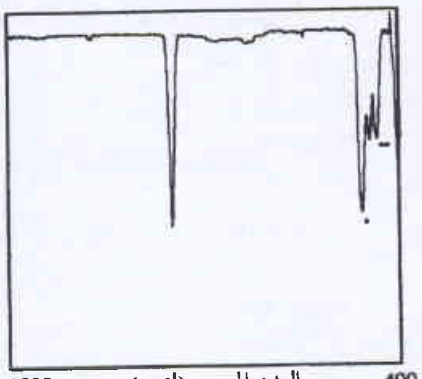
حدد الانزياح النظيري تجريبياً للزمر الوظيفية التالية: $V\text{-}^{81}Br$، $V\text{-}^{79}Br$، $V\text{-}^{35}Cl$، $V\text{-}^{37}Cl$.

يعرض الشكل (1) طيف $VOCl_3$ وما يهمنا في هذا الطيف هو تردد الحزمة $e(V\text{-}^{35}Cl)$ و$e(V\text{-}^{37}Cl)$ ويظهر بشكل واضح أن نسبة شدة الترددين هي 3:1 وتظهر الحزمة $e(V\text{-}^{35}Cl)$ عند 504 cm^{-1} (*) في حين أن التردد الآخر $e(V\text{-}^{37}Cl)$ هو عند 489 cm^{-1} (**) أي أن الفرق بين الانزياحين هو 15 cm^{-1} وهذا ضمن حدود الانزياح الطيفي الذي هو بحدود 12-20 cm^{-1}.

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

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

يعرض الشكل (2) طيف $VOBr_3$ الذي يهمنا من الانزياح النظيري هو امتطاطية الرابطة V-Br حيث تنقسم هذه الرابطة إلى قسمين (*) وهو ما يعبر عن امتطاطية $e(V\text{-}^{79}Br)$ والتي تظهر عند $483\ cm^{-1}$ أما (**) فهو يعبر عن امتطاطية $e(V\text{-}^{81}Br)$ والتي تظهر عند $471\ cm^{-1}$ وتكون شدة الترددين 50:50 وهذا متوافق نظرياً وتجريبياً. إن الفارق بين الانزياحين $e(V\text{-}^{79}Br)$ و $e(V\text{-}^{81}Br)$ هو $12\ cm^{-1}$ وهو أقل من الانزياح في حالة الكلور بحدود $3\ cm^{-1}$ حيث الانزياح في الكلور هو $15\ cm^{-1}$ وهو يقع ضمن التوقعات المشار إليها أعلاه.

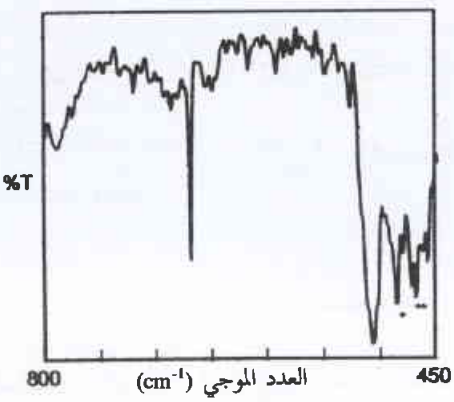


الشكل (1)

تعيين الانزياح النظيري للمركبات SPX_3

حدد الانزياح النظيري تجريبياً للزمر الوظيفية التالية: $^{32}S=P$, $^{34}S=P$, $P\text{-}^{37}Cl$, $P\text{-}^{35}Cl$, $p\text{-}^{37}Cl_3$, $P\text{-}^{35}Cl_3$

يظهر الشكل (3) طيف $SPCl_3$ لنبدأ من اليسار حيث الحزمة عند $762\ cm^{-1}$ التي تعبر عن امتطاطية الرابطة $^{32}S=P$ تظهر على يمين هذه الحزمة القوية حزمة صغيرة جداً تنزاح بحدود $2\ cm^{-1}$ التي تعبر عن امتطاطية الرابطة $^{34}S=P$ وهي صغيرة جداً حيث من المعلوم أن النسبة $^{32}S=P5:^{34}S=P$ تساوي 95:5 وهذا ما تمت ملاحظته بالفعل. يمكن مقارنة هذه النتائج مع ما قام به كونيغر Koniger وميلر من خلال دراستهما للجزيئين $^{32}SPF_3$ و $^{34}SPF_3$ حيث ينزاح التردد $\nu_1(a_1)$ والعائد للامتطاطية $^{32}S=P$ عن $^{34}S=P$ بحوالي $2.2\ cm^{-1}$ [8].

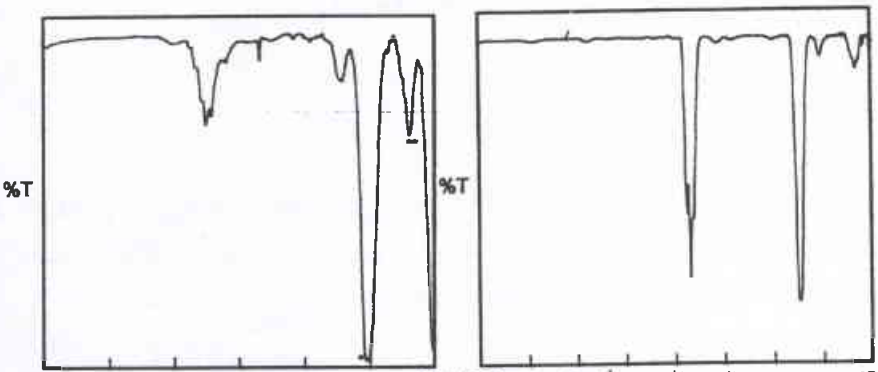


الشكل (2)

وتظهر امتطاطية الحزمة $P\text{-}^{35}Cl_3$ عند $435\ cm^{-1}$ في الشكل (3) والتي تعود للنمط ν_2 وكذلك امتطاطية الحزمة $P\text{-}^{37}Cl_3$ فتظهر عند $419\ cm^{-1}$ وهي أيضاً من النمط ν_2 ويكون الانزياح الملاحظ هو $16\ cm^{-1}$ ومما يلفت الانتباه أن النسبة بين الحزمتين هي نسبة النظيرين 3:1 وهذا بالفعل يتفق مع التوقعات $(^{35}Cl:^{37}Cl=3:1)$.

أما بالنسبة للطيف (4) حيث يظهر الترددان عند $438, 506\ cm^{-1}$ العائدان لكل من $P\text{-}^{35}Cl$ (*) و $P\text{-}^{37}Cl$ (**) وبالتدقيق في نسبة الترددين وحسابها طيفياً نجد أن نسبة شدة الحزمة $P\text{-}^{35}Cl$ إلى $P\text{-}^{37}Cl$ حوالي 1:3. ويظهر هذا الانزياح جلياً عند الانتقال إلى درجات الحرارة العالية حيث يتم الانتقال من المركب الكلوري إلى البرومي. أما الحزمة الأخيرة التي تعود للتردد المظلي Umbrella $a(PBr_3)$ عند $403\ cm^{-1}$ وذلك فيما يتعلق بـ P-Cl فيمكن الرجوع إليه في الشكل (3).

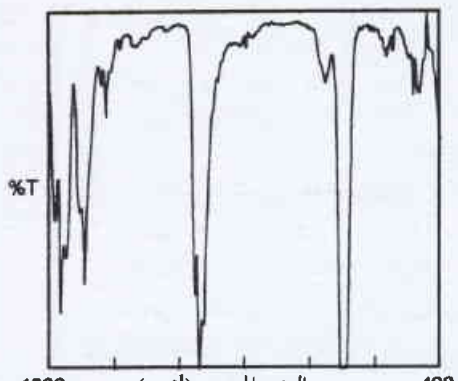
أما فيما يتعلق بجزيء SPF_3 وذلك بين تقنيتي العزل الصلب (MI) لكل من النمطين ν_2 و ν_3 وتقنية الطور الغازي، التي نقوم بها، فإن أهم انزياح نظيري لهذا الجزيء يتعلق في الحزمتين $^{32}S=PF_3$ و $^{34}S=PF_3$ حيث تنزاح الحزمة $^{34}S=PF_3$ عن $^{32}S=PF_3$ بحدود $6.7\ cm^{-1}$ للنمط ν_2، وهذا الانزياح تماماً بين التقنيتين لأن النمط ليس امتطاطياً، ويمكن الرجوع إلى الشكل (4) والذي أشير إلى الحزمة بـ (*) حيث القمة عريضة مقارنة مع الطرف الآخر لهذه الحزمة. أما فيما يتعلق بالنمط ν_3 فإن الانزياح في تقنية العزل الصلب هو $4.4\ cm^{-1}$ في حين أن الانزياح في تقنية الطور الغازي هو $5\ cm^{-1}$. تظهر هذه القمة في الشكل (5) أيضاً ومشار إليها بـ (**) حيث تبدو القمة طويلة والتي يجب أن تكون قصيرة مما يدل على تراكب الحزمتين فوق بعضهما البعض. كافة النتائج لخصت في الجدول التالي:



الشكل (4) الشكل (3)

SPF_3 Umbrella			$^{32}S=PF_3$		$^{34}S=PF_3$			$^{32}S=PF_3$		$^{34}S=PF_3$
	ν_2	$FP^{32}S$	693.4[8]	$FP^{34}S$	686.7[8]	Gas Phase	$FP^{32}S$	696	$FP^{34}S$	689.3
FPS Deformation	ν_3	439.2 [8]		434.8 [8]			442		437	

لم يلاحظ الانزياح النظيري $P\text{-}^{79}Br$ و $P\text{-}^{81}Br$ كون الحزمة عريضة جداً مما يوحي بأن هنالك انزياحاً متراكباً فوق بعضه.



الشكل (5)

ولفهم أعمق ودقيق للانزياح النظيري فلا بد من إجراء حسابات نظرية معمقة تأخذ بعين الاعتبار الذرّات كافة المشكلة للجزيئات المدروسة. وتجدر الإشارة إلى أننا قمنا بحساب الانزياح النظيري نظرياً للجزيء OPCl من خلال معرفة دقيقة $P-^{35}Cl$ و $P-^{37}Cl$.

حيث أعطت طريقة الحسابات SCF 529، 527 والطريقة MP2 508، 509 على الترتيب أي أن الانزياح يكون بحدود $1-2\ cm^{-1}$ فيما يتعلق بـ $P-^{35}Cl$ و$P-^{37}Cl$ [9].

المراجع REFERENCES

[1] N. N. Greenwood and A. Earnshaw, Chemistry of the Elements, 1st ed Pergamon Press, Oxford, (1989.)

[2] H. Selig and H. H. Claassen, J. Chem Phys., 44,1404,(1966).

[3] F. A. Miller and L. R. Cousins, J. Chem Phys., 26,329,(1957).

[4] G. A. Ozin and D. J. Reynolds, J. R Soc. Chem, Chem Commun., 884, (1969).

[5] F. A- Miller and W. K. Baer, Spectrochimica Acta, Part A 17, 112, (1961).

[6] A. W. Allaf, Spectrochimica Acta, Part A 54, 921, (1998).

[7] A. W. Allaf and Z. Ajji, Spectrochimica Acta, Part A 56 2693, 2000.

[8] F. Koniger and A. Muller, Spectrochimica Acta A, 33A, 971, 1977.

[9]. Abdul W. Allaf, Ihsan Boustani, Vibrational Spectroscopy, 16(1998) 69-75.■

تصميم فانتوم لضبط الجودة لتجهيزات التشخيص الشعاعي بأشعة X ★

د. حسان خريطة - أسامة أنجق - خالد والي

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

ملخص

تعد اختبارات ضبط الجودة من الإجراءات الأساسية التي تحتاجها تجهيزات أشعة X المستخدمة في التشخيص الشعاعي. والهدف الأساسي من تلك الإجراءات هو التأكد من جودة أداء الأجهزة وأنها تعمل وفق المواصفات المطلوبة، ومن عدم وجود أي خلل في أدائها يمكن أن يؤدي إلى التعرّض لجرعة إشعاعية دون الحصول على النتيجة المطلوبة ويتطلب ذلك توفر أدوات ذات ميزات وتصميم خاص للقيام بإجراءات ضبط الجودة.

جرى تصميم فانتوم لإجراء اختبارات ضبط الجودة لتجهيزات أشعة X المستخدمة في المجال الطبي (تشخيص بأشعة X Radiology) ونفذ في الورشة الميكانيكية بقسم الوقاية والأمان، كما جرى اختباره على بعض تجهيزات أشعة X ودلّت النتائج على أنه يمكن استخدام الفانتوم لإنجاز بعض اختبارات ضبط الجودة دون البعض الآخر ويعود ذلك لعدم توفر الإمكانيات التقنية ذات الدقة العالية في الورشة الميكانيكية.

الكلمات المفتاحية: ضبط جودة، تشخيص شعاعي.

مقدمة

تعد اختبارات ضبط الجودة من الإجراءات الأساسية التي تحتاجها تجهيزات أشعة X المستخدمة في التشخيص الشعاعي. والهدف الأساسي من تلك الإجراءات هو التأكد من جودة أداء الأجهزة وأنها تعمل وفق المواصفات المطلوبة ومن عدم وجود أي خلل في أدائها يمكن أن يؤدي إلى التعرّض لجرعة إشعاعية دون الحصول على النتيجة المطلوبة

★ تقرير مختصر عن دراسة علمية ميدانية أنجزت في قسم الوقاية والأمان - هيئة الطاقة الذرّية السورية.

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

ويتطلب ذلك توفر أدوات ذات ميزات وتصميم خاص للقيام بإجراءات ضبط الجودة.

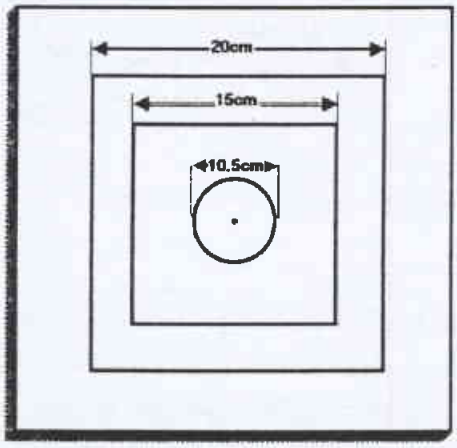
العمل والنتائج

جرى تصميم فانتوم لإجراء اختبارات ضبط الجودة لتجهيزات أشعة - X المستخدمة في المجال الطبي ونفذ في الورشة بقسم الوقاية والأمان، كما جرى اختباره على بعض تجهيزات أشعة - X.

جرى تصميم الفانتوم على عدة طبقات من البليكسي غلاس Plexiglas وثبت على كل طبقة عدد من وسائل الاختبار.

الطبقة الأولى

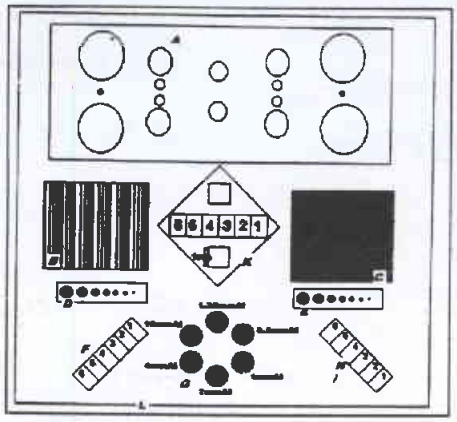
يبين الشكل 1 الطبقة الأولى من الفانتوم وهي مربعة الشكل طول ضلعها 24 cm وسماكتها 2 cm وقد حُدّد على سطحها مربعان طول ضلع الأول 15 cm والثاني 20 cm من خلال حفر خط على اللوحة ويثبت به سلك من الرصاص بقطر 1 mm بالإضافة إلى دائرة قطرها 10.5 cm والهدف من هذه الطبقة هو اختبار التطابق بين الساحة الضوئية والساحة الإشعاعية واختبار مركزية الحزمة.



الشكل 1- الطبقة الأولى من الفانتوم لاختبار التطابق بين الساحة الضوئية والساحة الإشعاعية واختبار مركزية الحزمة.

الطبقة الثانية

يبين الشكل 2 الطبقة الثانية من الفانتوم وهي مربعة الشكل طول ضلعها 24 cm وسماكتها 2 cm وقد ثبت عليها عدد من الأشكال والهدف منها:



الشكل 2- الطبقة الثانية من الفانتوم

1 - قياس نوعية الحزمة الإشعاعية HVL ويتم باستخدام الأجزاء F, G, H وهي عبارة عن رقائق من الألمنيوم مربعة الشكل طول ضلعه 1 cm وبسماكات مختلفة تتراوح ما بين 0.5 mm Al و 10 mm Al.

2 - اختبار التباين العالي من خلال الأجزاء A, B, C, D, E.

3 - اختبار التباين المنخفض من خلال الأجزاء A, B, C, D, E.

4 - اختبار حساسية الأفلام مع تغير التيار المطبق على الأنبوب mA والجهد kV_p وذلك بدراسة تغير الكثافة الإشعاعية على الفلم مع تغير التيار المطبق على الأنبوب mA والجهد kV_p تحت رقائق الألمنيوم في الأجزاء A, B, C, D, E.

دلّت الصور الإشعاعية التي أخذت للفانتوم والتي أجريت في مركز الطب النووي ومستشفى تشرين العسكري على أن الفانتوم الذي صمم ونفذ في الورشة الميكانيكية لقسم الوقاية جيد للاستخدام في إجراء بعض اختبارات ضبط الجودة كاختبار تطابق الساحة الضوئية مع الساحة الإشعاعية.

يمكن أيضاً بواسطة الفانتوم قياس طبقة القيمة النصفية HVL واختبار حساسية أفلام الاشعة واختبار التباين العالي.

الخاتمة والتوصيات

يتميز العمل كونه البادرة الأولى التي تُجرى في الهيئة في هذا المجال وهذه الأداة هي وسيلة رخيصة الثمن مقارنة مع الأدوات المستوردة ويمكن تعميمها على المستشفيات لإجراء ضبط الجودة والتالي يمكن توحيد اختبارات ضبط الجودة لأجهزة التشخيص الشعاعية في مستشفيات القطر وإمكانية إجراء المقارنة بينها.

بعد الإطلاع على النتائج والصعوبات التي رافقت العمل نوصي باستمرار العمل لإيجاد الوسائل والأدوات التقنية اللازمة لإنجاز هذه الأداة بالشكل الأمثل وتصنيع الفانتوم وتعميمه على المستشفيات وخاصة الرئيسة في دمشق وحلب والتي تضم العديد من أجهزة التشخيص الشعاعي لإجراء ضبط الجودة لها.

المراجع

REFERENCES

[1] Dowsett, D. J., Kenny, P.A., and Johnston, R.E.: The Physics of Diagnostic Imaging. 1St ed Chapman & Hall Medical. London UK 1998.

[2] Faulkner, K et all. Physics in Diagnostic Radiology. IPSM Report No. 61. York UK 1990.

[3] Johns, H.E., Cunningham, J.R,. The Physics of Radiology, 4th ed. Springfield, Illinois USA 1983.■

تأثير أشعة غاما في الحمولة المِكروبية والخصائص النوعية للجبنة البلدية*

د. محفوظ البشير - سمر فرح
قسم تكنولوجيا الإشعاع - هيئة الطاقة الذرّية - ص. ب. 6091 - دمشق - سورية

ملخص

عوملت الجبنة البلدية (المصنعة من حليب طازج) بالجرعات 0 و 1، 2، و 3 كيلو غراي من أشعة غاما، وتمَّ تقدير الحمولة المكروبية والرطوبة والبروتين والدهن والأحماض الدهنية الحرة والقواعد الآزوتية الطيارة ورقم البيروكسيد (أكسدة الدهن) والصلابة والخصائص الحسية (طعم، لون) بعد التشعيع مباشرة وبعد مرور 12 شهر على التخزين.

بينت نتائج هذه التجارب أن لكافة الجرع الإشعاعية المستخدمة تأثيراً معنوياً على خفض الحمولة المكروبية، وأدى استخدام أشعة غاما إلى خفض نسب الرطوبة والعناصر الكبرى (Na, K, Ca) والرماد والأحماض الدهنية الحرة، وإلى زيادة نسبة البروتين في الجبنة البلدية. وارتفعت القواعد الآزوتية الطيارة والصلابة عند الجبنة المشعّة وذلك بعد التشعيع بينما انخفضت بعد مرور 12 شهر من التخزين. ولم يسجل أي تأثير للأشعة على الخصائص الحسية للجبنة البلدية.

الكلمات المفتاحية: الجبنة البلدية، تركيب الجبن، أشعة غاما، الحمولة المكروبية، المواصفات الحسية.

مقدمة

تعتبر الجبنة البلدية إحدى منتجات الحليب الأساسية في القطر، ويتوقع، ضمن ظروف التصنيع والتداول المحلية، أن تكون حمولتها المكروبية مرتفعة، وينصح بغليها قبل استهلاكها تحسباً لوجود بعض المكروبات الممرضة، وبهدف اختبار تأثير أشعة غاما في الحمولة المكروبية والخصائص الكيميائية والحسية للجبنة، فقد تمَّ تعريض الجبنة البلدية المصنعة محلياً للجرعات 0 و1 و2 و3 كيلو غراي من أشعة غاما، الصادرة عن النظير المشع كوبالت 60، وحفظت الجبنة بعد التشعيع بمحلول ملحي تركيزه 16% من ملح الطعام لمدة 12 شهراً في جو مبرد تراوحت درجة حرارته بين 2 و 4 م°، وقدر بعد التشعيع مباشرة وبعد مرور 6 و 12 شهراً على الحفظ كل من الحمولة المكروبية والرطوبة والبروتين الخام والدهن الخام والرماد وتركيز عناصر الصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم والصلابة والحموضة الكلية والقواعد الآزوتية الطيارة والاختبارات الحسية المتمثلة بالطعم واللون والرائحة والقوام.

النتائج

بينت نتائج التجارب أن للجرع المستخدمة من أشعة غاما تأثيراً معنوياً في خفض الحمولة المكروبية للجبنة البلدية، كما أدى استخدام أشعة غاما إلى خفض محتوى الجبنة من الماء والرماد وعناصر الصوديوم والكالسيوم والبوتاسيوم، وازدادت القواعد الآزوتية الطيارة في العينات المعالجة بالأشعة بعد التشعيع مباشرة، وانخفضت في نهاية فترة الحفظ وذلك مقارنة بالشاهد. وانخفضت الحموضة الكلية للعينات المعالجة بالجرعات 1 و2 كيلو غراي وذلك بعد التشعيع مباشرة وفي مراحل الحفظ المختلفة، وكانت العينات المعالجة بالأشعة أكثر قساوة من عينات الشاهد وذلك بعد التشعيع مباشرة، في حين كانت أقل قساوة في نهاية فترة الحفظ التي استمرت 12 شهراً، أما الخصائص الحسية المتمثلة بالطعم والرائحة واللون فلم يتأثر منها معنوياً بعد التشعيع مباشرة وبعد مرور 6 أشهر على الحفظ.

المناقشة

أوضحت نتائج هذه التجارب أن الحمولة المكروبية للجبنة البلدية مرتفعة تزيد عن الحدود الحرجة المسموح بها مرجعياً، وبالتالي لا ينصح باستهلاكها طازجة تحسباً من وجود مكروبات ممرضة.

وكان للجرعات الإشعاعية المستخدمة تأثير معنوي في خفض الحمولة المكروبية للجبنة البلدية، وذلك بعد التشعيع مباشرة وبعد مرور 6 و 12 شهراً على التخزين في محلول ملحي، وكان لاستخدام الجرعة المرتفعة من أشعة غاما (3 كيلو غراي) والحفظ في محلول ملحي لمدة 6 أو 12 شهراً تأثير تضافري مشترك synergetic في خفض الحمولة المكروبية، وقد يكون لهذا الفعل التضافري تأثير إيجابي في إطالة فترة تخزين الجبنة والمحافظة على خصائصها النوعية والإسهام في خلوها من المكروبات الضارة.

وأوضحت النتائج أن تخزين الجبنة بالتبريد في محلول ملحي (NaCl, 16%) لمدة 12 شهراً لم تؤد إلى تغير في الحمولة المكروبية لعينات الجبنة البلدية غير المعالجة بالأشعة، في حين انخفضت هذه الحمولة بشكل واضح في العينات المعالجة بالأشعة، وربما يعود ذلك إلى عدم ملاءمة

* تقرير مختصر عن تجربة استطلاعية مخبرية أنجزت في قسم تكنولوجيا الإشعاع - هيئة الطاقة الذرّية السورية.

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

الوسط للمكروبات الباقية على قيد الحياة بعد التشعيع وعدم قدرتها على متابعة حياتها وتكاثرها ضمن هذا الوسط.

ربما يعود انخفاض تركيز كل من الصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم في الجبنة المشعة إلى ارتحال أيونات هذه العناصر من الجبنة إلى المحلول الملحي المحيط بها. ومن المحتمل أن ينتج ذلك أيضاً عن انخفاض الرطوبة في الجبنة المشعة بعد وضعها في المحلول الملحي. فمن المقبول بشكل عام أن محتوى الجبنة من الرطوبة سيؤثر على معدل امتصاص أو خروج الأملاح منها.

ربما يعود انخفاض كل من الأحماض الدهنية الحرّة والقواعد الآزوتية الطيارة في الجبنة البلدية المعالجة بالأشعة إلى تأثير أشعة غاما في خفض شدة العمليات الاستقلابية ومن بينها النشاط الأنزيمي، أو خفض الحمولة المكروبية وبالتالي خفض التدهور المحتمل والناتج عن النشاط المكروبي.

ربما تعود زيادة صلابة الجبنة بعد تشعيعها إلى تأثير الأشعة في المكونات الأساسية للجبنة وبشكل خاص البروتينات والدهون، فتخرّب قوام الجبنة يترافق عادة مع انخفاض نسبة الدهن فيها وتخريب كل من الصلابة firmness والمطاطية rubberiness.

ربما يكون للأشعة دور في إحداث تغيرات في البنية الأساسية للبروتينات، والتي أدت إلى زيادة صلابة الجبنة. وبعد 12 شهر من التخزين كانت صلابة الجبنة البلدية المعالجة بالأشعة أقل من صلابة الجبنة غير المعالجة، وربما يعود ذلك إلى أن التأثير التحريضي للأشعة الذي أدى إلى تخريب البروتين من خلال تفعيل النشاط الأنزيمي، حيث أن تخريب البروتين خلال التخزين يعود إلى التحلل الأنزيمي للبروتين (proteolysis) ليتحول إلى بيتيدات ومركبات أخرى أصغر حجماً.

تختلف نتائج الدراسات حول تأثير الأشعة في الخصائص الحسية لمنتجات الألبان ومن بينها الجبنة. فقد أشارت نتائج التجارب الفرنسية إلى أن تعريض جبنة الكمبون إلى جرعات إشعاعية تتراوح بين 2 و 3 كيلو غراي لم يؤد إلى ظهور طعم أو رائحة غير مرغوبة، حيث استخدم في تنفيذ هذه الاختبارات مجموعة متخصصة في التذوق وبدراسة درجة قبول المستهلك لهذه الأجبان فقد حققت الأجبان المشعة زيادة في التسويق وصلت إلى 25%، وبناءً على ذلك فقد أصدرت الحكومة الفرنسية مواصفة قياسية تجيز معالجة أجبان الكمبون بجرعة إشعاعية متوسطة قدرها 3.5 كيلو غراي.■

تقييم تحمل الملوحة عند بعض أصناف الكرمة المحلية في الزجاج*

د. طريف شربجي – زهير أيوبي
قسم البيولوجيا الجزيئية – هيئة الطاقة الذرّية – ص. ب. 6091 – دمشق – سورية

ملخص

في تجربة أولى: استُزرعت نسيجياً أربعة أصناف محلّية من الكرمة (أشلميش وحلواني وقاصوفي وخضيري) على بيئة DSD1 المحملة بخمسة تراكيز من ملح كلور الصوديوم (0 و 10 و 20 و 30 و 40 ملمول/ ل). بعد 60 يوماً من الاستزراع، تمّ قياس النمو الخضري وعدد الجذور وعدد الأوراق والمساحة الورقية وشدة اليخضور والوزن الجاف.

أظهرت النتائج، أن عدد الجذور وشدة اليخضور والوزن الجاف والمساحة الورقية للأصناف، أشلميش وخضيري وحلواني لم تتأثر بوجود الملح في الوسط حتى التركيز 40 ملمول/ ل NaCl، بينما نقص النمو الخضري وعدد الأوراق في هذه الأصناف عند التراكيز 20 و30 ملمول/ ل NaCl، كما لوحظ أن للتراكيز 20 و 30 و 40 ملمول/ ل NaCl تأثيراً سلبياً على النمو الخضري وعدد الأوراق والمساحة الورقية والوزن الجاف في الصنف قاصوفي مقارنةً مع الشاهد.

في تجربة ثانية: استُزرعت نسيجياً أصناف التجربة الأولى ذاتها على بيئة DSD1 وكانت هذه البيئة خالية من ملح كلور الصوديوم، وبعد تجذير النباتات تمّ نقلها إلى البيئة المذكورة ذاتها ولكن سائلة (بدون آغار) وذلك للحفاظ على الجذور والمضاف إليها 8 تراكيز مختلفة من ملح كلور الصوديوم (0 و10 و20 و30 و40 و80 و120 و 150 ملمول/ ل). بعد 30 يوماً، تمّ حساب الزيادة في نمو النبات وزيادة عدد الأوراق وزيادة عدد الجذور والمساحة الورقية وشدة اليخضور. أظهرت النتائج أن للتراكيز 80 و120 و150 ملمول/ ل NaCl تأثيراً سلبياً على النمو الخضري وعدد الأوراق والجذور والمساحة الورقية وشدة اليخضور في الصنفين أشلميش وقاصوفي، بينما كان للتركيز 40 ملمول/ ل NaCl في بعض الأحيان تأثير إيجابي على القياسات السابقة مقارنة مع الشاهد في الصنفين أشلميش وحلواني. لم يظهر أي تأثير سلبي للتراكيز الملحية كافة على النمو الخضري وعدد الأوراق والمساحة الورقية للصنف قاصوفي، بينما كان للتركيز 30 ملمول/ ل NaCl تأثير إيجابي على النمو الخضري وعدد الأوراق وشدة يخضور هذا الصنف مقارنة مع الشاهد.

الكلمات المفتاحية: زراعة أنسجة، كرمة، ملوحة.

* تقرير مختصر عن تجربة استطلاعية مخبرية أنجزت في قسم البيولوجيا الجزيئية – هيئة الطاقة الذرّية السورية.

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

مقدمة

تمّ تصنيف نبات الكرمة على أنه من النباتات المتوسطة التحمل للملوحة، ومنذ زمن طويل كان الهدف الرئيسي لكثير من الباحثين، هو انتخاب نباتات متحملة للملوحة، سواءً في الحقل أو في البيوت الزجاجية، ومن الباحثين من لجأ إلى طريقة الانتخاب بالزجاج، حيث أن هذه الطريقة هي من أفضل وأسرع الطرق لانتخاب نباتات متحملة للملوحة وذلك لأنها لا تتطلب كثيراً من الوقت والجهد والمال ولا تحتاج لمساحات واسعة لإجراء التجارب، كذلك يمكن التمييز بسهولة بين الصفات الأصلية التي يحملها النبات والصفات المدخلة على النبات.

يعد نبات الكرمة من النباتات الهامة اقتصادياً في سورية، حيث يشغل هذا النبات حوالي 70 000 هكتار والإنتاج السنوي حوالي 540 000 طن. وبما أن حوالي 40% من الأراضي الزراعية تعاني من مشاكل الملوحة في سورية، فهذا ما يحد من انتشار هذه الزراعة. وبما أن الأصناف المحلية هي من الأصناف العالية الإنتاجية والجيدة النوعية وأن زراعة الكرمة تتوسع بشكل مطرد في القطر، كان لا بد من دراسة تحمل هذه الأصناف للملوحة بهدف تقديم بيانات ترفد التوسع ليتم تحديد المناطق المؤهلة لانتشار هذا النبات.

النتائج والمناقشة

المجموعة الأولى

المجموع الخضري وعدد الأوراق

كان لملح كلور الصوديوم تأثير سلبي على نمو المجموع الخضري للنباتات ابتداءً من التركيز 30 ملمول/ ل للصنف أشلميش و20 ملمول/ل للأصناف قاصوفي وخضيري وحلواني مقارنةً مع الشاهد، وهذا يتفق مع دراسات سابقة على أصول الكرمة في الزجاج وأصناف الكرمة المستنبتة على أوساط مائية. ولكن لم يظهر أي اختلاف معنوي على عدد أوراق الصنفين أشلميش وقاصوفي عند استزراعهم على بيئة محتوية على 10 ملمول/ ل NaCl مقارنةً مع الشاهد، بينما كان للتراكيز 20 و30 و40 ملمول/ ل NaCl تأثير سلبي على عدد الأوراق، في الصنفين قاصوفي وأشلميش و30 و40 ملمول/ ل NaCl في الصنف حلواني، أما في الصنف خضيري فلم يظهر أي اختلاف معنوي مع الشاهد لجميع التراكيز الملحية المدروسة.

عدد الجذور

لم يظهر أي اختلاف معنوي في عدد الجذور في نباتات الصنف أشلميش المستنبتة على أوساط مالحة مقارنة مع الشاهد، بينما كان للتركيزين 20 و40 ملمول/ ل NaCl تأثير سلبي ومعنوي على عدد جذور الصنف قاصوفي مقارنةً مع الشاهد، أما في الصنفين حلواني وخضيري فقد كان للتركيز 20 ملمول/ ل NaCl تأثير إيجابي على عدد الجذور مقارنةً مع الشاهد ولم يظهر أي اختلاف معنوي مع الشاهد لبقية التراكيز الملحية المدروسة.

المساحة الورقية وشدة اليخضور

لم يكن هناك أي اختلاف معنوي في المساحة الورقية للصنفين حلواني وأشلميش المستنبتين على أوساط ملحية مقارنة مع الشاهد، بينما كان هناك تأثير معنوي وسلبي على هذه المساحة ابتداءً من التركيز 20 ملمول/ ل NaCl في الصنف قاصوفي، وكان للتركيز الأخير تأثير إيجابي ومعنوي مع بقية التراكيز الملحية والشاهد في الصنف خضيري.

كان للتركيزين 30 و40 ملمول/ ل NaCl تأثير سلبي على شدة اليخضور في الصنفين أشلميش وقاصوفي مقارنةً مع الشاهد، أما في الصنف خضيري، فقد لوحظ أنه يوجد تأثير إيجابي للتراكيز 10 و30 و40 ملمول/ ل NaCl على شدة اليخضور مقارنة مع الشاهد وتماثلت نتائج التركيز 20 ملمول/ ل NaCl مع الشاهد في هذا الصنف، وفي الصنف حلواني لم يظهر أي اختلاف معنوي بين جميع التراكيز الملحية. يعود النقص في شدة الكلوروفيل إلى قلة عدد الجذور أوضعفها مما يؤدي إلى نقص امتصاص عنصر الحديد اللازم لتركيب الكلوروبلاست.

الوزن الجاف

ازداد الوزن الجاف معنوياً للصنف أشلميش عند التركيزين 30 و40 ملمول/ ل NaCl مقارنة مع الشاهد، بينما انخفض هذا الوزن معنوياً في الصنف قاصوفي عند التراكيز 20 و30 و40 ملمول/ ل NaCl، أما في الصنف خضيري فقد ازداد الوزن الجاف عند التراكيز 10 و 20 و 40 ملمول/ ل NaCl مقارنة مع الشاهد، وفي الصنف حلواني لم يظهر أي اختلاف معنوي بين جميع التراكيز الملحية.

المجموعة الثانية

الفرق في طول المجموع الخضري

كان للملح تأثير إيجابي على الصنفين أشلميش وحلواني على أوساط محملة بـ 10 و30 ملمول/ ل NaCl مقارنة مع الشاهد، بينما ازداد هذا الفرق عند 10 و30 و80 ملمول / ل NaCl في الصنف قاصوفي وعند التركيزين 20 و 30 ملمول/ ل NaCl في الصنف خضيري.

لم يظهر أي اختلاف معنوي في نمو المجموع الخضري بين الشاهد والتراكيز 20 و 40 و 80 و120 ملمول/ ل NaCl في الصنفين أشلميش وحلواني، وبين الشاهد والتراكيز 20 و 40 و 120 و 150 ملمول/ ل NaCl في الصنف قاصوفي، بينما كان للتراكيز 10 و 40 و 80 و 120 و150 ملمول/ ل NaCl تأثير سلبي على النمو الخضري لنباتات الصنف خضيري مقارنة مع الشاهد.

الفرق في عدد الأوراق

كان للتركيزين 10 و 30 ملمول/ ل NaCl تأثير إيجابي ومعنوي على عدد أوراق الصنفين أشلميش وحلواني مقارنة مع الشاهد، بينما ظهر هذا الفرق المعنوي عند التركيز 10 ملمول/ ل NaCl في الصنف قاصوفي و20 ملمول/ ل NaCl في الصنف خضيري على التوالي.

الفرق في عدد الجذور

ازداد عدد الجذور عند التركيز 40 ملمول/ ل NaCl مقارنة مع الشاهد، في الصنف أشلميش وعند التركيز 30 ملمول/ ل NaCl في الصنف قاصوفي وظهر التأثير السلبي في التراكيز العالية، وأكثر ما يعكس تأثير الملح على النبات هو الجذور. ولكن في هذه التجربة كان عدد الجذور في ثلاثة أصناف (حلواني وأشلميش وخضيري) عند التركيز 40

ملمول/ ل NaCl و 30 ملمول/ ل NaCl للصنف قاصوفي، مساوياً أو أعلى من عدد جذور الشاهد في تجربة المجموعة الأولى والمجموعة الثانية. وقد انعكس هذا على الوزن الجاف للنبات، وهذا ما يشير إلى تحمل النبات للملوحة. كان هناك تأثير سلبي لملح كلور الصوديوم عند التراكيز 10 و 150 ملمول/ ل NaCl، والتراكيز 10 و 20 و 150 ملمول/ ل NaCl والتراكيز 20 و40 و 120 و 150 ملمول/ ل NaCl على المساحة الورقية للأصناف أشلميش وحلواني وخضيري على التوالي، ولم يظهر أي اختلاف معنوي على المساحة الورقية بين جميع التراكيز الملحية في الصنف قاصوفي، كما لوحظ أنه يوجد تأثير إيجابي على هذه المساحة للتركيز 80 ملمول/ ل NaCl في الصنف خضيري مقارنة مع الشاهد.

شدة اليخضور

كانت شدة اليخضور أعلى بوجود الملح بالتركيز 30 ملمول/ ل NaCl في الصنف خضيري والتركيز 40 ملمول/ ل NaCl في الصنف قاصوفي، كما لوحظ التأثير السلبي للملح على شدة اليخضور عند التراكيز العالية. إن تعريض هذه الأصناف بعد تجذيرها إلى صدمة ملحية جعل من شدة اليخضور في هذه النباتات عند التركيز 40 ملمول/ ل NaCl متماثلاً أو أعلى من شدة يخضور الشاهد وهذا مرتبط بحجم المجموع الجذري الكبير لهذه النباتات مقارنة مع نباتات المجموعة الأولى.

إن اختلاف تحمل هذه الأصناف للملوحة يعود إلى عامل الصنف.■

استخدام الزجاج في التدريع الإشعاعي*

سراج يوسف
قسم الخدمات الفنية - هيئة الطاقة الذرّية - ص. ب. 6091 - دمشق - سورية

ملخص

الهدف من الدراسة التالية هو إلقاء الضوء على الزجاج الخاص (الزجاج الرصاصي) المستخدم في تصنيع نوافذ التدريع الإشعاعي (Radiation Shielding Windows) - وهي إحدى الطرق الرئيسية لمراقبة العمل الذي يتم خلف الدروع الإشعاعية وبخاصة في الخلايا الحارّة (Hot Cells) - من حيث خواصه المختلفة الفيزيائية والكيميائية والميكانيكية والضوئية - الحرارية وأخيراً خواصه التدريعية، إضافة إلى التقانات المختلفة المستخدمة في صناعة هذا النوع من الزجاج، والمواد الأساسية المستخدمة في تحضيره والعلاقات الأساسية اللازمة لتحديد خواص الخليط الزجاجي قبل صهره.

تمّ عرض نموذج لمثال محسوب لخلطة زجاجية عالية الكثافة. وفي نهاية الدراسة تمّ عرض نماذج لعدة تصاميم لنوافذ تدريع استخدمت فيها أنواع متعددة وسماكات مختلفة من زجاج التدريع الرصاصي.

الكلمات المفتاحية: الزجاج، الزجاج الرصاصي، التدريع، نوافذ التدريع الإشعاعي، الخلايا الحارّة.

مقدمة

عند التعامل مع المواد المشعّة لا بد من استخدام حواجز تخفف من خطر الأشعة الصادرة عنها إلى الحدود المقبولة، تدعى هذه الحواجز عادة بالدرع الإشعاعي (Radiation Shield)، وتتناسب سماكة الدروع عادة مع طاقة الأشعة والنشاط الإشعاعي للمادة المشعة.

وهنا تبرز المشكلة في كيفية مراقبة العمل من خلف الدروع، ويمكن حل هذه المشكلة باستخدام درع من مادة شفافة كالزجاج مثلاً، وتلعب هذه المواد دورين رئيسيين:

1 - وظيفة بصرية حيث تسمح بمشاهدة ما يجري داخل الخلية الحارّة.

2 - وظيفة حماية حيث تلعب هذه المواد دور درع إشعاعي ضد الأشعة المؤينة.

يعد الزجاج الرصاصي بأشكاله المختلفة، وكثافاته المتنوعة، المادة الأكثر استعمالاً في هذا المجال، كما تعد النوافذ الرصاصية من أكثر الطرق انتشاراً لمراقبة العمل وراء الدروع الإشعاعية وبخاصة المخابر الحارّة عالية ومتوسطة النشاط الإشعاعي، وقد طورت أنواع خاصة من الزجاج ملائمة لهذا الغرض منذ بداية التعامل مع المواد المشعة والمواد النووية، وكانت هذه التقانة جزءاً مكملاً للتقانة النووية، وتمّ اختبار العديد من التركيبات لأنواع الزجاج، لتحقيق الزيادة في كثافة الزجاج من جهة (والملاءمة لزيادة الفعالية التدريعية ضد الأشعة الكهرطيسية المؤينة) وتحسين مقاومة الزجاج لتأثيرات الأشعة المخربة من جهة أخرى.

المناقشة والنتائج

تعتبر الكثافة مؤشراً هاماً على قدرة المواد لتوهين أشعة غاما، وفي المجال بين 1-2 MeV تكون قدرة التوهين متناسبة مع الكثافة، بغض النظر

* تقرير مختصر عن دراسة علمية مكتبية أنجزت في قسم الخدمات الفنية - هيئة الطاقة الذرّية السورية.

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

عن مكونات مادة الدرع، في حين تتغير هذه العلاقة خارج هذا المجال الطاقي.

إن الزجاج ليس مركباً محدداً كيميائياً بل هو مزيج من الأكاسيد، يمكن أن تتغير نسبها بحرية ضمن حدود معينة، وهنالك عدد من الأكاسيد تدعى مشكّلات الزجاج (Glass formers) وهي التي تسمح بحدوث التبرد دون حدوث تبلور، من أهمها SiO_2, B_2O_3, P_2O_5. يتم عادة زيادة كثافة الزجاج باستخدام أكسيد الرصاص كبديل عن أكسيد السليسيوم بنسب عالية تصل حتى 80%، وتتراوح كثافة الزجاج المستخدم في التدريع الإشعاعي بين 2.5 إلى 6.2 g/cm^3، ويكون الزجاج ذو الكثافات العالية أقل ثباتاً (كيميائياً) وأكثر تلوناً، كما أن حجم القطع التي يمكن إنتاجها يتناقص مع زيادة الكثافة، أما الصعوبات التي تنجم عن استعمال أكاسيد الرصاص في الخلطة الزجاجية فأهمها هو ميلها للاختزال أي انفصال الرصاص وصبغ الزجاج الناتج باللون الأسود، لذلك يُعَدُّ من الضروري في كثير من الأحيان إضافة المواد المؤكسِدَة مثل نترات الصوديوم والبوتاسيوم التي تخفف من عملية الاختزال.

إن زيادة كثافة الزجاج تؤثر بشدة على خواصه البصرية نتيجة لزيادة قرينة الانكسار إضافة إلى المشاكل الناتجة عن تعتيم الزجاج عند تعرضه لجرعات عالية، ونشوء الشحنات الكهربائية الساكنة الناجمة عن التأين.

يمكن معالجة المشاكل السابقة بإضافة كميات ملائمة من أكسيد السيريوم (Cerium oxide) والتصميم الملائم للنافذة الرصاصية.

تم اقتراح استخدام خلطة للزجاج مشابهة لخلطة الزجاج الكريستالي العادي، مع إضافة نسبة 1.5% من أكسيد السيريوم، ابتداءً من الخامات الأساسية المستخدمة في صناعة الزجاج، بحيث تكون كثافة الزجاج الناتج 2.87 كغ/ سم^3 ويكون تركيبه التقريبي وفق الجدول:

اسم الأكسيد	أكسيد السليكون	أكسيد الرصاص	أكسيد البوتاسيوم	أكسيد الباريوم	أكسيد الصوديوم	أكسيد الألمنيوم
نسبته وزناً	%60	%19.95	%12.54	%4.20	%2.16	%0.12

الأداء الإنتاجي لصيصان الفروج المغذاة على مسحوق اللحم والعظم المعامل بالتشعيع★

د. محمد راتب المصري
قسم الزراعة - هيئة الطاقة الذرّية - ص. ب. 6091 - دمشق - سورية

ملخص

تمّت دراسة التغيرات في كل من معامل الاستفادة للعلف (FE) (علف مستهلك/ زيادة في وزن الجسم) والكفاءة الكلية للبروتين (TPE) (زيادة في وزن الجسم/ بروتين مستهلك) ومعامل الاستفادة لطاقة العلف (EE) (طاقة استقلابية مستهلكة/ زيادة وزن) والطاقة الاستقلابية الظاهرية (ME) ومعدل الزيادة في وزن الجسم، إضافة إلى المظاهر البيولوجية لأعضاء الهضم، لصيصان الفروج المغذاة على خلطات علفية تحتوي على مسحوق لحم وعظم معامل بجرعات مختلفة من أشعة غاما (0، 5، 10، 25، 50 كيلو غراي) خلال 4 فترات تربية: 14 - 21 يوم (عمر 3 أسابيع)، 21 - 28 يوم (عمر 4 أسابيع)، 28 - 35 يوم (عمر 5 أسابيع) و 35 - 42 يوم (عمر 6 أسابيع). أشارت النتائج إلى:

1 - عدم وجود اختلاف معنوي إحصائي ($P<0.05$) في قيم FE و EE و TPE و ME ومعدل الزيادة في وزن الجسم وكمية العلف والبروتين والطاقة المستهلكة وكمية الطاقة المطروحة في الزرق نتيجةً لتغذية صيصان الفروج على خلطات علفية تحتوي طحين لحم وعظم معامل بجرعات تشعيع (5-50 كيلو غراي) مقارنةً مع خلطة الشاهد، أو عند المقارنة بين الخلطات المحتوية على مسحوق لحم وعظم مشعع، ولكامل فترة التجربة (14-42 يوم).

2 - لوحظ ارتفاع في قيم FE, EE وانخفاض في قيم TPE بزيادة العمر وبشكل مؤكد إحصائياً ($P>0.05$) (مقارنة أعمار التربية 5 و 6 أسابيع مع الأعمار 3 و 4 أسابيع). ولم يلاحظ وجود اختلاف معنوي إحصائي ($P<0.05$) في قيم TPE أو قيم FE, EE عند مقارنة مرحلة التربية للعمر 3 أسابيع مع 4 أسابيع.

3 - لوحظ ارتفاع معنوي إحصائي ($P>0.05$) في قيم ME عند مقارنة مرحلة التربية للعمر 6 أسابيع مع الأعمار 3 و 4 و 5 أسابيع ولم يلاحظ وجود اختلاف معنوي بين مرحلتي التربية للأعمار 4 و 5 أسابيع.

4 - لوحظ انخفاض معنوي إحصائي ($P>0.05$) لمعدل الزيادة في وزن الجسم في مرحلتي التربية للأعمار 3 و 6 أسابيع مقارنةً مع

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

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

مرحلتي التربية للأعمار 4 و 5 أسابيع.

5 – ارتفعت كمية العلف والبروتين والطاقة المستهلكة وبشكل مؤكد إحصائياً ($P>0.05$) مع زيادة عمر الطيور. وارتفعت كمية الطاقة المطروحة في الزرق في مرحلتي التربية للأعمار 5 و 6 أسابيع مقارنةً مع الأعمار 3 و 4 أسابيع.

6 – لم يلاحظ وجود تأثير مؤكد إحصائياً ($P<0.05$) لاستخدام مسحوق اللحم والعظم المعامل بأشعة غاما (5–50 كيلو غراي) في خلطات تغذية صيصان الفروج لمدة 4 أسابيع (14–42 يوم) على النسبة الوزنية للكبد والبنكرياس ولأعضاء الهضم (حوصلة، معدة غدية، قانصة، إثنى عشر، معي صائم ولفائفي، كولون، أعورين) مقارنةً مع الخلطة الشاهدة المحتوية على مسحوق طحين لحم وعظم غير معامل بالتشعيع.

7 – استخدام مسحوق اللحم والعظم المعامل بالتشعيع مع المكونات العلفية الأخرى في خلطات صيصان الفروج ليس له تأثيرات ضارة على الصفات الإنتاجية للفروج والمظاهر البيولوجية لأعضاء الهضم.

الكلمات المفتاحية: صيصان فروج، مسحوق لحم وعظم، تشعيع، معامل استفادة من العلف، كفاءة بروتين، طاقة استقلابية، أعضاء هضم.

مقدمة

إن تدوير واستخدام المخلفات الحيوانية في تغذية الحيوان ذو فائدة كونها مصدراً للبروتين وخاصةً الأحماض الأمينية الأساسية وبعض العوامل الغذائية غير المعروفة والتي تعمل على تنشيط النمو. وهناك بعض المشكلات التي تنشأ عن استخدام تلك المخلفات في علائق الدواجن حيث تعتبر من المصادر المباشرة لأمراض الحيوان وغير المباشرة لأمراض الإنسان المنقولة عبر الغذاء. يمكن استخدام تلك المخلفات الحيوانية كمادة علفية بعد معالجتها حرارياً أو بمواد غازية. ومن محاذير المعاملتين السابقتين أن للمعالجات الحرارية تأثيرات سلبية على المواصفات النوعية للبروتين، بينما للمعاملات الغازية آثار كيميائية متبقية ضارة. وتعد المعاملة الإشعاعية وسيلة ناجعة وآمنة لخفض الحمولات المكروبية المرضية في المخلفات الحيوانية وإطالة مدة حفظها.

تهدف التجارب الحالية إلى دراسة المؤشرات الإنتاجية (معدل الاستفادة من العلف، معامل الاستفادة لطاقة العلف، كفاءة البروتين الكلية، الطاقة الاستقلابية الظاهرية) والتغيرات البيولوجية (الوزن النسبي لأعضاء الهضم والغدد الملحقة) لصيصان الفروج المغذاة على علائق تجريبية تحتوي على مسحوق اللحم والعظم المنتج محلياً والمعالج بجرعات مختلفة من أشعة غاما، والمرباة لأربع فترات زمنية 14 – 21 يوم، 21 – 28 يوم، 28 – 35 يوم و35 – 42 يوم من العمر، بغرض إعادة تدوير هذا المخلف في خلطة الفروج والحد من المشاكل البيئية والصحية للحيوان والإنسان.

ربيت صيصان الفروج (سلالة آربور إيكرز) من عمر يوم واحد حتى عمر 13 يوم تربية أرضية بشكل جماعي وغذيت على عليقة تقليدية بشكل حر. وفي اليوم 14 من العمر تمّ توزيع الطيور (160 طير) إلى 5 مجموعات تجريبية، تضم كل مجموعة 32 طير موزعة على 4 مكررات وفي كل مكرر 8 طيور. غذيت مجموعات التجارب الخمس بشكل حر على العلائق التجريبية الخمس المحتوية على مسحوق اللحم والعظم المعامل بخمس جرعات من أشعة غاما (0، 5، 10، 25، 50 كيلو غراي). تمّ في نهاية التجربة (عمر 42 يوم) اختيار 8 طيور من كل مجموعة تجريبية بشكل عشوائي وتمّ وزنها وذبحها وتشريحها بترع الأحشاء الداخلية (أعضاء الهضم والغدد الملحقة): حوصلة crop، معدة غدية proventriculus، قانصة gizzard، إثنى عشر duodenum، الصائم jejunum، اللفائفي ileum، الأعورين caeca، الأمعاء الغليظة أو الكولون colon، بنكرياس pancreas، كبد liver. تمّ أخذ الجزأين المعي الصائم واللفائفي معاً. وتمّ حساب النسبة الوزنية لأعضاء جهاز الهضم والغدد الملحقة.

النتائج والمناقشة

أشارت النتائج إلى عدم وجود اختلاف معنوي إحصائي ($P<0.05$) في كمية العلف المستهلك وفي معدل الزيادة في وزن الجسم ومعامل الاستفادة من العلف والكفاءة الكلية للبروتين نتيجةً لتأثير جرعات التشعيع مقارنةً مع الشاهد أو بين جرعات التشعيع المستخدمة ولكامل فترة التجربة (14–42 يوم). ولوحظ انخفاض معنوي إحصائي ($P>0.05$) في قيم معدل الزيادة في وزن الجسم في مرحلتي التربية (14–21 يوم) و (35–42 يوم) مقارنةً مع مرحلتي التربية (21–28 يوم) و(28 –35 يوم)، وارتفعت كمية العلف المستهلك وقيم معامل الاستفادة من العلف وانخفضت الكفاءة الكلية للبروتين بشكل معنوي إحصائي ($P>0.05$) مع زيادة عمر الطيور. لم يلاحظ Yousri et al. (1991) أية تغيرات في وزن جسم صيصان الفروج المغذاة على مسحوق الدم أو السمك أو مسحوق اللحم والعظم المعامل بالتشعيع. كما أفاد Van Der Poel et al. (1989) أن تغذية الخنازير الصغيرة على عليقة محتوية على 60% ذرة صفراء معاملة بالأشعة تحت الحمراء لم تؤثر على معامل الهضم الظاهري للمادة العضوية أو للبروتين الخام أو للدهن الخام أو للألياف الخام أو للمستخلص الخالي من الآزوت أو للطاقة. وأفاد Al- Masri (1995) إلى ارتفاع قيم معامل الاستفادة من العلف (علف مستهلك/ زيادة في الوزن) مع تقدم عمر الحيوان.

أشار Farag and Yousri (1994) أن المعاملة الإشعاعية بجرعة حتى 50 كيلو غراي لم تؤثر بشكل معنوي ($P<0.05$) على الكفاءة الكلية

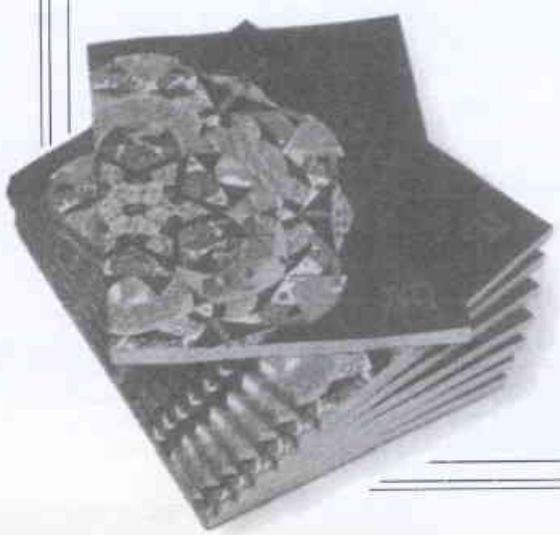
للبروتين لمسحوق مخلفات معامل التفريخ (تفقيس البيض) (hatchery by-product meal) بينما لوحظ تحسن في الكفاءة الكلية للبروتين لمسحوق مخلفات مذابح فروج المائدة (broiler by-product meal). كما أشار المرجع الأخير أن استخدام الجرعة 50 كيلو غراي بغرض تحسين نوعية مساحيق المخلفات الحيوانية مكروبياً للتخلص من مخاطر انتشار الأمراض، له المقدرة أيضاً في تحسين الكفاءة الكلية للبروتين لمخلفات مذابح فروج المائدة مع تأثير سلبي بسيط على المحتوى من اللايسين المتاح.

أشارت نتائج الدراسة إلى عدم وجود اختلاف معنوي إحصائي ($P<0.05$) في قيم الطاقة الاستقلابية نتيجةً لتأثير جرعات التشعيع مقارنةً مع الشاهد أو بين جرعات التشعيع المستخدمة ولكامل فترة التجربة بينما لوحظ ارتفاع معنوي ($P>0.05$) في قيم الطاقة الاستقلابية المستهلكة وفي قيم معامل الاستفادة لطاقة العلف الاستقلابية بزيادة العمر. ولم يلاحظ وجود تأثير لاستخدام مسحوق اللحم والعظم المعامل بأشعة غاما (5-50 كيلو غراي) في تغذية صيصان الفروج لمدة 4 أسابيع (14-42 يوم) على النسبة الوزنية لأعضاء الهضم، وهذا يتوافق مع Yousri et al. (1991) حيث لم يلاحظ وجود أية تغيرات في النسبة الوزنية لأعضاء الجسم: المعدة الحقيقية، القانصة، القلب، الرئة، الكبد، الطحال، الكلية نتيجةً لتغذية صيصان الفروج بمخلفات حيوانية (مسحوق سمك، مسحوق الدم، مسحوق اللحم والعظم) معاملة بأشعة غاما مقارنةً مع طيور الشاهد. ونتيجةً للملاحظات السابقة اقترح المرجع الأخير إمكانية إضافة تلك المخلفات الحيوانية المعاملة بالتشعيع إلى مكونات خلطة صيصان الفروج دون أية آثار ضارة أو مؤذية.■

☆ ★ ☆

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

كتب حديثة مختارة



1- كهرباء نظيفة من الفولطيات الضوئية ☆

Clean Electricity From Photovoltaics

تأليف: ماري د. أرشر و روبرت هلّ - كلية الأمبريال
عرض وتحليل: ريتشارد كوركش**

يأتي هذا الملخص الشامل للفولطيات الضوئية (الخلايا الشمسية) وسط اهتمام متزايد بالتسخين العالمي والأمن الطاقي، فالشمس بلا شك تصدر سنوياً أكثر من 10 000 ضعف من الاستهلاك العالمي من الطاقة التجارية. ويمكن تلبية جميع مستلزمات الطاقة الرئيسة العالمية من خلال الخلايا الشمسية بحيث تشغل مساحة أقل من 0.25% من المساحة الحالية التي تشغلها المحاصيل والمراعي.

إن قسماً كبيراً من هذا الكتاب ، لاسيما المجلد الأول الذي يقع في سلسلة حول التحويل الضوئي للطاقة الشمسية، يهتم بالوصف التفصيلي للتقانات المتنوعة التي تصنع بوساطتها الخلايا الشمسية. ومعظم الأجزاء المهمة منه أُفرِد لها فصل خاص وأعدّها خبراء في هذا المجال. لقد سيطرت حالياً الخلايا المصنوعة من رقائق السليكون البلّوري على السوق العالمية. ومن المتوقع أن تتغير هذه الحال خلال عقود، لكن حتى الآن يبقى السليكون محتلاً المرتبة الأولى، وقد يعود السبب في ذلك إلى قدرته على استيعاب التطورات في صناعة الإلكترونيات.

هنالك على الأقل طريقتان مختلفتان تتعلقان بتطوير الأنواع الأخرى من الخلايا. تهدف الأولى إلى جعلها رخيصة أكثر على حساب الكفاءة. إن السليكون اللابلّوري وتلّوريد الكادميوم، وديسيلينيد غاليوم إنديوم نحاس، والأفلام الرقيقة من السليكون متعدّد البلّورات هي جميعاً قيد الإنتاج أو في طريقها إلى الإنتاج. وثمة تقانة أخرى وهي الخلايا ذات الحساسية للصباغ، لم تذكر هنا ولكنها سيشتمل عليها المجلد الثالث في هذه السلسلة. ومن المحتمل أن تكون الفولطيات الضوئية العضوية هي الطريقة الأقل كلفة على الإطلاق وهنا يرد تطوّرها بالتفصيل.

أما الطريقة الثانية فتتمثل بمتابعة الكفاءات العالية جداً مع التسليم بالتكاليف العالية واستخدام الخلايا في الحالات التي ترفع الكفاءة فيها الثمن في الفضاء والمركّزات. والكفاءات الأكثر تقدماً تتمثل بالكداسات الفعلية من الخلايا الثانوية حيث تصنع كل منها من مادة مختلفة ويصل كل منها إلى جزء مختلف من الطيف الشمسي. وتمتلك مجموعة البحث في الفولطيات الضوئية بضع أفكار أخرى حول إمكانية الحصول على كفاءة أعلى، وتنطوي تحت هذه المجموعة الخلية الشمسية ذات البئر الكمومي وقد تمّ وصفها بشكل كامل هنا. وهنالك أيضاً عدة اقتراحات حديثة تمّ طرحها في أولى مراحل البحث ترمي إلى الجمع بين أفضل الجوانب في الطرائق ذات الكفاءة العالية والكلفة المنخفضة، لكنها ليست مشمولة هنا. وكل تقانة من التقانات الخلوية المذكورة آنفاً تتم تغطيتها بتعمق كبير باستثناء السليكون البلّوري الذي، باعتقادي، يستحق أن يُفرد له فصل خاص به.

أما بقية الكتاب فتتعلق بكيفية استخدامنا للخلايا الشمسية. فهنالك فصل حول التطبيقات المكانية، في حين تتعلق الفصول الأخرى بالمتطلبات البشرية من الطاقة على الكرة الأرضية. فالمخزون الطاقي والجوانب المنظوماتية يجري توثيقها بشكل جيد في فصول مستقلة، وتختصر الفصول الثلاثة الأولى حالة مشاريع الفولطيات الضوئية، والحالة الاقتصادية والاقتراحات السياسية والتوقعات المستقبلية، المقترنة بالاهتمام بتطبيقاتها في البلدان النامية والمتطورة على حدّ سواء.

إن فصلي المفضّل في الكتاب يقترب من المقدمة ويصف الفيزياء والنماذج الرياضياتية المستخدمة لوصف تشغيل الخلايا الشمسية. ويتميز بوضوحه وحسن ترتيبه والمتعة بقراءته.ويتبعه فصلٌ آخر يتضمن تفصيلاً حول الجوانب التطبيقية لتصميم الخلايا الشمسية.

باعتقادي هنالك قضيتان يجدر طرحهما في هذا الكتاب. الأولى هي أنه ربما يكون من المستحسن مناقشة التجاهل الخاطىء بل المتكرر غالباً للخلايا الشمسية بحيث لن تعوّض طيلة حياتها عن الطاقة المستخدمة لصنعها. أما الثانية وهي أكثر خصوصية، لكنها ماتزال موضع اهتمام، فالنص يمثل حدّاً نظرياتياً لكفاءة الفولطية الضوئية. فعلم الترموديناميك يحدّ من كفاءة الفولطيات الضوئية بنسبة 87% لكن أفضل كفاءة تمّ التوصل إليها حتى الآن كانت بنسبة 33%. ويتضمن الكتاب فصلاً ممتعاً عن الفولطيات الضوئية الحرارية مع أن هذه لاتعدّ في الواقع من تقانة الطاقة الشمسية. ومع ذلك فأنا مسرور لورودها في الكتاب لأن المجالات تكون وثيقة الصلة ببعضها.

يُعدّ كتاب Clean Electricity from Photovoltaics "طاقة كهربائية نظيفة تولّدها الفولطيات الضوئية" مصدراً ممتازاً بسبب نوعية قرّائه من الطلاب والعلماء والتقانيين العاملين في هذا المجال. ويبدو أنه مفيد بصورة خاصة للمتخصصين في أحد مجالات البحث في الفولطيات الضوئية لتكوين نظرة شاملة عن المجالات التي تقترب من بعضها. يتميز الكتاب بحسن فهرسته ويتضمن قائمة ملائمة بالمراجع المفيدة الموجودة في المكتبات وعلى الشبكة. وفي أقل الأحوال، يستحق هذا الكتاب أن يأخذ مكاناً في مكتبة كل معهد يهتم بالبحث ومكتبة كل شركة تعمل في مجال الطاقة المتجددة. وآمل على الأغلب أن أكون قد أشرت إلى نسختي. لكنه في الواقع ليس كتاباً مُعدّاً للقارئ العادي، الذي قد يكون في موقع المستفيد من الطريقة التمهيدية والأقل تقانة كتلك التي اتبعها كينيث تسفايبل K. Zweibel في كتابه Harnessing Solar Power "تسخير الطاقة الشمسية".■

☆ By Mary D. Archer & Robert Hill, Imperial College Press: 2001.

** ريتشارد كوركش: مركز الفولطيات الضوئية للجيل الثالث - جامعة نيو ساوث ويلز - سدني - أستراليا.

- العرض والتحليل عن مجلة *Nature*, 416, 18 April 2002. ترجمة مكتب الترجمة والتأليف والنشر - هيئة الطاقة الذرية السورية.

2- طرائق تبعثر أشعة X والنترونات في عالم البوليميرات

Methods of X - Ray and Neutron Scattering in Polymer Science ☆

تأليف: ريونغ - جوي روي
عرض وتحليل: تشارلز ج. غلينكا**

يوجد تشابه كبير بين طرائق تبعثر أشعة X وتبعثر النترونات كما تطبق على دراسة بنية المادة. إلّا أن الطريقتين، من الناحية التاريخية، خرجتا في أزمنة مختلفة من قِبَل مجموعات مختلفة من العلماء؛ ونتيجة لذلك، فقد استخدمتا مصطلحات علمية وفنية كي تُفسرا الظواهر ذاتها والتي كانت مختلفة في أغلب الأحيان. وبتقديم الطريقتين معاً والتأكيد على التشابهات القائمة بينهما، كتب رُوي Roe كتاباً مدرسياً تمهيدياً يُمكّن القرّاء من التعرّف على كلتا التقانتين على قدم المساواة. ولهذا السبب فإن كتاب "طرائق تبعثر أشعة X والنترونات في علم البوليميرات" يلبي حاجة لم تتطرق إليها بالقدر الكافي كتب مدرسية ومقالات علمية عديدة سابقة، والتي كانت قد تعاملت بصورة رئيسية مع طريقة واحدة أو الأخرى.

يُحقق روي نجاحاً رائعاً في إعطاء عرض متوازن وموحّد للنظرية الأساسية التي تضم كلا التبعثرين، أشعة X والنترونات. يستخدم روي مجموعة من الرموز والمصطلحات والتسميات المتساوية والثابتة في كل الكتاب ويُقدّم التوضيح والتبرير لأي خروج عن التقاليد المستخدمة في مجالات تخصّصية من الأدبيات.

الكتاب موجّه إلى القراء الذين عندهم اطلاع قليل مُسبق على ظواهر التبعثر؛ فهو يُغطي مجالاً من المواضيع ذات طول معتدل من دون إفراط في تبسيط مادة الموضع أو الغوص في مستنقع الشكلية. لقد استُخرجت الصيغ والعلاقات بوضوح انطلاقاً من المبادىء في معظم الحالات؛ وفي حالات أخرى استُخدمت مناقشات تشجع الطالب على اكتشاف الأشياء بنفسه، أو يوصَى القارىء بالرجوع إلى مصدر أو أكثر من أجل معالجة أكثر دقة للموضوع. استخدمت النتائج التجريبية بقلّة ولغرض توضيح كيف يتم استخدام المفاهيم النظرية أو طرائق التحليل المطروحة للمناقشة في التطبيق، فقط.

يغطي الفصلان الأوليان النظرية الأساسية والطرائق التجريبية لتبعثر أشعة X والنترونات، ويُعدّان من بين أفضل ما في الكتاب، وهما لايتناولان بالخصوص علم البوليميرات. يُقدم هذان الفصلان أساساً ثابتاً لفهم قابلية استخدام التقنيات وملاءمتها لأي نوع من المواد. وتأتي الفصول التالية معتمدة على هذا الأساس متضمنة موضوعات في البوليميرات المشتركة، وهي مقدّمة في الكتاب كوحدات مستقلة إلى حدٍّ بعيد بحيث يمكن دراستها بصورة منفصلة. حتى بين هذه الفصول الأكثر تخصصاً يوجد الكثير مما يوصى بقراءته من قِبَل جمهور عريض من القرّاء. خُذ مثلاً على ذلك الفصلان 3 و 4، على التبعثر من بوليميرات بلّورية، بشكل واضح ومختصر، ومن ضمنها طرائق تعيين الطور، وتعريض خط الانعراج، والعيوب البلّورية، واللابلّورية على الترتيب، ومن ضمنها طرائق تعيين الطور، وتعريض خط الانعراج، والعيوب البلّورية، والانتظام قصير المدى، وتوابع توزيع الأزواج، والبنى، وما يماثلها بسوية سهولة المنال ووثيقة الصلة للطلاب في أي مجال من علم المواد.

توجد فصول مكرّسة لدراسة التبعثر والانعكاسية بزوايا صغيرة، وهي تقنيات ربما يكون تأثيرها على علم البوليميرات أكثر من أي مجال آخر من علم المواد. وفي كل حالة، يقيم روي صلات مع النظرية الأساسية التي تغطيها الفصول الافتتاحية لتقدم للقارىء رؤيا موحّدة عن الانعراج. إن الفصل الذي يتناول التبعثر بزوايا صغيرة هو على وجه الخصوص جيد التنظيم ويتضمن ملخصاً ممتازاً للمظاهر وتحليل البنية الصفيحية lamellar structure التي كثيراً ما نصادفها في المنظومات البوليميرية. إن طرائق الوسم بالدوثريوم وتغير التباين الذي يغطي التبعثر النتروني دوره الفريد في البنية التوصيفية في المواد الهدروجينية يحتويها فصل واحد يُركز على تطبيقها على مزائج بوليميرية وبوليميرات مشتركة كتلية. يتعامل الفصل الأخير مع التبعثر النتروني اللامرن ويسمح بإيجاز أنواع الحركات الجزيئية التي يمكن سَبْرها وكذلك التقنيات التجريبية لهذا العمل. إن المفاهيم المرافقة والعبارات الرياضية هي أكثر تعقيداً بصورة متأصلة في هذه الحالة، لكن روي ينشيء ويوسع هنا مرة أخرى الأساس الذي وضعه في الفصول الأولى ليقدم المادة بطريقة سهلة المنال للقادمين الجدد أكثر مما هي عليه حال معظم الكتب المخصّصة للتبعثر النتروني.

لقد اتخذ روي خيارات حكيمة في كل أرجاء الكتاب سواء منها مايتصل بالمحتوى أو بمستوى العرض. لقد ضمّن كل فصل مقترحات للقراءة الإضافية من أجل دراسة أعمق للموضوع. بعد قراءة هذا الكتاب، سيكون طلاب علم البوليميرات جاهزين للقراءة الانتقائية من كتب تدريسية أكثر شمولية، مثل كتب جوليا هيجينز J. Higgins (البوليميرات والتبعثر النتروني)، مطبعة أكسفورد U عام 1994. إن كتاب روي في سعته وأفقه بل حتى في المعالجة اليدوية لطرائق أشعة X والنترونات، يستحق جمهوراً يمتد إلى ما وراء جماعة علم البوليميرات.■

☆ ★ ☆

* By Ryong-Joon Roe, Oxford U. Press, New York. 2000.
** تشارلز ج. غلينكا: مركز NIST لأبحاث النترون - جيثرسبرغ - ماري لاند.
- العرض والتحليل عن مجلة *Physics Today*, March 2001. ترجمة هيئة التحرير - هيئة الطاقة الذرّية السورية.

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

PRODUCTIVE PERFORMANCE OF BROILER CHICKS FED RATIONS CONTAINING IRRADIATED MEAT-BONE MEAL*

AL-MASRI M.R

Department of Agriculture, Atomic Energy Commission, P. 0. Box 6091, Damascus, Syria.

ABSTARCT

The changes in the feed efficiency (FE) (feed intake/body weight gain), energy efficiency (EE) (metabolizable energy intake/ body weight gain), total . protein efficiency (TPE) (body weight gain/protein intake), metabolizable energy (ME) and body weight gain and in the biological aspects of the digestive organs by broiler chicks during different periods of age (14-21 day: 3 weeks, 21-28 day: 4 weeks, 28-35 day: 5 weeks, 35-42 day: 6 weeks) were evaluated in 5 groups fed on experimental diets containing irradiated meat-bone meal (0, 5, 10, 25, 50 kGy).The results showed the following:

1 - No significant ($P < 0.05$) changes were observed in the values of the FE, EE, TPE, ME, body weight gain, energy excretion and the intake of feed, protein and energy due to fed broiler chicks on irradiated meatbone meal (5-50 kGy).

2-The values of FE and EE increased and TPE decreased significantly ($P > 0.05$) with age (comparing ages 5 and 6 weeks with 3 and 4 weeks). No significant ($P < 0.05$) differences were noticed in FE, EE and TPE between the ages 3 and 4 weeks.

3 - There was a significant increase ($P > 0.05$) in ME values for the age 6 weeks compared to 3, 4 and 5 weeks. No significant differences were observed in the ME values between the ages 4 and 5 weeks.

4 - There were significant decreases ($P > 0.05$) in body weight gain of the ages 3 and 6 weeks in comparison with the 4 and 5 weeks.

5 - Feed, protein and energy intake increased significantly ($P > 0.05$) with age. Energy excretion of the ages 5 and 6 weeks increased significantly in comparison with the 3 and 4 weeks.

6 - Feeding chicks with irradiated meat-bone meal for 4 weeks (14-42 day of age) had no significant ($P < 0.05$) effects on the relative weights of the crop, proventriculus, gizzard, duodenum, jejunum, ileum, caeca, colon, pancreas and liver.

7 - Using irradiated meat-bone meal with other fed ingredients in broiler chicks rations has no deleterious effects on the productive performance and biological aspects of the digestive organs.

Key Words

Broiler chicks, meat-bone meal, irradiation, feed efficiency, protein efficiency, metabolizable energy, digestive organs.

* A short report on scientific study achieved in the Department of Agriculture, Atomic Energy Commission of Syria.

☆ ★ ☆

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

doses of gamma irradiation reduced significantly the microbial load. Gamma irradiation decreased moisture, K^+, Ca^{2+}, Na^+, ash and free fatty acids, and increased protein contents of Baladi cheese. Volatile basic nitrogen and firmness of irradiatd cheese were increased after irradiation and decreased after 12 months of storage. Gamma irradiation had no effect on sensory characteristics of Baladi cheese.

Key Words

Baladi cheese, cheese composition, gamma irradiation, microbial load, sensory characteristics.

⋆ A short report on scientific study achieved in the Department of Radiation Technology, Atomic Energy Commission of Syria.

IN VITRO EVALUATION OF SALT TOLERANCE IN SOME LOCAL GRAPEVINE VARIETIES⋆

T. CHARBAJI, Z. AYYOUBI

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

ABSTARCT

Two in vitro experiments were conducted to examine salt (NaCI) tolerance of four local varieties of grapevine (Ashlamesh, Helwani, Kassofee and Khoudeiry).

In the first experiment: The four varieties of were cultured on DSD1 media for 60 days. Five different concentrations of NaCl(0,20,30 and 40 mM) were examined. Results showed that, there was no negative effect of 10-40 mM NaCI on root number, leaf area, chlorophyll concentration and dry weights of Ashlamesh, Helwani and Khoudeiry varieties, while the 20 and 30 mM NaCl decreased significantly shoot length and leaf number of these varieties. Twenty, 30 and 40 mM NaCl had negative effects on shoot length, leaf number and area and dry weight of Kassofee variety comparing to control. In the second experiment: same varieties of grapevine were cultured on DSD1 media (without NaCl) until rooting stage, then transferred to liquid DSD1 media (without Agar), and subjected to 8 concentrations of NaCl (0,10,20,30,40,80,120 and 150 mM). After 30 days of culturing on the liquid media, results showed that, 80,120 and 150 mM NaCl had negative effects on shoot length, leaf number and area, root number and chlorophyll concentration of Ashlamesh and Kassofee, while, the effect of 40 mM NaCl Ashlamesh and Helwani was similar or higher than the control.

The 30 mM NaCl had a positive effect on shoot length, leaf number and chlorophyll concentration of Kassofee. While the other NaCl concentrations did not affect the shoot length, leaf number and area of this variety.

Key Words

Grapevine, salinity, tissue culture.

⋆ A short report on scientific study achieved in the Department of Moleculer Biology, Atomic Energy Commission of Syria.

USING GLASS AS A SHIELDING MATERIAL⋆

S. YOUSEF

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

ABSTRACT

Different theoretical and technological concepts and problems in using glass as a shielding material was discussed, some primarily designs for different types of Radiation Shielding Windows was illustrated.

Key Words

glass, lead glass, shielding, radiation shielding windows, hot cells.

⋆ A short report on scientific study achieved in the Department of Technical Services, Atomic Energy Commission of Syria.

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

KBr and KI at 375°C, 700°C and 550°C, respectively. The products have been characterized by the IR spectra of their vapors. The low resolution gas phase on-line Fourier transform infrared spectra reported for the first time show strong bands, with PQR type structure, centered at 1058, 1035, 1030 and 1025 cm^{-1} assigned to the $\nu_1(a_1)$, the O=V stretching fundamental mode of VOF_3, $VOCl_3$, $VOBr_3$ and VOI_3, respectively.

A new route has been devised, leading to the production of phosphorus thiotrihalides SPX_3 where X = F, Br and I by an on-line process using phosphorus thiotrichloride, $SPCl_3$ as starting compound passed over the following heated salts NaF, KBr and KI at 530°C, 800°C and 440°C, respectively. The products have been characterized by their IR spectra, showing bands with PQR type structure, centered at 985, 762, 744 and 715 cm^{-1}. These bands are assigned to $\nu_1(a_1)$, the S=P stretching fundamental modes of SPF_3 $SPCl_3$, $SPBr_3$ and SPI_3, respectively. Isotopic shifts of the following groups P^{81}-Br,P^{97}-Br, P^{81}-Br, P^{79}-Br, P^{37}-Cl, P^{35}-Cl_3, $FP^{34}S$, $FP^{32}S$, $^{34}S=P$,$^{32}S=PF_3$, $^{34}S=PF_3$ Were determined.

Key Words

isotopic shift, gas phase, vanadium oxytrihalides, phosphorus thiotrihalides, low resolution.

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

PHANTOM DESIGN FOR X-RAY DIAGNOSTIC RADIOLOGY QUALITY CONTROL*

H. KHRITA, O. ANJAK, KH. WALI

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

ABSTRACT

Quality Control testes are essential procedures for x-ray unites which are used in diagnostic test. The essential aim for these procedures are to be assured that the unite works well, and there is not any defect in its work that cause unwanted for radiation without achieving the required results. These tools have especial design and properties to give good quality control procedures.

A Phantom was designed for x-ray systems Q.C testes, which are used in medical radiology. The Phantom was in their protection and safety department mechanical workshop. The Phantom was then used with the available x-ray system, The obtained results showed that the phantom can be used for some of the Q.C testes whereas some offer testes can not be done with this phantom. This is due to the lack of highly accurate technical capabilities required at mechanical workshop for this design .

Key Words

quality control (Q.C), diagnostic radiology..

* A short report on scientific study achieved in the Department of Protection, Atomic Energy Commission of Syria.

EFFECT OF GAMMA IRRADIATION ON BALADI CHEESE*

M. AL-BACHIR, S. FARAH

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

ABSTRACT

Baladi cheese (manufactured from raw milk) were treated with 0, 1, 2 and 3 kGy of gamma irradiation. Microbial load, moisture, protein, lipid, free fatty acids, total volatile basic nitrogen, lipid oxidation, firmness, taste, flavour and color were determined immidiately after irradiation and after 12 months of storage. The results showed that, all used

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

COSEISMIC DISPLACEMENTS ALONG THE SERGHAYA FAULT: AN ACTIVE BRANCH OF THE DEAD SEA FAULT SYSTEM IN SYRIA AND LEBANON*

F. GOMEZ, M. BARAZANGI
Institute for the Study of the Continents, cornell University, Snee Hall, Ithaca, New York 14853, USA.
M. MEGHRAOUI
Institut de Physique du Globe, Strasbourg, France.
A. N. DARKAL
Department of Geology, Damascus University, Damascus, Syria.
R. SBEINATI, R. DARAWCHEH
Department of Geology, Atomic Energy Commission, Damascus, Syria.
C. TABET
National Council for Scientific Research, Beirut, Lebanon.
M. KHAWLIE
National Center for Remote Sensing, Beirute, Lebanon.
M. CHARABE
General Copany for Engineering and Consulting. Damascus, Syria.
K. KHAIR
Department of Geology, American University, Beirut, Lebanon.

ABSTRACT

Xamination of the Serghaya fault, a branch of the Dead Sea Fault System in western Syria and eastern Lebanon, documents Late Quaternary and Recent left-lateral fault movements including the probable remnant of a historic coseismic surface rupture. Carbon 14 dating and the presence of fault -scarp free faces in soft, late Pleistocene lake deposits suggest coseismic slip during the past two or three centuries, possibly corresponding with one of the well-documented earthquakes of 1705 or 1759. With an estimated Holocene slip rate of 1-2 mm a^{-1}, the serghaya Fault accommodates a significant part of the active deformation along the Arabian-African plate boundary. These results suggest that multiple active fault branches are involved in the transfer of strain through the "Lebanese" restraining bend.

Key Words

Dead Sea Transform, Syria, Lebanon, neotectonics, earthquakes.

* This paper appeared in *Journal of the Geological Society*, London, Vol. 158, 2001.

REPORTS

DETERMINATION OF ISOTOPIC SHIFT FOR SOME COMPOUNDS HAVING STABLE ISOTOPIC COMPOSITION USING FTIR TECHNIQUE*

A. W. ALLAF, M. D.ZAIDAN
Department of Chemistry, Atomic Energy Commission, P. O. Box 6091, Damascus, Syria.

ABSTRACT

A new route has been devised, leading to the production of VOX_3 molecules where X= F, Br and I by an on-line process using vanadium oxytrichloride, $VOCl_3$ as a starting compound passed over the following heated salts NaF,

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

dissolved solids, Na and K in washing wastewater, and in brine throughout debittering and storage periods. Also, gamma irradiation had an effect on EC and pH values of washing wastewater and brine.

Key Words

debittering, gamma-irradiation, olive fruit, storage, washing water.

★ This paper appeared in *Grasasy Aceites*, Vol.52, 2001,305-310.

SEDIMENTATION RATES AND POLLUTION HISTORY OF A DRIED LAKE: AL-OTEIBEH LAKE★

M. S. AL-MASRI, A. ABA, H. KHALIL, Z. AL-HARES

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

ABSTRACT

Sediment accumulation rates as well as elemental concentrations distribution in a dried Syrian lake (Al-Oteibeh lake), near Damascus City, have been examined. Five core samples from different locations of the lake were collected, analyzed and four major elements (Fe, K, Mg and Na) and six trace metals (Co, Ni, Cr, Pb, Zn, U and Cu). Sedimentation rates were determined applying the ^{210}Pb dating method and found to vary between 0.100 and 0.793 cm.y^{-1}. The results showed that the constant flux constant sedimentation rate (CF: CS) simple dating model is applicable for dating recent dried sediment and recording the past historical pollution of the last 100 years. However, the method was found to be only applicable for dating trace and major elements, which cannot be leached to deeper layers by rainwater. In addition, the obtained records can be used to verify the date of water level declining.

Key Words

sedimentation rates, ^{210}Pb dating method, pollution history, Al-Oteibeh Lake, Syria.

★ This paper appeared in *The Science of the Total Environment* (2002).

THE MORPHOLOGICAL CHANGES OF ASCARIS LUMBRICOIDES OVA IN SEWAGE SLUDGE WATER TREATED BY GAMMA IRRADIATION★

M. SHAMMA

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

M.A. AL-ADAWI

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

ABSTRACT

Untreated wastewater sampled from Damascus sewage water treatment plant containing nematode Ascaris lumbricoides ova were treated using gamma irradiation (doses between 1.5 and 8 kGy), immediately after irradiation the morphological and developmental status of eggs was examined microscopically. Major morphological changes of the contents of the eggs were detected. These eggs were incubated for 8 weeks, after this period no larvae "inside the eggs" were observed. Thus the morphological changes can be used as a viable parameter.

Key Words

sewage sludge, helminthes eggs, Ascaris lumbricoides, gamma irradiation, destruction.

★ This paper appeared in *Radiation Physics and Chemistry*, 65(2002)277-279.

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

technique. Results for both methods were in good agreement. Dynamics effect of the photo - neutron source on reactor response to reactivity insertions was demonstrated. Photo - neutron source existence due to beryllium reflector was realized.

Key Words

MNSR reactor, photo neutrons, reactor dynamics, neutron activation analysis.

* This paper appeared in *Annals of Nuclear Energy*, Vol. 29, issue 11, pages, 1365 - 1371, 2002.

EVALUATION OF TRACE - ELEMENT POLLUTION IN BARADA RIVER ENVIRONMENT BY INSTRUMENTAL NEUTRON ACTIVATION ANALYSIS*

I. KHAMIS. M.S. Al-MASRI, A. SARHEEL, N. Al-SOMEL

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

ABSTRACT

The impact of tanning and electroplating industry on the eastern part of Barada River environment has been evaluated. Sediment, soil and plant samples were collected from nine sites at the river near the eastern industrial complex during 1999. Results of instrumental neutron activation analysis have shown high levels of Cr in sediment collected near the tanning factories; the highest value obtained being 2692 ppm. In addition, relatively high levels of Cr were also found in the agriculture soil collected near the riverbank in the industrial complex; Cr concentrations varied between 77 ppm and 327 ppm. However, Cr concentrations in plant leaves grown at riverbank were found low and this due to strong bounding of Cr to soil. Other trace metals such as copper and nickel were also high in sediment samples. The highest concentration of copper was about 4000 ppm, which is much higher than the natural levels; electroplating shops are the main source of this element in the area. Furthermore, concentrations of the studied trace metals have decreased as the sampling site distance became far from the industrial complex. In general, other trace elements were found to be at low concentrations, but the obtained data can be used as a baseline for future monitoring.

Key Words

trace elements, Barada river, contamination, instrumental neutron activation analysis (INAA).

* This paper appeared in *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, Vol. 251, No. 2(2002) 227 - 231.

CHANGES OF WASHING WATER DURING DEBITTERING AND THE BRINE DURING STORAGE OF IRRADIATED OLIVE FRUITS (OLEA EUROPEA.l.)*

M. AL-BACHIR

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

ABSTRACT

Olive fruits (Olea europea. var. Surrany) treated with 0, 1, 2, and 3 kGy of gamma irradiation were debittered in distilled water for 8 days and stored in brine for 12 months at room temperature. Total dissolved and inorganic dissolved solids, Na, K, Ca, electric conductivity (EC) and pH values were evaluated in washing wastewater (daily), and in brine (after 6 and 12 months). The results showed that gamma irradiation increased the total and inorganic

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

A ROARING CONFLAGRATION*

J. GRIFFITHS
Professor of combustion chemistry, University of Leeds

ABSTRACT

Whether you want to fly around the world, drive to the shops or simply keep warm, you'll need to start a fire. But making the most of combustion isn't easy. How do we get the maximum energy out of the fuels that we burn? And how we try eleminate the pollution that combustion creates?

Key Words

combustion, pollution, diffusion flame, premixed flame, pollutants, aromatic hydrocarbons, zeldovich mecanism, polymerisation, fullerenes, catalytic conversion, fluorescence spectroscopy, Raman spectroscopy, microgravity, engine knock, staged combustion.

* This article appeared in *New Scientist*, 8 December 2001. It has been translated into Arabic by Editorial Board, Atomic Energy Commission of Syria.

SEEING WITH SEISMICS*

S. BOWLER
Editor for Geoscientist, West Yorkshire, London.

ABSTRACT

If you want to explore rocks far below the surface of the Earth - whether it's in search of oil, or minerals or just for interest - you will need access to a range of detectable vibrations, some sensitive systems to pick them up and a lot of computer power to sort out the mass of information that you are likely to gather.

Key Words

seismology, seismics, outcrops, seismic waves, seismometers, acoustic impedance, tomography, mantle, regional subsidence, subduction zone.

* This article appeared in *New Scientist*, 10 November 2001. It has been translated into Arabic by Editorial Board, Atomic Energy Commission of Syria.

PAPERS

EVALUATION OF THE PHOTO - NEUTRON SOURCE IN THE SYRIAN MINIATURE NEUTRON SOURCE REACTOR*

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

ABSTRACT

Direct photo-neutron source strength was dynamically evaluated for the miniature neutron source reactor (MNSR) in subcritical condition. Two different static methods were applied for comparison. In addition, measurement of the photo -neutron source was made using neutron flux monitors and neutron activation analysis

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

ABSTRACTS OF THE SUBJECTS PUBLISHED IN THIS ISSUE

ARTICLES

SEMICONDUCTOR MICROCAVITIES: HALF LIGHT, HALF MATTER*

J. J. BAUMBERG
Department of Physics and Astronomy and the Department of Electronics and Computer Science, University of Southampton, Southampton, UK.

ABSTRACT

Quantum wells sandwiched tightly between two mirrors can be used to make a new type of laser that can amplify light more than any other known material.

Key Words

microcavity, polariton, stimulated scattering, plaser, polariton condensate, exciton.

* This article appeared in *Physics World*, March 2002. It has been translated into Arabic by Editorial Board, Atomic Energy Commission of Syria.

THE ORIGIN OF NEUTRINO MASS*

H. MURAYAMA
Department of Physics, University of California

ABSTRACT

New expermental data, which show that neutrinos have mass, are forcing theorists to revise the Standard Model of particle physics.

Key Words

neutrino mass, decay, oscillation, handedness, standard Model.

* This article appeared in *Physics World*, May 2002. It has been translated into Arabic by Editorial Board, Atomic Energy Commission of Syria.

SPINTRONICS*

D. GRUNDLER
Institut für Angewandte Physik, University of Hamburg, Germany.

ABSTRACT

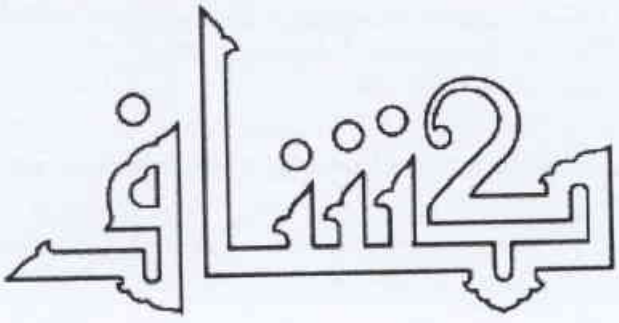
Devices that exploit the spin of the electron promise to revolutionize microelectronics once polarized electrons can be injected efficiently into semiconductors at room temperature.

Key Words

spintronics, spin transistor, spin injection, spin state, semiconductor, Hall sensor.

* This article appeared in *Physics World*, April 2002. It has been translated into Arabic by Editorial Board, Atomic Energy Commission of Syria.

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



2002

باب المقالات

	العدد	الصفحة
في المجال الفيزيائي		
1) تسخين سريع ليلازما ذات كثافة فوق عالية كخطوة نحو إشعال اندماج بالليزر – *ر. كوداما وآخرون – ترجمة هيئة التحرير*	77	14
2) السبل الثلاثة لاستخدام الطاقة الشمسية – *ف. ملبرانش، ا. ديودونّه – ترجمة هيئة التحرير*	77	19
3) نسائق الخلايا الشمسية الفولطضوئية من السليسيوم البلّوري إلى الطبقات الرقيقة – *ك. جوستو وآخرون – ترجمة هيئة التحرير*	77	24
4) أنماط الانشطار النووي ولاتناظرات كتل الشظايا في فضاء التشوه خماسي الأبعاد – *ب. مولّر وآخرون – ترجمة هيئة التحرير*	78	15
5) ليزرات الإلكترونات الحرّة: الوضع والتطبيقات – *ب. ج. أوشيا، هـ ب. فروند – ترجمة هيئة التحرير*	78	23
6) المنظومات الفولطضوئية – ب. بولانجيه، د.ديتر – ترجمة هيئة التحرير	78	31
7) إعادة كتابة قوانين الضوئيات – *ب. رودجرز، ف.جاميسون – ترجمة هيئة التحرير*	81	7
8) قهر حدّ الانعراج – *ف. ساندوغدار – ترجمة هيئة التحرير*	81	9
9) ترويض الضوء بالذرّات الباردة – *ل. فيسترغارد هاو – ترجمة هيئة التحرير*	81	16
10) من كيمياء الفمتو إلى فيزياء الأتو – *ف. كراوسز – ترجمة هيئة التحرير*	81	23
11) مواد الكهرطيسية تدخل عصر السلبية – ج. *بندري – ترجمة هيئة التحرير*	81	29
12) حدود جديدة في مجال الناقلية الفائقة – *ف. جاميسون – ترجمة هيئة التحرير*	82	7
13) ثنائي بوريد المغنيزيوم: بعد سنة من اكتشاف ناقليته الفائقة – *بول س. كانفيلد، سرجي ل. بدكو – ترجمة هيئة التحرير*	82	9
14) النواقل الفائقة تتجه نحو المواد العضوية – ج. *سنغلتون، ت. مايلك – ترجمة هيئة التحرير*	82	16
15) النواقل الفائقة المغنطيسيّة الحديديّة – ج. *فلوكيه، أ. بوزدين – ترجمة هيئة التحرير*	82	22
في المجال البيولوجي		
1) فرط الكولسترولية ذات الصفة الصبغية المتنحية الناجمة عن طفرات فيما يُفترض بأنه بروتين مهايىء لمستقبل LDL – *س.ك. غارسيا وآخرون – ترجمة هيئة التحرير*	77	7
2) اليورانيوم المستنفد وسرطان الرئة وابيضاض الدم المحرّضان بالإشعاع – *ر.ف. مولد – ترجمة مكتب الترجمة والتأليف والنشر*	78	7
3) بيانات نووية من أجل استخدامات طبية: مسح عام – *س.م كايم – ترجمة هيئة التحرير*	79	7
4) تصوير وظيفي في الحي بتقنيتي التصوير المقطعي الطبقي SPECT و PET – *هـ. هيرتسوغ – ترجمة هيئة التحرير*	79	16
5) بيانات نووية ذات صلة بإنتاج واستخدام نكليدات مشعة تشخيصية – *س. م. كايم – ترجمة هيئة التحرير*	79	31
6) عرض لتطبيقات مقياسية جرعة الإشعاع باستخدام كود مونتي كارلو MCNP – *تيموثي د. سولبرغ وآخرون – ترجمة هيئة التحرير*	80	7
7) معالجة السرطان باستخدام النظيرين Bi-213 و Ac-225 في مداواة مناعية إشعاعية – *ك. أبوستوليدس وآخرون – ترجمة هيئة التحرير*	80	29
8) تناول جذاذة سليكون يومياً: هل سيبعد عنا الطبيب؟ – *ليغ كانهام، روجر آستون – ترجمة هيئة التحرير*	80	35

باب الأخبار المتفرقة

في المجال الفيزيائي		
1) الضوء ينحرف بطريقة غير مألوفة	77	33
2) تخزين الكهرباء: البطاريات	77	34
3) برّادات نصف ناقلة تأخذ شكلها	77	39
4) الخـلاء	77	41

	العدد	الصفحة
5) تفرّع أثر هول الكمومي	77	48
6) البروتونيات الواعدة	77	50
7) الاقتراب من ليزرات الماس	78	37
8) إلكترونات وسوائل	78	40
9) الإلكترونات الملوّنة تحل لغز المغنطيسية الحديدية	78	41
10) أسلوب سريع للوصول إلى طاقة الاندماج	78	45
11) الأنابيب النانوية تصبح قذفية	78	50
12) ليزر نانوي فوق بنفسجي	79	44
13) أين اختفت المادة المضادة كلها؟	79	44
14) تعطّل كاشف النترينو الياباني بفعل موجة صدم	79	47
15) ما الذي حدث بـ B و C و S ؟	79	48
16) الجسيمات المنساقة إلى الانعراج	79	50
17) الأتوفيزياء التجريبية تبلغ سن الرشد	79	52
18) رؤية جديدة للعبور النفقي المغنطيسي	79	53
19) بلّورات فيغنر التقليدية تستمر في الحركة	79	55
20) أنصاف النواقل تصبح باردة	79	57
21) القوة الشديدة بازدياد	80	43
22) التبديل السريع لأشعة X-	80	45
23) مسارات جديدة بغية التوصل إلى النظرية النهائية	80	50
24) التصادمات تتحسّس البرودة	80	52
25) فيزياء كرة القدم	80	53
26) الأصغر هو الأبرد	81	36
27) بزوغ فيزياء جديدة	81	38
28) ضوء يعمي البصر	81	40
29) البوزترونات تكشف تفاصيل السطوح	81	47
30) البلّورات السائلة	82	30
31) الكيوبتات فائقة الناقلية – عقبة رئيسة، هل تمّ تذليلها؟	82	33
32) النسبيّة – معالجة خاصة	82	35
33) ضمان سرّية الاتصالات	82	38
34) المغنطيسيّة تحت المجهر	82	39
35) المكتشف الحقيقي لقانون الانكسار في الضوء "ابن سهل"	82	40

في المجال الكيميائي

1) طرائق حرارية لتحلية المياه المالحة بمردود عالٍ	77	52
2) النيكل يسبر الناقلية الفائقة	78	38
3) الرواية المعقّدة للهدروجين	78	52
4) مغنطيس مصنوع من الكربون	79	46
5) التوجه نحو الذهب	80	42
6) إدخال المعادن في البوليميرات	80	46
7) مفعول الضوء مع الماء	80	49
8) طبقة الغلاف الأيوني العالية فوق الأرض	82	36

في المجال البيئي

1) اليورانيوم المستنفد	78	47

في المجال البيولوجي

1) رباعية الكولسترول	77	45
2) اللغة السرّية للخلايا	81	42

في المجال الجيولوجي

1) نشوء الأكسجين الجوي	78	42

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

باب ورقات البحوث

	العدد	الصفحة
في المجال الفيزيائي		
1) أمثلة زمن نقل العيّنات لنظام التحليل بالتنشيط النتروني المتكرر لكشف العناصر الأثر – ***د. إبراهيم خميس وآخرون***	77	57
2) الخواص الحرارية الإحصائية للمادة النووية والتحول الطوري النووي سائل – غاز – ***د. سامي حداد***	78	56
3) تأثير الجهود العالية على استجابة كاشف GEM بمرحلتين – ***د. جمال الدين عساف***	78	61
4) النمذجة الرياضية للّيزر CO_2 النبضي الهجين – ***د. بشار عبد الغني وآخرون***	79	68
5) محاكاة عدم الاستقرار الترموهدروليكي في مفاعلات البحث عالية التدفق باستخدام الكود ATHLET – ***د. علي حيدر، أندرياس شافرات***	80	60
6) طريقة جديدة لتعيين لاتناحي المقاومية في المركبات المتطبّقة ذات الناقلية الفائقة – ***د. عادل نادر***	81	50
7) توليد المدروج الثاني في دليل الموجة المشكّل على بلّورة جرمانات البزموت المطعّمة بعنصر ترابي نادر – ***د. عبد القادر جزماتي وآخرون***	81	54
8) بقع أنودية في انفراغ توهجي لمزيج هليوم – نيون – ***د. شريف الحواط***	81	63
9) ملاحظات هامة حول التحديد الأمثل لثخانات الجدران المتبقية للأنابيب المعزولة بالتصوير الشعاعي المماسي – ***د. وفيق حرارة***	82	72
في المجال الكيميائي		
1) خفض محتوى الفلور في حمض الفسفور التجاري السوري باستعمال السليكاجيل بثلاثة شروط مختلفة – ***ريم بيضون وآخرون***	78	67
2) دراسة مصدر عيّنات سيراميك أثرية من موقع مار تقلا (عين منين/سورية) بطريقة الفَلْورة بأشعة X باستخدام نظير مشع – ***د. إلياس حنا بكرجي وآخرون***	79	74
3) تشكيل مركب خشب – بلاستيك من أنواع أشجار سورية بالتحريض بأشعة غاما – ***د. إلياس حنا بكرجي وآخرون***	79	77
4) تطبيق التحليل الآلي بالتنشيط النتروني وطرائق الإحصاء المتعدّدة المتغيرات على عيّنات سيراميك أثرية سورية – ***د. إلياس حنا بكرجي وآخرون***	81	58
5) التعيين المباشر لليورانيوم في الطور العضوي D2EHPA-TOPO بتقانة أشعة–X المتفلورة – ***د. جمال سطاس، د. رفعت المرعي، جهاد الدين قرجو***	82	76
في المجال البيئي		
1) انتشار الرادون من خلال سماكات مختلفة من الإسمنت – ***د. صلاح الدين تكريتي وآخرون***	77	60
2) محطة مناخية محمولة مع نظام مراقبة الإشعاع النووي باستخدام المعالج التحكمي المكروي "BASIC-8052" – ***د. علي أحمد وآخرون***	79	60
3) أثر فعاليات تحميل الفسفات على البيئة البحرية القريبة: الشاطىء السوري – ***د. محمد سعيد المصري***	80	69
4) تركيز العناصر في المياه الجوفية للمنطقة الفسفاتية الشرقية وللمنطقة البركانية الجنوبية في سورية – ***د. أسامة حسنية، د. محمد غفر، د. عبد الرحمن عبد الهادي***	82	50
في المجال البيولوجي		
1) الاختلافات الوراثية داخل أهم الأصناف القديمة والحديثة من القمح الرباعي والسداسي باستخدام طريقتي الرحلان الكهربائي A-PAGE و SDS-PAGE – ***د. نزار مير علي***	77	65
في المجال الزراعي		
1) تقييم التوازن المعدني في بذار الشعير المشعّة والمستنبتة على بيئة ملحية – ***د. طريف شربجي وآخرون***	77	74
2) تقييم بعض طفرات الثوم المقاومة لمرض العفن الأبيض باستخدام تقانة RAPD – ***عماد النابلسي وآخرون***	77	77
3) التقدير الكمّي في الزجاج لإصابة السويقة تحت التاجية Subcrown internodes في الشعير بمرض عفن الجذور الشائع Common root rot – ***د. محمد عماد الدين عرابي، م. محمد جوهر***	77	83
4) التغيّرات الفصلية في محتوى أوراق النغث الشرقي والحور الأسود من الآزوت، وتثبيت الآزوت الجوي في أنواع من النغث الخارجية المصدر، في سورية – ***د. فواز كرد علي***	78	78
5) تطور أبعاد وحجم الخصى، وعلاقتها بالعمر، ووزن الجسم وحجم الآباء في حملان ذكور العواس النامية – ***د. سليمان سلهب وآخرون***	79	81

	العدد	الصفحة
6) تثبيت الآزوت الجوي في الحمص: تأثير الهدروكينون كمثبط لليوريز على ثبات الإغناء بالنظير ^{15}N – د. *فواز كرد علي*	80	74
7) تراكيز هرمون البروجستيرون في مصل الدم بوساطة المقايسة المناعية الإشعاعية خلال دورة الشبق عند إناث الماعز الشامي المحلي – د. *معتز زرقاوي، أحمد سكوتي*	81	72
8) أداء محصول القطن المزروع تحت ظروف الري السطحي والري التسميدي بالتنقيط: I . إنتاج القطن المحبحب، والمادة الجافة والمواصفات التكنولوجية لألياف القطن – د. *مصدّق جانات، د. جورج صومي*	82	57
9) أداء محصول القطن المزروع تحت ظروف الري السطحي والري التسميدي بالتنقيط: II. الكفاءة الحقلية لمياه الري وتوزيع المادة الجافة – د. *مصدّق جانات، د. جورج صومي*	82	63
10) استخدام المقايسة المناعية الإشعاعية لقياس مستويات هرمون البروجستيرون خلال مراحل مختلفة عند إناث الماعز الشامي – د. *معتز زرقاوي، د. محمد راتب المصري*	82	69
في المجال الجيولوجي		
1) تحرّي الخواص الكهربائية للطبقات الفسفاتية الإشعاعية في مناجم الشرقية – سورية – د. *جمال أصفهاني، رندة محمد*	81	70
2) تقنية البرمجة غير الخطية لتفسير شذوذات الكمون الذاتي – د. *جمال أصفهاني، د. محمد طلاس*	82	45

باب التقارير العلمية

في المجال الفيزيائي		
1) دراسة مميزات نبضة خرج ليزر بخار النحاس – د. *محمد درغام زيدان وآخرون*	77	89
2) دراسة وقياس مركّبات الضجيج لمضخم أولي للشحنة – د. *جمال الدين عساف*	77	90
3) تطوير الكود الهدروحراري HYDMN بما يلائم حالة المفاعل MNSR المستقرة – د. *محمد البرهوم، سلمان محمد*	78	87
4) تعديل الكود EXTERMINATOR-2 واستثماره على الحاسوب الشخصي – د. *محمد البرهوم، سلمان محمد، ياسر كاملة*	79	90
5) دراسة تأثير الحقل الكهربائي على معدّلات الأسر للعيوب العميقة في عيّنات في فُسفيد الأنديوم من النوع p – د. *رامي درويش، د. محمد خير صبرة*	81	83
6) تأثير إسهام السويات الطاقية العليا على مميزات نبضة الخرج في ليزر CO_2 – د. *بشار عبد الغني، مصطفى حمادي*	82	83
7) تحديد الاهتراءات والترسبات في الأنابيب بالتصوير الشعاعي – د. *وفيق حرارة*	82	85
في المجال الكيميائي		
1) إنتاج كربونات الأمونيوم المستخدمة في تعرية المذيب Dehpa/Topo من اليورانيوم بواسطة غازي النشادر وثاني أكسيد الكربون – د. *سعد الدين خرفان وآخرون*	77	92
2) تأثير بعض الأوساط الحمضية على استخلاص اليورانيوم بواسطة فسفات ثلاثي البوتيل وثلاثي دوديسيل أمين – د. *جمال سطاس*	78	90
3) إزاحة الكادميوم من حمض الفسفور بواسطة الاستخلاص سائل – سائل بمذيب الـ TOPO في الكيروسين – د. *سعد الدين خرفان*	79	97
4) دراسة حاسوبية لمعقّدات اليورانيوم في أوساط حمض الفسفور – د. *جمال سطاس، د. محمد غفر*	81	84
5) دراسة التعرية الانتقائية لليورانيوم من المذيب المشحون 0.3 M D2EHPA + 0.075 M TOPO/kerosene في الدورة الثانية للاستخلاص – د. *جمال سطاس، حبيب شلويط، عجاج دحدوح، د. سعد الدين خرفان*	82	84
في المجال البيئي		
1) تعيين بعض العناصر الأثر والنكليدات المشعّة الطبيعية في بيئة بحيرة مزيريب – د. *محمد النعمة وآخرون*	77	98
2) توزع النظير ^{137}Cs في العيّنات الإسمنتية بعد التصلب وأثر الغسل – د. *صلاح الدين تكريتي، أحمد فارس علي*	79	88

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

	العدد	الصفحة
3) إعداد نظام استعلام مناخي – ***د. عماد خضير، محمد موفق نصري***	79	93
4) دراسة بعض الطحالب البحرية المنتشرة على الشاطىء السوري كيميائياً وإشعاعياً – ***د.محمد سعيد المصري، سامر ماميش، يوسف بدير***	81	86
5) محاكاة توهين أشعة X باستخدام الكود MCNP وحساب المكافىءالرصاصي لبلوك البناء السوري – ***د. حازم سومان، د. محمد حسان خريطة***	81	87
6) دراسة العناصر الثقيلة في البيئة وتأثيراتها في الإنسان – ***بارعة قجيجان، د. محمد العودات***	81	91
في المجال البيولوجي		
1) قياس الجرعة الإشعاعية بيولوجياً بتقانة تحليل الصيغة الصبغية في لمفاويات الدم المحيطي البشري (منحنى جرعة – أثر) – ***د. وليد الأشقر***	78	91
2) دراسة العوامل المؤثرة في إنتاج الكالوس والبروتوبلاست وتجديد النباتات من مزارع الثوم النسيجية – ***د. بسام الصفدي، عماد النابلسي***	78	92
3) الاستجابات المناعية في غياب الخمج – ***بتول جزائري، د. أحمد عثمان***	81	89
4) تأثير العوامل البيئية على حيوية فراشة ثمار التفاح Cydia pomonella (L.) المعقمة باستعمال أشعة غاما – ***فاطر محمد ، د. محمد منصور***	82	89
5) دراسة الصيغة الصبغية للكريات الحمر المنوّاة لحديثي الولادة – ***محمد راتب شيان، سهير الميداني، د. وليد الأشقر***	82	91
في المجال الزراعي		
1) تقييم بعض المواد العلفية غير التقليدية للمجترات في الزجاج والعلاقة بين الغاز المنتج ومعامل الهضم والكتلة الحيوية المكروبية – ***د. محمد راتب المصري***	78	94
2) تأثير مستويات مختلفة من ملوحة مياه الري على نمو وتشكّل العقد الجذرية وكفاءة تثبيت الآزوت الجوي في نبات السيسبان Sesbania Aculeata Pers، وعلى نمو نبات عباد الشمس Helianthus annuus L باستخدام تقانة ^{15}N– ***د. فواز كرد علي، فريد العين***	79	86
3) معامل الهضم والقيمة الطاقية لبعض المخلّفات الزراعية نتيجة تأثير أشعة غاما والمعاملات الكيميائية – ***د. محمد راتب المصري***	79	99
4) تقدير الكفاءة التثبيتية للآزوت الجوي في زراعة مختلطة من السيسبان – Sesbania aculeata وذرة السورغوم العلفية Sorghum باستعمال تقانة الآزوت ^{15}N، 1: دراسة حقلية في ظروف غير مالحة – ***د. فواز كرد علي، د. خلف خليفة، د. مصدّق جانات***	79	101
5) تأثير المعالجة بأشعة غاما على الحمولة المكروبية والخصائص النوعية للعرق سوس (Glycyrrhiza glabra L.) ***د. محفوظ البشير، د. جورج لحام***	80	87
6) القيمة الغذائية لنبات السيسبان (Sesbania aculeata) وتأثيره على الأداء التناسلي عند إناث الماعز الشامي – ***د. معتز زرقاوي، د. محمد راتب المصري، د. خلف خليفة***	80	89
7) تأثير إضافة الفسفوجبسوم إلى التربة في نمو وإنتاج بعض المحاصيل الزراعية الهامة وفي انتقال العناصر المشعة والنادرة والفلور إليها – ***د. محمد راتب المصري، د. نجم الدين شرابي، م. سلوى كناكري***	80	91
8) تأثير أشعة غاما على قابلية تخزين الجوز السوري – ***د. محفوظ البشير***	82	87
في المجال الجيولوجي		
1) تطبيق تقنية النظائر البيئية في دراسة هدروجيولوجية الحوامل المائية لحوض اليرموك – ***د. عبد الرحمن شريدة***	77	99
2) النشاط الإشعاعي وجيوكيمياء عناصر الأثر والرادون للفلزات الثقيلة الناتجة عن تجوية المعقّد الأوفيوليتي شمال غرب سورية – ***بسام قطاع وآخرون***	77	101
3) دراسة خلية ليثولوجية صنعية لحجز النورم النفطي المطروح بجوار حقول النفط السورية – ***محسن علي موسى***	79	102
4) رصد الهزّات الأرضية الصغيرة في محافظة اللاذقية – ***د. مظهر بايرلي، محمد رضا سيناتي، رياض الدراوشة، د. يانس ماكريس، د. يورك شتيكر***	80	83
5) تطبيق تقنية النظائر في دراسة مصادر تغذية المياه الجوفية وملوحتها في منطقة الرصافة (حوض الفرات الأوسط – الضفة الشامية) – ***د. عبد الرحمن شريدة***	80	86
6) استخدام المعطيات الهدروكيميائية والنظائر البيئية في دراسة الحوامل المائية الكارستية في المنطقة الساحلية (سورية) – ***د. عبد الرحمن قاسم***	82	92

باب الكتب الحديثة

	العدد	الصفحة
1) البحث عن مصادر الأضواء الشمالية: كيف يضحّي الإنسان بالحب والسعادة والصحة في سبيل حلّ أسرار الفضاء (تأليف: ل. جاكو) (عرض وتحليل: ر. سميث)	77	106
2) علم البيولوجيا الجزيئية المحوسبة: مقدمة (تأليف: ب. كولت، ر. باكوفن) (عرض وتحليل: ف. روشمان)	77	107
– مقدمة في علم المعلوماتية البيولوجية (تأليف: ت. ك. أتوود، د.ج. باري-سميث) (عرض وتحليل: ف. روشمان)		
3) كتاب العلوم. (تأليف: ب. تالاك) (عرض وتحليل: ف. بالكول)	78	99
4) تاريخ الكتابة. (تأليف: س. روجر فشر) (عرض وتحليل: م. بوب)	78	100
5) فيزياء مكاشيف الجسيمات (تأليف: د. غرين) (عرض وتحليل: شلدون ل. ستون)	79	106
6) مدخل إلى الدينامية اللاخطية التجريبية: دراسة حالة في الاهتزازات الميكانيكية (تأليف: لورنس ن. فيرجن) (عرض وتحليل: فرنسيس س. مون)	79	107
7) ذروة هوبرت: النقص في كمية النفط العالمي على وشك الحدوث (تأليف: كينيث س. ديفييس) (عرض وتحليل: ستيوارت يونغ)	80	94
8) الميغاواطات والميغاأطنان: نقطة تحول في العصر النووي ؟ (تأليف: ريتشارد ل. غاروين و ج. شارباك) (عرض وتحليل: ستيوارت يونغ)	80	94
9) طاقة الغد: الهدروجين، الخلايا الوقودية والتوقعات بشأن كوكب أنظف (تأليف: بيتر هوفمان) (عرض وتحليل: ستيوارت يونغ)	80	94
10) مختصر تاريخ العلوم: كما يُرى من خلال تطور الأدوات العلمية (تأليف: توماس كرمب) (عرض وتحليل: كيفن جونسون)	80	96
11) سحر الكواركات الغريبة: أسرار فيزياء الجسيمات وتطوراتها الجذرية (تأليف: ر.م. بارنيت، هـ. موهري، هـ. كوين) (عرض وتحليل: م. لوكو، ت. ج. دِفلين)	81	95
12) أمواج في بلازمات الفضاء المغبرّ (تأليف: ف. فيرهيست) (عرض وتحليل: د. وينسكي)	81	96
13) تكاثف بوز-آينشتاين للإكسيتونات والإكسيتونات الثنائية والبصريات اللاخطية المترابطة ذات الإكسيتونات (تأليف: س. أ. موسكالنكو، د. و. سنوك) (عرض وتحليل: ك. برنيت)	82	96
14) علم الضوء: الفيزياء والفنون البصرية (تأليف: ت.د. روسينغ- س. ج.شيفارينا) (عرض وتحليل: هـ. ستروك)	82	97

أسرة مجلة عالم الذرّة تهنئ قراءها الكرام
بحلول العام الجديد

كل عام وأنتم بخير

☐ COSEISMIC DISPLACEMENTS ALONG THE SERGHAYA FAULT: AN ACTIVE BRANCH OF THE DEAD SEA FAULT SYSTEM IN SYRIA AND LEBANON ..... M. BARAZANGI, et al. 78

REPORTS (Unpublished works of the Syrian A. E. C. Staff)

☐ DETERMINATION OF ISOTOPIC SHIFT FOR SOME COMPOUNDS HAVING STABLE ISOTOPIC COMPOSITION USING FTIR TECHNIQUE ..... A. W. ALLAF, M. D.ZAIDAN 84

☐ PHANTOM DESIGN FOR X-RAY DIAGNOSTIC RADIOLOGY QUALITY CONTROL ..... H. KHRITA, O. ANJAK, KH. WALI 86

☐ EFFECT OF GAMMA IRRADIATION ON BALADI CHEESE ..... M. AL-BACHIR, S. FARAH .. 88

☐ IN VITRO EVALUATION OF SALT TOLERANCE IN SOME LOCAL GRAPEVINE VARIETIES ..... T. CHARBAJI, Z. AYYOUBI 89

☐ USING GLASS AS A SHIELDING MATERIAL ..... S. YOUSEF 91

☐ PRODUCTIVE PERFORMANCE OF BROILER CHICKS FED RATIONS CONTAINING IRRADIATED MEAT-BONE MEAL ..... AL-MASRI M.R. 92

SELECTED NEW BOOKS (Review and analysis)

☐ CLEAN ELECTRICITY FROM PHOTOVOLTAICS ..... BY: MARY D. ARCHER & ROBERT HILL 97
OVERVIEW & ANALYSIS: R. CORKISH

☐ METHODS OF X-RAY AND NEUTRON SCATTERING IN POLYMER SCIENCE ..... BY: RYONG-JOON ROE 98
OVERVIEW & ANALYSIS: C. J. GLINKA

ABSTRACTS OF THE SUBJECTS PUBLISHED IN THIS ISSUE IN ENGLISH 108

2002 SUBJECT INDEX 111

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

CONTENTS

ARTICLES

☐ SEMICONDUCTOR MICROCAVITIES: HALF LIGHT, HALF MATTER . . . . . J. J. BAUMBERG 7

☐ THE ORIGIN OF NEUTRINO MASS . . . . . H. MURAYAMA 13

☐ SPINTRONICS . . . . . D. GRUNDLER 19

☐ A ROARING CONFLAGRATION . . . . . J. GRIFFITHS 25

☐ SEEING WITH SEISMICS . . . . . S. BOWLER 31

NEWS

☐ ATOM SMASHER PROBES REALM OF NUCLEAR 'GAS' . . . . . *SCIENCE* 39

☐ MEASURING HUGE MAGNETIC FIELDS . . . . . *NATURE* 39

☐ SUFFOCATING TREES . . . . . *NEW SCIENTIST* 40

☐ LASERS TUNE IN TO LIQUID CRYSTALS . . . . . *PHYSICS WORLD* 41

☐ COLD POSITRONS SUPPORT THE ANNIHILATION THEORY . . . . *PHYSICS WORLD* 42

☐ SUFFER THE CHILDREN . . . . . *PHYSICS WORLD* 43

☐ THE BATTERY: NOT YET A TERMINAL CASE . . . . . *PHYSICS WORLD* 44

☐ FINDING NEW WAYS TO PROTECT DROUGHT-STRICKEN PLANTS . . . . . *SCIENCE* 47

☐ RADIATION BUDGET IS CALLED TO ACCOUNT . . . . . *PHYSICS WORLD* 50

PAPERS (Published worldwide by the Syrian A. E. C. Staff)

☐ EVALUATION OF THE PHOTO - NEUTRON SOURCE IN THE SYRIAN MINIATURE NEUTRON SOURCE REACTOR . . . . . I. KHAMIS 54

☐ EVALUATION OF TRACE - ELEMENT POLLUTION IN BARADA RIVER ENVIRONMENT BY INSTRUMENTAL NEUTRON ACTIVATION ANALYSIS . . . . . I. KHAMIS. M.S. Al-MASRI, A. SARHEEL, N. Al-SOMEL . . . 58

☐ CHANGES OF WASHING WATER DURING DEBITTERING AND THE BRINE DURING STORAGE OF IRRADIATED OLIVE FRUITS (OLEA EUROPEA.l.) . . . . . M. AL-BACHIR 62

☐ SEDIMENTATION RATES AND POLLUTION HISTORY OF A DRIED LAKE: AL-OTEIBEH LAKE . . . . . M. S. AL-MASRI, A. ABA, H. KHALIL, Z. AL-HARES 68

☐ THE MORPHOLOGICAL CHANGES OF ASCARIS LUMBRICOIDES OVA IN SEWAGE SLUDGE WATER TREATED BY GAMMA IRRADIATION . . . . . M. SHAMMA, M.A. AL-ADAWI 76

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

Notice: Scientific matters and different inquiries; subscriptions, address changes, advertisements and single copy orders, should be addressed to the journal's address:
Damascus, P.O. Box 6091 Phone 6111926/7, Fax 6112289, Cable; TAKA.

Subscription rates, including first class postage charges: a) Individuals *$ 30 for one year*
b) Establishments *$ 60 for one year*
c) For one issue *$ 6*

It is preferable to transfer the requested amount to:
The Commercial Bank of Syria N-13 P.O. Box 16005 Damascus-Syria account N-3012\2
**Cheques may also be sent directly to the journal's address.*

The views expressed in any signed article in this journal do not necessarily represent those of the AEC of Syria, and the commission accepts no responsibility for them.

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

AALAM AL-ZARRA

JOURNAL OF THE ATOMIC ENERGY COMMISSION OF SYRIA

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.

N° 83 18th Year JANUARY/FEBRUARY 2003

Managing Editor

Dr. Ibrahim Othman

Director General of A. E. C. S.

Editorial Board

Dr. Tawfik Kassam *(Editor In-Chief)*

Dr. Mohammed Ka'aka ***Dr. Fouad Al-Ijel***

Dr. Ahmad Haj Said ***Dr. M. Fouad Al-Rabbat***

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