عالم الذرّة

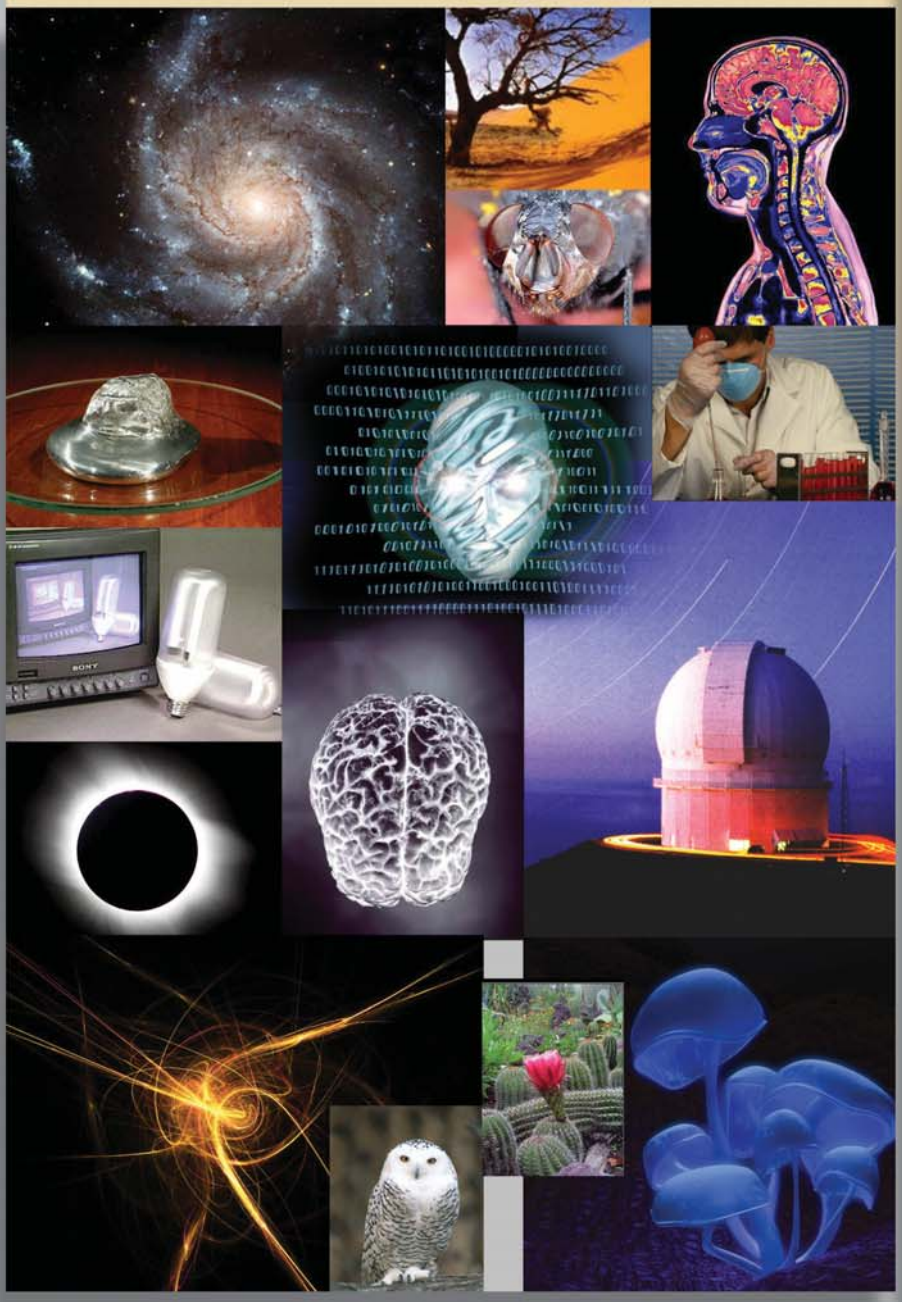
مجلة هيئة الطاقة الذرّية السورية

NO.109

مجلة عالم الذرّة

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

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



المدير المسؤول

الدكتور إبراهيم عثمان

المدير العام لهيئة الطاقة الذرّية

هيئة التحرير

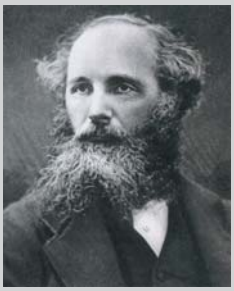
الدكتور عادل حرفوش

الدكتور زياد القطب

المحتويات

المقالات

5 **جيمس كلارك مكسويل: قوة للفيزياء**



أجرى جيمس كلارك مكسويل، الذي ولد قبل 175 عاماً، أول توحيد شامل لقوى الطبيعة. ويفحص فرانسيس إيفريت المساهمات الهائلة لهذا الفيزيائي الرياضياتي الأعظم منذ نيوتن.

ف. إيفريت

13 **ثورة في استخدام البتّات**

تُحوّل الإنترنت طريقة تبليغ الفيزيائيين عن اكتشافاتهم وطريقة تواصلهم بعضهم مع بعض. يبدأ م. تشالمرز M. Chalmers هذا العدد الخاص حول مستقبل النشر في الفيزياء بتبيان أننا قد بدأنا للتوّ فقط بالاستفادة من قدرات الشبكة the Web.

م. تشالمرز

18 **هل تتحدث إليّ؟**

من المعروف عن الفوتونات أنها ذات نزعة انفرادية لا تحب الاختلاط بالآخرين، لكنك إذا استطعت أن تجعلها تتحادث، فإنها تنقلب إلى مادة مصنوعة من الضوء. هذا ما يناقشه مارك بوكانان في هذا المقال.

م. بوكانان

22 **مكاشيف فوتونية فوق حسّاسة من نقاط كمومية مسبوكة من محاليل**

ج. كونستانتاتوس، وآخرون

الأخبار العلمية

27 **عدسات ذكية**

حسب وصف هونغروي جيانغ *H. Jiang* و ليانغ دونغ *L. Dong* يقوم الباحثون بتطوير عدسات يمكنها تغيير طولها البؤري استجابة للتغيّرات في بيئتها.

30 **براعم النمو الخضراء**

الطاقة من الكتلة الحيوية هي فكرة عاد زمنها.

31 **ما الذي نحتاج أن يقوله بعضنا إلى بعض؟**

إن العلاقة بين العلم والجمهور الذي ينجز العلم باسمه تغيّرت على نحو مذهل على مدى الخمسين سنة الماضية. بيرنارد ديكسون B. Dixon الذي ترأس تحرير مجلة نيو سينتست NewScientist خلال بعض أكثر فتراتها اضطراباً، يلتفت إلى الماضي ويكتشف أن أمراً مهماً قد أُغفل خارج المعمعة.

33 **تحصل المادة الخفيّة على قوتها الخفيّة**

35 **صيغة جديدة لتعليم العلوم**

يطور كارل وَيْمَان تقنيات تعليمية جديدة يقول إنها ستعطي الطلاب عقلية خبروية أكبر.

38 **البولونيوم**

إطلالة علمية على حدث

41 **التقانات النووية في الزراعة: آفاق وتطبيقات**

ورقات البحوث

56 التجديد غير المباشر في أنواع الجزر البري النامية في سورية

56 طواعية التوافقية الثالثة للبولي أستيلين بدلالة درجة حرارة السلسلة

57 نتردة زرنيخيد الغاليوم المسامي بواسطة بلازما ECR للأمونيا

57 تطبيق طرق إحصائية متعددة المتغيرات لتصنيف فخاريات أثرية من موقع تل الرماد في سورية، معتمدة على التحليل بالفلورة بأشعة إكس (x-ray)

58 تحضير هلامات من البولي فينيل الكحول الحاوية لحمض الكهرباء أو حمض الليمون باستخدام إشعاع غاما

58 النظائر البيئية في دراسة اجتياح مياه البحر لطبقة المياه الجوفية الساحلية (سورية)

59 العلاقة المتبادلة بين التلطخ البقعي و عفن الجذور الشائع في الشعير

59 وصلة فائقة الناقلية محرّضة بتيار نبضي في تناظر فلوكسونات مصدوع مكانياً

60 التحرّي الجيوكهربائي لتوصيف الشروط الهيدروجيولوجية في إقليم شبه جاف في وادي خناصر – سورية

60 قياس تدفق النترونات السريعة في قناة التشعيع الداخلية لمفاعل البحث منسر

تقارير

61 التعيين المباشر لليورانيوم والعناصر المستخلصة بشكل مشترك في الأطوار العضوية (TDA, TBP, D2EHPA/TOPO) / كيروسين بتقانة TXRF

62 تصميم وتنفيذ نظام تصنيع وتوزيع صيدلانيات ^{67}Ga-Citrate

62 ترسيب طبقات رقيقة من نتريدات الألمنيوم والتيتانيوم (TiN, AlN) على ركازات من الفولاذ الذي لا يصدأ من النوع "SS 304" باستخدام جهاز البلازما المحرقية

63 دليل كتلة الجسم كمؤشر لزيادة الوزن والبدانة عند الإنسان

63 تشخيص فقر الدم المنجلي بتقنية PCR (التفاعل السلسلي البوليميرازي)

64 تقنية تحضير الأغشية الرقيقة بالتغطيس

64 نمذجة حاسوبية لمحطة تحلية تعمل بطريقة التبخير الفجائي المتعدد المراحل

65 تقييم تحمُّل الملوحة عند بعض أصناف القمح القاسية باستخدام طريقة زراعة الأجنة في الزجاج

65 برنامج حاسوبي لمحاكاة ليزر نيوديميوم-زجاج

66 تحطيم مبيد (الكلوربيريفوس) بواسطة الحمأة المنشطة من محطة عدرا

77 ملخصات باللغة الإنكليزية عن الموضوعات المنشورة في هذا العدد

شروط الترجمة والتأليف للنشر في مجلة عالم الذرّة

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

جميع المراسلات توجه إلى العنوان التالي:

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

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

E-mail: tapo@aec.org.sy

ISSN 1607-985X

رسوم الاشتراك السنوي

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

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

ص.ب: 16005، رقم الحساب 2/3012

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

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

سعر العدد الواحد

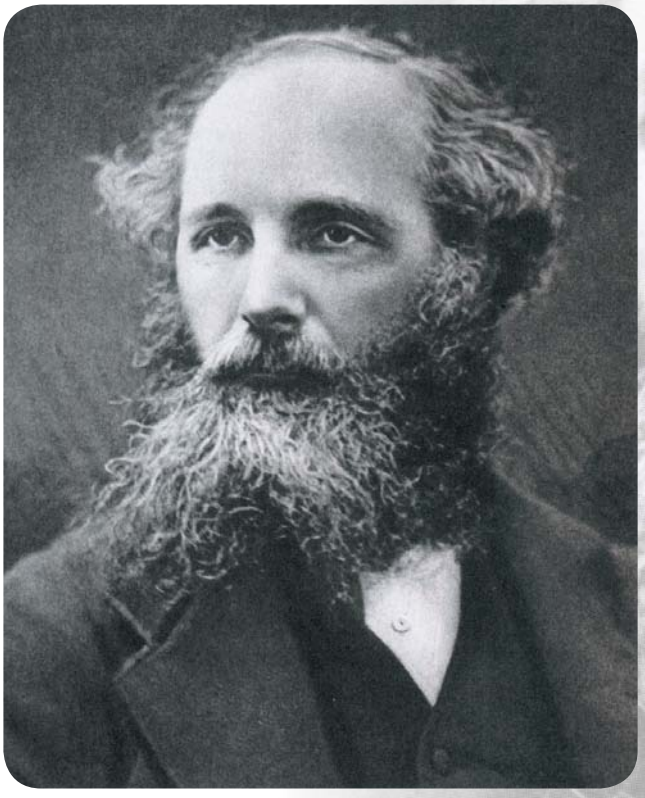
سوريا : 50 ل.س مصـر : 3 جنيهات لبـنان : 3000 ل.ل الجزائر : 100 دينار

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

الإعلانات

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

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



جيمس كلارك مكسويل:
قـــوة للفيزيـــاء

أجرى جيمس كلارك مكسويل، الذي ولد قبل 175 عاماً، أول توحيد شامل لقوى الطبيعة. ويفحص ***فرانسيس إيفريت*** *المساهمات الهائلة لهذا الفيزيائي الرياضياتي الأعظم منذ نيوتن.*

الكلمات المفتاحية
المنافس الأول، خطوط القوة، دوامات جزيئية، كهرطيسية، معادلات اللون، صندوق اللون، امتحان الشرف، متحكم السرعة، الميكانيك الإحصائي، مدة الارتخاء.

مالم يكن المرء شاعراً أو بطل حرب أو نجم روك يكون من الخطأ أن يموت شاباً. إن جيمس كلارك مكسويل –خلافاً لإسحاق نيوتن وألبرت أينشتاين، العملاقين في الفيزياء اللذين وقف معهما– قد وقع في هذا الخطأ، إذ توفي في العام 1879 عن عمر 48 عاماً فقط. ولئن كان الفيزيائيون يحيطون علماً بمكسويل، فإن أغلب الأشخاص غير الفيزيائيين عندما يشغّلون تلفزيوناتهم الملونة أو يستخدمون هواتفهم النقالة قد لا يدركون أنه هو الذي جعل هذه التقانة ممكنة. وفوق كل ذلك، قدم لنا مكسويل في العام 1864 "معادلات مكسويل" التي اعتبرها قراء مجلة Physics World عبر التصويت معادلاتهم المفضلة في جميع الأوقات –والتي جرى منها استنباط الأمواج الراديوية.

لنفرض أن مكسويل عاش عاماً واحداً بعد السبعين، عندها لا بد أن يكون على قيد الحياة بتاريخ 12 كانون الأول/ديسمبر من عام 1901 أي التاريخ الذي تلقى فيه كوغليلمو ماركوني G. Marconi، في سانت جون، عاصمة إقليم نيو فاوند لاند، أول إشارة راديوية عابرة للأطلسي من جهاز إرسال في كورنوول Cornwall بالمملكة المتحدة، كان قد صممه الطالب السابق لمكسويل، أمبروز فليمنغ A. Fleming. أو لنتأمل النسبية relativity: التي ما إن تذكرها حتى يذهب تفكير كل امرئ إلى أينشتاين. ولكن مكسويل هو الذي أدخل هذا المصطلح إلى الفيزياء في العام 1877. ولاحظ قبل ذلك بزمن أن تأويل التحريض الكهرطيسي يختلف اعتماداً على ما إذا كان

الشخص يدرس مغنطيساً يدنو من عروة سلكية أو عروة تقترب من مغنطيس. وانطلاقاً من هذه "اللاتناظرات التي يبدو أنها ليست أساسية في الظواهر" بدأ أينشتاين عمله على النسبية الخاصة.

لو أن مكسويل لم يمت في ريعان شبابه، لكان بالتأكيد تقريباً قد وضع النسبية الخاصة قبل أينشتاين بعشر سنوات أو أكثر. علاوة على ذلك، ومن خلال قراءة مقال مكسويل التي تحمل عنوان "الأثير Ether" في الطبعة التاسعة من الموسوعة البريطانية توصّل ألبرت مايكلسون A. Michelson إلى اختراع مقياس التداخل interferometer –وهو نوع جديد من أداة كان قد استخدمها مع إدوارد مورلي Edward Morley في العام 1887 لاكتشاف أن سرعة الضوء تبقى نفسها في كافة الاتجاهات.

فأي انطباع كنت ستأخذه عن مكسويل لو أنك قابلته في ريعان شبابه مثلما فعل دونالد ماك أليستر D. MacAlister، الطالب غير المتخرج من كمبردج في العام 1877؟ لابد أنك بالتأكيد ستُفتَن، بل ربما ستذهل لمقابلته –كما يعبّر دونالد ماك أليستر– "إقطاعي اسكتلندي عتيق ودقيق في الأداء والكلام". وباعتبار أن مكسويل مالكُ لعزبة اسكتلندية مساحتها 1800 أكر (الأكر = 4000 متر مربع تقريباً)، فإنه يمتلك جميع أفضل صفات السيد الريفي الفكتوري: فهو مثقفٌ، وودود لمستأجريه ونشيطٌ في الشؤون المحلية وخبيرٌ في السباحة وركوب الخيل أيضاً.

القلة فقط تقدّر أن هذا "الإقطاعي الاسكتلندي"، الذي كان بهذا الطراز القديم الجذّاب حتى في العام 1877، كان عالماً بقيت كتاباته مدوّية على نحو مذهل في العام 2006 وأنه أعظم فيزيائي رياضياتي منذ عهد نيوتن. وبالإضافة إلى عمله في الكهرطيسية، ساهم مكسويل أيضاً في ثمانية مجالات علمية أخرى هي: الضوئيات الهندسية، والنظرية الحركية، والترموديناميك، والمرونة اللزجة، والبنى الجسرية، ونظرية التحكم، وتحليل الأبعاد ونظرية حلقات زحل. كذلك عمل في مجال الرؤية الملونة وقدم بذلك أول صورة ملونة على الإطلاق (انظر المؤطر في الصفحة 6). فمنجزاته حتى لو حجبتها إلى حدّ ما عن عيون الجمهور منجزات أينشتاين الذي وسِمت نجاحاته بسلسلة كبيرة من الوقائع العام الماضي، فإن مقياس منزلة مكسويل في العام 2006 –الذي تمثَّل في الذكرى السنوية الـ 175 لميلاده في هذا العام الذي لُقِّب بعام مكسويل.

من غلينلير Glenlair إلى إدنبرا

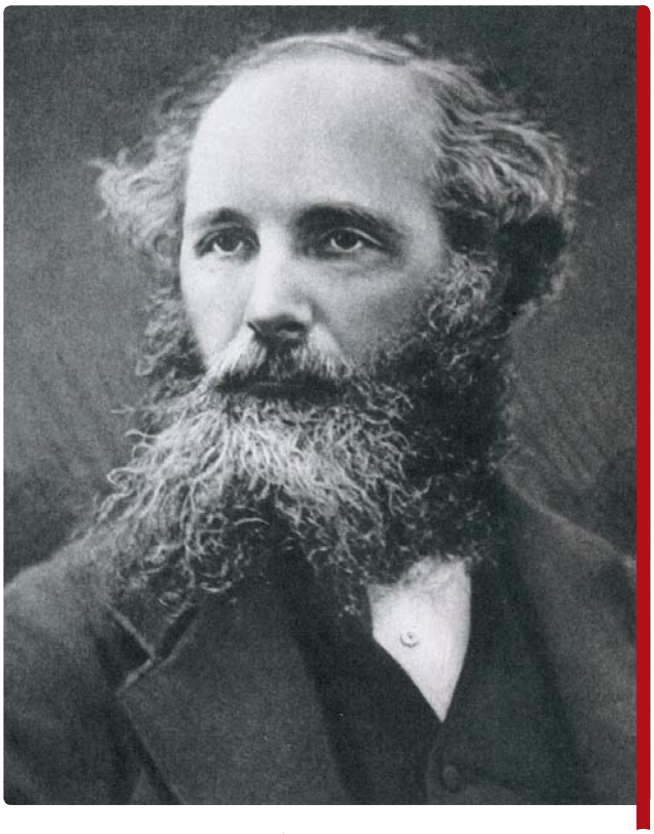
ولد جيمس كلارك مكسويل في الثامن عشر من حزيران/يونيو للعام 1831 من الأبوين فرانسيس كاي F. Cay وجون كلارك J. Clerk –وهو محام كان الابن الأصغر لجيمس كلارك الأكبر. وكانت عائلة كلارك من أبرز العائلات وأكثرها ثراءً في إدنبرا ، إذ أن والدي مكسويل تشبّعا بثقافة المدينة. ومع ذلك فقد قضى مكسويل السنوات العشر الأولى من حياته في ممتلكات ريفية تدعى غلينلير في جنوب غرب اسكتلندا حين كانت يومئذٍ منعزلاً متطرفاً لا يحكمه قانون، وبدون مدرسة مجاورة. كيف حدث ذلك؟ ولماذا لا نشير إلى معادلات كلارك بل نقول معادلات مكسويل؟

ويكمن الجواب في العداء الدموي الطويل الأمد بين عائلة مكسويل وعائلة اسكتلندية أخرى –هي عائلة جونستون– يعود تاريخه إلى القرن السادس عشر. وتضمن العداء تنفيذ حكم الإعدام باللورد مكسويل الثامن عام 1913 بسبب اغتيال زعيم عائلة جونستون انتقاماً منها لقتل والده. وبسبب عدم وجود أولاد شرعيين، ترك اللورد مكسويل الأرض لابنه غير الشرعي، جون مكسويل، الذي اغتيل في العام 1639، إن زواج اثنتين من وريثات هذا الأخير من أشخاص من عائلة كلارك أدى، عقب تسويات قانونية معقدة، إلى تسليم مساحة 7000 أكر من ممتلكات كلارك قرب إدنبرا إلى جورج كلارك (وهو عم جيمس كلارك مكسويل) في العام 1798 وإعطاء اسم مكسويل وممتلكاته إلى جون كلارك (والد مكسويل).

بعد زواج والدي مكسويل، شرعا بإنشاء عزبة في غلينلير. لكن لم تكن ثمة مدارس في الجوار ولديهما ولد وحيد ينبغي عليهما رعايته، فضاعفت والدته مهمتها لتكون معلمة له. وتأثر مكسويل كثيراً بوفاة والدته وهو في سن الثامنة من العمر وبعد سنتين بائستين قضاهما مع معلم خصوصي، تمَّ إرساله إلى أكاديمية إدنبرا، حيث أن لهجته

لمحة خاطفة : جيمس كلارك مكسويل

- ولد جيمس كلارك مكسويل قبل 175 سنة، وتقديراً لذلك لُقِّب العام 2006 بعام مكسويل.
- إنه الولد الأعجوبة، درس في جامعات إدنبرا وكمبردج وعُيِّنَ أستاذاً (بروفسوراً) في كلية مارشال، في أبردين، قبل 150 عاماً يوم كان عمره 25 عاماً فقط.
- في عام 1865 وضع مكسويل معادلاته الشهيرة، التي قاربت أو "وحّدت" بين الكهرباء والمغنطيسية والضوء للمرة الأولى.
- لعب دوراً أساسياً في إيجاد الميكانيك الإحصائي، إذ مهّد الطريق لتطوير الميكانيك الكمومي.
- كان مكسويل رجلاً مثقفاً استطاع أن يتحدث تقريباً في كل موضوع فكري، ومع ذلك فقد اهتم بشغف في الشؤون المحلية لعقاراته الاسكتلندية.



جدير بالتقدير يشهد شهر كانون الأول/ديسمبر 2006 نهاية عام مكسويل، الذي تقرر فيه جلب اهتمام قاعدة عريضة من الناس نحو منجزات جيمس كلارك مكسويل العلمية.

الغريبة وحذاؤه الأغرب (الذي صنعه له والده) أكسباه لقب "الأجدب". وكان مكسويل قد تورّط أيضاً في صراع عنيف بين العمتين حول من ستتولى تربيته. وبالرغم من هذه العوائق فقد اجتاز مكسويل المحنة وسرعان ما بدأ الاستمتاع بثقافة إدنبرا الرائعة وخصوصاً بعد أن أتاح له والده الوقت الكافي للقدوم من غلينلير.

ظهرت أول ورقة علمية لمكسويل عندما كان عمره 14 عاماً فقط، مما يوحي بأنه كان ولداً أعجوبة مخيفاً في الرياضيات. في الواقع كان مكسويل ولداً ذكياً جداً ولكن ذلك لم يكن مقتصراً على الناحية العلمية إطلاقاً. وبالفعل، نشرت له قصيدة في Edinburgh Courant قبل ورقته العلمية الأولى بستة أشهر. وكتب هذه الورقة العلمية بعد أن التقى مع الفنان التشكيلي د. ر. هاي D. R. Hay، الذي كان يبحث عن طريقة لرسم أشكال بيضوية. وعمّم مكسويل (ابن الرابعة عشرة) تعريف الإهليلج (الشكل البيضوي) ونجح في تقديم أشكال بيضوية مطابقة لتلك التي درسها رينيه ديكارت في القرن السابع عشر. وقد عرض والد مكسويل الطريقة على جيمس دافيد فوربس J. D. Forbes، وهو متخصص بالفيزياء التجريبية بجامعة إدنبرا، الذي أدرك أن ذلك صحيح. وبعد ذلك قدّم فوربس تلك الورقة العلمية بالنيابة عن مكسويل في اجتماع جمعية إدنبرا الملكية– وهو إنجاز رائع لشخص فتى.

أيام طالب

بدأ مكسويل دراساته في جامعة إدنبرا في عام 1847 في سن السادسة عشرة. وانتقل إلى كمبردج في عام 1850 للتقدم إلى امتحان الرياضيات لنيل درجة الشرف Triphos من جامعة كمبردج، حيث استمر ثلاث سنوات وفصلاً. وهذا العمل الطويل على غير العادة لطالب غير خريج، والذي يعود سببه إلى الأعمار المختلفة، التي يذهب بها الطلاب في انكلترا واسكتلندا إلى الجامعة، قد أثبت فائدته على نحو كلي بالنسبة إلى مكسويل. وفي إدنبرا اكتسب ثقافة واسعة تركزت على الفلسفة، بينما قدّمت له كمبردج تدريباً ممتازاً في الرياضيات التطبيقية وأقسى نظام امتحاني صممته حنكة الرجال. وفي كليهما تصدّر مكسويل أميز ألعقول.

وبصرف النظر عن فوربس، الذي قدّم له مختبره ليعمل عليه وشجّع اهتمامه باللون، فقد تفاخرت إدنبرا بالسير وليم هاملتون Sir W. Hamilton، أستاذ المنطق والميتافيزيق. (ينبغي عدم الخلط بينه وبين عالم الرياضيات الإيرلندي وليم روان هاملتون W. R. Hamilton). وهاملتون كان رجل معرفة مهيب، إنه عبقري في إثراء العقول الفتية وقد اشتهر لدروسه التي استقاها بشكل غير مباشر من كانت Kant حول "نسبية المعرفة البشرية". ولكن، كان هو وفوربس عدوّين لدودين ولم يتفقا إلا في نقطة واحدة تتمثل في ما كان في عقل مكسويل الشاب.

لو أن مكسويل لم يمت في ريعان شبابه لكان بالتأكيد تقريباً قد وضع النسبية الخاصة قبل أينشتاين بعشر سنوات أو أكثر

لقد كانت كمبردج في هذه الأثناء موطن وليم هوبكنز W. Hopkins –وهو معلم كبير أصبح معلم مكسويل الخاص. كما كانت كمبردج موطناً لشركة جورج غابرييل ستوكس George Gabriel Stokes الرائدة في الضوئيات، وكذلك كان هناك وليم هيويل W. Whewell، المؤرخ الأبرز وفيلسوف العلم، الذي جاء بكلمة "فيزيائي". وكما يتذكر أحد الأصدقاء في كمبردج، فإن مكسويل "كان ملماً بكل موضوع يدور حوله النقاش. فلم ألتق برجلٍ مثله. وأعتقد أنه

طعم العبقرية

هذه الكعكة، التي تعرض معادلات مكسويل العظيمة، تمّ خبزها خصيصاً لتميّز عام مكسويل.

ليس هناك من موضوع لا يستطيع المناقشة فيه، بل ويناقش فيه جيداً أيضاً، ويعرض دوماً المعلومات النادرة والأكثر غرابة".

وعلى غرار الكثير من طلاب الدرجة الجامعية الأولى الأذكياء، فقد عمل مكسويل بجد في حين أنه لم يكن يتظاهر بذلك. ولكنه في العام 1854 أخفق في الحصول على مركز "المنافس الأول" الذي تمنّاه في امتحان الرياضيات، إذ جاء مركزه الثاني بعد ي. ج. روث E. J. Routh.

وبعد سنتين صار مكسويل عضواً في كلية ترينيتي Trinity Colledge، في كمبردج، قبل العودة إلى اسكتلندا في العام 1856 كأستاذ للفلسفة الطبيعية في كلية مارشال في أبردين، وهو في سن الخامسة والعشرين تماماً. وهناك تزوج من كاثرين ماري ديوار K. M. Dewar، ابنة رئيس الكلية.

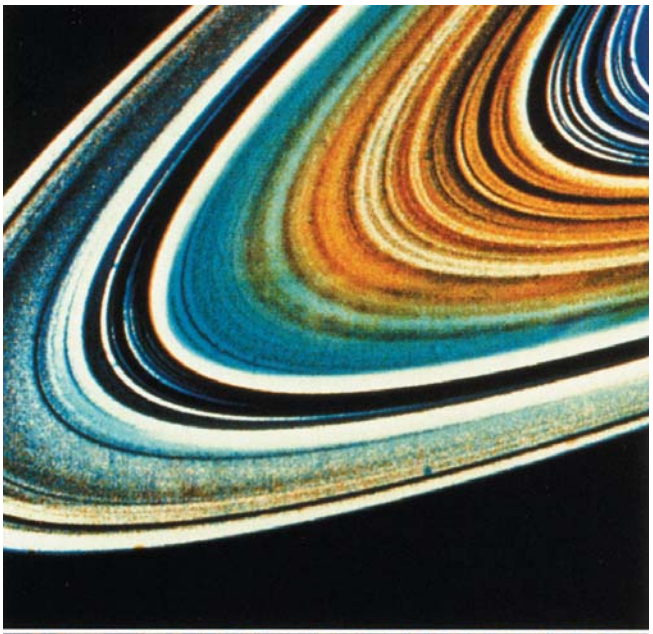
وفي العام 1860 اندمجت كليتا أبردين –كلية مارشال وكلية كنغ– وصار مكسويل أحد الأساتذة الذين تمّ صرفهم من الخدمة بمعاش تقاعدي قدره 40 جنيهاً استرلينياً في السنة. وهذا لم يكن مبلغاً كبيراً في تلك الأيام، ولكن مكسويل حقق دخلاً خاصاً قدره 2000 جنيه تقريباً في السنة من ممتلكاته لهذا لم يكن قلقاً بشأن ذلك. وانتقل مكسويل جنوباً إلى كنغ كوليج King college، في لندن، وقبل "الاستقالة" في العام 1865 من أجل توسيع منزله في غلينلير، كتب أطروحة في الكهرباء والمغنطيسية وأصبح فاحصاً في امتحان الرياضيات لنيل درجة الشرف في كمبردج. مع ذلك عاد في العام 1871 للعمل في كمبردج بدوام كامل بصفته الأستاذ الرئيس في الفيزياء التجريبية. وهناك بتمويل من دوق ديفونشاير السابع، أنشأ مختبر كافينديش، الذي تمّ افتتاحه في العام 1874. وبرعاية ج. ج. تومسون J. J. Thomson، وإرنست رنرفورد E. Rutherford والذين جاؤوا من بعدهم، أصبح مختبر كافنديش أحد أعظم مراكز البحث في العالم.

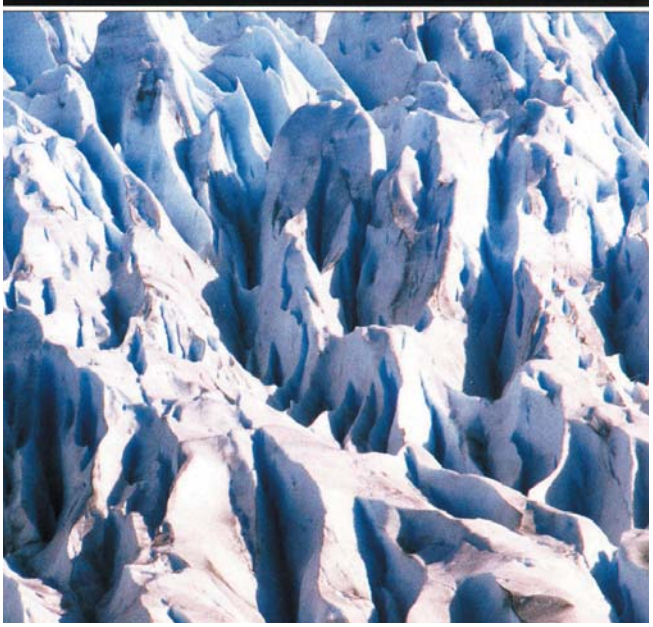
أول توحيد كبير

في الخامس من كانون الثاني/يناير 1865، وبينما كان مكسويل في كنغ كوليج، أنهى رسالة إلى قريبه شارلز كاي حول أحدث عمل علمي له مع إشارة عرضية يقول فيها، "لدي أيضاً ورقة وشيكة

تتضمن نظرية كهرطيسية للضوء، التي أعتقد أنها حدث مدوي إلى أن يقنعني نقيضها". أجل، إنها لم تكن نظرية جديدة فحسب بل نوعاً جديداً من النظريات التي استلزمت رؤى جديدة كلياً للتفسير العلمي، موحِّدة بالفعل ثلاثة مجالات مختلفة في الفيزياء –الكهرباء والمغنطيسية والضوء. وهذا التوحيد في القوى الأساسية للطبيعة مايزال هدفاً يعمل العلماء على تحقيقه اليوم.

وقبل مكسويل كان ثمة تطور كبير في الضوئيات والمغنطيسية لكن تبقى هناك تساؤلات متعبة في كلا المجالين. فالنظرية الموجية للضوء التي وضعها توماس يونغ T. Young وأوغسطين فريزنيل A. Fresnel اعتبرت من ناحية نجاحاً رائعاً، حيث قادت إلى فيض





من الاكتشافات الجديدة. لكنها من ناحية أخرى كانت إخفاقاً مقلقاً. إذ وُجِدت على الأقل 11 نظرية بديلة وحاول كل منها تفسير نظرية فريزنيل والصيغ الأخرى بدلالة أثير يخصها، لكن كل واحدة منها، كما أثبتت ستوكس بشكل قاطع، كانت معيبة. ويكمن جزء من أعجوبة نظرية مكسويل في أنها اكتسحت بشكل خارق تقريباً متاعب تلك النظريات.

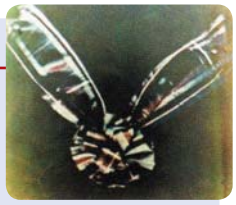
وثمة قضية مختلفة أعاقت الكهرطيسية، كان قد اكتشفها الفيزيائي الدنماركي هانز كريستيان أويرستيد H. C. Oersted في العام 1820. إذ توصّل إلى أن إبرة البوصلة الموضوعة قرب سلك حامل للتيار أشارت بزوايا صحيحة إلى اتجاه التيار، مما انطوى على حركة فتل لا يمكن تفسيرها بأي قوة أخرى. وظهر هناك تفسيران. فقد حاول أمبير Ampère أن يعيد تفسير الفتل على أنه جذب من نوع أكثر تعقيداً، بينما فارادي Faraday، الذي بيّن أن المغنطيسية والتيار الكهربائي والقوة الناجمة عنه المطبقة على جسم تسلك على نحو متعامد كل منها مع الآخر، اعتبر اكتشاف أويرستيد أنه واقعة جديدة لا يمكن تبسيطها.

ورأى فارادي أن "خطوط القوة"، التي تم توضيحها بنثر برادة حديد على صفيحة من الورق محمولة على مغنطيس، ليست فقط خطوطاً هندسية، بل أيضاً وبوضوح أكبر خطوطاً فيزيائية بدلاً من حزم مرنة متمددة بتنافر جانبي إضافي. وبالنسبة له، يمكن استخدام هذه الإجهادات لتفسير القوة المغنطيسية. وقد طوّر مكسويل كلا الجانبين من فكرة فارادي، مستنبطاً في ورقة بحثه الثانية التي نشرها في عام 1861 "أثيراً" مليئاً "بدوّامات جزيئية" منمنمة متراصفة مع خطوط القوة. وعلى غرار أسلاك التأريض الدوامية المنمنمة، بحسب ما اكتشف مكسويل، فإن كل دوامة تتقلص محورياً وتتمدد جانبياً مشكّلة نماذج الإجهاد التي كان يفترضها فارادي (انظر الصورة في الصفحة 11). ولشرح كيفية دوران الدوامات، تصوّر مكسويل "جسيمات أصغر ذات عجلات مسننة" تتشابك مع الدوامات.

وبينما كان التأكيد على أن هذه الفكرة، وخصوصاً الجسيمات ذات العجلة المسننة، هي فكرة تأملية وليست موديلاً فيزيائياً فعلياً، فقد رأى فيها بالرغم من ذلك طريقة مفيدة لفهم الكهرطيسية. فالجسيمات في سلك ما تكون حرة في التدفق وتشكل تياراً كهربائياً. وفي الفضاء تعمل كعجلات عديمة الجدوى ذات دوران مضاد بين الدوامات لجعل العجلات (الدوامات) المتلاحقة تدور في نفس الاتجاه. وقد أعطت هذه الآلية النتيجة الصحيحة، حيث "شرح" مكسويل القوة المغنطيسية بمصطلحات شبيهة بمصطلحات فارادي.

لقد تصدّى مكسويل للقوة الكهربائية –وهي أهم نقطة في نقاشه– بعد أن قدم ورقتي بحث للنشر حول القوة المغنطيسية. وكانت القضية الأساسية تتمثل في التساؤل عن مكان إقامة الطاقة. لقد افترضت نظريات سابقة أن الطاقة تتوضع عند أو على مغانط أو أجسام مشحونة كهربائياً. ولكن في نظرية مكسويل، تكون الطاقة المغنطيسية في الحيِّز المحيط، أو "الحقل" كما سماه. بمعنى آخر، إن الطاقة هي الطاقة النشطة للدوامات.

وبالاعتماد على تبصرات مأخوذة من وليم تومسون (اللورد كلفن في المستقبل)، شرع مكسويل بجعل أثيره مرناً، بحيث تكون القوة



قصة ملونة

سيدرك قلة من الناس أن جيمس كلارك مكسويل هو من قدم أول صورة ملونة على الإطلاق (على اليسار، شريط من التارتان). لكن كان لدى مكسويل اهتمام طيلة حياته بالضوئيات والرؤية الملونة، بدءاً من العام 1849 عندما قام الفيزيائي من جامعة كمبردج، دافيد جيمس فوربس بتدويم طبق بثلاثة قطاعات ملونة قابلة للتعديل. وقد عرف كلا الرجلين أن الأحمر والأزرق والأصفر هي ألوان أساسية. ولكن دمج تلك الألوان لا يولّد اللون الرمادي. (وقد عرف توماس يونغ ذلك من قبل لكن هذه الحقيقة بقيت طي النسيان)، ما كان لازماً هو اللون الأحمر والأزرق والأخضر. وبتطوير طبق فوربس، حدد مكسويل "معادلات اللون"، مما قدم قياسات كمية لقدرة العين على مضاهاة الألوان الحقيقية. ولكن بما أن شروط الضوء تتباين بالنسبة لمراقبين مختلفين، أدرك مكسويل أن ثمة حاجة إلى أداة أكثر تعقيداً من الطبق، مما قاده إلى اختراع "صندوق اللون". وبه أجرى هو وزوجته قياسات تفصيلية لتباينات تسجيل اللون عبر شبكية العين بالنسبة لمئات المراقبين- وهو إنجاز لم ينافسه إنجاز حتى العشرينيات من القرن الماضي. وبتاريخ 17 أيار/مايو 1861 ألقى مكسويل محاضرة حول اللون في المعهد الملكي في لندن، وخلالها أسقط من خلال فلاتر ملونة بالأحمر والأخضر والأزرق ثلاث صور فوتوغرافية لشريط التارتان ملتقطة من خلال الفلاتر نفسها. وكانت هذه الصورة الملونة المأخوذة لأول مرة انتساخاً أميناً للأصل إلى حدٍ مذهل.

الكهربائية نتيجة الطاقة الكامنة اللازمة لتشويه الأثير. وقرر مكسويل، بعد أن أربكته حقيقة أن الأثير المرن يجب أن ينقل الأمواج، حساب السرعة التي تنتقل بها بدلالة قوى كهربائية ومغنطيسية، وأجرى الحسابات بينما كان في غلينلير.

ولدى عودته إلى لندن، بحث عن نسبة القوة المغنطيسية إلى القوة الكهربائية والتي كان قد حددها بالتجربة الفيزيائي الألماني فيلهلم فيبر Wilhelm Weber في العام 1858. إذ قاس فيبر النسبة لأنها لعبت دوراً مهماً، لكن غير واضح تماماً، في نظريته عن الكهرطيسية. وثمة سرعة ظهرت في نظريته أيضاً، لكن بقيمة عددية مختلفة ليس لها معنى فيزيائي واضح. وأدخل مكسويل نسبة قوة فيبر Weber's force في معادلاته واكتشف لدهشته القصوى أن هذه السرعة كانت مساوية بالضبط لسرعة الضوء، التي عُرفت تجريبياً بدقة بلغت نسبتها 1%. وقد كتب بالخط المائل الباعث على الإثارة قائلاً: "قلما نستطيع تجنّب الاستدلال بأن الضوء يكمن في التموجات العرضانية لنفس الوسط الذي هو سبب الظواهر الكهربائية والمغنطيسية".

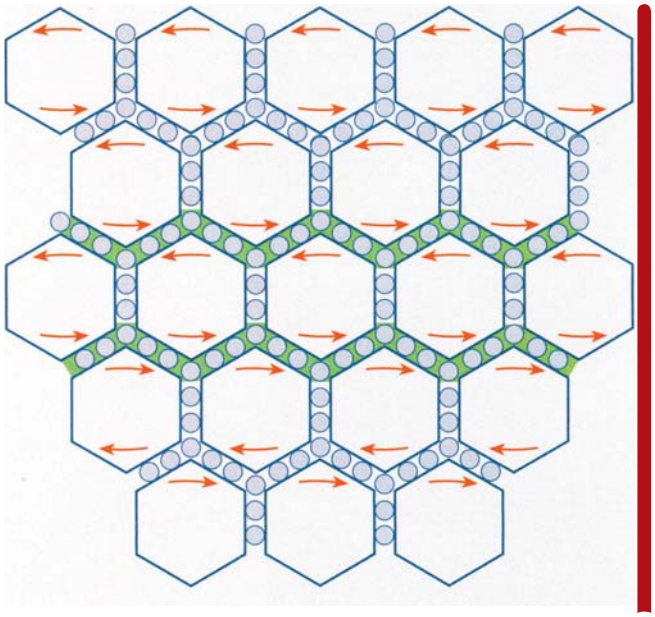
أما وقد حقق مكسويل اكتشاف العصر هذا، فإنه يكون قد انتقل من نموذجه التخيلي إلى حقيقة ملموسة. وفي ورقة بحث تصلح للادعاء بأنها أساس لتحليل الأبعاد، أثبت مكسويل في العام 1863 أن نسبة القوى المغنطيسية والكهربائية تتضمن بالفعل سرعة تعادل سرعة الضوء c. ومن الصعب المبالغة بأهمية هذه النتيجة بالنسبة للفيزياء. فقبل مكسويل، كانت c مجرد سرعة واحدة بين عدة سرعات. والآن اكتسبت تميزاً بهدايتها الطريق قدماً نحو أينشتاين والنسبية.

لقد بدأ أثير مكسويل الدوامي كمحاولة عند تفسير ميكانيكي لإجهادات stresses فارادي المغنطيسية. وربما جرى إغراء شخص آخر لتحسينه وتشذيبه. ورأى مكسويل أنه ليس من الضرورة بذل مثل هذه الجهود. فقد أنشأ سلسلة معادلات تتعلق بالمقادير الكهربائية والمغنطيسية، واستطاع أن يستدل على انتشار موجي. وبدلاً من شرح الكهرطيسية أو الضوء، ربط هذين الصنفين من الظواهر والمختلفين ظاهرياً باستخدام معادلات أخذت صيغتين، الأولى التي ظهرت في ورقته البحثية لعام 1865 ومرة أخرى في أطروحته Traetise، المؤلفة من ثماني مجموعات من المعادلات. والثانية، ظهرت في العام 1868 وتحوي المعادلات الأربع التي نعرفها الآن "بمعادلات مكسويل". والاختلافات فيما بينها تعدّ تقنية إلى حد ما، ذلك أن المعادلات الثماني تتضمن مفهوم "الجهد المتجهي vector potential"وما يسمى على نحو غير دقيق "قانون قوة لورنتز". والمتعصبون لمبدأ أوكام لا بد أن يلاحظوا إشارة وضعها مكسويل في أطروحته Traetise مفادها "إن إزالة كمية ما تعبر عن فكرة مفيدة ستكون خسارة بدلاً من كسب في هذه المرحلة من استعلامنا".

تنبأت نظرية مكسويل بالعديد من الظواهر الجديدة، كضغط الإشعاع radiation pressure. لكن أهم تبعاتها –مثلما أدرك مكسويل على الفور– كان أن أشارت إلى وجود طيف كهرطيسي. هذا "المخزن الكبير للطبيعة" يمكن أن يحتوي إشعاعاً آخر ذا تواترات أعلى وأخفض، وهو اعتقاد تم إثباته خلال الثلاثين سنة التالية مع اكتشاف الأمواج الراديوية وأشعة-X وأشعة غاما. وكما هو الحال بالنسبة للنسبية، فقد قدّم مكسويل كلمة هاملتون، بالطريقة التي يفهمها الفيزيائيون اليوم، في كتابه الصغير بعنوان المادة والحركة في العام 1877. لقد قرأ بوانكاريه هذا العمل، وتعلّم أينشتاين منه عن طريق بوانكاريه والبقية هي تاريخ.

من زحل إلى الجليديات والغازات

كان توحيد مكسويل للكهرباء والمغنطيسية أعظم مساهمة له في الفيزياء. ولكن أطول ورقة بحثية له اهتمت بموضوع مختلف كلياً:



موديل ميكانيكي للمساعدة في فهم الكهرطيسية، إذ صوّر مكسويل الأثير على أنه مؤلف من دوامات جزيئية دورانية منمنمة تتشابك مع جسيمات أصغر منها ذات عجلات مسننة.

كانت طبيعة حلقات زحل. في هذه الورقة التي أمضى مكسويل أربع سنوات في العمل عليها بين عامي 1856 و1860 بيّن أن حلقات زحل ليست صلبة أو سائلة أو غازية ولكنها تتألف من أعداد هائلة من جسيمات مستقلة، لكن لماذا كرّس وقتاً طويلاً كهذا على هذا الموضوع الخاص؟

الجواب هو أن مكسويل في الوقت الذي كان فيه من السادة لم ينقصه الحافز التنافسي. فمجيئه في المرتبة الثانية بعد روث Routh في امتحان الشرف Triphos examination للعام 1854 سبب له صفعة قوية، لذلك وجّه مكسويل أنظاره إلى جائزة متميزة أخرى تدعى جائزة سميث Smith's prize، والتي حاز عليها متنافسون آخرون عديدون من المرتبة الثانية بمن فيهم كلفن. ولكن هذه الجائزة وللمرة الأولى على مدى تاريخها الذي استمر 84 عاماً منحت مناصفة بين روث ومكسويل. لذلك قرر مكسويل أن يصل إلى جائزة آدمز Adams' prize الموضوعة حديثاً والتي تمنح مرة كل ثلاث سنوات وهي مسموحة فقط لخريجي جامعة كمبردج.

لقد كان الموضوع المُعَدّ لنيل جائزة عام 1856 بعنوان بنية واستقرار حلقات زحل. إذ استغرق أربع سنوات من مكسويل لحل هذه المسألة، لكن تفانيه هذا نجح. لقد حاز على جائزة آدم عن مقالة سببت تحريكاً وكانت عاملاً قوياً في صيرورته ممتحناً لامتحان الشرف Tripos بعد ست سنوات. علاوة على ذلك، لقد افتتن مكسويل بمسألة الاستقرار الديناميكي عموماً. وبالفعل، قرر في عام 1868 دراسة استقرار "متحكم السرعة speed governor" – وهو وسيلة تتحكم بمعدل دوران المحرّك – وكانت ورقته البحثية حولها هي الأولى في المجال الواسع الآن لنظرية التحكم. ومن ثم جاءت مفارقة ممتعة، إذ سمي مكسويل ممتحناً لجائزة آدمز للعام 1877، وكان الموضوع الاستقرار الديناميكي وكان روث هو الفائز الذي اشتق من بين أمور كثيرة شرط استقرار أساسي يعرف الآن بمعيار روث–هورفيتز.

رجل لكل العلوم

كان مكسويل مفكراً تخيلياً حيث مهد عمله الطريق لظهور الاتصالات اللاسلكية. ودرس أيضاً حلقات كوكب المشتري، وربط بين علم الجليديات وسلوك الغازات ودرس خواص الضوء واللون.

كذلك أبدع مكسويل، مع لودفيغ بولتزمان L. Boltzmann وفيلارد غيبس W. Gibbs، علم الميكانيك الإحصائي. وبدأ عمله في هذا المجال في عام 1859، عندما قرأ ورقة بحث ممتازة لرودولف كلاوسيس R. Clausius حول تصادم جزيئات الغاز. بيد أن مكسويل ذهب إلى أبعد من ذلك أولاً بالتوصل إلى قانون إحصائي يحكم توزيع السرعات في الغاز ومن ثم تحديد العديد من خواص الغازات التي كان من غير الممكن إحصاؤها سابقاً. وكان أحدها اللزوجة التي اكتشف أنها ستبقى ثابتة على مدى عريض من الضغوط. وقد أثبت هذه النتيجة غير المتوقعة أوسكار ماير O. Meyer ومكسويل وزوجته، التي قامت بالعمل التجريبي كله تقريباً. وبشكل خاص فقد اكتشفت أن اللزوجة تزداد خطياً بازدياد درجة الحرارة بدلاً من الجذر التربيعي لدرجة الحرارة كما تنبأت النظرية الأصلية.

وفي محاولة لفهم هذا اللغز، حقق مكسويل قفزة من أكثر القفزات الفكرية إثارة للإعجاب في الفيزياء، إذ نقلته من الغازات إلى الجليديات وبالعكس. لقد صوّر رودولف كلاوسيس الجزيئات على أنها كرات بلياردو تسير لمسافة وسطية محددة، تعرف بـ "المسار الحر المتوسط mean free path" بين التصادمات. ولكن تبيّن أن تلك الصورة بسيطة جداً. فمن الناحية العملية، تعمل قوى طويلة المدى بين الجزيئات، بحيث تفسّر تبعيات درجة الحرارة المختلفة. وظهرت الحاجة إلى مقاربة جديدة. وهنا استذكر مكسويل أن فوربس، عندما كان يتسلق جبال الألب، أجرى قياسات موسّعة للجليديات أظهرت أنها تتحرك كالسوائل على مدى فترات طويلة من الزمن.

لقد تلقف مكسويل هذه الفكرة وأدخل إلى الفيزياء والهندسة وعلم الجليديات مفهوماً جديداً بعيد الأثر يُعرف بـ "مدة الارتخاء

relaxation time": فالجليد يسلك كجسم صلب في أزمنة أقصر من مدة الارتخاء، ولكنه يسلك كسائل في أزمنة أطول. وعندئذ أثبت

قبل مكسويل، كانت سرعة الضوء (c) مجرد سرعة واحدة بين عدة سرعات. والآن تميّزت، مفسحة الطريق إلى أينشتاين والنسبية.

مكسويل رياضياتياً أن الجزيئات في غاز متخلخل بعد ارتدادها من جدار إلى جدار تسلك أيضاً كجسم صلب. بمعنى آخر، عندما يزداد الضغط، يبدأ الغاز بالسلوك كمائع ويكون له مدة ارتخاء تزداد بازدياد الضغط. ويمكن عندئذ إبدال مسافة كلاوسيس المميِّزة بمدة مميِّزة، واستطاع مكسويل تطوير النظرية على قاعدة رياضياتية ثابتة، وسّعها بولتزمان فيما بعد.

وللأسف كان التقديم أثناء ذلك يعتبر مشكلة. ففي ورقته البحثية الأولى حول هذا الموضوع، أثبت مكسويل نظرية دقيقة نصت على أن الطاقات الدورانية المتوسطة والانتقالية للجزيئات تكون متساوية. ولكن حين كانت العادة التنبؤ بالحرارة النوعية للغازات أعطت النظرية نتائج لم تتوافَق مطلقاً مع التجربة. لقد تنبّه مكسويل إلى ذلك بشدة، فقال في محاضرة له في أكسفورد للعام 1860 أن هذا الاكتشاف "سيقلب النظرية بأكملها رأساً على عقب". وبالرغم من عدم صحة ذلك، فقد اكتشف مكسويل أول تحليل للميكانيك الكلاسيكي.

وقد تلى ذلك ما هو أسوأ، فعندما وسّع بولتزمان النظرية، وضع مبدأ أوسع بكثير، وهو التجزؤ بالتساوي equipartition، الذي ينطبق على جميع نماذج الحركة الداخلية والخارجية للجزيئات. ولقد استذكر طالب من جامعة كمبردج في السبعينيات من القرن التاسع عشر بحماس زائد قول مكسويل بأن "بولتزمان أثبت الكثير" بحيث فسّر ملاحظته عبر مشاهدته أن التجزؤ بالتساوي يصحّ على الأجسام الصلبة والسائلة بالإضافة إلى الغازات. ولم يتحوّل القلق من مشقّة إلى فوز إلا مع وصول ميكانيك الكم.

على شرفه

منح معهد الفيزياء ميدالية مكسويل.

وساعت قضية التجزؤ بالتساوي بشكل مطرد، ففي مراجعة كُتِبت في العام 1877 تفحّص مكسويل ونقض كل التفاف برز حتى ذلك الحين، مستنتجاً أنه لم يبق شيء سوى قبول "الإغفال الواعي كلياً الذي يعدّ فاتحة كل تقدم فعلي في المعرفة". وأتى الجواب –وأسئلة جديدة– في العام 1900 مع كموم الفعل لبلانك Plank's quantum of action. وبعد أربعين عاماً تقريباً من اكتشاف تحذير مكسويل في العام 1860، تمّ شرح التنبؤ بالحرارة النوعية للغازات وأمور أخرى كثيرة بحقيقة أن الطاقة تُكمم quantized. وعلى المستويين الذري ودون الذري، لا يصحّ التجزؤ بالتساوي.

ميراث مكسويل

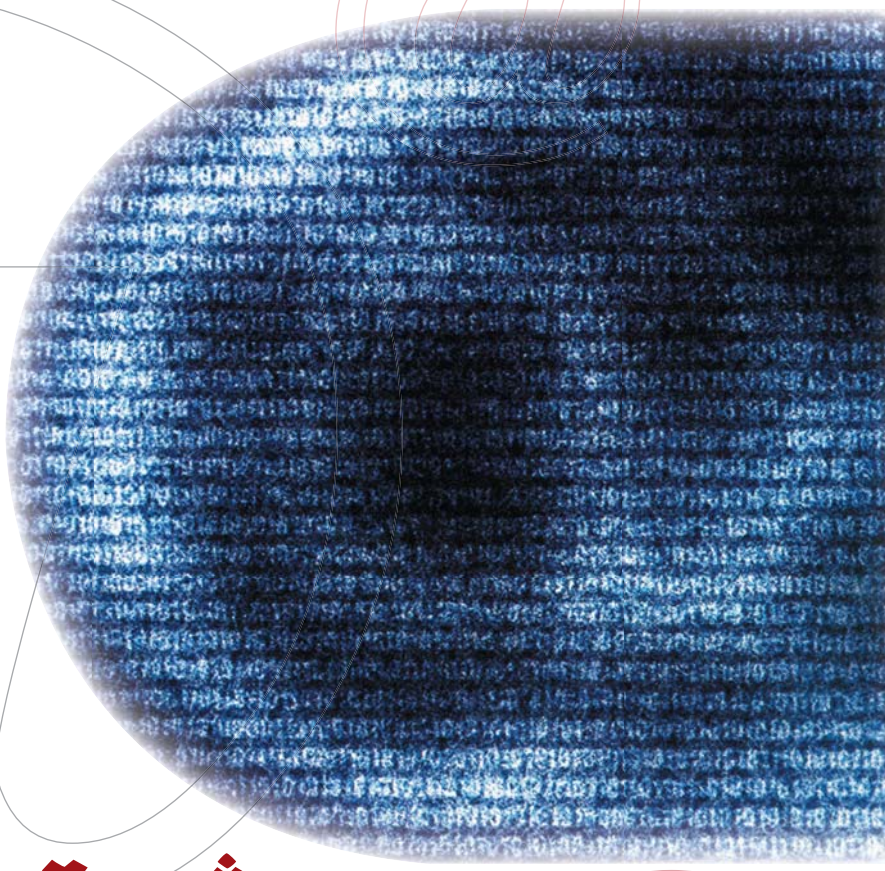
عندما زار أينشتاين كمبردج في عشرينيات القرن الماضي، قال له أحدهم: "لقد أنجزت أشياء عظيمة لكنك وقفت على أكتاف نيوتن"، فكان جوابه: "لا، بل وقفت على أكتاف مكسويل".

لقد كان صائباً في قوله، بل وهناك أمور كثيرة أخرى في الفيزياء الحديثة تعتمد على مكسويل. وبرغم كل ذلك فإن مكسويل هو الذي أدخل الطرائق التي لا يرتكز عليها إحصاء مكسويل–بولتزمان فحسب، بل يرتكز عليها إحصاء فيرمي–ديراك وبوز–أينشتاين الميكانيكي الكمومي الذي يتحكم بالفوتونات والإلكترونات. وقد كان هو أول من أكد على ما نسميه الآن "تأثير الفراشة" –الذي يقول أن الاختلافات الصغيرة جداً في الشروط البدئية يمكن أن تولّد آثاراً نهائية كبيرة أو نقطة البدء في نظرية الشواش وكان ذلك في مناقشتين عفويتين في سبعينيات القرن التاسع عشر. وعلى نحو مماثل، كان لمساهمات مكسويل العلمية تأثيرات مذهلة على المنهج المستقبلي للفيزياء، ولاسيما قضية توحيد القوى الأساسية في الطبيعة. ومما يؤسف له أن مكسويل توفي بمرض السرطان في الخامس من تشرين الثاني/نوفمبر من العام 1879 ولم يعش حتى يرى تطبيقات الراديو أو إجلاء التجزؤ بالتساوي. لكن قوة تبصراته العلمية لا تزال باقية.

المؤلف:

فرانسيس إيفريت، *يعمل في مختبر هانسن للفيزياء بجامعة ستانفورد في الولايات المتحدة.*

- *نشر هذا المقال في مجلة Physics World, December 2006، وتمّت ترجمته في هيئة الطاقة الذرّية السورية.*



ثورة في استخدام البِتّات

تُحوّل الإنترنت طريقة تبليغ الفيزيائيين عن اكتشافاتهم وطريقة تواصلهم بعضهم مع بعض. يبدأ م. تشالمرز ***Matthew Chalmers*** *هذا العدد الخاص حول مستقبل النشر في الفيزياء بتبيان أننا قد بدأنا للتوّ فقط بالاستفادة من قدرات الشبكة* ***the Web*** *.*

الكلمات المفتاحية

العلم للجميع، الويب، الإنترنت، البتّات، الاتصالات، النشر، مستقبل الديجيتال.

إنه لمن المثير للفضول ملاحظة أنّ العلم الحديث قد بدأ بعد اختراع الطباعة بفترة وجيزة. فحين كان نيكولاس كوبرنيكوس يقدم إرهاصاته ووجهة نظره الإبداعية عن الكون عام 1543، ما كان يستطيع ذلك، كما يدّعي بعض المؤرخين لولا سهولة وصوله إلى تشكيلة منوّعة من المصادر المطبوعة مكّنته من مقارنة الأفكار القديمة والمباينة بينها. ويقال مثل ذلك أيضاً في المواد التي أتاحت لتيخو براهة وجوهانز كبلر وغيرهما البدء من حيث انتهى كوبرنيكوس، بدون إجحاف ومتسلحين بجداول رياضية دقيقة أثبتت حيويتها في دفع الثورة العلمية إلى الأمام.

وتبقى صحة هذه الرواية التاريخية محط تساؤل، إذ يُنكر البعض أنّ ذلك الانتقال من المخطوطات إلى المطبوعات له هذا الأثر البارز في الاتصالات المعرفية. فبدون الطباعة كان من غير الممكن، على سبيل المثال، إنتاج جداول الجيْب sines وجداول اللوغاريتمات logarithms بدقة كافية لتكون مفيدة. غير أنّه من المهم جداً أنّ الطباعة قد سمحت للمعارف الجديدة بالانتشار الواسع مولّدة مجازفة بين العدد المتنامي من أشباه العلماء بادّعاء ملكية بعضها. فَوُلِد النشر العلمي مع نهاية القرن السابع عشر عن طريق بضع مجلّات علمية.

واليوم، يبقى إنجاز ادعاءات مقنعة حول معرفة جديدة، وتثمينها عبر المراجعة الحصيفة ثم جعلها متاحة للآخرين أمراً في جوهر الفيزياء وكل علم آخر. بالفعل، فإنّ الفيزياء لا تشكل بحدّ ذاتها سلعة، فهي ليست إلاّ معلومات تظهر في الآلاف من المجلاّت الأكاديمية الموجودة في العالم بأسره، وينتهي جزء يسير منها في كتب مدرسية وأقل من ذلك يتسرب إلى المعرفة العامة. غير أنّ العلماء وصناعة النشر ذات الخمسة بليون جنيه الناجمة عنها وحولها تتمسك ببحر التغيرات التي تطرأ على طريقة تواصل الكائنات البشرية الآن وهي الإنترنت.

ومع أنّ عمر الإنترنت عدة عقود فقط، فهي في كل مكان ومتاحة لكل من يدخلها وينشر فيها وينزّل منها معلومات بمجرد نقرة على الفأرة، ناهيك عن ذكر حقيقة أنّ معظم مراسلاتنا يحملها الآن عملياً البريد الإلكتروني. لقد كان الفيزيائيون في الجبهة الأمامية لثورة المعلومات هذه. إذ اخترع ت. بيرنرز–لي (Tim Berners-Lee) الشبكة العالمية الواسعة (WWW) مع باحثين آخرين في سيرن (CERN) عام 1990 كي يستطيعوا تشارك البيانات كاملة عن طريق الإنترنت. وفي العام التالي، أنشأ ب. غينسبارغ Paul Ginsparg ما يمكن أن يراه المؤرخون في المستقبل المسمار الأول الذي دقّ في نعش نموذج النشر التقليدي، وذلك بوضعه مخدّم ما قبل النشر على الموقع arXiv الذي يحتوي على قرابة 400000 ورقة علمية من علوم فيزيائية مختلفة.

وفي استفتاء لقرّاء مجلة physics world أجري خصيصاً لهذا العدد الخاص، وجدنا أنّ موقع arXiv.org هو المكان الذي يطرقه معظم الفيزيائيين للولوج إلى آخر الأبحاث في مجالهم. إلاّ أنه في حين أنّ فكرة استخدام موقع الشبكة website كمكتبة افتراضية يمكن الولوج إلى المعلومات فيها بحرّية قد سببت وجع رأس لناشري المجلات التجارية، فإن ذلك ليس إلاّ جزءاً يسيراً ممّا يمكن أن تعرضه الشبكة. فاليوميات عبر الحاسوب (online) التي تسمى مُدوَّنات (blogs)، مثلاً، تزودنا بقناة اتصال لم تكن موجودة قبل بضع سنوات خلت، وكذلك مواقع مثل موقع موسوعة الوكيبيديا wikipedia (التي تسمح للمستخدمين بتحرير محتوياتها) كل ذلك أخذ يغيّر التعريف الأساسي للمعرفة القائمة.

ومن المبكر جداً القول فيما إذا كان هذا الاستخدام التفاعلي والاجتماعي للشبكة Web الذي يُلقَّب بـ (2.0 web) سيكون له أثر في مسيرة العلم أو بالمعرفة التي يولدها. فالثورات لا تحدث بين ليلة وضحاها. لكن حسبما توضح المقالات في هذا العدد، فقد غيّرت الشبكة، وفي غضون أقل من عقد من الزمن، ملامح النشر وإلى الأبد. وتوجد كل الأسباب للاعتقاد بأنّ وقعها في النهاية سيكون بعمق وقع الطباعة على الأقل.

الدخول إلى جميع المجالات

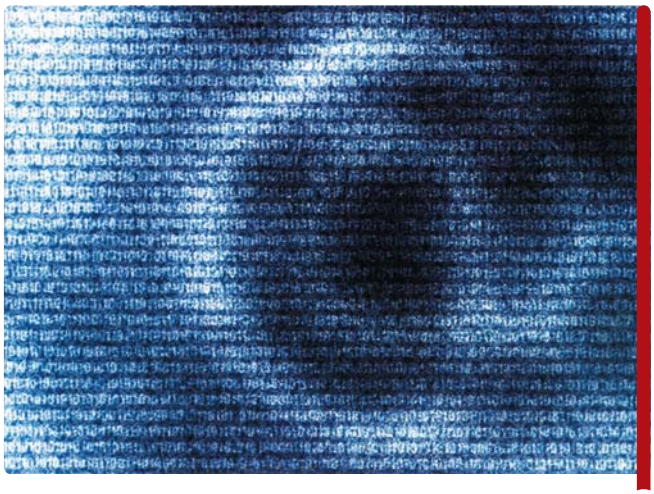
كان رؤساء تحرير المجلات التقليدية المطبوعة من بين أوائل من أحاطوا بإمكانات الشبكة وذلك في منتصف تسعينيات القرن الماضي، فجعلوا عمليات الإنتاج رقمية وعرضوا أو عزّزوا الخدمات عبر الحاسوب مثل تسريع النشر بضعة أضعاف وإتاحة المواد المتمِّمة وتسهيلات البحث الواسعة. وقد قاد هذا إلى دخول أسهل إلى البحث العلمي، ولكن ذلك كان مقتصراً على المكتبين في المجلات في المقام الأول.

وقد لا يدرك بعض الباحثين أنّ المجلات التقليدية تزودنا بخدمة تستأهل دفع النقود من أجلها (انظر المؤطر بعد قليل). فالمشكلة هي أنّ القائمين على المكتبات في المؤسسات يجدون صعوبة كبيرة في مسايرة ارتفاع التضخم في تكاليف الاشتراك بالمجلات التي تفرضها بيوت النشر العملاقة ممّا يجبرهم على تقليل عدد العناوين المعروضة. وهذا يسبِّب انخفاضاً في المبيعات ممّا يشجع ناشري المجلات على رفع الأسعار أكثر فأكثر، وهي مشكلة تعرف باسم "أزمة الدوريات serials crisis".

سيكون من قصر النظر بالنسبة لأي فيزيائي التقليل من أهمية الانتقال من الوسيلة الإعلامية الطباعية إلى الوسيلة الإعلامية الحاسوبية.

إنه من الواضح تماماً أن ثمن أنموذج الطرح الذي تتبنّاه المجلات التقليدية يتقادم باطّراد في عصر الإنترنت ولا يستغرب ذلك باعتباره قد بني لعالم كان فيه الأسلوب الأجدى لتسجيل المعلومات التقنية يتمثل في طباعة وتوزيع عدد محدَّد من نُسَخ مجلات البحوث. ولكن من المهم أن أزمة الدوريات ستحدُّ من التقدم العلمي، من خلال تفضيل باحثي المؤسسات الغنية التي تستطيع تحمّل نفقات المكتبات المكدّسة. ولكن عبر تسهيل الوصول غير المحدود إلى الأوراق العلمية على الشبكة سيقلب هذا النموذج رأساً على عقب بالكامل.

تبرهن حركة "الدخول المفتوح open access" على كونها أكبر مصدر للانقلاب في النشر العلمي، وقد استثارت مناقشات حادة بين مؤيديها (الذين هم عادة من العلميين) والناشرين التجاريين. ويبنى الدخول المفتوح على مبدأ يقول بوجوب كون البحث المموّل



مستقبل رقمي أدت الشبكة حتى الآن إلى حدوث أثر ضخم في كيفية تواصل الفيزيائيين بعضهم مع بعض.

من الشعب متاحاً لأي فرد يريد الوصول إليه، محوِّلاً بذلك تكاليف المراجعة العلمية الدقيقة ورقابة الجودة وإجراءات الإنتاج الأخرى من القارئ إلى المؤلف.

انطلق الدخول المفتوح في العلوم البيولوجية والطبية مستخدماً مواقع مثل "بيو–ميدسنترال" (Bio-Med Central) والمكتبة الشعبية للعلم (Public Library of Science) وتعزّزت الفيزياء بأكثر من 40 عنواناً للدخول المفتوح، مثل إكسبرس الضوئيات (Optics Express) والمجلة الجديدة للفيزياء (New Journal of Physics). وفي هذه الأثناء، ظهرت عدة مبادرات عالية المستوى وتقارير، مثل التقرير الذي ظهر في نيسان الماضي عن المفوضية الأوربية، تدعم كلها الدخول المفتوح باعتباره أفضل طريقة لتحقيق التقدم العلمي.

ولكن الأمور ليست كلها وردية مثلما يرجو منك بعض معسكر الدخول المفتوح أن تعتقد. فعلى سبيل المثال، إنّ عدداً قليلاً جداً من المواقع تتمكّن حتى الآن من أن تموِّل نفسها من خلال مدفوعات المؤلفين لوحدهم، الأمر الذي يجب أن يغطّي أيضاً تكاليف النشرات المرفوضة، كما وقد ثبتت صعوبة إغراء الباحثين بأن يبتعدوا عن هاجس نشر أعمالهم في المجلات المشهورة العالمية مثل: Nature وScience وPhysical Review Letters. ولكن حركة الدخول المفتوح ما تزال في طفولتها، ويختبر العديد من الناشرين حديثاً نماذج عمل هجينة تحاول تحصيل أفضل ما في العالمين.

تشكيل المعرفة

إنّ ظهور نُسخ حاسوبية للمجلات التقليدية، ومخدِّمات قبل طباعية preprint servers وعناوين الدخول المفتوح توضح كلها الكيفية التي تحسِّن بها الشبكة الوصول إلى المعرفة العلمية. في الواقع، مع زيادة ظهور النشرات الإلكترونية، تعرض الشبكة مقاربات جديدة لتكميم quantifying وقع تلك المعرفة على طرائق كان يمكن أن تكون غير عملية إطلاقاً لو تيسَّرت الطبعات الورقية لوحدها. مع الإشارة إلى أن الفيزيائيين هم من بين أوائل من ابتدعوا معايير محسّنة للإنتاجية اعتماداً على تحليل الاقتباسات. ولكن ظهرت مسألة أكثر عمقاً تتمثل في مدى تأثير الشبكة على تشكيل المعرفة العلمية نفسها.

يرفض معظم الفيزيائيين قبول إمكان تأثير عوامل خارج العقلانية العالية "للمنهج العلمي" –وبخاصة الأشياء المحيطة مثل وسط الاتصالات communication medium– في جودة المعرفة التي يولدونها. ولكن تسهل رؤية كيف يمكن لنشرة علمية أن تتغير عندما تتحرّر هذه النشرة من صياغتها الورقية. فعلى سبيل المثال، بدون قيود عدد الصفحات لن يكون من داعٍ لحشر النشرة ضمن كمٍّ هائل يجعلها متاحة فقط لعدد محدود من الحضور، ناهيك عن عدد النشرات الواجب تحديدها بما هو متاح للمجلة نشره وطباعته كل سنة. فالتكلفة الزهيدة لذاكرة الحاسوب تفسح المجال لتضمين كل مجموعات البيانات والطرائق، جاعلة من الأسهل على الآخرين التحقق من النتائج أو تطويرها أو نقضها. وربما يكون الأهم ما تعِدُ به الشبكة من فتح أبواب عالم المراجعة الدقيقة الذي يكون في بعض الأحيان عكراً.

غالباً ما يظهر أنّ أفضل طريقة لاختبار مزايا نشرة علمية ما، يكون حين تركِّز المراجعة العلمية كمِّية من الثقة غير المعقولة في مقدرة العلماء على أن يحكم بعضهم على أعمال بعض بصورة موضوعية. وهذه العملية إضافة إلى أنها تستغرق الوقت الطويل فهي عرضة لانحيازات عديدة مثل المماطلة والمحاباة والانتحال أو حتى السرقة. هذا وقد فشلت هذه المراجعة العلمية أيضاً في الكشف عن حالتي احتيال علميتين حديثتين في الفيزياء: تتناول الأولى فيزيائي المادة الكثيفة ج. هـ. شون J. H. Schön، الذي طرد من مختبرات بل Bell في العام 2002 لتزويره بيانات، وتتناول الأخرى ادعاءات مزيفة باكتشاف العنصر ذي الوزن الذري 118. وبالطبع فإنّ التزييف العلمي نادر جداً، لكن مثل هذه الحوادث يصعب كشفها إذا ما علمت أن المراجعة العلمية يقوم بها عدد صغير جداً من مشاهير المحكمين.

وفي حين لا تستطيع الشبكة التخلص من الصعوبات الذاتية لمحاكمة ادعاءات علمية، فإنها يمكن أن تجعل العملية أوسع أفقاً،

النموذج التقليدي

في مقابل ذلك، يُعَدُّ النموذج التقليدي للنشر العلمي (الذي يُعْمل به منذ حوالي 150 سنة) حماقة تامّة. إذ يصرف الباحثون أشهراً وسنوات للقيام بأبحاثهم المموّلة بأموال الشعب، ويكتبون ما يخص هذه الأبحاث ضمن قيود متعارف عليها، ثم يسلمون النشرة النهائية إلى مجلة تجارية تطالبهم وقارئيهم بالمال مقابل امتياز قراءتها. فإذا ما علمنا أن الشبكة تتيح للباحثين إرسال نشراتهم مباشرة باستخدام الحاسوب في غضون دقائق إلى العالم أجمع لرؤيتها، فما الحاجة إلى نموذج المجلة التقليدي بعد الآن؟

والجواب بسيط: المقام status، فالعلم هو مؤسسة تنظيم ذاتي يتبادل فيها العلماء منتجاتهم الرئيسية –النشرات العلمية– مقابل الاعتراف بهم وليس مقابل أشياء محسوسة مثل المال. وتلعب المجلات دوراً حيوياً في أنموذج (موديل) هذه الصناعة غير العادي وذلك عبر عملية المراجعة الدقيقة–التي تتصف بكونها منظومة يستغرق تدقيق النشرة فيها بضعة شهور من قبل خبراء آخرين متخصصين في ذلك المجال ليحددوا ما إذا كانت مساهمتها ذات شأن في "أدبيات الاختصاص". وتملك كل مجلة موقفاً واضحاً في حقل من الحقول الخاصة اكتسبته عبر معاييرها للمراجعة الدقيقة، وكذلك حكم رئاسة التحرير وعمليات الإنتاج الخاصة بها، مع حفنة من العناوين تدَّعي الأفضلية في ذلك الحقل. وكلما كانت المجلة أفضل، حظيت النشرة بفرصة أكبر للاستشهاد بها ممّا يحسّن من السمعة وبالتالي من مهنيّة مؤلفيها.

وبالتالي ربما تكون أقل تعسُّفاً. "فمراجعة الزملاء المفتوحة" open peer review تمثل منظومة تنشد الوصول إلى هذا الهدف، حيث تستغرق النشرة (بمجرد خضوعها إلى تدقيق أساسي من قبل مَرجعيِّين معيّنين) مدة زمنية محدّدة باستخدام الحاسوب بحيث يمكن لأي كان أن يعلّق عليها خلال هذه المدة قبل مراجعتها العلمية عبر لجنة الحكم بالطريقة التقليدية. وما كان لهذه المقاربة أن تتحقق بدون الشبكة، مع أنه حتى اليوم لا يوجد إلاّ مجلة واحدة في العلوم الفيزيائية تستخدم نموذج مراجعة الزملاء المفتوحة هي: Atmospheric Chemistry and Physics.

العلم للجميع

تُعدُّ الشبكة متاحة للتفصيل حسب الطلب لغرض هذا النوع من ديمقراطية العلم، وتتطور بسرعة لتصبح وسطاً أكثر اجتماعية من أنموذج الطريق الواحد المتمثل بنهج "انقر وحمِّل click and download حسب التصوّر الأصلي". لا شك أنّ معظم الإدمان على الشبكة Web 2.0 مبنيٌّ على طريقة استخدام غير العلميين لها التي يغذّيها على سبيل المثال استحواذ موقع التشبيك الاجتماعي المسمى My space الذي أقامه ر. مردوخ Rupert Murdoch من اتحاد الأخبار news corporation لقاء مبلغ ضخم بلغ 580 مليون دولار. كما يوجد أيضاً عدد من الأمثلة تبيّن كيف تنجذب الفيزياء لمثل ذلك.

يأتي على رأس ذلك المُدَوَّنات blogs، التي نشأت خلال العقد الأخير عن يوميات نرجسية باستخدام الحاسوب لتصبح شكلاً مؤثراً فاعلاً في صحافة المواطنة، على الأقل في بعض الحالات المنتقاة الخاصة. وإن أحد أكثر المواقع الفيزيائية شهرة هو مدوّنة "التغير الكوني" cosmic variance ذات الـ 3000 قارئ كل يوم وتستضيف مناقشات "عقد" threads تشمل مجالاً واسعاً يمتد بدءاً بنشرة ما قبل الطباعة في فيزياء الجسيمات الأولية وصولاً إلى كيفية مزج مزيج ما مزجاً كاملاً. وتبرهن المدوّنة أيضاً على أنها وسط سهل جداً يمكن التواصل عبره مع طيف واسع من البشر.

وفي حين قال العديد ممن أجابوا على استقصائنا أنهم لا يثقون بالمعلومات التي يقرؤونها في المدوّنات "البلوجات" –مع قول أحد النظريين بأنّها ذات مصداقية إعلان في شباك دكان محلّي– فقد وطدت نفسها كمنتدى جديد تماماً للنقاش العلمي. إذ يصعب التصور، على سبيل المثال، ما تمّ من تبادل متنوع وملوَّن للآراء حول نظرية الأوتار، الأمر الذي ظهر مؤخراً في مدوّنات مثل مدوّنة "Not even wrong" (الذي كتبه رياضياتي من جامعة كولومبيا ب. ويت Peter Woit) فهي تجري وجهاً لوجه في مؤتمر أو حتى باتصال خاص بالبريد الإلكتروني. وما يجذب إلى هذه المدوّنات أو البلوجات على ما يبدو، هو كون "بريدك" متاحاً للنظر فيه من قبل كل فرد –وعلى الخصوص الوسط الإعلامي الذي ظهر أعضاؤه بغاية السرور لمشاهدة المناقشة الملتهبة حول هذا الموضوع بالذات.

لقد برهن بريد المدوّنات على أهميته وأصالته بما يكفي ليجعله مرجعاً رسمياً في النشرات العلمية. إلاّ أنه قد يكون مثالاً أكثر صراحة على ما يمكن أن يكون للـ Web من تأثير على المعرفة العلمية انطلاقاً من ظاهرة "الويكيز" wikis[✓] وهي مواقع على الشبكة تسمح لمستخدميها بإضافة أو حذف أو تحوير محتوياتها. إنّ من أشهر هذه المواقع الموسوعة wikipedia التي تجاوزت كل التوقعات بتزويدها

من السهل رؤية كيف يمكن لنشرة علمية أن تتغير عندما تتحرر من إطارها الورقي Format

معلومات موسوعية دقيقة وسهلة الفهم تماماً بشكل حاسوبي اعتماداً على النموذج المذكور، ووفق استفتائنا هي الآن أول مكان يذهب إليه العديد من الفيزيائيين لقراءة موضوع خارج مجال تخصصهم. وباستشفاف المستقبل بصورة أعمق، يستطيع المرء بسهولة رؤية نماذج (موديلات) نشر مشابهة للمراجعة الدقيقة المفتوحة حيث يمكن التعامل مع محتويات النشرات العلمية بمثابة ويكي wiki تنشأ عبر بريد المدونات.

زَخم متنام

إنّ هذه هي الأيام الأولى للنشر باستخدام الحاسوب، وعلى كل صناعة تحتاج ورقاً وطباعة في جذورها أن تعرف كيف تسخِّر أفضل ما يمكن من إمكانات الويب (الشبكة). غير أنّ أحد الأشياء الواضحة، يتمثل في عدم احتضان الفيزيائيين حتى الآن (الويب Web 2.0) بنفس الحماس الذي أبدوه للويب Web قبل 15 سنة مضت. إذ إنّ معظم المهتمين في محتويات المدونات، على سبيل المثال، ميالون ليكونوا أولئك الذين يمتلكون مدوناتهم الخاصة وهم في الواقع ليسوا ممن أجابوا على استفتائنا بخصوص استخدام الشعبيات "folksonomy" في تقنيات استعادة المعلومات مثل الوَضم xtagging الاجتماعي الذي ثبتت شعبيته خارج مجال العلم، كما في موقع تَشارُك وموقع الصور "flickr" مثلاً.

يوجد سبب جيد يدفع المرء ليكون حريصاً. إذ يمكن أن تؤدي السهولة المتزايدة، على سبيل المثال، في الدخول إلى المعرفة العلمية، إلى إسهام ذوي المعرفة القليلة بالنقاش العلمي، الأمر الذي يبطّىء التقدم – وهي مسألة يقول البعض بأنها تزيد الحاجة إلى إجراءات رقابة الجودة التقليدية. وكما هي الحال في ممارسات النشر التقليدية، سيكون وقع الإنترنت على الأغلب متفاوتاً بشكل كبير بين حقول الفيزياء الفرعية. ففيزيائيو الجسيمات مثلاً كانوا يوزعون طلائع نشراتهم preprints منذ 50 سنة، وعلى الرغم من استمرار النشر في المجلات ذات المراجعة الدقيقة، فإنّ الموقع arXiv.org هو الآن مأوى لكل نشرة في الحقل تقريباً.

مع هذا، سيكون من قصر النظر لأي من الفيزيائيين التقليل من أهمية الانتقال من الوسيلة الإعلامية الطباعية إلى الوسيلة الإعلامية الحاسوبية. وفي حين تبقى المراجعة الدقيقة على الأغلب أفضل طريقة للحكم على جدارة بحث جديد، قد تكون ممارسات إرسال النشرات إلى مجلات تجارية بدون مقابل ثم الاضطرار لدفع مال مقابل الوصول إليها هي أولى الضحايا. فقد أظهرت العديد من الدراسات أن النشرة التي ظهرت باستخدام الحاسوب غدت محط اقتباس أكثر من النشرة التي لم تظهر، ومن الصعب تصور جيل جديد من الفيزيائيين الذين نشؤوا مع الويب يخجل من مثل هذه الإحصائيات.

تثمَّن الويب بأنها ثورة في المعلومات ولكن من الأفضل النظر إليها على أنها أحدث قفزة تقانية في تطور بدأ مع تطوير الكتابة قبل قرابة 5000 سنة مضت. والعلم كما نعرفه ليس إلاّ فصلاً حديثاً نسبياً في قصة إبداع الإنسان، وقد ازدهر بالتأكيد وإلى حد بعيد ضمن الإعلام الطباعي كما أصبح معروفاً بفضلها.

يبقى السؤال حول مدى تأثير الويب في تغيير العلم منذ الآن فصاعداً غير قابل للإجابة إلاّ عبر منظور من الماضي. وهذا بالطبع إذا ما استطاع مؤرخو المستقبل قراءة الحجم الهائل من أُطُر البيانات التي تُكتب اليوم في عصر الرقميات.

المؤلف:

م. تشالمرز، هو محرّر زاوية Features في مجلة physics world.

- نشر هذا المقال في مجلة Physics World, January 2006، وتمّت ترجمته في هيئة الطاقة الذرّية السورية.

(Footnotes):

✓ البلوج أو المدونة (blog) هو اختصار لـ weblog وهو مجموعة شخصية من النص والصور والأشياء المرتبة زمنياً، وتجدّد يومياً لتعكس مشاعر الشخص ووجهات نظره حول موضوع معين وتعكس حياته، بهذا تكون وسيلة عظيمة للتعرف على الناس والحوادث والأماكن وغيرها.

✓ الويكيز مفردها الويكي wiki وهو قاعدة معلومات مفتوحة للتحرير.

هل تتحدث الي؟

من المعروف عن الفوتونات أنها ذات نزعة انفرادية لا تحب الاختلاط بالآخرين، لكنك إذا استطعت أن تجعلها تتحادث، فإنها تنقلب إلى مادة مصنوعة من الضوء. هذا ما يناقشه مارك بوكانان في هذا المقال.

الكلمات المفتاحية
المادة الفوتونية، عازل مُوْت، حصار فوتوني، البت الكمومي.

يريد أندرو غرينتري A. Greentree أن يلعب الحيل والخدع مع الضوء. ففي جامعة مِلْبورن في أستراليا كان يهدف أن يفعل شيئاً ما مع الفوتونات لم يفعله أحد من قبل. كان يريد أن يتصيّد فوتونات في أقفاص ويجعلها تتحادث معاً. وخلافاً لما هو معروف عن جسيمات المادة مثل الإلكترونات، فإن ما يعرف عن الفوتونات أنها غير اجتماعية. إذ إنها تمر كما تمر سفنٌ في الليل بدون إشعار بعضها بعضاً. ومع ذلك إذا أمكن جعلها تتآثر فقد تُجبَر عندئذ على تشكيل نوع جديد خاص من مادة كمومية – وبمعنى مادة مصنوعة من الضوء.

ورغم أن هذه لن تكون مادة بالمعنى المتداول للكلمة، مثل جامد يمكنك أن تتحسسه باللمس، فإنها ستسلك سلوك مادة في بعض مناح مهمة. فالمواد تكتسب خصائصها المميزة من الطريقة التي تتفاعل بها الذرات في داخلها، وكلما زادت معرفتنا بذلك ازداد ما نستطيع فعله بها. وعلى نحو مماثل، يمكن للطريقة التي تتفاعل بها الفوتونات عندما تشكل مادة كمومية أن تعطينا استبصاراً حول الكيفية التي تعمل بها مواد حقيقية لها صفات كمومية. وهذا سيساعدنا، على سبيل المثال، على تقديم تفسير دقيق لماذا تستطيع النواقل الفائقة عند درجات حرارة عالية أن تمرر الكهرباء بدون مقاومة على الإطلاق.

لمَ كل هذه الأهمية؟ أولاً، لأنها قد تعطي إشارة البدء في ثورة المواد التي ستؤدي إلى أنواع جديدة من الحواسيب ونبائط أخرى. فالمواد المصنوعة من الضوء يمكن أن تستخدم لنمذجة، ومن ثم بناء، دارات ضوئية تخزِّن المعلومات وتعالجها بأسرع مما يفعله أي شيء متوافر حولنا في هذه اللحظة. قد تيسِّر هذه المواد سبيلاً حتى لبناء حاسوب كمومي عملي (وهو شيء ليس له وجود حتى الآن إلا في النظرية) سيكون قادراً على إنجاز حسابات أسرع بملايين المرّات من حاسوب فائق.

حتى الآن لا توجد المواد الفوتونية إلا في النظرية، لكن كان هناك همس حول توقع وجودها وأن ذلك قد لا يكون بعيداً. ففي الأشهر القليلة الماضية طورت ثلاث مجموعات منفصلة، من بينها مجموعة غرينتري Greentree، نماذج تبين أن بناء واختبار مثل هذه المواد سيكون محتملاً في غضون بضع سنين. "تأتي الإثارة بالفعل من مقدرتنا على صنع أشكال جديدة بصورة جوهرية للمادة"، حسبما يقول تشارلز تاهان C. Tahan من جامعة كمبردج وهو أحد المتعاونين مع غرينتري.

إن الفكرة القائلة بأن الضوء يمكن التعامل به لتحقيق سلوك شبيه بسلوك

المـادة ليست بالأمر الجديد كلياً. ففي السنوات القريبة الماضية تعامل الباحثون تجريبياً مع ما يسمى الشبيكات الضوئية، واستغلوا تلك النبائط في نمذجة السلوك الكمومي للمواد. تستخدم الشبيكات الضوئية حزماً ليزرية متصالبة لتأسر الذرات وتتحكم بها بحيث يمكن إبقاء تلك الـذرات ثابتة في مواضعها كما لو أنها كانت في بلورة، أو السماح لها بالحركة والتأثر بحرية كما لو كانت في غاز. لكن القيود التقنية منعت الباحثين من دراسة ما يحدث في هذه الأشياء عند النزول إلى مستوى الجسيمات المفردة. يأمل غرينتري والآخـرون أن يعالجوا الأمـر وذلـك ببناء أدوات متممّة تؤثر فيها الفوتونات بعضها على بعض بطرق قابلة للقياس بسهولة أكبر– وذلك هو المفتاح للوصول إلى المواد الفوتونية المقترحة.

في معظم الأوقـات، يكون شيئاً جيداً ألاّ تتأثر الفوتونات بالطريقة التي تتأثر بها الذرات والإلكترونات. ذلك يرجع لسبب نستطيع إدراكه، وهو أن الضوء المنعكس على مرآة لا يكون أبداً عامل دعم في احتناق مروري، والحزمتان المتوهجتان المتصالبتان لا تتعارضان أبـداً الواحدة مع الأخرى. ففي الهواء وفي أي مادة عادية، لا تتكلم الفوتونات بعضها مع بعض. "كي تجعل ذلك ممكناً تحتاج إلى شيء ما غير عادي"، هذا ما تقوله مجموعة غرينتري.

لقد جرى تـداول الأفكار المتعلقة بهذا العمل على مدى عقود. وفي عام 1997 اقترح أتاك إيماموغلو A. Imamoglu من جامعة كليفورنيا في سانتا بربارا، أنه يمكن صنع صندوق أو "جوف cavity" من نوع خاص كي يمتص فوتوناً واحداً فقط، ليس إلا. وسيغير ذلك الفوتون الخـواص التجاوبية للجوف، فيمنعه من امتصاص فوتونات أخرى بعملية تدعى "حصاراً فوتونياً photon blockade". فأي فوتون يدخل المنظومة سوف يدفع بشكل فعال كل الفوتونات الأخرى. وعن ذلك يقول ديمتري أنجيلاكي D.Angelakis من جامعة كمبريدج "ضع واحداً في الجوف، وسيرتد الثاني إلى الوراء".

في العام 2005 بيّن جيف كيمبل J. Kimble وزمـلاؤه، من معهد كليفورنيا للتقانة في باسادينا، طريقة عملية لعمل ذلك (Nature,vol 436, p 87). فقد قاموا ببناء جوف صغير بين مرآتين، بفاصل 80 مكرومتر بين الجانبين، بحيث لا يمكن أن توجد فيه إلا فوتونات بطول موجي خاص. ثمّ أضافوا إلى هذا الجوف ذرة من السيزيوم المبرَّد تبريداً فائقاً وبيّنوا في التجارب أنه بمجرد أن يمتص المعقد (جوف–ذرة) فوتوناً واحداً، فإنه لا يستطيع أن يمتص فوتوناً آخر، لكونه لم يعدْ في حالة تجاوب تسمح له بجذب الضوء.

لقد حثّت هذه النتيجة المذهلة فريق بحث ثلاثي بقيادة أنجيلاكي، وغرينتري ومارتين بلينيو M. Plenio من إمبيريال كوليج في لندن على تطوير الفكرة أبعد من ذلك. وبعملهم بصورة مستقلة بدؤوا بتصميم مواد كمومية كاملة full-blown quantum materials من الفوتونات. وكانت مقاربتهم هذه، كما يقول أنجيلاكي، تتمثّل في تحقيق "ضوء يخاطب ضوءاً عبر مادة"، وأن يفعل ذلك بطريقة تجعل العديد من الفوتونات تتآثر في نفس الوقت.

إن ما تتصوره كل مجموعة الآن يبدأ ببلّورة فوتونية– وهي بنية تستطيع أن توجه الفوتونات في قناة على نحو الطريقة التي تتحكم بها منظومة الري بتدفق الماء عبر الحقول. وعبر هـذه القناة، المصنوعة من الزجاج أو البلاستيك أو الألماس، لا تسمح البلورة إلاّ للفوتونات التي لها طول موجي معين بالتدفق داخلها. ولقد تم حفر نموذج ملائم من الثقوب في المادة باستخدام حزمة من الأيونات تستطيع أن تشكل أجوافاً بحيث يمكن للفوتونات أن تأخذ مكاناً فيها مع كونها محاطة بمناطق لا تستطيع فعل ذلك فيها.

وبعدئذ يحتاج كل جوف إلى شيءٍ ما يولِّد حصاراً فوتونياً. وقد اقترح كل من أنجيلاكي وغرينتري إضافة ذرة ذات سويتّين للطاقة على نحو دقيق، وجرى توليف الفرق ليوائم طاقة الفوتونات المأسورة بالجوف (Nature Physics, vol 2, p 856). إن هذا سيولدّ صفيفاً من أجواف تحتوي على ذرات بحيث يكون كل جوف قادراً على مصادرة فوتون واحد ليس إلاّ. فإذا أضيفت فوتونات إلى الأجواف فإنها ستتآثر مع أقرب جاراتها فينفر الفوتون الواحد بصورة فعالة. "إنك ستنهي إلى شيءٍ ما يشبه منظومة مادة تقليدية، "لكنها حسب قول غرينتري، "صنوعة من الضوء".

ماهو مستوى الدقة؟ في النماذج، تبدي المواد الفوتونية سلوكاً لكل بتَّة لا يقل غنى عن سلوك بتات المواد الحقيقية. إن إحدى السمات المميزة لأي مادة هي مقدرتها على تغيير حالتها– الماء السائل الذي يتجمد فيصبح جليداً، على سبيل المثال– وهي عملية تعرف بالانتقال الطوري phase transition. لقد بينت مجموعات البحث الثلاث أن منظوماتها الفوتونية المقترحة ستخضع لاختبار المكافئ الكمومي للانتقال الطوري، من حالة تدعى حالة "عزل مُوت" Mott insulating state.

(مع فوتون يحتويه كل جوف غير قابل للحركة)، إلى حالة مختلفة بصورة ملفتة للنظر "لمائع فائق" superfluid، يستطيع كل فوتون فيه أن يتدفق بدون مقاومة على كامل الصفيف، مثل إلكترون في ناقل فائق.

إن هذا المفعولُ يبرهن المبدأ حقاً. وفي هذا يقول أنجيلاكي "لقد كان سؤالاً مطروحاً لفترة طويلة حول احتمال أن ترى انتقالاً طورياً كمومياً للضوء في أي وقت". يبدو الجواب بنعم مدوياً. ويمكن قدح الانتقال بتغيير سويات الطاقة للذرات ذوات السويتين بحيث لا تعود تنتج منظومات ذرة–جوف حصاراً فوتونياً. ويمكن تحقيق ذلك في جزء من الثانية بتسليط ضوء ليزر على كل الأجواف في الوقت ذاته.

يذهب فريق بلنيو أبعد من ذلك. إذ ظنَّ بـأن كل جوف يستطيع أن يحتوي على مجموعة من الذرات وليس ذرة واحدة، وبيّن أن بالإمكان تحقيق الحصار الفوتوني بسَوْق الذرات بضوء الليزر (Nature physics, vol 2, p 849). ولقد أكدت كل مجموعة بالحساب أن سلوك أي فوتون في الصفيف مربوط بصورة وثيقة بسلوك الفوتونات الأخرى، مثلما هي الحال مع الجسيمات التي تؤلف السوائل والجوامد والحالات الأخرى للمادة. يقول جيرارد ميلبورن G. Milburn من جامعة كوين لاند بأستراليا "إن التآثرات قوية بدرجة كبيرة في مثل هذه المنظومات". ويضيف قائلاً: "قد يكون ذلك التفكير بلغة البتات، (أي الجسيمات)، تفكيراً مضلِّلاً. إنك بحاجة إلى نظرية فاعلة للمنظومة ككل".

"هـذا عمل أنيق فعلاً، "يقول بيتر كوك P. Kok من جامعة أُكسـفورد. "وسيكون ساحراً إذا استطاعوا تحقيقه تجريبياً." لو أمكن فعل ذلك، فسيكون للفيزيائيين أداة جديدة تساعدهم على فهم صنف من الآثار الكمومية الغريبة. ولقد كان ريتشارد فاينمان R. Feynman أول من اقترح في العام 1981 أن محاكاة المنظومات الكمومية كالفوتونات والإلكترونات يمكن القيام بها بشكل أفضل بمنظومات كمومية أخرى: عليك أن تحاكي الشبيه بالشبيه. فبواسطة "محاكٍ simulator كمومي"، مصنوع من فوتونات متآثرة، قد يحصل الباحثون على مفاتيح الحل في الطبيعة المحيّرة للنواقل الفائقة عند درجات حرارة عالية وغيرها من المواد الدخيلة التي تلعب التآثرات الكمومية القوية فيها دوراً مهيمناً.

يُظن، على سبيل المثال، أن السلوك الغريب لمثل هذه المواد قد تكون له علاقة بما يجري عندما تكون منظومة ما قريبة من حدود الانتقال الطوري الكمومي، كالانتقال من عازل موت Mott insulator إلى مائع فائق superfluid. فعند هذا الحد، تصبح الترجحات fluctuations الترتيب المجهري للمادة كبيرة بصورة غير معتادة وتبدو مهيمنة على خواص المنظومة (New Scientist, 28 January 2006, p 40). وفي الوقت الراهن يوجد لدى الباحثين بضع تقنيات لسبر التفاصيل الدقيقة لهذه الحالة في مواد حقيقية. وفي هذا الصدد يقول جان زاعنين J. Zaanen من جامعة لايـدن في هولندا "لـم نخرق بعد القواعد الأساسية، فهناك حاجة ملحة لنماذج تجريبية تحت السيطرة الجيدة لهذه المنظومات. إن مادة الضوء هذه قد تعمل".

هذا ويمكن أن يكون المحاكي الكمومي أيضاً خطوة مهمة باتجاه الحاسوب الكمومي الأسطوري (انظر مؤطر "الحوسبة بواسطة الضوء"). وذلك لأنه يمكن النظر إلى هذه المحاكيات على أنها حواسيب بدائية تُجري الحسابات بصيغ ومصطلحات كمومية بصورة تامة.

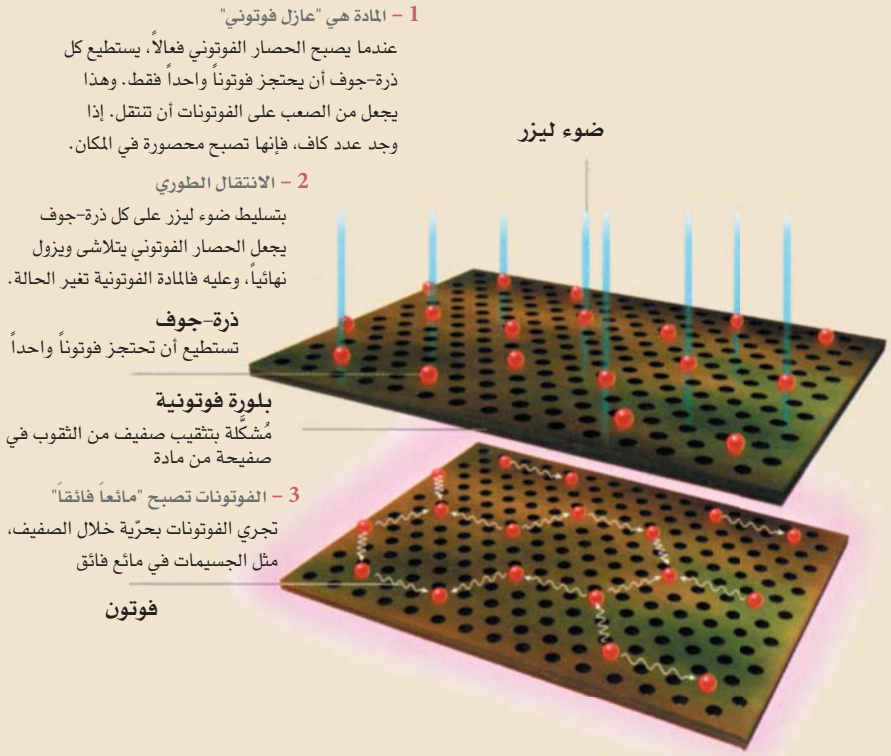
لكن كيف العمل لبناء واحد من هذه الحواسيب بصورة حقيقية؟ يقترح فريق غرينتري أن الأسلوب البديل والواعد لإنشاء مواد فوتونية سيكون باستخدام ذرات ليست ذات سويتين في الأجواف، بل الاستفادة من عيوب في الشبيكة البلورية لصفائح

"وفي النهاية تخلص إلى شيءٍ ما يشبه مادة تقليدية، لكنها مصنوعة من الضوء"

كيف تصنع المواد من الضوء

إذا أمكن جعل الفوتونات تتآثر، فستشكل "المادة" الناتجة الأساس الذي يقوم عليه الحاسوب الكمومي أو المحاكي.

إحدى الأفكار لعمل ذلك أن تضع ذرات داخل أجواف في بلورة فوتونية. يمكن توليف كل ذرة جوف كي تمتص فوتوناً واحداً بالضبط وتلفظ الفوتونات الأخرى، وهو شرط يعرف باسم "الحصار الفوتوني". إن تشويش هذه الحالة يسبب انتقالاً طورياً – وهو سمة مميزة للمادة.



الحوسبة بواسطة الضوء

إن القدرة على صنع فوتونات تتآثر قد تجعل بعض الطرائق الأقل تقليدية ذات قيمة عملية أكبر. في عام 2001، اقترح روبرت روزندورف R. Raussendorf وهانس بريجل H. Briegel من جامعة لودوينغ مكسيميليان في ميونيخ بألمانيا، أن الحوسبة الكمومية يمكن تحقيقها بسهولة أكثر برَزْم كل الأربطة الكمومية quantum links أو "التشابكات" entanglements بخطوة ابتدائية واحدة. وقد بينوا بصورة نظرية أنه لو جُعل عدد من الجسيمات الكمومية في حالة مشبوكة بقوة وهي حالة تعرف باسم حالة عنقدة أو حالة تجمّع cluster state، فإنه يمكن بعدئذ إجراء أي عملية حساب كمومية بالقيام بسلسلة متعاقبة من قياسات بسيطة على جسيمات مفردة.

ومنذ ذلك الحين ابتدع الباحثون حالات معنقدة تشتمل على عدد من الفوتونات يصل إلى أربعة، وقد اقترحوا حديثاً أفكاراً لحسم العملية مستخدمين فوتونات لشبك بتات كمومية مستقرة، أو كيوبتات qubits (New Scientist, 25 March 2006, p 42). إن إجراء حسابات مفيدة سيتطلب حالات معنقدة أكثر تعقيداً، وذاك أمر صعب.

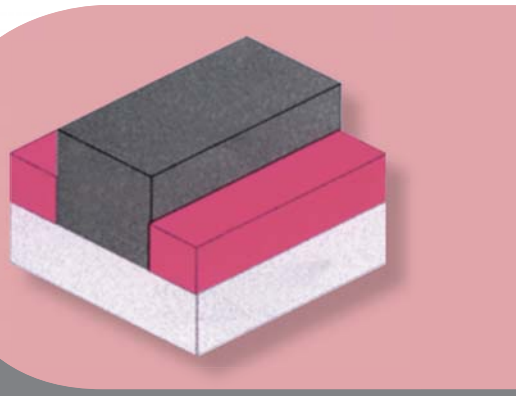
يقترح ميخائيل هارتمان M. Hartmann من الإمبيريال كوليج بلندن أن المادة الكمومية التي اقترحها فريقه، والتي يمكن فيها ضبط التآثرات بين الفوتونات في صفيف من أجواف ضوئية والتحكم فيها بمطواعية تامة، يمكن أن تساعد في ذلك. وباستخدام نموذج كهذا، تمكّن الباحثون من تصميم التآثرات الفوتونية خصيصاً لتشكيل أعداد كبيرة من بتات كمومية مشبوكة. وفي هذا الصدد يقول هارتمان: "إن هذا ينبغي أن يجعل الأمر واضح المعالم وأكثر صراحة".

رقيقة من الألماس. وتستطيع هذه العيوب– التي تتشكل في المكان الذي تحلّ فيه ذرة نتروجين محل ذرة كربون تلي بقعة الجوف في الشبيكة– أن تُقيِّد إلكتروناً وتلعب دوراً شبيهاً بدور ذرات بسيطة. إن منظومة من هذا الصنف ستمتلك بصورة طبيعية عديداً من البتات الكمومية quantum bits، أو كيوبتات qubits، يمكن استغلالها لإجراء الحسابات computations.

لقد بدأ فريق غرينتري وزملاؤهم العمل على هذه الفكرة. وهم يعتقدون أن باستطاعتهم بناء الأنواع الصحيحة من النبائط في غضون بضع سنوات، باستخدام تقنيات تصنيع موجودة. ويقرُّ فريق غرينتري بأنه "لم يسبق لنا أبداً صنع شيءٍ بهذا التعقيد، لكنه يشبه أشياء جرى صنعها في السليكون. ونحن نعتقد بكل تأكيد أن ذلك لابد أن يكون معقولاً ومحتملاً". وستكون النتيجة النهائية حاسوباً كمومياً مصنوعاً من الألماس.

لن ينزعج كثيراً فريق غرينتري وغيرهم حتى لو تبين أن ذلك مستحيل. وفي هذا الصدد يقول: "هناك الكثير مما يجب علينا أن نتعلّمه عن الحوسبة الكمومية، التي أتردد أن أفضي بأي تنبؤات بشأنها. هذه تسلية عظيمة تجعلنا نفهم فيزياء جديدة. إننا نستطيع أن ضمّ الأشياء بطرق جديدة ثم نرى آثاراً جديدة تماماً، على أمل أن تكون آثاراً تتحقق رؤيتها من قبل".

نشر هذا المقال في مجلة New Scientist, 13 January 2006، وتمّت ترجمته في هيئة الطاقة الذرّية السورية.



مكاشيف فوتونية فوق حساسة من نقاط كمومية مسبوكة من محاليل

ملخص

تتميّز النبائط الإلكترونية [1] والإلكترونية الضوئية [2-5] المصنّعة من المحاليل solution-processed بإمكان تصنيعها بتكلفة منخفضة، وساحة كبيرة للنبيطة، ومرونة فيزيائية، يضاف إلى كل هذا إمكان دمجها مع مواد ملائمة إذا ما قورنت بالنبائط التقليدية من أنصاف النواقل البلورية، ذات الشبيكة المتوافقة، والمنمّاة بطرائق التنضيد epitaxially grown. ورغم أن الأداء الإلكتروني أو الإلكتروني الضوئي لهذه النبائط المصنّعة من المحاليل هو أدنى بصورة نموذجية من مثيلاتها التي صنعت بالطرق التقليدية، بيد أنه يمكن التسامح بهذا من أجل بعض التطبيقات مقابل الفوائد الأخرى. ونُدوِّن هنا إنجاز تصنيع المكاشيف الضوئية لتحت الأحمر المصنَّعة من المحاليل والتي تفوق في كاشفيتها المستنظمة normalized detectivity (D*، معامل جودة حساسية المكشاف) أفضل النبائط المنمّاة بالتنضيد والتي تعمل في درجة حرارة الغرفة. لقد أنتجنا هذه النبائط بخطوة واحدة من معالجة المحاليل، عبر إكساء صفيف من الإلكترودات المسطحة المسبَّقة الصنع بطبقة لا مُنَمَّطة التشكيل من بلورات نانوية من نقاط كمومية غروانية من PbS. كما أظهرت هذه النبائط ربحاً كبيراً في النقل الضوئي photoconductive باستجابية responsivity أكبر من 10^3 AW^{-1}. وأبدت أفضل النبائط كاشفية مستنظمة D* بلغت 1.8×10^{13} jones (علماً بأن 1 jones = 1 cm Hz$^{1/2}$W^{-1}) عند 1.3 µm في درجة حرارة الغرفة: أعلى أداء اليوم لمكاشيف فوتونية photodetectors تعمل في مجال تحت الأحمر الذي تعطيه النبائط الفوتوفولطية photovoltaic devices المصنوعة من InGaAs المنمّى بالتنضيد والتي تُبدي قمة للكاشفية D* في مجال 10^{12} jones عند درجة حرارة الغرفة، بينما كان الرقم القياسي السابق للكاشفية D* من مكشاف ذي نقل ضوئي يقع عند 10^{11} jones. إن اختيار طاقة بداية الامتصاص المفَصَّل (حسب الرغبة) من خلال مفعول الحجم الكمومي، يضاف إليه هندسة مدروسة لتعاقب دمج الجسيمات النانوية وقيام المصائد السطحية بوظيفتها، يشكلان الأساس للأداء الممتاز الذي تم تحقيقه في هذه العائلة من النبائط التي تصنع بسهولة.

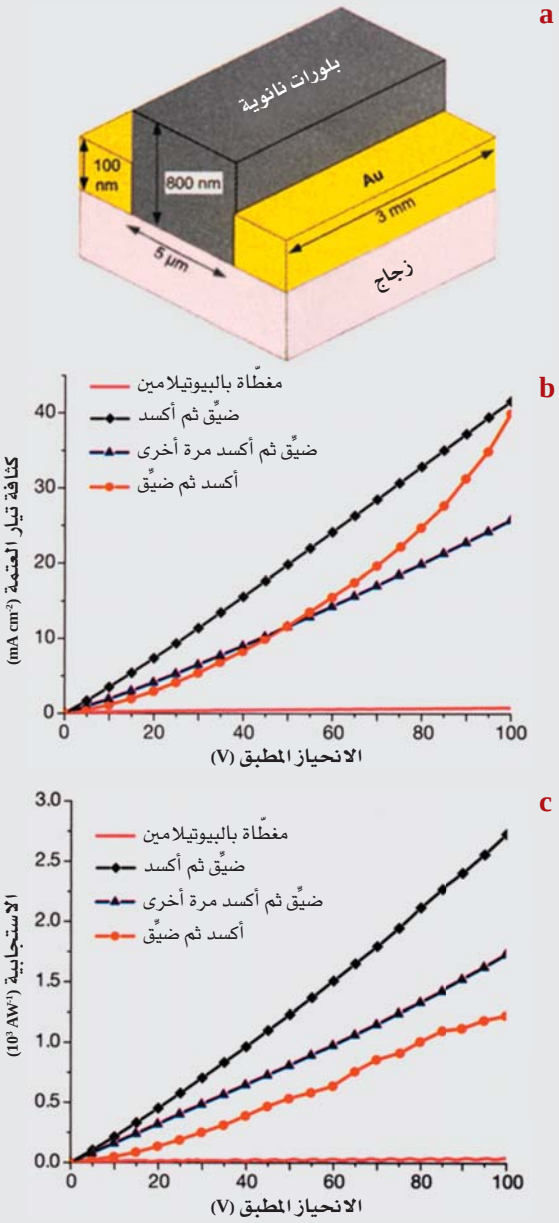
الكلمات المفتاحية

نقطة كمومية، مكشاف فوتوني، نبائط إلكترونية مصنَّعة من محاليل، بلورة نانوية، مفعول الحجم الكمومي، ضجيج.

يُعد استشعار ما وراء 1 µm داخل الطول الموجي القصير تحت الأحمر أمراً حدّياً critical للرصد البيئي والاستشعار عن بُعد [6-9]، وكذلك للاتصالات بالألياف الضوئية، والمسح الليلي [10] وأشكال التصوير الطبي الناشئة [11-13]. إن خواص السليكون الحساسة للضوء تتدهور بسرعة عند أطوال موجية أكبر من 800 nm وتنتهي بصورة مفاجئة عند 1.1 µm. لذا فمن المهم جداً صنع مكاشيف ضوئية لما تحت الأحمر عبر معالجة processing سهلة من محلول، وبذلك تيسِّر مكاملة بارزة ملائمة مع دارات السليكون التكاملية.

يجري التقدير الكمي لحساسية المكاشيف الضوئية تحت الحمراء باستعمال البارامتر D*، وهو الكاشفية المستنظمة normalized detectivity مقيسة بوحدات من الجونز jones (cm Hz$^{1/2}$W^{-1}). تعطى الكاشفية D* بالعلاقة $(A\Delta f)^{1/2}\,R/i_n$، حيث A هي المساحة الفعالة للكاشف مقدرة بالسنتمتر المربع cm^2، وΔf عرض العصابة الكهربائي مقدراً بالهرتز Hz، و R هي الاستجابية responsivity مقدرة بالأمبير لكل واط A W^{-1} مقيسة في نفس الشروط حيث يقاس تيار الضجيج i_n بالأمبير A. إن رقم التميّز figure of merit لمادة ما والمتمثِّل في D*

1



بنية النبائط والمميزات الكهربصرية لأصناف النبائط المدروسة. **a**، بنية النبيطة. شُكِّلت أفلام ملساء ذات ثخن يمكن التحكم فيه، وذلك باستخدام بلورات نانوية تمت كسوتها بالتدويم من محلول الكلوروفورم. **b**، كثافة تيار العتمة. إن تضييق البلورة النانوية بطريقة النقع في الميثانول أدى إلى زيادة كثافة تيار العتمة بمقدار مرتبتين في القيمة. أبدت النبائط التي صُنِّعت باستخدام بلورات نانوية جرى تعريضها إلى الأكسجين قبل تشكُّل الفلم (أكسدة ثم تضيّق) سلوكاً ذا خطية فائقة لخاصية I-V وهو ما يميّز النقل بمساعدة الحقل. كما أبدت النبائط المصنَّعة باستخدام بلورات نانوية جرى تضييقها قبل الأكسدة سلوكاً خطياً (مستقلاً عن الحقل). وتؤدي زيادة الأكسدة لنبائط ضيِّق ثم أكسد (وبعدها ضيِّق ثم أكسد مجدداً) إلى تناقص في الناقلية النوعية نظراً للإفراط في تشكل الأكسدة. **c**، الاستجابية كتابع للانحياز المطبق. تبدي نبائط البلورات النانوية المضيَّقة استجابيات متقاربة، بحركيات متماثلة لحاملات الشحنة وأزمنة حياة حالات المصائد.

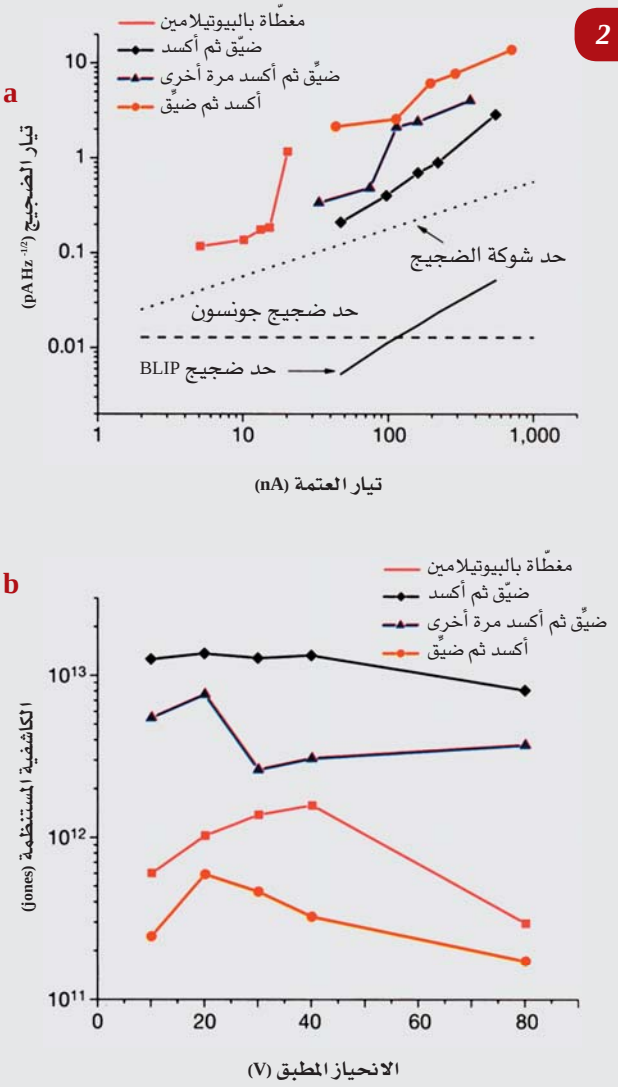
يسمح بالمقارنة بين نبائط لها مساحات وهندسات مختلفة. إن رقم التميّز الخاص بالنبيطة وهو قدرة الضجيج المكافئة (NEP) –بمعنى أقل قدرة ضوئية واردة يستطيع المكشاف أن يميزها عن الضجيج– يتعلق مع D* بالعلاقة التالية $NEP=(A\Delta f)^{1/2}/D^*$.

يتعين القيد العلوي upper bound الترموديناميكي على D* بصورة أساسية بواسطة الفرجة العصابية لنصف الناقل المستخدم كوسط ماص للضوء. فالمواد ذوات الفرجة العصابية الصغرى تمتص فوتونات حرارية منخفضة الطاقة، الأمر الذي يؤدي إلى زيادة الضجيج. وعليه فالوسط المثالي للكشف الفوتوني سيكون وسطاً قابلاً للتوليف طيفياً، وتمَّ تفصيله بصورة مُثلى كي يستخدم أكبر فرجة عصابية فعّالة تستطيع امتصاص كل الفوتونات ذات الأهمية في تطبيق خاص. تُفسَّر القيود العملية على قيم D* التي تم الحصول عليها تجريبياً بدلالة الضجيج الفائض. تبدي مكاشيف النقل الضوئي المتعددة التبلور، على سبيل المثال، ضجيجاً تَضاعفياً multiplicative noise [15] مصاحَباً بإنتاج ضجيج نقل transport noise مع ضجيج توليد– وتضافر generation-recombination noise أساسي في طرف العصابة وحالات المصائد.

تقدم النقاط الكمومية لأنصاف النواقل الغروانية حلاً متزامناً للتحديات المذكورة أعلاه: فهي تعالج وتصنع من محلول، فتسمح بذلك بإجراء مكاملة ملائمة مع أي ركازة؛ ويمكن توليفها عن طريق مفعول الحجم الكمومي quantum size effect [16]، فتسمح بانتقاء فرجة العصابة الفعالة بالشكل الأمثل فيما يخصُّ تطبيقاً معيّناً ما. كما يمكن التحكم بخواص النقل وبحالات المصائد فيها بصورة منفصلة وذلك من خلال هندسة الربائط ligands وأكسدة سطوح الجسيمات النانوية قبل أو بعد تشكيل الفلم. لقد أظهر الوصل المتصالب cross-linking لجسيمات نانوية نصف ناقلة من قبل أنه يسبّب زيادة ملحوظة في ناقلية الفلم [17, 18]. وبالإضافة إلى ذلك، فقد أُعلِن عن نقل ضوئي في المجال المرئي في أفلام من بلورات نانوية من CdSe نقية باتباع معالجة كيميائية [19-21]. وعلى كل حال، هناك مشاهدة سابقة واحدة فقط عن ناقلية ضوئية في ما تحت الأحمر [5]، ولم توجد تقارير سابقة حول حساسية مكاشيف ضوئية مكمّاة quantified من مثل هذه المواد.

لقد صنَّعنا مكاشيف تعمل بالناقلية الضوئية وذلك بواسطة نقاط كمومية غروانية جرى تشكيلها بالتغطية التدويمية spin-coating من محلول على إلكترودات من الذهب مصنّعة على نحو متبادل gold interdigitated electrodes. وكانت المسافة التي تفصل بين إلكترودين 5 µm وكان ارتفاع الإلكترود المعدني 100 nm. ويصف الشكل 1a البنية الناتجة. أما ثخن أفلام النقاط الكمومية المتشكلة فقد بلغ 800 nm.

لقد وُجد أن النبائط المصنّعة باستخدام بلورات نانوية من PbS



مميزات الضجيج والكاشفية المستنظمة الناتجة لأصناف النبائط المختلفة المدروسة. **a**، تيار الضجيج المقيس كتابع لتيار العتمة المقيس. أبدت نبائط ضيِّق ثم أكسد أخفض تيار للضجيج الذي يقترب من 3 dB وهو حد شوكة الضجيج. نبائط البلورات النانوية من صنف أكسد ثم ضيّق كان لها أعلى تيار ضجيج وهذا متساوق مع ضجيج متضاعف. أبدت النبائط المُشكَّلة من بلورات نانوية من صنف ضيق ثم أكسد مرة ثانية سويات ضجيج أخفض من نبائط البلورات النانوية من صنف أكسدْ ثم ضيّق رغم أنها احتوت على كميات أكبر من الأكسيد. يشير هذا إلى حدِّية مرحلة الأكسدة في عملية التصنيع. كذلك رسم في الشكل، من أجل المقارنة، كل من حد ضجيج جونسون، وحد شوكة الضجيج، وتيار ضجيج (BLIP) الترموديناميكي المحدود بالخلفية الأساسية لأفضل النبائط أداء (ضيِّق ثم أكسد). **b**، الكاشفية المستنظمة D* كتابع للانحياز المطبق. أظهرت نبائط أكسد ثم ضيِّق أدنى مكشافية. تم الحصول على أعلى مكشافية من نبائط ضيِّق ثم أكسد قيست عند تواتر تعديل يبلغ 1.3×10^{13} jones وعند إثارة بطول موجي قدره 975 nm.

مغطاة بحمض الزيت [22] تكون عازلة. ولقد ثَبَّطت ربيطة بطول ~2.5 nm انتقال حاملات الشحنة بين البلورات النانوية. ولتحسين حركية حاملات الشحنة استخدمنا عملية (تبادل) ربائط تالية الاصطناع لنستبدل بالحمض الزيتي بيوتيلامين من النوع n-butylamine n- بطول ~0.6 nm. إن تبادل الربيطة الذي تؤكده مطيافية ما تحت الأحمر لتحويل فوريه (FTIR) قد أنقص التباعد بين الجسيمات حسبما لوحظ بالمجهر الإلكتروني النافذ (TEM). لقد كانت الناقلية بعد التبادل منخفضة ولكنها مقيسة measurable، بحيث نتج عنها كثافة في تيار العتمة بلغت ~0.7 mA cm^{-2} عند انحياز قدره 100 V. لذا غمرنا النبائط بالميثانول (MeOH) لمدة ساعتين لإزالة ربائط البيوتيلامين ولمزيد من النقصان في التباعد بين الجسيمات، بحيث يحدث تضيّق necking، أو ربط متصالب cross linking، عند نقاط تكون فيها سطوح الجسيمات النانوية المتجاورة على تماس بعضها ببعض. وهنا ازدادت كثافة تيار العتمة بمقدار مرتبتين في القيمة حيث وصلت إلى ~40 mA cm^{-2}.

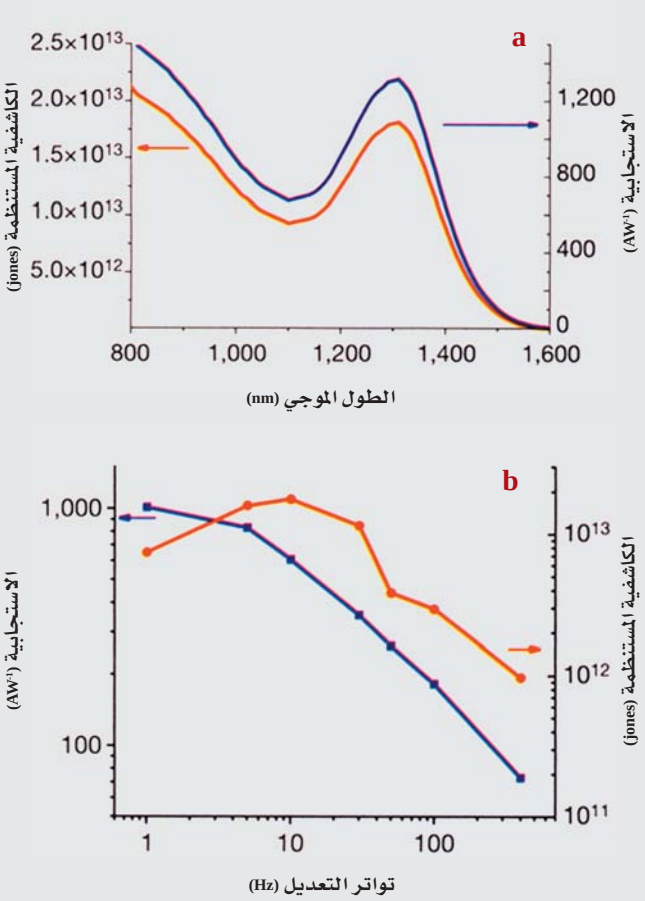
تعتمد الناقلية الضوئية على حالات مصائد طويلة العمر سعياً لكسب في النقل الضوئي. ولكن من أجل كبت الضجيج المتضاعف الذي تتعرّض إليه مكاشيف النقل الضوئي المتعددة التبلور التقليدية، فإن من الضروري تخفيض ضجيج النقل إلى أدنى حد، وهو الضجيج المصاحب لحالات المصائد التي تقع عند السطح البيني بين النقاط الكمومية. لهذا السبب صنَّعنا صنفين من النبائط، صنف أُعدَّ بقصْد تقليل الضجيج المتضاعف، والآخر يفيد كشاهد. ففي النبائط المعنونة باسم "ضيِّق ثم أكسدْ neck-then-oxidize"، حافظنا على شروط خالية من الأكسجين خلال كل مراحل العملية قبل تصنيع الفلم، بحيث لا يتحسَّس بواسطة الأكسدة إلا عند النهاية. أما في النبائط المعنونة باسم "أكسدْ ثم ضيِّق oxidize-then-neck"، فقد رسَّبنا النقاط الكمومية الغروانية من مذيب البيوتيلامين في شروط وسط غني بالأكسجين.

أظهرت مطيافية الإلكترونات الضوئية لأشعة X- أن البلورات النانوية المغطاة بالبيوتيلامين والمرسبة في شروط خاملة كانت خالية من $PbSO_4$، وهو الأكسيد المشكِّل لحالة المصيدة التي ترجع في أصلها إلى PbS. وقد اعتبرت البلورات النانوية المغطاة بالبيوتيلامين والتي كثفت في شروط خاملة ثم عولجت بالنقع في الميثانول (ضَيِّق ثم أكسدْ) مكونة بصورة غلابة من PbS، لكنها أبدت مستوى قابلاً للقياس من كبريتات الرصاص $PbSO_4$ قُدِّر بقيمة 5% (أي 5% من ذرات الرصاص Pb مربوطة بمجموعات الكبريتات بدلاً من الكبريت). إن البلورات النانوية المغطاة بالبيوتيلامين والمرسَّبة في وسط هو الهواء (أكسدْ ثم ضيِّق) أبدت قدراً لا بأس به من تشكل $PbSO_4$، بنسبة من الكبريتات تبلغ الآن 25%. وقد تأكَّدت هذه المشاهدات مع أخذ مستويات الكبريتات بعين الاعتبار باستخدام مطيافية ما تحت الأحمر لتحويل فوريه FTIR.

وكما يبيّن الشكل 1b، فإن ترتيب العمليات في التضييق مقابل الأكسدة لا يؤثر كثيراً على مقدار تيار العتمة. ولكنه يؤثر فعلاً على شكل مميزات تيار العتمة مقابل الفولطية (I-V). وتبدي نبائط "ضيِّق ثم أكسد" خاصية I–V خطية (مستقلة عن الحقل)، بحيث توحي بأن تضيقاً بلوريّاً نانوياً قد تحقق وأن آلية النقل المهيمنة كانت قفزاً متفاوت المدى variable range hopping [23]. لقد أبدت النبائط التي تم الحصول عليها بعملية "أكْسدْ ثم ضيِّق" خاصية I–V فوق خطّية superlinear (بمعنى ميلان أعلى عند انحيازات أعلى)، مقترحة بذلك أن النقل في هذه النبائط مُساعد بالحقل field – assisted بسبب حواجز الكبريتات المتشكلة على طول مسار نقل حاملات الشحنة.

إن مكوِّن إشارة حساسية النواقل الضوئية يجري تقدير كمّيته بواسطة الاستجابية. ويبين الشكل 1c الاستجابية المقيسة بدلالة الانحياز المطبق من أجل نبائط مثارة باستخدام ليزر طول موجته 975 nm. كانت القدرة الضوئية الواردة (التي ترتطم) على كل نبيطة حوالي 80 pW ~. ولقد وجدت علاقة وطيدة بين الاستجابية وتيار العتمة تشير إلى أن الاستجابيّات العالية كانت تصاحب الإزالة الناجحة للربائط التي أدت إلى التضيق البلوري النانوي. إن أعمار الحياة الطويلة لحالات المصائد، والتي تعدّ ضرورية للكسب الناقلي الضوئي، قد تحققت بوفرة في كل النبائط بمساعدة أكسدة الجسيمات نصف الناقلة ذات الأحجام النانومترية ونسبة السطح إلى الحجم فيها عالية.

درسنا تجريبياً زمن العبور وتحرّينا أطول ذيل لزمن حياة حاملات الشحنة ليؤمن تأكيداً مستقلاً على وجود مثل هذا الكسب العالي الملفت للنظر في النقل الضوئي. لقد وجد أن استجابة المكشاف لنبضة ضوئية بعرض 7 ns يستمر على مدى عشرات الملي ثانية، وهذا يُعزى إلى المدة الأطول التي تحياها جماعة حالات المصائد التي أدخلتها الأكسدة [24]. هذا وتبدي الاستجابة مكوِّنات متعددة الأعمار تمتد من المكروثانية إلى عدة ملي ثانية (وُجد أن مركبات الاضمحلال تقع عند 20 µs ~ و200~ µs و2 ms~ و7 ms و70 ms). لقد حصلنا على أزمنة عبور تبلغ 500 ns عند انحياز قدره 100 V [25]، ووجدنا أن زمن العبور اعتمد على الانحياز بصورة خطية بميل يقابل حركية تبلغ $0.1\ cm^2\ V^{-1}\ s^{-1}$، على وفاق مع تقارير سابقة [1]. وهكذا كانت نسبة أطول مكوِّن لأعمار حاملات الشحنة إلى زمن العبور من رتبة 10,000. وبذلك تكون الاستجابيات التي لاحظناها والبالغة $2.700\ A\ W^{-1}$ قابلة للتفسير بكَسْب ناقلي ضوئي، باعتبار امتصاصية 0.3 لأفلامنا عند طول موجي ضوئي يساوي 975 nm. وكذلك نلاحظ أن هذه الاستجابية العالية قد لوحظت في شروط قدرة ضوئية منخفضة المستوى وكذلك ذات صلة بالكشف الفائق الحساسية. ومع زيادة شدة الإضاءة، أصبحت حالات المصائد الأطول عمراً ممتلئة، وعاشت مدة أقصر، ومن ثم بدأت حالات المصائد ذات الكسب الأخفض تفسر الدور المهم لعمر حاملات الشحنة. وبذلك كانت النبائط أكثر حساسية في شروط إنارة الضوء المنخفض، وتبدي انضغاطاً ذاتيّاً في



مميزات أداء المكشاف الفوتوني للصنف الأعلى حساسية من النبائط.
a، أطياف الاستجابية والكاشفية المستنظمة D* لنبائط البلورة النانوية من الصنف ضيِّق ثم أكسد. الانحياز المطبق هو 40 V والتواتر الكهربائي 10 Hz. قيست D* فكانت 1.8×10^{13} jones عند الطول الموجي للذروة. **b**، الاستجابة للتواتر الكهربائي للنبائط هي نفسها عند انحياز قدره 40 V. العرض العصابي 3-dB للمكاشيف هو 18 Hz~، على تساوق مع أطول عمر لحامل الشحنة في الحالة المثارة في هذه النبائط. استبقيت الحساسية العالية (D* $>10^{13}$ jones) عند معدلات تصوير تساوي 30 صورة في الثانية.

الكسب المعزز بالمدى التحريكي intrinsic dynamic-range-enhancing gain compression تحت تأثير الإنارة المتزايدة.

لا يتطلب إنجاز كشف حساس استجابية عالية فحسب، بل وكذلك ضجيجاً منخفضاً. فإننا في الشكل 2a نرسم تيار الضجيج المقيس مقابل تيار العتمة لكل صنف من النبائط. فالصنف "ضيِّق ثم أكسدْ" من الجسيمات النانوية يقارب حد شوكة الضجيج ضمن ثلاثة ديسبلات في (3 dB). أما الصنف "أكسد ثم ضيِّق" من النبائط فيقع عند 15x dB على الأقل من حدود الضجيج الأساسية. لقد قسنا تيار الضجيج، فإذا أضفنا إلى ذلك الاستجابية حصلنا على

الكاشفية المستنظمة *D. ويبيّن الشكل 2b الكاشفية المستنظمة *D للنواقل الضوئية في شروط انحياز مختلفة، مقيسة عند إثارة ضوئية بطول موجي يبلغ 975 nm وبتواتر تعديل يساوي 30 Hz. أكثر النبائط حساسية كانت تلك المعنونة باسم "ضيِّق ثم أكسد"، حيث حصلنا منها على $D^* > 10^{13}$ jones.

إن الخصائص الكهربصرية لمكشاف نمطي فائق الحساسية نجدها ممثَّلة في الشكل 3. يبين الشكل 3a الاستجابية الطيفية والكاشفية المستنظمة من أجل تواتر تعديل كهربائي قدره 30 Hz وانحياز مطبق قدره 40 V. وتوافق الاستجابية الطيفية طيف الامتصاص إلى حدٍ بعيد. ويمثل الشكل 3b استجابة المكشاف للتواتر تحت تأثير إضاءة معدَّلة. ويكون العرض العصابي 3-dB البالغ 18 Hz~، متساوقاً مع مكوِّن أطول عمر لحامل الشحنة عند 70 ملّي ثانية. وتبقى الكاشفية *D فوق 10^{13} jones عند الـ 30 صورة في الثانية المطلوبة للتصوير.

تم تأكيد قابلية تكرار كل النتائج المسجلة هنا من خلال تصنيع عدة نبائط باستخدام بلورات نانوية من عدة دُفعات تركيبية مختلفة. وتشير الدراسات الأولية لعمر حامل الشحنة إلى أن أداء النبائط المخزنة في الهواء لمدة أسبوعين لا تتغير بأكثر من 20%؛ والنبائط المخزنة في صندوق نتروجين وعلى مدى أشهر لا يتغير أداؤها بأكثر من 20%.

المؤلفون:

جيراسيموس كونستانتاتوس، لان هاوارد، أرمين فيشير، سجورد هوغلاند، جاسون كليفّورد، إيثان كليم، لاريسا ليفينا، و إدوارد هـ. سارجِنْت، *قسم الهندسة الكهربائية والحاسوب، جامعة تورنتو، كندا.*

- *نُشر هذا المقال في مجلة Nature, 13 July 2006، وتمّت ترجمته في هيئة الطاقة الذرّية السورية.*

المراجع: References:

[1] Talapin, D. & Murray, C. B. PbSe nanocrystal solids for n- and p-channel thin film field-effect transistors. Science 310, 86-89 (2005).

[2] Tessler, N., Medvedev, V., Kazes, M., Kan, S. & Banin, U. Efficient near-infrared polymer nanocrystal light-emitting diodes. Science 295, 1506-1508 (2002).

[3] Konstantatos, G., Huang, C., Levina, L., Lu, Z. & Sargent, E. H. Efficient infrared electroluminescent devices using solution-processed colloidal quantum dots. Adv. Funct. Mater. 15,1865-1869 (2005).

[4] Hoogland, S. et al. A solution-processed 1.53 µm quantum dot laser with temperature-invariant emission wavelength. Opt. Express 14, 3273-3281 (2006).

[5] McDonald, S. A. et al. Solution-processed PbS quantum dot infrared photodetectors and photovoltaics. Nature Mater. 4, 138-142 (2005).

[6] Schodel, R. et al. A star in a 15.2-year orbit around the supermassive black hole at the centre of the Milky Way. Nature 419, 694-696 (2002).

[7] Rawlings, S. et al. A radio galaxy at redshift 4.41. Nature 383, 502-505 (1996).

[8] Ettl, R., Chao, I., Diederich, F. & Whetten, R. L. Isolation of C76, a chiral (D2) allotrope of carbon. Nature 353, 149-153 (1991).

[9] Walker, J. Tunable alkali halide lasers. Nature 256, 695 (1975).

[10] Ettenberg, M. A little night vision. Adv. Imaging 20, 29-32 (2005).

[11] Sargent, E. H. Infrared quantum dots. Adv. Mater. 17, 515-522 (2005).

[12] Lim 1, Y. T. et al. Selection of quantum dot wavelengths for biomedical assays and imaging. Mol. Imaging 2, 50-64 (2003).

[13] Kim, S. et al. Near-infrared fluorescent type II quantum dots for sentinel lymph node mapping. Nature Biotechnol. 22, 93-97 (2004).

[14] Petritz, R. L. Theory of photoconductivity in semiconductor films. Phys. Rev. B 104, 1508-1516 (1956).

[15] Carbone, A. & Mazzetti, P. Grain-boundary effects on photocurrent fluctuations in polycrystalline photoconductors. Phys. Rev. B 57, 2454-2460 (1998).

[16] Murray, C. B., Norris, D. J. & Bawendi, M. G. Synthesis and characterization of nearly monodisperse CdE (E = sulfur, selenium, tellurium) semiconductor nanocrystallites. J. Am. Chem. Soc. 115, 87068715 (1993).

[17] Yu, D., Wang, C. & Guyot-Sionnest, P. n-Type conducting CdSe nanocrystal solids. Science 300,1277-1280 (2003).

[18] Wessels, J. M. et al. Optical and electrical properties of three-dimensional interlinked gold nanoparticle assemblies. J. Am. Chem. Soc. 126, 3349-3356 (2004).

[19] Leatherdale, C. A. et al. Photoconductivity in CdSe quantum dot solids. Phys. Rev. B 62, 2669-2680 (2000).

[20] Jarosz, M. V., Porter, V. J., Fisher, B. R., Kastner, M. A. & Bawendi, M. G. Photoconductivity of treated CdSe quantum dot films exhibiting increased exciton ionization efficiency. Phys. Rev. B 70, 195327 (2004).

[21] Oertel, D. C., Bawendi, M. G., Arango, A. C. & Bulovic, V. Photodetectors based on treated CdSe quantum-dot films. Appl. Phys. Lett. 87, 213505 (2005).

[22] Hines, M. A. & Scholes, G. D. Colloidal PbS nanocrystals with size-tunable near-infrared emission: observation of post-synthesis self-narrowing of the particle size distribution. Adv. Mater. 15,1844-1849 (2003).

[23] Yu, D., Wang, C., Wehrenberg, B. L. & Guyot-Sionnest, P. Variable range hopping mechanism in semiconductor nanocrystal solids. Phys. Rev. Lett. 92, 216802 (2004).

[24] Rahada, R. H. & Minden, H. T. Photosensitization of PbS films. Phys. Rev. 102, 1258-1262 (1956).

[25] Scher, H. Anomalous transit-time dispersion in amorphous solids. Phys. Rev. B 12, 2455-2477 (1975).

عدسات ذكية

حسب وصف هونغروي جيانغ H. Jiang و ليانغ دونغ L. Dong يقوم الباحثون بتطوير عدسات يمكنها تغيير طولها البؤري استجابة للتغيّرات في بيئتها.

إذا كنت تضع نظارات وترغب بحماية عينيك من الأشعة فوق البنفسجية الضارّة عندما تخرج إلى ضوء الشمس الساطع، فإنك تستطيع القيام بعدد من الأشياء. يمكنك استخدام عدسات شمسية موصوفة طبيّاً أو الإسراع إلى الظل. وكبديلٍ عن ذلك، يمكنك الاستفادة من زوج من النظارات ذات عدساتٍ "متغيّرة اللون" photochromic تصبح غامقة اللون في ضوء الشمس القوي. فهذه العدسات تحتوي على مركّبات فضية تتفاعل عند تعرُّضها للضوء فوق البنفسجي، مما يعني أنها تمتص الطاقة من الضوء ولذلك تصبح غامقة اللون.

يُقال بأن هذه العدسات "ذكية" لأنها تستطيع التكيُّف مع بيئتها دون تدخل بشري. وكمثالٍ على منظومة ذكية أكثر تعقيداً تبرز البصريات المتكيِّفة التي يستخدمها الفلكيّون في تصوير الأشياء الباهتة. فهذه المنظومة تُعوِّض عن التأثير التشويهي للجو من خلال قياس مدى اضطراب صدر موجة wavefront الضوء المتجانسة أولاً ومن ثمّ تطبيق تشوهٍ distortion معاكس، ويتم ذلك عادةً بصنع التغيُّرات الملائمة لمرآة قابلة للتشوه deformable mirror.

والآن، شرع الفيزيائيون بتطوير "عدسات تكيُّفية" مصنوعة من سوائل أو مواد بوليميريّة تستطيع تغيير طولها البؤري حسب المنبِّهات stimuli الخارجية. ففي الدرجات المتفاوتة للتسويق التجاري، اعتُبرت هذه الوسائط واعدةً بشكلٍ كبيرٍ في مجال تطبيقات التصوير، حيث يكون الحيِّز في قمّة الاهتمام، وذلك ابتداءً من كاميرات الهواتف النقّالة وانتهاءً بمناظير الجراحة الداخلية.

إغراء السوائل

ثمّة طريقة لصنع عدسات تكيُّفية تتمثّل في التحكّم بقرينة انكسار طبقة بلّورة سائلة خيطية، وهي مادةٌ تنساب مثل السائل لكنها مؤلفةٌ من جزيئات طويلة تصطف بالاتجاه نفسه. ويتضمن التصميم الأساسي وضع طبقة بلّورة سائلة liquid crystal بين إلكترود نصف كروي وإلكترود مستوي (انظر الشكل a). وعند تطبيق فلطيّة voltage ما يتفاوت الحقل الكهربائي بشكلٍ متناظرٍ حول مركز الإلكترودات –فيكون بالحدّ الأعلى عند الحافة وبالحدّ الأدنى في المركز. وبما أن قرينة انكسار البلّورة السائلة تعتمد على توجُّه orientation الجزيئات، وحيث أن توجه الجزيئات يتغيّر مع الحقل الكهربائي، فإن الحقل المتفاوت يُسبِّب تفاوتاً مقابلاً في قرينة الانكسار. لذلك تعمل طبقة البلّورة السائلة كعدسة، مع مرور الضوء بالقرب من حافة الأداة المنحنية أكثر من مروره قرب المركز. ويعتمد طول العدسة البؤري هذا على الفلطيّة المطبَّقة.

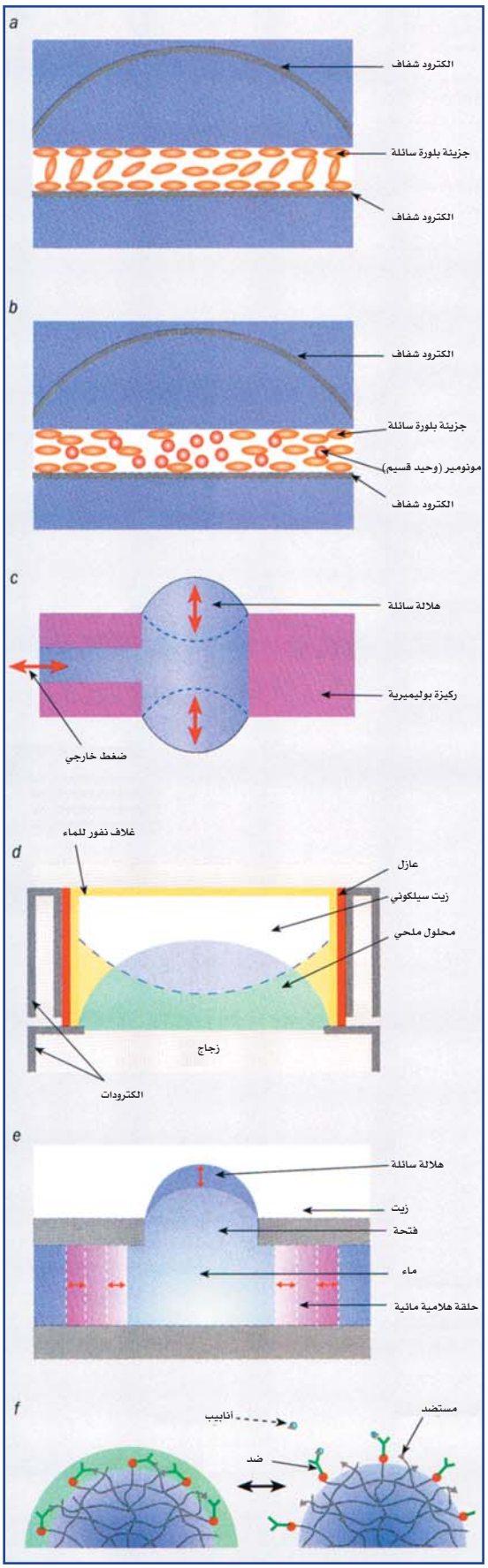
لقد تمّ تطوير عدسات البلّورة السائلة هذه من قِبَل عددٍ من المجموعات البحثية، بما في ذلك مجموعة يقودها شين–تسونٍ وو S.T. Wu في جامعة فلوريدا الوسطى في العام 2004. كما تمَّ في

هذا العام استخدام تقنية مشابهة من قِبَل غوكيانغ لي G. Li وناصر بيغامبريان N. Peyghambarian وآخرين يعملون معهما في جامعة أريزونا من أجل صنع أداة نموذج أولي لتحلّ محلّ العدسات المتعدِّدة البؤر multifocal التي يستخدمها الناس الذين يعانون من مدّ البصر. لكن هناك مشاكل مرتبطة بهذه النبائط، بما في ذلك اللابؤرية astigmatism (بمعنى عدم استطاعة العدسة أن تُبائر focus الصورة بشكل صحيح) وكذلك التشوّه وبعثرة الضوء لدى تغيُّر بؤرة العدسة.

ولكن في أوائل هذا العام، طلع وو Wu وزملاؤه بمقاربة مختلفة حول عدسات بلّورة سائلة تتفادى بعضاً من هذه المشاكل (انظر الشكل b). حيث يُستخدم ترتيب الإلكترودات نفسه، ولكن في هذه الحالة يُستخدم ذلك الترتيب لتغيير توزُّع جزيئات وحيدة القُسيم (مونوميرية) كانت قد مُزجت في البلّورة السائلة (مع الإشارة إلى أن هذه الأخيرة قد جرى انتقاؤها بعناية بحيث لا تدور جزيئاتها أثناء وجود الحقل الكهربائي). فبدون أي فلطيّة، يمتزج نوعا الجزيئات بشكل متجانس ولا يبائرا الضوء. أما مع وجود فلطيّة، فإن جزيئات البلّورة السائلة تنجذب نحو منطقة القوة العظمى للحقل –أي الحافة– وتنتشر الجزيئات الوحيدة القسيم نحو المركز. وهذا يرتّب مناطق ذات قرائن انكسار متفاوتة علوّاً وانخفاضاً عند الحافة والمركز على التوالي. وبعبارة أخرى، تعمل البلّورة السائلة كعدسة.

وهناك طريقة أخرى لصنع عدسات تكيّفية تتمثّل ببساطة باستخدام قطيرات سائلة. ربما لاحظ القرّاء قدرة قطيرة الماء (التي تكون موجودة فوق قطعة ورق) على تكبير النص المكتوب على تلك الورقة. إذ إن الهلالة المقوسة للسائل تحني الضوء ولذلك فإنها تحقّق مباءرة الضوء (مشكّلة عدسة ذات طول بؤري يعتمد على تقوُّس القطيرة. ومن أجل ضبط هذا الطول البؤري لصنع عدسة سائلة قابلة للتوالف tuneable، فإننا نحتاج لتحوير القوى الجزيئية التي تسبِّب تماسك القطرة أساساً، أو ما يُسمى التوتر السطحي surface tension.

وإحدى الطرق لفعل هذا تكون باستخدام علم الميكانيك البسيط. فعلى سبيل المثال، قام في هذا العام سامان دارماتيليك S. Dharmatilleke وإيزابيل



ست عدسات ذكية

هناك طرق مختلفة عديدة لصنع عدسة ذات طول بؤري قابل للموالفة: يمكن تحقيق تنوع في قرينة الانكسار لطبقة بلّورة سائلة عبر تغيير توجه جزيئات البلّورة السائلة (الشكل a) أو عبر تفاوت تركيز هذه الجزيئات (الشكل b). وكبديل عن ذلك، يمكن التحكّم في شكل قطرة سائلة عن طريق تغيير الضغط المطبَّق عليها (الشكل c) أو بواسطة تغيير التوتر السطحي بينها وبين حافة حجيرة زجاجية (الشكل d). أخيراً، يمكن استخدام بوليمير يُعرف كهلامة مائية hydrogel، وذلك إما في منظومة فيزيائية تخلق فيها حلقة متمدِّدة من هلامة مائية هلالة meniscus عند الحدّ بين الزيت والماء (الشكل e) أو في منظومة بيولوجية، تغيِّر فيها قطرة الهلامة المائية كثافتها ومن ثمّ خواصها الضوئية عبر تفاعل ضد مع مستضد (الشكل f). جميع النبائط من (a) حتى (e) هي من رتبة 1-10 مم عرضاً في حين تكون (f) حوالي 2µm عرضاً.

رودريغيز I. Rodrigues وزملاؤهما في معهد بحوث المواد والهندسة في سنغافورة بملء بئر صغيرة مصنوعة من ركيزة بوليميرية بسائل مثل الماء (انظر الشكل c). وقد أظهروا أنه يمكن تغيير تقوُّس الهلالة وبالتالي الطول البؤري للقطيرة بواسطة تغيير الضغط على القطيرة. ويتم حالياً تسويق هذه التقانة تجاريّاً لاستخدامها في كاميرات الهواتف النقّالة، حيث أنه يمكن تغيير مباعَرة عدسة الكاميرا مباشرة من أجل الضغط على لوحة المفاتيح. وهذا يلغي الكثير من مجموعة الدارات المحرِّكة اللازمة لمباعَرة العدسة الصلبة، مما يجعل منظومة المباعَرة أكثر ارتصاصاً وأخف وزناً –وهي ميِّزات مهمّة للهاتف النقّال.

غير أنه يُستطاع تغيير تقوُّس قطيرة السائل بشكل كهربائي أيضاً، وذلك حسبما أظهر ستين كويبر S. Kuiper والعاملون معه في شركة فيليبس في العام 2004. فقد قام هؤلاء الباحثون بتبطين الأنبوب الزجاجي من الداخل بكساء يطرد الماء وبعد ذلك تمَّ ملء الأنبوب بمحلول مائي مالح وزيت السليكون. وعند عدم تطبيق أي فلطيّة على الأنبوب، يندفع المحلول الملحي عبر جدران الأنبوب ولذلك يَنْتَبِجُ في الوسط متخذاً شكلاً نصف كروي (انظر الشكل d). لكن عند تطبيق الفلطيّة يصبح ذلك الكساء أقل نفوراً للماء ويصعد المحلول الملحي على الجدران متخذاً شكلاً كروياً (ممثلاً بخط منقّط في الشكل). ومادامت قرائن الانكسار للمحلول الملحي والزيت مختلفة، فإن تغيير شكل الحدّ بينهما يبدّل الطول البؤري للعدسة. وقد أظهر هؤلاء الباحثون أنه يمكن أيضاً أن يكون لهذا النمط من العدسة تطبيقات في الكاميرات الرقمية على غرار "الورق الإلكتروني"، الذي هو ركيزة مرنة يمكنها عرض صورة يجري تحديثها بشكل متواصل. ففي هذه الأخيرة، يمكن لكلّ بيكسل أن يحتوي على عدسة سائلة، مع طبقة من زيت ملون مصنوعة للتحرك حول الخلية بطريقة تسمح بمرور ضوء أكثر أو أقل (وفقاً للبيكسل الغامق أو الفاتح).

تكيُّفيٌّ حقاً

ليست العدسات الموصوفة حتى الآن تكيُّفية بالمعنى الدقيق لأنها تعتمد على حسّاسات خارجية لتأمين معلومات التغذية الراجعة. بيد أن الباحثين قد طـوَّروا مؤخراً عدسات تعمل كحسّاساتها بالذات. فعلى سبيل المثال، وفي وقت مبكر هذا العام، أظهر مؤلفا هذه المقالة وزميلان آخران لهما في جامعة ويسكنسن ماديسون كيف يمكن للبوليميرات المعروفة كهلامات مائية مستجيبة أن تحوِّل التغييرات البيئية إلى عمل ميكانيكي. فهذه المواد تتمدّد أو تنكمش عندما تتعرَّض لمنبهات كيميائية أو بيولوجية أو فيزيائية مختلفة –مثل درجة الحرارة أو الحموضة أو الحقل الكهربائي.

ومن أجل تصنيع عدستنا، قمنا ببناء حلقة من هلامة مائية وملأناها ماءً. وتمَّ تثبيت غطاء له فتحة في الوسط فوق الماء. وتمَّت

سينبغي أن تبائر العدسات التكيُّفية بشكلٍ أسرع وأن تكون أكثر متانةً من الناحية الميكانيكية بحيث تستطيع العمل في بيئات قاسية

تغطية أعلى الغطاء بمادة نفورة للماء وتمَّ تبطين حافة الفتحة بمادة تجذب الماء (انظر الشكل e). وكنتيجة لذلك، حينما تمَّ صب الزيت على الغطاء وتمدّدت الهلامة المائية بفعل المنبِّه الخارجي، اندفع الماء إلى الأعلى عبر الفتحة ولكنه ثبت عند حافتها ليشكِّل هلالة محدَّدة بشكل جيد. لذلك، وعلى غرار العضلة في العين البشرية، تغيِّر الهلامة المائيَّة الطول البؤري للعدسة عند التعرُّض لمنبِّهات خارجية.

هذا، وقد عرض أندرو ليون A. Lyon والعاملون معه في معهد جورجيا للتكنولوجيا في العام 2006 مثالاً لافتاً آخر لعدسة "ذكية". ففي هذه الحالة، تمَّت تغطية سطح قطرة الهلامة المائية بزوج نوعيٍّ من الأضداد والمستضدات (انظر الشكل f). ويُشار إلى أنَّه في الحالة العادية للقطرة ترتبط الأضداد والمستضدات إحداهما بالأخرى لتشكّل هالة عالية الكثافة حول القطرة. لكن مع وجود جسيمات أناليت "analyte" معينة، تصبح الأضداد والمستضدات غير متلازمة وتختفي الكثافة العالية للهالة وتتغيّر قرينة انكسار القطرة –ولذلك يتغيّر طولها البؤري. لذا، يمكن استخدام هذه العدسة كحسّاس sensor، ويوجد الكثير من هذه النبائط متوضِّعة حول الخلية لقياس عدد جزيئات بروتين معين التي تتفاعل مع تلك الخلية.

وعلى الرغم من هذه التطورات في التحكّم بالطول البؤري للعدسة، مازال مجال علم الضوئيات الذكية جديداً بشكل نسبي. ولابد من القيام بالمزيد من الأعمال لغرض تحويل هذه النبائط إلى منظومات تكيُّفية معقَّدة. وبشكل خاص، فإن معظم العدسات التكيُّفية ينبغي أن تكون قادرة على المباعَرة بسرعة أكبر وأن تكون قوية ميكانيكياً للعمل في البيئات القاسية مثل الصحراء والفضاء والمركبات المتحركة. على أية حال، سيستمر التقدُّم. فعلى سبيل المثال، تستغرق عدسات البلّورة السائلة التي يطوِّرها وو Wu وزملاؤه حوالي ثلاث دقائق لتغيير المباعَرة. وذلك لأن العدسة كبيرة نسبياً 9– مم– مما يعني أن الانتشار الجزيئي عبرها بطيء. ولكن باستخدام العدسات التي تقيس 50 µm عرضاً –والتي يجب أن تكون ممكنة التحقيق باستخدام تقنيات التصنيع الدقيق الحالية– فإن زمن الاستجابة المقدّر يكون حوالي ثانية واحدة في درجة حرارة الغرفة. من يدري، ربما في المستقبل القريب، عندما تعود إلى بيتك بعد غروب الشمس، ستكون نظاراتك مزوَّدة بحسَّاسات تتحرّى فوراً درجة ظلام الغرفة وتضيء الأنوار بالمستوى الصحيح. فأهلاً بكم في العالم الجديد الجريء لعلم الضوئيات الذكية.

نُشر هذا الخبر في مجلة: phsics world, November 2006

براعم النمو الخضراء

الطاقة من الكتلة الحيوية هي فكرة عاد زمنها.

كانت الكتلة الحيوية لغاية القرن العشرين مصدر البشرية الرئيسي للطاقة، تسخّن مواقدنا وتطعم حيواناتنا التي نجرّ الأثقال بواسطتها. وحتى في هذه الأيام فإن 10% من طاقتنا يأتي من الكتلة الحيوية –وهذا يفوق أيّ مصدر آخر للطاقة المتجددة، أو ما نؤمّنه من الانشطار النووي.

ولكن هذا الاستخدام للكتلة الحيوية لغرض تأمين الطاقة مصحوب بكثير من التحديات. فمن ناحية، كثيراً ما لا تكون متجددة بشكل كامل –فعلى سبيل المثال، لا تُعاد زراعة مصادر الطاقة الحيوية التي تؤمّن الحطب لفقراء العالم. ومن ناحية أخرى، فإن هذه المصادر ذات جدوى محدودة جداً: إذ إن تجميع الحطب يستغرق وقتاً طويلاً. ويدلّ تاريخ القرنين الماضيين إلى حدٍّ كبير على أن الناس كانوا يبتعدون عن الطاقة الحيوية حالما يستطيعون ذلك.

بيد أن ثلاثة تطورات حديثة بعثت اهتماماً متجدداً بالكتلة الحيوية. الأول هو الحاجة لتخفيف إصدارات غازات الدفيئة. صحيح أن الحاجة إلى مدخولات طاقة خارجية أخرى أثناء معالجة الكتلة الحيوية تتضمن غالباً بعض إصدارات صافية من الكربون، لكن كمية ثنائي أكسيد الكربون المنطلق عبر حرق الكتلة الحيوية تساوي الكمية ذاتها المأخوذة من الجو بواسطة التركيب الضوئي. وإذا تمكنت مشاريع الكتلة الحيوية من احتجاز الكربون إما بواسطة إغناء التربة تحت المزروعات أو بواسطة تخزين أي ثنائي أكسيد كربون يتولّد في الاحتراق، فإن هذه المشاريع تستطيع أن تكون حتى سالبة الكربون –الأمر الذي يُعتبر نقطة تسويق فريدة لهذا المصدر الطاقي.

أما التطوران الآخران، فهما الارتفاع المتزايد في أسعار النفط والغاز الطبيعي وما يرتبط بذلك من تجدد الهموم المتعلقة بضمان إمداداتهما. فمعظم الدول تسعى لتأمين مصادر ذاتية للطاقة لا تعتمد على الاستقرار السياسي في الشرق الأوسط أو روسيا.

ولا يبدو من المرجح أن هذه العوامل ستقدِّم زخماً كافياً لدفع طاقة الكتلة الحيوية إلى المرتبة الأمامية لبدائل الوقود الأحفوري. لكن من الواضح أن للكتلة الحيوية دوراً محتملاً كجزء من سلّة مصادر الطاقة للقرن الحادي والعشرين.

وإذا كان لابد من استيفاء هذا الدور، فلابد من حدوث أمرين. إذ سيكون على الدول إنشاء آليات تنظيمية تدرك فوائد كربونات تقانات مثل الكتلة الحيوية –من خلال فرض تسعيرة على الإصدارات أو ضريبة على الكربون أو جمع الأمرين معاً. ولابد من إجراء بحث مكثّف لتحديد كلٍّ من الإنتاج الناشط للكتلة الحيوية وتحويلها إلى طاقة قابلة للاستخدام.

وحتما ستتمثَّل النقطة المركزية لمثل هذا البحث في إيجاد طرق لإنماء الكتلة الحيوية بسرعة وبشكل سهل المعالجة مع تخفيض مدخولات خارجية مثل الأسمدة والمبيدات الحشرية. وتتمثَّل النقطة الأخرى في هندسة منظومات المزارع والمنظومات البيئية عن طريق إيجاد طرق تناسب إدخال مشاريع الكتلة الحيوية في الاستصلاح الحالي للأراضي وما حولها وفي التغييرات الممكنة فيما يخصّ الممارسات الزراعية.

وهناك عنصر جذب رئيسي للكتلة الحيوية يكمن في احتمال تحقيق فائدة للدول الأفقر التي تميل إلى المناطق الاستوائية حيث تنمو النباتات بسرعة. وهناك مجال واسع للتعاون بشكلٍ أكبر بين الدول النامية في مجال بحوث وتطوير الكتلة الحيوية لصالح تلبية الحاجات المحلية والتصدير.

"يمكن للكتلة الحيوية أن تحقق فوائد للدول الأفقر التي تميل إلى المناطق الاستوائية حيث تنمو النباتات بسرعة."

لكن هذا يتطلّب أن يؤخذ بعين الاعتبار التأثيران العالمي والبيئي لتوسع الكتلة الحيوية. إذ لا تفيد الزراعات الاستوائية الأحادية الشاسعة التي تلتهم الغابات الأساسية (مثل ما حدث بالنسبة لإنتاج زيت النخيل في إندونيسيا) إلا أولئك الذين يستفيدون من بيع الوقود. وفي الواقع، فإن مثل هذه المقاربات تأخذ إعانات مالية من الدول الأغنى وتستخدمها في نهب المناطق الاستوائية.

وهناك مشاكل مشابهة تبتلي برامج الكتلة الحيوية الراهنة في الولايات المتحدة، حيث تحرق مصافي الإيثانول في أغلب الأحيان الوقود الأحفوري وتعتمد على زراعة الذرة الأحادية المحصول التي تحصل على إعانات. ويمكن أن تتضمن مقاربات أكثر ابتكاراً إشعال المصافي بالنفايات الزراعية وتغذيتها بنباتات من أصناف كثيرة مختلفة. لذلك يجب تطوير الطاقة الحيوية بشكلٍ نشيط ولكن ضمن إطار السياسات البيئية المناسبة وباستخدام وسائط مستدامة وذات جدوى مستدامة من حيث الكلفة.

نُشر هذا الخبر في مجلة: Nature, Vol 441, 7 December 2006

ما الذي نحتاج أن يقوله بعضنا إلى بعض؟

لم تصبح فورة المحاصيل المعدلة وراثياً في المملكة المتحدة بالضرورة محنة من المحن

إن العلاقة بين العلم والجمهور الذي ينجز العلم باسمه تغيّرت على نحو مذهل على مدى الخمسين سنة الماضية. بيرنارد ديكسون B. Dixon الذي ترأس تحرير مجلة نيو سينتست NewScientist خلال بعض أكثر فتراتها اضطراباً، يلتفت إلى الماضي ويكتشف أن أمراً مهماً قد أُغفل خارج المعمعة.

تبرم جميع البلدان عقداً ما مع العلم (غالباً ما يكون غير مكتوب). وبدرجات تزيد أو تقل، تقوم الحكومات بتمويله، إذ تلجأ إليه في أوقات الطوارئ الوطنية، وتقرّعه لعدم إسعافه حينما تخطو البلد إلى اقتصاديات طموحة، وتمطره بوابل من المديح لدى فك الجينومات أو تنمية الخلايا الجذعية لتعطي مئات. وضمن هذا التعاقد الاجتماعي، يشتغل الباحثون عند نقطة ما بين نسبية الحرية ومركزية التوجيه، في الوقت الذي يكون نصيب الجمهور إما الإقصاء الفعلي على أساس أنه يمثل سواداً جاهلاً، أو الإملاء الظاهري للسياسات عبر رؤوس أقلام وجيزة.

لا تسير الأمور دوماً على هذه الشاكلة، فعلى مدى الخمسين سنة الماضية، تمت إعادة كتابة كل جانب من هذا التعاقد –للصالح أو الطالح. فهذه المجلة (التي عملت رئيساً لتحريرها بين عامي 1969 و1979) وُلِدت من هموم حول مكانة العلم والعلماء في المملكة المتحدة. وقد انعكس ذلك في القضايا التي طرحتها المجلة في مرحلة مبكرة حول: قصور الخبرة العلمية على الصعيد الوطني، والحاجة إلى استثمار أكبر في مجال البحث والتنمية، وافتقار الإدراك لأهمية العلم في عالم السياسة والأعمال.

ومما لاشك فيه أن العلماء في خمسينيات القرن الماضي، على غرار جميع المهنيين في كل الأوقات، ربما تبؤوا منزلة أعلى. ولكن استشفاف الماضي يبين أن العلم في المملكة المتحدة على الأقل كان يتمتع باحترام واسع وبدرجة من الارتياح المالي الذي لم يعِشْه أي قطاع آخر في المجتمع. وبقيت منجزات زمن الحرب مثل الرادار والبنسلين حيةً في عقول هؤلاء الذين يشرفون على الإنفاق وكذلك في مخيلة الجمهور. وكانت التهديدات للعلم حقيقة منتظرة عما قريب.

ومن المفارقة أنه لم تكن مارغريت تاتشر بل كان شيرلي وليمز، وزير الثقافة والعلوم في حكومة حزب العمال بين عامي 1967 و1969 (والآن البارونة وليمز كروسبي) اللذين جاءت كلماتهما ترميزاً للتحوّل التكتوني في تمويل الأبحاث وفي الاستحقاقات السياسية لهذا التحول. وفي مقالة في التايمز The Times في العام 1971، كتبت تلك المجلة: "بالنسبة للعلماء فإن الحزب قد تخلّى". فلم يعد بإمكانهم أن يتوقعوا تلقي زيادات في التمويل تفوق ما كانوا يتلقونه في السابق. فلا بد من تبرير ميزانياتهم والنضال من أجلها.

سيماء Profile

برنارد ديكسون كان رئيس تحرير مجلة نيو سينتست بين عامي (1969–1979). وهو المحرر الأوربي للجمعية الأمريكية للمكروبيولوجيا. ويشغل عضوية الاتحاد الفدرالي الأوربي لفريق مهام التقانة الحيوية حول التبصير الجماهيري للتقانة الحيوية، وقد اشترك في جائزة الجمعية الكيميائية الحيوية للتواصل العلمي في العام 2002. أما كتبه فتتضمن: ما هو هدف العلم؟ والقدرة غير مرئية.

كان يتوقع حدوث العديد من التهديدات في السنوات اللاحقة، وأشدها يتمثل في التخفيضات في أبحاث الجامعة التي فرضتها حكومة تاتشر للمحافظين في أوائل الثمانينيات من القرن الماضي. وليس على سبيل الصدفة أن أفرز تغير الزمن أفراداً قادرين على خوض هذه المعارك. انظر إلى معاهد العلوم اليوم فستجد أنه

يرأسها أشخاص أياً كان سجلهم في مجال البحث يتميزون بالحزم والمهارات في التعامل مع المشكلات. ففي النصف الأول من القرن العشرين، كان المعيار الوحيد لتعيين مثل هؤلاء القادة يتمثل في براعتهم الفكرية الفائقة.

وينضوي تحت هذه العموميات الجازمة على رأس الهيئات العلمية مناضلون نذروا أنفسهم للذود عن توجهاتهم. فالجمعية الملكية، على سبيل المثال، الراضية سابقاً بالاسترخاء خلف يافطة تميّزها، تمتلك الآن جهازاً للتعامل مع الإعلام والبرلمان والجمهور. وكذلك هو شأن الجمعيات والمعاهد العلمية المختلفة الأخرى مع درجات متفاوتة وإلى درجات متفاوتة. وتعد الحاجة إلى الكفاح من أجل الحصول على المال نقداً إحدى لازمتين مترابطتين انبثقتا لصالح بقاء survival العلم. ويتمثل الأمر الآخر في تحدي مجاراة الجمهور الذي لم يعد بالإمكان التعويل على دعمه وإطرائه.

إن ظهور حملة بيئية في ستينيات وسبعينيات القرن الماضي مقترناً مع نشوء جماعات ضغط تهاجم أهدافاً تتراوح ما بين أبحاث المواد الصيدلانية لعدة دول وأبحاث الدنا المأشوب recombinant DNA، قد شجع على نمو حركة مهمة "مناهضة للعلم" كان ينبغي الرد عليها.

ومن الممكن المجادلة بأنه في ظل رئاستي للتحرير في سبعينيات القرن الماضي، فقد ذهبت مجلة نيو سينتست بعيداً في تشجيع ما كان يعرف آنذاك بشكل دارج باسم العلم الراديكالي. لقد نشرنا بالفعل تشكيلة عريضة على غير العادة من المقالات من مصادر متنوعة كتنوع فريق أصدقاء الأرض ومفوضية الطاقة الذرية البريطانية، بحيث تمهد الطريق للنقاش على الخلافيات controversies. لقد كانت هذه المقالات وفيرة: كان ذلك عقد السنين الذي وقع العلم التقليدي فيه تحت نيران جهات عديدة. وضم المشاركون في هذا النقاش الواسع النطاق جميع الفلاسفة والمؤرخين مؤكدين على الطبيعة المؤقتة للحقيقة العلمية أو الفكرة العامة بأن مسار العلم لم يكن سوى أحد النقاشات العديدة بالنسبة للقائمين على حملات ذات أجندات بيئية وسياسية نوعية.

ومع أن العديد من العلماء تجاهل ببساطة هذه التحولات، فإن العقد الذي تلاها شهد المزيد من المبادرات البناءة استجابة لما كان يعتقد المجتمع العلمي أنه مزاج تهديدي للرجوع عن السحر والأوهام عموماً. في عام 1986 قام تحقيق يرأسه المتخصص في علم الجينات، وولتر بودمر W. Bodmer، تمخضت عنه لجنة الفهم العام للعلوم (COPUS) المصممة لجعل القضايا العلمية في تصرّف الجماهير المستاءة. وفي عام 1989 تم تدشين احتفالية أدنبرا للعلوم كحدث سنوي، وكتتمة أكثر عفوية وأكثر تحديثاً للاتحاد البريطاني للجان الأكثر قدماً. وقد تلت ذلك أحداث مماثلة في تشيلتنهام وأماكن أخرى.

"ثمة أخطار في النظرة القصيرة الأجل للعلاقة بين العلم والمجتمع"

وثمة درس واحد من المقرر أن يكون ناجحاً، وإن مثل هذه المبادرات بحاجة إلى البقاء والتطوير. لذلك في الوقت الذي حلّت فيه بيست PEST (رابطة الجماهير مع العلم والتقانة) المدعومة من الحكومة محل PUS على نحو محقّ، لم تعد COPUS موجودة ولم يتم إبدالها. وهذا عيب: فهناك أخطار في عدم امتلاك طرائق رسمية للتفكير بالعلاقة المعقدة بين العلم والمجتمع.

وهناك محاولات مختلفة لتقديم نماذج ناجعة للحوار الجماهيري. ففي شهر نيسان من العام 1988، على سبيل المثال، انعقد في كارديف أول مؤتمر دولي حول إطلاق المتعضيات الدقيقة المهندسة وراثياً (REGEM). وبتسهيلات إعلامية ومكوِّن شعبي اعتُبر الحدث مثالاً للشفافية، بحيث عرض هذا الحدث مجموعة آراء حول قضية كانت تثير مخاوف الجماهير. وكان القصد منها أن تكون أول السلسلة، لكنها انتهت وحيدة لأن منظمي المؤتمر اعتبروا مهمة طمأنة الجمهور قد تحققت.

وحتى على مقياس أكبر، انتهج المجلس الدولي السابع عشر للعلوم الجينية المنعقد في برمنغهام في آب عام 1993، استحداثاً رئيسياً تمثل في أسبوع كامل من الجلسات المخصصة للجمهور من أجل مناقشة كافة القضايا الحية التي تحيط بعلم الجينات. وللأسف، فإن الآمال بأن هذا الحدث سيفيد كأنموذج لمنظمي المجلس الدولي والوطني في المستقبل قد اثبت خواؤها. إذ إنه بالرغم من نجاحه، فقد مالت اللجان المنظمة إلى اعتبار مثل هذه المغامرات على قدر كبير من المجازفة.

أما الأنموذج المحتمل الثالث فكان مؤتمر الإجماع الوطني البريطاني حول التقانة الحيوية النباتية الذي انعقد في لندن في تشرين الثاني من العام 1994. ومع أنه انعقد برعاية مجلس أبحاث العلوم الحيوية وأبحاث التقانة الحيوية (BBSRC) فقد واجه الحدث واجتماعاه التحضيريّان اللذان استمرا ثلاثة أيام تعليق النقاد بالإضافة إلى مناصري التقانة الحيوية. صحيح أن استنتاجات التقرير الأخير، وإلى حدٍّ أكبر استنتاجات البرنامج ذاته كانت تحت إشراف "هيئة" عالية التنوع، لكنها كانت للمرة الأولى والأخيرة. إذ لم يرَ أحدٌ على رأس مجلس BBSRC حاجة إلى تطوير ذلك النموذج.

لو كانت هناك جهود من المقرر أن تُبنى على هذه المبادرات وتخلق آليات ديمومة يستطيع الجمهور من خلالها أن يتحدث إلى العلماء أو يناقشهم، لكان على الأقل من الممكن بالنسبة لأحداث على شاكلة النقاش حول الأغذية المعدّلة وراثياً في المملكة المتحدة أن تسبب هستيرية أقل وتعقلاً أكبر. وبدلاً من ذلك، شهدنا تسلّط المحاصيل المعدلة وراثياً التي استشمت محنة من القرون الوسطى. لقد تمكنت الضجة، التي ضخمتها القطاعات الكبيرة في الإعلام من إقناع العلماء بأن الجمهور كان معادياً لعملهم، عندما قدّمت بيانات فعلية صادرة عن مسح البارومتر الأوربي (الذي أقامته اللجنة الأوربية لمناقشة رأي الجمهور عبر الدول الأعضاء حول سلسلة من القضايا) رؤية تكاد لا تختلف كثيراً.

قبل خمسين عاماً، كان العديد من العلماء البريطانيين يحظون بالاحترام على الصعيد الاجتماعي، إذ كانوا يومئذ صوفيين إلى حدٍّ غير معقول ولا حاجة بهم للقلق على دعمهم مالياً. أما اليوم، وبالتأكيد، في العلوم الحيوية من المحتمل أن يكون قلقهم الرئيسي يتمثل بشكوكية الجمهور الواضحة. فإذا أرادوا إشراك الجمهور فعلياً، ينبغي عليهم أن يتخذوا نظرة حازمة وجديدة للشؤون الثلاثة التي أشرت إليها.

نُشر هذا الخبر في مجلة: NewScientist, 6 January 2007

فيزياء غير مرئية قيد العمل

تحصل المادة الخفيّة على قوتها الخفيّة

يثير سلوك مجموعة Bullet (التي تمثِّل بوستراً صغيراً عن وجود المادة الخفيّة dark matter) لدى بعض علماء الكون اقتراح احتمال وجود قوة أساسية خامسة.

ومعظم الفيزيائيين واثقون من أنهم اكتشفوا جميع القوى التي تؤثر على المادة العادية: الجاذبية والكهرمغنطيسية والقوى النووية القوية والضعيفة. وتقول غلينيز فارار G. Farar التي تعمل في جامعة نيويورك: إذا كانت هناك قوة خامسة تؤثر فقط على المادة الخفيّة، فإنها تعمل هَوْناً دونما تحقّقٍ لذلك من جانبنا.

إنّها (هي وطالبتها راشيل روزين R. Rosen) تعتقدان أنهما وجدتا دليلاً على مثل هذه القوة فيما يسمى: مجموعة Bullet التي تشكلت حينما اصطدمت مجموعة مجرة صغيرة (هي"bullet") بمجموعة أكبر منها، بحيث جرَّد التصادم كلتا المجموعتين من 90% من مادتهما العادية، الأمر الذي انتهى إلى حوض pool من الغاز في الوسط (ذات اللون الزهري في الصورة).

وفي السنة الماضية، قام دوغلاس كلاو D. Clowe، عندما كان حينها في جامعة أريزونا، وتوكسون وزملاؤهما، بتحليل المجموعات الناضبة من الغاز (اللون الأزرق في الصورة) ووجدوا أن هذه المجموعات ما تزال تمتلك كتلة ضخمة وجادلوا أنه لابد أن تكون هذه المادة مادةً خفيّة (مجلة New Scientist، 26 آب 2006 الصفحة 8).

على أية حال يبدو أن هذه القصة هي أكثر تعقيداً من ذلك. إذ يُظهر تحليل فارار أن المجموعة الأصغر تتحرك بسرعة تقارب 4700 كيلومتر في الثانية، وهو رقم يفوق بكثير سرعتها فيما لو كانت تتحرك تحت تأثير الجاذبية وحدها. وتقول: "إن الأمر كما لو أن هذه المجموعة تُسرع بقوة إضافية تفوق الجاذبية الطبيعية بمقدار 20%". وقد قدمت فارار هذه النظرية في اجتماع عُقد في الجمعية الفلكية الأمريكية في مدينة سياتل، واشنطن في يناير/ كانون الأول من العام 2007.

ويقول مايك كيسدن M. Kesden من جامعة تورونتو في كندا: "يجب النظر في إمكانية وجود قوة إضافية مسؤولة عن ذلك. وإذا كان ذلك صحيحاً، فلا بد من أن يكون ذلك بمثابة اكتشاف هام".

وكلاو، الذي يعمل حالياً في جامعة أوهايو في أثينا، غير مقتنع بذلك. ويقول: "إن مجموعة bullet تتحرك بالتأكيد بسرعة أكبر بكثير من أن تستطيع كمية المادة الخفيّة تفسيرها. ولكن ابتكار قوة خامسة قد لا يكون الخطوة التي يقفز إليها المرء فوراً". فهو يعتقد بأن كتلة من مادة مظلمة تخصُّ مجموعة مجرة قريبة قد تقدّم جذراً تثاقلياً إضافياً.

ويقول: "المشكلة الحقيقية هي أنه من الصعب أخذ منظومة واحدة فقط كدليل على قوة خامسة".

هذا وتوافق فارار على أنه لا يمكن لمجموعة Bullet وحدها أن تقنع الناس بوجود قوة خامسة تعمل. ولكنها تقول إنه يمكن لهذا الجدل أن يُقلب على رأسه. وتقول: "وكذلك تمثل مجموعة Bullet اختبارنا القاطع الأوحد بالنسبة للمادة الخفيّة. وإذا كان ذلك الاختبار الأوحد يخبرنا بوجود هذه المفارقة الكبيرة فيما يخص المادة الخفيّة فإن الناس ينبغي أن يلحظوا ذلك".

"من الممكن أن توجد قوة إضافية مسؤولة عن سرعة هذه المجموعة. وسيكون ذلك اكتشافاً هاماً"

وبجهد جهيد قد يمكن خلال السنتين القادمتين تأكيد وجود القوة الخامسة، أو نفيها إذ تقوم الآن مشاهدات فلكية بسير مناطق الفضاء التي يمكن أن تتأثر بهذه القوة الخامسة. وتم تنفيذ اختبار رصديٍّ من هذا القبيل أجراه كيسدن وزميله مارك كاميونكوسكي في معهد كاليفورنيا للتكنولوجيا في باسادينا. فقد تفحّصا كيفية تبدُّد المجرات الصغيرة التي تدور بشكل لولبي حول درب اللبانة، معتقدين بأن توزع النجوم سيتأثر بالقوة الخامسة (مجلة NewScientist، 10 حزيران 2006 الصفحة 14). ويقول كيسدن: "نحن بالفعل نفينا وجود قوة خامسة بالضخامة التي تصفها فارار، لكننا كنا نتفحّص قوة تفعل فعلها على مسافة أقصر بكثير من المسافة التي تفحّصتها فارار. ولكن يبقى من الممكن أن تعمل قوة خامسة كبيرة على مقاييس أكبر".

فارار غير مقتنعة بأن عمل كيسدن ينفي وجود قوة خامسة، حتى بالمقاسات التي فحصها. وتوحي بأن مثل هذه القوة يمكن أن تفسر غموضاً ذا صلة بافتقاد مجرّات قزمة: فالنموذج القياسي لنشوء المجرات، الذي يستخدم مادة خفيّة باردة (CDM) (وهي مادة خفيّة تتحرك ببطء يقل كثيراً عن سرعة الضوء) يتنبأ بأن مئات من المجرات القزمة ذات الكتل المنخفضة تدور حول درب اللبانة، لكن لم تتم رؤية إلا العشرات من مثل هذه المجرات (مجلة New Scientist، 20 آب 2005 الصفحة 17).

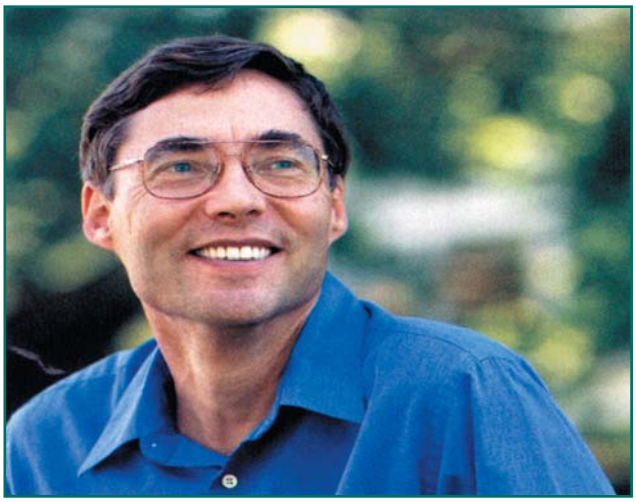
يمكن للقوة الخامسة أن تربط المادة الخفيّة في هذه المجرات الصغيرة بشكل أكثر إحكاماً يفوق ما يمكن للجاذبية أن تفعله وحدها. وتقول فارار إن هذا سيترك المادة العادية (أي الغاز الذي تتشكل منه النجوم والنجوم بحدِّ ذاتها) الموجودة عند حواف هذه المجرات أقل إحكاماً من المعتاد. فالنجوم في هذه المجرات القزمة يمكن تبديدها بواسطة جاذبية مجرتنا وعندها تحتوي المجرات القزمة على نجوم أقل بكثير من المتوقع، مما يجعل ملاحظتها أمراً أكثر صعوبة.

كما يمكن للقوة الجديدة أن تسحب مجرات إلى داخل مجموعات بشكل أسرع مما تتنبأ به نماذج (موديلات) المادة الخفيّة الباردة CDM. وتقول فارار إن ذلك يساعد على شرح سبب رؤيتنا مجموعات أكثر بحوالي عشر مرات وسبب وجود شواغر بينها أكثر فراغاً مما تتنبأ به النظرية. وتقول: "هناك عدد من التفسيرات البديلة لكلٍّ من هذه الظواهر. لكن القوة الخامسة هي التفسير الوحيد الذي يحلها جميعاً بانقضاضة قوية واحدة."

نُشر هذا الخبر في مجلة: NewScientist, 20 January 2007

صيغة جديدة لتعليم العلوم

يعتقد كارل وَيْمَان C. Wieman الفائز بجائزة نوبل أن تعليم الفيزياء في المرحلة الجامعية يحتاج لفحص جذري دقيق. ويفصح إدوين كارتليدج E. Cartlidge عن خططه التي تبلغ نفقتها عدة ملايين من الدولارات لتنفيذ ذلك.



الرائد التعليمي: يطور كارل وَيْمَان تقنيات تعليمية جديدة يقول إنها ستعطي الطلاب عقلية خبروية أكبر.

يكرس العديد من الفيزيائيين أنفسهم لعملهم. وربما بلغ بعضهم الهوس بذلك تقريباً. لكن بالتأكيد هناك قلّة فقط ممن يمكنهم مجاراة التفكير النادر الذي أبداه كارل وَيْمَان كطالب جامعي. ورغم أنه يتابع اسمياً دراسة للحصول على درجة جامعية في الفيزياء من معهد ماساتشوسيتس للتكنولوجيا، فقد كرس في الحقيقة معظم وقته لتنفيذ بحث في فيزياء الليزر في مخبره الخاص في الجامعة. وبعد قضاء سهر العديد من الليالي بأخذ المعطيات والاستحمام بعد ذلك في مركز الرياضة عقب التدرب كل يوم بعد الظهر، توصل إلى نتيجة مفادها أنه لا توجد فائدة كبيرة في إنفاق مبالغ كبيرة على أجور الإقامة في سكن الطلبة. لذلك انتقل إلى مخبره ولم يأخذ سوى سروال نوم وفرشاة أسنان والقليل من الملابس التي وضعها في خزانة للملفات وبقي هناك بعد ذلك طيلة الشهور الستة التالية.

وهذا الطموح الجامح هو ما أخذ وَيْمَان من النشأة الريفية في أوريغون، حيث كان يعمل والده في منشرة، إلى الأستاذية -profes sorship في جامعة كولورادو في مدينة بولدر. وفي هذا المكان أنجز العمل الذي حصل من خلاله بشكل مشترك على جائزة نوبل للعام 2001 –والمتمثِّل في أول خلق لحالة مادة ذات صفات كمومية غريبة عُرفت بمصطلح "كثافة بوز–أينشتاين Bose-Einstein condensate" (أو BEC اختصاراً). يبلغ وَيْمَان في الوقت الحالي الخامسة والخمسين من العمر ويشعر أنه أنجز ما في استطاعته من البحث العلمي وقد أخذ على عاتقه تحدياً جديداً تماماً –يتصدّى لإجراء فحص دقيق لتعليم العلوم في المرحلة الجامعية.

ذاتيَّته

الولادة: في العام 1951 في كورفاليس، أوريغون

التعليم: إجازة جامعية من معهد ماساتشوسيتس للتكنولوجيا ودرجة دكتوراه من جامعة ستانفورد

المهنة: (من 1977 حتى 1984) في جامعة ميتشيغان ومن (1984 حتى 1987) أستاذ مساعد في جامعة كولورادو، ومن (1987 حتى 2007) أستاذ في جامعة كولورادو، ومن (2007 وحتى الوقت الحالي) في جامعة كولومبيا البريطانية

الاهتمامات الأخرى: رحلات المسير والعدو

الوضع العائلي: متزوج وبدون أطفال

سيعمل وَيْمَان لتحقيق هذا الهدف الكبير في جامعة كولومبيا البريطانية (UBC) في كندا التي وصل إليها في هذا الشهر. وسيكون رئيساً لمبادرة تبلغ نفقاتها 12 مليون دولار كندي (ما يعادل 5 ملايين جنيه إسترليني) مخصصة لتغيير تعليم العلوم في هذه الجامعة خلال السنوات الخمس التالية –بمعنى استبدال المحاضرات التقليدية التي يتم فيها حشو الطلاب بالمعلومات التي غالباً ما تكون غير مفهومة لهم ليحل محلها أسلوب تعليمي تفاعلي يقدِّم أرضية ثابتة في المفاهيم الأساسية.

يتمثل الحد الأدنى بالنسبة لوَيْمَان، في وجوب أن يصبح التعليم أكثر "علمية"، بمعنى وجوب أن تكون النظريات المتعلقة بكيفية تعلم الطلاب وبما يمكّنهم من استخراج أفضل ما لديهم مستندة إلى مقاييس كمية ملائمة. فهو يقول إن العديد من محاضري الفيزياء يتبنّون المُقارَبَة المعاكسة –ويبررون أسلوبهم التعليمي على أساس تلقّيهم تعليقاً أو تعليقين إيجابيين من الطلاب. إن أمثال هؤلاء المحاضرين يحتاجون إلى وقفة تفكير بهذا الأمر ثانية، إذ حسبما يقول وَيْمَان تتوجَّه جميع المعطيات المأخوذة من البحث في تعليم العلوم تقريباً باتجاه واحد طاغ، وهو أن الطلاب يتعلمون القليل عبر مقررات المحاضرة التقليدية.

خارج الاتجاه السائد

ينبع عدم الثقة بالتعليم التقليدي لدى وَيْمَان من الاستقلال والفضول اللذين اكتسبهما خلال نشأته على بعد أميال من أقرب مدينة في أوريغون. فرغم أنه كان طالباً ذا كفاءة في المدرسة، فإنه لم يكن أبداً الأول في صفّه، وكان يقضي الكثير من وقته في قراءته الخاصة وفي الممارسة التجريبية وليس في المواد الدراسية المقررة. وقد تواصل هذا الموقف في معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا حيث التحق كطالب جامعي بمجموعة دانيال كليبنر D. Klippner للفيزياء الذرية وكان يفلح إلى حدٍّ ما في تفادي المقررات الدراسية الرسمية والامتحانات.

يؤكد وَيْمَان على أن أسلوب حياته غير التقليدي منحه تمكناً من المفاهيم الأساسية للفيزياء بشكل أفضل من زملائه، حتى وإن كان أضعف منهم في حل المسائل الرسمية. ويبدو بشكل مؤكد أن صعوده إلى قمة الفيزياء الضوئية والذرية بدون أخذه المقرّر الجامعي الرسمي في أي من هذين الاختصاصين لم يشكل عائقاً لعمله كباحث. ووصل هذا العمل إلى ذروته في 5 حزيران 1995 عندما تمكن مع زميله إيريك كورنيل E. Cornell من إدخال غاز ذرات الروبيديوم الفائقة البرودة ضمن كُثافة بوز– أينشتاين (BEC)، وهي حالة للمادة تتكاثف فيها الذرات في نفس الحالة الكمومية الأساسية. وقد شكل هذا الاختراق العلمي حافزاً لأعمال عشرات من مجموعات البحث الأخرى حول العالم وكانت له تضمينات عبر الفيزياء، بدءاً من الناقلية الفائقة إلى الحواسيب الكمومية.

وفي منتصف التسعينيات من القرن الماضي، بدأ وَيْمَان يعمل في البحوث التعليمية. وبعد حصوله على جائزة نوبل، استأجر عضوين من طاقم الهيئة التعليمية الجامعية لتأسيس مجموعة رسمية لتعليم الفيزياء في مدينة بولدر. وهنا اقتنع بأن الطلاب، حتى أولئك الذين لا يتابعون مقررات علمية متخصصة، يحتاجون لتدريب أكبر على التفكير "كخبراء" ويمكنهم فعل ذلك. ويقول إن الخبراء، أي العلماء المهنيين، يرون الفيزياء كمجموعة مترابطة من مفاهيم عامة التي تُؤكدها التجربة. وهؤلاء الناس يقفون على طرفي نقيض مع "المبتدعين novices" الذين ينظرون إلى الفيزياء كمجموعة من معلومة منعزلة تعطيها سلطة ما وليست على صلة بالعالم الحقيقي. وتقول بأن المقابلات مع آلاف من الطلاب تبيِّن لسوء الحظ أنهم يفكرون أكثر، وليس أقل، على غرار المبتدعين بعد اتباعهم مقرراً دراسياً تقليدياً في الفيزياء بالمرحلة الجامعية.

يُوضِّح هذا التفكير المشابه للمبتدعين في بحث إيريك مازور E. Mazur، (الفيزيائي لدى جامعة هارفارد) الذي بَيّن أن الطلاب يكونون أفضل بشكل ملحوظ في حساب التيّارات وفروق الكمون والصفات الأخرى للدارات الكهربائية مما يكون عليه حالهم في وصف ما يحدث ضمن هذه الدارات. ولتحسين فهمهم للمفاهيم، يقول وَيْمَان إنه يجب على الطلاب أن يعتادوا على التركيز بشكل أكبر على "لماذا" وعلى "ماذا" عند تعلم مادة جديدة. كما يحتاجون إلى فهم أن الكثير من الأفكار البديهية هي لديهم خاطئة عن الفيزياء، مثل الاعتقاد أن التيار الكهربائي يصبح "مستنفداً" عندما يسير عبر مصباح كهربائي.

ويقول وَيْمَان إنه يجب على المحاضرين عدم تحميل أدمغة الطلاب بشكل زائد –إذ يستطيع الناس فقط تعلم حدٍّ معين من المواد الجديدة في الصف ويضعف محاولة إعطائهم أكثر من ذلك قدرتهم على التعلم. وعلاوة على ذلك، يجب على المحاضرين أن يجعلوا الدروس سهلة قدر الإمكان، فعلى سبيل المثال يمكن الإشارة إلى كرات التنس التي تتحرك عبر الهواء عوضاً عن المساقط المجردة التي تسير عبر الفضاء. وينبغي على المدربين أن يطرحوا أسئلة تتطلب إجراء التحليل الشفهي بالإضافة للإجابات الرقمية المحضة.

حُب التقانة

يعتقد وَيْمَان أنه يمكن للتقانة أن تلعب دوراً هاماً في محاولة تحقيق هذه الغايات. فهو معجب بالنبائط devices الإلكترونية المعروفة مثل لوحات مفاتيح التحكُّم التي تتيح للطلاب اختيار إجابات للأسئلة المتعددة الخيارات خلال المحاضرة. فذلك يُمكّن المحاضر من معرفة ماذا يفكر به كل طالب بخصوص موضوع ما بالوقت الحقيقي بحيث يقوم بعد ذلك بعرض توزع الإجابات في رسم بياني نسيجي histogram. لذلك، يستطيع المحاضرون تغيير مجرى الدرس أثناء استرسالهم في التعامل مع مفاهيم الطلاب الخاطئة وسوء فهمهم، في حين يمكن التعاطي مع المشاكل الفردية لاحقاً. كما ويمكنهم استخدام لوحات مفاتيح التحكُّم لغرض إثارة النقاش بين الطلاب وذلك عن طريق تقسيم الطلاب إلى مجموعات والطلب إلى كل مجموعة أن تتوصل لاتفاق قبل الإجابة باستخدام لوحات مفاتيح التحكُّم هذه.

إذا جلس الطلاب هناك يراقبون المحاضر وهو يكتب معادلة بعد معادلة، فسوف يتركون العلم بشكل جماعي.

وهناك دعم فني آخر يحظى بتأييد وَيْمَان تحت اسم المحاكاة المتفاعلة interactive simulation. فقد أوجد وَيْمَان وزملاؤه في مدينة

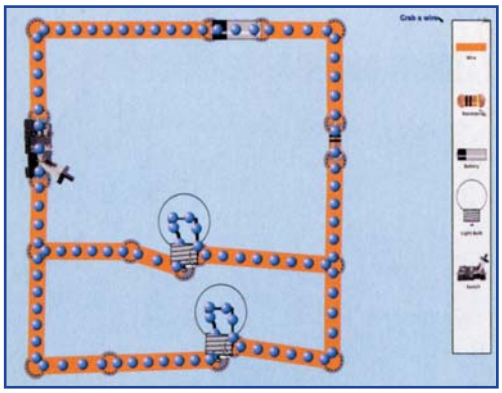
بولدر ما يقارب 45 عملية محاكاة مختلفة تغطي سلسلة من الظواهر الفيزيائية، من الحقول الكهرمغنطيسية وحتى حركة المرتسمات أو المساقط. وتتعلق واحدة من عمليات المحاكاة هذه بالكهرباء، بحيث تسمح للطلاب بتركيب دارات تستخدم أسلاكاً ومقاومات ومصابيح ضوء افتراضية وما شابه ذلك. وهو يعتقد أن لاستخدام هذه المحاكاة فائدتين للتميز عن استخدام الدارات الكهربائية الحقيقية فيما يتعلق باستيعاب المفاهيم، مثل التيار والفولطية: الأولى أنه يمكن للطلاب أن يراقبوا تدفق الإلكترونات حول الدارة (مع كون التيار يتناسب مع سرعة الإلكترونات على الشاشة). والأخرى أنها تسمح للمدرس أن يفلتر التفاصيل الدخيلة التي تعيق فهم الطالب في المختبر الحقيقي، مثل لون العزل البلاستيكي للأسلاك.

مع كل هذه النظرية والتقانة لتحسين التدريس، هل تحسّن تعليم الفيزياء بالفعل في مدينة بولدر؟ حالياً، تبقى معظم البرامج ضمن القالب التقليدي، لكن حسب رأي وَيْمَان، فإن البرامج القليلة التي تحولت إلى هذا الاتجاه قد أدت إلى تحسينات هامة في التعلم. وهو يقول إن الطلاب الذين يتبعون هذه البرامج "يوغلون الحَفْر بشكل أعمق داخل المحتوى" مما كانوا سيفعلونه لو كانوا يعملون بالطرق التقليدية، إلى حدٍّ أن المحاضرين باتوا يمتلكون شُغلاً يتعاملون به مع عدد كبير من أسئلة التحدي التي يطرحها الطلاب، ويقول إنه ما من شيء غير هذا يمكن أن يكون لمصلحة الطلاب والموضوع. كما يقول: "لو ذهب الطلاب إلى الصفوف وجلسوا يراقبون المحاضر وهو يكتب معادلة بعد معادلة على اللوح، فنحن نعرف أنهم سيتركون العلم بشكل جماعي، وفي اعتقادهم أن ذلك شيء ممل حقاً". "لكن إذا تطلب تدريسك أن يقدموا الأحكام بناءً على الأفكار وأن يناقشوا وجهات نظرهم، فستحصل عند ذلك على نتيجة مختلفة".

استثمار جاهز

يأمل وَيْمَان أن تتبنى جميع الأقسام العلمية الرئيسية في جامعة كولومبيا البريطانية، خلال ست أو سبع سنوات، صنف المقاربة الذي يدافع عنه ويأمل أن يكون ذلك مثالاً تحذو حذوه الأقسام الأخرى عبر العالم. ولما كانت جامعة كولومبيا البريطانية تخطط لتوزيع وسائل التدريس المطورة حديثاً بشكل مجاني على الويب (الإنترنت)، فإن وَيْمَان يعتقد أنه بإمكان مؤسسات أخرى أن تفحص بدقة تدريسها الجامعي بكلفة لا تزيد عن نسبة مئوية ضئيلة من ميزانياتها السنوية. ويقول: "أعتقد أنه توجد فرصة جيدة لأن ينتشر أسلوبنا في السوق. وسترى الجامعات أنه يمكنها أن تروج لنفسها على نحو أفضل إذا تبنته".

ومن خلال الحديث عن مشروع جامعة كولومبيا البريطانية، يقول وَيْمَان أنه واجه درجة من "الشكوكية العلمية الصحية". لكن هناك شكل واحد لفلسفته التعليمية يتيح له أن يثير رد فعل أقوى بقليل. فهو يعتقد أنه للحصول على نتائج، لا حاجة لأن يكون المحاضرون بالضرورة موهوبين طبيعياً للتدريس وأنه يمكن للمحاضرين غير



أفضل من الشيء الحقيقي؟ يعتقد وَيْمَان وزملاؤه أن عمليات المحاكاة بالكومبيوتر، المماثلة لهذه المحاكاة للدارة الكهربائية، يمكن أن تُحسن فهم الطلاب للمفهوم بطرق لا يمكن للتجارب المخبرية أن تؤمنها.

الموهوبين أن يقدموا تعليماً جيداً للطلاب إذا التزموا بأنواع الأسس التي يدعو لها. فهو يجادل بأنه: "وفقاً للمقاييس الموضوعية، غالباً ما لا يتعلم الطلاب الشيء الكثير وحتى على يد مدرسين يعتبرون في عداد الملهمين".

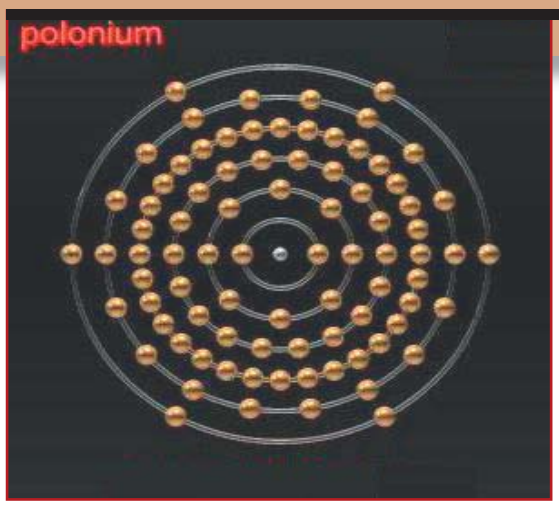
يتحمس وَيْمَان للتوكيد بأن أسلوبه في التدريس مبني على عمل العديد من العاملين في التعليم وعلماء آخرين ذوي اهتمام بالتربية. ويقر أيضاً بأن عمله التعليمي ما كان ليحظى بالشهرة التي يتمتع بها لو لم يكن حاصلاً على جائزة نوبل. لكنه يعتقد أن لديه مصدر قوة أو مصدرين يتمثلان في المصداقية التي يتمتع بها في أقسام الفيزياء كفيزيائي باحث سابق وفي قدرته على العمل على مشاكل صعبة على مدى سنوات عديدة. ويضيف: "ربما كان هناك أناس لا يمتلكون المعدة اللازمة لهضم ذلك".

وعلى افتراض أن بإمكان وَيْمَان أن ينجح بتحويل التعليم في جامعة كولومبيا البريطانية، يبقى أن نرى ما إذا تمكنت جهوده وجهود زملائه في النهاية من إقناع العلماء في الجامعات الأخرى بالتخلي عن التدريس التقليدي. وبالتأكيد سيكون هناك الكثير من القصور الذاتي. لكن لا يمكن أن يكون هناك أي شك بالتزام وَيْمَان بهذه القضية، خصوصاً بعد أن تبرع بمئات الآلاف من الدولارات من ماله الخاص لصالح بحثه التعليمي ولتطوير وسائل التدريس. وبالفعل، فإن عدم قدرة جامعة كولورادو على جمع اعتمادات من مكان آخر هو الذي حدا به جزئياً إلى الانتقال إلى كندا.

لكنه لم يهجر بذلك المال فقط. بل إنه قرر أيضاً وجوب تخلّيه عن بحثه في الفيزياء. ويضيف: "إن وجهة نظري في ذلك أنه لا سبيل لي في أن أحدث نفس التأثير الذي أحدثته في الفيزياء من قبل، بل يبدو أن لدي فرصة في أن أحدث تأثيراً أكبر في المجتمع إذا كرست طاقاتي للتعليم."

نُشر هذا الخبر في مجلة: Physics World, January 2007

البولونيوم



الرمز:		Po
العدد الذرّي:	(عدد البروتونات في النواة)	84
الوزن الذرّي:	(يظهر بشكل طبيعي)	210

ماهيته

البولونيوم عنصر مشع موجود في الطبيعة بتراكيز قليلة جداً في القشرة الأرضية (بتركيز يقارب جزءاً واحداً من 10^{15} جزءاً، أو واحداً على مليون من أصل واحد على ترليون). وقد كان البولونيوم أول عنصر اكتشف على يد ماري وبيير كوري في عام 1898، أثناء بحثهما عن سبب النشاط الإشعاعي في فلز كبريتيدات القار .p Tchblende المحتوي على اليورانيوم. يعد البولونيوم بشكله النقي معدناً متطايراً نوعاً ما وذا درجة انصهار منخفضة. ويُعرف له أكثر من 25 نظيراً تتّصف بكتل ذرية تتراوح ما بين 192 و 218 (وتعني النظائر أشكالاً مختلفة من العنصر تمتلك نفس العدد من البروتونات في النواة ولكن مع عدد مختلف من النترونات). وتعد جميع نظائر البولونيوم مشعة، بيد أن ثلاثة فقط لها أعمار نصف ذات أهمية، وهي: البولونيوم-208، والبولونيوم-209، والبولونيوم-210.

أما البولونيوم-210، وهو المسمى تاريخياً بـ "الراديوم F"، فهو نظير البولونيوم الموجود طبيعياً بشكل غالب ويتمتع بأوسع استخدام. ويمثّل البولونيوم-210 ناتج اضمحلال مشع في سلسلة الاضمحلال الطبيعية لليورانيوم-238، ويعد إلى جانب الرصاص-210 واحداً من ناتجين لهما عمر نصف طويل نسبياً يفوق الرادون-222. ويبلغ عمر نصف (البولونيوم-210) 138 يوماً، وهو يضمحل إلى الرصاص-206 عن طريق إصدار جسيم ألفا. هذا وإن مقدار واحد من ألف من الغرام من البولونيوم-210 يصدر على شكل جسيمات ألفا بقدر يعادل خمسة غرامات من الراديوم-226. أما الطاقة المنطلقة من اضمحلاله فهي كبيرة جداً (140 واط/غرام) لدرجة أن كبسولةً تحتوي على حوالي نصف غرام قد تصل إلى درجة حرارة تفوق 500 درجة مئوية.

مصدره

نظراً لأن البولونيوم-210 يتولّد أثناء اضمحلال اليورانيوم-238 الموجود طبيعياً في كل مكان، فهو (أي البولونيوم-210) منتشر بشكل واسع في القشرة الأرضية وبكميات صغيرة. وعلى الرغم من إمكانية إنتاجه عن طريق المعالجة الكيميائية لخامات أو فلزات اليورانيوم، فإن خامات اليورانيوم تحتوي على أقل من 0.1 ملغم

الخواص المشعة لنظائر البولونيوم الأساسية

النظير	عمر النصف (yr)	النشاط النوعي (Ci/g)	نمط الاضمحلال	طاقة الإشعاع (MeV)		
				ألفا α	بيتا β	غاما γ
Po-208	2.9 عاماً	590	α	5.1	>	>
Po-209	100 عام	17	α	4.9	>	>
Po-210	140 يوماً	4.500	α	5.3	>	>

Ci= كوري، g=غرام، MeV= مليون إلكترون فولط، وتعني إشارة > أن الطاقة الإشعاعية أقل من MeV 0.001 . وقد تم إعطاء القيم مقربة إلى أهم منزلتين عدديتين. إن البولونيوم-210 هو ناتج اضمحلال الراديوم-226.

من البولونيوم-210 لكل طن. وفي الأصل، كان يتم الحصول على البولونيوم-210 من فلز كبريتيت القار الغني الموجود في بوهيميا، ولكن يمكن أن يتم الحصول عليه أيضاً من أملاح الراديوم القديمة التي تحتوي على حوالي 0.2 ملغم لكل غرام من الراديوم. وعلى الرغم من وجود عددٍ من نظائر البولونيوم الأخرى ضمن سلسلة الاضمحلال الطبيعي، إلا أن أعمار النصف القصيرة الخاصة بها تعيق وجود أية تراكيز ترقى للاعتبار.

ونظراً لندرته، يجري إنتاج البولونيوم-210 في العادة بشكلٍ صناعي في مفاعل نووي عن طريق رجم البزموث-209 (وهو نظير مستقر) بالنترونات. وهذا يعطي البزموث-210 المشع الذي يتميز بعمر نصف يساوي خمسة أيام. هذا ويضمحل البزموث-210 إلى البولونيوم-210 من خلال اضمحلال بيتا beta decay. ويتم كذلك إنتاج كميات تقاس بالميليغرام من البولونيوم-209 (حيث عمر النصف هو 103 سنوات) والبولونيوم-208 (حيث عمر النصف هو 2.9 عاماً) في المفاعلات النووية أو مسرعات الجسيمات particle accelerators، ولكنها تعد باهظة التكاليف.

استخداماته

يستخدم البولونيوم بشكل أساسي في مزيلات الشحنات الساكنة static eliminators، وهي أدوات مصممةٌ من أجل التخلص من الكهرباء الساكنة في الآلات والتي يمكن أن تتسبب بها عمليات مثل لف الورق paper rolling، وتصنيع صفائح اللدائن وغزل الألياف التركيبية. حيث يتم بشكل عام طلي البولونيوم-210 على رقائق داعمة ليتم إقحامه إلى داخل فرشاة أو أنبوب أو أي حامل آخر. هذا وإن جسيمات ألفا الصادرة من البولونيوم تؤيِّن الهواء المجاور، وبالتالي تحايد neutrolize أيونات الهواء الكهرباء الساكنة على السطوح الملامسة للهواء. وهذه النبائط تحتاج بشكلٍ عام إلى استبدالها في كل عام وذلك بسبب عمر النصف القصير لهذا النظير المشع. وكذلك يستخدم البولونيوم-210 في الفُرَش brushes لإزالة الغبار من الأفلام الفوتوغرافية وعدسات الكاميرات. وتحتوي مزيلات الكهرباء الساكنة static eliminators بشكل نمطي على ما يتراوح بين عشرات ومئات mCi (أي واحد على ألف من الكوري) من النشاط الإشعاعي. ويمكن أيضاً للبولونيوم-210 أن يتحد مع البيريليوم كي يولِّد مصادر نترونية neutron sources، وفي الواقع كان يتم استخدامه كمستهلات initiators منتجة للنترونات لأول جيل من الأسلحة النووية على الأقل. وبالإضافة إلى ذلك، فقد تم التحري عنه كمصدر حراريٍّ لأدوات القدرة الكهربائية الحرارية من أجل التطبيقات الفضائية.

وجوده في البيئة

يوجد البولونيوم-210 طبيعياً في جميع الأوساط البيئية بتراكيز منخفضة جداً. وتكون تراكيزه في الترب، مشابهة لتراكيز

اليورانيوم، حيث تبلغ وسطياً ما يقارب حوالي 1 pCi/g (أو جزء من ترليون كوري لكل غرام). ونظراً لأن البولونيوم-210 ينتج عن اضمحلال غاز الرادون-222، فإنه يمكن بذلك أن يوجد في الجو الذي ترسب منه على سطح الأرض. وتتراوح معدلات التراكيز الجوية السنوية من 0.005 إلى 0.04 m^3/pCi. ويتم أيضاً إصدار البولونيوم-210 إلى الجو خلال عملية تكليس صخر الفسفات كمرحلة من عملية إنتاج عنصر الفسفور. وبالرغم من أن الامتصاص المباشر عبر جذور النباتات هو أمرٌ قليل الحدوث عموماً، إلا أن البولونيوم-210 يمكن أن يترسب على الخضراوات ذوات الأوراق العريضة. وينتج عن ترسب البولونيوم-210 من الجو على أوراق التبغ ارتفاع تراكيزه في دخان التبغ، مما ينتج عنه دخول كميات (أو جرعات) هائلة منه لدى المدخنين مقارنةً بغير المدخنين. ويقدر أن يتضمَّن متوسط القوت لدى الغرب ما مقدارهُ 1 إلى 10 pCi من البولونيوم-210 في كل يوم. يمكن أن يكون البولونيوم-210 مرتفعاً بشكلٍ كبير لدى قاطني الأراضي الشمالية الذين يعتمدون في قوتهم على الرنة التي تقتات الأشنيات المتصَّة للعناصر النادرة من الجو.

سيرورته في الجسم

يمكن أن يدخل البولونيوم إلى الجسم عن طريق تناول الطعام أو شرب المياه أو استنشاق الهواء. ويغادر الجسم على الفور ما نسبته من 50% إلى 90% من البولونيوم الداخل عن طريق الابتلاع وذلك عبر البراز. أما الجزء المتبقي في الجسم فإنه يدخل في مجرى الدم. وعموماً، يقوم الطحال والكليتان بتركيز البولونيوم أكثر من بقية الأنسجة الأخرى باستثناء التخزين المؤقت الذي يتم في الرئة بعد استنشاقه بصيغته غير الذوابة. ويقدر بأن ما يقارب 45% من البولونيوم المبتلع تتوضع في الطحال والكليتين والكبد، بالإضافة إلى 10% تترسب ضمن نقي العظام وأما الكمية المتبقية فإنها تتوزع في أنحاء الجسم. هذا وتتناقص كمية البولونيوم في الجسم بعمر نصف يساوي 50 يوماً.

وقد أظهرت دراساتٌ حول المدخنين أن البولونيوم المستنشق يمكن أن يتموضع بشكلٍ كبير في الرئتين، مع نسبة تبلغ في أضلاع المدخنين حوالي ضعف البولونيوم الموجود لدى غير المدخنين. ويقدر بأن الجرعة الداخلة إلى الهيكل لعظمي ترتفع بنسبة تقارب 30% لدى المدخنين. أما المصدر الآخر للبولونيوم-210 في الجسم فهو تزايده الداخلي بسبب اضمحلال الراديوم-226 والرصاص-210 المترسب في العظام. أما متوسط كمية البولونيوم-210 في الجسم فهو حوالي (1) nCi (جزء من بليون من الكوري).

تأثيراته الصحية الأساسية

لا يكون البولونيوم-210 خطراً صحياً إلاّ في حال دخوله إلى الجسم. ولا يعد التعرض الخارجي أمراً مقلقاً وذلك لكون البولونيوم مصدراً لأشعة ألفا. أما الوسائل الأساسية للتعرض فهي تناول الطعام والماء اللذين يحتويان على البولونيوم-210 واستنشاق الغبار المحتوي على البولونيوم. ويعد الاستنشاق ذا همٍّ خاص إذا جاور مصدراً للغبار المحمول بالهواء (مثل معمل الفسفات) وفي مناطق التركيز العالي للرادون، أو بالنسبة لمدخني السجائر.

ويمكن توقع وجود جرعاتٍ إشعاعية من البولونيوم في عدة أنسجة من الجسم، وهي تضيفُ تقريباً ما ينوف عن جرعة جسم بأكمله أكثر مما تقوم به جميع بقية مصدرات ألفا الأخرى. وتكون التأثيرات أكثر شيوعاً في الكلية مما هي في الطحال، على الرغم من وجود جرعة أعلى في الطحال. ويمكن للعقد اللمفاوية والكبد أن تتأذيان كذلك. ويستطيع البولونيوم المستنشق، إما من الرادون الموجود في الجو أو من دخان السجائر، أن يتوضع على البطانة المخاطية للطرق التنفسية. وحينما يتم إصدار جسيمات ألفا فيما

معاملات الخطورة الإشعاعية

يعرض الجدول التالي معاملات خطورة تخص الاستنشاق والابتلاع. وقد تم استخدام أنماط امتصاص مفترضة وموصى بها بالنسبة للاستنشاق كما استخدمت قيم غذائية بما يخص الابتلاع. أما قيم الخطورة فهي بالنسبة للوفيات بالسرطان لكل الأعمار ولكل وحدة إدخال (**pCi**) **unit intake**، وعلى أساس المتوسط وفقاً لكل الأعمار ولكلا الجنسين (10^{-9} تساوي جزءاً من بليون). أما القيم الأخرى، بما فيها الإمراضية **morbidity**، فهي أيضاً متاحة. ولكن لا تتوفر عوامل تحويل للجرعة بالنسبة للبولونيوم-208 أو للبولونيوم-209.

النظير	الخطورة العمرية للوفاة بالسرطان	
	الاستنشاق (pCi^{-1})	الابتلاع (pCi^{-1})
البولونيوم-210	$10^{-8} \times 1.0$	$10^{-9} \times 1.6$

بعد ضمن الرئتين، فإن الخلايا المبطنة للمجاري الهوائية يمكن أن تتضرر (تتخرب)، مؤديةً بالفعل إلى حدوث سرطان الرئة بمرور الوقت.

خطورته

لقد تم حساب معاملات الخطورة للوفاة بالسرطان وفقاً لكافة الأعمار وبالنسبة لكافة النكليدات، بما في ذلك البولونيوم-210. (انظر المؤطر المرافق). وتفوق معاملات الخطورة بالنسبة للاستنشاق حوالي ستة أضعاف ما هي عليه بالنسبة للابتلاع الغذائي. وعلى غرار النكليدات المشعة الأخرى، فإن معاملات الخطورة بالنسبة لتناول مياه الصنبور التي تحتوي على البولونيوم-210 تعادل حوالي75% من تلك المبينة بالنسبة للابتلاع الغذائي. ولا يمثل البولونيوم-210 أي خطرٍ خارجي حينما يكون خارج الجسم.

نُشر هذا الخبر في مجلة: ANL. August 2005.

التقانات النووية في الزراعة:
آفاق وتطبيقات

إعداد د. فواز كرد علي

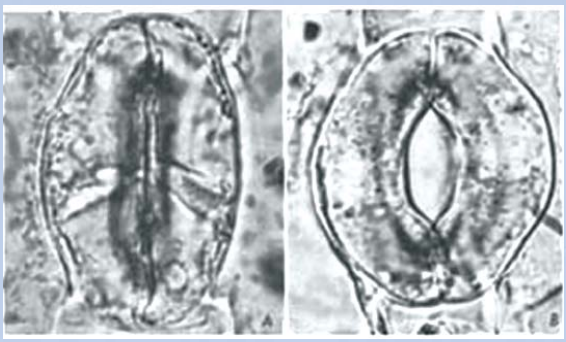
لقد حظيت مواضيع الاستخدامات السلمية للطاقة الذرّية باهتمام بالغ في العقود الأخيرة. ودفع توظيف التقانات النووية بالعلوم الزراعية بشقيها النباتي والحيواني بعلوم الأراضي إلى الأمام. فقد أمكن، باستخدام النظائر والإشعاع، دراسة التآثر والتآزر بين التربة والنبات والحيوان والإنسان والماء والهواء ومكوناتها، والوصول إلى حقائق أساسية ومعلومات رائدة، لم يكن بالإمكان الحصول عليها إلا باستعمال النظائر المشعّة والمستقرة والإشعاع، والتي ساهمت وتساهم بدور فعّال ومؤثر في العملية الإنتاجية والتنمية الزراعية، فضلاً عن مواكبة البشرية للتقدم والارتقاء.

مقدمة

تشير مسارات التنمية الزراعية في العالم إلى الأثر الكبير الذي يحدثه البحث العلمي في الإسهام في تعزيز التنمية المستدامة للموارد الطبيعية من خلال نقل وتطويع التقانات الحديثة لدعم الإنتاج الزراعي الذي يتطلب حشد وتعزيز وتنمية القدرات والإمكانيات العلمية والتقنية وتوجيهها نحو الأولويات والاحتياجات الوطنية.

لقد غدت الاستخدامات السلمية للطاقة الذرّية بما تحتويها من تطبيقات متعددة في شتى مجالات التنمية الحيوية وخدمة المجتمع من سمات فترة ما بعد الحرب العالمية الثانية. لقد لمع بريق النظائر وذاع اسمها في عديد من العلوم، فكان علماء الحياة من أسبق الرواد الباحثين في شؤون النظائر المشعّة والمستقرة وتطبيقاتها في أغراض حيوية إنسانية، فاستخدمت هذه النظائر في علوم الطب والبيولوجيا والزراعة وغيرها. ثم انبثقت منها علوم حديثة كالبيوفيزياء والكيمياء الإشعاعية والطب النووي والوقاية والهندسة الوراثية. وتجاذبتها أيضاً علوم الجيولوجيا والأرصاد والهندسة والإلكترونيات، حيث لم يبقَ مجال أو علم من العلوم لم يجن من ثمارها أو يستفد من إمكانياتها. وهكذا يبدو أن الآفاق تتسع باستمرار أمام الاستخدام السلمي الأمثل للطاقة الذرّية في مختلف المجالات. واستشعاراً بأهمية تعزيز دور البحث العلمي في التنمية الزراعية، سنحاول في هذه الإطلالة تسليط الضوء على دور التقانات النووية وآفاق تطبيقاتها في العلوم الزراعية، ولاسيما في مجالات الإنتاج النباتي والإنتاج الحيواني والعلاقات بين التربة والنبات والهواء والماء والعناصر الغذائية ووقاية المزروعات.

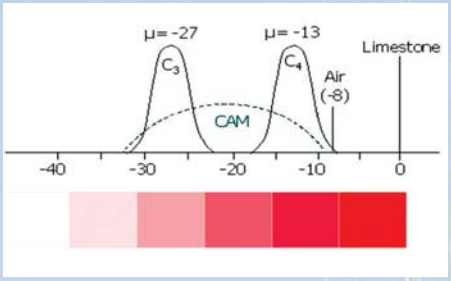
استعمال تقنية تمايز نظائر الكربون ($\Delta^{13}C$) لانتقاء طرز نباتية متحمّلة للإجهادات اللاحيوية



انفتاح وانغلاق الثغور

تتمتّع ثغور الأوراق بدورٍ رئيسيٍّ في التأثير على عديد من المظاهر الكيميائية الحيوية المتعلقة بعمليّة التركيب (الاصطناع) الضوئي، فهي ترتبط بعملية تثبيت CO_2 والنتح، وهذا ينعكس على كفاءة استعمال الماء في إنتاج المادة الجافة. إن تحسين عملية فتح وإغلاق الثغور والتحكم بها خلال فترة التعرُّض للإجهادات البيئية، كالجفاف مثلاً، تُعدُّ من الصفات الفيزيولوجية التي تخدم برامج تربية النبات، وخاصة في انتقاء الطرز الوراثية الأكثر تحمُّلاً لمثل هذا النوع من الإجهاد.

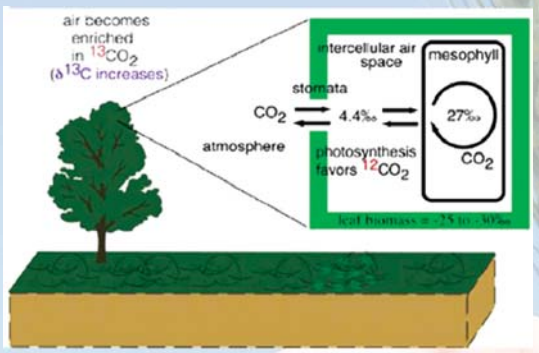
تُعدُّ نسبة النظير ^{13}C إلى ^{12}C في الأنسجة النباتية أقل من النسبة الموجودة في الغلاف الجوي، ويشير ذلك إلى قدرة النبات على تمييز ^{13}C خلال عملية التركيب الضوئي. فقد بيَّنت العديد من الدراسات ذات الصلة بمسار غاز ثنائي أُكسيد الكربون خلال عملية التركيب الضوئي وجود اختلافات في التركيب النظيري للكربون ^{12}C و^{13}C. فمن المعروف أن نظير الكربون ^{12}C يشكل حوالي 99% من غاز CO_2 الموجود طبيعياً في الغلاف الجوي، وأن النباتات لها المقدرة على التمييز discrimination بين النظيرين ^{12}C و($\Delta^{13}C$‰) ^{13}C. وتجدر الإشارة هنا، إلى أن هذا التمييز الذي يحصل أثناء عملية التركيب الضوئي يؤدي إلى توزع متباين ومختلف لنظائر الكربون بين نباتات C3 وC4 حيث تتراوح قيم $\delta\ ^{13}C$ من ‰20- إلى ‰32- في نباتات C3 (المتوسط: ‰27-)، ومن ‰9- إلى ‰17- في نباتات C4 (المتوسط: ‰13-).



تُسمّى عملية التمييز التي تحصل في النبات بين النظائر الثقيلة وغير الثقيلة بالتفريق النظيري fractionation. وهناك سبيلان للتفريق النظيري للكربون ^{13}C أثناء تثبيت $^{13}CO_2$ وهما الانتشار diffusion والتمييز الإنزيمي enzymatic discrimination. ونظراً لكبر حجم ذرّة ^{13}C فإن سلوكها وانتشارها بطيء بالمقارنة مع ^{12}C. لذلك فإن سرعة حركة وانتشار غاز ثنائي أكسيد الكربون المحتوي على $^{13}CO_2$ عبر الثغور التنفسية ليست بسرعة وحركية $^{12}CO_2$ نفسها، وبالتالي فإن استعماله لن يكون بجاهزية النظير الخفيف ^{12}C نفسه ذي السرعة الأكبر في الحركة، وفي هذه الحالة يصبح الهواء المحيط بالنبات غنيّاً $^{13}CO_2$ في حين يكون الهواء الموجود داخل الورقة فقيراً بالنظير $^{13}CO_2$.

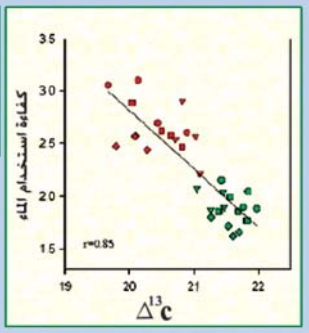
تعطي قيم التمييز النظيري ($\Delta^{13}C$‰)، في نباتات المجموعة C3، قياساً شاملاً لتمثيل الكربون خلال فترة النمو، وتعكس هذه القيمة التغيرات التي تطرأ على نسبة غاز CO_2 داخل الخلية C_i وخارج الخلية C_a والمترافقة مع نفاذية المسام وعملية الكرسلة carboxilation بإنزيم Rubisco. ويجدر بالذكر، أن أي عامل يؤثر على عمل الثغور التنفسية وعملية الكرسلة carboxilation يؤثر في محتوى ^{13}C في الأنسجة النباتية. فالإجهاد المائي والملوحة ودرجة الحرارة وأشعة الشمس تخفض من قيمة ($\Delta^{13}C$‰) من خلال تأثيرها على عمل المسام. وتعكس القيم الأكثر سلباً لـ $\delta^{13}C$‰ ارتفاعاً في قيم التمييز النظيري ($\Delta^{13}C$‰). ففي حال عدم تعرُّض النبات إلى أي إجهاد ، فإن المسام تكون أكثر انفتاحاً والتمييز النظيري يكون مرتفعاً. أما عند تعرُّض النباتات إلى إجهاد، فالمسام سوف تنغلق جزئياً مما يؤدي إلى انخفاض قيمة التمييز النظيري ($\Delta^{13}C$‰) للنبات.

تمييز نظائر الكربون في نباتات (C3)



تستعمل تقنية $\delta^{13}C$ للتمييز بين الطرز الوراثية في عديد من الأنواع النباتية ذات الطراز C3 من حيث التحمُّل للجفاف وللملوحة. وتعكس قيمة $\delta^{13}C$ بشكل رئيسي المدى الذي يكون من خلاله التركيب الأولي لغاز ثنائي أكسيد الكربون مقصوراً على عملية الأكسدة الإنزيمية له Carboxylation أو/وعلى انتشاره في الأوراق. ومن الجدير بالذكر أن قيمة $\delta^{13}C$ في كامل النبات تعبِّر عن مجمل هذه العمليات. ويمكن أن تؤدي العمليات المسؤولة عن توزع المنتجات الأولية للتركيب الضوئي، ضمن أجزاء النبات المختلفة، إلى حدوث اختلافات في قيم $\delta^{13}C$ بين هذه الأجزاء. وتسبِّب الإجهادات البيئية، كالجفاف والملوحة، تغييراً في قيم $\delta^{13}C$ نتيجة التأثيرات في التوازن بين عمليتي الأكسدة الإنزيمية والناقلية المسامية لغاز CO_2. وعموماً، تتصف الطرز الوراثية للنباتات الأكثر تحمُّلاً للجفاف بقيم $\delta^{13}C$ تكون أكثر سلباً من الطرز الأقل تحمُّلاً للجفاف، وخاصة في الأوراق.

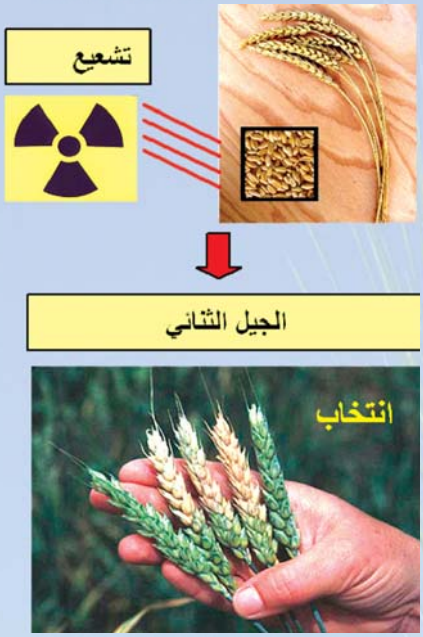
تتصف نباتات C3 بارتفاع معدل التفريق النظيري. كما أن الاختلافات بين الطرز الوراثية المختلفة في نباتات C3 من حيث كفاءة استعمال الماء تترافق مع اختلافات في معدل التمييز النظيري للكربون $\delta^{13}C$. ففي عديد من الأنواع النباتية المدروسة أظهر التمييز النظيري $\Delta^{13}C$ علاقة ارتباط عكسية مع كفاءة استعمال الماء.



العلاقة بين $C\Delta^{13}$ وكفاءة استعمال الماء في نباتات C3

إحداث الطفرات النباتية باستعمال الأشعة المؤينة

يُعدُّ من بين خيارات احتياجات التنمية الزراعية الحصول على أصناف نباتية جديدة ذات جودة عالية. ومما لاشك فيه أن يُعدَّ تطوير أصناف نباتية جديدة من خلال إحداث الطفرات باستعمال الأشعة المؤينة واحد من الاستخدامات السلمية للطاقة الذرّية في التطبيقات الزراعية، إذ تمكّن مربي النبات من إجراء عمليات الانتخاب للحصول على طرز وراثية ذات مواصفات محددة ومرغوبة. ومن المعروف أن إحداث الطفرات النباتية لا يتم فقط باستعمال الأشعة المؤينة، بل بتوظيف طرائق عديدة أخرى تعتمد على توظيف التقانات الحيوية والبيولوجيا الجزيئية، وإنتاج نباتات معدلة وراثياً.



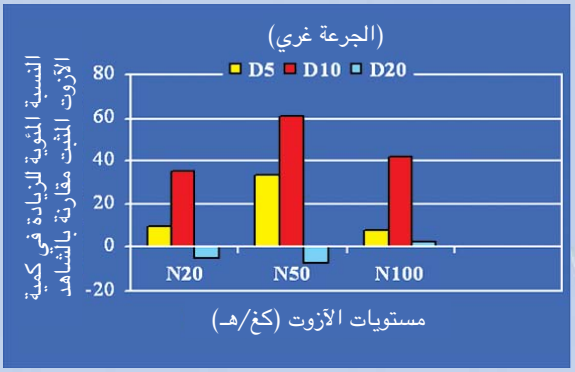
وعموماً، يمكن إيجاز أهم الصفات المرغوبة التي أمكن الحصول عليها عالمياً بإحداث الطفرات عن طريق استخدام الأشعة المؤينة، بما يلي:

- زيادة إنتاجية المحاصيل الزراعية في وحدة المساحة.
- التبكير في النضج.
- التحمُّل للإجهادات اللاحيوية كالجفاف والملوحة والصقيع وغيرها.
- رفع كفاءة التركيب الضوئي.
- زيادة كفاءة تثبيت الآزوت الجوي.
- مقاومة الآفات الزراعية.
- تحمُّل النباتات لمبيدات الأعشاب.
- زيادة نسبة الزيت في المحاصيل الزيتية.
- زيادة نسبة البروتين في الحبوب.
- تحسين نوعية الثمار التسويقية.

ومن الجدير بالذكر، أنه جرى تطوير أكثر من 1800 صنف نباتي في العالم على مدار الثلاثين سنة الماضية، بحيث تميزت هذه الأصناف بإنتاجية مرتفعة وبنوعية عالية وبقدرة على تحمُّل الإجهادات الحيوية واللاحيوية وغيرها.

تحفيز النمو باستعمال الجرعات المنخفضة من الأشعة المؤينة

لقد أخذت ظاهرة تعريض بذور النباتات، قبل زراعتها، إلى جرع منخفضة من الأشعة المؤينة بهدف زيادة الإنتاج وتحسين نوعية الثمار، تزداد أهمية في مجالي الإنتاج النباتي والحيواني وذلك بعد الحرب العالمية الثانية. وكانت أولى التجارب التي تمَّت على نطاق واسع هي تلك التي قام بها Kuzin عام 1956 حيث تبيَّن زيادة إنتاجية بعض الأنواع النباتية بنتيجة معاملة بذورها، قبل الزراعة، بجرع منخفضة من أشعة غاما. لقد دُرست ظاهرة التعريض الإشعاعي، على معظم المحاصيل الزراعية وفي مناطق جغرافية نباتية مختلفة. فتبيَّن أن لمعاملة بذور النباتات بأشعة غاما تأثيراً منبهاً على تمثيل الأحماض النووية. كما تؤدي المعاملة بالأشعة إلى تنشيط العمليات الفيزيولوجية والبيوكيميائية، إذ تزيد المعاملة بالأشعة المؤينة من نفاذية الأغشية الخلوية، وتساعد على سرعة تحول المدخرات الغذائية إلى حالة يسهل استعمالها من قبل النبتات الحديثة، ويؤدي تنشيط هذه العمليات إلى تنشيط الإنبات وتسريع نمو وتطور النباتات ورفع معدل التركيب الضوئي.

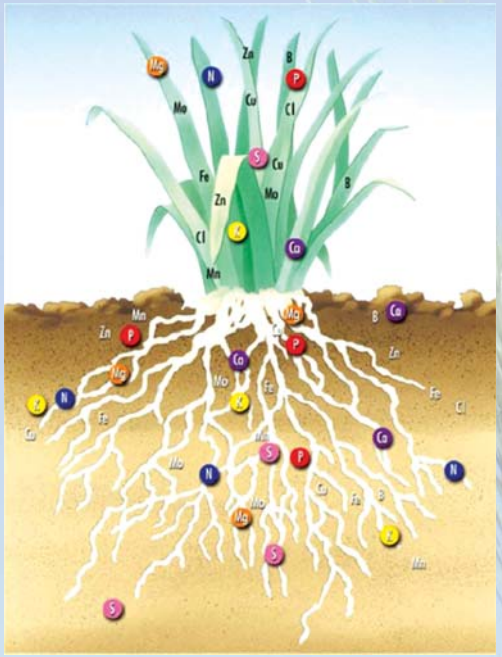


لقد شملت دراسات تأثير الجرع المنخفضة معظم المحاصيل الزراعية كالحبوب والمحاصيل الصناعية والخضار والنباتات العلفية والطبية والجذرية والدرنية وغيرها. وتناولت الدراسات عقل النباتات بهدف زيادة نسبة تجذيرها وزيادة التحام الطعم بالأصل. كما شملت الدراسات تعريض حبوب اللقاح بهدف زيادة معدل الإخصاب وعدد البذور المتشكلة. وكذلك استعملت الجرع المنخفضة من أشعة غاما في مجال زراعة الأنسجة وزيادة معدل تشكل الكالوس وتنشيط تجديد النباتات، وفي مقاومة النباتات للأمراض، وعلاوة على ذلك وجد أن تشعيع بذور الحمص قبل الزراعة بجرع منخفضة رفعت إنتاج المادة الجافة والآزوت الكلي وعدد العقد الجذرية وكفاءة تثبيت الآزوت الجوي ولاسيما بوجود مستويات مرتفعة من الآزوت المعدني في التربة. وقد تراوحت الزيادة في الكمية المثبتة بين 8 و61% وذلك حسب الجرعة وكمية الآزوت المعدني في التربة.

توظيف النظائر المشعّة والمستقرة في دراسات تغذية النبات وترشيد استخدام الأسمدة

1- ترشيد استخدام الأسمدة الآزوتية باستعمال النظير المستقر ^{15}N

للآزوت ستة نظائر تتراوح أعدادها الكتلية من 12 إلى 17، ويعتبر النظيران ^{15}N و^{14}N من أكثر النظائر استخداماً في الأبحاث الزراعية بسبب استقرارهما مما يمكّن من الاستفادة منهما في الدراسات الطويلة الأمد. وبعكس النظائر المشعّة ليس لهما أي أثر على الصحة العامة.



تتجلى أهمية استعمال تقانة الوسم بالنظير ^{15}N من حيث ترشيد استعمال الأسمدة الآزوتية بما يلي:

- التمييز بين الآزوت المتص من السماد والآزوت المتص من التربة.
- معرفة نوع السماد الآزوتي الأمثل للمحاصيل الزراعية المختلفة المزروعة في أنواع مختلفة من الترب وفي ظروف مناخية متباينة.
- معرفة التوقيت الأمثل والكمية المثلى لإضافة السماد الآزوتي التي تحقق أعلى كفاءة استعمال للآزوت السمادي مع تقليل الفاقد عن طريق الغسيل أو التطاير وتلوث المياه الجوفية.
- تحديد الأسلوب الأمثل للإضافة (نثر، خطوط، مع مياه الري..).
- معرفة كفاءة استعمال السماد الآزوتي في النباتات.
- دراسة حركية الآزوت في التربة.
- دراسات التلوث بالنترات والنتريت في الغذاء (الثمار) وفي المياه الجوفية.
- رفع كفاءة استعمال السماد والري في نظام الري التسميدي.

2- استعمال ^{15}N لتقدير كفاءة استعمال آزوت الأسمدة الخضراء

يُعدّ الآزوت من العناصر الرئيسة والضرورية في إنتاج المحاصيل الزراعية وهذا ما يجعل استعمال الأسمدة الآزوتية في الإنتاج الزراعي في تزايد مستمر. ونظراً لارتفاع أسعار هذه الأسمدة وتلوث المياه الجوفية الناجم من الإفراط في استعمالها، يحتاج المزارعون إلى مصادر بديلة من الآزوت، أكثر اقتصادية ونظافة للبيئة.

تُعدُّ النباتات البقولية من المكونات الرئيسة في أنظمة الدورات الزراعية وفي الزراعات المختلطة. ونظراً للأهمية الكبيرة لهذه النباتات ولا سيما الحبية منها والعلفية، من حيث تثبيت الآزوت الجوي، فإنه يمكن للمحاصيل التي تزرع بعدها أو إلى جانبها أن تستفيد من الآزوت الذي تطرحه في التربة. وتُعدُّ مخلفات النباتات البقولية التي تستعمل كأسمدة خضراء ذات أهمية كبيرة في إفادة النباتات الأخرى بسبب احتوائها على نسب مرتفعة من الآزوت القابل للإفادة وهي صفة لا تتمتّع بها المحاصيل الأخرى غير البقولية.

ازداد الاهتمام في الآونة الأخيرة باستعمال الأسمدة الخضراء للنباتات البقولية في الأنظمة الزراعية، كإحدى روافد الزراعة العضوية، نظراً لكونها مصدراً هاماً للآزوت في تنمية المحاصيل اللاحقة، وبديلاً جيداً عن الأسمدة الآزوتية الكيميائية المكلفة اقتصادياً والملوثة بيئياً.

تتصف الأسمدة الخضراء أيضاً بفوائد أخرى في الإنتاج الزراعي، إذ وجد أن لها دوراً هاماً في زيادة إتاحة المغذيات في التربة وفي رفع قدرة التربة على الاحتفاظ بالماء وفي خفض حدة الإصابة بالأمراض النباتية وفي تزويد النباتات بعناصر غذائية أخرى كالفسفور والبوتاسيوم والمغنيزيوم والكالسيوم.

ومن أجل تقويم أهمية آزوت المخلفات البقولية في الإنتاج الزراعي، لا بد من تحديد كمي للآزوت التي تمتّصه المحاصيل الزراعية من هذه المخلفات. وتتوافر، لإجراء ذلك، عدة طرائق منها طريقة الفرق في كميات الآزوت الممتص بين نباتات أضيفت لها أسمدة خضراء وأخرى شاهدة. وعلى الرغم من أن هذه الطريقة تعطي معلومات زراعية مفيدة عن كمية الآزوت المتاح للمحاصيل الزراعية غير أن هناك حدوداً لاستعمالها بسبب قلة دقة القياس.

تُعدُّ طريقة استعمال مخلفات نباتية موسومة بالنظير ^{15}N (الطريقة المباشرة) من الطرائق الهامة لتقدير الآزوت الممتص من المواد العضوية في المحاصيل الزراعية. كما تعد الطريقة غير المباشرة للتمديد النظيري للآزوت ^{15}N من الطرائق الجيدة والتي استعملت على نطاق واسع لتقدير كفاءة تثبيت الآزوت الجوي والتي يمكن استعمالها أيضاً لتقدير الآزوت الممتص من المواد العضوية.

أظهرت الدراسات أن استعمال مخلفات النباتات البقولية كالسيسبان في تربة مالحة قد أدى إلى الحدّ من التأثير الضار للملوحة في نمو النباتات. لذلك فإن استعمال التسميد الأخضر، يمكن أن يكون طريقة واعدة في عمليات الاستصلاح الحيوي للترب المتأثرة بالأملاح، وإن الفائدة الحقيقية من استعمال الأسمدة الخضراء لا تتحقق فقط من زيادة إتاحة عنصر الآزوت فقط، بل من خلال تأثيرها في تحسين خواص التربة أيضاً.

3- استعمال النظير المشع ^{32}P لترشيد استخدام الأسمدة الفسفورية

- يستعمل النظير المشع ^{32}P في دراسة مصير الأسمدة الفسفاتية المضافة للتربة (إتاحة P وتجزئتها الكيميائية) وفي الاستفادة من الصخر الفسفاتي.

- معرفة نوع السماد الفسفوري الأمثل للمحاصيل الزراعية المختلفة المزروعة في أنواع مختلفة من الترب وفي ظروف مناخية متباينة.
- معرفة التوقيت الأمثل والكمية والطريقة المثلى للإضافة.
- معرفة كفاءة استعمال السماد الفسفوري في النباتات.

4- استعمال النظير المشع ^{35}S والنظير المستقر ^{34}S في التسميد

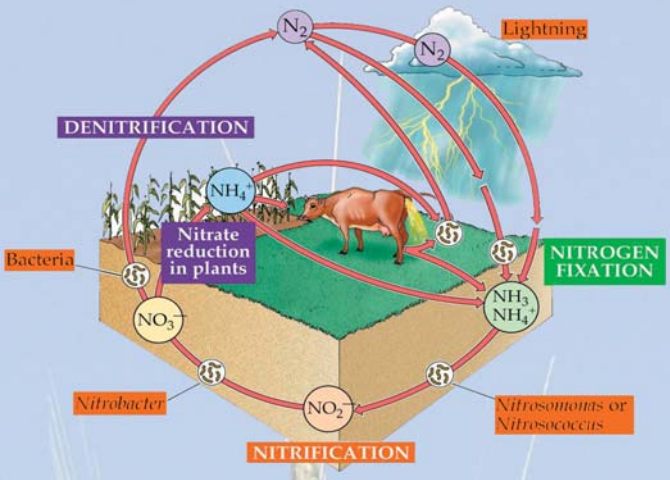
يُعدُّ الكبريت من العناصر الهامة التي يتطلبها النبات وهو يعتبر مكوناً رئيسياً في عديد من الأحماض الأمينية الأساسية، إضافة إلى دوره في اصطناع مساعدات الإنزيمات واليخضور والزيوت الطيّارة وغيرها. لقد أدى التكثيف الزراعي، باعتماد أصناف عالية الإنتاج، إلى تسريع نقص عنصر الكبريت من التربة. لذلك، ازدادت أهمية دراسة هذا العنصر بهدف تحسين كفاءة استخدامه. ويُعدُّ النظيران ^{35}S المشعّ (عمر النصف 87.4 يوم) و^{34}S المستقر (نسبته الطبيعية 92.4‰) من القفّاءآت المهمة لتحديد كفاءة استعمال الأسمدة الكبريتية في النباتات تبعاً لنوع السماد وطريقة إضافته وغير ذلك من تطبيقات.

5- استعمال النظائر المشعّة في دراسات الملوحة

يستعمل الكلور المشع ^{36}Cl والصوديوم المشعّ ^{22}Na في دراسة المشاكل المتعلقة بملوحة مياه الري وفي الترب المتأثرة بالأملاح، حيث تساعد في دراسة آلية التحمُّل للملوحة وفي تقدير امتصاص الأملاح وتراكمها وتوزعها في النبات وكذلك حركة الأملاح وتراكمها في قطاع التربة لتقدير احتياجات الغسيل. إضافة إلى ذلك، تستعمل النظائر المشعّة للكالسيوم $^{45-47}Ca$ في دراسة تفاعل الجبس والاحتياجات الجبسية بغرض استصلاح الترب المتأثرة بالأملاح.

6- استعمال ^{15}N في قياس كفاءة تثبيت الآزوت الجوي

لقد عرفت، منذ قرون عديدة، أهمية النباتات البقولية في تحسين خصوبة التربة وزيادة غلة المحاصيل التي تزرع بعدها. وقد أمكن تفسير ذلك بقدرة البكتريا التي تعيش على شطر ذرّات الآزوت الجوي، وتحويله إلى شكل داخل العقد الجذرية لهذه النباتات الثنائي N_2، الموجود في الغلاف يمكن أن تستفيد منه النباتات.

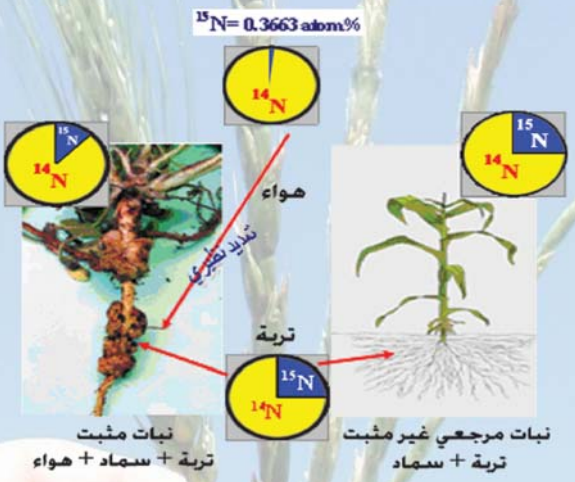


دورة الآزوت في الطبيعة

يعتبر عنصر الآزوت من العناصر الغذائية الهامة لنمو الكائنات الحية، فهو ضروري من أجل تشكيل جزيئات الدنا DNA والرنا RNA التي تختزن وتنقل المعلومات الوراثية. وهو ضروري أيضاً من أجل صنع البروتينيات. ويعتبر الغلاف الجوي المصدر الرئيس للآزوت، حيث يشكل الآزوت الجزيئي 80% منه. وعند مقارنة الآزوت بالعناصر الرئيسة الثلاثة الأخرى، وهي الكربون والهدروجين والأكسجين، التي تتحرك بيسر بين مستودعاتها الطبيعية وبين الكائنات الحية التي تبني بها أجسامها، نلاحظ أن الآزوت لا يسلك السلوك نفسه ويبقى في الغلاف الجوي، ذلك أن النباتات العليا لا تستطيع تثبيته مباشرة في أجسامها، في حين تقوم بعض الأحياء الدقيقة بعملية مشابهة لعملية هابر (التثبيت الصناعي) وبسهولة كبيرة. إذ ترجع الآزوت الجزيئي إلى أمونيا في درجة الحرارة والضغط الجوي العاديين، وحتى بوجود الأكسجين، الذي يسمم، بطريقة هابر، المادة الوسيطة ويحول دون قيامها بدورها، وبهذا يتحول الآزوت الجوي إلى صورة يمكن للنباتات العليا أن تمتصَّها، وتسمى هذه العملية التثبيت الحيوي للآزوت الجوي.

إن عملية تثبيت الآزوت الجوي هي عملية إرجاع للآزوت الجزيئي N_2 إلى أمونيا بواسطة إنزيم النيتروجيناز، وتعتبر مرحلة أساسية في دورة الآزوت في الطبيعة، حيث تسهم هذه العملية في تحقيق التوازن مع ما يفقد من هذا العنصر إلى الغلاف الجوي عن طريق عملية عكس التآزُت. ولقياس كفاءة تثبيت الآزوت الجوي، تتوافر عدة طرائق نذكر منها الوسم بالنظير ^{15}N أو الاختلافات الطبيعية لنظائر الآزوت.

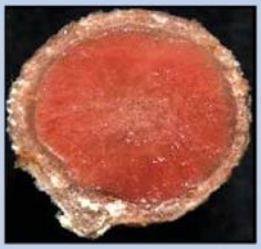
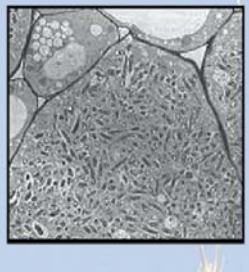
لقياس كفاءة تثبيت الآزوت الجوي باستعمال طريقة الوسم بالنظير ^{15}N (التمديد النظيري) يتوجب إضافة أسمدة آزوتية تمَّ اغناؤها بالنظير ^{15}N إلى التربة لزيادة نسبة $^{15}N/^{14}N$ في آزوت التربة القابل للإفادة وبالتالي للحصول على اختلافات في نسب $^{15}N/^{14}N$ بين آزوت التربة والآزوت الجوي. وتعكس القيمة النظيرية $^{15}N/^{14}N$ (ratio) في النباتات التي تعتمد كلياً على آزوت التربة (نباتات غير مثبتة للآزوت الجوي) القيمة النظيرية الشاملة لآزوت التربة المتيسر خلال فترة من النمو. أما بالنسبة للنباتات المثبتة للآزوت الجوي فإنها تقوم بالإضافة إلى امتصاص آزوت التربة بتمثيل الآزوت الجوي N_2؛ حيث يتم تمديد النسبة المرتفعة $^{15}N/^{14}N$ المتصة من آزوت التربة المعلم ^{15}N بنسبة أخفض من $^{15}N/^{14}N$ للآزوت الجوي المثبت. ويكون الاختلاف النسبي في نسب $^{15}N/^{14}N$ بين النبات المثبت للآزوت الجوي والنبات المقارن (المرجعي) مؤشراً عن القدرة التثبيتية للآزوت الجوي. فعند زيادة الكفاءة التثبيتية للآزوت الجوي تنخفض نسبة ^{15}N في أنسجة النبات المثبت بسبب تمديد القيمة النظيرية للآزوت الممتص من التربة بالقيمة النظيرية المنخفضة من الآزوت الجوي المثبت. أما طريقة الوفرة الطبيعية للنظير ^{15}N ($\delta^{15}N$) فتستخدم في الأنظمة الزراعية والأنظمة البيئية الطبيعية دون إحداث خلل فيها. وهي واحدة من روافد مبدأ التمديد النظيري التي تعتمد على وجود اختلافات بسيطة في قيم ^{15}N بين الآزوت الجوي المثبت ومصادر الآزوت الأخرى المتاحة للأنظمة التثبيتية للآزوت الجوي.



مبدأ التمديد النظيري

وتتلخص أهمية إجراء قياس التثبيت الحيوي للآزوت الجوي من حيث المساهمة في التنمية الزراعية والحفاظ على البيئة بما يلي:

- تتطلب الاعتبارات البيئية فهم المساهمة النسبية لعناصر تثبيت الأزوت الجوي في دورة الآزوت في الطبيعة، إضافة إلى تقويم دور الآزوت المثبت في الميزان الغذائي الآزوتي في الأنظمة التثبيتية المختلفة.
- يستطيع الباحث من خلال قياس تثبيت الآزوت الجوي تقويم مقدرة السلالات البكتيرية المستوطنة في التربة على تشكيل عقد على جذور النباتات المثبتة محلية كانت أم مدخلة وتقويم كفاءتها التثبيتية.

- تقويم فعالية السلالات المدخلة من البكتريا المثبتة ومدى نجاح عملية التلقيح البكتيري.
- اختيار الطراز الوراثي للنبات المثبت الأكثر توافقاً مع السلالة البكتيرية المتاحة والأكثر كفاءة في تثبيت الآزوت الجوي وذلك ضمن برامج تربية النبات.
- تفيد معرفة كمية النتروجين المثبتة لدى نظام تثبيتي ما في توظيف أنظمة زراعية وتطويرها بشكل يناسب الظروف المحيطة.
- تفيد معرفة كمية النتروجين المثبتة لدى نظام تعايشي جيد في العمل على رفع أداء هذه العلاقة التعايشية من خلال توظيف العوامل المساعدة في ذلك كاستعمال العمليات الزراعية المناسبة والإدارة المثلى في استخدامها الأمر الذي يسهم في تعزيز التنمية الزراعية النظيفة.
- دراسة الأثر المتبقي من النتروجين المثبت ودوره في نمو النباتات ضمن برامج الدورات الزراعية أو نظم الزراعة المختلطة وأهمية هذه الأخيرة في رفع كفاءة استعمال الأرض الزراعية.
- دراسة العوامل المؤثرة في العملية التثبيتية (جفاف، ملوحة وغيرها..)

استعمال النظائر المشعّة لتقدير معدل انجراف الترب

لعل من أهم المسبِّبات التي تحدُّ من استمرار العملية التنموية للزراعة تعرُّض الترب الزراعية إلى انجراف يؤدي إلى تدهورها وضعف إنتاجيتها. تنجرف الترب بفعل عوامل عديده كالرياح والسيول إضافة إلى الرعي الجائر وعمليات الاحتطاب والحراثة وهي أمور تؤدي بدورها إلى تدهور الأوج النباتي بحيث يقود ذلك إلى سلسلة من التعاقب التراجعي في الغطاء النباتي، وتناقص في خصوبة التربة وخروج مساحات كبيرة من الأراضي من الاستثمار الزراعي، وإلى استنزاف المياه الجوفية. إن إعادة الأراضي المتدهورة إلى الاستثمار الزراعي يتطلب زمناً طويلاً وجهوداً حثيثة تكمن في إجراء دراسة متكاملة للمنطقة المتدهورة فيما يخص الغطاء النباتي المتبقي ووضع الإجراءات الكفيلة لحمايتها، ومعرفة واقع المياه الجوفية وذلك بتحديد مناسيب المياه وخصائص الطبقات الجوفية والميزان المائي وصلاحية المياه الجوفية وتقييم استعمالات المياه المتبعة ووضع آليات عملية لممارسات استخدام المياه واستزراع المنطقة المتدهورة بالنباتات المناسبة. تختلف الإجراءات التي تؤدي إلى الحدِّ من تدهور التربة، بدرجة انجرافها. ويمكن، عبر تقدير مستوى السيزيوم المشع ^{137}Cs، الحصول على تقديرات جيدة لميزان التربة (الفقد والكسب) عبر عمليتي الانجراف Erosion والترسيب Deposition لفترات زمنية طويلة نسبياً (35-40 سنة). لقد بُدىء باستعمال هذه الطريقة في بداية السبعينيات، وجرى تطويرها فيما بعد ووضعت معايير لاستعمالها. ويمكن إيجاز مبدأ هذه الطريقة على النحو الآتي:

بعد حدوث سقط السيزيوم المشع ضمن الغلاف الجوي للأرض بفعل اختبارات الأسلحة النووية على المستوى العالمي خلال الخمسينيات والستينيات من القرن الماضي، تمَّ ادمصاص هذا النظير ^{137}Cs على حبيبات التربة الناعمة بشكل سريع وقوي. وبعد ذلك، أعيد توزيع هذا النظير مع حركة حبيبات التربة بحيث عكس هذا التوزع الجديد للنظير ^{137}Cs عمليتي الانجراف والترسيب. يمكن من خلال معرفة مستوى مرجعي محلي للسيزيوم ^{137}Cs عبر قياسه في منطقة مستقرة لم تتعرض إلى عملية الانجراف، إجراء مقارنة بين مستويات السيزيوم ^{137}Cs المقيسة في عدة نقاط مع ذلك المستوى المرجعي وبالتالي تحديد المناطق التي تعرضت إلى عمليات الانجراف (ذات مستوى

أقل للسيزيوم ^{137}Cs) وتلك التي تعرضت لعمليات الترسيب (ذات مستوى أعلى من السيزيوم ^{137}Cs). ويمكن من خلال معرفة الفترة الزمنية بين حدوث السقط وإجراء القياس الدقيق لمحتوى السيزيوم ^{137}Cs في نقطة معينة، تقدير متوسط معدل الانجراف في المنطقة المدروسة وذلك عن طريق إجراء عملية معايرة أو باستعمال نماذج رياضياتية تربط بين معدل الانجراف والترسيب مع درجة النقصان أو الزيادة في محتوى السيزيوم ^{137}Cs.

ويمكن إيجاز ميزات هذه الطريقة بالنقاط التالية:

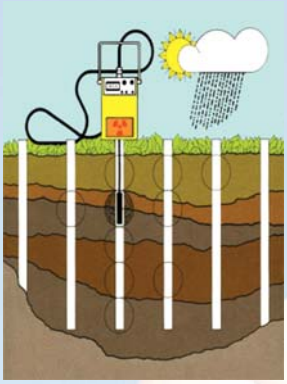
1. تعطي هذه الطريقة بيانات موزعة مكانياً يمكن استعمالها في نمذجة الانجراف وفي تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية GIS.
2. تعكس معدلات إعادة توزع التربة الأثر المتكامل للعمليات التي تؤدي إلى حركة حبيبات التربة (التعرية المائية والريحية والفلاحات).
3. تسمح هذه الطريقة بتقدير كمي لميزان الفقد/الكسب المرافق للتعرية الشرائحية Sheet erosion والتي يصعب تقديرها حقلياً.
4. تعطي هذه الطريقة تقديراً لمعدل توزع التربة (عبر عمليتي الانجراف والتعرية) خلال فترة زمنية طويلة نسبياً (35-40 سنة).
5. يمكن أن تتراوح منطقة الدراسة من عدة أمتار مربعة إلى مساحات كبيرة (5 هكتار).
6. لا يسبب الاعتيان إحداث تخريب ملموس في منطقة الدراسة.
7. يمكن الحصول على نتائج عبر عدد محدود من الزيارات الحقلية وخلال فترة قصيرة نسبياً.

أما فيما يتعلق بمعيقات هذه الطريقة، فيمكن تلخيصها بما يلي:

1. التكلفة الناجمة عن إنشاء مختبر مجهز بتجهيزات خاصة لإجراء تحاليل ^{137}Cs بمطيافية أشعة غاما.
2. إن استعمال المعايرة للحصول على تقدير لمعدلات الانجراف/الترسيب عبر قياسات ^{137}Cs يدخل شيئاً من الارتياب في النتائج.
3. عدم إمكانية تقدير التغيرات القصيرة الأمد في معدلات انجراف التربة، كتلك المترافقة مع تغيير في استعمالات الأراضي.
4. اقتصار الطريقة على قياس التعرية الشرائحية Sheet erosion في حين في الحقل يمكن أن تحدث تعرية خندقية Rill erosion ضمن الأخاديد الناجمة عن الفلاحات.

ويمكن الإشارة إلى أنه جرى في السنوات الأخيرة، توسيع هذه الطريقة، لتشمل نظائر مشعّة أخرى كبدائل أو كمتممات للسيزيوم ^{137}Cs، مثل النظائر الطبيعية للرصاص ^{210}Pb وللبيريليوم ^{7}Be وذلك في دراسات انجراف الترب، وخاصة لفترات زمنية أطول نسبياً من توظيف السيزيوم ^{137}Cs.

استعمال جهاز قياس تشتت النترونات لتقدير رطوبة التربة في دراسات ترشيد استخدام المياه في الري



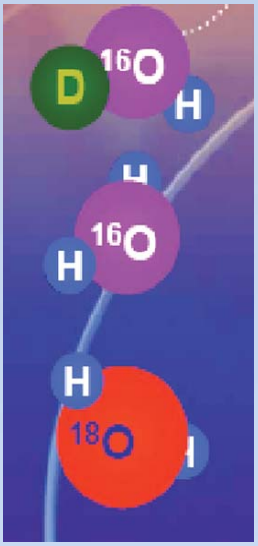
إن من أهم التحديات التي تواجه التنمية الزراعية على المستويين المحلي والعالمي هو عدم ترشيد استخدام المياه في ري المحاصيل الزراعية. وبناءً على ذلك، تقوم الجهات المختصة باختبار واعتماد الطرائق الحديثة في الري لتوفير استخدام المياه. ويُعدُّ تقدير كفاءة استعمال المحاصيل للمياه واحتياجاتها المائية وجدولة مواعيد وكميات الري من الخيارات الرئيسة لترشيد استخدام المياه مع ضمان زيادة الإنتاج نوعاً وكماً والتوفير في تكاليف العمليات الزراعية المختلفة. ولتحقيق ذلك، لا بد من قياس محتوى الرطوبة في التربة، ليصار إلى ري النباتات على النحو الأمثل.

تتوفر طرائق عديدة لقياس رطوبة التربة، وتُعدُّ الطريقة التي تعتمد على استعمال أجهزة التشتت النتروني من الطرائق غير المباشرة التي تستعمل على نطاق واسع لقياس محتوى الماء في التربة وفي مراقبة تغيرات الرطوبة مع الزمن، وفي دراسات الاستهلاك المائي للمحاصيل والأشجار المثمرة. ويتألف جهاز التشتت النتروني من منبع مشعٍّ مُصْدِر للنترونات السريعة، ويوجد بقربه كاشف (مستقبل) للنترونات البطيئة. يتم إدخال المنبع والكاشف في أنبوب من الألمنيوم (موضوع شاقولياً في التربة) في أعماق محددة. تنطلق النترونات السريعة بطاقة مبدئية 2 Mev وتتعرض لعملية تشتت، نتيجة التبعثر أو التصادم مع أيونات ذرّات العناصر الموجودة في التربة كالهدروجين، وبالتالي تتحول إلى نترونات بطيئة حيث ترتد هذه الأخيرة إلى الكاشف الذي يقوم بقياسها. وبمعرفة كثافة النترونات البطيئة المرتدة يمكن تقدير محتوى الرطوبة في التربة.

ويمكن توظيف هذه التقنية لتحقيق مايلي:

- تقدير السعة الحقلية عن طريق تتبع المحتوى الرطوبي مع الزمن عند نقطة معينة.
- إمكانية حساب كمية الرطوبة الموجودة في التربة في الأعماق المختلفة من التربة.
- حساب كمية ماء الري الواجب إضافتها.
- تقدير كفاءة استعمال الماء للمحاصيل المختلفة.
- دراسة نشاط انتشار المجموع الجذري للنباتات.
- تحديد الزمن المناسب للري (جدولة الري).

استخدام النظائر في الدراسات المائية



تعتبر المصادر المائية من أهم العوامل الأساسية في التطور السكاني والزراعي والصناعي في المناطق الجافة ونصف الجافة، وهي عرضة للاستنزاف كماً ونوعاً نتيجة لزيادة الطلب عليها والاستثمار العشوائي لها، مما يؤدي إلى تدهور الغطاء النباتي وتصبح الأراضي قاحلة وعرضةً إلى التصحر.

أدى استثمار المياه الجوفية القريبة من السطح والعميقة، بسبب ندرة مصادر المياه السطحية، إلى استنزاف الطبقة السطحية، وبالتالي إلى انخفاض مستوى المياه الجوفية وازدياد ملوحتها وتردي جودتها. لذلك فإن حسن إدارة استثمار المياه الجوفية هو أحد خيارات التنمية المستدامة على أن يراعى مايلي:

1- الاستثمار الأمثل للمياه الجوفية المتجددة وغير المتجددة ووضع الخطط المناسبة لذلك.

2- الحفاظ على جودة المياه ومراعاة الشروط البيئية للاستثمار.

تواجه الطرق التقليدية في دراسة المصادر المائية في هذه المناطق صعوبات عديدة مثل الجفاف وشح الأمطار وتفاوتها من عام إلى آخر وارتفاع معدلات وتغير شروط الرشح والتغذية المباشرة للحوامل القريبة من السطح وغيرها. وإن استخدام التقانات التي تعتمد على توظيف النظائر البيئية بالتوازي مع الطرائق الهيدرولوجية والهيدروكيميائية يشكل بنية هامة ومتكاملة في دراسة المصادر المائية وتقييمها كماً ونوعاً، ليصار إلى وضع خطط استثمارية مستدامة تراعي النظم البيئية الحسّاسة لهذه المناطق بهدف الحفاظ على الغطاء النباتي وتطويره وزيادة المساحات المزروعة للحدّ من ظاهرة التصحر.

أهم العناصر ونظائرها المستقرة والمشعّة المستخدمة في دراسات المياه

العنصر	العنصر الأساسي			النظير الأول			النظير الثاني		
العنصر	الرمز	الحالة	التسمية	الرمز	الحالة	التسمية	الرمز	الحالة	التسمية
الهدروجين	$^{1}_{1}H$	مستقر	الهدروجين	$^{1}_{1}H$	مستقر	الديتريوم	$^{3}_{1}H$	مشعّ	التريتيوم
الأكسجين	$^{16}_{8}O$	مستقر	أكسجين (16)	$^{17}_{8}O$	مستقر	أكسجين (17)	$^{18}_{8}O$	مستقر	أكسجين (18)
الكربون	$^{12}_{6}C$	مستقر	كربون (12)	$^{13}_{6}C$	مستقر	كربون (13)	$^{14}_{6}C$	مشعّ	كربون (14)

تقسم النظائر البيئية المستخدمة في علم المياه إلى نظائر ثابتة (الأكسجين ^{18}O والديتريوم ^{2}H..) ونظائر مشعّة (التريتيوم ^{3}H، والكربون ^{14}C).

تعتبر النظائر المستقرة ^{18}O و^{2}H من القفّاءات ذات الاستخدام الواسع في الدراسات المائية. وتخضع هذه النظائر إلى تغيرات نتيجة

التجزئة النظائرية خلال دورة المياه (التبخر والتكاثف) لارتباطها بدرجة الحرارة، لذلك هناك عوامل جغرافية ومناخية أو باليومناخية تؤثر على المحتوى النظائري للأمطار. فهناك مفعول الكمية "Amount effect" فكلما ازدادت كمية الأمطار ازداد نضوب محتوى النظائر فيها. وهناك مفعول خط العرض"Latitude effect" حيث تصبح الأمطار أفقر بالنظائر كلما اتجهنا نحو القطب، وهناك مفعول الارتفاع عن سطح البحر "Altitude effect" حيث يزداد نضوب النظائر في الارتفاعات العالية. وتبيِّن التغيرات الفصلية "Seasonality" أن أمطار الفصول الجافة تكون أغنى بالنظائر المستقرة. ويزداد نضوب النظائر كلما ابتعدنا عن الشاطئ وفق ما يسمى بمفعول القارية "Continental effect". أما التغيّرات المناخية القديمة "Paleoclimatic variation" فتبيّن أن الفترات المناخية الباردة تكون أمطارها فقيرة بالنظائر المستقرة، وبعكس ذلك، تتصف أمطار الفترات المناخية الجافة في غناها بهذه النظائر.

أما التريتيوم ^{3}H فهو من النظائر المشعّة التي تُستخدم في دراسة الحوامل المائية التي تتلقى تغذية حديثة من مرتبة عشرات إلى مئات السنين. فوجود التريتيوم يدل على أن المياه متجددة، أو لها علاقة بالمياه السطحية أو الهطول المطري. فباستخدام التريتيوم، يمكن دراسة الحوامل الكارستية والمشققة والبينية. وبتطبيق نماذج رياضية مختلفة، يمكن حساب حجم الخزان الجوفي. أما نظير الكربون (^{14}C) فهو يستخدم في تأريخ المياه الجوفية.

تعتبر التقانات النظائرية من أكثر التقانات فاعلية في دراسة المصادر المائية، خاصة في المناطق الجافة ونصف الجافة والصحراوية، كونها لا تتأثر بالشروط الحدّية القصوى من الجفاف وقلة الأمطار وتفاوتها من عام إلى آخر وارتفاع البخر المباشر وعبر النطاق غير المشبع وتغير شروط الرشح والتغذية المباشرة للحوامل السطحية. كما تقدم التقانات النظائرية المشعّة تقييماً كمياً لزمن الإقامة في النظم المائية وتأريخ الحوامل المائية العميقة ونظام حركتها وتقدير حجمها.

وفيما يلي أهم استخدامات النظائر البيئية في الدراسات المائية:

- تحديد تسرب المياه من السدود عبر الفوالق والشقوق.
- تحديد اتجاهات سريان المياه الجوفية في الخزانات الأرضية .
- تحديد سرعات المياه الجوفية (العميقة والسطحية).
- تحديد أعمار المياه الجوفية، وأعمار المياه المالحة المتداخلة في الخزانات الجوفية وأصل تلك المياه.
- مصادر وآليات وشروط التغذية الحديثة للمياه الجوفية السطحية Shallow groundwater المتجددة وجودها وتوزع مناطق التغذية.
- معرفة آلية حركة المياه البينية في التربة وتقدير البخر والرشح الفعّال عبر النطاق غير المشبع.
- حساسية الحوامل المائية للتلوث ودراسة مصدره عبر المياه السطحية والنطاق غير المشبع.
- مصادر وآليات تملح التربة والمياه الجوفية وتغيراتها زمنياً ومكانياً.

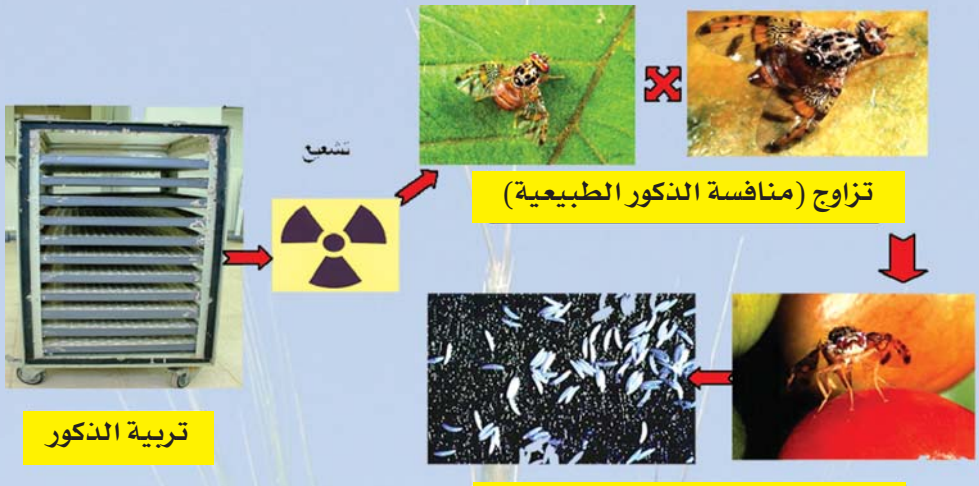
توظيف التقانات النووية في مكافحة الآفات الزراعية

تعدُّ الآفات الزراعية من أهم العوامل المسبِّبة لتلف المحاصيل الزراعية، وبالتالي فهي واحدة من أسباب معيقات التنمية الزراعية. ويُعدُّ استعمال المبيدات الكيميائية من أكثر الطرائق شيوعاً لمكافحة الآفات الزراعية، غير أن كثرة استعمالها وعدم اتباع المنهجية المناسبة في ذلك أدى إلى تطور ظاهرة المقاومة لدى الحشرة إضافة إلى قتل الأعداء الحيوية مما ساعد على حدوث خلل في التوازن البيئي. وبناءً على ذلك اتجه الباحثون إلى إيجاد طرائق بديلة أو مساعدة لتقليل أو لاستئصال الآفة الضارة نذكر منها الأعداء الحيوية والمواد الجاذبة جنسياً والتشويش الجنسي واستنباط أصناف نباتية مقاومة للحشرات وتقانة الذكور العقيمة وخاصة ضمن برامج متوازنة تدعى بالمكافحة المتكاملة. وقد بات جلياً أهمية استعمال النظائر المشعّة والأشعة المؤينة لحلّ بعض المعضلات البيئية والفيزيولوجية والحيوية أو الإجابة على بعض التساؤلات المطروحة حول مكافحة الحشرات ضمن برامج المكافحة المتكاملة. وفيما يلي المجالات الرئيسة لاستخدام التقانات النووية في مكافحة الآفات الحشرية الزراعية:

1- تقانة الذكور العقيمة

تتضمن هذه التقانة تربية الحشرة المراد مكافحتها مخبرياً بأعداد كبيرة ثم إحداث عقم لديها باستعمال أشعة غاما ليصار بعد ذلك إلى إطلاقها في الطبيعة لتتنافس على التزاوج مع مثيلاتها من الحشرات الطبيعية. فالذكر العقيم الذي أُطلق سينافس الذكر الطبيعي على التزاوج من الإناث الطبيعيات مما يؤدي إلى أن معظم الإناث ستضع بيوضاً عقيمة. ومع تكرار عملية إطلاق الذكور العقيمة لعدة أجيال

يمكن القضاء على مجتمع تلك الحشرة بشكل كامل. ومن الجدير بالذكر أن هذه الطريقة حقّقت نجاحات في القضاء على ذبابة البحر الأبيض المتوسط في المكسيك وغواتيمالا وولاية كاليفورنيا، وكذلك القضاء على ذبابة البطيخ في اليابان وعلى ذبابة تسي تسي في بعض الدول الإفريقية وهناك نتائج إيجابية لاستعمال تقانة STI في القضاء على دودة اللوز القرنفلية في ولاية كاليفورنيا. وعند تطبيق هذه التقانة ينبغي الأخذ بعين الاعتبار العوامل البيئية والفيزيولوجية للحشرة المدروسة بالإضافة إلى معرفة ديناميكية وحركية مجتمع الحشرة وعدد أجيالها وكيفية تربيتها واختيار الطريقة المناسبة للعقم وغيرها.



2- استعمال الأشعة لمكافحة آفات المخازن

تُعدُّ حبوب المحاصيل النجيلية والبقولية والزيتية من المواد الغذائية الرئيسة في الدول النامية. تنتج هذه المحاصيل عادة في مواسم محددة وتستدعي الضرورة تخزينها إلى مواسم أخرى مما يعرِّضها إلى تلف في أثناء تخزينها وخاصة في المناطق التي يسودها المناخ الحار الملائم لنمو الحشرات. وتقدر نسبة التلف الذي تسبِّبه حشرات التخزين بما يزيد على 10% مما يستدعي جدوى تطبيق تقانة استعمال الأشعة المؤينة لمكافحة آفات المخازن بهدف إنقاذ المنتج من التلف وسد العجز الكبير في الغذاء.

3- استعمال النظائر المشعّة في دراسة بيئة الحشرات

تستعمل النظائر المشعّة مثل ^{32}P ^{22}Na ^{24}Na ^{45}Ca ^{59}Fe ^{65}Zn وغيرها في العديد من الدراسات المتعلقة بسلوك الحشرات في البيئة بهدف وضع إجراءات عملية لإنجاح برامج مكافحتها، وفيما يلي أهم المجالات التي تستعمل فيها النظائر المشعّة في بيئة الحشرات:

- تحديد كثافة المجتمعات الحشرية.
- معرفة أماكن وضع البيض.
- تحديد مواقع الحشرات ضمن السلسلة الغذائية.
- التعرف على الأنواع المفترسة والأنواع المعرَّضة للافتراس.
- دراسة العلاقة بين الحيوانات العائل (المضيفة) والحشرات التي تتطفل عليها في الأنظمة البيئية.
- تحديد أماكن تعذر الحشرات والمناطق التي تقضي فيها بياتها الشتوي والمساعدة على كشف التحركات تحت الأرضية للأنواع التي تعيش تحت سطح التربة.
- دراسة سلوك الحشرات ودرجة تأثر الحشرات بالمبيدات.

• حركة العناصر الغذائية داخل أجسام الحشرات.

ومن الجدير بالذكر، أن استعمال التقانات النووية في مكافحة الآفات الزراعية لا يمكن عزلها عن توظيف التقانات الحديثة الأخرى في إطار المكافحة المتكاملة كالمصائد الفرمونية والأعداء الحيوية.. وغيرها.

استخدام التقانات النووية في دراسة وتحديد مصير المبيدات في الأنظمة البيئية الزراعية

يترافق التكثيف الزراعي في العالم نتيجة الزيادة السكانية المستمرة مع كثرة استخدام المواد الكيميائية في العمليات الزراعية المختلفة وخاصة في مجال مكافحة الآفات الاقتصادية. ونظراً لطبيعة الدور الذي تقوم به المبيدات فإنها تدخل ضمن مجموعة المركّبات السامة. ولا ينحصر التأثير السمّي للمبيدات على الآفات الزراعية بل يمتد إلى كائنات أخرى مثل النبات والحيوان والإنسان والحشرات النافعة. وعلى الرغم من وجود عوامل عديدة تؤثر في ثبات وتحولات المبيدات في البيئة فإن دراسة معدل هدم وتمثيل ودرجة ثبات المبيدات ذات أهمية بالغة لتحديد مدى سمّية هذه المركّبات على الكائنات الحية وبالتالي الوصول إلى الاستخدام الأمثل والأكثر أمناً لمثل هذه الملوثات البيئية. وتُعدُّ الأحياء الدقيقة في التربة من العوامل الرئيسة في تحلل المبيدات إلى جانب التحلل الكيميائي أو الضوئي. كما تؤثر العوامل الأخرى في التربة كدرجة الحرارة والرطوبة ومحتواها من المادة العضوية في تسريع تفكك المبيدات ودخولها في النبات وفي نوع وكمية النواتج الصادرة عنها.

تعتمد تقانة استعمال القائفات على توظيف النظائر، إذ يتم وسم المبيد المراد دراسته بنظير أحد العناصر الداخلة في تركيبه، ومن ثم يدرس انتقال المبيد في السلسلة الغذائية من خلال اقتفاء نظير ذلك العنصر. لقد أسهمت القائفات في معرفة مصير المبيدات في العقود الثلاثة الماضية. ويُعدُّ النظير ^{14}C من أكثر النظائر استعمالاً في وسم المبيد المراد دراسته، حيث يرش النبات أو التربة بالمبيد الموسوم، ثم تجمع عيّنات من التربة والنبات على فترات مختلفة لإجراء الاختبارات اللازمة. يستعمل العداد الومضاني السائل لتقدير النشاط الإشعاعي في كل مركّب عند استعمال النظائر المشعّة كقائفات. أما في حال استعمال النظائر المستقرة في المبيدات فعادة ما يستعمل مطياف الكتلة المرتبط بجهاز الفصل الكروماتوغرافي الغازي الذي يقوم بفصل المركّبات أولاً ثم تحليلها نظائرياً.

يُعدُّ استعمال القائفات من التقانات التي تمكّن من دراسة مصير المبيدات في النظام البيئي حيث يمكن الاستفادة من توظيفها لتحقيق ما يلي:

• تتبع ودراسة المبيدات التي تستعمل بكميات قليلة حيث تكون التراكيز التي تدخل إلى الأنسجة النباتية والحيوانية أو في التربة نفسها منخفضة جداً مما يصعب الكشف عنها بالوسائل التحليلية التقليدية.

• تمييز المركّبات الاستقلابية للمبيدات المتمثلة في النبات والحيوان وأحياء التربة الدقيقة عن المركّبات الطبيعية ومعرفة مصدرها.

• تحديد مصير المبيدات المضافة إلى التربة وانتقالها فيها وكذلك العوامل المؤثرة مثل الأمطار وزمن الرش والعمليات الزراعية المختلفة كعمق الحراثة ونوع المحصول وغيرها.

• تساهم هذه التقانة في الحصول على معلومات هامة عن كمية المبيد الذي استوعبه النبات وتوزيعه وتمثيله وتمعدنه في التربة، فضلاً عن تتبع انتقاله بعيداً عن مواقع الجذور بسبب الغسل بالأمطار والري أو نتيجة لنمو الجذور.

حفظ الأغذية ومعالجتها بالإشعاع

تعددت طرائق حفظ الغذاء، وتنوعت على مدى العصور، فكانت طرق التجفيف والتمليح، ثم جاءت طرق الحفظ بالتدخين والتعليب والتجميد والبسترة والتعقيم. أما طريقة الحفظ بالأشعة المؤينة فهي أحدث الطرائق تطبيقاً وتشكل تقنية متطورة لها تطبيقاتها الخاصة في معالجة الأغذية. ويعتبر استخدام الأشعة المؤينة لتعقيم الأغذية من الميكروبات المرضية، المسؤولة عن معظم حوادث التسمُّم الغذائي في العالم، أحد أهم الاستخدامات في مجال الصناعات الغذائية باعتبارها ذات فوائد كبيرة على صحة الإنسان.

على الرغم من وجود طرائق عديدة لحفظ الأغذية، فإن معالجة الأغذية بالأشعة المؤينة تتميز عن غيرها بما يلي:

• إمكانية تطبيق هذه الطريقة في حال تعذر توظيف الطرائق الأخرى.

• لا تتسبَّب المعالجة بالأشعة المؤينة في رفع درجة حرارة الأغذية المعالجة.

• القدرة على القضاء على الميكروبات المرضية الموجودة في الأغذية وإطالة فترة حفظها.

• تسهم المعالجة بالأشعة المؤينة بالحدِّ من استخدام المواد الكيميائية في حفظ الأغذية، حيث بدأ عديد من بلدان العالم بإدخال المعالجة بالأشعة المؤينة كبديل عن المواد الكيميائية مثل أكسيد بروميد وميثيل البروميد والإثيلين داي بروميد والهدروجين فسفايد والتي تبيَّن أنها مواد ضارة بصحة الإنسان، وقد مُنع فعلاً استخدام بعض منها كالإثيلين داي بروميد في معالجة الأغذية منذ عام 1984.

تعتبر طريقة حفظ الأغذية بالأشعة المؤينة من التقنيات المتطورة والتي وجدت طريقها إلى عديد من التطبيقات في صناعة الأغذية، وقد برهنت الأبحاث المتعددة أن معالجة الأغذية بالأشعة المؤينة تقدم فوائد عديدة نذكر منها:

1. الحدّ من نمو البكتريا الممرضة والخمائر والفطور والحشرات: تؤمن هذه العملية أغذية سليمة وتحدُّ من أمراض التسمُّم الغذائي، وذلك عن طريق القضاء على البكتريا والطفيليات في اللحوم والأغذية البحرية، ومكافحة الحشرات في الحبوب والبقوليات والفواكه والأسماك المجففة، وكذلك القضاء على الحشرات والبكتريا في المواد الغذائية الجافة مثل البهارات والإضافات الغذائية.

منع إنبات البطاطا بالتشعيع

2. منع الإنبات: تمثل المحاصيل الحقلية كالبطاطا والبصل والثوم أهمية بالغة لدول العالم المختلفة من حيث إنتاجها أو تسويقها أو استهلاكها. وتشكل هذه المنتجات نسبة عالية من مجموع المواد الغذائية التي تتدفق عبر التجارة الدولية للأغذية. ونظراً لقابلية تعرُّض هذه المنتجات الغذائية للإنبات أو التلف بفعل الغزو الفطري والبكتيري والحشري، فإن معدلات الفاقد فيها غالباً ما تمثل نسبة كبيرة من إجمالي المنتج منها. وإذا ما أخذنا في الاعتبار ظاهرة الإنبات، نجد أنها مشكلة تواجه بعض تلك المنتجات الزراعية بعد الحصاد. ففي حالات كثيرة يتم تخزين كميات هائلة من محاصيل البطاطا والبصل تحت ظروف التخزين العادية حيث تتعرض لمشكلات الإنبات والفقد في المحتوى المائي والوزن الجاف والكرمشة والتغيرات الكيميائية غير المرغوب بها والإصابة بالأمراض والغزو بالحشرات الضارة. وكثيراً ما تنتهي الفترة التخزينية بمنتجات أصابتها الكرمشة وانتشر فيها الإنبات بمعدلات عالية.

3. المحافظة على قيمة الغذاء التذوقية: نظراً لأن المعالجة الإشعاعية لا تحدث تغيرات كبيرة في التركيب الكيميائي للمادة الغذائية، فإن الأغذية المعالجة إشعاعياً تحافظ على مواصفاتها النوعية والحسية.

أما فيما يختص بالفرق بين تقنية التشعيع في حفظ الأغذية والتلوث الإشعاعي فهناك التباس لدى المستهلكين بشأن التفرقة بين تقنية تشعيع الأغذية بغرض حفظها والتلوث الإشعاعي، فالأغذية النشطة إشعاعياً هي الأغذية التي تعرضت للتلوث الإشعاعي بصورة عرضية مثل حوادث المفاعلات النووية، وهذا النوع من التلوث غير مرغوب فيه وليس له علاقة بتشعيع الأغذية.

استعمال التقانات النووية في الإنتاج الحيواني

إجراء الاختبار على سائل الكرش

يمكن إيجاز أهم مجالات استعمال النظائر والأشعة في دراسات الإنتاج الحيواني بما يلي:

1- في مجال التغذية

• تستعمل النظائر المشعّة والمستقرة لقياس القيمة الغذائية للأعلاف ولتحديد مقدار الغذاء المأخوذ وميزان الطاقة ولدراسة استقلاب المكونات الغذائية في الحيوانات، حيث تساعد نتائج الأبحاث في الحصول على عليقة غذائية متوازنة للوصول إلى إنتاج ونمو جيدين. فعلى سبيل المثال، يستعمل النظير ^{15}N لقياس الكتلة الميكروبية لدى الحيوانات المجترة وذلك للمساعدة في انتقاء الأعلاف اعتماداً على كفاءة إنتاج البروتين الميكروبي. كما يستعمل النظير ^{32}P في دراسات استقلاب الفسفور عند حيوانات المزرعة.

• استعمال تقانة التمايز الطبيعي لنظائر للكربون $^{13}C/^{12}C$ لتحديد مصدر الغذاء الداخل في العليقة الحيوانية سواء كان من نباتات C3 أو C4.

• رفع القيمة الغذائية للمخلفات الزراعية باستعمال أشعة غاما التي تقوم بتكسير الروابط اللغنوسيللوزية في المركّبات الموجودة في

المخلفات الزراعية الغنية بالسيللوز والهيميسيللوز واللغنيين مما يؤدي إلى رفع قيمتها الغذائية، بغرض الاستفادة منها في تغذية الحيوانات.

- استخدام التقانات النووية (النظائر) في تقدير مكونات الجسم الحي، بما في ذلك تقدير كمية ماء الجسم الكلي، وقياس استهلاك الحليب باستخدام التريتيوم، وتقدير حجم الدم باستخدام الكروم ^{51}Cr وغيره.
- استقلاب البروتين وغيره في أنسجة المجترات عن طريق استخدام الأحماض الأمينية الموسومة مثل التيروزين الموسوم بالتريتيوم.

2- في مجال الصحة الحيوانية

- معالجة تلوث أعلاف الحيوانات والدواجن : تحتوي أعلاف الحيوانات والدواجن على العديد من الميكروبات الممرضة مثل السالمونيلا، وعلى العديد من الفطريات المفرزة للسموم الفطرية التي تنتمي إلى أجناس الإسبرجللس والبنسيليوم والفيوزاريوم، وهذه الأعلاف الملوثة تمثل تهديداً حقيقياً للثروة الحيوانية والثروة الداجنة، وتسبِّب خسائر اقتصادية فادحة. ويمكن استعمال أشعة غاما بفاعلية وكفاءة عالية في القضاء على هذه الميكروبات الضارة وتأمين أعلاف الحيوانات والدواجن من مخاطر استخدامها.
- استخدام أشعة غاما وأشعة إكس لتعقيم اللقاحات البيطرية وإطالة فترة تخزينها وحفظها.
- استخدام أشعة غاما وأشعة إكس لتعقيم المنتجات البيطرية والحيوانية مثل: محاقن وشاش طبي وقطن وقفازات وأنابيب جمع دم وعلائق حيوانات مخبرية.
- تشعيع الحيوانات المخبرية بغرض الدراسات الوظيفية والصحية.
- استعمال التصوير الشعاعي بواسطة أشعة إكس للتحري عن وضع الأجنة، والحالات المرضية وغيرها.

3- في مجال التربية والتناسل والغدد الصم

تُعدُّ المقايسة المناعية الإشعاعية Radioimmunoassay (RIA) من أهم التقانات السائدة التي تستلزم استخدام النظائر المشعّة مثل اليود ^{125}I واليود ^{131}I والتريتيوم. تُطبَّق المقايسة المناعية الإشعاعية على مواد عدة ومختلفة من هرمونات وبروتينات وفيتامينات ومواد بيطرية ومستحضرات صيدلانية ومضادات حيوية وغيرها، لقياس تراكيز المواد في الدم، والحليب، والبول، والصفراء، والشعر، وأعضاء الجسم المختلفة من دهن ولحم وكبد وكلى وغيرها. تفيد طريقة المقايسة المناعية الإشعاعية في تطوير وفهم عديد من العلوم مثل الطب، والصيدلة، والزراعة، والطب البيطري وغيرها، وفي معرفة الكثير من مسبِّبات الأمراض والمشاكل الصحية، إضافة إلى مساهمتها في تطوير تقانات حسَّاسة أخرى. وفيما يلي أهم تطبيقات استخدام المقايسة المناعية الإشعاعية في مجال الإنتاج الحيواني:

RIA Kits

- تحديد الخلفية الهرمونية عند الحيوانات المختلفة على مدار العام.
- توصيف بعض المؤشرات التناسلية بدقة مثل تحديد موعد البلوغ الجنسي، وتحديد بداية الموسم التناسلي، وطول الأطوار المختلفة من دورة الشبق، وتحديد موعد الإباضة، ونشاط الجسم الأصفر، وطول فترة الحمل.

- تحديد الحالة التناسلية للحيوان التي تُعدُّ أمراً هاماً في برامج توقيت الشياع وفي تحضير الحيوانات المانحة والمستقبلة وفي التلقيح الاصطناعي ونقل الأجنة.
- تحديد مدى استجابة الحيوان للمستحضرات والمواد البيطرية.
- تحديد المشاكل والاضطرابات التناسلية عند الحيوانات ومعالجتها.
- إمكانية تحديد نفوق الأجنة المبكر وعدد الأجنة والحمل الكاذب.
- تقييم تأثير النباتات المتحملة للملوحة في الوظائف التناسلية للحيوان.
- تشخيص الأمراض الحيوانية.

• التشخيص المبكر للحمل واختبار حيوية الأجنّة: يُعدّ تشخيص الحمل بوقت مبكر ذا أهمية لتحسين الكفاءة التناسلية والإنتاجية. إن الهدف النهائي لمربي الحيوان هو الاستفادة القصوى من إنتاجية حيواناتهم من ناحية الولادات وعدد المواليد وعدم خسارة أي موسم تناسلي أو تأخيره.

استعمال الأشعة في مجال البيئة

تلعب الأشعة دوراً بالغ الأهمية فى جميع المجالات المرتبطة بالبيئة، وتساهم بدور فعّال ومؤثر فى الحفاظ على البيئة نظيفة، ويتضح دور الإشعاع الإيجابي في معالجة النفايات الدولية في المطارات والموانىء لمنع انتقال كوارث العدوى بالأحياء الدقيقة المرضة وفي تطهير وتعقيم نفايات المستشفيات. كما تستخدم في معالجة مياه الصرف الصحي، حيث يتم فصل السوائل عن المواد الصلبة Biosolids ثم تشعيع كلٍ من المياه والفضلات الصلبة كلٍ على حدة للقضاء على الأحياء الدقيقة المرضة والطفيليات الضارة. وبالتالي يمكن إعادة استخدام المياه المعالجة بالإشعاع والحمأة Sewage sludge في الزراعة والتشجير واستصلاح الأراضي وفقاً للمعايير والمواصفات المعتمدة ذات الصلة.

أكوام الحمأة في محطة للصرف الصحي

مما لا شك فيه أن البحوث الزراعية هي حجر الزاوية في التقدم والتطور والأساس في زيادة الإنتاج الزراعي كماً ونوعاً، وأن للتقانات النووية (أشعة مؤينة ونظائر مستقرة ونظائر مشعّة) دور هام في عديد من التطبيقات الزراعية بشقيها النباتي والحيواني فضلاً عن حماية البيئة على المستويين الوطني والدولي والتي تساهم بدور فعّال ومؤثر في العملية الإنتاجية والتنمية الزراعية. وإن العمل على توظيف هذه التقانات إلى جانب التقانات التقليدية، وتلك التي تعتمد على تسخير العلوم الجزيئية والحيوية، يشكّل بنية أساسية للنهوض في مسيرة البحث العلمي الزراعي والتنمية الزراعية المستدامة.

التجديد غير المباشر في أنواع الجزر البري النامية في سورية

د. بسام الصفدي
هيئة الطاقة الذرّية السورية – قسم البيولوجيا الجزيئية والتقانة الحيوية

ملخص

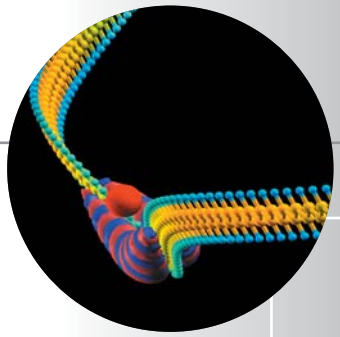
جُمعت بذور أنواع الجزر التابعة للجنس Daucus والنامية في سورية D. carota, D. bicolor, D. aureus, D. muricatus, D. littoralis, D. guttatus, D. durieua، للتحقق من قدرة أنواع الجزر البري على تشكيل الكالوس وتجديد النباتات في الزجاج. اختُبرت ثلاثة أوساط لتشكيل الكالوس وثلاثة أوساط لتجديد النباتات. لُوحظ وجود فرق معنوي بين أنواع الجنس Daucus في قدرتها على تشكيل الكالوس. فقد كان النوعان Daucus carota L. ssp. sativus و.D. carota L الأسرع في تكوين الكالوس مقارنة بالأنواع الأخرى المدروسة؛ حيث استغرق ذلك 4 و 9 أيام على التوالي. أما النوعان D. durieua، و D. aureus فقد كانا الأبطأ في تشكيل الكالوس من بين الأنواع المدروسة حيث استغرق الحصول على الكالوس 23 يوماً أو أكثر. وكان أفضل وسط اختُبر لتشكيل الكالوس ذلك الذي احتوى على 0 مغ/لتر Kinetin، 1 مغ/لتر BA 1، مغ/لتر NAA، و 2 مغ/لتر 2,4-D.

لقد أمكن تجديد النباتات من كل أنواع الجنس Daucus المستعملة في الدراسة. وكان النوع Daucus carota الأفضل في قدرته على التجديد من بين الأنواع المدروسة، أما النوع D. durieua فقد كان الأقل قدرة على تجديد السويقات. تباينت أنواع الجنس Daucus في استجابتها لاستخدام منظمات النمو المُضافة في وسط التجديد، وعلى أية حال فقد كان لكافة الأنواع القدرة على إنتاج الأجنة والسويقات في وسط خالٍ من الهرمونات، في حين بدأ كل من D. durieua وD. littoralis بتكوين كتل جنينيةً وإعطاء سويقات خضراء وهي مازالت في وسط الكالوس. كانت أعلى نسبة مئوية للنباتات الناجية (70.8%) بدءاً من أنبوب الاختبار وحتى النبات الناضج في النوع D. guttatus. وبشكل عام فقد كانت النسبة المئوية للنباتات الناجية من كل أنواع الجنس Daucus المدروسة (36.63%).

الكلمات المفتاحية: جزر، تشكل جنيني، تأقلم، سورية.

نُشرت ورقة البحث هذه في مجلة: *Advances in horticultural Science, 2006*

طواعية التوافقية الثالثة للبولي أستيلين بدلالة درجة حرارة السلسلة



د. محمد خير صبرة
هيئة الطاقة الذرّية السورية – قسم الفيزياء

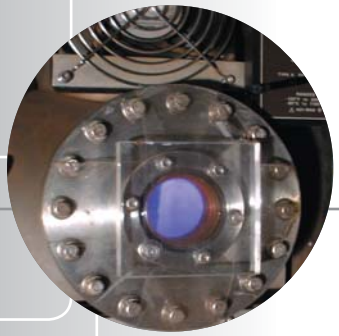
ملخص

لقد استُعمل هاملتونا الربط الوثيق لـ سو، شريفر، وهيغر Su, Schrieffer, Heeger لوصف الخواص الفيزيائية لسلسلة البولي أستيلين. حُسبت درجة حرارة السلسلة من الطاقة الكامنة التي ترتبط بشكل مباشر بانزياح الزمرة CH. وقد أُخذ بعين الاعتبار نوعان من الانزياحات: العشوائي والغوصي. رُسمت أطياف طواعية التوافقية الثالثة بدلالة درجة الحرارة باستخدام صيغ مزج الموجات الأربعة. بيّنت النتائج أن قمة ثانية عند منتصف الفرجة الطاقية قد ظهرت عند درجة حرارة الغرفة، وهي تتفق بشكل جيد مع المعطيات التجريبية.

الكلمات المفتاحية: *Ph 73.61، An 42.65، Qn 78.66.*

نُشرت ورقة البحث هذه في مجلة: *Acta Physica Polonica A vol. 109, 2006*

نتردة زرنيخيد الغاليوم المسامي بواسطة بلازما ECR للأمونيا



د. منذر ندّاف
هيئة الطاقة الذرّية السورية – قسم الفيزياء.
س. ف. بوراسكر
جامعة بونا– بونا– 411007 – الهند – مركز الدراسات المتقدمة في علم المواد وفيزياء الجسم الصلب.
س.س. هولافاراد
الولايات المتحدة الأمريكية – جامعة ماريلاند – مركز بحث للناقلية الفائقة – قسم الفيزياء.
ف – غانيسان
الهند – جامعة إندور.

ملخص

دُرس تأثير مسامية سطح زرنيخيد الغاليوم (GaAs) على إنماء نتريد الغاليوم (GaN) بواسطة النتردة البلازمية لزرنيخيد الغاليوم. حُضّر زرنيخيد الغاليوم المسامي (porous GaAs) بالتنميش الأنودي (anodic etching) لشرائح من GaAs (110) من النوع-n في محلول من حمض كلور الماء (HCl). تمت نتردة عينات زرنيخيد الغاليوم المسامي بواسطة بلازما الأمونيا المثارة بفعل تجاوب إلكتروني–سيكلوتروني (ECR). دُرس تشكل أطوار مختلطة من نتريد الغاليوم باستخدام طريقة الانعراج الماسي للأشعة السينية (Grazing angle x-ray diffraction). لوحظ تحسن ملفت في شدة التألق الفوتوني PL لمركب نتريد الغاليوم المحضّر بهذه الطريقة مقارنةً بنتريد الغاليوم المحضّر بطريقة النتردة المباشرة لسطح زرنيخيد الغاليوم. وجد بأن شدة التألق الفوتوني PL لزرنيخيد الغاليوم المسامي المنتردة عند درجة حرارة 380°C أكبر بحوالي مرتبتين مقارنة بزرنيخيد الغاليوم المنترد مباشرةً عند درجة حرارة 500°C. دُرست التغيرات في مورفولوجية (morphology) زرنيخيد الغاليوم المسامي المنترد باستخدام مجهرية إلكترونية ماسحة (scanning electron microscopy) وكذلك باستخدام مجهرية القوة الذرّية (atomic force micoscopy).

الكلمات المفتاحية: *زرنيخيد الغاليوم المسامي، بلازما التجاوب الإلكتروني–السيكلوتروني، نتردة بلازمية، تألق فوتوني.*

نُشرت ورقة البحث هذه في مجلة: Plasma Sources Science and Technology 15 (2006)

تطبيق طرق إحصائية متعددة المتغيرات لتصنيف فخاريات أثرية من موقع تل الرماد في سورية، معتمدة على التحليل بالفلورة بأشعة إكس (x-ray)

د. الياس حنا بكرجي
هيئة الطاقة الذرّية السورية – قسم الكيمياء

ملخص

استُخدمت طريقة الفلورة بالأشعة السينية لتعيين التركيب الكيميائي لخمس وخمسين عيّنة فخار أثري عن طريق تعيين 17 عنصراً كيميائياً. أربع وخمسون من العيّنات مصدرها موقع تل الرماد في مدينة قطنا، قرب مدينة دمشق، سورية، وعيّنة مصدرها البرازيل. أُخضعت نتائج الـ XRF لطريقتي تحليل إحصائي متعدد المتغيرات، التحليل العنقودي والتحليل العاملي، بغية تحديد التشابه والترابط بين العيّنات المختارة اعتماداً على تركيبها العنصري. فصلت هذه المنهجية بنجاح العينات، حيث تمَّ تحديد أربع فئات مختلفة كيميائياً.

الكلمات المفتاحية: *أشعة–X ، فخار، عناصر أثر، سورية.*

نُشرت ورقة البحث هذه في مجلة: X-Ray Spectrometry, vol. 35, 2006.

تحضير هلامات من البولي فينيل الكحول الحاوية لحمض الكهرباء أو حمض الليمون باستخدام إشعاع غاما

د. زكي عجي
هيئة الطاقة الذرّية السورية – قسم تكنولوجيا الإشعاع

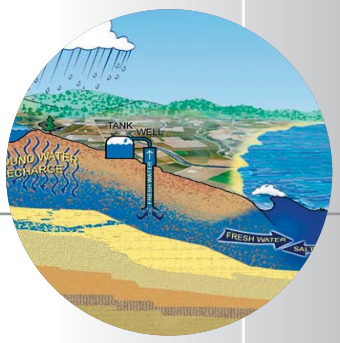
ملخص

عُرضت مزائج ثلاثية من البولي فينيل الكحول (PVA)/حمض الليمون/الماء والبولي فينيل الكحول/حمض الكهرباء/ماء لجرعات غاما مختلفة في درجة حرارة الغرفة. ترتفع نسبة التجلتن وكذلك الانتباجية العظمى للهلامات المحضَّرة في البداية مع ازدياد الجرعة وذلك لكلا الحمضين ولكنهما تنخفضان عند جرعات عالية ويرتفع كذلك القبط الأيوني للنيكل والكوبالت مع ارتفاع تركيز الحمض المرتبط، ويفسر ذلك بازدياد الزمر الوظيفية الفعّالة المرتبطة بسلسلة البوليمير. أما القبط الأيوني للنحاس فهو محدود جداً ولكنه يرتفع مع ارتفاع الجرعة التشعيعية.

الكلمات المفتاحية: هلام مائي، بولي فينيل الكحول، إشعاع غاما، حمض الكهرباء، حمض الليمون.

نُشرت ورقة البحث هذه في مجلة: *Radiation Physics and Chemistry, 2005*

النظائر البيئية في دراسة اجتياح مياه البحر لطبقة المياه الجوفية الساحلية (سورية)



د. بولس أبو زخم، رانيا حافظ
هيئة الطاقة الذرّية السورية – قسم الجيولوجيا

ملخص

دُرست ظاهرة اجتياح مياه البحر لطبقة المياه الجوفية الضحلة (Shallow groundwater) في منطقتي شمال اللاذقية (دمسرخو، رأس ابن هاني) وجنوب طرطوس (الحميدية، عين الزرقا) من الساحل السوري، باستخدام التقنيات الهيدروكيميائية والنظائرية. تبيِّن خرائط توزع الناقلية الكهربائية أن الاختلاط في شمال اللاذقية هو عبارة عن اجتياح جبهي للمياه الجوفية العذبة من قبل مياه البحر. وهذا يعود إلى الضخ الكثيف منذ الستينيات من القرن الماضي الذي أدى إلى انخفاض مستوى المياه الجوفية الحرة إلى ما دون مستوى سطح البحر، أما في منطقة عين الزرقا، جنوب طرطوس، فالاجتياح عبارة عن ارتفاع مخروطي محلي ناجم عن الضخ الجائر. تبيِّن العلاقة بين الديتيريوم والأكسجين-18 خط اختلاط بميل 5.55 يدل على اجتياح مياه البحر للمياه العذبة. بالإضافة إلى ذلك، تكشف العلاقة بين الأكسجين-18 والكلور أن دور الاختلاط أكبر بكثير مقارنة بعمليات التبخر. تقدر نسب الاختلاط بين 6 و10% في شمال اللاذقية، في حين لا تتعدى 3% في جنوب طرطوس. طُبِّق نموذج التريتيوم لحساب "زمن العبور الوسطي (Mean Transit Time)" وقُدِّر بحوالي 10 سنوات وسطياً، لبلوغ التوازن السابق بين المياه الجوفية العذبة ومياه البحر، بشرط توقف الضخ الجائر بشكل كامل، وأن تتغذى الطبقات المائية بشكل طبيعي من مياه الأمطار ومن التسرب العميق لمياه الري، والذي يسمح بإصلاح التدرج الهيدروليكي.

الكلمات المفتاحية: اجتياح مياه البحر، نظائر بيئية، نسب الاختلاط، زمن العبور، البحر المتوسط، سورية.

نُشرت ورقة البحث هذه في مجلة: *Environmental Geology. 2006*

العلاقة المتبادلة بين التلطخ البقعي و عفن الجذور الشائع في الشعير

د. محمد عماد الدين عرابي، د. انطونيوس الداود، محمد جوهر
هيئة الطاقة الذرّية السورية – قسم التقانة الحيوية

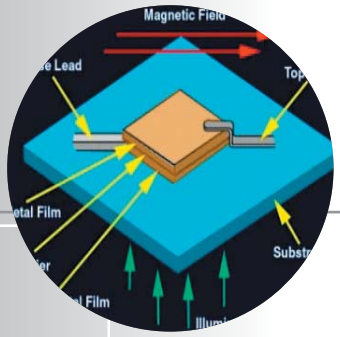
ملخص

يعتبر التلطخ البقعي وعفن الجذور الشائع اللذان يسببهما الفطر المرض Cochliobolus sativus من أمراض الشعير المهمة في كثير من مناطق الإنتاج في العالم. دُرست العلاقة المتبادلة بين هذين المرضين ضمن سلسلة من الدراسات البيئية المتحكم بها. وجدت علاقات ارتباط قوية في تفاعلات الشعير مع هذين المرضين. كما لوحظ وجود اختلافات كبيرة في التفاعلات المرضية وذلك بين الطرز الوراثية ولكل مرض. لم يكن هناك أي طراز منيع للإصابة بهذين المرضين، لكن كان الطراز WI 2291 قابلاً عاماً للإصابة. تفترض نتائجنا ارتباط مقاومة الفطر C. sativus بآليات دفاعية متماثلة موجودة في كل من السويقة تحت التاجية والأوراق. يمكن لمثل هذه المعطيات أن تكون مفيدة لمربي النبات وذلك بسبب تطلب اختبار تفاعل التلطخ البقعي إلى وقت أقل من تلك التي تتطلبها الغربلة لمقاومة عفن الجذور الشائع.

الكلمات المفتاحية: *شعير، عفن الجذور الشائع، تلطخ بقعي، ارتباط.*

نُشرت ورقة البحث هذه في مجلة: Austrarlasian Plant Pathology 2006

وصلة فائقة الناقلية محرّضة بتيار نبضي في تناظر فلوكسونات مصدوع مكانياً



د. سمير الخواجة
هيئة الطاقة الذرّية السورية – قسم الفيزياء

ملخص

بالاعتماد على نموذج McCumber-Stewart جرت دراسة التطور الزمني temporal evolution لوصلة جوزفسون فائقة الناقلية في الحالتين فوق المتخامدة overdamped وتحت المتخامدة underdamped معاً. تُساق الوصلة بتيار على شكل قطار نبضات pulse train بافتراض أن كمون "الفلوكسونات" fluxons النفقية يفتقد التناظر المكاني، كالذي يرافق كموناً مسنّناً غير متناظر. في هذا السياق، جرى حل المعادلتين الشبيهتين بمعادلتي فوكر–بلانك Fokker-Planck ولانجفان Langevin اللتين تميزان الوصلة، حيث تم الحصول على حلول الطور المتعلق بالزمن وبالتالي جرت مناقشتها على أساس انكسار تناظر الكمون وخصائص الإشارة النبضية التي تم فيها اعتماد قيمة للتردد محددة الغرض مساوية لبُعد هاوسدورف Hausdorff dimension الكسراني $\omega = D_H = \ln(2)/\ln(3) = 0.630929753$ المميز لمجموعة كانتور Cantor set الطبيعية.

الكلمات المفتاحية: *وصلات جوزفسون، مفعول الدولاب بسقّاطة، تناظر مصدوع، تحريك شوشي، أبعاد كسرانية.*

نُشرت ورقة البحث هذه في مجلة: Chaos, Solitons and Fractals, 2006

التحرّي الجيوكهربائي لتوصيف الشروط الهيدروجيولوجية في إقليم شبه جاف في وادي خناصر – سورية

د. جمال أصفهاني
هيئة الطاقة الذرّية السورية – قسم الجيولوجيا

ملخص

في وادي خناصر المعتبر إقليماً شبه جاف في سورية، تمثل المياه الجوفية القليلة العمق ناقلية كهربائية تتراوح من 0.1 إلى 20 ms/cm. ولدراسة الشروط الهيدروجيولوجية لهكذا إقليم لا بدَّ من معرفة جيدة لهندسة وأبعاد الحامل المائي في العمق.

تم تنفيذ 96 سبراً جيوكهربائياً شاقولياً في منطقة الدراسة (VES) باستخدام تشكيل شلومبرجير. تشير خرائط متساويات المقاومية الظاهرية المعمولة من أجل تباعدات مختلفة لـ AB/2 إلى وجود بنيتين جيولوجيتين مختلفتين، تتميزان بنطاقات ناقلة جداً ذات مقاومية أقل من 4 أوم. متر وترتبطان بطغيان المياه المالحة في توضعات الرباعي والباليوجين. كما تمت الإشارة إلى نطاقات مقاومة في جبل الحص في الغرب وفي جبل شبيس في الشرق، تميزت بمقاوميات تجاوزت الـ 300 أوم. متر بسبب وجود تشكيلة البازلت من عمر الميوسين الأعلى. حُدّدت سماكة كلٍّ من الرباعي والباليوجين وخصائصهما الكهربائية بدقة، كما تمَّ تحديد عمق السطح الأعلى للمايستريختيان وخصائصه الكهربائية، وتمَّ التعرف أيضاً على حدود السبخات القديمة الرباعية من خلال دراسة ثلاثة بروفيلات طولانية على طول الوادي ذاته LP1، LP2، LP3، كما تمَّ تحديد النطاقات المتفلقة والمظاهر التكتونية تحت السطحية لوادي خناصر من خلال تفسير السبور الجيوكهربائية الشاقولية العائدة للبروفيلات الطولانية LP3 LP1، LP2، باستخدام طريقة بيتشوغين–حبيب اللايف. تمَّ تطبيق المقاربة الجيوكهربائية بنجاح في منطقة الدراسة، والتي يمكن تطبيقها بسهولة في بيئات مشابهة.

الكلمات المفتاحية: *هيدروجيولوجيا، مقاومية كهربائية، وادي خناصر، سورية.*

نُشرت ورقة البحث هذه في مجلة: *Journal of Arid Environments 2006*

قياس تدفق النترونات السريعة في قناة التشعيع الداخلية لمفاعل البحث منسر

د. قاسم خطاب
هيئة الطاقة الذرّية السورية – قسم الهندسة النووية

ملخص

استُخدم الكود WIMSD4 لحساب طيف تدفق النترونات السريعة والمقاطع العرضية لانشطار اليورانيوم ^{238}U باستخدام ست مجموعات طاقية من مجال طاقي امتد من 0.5 إلى 10 ميغا إلكترون فولط. استُخدمت هذه النتائج إلى جانب القيم المقيسة للنشاط الإشعاعي لنواتج الانشطار التالية: ^{97}Zr, ^{95}Zr, ^{103}Ru, ^{131}I, ^{140}Ba والناجمة عن انشطار رقاقة من ^{238}U مغطاة بطبقة رقيقة من الكادميوم لقياس التدفق النتروني السريع في قناة التشعيع الداخلية لمفاعل البحث منسر في سورية.

الكلمات المفتاحية: *المفاعل منسر، التدفق النتروني السريع، موقع التشعيع الداخلي.*

نُشرت ورقة البحث هذه في مجلة: *Applied Radiation and Isotopes 2006*

التعيين المباشر لليورانيوم والعناصر المستخلصة بشكل مشترك في الأطوار العضوية (TDA, TBP, D2EHPA/TOPO) / كيروسين بتقانة TXRF

د. جمال سطاس، د. علي خضر، ك. جهاد قرجو
قسم الكيمياء - هيئة الطاقة الذرّية - ص. ب 6091 - دمشق- سورية

ملخص

أنشئت أربعة منحنيات معيارية لمعايرة اليورانيوم في الطور العضوي D2EHPA + TOPO/kerosene باستخدام تقانة TXRF مع أنبوبة Mo كمصدر إثارة أولية وذلك بإيجاد العلاقة ما بين تركيز اليورانيوم والشدة المميزة له منسوبة للحساسية المميزة لعنصر الغاليوم، والذي يتم إدخاله إلى وسط العينة كشاهد داخلي، حصلنا على علاقة خطية ما بين تركيز اليورانيوم والنسبة IU/SGa ضمن مجال تراكيز اليورانيوم المدروسة وهي ($\mu g.mL^{-1}$ 5–0)، ($\mu g.mL^{-1}$ 100–0)، ($\mu g.mL^{-1}$ 1000–0)، ($\mu g.mL^{-1}$ 7000–0)، بحيث تغطي مجال الدورة الأولى والثانية في مشروع استخلاص اليورانيوم من حمض الفسفور التجاري السوري. وجد بأن الحدَّ الأدنى للكشف هو $0.15\ \mu g.mL^{-1}$.

درس تأثير تركيز ثنائي ـ (2 ـ إيتيل هكسيل) حمض الفسفور/كيروسين ضمن المجال (0.1–0.6 M) والمضاف إليه أكسيد ثلاثي أوكتيل فوسفين، بحيث تكون النسبة [D2EHPA]/[TOPO]=1/4 وبوجود عنصر الغاليوم كشاهد داخلي وتبين أنه يمكن قياس تركيز اليورانيوم ضمن جميع التراكيز المختلفة من الطور العضوي وبدقة وصحة عالية في حين لُوحظ ازدياد ملحوظ في قيمة الحدِّ الأدنى للكشف من 0.45 $\mu g.mL^{-1}$ إلى $1.61\ \mu g.mL^{-1}$ مع ازدياد تركيز الـ D2EHPA من 0.1 إلى 0.6 مول/لتر.

أنشئت أربعة منحنيات معيارية من أجل التعيين المشترك لكلٍّ من العناصر التالية: الحديد، الزنك، النحاس، والنيكل في الطور العضوي بوجود عنصر الغاليوم كشاهد داخلي، وقد مكنت هذه المنحنيات من تعيين هذه العناصر الأربعة في العينات المجهولة الآتية من الوحدة الرائدة لتنقية حمض الفسفور بحمص.

حُلِّلت عينات مجهولة لليورانيوم في الطور العضوي D2EHPA+TOPO/kerosene باستخدام تقانة TXRF وقورنت النتائج بتقانة الفلورومتري التي تعتمد الطريقة غير المباشرة أي تعرية الطور العضوي بواسطة كربونات الصوديوم.

الكلمات المفتاحية: تعيين، يورانيوم، الأطوار العضوية، تقانة الانعكاس الكلي للأشعة السينية المتفلورة.

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

تصميم وتنفيذ نظام تصنيع وتوزيع صيدلانيات ^{67}Ga-Citrate

د. عبد الحميد الريس، شادي الفريحات، فارس العناية
قسم الكيمياء - هيئة الطاقة الذرّية - ص. ب. 6091 - دمشق - سورية

ملخص

تم في هذا العمل تصميم وتنفيذ نظام تصنيع وتوزيع صيدلانيات الغاليوم-67 المشعّة بدءاً من كلور الغاليوم-67. يتألف هذا النظام من قسمين رئيسيين هما قسم تصنيع صيدلانيات سترات الغاليوم-67 وقسم توزيع هذه الصيدلانيات في عبوات صغيرة بنشاط إشعاعي مناسب حسب طلب المشافي وختمها بإحكام ضمن جوٍّ عقيم للخلية الحارة.

الكلمات المفتاحية: سيترات الغاليوم، توزيع الصيدلانيات المشعّة.

تقرير مختصر عن عمل خدماتي أُنجز في قسم الكيمياء – هيئة الطاقة الذرّية السورية.

• •

ترسيب طبقات رقيقة من نتريدات الألمنيوم والتيتانيوم (TiN, AlN) على ركازات من الفولاذ الذي لا يصدأ من النوع "SS 304" باستخدام جهاز البلازما المحرقية

د. شريف الحواط، د. محمد سوقية، مثقال أبو خروب، وليد السادات
قسم الفيزياء - هيئة الطاقة الذرّية - ص.ب.6091، دمشق، سورية

ملخص

جرى استخدام جهاز البلازما المحرقية (plasma focus device) بطاقة 2.8 kJ لطلاء سبيكة الفولاذ SS 304 بطبقات رقيقة من نتريد الألمنيوم AlN ونتريد التيتانيوم TiN كلاً على حدة بهدف تحسين مواصفاتها السطحية.

رُسِّبت طبقات رقيقة من المادتين المذكورتين على ركازة ستانلس ستيل بأعداد مختلفة من طلقات (shots) البلازما المحرقية المحدثة بانفرا غ النتروجين تحت ضغط ما بين 0.5-0.75 mbar، من أجل أبعاد مختلفة للركازة (substrate) عن قمة المصعد. جرى تشخيص للبلازما المستخدمة في الترسيب من حيث تعيين درجة حرارتها وكثافتها انطلاقاً من منحنيات الجهد والتيار الحاصلين باستخدام مجزئ جهد ووشيعة روغوفسكي. أدت المعالجة البلازمية إلى زيادة ملحوظة في قساوة سطوح الفولاذ المطلي بنحو 50%، ولم تتجاوز ثخانة الطبقات المحضرة 1-2µm. أظهرت الدراسة زيادة القساوة السطحية للفولاذ المطلي بالألمنيوم مع تناقص بعد العينة عن قمة المصعد ومع زيادة عدد الطلقات. كما جرى توصيف للطبقات الموضعة من حيث بنيتها، وقدم شرح كيفي لعملية الترسيب.

الكلمات المفتاحية: بلازما محرقية، نتريد الألمنيوم، نتريد التيتانيوم.

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

• •

دليل كتلة الجسم كمؤشر لزيادة الوزن والبدانة عند الإنسان

د. محمد راتب المصري
قسم الزراعة - هيئة الطاقة الذرّية - ص . ب6091 - دمشق - سورية

ملخص

تم عرض مفهوم دليل كتلة الجسم BMI عند البالغين والأطفال كمعيار لحالة جسم الإنسان (وزن صحي، زيادة وزن، بدانة، بدانة مفرطة). وتم عرض معادلات لتحديد الوزن المثالي للجسم عند الرجال والنساء وارتباط مفهوم دليل كتلة الجسم بعوامل خطر الإصابة بالأمراض. وقد تم عرض نصائح وتوصيات لتخفيض زيادة الوزن والبدانة للوصول إلى مؤشر BMI مثالي.

الكلمات المفتاحية: زيادة وزن، بدانة، دليل كتلة جسم، إنسان، مرض.

➢ تقرير مختصر عن دراسة علمية مكتبية أنجزت في قسم الزراعة – هيئة الطاقة الذرّية السورية.

• •

تشخيص فقر الدم المنجلي بتقنية PCR (التفاعل السلسلي البوليميرازي)

د.رامي جرجور
دائرة الوراثة البشرية - قسم البيولوجيا الجزيئية والتقانة الحيوية - هيئة الطاقة الذرّية - ص . ب6091 - دمشق - سورية

ملخص

ينجم مرض فقر الدم المنجلي الوراثي عن طفرة في أساس آزوتي وحيد، حيث يتم استبدال الأساس A بـ T في الكودون السادس من الجين المسؤول عن إنتاج الخضاب بيتا. تم في هذه التجربة استخدام تقنية PCR من أجل تحديد النمط الجيني للمرضى. تسمح هذه التقانة بتحديد الأليل الطبيعي أو الطافر لفقر الدم المنجلي في الدنا الجينومي بشكل مباشر ودون أي خطوات إضافية. بيَّنت نتائج هذه التجربة بأن هذه التقانة دقيقة وسريعة ويمكن استخدامها في التشخيص قبل الولادة.

الكلمات المفتاحية: فقر الدم المنجلي، PCR، التشخيص قبل الولادة.

➢ تقرير مختصر عن بحث علمي أُنجز في قسم البيولوجيا الجزيئية والتقانة الحيوية – هيئة الطاقة الذرّية السورية.

• •

تقنية تحضير الأغشية الرقيقة بالتغطيس

د. بسام عباس
قسم الفيزياء - هيئة الطاقة الذرّية- ص.ب 6091 - دمشق - سورية

ملخص

جرى تصميم وتصنيع جهاز تحضير للأغشية البوليميرية الرقيقة وفقاً لتقنية تحضير الأغشية الرقيقة بالتغطيس. تتميز هذه التقنية بتقليلها بشكل كبير كمية المادة المستهلكة لتصنيع الغشاء الرقيق مقارنة بالطرائق الأخرى. زُوِّد هذا الجهاز بمحرك ذي استطاعة مناسبة. يتم التحكم بثخن الغشاء عن طريق التحكم بسرعة إخراج الركازة من المحلول، حيث يزداد ثخن هذا الغشاء بازدياد سرعة إخراج الركازة من المحلول. ولتحقيق هذا الغرض، صُمِّمت دارة تحكم كامل بالسرعات واتجاه الحركة خصيصاً لهذا الجهاز بمساعدة معالج ميكروي (microprocessor) للتحكم بسرعة نزول وصعود الركازة، بالإضافة إلى التحكم باتجاه دوران المحرك، حيث يمكن اختيار السرعة المطلوبة ضمن المجال 0.5 سم/ثا – 2 سم/ثا. يتمتع هذا الجهاز بسرعة عالية الانتظام، مما يسمح بتحضير أغشية رقيقة عالية التجانس. وضع هذا الجهاز في صندوق معدني مصنوع من الألمنيوم مع واجهة شفافة وأرضية من مادة الفيبر المقاومة للحموض.

الكلمات المفتاحية: تغطيس، متجانس، تحكم بالسرعة.

تقرير مختصر عن عمل تقني أُنجز في قسم الفيزياء – هيئة الطاقة الذرّية السورية.

نمذجة حاسوبية لمحطة تحلية تعمل بطريقة التبخير الفجائي المتعدد المراحل

د.سهيل سليمان ، محمد الشيخ، عبد السلام مرعي
قسم الهندسة النووية-
هيئة الطاقة الذرّية - ص. ب. 6091 - دمشق - سورية

ملخص

يتضمن هذا العمل دراسة ترموديناميكية لمحطات التحلية التي تعمل بطريقة التبخر الفجائي والتي تعتبر إحدى الطرق الهامة والواسعة الانتشار في مجال التحلية. تم إعداد النموذج الرياضي لهذه الطريقة بالإضافة إلى برمجة النموذج باستخدام لغة البرمجة Visual Basic 6.0، وأعدت الواجهات المناسبة من أجل تيسير استخدام البرنامج. تم أيضاً استخدام البرنامج من أجل تصميم محطة عملية بإنتاجية 32660 [m^3/day].

الكلمات المفتاحية: التبخير الفجائي المتعدد المراحل، معامل انتقال الحرارة، معامل الأداء.

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

تقييم تحمُّل الملوحة عند بعض أصناف القمح القاسية باستخدام طريقة زراعة الأجنة في الزجاج

د. طريف شريجي، د. محمد عماد الدين عرابي،
انتصار قره جولي، أمينة شعيب
قسم البيولوجيا الجزيئية والتقانة الحيوية -
هيئة الطاقة الذرّية - ص.ب 6091 - دمشق - سورية

ملخص

دُرست قابلية تحمل بعض أصناف القمح القاسي (شام 1 و 5 و بحوث 5 و حوراني) للملوحة بطريقة الضغط الانتخابي لأجنتها، حيث جرى استنبات البذور على وسط MS صلب محمَّل بالنسب التالية من ملح كلور الصوديوم (0 و 100 و 150 و 200 و250 ملّيمول)، وبينت النتائج أن للتراكيز الملحية العالية تأثيراً سلبياً في نسبة إنبات بذور الأصناف كافة. ثم فصلت الأجنة عن البذور ثم استنبتت على وسط MS محمل بالتراكيز الملحية السابقة نفسها حتى الحصول على الورقة الثانية للنبات. كما جرى إنتاج الكالوس بدءاً من أجنة القمح، على وسط MS ثم نقل الكالوس إلى الوسط نفسه مضافاً إليه التراكيز السابقة نفسها من ملح كلور الصوديوم. لم يختلف الوزنان الرطب والجاف للكالوس للصنف شام1 عن الشاهد بوجود الملح في الوسط وذلك بعد 3 أسابيع من الاستزراع.

الكلمات المفتاحية: قمح، زراعة أنسجة، كالوس، ملوحة.

تقرير مختصر عن تجربة استطلاعية مخبرية أنجزت في قسم التقانة – هيئة الطاقة الذرّية السورية.

برنامج حاسوبي لمحاكاة ليزر نيوديميوم-زجاج

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

ملخص

صُمِّم برنامج "محاكي ليزر نيوديميوم–زجاج" بهدف محاكاة عمليات الإصدار الديناميكي في ليزر نيوديميوم–زجاج بوجود ماصٍّ قابل للإشباع وعدم وجوده. يتنبأ البرنامج بالسلوك الزمني لنبضة الخرج بالاعتماد على وسائط الدخل الفيزيائية والهندسية. تم إعداد البرنامج باستخدام بيئة البرمجة Delphi 6.0.

الكلمات المفتاحية: أداة برمجية، محاكاة، ليزر نيوديميوم–زجاج.

تقرير مختصر عن عمل تقني أنجز في قسم الخدمات العلمية – هيئة الطاقة الذرّية السورية.

تحطيم مبيد (الكلوربيريفوس) بواسطة الحمأة المنشطة من محطة عدرا

د. إياد غـــانم - مالك العرفي - معتصم شمـــا
قسم البيولوجيا الجزيئية والتقانة الحيوية -
هيئة الطاقة الذرّية - ص. ب. 6091 - دمشق - سورية

ملخص

تم عزل بكتيريا Klebsiella spp، حيث تم التعرُّف عليها بالطرق البيوكيميائية والفحص المجهري وتم التأكد منها بواسطة جهاز التحسس البكتيري Merlin، وذلك من عينة حمأة منشطة طُبِّق عليها ضغط انتخابي، بإضافة مبيد الكلوربيريفوس التجاري (ماركة النصر) أسبوعياً 960 مغ /250 مل. تم الحفاظ على الجرثوم بأقلمته على النمو في بيئة فقيرة مكونة من أملاح معدنية ومبيد الكلوربيريفوس فقط كمصدر وحيد للغذاء .

تم تقدير الزمن اللازم لتحطيم 960 مغ من المبيد في بيئة فقيرة، حيث وجد أنها احتاجت إلى أربعة أيام للوصول إلى نسبة تفكك وصلت إلى 93%، في حين كانت نسبة التفكك 46% عند إضافة الكمية نفسها من المبيد إلى الحجم نفسه من الحمأة المنشطة .

تم تقدير تحمل جرثوم Klebsiella spp للمبيد وذلك بإضافة 960 مغ من المبيد يومياً إلى حجم 100 مل من بيئة فقيرة ملقَّحة بالجرثوم، حيث وجد أن الجرثوم حافظ على حيويته عند حجم 17.28 غم من مبيد الكلوربيريفوس. بمعنى آخر، إن الجرثوم قادر على النمو في 18% من حجم المبيد الموجود فيه .

الكلمات المفتاحية: حمأة منشطة، تحطيم، مبيد كلوربيريفوس.

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

AALAM AL-ZARRA

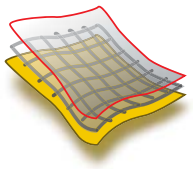
2006

مجلة عالم الذرّة

AALAM AL-ZARRA

2007

جديد المجلة



USE OF IN VITRO CULTURE TO EVALUATE SOME DURUM WHEAT GENOTYPES TOLERANCE TO SALINITY

T. CHARBAJI, M. I. ARABI, I. KARAJOLI, A. SHOUAIB

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

Four varieties of durum wheat (Hourani, Bouhoth5, Cham1 and Cham5) were germinated on MS media loaded by NaCl (0, 100, 150, 200 and 250 mM). A negative effect of high concentrations was observed for all varieties. Embryos seeds, were grown on MS medium loaded by same NaCl concentrations up to second leaf stage. Callus induction was obtained from wheat embryo on MS medium loaded by same concentrations of NaCl for 3 weeks. Wet and dry weights of Cham1 variety were not affected by NaCl compared to control.

Key Words: Callus, salinity, tissue culture, wheat.

A COMPUTER PROGRAM TO SIMULATE THE ND-GLASS LASER

B. A. GHANI

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

Nd-Glass Laser Simulator" has been designed to simulate the dynamic emission processes of Nd-glass laser in both laser media; Nd-glass rod and gain switched cell. The program predicts the temporal behavior of the laser output pulse depending on the physical and geometrical input. The software has been developed using Delphi 6.0.

Key Words: Software tool ; Simulation ; Nd-glass laser.

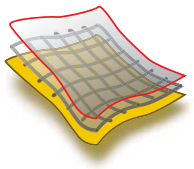
BIODEGRADATION OF CHLORPYRIFOS BY KLEBSIELLA SP. FROM SYRIAN ACTIVATED SLUDGE

I. GHANEM*, M. ORFI, M. SHAMMA

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

A chlorpyrifos – degrading bacterial strain was isolated (under persistent pesticide stress) from an activated sludge sample collected from Damascus Wastewater Treatment Plant (DWTP). Using major staining and biochemical differentiation tests, (gram stain, oxidase, catalse and some fermentation of relevant carbohydrates tests using biochemical assays), the isolated strain was determined as Klebsiella sp. The isolation of Klebsiella sp. was facilitated by the addition of formulated chlorpyrifos at a rate of 960mg/250ml of sludge weekly (selection pressure). Klebsiella sp. was maintained by culturing in poor medium consisting of mineral salts and chlorpyrifos as a sole carbon source. When chlorpyrifos-supplemented poor medium (3.84 g/ 250 ml) was inoculated with 105 cells of Klebsiella sp. 92%of added chlorpyrifos were degraded within four days compared with 46% degradation of achieved when when similar amount of chlorpyrifos was added to 250 ml of normal activated sludge. Klebsiella sp. was able to tolerate 17.28g. of chlorpyrifos

Key Words: Activated sludge, chlorpyrifos, degradation, Klebsiella sp.



DIAGNOSIS OF SICKLE CELL ANAEMIA USING PCR TECHNIQUE (POLYMERASE CHAIN REACTION)

R. JARJOUR

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

Sickle cell anaemia is a genetic disease caused by a single base-pair mutation, an A → T transversion in the sequence encoding codon 6 of the human ß-globin gene. A PCR technique was used in this experiment to diagnose the genotype of the patients. This method allows direct detection of the normal or the sickle cell ß -globin allele in genomic DNA without additional steps. The results showed that this technique is accurate, fast and can be used for prenatal diagnosis.

Key Words: sickle cell anaemia, PCR, prenatal diagnosis

THIN FILM PREPARATION VIA DIP-COATING TECHNIQUE

B. ABBAS

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

We have designed and constructed a Dip-Coater in order to use it for the preparation of dip-coated thin films. This technique uses the least amount possible of the polymeric material, so that minimises the valuable material loss greatly. The film thickness is controlled by means of controlling the withdrawal speed of the substrate from the polymeric solution, where the film thickness is greater at higher withdrowal speed. A control electronic circuit with a microprocessor was designed and manufactured, which enables full control of both the direction and speed of the withdrowal process. The range of the speed is 0.5 cm/sec – 2 cm/sec. This device has a homogeneous speed , which is necessary for fabricating high quality thin films. The device was situated in an aluminum box with a transparent front door, and chemical-resistant fibre-board floor.

Key Words: Dip-coating, Homogeneous, Speed Control.

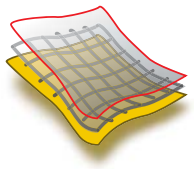
COMPUTATIONAL MODELING OF MULTI-STAGE FLASH DESALINATION PLANT

S. SULEIMAN, M. ALSHEIKH, A-SALAM MEREE

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

This work includes a theoretical thermodynamic analysis of the multi-stage flash desalination plants, which is considered one of the most important methods in the desalination field and widely used in the world. Mathematical modeling of this process have been developed. In addition a computer program according to this mathematical model has been written using Visual Basic 6.0 programming language. The appropriate user interfaces has been designed to facilitate the use of the program. The program can also be used for designing a practical plant with capacity of 32660 [m^3/day].

Key Words: MSF, Heat transfer coefficients, PR.



Key Words: determination, uranium(VI), organic phase, TXRF technique.

DESIGN AND INSTALLATION OF A ^{67}GA-CITRATE PRODUCTION AND DISPENSING SYSTEM

A. H. AL RAYYES, S. AL FREAHAT, F. AL ENAYA
Department of Chemistry, Atomic Energy Commission, P. O. Box 6091, Damascus, Syria

In this work, a Gallium-67 citrate production and dispensing system had been designed and installed. This system is composed of two main parts, the first part is the gallium-67 citrate manufacturing and the second is the dispensing of the radiopharmaceutical gallium-67 citrate into small vials with required activity according to the hospitals demands and crimped tightly in sterilized hot cell.

Key Words: Dispensing, Radiopharmaceutical, ^{67}Ga-citrate.

DEPOSITION OF ALN AND TIN THIN FILMS ON SUBSTRATES OF STAINLESS STEEL SS304 USING PLASMA FOCUS DEVICE

S. AL-HAWAT, M. SOUKIEH, M. ABOU KHAROUB, W. AL- SADAT
Department of Physics, Atomic Energy Commission, P. O. Box 6091, Damascus, Syria

A 2.8 kJ plasma focus device was used to deposit thin films of aluminium nitride AlN and titanium nitride TiN on a stainless steel 304 substrate, in order to improve its surface properties. The deposition process was carried out using various number of nitrogen plasma shots at pressures 0.5-0.75 mbar and at different sample's distances from the anode. The plasma diagnostics was achieved using the voltage and current signals recorded by a voltage divider and Rogovskii coil to determine the temperature and plasma density. The surface hardness of SS-304 was increased by about 50% after plasma coating and the thickness of the coated layers was about 1-2μm. This study shows that the hardness is increased with increasing the number of shots and decreased with the distance from the anode. The coated layers were characterized and a qualitative understanding of the deposition process was given.

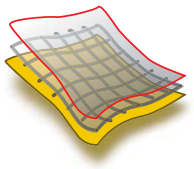
Key Words: Plasma Focus, AlN, TiN.

BODY MASS INDEX AN INDICATOR FOR OVERWEIGHT AND OBESITY IN HUMANS

M. R. AL-MASRI
Department of Agriculture, Atomic Energy Commission, P. O. Box 6091, Damascus, Syria

Body mass index (BMI) by adults and children was reported as an indicator for body status (healthy weight, overweight, obesity, extreme obesity). Ideal body weight equations for man and woman and the relationship between BMI and disease risk factors were reported. Advices and recommendations to decrease overweight and obesity were indicated to arrive to an ideal BMI.

Key Words: Overweight, obesity, body mass index, human, disease.



zones and tectonic features of the subsurface of Khanasser valley have been very well determined through the interpretation of VES of the profiles LP1, LP2, and LP3 using the Pichgin and Habibullaev method. The geoelectrical approach was successfully applied in the study area and can be therefore easily practiced in similar environments.

Key Words: hydrogeology, electrical resistivity, khanasser valley, Syria.

MEASUREMENT OF THE FAST NEUTRON FLUX IN THE MNSR INNER IRRADIATION SITE

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

The WIMSD4 code was used to calculate the fast neutron flux spectrum and the fast neutron fission cross sections for ^{238}U, using six energy groups ranging from 0.5 to 10 MeV. These results, with the measured radioactivities of the ^{140}Ba, ^{131}I, ^{103}Ru, ^{95}Zr and ^{97}Zr fission products emerging from the fission of the ^{238}U foil covered with a cadmium filter, were used to measure the fast neutron flux in the Syrian MNSR inner irradiation site.

Key Words: MNSR, fast neutron flux, inner irradiation site.

REPORTS

DIRECT DETERMINATION OF URANIUM AND CO-EXTRACTED ELEMENTS IN THE ORGANIC PHASES (D2EHPA/TOPO, TBP, TDA) IN KEROSENE BY TXRF TECHNIQUE

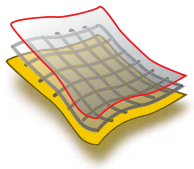
J. STAS, A. KHODER, J. KARJOU
Department of Chemistry, Atomic Energy Commission, P. O. Box 6091, Damascus, Syria

Four calibration curves have been carried out to determine uranium concentration in the organic phase D2EHPA-TOPO/kerosene using TXRF technique with Mo tube as a primary exciting source, Gallium was used as an internal standard, so the linear relation between I_U/S_{Ga} against uranium concentration in the organic phase has been obtained.

The range of uranium concentrations studied were (0–5 $\mu g.mL^{-1}$), (0–100 $\mu g.mL^{-1}$), (0–900 $\mu g.mL^{-1}$) and (0–7000 $\mu g.mL^{-1}$), which covered all uranium concentrations concerning first and second cycles of uranium extraction from commercial phosphoric acid. The detection limit was found to be 0.15 $\mu g.mL^{-1}$.

The effect of D2EHPA concentration in kerosene, in the range of (0.1–0.6 M) containing TOPO, where [D2EHPA]/[TOPO] = 1/4 and in the presence of gallium as an internal standard on uranium determination was studied. It has been shown that uranium concentration at all D2EHPA/kerosene concentrations can be determined with high accuracy and precision while an increase of the detection limit from 0.45 to 1.61 $\mu g.mL^{-1}$ was observed when D2EHPA concentration increases from 0.1 to 0.6 M.

Four calibration curves for multielement analysis of iron, zinc, copper and nickel in the organic phase and in the presence of gallium as an internal standard have been constructed, these curves have enabled us to determine the concentration of Fe, Zinc, Cu, and Ni in the unknown samples coming from the Pilot-Plant of phosphoric acid purification using D2EHPA-TOPO process.



were observed among genotypes for each disease. No genotype was immune to both diseases, but the genotype WI 2291 was universally susceptible. Our results suggest that resistance to C. sativus in the subcrown internodes and leaves involves similar defense mechanisms. Such information would be useful to plant breeders because testing for SB reaction requires less time than screening for CRR resistance.

Key Words: barley-common root rot-spot blotch-correlation.

IMPULSIVE CURRENT-INDUCED SUPERCONDUCTING JUNCTION IN SPATIALLY BROKEN SYMMETRY OF FLUXONS

S. AL-KHAWAJA

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

Embarking upon McCumber-Stewart model, the temporal evolution of a superconducting Josephson junction in both overdamped and underdamped regimes is examined. The junction is driven by a pulse train current, and the potential of the tunnelling fluxons is assumed to lack spatial symmetry such as that associated with a ratchet potential. In this respect, Langevin and Fokker-Plank-like equations specifying the junction are solved for which, time-dependent phase solutions are obtained and discussed on the basis of the potential broken symmetry and pulse signal properties by which, an ad hoc value of the frequency equals to the fractal Hausdorff dimension $\omega = D_H = 1n(2)/1n(3) = 0.630929753$ of a normal Cantor set is ascribed.

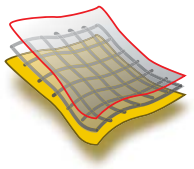
Key Words: Josephson junctions, ratchet effect, broken symmetry, chaotic dynamics, fractal dimensions.

GEOELECTRICAL INVESTIGATION FOR CHARACTERIZING THE HYDROGEOLOGICAL CONDITIONS IN SEMI ARID REGION IN KHANASSER VALLEY, SYRIA

J. ASFAHANI

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

In the Khanasser valley, considered as a semi arid region in Syria, the shallow groundwater presents electrical conductivities ranging from 0.1 to 20 mS/cm. In order to study the hydrogeological conditions of such region, a good knowledge is required of the geometry of the aquifer at depth. Ninety-six vertical electrical soundings (VES) using the Schlumberger array were carried out in the study area. The established iso-apparent resistivity maps for different AB/2 spacings indicate the presence of two different geological structures; characterized by very conductive zones of a resistivity less than four Ω.m related to the intrusion of salt water in Quaternary and Paleogene deposits. Resistive zones have been signaled in Jebel Al Hass in the west and Jebel Shbith in the east, characterized by a resistivity exceeding 300 Ω.m, due to the presence of basalt formation of upper Miocene age. Thickness of the Quaternary, Paleogene and their electrical characteristics have been precisely determined. The top of Maestrichtian and its electrical characteristics have been also well established. Quaternary paleosabkhas were delineated through the studying of three longitudinal profiles along the valley itself (LP1, LP2, and LP3). Fractured



Technology Division, Atomic Energy Commission,
P. O. Box 6091, Damascus, Syria

Ternary mixtures of PVA/Citric acid (CA)/ water and PVA/Succinic acid (SA)/water were exposed to various Gamma doses in air at ambient temperature. The maximum swelling and the gelation% of the prepared gels initially increases with increasing dose for both acids, but at higher doses decreases. The uptake of nickel and cobalt ions increases with increasing the bonded acid concentration, which can be explained with increase of the reactive acidic sites bonded to the polymer backbone. The uptake of copper ions is very limited, but it increases with increasing irradiation dose.

Key Words: hydrogel; poly(vinyl alcohol); gamma radiation; citric acid; succinic acid.

ENVIRONMENTAL ISOTOPE STUDY OF SEAWATER INTRUSION IN THE COASTAL AQUIFER (SYRIA)

B. ABOU ZAKHEM, R. HAFEZ
Department of Geology, Atomic Energy Commission,
P. O. Box 6091, Damascus, Syria

Seawater intrusion into shallow aquifer in the Syrian coast, north of Latakia (Damsarkho, Ras Ibn Hani) and south of Tartous (Al Hamidieh, Ein Zarka), was studied using hydrochemical and isotopic techniques. The EC distribution map north of Latakia shows that mixing is considered as a frontal intrusion of seawater within fresh groundwater. This is due to the intensive pumping since the sixties of last century which lowered the water table inland below sea level, while in Ein Zarka, south of Tartous; the seawater intrusion is due to local up-coning as a result of intensive pumping. Deuterium and oxygen-18 relationship has a mixing line with a slope of 5.55 indicating to intrusion between freshwater and seawater. Moreover, the relationship between oxygen-18 and chloride reveals that the mixing has a dominant role compared to evaporation process. The mixing ratios are estimated to be between 6 and 10 % north of Latakia, while they do not exceed 3 % south of Tartous. A tritium model was applied to compute the "mean transit time", which is estimated around 10 years in average, to reach the previous equilibrium between the fresh groundwater and seawater, provided that severe pumping is completely halted, and the aquifer is naturally recharged by rainfall and deep percolation of irrigation water, thus allowing the restoration of the hydraulic gradient.

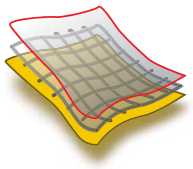
Key Words: seawater intrusion, environmental isotope, mixing ratio, transit time, mediterranean. Syria.

INTERRELATIONSHIP BETWEEN SPOT BLOTCH AND COMMON ROOT ROT IN BARLEY

M. I. E. ARABI, A. AL-DAOUDE, M. JAWHAR
Department of Molecular Biology and Biotechnology,
Atomic Energy Commission, P. O. Box 6091,
Damascus, Syria

Spot blotch and common root rot, caused by the fungal pathogen Cochliobolus sativus are important barley diseases in many production areas of the world. The interrelationship between these two diseases was investigated in a series of controlled environment studies. Strong correlations were detected for barley reactions to both diseases. Large differences in disease reactions

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



NITRIDATION OF POROUS GaAs BY AN ECR AMMONIA PLASMA

M. NADDAF[1], S. S. HULLAVARAD[3], V. GANESAN[4] AND S. V. BHORASKAR [2]

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

[2] Center for Advanced Studies in Material Science and Solid State Physics, University of Pune, India

[3] Center for Superconductivity Research, Department of Physics, University of Maryland, College Park, USA

[4] Inter University Consortium, Indore, India

The effect of surface porosity of GaAs on the nature of growth of GaN, by use of plasma nitridation of GaAs, has been investigated. Porous GaAs samples were prepared by anodic etching of n-type (110) GaAs wafers in HCl solution. Nitridation of porous GaAs samples were carried out by using an electron–cyclotron resonance-induced ammonia plasma. The formation of mixed phases of GaN was investigated using the grazing angle x-ray diffraction method. A remarkable improvement in the intensity of photoluminescence (PL) compared with that of GaN synthesized by direct nitriding of GaAs surface has been observed. The PL intensity of nitrided porous GaAs at the temperature of 380 °C was found to be about two orders of magnitude higher as compared with the directly nitrided GaAs at the temperature of 500 °C. The changes in the morphology of nitrided porous GaAs have been investigated using both scanning electron microscopy and atomic force microscopy.

Key Words: porous GaAs, ECR plasma, nitridation, GaN.

APPLICATION OF MULTIVARIATE STATISTICAL METHODS TO CLASSIFY ARCHAEOLOGICAL POTTERY FROM TEL-ALRAMAD SITE, SYRIA, BASED ON X-RAY FLUORESCENCE ANALYSIS

E. H. BAKRAJI

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

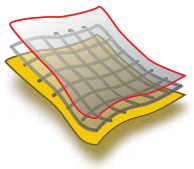
Radioisotope x-ray fluorescence (XRF) analysis has been utilized to determine the elemental composition of 55 archaeological pottery samples by the determination of 17 chemical elements. Fifty-four of them came from the Tel-Alramad Site in Kalana town, near Damascus city, Syria, and one sample came from Brazil. The XRF results have been processed using two multivariate statistical methods, cluster and factor analysis, in order to determine similarities and correlation between the selected samples based on their elemental composition. The methodology successfully separates the samples where four distinct chemical groups were identified.

Key Words: X-ray; pottery; trace elements, Syria.

PREPARATION OF POLY(VINYL ALCOHOL) HYDROGELS CONTAINING CITRIC OR SUCCINIC ACID USING GAMMA RADIATION

Z. AJJI

Department of Radiation Technology, Polymer



engineering of the sequence of nanoparticle fusing and surface trap functionalization, underlie the superior performance achieved in this readily fabricated family of devices.

Key Words: quantum dot, photodetector, solution-processed electronic devices, nanocrystal, quantum size effect, noise.

PAPERS

INDIRECT REGENERATION IN WILD DAUCUS SPECIES GROWING IN SYRIA

B. AL-SAFADI

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

Seeds from Daucus species (D. carota, D. bicolor, D. aureus, D. muricatus, D. littoralis, D. guttatus, D. Durieua) growing in Syria were collected and used to investigate the ability of wild Daucus species to form callus and regenerate plants in vitro. Three callusing and three regeneration media were used in the study. A significant variation was observed among Daucus species in their ability to form callus. Species D. carota L. and cultivated carrot (Daucus carota L. ssp. sativus) were the fastest, in callus initiation, among studied species taking only 4 and 9 days respectively. The slowest species were D. durieua and D. aureus with 23 days or more needed for callus initiation. The best callusing medium was the one containing 0 mg/l kinetin, 1 mg/l BA, 1 mg/l NAA, and 2 mg/l 2, 4-D. It was possible in this study to regenerate plants from all Daucus species used in the study. Daucus carota was, also, the best Daucus species in regeneration ability and species D. durieua had the least capacity of shoot regeneration. Daucus species varied in their response to the use of hormones (growth regulators) in regeneration media. However, all of the species had the potential to produce embryos and shoots on hormone-free medium and two of them; D. durieua and D. littoralis started embryogenesis and forming green shoots while still on callusing medium. The highest percentage of surviving plants (70.8%), from test tube to mature plant, was produced by D. guttatus and the overall percentage of surviving plants from all Daucus species was 36.63%.

Key Words: acclimatization, carrot, embryogenesis, Syria.

THIRD HARMONIC GENERATION SUSCEPTIBILITY OF POLYACETYLENE IN TERMS OF THE CHAIN TEMPERATURE

M. K. SABRA

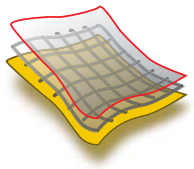
Department of Physics, Atomic Energy Commission, P. O. Box 6091, Damascus, Syria

The tight binding Hamiltonian of Su, Schrieffer and Heeger has been used to describe the physical properties of the polyacetylene chain. The chain temperature is calculated from the potential energy which is directly related to the CH group displacement. Two different forms of the displacements have been considered; random and gaussian. The third harmonic generation susceptibility spectra have been plotted in terms of the temperature using the four wave mixing formula. The results show that a second peak at the mid gap energy has occurred for room temperature which is in good agreement with the experimental data.

Key Words: Ph 73.61, An 42.65, Qn 78.66.

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

Abstracts



ARTICLES

JAMES CLERK MAXWELL

F. EVERITT
Hansen Experimental Physics Labortory, Stanford University, US

Born 175 years ago, James Clerk Maxwell carried out the first profound unification of nature's forces. Francis Everitt examines the immense contributions of the greatest mathematical physicist since Newton.

Key Words: experimental physics, molecular vortices, Maxwell's equations, statistical mechanics.

A REVOLUTION IN BITS

M. CHALMERS
Features Editor of Physics World

The Internet is transforming the way that physicists report their findings and communicate with one another. **Matthew Chalmers** begins this special issue on the future of physics publishing by showing that we are only just beginning to harness the power of the Web.

Key Words: web, internet, bits, communications.

YOU TALKIN' TO ME?

M. BUCHANAN

Photons are notoriously antisocial, But if you can get them to chat, they turn into a material made of light. Mark Buchanan investigates.

Key Words: photonic material, quantum bit, mott insulator, photonic blockade.

ULTRASENSITIVE SOLUTION-CAST QUANTUM DOT PHOTODETECTORS

G. KONSTANTATOS, I. HOWARD, A. FISCHER, S. HOOGLAND, J. CLIFFORD, E. KLEM, L. LEVINA & E. H. SARGENT
Department of Electrical and Computer Engineering, University of Toronto, 10 King's College Road, Toronto, Ontario M5S 3G4 Canada

Solution-processed electronic and optoelectronic devices offer low cost, large device area, physical flexibility and convenient materials integration compared to conventional epitaxially grown, lattice-matched, crystalline semiconductor devices. Although the electronic or optoelectronic performance of these solution-processed devices is typically inferior to that of those fabricated by conventional routes, this can be tolerated for some applications in view of the other benefits. Here we report the fabrication of solution-processed infrared photodetectors that are superior in their normalized detectivity (D*, the figure of merit for detector sensitivity) to the best epitaxially grown devices operating at room temperature. We produced the devices in a single solution-processing step, overcoating a prefabricated planar electrode array with an unpatterned layer of PbS colloidal quantum dot nanocrystals. The devices showed large photoconductive gains with responsivities greater than 10^3 AW^{-1}. The best devices exhibited a normalized detectivity D* of 1.8×10^{13} jones (1 jones=1cm $Hz^{1/2}$ W^{-1}) at 1.3μm at room temperature: today's highest performance infrared photodetectors are photovoltaic devices made from epitaxially grown InGaAs that exhibit peak D* in the 10^{12} jones range at room temperature, whereas the previous record for D* from a photo-conductive detecter lies at 10^{11} jones. The tailored selection of absorption onset energy through the quantum size effect, combined with deliberate

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

PAPERS

56 INDIRECT REGENERATION IN WILD DAUCUS SPECIES GROWING IN SYRIA

56 THIRD HARMONIC GENERATION SUSCEPTIBILITY OF POLYACETYLENE IN TERMS OF THE CHAIN TEMPERATURE

57 NITRIDATION OF POROUS GaAs BY AN ECR AMMONIA PLASMA

57 APPLICATION OF MULTIVARIATE STATISTICAL METHODS TO CLASSIFY ARCHAEOLOGICAL POTTERY FROM TEL-ALRAMAD SITE, SYRIA, BASED ON X-RAY FLUORESCENCE ANALYSIS

58 PREPARATION OF POLY(VINYL ALCOHOL) HYDROGELS CONTAINING CITRIC OR SUCCINIC ACID USING GAMMA RADIATION

58 ENVIRONMENTAL ISOTOPE STUDY OF SEAWATER INTRUSION IN THE COASTAL AQUIFER (SYRIA)

59 INTERRELATIONSHIP BETWEEN SPOT BLOTCH AND COMMON ROOT ROT IN BARLEY

59 IMPULSIVE CURRENT-INDUCED SUPERCONDUCTING JUNCTION IN SPATIALLY BROKEN SYMMETRY OF FLUXONS

60 GEOELECTRICAL INVESTIGATION FOR CHARACTERIZING THE HYDROGEOLOGICAL CONDITIONS IN SEMI ARID REGION IN KHANASSER VALLEY, SYRIA

60 MEASUREMENT OF THE FAST NEUTRON FLUX IN THE MNSR INNER IRRADIATION SITE

REPORTS

61 DIRECT DETERMINATION OF URANIUM AND CO-EXTRACTED ELEMENTS IN THE ORGANIC PHASES (D2EHPA/TOPO, TBP, TDA) IN KEROSENE BY TXRF TECHNIQUE

62 DESIGN AND INSTALLATION OF A ^{67}GA-CITRATE PRODUCTION AND DISPENSING SYSTEM

62 DEPOSITION OF AIN AND TiN THIN FILMS ON SUBSTRATES OF STAINLESS STEEL SS304 USING PLASMA FOCUS DEVICE

63 BODY MASS INDEX AN INDICATOR FOR OVERWEIGHT AND OBESITY IN HUMANS

63 DIAGNOSIS OF SICKLE CELL ANAEMIA USING PCR TECHNIQUE (POLYMERASE CHAIN REACTION)

64 THIN FILM PREPARATION VIA DIP-COATING TECHNIQUE

64 COMPUTATIONAL MODELING OF MULTI-STAGE FLASH DESALINATION PLANT

65 USE OF IN VITRO CULTURE TO EVALUATE SOME DURUM WHEAT GENOTYPES TOLERANCE TO SALINITY

65 A COMPUTER PROGRAM TO SIMULATE THE Nd-GLASS LASER

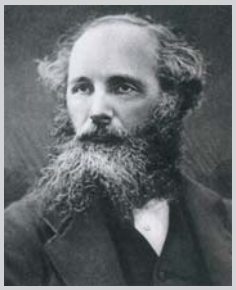
66 BIODEGRADATION OF CHLORPYRIFOS BY KLEBSIELLA SP. FROM SYRIAN ACTIVATED SLUDGE

77 ABSTRACTS OF THE ITEMS PUBLISHED IN THIS ISSUE IN ENGLISH

CONTENTS

ARTICLES

5 JAMES CLERK MAXWELL



Born 175 years ago, James Clerk Maxwell carried out the first profound unification of nature's forces. Francis Everitt examines the immense contributions of the greatest mathematical physicist since Newton.

F. EVERITT

13 A REVOLUTION IN BITS

The Internet is transforming the way that physicists report their findings and communicate with one another. Matthew Chalmers begins this special issue on the future of physics publishing by showing that we are only just beginning to harness the power of the Web.

M. CHALMERS

18 YOU TALKIN' TO ME?

Photons are notoriously antisocial, But if you can get them to chat, they turn into a material made of light. Mark Buchanan investigates.

M. BUCHANAN

22 ULTRASENSITIVE SOLUTION-CAST QUANTUM DOT PHOTODETECTORS

G. KONSTANTATOS, ET ALL

NEWS

27 SMART LENSES

Researchers are developing lenses that can alter their focal length in response to changes in their environment, as Hongrui Jiang and Liang Dong describe.

30 GREEN SHOOTS OF GROWTH

Energy from biomass is idea whose time has returned.

31 WHAT DO WE NEED TO SAY TO EACH OTHER?

The relationship between science and the people in whose name it is done has changed dramatically over the past 50 years. Bernard Dixon, who edited New Scientist during some of the most turbulent of them, looks back and discovers that something important has been left out of the mix.

33 DARK MATTER GETS ITS OWN DARK FORCE

35 NEW FORMULA FOR SCIENCE EDUCATION

Carl Wieman is developing new teaching techniques that he says give students a much more "expert" mindset.

38 POLONIUM

SCIENTIFIC HIGHLIGHT ON AN EVENT

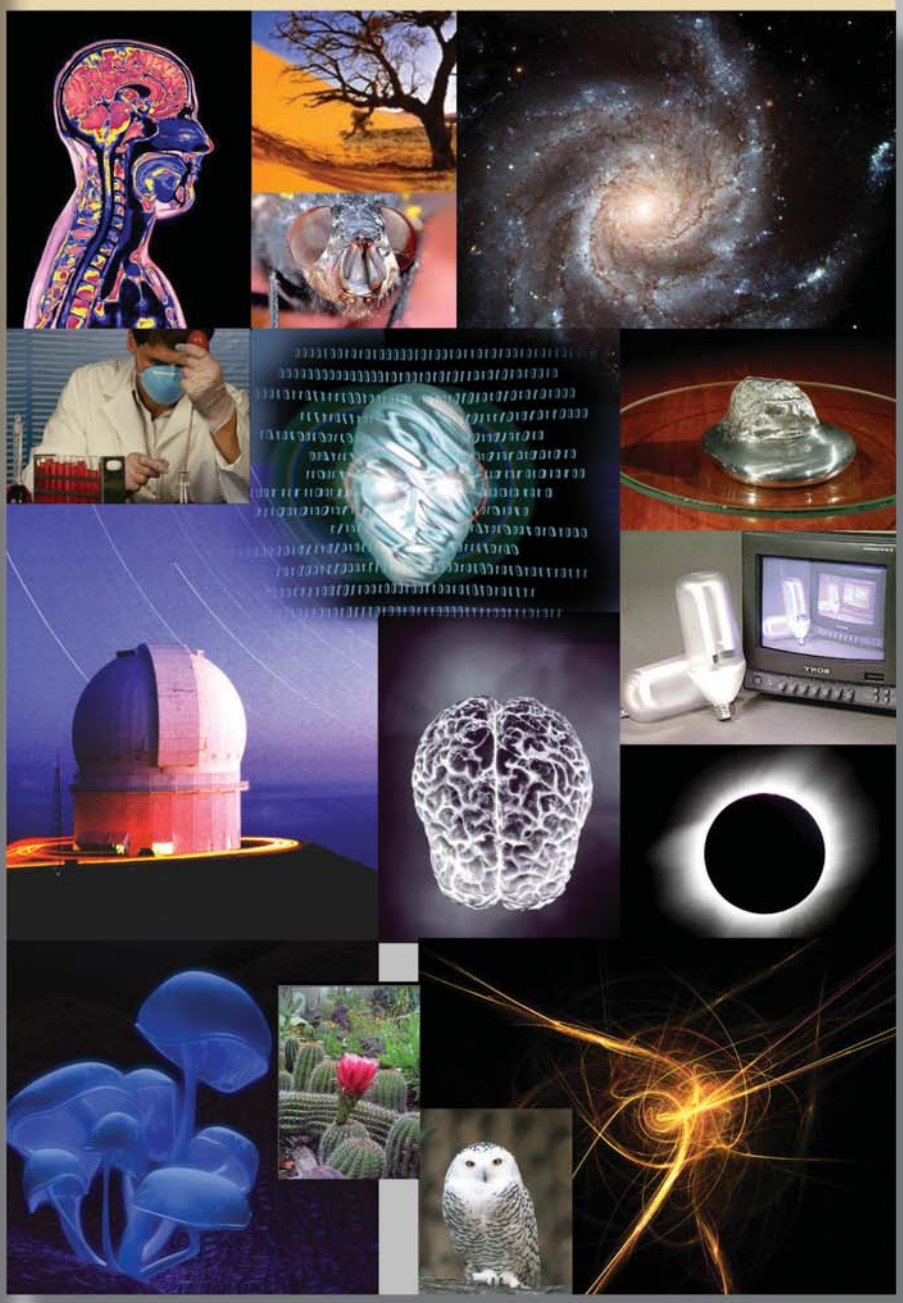
41 NUCLEAR TECHNOLOGIES IN AGRICULTURE: STATUS QUO AND APPLICATIONS

Aalam Al-Zarra

Journal of The Atomic Energy Commission of Syria

NO.109

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



Managing Editor

Dr.Ibrahim Othman

Dirctor General of A.E.C.S

Editorial Board

Dr. Adel Harfoush

Dr. Ziad Qutob