



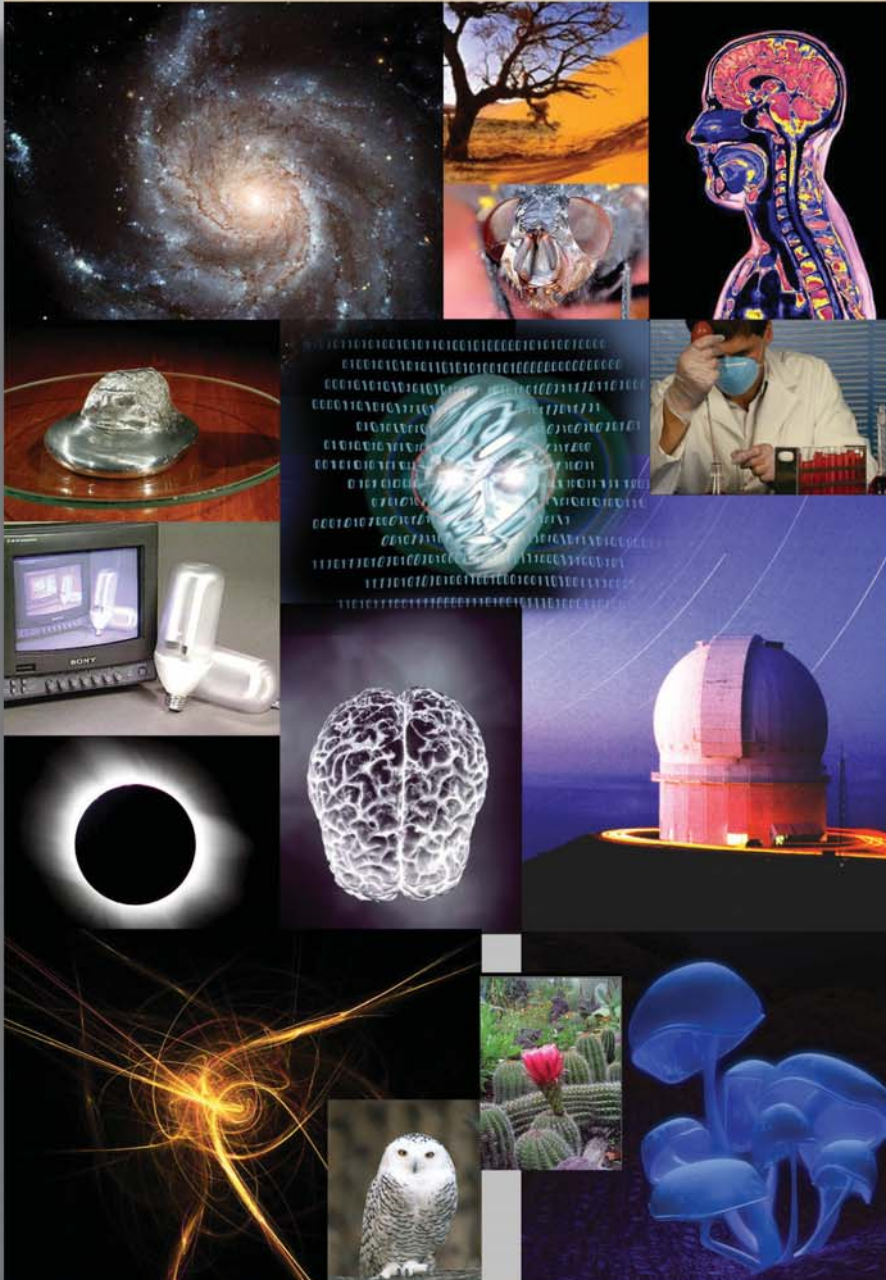
NO.110

# عالم الذرة

مجلة هيئة الطاقة الذرية السورية

## مجلة عالم الذرة

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



المدير المسؤول

الدكتور إبراهيم عثمان

المدير العام لهيئة الطاقة الذرية

هيئة التحرير

الدكتور عادل حرفوش

الدكتور زياد القطب

## المقالات

### 5 مناخ الإنذار

تتمثل النظرة التقليدية بين العلماء في اعتبار الاحترار العالمي *global warming* بفعل البشر شأنًا حقيقياً وذا إمكانية مدمرة.

ر. ليندزن

### 8 إلكترونيات ذات أنابيب كربون نانوية

للمرة الأولى تتحول محفوظات البحوث البحتة في مجال أنابيب الكربون النانوية إلى قواطع وترانزستورات ونبائط مصدرة للضوء ذات خواص مفيدة جداً.

ف. أفوريس

### 16 نموذج لمقاربة التغير المناخي

ترتفع درجة حرارة الكرة الأرضية مع احتمال حدوث عواقب كارثية. وتعتبر نماذج (موديلات) المناخ الحاسوبية المبنية على الفيزياء أفضل آملنا لإدارة التغير المناخي والتنبؤ به.

أ. اسكيفي وآخرون

### 23 هل يمكن دفن مفعول الاحترار؟

لتخفيض انبعاث ثنائي أكسيد الكربون نحو الغلاف الجوي، تقوم عدة شركات نفطية باختبار تخزين هذا الغاز الذي يسبب مفعول الاحترار وذلك في الطبقات الجيولوجية العميقة. ولكن يبقى عدد من الأسئلة العلمية بحاجة إلى حل.

ج. أ. باروش

### 29 الإبصار على جاذبة

يتعاون الفيزيائيون مع علماء طبيين على خلق غرائس شبكية يمكن أن تتيح للناس المكفوفين العيش حياة أكثر استقلالية.

إ. كارتلج

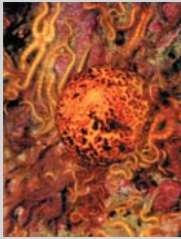
## الأخبار العلمية

33 وداعاً للأسلاك والسليكون وأهلاً بجذاذات (شيبات) البلاستيك

36 ستولد أكوان جديدة من كوننا

37 إنتاج الهيدروجين انطلاقاً من الزيوت

38 إسفنج البحري يقود الطريق نحو خلايا شمسية أرخص كلفة



39 حرب الديدان

41 تحدي الاعتدالين

الربيعي والخريفي

لقانون نيوتن

42 استبدال الإضاءة الكلاسيكية المنزلية

45 السماريوم



## إطالة علمية على حدث



48 التسونامي

## ورقات البحوث

## تقارير

- 60 حساب جداء العوامل الأربعة ( $\epsilon P_{m} P_{m}$ ) من أجل الحساب الدقيق للتفاعلية الناجمة عن الكزيتون والسماريوم في مفاعل البحث السوري منسر
- 60 بنية وآليات تفكك الأيونات  $N_2^{++}$  في تجارب التأين الضوئي الثنائي
- 61 النمذجة العددية لليزر  $Co_2$  مستمر ذي جريان محوري سريع
- 61 استخدام الاختلافات البروتينية الناجمة عن تحليل SDS-PAGE ضمن وبين المدخلات للتنبؤ بنظام التلقيح في بعض أنواع *Vicia*
- 62 مقارنة طرائق توليد السنة المناخية النموذجية TMY باستخدام بيانات عشر سنوات لمنطقة دمشق، سورية
- 62 التنبؤ بقدرة القلب ودرجة حرارته الوسطية باستعمال قياسات معدل الجرعة في مفاعل منسر السوري
- 63 استخدام التحليل العملي الإحصائي للتعرف على البصمات الطيفية للتوضعات الفسفاتية والرسوبات المحيطة بها في منطقة العوابد - التدمرية الشمالية، أواسط سورية
- 63 السلوك الحراري لأفلام بولي إيثيلين ترفتالات اللابلورية المشعة بغاما
- 64 التغيرات المكانية والشهرية لنظائر الراديوم في المياه المنتجة أثناء إنتاج النفط
- 64 نموذج حسابي لعمليتي مفتاح الجودة والليزر في الليزر النبضي  $Cr^{4+}:YAG$  المضخوخ بليزر نيودميوم زجاج
- 65 تأثير منظم النمو فينوكسيكارب Fenoxycarb وأشعة غاما على تطور خنفساء خابرة الحبوب *Trogoderma granarium Everts* وإمكانية استخدامها في حماية أو تعقيم بذور القمح من الإصابة بالخابرة
- 66 تأثير مبيد الثياكلوبيريد على أطوار النمو المختلفة عند حشرة فراشة درنات *Phthorimaea operculella Zeller* (Lepidoptera: Gelechiidae)
- 66 ضبط جودة تحليل التريتيوم في العينات المائية بتقانة الإغناء وباستخدام جهاز عداد التوميض السائل
- 67 محاكاة التنميش المحكوم بالانتثار
- 67 تأثير طرق الري ومعدلات السماد الأزوتي والفسفاتي في الإنتاج ونوعية المنتج لمحصول الشوندر السكري
- 68 إعداد واجهة تخاطبية لاستخدام الكود CITATION في بيئة النوافذ
- 68 بناء مطيافية *Construction of Coherent Antistokes Raman Spectroscopy (CARS)*
- 69 تمرين اختبار الأداء لبعض مخابرات التحليل في الدول العربية لتعيين المواد المشعة الطبيعية في عينة مرجعية من التربة الملوثة بالمياه المرافقة من حقول النفط
- 69 تعيين بعض العناصر الأثرية في عينات بيولوجية بالتفلور بالأشعة السينية (XRF) والانعكاس الكامل بالتفلور بالأشعة السينية (TXRF)
- 70 تأثير موعد إضافة كميات مختلفة من السماد الأخضر من نبات اللوكيانا في نمو نباتات ذرة السورغوم وامتصاصها للأزوت

- 1- تُرسل نسختان من مادة النشر باللغة العربية مطبوعتان بالآلة أو مكتوبتان بالحرر 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 بالحرر الأسود على أوراق مستقلة، إلا إذا كانت موجودة في المادة المطبوعة المطبوعة بلغة أجنبية (كما جاء في الفقرة "4") مرقمة حسب أماكن ورودها.
- 7- يُرسل مع المادة قائمة بالمصطلحات العلمية العربية المستخدمة فيها مع مقابلاتها الأجنبية إذا لم تكن واردة في معجم الهيئة للمصطلحات العلمية والتقنية في الطاقة الذرية الذي تم نشره في أعداد المجلة (2-18).
- 8- تكتب المصطلحات وكذلك أسماء الأعلام باللغتين العربية والأجنبية عند ورودها في النص أول مرة ومن ثم يكتفى بإيراد المقابل العربي وحده سواء أكان هذا المقابل كاملاً أو غير كامل وتستعمل في النص المؤلف أو المترجم الأرقام العربية (1، 2، 3) أينما وردت مع مراعاة كتابتها بالترتيب العربي من اليمين إلى اليسار وإذا وردت في نص معادلة أو قانون أحرف أجنبية وأرقام نكتب المعادلة أو القانون كما هي في الأصل الأجنبي.
- 9- يُشار إلى الحواشي، إن وجدت، بإشارات دالة (X، +، \*، ...) في الصفحة ذاتها، كما يشار في المتن إلى أرقام المصادر والمراجع المدرجة في الصفحة الأخيرة، وذلك بوضعها ضمن قوسين متوسطين [ ] .
- 10- ترقم مقاطع النص الأجنبي والنص العربي بترتيب واحد في حالة الترجمة.
- 11- يرحي من السادة المترجمين مراعاة الأمانة التامة في الترجمة.
- 12- تخضع مادة النشر للتقييم ولا ترد إلى أصحابها نشرت أم لم تنشر.
- 13- يمنح كل من الكاتب أو المترجم أو المراجع مكافأة مالية وفق القواعد المقررة في الهيئة.

### جميع المراسلات توجه إلى العنوان التالي:

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

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

E-mail: tapo@aec.org.sy

ISSN 1607-985X

### رسوم الاشتراك السنوي

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

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

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

ص.ب: 16005، رقم الحساب 2/3012

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

للمؤسسات (1000) ل.س.

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

### سعر العدد الواحد

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

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

### الإعلانات

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

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

# مناخ الإنذار



## سيرته الذاتية

مولود في ويبستر ماساتشوسيتس في العام 1940  
تعليمه: درجة جامعية في الفيزياء ودكتوراه في  
الرياضيات التطبيقية من جامعة هارفرد  
السلك الوظيفي: جامعة شيكاغو (1972-1967)  
جامعة هارفرد (1983-1972)  
معهد ماساتشوسيتس للتقانة (1983 وحتى الآن)  
الاهتمامات الخارجية: التصوير وراديو الهواة  
والبسط الشرقية  
الوضع العائلي: متزوج ولديه ابنان

## ريتشارد ليندزن

مناهض لإخطارية  
الناخية

## الكلمات المفتاحية

الاحترار العالمي، ثنائي أكسيد الكربون، الميثان، غازات الدفيئة، التغير المناخي.

يبدو من الصعب في هذه الأيام تجنّب الحديث عن الاحترار العالمي. وتمتلئ الصفحات الأولى للجرائد بقصص مثيرة عن كوارث في المناخ كما تحظى هذه القصص بساعات من البث على الهواء في التلفاز والمذياع. وفي الوقت نفسه يستغل السياسيون كل ساحة لتأكيد نظريتهم للبيئة. فقد وصف السير ديفيد كينغ المستشار العلمي الرئيسي لدى حكومة المملكة المتحدة تغير المناخ بأنه: "المشكلة الأقسى التي نواجهها هذه الأيام" في حين يقول آل غور النائب السابق لرئيس الولايات المتحدة الأمريكية: "لا شيء في خطر سوى بقاء الحضارة البشرية".

أما بالنسبة لريتشارد ليندزن وهو فيزيائي المناخ في معهد ماساتشوسيتس للتقانة، فإن هذا الانفجار في الاهتمام يعود إلى: "الإخطارية بدون داع baseless alarmism". وببساطة، يعتقد ليندزن الذي درس علم الأرصاد الجوية والمناخ لأكثر من 40 عاماً أن الدليل على أن البشر يرفعون حرارة الكوكب بشكل خطير لا يزداد تأييداً. ويعتقد أن زيادات منسوب البحر الواسعة الانتشار وكذلك الجفاف والفيضانات المتوقعة لن تتحقق واقعاً. ويقول أنه حتى لو كانت هذه التأثيرات محتملة، فإن المحاولات لتخفيض انبعاثات ثنائي أكسيد الكربون وغازات الدفيئة الأخرى لن تفعل في الغالب أي شيء لمنع حدوث مثل هذه الكوارث.

ويُعدّ ليندزن، الذي يبلغ عمره 66 عاماً، فذاً من حيث كونه باحث مناخ مُعتمَد يجادل علناً في القضية ضد التغير المناخي

بفعل البشر، علماً بأن أي اجتماع ضخم يتعلق بعلم البيئة يحتمل ألا توجد فيه إلا أحاديث وبوسترات قليلة جداً تعارض الأطروحة الأساسية التي تعتبر أن الاحترار العالمي هو من فعل البشر.

بيد أن ليندزن يعتقد أن هناك وافراً من علماء آخرين يشاركونه وجهات نظره لكنهم لا يعربون عنها خشية فقدان مصداقيتهم أو تمويلهم. ويقول أنه عاش الكثير مما يعتبره انحيازاً bias يمارس في بحوث المناخ. ويقول: "أعلمني العديد من مديري البرامج أن التمويل يعتمد على موضوع الاهتمام بالاحترار العالمي". ويقول: "إذا صحّ ذلك، فكيف يمكنك دراسة الأسلوب الذي يعمل به المناخ بشكل موضوعي؟"

## من أين يأتي هذا الاحترار؟

ليست لدى ليندزن أي إشكالية مع فكرة كون كوكب الأرض قد ارتفعت حرارته، ففي العام 2001 صرحت الهيئة التي شكلتها

إن الفرضية التي لا تلقى ترحيباً حول الاختلاف الذي لمسناه في درجات الحرارة هي اعتبار هذا الاختلاف طبيعياً

في خرج output الشمس والتغيرات المفاجئة في مستويات الهلالات الجوية الناتجة عن الثورات البركانية.

ويقول ليندزن: "إن أعظم فرضية عديمة الترحيب لمسناها فيما يخص الاختلاف في درجات الحرارة هي أن ذلك الاختلاف طبيعي". ولذلك يواجهنا السؤال التالي: هل هناك أي شيء يستدعي تفسيراً استثنائياً؟ أعتقد أن الجواب هو لا".

لكنه يتابع إلى أبعد من ذلك. إذ يعتقد أنه حتى لو كان الإنسان في الحقيقة مسؤولاً عن الغالبية العظمى من الاحترار المسجل في السنوات المئة الأخيرة، فلا داعي لدق ناقوس الإنذار. وفي التقرير الصادر عن مجلس الحكومات لعام 2001 فقد استنتج هذا المجلس (IPCC) أن كوكب الأرض في الفترة ما بين العام 1990 والعام 2100 سيتسخن بمقدار يتراوح ما بين  $1.4^{\circ}\text{C}$  و  $5.8^{\circ}\text{C}$ . ويعتمد المقدار الدقيق على توجهات المستقبل فيما يخص انبعاثات غازات الدفيئة وعلى الموديل النوعي المستخدم في إبراز الموضوع. وبالنسبة لليندزن، فإن هذه الأرقام بعيدة عن كونها العلامة ذات الدلالة. وهو يدعي أن موديلات المناخ التي تستخدمها مجلس الحكومات لدراسة تغير المناخ (IPCC) حساسة بشكل أكثر من اللزوم للتغيرات في تركيز ثنائي أكسيد الكربون ويقدر أن درجة حرارة الأرض سترتفع تقريباً بمعدل أعشار قليلة من الدرجة خلال القرن القادم. ومن ناقل القول أن باحثي المناخ الآخرين يختلفون بقوة مع هذا الاستنتاج (انظر المؤطر المرافق).

## لا داعي لاتخاذ أي إجراء

كتب ليندزن بنفسه جزءاً من أحد فصول تقرير عام 2001 العلمي لمجلس الحكومات حول دراسة تغير المناخ (IPCC). ورغم أنه لم يكن معنياً بتحويل أبواب الدراسة المختلفة إلى ملخص تنفيذي، فإنه يعتقد فعلاً أن ذلك قد حصل جيداً وأوجد بيانات وضعت بشكل مناسب ضمن عبارات ضبابية. ولكنه يعترض على الطريقة التي استخدمت فيها هذه الوثيقة بعد ذلك لإعداد ملخص لصانعي السياسات. فهي طريق انخرط فيها أناس حكوميون وصناعيون ومنظمات بيئية إلى جانب العلماء. ويقول إن الملخص المعد لصانعي السياسة على علته تسرّب بعد ذلك إلى الصحافة التواقفة لقصة مشوّقة وإلى السياسيين الحريصين على التلاعب بأهمية التقرير إلى الحد الأقصى الممكن لجعل تفويض العلماء لصالحهم".

ويصّب ليندزن جام غضبه على العلماء غير المختصين في بحوث المناخ والذين -حسب وجهة نظره- يستغلون أوزانهم في مناقشة تغير المناخ. ويقول إن لهؤلاء الناس "مكاناً خاصاً في جهنم". ويعدد من بين هؤلاء: اللورد (روبرت) ماي، المستشار العلمي الرئيسي السابق

الأمم المتحدة لاستقصاء ظاهرة الاحترار العالمي وكذلك المجلس بين الحكومات المكلف بمتابعة تغير المناخ (IPCC)، والذي يجتذب خبرة مئات من علماء المناخ والمهندسين والاقتصاديين وعلماء الاجتماع وآخرين عبر العالم، أن متوسط درجات الحرارة العالمية قد ارتفع بمعدل  $0.6$  درجة مئوية خلال القرن العشرين. ويعتقد ليندزن أن هذا الرقم يمكن أن يكون قريباً من الصحيح. وهو يوافق أيضاً على أن تركيز غازات الدفيئة في الجو قد ارتفع (مع زيادة في ثنائي أكسيد الكربون من حوالي 280 جزءاً بالمليون في العام 1700 تقريباً إلى حوالي 370 جزءاً بالمليون في هذه الأيام) والسبب الكامن وراء هذا هو الأنشطة البشرية. لكنه يختلف في الرأي مع مجلس الحكومات لدراسة تغير المناخ (IPCC) فيما يخص مدى الاحترار الذي يسببه هذا التركيز المتزايد، أو بعبارة أخرى، مقدار تأثير الإنسان على المناخ.

ويبين الرسم البياني "عصا الهوكي" المشهور حالياً والذي نشره مايكل مان M. Mann في العام 1999 يوم كان في جامعة فيرجينيا بالاشتراك مع زملائه أن درجات الحرارة في النصف الشمالي للكرة الأرضية فاقت خلال العقود الأخيرة القليلة من القرن العشرين ما كانت عليه خلال أية فترة مماثلة في القرون الأربعة السابقة أو حتى خلال الألفية الأخيرة. وفي هذه الأثناء قام الباحثون في مركز هادلي في المملكة المتحدة بعمل أتمودج للمناخ يعيد تركيب معطيات درجات الحرارة المأخوذة خلال المئة والخمسين سنة الأخيرة ويكون قريباً من الواقع إذا كان يتضمن تقلبات درجات الحرارة الطبيعية وكذلك المفتعلة من قبل البشر. وقد دفعت هذه الدراسات ودراسات أخرى (IPCC) إلى الاستنتاج في العام 2001 (وذلك في "ملخصها لصناع القرار") بأنه "مع أخذ الارتياحات المتبقية بالحسبان فإن من المحتمل أن يكون معظم الاحترار الملحوظ خلال الخمسين سنة الأخيرة ناتجاً عن زيادة في تراكيز غازات الدفيئة"، ومن المحتمل أن تتم تقوية هذا الاستنتاج في التقرير الأخير الذي سيصدره مجلس الحكومات المشترك لدراسة تغير المناخ (IPCC)، في هذا الشهر، حول العلوم وتغير المناخ.

على أية حال، بالنسبة لليندزن فإن المقارنة بين معطيات درجات الحرارة المسجلة والمنمجة هي من حيث الأساس مجرد تمرين على "تكييف المنحنى curve fitting" حيث يقول إن خواص رقم الآليات الطبيعية والمفتعلة بشرياً والتي يمكن أن تسخن أو تبرّد الأرض ضعيفة الفهم من جانبنا. وهو يعتقد بالفعل أن "الإشارة" المزعومة لارتفاع الحرارة بسبب بشري تحجبها بـ "ضوضاء" الارتياح من قياسات درجة الحرارة وبشكل أهم ما يتعلق بالاختلاف الداخلي للمناخ. وببساطة، فإنه يعني بالاختلاف الداخلي الديناميكية الداخلية للجو والمحيط، أكثر من العوامل الطبيعية الخارجية، مثل الاختلافات

## مدى حساسية المناخ



ضبابية القضية  
تعدّ الغيوم مصدراً رئيساً للارتياح في موديلات المناخ

إن العلامة الدالة التي تُستخدم في العادة لتوضيح حساسية المناخ هي التغير في درجة الحرارة الذي يسببه تضاعف ثنائي أكسيد الكربون ( $CO_2$ ) في الجو. ففي العام 2001 كان أفضل تقدير لذلك من قبل مجلس الحكومات لدراسة تغير المناخ (IPCC) يساوي  $2.5^\circ C$ . لكن ليندزن يعتقد أن ذلك هو تقدير مبالغ فيه. وهو يؤكد أنه بالرغم من ارتفاع مستويات ثنائي أكسيد الكربون بمعدل حوالي الثلث فقط منذ الثورة الصناعية، إلا أن حوالي ثلاثة أرباع ارتفاع الحرارة قد حدث بسبب تضاعف تركيز الغاز. ويقول إن هذا ناتج عن أن مفعول احتراق كل جزيئة ثنائي أكسيد كربون إضافية يتناقص كلما تمت إضافة كربون للجو وإنه من غير المحتمل أن يزداد تركيز غازات الدفيئة الأخرى، مثل الميثان والفيرون بشكل ملحوظ في المستقبل. إنه يعتقد أنه حتى إذا كان الإنسان مسؤولاً عن كامل ارتفاع الـ  $0.6^\circ C$  للموسم في القرن الماضي، فإنه يمكننا أن نتوقع ارتفاعاً لا يتجاوز  $0.3-0.4^\circ C$  عندما تبلغ مستويات ثنائي أكسيد الكربون 560 ppm (وحسب المسارات الحالية يتوقع حدوث ذلك بين العامين 2040 و2070).

هذا ويؤكد ليندزن أن الموديلات تسير خطأً لكونها تخفق تماماً في انتساح آليات التغذية الراجعة في منظومة المناخ. والجميع يوافقون على أنه، بناءً على الحسابات الفيزيائية البسيطة وإذا كانت غازات الدفيئة تعمل بمفردها، فإن مضاعفتها ستؤدي إلى ارتفاع يعادل  $1^\circ C$  في حرارة الكرة الأرضية. لكن الموديلات المستخدمة من قبل مجلس الحكومات لدراسة تغير المناخ (IPCC) ذات تغذية راجعة إيجابية قوية من بخار الماء الذي هو غاز دفيئة قوي. وبعبارة أخرى، فإن التبخر الأكبر في عالم أكثر حرارة سيسبب تراكيز بخار ماء أضخم في الغلاف الجوي، الأمر الذي سيقود بدوره إلى درجات حرارة سطحية أعلى. لكن ليندزن يعتقد أن صعوبة نمذجة الغيوم الفردية - الأمر الذي يعتبر إحدى المشاكل الشائكة التي تواجه علماء المناخ - تعني أنه ليس لدى الباحثين أية طريقة لمعرفة كم من بخار الماء سينتج في غيوم وينزل إلى الأرض كمبر وكم من المطر سيتبخر. كذلك يشير ليندزن إلى أن الغيوم نفسها تؤمن آليات تغذية راجعة قوية - مع الغيوم الأدنى التي تعكس الإشعاع الشمسي الداخل إلى الفضاء وبذلك تخفف الحرارة ومع الغيوم الأعلى التي تخفف كمية إشعاع الأرض الحراري الذي يتم فقده في الفضاء وبذلك تزيد الحرارة.

في الحقيقة، يعتقد ليندزن بأن الغيوم وبخار الماء، لو صحّ ذلك، يقدمان بالفعل تغذية راجعة سلبية قوية ضمن منظومة المناخ وبذلك يتم تقسيم تأثير ارتفاع درجة الحرارة بفعل غازات الدفيئة إلى نصفين. ويدعي أن مشاهدات الرصد المقيّمة على الأرض وفي الفضاء تُبين أن غيوم السحب العالية المستوى في المناطق المدارية تنكمش بقوة عندما تكون درجات حرارة السطح أعلى وتتسع عندما تكون درجات الحرارة أدنى وبذلك تعارض المنحى على السطح. ويسمي هذه العملية "تأثير القرحة تحت الحمراء" infrared iris effect مضاهة لها مع قرحة العين التي تنفتح وتتغلق لدى الاستجابة للضوء المرئي.

على أية حال، فإن غافين شميدت، الذي يعمل في نيويورك لدى معهد غودارد لدراسات الفضاء التابع لناسا، يعتقد أن تقدير ليندزن لحساسية المناخ خاطئة. وحسب قول شميدت، فإن ليندزن لم يأخذ بالحسبان بشكل جيد العطالة الحرارية للمحيطات، الأمر الذي يعني أن الكثير من ارتفاع درجة الحرارة المرتبط بالكربون في الجو اليوم لن يظهر لمدة عشرين سنة تقريباً. ويضيف أن ليندزن لم يأخذ بعين الاعتبار تأثيرات التبريد الممكنة للهالات aerosols التي ستقود، إذا تم تجاهلها، إلى تخفيض قيمة حساسية المناخ. أما فيما يتعلق بدور الغيوم وبخار الماء، فإن شميدت يدعي أن ليندزن فريد في اعتقاده أنها تفعل فعل تغذية راجعة سلبية negative feedback مضيئاً إلى ذلك وجود معطيات رصد قوية تشير الآن إلى العكس.

للمملكة المتحدة والرئيس السابق للجمعية الملكية وكذلك السير ديفيد كينغ. ويقول: "وأياً كان السبب الذي لا أدري ما هو، سواء أكان بنداً في جدول أعمال أم انحيازاً لعاطفة ما، فإن تصريحات هؤلاء الناس لا تمت بصلة إلى العلم".

لكن ألا يمكن للموديلات القوية المتزايدة أن تؤكد في نهاية المطاف أن احتراراً عالمياً بفعل البشر أخذ بالحدوث؟ ألا يمكن أن يكون من المعقول البدء بالحد من إصدارات ثنائي أكسيد الكربون كإجراء احتياطي؟ يقول ليندزن: لا. إنه يعتقد أن معاهدة كيوتو سيكون لها تأثير ضعيف في تأخير أي مستوى معين من الاحترار في سنة أو سنتين فقط وأنه من غير الواقعي أبداً النظر إلى هذه المعاهدة كخطوة أولى في سلسلة كاملة من معاهدات الانبعاثات الأكثر طموحاً في المستقبل.

وفي رأي ليندزن، لا يمكننا فعل الكثير، سوى ضمان أن تصبح الأمم غنية بالقدر الكافي لبناء دفاعات ضد الفيضانات أو أي شيء ضروري إذا ما بدأ المناخ بالانحراف. وقد يبدو هذا مرضياً للبعض، لكنه يرفض هذه المحاجة. "إن ذلك كمثل القول بأن لديك طفلاً يعاني من مرض نادر ولا أحد يعرف كيف يعالجه ويأتي معالج بالإيمان ويقول يجب أن تتبني لأنه ليس لديك بديل آخر".

بالتأكيد وبالنسبة للعموم فإن ريتشارد ليندزن يعتبر من الأقلية حين يصل اعتقاده أن الإنسان لا يسخن كوكب الأرض جيداً. ويعتقد غافين شميدت بأسلوب معارك الماضي "وأن القضايا التي يجادل فيها" قد كانت ذات مرة ارتياحات جوهرية، لكنها أصبحت اليوم مادة جاهزة في الكتب المدرسية. ومن المحتمل أيضاً أن يكون هناك العديد ممن يعتقد أنه يعمل لصالح إنقاذ كوكبنا. لكن سيكون هناك آخرون بدون شك ينظرون له كصوت معارض ضروري في قضية علمية غالباً ما تُصور على أنها حُسمت ثم عفرها الغبار.

- نشر هذا المقال في مجلة Physics World, February 2007، وتمت ترجمته في هيئة الطاقة الذرية السورية.



# إلكترونيات ذات أنابيب كربون نانوية



للمرة الأولى تتحول محفوظات البحوث البحتة في مجال أنابيب الكربون النانوية إلى قواطع

switches وترانزستورات ونبائط مصدرة للضوء ذات خواص مفيدة جداً، حسبما يشرح فيديون أفوريس.

## فيديون أفوريس

يعمل في  
مركز أبحاث  
T J و طسون  
التابع لـ IBM  
في نيويورك،  
الولايات المتحدة

شريطة أن يكون قطرها بين 1 و 2 نانومتر فقط. وهي أيضاً حلم المهندسين، لكونها تتمتع بإجهاد شد tensile strength عالٍ بصورة استثنائية (معامل يونغ فيها يعادل عشرة أضعاف مثيلها في الفولاذ) وهي تنقل الحرارة بشكل جيد على امتداد طولها. بيد أن ما يجعل أنابيب الكربون النانوية ذات اهتمام خاص في صناعة الإلكترونيات هو خواصها الكهربائية الممتازة. واعتماداً على الترتيب الدقيق لذرات الكربون يمكن أن تكون الأنابيب النانوية إما معادن أو أنصاف نواقل، حيث تشكل الأخيرة أساساً لترانزستورات مفعول الحقل (FETs) الفائقة السرعة. وفوق ذلك سيأتي يوم نستطيع فيه بناء دارات إلكترونية تكون فيها الترانزستورات النصف الناقلية المصنوعة من الأنابيب النانوية موصولة بواسطة "وصلات بينية interconnects" مصنوعة من أنابيب نانوية معدنية.

لعل ما هو أكثر إثارة أننا نستطيع الآن استخدام أنابيب الكربون النانوية لتوليد الضوء والكشف عنه. وفي الحقيقة، يمكن تشكيل نبائط من أنابيب الكربون النانوية تستطيع أن تعمل إما كترانزستورات، أو مصدرات للضوء أو مكاشيف للضوء بمجرد تغيير فطيات التغذية. كما أن المنايع الضوئية والمكاشيف الضوئية المبنية على أنابيب الكربون النانوية تفتح الباب إلى مطيافية الجزيء الواحد single-molecule spectroscopy. ويمكن لأنابيب الكربون النانوية أن تستخدم حتى لإرسال نبضات ضوئية من إحدى الجذازات (الشيبيات) المكروية إلى التي تليها وتفتح بذلك إمكانية الحصول على كتا التقائتين الإلكترونية والإلكترونية الضوئية electronic and optoelectronic technologies معاً وعلى المادة ذاتها.

### لمحة خاطفة: إلكترونيات الأنابيب النانوية

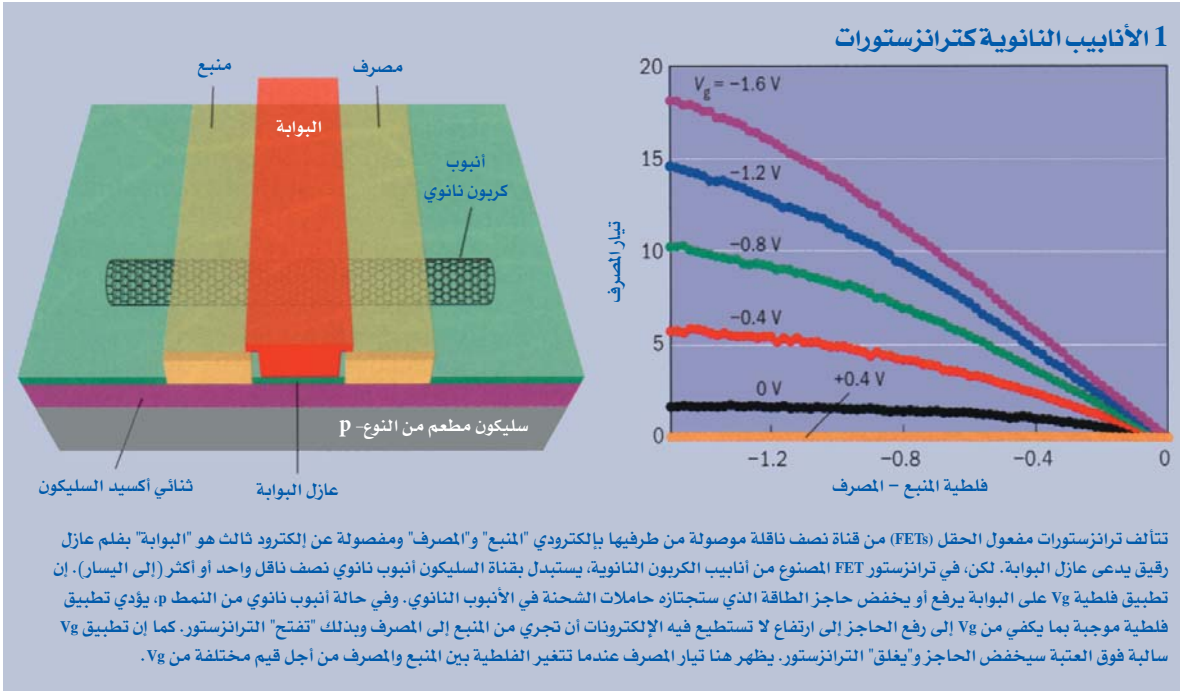
- شكّلت لأول مرة في أوائل التسعينيات من القرن الماضي، وأنابيب الكربون النانوية هي أسطوانات دقيقة مصنوعة من صفيحة ملفوفة من الغرافين- ويشار هنا إلى أن هذه المادة موجودة في الغرافيت في رصاص أقلام الرصاص.
- هذه الأنابيب الأحادية البعد الدقيقة قوية جداً ولكنها كذلك ذات خواص إلكترونية ممتازة، تجعلها قابلة للاستخدام في صنع ترانزستورات مفعول الحقل الفائقة السرعة.
- أصبح الباحثون الآن قادرين على صنع ترانزستورات من أنابيب كربون نانوية يمكن أن تجري فيها إما الإلكترونيات أو الثقب أو الاثنان معاً.
- يمكن لأنابيب الكربون النانوية التي يجري فيها نمط واحد فقط من حاملات الشحنة أن تعمل كديودات مصدرة للضوء الشديد السطوع.
- يمكن لأنابيب النانوية أن تعمل أيضاً خلايا شمسية ابتدائية عن طريق تحويل الضوء إلى أزواج من الإلكترونيات والثقب.

من الصعب أن يخطر ببالنا جانب من جوانب الحياة العصرية لم يتأثر بالتطورات التي حصلت في الإلكترونيات والحوسبة والاتصالات على مدى العقود القليلة الأخيرة، بدءاً من الهواتف النقالة mobile phones والحواشيب الحضئية laptops إلى ألعاب الفيديو Xboxes والنبائط الذكية النقالة iPods. فالكثير من هذه المنجزات التقانية قد ظهر للعيان من مقدرتنا على صنع نبائط إلكترونية صغيرة، وبخاصة ترانزستورات مفعول الحقل المبنية على السليكون والمعروفة باسم FETs، والتي أدت إلى دارات أكثر اكتنازاً، وأكبر سرعة في التشغيل وأقل استهلاكاً للطاقة. والمشكلة هي أن هذه النممة miniaturization في النبيطة أو هذا "التصغير في المقياس scaling"، لا يمكن لها أن تستمر إلى ما لانهاية؛ فهناك تحديات علمية وتقانية جوهرية تجعل من المستحيل بناء نبائط سليكونية تكون ذات أداء أفضل إذا كان حجمها دون قد معين.

إن الدلالة القوية على إمكانية التوقف عن هذا التصغير قد حثت الجهود في كل مكان من العالم لتطوير تقانات بديلة في صنع النبائط مبنية على مواد أحادية البعد أو على مواد تستثمر سبين الإلكترونيات، مثلما تستثمر الشحنة ونذكر الطرق الواعدة والأكثر بساطة، من حيث المبدأ، ومنها المحافظة على مفهوم التشغيل المعمول به اليوم في ترانزستورات مفعول الحقل (FETs) المبنية على السليكون ولكن نستبدل بالمكون الأساسي للنبيطة -وهو القناة السليكونية نصف الناقلية- بنى نانوية أحادية البعد تتمتع بخواص نقل كهربائي متعددة الإمكانيات.

نذكر من بين المواد الأحادية البعد المختلفة التي تم تطويرها، تلك التي تتمتع بالخواص المطلوبة أكثر من غيرها وهي أنابيب الكربون النانوية "الأحادية الجدار carbon nanotubes single walled"، التي صنّعها سوميو إيجيما S. Ijima أول مرة عام 1993 في مختبر الأبحاث الأساسية NEC في تسوكوبا باليابان، ودونالد بيتوني D. Bethune من مركز أبحاث ألمادن Almaden التابع لـ IBM في كاليفورنيا. وهذه المواد هي أنابيب مجوّفة مصنوعة من صفائح ملفوفة من الكربون بثخن ذرة واحدة فقط، وما عداها يعرف باسم الغرافين graphene. ويشار إلى أن الأنابيب النانوية الأحادية الجدار تحتوي على صفيحة ملفوفة واحدة فقط، بينما تحتوي الأنابيب النانوية "المتعددة الجدران multi-walled nanotubes" على عدة أنابيب متداخلة فيما بينها كالدّمى الروسية.

أنابيب الكربون النانوية تكاد تكون أجساماً أحادية البعد مثالية عندما يكون طولها عدة ميكرونات، أو حتى سنتمترات،



### سلوك خاص

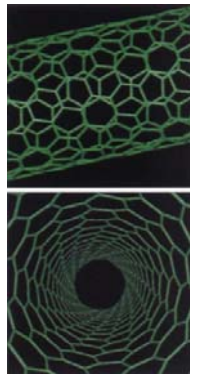
الفرعية لكل أنبوب، وهذا يؤدي، تبعاً لعلاقتها بالبنية العصبية للغرافين، إلى أن يكون الأنبوب إما معدناً أو نصف ناقل.

ومثل أي بنية جهرية (ماكروسكوبية)، فإن للإنبوب النانوي مقاومة محددة، كما أن له وسعية capacitance وتحريضية inductance محددين أيضاً، وهي تنشأ من بنية الأنبوب النانوي وكيفية تفاعله مع الأجسام. إن هذه الصفات مهمة لأنها تحدد أداء أي نبضة تصنع من الأنبوب النانوي. إن المقاومة الكلية للأنبوب النانوي صغيرة نسبياً وذلك لأن الإلكترونات فيه تتبعثر بشكل قليل جداً وذلك من عيوب واهتزازات الشبكة، مع الإشارة إلى أن هذه العيوب والاهتزازات هي المصدر المعتاد للمقاومة في المواد الكبيرة الكتلة. لكن الأنابيب النانوية لها أيضاً مقاومة مكمّاة إضافية تنشأ من نقاط التماس بين الأنبوب وأي الكترودات معدنية ماكروسكوبية أخرى تُلصق به. وهناك أيضاً أشكال أخرى من مقاومة التماس هذه، ترجع، على سبيل المثال، إلى "حواجز شوتكي schottky barriers" التي تنشأ عند السطوح البينية الفاصلة بين الإلكترونات والأنابيب النانوية النصف الناقلة أو المقاومة الطفيلية العائدة لنقاط التماس الرديئة.

إن إحدى الصفات المهمة والفريدة التي تتمتع بها أنابيب الكربون النانوية تتمثل في أن الإلكترونات تتدفق بصورة قذفية أو باليستية "palistically" إذا لم يوجد تبعثر داخل الأنبوب. وبعبارة أخرى، فإنها تتحرك من دون أن تفقد أي طاقة في العملية. وتعتمد المسافة التي يستطيع الأنبوب النانوي أن يقوم عبرها بالنقل بهذه الطريقة على عوامل

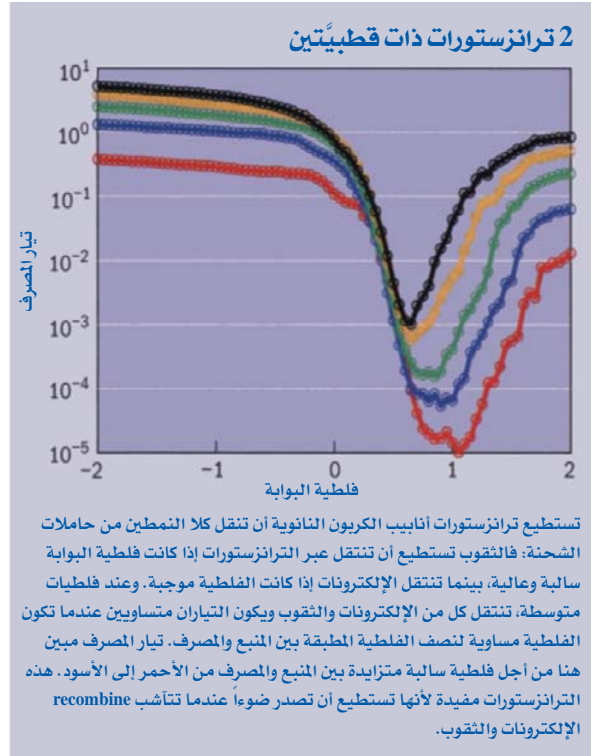
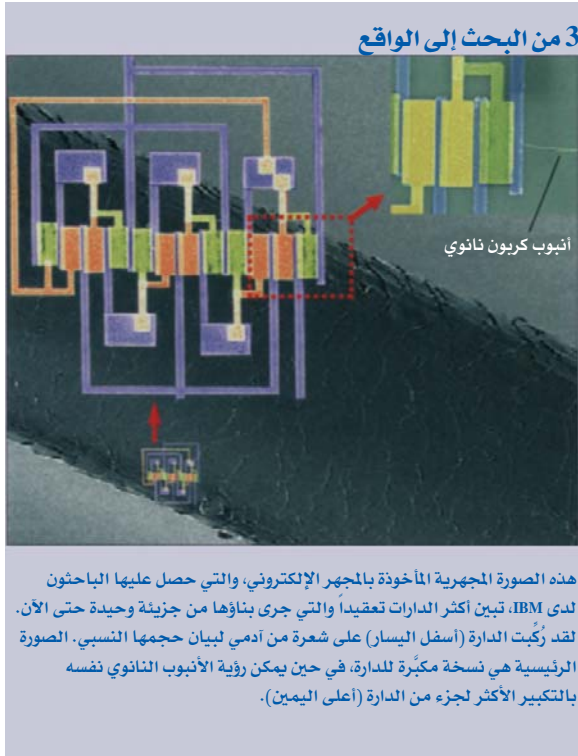
تتجم الخواص الكهربائية المتميزة لأنابيب الكربون النانوية عن البنية الإلكترونية الفريدة للغرافين، الذي هو طبقة وحيدة من ذرات الكربون تتنظم في شبكة على هيئة أقراص العسل. ويمكن فهم الفرق بين الغرافين وبين مادة نصف ناقلة نموذجية على أفضل حال إذا أخذت بالاعتبار مستويات الطاقة المستقلة لحاملات الشحنة (الإلكترونات أو ثقوب)، التي تنبعث في سلسلة من العصابات. فمن أجل نصف ناقل من النمط n، تستطيع المادة أن تسلك في النقل سلوك نصف الناقل إذا ما أثرت إلكتروناتها من أعلى عصابة طاقة مشغولة (وهي عصابة "التكافؤ") إلى أدنى عصابة غير ممتلئة (وهي عصابة "النقل"). وتعرف الفرجة الكائنة بين عصابتي التكافؤ والنقل بفرجة الطاقة band gap.

بيد أن بنية أقراص العسل في الغرافين تجعل عصابتي التكافؤ والنقل فيها تلتقيان في ست نقاط منفصلة عند طاقة أعلى حالة إلكترونية مشغولة في درجة الصفر (وهي طاقة فرمي Fermi energy). لذلك تحدث أشياء غريبة عندما تلف صفيحة الغرافيت لتشكل أنبوب الكربون النانوي. فالإلكترونات تتقيّد حركتها بكيفية تحركها حول محيط الأنبوب لأن مركبة الاندفاع حول المحيط  $k_c$  تكون مكمّاة وتساوي  $2\pi n/C$ ، حيث n عدد صحيح لا يساوي الصفر و C هي المحيط. ومن جهة أخرى، تستطيع الإلكترونات أن تتحرك بحرية على امتداد الأنبوب ومركبة الاندفاع في ذلك الاتجاه هي متغير مستمر. بيد أن استكمال  $k_c$ ، يؤدي إلى مجموعة منقطعة من عصابات الطاقة



### صغير لكنه ساطع

يمكن لأنابيب الكربون النانوية أن تصدر ضوءاً عندما تدمج في ترانزستور.



نانوي أصغر أو أردنا أن نستعمل بوابة ذات ثابت عزل أعلى، فإن وسعية البوابة تبدأ بالازدياد، وفي النهاية، يمكن أن تتجاوز  $C_0$ ، التي يمكن عندئذ أن تهيمن على الوسعية الكلية. وعند هذه النقطة يمكننا أن نبحث عن حد التصغير النهائي (الأقصى) للنبيلة لأن  $C_0$  هي الآن محكومة بالطبيعة الكمية للأنبوب النانوي، وليس ببنية النبيلة نفسها.

### الأنابيب النانوية كقواطع كهربائية

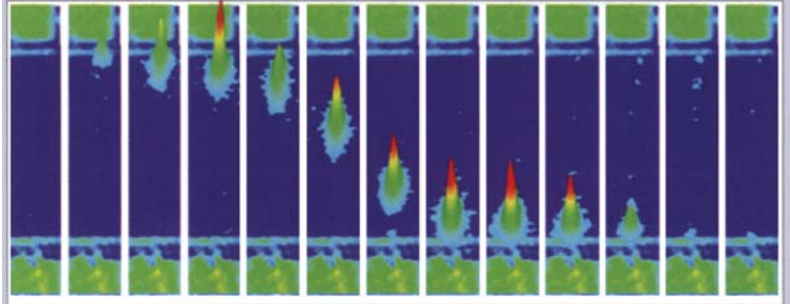
يتمثل الإغراء الرئيسي لأنابيب الكربون النانوية النصف الناقلة في أنها يمكن أن تستخدم في التشغيل والإيقاف، وهذا يعني أنه يمكن استخدامها كمادة جديدة للترانزستورات. فترانزستورات مفعول الحقل التقليدية FETs موجودة بالطبع منذ أوائل الستينيات من القرن الماضي وتُصنع عادة من قطعة من نصف ناقل، تعرف باسم القناة channel، موصولة إلى إلكترودين معدنيين يديعان المنبع source والمصرف drain. وهذه القناة مفضولة عن إلكترود البوابة gate بواسطة فلم رقيق (غشاء رقيق) من مادة عازلة يدعى عازل البوابة، وتكون عادة من ثنائي أكسيد السليكون.

**لم يكتف الباحثون لدى IBM وفي أمكنة أخرى بتصنيع نبائط من أنابيب كربون نانوية مفردة فحسب، بل وأيضاً دارات بسيطة مثل البوابات المنطقية**

متعددة، كدرجة الحرارة، والكمال البنيوي (أي خلو البنية من العيوب) ومقدار الحقل الكهربائي المسوّق. وفي شروط التشغيل النمطية، يمكن تحقيق نقل باليستي فوق أطوال تبلغ 100 نانومتر، وهذه تُعدُّ مثالية بالنسبة للنبائط الإلكترونية الحديثة. وعندما يزداد طول الأنبوب النانوي أو يزداد الحقل المطبق، فإن الإلكترونات تبدأ بالتبعثر أكثر فأكثر إلى أن تبدأ الأنابيب النانوية في النهاية، وبعد طول معين، باتباع سلوك شبيه بسلوك المواد العادية. ومع ذلك فإن الإلكترونات في هذه الأنابيب الطويلة لا تزال قابليتها للحركة أكثر بمئة مرة مما هي في مادة السليكون، الأمر الذي يعتبر خبراً عظيماً في البحث عن نبائط إلكترونية أسرع.

يملك أنبوب الكربون النانوي وسعية كمومية  $C_Q$  تبلغ  $10^{-16} \text{ F } \mu\text{m}^{-1}$  تقريباً، باعتباره جسماً معزولاً، ويعتمد الرقم الدقيق على توزيع طاقة حالاته الإلكترونية. أما إذا كان الأنبوب النانوي مندمجاً في ترانزستور مفعول الحقل FET، فنكون هناك وسعية كهراكديّة إضافية تنشأ عن مزاجية coupling الأنبوب مع النواقل المحيطة وهذه تساوي وسعية إلكترود "بوابة" الترانزستور  $C_G$  تقريباً. ولما كانت هاتان الوسعيتان موصولتين على التسلسل، فإن مجموعهما  $C_T$  يعطى بالعلاقة  $1/C_T = 1/C_G + 1/C_Q$ . وفي العادة تهيمن الوسعية  $C_G$  على الوسعية الكلية للنبيلة لأنها تكون أصغر من الوسعية  $C_Q$  بعشر مرات تقريباً. وعلى كل حال، لو حاولنا أن نجعل ترانزستور مفعول الحقل المصنوع من أنبوب كربون

4 دع الضوء هناك



تستطيع ترانزستورات الأنايبب النانوية ذات القطبيتين أن تصدر ضوءاً عندما تتأشب الإلكترونات (المنتقلة من أعلى هذا الشكل) مع الثقوب (من الأسفل). ميزة هذا النمط من النبايط على الديودات المصدرة للضوء، مثلاً، هي أن منشأ الضوء يمكن أن يتحرك بسهولة بتغيير فلطية البوابة. لذا فإن أنابيب الكربون النانوية يمكن استخدامها كمنايع ضوئية فائقة الصغر وقابلة للانضباط.

مع بعض، وهذا يعني أنه لا توجد روابط "متدلّية dangling bonds" تأسر شحنات غير مرغوب فيها. وهذا يعني، تبعاً لذلك، أنه يمكن استخدام عوازل البوابة من غير مادة ثنائي أكسيد السليكون، الذي يستخدم عادة في الترانزستورات التقليدية للتخلص من روابط السليكون المتدلّية في القناة. وفي الحقيقة، هناك مسعى كبير في الصناعة الإلكترونية للتحول عن ثنائي أكسيد السليكون نحو عوازل ذات ثوابت عزل كهربائية عالية، حسبما أوضحت في كانون الثاني/يناير الماضي إعلانات صدرت عن IBM و Intel بأنهما أنشأتا جيلاً جديداً من ترانزستورات مفعول الحقل التقليدية تستخدم عوازل الهفنيوم.

فعل الترانزستور

تتمثل إحدى الصفات المثيرة للاهتمام في ترانزستورات مفعول الحقل المصنوعة من أنابيب الكربون النانوية في أنها "ذات قطبيتين ambipolar" بصورة طبيعية، وهذا يعني أنه يمكن حقن كل من الإلكترونات والثقوب في آن واحد. وعلى النقيض من ذلك، فإن الترانزستورات التقليدية هي "أحادية القطبية unipolar" لأنها تنقل نوعاً واحداً فقط من حاملات الشحنة - إما الإلكترونات أو الثقوب. وسبب ذلك هو كون نقاط التماس المعدنية في ترانزستورات مفعول الحقل المصنوعة من أنابيب الكربون النانوية بين القناة والكترودي كل من المنبع والمصرف، اللذين يصنعان عادة من البلاديوم أو الذهب أو التيتانيوم أو الألمنيوم، ذات "تابع عمل work function" مختلف عن الأنبوب النانوي. ولذلك تتحرك الشحنة عبر السطح البيني حتى يصبح مستويًا فرميًا متساويين. ينتج عن هذا ثنائي قطب كهربائي electric dipole يعاكس انتقال مزيد من الشحنات فيتشكل حاجز شوتكي Schottky barrier.

يوجد حازان من هذا النوع في ترانزستور أنبوب الكربون النانوي - واحد عند المنبع وآخر عند المصرف. واعتماداً على الكبر النسبي للحازين بالنسبة لحاملات الشحنة المختلفة، يمكن لترانزستور مفعول الحقل أن يعمل كنيطة أحادية القطبية أحياناً وينقل نوعاً واحداً فقط من الحاملات. فالبلاديوم، على سبيل المثال، ذو تابع عمل عالٍ، وهذا يعني أن عصابة التكافؤ لأنبوب الكربون النانوي تقع بالقرب من مستوى فرمي للمعدن. وعندئذ يكون الحاجز عبر نقطة تماس المنبع منخفضاً، مما يسمح للثقوب أن تتدفق بحرية تقريباً عبر نقطة التماس. أما الإلكترونات التي تحاول أن تدخل القناة عبر نقطة التماس الأخرى فإنها ستواجه حاجزاً أعلى بكثير يمكن أن يكون بضخامة الفرجة الكائنة بين قمة عصابة التكافؤ وحضيض عصابة النقل. وعلى

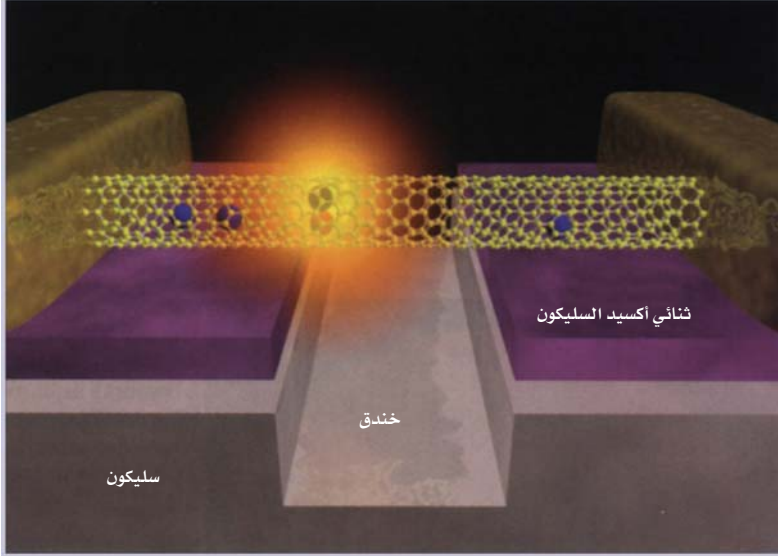
يرفع تطبيق فلطية ما على البوابة أو يخفض حاجز الطاقة لما يخص حاملات الشحنة في نصف الناقل وذلك تبعاً لقطبية الفلطة. ففي حال نصف ناقل من النمط p، حيث تكون حاملات الشحنة ثقوباً، سيؤدي تطبيق فلطية موجبة بقدر كافٍ على البوابة إلى رفع الحاجز في عصابة التكافؤ عالياً لدرجة لا تستطيع معها الثقوب أن تتدفق، وهذا يعني أن الترانزستور قد "انغلق off". كما أن تطبيق فلطية سالبة على البوابة تزيد على قيمة معينة، تدعى فلطية العتبة، سيؤدي إلى خفض الحاجز وينقل الترانزستور إلى وضع "الاشتغال on". (ويكون الأمر معكوساً بالنسبة للإلكترونات التي تسير عبر عصابة النقل في نصف ناقل من النمط n).

لقد تم تصنيع أول ترانزستورات مفعول الحقل من أنابيب الكربون النانوية في العام 1998 على يد باحثين في معهد دلفت للتقانة بهولندا، وعلى يد باحثين في IBM بنيويورك ولاحقاً في جامعة ستانفورد. تسلك هذه النبايط سلوكاً شبيهاً جداً بسلوك ترانزستورات مفعول الحقل التقليدية في العديد من النواحي باستثناء أنبوب كربون نانوي أو أكثر محل القناة السليكونية (الشكل 1). بيد أن لأنابيب النانوية فوائد فريدة عديدة كمادة قنوية. والأكثر أهمية أنها تتصرف بصورة بالسبية، الأمر الذي يفضي إلى نبايط أسرع. والأهمية الثانية، تتمثل في وجود مزاجية جيدة بين الحقل الكهربائي للبوابة وبين القناة، وهذا يعني أنه بإمكان المرء أن يجعل النبايط أقصر طولاً من دون فقد القابلية على التحكم بالتيار في القناة عبر فلطية البوابة - وهي مشكلة شائعة في ترانزستورات مفعول الحقل التقليدية.

وكذلك تتمتع أنابيب الكربون النانوية بسطوح ناعمة، فلا يوجد لذلك تبعثر على اللامتنتظمات irregularities التي في حال وجودها تخفض حركية حاملات الشحنة. وإضافة إلى ذلك، فإن كل نرات الكربون على سطح المادة مربوطة بعضها

تعد أنابيب الكربون النانوية منظومة مثالية لدراسة الظواهر الكهربائية والضوئية بالقياس النانومتري

## 5 منابع ضوئية فائقة السطوع



يمكن إصدار ضوء من ترانزستورات FET المصنعة من أنابيب كربون نانوية وحيدة القطبية حتى ولو كانت تنقل إلكترونات فقط أو ثقباً فقط لكنها لا تنقل الاثنان معاً. يمكن تحقيق ذلك بقطع خندق في القناة بحيث لا يوجد عازل بوابة بين الأنابيب النانوي والبوابة. تهبط الفلطة على امتداد القناة فجأة عند هذا الانقطاع، مكونة حقولاً كهربائية موضعية كبيرة تستطيع تسريع إلكترون إلى طاقة عالية. وبعدئذ يهبط الإلكترون إلى طاقة أخفض ويصدر زوج إلكترون وثقباً في هذه العملية. ويمكن أن يكون مردود الضوء الصادر عندما يعود هذا الزوج إلى الاتحاد حوالي 1000 مرة أكبر من المردود الناتج بتأشب بسيط في ترانزستور FET من أنابيب الكربون النانوية ذات القطبيتين.

لدى IBM وأماكن أخرى على تمكينهم من تصنيع نبائط ترانزستور مفعول الحقل من أنبوب كربون نانوي مفرد فحسب بل تجاوزه إلى دارات بسيطة مثل البوابات المنطقية. وفوق ذلك، لقد بنى الفريق الذي أقوده لدى IBM بُنى أكثر تعقيداً مثل "هزازات حلقة ring oscillators"، تحتوي على أعداد فردية من أزواج من ترانزستورات من النمط n والنمط p وهي أساسية لاختبار أداء تشغيل switching performance المواد الجديدة (الشكل 3). هذه البنى هي أنموذج مثالي لإظهار كيفية دمج عدد من نبائط أنابيب كربون نانوية لتحقيق وظيفة معينة، وتبيان توافقها مع الهندسة المعمارية architecture للدائرة التقليدية المتتممة المكونة من معدن -أكسيد- سليكون complementary metal-oxide-silicon التي تُختصر بالأحرف (CMOS). بيد أن التذبذبات في عدد الطعوم وفي مواضعها يمكن أن تكون ذات تأثير عميق على أداء النبيلة، ويُعدّ التحكم بالتطعيم في نبائط المقياس النانوي مشكلة تترافق ترانزستورات مفعول الحقل المصنوعة من الأنابيب النانوي. ولكننا أظهرنا حديثاً كيف أن السلوك ذا القطبيتين لأنبوب كربون نانوي غير مطعم وحيد، يمكن أن يُعدّل ويُستخدم ويحقق بناء CMOS باستخدام بوابات مصنوعة من معادن نوات توابع عمل مختلفة.

النقيض من ذلك، إذا صنعت نقاط التماس من معدن ذي تابع عمل منخفض، كالألومنيوم مثلاً، فإن عصابة النقل في الأنبوب النانوي تقع الآن بالقرب من مستوى فرمي للمعدن، وبذلك تسمح للإلكترونات بالتدفق، لكنها لا تسمح للثقوب.

في الحقيقة، إن الواقع هو أشد تعقيداً لأن انتقال الحاملات عبر السطح البيني بين المعدن والأنبوب النانوي يسيطر عليه العبور النفقي وفق ميكانيك الكم عبر حاجز شوتكي، وليس لكونه منشطاً حرارياً. وبعبارة أخرى، فإن ثخن الحاجز -وليس مجرد ارتفاعه- مهم أيضاً. فإذا كان كلا الحاجزين رقيقين بما فيه الكفاية، فإن كلا من الإلكترونات والثقوب يمكن حقنها في القناة. ففي هذه الترانزستورات نوات القطبيتين، تُحقن الثقوب إذا كانت فلطية البوابة ذات سلبية عالية، بينما تُحقن الإلكترونات إذا كانت الفلطة موجبة (الشكل 2). وعندما تكون فلطية البوابة على نحو يكون فيه التيار قريباً من قيمته الصغرى، فإن كلتا الحاملتين من الإلكترونات والثقوب تسهمان في التيار. وعندما تساوي فلطية البوابة بالضبط نصف الفلطة بين المنبع والمصرف، يتساوى تيارا الإلكترونات والثقوب.

تكون ترانزستورات مفعول الحقل من أنابيب الكربون النانوية، وبخاصة تلك المزودة بأنابيب ذات أقطار كبيرة أو أكاسيد بوابة رقيقة، نوات قطبيتين بطبيعتها. ولكن النبائط ذات القطبيتين من هذا النوع لا تنفع بشكل واضح، إذا أردنا استخدام مثل هذه الترانزستورات من أجل إجراء عمليات منطقية، لأننا لا نستطيع أن نجعلها في حالة تشغيل تام أو إيقاف تام. فكل ما نستطيع عمله مع نبائط كهذه هو أن نغير نوع حاملات الشحنة المتدفقة فيها. ولحسن الحظ، وكما بين كاتب هذا المقال وزملاؤه في عام 2005، هناك طريقتان يمكن بهما التخلص من السلوك ذي القطبيتين والحصول على تحويل صاف clear switching. وتتمثل الطريقة الأولى في أن نستعمل أنبوباً نانويّاً من الكربون "ذا بوابة مزدوجة double-gated": البوابة الأولى ترقق بصورة انتقائية حواجز شوتكي بينما تقوم البوابة "المركزية" الثانية بتشغيل كل جُرم النبيلة. أما الطريقة الثانية فهي كيميائية، يتم فيها تطعيم (إشابة) مناطق التماس في الترانزستور بجزيئات مانحة للإلكترونات أو جزيئات آخذة للإلكترونات كانت قد امتصت كيميائياً على سطح الأنبوب. وهكذا، فبتطعيم مناطق التماس فقط في الأنبوب واستعمال بوابة مركزية للتشغيل، يصبح الترانزستور أحادي القطبية وعندئذ نستطيع الوصول إلى سلوك شبيه بالجرمي bulk-like behaviour.

وبلغة النبائط الحقيقية، لم يقتصر نجاح الباحثين

## الإثارة

وكذلك لاحظ فريقنا في IBM تألقاً كهربائياً متموضعاً يصدر عن بقع خاصة على أنبوب نانوي أحادي الجدار حتى عندما يعمل كنبطة أحادية القطبية. ولما كان توليد الضوء يمكن أن يتم حين وجود الإلكترونات والثقوب فقط، فيمكننا أن نستنتج أن الإلكترونات والثقوب تتولد بطريقة ما عند تلك البقع. لقد بينت دراساتنا أن هذه البقع المولدة للضوء تتضمن تشكيلة متنوعة من العيوب في عازل البوابة وعند السطوح البينية بين المواد ذات ثوابت العزل المختلفة، والتي يبدو أنها تولد هبوطات في الفلطة على امتداد الأنبوب النانوي الذي يولد حقولاً كهربائية موضعية كبيرة. ويمكن لهذه الحقول أن تسرع إلكترونات بحيث يصل إلى طاقة عالية يستطيع بعدها أن يفقد بعض هذه الطاقة بالهبوط إلى حالة عصابة نقل ذات طاقة أخفض وإصدار زوج إلكترون وثقب.

إن آلية "الإثارة الصدمية impact excitation" هذه قوية في أنابيب الكربون النانوية بشكل خاص وهي تدعو للاهتمام لأسباب كثيرة. فقد وجد أن المنابع الضوئية الأحادية القطبية، على سبيل المثال، وجد أنها أشد سطوعاً وأكثر شدة من النبائط ذات القطبيتين لأن التيارات في الأولى أعلى كثيراً من الثانية. وفوق ذلك، من الممكن إعداد تفاعل متسلسل بحيث تتسارع فيه الإلكترونات والثقوب المتولدة أثناء آلية الإثارة بواسطة الحقل الكهربائي، وبالتالي يتولد مزيد من الإلكترونات والثقوب لإنتاج إصدار ضوئي أعظم.

لقد بيننا مؤخراً في IBM كيف أن الإثارة الصدمية يمكن تنفيذها في نبطة مصدرة للضوء: فقد عدلنا ترانزستور مفعول الحقل المصنوع من الأنابيب النانوية بقطع خندق في القناة بحيث لا يوجد عازل كهربائي بوابي بين قناة الأنبوب النانوي والبوابة. لذا فالفلطة على امتداد القناة تُقحم فجأة عند نقطة معينة (الشكل 5). وتستطيع الإلكترونات المتسارعة عند انقطاع العازل أن تكتسب طاقة كافية لتتجاوز عتبة الإثارة الصدمية وتولد ضوءاً ساطعاً بمرود يصل إلى أكبر بحوالي 1000 مرة من الضوء الناتج بالتأشب البسيط في ترانزستور مفعول الحقل من أنابيب الكربون النانوية ذات القطبيتين. إن الضوء من منبع ساطع نانوي المقياس من هذا النمط يمكن استخدامه، إذا تم حصره جيداً، في الاتصالات بين الجذاذات (الشيبات) inter- chip وفي مطيافية الجزيئة الوحيدة وفي تطبيقات أخرى.

وكذلك يمكن استخدام مثل هذه النبائط ذات التألق الكهربائي المتموضع كأداة تحليلية لتعيين العيوب في الأنبوب النانوي نفسه أو في عازل البوابة. وفي الوقت الراهن ليس من السهل أن تستكشف مثل هذه العيوب لدى أنابيب

إن أحد أكثر التحسينات المثيرة في أبحاث أنابيب الكربون النانوية هو الاكتشاف الحديث بأن الأنابيب النانوية يمكن أن تصدر ضوءاً. إن ذلك الاكتشاف يفتح الباب على دارات يتم فيها الاستعاضة عن التوصيلات النحاسية البينية النموذجية وإحلال أدلة موجية ضوئية optical waveguides مصنوعة من الأنابيب النانوية محلها -مما يسمح بإمكانية الحصول على دارات إلكترونية ضوئية (إلكتروضوئية) متكاملة integrated optoelectronic circuits بشكل كامل.

من المعلوم جيداً أن الإلكترونات والثقوب يمكنها أن تتأشب recombine في نصف الناقل لتطلق إما حرارة (على هيئة فونونات) أو ضوءاً (على هيئة فوتونات). وتفضي عملية التأشب المشع radiative recombination هذه إلى تألق كهربائي electroluminescence يُعد أساساً للمنابع الضوئية ذات الحالة الصلبة solid-state light sources كالديودات المصدرة للضوء، ونشير إلى أن مفتاح زيادة شدة الضوء الصادر عن ديود مصدر للضوء (LED) عملي، يكمن في توليد ما أمكن توليده من الإلكترونات والثقوب وتجميعها معاً. يمكن تحقيق ذلك عملياً عند الوصلة الكائنة بين نصفي الناقلين المطعمين ومن النمطين n و p. لكن الميزة الهامة لترانزستورات مفعول الحقل من أنابيب الكربون النانوية ذات القطبيتين هي أننا نستطيع أن نحقق كلاً من الإلكترونات والثقوب من المنبع والمصرف إلى القناة في آن معاً. إن خاصية البعد الواحد التي يتمتع بها الأنبوب النانوي تحجز كلا النوعين من حاملات الشحنة وتسوق كل نوع منها نحو النوع الآخر -وهذا يهيئ الإمكانية لمزيد من الإصدار الضوئي الكثيف (القوي).

في عام 2003 لاحظ جيمس مايسويتش J. Misewich والعالمون معه لدى IBM تأشبا مشعاً في ترانزستورات مفعول الحقل المصنوعة من أنابيب كربون نانوية ذات قطبيتين للمرة الأولى. ومع أن آلية الإصدار مشابهة للآلية الحادثة في الديودات المصدرة للضوء LED، إلا أن هناك فرقاً مهماً بينهما: فأنبوب الكربون النانوي ليس مُطعماً، وهذا يجعله أكثر سهولة في التصنيع. والأفضل من كل ذلك، هو أنه نظراً لعدم وجود وصلة p-n، فلا ينشأ الضوء من نقطة محددة على امتداد الأنبوب النانوي. وبدلاً من ذلك، يمكن أن يُحرَّك منشؤه بسهولة بتغيير فلطية البوابة. وبعبارة أخرى يمكن القول إن أنابيب الكربون النانوي يمكن أن تستخدم كمنبع ضوئي متناه في الصغر يستطيع ضبطه والتحكم به في مقياس الميكرون (الشكل 4).

حيوية نفسها بالأنبوب، فإنها تغير الحقل الكهربائي الذي تولده البوابة ومن ثم تغير التيار الجاري عبر النبيلة؛ ويدل قياس تلك التغيرات على وجود الجزيء.

ولنا أن نتساءل عن السرعة التي نتوقع أن يتم بها تحقيق هذه التطورات. إن المصد الرئيسي الذي يقف أمام تطوير إلكترونيات الأنابيب النانوية والفوتونيات يكمن في المادة ذاتها. وكالعديد من المواد النانوية الأخرى، تأتي الأنابيب النانوية بقدود عديدة وبني عديدة. والمشكلة هي أنه لا توجد لدينا في الوقت الراهن طريقة يعول عليها لإنتاج نمط واحد من أنابيب الكربون النانوية على نطاق واسع. ورغم أن هذه التقانات قد يتم تطويرها في النهاية، فإنه توجد الآن مجموعات في جامعة نورثويسترن و DuPont، على سبيل المثال، أعلنت عن عزل نمط واحد من الأنابيب النانوية من المزائج. وفي أثناء ذلك، كان يجري البرهان حتى على إمكانية أخذ محلول من الأنابيب النانوية يمكن أن "يتجمع ذاتياً" self-assemble بطريقة يمكن السيطرة فيها على رقاقة لتشكيل نموذج يمكن أن يتحول مباشرة إلى دارات إلكترونية.

تؤمن لنا أنابيب الكربون النانوية منظومة مثالية لدراسة الظواهر الكهربائية والضوئية بالقياس النانومتري. إن هذه المواد الأحادية البعد ذات الخصائص الغريبة - التي كانت لفترة طويلة في عالم الدراسات النظرية - هي الآن منفتحة على الدراسات التجريبية. إن البحث في الأنابيب النانوية يعلمنا أيضاً كيف نتعامل مع المواد النانومترية وكيف نعالجها، كما يساعدنا على تطوير تقانة نانوية بصورة عامة. ومن خلال دراسة الأنابيب النانوية، لا يوجد أدنى شك بأننا سنواصل البحث في المستقبل إلى أن نحصل على معلومات جديدة حول الفيزياء النانوية المقياس. □

نانوية مندمجة في نبيلة ما لأن المجهرية الإلكترونية النافذة (TEM) أو المجهرية النفقية المساحة (STM) لا يستطيع استخدامها.

وأخيراً، يمكن لأنابيب الكربون النانوية أن تعمل حتى كموصلات ضوئية photoconductors، يستطيع الضوء فيها أن يولد إلكترونات وثقوباً حرة. إن التيار الذي يولده الأنبوب تحت الإثارة التجاوبية يستدعي إمكان استخدام مثل هذه النبائط كمكاشيف ضوئية أو مفاتيح ضوئية photoswitches أو أدوات مطيافية spectroscopic tools نانوية الحجم. وبالمقابل، فإن تسليط الضوء على ترانزستور مفعول الحقل من الأنابيب النانوية سيولد فلطية ضوئية photo voltage ويجعله يعمل كخلية شمسية. ونستطيع أن نعزز على نحو أكبر قابلية استغلال النبيلة لضوء الشمس sunlight-harvesting ability بـ "زخرفة" الأنابيب النانوية في نقاط كمومية quantum dots أو بوليميرات مناسبة. وبعبارة أخرى، يمكن استخدام ترانزستور مفعول الحقل نفسه المصنوع من أنابيب الكربون النانوية إما كترانزستور أو كمكشاف ضوئي أو مصدر ضوئي أو كمنبع للفلطية. إن كل ما تحتاج أن تفعله هو أن تحرك المفتاح switch بين أنماط التشغيل المختلفة هذه بغية تغيير المدخول الكهربائي.

### المستقبل يكمن في الأنابيب

بالإضافة إلى استخدام الأنابيب النانوية كمفاتيح switches ومصدرات ومكاشيف للضوء، فإن لها تطبيقات أخرى أيضاً. وعلى سبيل المثال، يمكن صنع حساسات حيوية biosensors من ترانزستورات أنابيب كربون نانوية وذلك بإضافة مجموعات كيميائية إلى الأنابيب التي تلتصق ببعض الجزيئات البيولوجية الخاصة. فحينما تربط جزيئة

# نموذج لمقاربة التغير المناخي

ترتفع درجة حرارة الكرة الأرضية مع احتمال حدوث عواقب كارثية. وتعتبر نماذج (موديلات) المناخ الحاسوبية المبنية على الفيزياء أفضل آمالنا لإدارة التغير المناخي والتنبؤ به طبقاً لإيضاح آدم اسكيفي وكريس فولاند وجون ميتشيل.



## الكلمات المفتاحية

موديلات مناخية حاسوبية، احترار عالمي، تغير مناخي، غازات الدفيئة، معايير بارامترية، مفروض بشري المنشأ، حلالة

الزراعية، وسيرحل الملايين من الناس عندما يرتفع مستوى البحر. كما يمكن أن يتأثر الاقتصاد العالمي تأثراً شديداً. وتُحذّر مجلة Stern Review الحديثة، والتي فوضتها حكومة المملكة المتحدة لتقدير الموقع الاقتصادي لتغير المناخ، بأن ما بين 5 و20% من إجمالي الناتج الداخلي يمكن أن يضيع ما لم تتم وبسرعة تخفيضات كبيرة في انبعاثات غاز الدفيئة. ولكن كيف لنا أن نضع تنبؤات عن تغير المناخ، ولماذا يجب علينا أن نثق بها؟

المناخ منظومة هائلة التعقيد، تزودها الطاقة الشمسية بالوقود وتتضمن تاثرات شتى بين الجو والأرض والمحيطات. ويمكن أملنا المفضل لفهم كيفية تغير المناخ مع الزمن وكيفية إمكان تأثيرنا فيه في وضع نماذج مناخية حاسوبية تم تطويرها على مدى الخمسين سنة الماضية. ربما تكون هذه النماذج (الموديلات) المناخية هي الأكثر تعقيداً في كل العلوم وقد برهنت الآن على قيمتها وجدارتها بنجاح

من المعلن اليوم أن الأرض آخذة بالسخونة ويجري ذلك بفعلنا. ولقد اجتمع في هذا الشهر (شباط/فبراير 2007) علماء من أكثر من 60 دولة في لجنة حكومية مشتركة للتباحث في شأن التغير المناخي (اختصاراً IPCC) وأصدرت هذه اللجنة الجزء الأول من أحدث تقرير لها حول الاحترار العالمي global warming. وخلصت في تقريرها إلى أن معظم الزيادة في درجة الحرارة العالمية والبالغة  $0.5^{\circ}\text{C}$  على مدى الخمسين سنة الأخيرة عائد لانبعاثات غازات الدفيئة بفعل الإنسان. ويوحى العلم بتغيرات خفية أعظم من ذلك: فمع حلول العام 2100 يمكن أن يوازى الاحترار العالمي الأنثروبوجيني (البشري المنشأ) حوالي (6) درجات مئوية منذ العصر الجليدي الأخير.

يمكن لتبعات الاحترار العالمي أن تكون كارثية. فمع استمرار سخونة الأرض، يزداد تواتر الفيضانات والجفاف، وسترزع إمدادات المياه والمنظومات البيئية تحت التهديد، وسينبغي تغيير الممارسات



### نظرة سريعة: النمذجة أو المودلة modelling المناخية

- ♦ الرأي العلمي المجمع عليه هو أن الاحترار الملاحظ للأرض خلال نصف القرن الماضي يرجع بصورة رئيسية إلى انبعاثات غازات الدفيئة التي يسببها الإنسان.
- ♦ يعتمد التغير المناخي المتنبأ به على موديلات حاسوبية معقدة جرى تطويرها على مدى الخمسين سنة الماضية.
- ♦ الموديلات المناخية مبنية على معادلات نافير-ستوكس لجران الموائع، التي جرى حلها عددياً على شبكة تغطي الكرة الأرضية.
- ♦ لقد نجحت هذه الموديلات جداً في محاكاة المناخ في الماضي، مما أعطى الباحثين ثقة في تنبؤاتهم.
- ♦ القيمة الأكثر احتمالاً لارتفاع حرارة الأرض مع حلول العام 2100 تقع في حدود 1.4-5.8 درجة مئوية، والتي يمكن أن يكون لها عواقب فاجعة.

الأسس للنماذج (الموديلات) الحاسوبية الأولى حول الجو والتي جرى تطويرها في خمسينيات القرن العشرين. أما في سبعينيات القرن العشرين فقد أصبحت هذه الموديلات أكثر دقة من التنبؤات التي اعتمدت على خرائط الطقس وحدها، وتعني التحسينات المتواصلة منذ ذلك الوقت أن تنبؤات الأيام الثلاثة المعمول بها حالياً لا تقل دقة عن تنبؤات اليوم الواحد التي كان يُعمل بها منذ عشرين عاماً.

لكن باعتبار أن تنبؤات الطقس لا يُعول عليها لأكثر من بضعة أيام قادمة، فكيف نأمل أن نتنبأ بالطقس مثلاً لعشرات أو مئات السنين في المستقبل؟ إن جزءاً من الجواب يكمن في كون المناخ هو متوسط حالات الطقس على مر الزمن. فنحن لا نحتاج للتنبؤ بالتعاقب الصحيح للطقس لكي نتنبأ بالمناخ في المستقبل، مثلما هو الحال في الترموديناميك، حيث لا نحتاج للتنبؤ بمسار كل جزيء كي نقدر بصورة كمية الخواص الوسطية للغازات.

في ستينيات القرن الماضي وضع الباحثون المقيمون في مختبر ديناميك الموائع الجيوفيزيائي في برنستون بالولايات المتحدة، نماذج (موديلات) للتنبؤ بالطقس يحاكون بها تأثير انبعاثات CO<sub>2</sub> بفعل الناس على مناخ الأرض. ولقد دلت القياسات التي قام بها تشارلز كيلنج Ch. keeling في Muana Loa، (هاواي)، التي بدأت في عام 1957، على وجود دليل واضح على أن تركيز CO<sub>2</sub> في الجو كان أخذاً بالازدياد. وتنبأ نموذج برنستون بأن مضاعفة كمية CO<sub>2</sub> في الجو ستؤدي إلى تسخين التروبوسفير troposphere، وهو الطبقة السفلى من الغلاف الجوي، لكنها كذلك تبرد الستراتوسفير stratosphere (وهو الطبقة الأكثر ارتفاعاً من الغلاف الجوي)، أثناء تسببها الاحترار الأعظم باتجاه القطبين، وهذا يتفق مع حسابات Callender المبكرة.

### التفاصيل الأساسية لأنموذج مناخي

تتألف المنظومة المناخية من خمسة عناصر هي: الغلاف الجوي للأرض atmosphere، والمحيط ocean، والمحيط الحيوي للأرض

باهر في محاكاة مناخ الأرض الماضي. ورغم أن نمذجة المناخ تُعدُّ مجالاً متعدد الاختصاصات إلى حدٍ كبير، إلا أن جذورها تمتد إلى فيزياء ميكانيك السوائل والترموديناميك، ويتعاون الفيزيائيون في كل أنحاء العالم لتحسين هذه النماذج (الموديلات) عبر تحسين تمثيل العمليات الفيزيائية في المنظومة المناخية.

### ليست فكرة جديدة

قبل أن تنشأ المخاوف من تغير المناخ بفترة طويلة، كان العلماء على علم بأن الغازات المتشكلة بصورة طبيعية في الجو تسخن الأرض وذلك عبر أسرها إشعاع ما تحت الأحمر الذي ينبعث من الأرض. وفي الحقيقة، لولا "مفعول الدفيئة" greenhouse effect هذا (وهو الذي يبقي الأرض أسخن بحوالي 30 °C عما لو لم يكن هذا المفعول موجوداً) لما نشأت الحياة. ولقد كان الرياضياتي والفيزيائي جوزيف فورييه J. Fourier أول من وصف مفعول الدفيئة في أوائل القرن التاسع عشر، وبعده ببضعة عقود أدرك جون تيندال J. Tyndall أن غازات مثل ثنائي أكسيد الكربون وبخار الماء هي المسببات الرئيسية له، وليست المكونات الجوية الأكثر وفرة كالأزوت والأكسجين.

ينطلق غاز ثنائي أكسيد الكربون (CO<sub>2</sub>) عندما نحرق وقوداً أحفورياً fossil fuels، وأول شخص قدّر بصورة كمية مقدرة CO<sub>2</sub> على تعزيز مفعول الدفيئة كان الكيميائي السويدي سفانتي أرينيوس S. Arrhenius في القرن التاسع عشر. فلقد أجرى حساباً يدوياً توصل فيه إلى أن مضاعفة CO<sub>2</sub> في الجو ستؤدي في النهاية إلى زيادة تُقدَّر من 5 إلى 6 درجات مئوية في حرارة الكرة الأرضية—وهو رقم قريب بشكل ملحوظ من التنبؤات الحالية. في أواخر الثلاثينيات من القرن الماضي أجريت حسابات أكثر تفصيلاً قام بها المهندس البريطاني غوي كالندر G. Callendar وأوحى بحدوث احترار أقل دراماتيكية يبلغ 2 °C وذي مفعول أكبر في المناطق القطبية.

في أثناء ذلك، وفي بداية القرن العشرين، اكتشف عالم الأرصاد الجوية النرويجي فيلهيلم بجركنس V. Bjerknes علم التنبؤ بالطقس. فقد أشار إلى أنه بمعرفة الشروط الابتدائية التفصيلية والقوانين الفيزيائية ذات الصلة يصبح من الممكن

التنبؤ بشروط الطقس المستقبلية بصورة رياضية. وفي عشرينيات القرن العشرين تصدى لويس فراري ريتشاردسون L. F. Richardson لهذا التحدي مستخدماً تقنيات عديدة لحل المعادلات التفاضلية لتدفق الموائع. لقد كانت تنبؤات ريتشاردسون غير دقيقة إلى درجة كبيرة، لكن منهجيته وضعت

### تعقد النمذجة:

ينبغي أن تأخذ الموديلات المناخية بالحسبان الحرارة الآتية من الشمس، وتأثيرات السحاب، وديناميكية المحيطات والحياة النباتية.

## 1: المنظومة المناخية



تتألف المنظومة المناخية للأرض من الغلاف الجوي للأرض والمحيط والغلاف الحيوي والغلاف القري والكوكبية الأرضية. وتؤدي التأثيرات فيما بين هذه المكونات إلى تغيرية *variability* طبيعية كبيرة في المناخ، في حين تضيف التأثيرات البشرية كحرق الوقود الأحفوري تعقيداً آخر. بعض هذه العمليات، كجريان المحيط، يمكن أن تُحل بشكل واضح في الموديلات المناخية، في حين ينبغي استخدام المعايير البارامترية للعمليات الأخرى مثل تأثير السحاب.

(بيوسفير) biosphere، والغلاف القري للأرض cryosphere (الجليد والتلج)، والكوكبية الأرضية geosphere (الصخر والتربة). وتتأثر هذه المكونات على مستويات مختلفة عديدة في المكان والزمان، مما يسبب للمناخ تغيرية *variability* طبيعية كبيرة؛ وتأتي التأثيرات البشرية كانبعاثات غاز الدفيئة فتضيف تعقيداً آخر (الشكل 1). وهكذا فإن التنبؤ بالمناخ في وقت محدد في المستقبل يعتمد على قدرتنا على تضمين ما أمكننا تضمينه من هذه العمليات الأساسية في نماذجنا التي نضعها عن المناخ.

تقع معادلات نافير-ستوكس Navier-Stokes في قلب موديلات المناخ والتنبؤات عن الطقس، وهي مجموعة من المعادلات التفاضلية التي تسمح لنا أن نضع أنموذجاً (موديلاً) يمثل ديناميكية جو الأرض بمائع مستمر وقابل للانضغاط. وبإجراء تحويل للمعادلات إلى جملة إسناد مرجعية دوارة في الإحداثيات الكروية (الأرض)، نصل إلى المعادلات الأساسية للحركة بالنسبة لـ "parcel" من الهواء في كل اتجاه من الاتجاهات التالية: شرق-غرب، وشمال-جنوب، والاتجاه الشاقولي. توجد معادلات إضافية تصف الخواص الترموديناميكية لجو الأرض (انظر الشكل 2).

ولسوء الحظ، ليس ثمة حل تحليلي معلوم لمعادلات نافير-ستوكس؛ وفي الحقيقة، فإن إيجاد هكذا حل يُعدّ واحداً من أكبر

التحديات في الرياضيات. ولكنه بالمقابل فقد تم حل هذه المعادلات عددياً على شبكية ثلاثية الأبعاد من نقاط شبكية تغطي الكرة الأرضية. إن المسافة بين هذه النقاط هي التي تفرض مدى الميز resolution في هذا الأنموذج (الموديل)، وهي محدودة بالمقدرة الحسابية المتوفرة، وتساوي في الوقت الراهن 200 كيلومتر في الاتجاه الأفقي و1 كيلومتر شاقولياً، مع ميز شاقولي أدق بالقرب من سطح الأرض. إننا بحاجة إلى ميز شاقولي أكبر من الميز الأفقي لأن معظم البنى الجوية والمحيطية تكون ضحلة بالمقارنة مع عرضها.

تسمح معادلات نافير-ستوكس للمختصين بنمذجة المناخ بأن يحسبوا البارامترات الفيزيائية (مثل درجة الحرارة والرطوبة وسرعة الرياح وسواها) عند كل نقطة في الشبكة في لحظة واحدة بالاستناد إلى قيمها في زمن سابق. إن الفاصل الزمني (أو الفسحة الزمنية timestep) المستخدم ينبغي أن يكون قصيراً لدرجة كافية، بحيث يعطي حلولاً صحيحة ومستقرة عددياً. ولكن كلما كانت هذه الفسحة الزمنية أقصر كان الزمن الذي يحتاجه الحاسوب لتنفيذ النموذج أطول. تستخدم موديلات المناخ الحالية فسحات زمنية تساوي 30 دقيقة تقريباً، في حين تستخدم الموديلات الأساسية ذاتها ولكن بفسحات زمنية أقصر وميز مكاني أعلى من أجل التنبؤ بالطقس.

## ربما تكون النماذج المناخية هي الأكثر تعقيداً في كل العلوم وقد برهنت الآن على قيمتها وجدارتها بنجاح باهر في محاكاة مناخ الأرض الماضي.

بيد أن بعض العمليات التي تؤثر على مناخنا تحدث على مقاييس حيزية (مكانية) أصغر أو زمنية أقصر من ميز هذه الموديلات. فالسحب، على سبيل المثال، تستطيع أن تسخن الجو بإطلاق حرارة متأخرة (لاطية) latent heat، وهي تتأثر بشدة أيضاً مع الإشعاع تحت الأحمر والإشعاع المرئي. لكن معظم السحب تكون أصغر بمئات المرات من ميز الموديلات الحاسوبية النمطية. فإذا ما تمت نمذجة السحب بصورة غير صحيحة، فستكون المحاكيات المناخية خاطئة بشكل خطير.

يتعامل منمذجو المناخ مع مثل عمليات ما دون الميز sub-resolution processes هذه باستخدام تقنية تدعى المعايير البارامترية parametrization، حيث تمثل فيها العمليات ذات المقياس الصغير بقيم وسطية على صندوق شبكة صيغت باستخدام المشاهدات observations، والنظرية theory ودراسات حالة case studies مأخوذة من نماذج ذات ميز عالٍ. وتتضمن أمثلة المعايير البارامترية للسحب

## 2: جوهر الموديل المناخي

### قانون نيوتن الثاني

$$\frac{D_r u}{Dt} - \frac{uv \tan \phi}{r} - 2\Omega \sin \phi v + \frac{c_{pd} \theta}{r \cos \phi} \frac{\partial \Pi}{\partial \lambda} = - \left( \frac{uw}{r} + 2\Omega \cos \phi w \right) + S^u$$

$$\frac{D_r v}{Dt} + \frac{u^2 \tan \phi}{r} + 2\Omega \sin \phi u + \frac{c_{pd} \theta}{r} \frac{\partial \Pi}{\partial \phi} = - \left( \frac{vw}{r} \right) + S^v$$

$$\frac{D_r w}{Dt} + c_{pd} \theta \frac{\partial \Pi}{\partial r} + \frac{\partial \Pi}{\partial r} = \left( \frac{u^2 + v^2}{r} \right) + 2\Omega \cos \phi u + S^w$$

### استمرارية الكتلة

$$\frac{D_r}{Dt} \left( \rho_d r^2 \cos \phi \right) + \rho_d r^2 \cos \phi \left[ \frac{\partial}{\partial \lambda} \left( \frac{u}{r \cos \phi} \right) + \frac{\partial}{\partial \phi} \left( \frac{v}{r} \right) + \frac{\partial w}{\partial r} \right] = 0$$

### الترموديناميك

$$\frac{D_r \theta}{Dt} = S^\theta$$

تشكل معادلات نافير-ستوكس في جريان الموائع جوهر الموديلات المناخية. وتمثل المعادلات الثلاث الأولى قانون نيوتن الثاني وتعطي تسارع الرياح في الاتجاهات شرق-غرب ( $u$ )، شمال-جنوب ( $v$ ) والاتجاه الشاقولي ( $w$ ). إن معادلة استمرارية الكتلة تؤكد أنه بالرغم من أن كثافة وسرعة واتجاه الهواء تتغير عند جريانها حول الأرض، فإن كتلتها تبقى محفوظة، أما المعادلة الترموديناميكية فتسمح بإدخال عمليات الانتقال الحراري، مثل التسخين بواسطة الشمس، كحدٍ منبع ( $S$ ) تمّ اعتباره وسيطاً. نستخدم المعادلات نفسها كي نمذج ديناميكية المحيط، ولكننا في العادة نجري تقريبات أكثر تبسيطاً. تمثل  $r$  في المعادلات المسافة من مركز الأرض، و  $\Omega$  هي السرعة الزاوية لدوران الأرض، و  $\Phi$  هي خط العرض، و  $\lambda$  هي خط الطول و  $t$  هي الزمن.  $c_p$  هي السعة الحرارية النوعية للهواء عند ضغط ثابت، و  $\theta$  هي درجة الحرارة الحقيقية الممكنة. أما  $\Pi$  فهي "دالة إكسندر" للضغط و  $\rho$  تمثل كثافة الهواء. ويشير الرمز الدليلي السفلي "d" إلى الهواء الجاف.

كون هذا الإشعاع يتم امتصاصه وإصداره وتبعثره من قبل غازات الجو، كبخار الماء وثنائي أكسيد الكربون والأوزون وفق توزيعات غير منتظمة، فإننا بحاجة إلى إيجاد التركيز الوسطي للغازات المختلفة في صندوق شبكة ثم نضم هذا إلى معطيات طيفية لكل غاز. إن معدل التسخين الإجمالي المحسوب هذا يضاف إلى "حد المصدر source term" في المعادلة الترموديناميكية (انظر الشكل 2).

كما أن طبوغرافيا سطح الأرض، كخواصه الاحتكاكية وانعكاسيته reflectivity تتباين عند المقاييس الأصغر من ميز الموديل. وهذه أمور مهمة لأنها تتحكم بتبادل كل من الاندفاع momentum، والحرارة والرطوبة بين الجو و سطح الأرض. ولكي نحسب هذه التبادلات وندخلها في حدود المصدر في الاندفاع والمعادلات الترموديناميكية، فإن على منمذجي المناخ أن يعايروا بارامترية الاضطراب الجوي. وهناك جداول معايرة بارامترية أخرى عديدة يجري الآن تضمينها وتحسينها في فن الموديلات المتطور بما في ذلك الثلوج البحرية وخصائص التربة، والحللات aerosoles الجوية وكذلك الكيمياء الجوية.

وبالإضافة إلى تحسين المعايرة البارامترية، ربما تحقق أكبر تقدم حصل في النمذجة المناخية في الخمس عشرة سنة الماضية عبر اقتران الموديلات الجوية مع موديلات المحيط الديناميكية. فالمحيط يُعدُّ حاسماً بالنسبة للمناخ لأنه يتحكم بتدفق بخار الماء والحرارة المتأخرة إلى الجو، وكذلك باختزان كمية كبيرة من الحرارة وثنائي أكسيد الكربون  $CO_2$ . ففي الموديل المقترن هذا تتم محاكاة تمام المحيط باستخدام المعادلات ذاتها التي تصف حركة الجو. وهذا مناقض للموديلات الأقدم التي تسمى "موديلات البلاطة slab models"، التي مثلت المحيط بكل بساطة بكتلة مستقرة من الماء تستطيع أن تتبادل حرارة مع الجو. وتتوخى هذه الموديلات المبالغة في سرعة تسخين المحيطات لدى ارتفاع درجة حرارة الكرة الأرضية.

### المفروضات وأشكال التغذية الراجعة

القضية الأكثر إلحاحاً التي تواجه منمذجي المناخ اليوم هي الأثر الذي يوقعه الناس في منظومة المناخ. إذ إن المعايرة البارامترية للتأثرات بين مكونات منظومة المناخ تسمح للموديلات بمحاكاة التغييرية الطبيعية natural variability الكبيرة للمناخ. لكن يمكن أن يكون للعوامل الخارجية أو المفروضات الإشعاعية radiative forcings (التي تتضمن أيضاً عوامل طبيعية كاندفاع البراكين أو التغيرات في النشاط الشمسي) تأثير جذري على الميزان الإشعاعي radiation balance لمنظومة المناخ.

يشكل انبعاث  $CO_2$  أهم المفروضات البشرية المنشأ. فقد ارتفع تركيز

"جداول الحمل الحراري" convective schemes التي تصف الهطول المطري المداري الغزير الذي يجفف الجو من خلال التكاثر ويسخنه عبر إطلاق الحرارة المتأخرة كما تتضمن "جداول السُّحب" cloud schemes التي تستخدم الرياح ودرجات الحرارة والرطوبة المحسوبة بواسطة النموذج كي تحاكي تشكل السُّحب وانحسارها وتأثيرها على الإشعاع.

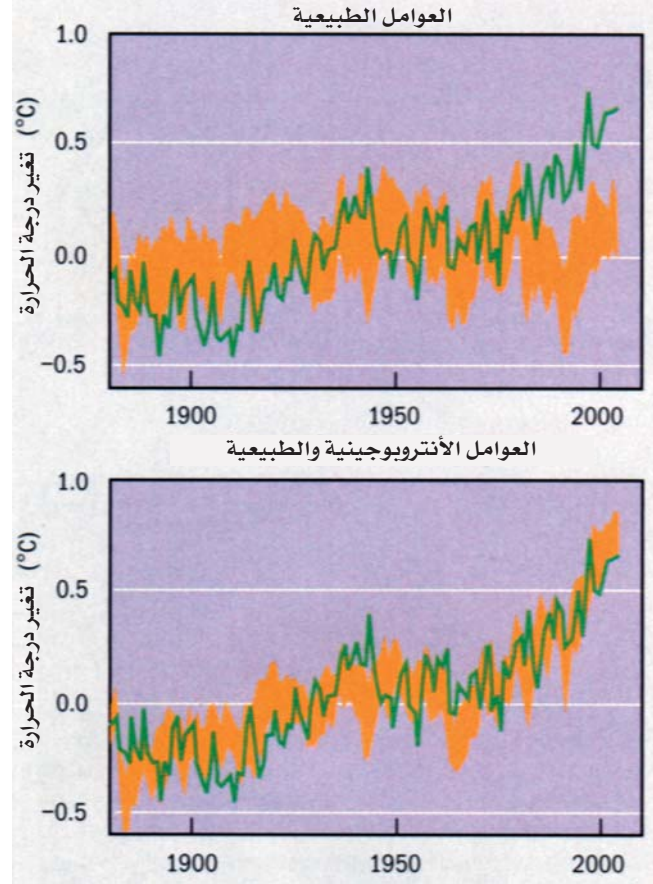
تشكّل تآثرات المعايرة البارامترية في المنظومة المناخية جزءاً رئيساً من بحث نمذجة المناخ. فالدخل الخارجي الرئيسي إلى مناخ الأرض، على سبيل المثال، هو الإشعاع الكهرطيسي الآتي من الشمس، لذا فالطريقة التي يتفاعل بها الإشعاع مع جو الأرض ومع المحيط و سطح اليابسة ينبغي أن يتم وصفها بدقة. وبالنظر إلى

## 3: أسباب الاحترار العالمي

ليس ثنائي أكسيد الكربون هو المفروض البشري المنشأ الوحيد. فعلى سبيل المثال، استخدم جيم هانسن J. Hansen، من معهد غودارت للدراسات الفضائية في الولايات المتحدة، وزملاؤه في العام 1988 موديلاً مناخياً لتوضيح أهمية غازات الدفيئة الأخرى مثل الميثان وأكسيد النتروز والكلوروفلوروكربون (CFCs)، التي تتورط أيضاً بشكل منفصل في استنزاف طبقة الأوزون. إضافة إلى ذلك، وفي الثمانينيات من القرن الماضي وُجد أن جسيمات الحلاوة الكبريتية sulphate aerosol في طبقة الجو السفلى والنااتجة من الكبريت في إصدارات الوقود الأحفوري تبعثر الضوء المرئي وتعيده إلى الفضاء وبذلك تبرّد المناخ بصورة ملموسة. ولقد تمّ تضمين هذا المفعول المهم لأول مرة في موديل مناخي أعدّه في عام 1995 أحد مؤلفي هذا المقال (JM) وزملاؤه في مركز هادلي. كما أن للحللات تأثيراً غير مباشر على المناخ من خلال تسببها في جعل قطيرات السحاب أصغر وبذلك تزيد من الانعكاسية وتطيل أعمار الغيوم. هذا وتتضمن أحدث الموديلات هذه التأثيرات غير المباشرة، وكذلك الحللات البركانية الطبيعية، وجسيمات الغبار المعدنية والحللات غير السلفاتية الناتجة من احتراق الوقود الأحفوري والكتلة الحيوية.

ولجعل الأمور أكثر تعقيداً، يمكن تضخيم تأثيرات المفروضات المناخية أو تقليلها عبر تشكيلة منوعة من آليات التغذية الراجعة. فعلى سبيل المثال، بمجرد أن تذوب الصفائح الجليدية ينخفض مفعول التبريد الذي تولّده من خلال عكس الإشعاع بعيداً عن الأرض - وهي عملية تغذية راجعة موجبة تُعرف باسم مفعول الانعكاسية في الثلج ice-albedo effect. وهناك عملية تغذية راجعة هامة أخرى وهي التي كانت قد تضمنتها الموديلات في السنوات القليلة الماضية تتعلق بامتصاص وإصدار غازات الدفيئة من قبل المحيط الحيوي biosphere. ففي العام 2000 بين بيتر كوكس P.Cox، (وكان وقتئذٍ يعمل في مركز هادلي) أن الاحترار العالمي يمكن أن يؤدي إلى موت الحياة النباتية في مناطق مثل الغابات المطرية الأمازونية من خلال الهطل المطري المتناقص، وكذلك التنفس البكتيري المتزايد في التربة. ويشار إلى أن كلا الأمرين يطلقان ثنائي أكسيد كربون إضافي إلى الجو، الأمر الذي يؤدي بدوره إلى مزيد من الاحترار.

هذا ولقد كان التحسن الذي طرأ على قوة الحساب منذ سبعينيات القرن الماضي عاملاً حاسماً في إتاحة تضمين عمليات إضافية في الموديلات. ورغم أن الموديلات الحالية تحتوي بصورة نموذجية على مليون خط من الكودات، فإننا ما نزال نستطيع محاكاة سنوات من زمن الموديل يومياً، مما يمكننا من القيام بمحاكيات مرات عديدة باستخدام قيم بارامترية فيزيائية مختلفة قليلاً عن بعضها (انظر على سبيل المثال الموقع [www.climateprediction.net](http://www.climateprediction.net) على الإنترنت).

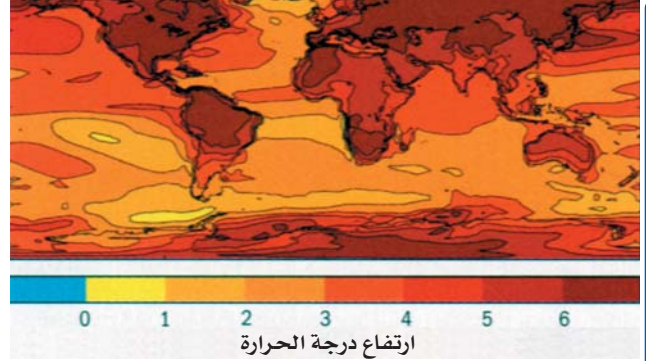


لا تستطيع الموديلات المناخية (اللون الأزرق) أن تمثل التغير الملاحظ في درجة حرارة الأرض على مدى القرن الماضي (اللون الأخضر) إلا بإدخال مضاعفيل المفروضات forcings الطبيعية والأنتروبوجينية (في الأسفل). يمثل سمك الشريط الارتياح (انحرافان نظاميان) العائد لتغيرية المناخ.

ثنائي أكسيد الكربون في الجو من 280 ppm إلى 380 ppm منذ الثورة الصناعية، ونظراً لديمومته لفترة طويلة في الجو (حوالي قرن من الزمن) فإن ثنائي أكسيد الكربون يحظى بتأثير بعيد المدى على مناخنا.

وفي حين كانت الموديلات القديمة تستطيع إبلاغنا مقدار احترار "التوازن" النهائي الذي يسببه تضاعف تركيز  $CO_2$  مثلاً، فإنها لم تكن تستطيع أن تتنبأ بدقة كيف ستتغير درجة الحرارة بدلالة الزمن. ولكن لما كانت موديلات (المحيط-الجو) المقترنة تستطيع محاكاة الاحترار البطيء للمحيطات، فإنها تسمح لنا أن نتنبأ بهذه "الاستجابة المناخية الانتقالية". ومن المهم للغاية أن هذه الموديلات الموافقة لأحدث المستجدات تتيح لنا أيضاً بأن ندخل انبعاثات متغيرة مع مرور الزمن كي نتنبأ كيف سيتغير المناخ مع زيادة المفروضات البشرية المنشأ.

#### 4: الاحترار السطحي في القرن الحادي والعشرين



تتنبأ الموديلات المناخية بشكل جغرافي متناسق في احترار سطح الأرض، وهو مبين هنا بمثابة التغير الحاصل بدءاً من فترة ما قبل الصناعة إلى ثمانينيات هذا القرن. والمحيطات، بصورة خاصة، يتوقع لها أن تسخن ببطء أكبر من اليابسة، في حين تسخن المناطق ذات العرض الجغرافي الكبير (القطبية) أسرع من المناطق المدارية بسبب التغذية الراجعة الموجبة عندما يذوب الثلج والجليد.

ويسمح لنا هذا بتقدير مدى حساسية تنبؤات الموديلات المناخية للارتياحات في هذه القيم. ومع ازدياد القوة الحسابية وزيادة ميز الموديل أكثر فأكثر، سنكون قادرين على حل المزيد من العمليات بشكل صريح فنقل ذلك من الحاجة إلى المعايرة البارامترية parameterization.

يمكن تقدير دقة الموديلات المناخية في عدد من الطرق. ومن أهم الاختبارات التي تجرى على موديل مناخي ما أن تحاكي "مناخاً حالياً" مستقراً لآلاف من السنين في غياب المفروضات forcings. وفي الواقع، تستطيع الموديلات الآن إنتاج مناخات بتغيرات طفيفة في درجة الحرارة السطحية في القرن الواحد ولكن مع تبدلات سنوية وفصلية وإقليمية تقلد تلك التبدلات للموسم. وهذه تشمل التيارات النفاثة jet currents، والرياح التجارية trade winds، والمنخفضات الجوية depressions والأعاصير المضادة anticyclones التي يصعب حتى على المتنبئ الجوي الأكثر خبرة أن يميزها عن الطقس الحقيقي، ويتناول الأمر حتى الاختلافات السنوية الكبرى مثل تقلب النينو الجنوبي EL Nino-Southern Oscillation.

هناك اختبار حاسم آخر لموديلات المناخ يتمثل في أن بإمكانها أن تعيد انتساخ reproduce تغير مناخي شهود في الماضي. ففي أواسط التسعينيات من القرن الماضي عزز بن سانتر B. Santer لدى مختبر لورنس ليفرمور الوطني في الولايات المتحدة وزملاؤه الجدل بأن البشر يؤثران على المناخ وذلك بإظهارهم أن الموديلات المناخية لا تضمن المحاكاة الناجحة للنموذج الحيوي (المكاني) لتغير المناخ في القرن العشرين إلا إذا ضمنوها التأثيرات البشرية المنشأ. وحديثاً

جداً بين بيتر ستوت P. Stott والعاملون معه في مركز هادلي أن هذا يصح أيضاً على تطور درجة حرارة الأرض global temperature (انظر الشكل 3). وتوضح مثل هذه النتائج قدرة الموديلات المناخية على السماح لنا بإضافة أو حذف مفروضات forcings واحدة تلو الأخرى من أجل تمييز التأثيرات التي يسببها الإنسان في المناخ.

ويمكن أن تُختبر الموديلات المناخية إزاء شروط مناخية مختلفة جداً في الماضي السحيق، كالعصر الجليدي الأخير منذ 9000 عام وطور الاحترار الهولوسيني الذي أعقبه. ونظراً لعدم توفر معطيات جهازية من هذا الزمن، فإن اختبار هذه الموديلات يتم إزاء مشعرات مؤشرة indicators proxy لتغير درجة الحرارة، مثل حلقات الأشجار أو لبوب الجليد ice core. صحيح أن هذه المعطيات لا تتمتع بمصداقية قياسات الزمن الحاضر، لكن الموديلات المناخية أعادت بنجاح انتساخ ظواهر تُستقر من المعطيات (مثل تقدم الصحراء الكبرى sahara جنوباً) طيلة الـ 9000 سنة الأخيرة.

#### التنبؤ بالمستقبل

بعد أن أنجزنا موديلات واختبرناها إزاء معطيات المناخ في الحاضر والماضي، نتساءل عما تخبرنا النماذج حول ما سيؤول إليه تغير المناخ في السنوات القادمة؟ أولاً، نحن بحاجة إلى أن ندخل سيناريو لانبعاثات emissions المستقبل من غازات الدفيئة. فهناك عدة سيناريوهات مختلفة مبنية على تقديرات لعوامل اقتصادية واجتماعية، وهذا الأمر هو أحد المصادر الكبرى للارتياح في التنبؤ المناخي. ولكن حتى لو حُفّضت انبعاثات غاز الدفيئة بصورة جذرية، فإن عمر CO<sub>2</sub> الجوي الطويل يعني أننا لا نستطيع تفادي مزيد من التغير في المناخ نظراً لأن CO<sub>2</sub> موجود أصلاً في الجو.

تتفاوت التنبؤات بين موديلات المناخ المختلفة المستحدثة في أرجاء العالم، كما تتفاوت بسبب التفاصيل الدقيقة للمعايرة البارامترية داخل تلك الموديلات. فالمعايرة البارامترية للسحب تسهم بصورة خاصة بالارتياح لأن السحب تستطيع فعل شيئين: تبرّد الجو المحيط من خلال الانعكاس أو تُسخنّه بانبعاثات مشعة مَحْفُضَة. وتؤدي مثل هذه الارتياحات إلى تقدير أفضل يذكره تقرير IPCC الثالث في العام 2001 حول احترار عالمي في حدود 1.4-5.8 درجات مئوية مع اقتراب عام 2100 مقارنة بعام 1990.

ومع ذلك، ورغم الارتياحات، فإن كل الموديلات تبين أن الأرض ستسخن في القرن القادم، في نسقٍ مُتَّسِقٍ (الشكل 4). وعلى سبيل المثال تعطي التغذية الراجعة الموجبة بفعل عاكسية الجليد ice-albedo effect تسخيناً أكبر بالقرب من القطبين، وعلى الأخص في مناطق القطب الشمالي. أما المحيطات، فإنها من جهة أخرى، ستسخن

من نشوء فصول نماء طويلة ومسالك شحن بحري جديدة في القارة القطبية عندما يتراجع جليد البحر- فإن الغالبية العظمى من التأثيرات تكون أقرب إلى السلبية. فمن المنتظر أن تعمل الشروط الأسخن على إجهاد stress العديد من الغابات والمحاصيل المدارية؛ في حين يصبح أمراً مألوفاً مع حلول العام 2050، رؤية حوادث مثل موجة حرّ عام 2003 التي أدت إلى موت عشرات الألوف من الأوربيين وذلك في خارج المنطقة المدارية. لقد تمّ التنبؤ بأن يكون هذا العام هو العام الأشدّ حراً على الأيام القياسية.

نحن الآن في مرحلة حرجة من التاريخ، إذ لا تقتصر موجوداتنا على تأثير معقول سيصيب مناخ الأرض فحسب، بل لأننا نطور أيضاً إمكانيةً للتنبؤ بخصوص هذا التأثير. إن التنبؤ بالمناخ هو واحد من البرامج الدولية الأكبر التي تصدى لها البحث العلمي على الإطلاق وأدى في العام 1997 إلى بروتوكول كيوتو الذي وضعت الأمم المتحدة لمواجهة انبعاثات غاز الدفيئة. ورغم أن هذا البروتوكول قد أفضى حتى الآن إلى بضعة تغييرات في تراكيز غازات الدفيئة الجوية، فإن هذا الاتفاق المعلمي يهدد السبيل لمزيد من التحقيقات في الانبعاثات الأخرى، صحيح أننا مازلنا بحاجة إلى نمذجة أفضل لتغيرات مناخية فصلية وإقليمية من أجل تحسين تقديراتنا لتأثيرات تغير مناخ أنتروبوجيني، بيد أننا نواجه الآن تحدياً واضحاً يتمثل في استخدام التنبؤات المناخية القائمة بحكمة وتطوير سياسات تخفيف وتكيف مسؤولة لنقي أنفسنا ونحمي ما تبقى من الجو الحيوي للأرض.

ببطء يفوق سرعة سخونة اليابسة وذلك بسبب عطالتها الحرارية الكبيرة. ويُتوقع أن يزداد الهطل المطري الوسطي لأن الهواء الأسخن يستطيع أن يحمل كمية ماء أكبر قبل أن يصبح مُشبعاً. ولكن هذه القدرة الإضافية للرطوبة الجوية ستؤدي إلى مزيد من البحر، وإلى تحفيف التربة وارتفاع في درجات الحرارة في المناطق القارية في الصيف.

يُتوقع لمستوى البحار أن يرتفع حوالي 40 cm (بارتياب ملموس) مع حلول عام 2100 ويعود ذلك بصورة كبيرة إلى التمدد الحراري للمحيطات وذوبان جليد اليابسة. صحيح أن هذا الارتفاع قد يبدو طفيفاً، لكن الكثير من السكان يقطنون في المناطق الساحلية وسيكونون معرضين للخطر من الفيضان المعزز بالعواصف - ففي بنغلاديش، على سبيل المثال، قد يجلو ملايين عديدة من الناس. وعلى المدى الطويل، ثمة مخاوف خطيرة تتعلق بذوبان الصفائح الجليدية في غرينلاند ومناطق القطب الجنوبي التي يمكنها أن تؤدي إلى زيادات أكبر بكثير في مستوى البحر.

مازلنا بحاجة ملحة لتحسين النمذجة ورصد العديد من العمليات من أجل تنقيح التنبؤات المناخية، وبخاصة على المقياسين الفصلي والإقليمي. فمثلاً، لا تزال الأعاصير المصحوبة بالمطر والرعد والبرق، والأعاصير الاستوائية (التيفونات) لايجري تمثيلها في عدد كبير من الموديلات، كما أن فهمنا لظواهر أخرى مثل تيار الخليج gulf stream ضعيف بسبب نقص المشاهدات. وعليه، فإننا لسنا على يقين بالكيفية التي قد تتغير بها الأعاصير والعواصف الأخرى نتيجة للاحتراز العالمي، وإلى أي مدى نحن على مقربة من تباطؤ كبير في تيار الخليج.

وبالرغم من أن هذه التنبؤات سيتناولها المزيد من التنقيح والتهديب، هناك العديد من الأسباب تدعو للثقة بتنبؤات الموديلات المناخية الحالية. فهي فوق كل شيء مبنية على قوانين راسخة في الفيزياء وهي تجسد أفضل معرفة لدينا حول التأثيرات وآليات التغذية الراجعة في المنظومة المناخية. وتستطيع الموديلات أن تتنبأ ببراعة عن الطقس على مدى بضعة أيام؛ كما أنها تقوم بعمل متميز في إعادة تمثيل المناخ الحالي في كل أنحاء العالم وكذلك درجة الحرارة الإجمالية الوسطية طيلة القرن المنصرم. يضاف إلى ذلك أنها تحاكي بشكل مثير المناخات المختلفة للعصر الجليدي الأخير وطور الاحتراز الهولوسيني، اللذين كانا نتيجة لمفروضات forcings مشابهة في قدها للمفروض البشري المنشأ (الأنثروبوجيني) المتوقع مع نهاية القرن الحادي والعشرين.

ورغم احتمال وجود نواح إيجابية للاحتراز العالمي - نذكر على سبيل المثال المناطق البعيدة عن خط الاستواء التي قد تعاني

#### المؤلفون:

آدم اسكيني وكريس فولاند من مركز هادلي للتنبؤ المناخي والبحث، وزارة الأرصاد الجوية، المملكة المتحدة.

جون ميتشيل عالم رئيسي، وزارة الأرصاد الجوية، المملكة المتحدة.

نشر هذا المقال في مجلة Physics World, February 2007، وتمت ترجمته في هيئة الطاقة الذرية السورية.

صدرت في العام 2006 على أن الغاز CO<sub>2</sub> يحلُّ الصخور محدثاً فيها مسارب يخرج من خلالها إلى السطح. ولكن هذا الأمر ليس خطيراً إذا كان التفاعل العكسي المتمثل في ترسيبه، يحدث في الوقت نفسه.

المالحة العميقة وعروق الكربون غير المستثمرة والطبقات البازلتية. تهدف هذه الدراسات إلى تقييم أخطار التسربات الناجمة عن التفاعلات الكيميائية والميكانيكية بين الغاز والصخور. وتدل النتائج العديدة لهذه الدراسات والتي

**بِكلمتين** ثمة حل لتخفيض كمية ثنائي أكسيد الكربون المنطلق نحو الغلاف الجوي يمكن في تجميعه عند مصدره وحفظه تحت الأرض. وقد جرت دراسة لعدة أنماط من مواقع التجميع: منها حقول البترول ومستودعات المياه

# هل يمكن دفن مفعول الاحترار؟

بقلم | جاك أوليفير باروش

صحفي في مجلة La Recherche

**ملخص** | لتخفيض انبعاث ثنائي أكسيد الكربون نحو الغلاف الجوي، تقوم عدة شركات نفطية باختبار تخزين هذا الغاز الذي يسبب مفعول الاحترار وذلك في الطبقات الجيولوجية العميقة. ولكن يبقى عدد من الأسئلة العلمية بحاجة إلى حل.

## الكلمات المفتاحية

تخزين ثنائي أكسيد الكربون، طبقات جيولوجية، مفعول الاحترار، تطور المناخ، ثنائي أكسيد الكربون الصلب.

منذ عشر سنوات بحقن مليون طن من ثنائي أكسيد الكربون سنوياً في الحوض المائي المالح العميق. وتسهم المعطيات الناتجة بكونها أساساً للدراسات حول التخزين في الطبقات الجيولوجية.

لقد أثار نموذج تخزين CO<sub>2</sub> في سلبينر موجة من المنافسة، إذ يقوم العديد من شركات النفط والغاز بحقن CO<sub>2</sub> تجريبياً في الحقل النفطي فريو Frio في تكساس وفي حقل وايرن Weyburn في كندا وفي منجم الغاز K12B في هولندا وفي حقل انصلاح In-Salah في الجزائر. وسيعاد غاز CO<sub>2</sub> المنطلق من منجم الغاز Snohvit النرويجي إليه بدءاً من الصيف القادم. وفي الوقت نفسه سيبدأ معهد بحث ألماني في حقن CO<sub>2</sub> في كترن Ketzin بالقرب من برلين.

## ألف سنة على الأقل

من الجدير بالذكر أنه تم الشروع في عمليات التخزين الأولية هذه على الرغم من عدم وجود أي تأكيد على مواصلتها، إذ يجب احتجاز CO<sub>2</sub> في أماكن تخزينية لألف سنة أو أكثر، وهي المدة اللازمة لتثبيت محتوى الغلاف الجوي من هذا الغاز. أضف إلى ذلك أن تسرب أكثر من 0.1% من هذا الغاز، بحسب الـ GIEC يفقده الميزة البيئية. كما أن عمليات تحرر CO<sub>2</sub> المفاجئة تضع صحة السكان في خطر. فما تزال كارثة بحيرة نيوس Nyos في الكاميرون ماثلة في الأذهان حتى الآن، حين تم في العام 1986 انفلات كيلومتر مكعب من CO<sub>2</sub> بشكل مفاجئ من جيب طبيعي، مما أودى بحياة أكثر من 1700 شخص. وتدل النتائج التي تم الحصول عليها في العام 2006 أنه يجب تقييم هذا الخطر جيداً قبل الإقدام على حقن CO<sub>2</sub> بمقاييس صناعية.

**يدخل** غاز ثنائي أكسيد الكربون (CO<sub>2</sub>) في أعماق الأرض ويتغلغل في رمال أوتسيرا Utsira تحت البحرية المغممة بالماء المالح في بحر الشمال. هنا ينحل جزء من هذا الغاز في الحوض المائي، في حين يعاود الجزء المتبقي، والأقل كثافة من الماء، الصعود وينتشر تحت الطبقة الطينية. وتجري في كل عام، بدءاً من العام 1996، إعادة حقن مليون طن من غاز CO<sub>2</sub> في سلبينر Sleipner في النرويج. ولم يكن لدى شركة ستيتويل Statoil من خيار. فقد كانت تستخلص CO<sub>2</sub> غير المفيد في نفس الوقت الذي تستخلص فيه الميثان من ذلك المنجم. ومنذ العام 1991 تهدد الحكومة النرويجية تلك الشركة بدفع غرامة تقدر بنحو 400 كرون (نحو 50 يورو) عن كل طن من CO<sub>2</sub> تنشره في الغلاف الجوي.

لقد أشادت جميع الدول المتطورة، في مؤتمر نيروبي حول بروتوكول كيوتو Kyoto في تشرين الثاني/نوفمبر 2006، بفكرة تخزين ثنائي أكسيد الكربون في الطبقات الجيولوجية العميقة. وتعتبر هذه العملية أيضاً، في رأي مجموعة الخبراء الحكوميين حول تطور المناخ GIEC، أحد الحلول لتجنب تزايد تركيز هذا الغاز في الغلاف الجوي مسبباً مفعول الاحترار [1]. ومما أكد هذا التزايد الأرقام الأخيرة التي صدرت عن منظمة الأرصاد الجوية العالمية في مستهل تشرين الثاني/نوفمبر 2006، فقد بلغت النسبة الحجمية لثنائي أكسيد الكربون في العام 2005 ما مقداره 379.1 جزءاً من مليون جزء، أي أعلى بنحو 0.53% مما بلغت في العام 2004. وهو رقم قياسي.

تقوم الشركة النرويجية ستيتويل في سلبينر في بحر الشمال

فهذا الأمر يعتمد على موقع التخزين وكذلك على تفاعلات CO<sub>2</sub> مع الصخور المحيطة.

إن كمية غاز ثنائي أكسيد الكربون التي تنطلق سنويا نتيجة للفاعليات البشرية والتي تقدر بنحو 23.5 مليار طن (23.5 Gt CO<sub>2</sub>) ليست معنية كلها بالتخزين في عمق الأرض. وأيضا هل يكون بالإمكان تجميع الغاز عند مصدره وإرساله في أنابيب خاصة نحو موقع لتخزينه بالقرب من مكان إصداره؟ يبدو هذا الأمر قابلا للتحقيق في المحطات الكهربائية الحرارية، وفي معامل الإسمنت ومعامل الفولاذ وفي قطاع النفط طبعاً، بدءاً من استرداد الغازات الهيدروكربونية وحتى تحويلها في المصانع البتروكيميائية. وقد بلغت كمية CO<sub>2</sub> القابلة للتجميع في العام 2005، ما مقداره 13.5 GtCO<sub>2</sub> نجمت عن 7887 موقعا صناعيا في العالم، وأمام مثل هذا المعدل، مع معرفتنا مسبقاً بأنه سيتم تجاوزه، فإنه لا بد من إيجاد مكان كافٍ لاحتجاز 2700 GtCO<sub>2</sub> في القرنين المقبلين. فما عساه يكون اتساع الخزانات؟

## المواقع النفطية

يجري نقاش حول عدة تشكيلات جيولوجية عميقة (الشكل 1). وقد رأينا أن شركات النفط ترى في إعادة تحويل CO<sub>2</sub> عملية مربحة وتحسن من صورتها في التعامل مع مناجمها الهيدروكربونية. فهي تملك المهارة اللازمة للقيام بذلك. فمنذ العام 1972، تاريخ أول تجميع لهذا الغاز بمساعدة قطاع البترول، كانت شركات النفط في تكساس تستحصل نحو 20% من الهيدروكربونات المتبقية في المكامن عمليا عن طريق حقن الماء أو CO<sub>2</sub> المضغوط وإلا اعتبرت هذه المكامن بحكم الناضبة. وحجتهم في ذلك أن هذه المركبات الهيدروكربونية لو أنها أقامت عدة ملايين من السنين لأمكن لـ CO<sub>2</sub> المسيل أن يخضع للأمر نفسه، وهم يأملون ابتكار كفاءات جديدة وأسواق جديدة. وفقا لـ GIEC يمكن تخزين من 675 إلى 900 GtCO<sub>2</sub> في مثل هذه الخزانات.

كما يصرح مالكو بعض عروق الكربون غير المستثمرة والغنية بالميتان بأن عملية تخزين CO<sub>2</sub> مربحة اقتصاديا، وذلك لأن الكربون يمتص CO<sub>2</sub> بشكل انتقائي، أي أننا نحصل على الميتان من خلال CO<sub>2</sub>. وقد جرت تجربة في حوض سيليزي silesie البولوني، استمرت حتى العام 2004، بالتعاون مع المعهد الفرنسي للبترول IFP وغاز فرنسا. وكانت نتائج هذه التجربة مخيبة للأمل، نظرا لضعف نفوذية الكربون الأوربي. فالميتان مثله مثل ثنائي أكسيد الكربون لا يمكن لهما أن يتسربا عبر الكربون إلا بفضل الكسور التي كان يجب إحداثها في العروق. ولكي تكون العملية مجزية، فقد تطلب الأمر تحرير مول

تقوم الشركة النرويجية ستيتويل في سليبتر في بحر الشمال منذ عشر سنوات بحقن مليون طن من ثنائي أكسيد الكربون سنويا في الحوض المائي المالح العميق. وتسهم المعطيات الناتجة بكونها أساسا للدراسات حول التخزين في الطبقات الجيولوجية.

من CH<sub>4</sub> لكل 4 مولات من CO<sub>2</sub>. وبما أن هذا الأمر لم يتحقق فقد اعتبرت هذه الطريقة غير فعالة في أوروبا. في حين قال يان لوغالو Yann Le Gallo من IFP "أما عروق الكربون فيما وراء الأطلسي فهي على العكس، تتميز بنفوذية أفضل، وبإمكانها أن تتلاءم مع هذه العملية". وقد قُدرت سعتها التخزينية بنحو 200 GtCO<sub>2</sub>.

يمكن للحل الثالث أن يناسب كل الدول تقريبا، ويتمثل بمستودعات المياه المالحة، وهي الصخور المسامية الممتلئة بالماء المالح في كل أحواض الكوكب الرسوبية. يمكنها إجمالاً أن تحوي، بحسب المصادر، بين 400





و  $10000 \text{ GtCO}_2$ . ويرتبط هذا الارتياح بعدم تعرّفنا هذه التشكيلات الجيولوجية بشكل جيد. يكتب ألكسندر روجي Alexander Rojey من الـ IFP حول السبب قائلاً "إن هذه التشكيلات لا تحوي أي منبع مهم" [2]. والحجم الذي يمكن استثماره غير معروف جيداً. وهو لا يمكن أن يكون إلا الجزء العلوي من المواقع حيث ينتشر  $\text{CO}_2$  تحت الطبقة الطينية أو الملحية غير النفوذة. ويمكن لهذا الحجم أن يكون أصغر فيما لو كان الحقن لا يتم إلا تحت تقعرات هذه الطبقات، التي يُحتجز فيها  $\text{CO}_2$  الأخف من الماء.

## الهجرة ممكنة

أما التساؤل المهم الآخر في حالة كلٍّ من أنواع الطبقات الجيولوجية الثلاث فإنه يتعلق بفعالية التخزين. إذ يمكن أن تتجم تسربات غازية من الطبقة العلوية للخزان كما تتجم عن الخزان نفسه عندما يلامس السطح أو عندما يكون على تماس مع طبقة مائية باطنية. يجب قبل الحقن التأكد، طبعاً، من غياب التصدعات أو الآبار التي سبق حفرها. وهو أمر ليس بالأكثر صعوبة.

إن الحقن بحد ذاته يُحوّر من الخزان. فالغاز  $\text{CO}_2$  الذي لا رائحة له ولا لون، ليس عاطلاً. فهو غاز حمضي يتفاعل كيميائياً مع الصخور الأساسية. وقد نشر يوسف خاراكا Youssif Kharaka وزملاؤه العاملون في الخدمات الجيولوجية في الولايات المتحدة في تموز الماضي نتائج خبرتهم بمستودع الماء المالح فريو في تكساس. حيث قاموا بحقن 1600 طن من  $\text{CO}_2$  فيه، خلال عشرة أيام، ثم راقبوا حالة الصخور على بعد 30 m من المستودع من خلال بئر آخر تم اقتطاع عينات منه [3]، فوجدوا أن الحموضة المفاجئة للمحلول الملحي قد

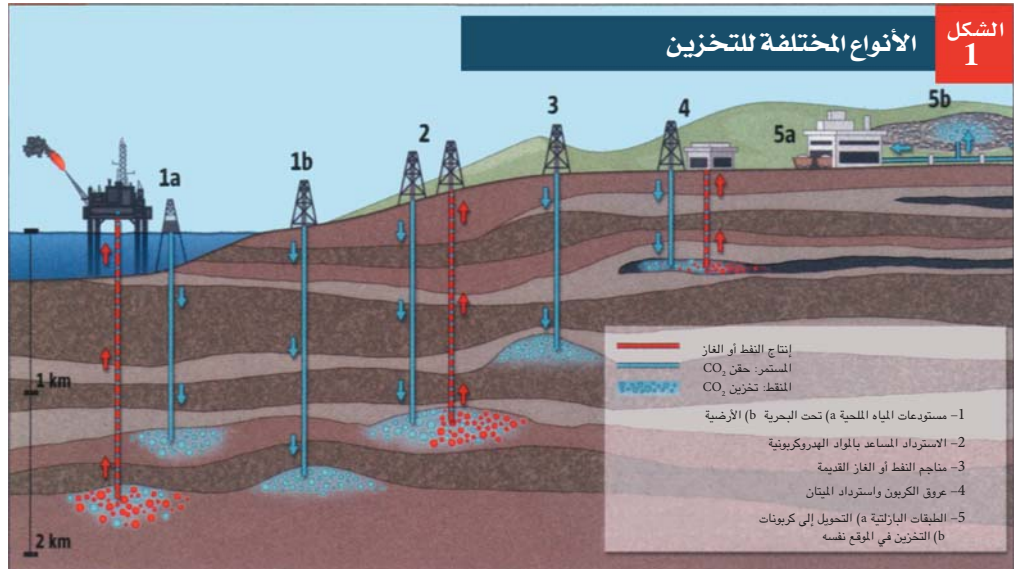
سرّعت من انحلال الفلزات، الأمر الذي زاد من مسامية المقلع الممتلئ بالماء محدثاً بالتالي مسارب يمكن أن يتخذها  $\text{CO}_2$  لمغادرتها.

لا يستدعي هذا الأمر دهشة المختصين، فهم يعتقدون بأن هذا الانحلال للصخور الذي يحرر أيونات الكالسيوم أو المغنيزيوم يتوازن بمرور الزمن مع تشكل الرسوبيات التي تسد بشكل جزئي الثقوب المستحدثة. ويعود الماء المالح ببطء إلى حالته السابقة (الشكل 2)، ويؤكد فانسان لاغنو Vincent Iagneau، من مركز العلوم الجيولوجية في كلية المناجم، ذلك بقوله: "إن هذا التوازن يستغرق وقتاً طويلاً ليتحقق في مقالع الأحواض المائية".

تتحول الصخور في الحقول النفطية بفعل غاز  $\text{CO}_2$ . وفي اجتماع الاتحاد الجيولوجي الأمريكي في منتصف كانون الأول، قدّم ويون هان Weon Han من كلية المناجم والتكنولوجيا في المكسيك الجديدة، مثلاً عن

أحد مواقع الحوض التكساس Texan في برميان Permian الذي تستخدم فيه طريقة التجميع المساعدة منذ العام [4] 1972. وقد انتهى هذا الجيولوجي لدى استعراض المعطيات التي جمعها عن الموقع، إلى أن ملايين الأطنان السبعة من  $\text{CO}_2$  التي ما تزال في الخزان قد أدت إلى تحويل الصخور، ولم يستغرق هذا الأمر إلا بضع عشرات السنين. ولكن ليس بشكل متجانس. وتدل الدراسات على أن مسامية الصخر ونفوذته قد تغيرتا بشكل يختلف من نقطة إلى أخرى في الموقع.

وفيما يتعلق بالصلصال الذي يفترض بأنه يؤدي دور غطاء خزاني، فإن البارامترات التي تخص انحلاله غير معروفة في أغلب الأحيان. ومع ذلك يحدث هذا التفاعل. إن الصور



أنواع متعددة لمواقع التخزين قيد الدراسة. أولاً حقول النفط أو الغاز سواء أكانت مهجورة (3) أو في طريقها للنضوب. يسمح حقن  $\text{CO}_2$  في هذه الحالة باسترداد المزيد من المواد الهيدروكربونية (3). ومن بين الأفكار الأخرى نذكر عروق الكربون غير المستثمرة (4)، طبقات ومستودعات الماء المالح العميقة (1). يمكن أيضاً حقن  $\text{CO}_2$  في الصخور البازلتية إما عن طريق المصانع التي ربما تجرش فيها الصخور (5a) وأما في مكانها في التشكيلات الجيولوجية (5b).

الغربي من فرنسا أو في Kashagan في بحر كاسبين Caspienne. إن هذه الغازات التي يتم جمعها عند مخارج المحطات الحرارية تحوي حتى بعد ترشيحها، آثارا من أكاسيد الأوزون والكبريت، كما يمكن للأحياء الدقيقة الموجودة في الأعماق أو التي تحقن مع المائع الغازي أن تتغير من سير التفاعلات الكيميائية.

إن التفاعلات الكيميائية سواء في المستودعات المائية أو المناجم الهيدروكربونية أو عروق الفحم ليست وحدها المسؤولة عن التسربات الممكنة، وذلك لأن  $CO_2$  يحقن في طور يدعى الطور الحرج الفائق الذي يتحقق عندما تزيد درجة حرارته عن  $13\text{ }^\circ\text{C}$  وضغطه عن 74 bars. فالحقن عند هذا الضغط لن يمر دون أن يؤثر في الصخور. فعند مثل هذا الانضغاط تكون الصدمة على النحو الذي يبينه موقع سليببر النرويجي (الشكل 3)، الأمر الذي يغير نفوذية الموقع مجدداً.

وكذلك تحدث شقوق يمكن أن يتسرب  $CO_2$  عن طريقها صاعداً نحو السطح. ويعرف العاملون في النفط كيف يستغلون هذه الخاصية في الصخور المسامية: فعندما تبدأ الحقول بالنضوب يزيدون ضغط المائع المحقون فيها لإحداث شقوق مكروية بصدمات هدرولية.

الزلزالية المأخوذة في سليببر قبل حقن  $CO_2$  وبعده تدل على أن  $CO_2$  قد عبر طبقات رقيقة من الطين بعد أقل من خمس سنوات فقط، منذ بداية الحقن في عام 1996 إلى 1999 (الشكل 3)، في حين أن الطبقة الرئيسية التي يزيد سمكها على 600 m قد ظلت سليمة.

يجب بالإضافة إلى ذلك التحفظ على جميع هذه النتائج الخاصة، إذ إن عمليات المراقبة تعوزها الدقة. فعندما نريد دراسة موقع بمجمله تستخدم الصور الزلزالية التي غالباً ما يخضع تفسيرها للنقاش. ولدراسة خصائص الصخور بدقة يسجل المنقبون مقاومتها الكهربائية أو يجرون قياسات للنشاط الإشعاعي الذي تحرضه حزمة من النيوترونات أو أشعة غاما. وتتحقق هذه القياسات من خلال الآبار المحفورة ولا تعطي معلومات إلا ضمن مسافة تبعد متراً واحداً حول البئر.

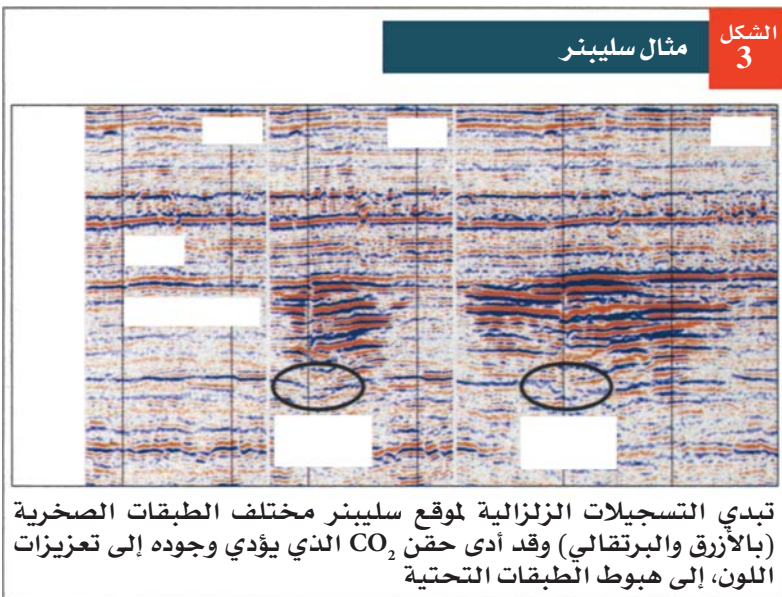
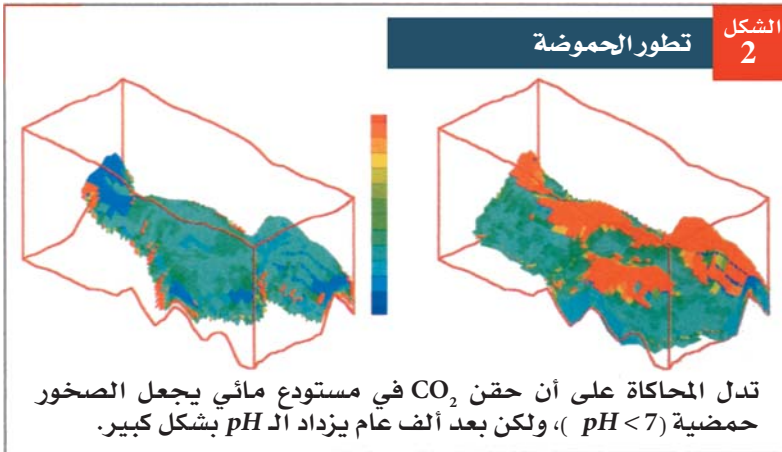
يجري الاستقراء ما بين هاتين الطريقتين بمساعدة نماذج رقمية تبسّطية models numeriques تحديداً. ويجب على الجيولوجيين الكاملة بين التفاعلات الكيميائية وهجرة المواد التفاعلية في الصخرة خلال فترات زمنية شديدة الاختلاف. هذا ويتم حقن  $CO_2$  عملياً تحت الضغط خلال بضع سنوات في حين أن رحيله يستغرق مدة أطول بنحو عشر مرات. وبسبب بطء التفاعلات الكيميائية فإنها تحدث خلال قرن في حين تجري التجارب المختبرية في أفضل الحالات خلال بضع سنوات.

## التفاعلات الكيميائية

ثمة عقبات أخرى تتمثل في أن عمليات النمذجة التي يقوم بها العاملون في الجامعات تستند إلى معلومات غير كاملة، وذلك لأن العاملين في النفط يحجمون عن نشر مجمل نتائجهم لأسباب استراتيجية صناعية. مع العلم بأنه لا بد من الحصول على معطيات دقيقة تدل على مستقبل الصخور. ويشرح فانسان لاغنو قائلاً: "إن تشكل الرسوبيات يختلف فيما إذا كانت هذه الأخيرة مجتمعة أم إذا كانت متوزعة، وذلك بحسب درجة الحرارة والضغط، وبحسب المكونات التي يتم إدخالها. إن عمليات الحقن التي يقوم بها العاملون في النفط في أثناء الاسترداد المساعد للنفط يمكن أن تزودنا بالكثير من المعلومات".

حتى لو توافرت هذه المعطيات، تظل مسألة ضبط بارامترات المعادلات، ماثلة، مثل سرعة أو معدل التفاعل الكيميائي. وقد تم تقييم هذه البارامترات بشكل تقريبي وفقاً لنتائج تجارب المختبر على عينات صغيرة، ثم استقرؤها عن طريق موديلات متراكبة تصلح لحجوم أكبر مع هامش الخطأ الذي يرافق هذه المسيرة.

فالنتائج إذن أبعد ما تكون عن النهائية بسبب كون الموديلات والاختبارات ذات الأهمية الطبيعية لا تماثل الواقع. فالحقن لا يتم أبداً باستخدام  $CO_2$  فقط بل بخليط تفاعلي نوعاً ما. فحقول الغاز مثلاً تحوي الهيدروجين الكبريتي في أغلب الأحيان، وهي حالة الحقول التي تديرها Total في Lacq في الجنوب



## 125 يورو للطن الواحد

على الرغم من مقدرة البازلت على الكربنة carbonation فهو ضعيف المسامية وقليل النفوذية الأمر الذي يشكل عيباً فيه ويعيق حقن CO<sub>2</sub> بكميات كبيرة. ومن الطول المطروحة استخلاص البازلت وسحقه وجعله يتفاعل مع CO<sub>2</sub> في المصنع. أي أن تخزين طن واحد من CO<sub>2</sub> يكلف 125 يورو مقابل أقل من يورو واحد في الأحواض المائية. وبحسب ديدير بونيجولي Didier Bonijoly من مكتب البحوث الجيولوجية والمنجمية (BRGM): "إن هذا الأمر لا يمكن تحقيقه إلا إذا كان حلاً على نطاق صغير في حالة منبع غاز CO<sub>2</sub> قريب من منجم مستمر". كما اقترح النائبان كريستيان باتالي Christian Bataille وكلود بيرو Claude Birreau من المكتب البرلماني لتقييم الخيارات العلمية والتكنولوجية في تقريرهما في الخامس عشر من آذار الماضي [7]، استخدام السبعة ملايين طن من الكربونات المترسبة مع طن واحد من CO<sub>2</sub>، في بناء الطرقات. إن هذا الخيار يمكن أن يؤدي إلى بناء الكثير من الطرقات ولكن هذا ربما يكون الثمن الذي يجب دفعه للتخزين الدائم لـ CO<sub>2</sub>.

على الرغم من هذه الشكوك، فإن الصناعيين والعلماء والسياسيين يدعمون تخزين CO<sub>2</sub>، الذي يملك كل الأوراق الراجعة لتطويره. غير أن الدراسات التي تجري في الولايات المتحدة أو المملكة المتحدة أو اليابان أو السويد، برأي ديفد راينر David Reiner، من جامعة كامبردج، تدل على أن المواطنين لا يدعمون هذا الحل إلا بشكل متواضع [8]. ولا بد لإسهام المعارف أن يزيل الشكوك ويدفع السياسيين إلى التحرك. فقد آن الأوان للقيام بذلك. ونشير إلى أنه يتم في الصين بناء محطة كربونية تبلغ استطاعتها 100 ميغا واط في كل أسبوع.

وتستخدم هذه التقنية نظراً لعدم إمكان التحكم بانتشار هذه الكسور بسبب غياب المعطيات الدقيقة. وبالتالي يجب عدم إجراء الحقن بالقرب من الطبقة الطينية، وهي الطبقة التي تلتمسها ميكانيكياً دافعة أرخميدس لغاز CO<sub>2</sub> الأقل كثافة من الماء ليصعد نحو السطح.

## CO<sub>2</sub> الصلب

يمكن أخيراً لغاز CO<sub>2</sub> أن يعود نحو السطح عن طريق الآبار المحفورة وسداداتها الإسمنتية. إن الحل الذي يكمن في تخزين CO<sub>2</sub> في الحقول الناضبة سيصطدم بإحصاء ومراقبة عمليات الحفريات القديمة. فقد بلغ عدد هذه الآبار في ألبرتا وحدها بكندا 400000 بئر على الأقل وأكثر من مليون في تكساس [5].

وقد تم هجر العديد من الحقول دون تحديد مواقعها بدقة. وحتى أن بئراً معروفاً قد يمثل خطر التسرب. يتشكل البئر من أنبوب معدني محاط بالإسمنت. ويكون الإسمنت على تماس مع صخرة الخزان، ومع صخرة الغطاء ومع الماء ومع الغاز وحتى مع الهواء على مستوى سدادات الإغلاق. ولما كان الإسمنت أساسي التفاعل فإنه يحمي الأدوات الفولاذية، فيما عدا الحالة التي يقوم بها CO<sub>2</sub> وهو حامضي بالعمل على تأكلها في العمق. هذا ما يحدث بوجود الماء. لقد كان يمكن للإسمنت خلال عدة قرون أن يتحلل. يسعى الصناعيون من أمثال Schlumberger إلى إيجاد ما يتباهون به بتخيل أنواع من الإسمنت أكثر مقاومة.

يكمن أفضل حل لتخفيض هذه الأخطار، في إرغام CO<sub>2</sub> على الثبات لفترة طويلة، وذلك بتحويله إلى الحالة الصلبة. إن هذا الأمر ممكن. فعندما يكون CO<sub>2</sub> على تماس مع أيونات الكالسيوم أو المغنيزيوم يترسب عليها مشكلاً صخرة من كربونات الكالسيوم. بهذه الطريقة تصنع بعض الحيوانات البحرية قواقعها. في مستودعات المياه المالحة، لا يخص هذا التحول إلا 8% من الغاز المحقون بعد خمسة وعشرين عاماً، وهي قيمة بالكاد يمكن تجاوزها بعد عدة آلاف السنين [6]. أما الباقي فينحل ببطء في المحلول الملحي. هذا وتعد الصخور البازلتية بالمقابل أكثر تفاعلية، بحسب معهد فيزياء الكرة الأرضية في باريس IPGP، والذي جعل من دراستها أحد اختصاصاته. يهيم هذا الحل العديد من الدول الغنية بالصخور البازلتية كالهند واليابان وأيسلاند Island، نظراً لضعف مؤونة هاتين الأخيرتين بمستودعات الماء المالح. وخلافاً لأنواع التخزين الأخرى، لا تعدو هذه الفكرة مجرد مفهوم لا يشكل هدفاً للنشاطات الصناعية.

يتم في هذه المرة احترام ترتيب خطوات البحث. حيث يمكن بعد استيعاب الظواهر الكيميائية أو الميكانيكية بدقة، تصميم موقع تجريبي ثم موقع صناعي رائد قبل القيام بعمليات حقن كبيرة. تجري المرحلة الأولى حالياً من قبل جيولوجيي IPGP بالتعاون مع زملائهم الأمريكيين في المرصد Lamont Doherty Earth Observatory المرتبط بجامعة كولومبيا. حيث يقومون بحقن CO<sub>2</sub> المضغوط تحت ضغط بار واحد (1bar) في صخور Palisades البازلتية في ولاية نيويورك، مع محاولة تتبع تفاعلات الانحلال والترسبات.

## ثلاثة مواقع قيد الدراسة في فرنسا

لم يُعتمد أي موقع تخزين تجريبي في فرنسا حتى الآن، غير أن ذلك سيتم خلال أشهر. وتقتصر شركة Total أحد حقلها واسمه Lacq الذي يؤدي استرداد الميثان فيه إلى إطلاق كبريت الهيدروجين. يتمثل المشروع في تجميع CO<sub>2</sub> من عنفة غازية قريبة من الموقع وحقنه في هذا الحقل القديم. يتم استكشاف موقعين آخرين من قبل BRGM و IFP والصناعيين. وهما يقعان في الحوض الباريسي الذي تعرف طبقاته التحتية بشكل جيد بفضل حرارة الأرض الجوفية وخزانات النفط الصغيرة في جنوب شرق باريس. كما يجري النقاش حالياً حول الحقل الزيتي في سان مارتا في بوسني، بالقرب من رومي-سور-سين. ومن أجل استكشاف طريق الأحواض المائية المالحة العميقة، يمكن حفر موقع آخر في كربونات دوغر أو مقالع ترياز في جنوب نوجنت-سور-سين. هذا ولم يتم التأكيد بعد بأي شيء في المناطق الأخرى.

## المراجع

- [1] WWW.ipcc.ch/.
- [2] A. Rojey et T. Torp, OGST, 60, 3, 2005.
- [3] Y. Kharaka et al., Geology, 34, 577, 2006.
- [4] W. Han et al., AGU Fall Meeting, 2006.
- [5] M. Gelia et al., Congres GHGT8, Trondheim, juin 2006.
- [6] Gale, Energy, 29, 1329, 2004.
- [7] WWW.assemblee nationale.fr/12/rap-off/i2965.asp.
- [8] D. Reiner et al., Congres GHGT8, Trondheim, juin 2006.



# الإبصار على جذاذة

يتعاون الفيزيائيون مع علماء طبيين على خلق غرائس شبكية يمكن أن تتيح للناس المكفوفين العيش حياة أكثر استقلالية، حسبما يكتشف إدوين كارتلج E. Cartlidge

ادّعاء بعض المجموعات فقد مكّنت هؤلاء المتطوعين من تمييز أشياء أساسية منفردة، مثل التمييز بين الصحن والفنجان والسكين. ومن المحتمل أن تتوافر الشبكيات العينية الاصطناعية هذه تجارياً خلال السنوات القليلة القادمة، وعندها ستكون قد تطورت إلى حدّ يسمح للناس المكفوفين بالعيش حياة أكثر استقلالية.

يقول مارك هيومايون M. Humayun، وهو متخصص في طب العيون بجامعة جنوب كاليفورنيا في لوس أنجلوس، إن "الإبصار يعتبر حاسّة مهمة جداً لدرجة أن قسماً كبيراً من قشرة الدماغ مخصص لها، فالدماغ يتمتع بلدونة كبيرة، مما يعني أنه يستطيع أن يعبئ الكثير من المعلومات المفقودة. وإنك تلمس ذلك لدى إعطاء شخص مكفوف تماماً بعض البيانات الإبصارية، فالدماغ يرتب معظمها بحق".

## أساسيات الإبصار

تولد العين البشرية الصور عبر تبئير الضوء الوارد من جسم ما على الخلايا المستقبلية الضوئية لشبكية العين (الشكل 1). وهذه الخلايا، التي يبلغ عددها الإجمالي حوالي 130 مليون خلية تتألف من

إذا فكّرتم بالبدليّات الطبية medical prostheses، يمكن عندها للأطراف الاصطناعية أو بدائل مفصل الورك أو غرائس قوقعة الأذن أن تقفز إلى المخيلة. وجميعها تعتبر بلا شك من مآثر الهندسة الطبية المثيرة للإعجاب، لكن العلماء يحاولون الآن تطوير شيء ما أكثر تعقيداً يتمثل في بدليّة لشبكية العين retinal prosthesis. وهذه نبيطة مصمّمة لاستعادة بعض الإبصار لدى الأشخاص المكفوفين وذلك عبر تجاوز مستقبلات الضوء التالفة في الشبكية وتنبيه الخلايا العصبونية في نهاية عصب بصري ما يزال سليماً. وهناك العديد من مجموعات البحث في العالم -أكاديمية وتجارية على حدّ سواء- تعمل على تطوير هذه النبايط وتضم جنباً إلى جنب أطباء العيون والجراحين مع الفيزيائيين والمهندسين.

ويصل تعقيد الجهاز البصري البشري حدّاً يبدو معه من غير المحتمل أن تكون الشبكيات العينية الاصطناعية قادرة بأي حال من الأحوال على استعادة الإبصار بنسبة 20/20 لدى المرء الأعمى تماماً. لكن الغرائس تم تركيبها حالياً لدى أكثر من ثلاثين شخصاً مكفوفاً ومكّنت بعض المتطوعين من إبصار النقط والخطوط، وبحسب



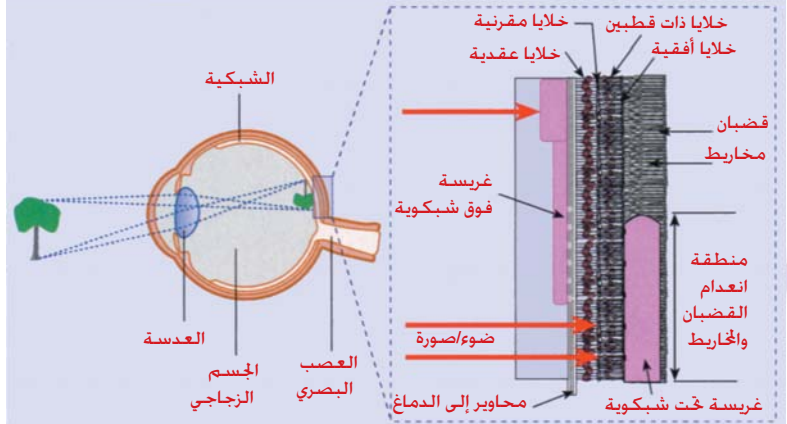
"تحت شبكية" subretinal وراء الشبكية وتقلد بشكل أساسي وظيفة المستقبلات الضوئية.

لقد تم مؤخراً اختبار الغرائس فوق الشبكية على البشر من قبل شركتين: شركة Second Sight في كليفلاند التي تتعاون مع هيوميون وزملائه، وشركة بالمانيا. وقد صُممت نباتات كلا الشركتين لاستخدام البيانات البصرية الصادرة عن كاميرا مركبة على أو داخل نظارة يلبسها المريض (الشكل 2). وهذه البيانات تمر إلى معالج موصول بحزام الشخص، حيث يتم ضغطها إلى نبضات كهربائية ذات أطوال وتواترات مختلفة قبل إعادةتها إلى جهاز بث موجود على إطار النظارة. وعندئذ يرسل جهاز البث هذه البيانات لاسلكياً إلى مستقبل receiver موجود على الغرسة. وفي غضون ذلك يتم إرسال الطاقة لاسلكياً إلى وشيعة موصولة بالسطح الخارجي لكرة العين. ومن ثم تُرسل البيانات بواسطة سلك إلى جذاذة (شِبَّة) نصف ناقلة متوضعة أيضاً على كرة العين حيث يجري تحويلها إلى نبضات كهربائية يتم إرجاعها إلى الغرسة.

وقد قامت الشركتان حتى الآن باختبار غريساتهما عبر استخدام بيانات يولدها حاسوب عوضاً عن بيانات فيديو صادرة عن كاميرا. ومنذ العام 2002 غرست شركة Second Sight مجموعة إلكترونيات مرتبة في مصفوفة 4×4 لدى ستة مرضى، وتراوحت مدة التجربة بين ثلاث وخمس سنوات. مع أنها فعلت ذلك بإرسال الطاقة والبيانات إلى العين عبر أسلاك، بدلاً من استخدام إشارات تواتر راديوية. وبحسب هيوميون، فإن كل مريض من المرضى كان قادراً على إدراك الإحساس بالضوء لدى تشغيل واحد أو أكثر من الإلكترونيات، في حين استطاع بعض المتطوعين إحصاء وتحديد الأشياء بتحديد بقع متميزة من الضوء الصادر من إلكترونيات مختلفة. وتخطط الشركة لتنفيذ تجارب أخرى في غضون الأشهر القليلة القادمة باستخدام جذاذة (شِبَّة) من 60 إلكتروناً ستستقبل دخلها input لاسلكياً.

وفي أثناء ذلك، نفذت شركة Intelligent Medical Implants تجارب مدتها من 12 إلى 14 شهراً للصفيحة 7×7 التي تخصها وذلك على أربعة مرضى وطيلة الأشهر الثمانية عشر الأخيرة. وتشير الشركة إلى أن ذلك مكن المتطوعين من استبصار الضوء بالإضافة إلى الخطوط الساكنة والمتحركة. لقد نفذت الشركة اختبارات باستخدام إصدارات لاسلكية إلى العين، الأمر الذي تدعي الشركة أنه مهم لتفادي الفك rubbing والخمج المحتمل اللذين قد ينجمان عن وجود كبل ثابت معلق إلى كرة العين المتحركة. ومن المقرر أن تبدأ الشركة جولة جديدة من التجارب السريرية بغرسة ذات 61 إلكتروناً.

### الشكل 1: تشكيل صورة في العين



يسقط الضوء الصادر من جسم على الشبكية وتلتقطه القضبان (العصي) والمخاريط. التي يُعرف مجموعها بالمستقبلات الضوئية. وتستخدم الغرسة تحت الشبكية ديودات ضوئية لتحل محل وظيفة المستقبلات الضوئية التالفة. ترتبط الديودات الضوئية بالكترودات تنبّه الخلايا العصبية المنقبية. بالمقابل، هناك غرسة "فوق شبكية" لا تكتشف الضوء بل تستخدم بدلاً من ذلك الإشارة الكهربائية الصادرة عن كاميرا خارجية لتنبّه مباشرة محاور الخلايا العقدية التي تشكل العصب البصري. وما زال العلماء غير متأكدين من السبب الحقيقي لتوضّع المستقبلات الضوئية خلف العصبونات المعالجة processing neurons. لكن التفسير المعتاد هو أن القضبان (العصي) والمخاريط تتطلب كميات كبيرة من الأكسجين. وبالتالي من الدم، من أجل أن تعمل كما أن تزويد هذا الدم عبر مقدمة العين سيحجب منطقة ضوء تفوق البقعة العمياء (أي النقطة التي يلتقي فيها العصب البصري مع الشبكية).

مخاريط تعطي صوراً ملونة مفصلة، وقضباناً (عصياً) تولد إصاراً ضعيف الميز عندما يكون الضوء ضعيفاً. وتتم معالجة الإشارات الصادرة عن المستقبلات الضوئية عبر عدة طبقات من الخلايا العصبية الأخرى داخل الشبكية، مولدة دفعات كهربائية تُرسل على طول عصب بصري. وتتم هذه الدفعات إلى القشرة الإحصارية في الدماغ، حيث تولد الصور الإحصارية التي "تراها".

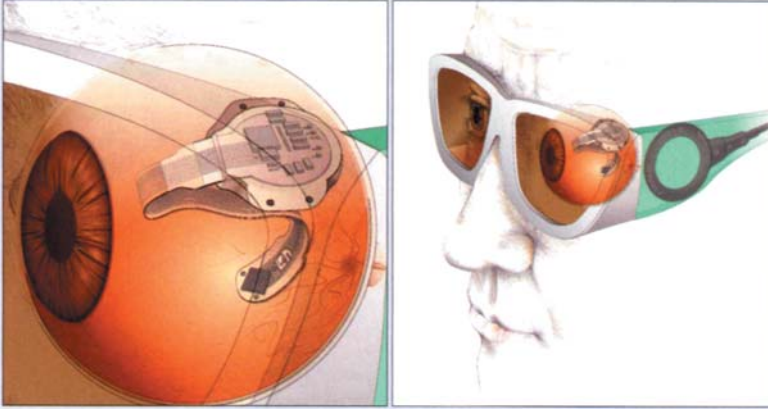
تستطيع الغرائس الشبكية أن تساعد في استهداف أكبر أسباب العمى (فقدان البصر) في الغرب: وهو التهاب الشبكية التصبغي retinitis pigmentosa، الذي يمثل مجموعة حالات تعتبر في العادة وراثية وتسبب فقدان الإبصار المحيطي، والتنكس البقعي الذي يضعف الإبصار في مركز الحقل الإحصاري الذي عادة ما يحدث عند الأشخاص المسنين. فعلى سبيل المثال، هناك واحد من كل 4000 شخص في الولايات المتحدة يعاني من التهاب الشبكية التصبغي، في حين أظهر التشخيص أن هنالك حوالي 300000 شخص يصابون بتنكس بقعي كل سنة. ومع أن هذه الحالات تفتك بالخلايا المستقبلية الضوئية، فإنها تبقى على الخلايا المعالجة الشبكية سليمة.

هناك بالأساس نوعان من البدليات الشبكية (الشكل 1). فالغرائس فوق الشبكية الأمامية "implants Epirtinal" تتوضع في مقدمة شبكية العين وتتواجه مباشرة مع الخلايا العقدية cells ganglion التي تولف العصب البصري. صحيح أن هذه الغرائس لا تكتشف الضوء بنفسها، لكنها، عوضاً عن ذلك، تستند إلى بيانات إحصارية تلتقطها كاميرا فيديو. ومن الناحية الأخرى، تتوضع نباتات



## مقاربة بديلة

### الشكل 2: الإبصار البيوني



لقد طوّرت شركة Intelligent Medical Implants في ألمانيا بديلات شبكية (يساراً) تستقبل إشارات صادرة عن نظارة متكيفة خصيصاً (يميناً).

تتطلب الغرائس فوق الشبكية جراحة سهلة نسبياً ويمكن أن يتم التحكم بخرجها output الإبصاري بسهولة تفوق الحال مع النبائط الشبكية العميقة. أما الغرائس تحت الشبكية فإنها تقدم عدداً من المزايا. وبما أنها تكتشف الضوء الوارد فعليا، فهي ليست بحاجة إلى كاميرا لتقديم المعلومات الإبصارية. وبسبب استفادتها من القدرة الحوسبية للخلايا الشبكية المتبقية؛ فإن الغرائس لا تتطلب كذلك أي مقدرة معالجة خارجية. ومع أن غرزها ينطوي مبدئياً على صعوبة أكبر، فإنها تأخذ موقعها من المرة الأولى بشكل مريح، وهي تتطلب استخداماً للكابلات الممزقة أقل حدّة طالما أن مدخولاتها inputs الكهربائية تأتي من قفا الشبكية بدلاً من المرور عبر الجسم الرئيسي للعين مثلما هو حال الغريسة فوق الشبكية.

إذ يعملون بالتعاون مع شركتي Optobionics و Advanced Medical Optics. وعلى غرار الغرائس فوق الشبكية، تتضمن نبيطة بالانكر كاميرا، ولكنها ترسل صورة إلى المستقبلات الضوئية الاصطناعية بعكس الغريسة فوق الشبكية. وتقوم البيانات البصرية الصادرة عن الكاميرا بتشكيل الصورة - عند أطوال موجية تحت حمراء - على عارضة ذات بلورة سائلة في نظارة واقية يلبسها المريض. وهذا الضوء تحت الأحمر يكتشفه عندئذ 640 ديوداً ضوئياً متوضعا على جاذبة قطرها 3 مم خلف الشبكية. يقول بالانكر إن استخدام الضوء تحت الأحمر بهذه الطريقة من شأنه تفادي التنبه غير المقصود للمستقبلات الضوئية الطبيعية الباقية بالضوء المتبعثر من الجاذبة.

في العام الماضي تم بنجاح اختبار نموذج أوّلي للنبيطة على الجرذان من قبل ماورين ماك كول M. McCall وزملائه بجامعة لويس فيل في كنتاكي. واستناداً إلى بالانكر، فإن هذه النبيطة تؤمن بيكسلات (ديودات ضوئية وإلكترونيات) بأقطار صغيرة 25 µm ، أي ما يعادل 10 000 بيكسل على غريسة قطرها 3 مم. وهذا يقابل إبصاراً بنسبة 20/200، كافية بحيث تسمح لحاملها بقراءة نص كبير على صفحة مطبوعة. وبحسب بالانكر، فإن هذه الكثافة العالية من الإلكترونيات، وبالتالي الميز العالي، لا تنجم فحسب عن البيكسلات الصغيرة للغاية، بل أيضاً عن كونها قادرة على وضع الإلكترونيات قريبة جداً من الخلايا الشبكية.

وثمة طريقة بديلة لتحقيق ميوز (ج. ميز) عالية هي قيد الدراسة من قبل متخصصين في فيزياء الجسيمات بالملكة المتحدة. ويعمل K. Mathieson مع زملائه في قسم الفيزياء بجامعة غلاسغو، بالإضافة إلى باحثين بمعهد العلوم الطبية الحيوية وعلوم الحياة التابع للجامعة وآخرين في مختبر أبلتون رزرفورد في أكسفورد شاير، لتطوير غريسة شبكية تعتمد على نبائط نصف ناقلة مستخدمة في مكاشيف الجسيمات. ويعمل الباحثون، مستخدمين خبرتهم في معالجة البيانات وتقانة المكاشيف، على تطوير جاذبة فوق شبكية تتألف من مصفوفة بيكسلات 25 × 25 (أي 625 ديوداً ضوئياً موصولاً مع 625 إلكتروناً).

لقد طورت شركة أوبتوبيونكس Optobionics، ومقرها في إيلينوي، جاذبة (شبة) تحت شبكية قطرها 2 مم تحوي 5000 خلية شمسية تقريباً ترتبط كل منها مع إلكترونها الخاص الذي ينبهه عندئذ العصبونات الشبكية. وليس للجاذبة هذه منبع طاقة خارجي لكنها تستخدم عوضاً عن ذلك الضوء المحيط الواصل إلى الخلايا الشمسية. ومع ذلك، يعتقد إيبير هارت زرينر E. Zrenner من جامعة تيننجن في ألمانيا، الذي ساهم في تأسيس شركة في روتلنجن، أن المستقبلات الضوئية الاصطناعية يجب أن تتلقى طاقة إضافية كي تستثير الفعالية العصبونية. فجاذبة شركة Retina Implant التي عرضها 3 مم تحوي حوالي 1500 ديود ضوئي، حيث ينظم كل منها التيار المتدفق من منبع طاقة خارجي إلى إلكترونها. وقد جربت الشركة حتى الآن مصفوفة 4 × 4 على مرضى لمدة أسبوع. وتذكر هذه الشركة أنهم كانوا قادرين على تحديد الإلكترونيات المنبّهة عند إمداد الجاذبة بالقدرة الكهربائية (الشكل 3). ويقول زرينر أن النسخة ذات الـ 1500 ديود ضوئي ستكون قادرة نظرياً على تأمين ميز قدره 20/200 مما يسمح لبعض المرضى تعرّف وجه أو قراءة أحرف كبيرة (يعني أن المريض يستطيع أن يرى على بُعد 200 قدم أي ما يراه الشخص ذو القدرة البصرية الكاملة على بُعد 200 قدم).

وفي غضون ذلك قامت شركة Optobionics بغرس جاذبتها داخل عشرة مرضى منذ عام 2000 وتقول بأنه منذ ذلك الحين لم يذكر أي من هؤلاء المتطوعين أي تأثيرات مرضية. وبالعكس النبائط الأخرى، يجري استخدام جاذبة Optobionics لتحسين الإبصار عند الأشخاص الذين تكون رؤيتهم جزئية، بدلاً من استعادة بعض الإبصار لدى الأشخاص المكفوفين تماماً، واستناداً إلى مايك سيلرز M. Selzer، المدير التنفيذي للشركة، يبدو أن هذه الجاذبة تشجّع الخلايا في الشبكية على أداء وظيفتها بشكل أفضل ولمدة أطول مما قد تكون عليه في شروط أخرى.

يقوم حالياً الفيزيائي ستيفن بالانكر S. Palanker وزملاؤه من جامعة ستانفورد بإجراء تغيير على هذه الغرائس تحت الشبكية،



وبينما يتفائل زرينر بخصوص آفاق تقانة شركته، فإنه يشير إلى أن ميز هذه النبائط محدود في نهاية المطاف بالفيزياء البسيطة. فهناك حدٌ لحدِّ size الإلكتروني الذي يمكن صنعه قبل أن تولد الفلطيّة الثابتة اللازمة لتنبيه الخلية العقدية شحنة في كل وحدة المساحة التي لا يستطيع الإلكتروني أو ربما حتى الشبكية تحملها. ويحاول العلماء الالتفاف على هذه النقطة إلى حدٍّ ما بزيادة مساحة سطح الإلكترونيات في حين يحافظون على ثبات مساحتها الهندسية. ولقد حاول الباحثون في جامعة ستانفورد، على سبيل المثال، إجراء ذلك بجعل الإلكترونيات الصادرة من عدد كبير من الأنابيب النانوية الكربونية (التي هي صفائح ملفوفة من الغرافيت) لا يتجاوز قطرها بضعة نانومترات. ويعتقد زرينر أنه من غير المحتمل أن تولد غرائس الشبكية إبصاراً بنسبة 20/20. إذ يقول: "إن نبائطنا الحالية لا تستطيع، لسوء الحظ، منافسة الجهاز الرائع الذي صنعه الطبيعة على مدى ملايين السنين من التطور".

ويشير ريزو إلى أن هناك طرائق أخرى من المحتمل أن تحسن

ويرتبط كل ديود ضوئي مع إلكترون بطريقة تحاكي بعضاً من مقدرات المعالجة عند الخلايا العصبونية للشبكية (التي لا تستطيع الجذاذة الاستفادة منها بسبب موقعها في مقدمة الشبكية). فعندما تتحقق، على وجه الخصوص، شدة منتظمة للضوء الساقط عبر الديودات الضوئية المتعددة، فإن الخرج الناجم عن بعض الإلكترونيات "يتوقف" بغية الحد من كمية المعلومات الفائضة المرسلّة إلى العصب البصري. ولكن يشير مايزون إلى أنه من المحتمل أن يستغرق اختبار هذه التقانة في التجارب السريرية عدة سنوات.

### ما زال الوقت باكراً

في الوقت الذي توجي فيه النتائج المستخلصة حتى الآن من هذه النبائط بأن غرائس الشبكية يمكن أن تقدّم بالفعل إبصاراً مفيداً للأشخاص المكفوفين، فإن عدداً من المشكلات يبقى ماثلاً. لا سيما أن الباحثين ما يزالون لا يفهمون تماماً كيف تتفاعل العين مع الغرائس المختلفة، بافتراض أن سطح هذه النبائط سيتردى في نهاية المطاف. وثمة تساؤل أيضاً حول ما إذا كانت عصبونات الشبكية تستطيع أن تقاوم الاضطرابات firings المتكررة من الإلكترونيات على مدى سنوات عديدة.

### الشكل 3: العالم من خلال عين اصطناعية



يمكن أن تبدو الصور إلى أقصى اليسار وكأنها جاءت في ثلاث صور إلى اليمين لدى غرس مصفوفة 40x من الإلكترونيات المكروية تحت الشبكية في عيني مكفوف. وتترايد شدة الضوء الوارد تدريجياً في كل مجموعة من الصور من اليسار إلى اليمين.

يشير جوزيف ريزو J. Rizzo، وهو متخصص في طب العيون العصبي في كلية طب هارفارد ومستشفى ماساتشوستس للعين والأذن في بوسطن، إلى أن كل واحدة من مجموعات البحوث التي تطوّر غرائس شبكية إنما تبحث عن مقاربات مختلفة تماماً لكن ما من أحد حتى الآن كرّر عملاً يماثل ما ينفذه الآخر. بالإضافة إلى ذلك، يشعر ريزو أنه من الصعب تماماً معرفة ما تم إنجازه في كل حالة. فهو يقول: "إذا قال أحد، (بأن مريضه يستطيع أن يرى الحرف H)، فإن سؤالي سيكون كم مرة قد رآه، وكيف يتجاوب هؤلاء الناس عندما تقدم لهم دراسات شاهدة، وكيف طرحت الأسئلة.. إلخ".

لقد عمل ريزو على البديلات الشبكية طوال عشرين عاماً تقريباً مع باحثين آخرين بالتعاون مع جامعات ومستشفيات ضمن مشروع يُدعى مشروع بوسطن لغرس الشبكية Boston Retinal Implant Project، ولكنهم لم يعتقدوا إلا الآن أن هذه التقانة قد نضجت إلى الحد الذي أخذوا يدرسون معه إقامة شركة. لقد طوروا نبيطة تسلك كغريسة تحت شبكية ولكنها تعمل أيضاً كنبية فوق شبكية وغرسوا نمطاً بدئياً prototype لدى ستة مرضى مختلفين لوضع ساعات فقط عند كل مريض. يقول ريزو: "لقد اتخذنا هذا الموقف الذي لن نترك معه شيئاً في العين ما لم تمتلك النبيطة فرصة معقولة في تحسين الإبصار".

الإبصار لدى بعض الأشخاص. وباستخدام الخرج الصار من الكاميرا، يمكن غرس الإلكترونيات مباشرة في القشرة البصرية، بحيث يتم تجاوز العيون كلياً. كما أن هناك إمكانية اغتراس خلايا عاملة داخل الشبكية أو تحديد regenerating الطبقة الميتة من النسيج باستخدام العلاج بالجينات. لكن كلاً من هذه الطرائق له مشكلاته. فغرس الإلكترونيات في القشرة، على سبيل المثال، يتطلب جراحة معقدة على نحو هائل.

يعتقد ريزو أن غرائس الشبكية ستطرح الخيار الأفضل لكن ليس قبل مرور عقد أو عقدين قادمين على الأقل. وبالفعل، فقد انفرجت أساريه عندما رأى أن العديد من الفرق البحثية تعمل على هذه المسألة. ويقول: "إن جميع هذه المقاربات تعتبر بشكل مطلق مبشرة، وإن حقيقة وجود العديد من المقاربات يجعل نجاح أحدها ممكناً في ذلك".

**إن حقيقة وجود العديد من أنواع بديلات الشبكية يجعل نجاح أحدها محتملاً**



توشك التطورات في الإلكترونيات البوليميرية أن تبشّر بعائلة جديدة من المعدّات القوية والمرنة الخفيفة الوزن.

## وداعاً للأسلاك والسليكون وأهلاً بجذازات (شيبات) البلاستيك

أن تحذر هاتفك الخليوي حينما تكون على وشك أن تنسى قفازيك في الحافلة، وذلك حسبما يقول هيرمان هوزر H. Hauser من شركة Plastic Logic، ويقول هوزر: "غالباً ما يعتقد الناس بأن الدارات الإلكترونية

لقد قيل إن أرخميدس قد عثر على ضالته حينما كان يستحم. وكذلك فالإلهام قد باغت هينينغ سيرنغهاوس H. Sir-ringhaus وهو يستحم أيضاً.

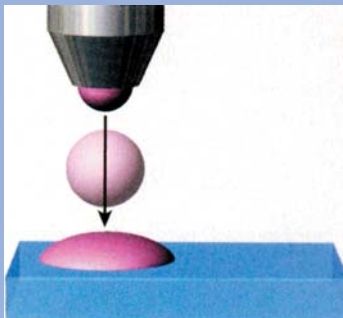
فعندما كانت قطرات الماء تنهمر فوقه، خطرت لفيزيائي جامعة "كامبردج" فكرة أن إسقاط قطرات (beads) من البوليمير السائل الناقل على سطح ما، قد يجعلها تنزلق متباعدة إحداها عن الأخرى وتصطف تاركة مسافة جزء من الميكرومتر فيما بينها. وقد حلّت هذه الحيلة البسيطة مشكلةً كانت تكبّله في المطلوب منه كعالم رئيس في شركة كامبردج لبحوث اللدائن (البلاستيك): ألا وهي كيفية بناء ترانزستورات بلاستيكية تكون على قدر من الصغر والسرعة يكفي لاستخدامها في النبائط الكهربائية.

وتمثل هذه الشركة واحدة من عدة شركات تعمل على تطوير نبائط إلكترونية "عضوية"، فبناء ترانزستورات من البوليمير بدلاً من السليكون سوف يتيح استبدال شيبات اليوم القاسية لتحل محلها شيبات بلاستيكية مرنة. وهذا ما سيفتح الطريق أمام واصمات tags وحساسات إلكترونية أقل وزناً وكلفةً وأكثر ليونة -تصلح كتباً وصحفاً إلكترونية.

تبشّر الشيبات البلاستيكية بمستقبل يكون فيه كل شيء (بدءاً من التغليف في مخازن البيع ووصولاً إلى بطاقات الاعتماد) يستطيع حمل اسماء وسمات labels إلكترونية تعرض رسائل وإشارات مثل الوصفات والتحذيرات الصحية وحدود المبالغ الائتمانية. ويمكن تضمين المعالجات والقوابس البلاستيكية داخل نسيج المفروشات لتحل محل ضوابط التحكم عن بعد التي تملأ منازلنا حالياً. ويمكن أن تحتوي الملابس الحساسة على شيبات تقوم بتحذير الغسالة الذكية كي لا تشغل دورة التدويم the spin cycle، أو قفازات يمكن

### طباعة ترانزستور

يتم وضع قطيرة من البوليمير الناقل ممزوجاً بالمادة الخافضة للتوتر السطحي surfactant على الركيزة substrate بواسطة أنبوب أو خرطوم طباعة يبيخ الحبر. وبينما تجف القطرة، تهاجر المادة الخافضة للتوتر إلى سطح قطيرة البوليمير، مما يجعلها نابذة للماء.



وعندما توضع قطيرة ثانية مائية من البوليمير الناقل كي تتراكم مع الأولى، فإنها تُنبذ وتُنزلق إلى أحد الجانبين مرتصفة على بُعد 60 نانومتراً من الأولى.



تشبه صفائح الستسيل stencil-like. أما عيب هذه الطريقة فهو صعوبة الحفاظ على المادة المرنة متراففة مع كل من الأغشية المتتابعة. وهذا هو السبب الذي ينبغي من أجله أن تكون الشاشة صغيرة إلى هذا الحد.

إن إحدى المزايا المحتملة للإلكترونيات البلاستيكية هي أنه لا بد في النهاية من أن يتاح تصنيع شبيبات مبنية من البوليميرات بمساحة بضعة أمتار مربعة تفوق كثيراً حدود السنتمرات المربعة القليلة

للدارة السليكونية الكثيفة. ولا بد لهذا الأمر أن يجعل بالإمكان تصنيع شاشات وألواح شمسية كبيرة ورخيصة من البلاستيك. ولكي نتجنب الحاجة إلى غطاء فإن طبقات البوليمير يمكن أن تتوضع عن طريق بخ قطرات من طابعة معدلة (adopted) نافثة للحبر وهذه هي الطريقة التي تبنتها شركة Plastic Logic في داراتها.

إن طباعة ترانزستور بلاستيكي يتضمن ترسيب قطرتين من البوليمير الناقل متقاربتين قدر المستطاع -بفارق بينهما يساوي أقل من 1 ميكرومتر بالشكل الأمثل- ومن ثم توصيلهما بشريط من بلاستيك نصف ناقل يدعى قنوية channel. وهنا تسلك القطرتان كطرفي منبع وتصريف لترانزستور حقلي المفعول. إن الفولطية المطبقة على الطرف البوابي "gate terminal"، الذي هو شريط من المادة الناقلة الموجود بأعلى القنوية، تقدر جريان التيار بين المصدر والمصرف drain وتوقفه. إن التشغيل السريع يترجم إلى معالجة أسرع للبيانات.

ذاك هو المبدأ، ولكن من الناحية العملية يصعب تحقيق هذا الترتيب. والمشكلة هي أن الطباعة المعتادة بواسطة الطابعة (النافثة

"في غضون عشرين عاماً، يبدو أنه لن يكون هنالك أي شيء لا تستطيع إلكترونيات البوليمير أن تقوم بفعله".

لحبر) ليست دقيقة بما يكفي لأنه لا يمكن لدفعتين منطلقتين من الرأس النافث أن تتبعا نفس المسار تحديداً، حسبما يقول سيرنغهاوس، وهو يقول: "إن القيام بهذا الأمر بشكل مباشر، عن طريق طبع قطرة



لقد صنعت شركة بلاستيك لوجيك شاشة عرض مرنة أولية.

تستطيع عمل أشياء معقدة جداً، ولكن دارات بلاستيكية بسيطة جداً، تدل كل نبيلة فيها بشكل لاسلكي على موقعها وعن ماهيتها وذلك عبر شبكات مشبكة mesh networks بسيطة- ستكون ذات منفعة كبيرة.

قد تكون نبائط كهذه ما تزال بعيدة المنال، ولكن تحقيق شاشة عرض أحادية اللون monochrome مبنية على الإلكترونيات البلاستيكية أمرٌ جدير بالمباشرة في أواخر هذا العام من قبل شركة Polymer Vision ومقرها في هولندا، وهي فرع من فيليبس. إذ إن هذه الشاشة التي قطرها 12 سنتمترًا ستكون مرنة بما يكفي لاختزانها بشكل ملفوف ومن ثم يجري بسطها حين الطلب وذلك من جانب الأداة التي تستضيفها. هذا ولن تفصح الشركة عن نوع النبيلة التي ستستخدم الشاشة فيها، سوى أنها نبيلة إذاعية إعلامية. ويقول توماس فان دير زيدين T. van der Zijden من شركة بوليمير فيجين: "إنها نبيلة ستوجه إلى المسافرين الذين يسافرون كثيراً كي توفر لهم استقصاءً كبيراً باستخدام جهازٍ صغير. وهناك احتمال بأن تتضمن هذه النبيلة أداة استقبال GPS".

إن الانطلاقة المبكرة (للجهاز) غدت ممكنة بفضل استخدام "بوليمير فيجين" لتقنيات التصنيع الطباعي الليتوغرافيا المشابهة للطرق المجربة والمختبرة في تصنيع شبيبات السليكون البلاستيكية. فطبقات البوليمير، التي تتجمع build up لتؤلف الترانزستورات التي تقود العرض، يجري توضعها على طبقة أساسية أو "ركازة" من البولي إيثيلين نافتلايت سمكها 50 ميكرومترًا وذلك باستخدام أغشية

وسوداء، وتحتها مصفوفة من الترانزستورات المتوضعة على سطح زجاجي. لكن الطبقة الزجاجية تجعلها هشة وثقيلة. وحسب قول سايمون جونز S. Jones من شركة بلاستيك لوجيك Plastic Logic: "باستخدام أسطحنا الداعمة البلاستيكية، نعتقد أن بإمكاننا أن نصنع شاشة أكبر بثلاث مرات بنفس وزن الكتب الإلكترونية المنحدرة من الجيل الأول".

ستتميز هذه الأجهزة بسطح داعم مصنوع من تيريفثاليت البولي إيثيلين -وهو البلاستيك الذي تصنع منه أغلب قوارير المشروبات الغازية- مُطعم بترانزستورات من البلاستيك الذي طوره سيرنغهاوس وفريقه. وستكون مساحتها بمساحة ورقة A4، شكلها يشابه ملفاً مدوراً تقع إلكترونياته عند إحدى النهايتين ويستدق تدريجياً ليصبح شاشة مرنة بسماكة توازي حوالي 5 مليمترات عند النهاية الأخرى. وسوف تتوافر الأجهزة في الأسواق بحلول نهاية عام 2008، على حدّ زعم جونز.

أما شركة ليكوافيستا Liqavista من أيدنهوفن في هولندا فإنها تهدف إلى تلوين شاشات العرض. وفي الوقت الحالي، فالشاشات التي تستخدمها الكتب الإلكترونية هي فقط أحادية اللون، وهي تتنبه لعرض الفيديو بشكلٍ بطيء جداً. وتستخدم ليكوافيستا الحقل الإلكتروني لتحريك قطرات الزيت الملونة في خلايا بحجم البكسل، بحيث تعرض صوراً بسرعات الفيديو ويمكن للتقنية، التي سيكون ظهورها الأول في ساعات المعاصم، أن تستخدم بسطوح داعمة مرنة وقاسية وترانزستورات بلاستيكية.

ويتوقع جونز أن تتوافر شاشات عرض بلاستيكية من كل الأشكال والمساحات. أما كيف ستنتج الإلكترونيات البلاستيكية في مقابل السليكون فهو أمرٌ محط انتظار مستقبلاً. ويقول تولي: "هنالك ضجة كبيرة حول البلاستيك الذي يغزو العالم ولكنه لا يستطيع بأي طريقة أن ينافس السليكون". أما هوزر فهو عنيد أكثر. إذ إنه يشير إلى أنه منذ ظهرت أشباه النواقل semiconductor البلاستيكية في التسعينيات من القرن الماضي، فقابليتها للحركة -وهو المقياس لمدى ناقليتها للإلكترونات- قد تحسّنت بواقع عشرة آلاف ضعف وما تزال تتحسن بشكل سريع. ويقول: "في غضون 20 عاماً، لا يبدو أنه -ما من شيء لن تكون قادرة على فعله".

واحدة ومن ثم قطرة أخرى بالقرب منها، يسبب دارات قصيرة short-circuits لأن الرأس الطابع النافث لا يستطيع أن يحدّد موقع القطرات بشكل دقيق بما يكفي لضمان أن توجد ثمة ثغرة صغيرة على الدوام بين القطرات".

ولكي نضمن عدم وجود دارات القصر هذه، كان ينبغي مبدئياً على شركة Plastic Logic أن تحدد المسافات بين القطرات بما يساوي تباعدها حوالي 100 ميكرومتر. وهذا يعني أن القنويات يجب أن تكون أطول بكثير من الطول المثالي، وأن تقود إلى أوقات إغلاق بطيئة للترانزستور قد تصل إلى حوالي 1 إلى 10 هرتز. وإنتاج ترانزستورات تتميز بسرعات تشغيل تساوي عدة عشرات الكيلوهرتز ونيف، كان لابد من قنويات أقصر من ذلك بكثير.

لقد كان هذا ما توصل له فكر سيرنغهاوس أثناء استحمامه. فهو في البدء يضيف مادة خافضة للتوتر السطحي the surfactant (تدعى كلوريد البنزلكونيوم) إلى محلول مائي للبوليمير الناقل، ويطبّع قطيرة واحدة منه على الركازة. وبينما يجف البوليمير، تهاجر جزيئة المادة الخافضة للتوتر إلى السطح، مما يجعله نفوراً للماء. وعندما ييبخ بعد ذلك قطرة من البوليمير الناقل دون وجود المادة الخافضة للتوتر في أعلى القطيرة الأولى، فهي تنزلق إلى جانب واحد لتجف على الركازة، بحيث ترتصف على بعد 60 نانومتراً فقط. وبذلك تقوم الركيزة بجعل السطح يسلك مسلكاً مماثلاً لمسلك التيفلون Teflon مع الماء، حسبما يقول سيرنغهاوس: "إن سطح البنية الأولى يصبح نفوراً للبنية الثانية".

إن الترانزستورات الأولى التي صنعتها Plastic logic على هذا الشكل يمكن أن تصل أو تغلق التيار عند حوالي 50 كيلوهرتز، ويهدف الفريق حالياً إلى دفع هذا الرقم ليبلغ 1 ميغاهرتز عن طريق تصفية المادة الخافضة للتوتر التي يستخدمونها. وهذه التقنية تعدّ واعدة بما يكفي للشركة كي تعلن هذا الشهر بأنها ستقوم باستثمار 100 مليون دولار في مصنع بمدينة دريسدن Dresden، في ألمانيا، سيصنع ورق إلكتروني بمساحة ورق A4 من أجل عرض صفحات الكتب والمجلات والصحف الإلكترونية. يقول جيم تولي J. Tully وهو محلل للتقنية المعلوماتية، Gartner، (وتقع في إجهام Egham، سوري Surrey، المملكة المتحدة) "إنه المصنع الأول الذي يقوم بتصنيع كميات تجارية من الشاشات المرنة المصنعة من الإلكترونيات البلاستيكية أصلياً، وهذه نقلة هامة جداً".

إن قارئات الكتب الإلكترونية مثل سوني ريدر Sony Reader و iRex iLiad هي أجهزة بحجم الكتب ذات شاشات صلبة. وهي تنتج من طبقة من البكسلات pixels محتوية على مساحيق بيضاء

نشر هذا الخبر في مجلة: NewScientist, 27January 2007

## ستولد أكواف جديدة من كوننا

ففي أنموذج هذين الفيزيائيين تصبح الطاقة الخفية كثيفة جداً وتجعل الكون يتمدد بمعدل يُدنيه من التمزق العظيم. ويتمزق الكون إلى رقع صغيرة تندفع متباعدة بعضها عن بعض بسرعة أكبر من سرعة الضوء. ولكن هذا الدمار يتوقف بعدئذٍ حين تصبح كثافة الطاقة الخفية مساوية لكثافة الكون. وعند هذه النقطة، تنسحق كل رقعة من تلقاء نفسها. ويقول فرامبتون: "إن جميع هذه الرقع، التي يوجد عدد هائل منها، سوف تتقلص بشكل منفصل لتعطي أكوافاً متمايزة". وعندئذٍ سترتد كل رقعة نحو الخارج مجدداً بحيث تخلق كوناً جديداً.

وبشكل قاطع، لن تحوي كل رقعة بالنهاية إلا جزءاً من الأنتروبية الكلية للكون الأم - لذلك فإن كل كون جديد ينشأ في حالة أنتروبية منخفضة، حسب المقتضى.

إن بول شتاينهاردت P. Steinhardt، وهو متخصص في علم الكون بجامعة برنستون، يتمنى أن يرى هذا الأنموذج أكثر تطوراً، إذ يقول: "إنني متشوق أن أرى إلى أي مدى يمكنهم تنفيذ هذه الفكرة".

ستوضع النظرية قيد الاختبار عندما يتم إطلاق ساتل بلانك Planck satellite التابع لوكالة الفضاء الأوروبية في شهر تموز من العام 2008. وسيقوم الساتل بقياس خواص تتعلق بضغط وكثافة الطاقة الخفية، الأمر الذي سيميز الأنموذج الجديد عن الصورة المعيارية للانفجار العظيم حسب قول فرامبتون.

أي مصير مخيف ينتظر كوننا؟ بعض الفيزيائيين يحتاجون بأن مصيره التمزق بطاقة خفية جامحة، في حين يعتقد آخرون أنه أخذ بالارتداد عبر سلسلة لانهائية من الانفجارات العظمى والانسحاقات الشديدة. والآن يجري دمج هاتين الفكرتين لخلق خيار آخر سيتحطم بموجبه كوننا في نهاية المطاف إلى بلايين القطع، لتتحول كل قطعة منها إلى كون جديد تام. وقد يستطيع هذا الأنموذج حل لغز الانتظام المذهل الذي نظم كوننا المعن في القدم.

تدور إحدى المشكلات، التي يجب على النماذج الكونية تفسيرها، حول مقدار الاضطراب في طريقة ترتيب الجسيمات في كوننا، الأمر الذي يتحدد بكمية تُدعى الأنتروبية entropy. ويعتقد علماء الكون أن الكون نشأ بحالة مرتبة قليلة الأنتروبية بعد الانفجار العظيم (المستعر الأعظم)، وأصبح يتخذ بالتدرج منحى أكثر لخبطة. ولكن سبب هذه البداية الجيدة الترتيب على هذا النحو، في الوقت الذي يكون فيه الاحتمال كبيراً بأن تشكل الجسيمات والطاقة في حالة من عدم الانتظام، يبقى أمراً محيراً.

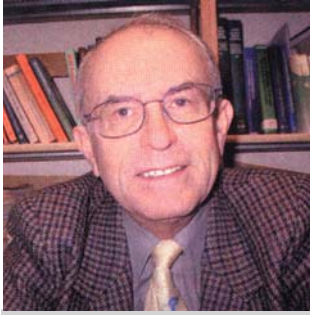
ربما يتصل الجواب بأسلوب خلق الأكواف واندثارها. ويعتمد مصير الكون على مدى تغير الطاقة الخفية التي تؤلف القوة التي يُعتقد بأنها تقود التوسع المتزايد في كوننا بمرور الزمن. فإذا تزايدت هذه الطاقة الخفية بدون حدود، فإنها حتماً ستمزق في نهاية المطاف كل شيء بحيث تخرب الكون في حادثة تُدعى التمزق

**ستنسحق شظايا كوننا من تلقاء نفسها، وعندئذٍ سيرتد كل جزء نحو الخارج ويخلق كوناً جديداً**

العظيم big rip. والآن، يفتعل الفيزيائيان لوريس باوم L. Baum وبول فرامبتون P. Frampton من جامعة كارولينا الشمالية في شابيل هيل Chapel Hill هذا المفهوم لشرح كيف أمكن إبقاء الأنتروبية في كوننا الأولي تحت السيطرة.

نشر هذا الخبر في مجلة: NewScientist, 10 February 2007

# إنتاج الهيدروجين انطلاقاً من الزيوت



جاءك ليديه مدير بحث في  
المدرسة الوطنية للصناعات  
الكيميائية في نانسي

جزيئي (H<sub>2</sub>) في حين أن 60% من الكربون يتحول إلى أحادي أكسيد الكربون (CO). ويسمح هذا المزيج (CO<sub>2</sub>H<sub>2</sub>)، الذي يُدعى غاز الاصطناع، باصطناع كل أنواع المواد الهيدروكربونية.

**هل يمكن لهذه الطريقة أن تكون قابلة للتصنيع؟**

يُمارس الفريق الأمريكي حالياً عملية التحلل الحراري بما مقداره 600 غرام من الزيت

يوميًا: ويجدر القول بأننا بعيدون كل البعد عن الأطنان بالساعة التي تتطلبها المفاعلات الصناعية. وعندما تتجلى أهمية هذه الطريقة، يصبح من الضروري فهم التفاعلات الكيميائية التي تتدخل في هذه العملية السريعة بشكل أفضل، وكذلك عمليات التبادل الحراري والهيدروديناميكية قبل الانتقال بها إلى الصناعة. وتعدُّ هذه المعطيات ضرورية لنمذجة ما يحدث على مستوى القطيرة، وكذلك ضمن المفاعل، وهو أمر شديد التعقيد. إن الهدف هو نمذجة طبيعة وشروط عمل المفاعل وأبعاد القطيرات وسرعتها ودرجة الحرارة المثلى بغية التوصل إلى قوانين استقرار تسمح بالانتقال من المقاس المختبري إلى المقاس الصناعي.

**هل تفتح هذه التقنية الباب أمام تصنيع أفضل أداءً لوقود حيوي نباتي؟**

تكمّن المسألة في معرفة فيما إذا كان ممكناً إجراء التحلل الحراري المباشر لجسيمات المادة الحيوية باستخدام تقانة مستوحاة من الطريقة التي ابتكرها هؤلاء المؤلفون. يمكن الحصول في هذه الحالة بخطوة واحدة على وقود حيوي يُدعى "الجيل الثاني" ينجم عن مجمل المادة النباتية المستخدمة في البدء، خلافاً لأنواع الوقود الحيوي الحالية. ولكن لاشيء يدل على أن هذا التحول ممكن الإجراء.

نُشر هذا الخبر في مجلة: La Recherche, No 404, Janvier 2007

## الوقود الحيوي

قام فريق من جامعة Minnesota في Minne-apolis بإنتاج الهيدروجين من الزيوت النباتية بفضل طريقة تُدعى التحلل الحراري الومضي Pyrolyse flash. والهدف هو تغذية البطاريات المستقبلية التي تعمل بالوقود أو اصطناع وقود متجدد المنشأ.

## ماهو التحلل الحراري الومضي؟

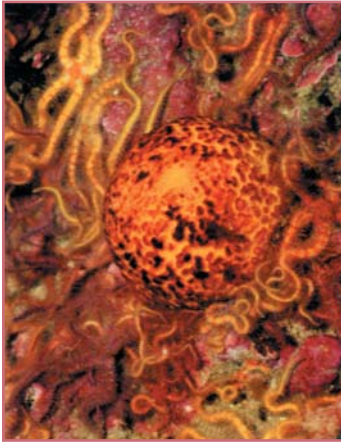
يجيب جاك ليدي J. Lédé: يتمثل التحلل الحراري الومضي عموماً في تحليل مادة معينة (كالمادة الحيوية مثلاً Biomasse) بالحرارة في غياب أي وسط مؤكسِد كالهواء أو الأوكسجين على عكس الاحتراق أو التشبيح بالغاز. تجري ممارسة التحلل الحراري البطيء منذ ما قبل التاريخ، نظراً لأنه يمثل تفاعل تصنيع الفحم من الخشب. وبالمقابل، عندما تسخن تلك المادة بشكل سريع جداً يقل تشكل الفحم، لصالح الزيوت والغازات: وهذا ما يُدعى بالتحلل الحراري الومضي، المعروف منذ بضعة قرون. حيث تحقن المادة التي يجب تحللها حرارياً بشكل جسيمات دقيقة صلبة عموماً داخل مفاعل في جو عاطل كيميائياً، فيحدث التفاعل خلال بضع عشرات الملي ثانية.

## ماذا حقق الكيميائيون الأمريكيون؟

إن إجراء التحلل الحراري الومضي للزيوت المحضرة على شكل رذاذ يُرسل بسرعة عالية فوق محفز كان أول ابتكارات هذه البحوث. ثمة ابتكار آخر يكمن في افتقاد إسهام حراري خارجي. فالباحثون هنا يحقنون كمية صغيرة من الهواء المكمل لإبقاء درجة الحرارة بين 800 و 1000 °C الضرورية للتحلل الحراري الومضي. ثمة ميزة كبيرة لهذا التفاعل تكمن أيضاً في عدم إنتاج الفحم، الأمر الذي يسمح للمحفز بالبقاء فعّالاً بمرور الزمن. يتم احتراق كامل الوقود تقريباً، ويعود 70% من الهيدروجين الذي كان في البدء، ليوجد على شكل

## يقود الطريق نحو خلايا شمسية أرخص كلفة

## إسفنج البحر



ليحلّ محله النشادر، الذي يحفز تفكك نترات الزنك إلى أكسيد الزنك البلوري.

وعن طريق تنظيم سرعة انتشار النشادر في نترات الزنك، ومن ثمّ درجة حموضة المحلول، استطاعوا أن يتحكّموا ببنية فلم أكسيد الزنك الذي ترسّب ببطء على ركازة زجاجية في حجرة التفاعل.

وبهذه الطريقة، قاموا ببناء طبقات بلورية (كريستالية) تتراوح سماكتها بين 100-300 نانومتر، ويُفترض منهم أن يكونوا قد تناولوا ذلك في اجتماع الجمعية الكيميائية الأمريكية American Chemical Society في شيكاغو في ربيع هذا العام.

وعلى الرغم من نجاحهم في بناء خلايا شمسية بدائية عاملة، يرى شوينزر أن هذه التقنية مازالت بحاجة إلى المزيد من التطوير، حيث يقول: "ما تزال هنالك مشكلات ولكن العملية تبدو صالحة الإجراء في درجات حرارة منخفضة بحق وأن بإمكانها إنتاج نباتات بكلفة منخفضة حقاً".

تُعدّ الإسفنجيات البحرية مخلوقات دونية humble، ولكن البعض منها يتميز بموهبة خاصة، إذ تستطيع أن تحصد السليكون من مياه البحر، وتستخدمه لابتداء الخيوط المشوكة التي تغطي أجسامها. وقد أوحى هذه العملية الآن بتطوير طريقة رخيصة منخفضة الطاقة لتصنيع الخلايا الشمسية.

تتضمن الطريقة المعتادة لصنع الخلايا الشمسية تقنيات مثل الترسيب البخاري vapour deposition، وفيها تتوضّع المواد الكيميائية على سطح خامل أو ركازة، بغية خلق طبقة من نصف ناقل بلوري يولّد تياراً كهربائياً حينما يضربه الضوء، وهذا يحدث تحت درجة حرارة عالية وضغط جوي منخفض جداً، مما يجعل هذه العملية باهظة الكلفة وكثيفة الطاقة.

لقد عرف دانييل مورس D. Morse، المختص بالكيمياء الحيوية الجزيئية، وزميله جون غوم J. Gomm وبيرجيت شوينزر B. Schwenzer من جامعة كاليفورنيا في سانتا باربرا، أن أنواعاً معيّنة من الإسفنج البحري مثل إسفنج الفطر النفاث ذي اللون البرتقالي الذي يحمل اسم Tethya aurantia تصنع طبقات السيليكا النقيّة بدون معونة درجات الحرارة العالية أو الضغوط المنخفضة، وبدرجة حموضة (pH) قريبة من الاعتدال. ويقوم هذا النوع بذلك باستخدام إنزيم يُسمّى silicatein لتحفيز تحويل حمض السيليس الموجود في مياه البحر إلى حسكات spikes من السيليكا.

والمعروف عن بُنى كهذه أنها تجعل الخلايا الفوتوفولطية (كهروضوئية) أكثر فاعلية، ولذلك فقد شرع الباحثون بتطوير عملية مضاهية analogous تولد طبقات بنوية من أكسيد الزنك—وهو نصف ناقل خليوي واسع الاستخدام. لقد استبدلوا مياه البحر لتحل محلها نترات الزنك المائية aqueous Zink nitrate واستبدلوا السيليكاتين

نُشر هذا الخبر في مجلة: NewScientist, 24 March 2007

# حرب الديدان

ما الذي يحولّ صديقاً متواضعاً  
للأرض إلى تهديد بيئي؟ تحقيق  
جيسيكا مارشال



هناك جموعٌ من محبي البيئة الطيبين في أعماق غابات مينسوتا قد تحوّلوا أشراراً، غاية في الشرّ. وعلى ما يبدو، فإنّ الجحيم أذنت بتدمير أرض الغابة، إذ أخذت تجتث النباتات والأزهار البرية غير تاركة إلا تربة جرداء قاسية، وإذا لم يجد أحدٌ طريقةً ما توقف هؤلاء القوم عند حدّهم فإن غابات الغرب الأوسط ستؤول إلى الأفول.

وثمة قصةٌ مؤسفةٌ مماثلة تُلّف جميع أنحاء العالم، ولكن هوية هذا الفاعل المتهم ستكون شيئاً ما يدعو للدهشة والاستغراب. فمن بين جميع المخلوقات القادرة على تخريب المنظومات البيئية واجتثاث الأنواع الحيّة فإن هذا الفاعل المتهم يُعدُّ أقلها احتمالاً. إنه المعادل الأيكولوجي لعجوز وديعة ولكنها قاتلة: إنه دودة الأرض.

إن لدودة الأرض سمعة أصدقاء البيئة، فهي تلتهم التربة وتغنيها فيما هي تمخر طريقها في الأرض وبقايا الأوراق. فالمشكلة في مينسوتا أن هذه الولاية ليست بحاجة إلى أي ديدان. ولا حتى في أي مكان في الولايات المتحدة وكندا شمال خط يمتد غرباً من بوسطن. إذ إن الديدان فيها غزاة وجدت طريقها مع البضائع والمستوطنين الذين قدموا من أوربة منذ ثلاثة قرون مضت، وهي الآن تُستخدم كطعم لصيد الأسماك.

صحيح أن هذه الديدان تصول بوضوح في المناطق الخالية من الديدان، ولكن ثمة حروب ديدان في أماكن أخرى من العالم أخذت تنتشب بين أصناف الأنواع الحيّة الأصلية وبين الدخلاء الغريباء. هناك العديد من أصناف ديدان الأرض الأصلية في جبال كارباتيان في رومانيا قد حل محلها غزاة أقوى منها وردت من أجزاء مختلفة من أوربة، وربما وردت بشكل غير متعمد عبر الزراعة أو إزالة الغابات. وفي المملكة المتحدة، فإن ديدان الأرض الأصلية وبضمنها أحد الأنواع التي تسبب متاعب مينسوتا، يهدده نوعان أجنبيان من الديدان المنبسطة الأجنبية وهما *Arthurdendyus triagulatus* من نيوزيلندا و *Australoplana sanguinea* من أستراليا. ويقوم هذان النوعان بحقن إنزيمات في فريستهما قبل أكلها حية. وفي هذه الأثناء تكافح بعض ديدان الأمازون ضد دخيل غاز آخر انتشر آتياً من المناطق الجنوبية في الأمازون في النباتات والمحاصيل المعبأة واسمه *Pontoscolex corethrus*.

تتسم كل هذه المعارك بصفة مشتركة: إنها نتيجة أخذ أنواع حيّة من منظومة بيئية واحدة وإطلاقها في مكان لا تنتمي له بقصد أو بغير قصد. إن الأنواع الأجنبيّة تعدُّ واحدة من التهديدات الكبيرة للتنوع البيولوجي في الكرة الأرضية: فمع عدم وجود المفترس الطبيعي

السمدال (من الضفدعيات) أو ثدييات أخرى تتحرك في الدبال وتبقية رخوا، فإنه يجري استبدال نظام تهوية تربة فعال حين تغزو التربة دودة الأرض الدخيلة، هذا ما يقوله فريليتش. ونتيجة لذلك تصبح التربة أشد وأكثف، ولا تستطيع النباتات والشتلات الصغيرة أن تضرب جذورها في أرض الغابة الكثيفة، أما ما يستطيع من هذه النباتات أن يفلح في الإنتاش فإنها سرعان ما تقضي عليها جماعات الطباء المتكاثرة.

لم تسبب المعركة بين ديدان الأرض الأصلية والديدان الأجنبية في أوربة الخراب الذي اتضح في غابات مينسوتا. ولكن من وجهة نظر التنوع البيولوجي فإن التغيير الحاصل هو حتماً تغييرٌ سلبي، حسبما يقول فيكتور بوب V. Pop من معهد البحوث البيولوجية في كلوج-نابوكا في رومانيا، وقد عاد بوب مؤخراً إلى المواقع التي قام بمسحها ومعاينتها في رومانيا خلال الستينيات والسبعينيات ليجد أن العديد من الأنواع الحية الأصلية قد اختفت.

وثمة قصة مشابهة في المناطق الاستوائية حيث سببت اضطرابات التربة الناجمة عن إزالة الغابات وعن الزراعة زعزعة جماعات ديدان الأرض الأصلية وأتاحت لغزاة من أمثال P. corethrus أن تحل محل المفككات الطبيعية للتربة.

ولعل من المحزن عدم إمكانية فعل ما يجدي حالمًا تنتقل الديدان إلى داخل التربة. وقد اختبر هولدرث جدوى إزالة هذه الديدان من غابات مينسوتا عن طريق سريان تيار كهربائي عبر مساحة من التربة والطلب إلى متطوعين جمع الديدان التي تخرج إلى السطح. فقد حققت التجربة نجاحاً محدوداً. إذ بقيت بيوض الديدان وتحركت الديدان الفتية لتملأ الفراغ بشكل نشط. وهناك حديثٌ حول جلب ديدان مفلطحة نيوزيلندية تفترس ديدان الأرض هذه في المملكة المتحدة، ولكن إدخال مفترس أجنبي آخر إلى الغابات يشكل استراتيجية محفوفة بالمخاطر. ويمكن لمثل هذا المفترس النهم أن يستسيغ أنواعاً أصيلة غير مستهدفة إلى جانب ديدان الأرض. ويعترف فريليتش قائلاً: "لسنا متأكدين أننا نرغب في ذلك". وحتى الآن، كل ما يمكن القيام به هو محاولة منع إدخال المزيد من الديدان، إضافةً للتحكم بتعداد الطباء بقصد إتاحة فرصة للنباتات الصغيرة للبقاء.

وعلى شاكلة كفاح عالم للبيئة مثل فريليتش لإبقاء هذه الحرب تحت السيطرة، فإن أجزاءً من جنوب شرق الولايات المتحدة تستعد لغزوة ثانية، وفي هذه المرة من جانب نوع ديدان أسويبي ذي قَدِّ يعادل قلم الرصاص وينتمي للجنس Amarynths ويصلح طعاماً خاصاً لصيد السمك. هذا العدو هو عدوٌ كبير وله شهيةٌ نهمة للأوراق ويشق طريقه بسرعة كبيرة. ويقول باول هيندريكس P. Hendrix من جامعة جورجيا في أثينا، والذي يدرس هذه المشكلة: "يمكنك سماع هذه الديدان تتحرك عبر بقايا الأوراق". وعلى الديدان المحلية أن تحفر الشقوق وتستعدّ لخوض المعركة.

يمكن للغزاة أن تنفلت من السيطرة وأن تُحدث فوضى ودماراً لمنظومة بيئية ما. أما بالنسبة للديدان، فقد لا يبدو الأمر محتملاً.

يقول أندرو هولدرث A. Holdworth الذي درس غزاة مينسوتا تحت إشراف لي فريليتش في جامعة مينسوتا بسان بول: "جميعنا نشأنا نتعلم أن الديدان مفيدة للتربة بشكل عام". وتبين لنا الآن أن الحالة ليست هكذا على الدوام.

لقد قام فريليتش بتجربة على رعييل الغزاة في العام 1997 حين تساءل المليونير بروس دايتون B. Dayton عن سبب اختفاء الأزهار البرية في أحراج مزرعته في وود-ريل، غرب مينيابوليس. ويستذكر فريليتش قائلاً: "لقد قلت حينذاك لا أعرف، ولكن سأحاول معرفة السبب". ولكنه حين سمع بالتلف الذي سببته الديدان في حدائق مدينة نيويورك اشتبه بمشكلة مشابهة وشرع في التفتيش عن المتهم.

لقد بدا نشاط الدودة واضحاً خلال التجوال حول الغابة في وود-ريل التي تبرع بها دايتون وزوجته للولاية. لقد كان يجب أن تنفرش الغابة بطبقة 10-15 سم من بقايا أوراق الشجر المنفوشة أو المتفسخة وصولاً إلى طبقة تحتية وفيرة من النباتات والأشغال الصغيرة. ولكن الذي حصل كان أرضاً عارية ذات تربة قاسية مع شجرة واحدة في ذلك المشهد.

هناك على الأقل ستة أنواع لديدان غريبة تعمل الآن، ولكن اثنين منها فقط مسؤولان عن معظم هذا الضرر. فدودة الأرض Lumbricus rubellus، التي تعتبر شرهة لتقطيع الأوراق، تمضغ مفارش الدبال الدفينة جميعها في فصل واحد. وأثناء ذلك، يتولى الزاحف الليلي Lumbricus terrestris، (المعروف بدودة الأرض الشائعة في المملكة المتحدة)، الطبقة العليا ساحباً جميع الأوراق داخل شقوقه ليأكلها طارحاً سوق الأوراق عند مدخل الشق جرداء عارية.

## نبش الأقدار

يشير فريليتش إلى باقات مشوكة من السوق تبرز من شق تلو آخر على بعد بضعة سنتيمترات. فالديدان جردت هذه السوق من خيراتها، كأوراق الزيزفون ومعظم القيقب، وحتى أوراق البلوط الأقل استساغة فإنها ستنتلاشى قبل سقوط الأوراق مجدداً. ويقول في هذا الصدد: "لن تسمح البسيطة بتشكيل طبقة أوراق ساقطة جديدة".

وفي أوربة، حيث تعتبر الأنواع الحية أصيلة native تلعب دودة الأرض L. terrestris وديدان أرض أخرى دوراً مهماً في إدخال مغذيات nutrients من الأوراق الساقطة إلى داخل التربة. كما تقوم شقوق هذه الديدان بتهوية التربة وخلق قنوات ملائمة للجذور النامية ولارتشاح المياه والتبادل الغازي. يُضاف إلى ذلك، أن مفرغات هذه الديدان تشكل مكامن لنتيجة البكتريا التي تقوم بتثبيت النتروجين في شكل تستطيع النباتات امتصاصه. ورغم أن تهوية التربة في مينسوتا تتم بواسطة حشرات التربة مثل الخنافس والديدان ذات المئة رجل والألف رجل وكانئات أخرى تسكن في الدبال مثل

نشر هذا الخبر في مجلة: NewScientist, 20 January 2007



## تحدي الاعتدالين (الربيعي والخريفي) لقانون نيوتن

في يومين قريبين للاعتدالين الربيعي والخريفي. وفي هذه الأزمنة والأمكنة المضبوطة، إذا كان قانون نيوتن الثاني في الحركة يصح في حالة جميع التسارعات، فإن الكتلة يجب أن لا تستشعر أي قوة. لكن إذا كانت الدينامية النيوتونية المحوّرة العطالية صحيحة، فإن إحصاءات إغناطييف تبين أنه ستكون هناك قوة خفيفة متبقية residual تسبب اهتزاز الكتلة بمقدار  $10^{-12}$  متر تقريباً.

ويبدو أن النقاط مثل هذه الحركة الصغيرة أمر ميبؤس منه، لكن إغناطييف يشير إلى أن التجريبيين أنشؤوا مؤخراً مكاشيف ذات موجة تناقلية تستطيع حتى قياس الحركات الأصغر من ذلك. ويقترح استخدام مكشاف مماثل من أجل التجربة. إذ يقول: " لن يكون هذا الأمر بسيطاً، لكن يمكن أن يكون معقولاً".

يقول HongSheng Zhao، وهو فلكي من جامعة سانت أندروز في المملكة المتحدة، ويعمل على الدينامية النيوتونية المحوّرة: "ثمة نتيجة إيجابية يكون لها مثل هذه التطبيقات الهائلة فيما يتعلق بالمادة الخفية، وسنقوم بإجراء هذه التجربة في المستقبل القريب".

**في يومين من السنة، يعمل كل من تسارع ثقالة الأرض من جهة، ودورانها وحركتها حول الشمس من جهة أخرى على إلغاء أحدهما الآخر.**

وثمة نتيجة سلبية قد تستثني الدينامية النيوتونية المحوّرة العطالية، لكنها تتيح إمكانية إبقاء الدينامية النيوتونية المحوّرة التناقلية صحيحة. ولاختبار ذلك، يقول تساو، لا بد من إجراء تجارب مماثلة على مركبة فضائية عند نقطة ما بين الأرض والقمر حيث يكون السحب التناقلي gravitational pull لكل منهما متساوياً.

وبينما يكون الفيزيائيون النظريون من أمثال إغناطييف وتساو متحمسين للاختبار، فإن Eric Adelberger من جامعة واشنطن في سياتل، وهو يعمل في الاختبارات العالية الدقة، يكون أقل اقتناعاً بذلك. إذ يقول: "إن الفكرة عظيمة نظرياً، لكنها من الناحية العملية مستعصية، إذ يصعب إقناع أي شخص بالدوران حول غرينلاند لقياس المسافة".

ربما أمكنك لسبب ما أن تجعل البيضة تقف منتصبه على نهايتها خلال زمن الاعتدال الراهن، أما الفيزيائيون التجريبيون فيمكنهم تقديم العون لك. فهناك تجربة حساسة لا يمكن إجراؤها إلا أثناء الاعتدالين وتستطيع أن تختبر بعض النظريات التي تقدم بديلاً للمادة الخفية.

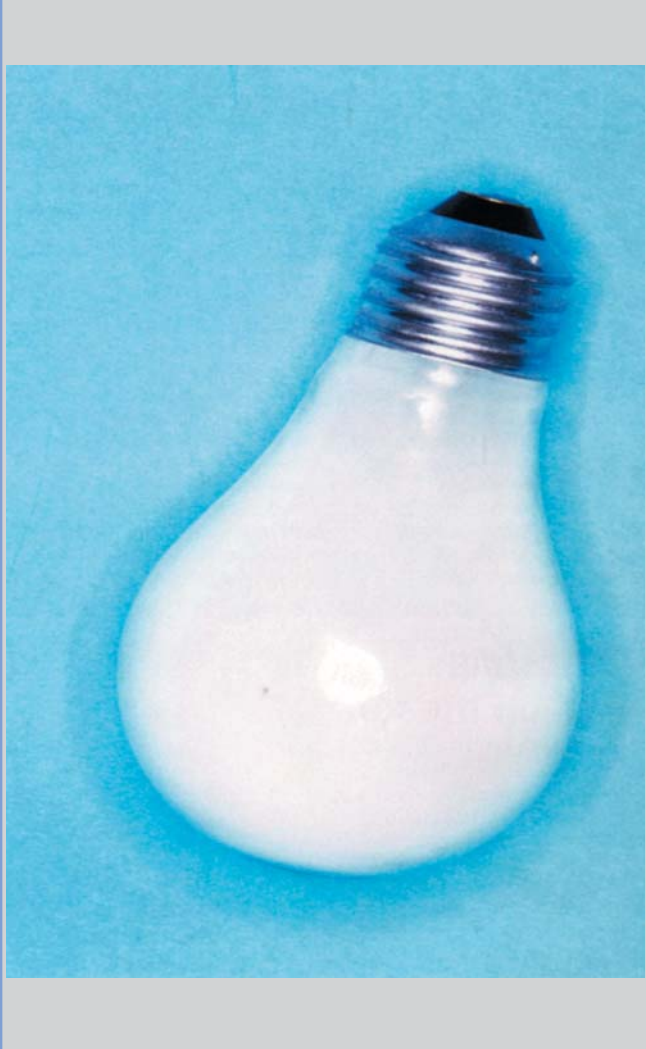
إن النجوم تتحرك في محيط المجرات بسرعة تفوق ما يمكن تفسيره بدلالة ثقالة المادة المرئية. ولتفسير الثقالة الإضافية، افترض الفلكيون وجود المادة الخفية. وفي ثمانينيات القرن الماضي، اقترح Mordechai Milgrom وكان حينها في جامعة برنستون، أن هذه المشاهدات يمكن تفسيرها أيضاً بتحوير في قانون نيوتن حول الثقالة. ومنذ ذلك الحين تطورت نظرية ميلغروم للدينامية النيوتونية المحوّرة (MOND) إلى شكلين: الدينامية النيوتونية المعدلة MOND التناقلية التي تحوّر قانون التربيع العكسي للثقالة، والدينامية النيوتونية المعدلة MOND العطالية التي تحوّر قانون نيوتن الثاني في الحركة.

وفي كلا الحالين، عندما تتحرك الأجسام بتسارع يفوق عتبة معينة،  $a_0$ ، تصحّ القوانين المعروفة جيداً. وعندما ينخفض التسارع إلى ما دون العتبة  $a_0$ ، تتحوّر القوانين قليلاً لتفسير سرعة النجوم عند أطراف المجرات على سبيل المثال. وتساوي قيمة  $a_0$  واحداً بالبليون من التسارع العائد للثقالة الأرضية، وبذلك لا يمكن بصورة طبيعية رؤية تأثيرات الدينامية النيوتونية المحوّرة على الأرض. هذا يعني أنه كان على الفلكيين الاعتماد على مشاهدات المجرات وتجمعات المجرات لاختبار الدينامية النيوتونية المحوّرة. وحالياً يفترض Alex Ignatiev، في معهد أبحاث الفيزياء النظرية في ملبورن بأستراليا، طريقة لاختبار الدينامية النيوتونية المحوّرة العطالية على الأرض.

ويتمثل الحل بإيجاد الزمن والمكان اللذين يكون فيهما التسارع الذي يتحصّسه جسم اختباري ما مساوياً للصفر. وهذا ليس عملاً سهلاً، طالما أن دوران كوكبنا وحركته حول الشمس تبعثان كذلك قوى من شأنها تسريع الأجسام بشكل يفوق حدّ الدينامية النيوتونية المحوّرة. ولكن إحصاءات إغناطييف تبين أن هذه القوى تلغي كل منها الأخرى على طول خطوط عرض بحوالي 80 درجة شمالاً أو جنوباً (مروراً بشمال غرينلاند وأنتاركتيكا) في زمنين مضبوطين من السنة.

وتعتبر الفرصة المنظورة لإجراء أي اختبارات في هذا الشأن ضئيلة جداً. فالقوى تلغي فقط كل منها الأخرى لمدة ملي ثانية

نشر هذا الخبر في مجلة: NewScientist, 20 January 2007



## استبدال الإضاءة الكلاسيكية المنزلية

تُعتبر المصابيح الكهربائية ذات الشعيرة المسرفة في استهلاك الطاقة قضية زائلة. فنحن بانتظار بدائل رخيصة وكفوءة.

مع استمرار تدفق أيقونات التقانة فإنها لن تصبح أكبر حجماً ولا أكثر بقاءً من المصباح الكهربائي التقليدي المتوهج بشعيرة التتغستن. فهذا الأخير هو واحدٌ من التقانات القليلة التي ما تزال قيد الاستخدام حتى الآن منذ أكثر من قرن مضى على قيام مخترعين بابتكاره وبضمنهم توماس أديسون T. Edison وجوزيف سوان J. Swan.

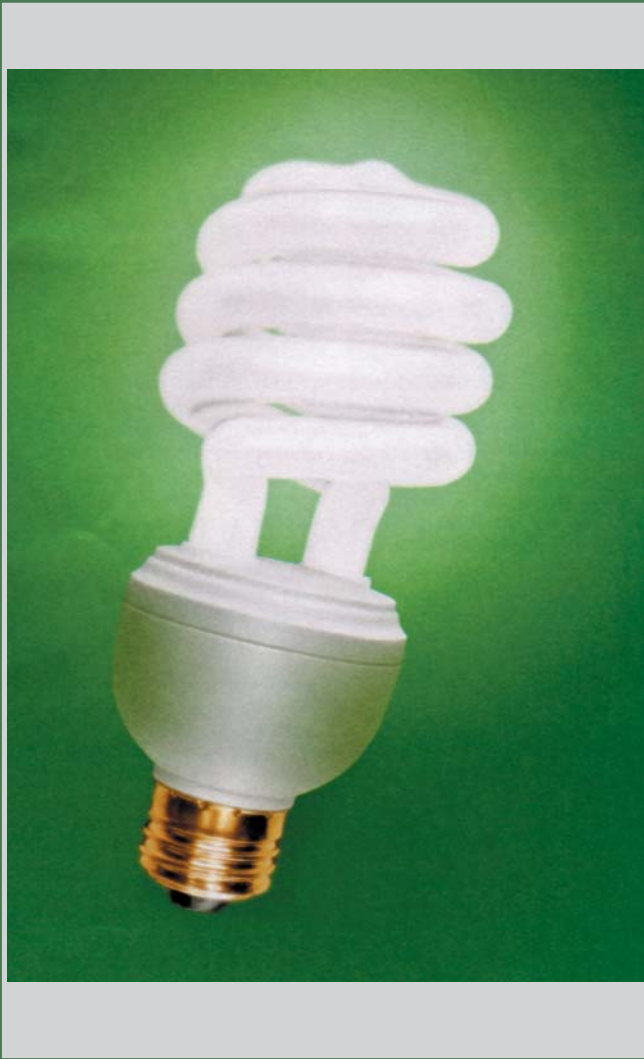
والآن، تطلق الحكومات الغربية رصاصة الرحمة على فترة ذلك المصباح الكهربائي المتواضع بسبب هدره كميات كبيرة من الطاقة. وأول من اقترح توقيت ذلك كانت ولاية كاليفورنيا: ففي الحادي والثلاثين من كانون الثاني/يناير أظهرت "عدد المشرعين اللازم لتبديل مرسوم المصباح الضوئي" وإذا صدر هذا المرسوم فستحظر هذه المصابيح بحلول العام 2012.

وبعد ثلاثة أسابيع أعلنت أستراليا عن خطة لفعل الشيء نفسه. وفي هذا الشهر وعدت حكومة المملكة المتحدة بإلغاء هذه المصابيح مع حلول العام 2011.

ولا عجب أن 5% فقط من الطاقة الكهربائية التي تغذي المصباح هي التي تولد الضوء، إذ إن البقية مصيرها الهدر على شكل حرارة، ويؤمن الانتقال إلى بدائل طاقة فعّالة مجالاً واسعاً

لتخفيض إطلاقات ثنائي أكسيد الكربون من محطات الطاقة التي تحرق الوقود الأحفوري وذلك عبر تخفيض كمية الكهرباء التي يتم إنتاجها.

وتتوافر بدائل موثوقة. ففي المقام الأول، تنتج خطوط الإنتاج مصابيح متألقة مضغوطة (CFLs) compact florescent lamps، وهي نسخٌ ذات وشيعة من الأضواء الأنبوبية المتألقة المألوفة في المكاتب والمعامل. ونحن الآن بانتظار مصابيح وأضواء مبنية على ديودات مصدرة للضوء (LEDs) ورقاقات مكروية تطلق كميات ضخمة من الضوء حسب مقاسها، وتستخدم جزءاً من طاقة المصابيح التقليدية. ورغم أن LEDs هي أشياء مألوفة في أضواء السيارة الأمامية وشاشات العرض، فإن القصور الفني يعني أنها لن تتمكن من أن تحل محل المصابيح الضوئية لإعطاء إضاءة خارجية ساخنة.



تبقى المصابيح المتألقة المضغوطة (CFLs) في الوقت الحاضر حلاً مؤقتاً يولد الضوء لـ 20% فقط من مصابيح الطاقة المتوهجة. كما أنها تستمر 10000 ساعة بالمقارنة مع 1000 ساعة فقط. أما التوفير المحتمل في الطاقة والمال فهو توفير كبير حيث تستهلك الإضاءة خمس كهرباء البلدان الصناعية.

ويوجد في الولايات المتحدة حوالي 4 بلايين من مقابس sockets المصابيح الضوئية المتوهجة، حسبما تقوله شركة فيليبس الهولندية التي قامت بحملة في واشنطن العاصمة في الرابع عشر من آذار بقصد جمع كافة المصابيح غير الفعالة في أميركا الشمالية والتخلص منها بحلول العام 2016. وستنخفض فاتورة الكهرباء السنوية باستبدال المصابيح المتوهجة ليحل محلها مصابيح أخرى من ذوات الطاقة الفعالة إلى 18 بليون دولار، كما ستخفض إطلاقات ثنائي أكسيد الكربون بمعدل 158 مليون طن، وفقاً لما تدعيه هذه الشركة.

### التخلص من المصابيح

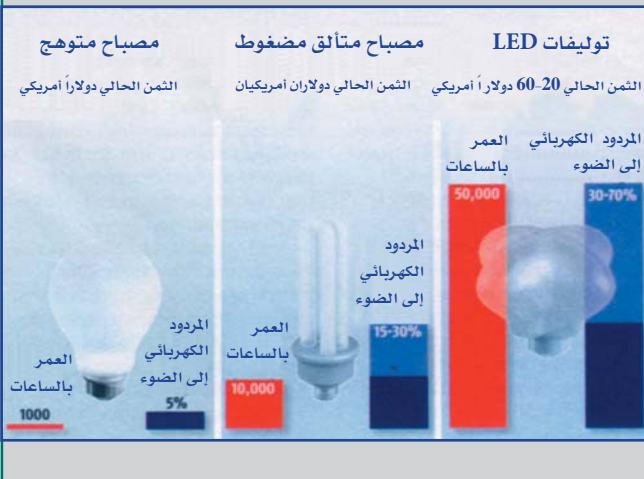
تستخدم أروبة حوالي 3.9 بليون من المصابيح التوهجية، وبذلك يمكنها أن تحقق توفيراً مماثلاً. ويقول المتحدث باسم المفوضية الأوربية، التي ستأخذ بعين الاعتبار سن تشريع في أيار من أجل التخلص من المصابيح: "إذا قام كل منا بتغيير المصابيح التوهجية، نستطيع عندها توفير طاقة مكافئة لعشرة ملايين منزل".

يحتوي أنبوب المصباح المتألق المضغوط CFL على غاز يولد ضوءاً فوق بنفسجي استجابةً لتيار كهربائي ما. فعندما تضرب الأشعة فوق البنفسجية طبقة الفسفور الممتصة لداخل الأنبوب فإنها تولد ضوءاً مرئياً. لقد كانت CFLs تعتبر حتى الآن مكلفة وبشعة وذات إضاءة منقطعة في مقابل البديل المنافس النهم للطاقة. ويقول المتحدث باسم شركة فيليبس ستيف غولدماسر: "عندما حاولنا لأول مرة إنتاجها خلال السبع والعشرين سنة الماضية كانت الواحدة منها تكلف 25 دولاراً وهي الآن تكلف أقل من دولارين لكل واحدة". وحسب قوله، فإنها تأتي مع محولاتها الضمنية built-in على نحو يناسب معظم المقابس الضوئية العادية. وقد تم استبدال 85% من CFLs، حسب قول اتحاد التنوير الأمريكي. وقامت محلات Wal-Mart الكبيرة نتيجة لذلك بحملة لبيع 100 مليون من المصابيح المتألقة المضغوطة (CFLs) في نهاية العام 2007. ويتمثل أحد المحددات القليلة لمصابيح CFLs في كونه لا يُستطاع إخفاتها dimmed مثلما هو الحال في المصابيح التقليدية.

من المرجح أنه سيتم إحداث أهم التغييرات في طريقة إنارة بيوتنا عندما تصبح LEDs رخيصة ومضمونة بشكل كاف لتوفير ضوء أبيض عادي منتشر. ويعود ذلك إلى أن CFLs أكثر فعالية من

### إضاءة ساطعة

تقدم بدائل المصابيح الشعيرانية توفيرات ضخمة طيلة أعمارها



## سيخفّض استبدال المصابيح التوهجية فواتير الكهرباء في الولايات المتحدة بمقدار 18 بليون دولار أمريكي كل عام.

إن التحديّ هو تطوير أجهزة تحلّ مكان المصابيح التوهجية وتعطي ضوءاً أبيض أكثر سخونة. ويقوم فريق هامفريس Humphreys وفرق بحثية أخرى في العالم بمقارنة هذا الموضوع عن طريق طلي LEDs بفسفور أحمر وأزرق وأخضر. ويقول هامفريس: "نستطيع من حيث المبدأ أن نقلد جودة ضوء الشمس، ولئن لم نصل حتى الآن لتحقيق ذلك، فإننا نقترب منه أكثر فأكثر".

وإذا كانت الـ LEDs البيضاء سائراً بمواصلة طريقها للاستخدام كمصابيح ضوئية، فإنها ستصبح كذلك أرخص كلفة. فالمصباح الواحد حالياً من هذه المصابيح يكلف حوالي 60 دولاراً لأنه يتطلب على الأغلب إنماء رقاقات تتريد الغاليوم الإنديومي على بلورات ياقوت أزرق باهظة الثمن. ويعتقد هامفريس واثقاً أنه يمكن إنماء LEDs علي السليكون بدلاً من ذلك. وهذا سيخفّض التكلفة بشكل كبير جداً، حيث إن 5 سم من رقيقة الياقوت الأزرق تكلف 40 دولاراً بالمقارنة مع ما يكلفه السليكون البالغة قيمته 5 دولارات. وقد أُنمي فريقه بنى LEDs زرقاء على رقاقات سليكون بطول 5 سم في المختبر.

وكذلك أزال هامفريس ومعاونوه كلّ خطأ كان يُسبب فشل LEDs سابقاً. وقد توقفت هذه الوحدات عن العمل بعد 400 - 500 ساعة من الاستخدام، بسبب الحرارة المحتجزة من قبل قلنسوة الراتنج الإيبوكسي الشفافة التي تغطي وتحمي الرقاقة. وباستبدال إيبوكسي بنمط من أنماط السليكون، أوقف هامفريس فرط سخونة الـ LEDs، فاسحاً المجال لإطالة أعمار عملها. ويقول إنه حالما تصبح الـ LED أرخص بشكل كافٍ، سيمكنها أن تطيل الحياة الإجمالية لوحدة الإضاءة.

هناك شيء واحدٌ محتومٌ ولا ريب فيه عندما تصبح LEDs جاهزة لتولي العمل وهو أن مصابيح الإضاءة التوهجية ستؤول إلى زوال. ويقول هامفريس: "ولعلّه من المدهش أنها استمرت كلّ هذا الزمن الطويل".

المصابيح التوهجية وتصدر حوالي 15% فقط من الطاقة الكهربائية التي يتم تغذيتها بها على شكل ضوء، أو حتى 30% في الشكل الأنوبي. وهذا يقارن مع 30% للديودات المصدرة للضوء الأبيض (LEDs) الموجودة وصولاً إلى هدف يبلغ حتى 70%. ويقول كولين هامفريس الرائد في LEDs في جامعة كامبردج: "ستعمّ CFLs أولاً ولكن يمكن لـ LEDs أخيراً أن تتجاوزها".

تعتبر LEDs أجهزة نصف ناقلة تصدر ضوءاً عند تطبيق فولتية عبرها. وكل LED يضم مجموعة من خمس طبقات رقيقة جداً من نصف الناقل التريدي-الإنديومي-الغاليومي، مفصولة بطبقات تتريد الغاليوم، مقاسها 1 مليمتر مربع فقط. ويستطيع المهندسون تغيير الألوان التي يقومون بإنتاجها وذلك بتغيير كميات الإنديوم. فعلى سبيل المثال، تُعطي 10% من الإنديوم ضوءاً أزرق، في حين تُعطي 20% ضوءاً أخضر. ومن أجل إنتاج ضوء أبيض يتم طلي LEDs نوات الضوء الأزرق بالفسفور الذي يعطي ضوءاً أصفر. وهنا يمتزج هذا مع الضوء الأزرق الصادر عن LED للحصول على لون أبيض غير مستساغ لحدّ ما.

أخذت تظهر الآن بعض المنابع الضوئية المنزلية مبنية على الـ LEDs. وقد كشفت شركة فيليبس في الشهر الماضي الستار عن مصباح كروي مبنياً على أربعة ديودات مصدرة للضوء (LEDs)، اثنين باللون الأحمر وواحد أزرق واللون والأخر أخضر اللون. ومن الممكن خلق تنويرات مختلفة تصل حتى 16 مليون لون مختلف بتغيير شدة LEDs. ويُشار هنا إلى المصباح الذي جرى تدشينه في هولندا تحت اسم "Living Colors"، يتم تشغيله بواسطة جهاز بسيط للتحكم عن بعد. وتشدّد شركة فيليبس على أن هذا هو طريقٌ طويلٌ يبدأ من "المصباح المبنى على الـ LED والذي يستطيع الناس أن يثبتوه ببساطة في مقابس موجودة. ولكن هذه مجرد بداية فقط.

ومن المحتمل أن تظهر معظم الديودات المصدرة للضوء الأبيض LEDs المصممة للمنزل بإضاءة فعّالة حادّة مثل أضواء المكتب. وقد قامت شركة أوسرام التابعة لشركة سيمنس بالكشف عن أضواء كشافة تنتمي لديودات LED تُدعى أوستار Ostar وتستطيع بسهولة أن تنير سطوحاً على ارتفاع مترين حسبما تقوله الشركة. وينبغي أن يفوق عمر هذه الأنوار 50 ضعف الأنوار التوهجية و5 أضعاف عمر الـ CFLs.

نشر هذا الخبر في مجلة: NewScientist, 31 March 2007

# السماريوم



Sm	الرمز:
62	العدد الذري: (بروتونات في النواة)
150	الوزن الذري: ( موجود بشكل طبيعي )

## ماهية

بعمر نصف طويل بما يكفي لتبرير اهتمام مواقع الإدارة البيئية لوزارة الطاقة (DOE) بهما مثل موقع هانفورد. أما أعمار النصف بالنسبة لبقية نظائر السماريوم فهي أقل من عام واحد. وتتولد نظائر السماريوم المشعة بفعل انشطار اليورانيوم والبلوتونيوم، وبشكل عام في المفاعلات النووية. أما نظائر السماريوم الأقصر عمراً (وهي التي تتميز بعمر نصف أقل من عام واحد) والتي تولدت منذ ما يربو على 20 عاماً مضت، فقد اضمحلت منذ أمد طويل مضى. ومن بين النظيرين الأطول عمراً، لا يشغل السماريوم-146 اهتماماً رئيساً في مواقع وزارة الطاقة نظراً لقلته انتشاره وكذلك عمر النصف الطويل جداً الخاص به (وبالتالي نشاطه النوعي المنخفض) مما يحد من أخطاره الإشعاعية. إن النظير الأكثر أهمية هو السماريوم-151، وهو نكيد إشعاعي يتميز بعمر نصف يبلغ 90 عاماً كما أنه يضمحل عن طريق إصدار جسيم بيتا منخفض الطاقة نسبياً.

السماريوم معدن قاسٍ لونه أبيض مائل للفضي. وهو عنصر من سلسلة اللانثانيدات lanthanide series ويحترق في الهواء عند درجات الحرارة المرتفعة (150 C°). ويظهر السماريوم في الطبيعة على شكل سبعة نظائر، ثلاثة منها مشعة وتتميز بأعمار نصف طويلة جداً. (النظائر هي أشكال مختلفة من العنصر لها نفس عدد البروتونات في النواة ولكنها ذات عدد مختلف من النيوترونات). وتوجد هذه النظائر في الطبيعة حسبما يلي وبالنسب المئوية المشار إليها: سماريوم-144 (3.1%)، سماريوم-147 (15%)، سماريوم-148 (11%)، سماريوم-149 (14%)، سماريوم-150 (7.4%)، سماريوم-152 (27%)، سماريوم-154 (23%). أما النظائر المشعة الثلاثة الموجودة بشكل طبيعي فهي كالتالي (مع أعمار النصف الخاصة بها):

سماريوم-147 (110 بليون عام)، سماريوم-148 (8000 تريليون عام)، سماريوم-149 (10000 تريليون عام). وتجعل أعمار النصف الطويلة جداً الخاصة بهذه النظائر المشعة الثلاثة من غير الممكن في الأساس تمييزها عن النظائر المستقرة (غير المشعة).

وتوجد تسعة نظائر مشعة رئيسة للسماريوم بالإضافة إلى الثلاثة الموجودة طبيعياً. ومن هذه النظائر التسعة يوجد نظيران فقط يتميزان

الخصائص الإشعاعية لنظائر السماريوم الأساسية						
النظير	عمر النصف (yr)	النشاط النوعي (Ci/g)	نمط الاضمحلال	طاقة الإشعاع (MeV)		
				ألفا	بيتا	غاما
Sm-146	100,000,000	0.000024	α	2.5	-	-
Sm-151	90	27	β	-	0.020	<

MeV = مليون إلكترون فولت، إشارة الشرطة (-) تعني أن العملية غير قابلة للتطبيق، وتعني إشارة ">" أن الطاقة الإشعاعية أقل من 0.001 MeV. ولم يتم إدراج نظائر السماريوم الثلاثة المتوافرة طبيعياً. وقد تم إعطاء القيم مقربة إلى أهم منزلتين عدديتين.

## مصدره؟



يوجد السماريوم في مجموعة من الفلزات مثل المونازيت monazite، والباستناسيت bastanase، والسيريت cerite، والغادولينيت gadolinite، والسمارسكيت samarskite. هذه الفلزات تحتوي على خلاط متعددة من معادن التربة النادرة، وهي عناصر نشأت من اللانثانيوم مروراً باللوثيتيوم في الجدول الدوري. وبشكل عام، يؤلف السماريوم ما يقل عن نسبة مئوية صغيرة من تلك الفلزات. هذا وتنتج الصين في الوقت الحالي الكمية الأكبر (الأغلبية العظمى) من معادن التربة النادرة، التي تؤلف حوالي 70000 طن متري سنوياً، وتأتي الولايات المتحدة في مركز ثانٍ بعيد عنها، حيث تنتج حوالي 5000 طن متري سنوياً، ولا يؤلف السماريوم إلا جزءاً صغيراً من هذه الكمية.

مياه البحر يساوي حوالي 0.00045 ميكروغراماً لكل لتر. وتوجد كميات ضئيلة من السماريوم-151 في التربة حول العالم جرّاء السقوط الإشعاعي. ويمكن أن يكون موجوداً أيضاً في منشآت نووية معينة، كالمفاعلات النووية والمنشآت التي تعالج الوقود النووي المستنفد. وفي موقع هانفورد، تتوفر التراكيز الأعلى في المناطق التي تحتوي على النفايات الناتجة من معالجة الوقود المشع، كالخزانات الموجودة في الجزء المركزي في الموقع.

ويتأثر انتقال السماريوم في البيئة بشكل كبير بصيغته كيميائياً. فهو يُعدّ عموماً أحد أقل المعادن انتقالاً في التربة، على الرغم من أن ثمة أنواعاً معينة تستطيع أن تتحرك نزولاً مع المياه الراشحة لمسافة معينة إلى الطبقات السفلية من التربة. هذا ويلتصق السماريوم جيداً بشكل تفضيلي بجزيئات التربة، حيث تكون التراكيز في التربة الرملية عموماً أعلى بـ 200 ضعف مما هي عليه في المياه البيئية (المياه الموجودة في الحيز المسامي بين جزيئات التربة)؛ ويصل بها الأمر أن تكون أقل تحركاً في التربة الطينية، حيث تفوق نسب التركيز 1000 ضعف. وهكذا، لا يُعدّ السماريوم بالشكل العام ملوثاً خطيراً في المياه الجوفية لدى مواقع وزارة الطاقة (DOE).

## سيرورته في الجسم

يمكن للسماريوم أن يدخل الجسم عن طريق تناول الطعام وشرب المياه أو حتى استنشاق الهواء. ويُعدّ الامتصاص المعوي المعدي من الغذاء أو المياه مصدراً أساسياً للسماريوم المتراكم داخل لدى عموم السكان. ولا يُعدّ السماريوم جيد الامتصاص إلى داخل الجسم بعد إدخاله، حيث إن ما نسبته حوالي 0.05% من الكمية المبتلعة يتم امتصاصها إلى مجرى الدم عبر القناة الهضمية. أما البقية المتبقية من السماريوم فيتم طرحها. ويتراكم ما نسبته 45% من السماريوم الواصل إلى الدم في الكبد، وكذلك تتراكم نفس النسبة على سطح العظام، حيث تستطيع أن تشع الخلايا المكونة

يتولد السماريوم-151 بواسطة الانشطار النووي. حين تنتشر نواة يورانيوم-235 (أو أي نكليد انشطاري آخر)، فهو ينفلق عموماً إلى شدفتين كبيرتين (نواتج انشطار تتميز بأعداد كتلية تتراوح ما بين 90 و 140) وبترونين أو ثلاثة. (ويُشار هنا إلى أن العدد الكتلي هو مجموع عدد البروتونات والنيوترونات في نواة الذرة). ويبلغ مردود انشطار السماريوم-151 حوالي 0.4%. وهذا يعني أن حوالي أربع نرات من السماريوم-151 تتولد من كل 1000 عملية انشطار. يُعدّ السماريوم-151 نكليداً مشعاً مهماً في الوقود النووي المستنفد، وفي النفايات ذات سوية الإشعاع العالية الناتجة من معالجة الوقود النووي المستنفد، وفي النفايات المشعة المرتبطة بتشغيل المفاعلات النووية ومنشآت معالجة الوقود. وبالإضافة إلى ذلك، يُعدّ السماريوم-149 ماصاً جيداً جداً للنيوترونات وهو لذلك غالباً ما يستخدم في قضبان التحكم في المفاعلات النووية، إذ إن أسر نيوترونين بواسطة السماريوم-149 يولد السماريوم-151.

## كيفية استخدامه

توجد استخدامات تجارية متنوعة للسماريوم. فهو يُستخدم كمحفز لتفاعلات عضوية معينة وفي السبائك السريعة الاشتعال الخاصة بأحجار قذاحات السجائر. ويستخدم أكسيد السماريوم أيضاً في الزجاج الخاص الماص للأشعة الحمراء وفي ألباب الكترودات electrodes مصابيح القوس الكربونية. وتُستخدم سبيكة من السماريوم مع الكوبالت لصنع مادة مغنطة تتصف بأعلى مقاومة لنزع المغنطة من أية مادة معينة. ونظراً لكون أحد النظائر (وهو سماريوم-149) ماصاً جيداً للنيوترونات، فقد استُخدم هذا العنصر أيضاً كمكوّن لقضبان التحكم في المفاعلات النووية.

## وجوده في البيئة

يوجد السماريوم في القشرة الأرضية بتركيز يعادل حوالي 6 ميلليغرامات لكل كيلوغرام (ملغم/كيلوغرام)، في حين أن تركيزه في

### معاملات الخطورة الإشعاعية

يقدم الجدول التالي معاملات خطورة مختارة تخص الاستنشاق والابتلاع. وقد تم إعطاء القيم الأعلى للاستنشاق حيث لا تتوافر أنماط امتصاص مفترضة ليتم تقديمها، كما استخدمت قيم غذائية بما يخص الابتلاع. أما قيم الخطورة فهي مقترنة بالوفيات بالسرطان لكل الأعمار على أساس وحدة إدخال (pCi)، باستخدام معدلاتها وفقاً لكل الأعمار ولكلا الجنسين ( $10^9$  تساوي جزءاً واحداً على بليون جزء،  $10^{12}$  تساوي جزءاً واحداً على تريليون جزء). أما القيم الأخرى، بما فيها تلك الخاصة بالإمراضية، فهي أيضاً متاحة.

الخطورة العمرية للوفاة بالسرطان		النظير
الابتلاع ( $pCi^{-1}$ )	الاستنشاق ( $pCi^{-1}$ )	
$10^{-11} \times 4.0$	$10^{-8} \times 1.2$	السماريوم-146
$10^{-13} \times 4.6$	$10^{-12} \times 8.6$	السماريوم-151

الابتلاع عموماً يُعدُّ أكثر الطرق انتشاراً لدخول السماريوم إلى الجسم. وكما هو الحال مع النكليدات المشعة الأخرى، تبلغ معاملات الخطورة بالنسبة لمياه الصنبور ما يصل إلى حوالي 70% من المعاملات الخاصة بالابتلاع الغذائي.

نُشر هذا الخبر في مجلة: ANL, October 2001

للعظام. ويتم الاحتفاظ بالسماريوم المترسب في الجسم بعمر نصف بيولوجي يبلغ حوالي 10 أعوام (3500 يوم). وهذه المعلومة تخص موديلات مبسطة لا تعكس إعادة التوزع البيئية).

### تأثيراته الصحية الأساسية

لا يُعدُّ السماريوم-151 خطراً صحياً إلا في حال دخوله إلى الجسم. ولا يُعدُّ التعرض الخارجي لأشعة غاما أمراً مقلقاً خطيراً لأن السماريوم-151 لا يصدر إلا كمية صغيرة من أشعة غاما ذات الطاقة المنخفضة. وفي أثناء وجود السماريوم-151 في الجسم فإنه يمثل خطراً صحياً جزئياً كل من جسيمات بيتا وأشعة غاما التي يصدرها، ويرتبط التخوف الصحي الرئيسي بالاحتمالية المتزايدة للإصابة بالسرطان في الكبد والعظام.

### مدى الخطورة

لقد تمَّ حساب معاملات خطورة الوفاة بالسرطان بالنسبة لجميع النكليدات المشعة بما فيها السماريوم (كما ورد في الجدول). وفي حين أن معاملات الابتلاع تكون أقل منها في الاستنشاق، فإن



# التسونامي



## إعداد: أ. د. فؤاد العجل

من منشأ غير زلزالي، قصيرة نسبياً كما يكون انتشارها محدوداً بحيث تتبعثر بسرعة.

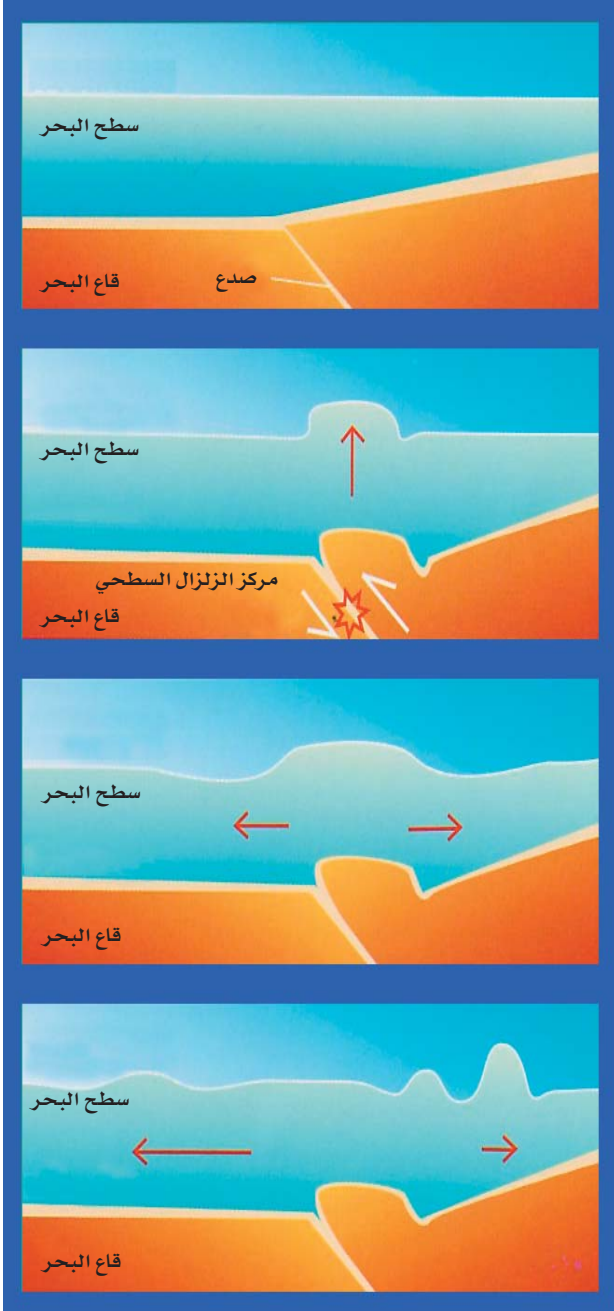
أمّا أمواج التسونامي التي توصف بالدمّرة القادرة على الانتشار إلى مسافات كبيرة جداً تصل إلى آلاف من الكيلومترات وتتناول كامل شواطئ المحيط في أقل من يوم، فهي الأمواج التي تنشأ عادة في مناطق الانغراز (انظر المؤطر) وتتميّز بأطوال موجات كبيرة جداً وتكون ذات منشأ زلزالي.

من المعروف أنّ الزلازل التي تحدث في مناطق الانغراز تنطلق من مراكز زلزالية باطنية hypocenters عميقة (من 300-645 كم). أمّا الزلازل التي تحدث في مستوى ضهرات وسط المحيطات mid-oceanic ridges (انظر المؤطر) فتكون مراكزها الباطنية سطحية (0-10 كم).

التسونامي سلسلة من الأمواج البحرية الضخمة التي تسبّب دماراً شديداً وخسائر بشرية كبيرة عندما تضرب المناطق الشاطئية. تنشأ أمواج التسونامي المحلية عندما تنزاح كتلة ضخمة من مياه البحار بين سطح المحيط وأرضيته وتسعى للعودة ثانية إلى وضع التوازن. وهذا الانزياح يحدث عند حصول هزة أرضية تحت بحرية يبلغ قدرها magnitude سبع درجات أو أكثر على مقياس ريختر تؤدي إلى خفض أو رفع أرضية المحيط على طول صدع تحت بحري بصورة مفاجئة كما في الشكل 1.

وقد تحدث أيضاً أمواج التسونامي عند انزلاق حجم ضخم من الأراضي الشاطئية أو حصول أحداث تحت بحرية كالانزلاقات الصخرية أو الانفجاعات البركانية أو عند إجراء تفجير ذري تحت بحري أو سقوط نيزك في المحيط. وتكون أطوال موجات wavelengths التسونامي الناجمة عن هذه الأحداث، والتي تكون





الشكل 1: مراحل تشكل أمواج التسونامي.

ففي مناطق الانغراز هذه تتصادم صفيحتان من صفائح القشرة الأرضية (انظر المؤطر) وتنزلق الواحدة تحت الأخرى الشكل 2. وقد تتجمد حركة هذا الانزلاق، الذي يقع على صدع أو عدة صدوع، خلال الفترات الفاصلة بين حدوث الزلازل، حيث تتراكم الطاقة في تشوهات الصخور المرنة. وعندما تتجاوز الطاقة حدود مرونة الصخور تنطلق بصورة مفاجئة على شكل هزة أرضية تحت بحرية تؤدي إلى خفض أو رفع أرضية المحيطات على طول صدع وتتحرك فوقها حجماً هائلاً من مياه البحر. وهذا التحرك يُطلق بدوره طاقة هائلة، تنتج من دفع المياه فوق متوسط مستوى البحر، وتتحوّل إلى انتشار أفقي لموجة التسونامي المدمرة. ينتقل جزء من هذا الانتشار نحو عرض المحيط العميق (موجة التسونامي المتباعدة distant) بينما ينتقل الجزء الثاني نحو المناطق الشاطئية القريبة (موجة التسونامي المحلية local).

### أصل كلمة تسونامي وتاريخها

تسونامي Tsunami كلمة يابانية مؤلفة من كلمتين tsu وتعني المرفأ و nani وتعني الموجة أي موجة المرفأ. لقد دعا الصيادون اليابانيون هذا الحدث بالتسونامي عندما لم يشعروا بأي حدث غير طبيعي أثناء وجودهم في عرض البحر ووجدوا بعد عودتهم أنّ مدينتهم الشاطئية أو المرفأ الذي انطلقوا منه قد خربته أمواج التسونامي.

لقد استخدم لهذا الحدث في الماضي (المصطلح الفرنسي-raz de-marée الذي يقابله بالإنكليزية tidal wave، وتعني موجة المد السريعة) أو استخدم (مصطلح الأمواج البحرية الزلزالية seismic sea waves) للدلالة على أمواج التسونامي. والمشكلة في التسمية الأولى عدم وجود علاقة للأمواج التسونامي مع عملية المد والجزر التي يثيرها جذب القمر والشمس والكواكب، بل إنّ ما تسببها هي أحداث من منشأ أرضي نتيجة لحركات زلزالية تحصل في الكرة الأرضية. أما المصطلح الثاني فإنّ كلمة "الزلزالية" تتضمن آلية منشأ تتعلق بالزلازل، ولكن هذه الآلية الزلزالية لا تشكل سبب كل أمواج التسونامي، فقد تنشأ أمواج التسونامي أحياناً من حدث غير زلزالي مثل الانزلاقات الأرضية تحت البحرية أو نتيجة لسقوط نيزك من النيازك على بحار الكرة الأرضية أو تفجير نرّي تحت بحري.

ويمكن كذلك خلط أمواج التسونامي مع أمواج العواصف العالية التي هي ظاهرة مختلفة كل الاختلاف. فأمواج العواصف تنشأ من أحداث تتعلق بالأحوال الجوية وعادة ما تترافق مع الأعاصير المدارية حيث يضطرب عمود سطحي محدود من المياه، بينما تنشأ أمواج التسونامي من اضطراب عمود من المياه يمتد من قعر البحر حتى سطحه.

ونظراً لعدم دقة هذين المصطلحين فقد أُدخلت هذه التسمية بلفظها الياباني "تسونامي" للدلالة على هذا الحدث المدمر إلى كثير من اللغات ومنها اللغة العربية إذ اعتمدت هذه التسمية أيضاً لفظاً ومعنى إذ لا يمكن استخدام ترجمة المصطلحين الأجبيين للأسباب التي ذكرت. وبالفعل فقد شاع استعمال لفظة تسونامي في الصحافة وفي اللغة المتداولة حتى وصل الأمر إلى استخدامها بالمعنى المجازي للدلالة على ضخامة حدث من الأحداث: فقد قيل التسونامي الذي أحدثته الحرب.

## فيزيائية أمواج التسونامي

يكون لكل موجة من أشكال الأمواج، بما فيها أمواج التسونامي، طول موجي wavelength وارتفاع أو سعة amplitude ودور period وسرعة velocity.

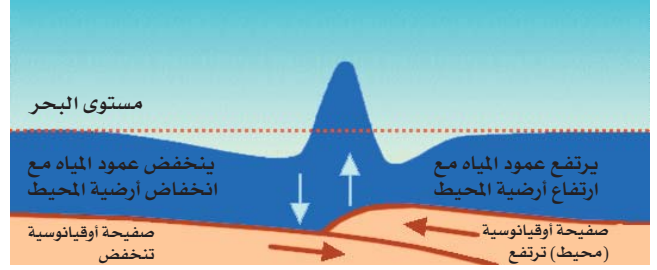
يتعين طول أية موجة بالمسافة الأفقية بين زروتين متعاقبتين أو قاعين troughs متعاقبين (الشكلين 3 و4)، ويبلغ طول موجة البحر العادية نحو 90 م بينما يكون طول موجة التسونامي أكبر بكثير بحيث يقاس عادة بالكيلومترات، فهو أكثر من 90 كم وقد يصل إلى 500 كم في عرض المحيط ويقل بالقرب من المناطق الشاطئية ويصبح نحو 3 كم.

أما ارتفاع الموجة فإنه يتعين بالمسافة الشاقولية بين قاع الموجة وزروتها أو قممتها وهو ما قد يصل إلى نحو 3 م في الموجة العادية بينما يبلغ نحو 1 م في موجة التسونامي في عرض المحيط (وهذا يعني هنا أن نسبة الارتفاع إلى طول الموجة، التي تدعى الانحدار slope، تكون صغيرة جداً، ولذلك لا يمكن الشعور بها عندما تمر موجة التسونامي تحت سفينة في عرض البحر). أما لدى بلوغ موجة التسونامي المناطق الشاطئية فإن ارتفاعها يزداد تدريجياً ويصل إلى أكثر من 30 م.

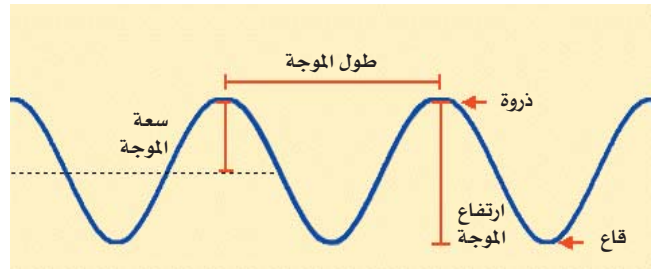
أما دور الموجة period أو زمن تكرارها فهو متوسط الفترة الزمنية التي يستغرقها مرور زروتين متعاقبتين فوق نقطة ثابتة.

هذا وتشير سعة الموجة إلى ارتفاعها فوق خط سكون المياه وتساوي عادة نصف ارتفاع الموجة. ويمكن أن تتغير سعة وارتفاع أمواج التسونامي بحسب تغير عمق المياه.

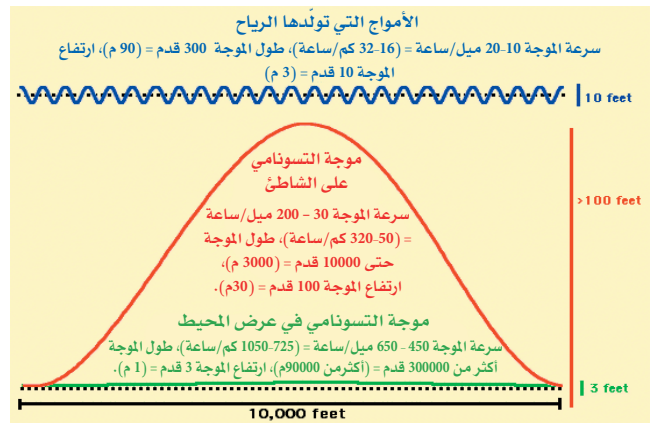
وأما سرعة الموجة فإنها تتراوح في أمواج البحر العادية بين 16-32 كم/ساعة وقد تصل إلى 90 كم/ساعة في حين تصل سرعة أمواج التسونامي إلى 720-1050 كم/ساعة (ويعادل هذا سرعة الطائرات النفاثة) عبر أحواض المحيطات.



**الشكل 2:** يمثل انغراز إحدى صفائح القشرة الأرضية تحت صفيحة أخرى وهذا ما يؤدي إلى هزة أرضية تحت بحرية تحرك حجماً هائلاً من مياه البحر وتُطلق موجة التسونامي.



**الشكل 3:** يمثل الموجة وأجزائها.



**الشكل 4:** يمثل أبعاد موجة التسونامي بالمقارنة مع الأمواج التي تولدها الرياح.

## أمواج تسونامية عبر التاريخ

حدثت أمواج التسونامي في كل محيطات وبحار العالم. وفيما يلي قائمة بهذه الأمواج: تاريخها وسببها ومكانها وعدد الخسائر البشرية المقدرة.

العام	الحادثة	المكان	الخسائر
21/07/365	زلازل	الاسكندرية	أكثر من 50000
07/06/1692	زلازل	بور رويال، جاميكا	آلاف
1707	زلازل	اليابان	30000
1/11/1755	أمواج ارتفاعها 15-6م ولدتها الزلازل	ليشبونة، البرتغال	10000-60000
08/08/1769	أمواج ارتفاعها 15م ولدتها الزلازل	أريكا، تشيلي	آلاف
26-27/8/1883	اندفاع بركاني	كراكاتوا، أندونيسيا	36000
15/06/1896	أمواج ارتفاعها 15م ولدتها الزلازل	هونسو، اليابان	27122
28/12/1908	أمواج ارتفاعها 8م ولدتها الزلازل	مسينا في جزيرة صقلية ومدن إيطالية الشاطئية	120000
18/11/1929	انزلاق أرضي تحت بحري وزلازل	غراند بانكس، نيوفاوندلاند	29
03/03/1933	زلازل	سنريكو، اليابان	2990
01/04/1949	أمواج بارتفاع 35 م ولدتها الزلازل	هيلو، وجزرهاواي وألوسيان، وآلاسكا	165
04/11/1952	زلازل	شبه جزيرة كامشاتكا، روسيا	خسائر مادية
09/03/1957	زلازل	جزر ألوسيان، آلاسكا هاواي	لم تحصل خسائر بشرية بفضل إنذار مركز هونولولو
09/07/1958	زلازل وانهيارات جليدية	خليج ليتويا، آلاسكا	3
-/05/1960	زلازل	تشيلي	2300
-/05/1960	زلازل	هيلو، هاواي	61
28/03/1964	أمواج بارتفاع 30 م ولدتها زلازل وانزلاقات أرضية	مضيق برانس وليم، آلاسكا	130

تتصرف أمواج التسونامي نتيجة لطول موجتها الكبير تصرف أمواج المياه الضحلة. ولذلك تختلف أمواج التسونامي عن الأمواج التي نلاحظها عادة على الشواطئ التي تنشأ نتيجة لهبوب الرياح عبر سطح المحيطات. يبلغ دور الأمواج التي تولدها الرياح (الزمن بين موجتين متعاقبتين) 5-20 ثانية وطول موجتها 100-200 م. أما أمواج التسونامي فيراوح دورها بين 10 دقائق إلى ساعتين وطول موجتها أكثر من 90 كم (قد تصل إلى 500 كم). وتصبح الموجة موجة مياه ضحلة عندما يكون طول موجتها كبيراً جداً بالنسبة إلى عمق المياه.

وعلى هذا الأساس فإن سرعة موجة التسونامي  $c$  التي يكون طول موجتها كبيراً، تساوي الجذر التربيعي لجداء تسارع الثقالة  $g$  (9.8 m/s<sup>2</sup>) بعمق المياه  $H$  (أي أن سرعة موجة التسونامي تتناسب طردياً مع الجذر التربيعي لعمق المياه) حسب المعادلة التالية:

$$c = \sqrt{gH}$$

إن المعدل الذي تفقد موجة التسونامي فيه طاقتها يتناسب عكساً مع طول موجتها. ونظراً لأن طول موجة التسونامي كبير جداً فإنها تفقد القليل من طاقتها أثناء انتشارها. وهكذا تنتقل أمواج التسونامي في المياه العميقة بسرعة كبيرة جداً ولكن بخسارة قليلة من الطاقة.

ففي المحيط العميق، يكون عمق المياه المتوسط نحو 4000 م، وهكذا ستكون سرعة انتقال موجة التسونامي أكثر من 200 م/ثانية أي أكثر من 720 كم/ساعة ويمكن أن تصل إلى 1000 كم/ساعة عندما يزداد عمق المياه (الشكل 4).

### ماذا يحدث لأمواج التسونامي عند بلوغها اليابسة؟

عندما تترك أمواج التسونامي المياه العميقة في عرض المحيط وتنتقل إلى مياه أشد ضحلة مقترية من المناطق الشاطئية فإن صفاتها تتغير. وكما رأينا تتناسب سرعة أمواج التسونامي مع عمق المياه، فعندما يتناقص عمق المياه تتباطأ سرعتها. غير أن تدفق طاقة موجة التسونامي الذي يعتمد على سرعة الموجة وارتفاعها على السواء يبقى ثابتاً تقريباً. وبناء على ذلك عندما تتناقص سرعة أمواج التسونامي فإن ارتفاعها يتزايد، وهذا ما يدعى الإضحال (الشكلان 4 و5)، وبسبب هذا الإضحال يزداد ارتفاع موجة التسونامي (الشكلان 4 و5)، هذا الارتفاع الذي لا يلفت النظر في عرض البحر كما ذكرنا، يصبح عدة أمتار أو أكثر بكثير (قد يصل إلى 60 م) بالقرب من المناطق الشاطئية.

ويمكن أن تعطى زيادة ارتفاع موجة التسونامي عندما تصل إلى المياه الضحلة بالمعادلة التالية:

$$\frac{hs}{hd} = \left\{ \frac{Hd}{Hs} \right\}^{\frac{1}{4}}$$

حيث تمثل  $hs$  و  $hd$  ارتفاع طول موجة التسونامي في المياه الضحلة والعميقة. أما  $Hd$  و  $Hs$  فتمثلان أعماق المياه الضحلة والعميقة. وهكذا فإن ارتفاع موجة التسونامي الذي يبلغ 1 م في عرض المحيط حيث عمق المياه 4000 م يقابله ارتفاع يبلغ 4-5 م في مياه عمقها 10 م.

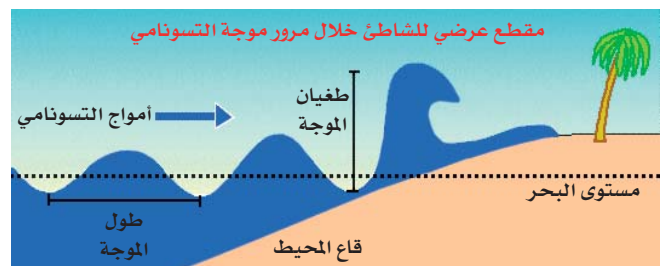
قد يصل قاع موجة التسونامي أولاً إلى الشاطئ ويسبب ظاهرة تدعى الانحسار drawdown حيث يظهر أن مستوى البحر قد انخفض كثيراً إلى حد بعيد. يعقب الانحسار مباشرة نرودة الموجة التي تؤدي إلى ارتفاع مستوى البحر عندما تضرب الشاطئ وتسبب ما يدعى الطغيان runup (الشكل 5). ويعبر عن ارتفاع الطغيان بالأمتار فوق مستوى المد العالي الطبيعي. ويمكن أن يختلف ارتفاعه بتأثير اختلاف شكل الشاطئ وطبوغرافيته. إذ قد تسبب الموجة التسونامية دماراً هائلاً لإحدى المناطق الشاطئية بينما يكون تأثيرها أقل بكثير في منطقة مجاورة أخرى. وقد يمتد الطغيان إلى مسافات بعيدة داخل اليابسة تصل إلى 300 م أو أكثر مغطياً مساحات كبيرة بالمياه والحطام. وقد يحمل هذا الطغيان عند تراجعه الكثير من الناس والأشياء المقتلعة إلى عرض البحر. يصل ارتفاع الطغيان إلى 30 م وفي حالات استثنائية قد يصل إلى 60 م كما حصل في موجة التسونامي التي تولدت عن انزلاق أرضي في خليج ليتويا في ألاسكا.

وتماماً مثل بقية الأمواج المائية الأخرى، تبدأ أمواج التسونامي بفقد جزء من طاقتها عندما تقترب من المياه الشاطئية التي تصبح ضحلة وذلك عبر احتكاكها مع قعر البحر. ورغم هذه الخسارة فإن أمواج التسونامي تبقى محتفظة بكميات هائلة من الطاقة.

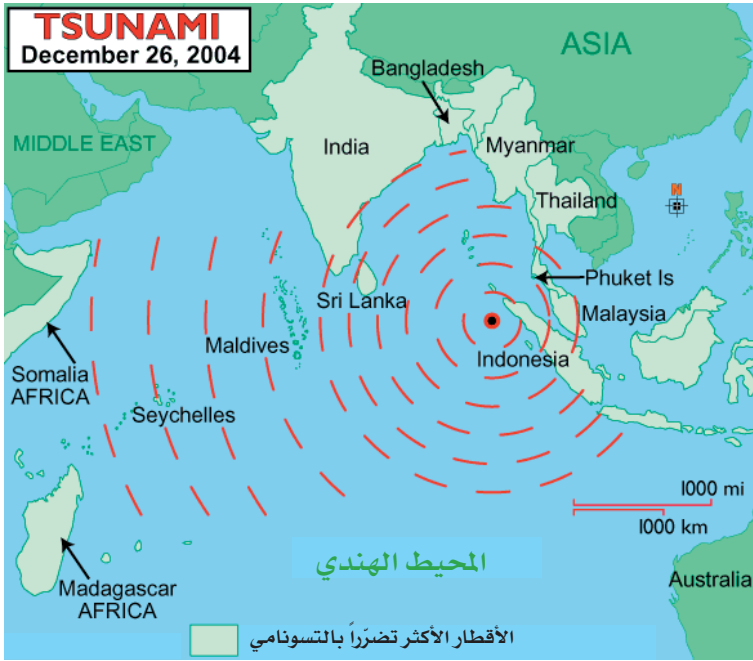
### المخاطر المتعلقة بأمواج التسونامي

تملك أمواج التسونامي قدرة كبيرة على التحات والتعرية بما تحمله معها من طاقة كبيرة. فهي تعري الشواطئ الرملية، أثناء اندفاعها، من رمالها الذي استغرق تراكمها سنوات طويلة وتقتلع الأشجار وكامل الغطاء النباتي الشاطئي. كما أنها قادرة على غمر اليابسة لمسافة مئات الأمتار متجاوزة مستوى المد العالي النموذجي. وقد يصل ارتفاع أمواج التسونامي على الشاطئ عشرات الأمتار فوق مستوى البحر وهذا ما يعرف طغيان الموجة run-up (انظر الشكل 5).

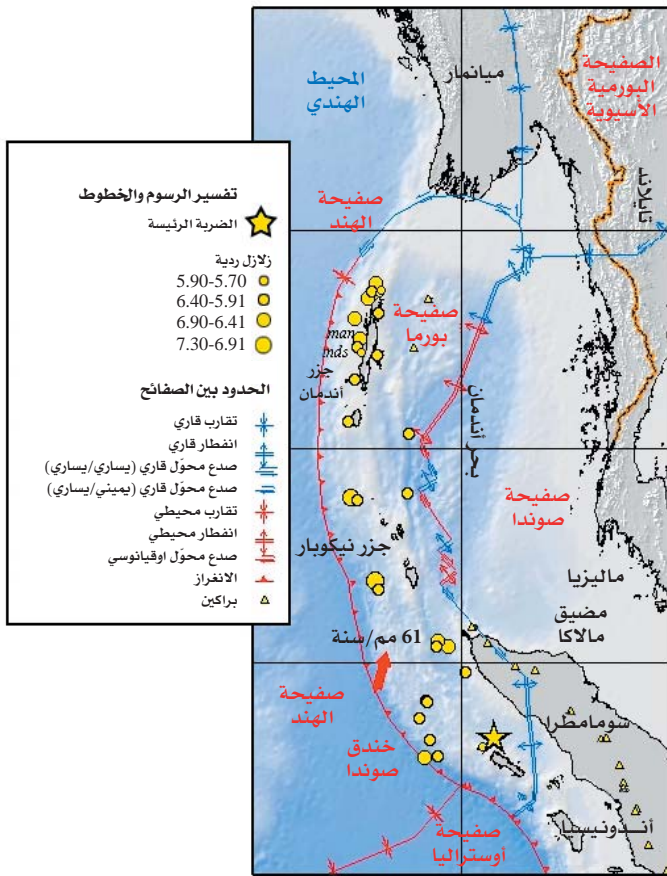
العام	الحادثة	المكان	الخسائر
29/11/1975	أمواج بارتفاع 2-15 م ولدتها زلازل	جزيرة هاواي	2
16/06/1976	زلازل	مينداناو، الفيليبين	8000
18/07/1979	أمواج بارتفاع 2 م ولدتها انهيار بركان	جزيرة لومبليم، أندونيسيا	539
16/10/1979	أمواج ولدتها انزلاقات أرضية تحت بحرية	نيس، فرنسا	23
01/09/1992	أمواج بارتفاع 11 م ولدتها زلازل	نيكاراغوا	170
12/12/1992	أمواج بارتفاع 5-25 م ولدتها زلازل	جزيرة فلوريس وجزيرة بابي	فلوريس 1690 بابي 263
12/07/1993	أمواج بارتفاع 5-30 م ولدتها زلازل	جزيرة أوكوشييري، اليابان	أكثر من 200
03/06/1994	أمواج بارتفاع أكثر من 60 م ولدتها زلازل	جاوة الشرقية، أندونيسيا	223
11/11/1994	أمواج بارتفاع 7 م ولدتها زلازل	جزيرة ميندورو	70
09/10/1995	أمواج بارتفاع 11 م ولدتها زلازل	جاليسكو، مكسيكو	1
01/01/1996	أمواج بارتفاع 4 م ولدتها زلازل	شبه جزيرة ميناهاسا، منطقة سولاويزي	24
17/02/1996	أمواج بارتفاع 5-10 م ولدتها زلازل	بياك، جاوة	161
21/02/1996	أمواج بارتفاع 5 م ولدتها زلازل	شاطئ بيرو الشمالي	12
17/07/1998	أمواج بارتفاع 7-15 م ولدتها زلازل	بابويا، نيو غينيا	3000
15/09/1999	أمواج بارتفاع 5 م ولدتها انزلاقات أرضية	فاتو هيفا، جزر ماركيزاس	خسائر مادية
26/12/2004	أمواج بارتفاع 15 م ولدتها زلازل	أندونيسيا، سريلانكا، الهند، تايلاندا، الصومال	300000



الشكل 5: يمثل بلوغ أمواج التسونامي المنطقة الشاطئية.



الشكل 6: يمثل المناطق التي ضربها التسونامي وصولاً إلى الصومال التي تبعد 4500 كم عن مركز الزلزال.



الشكل 7: يمثل مخططاً للأحداث التكتونية التي وقعت في منطقة زلزال 2004/12/26.

تنتج مخاطر أمواج التسونامي من قوة اجتياح التيار المائي الذي تولده وقدرته على تخريب وقلع كل شيء يقع على مساره مما يؤدي إلى خسائر بشرية كبيرة وأضرار مادية جسيمة. فالضحايا التي تحملها أمواج التسونامي معها تتلقى ضربات مختلفة من الأجسام التي تحملها (قطع المساكن المحطمة والمراكب والسيارات الخ..) أو تقذفها بشدة على الأجسام الأرضية الثابتة (البيوت والأشجار). وهذه الضربات قد تكون قاتلة أو تؤدي إلى شلل الضحية على نحو ينتهي بغرقها. ويمكن أن تحبس بعض الضحايا تحت أنقاض المنازل. كما يمكن أن يؤدي تقدّم الأمواج وتراجعها إلى سحب الضحايا إلى عرض البحر حيث تغرق إذا لم تتم نجاتها. فقد بلغ عدد الضحايا في تسونامي سوماطرا على سبيل المثال يوم 2004/12/26 نحو 300000 نسمة.

أما الخسائر المادية فتشمل هدم المساكن والبنية التحتية والغطاء النباتي بسبب التيار المائي القوي الذي يدمر البنى غير المثبتة تثبتاً قوياً في الأرض وبسبب الفيضان الذي يتلف أساسات المساكن التي تكون أحياناً قد تأثرت بالزلازل التي سبقت اجتياح أمواج التسونامي وأخيراً بسبب التخريب الناجم عن تصادم الأجسام المنقولة بجريان المياه السريع.

وفي الأيام أو الأسابيع التي تلي الحدث تزداد الخسائر زيادة كبيرة وبخاصة في المناطق الفقيرة. إذ يمكن أن تكون مميتة أكثر من أمواج التسونامي نفسها، وذلك نتيجة لظهور الأمراض المرتبطة بتفسخ الجثث وتلوث مياه الشرب ونقصان المواد الغذائية. وقد تحدث المجاعات في حالة تلف المحاصيل الغذائية.

وبالإضافة إلى ذلك فإن ركود المياه البحرية في المناطق المنبسطة يمكن أن يؤدي إلى موت مجموعات النباتات والحيوانات الشاطئية وكذلك المحاصيل الزراعية. وقد تتغير شكلية (مورفولوجية) الشواطئ الرملية والمستنقعية بأمواج التسونامي وينغمر جزء كبير منها.

ويمكن أيضاً أن تخرب أمواج التسونامي الأرصفة المرجانية وتؤدي إلى موت الحيوانات التي تشييدها نتيجة لتعكير المياه وما تحملها معها من ملوثات ضارة. كما يمكن أيضاً أن تهدد المنشآت النفطية في عرض البحر وتبعثر المكبات تحت البحرية المحتوية على النفايات السامة والنفايات النووية والذخائر الحربية الغارقة.

## خلفية تاريخية

تعد الأمواج التسونامية من أكثر الكوارث الطبيعية المرعبة التي

وتدمير للممتلكات على الشواطئ الغربية لشمال وجنوب المحيط الأطلسي والمناطق الشاطئية لشمال غرب أوروبا والمناطق الناشطة زلزاليا شرق الكاريبي. ولحسن الحظ فإن أمواج التسونامي في مناطق الكاريبي والأطلسي لا تحدث بصورة متكررة كما تحدث في مناطق المحيط الهادئ. وأكثر هذه الأمواج شهرة في المحيط الهندي هي التي ترافقت مع انفجار بركان كراكاتوا في الشهر 8 من العام 1883. فقد بلغ ارتفاع الموجة الناتجة عن هذا الانفجار البركاني 30 م في جزيرتي جاوا وسومطرا.

### تسونامي سومطرا بتاريخ 2004/12/26

يمكن، وبعد أن عرضنا لشرح سبب أمواج التسونامي وما قد ينتج عنها من تدمير وخسائر بشرية أن نلخص ما حصل في زلزال سومطرا يوم 2004/12/26.

لقد كان هذا الزلزال (الذي بلغت قوته 9 درجات على مقياس ريختر) هائلاً من حيث أبعاد صدعه الاستثنائية والأمواج التسونامية التي نجمت عنه وعواقبه التدميرية والقاتلة، فقد أسفر عن مقتل نحو 300000 شخص. ولذلك يعدّ من أكبر الكوارث الطبيعية التي أصابت العالم في التاريخ الحديث.

لقد طغت الأمواج التسونامية يومذاك على أجزاء كبيرة من أندونيسيا وسريلانكا والهند وتايلاند وبلاد أخرى بحيث وصل ارتفاعها إلى نحو 15م. ولم يقتصر تأثيرها على الشواطئ الشرقية للمحيط الهندي بل انتشر إلى أماكن بعيدة جداً نحو الغرب لدرجة أنه وصل إلى الصومال على الشاطئ الشرقي

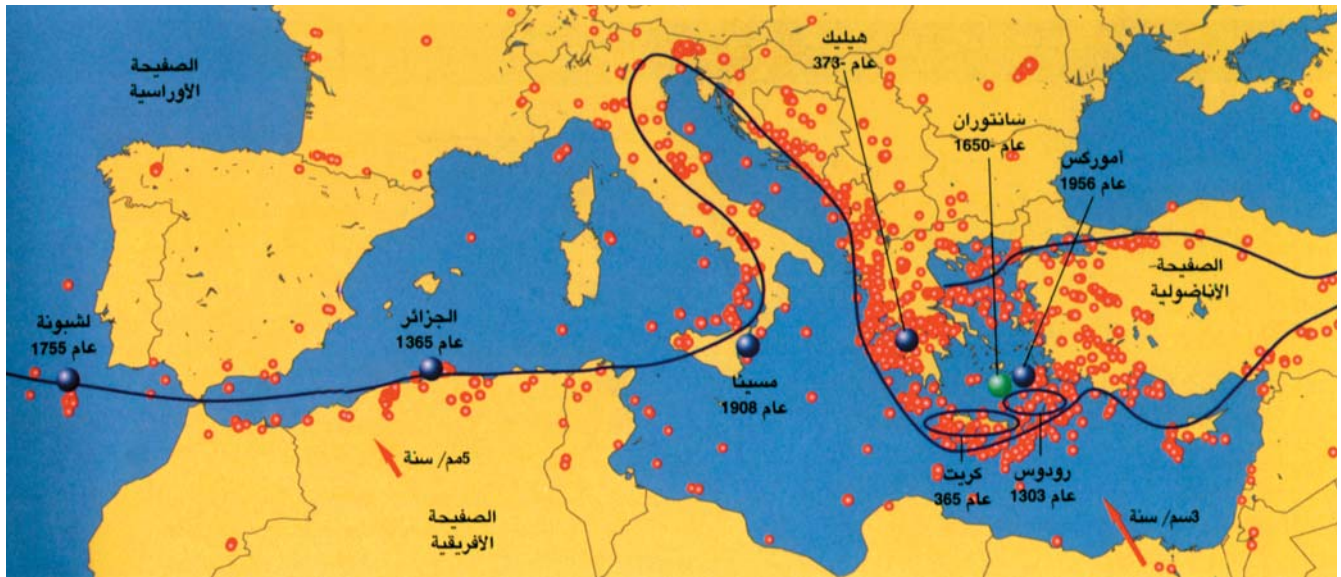
عرفها الإنسان والتي أدت إلى خسائر بشرية كبيرة وأضرار مادية جسيمة عبر التاريخ. ففي المحيط الهادئ حيث يحصل معظم هذا النوع من الأمواج يبيّن السجل التاريخي حصول خسائر بشرية ضخمة وتدمير هائل للممتلكات. وتعدّ اليابان من أكثر البلدان التي تتعرّض إلى مخاطر أمواج التسونامي. فقد بلغ عددها نحو 68 واقعة في الفترة ما بين عام 684 وعام 1984 وأدت إلى خسائر بشرية كبيرة وإلى تهديم مئات القرى. وخلال القرن الماضي وحده تعرّض اليابان إلى 6 ضربات تسونامية وصل ارتفاع أمواج إحداها إلى 30 م وأدت إلى خسائر بشرية ومادية كبيرة.

أمّا في جزر هاواي فتحدثت أمواج التسونامي بصورة متكررة مسببة خسائر في الأرواح والممتلكات. وأكثر هذه الأمواج شدة هي التي حصلت في 1949/04/01 وأدت إلى إغراق مدينة هيلو وتدميرها.

ومن أكثر أمواج التسونامي الحديثة تدميراً تلك التي ضربت خليج مورو في الفلبين في 1976/06/16 وأدت إلى قتل 8000 نسمة وجرح 10000 وتشريد 90000 نسمة. وفي الشهر السادس من العام 1976 ضربت هزة أرضية جزر الصوند في أندونيسيا أعقبها أمواج تسونامية مدمرة قتلت مئات البشر في جزيرتي سامباوا ولومبوك على طول الجانب الشرقي للمحيط الهندي.

ومن المناطق التي تضربها أمواج تسونامية عادة نذكر: ألاسكا وجنوب أمريكا والكثير من شواطئ المحيط الهادئ.

أمّا السجلات التاريخية فتشير إلى حصول خسائر بشرية



**الشكل 8:** الزلازل في حوض البحر المتوسط. تمثّل الدوائر الحمر الزلازل الرئيسية المشهورة التي ضربت البحر المتوسط. ويمثل الخط الأسود التخين الحدود الفاصلة بين الصفائح كما يمثل السهمان باللون الأحمر اتجاه وسرعة الصفائح الأفريقية. مثلت الزلازل التي بلغت قوتها أكثر من 8 درجات على مقياس ريختر بركات زُرُق مع سنة حدوثها.

وبسبب كون اتجاه خط الصدع شمال-جنوب فقد كان اتجاه الشدة العظمى للأمواج التسونامي نحو الغرب والشرق. وهنا استغرق وصول التسونامي إلى مختلف شواطئ المحيط الهندي ما بين 15 دقيقة و7 ساعات للوصول حتى الصومال التي تبعد 4500 كم عن مركز الزلزال السطحي (الشكل 6).

لقد تلقت جزيرة سومطرا الأندونيسية الضربة الأولى بسرعة كبيرة بينما لم تصل هذه الموجة إلى جزيرة سريلانكا والشواطئ الشرقي للهند إلا بعد نحو ساعتين. كما أنّ ميانمار على الرغم من أنها أقرب إلى مركز الزلزال فلم تصل إليها إلا بعد ساعتين أيضاً وذلك بسبب أنّ الانتقال كان أبطأ في بحر أندانام الضحل قبل الوصول إلى شواطئها.

اختلف ارتفاع الموجة التسونامية اختلافاً كبيراً عند بلوغها الشواطئ المختلفة وهذا الاختلاف يعتمد على المسافات التي تفصل بين هذه الشواطئ ومركز الزلزال السطحي كما اعتمد على اتجاهها وعلى عوامل أخرى مثل عمق المياه المحلية. وتبين التقارير أن ارتفاع الموجة كان 2-3 م على الشاطئ الشرقي لأفريقيا (كينيا) بينما وصل إلى 10-15 م على شواطئ سوماطرا، وهي المناطق الأقرب من مركز الزلزال السطحي.

كان الزلزال عملاقاً بامتداده الجغرافي، فقد قدر طول الخط الصدعي بنحو 1600 كم انزلق نحو 15م على طول منطقة الانغراز حيث تنزلق صفيحة الهند تحت صفيحة بورما. والانزلاق لم يتم دفعة واحدة وإنما على مرحلتين خلال بضعة دقائق. تشير السجلات الزلزالية أن المرحلة الأولى أدت إلى انقطاع الخط الصدعي بطول

من أفريقيا على بعد 4500 كم من مركز الزلزال السطحي وحتى إلى جنوب أفريقيا (الشكل 6) مروراً بجزيرة مدغشقر. وقد أدى انكسار أمواج التسونامي وانحرافها إلى مشاهدة تأثيرها حول العالم بكامله إذ شعرت بهذا التأثير بالإضافة إلى ذلك، محطات مراقبة ارتفاع مستوى البحر في بعض البلدان البعيدة جداً مثل البرازيل وكوينزلاند.

لقد حدث الزلزال بقوة 9 درجات على مقياس ريختر في الساعة الثامنة من صباح 2004/12/26 حسب التوقيت المحلي في المحيط الهندي قرب شاطئ شمال سوماطرا الغربي (الشكل 7). ووقع مركز الزلزال السطحي على بعد 250 كم جنوب وجنوب-شرق مدينة باندا أشه في أندونيسيا. لقد كان زلزالاً ضخماً جداً وقع عند الحدود الفاصلة بين صفيحتين من صفائح القشرة الأرضية: صفيحة الهند وصفيحة بورما (الشكل 7). ويبدو أنّ سبب الزلزال كان انطلاق الإجهادات التي كانت تزداد بالتدرج نتيجة انغراز الصفيحة الهندية التي تتحرك بمعدل 6 سم سنوياً تحت الصفيحة البورمية. وأدى هذا الزلزال العملاق إلى حصول صدع كبير جداً مسبباً حركة شاقولية في أرضية المحيط الهندي أدت إلى إزاحة كتلة ضخمة من مياه البحار بين سطح المحيط وأرضيته وإلى تحريض أمواج التسونامي المدمرة التي سببت الدمار والخراب في مساحات واسعة حول المحيط الهندي.

ويجدر بالذكر أن الهزة الأرضية كانت شديدة جداً واستثنائية في امتدادها الجغرافي. إذ قدر انزلاق صدع بطول 1200 كم مسافة 15 م تقريباً على طول منطقة الانغراز وذلك خلال فترة عدة دقائق.



**الشكل 9:** تمثل الصورة (على اليمين) جهازاً عائماً لكشف مرور موجة التسونامي في عرض المحيط. (وفي الوسط) يمثل الشكل خارطة تبين توزيع أجهزة الكشف عن مرور موجة التسونامي في المناطق التي يحصل فيها الانغراز شمال المحيط الهادئ (خندق أوسيان). (وفي اليسار) تخطيط لجهاز الكشف عن مرور موجة تسونامية وذلك بتسجيل الزيادة في الضغط الناجمة عن الحجم الإضافي للمياه الذي يمر فوق مكشاف التسونامي. يستشعر هذا المكشاف مرور الموجة ويبعث بإشارات صوتية إلى منصة عائمة على سطح البحر لتقوم بدورها بترحيل بيانات مرور الموجة عبر السواتل إلى المحطات الأرضية المكلفة بإطلاق إنذارات التحذير.

مناطق الانغراز subduction zones هي أكثر الأماكن المحتملة لحدوث أمواج التسونامي. ولتعرفها لا بدّ من إعطاء لمحة مختصرة عن نظرية تكتونيك الصفائح plate tectonics:

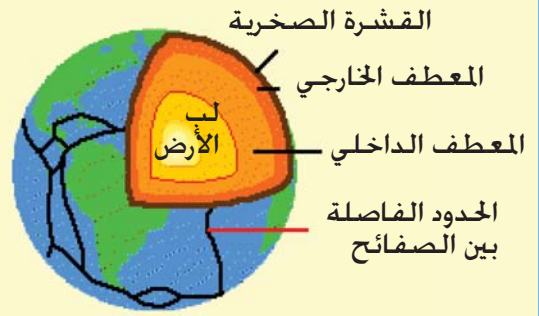
تشكّلت قشرة الأرض الصخرية الخارجية crust (الشكل آ) قبل بلايين من السنين. وهذه القشرة ليست قطعة واحدة وإنما تتألف من عدد من الصفائح التخيئية والضحمة التي تتحرك على سطح الكرة الأرضية حركات أفقية أو شاقولية فوق معطف mantle لزج موجود تحتها. يتغيّر حجم الصفائح مع الزمن عندما يضاف إلى هوامشها قشرة جديدة أو عندما تتصادم فيما بينها أو عندما تندفع في باطن الأرض وتتفرز نحو معطف الأرض. تبلغ ثخانة الصفائح 400-80 كم.

يبلغ عدد صفائح القشرة الأرضية 14 صفيحة (الشكل ب) نذكر منها الصفيحة العربية والصفيحة الأوراسية وصفيحة شمال أمريكا وصفيحة جنوب أمريكا وصفيحة أفريقيا.

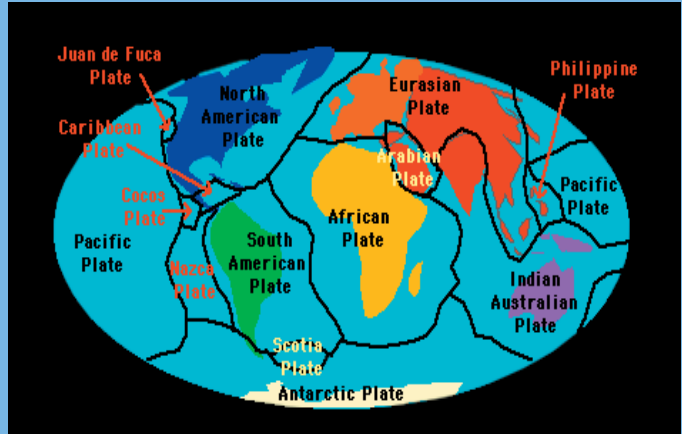
تفسّر نظرية تكتونيك الصفائح حركة صفائح الكرة الأرضية كما تفسّر سبب حصول الزلازل وثورات البراكين ووجود الخنادق trenches في المحيطات (المناطق الأعمق في المحيطات) وتشكّل السلاسل الجبلية والكثير من الظواهرات الجيولوجية الأخرى.

تتحرك الصفائح بسرعة من 1-10 سم/ سنة، ونتيجة لهذه الحركة تحصل معظم النشاطات الزلزالية والبركانية عند الحدود الفاصلة بينها.

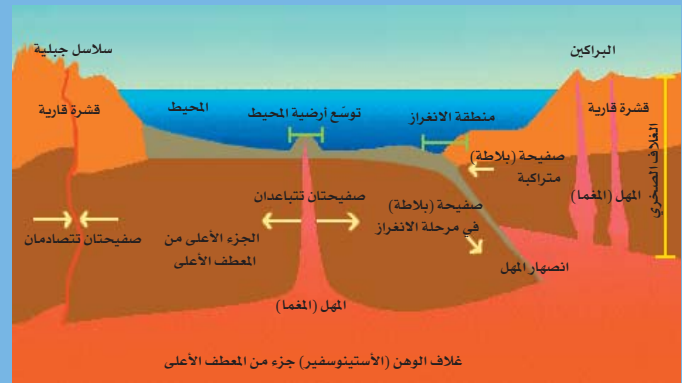
تدعى الطبقة العليا من سطح الأرض القشرة (وتقع على قمة الصفائح). تكون القشرة الأوقيانوسية oceanic crust (القشرة الرقيقة نسبياً تحت المحيطات) أرقّ وأكثف من القشرة القارية continental crust. تتولّد القشرة بصورة مستمرة من مناطق التوسع spreading zones (الشكل ج) في ضهرات وسط المحيطات mid-ocean ridges وتختفي في مناطق الانغراز. ولولا وجود هذه المناطق الأخيرة



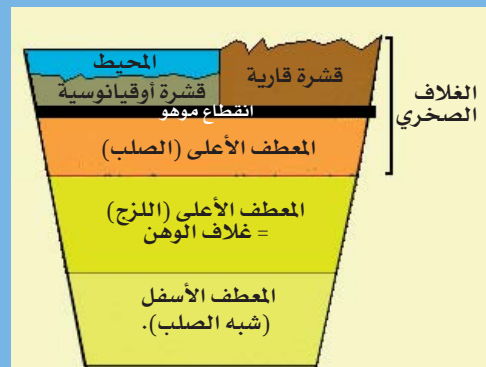
الشكل أ: يمثل الكرة الأرضية مع مقطع يبيّن القشرة الصخرية والمعطف (الوشاح) الخارجي والمعطف الداخلي ولب الأرض والحدود الفاصلة بين الصفائح (الخط الأسود).



الشكل ب: يمثل صفائح القشرة الأرضية الرئيسية مع الحدود الفاصلة بينها (باللون الأسود).

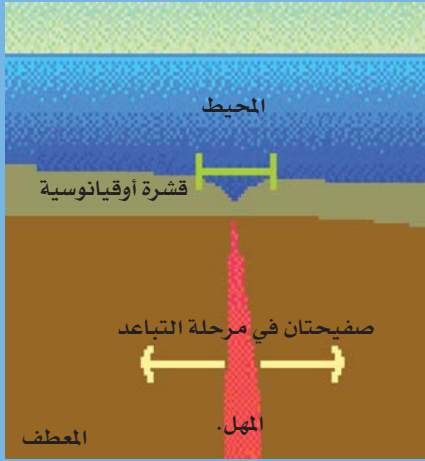


الشكل ج: يمثل قشرة الكرة الأرضية وتحرك صفائحها وما ينتج عنها.

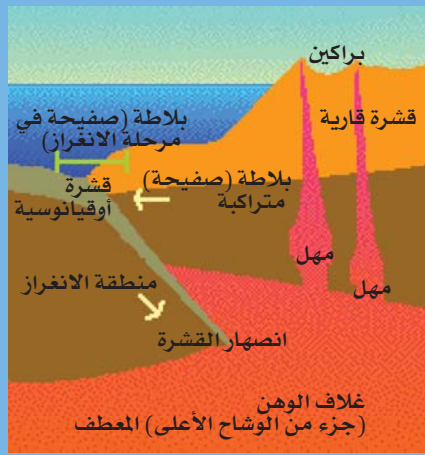


الشكل د: الطبقات الخارجية من الأرض.

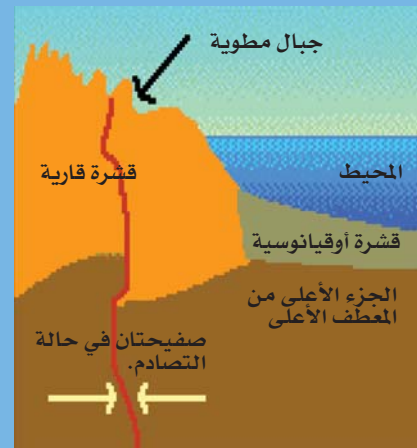




الشكل د: يمثل توسع أرضية المحيط.



الشكل هـ: يمثل تصادم صفيحة أوقيانوسية مع صفيحة قارية وتشكل منطقة الانغراز.



الشكل ز: يمثل تصادم صفيحة قارية مع صفيحة قارية أخرى.

لازداد حجم الكرة الأرضية مع الزمن، وهذه المناطق تمثل، كما ذكرنا، أكثر الأماكن المحتملة لحدوث أشد الزلازل التي تؤدي إلى أمواج التسونامي.

يوجد تحت القشرة الأرضية المعطف الصخري (الشكل د) الذي يتألف من السيليس والأكسجين والمغنيزيوم والحديد والألمنيوم والكلسيوم. يتألف المعطف الأعلى في قسمه الأعلى من طبقة صلبة تشكل مع طبقة القشرة غلاف الأرض الصخري lithosphere. وهذا الغلاف يعوم على طبقة سفلى لزجة (لدنة) من المعطف الأعلى تشكل غلاف الوهن asthenosphere الذي يقع على عمق 100-250 كم (الشكل ج).

### أنماط حركة الصفائح: تباعد وتقارب وانزلاق جانبي؛

تحدث على الحدود الفاصلة بين الصفائح تشوهات وأحداث تطراً على القشرة الأرضية نتيجة لحركة الصفائح فيما بينها:

#### 1 حركة تباعد الصفائح: توسع أرضية المحيط seafloor spreading:

تتوسع أرضية المحيط نتيجة لتباعد صفيحتين أوقيانوسيتين بصعود المهل من معطف الأرض (الشكل هـ) على طول ضهرات وسط المحيطات وتشكيل قشرة أوقيانوسية جديدة تتجدد باستمرار على جانبيها وتدفع القشرة الأقدم باتجاهين متعاكسين.

#### 2 حركة تقارب الصفائح:

عندما تتصادم صفيحتان عند الحدود الفاصلة بينها يتهدم جزء من القشرة نتيجة التصادم ويصغر حجم الصفائح المتصادمة. وتختلف نتائج التصادم بحسب الصفائح المتفاعلة.

تصادم صفيحة أوقيانوسية مع صفيحة قارية: يؤدي تصادم الصفيحة الأوقيانوسية الرقيقة نسبياً والثقيلة مع الصفيحة القارية الثخينة نسبياً والخفيفة إلى إجبار الصفيحة الأوقيانوسية على الانغراز تحت الصفيحة القارية حيث تتعرض إلى التهديم وإعادة الانصهار ولذلك دعيت بمنطقة الانغراز (الشكل و).

#### تصادم صفيحة قارية مع صفيحة قارية أخرى:

تشكل في هذه الحالة سلاسل جبلية عندما تنضغط القشرة المتصادمة وترتفع إلى الأعلى (الشكل ز).

المنغزة حتى عمق 100 كم. وهذا التماس يرسم على السطح قوساً يبدأ من الجزر الأيونية إلى الغرب من اليونان (الشكل 8) ويتجه نحو الجنوب محاذياً لحدود شبه جزيرة بلوبونيز (جنوب اليونان) وبعد ذلك ينحني نحو الشرق ليحاكي حدود الشاطئ الجنوبي لجزيرة كريت. وفي النهاية يصعد نحو الشمال الشرقي باتجاه جزيرة رودس وينتهي بالقرب من الشواطئ التركية (انظر الشكل 8). إن جميع هذه المناطق الشاطئية التي تنتمي إلى صفيحة الأناضول ارتفعت منذ مدة طويلة بحركة التماس بين الصفيحتين.

تبيّن السجلات التاريخية حصول زلازلين شديدين على الأقل في منطقة الانغراز في البحر المتوسط أديا إلى أمواج تسونامية مدمرة عام 365 و عام 1303. أدّى الزلزال الأول (كان قدره على ما يبدو 8.5 درجة على مقياس ريختر)، إلى تدمير مناطق كثيرة من جزيرة كريت وإلى حصول أمواج تسونامية دمّرت معظم شواطئ المنطقة ووصلت إلى الشاطئ المصري وحتى إلى جزيرة صقلية. وبحسب النصوص التاريخية أدت هذه الموجة إلى سقوط نحو 50000 ضحية في مدينة الاسكندرية وحدها.

أما الزلزال الثاني عام 1303، الذي بلغ على ما يبدو قوة 8 درجات، فقد دمّر جزيرة رودس والجزء الشرقي من جزيرة كريت وأدّى إلى أمواج تسونامية وصلت أيضاً حتى الشواطئ المصرية.

وهكذا فإن منطقة الانغراز في شرقي البحر المتوسط هي منطقة نشطة زلزالياً حتى وإن كانت الأحداث الكبيرة المرتبطة بها هي أحداث نادرة. وإذا أخذنا في الحسبان هذا المعدل من حركة الصفائح وتقاربها والزلازل ذات القدر الذي يصل إلى 8 درجات وأمواج التسونامي المدمرة فإن حدوثها محتمل خلال هذا القرن.

وكما رأينا فإن زلازل مناطق الانغراز ليست الوحيدة التي تؤدي إلى أمواج التسونامي الكبيرة. فالتقارب بين صفيحتين: (انظر الشكل 2) الصفيحة الأفريقية والصفيحة الأوراسية في الجزء الغربي من البحر المتوسط (الشكل 8) يؤدي إلى نمط من الصدوع تدعى صدوع التراكب أو الصدوع العكسية inverse. وهذه الصدوع تشكل منزلقات مائلة تنزلق عليها إحدى هاتين الصفيحتين. وعلى عكس ما يحدث في مناطق الانغراز، فإن صفيحة القشرة الأرضية لا تنغرز هنا (انظر الشكل 7 من المؤطر) في المعطف mantle. يوجد هذا النمط من الصدوع في البحر المتوسط على طول الشاطئ الشمالي للمغرب والجزائر وفي المحيط الأطلسي جنوب البرتغال.

400 كم وعرض 100 كم بدأ بالقرب من شاطئ "مدينة آشه" وتقدّم نحو الشمال الغربي خلال 100 ثانية. تبع ذلك فترة سكون قدرها 100 ثانية أخرى قبل أن يستمر سير الانقطاع نحو الشمال نحو جزر نيكوبار وأندمان (انظر الشكل 7). ومع ذلك حصل الانقطاع الشمالي بصورة أبطأ من الانقطاع الجنوبي واستمرّ شمالاً لمدة 5 دقائق إلى حدود الصفيحة حيث تغيّر الصدع من صدع انغراز إلى صدع انزلاق جانبي (حركة أفقية). وهذا ما خفّض سرعة انزياح المياه وبالتالي خفّض حجم أمواج التسونامي التي ضربت الجزء الشمالي من المحيط الهندي.

تشكل صفيحة الهند جزءاً من الصفيحة الأسترالية الهندية الكبيرة التي تقع تحت المحيط الهندي وخليج البنغال وتتساق نحو الشمال الشرقي بمعدل 6 سم/سنة. تلتقي صفيحة الهند مع صفيحة بورما (التي تعدّ جزءاً من الصفيحة الأوراسية الكبيرة) عند خندق trench الصوندا. في هذه المنطقة تنغرز صفيحة الهند تحت صفيحة بورما التي تحمل جزر نيكوبار وأندمان وشمالي سوماطرا.

وبالإضافة إلى الحركة الجانبية بين الصفائح قدر أنّ أرضية المحيط ارتفعت عدة أمتار مزيحة حجماً ضخماً من المياه قدر بنحو 30 كيلومتراً مكعباً محدثاً أمواج التسونامي المدمرة. وهذه الأمواج لم تنشأ من مصدر نقطي point source وإنما انطلقت بدءاً من كامل طول الخط الصدعي (1600 كم) الذي يشكل المصدر الخطي line source. وهذا ممّا أدّى إلى انتشار الأمواج التسونامية إلى مساحات جغرافية واسعة جداً حيث لوحظت هذه الأمواج في مكسيكو وتشيلي والقطب الجنوبي.

## هل تحصل أمواج تسونامية في البحر المتوسط؟

لا بد قبل إنهاء هذه الإطالة العلمية أن نتساءل هل يمكن لمثل هذه الزلازل وأمواجها التسونامية أن تطال حوض البحر المتوسط وشواطئه المختلفة بما فيها الشواطئ السورية. ولكي نتنبأ بهذه الأحداث لا بد من أن ندرس الزلازل التي ضربت منطقة البحر المتوسط وشدتها ومواقعها وأن نستخلص من تواريخ حدوثها أخطار الإجهادات المتراكمة التي قد تطلق فجأة كارثة جديدة.

ففي منطقة البحر المتوسط (الشكل 8) تنزاح الصفيحة الأفريقية جنوب اليونان نحو الشمال بسرعة 3 سم/سنة وتنغرز تحت بحر إيجه الذي يعلو صفيحة الأناضول التي تنزاح بمعدل 1 سم/سنة نحو الجنوب في مستوى جزيرة كريت. وينجم عن ذلك تقارب الصفيحتين بمعدل 4 سم/سنة ممّا يؤدي إلى زلزالية قوية على طول التماس بين الصفيحتين وفي الصفيحة الأفريقية

قبل الميلاد حيث ضرب زلزال قوي مدينة أوغاريت التاريخية ترافق مع أمواج تسونامية. وتبع ذلك زلازل أخرى ضربت، في فترات متباعدة، مناطق مختلفة من بلاد الشام.

وأهم الزلازل التي ضربت شواطئ بلاد الشام ورافقتها أمواج تسونامية هي التي حصلت في السنوات: 1365. 590. 525. 92. قبل الميلاد؛ والسنوات: 13/12/115. 09/07/551. 05/04/991. 29/06/1170. 29/09/1546. 29/12/1408. 20/02/1404. 08/08/1303. 20/05/1202. 30/10/1759. 21/07/1752. 03/04/1872. 13/06/1822. 25/11/1759.

وهكذا فإن هذه الزلازل التاريخية وأمواج التسونامي التي رافقتها، بالإضافة إلى التقارب المستمر بين الصفيحتين الأفريقية والأوراسية في منطقة الانغراز في شرقي البحر المتوسط وفي منطقة صدوع التراكب في غربي البحر المتوسط، تؤكد كلها احتمال حصول أمواج تسونامية في المستقبل القريب أو البعيد؟ في هذا البحر قد تضرب شواطئ بلاد الشام.

### هل يمكن كشف أمواج التسونامي والتنبؤ بقدمها؟

يمكن الكشف عن أمواج التسونامي قبل أن تضرب المناطق النشاطية وتقليل الخسارات البشرية وذلك باستخدام تقانات حديثة. وهذه التقانات تتضمن مسجلات الزلازل التي تكشف عن حدوث الزلازل بالإضافة إلى استخدام أجهزة مراقبة على شكل عوامات (الشكل 9) محوسبة تزرع في المحيطات قادرة على كشف مرور أمواج التسونامي الممثل بتغيرات ارتفاع الأمواج، كما تتضمن أيضاً نظام إنذار لتحذير السكان الذين يقطنون الشواطئ بخطر قدوم أمواج تسونامية.

وبالإضافة إلى هذه التقانات الحديثة لا بد وأن يكون للخبراء والعلماء دور مهم في كشف الأمواج التسونامية والتنبؤ بها وبالشواطئ التي ستضربها. إذ يجب عليهم تحديد الصدوع والانزلاقات الأرضية والمصادر المحتملة للزلازل، وكذلك تحديد الاحتمالات التي يمكن أن تؤدي إلى أمواج تسونامية ودراسة تواتر حدوث الزلازل والتنبؤ بها.

ومع كل ذلك ثمة اتفاق بين العلماء الذين يعملون في دراسة أمواج التسونامي والاستجابة لها في حالات الطوارئ على أنه لا مفر من وقوع أمواج تسونامية مدمرة في المستقبل وعلى أن التقانة وحدها لا يمكن أن تنقذ حياة الناس. فإذا كنت من سكان المناطق النشاطية وأحسست بزلزال قوية أو ضعيفة لمدة طويلة ابتعد عن الشاطئ والتجئ إلى المرتفعات؛ وإذا رأيت أن البحر ينسحب بصورة غير اعتيادية خلال بضع دقائق، وحتى لو لم تشعر بأية زلزلة، فاعمل الشيء نفسه؛ وإذا كنت في قارب فابتعد عن الشاطئ وأبق بعيداً عنه نحو ساعة من الزمن قبل أن تعود إليه ثانية!

إن مثل هذا النمط من الصدوع هو الذي سبب زلزال عام 1755 الذي ضرب مدينة لشبونة وأدى إلى أمواج تسونامية مدمرة ضربت الشواطئ البرتغالية والإسبانية والمغربية؛ ورفعت مستوى الأنهار والجدول بأمواع عاتية بلغ ارتفاعها 20 متراً خربت الجزء المنخفض من العاصمة البرتغالية. أما في الجزائر فقد أدى زلزال بومرداس في 2003/05/21 الذي كان قدره 6.7 درجة إلى سقوط 2000 ضحية وولد أمواجاً تسونامية أيضاً ضربت جزر البالياريس على بعد 250 كم إلى الشمال من الجزائر بلغ ارتفاعها من 1-3 م ودمرت مئات الزوارق الصغيرة التي كانت في المرفأ. وتدل السجلات التاريخية أن منطقة الجزائر تعرضت إلى كوارث زلزالية أخرى في العام 1365 أدت إلى أمواج تسونامية أغرقت الجزء المنخفض من الجزائر العاصمة.

هذا وتبين السجلات التاريخية حصول أمواج تسونامية عام 1650 قبل الميلاد نتيجة ثورة بركان جزيرة سانتوران (في بحر إيجة) (الشكل 8) وانهيار فوهته، ضربت شواطئ البحر المتوسط الشرقية فُدرت ارتفاعاتها بنحو 40 م بجوار الجزيرة. وتبين هذه السجلات حصول أمواج تسونامية في العام 373 قبل الميلاد نتيجة زلزال شديد أغرقت ودمرت مدينة هليك اليونانية (الشكل 8) التي كانت تقع على الشاطئ الجنوبي من خليج كورينث، وبقيت المدينة مرئية تحت الماء عدة قرون. وتعزو التفسيرات الحالية هذا الحادث الكارثي إلى حصول انزلاقات أرضية ضخمة إلى جانب الزلزال الذي ولدها. وكذلك تبين هذه السجلات حصول أمواج تسونامية نتيجة لزلزال مسينا عام 1908 الذي بلغت قوته 7.5 درجة أغرقت شواطئ صقلية وكالابار.

ومن أهم الأمواج التسونامية التي حدثت في القرن العشرين وبلغ ارتفاعها 20 متراً تلك التي حدثت في 1956/07/09 نتيجة زلزال بلغت قوته 7.5 درجة ضرب جزيرتي أموركوس وأستيبياليا (الشكل 8) وانزلاق أرضي تحت بحري. وهذه الأمواج وصلت إلى الشاطئ الشمالي الشرقي لجزيرة كريت بارتفاع نحو 3 أمتار.

وهكذا لا يُستبعد أن تضرب في المستقبل أمواج تسونامية شواطئ البحر المتوسط كما ضربتها في العصور التاريخية ومنها شواطئ بلاد الشام ، وإن كان التكتونيك في هذه المنطقة لا يبدو أنه يؤدي إلى أحداث مثل التي حصلت في جزيرة سومطرا. وهذا الاحتمال تؤثقه السجلات التاريخية التي وردت في دراسة حديثة عن الزلازل التاريخية التي ضربت بلاد الشام (سبيناتي وزملاؤه): The historical earthquakes of Syria, Annals of Geophysics vol 48 No. 3 June 2005. بينت هذه الدراسة أن بلاد الشام تعرضت ما بين القرن الرابع عشر قبل الميلاد والقرن التاسع عشر ميلادي إلى 181 هزة أرضية أدى بعضها إلى أمواج تسونامية ضربت شواطئها المطلة على البحر المتوسط.

فأول حدث يرجع ، كما جاء في هذه الدراسة، إلى العام 1365

## حساب جداء العوامل الأربعة ( $\epsilon p P_{\text{fml}} P_{\text{ml}}$ ) من أجل الحساب الدقيق للتفاعلية الناجمة عن الكزنيون والسماريوم في مفاعل البحث السوري منسر

### ملخص

لقد تم أولاً حساب تفاعلية التوازن المعدلة الناجمة عن الكزنيون باستخدام الكودين WIMSD4 وITATION لحساب جداء العوامل الأربعة ( $\epsilon p P_{\text{fml}} P_{\text{ml}}$ ) في مفاعل البحث السوري منسر. استخدم هذا الجداء لاحقاً من أجل الحساب الدقيق للتراكيز والتفاعلية الناجمة عن  $^{149}\text{Sm}$  و  $^{135}\text{Xe}$  والمقارنة بينهما خلال زمن تشغيل المفاعل وبعد الإغلاق. لقد وجد بأن تفاعلية كل من  $^{149}\text{Sm}$  و  $^{135}\text{Xe}$  لا تصل إلى قيمة الإشباع خلال زمن التشغيل اليومي للمفاعل. كما يمكن إهمال التفاعلية الناجمة عن  $^{149}\text{Sm}$  مقارنة بالتفاعلية الناجمة عن  $^{135}\text{Xe}$  خلال زمن التشغيل اليومي للمفاعل وبعد الإغلاق.

**الكلمات المفتاحية:** مفاعل منسر، كزنيون، سماريوم، تفاعلية.

نُشرت ورقة البحث هذه في مجلة: *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* 2007

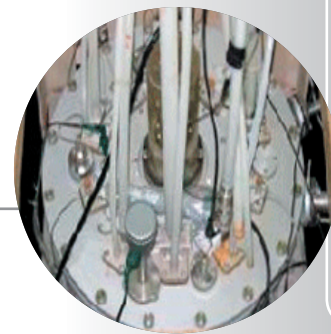
## بنية و آليات تفكك الأيونات $\text{N}_2^{++}$ في تجارب التأين الضوئي الثنائي

### ملخص

جرى تحليل مفصل على المستوي الاهتزازي لطيف الكاتيون الثنائي  $\text{N}_2^{++}$ . واستخدمت لهذا الغرض تجربتان بتقنية المطابقة: الأولى هي عبارة عن لمبة أشعة فوق بنفسجية نبضية تعمل مع مطياف زمن الطيران في القنينة (الزجاجة) المغنطيسية وهذه هي طريقة المطابقة ما بين إلكترونين ضوئيين في زمن الطيران TOF-PEPECO أما الثانية فهي الأشعة السنكروترونية مع مطياف إلكترونات العتبة وهذه هي طريقة المطابقة ما بين إلكترونين الضوئيين TPEsCO. نتج من عملية الجمع بين هذه التجربة الأخيرة (TPEsCO) مع الكشف عن الأيونات، خواص جديدة لتفكك  $\text{N}_2^{++}$  هذا من جهة، ومن جهة أخرى يبدو أنه أول كشف عن ظاهرة الفلورة باستخدام هذه الطريقة الأمر الذي مكننا من دراسة التنافس ما بين الفلورة والتفكك في السويات الاهتزازية للحالة الإلكترونية  $D^1 \Sigma_u^+$ .

**الكلمات المفتاحية:** تأين ضوئي ثنائي، كاتيونات ثنائية، زمن الطيران، اهتزاز، تفكك، مطابقة.

نُشرت ورقة البحث هذه في مجلة: *Journal of Physics B: Atomic, Molecular and Optical Physics*, 2006



د. قاسم خطاب

هيئة الطاقة الذرية السورية - قسم الهندسة النووية



منى أحمد

هيئة الطاقة الذرية السورية - قسم الكيمياء.

باسكال لابلاتكي

فرنسا - أورسي - مخبر LURE المركز الجامعي باريس الجنوبية.

فرنسا - باريس - مخبر الكيمياء الفيزيائية للمواد والأشعة، جامعة بيير وماري كوري

فرانسيس بنان

فرنسا - باريس - مخبر الكيمياء الفيزيائية للمواد والأشعة، جامعة بيير وماري كوري

جوزيف لامبورن - ريتشارد هول

فرنسا - باريس - مخبر ديناميكية الأيونات والذرات والجزئيات، جامعة بيير وماري كوري.

جون الاند

المملكة المتحدة البريطانية - مخبر PTCL، جامعة أكسفورد، أكسفورد.

## النمذجة العددية لليزر CO<sub>2</sub> مستمر ذي جريان محوري سريع

### ملخص

تم تطبيق نموذج درجات الحرارة الأربع على ليزر CO<sub>2</sub> مستمر ذي انقراض طولاني وجريان محوري سريع، حيث حُلَّت جملة المعادلات التفاضلية للنموذج عددياً باستخدام طريقة رونج-كوتا. هذه المعادلات تصف عمل الليزر بنسب معينة He:N<sub>2</sub>:CO<sub>2</sub>=1:3:6 واستطاعة خرج وسطية قدرها 550W. جرى بنتيجة الحل العددي الحصول على السلوك الزمني لكل من استطاعة الخرج وكثافة الفوتونات. ودرس تأثير كل من درجة الحرارة الحركية وانعكاسية مرآة الخرج وسرعة جريان الغاز وفقد المجاوب على استطاعة الخرج. قورنت استطاعة الخرج المحسوبة بالاستطاعة المقيسة في التجربة ولوحظ وجود توافق جيد بينهما.

**الكلمات المفتاحية:** ليزر CO<sub>2</sub> الصناعي، ليزر الجريان المحوري السريع، نمذجة

نشرت ورقة البحث هذه في مجلة: *Optics & Laser Technology*, 2005



د. شريف الحواط، خير المتعب  
هيئة الطاقة الذرية السورية - قسم الفيزياء.

## استخدام الاختلافات البروتينية الناجمة عن تحليل SDS-PAGE ضمن وبين المدخلات للتنبؤ بنظام التلقيح في بعض أنواع Vicia

### ملخص

استخدمت بروتينات الحبة لتقدير الاختلافات بين وضمن مدخلات بعض أنواع الـ Vicia المتوطنة في سورية لكشف الاختلافات بين المدخلات. تم تحليل ثلاثة مدخلات من كل من V. sativa ssp. V. villosa و sativa, V. sativa ssp. nigra, V. sativa ssp. amphicarpa, V. ervilia, V. narbonensis, V. faba باستخدام طريقة الرحلان الكهربائي SDS-PAGE. استخدم للتحليل من كل مدخل 10 حبات وأخذ عدد الاختلافات. تم تقدير متوسط الاختلافات داخل كل مدخل لكل الأنواع وقورن متوسط الاختلافات مع قيمة النسبة المئوية لعدم التوافق لكل المدخلات التي تتبع النوع نفسه.

أظهرت النتائج أن الأنواع الخلطية التلقيح تميزت بنسبة أعلى من التباين ضمن المدخل الواحد مقارنة بالتباين بين المدخلات واقتربت هذه النسبة إلى 4.1 في V. villosa و 3.1 في V. faba في حين لم تتجاوز هذه النسبة الـ 2 في الأنواع ذاتية التلقيح. يمكن الاستنتاج أن استخدام الرحلان الكهربائي لبروتينات الحبة طريقة سهلة وغير مكلفة ويمكن استخدامها للتنبؤ بنظم التلقيح في أنواع Vicia.

**الكلمات المفتاحية:** رحلان كهربائي، تنوع وراثي، هلام أكريلاميد سلفات دودسيل الصوديوم، بروتينات التخزين، جنس فيسيا.

نشرت ورقة البحث هذه في مجلة: *The Journal of Genetics & Breeding* (2005)



د. نزار ميرعلي  
هيئة الطاقة الذرية السورية - قسم البيولوجيا  
الجزئية والتقانة الحيوية

## مقارنة طرائق توليد السنة المناخية النموذجية TMY باستخدام بيانات عشر سنوات لمنطقة دمشق، سورية

### ملخص

يعد توليد السنة المناخية النموذجية TMY المنطلق الأساس للحسابات في العديد من تطبيقات الهندسة الحرارية. لهذا، أدرك الباحثون العاملون في هذا المجال، ومنذ أمد بعيد، الحاجة لمثل هذه السنة بشكلها الدقيق لاستخدامها في تنفيذ محاكاة النظم المعنية. وشرعوا في دراسة وتطوير طرائق توليدها المتعددة، إلا أن النتائج الحاصلة في كل منها لم تكن متوافقة بشكل ملحوظ. ففي إطار هذا العمل تم تطبيق المنهجيات المعمول بها في هذا المجال والواردة في الأدبيات المرجعية، وذلك باستخدام البيانات المناخية الساعية المقيسة لمدة عشر سنوات والخاصة بمنطقة دمشق. وبهدف بيان الطريقة المثلى ليصار إلى اقتراح اعتمادها لتوليد TMY في سورية، تم تقويم السنوات المناخية النموذجية المولدة بوساطة كل من هذه المنهجيات عن طريق تحليل مخرجات أداء النظام الحراري للأبنية النموذجية السورية. فانطلاقاً من نتائج المحاكاة للحمل الحراري الفصلي والشهري واليومي للبناء المدروس تم تعيين قيم المحددات الإحصائية الشهرية الثلاث التالية: جذر متوسط مربع الفروقات RMSD، والخطأ المعياري الكلي SEE، والمعامل الإحصائي  $\chi^2$ . بينت نتائج الدراسة أن أداء النظام الحراري للبناء المدروس باستخدام TMY المولدة بطريقة سانديا المعدلة هو الأقرب لمتوسط أداء ذلك النظام باستخدام بيانات السنوات العشر المعتمدة. فباستخدام هذه الطريقة نحصل على نتائج أكثر دقة من تلك الحاصلة بنتيجة تطبيق الطرائق الأخرى المنشورة في الأدبيات المرجعية.

**الكلمات المفتاحية:** هندسة حرارية، سنة مناخية نموذجية، طرائق، وسطاء مناخية.

نُشرت ورقة البحث هذه في مجلة: *Energy Conversion and Management*, 2007

## التنبؤ بقدرة القلب ودرجة حرارته الوسطية باستعمال قياسات معدل الجرعة في مفاعل منسر السوري

### ملخص

استعملت قياسات معدل الجرعة عند السطح العلوي لمفاعل منسر لمراقبة قدرة القلب وتقدير درجة حرارته الوسطية. مكن ذلك من الحصول على علاقة تجريبية للتنبؤ بكل من سوية القدرة ودرجة الحرارة الوسطية للمبرد في قلب المفاعل كتابعين لقياس معدل الجرعة. وقد اقترحت طريقة بديلة لكل من مراقبة التدفق النتروني ودرجة الحرارة الوسطية باستعمال قياس معدل الجرعة. قورنت النتائج مع القدرة المعيارية للمفاعل، فوجد أن هناك توافقاً مقبولاً بين القيم المتنبأ بها والمقيسة فعلياً. وبرغم هذا التوافق، يجب اعتماد قياس معدل الجرعة في أعلى سطح مفاعل منسر بحذر كوسيلة إضافية للتنبؤ بقدرة القلب ودرجة حرارته الوسطية.

**الكلمات المفتاحية:** مفاعل البحث منسر، تنبؤ استطاعة، درجة الحرارة الوسطية للقلب، قياس معدل الجرعة.

نُشرت ورقة البحث هذه في مجلة: *Journal of Radio chemical and Analytical Chemistry*, 2006



د. كمال سكيكر

هيئة الطاقة الذرية السورية - قسم الخدمات العلمية



د. إبراهيم خميس، محمد هشام جمال

هيئة الطاقة الذرية السورية - قسم الهندسة النووية



د. جمال أصفهاني، ج. رشاد الحنت، موسى عيسى  
هيئة الطاقة الذرية السورية - قسم الجيولوجيا

## استخدام التحليل العملي الإحصائي للتعرف على البصمات الطيفية للتوضعات الفسفورية والرسوبات المحيطة بقافي منطقة العوابد - التدمرية الشمالية، أواسط سورية

### ملخص

في بحث نشر سابقاً، طُبِّقَت منهجية التحليل العملي على معطيات المسح الإشعاعي الجوي لمنطقة العوابد-التدمرية الشمالية، في سورية. برهننا أن نموذجاً مؤلفاً من أربعة معاملات (F1, F2, F3, F4) يعتبر كافياً لتمثيل المعطيات، حيث تم تفسير ما نسبته 94% منها. تم الحصول على أداة قوية للتمييز بين مختلف الوحدات الصخرية من خلال تخريط هذه المعاملات الأربعة، إذ تم التوصل إلى رسم خريطة ليثولوجية معاملة تتضمن إحدى عشرة وحدة إشعاعية صخرية.

تم جمع تسع وتسعين عينة صخرية وفقاً للمعاملات الأربعة، لتحليلها بتقنية مطيافية غاما، وتحديد محتواها المكافئ من اليورانيوم eU، الثوريوم eTh والبوتاسيوم K%. أشارت نتائج تحليل 65 عينة وفقاً للمعامل الأول F1 إلى أن تركيز اليورانيوم eU يتراوح بين 2.74 ppm و 123.3 ppm بمتوسط 58.85 ppm وانحراف معياري 32.53 ppm. أشارت نتائج تحليل 18 عينة وفقاً للمعامل الثاني F2، إلى أن نسب البوتاسيوم K% تراوحت بين 0.001 و 0.324 بمتوسط 0.145 وانحراف معياري 0.122. في حين أشارت نتائج تحليل 16 عينة وفقاً للمعامل الثالث F3، إلى أن نسب البوتاسيوم K% تراوحت بين 0.024 و 0.558 بمتوسط 0.227 وانحراف معياري 0.133.

كانت نتائج المطيافية للعينات الصخرية المطلّة متوقعة وتتوافق بشكل جيد مع نتائج التحليل العملي، الأمر الذي يدل بوضوح على صلاحية وفعالية هذه المنهجية من التحليل العملي وضرورة استخدامها بشكل كبير كدليل في السحب الموجه والذكي للعينات (guiding smart technique) في برامج الاستكشاف النجمي. تظهر الخرائط الفسفورية المعمولة امتداداً وتوزعاً عريضاً لهذا الخام، وتشير إلى كمونية منطقة البحث، وضرورة متابعتها بأعمال استكشافية اقتصادية.

**الكلمات المفتاحية:** تنقيب عن اليورانيوم والفسفات، مسح جوي طيفي، تقنية السحب الموجه والذكي للعينات، منطقة العوابد، سورية.

نُشرت ورقة البحث هذه في مجلة: Applied Radiation and Isotopes

## السلوك الحراري لأفلام بولي إيثيلين ترفتالات اللابلورية المشعّة بغاما

### ملخص

شعّ بولي إيثيلين ترفتالات (PET) في الهواء بأشعة غاما عند معدل جرعة 28 ك غراي/سا بجرع مختلفة تصل حتى 3500 ك غراي. بُحِث تأثير أشعة غاما على التحول الزجاجي ونسبة التبلور بواسطة التحليل الحراري التفاضلي. تنخفض درجة حرارة التحول الزجاجي  $T_g$  والسعة الحرارية  $\Delta C_p$  للبولي إيثيلين ترفتالات اللابلوري بزيادة الجرعة الممتصة. عُزِي هذا الانخفاض لسيطرة عمليات تقطيع السلاسل. وقد تكون درجة حرارة التحول الزجاجي مفيدة لاتخاذها مؤشراً لتعرض البولي إيثيلين ترفتالات للإشعاع. وبينت النتائج أيضاً أن مثل هذا التكسر للسلاسل يزيد الحركية وبالتالي يزيد قابلية التبلور.

**الكلمات المفتاحية:** بولي إيثيلين ترفتالات، تحول زجاجي، تبلور، تشعيع، تحليل حراري.

نُشرت ورقة البحث هذه في مجلة: Polymer Engineering and Science, 2006



مندرقطان  
هيئة الطاقة الذرية السورية - قسم تكنولوجيا الإشعاع

## التغيرات المكانية والشهريّة لنظائر الراديوم في المياه المنتجة أثناء إنتاج النفط

### ملخص

جرى تقييم التغيرات المكانية والشهريّة لتراكيز نظائر الراديوم في المياه المنتجة أثناء إنتاج النفط. جمعت وحلّت عينات من المياه المنتجة بشكل شهري وعلى مدار خمسة أشهر، من إحدى عشرة بئراً منتجة للنفط في ثلاثة حقول نفط سورية. وجد بأن أعلى قيمة للمتوسط الحسابي لتراكيز الراديوم-226 والراديوم-228 والراديوم-224 في هذه العينات من المياه حوالي 41 بكرل/ل و37.5 بكرل/ل و1.1 بكرل/ل على الترتيب. عُولجت المعطيات التي تم الحصول عليها لـ  $^{226}\text{Ra}$  و  $^{228}\text{Ra}$  ونسبة النشاط  $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$  إحصائياً وعرضت باستخدام طريقة الرسم الصندوقي Box Plot، حيث لوحظت تفاوتات واضحة من حقل إلى آخر مشيرة إلى اختلافات في التشكيلات الجيولوجية للأحواض. تعكس تغيرات نسبة النشاط  $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$  التغير في نسبة كتلة Th/U للتشكيل الجيولوجي مما يدعو إلى اقتراح وجود نمطين مختلفين من الصخور المصدر. وصل وسطي نسبة الكتلة المحسوبة Th/U لهذين النمطين المختلفين للصخور المقدارين 2.4 و5.78. بالإضافة إلى ذلك، استخدم أيضاً وسطي نسبة النشاط  $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$  لتقدير عمر بعض الرواسب المتوضعة في الأنابيب، حيث قورنت النتائج مع طريقة التأريخ باستخدام نسبة نشاط  $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ . ومن جهة أخرى، شوهدت تغيرات شهريّة لتراكيز نشاط  $^{226}\text{Ra}$  و  $^{228}\text{Ra}$  ونسبة النشاط  $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$  في المياه المرافقة وعزيت الأسباب الرئيسة لهذه التغيرات إلى نوع المياه المحقونة والتفاعلات ما بين الآبار. عُولجت العلاقات المحتملة التي تربط بين تراكيز نشاط  $^{226}\text{Ra}$  و  $^{228}\text{Ra}$  ونسبة نشاط  $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$  والخواص الفيزيائية والكيميائية للمياه المنتجة إحصائياً، حيث لم توجد أية علاقات خطية فيما بينها.

**الكلمات المفتاحية:** حقول النفط، مياه منتجة، توصيف، نظائر الراديوم، سورية.

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

## نموذج حسابي لعمليتي مفتاح الجودة والليزر في الليزر النبضي Cr<sup>4+</sup>:YAG المضخوخ بليزر نيودميوم زجاج

### ملخص

تم تطوير نموذج رياضي لوصف عمليتي الامتصاص والاهتزاز في البلورة Cr<sup>4+</sup>:YAG المضخوخة بليزر نيودميوم زجاج داخل التجويف الليزري بهدف وصف السلوك الزمني لجملة ليزر-ماص. يفترض النموذج أن أيونات Cr<sup>4+</sup>:YAG تتأثر إلى سوية أعلى بالامتصاص في الحالة المثارة ويتبعها الاسترخاء بشكل مباشر إلى السوية الليزرية العليا من خلال قناة سريعة وبشكل غير مباشر من خلال قناة بطيئة وسيطية مقترحة عند أعمار حياة مختلفة.

يقدم النموذج آليات حركية بسيطة من أجل دراسة ليزرات الحالة الصلبة ويشرح أيضاً تأثير تغيرات وسطاء الدخل الليزري (معدل الضخ ومعامل التضخيم الأعظمي ومعامل الضياع) على مميزات نبضة خرج ليزر نيودميوم-زجاج مع مفتاح جودة منفعل وليزر Cr<sup>4+</sup>:YAG النبضي. يقدر النموذج السلوك الزمني لكثافات إسكان السويات المختلفة وكثافات الحزم الليزرية ويتنبأ بنبضات خرج ليزرية نانوية لليزر نيودميوم-زجاج مع مفتاح جودة وليزر Cr<sup>4+</sup>:YAG النبضي. توافقت النتائج المحسوبة بشكل جيد مع النتائج التجريبية والنظرية المتوفرة في الأدبيات.

**الكلمات المفتاحية:** نموذج حسابي، مفتاح جودة مزدوج، ليزر نيودميوم-زجاج، ليزر Cr<sup>4+</sup>:YAG النبضي.

نُشرت ورقة البحث هذه في مجلة: Journal of Optics A: Pure and Applied Optics, 2006



د. محمد سعيد المصري

هيئة الطاقة الذرية السورية - قسم الوقاية والأمان



د. بشار عبد الغني - مصطفى حمادي

هيئة الطاقة الذرية السورية - قسم الخدمات العلمية



### تأثير منظم النمو فينوكسيكارب Fenoxycarb وأشعة غاما على تطور خنفساء خابرة الحبوب Trogoaderma granarium Everts وإمكانية استخدامها في حماية أو تعقيم بذور القمح من الإصابة بالخابرة

د. إياد غانم، هدى العك

قسم البيولوجيا الجزيئية والتقانة الحيوية

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

#### ملخص

عُرِضت يرقات حشرة الخابرة لإحدى المعالجات التالية: التريبة على حبوب معالجة بتركيز مختلفة من الفينوكسيكارب أو التشعيع بجرعات تصاعديّة من أشعة غاما ثم تغذيتها بحبوب قمح غير معالجة، وكذلك التشعيع بأشعة غاما وجرعات تصاعديّة ثم تغذية اليرقات على حبوب قمح معالجة بالفينوكسيكارب. تمّت مراقبة تطور اليرقات وتسجيل النسب المئوية لكل طور من مراحل التطور. أظهرت النتائج أن الاستخدام المتزامن لأشعة غاما مع الفينوكسيكارب أدى إلى انخفاض في الجرعات اللازمة من أشعة غاما والفينوكسيكارب للوصول إلى منع ظهور الحشرات الكاملة. تطور 85% من اليرقات إلى طور الحشرة الكاملة في عيّات الشاهد، والتي قامت بوضع البيض والاستمرار في عملية التطور إلى طور الحشرات الكاملة. انخفضت نسبة تطور اليرقات مع الزيادة في الجرعة. وعند التشعيع بالجرعة 100 غراي منع التطور ولم تظهر أي حشرة كاملة بعد مراقبتهم مدة خمسة أسابيع من بدء التجربة. كذلك تغذية اليرقات على حبوب قمح معالجة بالفينوكسيكارب أدى إلى إعاقة تطورها حيث أدت المعاملة بتركيز 1 ppm إلى منع كامل من الوصول إلى طور الحشرة الكاملة. في حين عند استخدام المعاملتين وهما تطبيق أشعة غاما وإضافة الفينوكسيكارب لوحظ انخفاض في الجرعة الإشعاعية وجرعة الفينوكسيكارب للوصول إلى نفس النتيجة. الجرعة الإشعاعية للوصول إلى عدم التطور إلى طور الحشرة الكاملة من أشعة غاما تمّ خفضها إلى 50 غراي والفينوكسيكارب خفض إلى 0.063 ppm.

الفينوكسيكارب ثابت تحت ظروف التجربة 10 أشهر، وأشعة غاما لا يبدو بأنّها تفككه عندما يطبق على حبوب القمح. فبعد تعريض حبوب القمح المعاملة بالفينوكسيكارب لأشعة غاما بقيت هذه الحبوب محمية من الإصابة بخنفساء الخابرة لمدة 10 أشهر بالرغم من أنه جرى خلال هذه الفترة تعريض هذه الحبوب للعدوى بيرقات الخابرة لمرتين متتاليتين.

**الكلمات المفتاحية:** خابرة، أشعة غاما، فينوكسيكارب، وقاية.

تقرير مختصر عن دراسة علمية مخبرية أُنجزت في قسم البيولوجيا الجزيئية والتقانة الحيوية - هيئة الطاقة الذرية السورية.



## تأثير مبيد الثياكلوبريد على أطوار النمو المختلفة عند حشرة فراشة درنات البطاطا *Phthorimaea operculella* Zeller (Lepidoptera: Gelechiidae)

د. جورج سعور

قسم البيولوجيا الجزيئية و التقانة الحيوية

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

### ملخص

لم تتأثر النسبة المئوية لفقس البيوض متفاوتة الأعمار عند تعريضها لتراكيز متعددة من المبيد. انخفضت معنوياً النسبة المئوية لخروج اليرقات وازدادت فترة حضانة البيوض عندما تمت معالجة بيوض بعمر 4-4.5 يوم بمبيد الثياكلوبريد بتركيز 0.4 مل، مقارنة مع الشاهد غير المعامل. تدهورت بشكل شديد معدلات ظهور الحشرات البالغة عندما رُشَّت درنات أو نباتات البطاطا المصابة بالفراشة بمبيد الثياكلوبريد بتركيز 0.4 مل. تثبت نتائجنا بأن نباتات أو درنات البطاطا المعاملة بمبيد الثياكلوبريد، تتمتع بحماية من الإصابة بحشرة فراشة درنات البطاطا.

**الكلمات المفتاحية:** فراشة درنات البطاطا، الثياكلوبريد، مبيدات حشرية، نيكوتين صناعي.

تقرير مختصر عن عمل خدماتي أنجز في قسم البيولوجيا الجزيئية والتقانة الحيوية - هيئة الطاقة الذرية السورية.

## ضبط جودة تحليل التريتيوم في العينات المائية بتقانة الإغناء وباستخدام جهاز عداد الوميض السائل

فؤاد حمادة البيش

مكتب ضمان الجودة - هيئة الطاقة الذرية - ص. ب. 6091 - دمشق - سورية

### ملخص

يُعدُّ هذا التقرير، محاولة لتوضيح دور برامج المقارنة المشتركة (الداخلية أو الخارجية) في ضبط جودة التحاليل المخبرية، حيث يُبين هذا التقرير دور مثل هذه البرامج في تحقيق سلسلة النتائج إلى نظام القياس المترولوجي العالمي، بالإضافة إلى دورها في اعتماد طرائق تحليل جديدة، وتعيين معاملات الإحصائية، وقياس مستوى الأداء التحليلي في المختبرات، والكشف عن وجود حالات عدم المطابقة، واتخاذ الإجراءات التصحيحية والوقائية المناسبة في حال وجودها.

يُبين هذا التقرير، الدور الفعال الذي تلعبه برامج المقارنة لقياس أداء المختبرات التحليلية، حيث يُعدُّ قياس الأداء حجر الأساس في أي نظام لضمان جودة التحاليل في المختبرات التحليلية.

يُقدِّم التقرير ملخصاً لنتائج برامج المقارنة التي أُجريت في الهيئة حسب ما ورد في أهم المواصفات الدولية ذات الصلة بالتحاليل المخبرية، والمتبَّعة في الهيئة 1999: ISO-17025، وأهمية المعالجات الإحصائية المناسبة المتبَّعة فيها.

يؤكد التقرير على ضرورة المشاركة الدورية والمستمرّة للمخابر في برامج قياس الأداء التحليلي، لضمان موثوقية نتائجها، وتحقيق ضبطها الإحصائي، والتي تُعدُّ من أهم الشروط اللازمة للحصول على شهادة الاعتماد الدولي (Accreditation).

**الكلمات المفتاحية:** قياس التريتيوم، برنامج قياس الأداء التحليلي المخبري، برامج المقارنة المشتركة، لوائح الضبط الإحصائي، اعتماد الطرائق، ضمان الجودة، تفكك العناصر الإشعاعية، نصف العمر، الإغناء، عداد الوميض السائل.

تقرير مختصر عن دراسة علمية مكتبية أنجزت في مكتب ضمان الجودة - هيئة الطاقة الذرية السورية.

## محاكاة التتميش المحكوم بالانتثار

### د. محسن شحود

قسم الخدمات العلمية - هيئة الطاقة الذرية - ص. ب. 6091 - دمشق - سورية

#### ملخص

تم في هذا العمل تطوير طريقة جديدة لمحاكاة التتميش المحكوم بالانتثار. يتم في هذه الطريقة في مرحلة أولى حساب تركيز افتراضي لحلول التتميش في المناطق غير المقنعة من سطح الرقاقة. بعد ذلك يتم تنفيذ عملية انتثار افتراضية من المناطق غير المقنعة من سطح الرقاقة باتجاه وسطها وذلك مع اعتبار التركيز المحسوب في المرحلة الأولى مصدراً للانتثار. تتمثل نتيجة المحاكاة عبر أحد خطوط التركيز الثابت التي يجب حساب قيمتها عبر عملية ملاعبة مع إحدى النتائج التجريبية. أظهرت المقارنة بين نتائج المحاكاة ونتائج تجريبية ثنائية الأبعاد مأخوذة من المراجع العلمية توافقاً جيداً.

**الكلمات المفتاحية:** محاكاة التتميش، تتميش محكوم بالانتثار.

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

## تأثير طرق الري ومعدلات السماد الأزوتي والفسفاتي في الإنتاج ونوعية المنتج لحصول الشوندر السكري

### د. مصدق جانان

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

### د. جمعة عبد الكريم

وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي

الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية

#### ملخص

أجريت تجربة حقلية في موسم 2002 لدراسة استجابة الشوندر السكري المروي بطريقتي الري التسميدي والري بالرش لمستويات مختلفة من السماد الأزوتي والفسفاتي. اختبرت في هذه التجارب طريقتان للري هما الري بالرش والري التسميدي، وكذلك مستويات مختلفة من السماد الأزوتي وهي 210 و140 و70 و0 كغ/ها. بينت النتائج عدم وجود وفر كبير في مياه الري نتيجة إدخال تقانة الري التسميدي مقارنة بطريقة الري بالرش وزيادة قليلة في إنتاج المادة الجافة لمعاملات الري التسميدي مقارنة بمعاملات الري بالرش. أدت إضافة السماد الفسفاتي إلى زيادة المردود وزيادة الأزوت الممتص في معظم الحالات ولطريقتي الري المختبرتين. لم يلاحظ أي تأثير سلبي لطريقة الري التسميدي في مواصفات جذور الشوندر لمعاملات الري التسميدي بل تحسنت المواصفات الخاصة بالشوندر السكري لمعاملات الري التسميدي في بعض الحالات. أخذت الكفاءة الحقلية لمياه الري منحىً واضحاً حيث ازدادت كفاءة مياه الري لحصول الشوندر السكري المروي بطريقة الري بالرش محسوبة على أساس المردود.

لم تتأثر حلاوة الشوندر السكري بالإضافة المتزايدة للسماد الأزوتي بل على العكس ازدادت حلاوة الشوندر السكري مع زيادة معدل إضافة السماد الأزوتي تحت ظروف الري التسميدي، في حين انخفضت نقاوة العصير مع زيادة كمية السماد الأزوتي المضافة.

**الكلمات المفتاحية:** معدلات السماد الأزوتي، السماد الفسفاتي، الري التسميدي، الري بالرش.

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

## إعداد واجهة تخاطبية لاستخدام الكود CITATION في بيئة النوافذ

د. محمد البرهوم، نزار زيدان

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

### ملخص

يوصف هذا التقرير كيفية إعداد البرنامج CITINT الذي يعمل كواجهة لتشغيل الكود CITATION في بيئة النوافذ. تمت برمجة أربعة مقاطع من ملف دخل هذا الكود وأصبح بإمكان المستخدم تغيير قيم متغيرات هذه المقاطع ديناميكياً. يمكن الاطلاع على مدلول متغيرات كل مقطع من المقاطع الأربعة المذكورة من خلال خدمة مساعدة تظهر عند طلب تعديل المقطع المطلوب من قبل المستخدم.

**الكلمات المفتاحية:** برنامج، الفورتران المرئي، الكود سايتيشن، واجهة، بيئة النوافذ.

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



## بناء مطيافية

### Construction of Coherent Antistokes Raman Spectroscopy (CARS)

د. محمد درغام زيدان، د. عبد القادر جزماتي

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

### ملخص

جرى بناء مطيافية Coherent Antistokes Raman Spectroscopy (CARS) المؤلفة من أنبوبة رامان المملوءة بغاز  $CO_2$  عند 5 ضغط جوي وليزر Nd-YAG ذي المروج الثاني  $\lambda=532\text{ nm}$  الذي يضخ الليزر الصباغي. يجري توجيه وتركيز حزمتي الليزر (ليزر Nd-YAG والليزر الصباغي) بواسطة عدسة مقربة إلى أنبوبة رامان. وينتج ما يُسمى بالتواتر اللاستوكسي (Antistokes) أو إشارة CARS وفق عملية تمازج أربعة أطوال موجية في غاز  $CO_2$  داخل أنبوبة رامان. يتم توجيه الإشارة اللاستوكسية المولدة إلى الفتحة الأمامية للمحلل الطيفي بواسطة موشور لرصدها بواسطة كاشف مضاعف كهروضوئي مثبت على الفتحة الخلفية للمحلل الطيفي وموصول مع بطاقة إلكترونية لتجميع المعطيات داخل الحاسوب. يجري توليف الليزر الصباغي ليصبح فرق التواتر بين الليزر الصباغي وليزر Nd-YAG متوافقاً مع فرق تواتر الانتقالات الاهتزازية-الدورانية ( $V_2-V_1=VM$ ) لجزيئة  $^{12}CO_2$  أو  $^{13}CO_2$ ، عندئذ تتولد الإشارة اللاستوكسية. جرى تسجيل الطيف الموافقة للإشارة اللاستوكسية لتحديد الانزياح النظيري لكل من  $^{12}CO_2$  و  $^{13}CO_2$  طيفياً وقُدِّر بحوالي  $18.3\text{ cm}^{-1}$ .

**الكلمات المفتاحية:** هيدروجين، انزياح نظيري، مطيافية CARS.

تقرير مختصر عن عمل تقني أنجز في قسم الفيزياء - هيئة الطاقة الذرية السورية.



## تمرين اختبار الأداء لبعض مخابر التحليل في الدول العربية لتعيين المواد المشعة الطبيعية في عينة مرجعية من التربة الملوثة بالمياه المرافقة من حقول النفط

د. محمد سعيد المصري، عبد العزيز أبا

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

### ملخص

جرى في التقرير الحالي عرض نتائج أول تمرين اختبار أداء بعض مخابر التحليل الإشعاعي في بعض الدول العربية وذلك بتحليل عينة تربة مرجعية حُضرت في مخابر هيئة الطاقة الذرية السورية. جُمعت عينة التربة من حقول النفط السورية من إحدى بحيرات تجمع المياه المرافقة للنفط ذات نشاط إشعاعي مرتفع من نظائر الراديوم. شارك في هذا البرنامج عدد من المخابر التحليلية من ست دول عربية وهي الكويت ومصر واليمن وتونس والأردن وسورية. جرى تقييم النتائج التحليلية باستخدام معايير إحصائية لتقييم كل مخبر على حدة بالإضافة إلى التقييم الكلي لتعيين كل نظير مشع. أوضح التقييم أن حوالي 57% و86% من النتائج كانت محققة لمعيار النجاح لكل من الدقة والصحة المطبقة في هذا التمرين لكل من الراديوم 226 والراديوم 228 على الترتيب وهي النظائر الأكثر أهمية في الصناعة النفطية.

**الكلمات المفتاحية:** الراديوم 226، تربة، عينة مرجعية، اختبار أداء، الصناعة النفطية.

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

## تعيين بعض العناصر الأثرفي عينات بيولوجية بالتفلور بالأشعة السينية (XRF) والانعكاس الكامل بالتفلور بالأشعة السينية (TXRF)

علي خضر، جهاد الدين قرجو، محمد خالد صوان

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

### ملخص

استُخدمت تقنيتي التفلور بالأشعة السينية (XRF) والانعكاس الكامل بالتفلور بالأشعة السينية (TXRF) بنجاح لتعيين عدة عناصر في عينات كامل الدم وشعر رأس الإنسان. أنجز ذلك بالتحليل المباشر بتقنية XRF باستخدام وحدات تجمع مختلفة، وبأمثلة طرائق كيميائية معدة للتحليل بتقنية TXRF. عُيّن تركيز بعض العناصر الخفيفة، مثل الـ S و P بتقنية XRF بالإثارة بالأشعة السينية الأولية، في حين عُيّنت العناصر، مثل Fe، Ca، K، والـ Br بصحة ودقة جيدة جداً بتقنية XRF باستخدام الإثارة بهدف ثانوي من الـ Cu والـ Mo. طبقت الإجراءات الكيميائية، التي اعتمدت على التركيز المسبق بالمعدن APDC، لتعيين التركيز المنخفض من الـ Ni و Pb في المجال 1.0-1.7 و 11-23 µg/dl، على الترتيب، في عينات كامل الدم بتقنية TXRF؛ علماً أن تعيين عناصر أخرى مثل الـ Cu و Zn باستخدام هذه الإجراءات يُعدُّ أمراً ممكناً. عُيّن الـ Rb في عينات كامل الدم بشكل مباشر بعد تهضيم العينات والتحليل بتقنية TXRF.

**الكلمات المفتاحية:** TXRF، XRF، الدم الكامل، شعر رأس الإنسان.

تقرير مختصر عن عمل تقني أنجز في قسم الكيمياء - هيئة الطاقة الذرية السورية.

## تأثير موعد إضافة كميات مختلفة من السماد الأخضر من نبات اللوكاينا في نمو نباتات ذرة السورغوم وامتصاصها للأزوت


د. فواز كردعلي، محمد الشماع

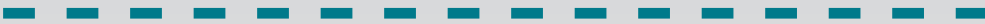
قسم الزراعة - هيئة الطاقة الذرية - ص. ب. 6091 - دمشق - سورية

### ملخص

نُرس تأثير التسميد الأخضر بكميات مختلفة من أزوت أوراق نبات اللوكاينا المضافة في مواعيد في نمو نبات ذرة السورغوم العلفية باستعمال  $^{15}\text{N}$  وذلك في تجربة جرت في أصص. أدّى التسميد الأخضر إلى تحسين نمو نبات السورغوم حيث تجلّى ذلك في زيادة إنتاج المادة الجافة والأزوت الكلي مقارنة بالشاهد. إن إضافة السماد الأخضر إلى التربة قبل شهر من زراعة السورغوم بمعدل 120 كغ N/هـ هي المعاملة المثلى التي حققت زيادة في الإنتاج الكلي للمادة الجافة وللأزوت، وخاصة الجزء الثمري من نبات السورغوم. في حين أدت إضافته عند الزراعة إلى الحصول على أعلى كمية من الأزوت الممتص منه وأدنى كمية من الأزوت الممتص من التربة وأعلى إنتاج من المادة الجافة للأوراق. لا يعود التأثير الإيجابي للتسميد الأخضر للوكاينا إلى إتاحة أزوت المخلفات المضافة فقط، بل يعود إلى زيادة في إتاحة أزوت التربة للنباتات أيضاً، حيث تجلّى ذلك عند إضافة السماد الأخضر قبل الزراعة بوقت كافٍ.

**الكلمات المفتاحية:** لوكاينا، سورغوم، تسميد أخضر،  $^{15}\text{N}$ .

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



# AALAM AL-ZARRA

2  
0  
0  
6

## مجلة عالم الذرة



passed the criteria set for precision and accuracy applied for this test in relation to Radium-226 and Radium-228, respectively. These two isotopes are the most important isotopes in the oil industry.

**Key Words:** Radium-226, Soil, Reference Sample, Proficiency Test, Oil Industry.

## DETERMINATION OF SOME TRACE ELEMENTS IN BIOLOGICAL SAMPLES USING XRF AND TXRF TECHNIQUES

ALI KHUDER, GEHAD KARJOU,  
MOHAMMAD KHALED SAWAN

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

XRF and TXRF techniques were successfully used for the multi-element determination of trace elements in whole blood and human head hair samples. This was achieved by the direct analysis using XRF technique with different collimation units and by the optimized chemical procedures for TXRF analysis. Light elements of S and P were preferably determined by XRF with primary x-ray excitation, while, elements of K, Ca, Fe, and Br were determined with a very good accuracy and precision using XRF with Cu- and Mo-secondary targets. The chemical procedure dependent on the preconcentration of trace elements by APDC was superiorly used for the determination of traces of Ni and Pb in the range of 1.0-1.7  $\mu\text{g}/\text{dl}$  and 11-23  $\mu\text{g}/\text{dl}$ , respectively, in whole blood samples by TXRF technique; determination of other elements as Cu and Zn was also achievable using this approach. Rb in whole blood samples was determined directly after the digestion of samples using PTFE-bomb for TXRF analysis.

**Key Words:** XRF, TXRF, whole blood, human head hair.

## GROWTH AND N-UPTAKE IN SORGHUM PLANTS MANURED WITH DIFFERENT AMOUNTS OF LEUCAENA LEUCOCEPHALA SHOOTS AS AFFECTED BY TIME OF APPLICATION

F. KURDALI AND M. AL-SHAMMA'A

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

A pot experiment was conducted to determine the impact of adding four rates of nitrogen in the form of *Leucaena leucocephala* green manure (LGM) as affected by different time of application on the performance of *Sorghum bicolor* using  $^{15}\text{N}$ . Results showed that LGM significantly increased dry matter production and N yield of sorghum. Incorporation of LGM 30 days before planting at a rate of 120 kg N/ha seemed to be the best treatment in enhancing dry matter yield and N yield in panicles, roots and the entire plant of sorghum. However, The proper timing of LGM incorporation seemed to be at planting in obtaining higher amounts of  $\text{Ndf}_{\text{gm}}$ , lower  $\text{Ndfs}$ , and greater dry matter and N yield in sorghum leaves. The beneficial effects of LGM on sorghum growth was attributed not only to the additional N availability to the plant, but also to effects on the enhancement of soil N uptake, particularly when the incorporation was made before a sufficient time from planting.

**Key Words:** *Leucaena leucocephala*, *Sorghum bicolor*, Green Manure,  $^{15}\text{N}$ .



M. ALBARHOUM, N. ZAIDAN

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

A User Interface is designed to enable running the CITATION code under Windows. Four sections of CITATION Input File are arranged in the form of 4 interfaces, in which all the parameters of the section can be modified dynamically.

The Help for each parameter (item) can be read from a general Help for the section which, in turn, can be visualized upon selecting the section from the program general menu.

**Key Words:** program, visual FORTRAN, CITATION, interface, windows.

## CONSTRUCTION OF COHERENT ANTISTOKES RAMAN SPECTROSCOPY (CARS)

M. D. ZIDAN, A. JAZMATI

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

Coherent Antistokes Raman Spectroscopy (CARS) has been built. It consists of a Raman cell, which is filled with CO<sub>2</sub> gas at 5 atm pressure and a frequency doubled Nd-YAG laser pumped dye laser. The two beams are focused by means of a bi-convex lens into Raman cell. The Antistokes signals (CARS signals) are generated due to Four-wave mixing process. The Antistokes signals were directed to monochromator entrance slit by prism. The signals are detected by photomultiplier detector which is fixed on the exit slit and connected to data acquisition card located inside the computer case. The dye laser frequency has to be tuned to satisfy the energy difference between the  $\nu_1$  beam (Nd- YAG laser beam) and the  $\nu_2$  beam (the Stokes beam or the dye laser beam)

exactly corresponds to a vibrational - rotational Raman resonance ( $\nu_2 - \nu_1 = \nu_M$ ) in the <sup>12</sup>CO<sub>2</sub> or <sup>13</sup>CO<sub>2</sub> molecule, then The Antistokes signals ( $\nu_3$ ) will be generated. The spectra of The cars signals have been recorded to determine the isotope shift of <sup>12</sup>CO<sub>2</sub>, <sup>13</sup>CO<sub>2</sub>, which is 18.3 cm<sup>-1</sup>.

**Key Words:** Hydrogen, Isotope shift, CARS spectroscopy.

## A PROFICIENCY TEST FOR SOME LABORATORIES IN ARAB COUNTRIES FOR DETERMINATION OF NATURALLY OCCURRING RADIOACTIVE MATERIALS CONTAMINATED SOIL REFERENCE SAMPLE WITH PRODUCED WATER IN OIL FIELD

AL-MASRI, M.S

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

In the present study, results of first proficiency test exercise for radiochemical laboratories of some Arab countries using contaminated reference soil sample prepared by the Syrian Atomic Energy Commission. The soil sample was collected from one of the highly radioactively contaminated lagoons with production water in the Syrian oilfields. Laboratories from six countries naturally occurring radioactive materials (Radium isotopes) present in produced water and radiation have been participated in this test, viz. Kuwait, Egypt, Yemen, Tunisia, Jordan and Syria. The results have evaluated using statistical criteria to evaluate the performance of each laboratory in addition to the overall evaluation for each isotope. This evaluation has indicated that 57% and 86% of the results

17025: 1999 in the Analytical Laboratory.

The study shows the Control Charts for all Participant Exercises Results in order to monitor the statistical Control of the Analytical System.

Sample Preparation, data manipulation and Programme management were described in the report.

Although; Tritium Measurement Technique is not Relatively simple, the Quality Control Mechanisms should be Applied to this Analytical Technique to ensure data Reliability.

This study shows the Procedure which used to Measure the Participating Analytical Performance.

**Key Words:** tritium measurement, proficiency test, intercomparison, control charts, quality assurance, method validation, radioelement decay, half-life, enrichment, liquid scintillation counter.

## SIMULATION OF DIFFUSION CONTROLLED ETCHING

M. CHAHOUD

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

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

Comparisons between two dimensional simulated results and results presented in the literature show good agreement.

**Key Words:** Etching simulation, Diffusion controlled etching.

## EFFECT OF IRRIGATION METHODS, NITROGEN AND PHOSPHORUS FERTILIZER RATES ON SUGAR BEET YIELD AND QUALITY

M. JANAT

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

J. ABUDL KAREEM

*Ministry of Agriculture GCASR*

Field experiments were conducted on 2002 to study the response of sugar beet to different nitrogen and phosphorus application rates under drip fertigation and surface irrigation. Two irrigation methods were tested, traditional sprinkler irrigation and drip fertigation practice with four N treatments 0, 70, 140 and 210 kg N/ha. Results revealed that the introduction of drip fertigation practice was not proved to be a water saving relative to sprinkler irrigation. Dry matter production was slightly increased for the drip-fertigated treatments relative to sprinkler irrigated treatments in growing seasons. In most cases, application of phosphorus fertilizer improved sugar beet yield as well as N uptake for both irrigation methods. Drip fertigation had no negative effects on sugar content and other related properties, furthermore some of those properties were enhanced due to the employment of drip fertigation. Field water use efficiency followed a similar trend and was highly increased under sprinkler irrigation relative to drip-fertigation for sugar beet yield parameter.

**Key Words:** nitrogen fertilizer rates, phosphorus fertilizer, fertigation, sprinkler irrigation.

## A VISUAL FORTRAN USER INTERFACE FOR CITATION CODE

wheat grains treated with varying concentrations of fenoxycarb. Irradiation with varying doses of gamma rays followed by rearing on non-treated wheat grains. Irradiation with varying doses of gamma rays followed by rearing on fenoxycarb-treated wheat grains. The development of these larvae was followed and the percentage of each developmental stage was recorded. Results indicate that the combined use of radiation and fenoxycarb resulted in a accumulative effect that leads to the reduction in the doses of both treatments needed to achieve a complete abolition of adult emergence. Within five weeks of commencement about 85 % of the larvae in the control treatment have reached adulthood, eggs laid by these adults have hatched into life larvae. When larvae were irradiated with gamma ray, development was disrupted and percentages of emerging adults decreased with the increase in irradiation dose. At a dose of 100 Gy adult emergence was abolished and no adults were found five weeks from the start of the experiment . Likewise, Rearing of larvae on fenoxycarb-treated grains resulted in a disruption of development and a dose of 1ppm was necessary to achieve total abolishment of adult emergence. However, when a combination of gamma ray and fenoxycarb treatment was applied a accumulative effect was observed resulting in a reduction in the doses of irradiation and fenoxycarb needed to achieve similar results. The doses needed to achieve a total absence of adult emergence were reduced to 50Gy and 0.063 ppm for irradiation and fenoxycarb treatment respectively. The significance of the above results is discussed, and an explanation to the observed accumulative effect is offered.

**Key Words:** khapra, gamma radiation, fenoxycarb, protection.

## EFFECT OF THIACTOPRID AGAINST THE POTATO TUBER MOTH PHTHORIMAEA OPERCULELLA ZELLER (LEPIDOPTERA: GELECHIIDAE)

G. SAOUR

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

**A**pplication of thiacloprid at several concentrations on different age groups of eggs had no effect on egg hatchability. However, larval hatch was significantly decreased and egg incubation period was increased when 4-4.5 day-old eggs were treated with thiacloprid at 0.4 ml rate compared with the untreated control. When already infected potato seedlings or tubers were treated with thiacloprid at 0.4 ml rate, adult emergence was dramatically decreased. Our data suggest that potato plants or tubers treated with thiacloprid should be well protected from the possibility of infestations by the potato tuber moth.

**Key Words:** Potato tuber moth, thiacloprid, insecticides, chloronicotinyln.

## QUALITY CONTROL OF TRITIUM ANALYSIS IN AQUATIC SAMPLES BY ENRICHMENT PROCESS USING LIQUID SCINTILLATION COUNTER

E. AL BICH

*Quality Assurance Office, Atomic Energy  
Commission, P. O. Box 6091, Damascus, Syria*

**T**his Report Explains the big role of the Inter-comparison Programme, in Quality Control of Tritium Analysis.

It makes sure that Results are Traceability to the SI System International for the Analysis and Measurements.

This Procedure is very necessary to Valid the Analytical Method, and for the Competence of Testing and Calibration Laboratory.

The Laboratory should Applies the General Requirements of International Standard ISO/

calculated mean Th/U mass ratio for these two possible types of source rock were 2.4 and 5.78. In addition, the  $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$  mean activity ratio was also used to estimate the age of some deposited scales in tubulars; the results were compared with the  $^{224}\text{Ra}/^{228}\text{Ra}$  activity ratio dating method. Monthly variations of  $^{226}\text{Ra}$  and  $^{228}\text{Ra}$  activity concentrations and the  $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$  activity ratio in produced water were also observed, the major causes for these variations being related to the type of injection water and interwell reactions. Possible relationships between  $^{226}\text{Ra}$  and  $^{228}\text{Ra}$  activity concentrations, the  $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$  activity ratio and produced water physical and chemical properties were statistically evaluated; no linear correlations were found.

**Key Words:** oilfields, produced water, characterizations, radium isotopes, Syria.

## COMPUTATIONAL MODEL OF DUAL Q-SWITCHING AND LASING PROCESSES OF THE PULSED $\text{Cr}^{4+}$ :YAG LASER PUMPED BY ND-GLASS LASER

B. ABDUL GHANI, M. HAMMADI

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

A mathematical model describing the absorption and oscillation processes of intracavity  $\text{Cr}^{4+}$ :YAG crystal pumped by Nd-glass laser has been developed, in order to describe the temporal behavior of laser-absorber system. The model has been assumed that the  $\text{Cr}^{4+}$  ions excited to a higher level by excited state absorption, followed by relaxation directly to the upper laser level through

fast channel, and indirectly through slow proposed intermediate channel at different lifetimes.

The model offers simple kinetic mechanisms for pulsed solid state lasers and also the influence of the variations of the laser input parameters (pumping rate, maximum amplification coefficient and loss coefficient) on the output pulse characteristics of the passive Q-switched Nd-glass and pulsed  $\text{Cr}^{4+}$ :YAG lasers. The model estimates the temporal behavior of the population densities of different levels and laser beam densities as well as predicts the nanosecond output laser pulses of passive Q-switched Nd-glass laser and pulsed  $\text{Cr}^{4+}$ :YAG laser. The calculated results are in good agreement with the available experimental and theoretical data in the literature.

**Key Words:** computational model, dual Q-switching, Nd-glass laser, pulsed  $\text{Cr}^{4+}$ :YAG laser.

## REPORTS

### COMBINED USE OF LOW DOSE GAMMA IRRADIATION AND FENOXYCARB, AS A MEANS OF PROTECTION AGAINST INFESTATION OF WHEAT GRAINS WITH KHAPRA BEETLE TROGODERMA GRANARIUM, EVERTS

I. GHANEM, H. AL-EK

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

Larvae of khapra beetle were exposed to one of the following treatments: Rearing on

ppm. The analysis of 18 samples taken according to F2 indicates that K% concentration varies between 0.001 and 0.324 with an average of 0.145 and a standard deviation of 0.122. The analysis of 16 samples taken according to F3 indicates that K% concentration varies between 0.024 and 0.558 with an average of 0.227 and a standard deviation of 0.133. These  $\gamma$ - results are expected and fit very well with the results obtained by the factor analysis approach. Therefore, the validity and efficacy of the factor analysis approach, to be widely used as a guide in exploration and smart sampling for mining programmes, are well demonstrated. The established phosphate maps show a width extension and distribution, and clearly indicate the potential of the research area, and it merits to be followed by economic exploration.

**Key Words:** Uranium phosphate prospecting. Airborne spectrometric survey. guiding smart sampling technique. Al-Awabed area. Syria.

## THERMAL BEHAVIOR OF GAMMA-IRRADIATED AMORPHOUS POLY (ETHYLENE TEREPHTHALATE) FILMS

M. KATTAN

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

Poly (ethylene terephthalate) (PET) was irradiated in air by gamma rays at dose rate of 28 kGy/h for doses up to 3500 kGy. The influences of gamma irradiation on the glass transition and degree of crystallinity were investigated by differential scanning calorimetry (DSC). For amorphous PET, the observed glass transition temperature  $T_g$  and step of heat capacity  $\Delta C_p$

decreased with absorbed dose. These decreases were attributed to a predominant chain scission process. The glass transition temperature may be useful as an indicator of radiation to the PET. The results showed also that such chain scission increased in mobility which lead to a greater crystallizability

**Key Words:** Poly (ethylene terephthalate), glass transition, crystallization, irradiation, thermal analysis.

## SPATIAL AND MONTHLY VARIATIONS OF RADIUM ISOTOPES IN PRODUCED WATER DURING OIL PRODUCTION

M. S. AL-MASRI

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

Spatial and monthly variations of radium isotope concentrations in produced water have been evaluated during oil production. Samples of produced water were collected and analyzed on a monthly basis over a period of five months, the samples deriving from eleven main oil production wells at three Syrian oilfields. The highest average  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{228}\text{Ra}$  and  $^{224}\text{Ra}$  concentrations in these samples of water were found to be 41 Bq l<sup>-1</sup>, 37.5 Bq l<sup>-1</sup> and 1.1 Bq l<sup>-1</sup>, respectively. The data obtained for  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{228}\text{Ra}$  and the  $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$  activity ratio were evaluated statistically and displayed using the Box Plot method; clear variations can be observed from one field to another, indicating differences in the geological formation of the reservoir. The  $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$  activity ratio variations reflect the variability of the Th/U mass ratio of the geological formation, suggesting two different source rock types. The

monthly and daily building's thermal load, three widely used statistical estimators, namely, root mean square difference RMSD, total standard error SEE, and the chi square  $\chi^2$  were worked out to assess the performance of each TMY. The findings showed that the TMY giving the closest performance to the average performance of the building's thermal system as predicted using the 10-year weather data is the one generated by using the modified Sandia method. This method gives sufficiently accurate results compared with the other methods reported in the literature.

**Key Words:** thermal engineering, TMY, methods, meteorological variables.

## PREDICTION OF THE IN-CORE POWER AND THE AVERAGE CORE TEMPERATURE USING DOSE-RATE MEASUREMENTS IN THE SYRIAN MINIATURE NEUTRON SOURCE REACTOR

The measurement of the dose-rate on the top-surface of the Miniature Neutron Source Reactor (MNSR) has been used to monitor the in-core reactor power and estimate the average core temperature. An experimental correlation for the prediction of both reactor power level and average core-coolant temperature as functions of dose-rate measurement have been obtained. An alternative method for both neutron flux monitoring and average core temperature using dose-rate measurement has been suggested. Comparing the results with the calibrated reactor power, reasonable agreement between predicted and real data measurement has been found. Despite of this agreement, the measurement of dose-rate on top of the MNSR surface as an additional mean for

the prediction of in-core power or average core temperature should be considered carefully.

**Key Words:** Dose-rate, power, MNSR, temperature, prediction.

## IDENTIFYING SPECTROMETRIC SIGNATURES OF PHOSPHATE DEPOSITS AND ENCLOSING SEDIMENTS IN AL-AWABED AREA, NORTHERN PALMYRIDES, CENTRAL SYRIA BY THE USE OF STATISTICAL FACTOR ANALYSIS

J. ASFAHANI, R. AL-HENT AND M. AISSA  
*Department of Geology, Atomic Energy Commission,  
P. O. Box 6091, Damascus, Syria*

In previous published research, a factor analysis approach has been applied to airborne spectrometric data of Al-Awabed area, Northern Palmyrides, Syria. A model of four factors (F1, F2, F3 and F4) has proven to be sufficient to represent the acquired data, where 94% of the total data variance is explained. A powerful tool for direct differentiation of various rocks units is obtained through the mapping of these four factors, where a scored lithological map including 11 radiometric units is established. Ninety nine rock samples have been taken according to the four factors to be analyzed by the  $\gamma$ -spectrometry technique in order to determine their content of eU, eTh and K%. The analysis of 65 samples according to F1 indicates that uranium concentration varies between 2.74 and 123.3 ppm with an average of 58.85 ppm and a standard deviation of 32.53

differential equations of the model is numerically solved. These equations describe the operation of the laser with certain ratio 1:3:6 of the mixture CO<sub>2</sub>:N<sub>2</sub>: He and average output power of 550 W.

The temporal behavior of the output power and photon density was obtained. The effects of kinetic temperature, coupled mirror reflectivity, gas flow speed, and cavity loss on the output power were studied.

Calculated output power was compared with its measured value taken from experiment and a good agreement was observed.

**Key Words:** industrial CO<sub>2</sub> laser; fast axial flow laser; modeling.

## THE USE OF SDS-PAGE SEED PROTEIN VARIABILITY WITHIN AND AMONG ACCESSIONS TO PREDICT THE MATING SYSTEM OF SOME VICIA SPECIES

N. MIRALI

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

Seed proteins were used to estimate the variability within and among accessions of some Vicia species endemic to Syria. For the detection of within accessions variability, three accessions from each of *V. sativa* ssp. *sativa*, *V. sativa* ssp. *nigra*, *V. sativa* ssp. *amphicarpa*, *V. ervilia*, *V. narbonensis*, *V. faba* and *V. villosa* were analysed by sodium dodecyl sulphate polyacrylamide gel electrophoresis (SDS-PAGE). From each accession 10 single seeds were analysed and the number of variants was taken. Average variability within accessions in each species was estimated and their mean was compared with the percent disagreement

value (PDV) among all accessions of the same Vicia species. Results revealed that cross-fertilizing species were characterized by a much larger within-accession variation than that among accessions with this ratio reaching 4.1 in *V. villosa* and 3.1 in *V. faba*, whereas, in self-fertilizing species the ratio seldom exceeded 2. It could be concluded that the use of seed protein electrophoresis is an easy and inexpensive technique that may be used to predict the mating system in Vicia species.

**Key Words:** electrophoresis, genetic diversity, SDS-PAGE, storage proteins, vicia.

## COMPARISON OF METHODOLOGIES FOR TMY GENERATION USING 10 YEARS DATA FOR DAMASCUS, SYRIA

K. SKEIKER

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

The generation of a typical meteorological year (TMY) is of great importance for calculations concerning many applications in the field of thermal engineering. The need of accurate TMY for simulations has been well recognized over the years. Various methods for deriving TMYs have been developed, but their final results can be significantly different. In this paper, the major methodologies reported in literature were applied to 10-year hourly measurements of weather data from Damascus, Syria. The TMYs obtained were evaluated according to their impact on the typical Syrian building's thermal system in order to decide which method should be recommended for generating typical meteorological years and for predicting the performance of thermal systems in buildings. Based on simulation results for seasonally,

## PAPERS

### ESTIMATING THE FOUR-FACTOR PRODUCT ( $\epsilon p P_{\text{fml}} P_{\text{tml}}$ ) FOR THE ACCURATE CALCULATION OF XENON AND SAMARIUM REACTIVITIES IN THE SYRIAN MINIATURE NEUTRON SOURCE REACTOR

K. KHATTAB

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

The modified  $^{135}\text{Xe}$  equilibrium reactivity in the Syrian Miniature Neutron Source Reactor (MNSR) was calculated first using the WIMSD4 and CITATION codes to estimate the four-factor product ( $\epsilon p P_{\text{fml}} P_{\text{tml}}$ ). Then, precise calculations of  $^{135}\text{Xe}$  and  $^{149}\text{Sm}$  concentrations and reactivities were carried out and compared during the reactor operation time and after shutdown. It was found that the  $^{135}\text{Xe}$  and  $^{149}\text{Sm}$  reactivities did not reach their equilibrium reactivities during the daily operating time of the reactor. The  $^{149}\text{Sm}$  reactivities could be neglected compared to  $^{135}\text{Xe}$  reactivities during the reactor operating time and after shutdown.

**Key Words:** MNSR reactor,  $^{135}\text{Xe}$ ,  $^{149}\text{Sm}$ , reactivity.

### STRUCTURE AND FRAGMENTATION DYNAMICS OF $\text{N}_2^{++}$ IONS IN DOUBLE PHOTOIONISATION EXPERIMENTS

M. AHMAD<sup>1</sup>, P. LABLANQUIE<sup>2,3</sup>, F. PENENT<sup>3</sup>, J. G. LAMBOURNE<sup>4</sup>, R. I. HALL<sup>4</sup> AND J. H. D. ELAND<sup>5</sup>

<sup>1</sup> *Department of Chemistry, Atomic Energy Commission, P. O. Box 6091, Damascus, Syria*

<sup>2</sup> *LURE, Centre Universitaire Paris-Sud, 91898 Orsay, France*

<sup>3</sup> *Laboratoire de Chimie Physique Matière et Rayonnement Université P & M Curie, 75231 Paris 5, France*

<sup>4</sup> *DIAM, Université P & M Curie, 75005 Paris, France*

<sup>5</sup> *PTCL, Oxford University, Oxford OX1 3QZ, UK*

A detailed analysis of the spectroscopy of the  $\text{N}_2^{++}$  dication has been performed at the vibrational level. Two coincidence experiments have been used for that purpose: a pulsed VUV lamp associated with a magnetic bottle time-of-flight spectrometer (time-of-flight photoelectron-photoelectron coincidence method) and synchrotron radiation associated with a threshold electron selector (threshold photoelectrons coincidence method). Combined with ion detection, this last technique reveals, from one side, new properties of  $\text{N}_2^{++}$  dissociation and, from the other side, what appears to be the first observation of fluorescence by this method allowing us to study the competition between fluorescence and dissociation in the  $\text{D } ^1\Sigma_u^+$  vibrational levels.

**Key Words:** double photoionization, dication, time-of-flight, vibration, dissociation, coincidence, TPEsCO, TOF-PEPECO.

### NUMERICAL MODELING OF A FAST-AXIAL-FLOW CW-CO<sub>2</sub> LASER

SH. AL-HAWAT, K. AL-MUTAIB

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

A four-temperature model has been applied on a fast axial flow, longitudinal discharge  $\text{CO}_2$  laser. Using Ronge-Kutta method, a set of



# Abstracts

## ARTICLES

### A CLIMATE OF ALARM

R. LINDZEN

*degree in physics and PhD in applied mathematics,  
both from Harvard*

The conventional view among scientists is that man-made global warming is real and potentially devastating.

**Key Words:** global warming, carbon dioxide, methan, greenhouse gases, climate change.

### ELECTRONICS WITH CARBON NANOTUBES

P. AVOURIS

*is at the IBM T J Watson Research Center, Yorktown Heights, New York, US*

Once the preserve of pure research, carbon nanotubes are being turned into switches, transistors and light-emitting devices with highly useful properties.

**Key Words:** carbon nanotubes, transistors, light-emitting devices, mobile phones, laptops, sheets of graphene.

### A MODEL APPROACH TO CLIMATE CHANGE

A. SCAIFE, C. FOLLAND

*are at the Hadley Center for Climate Prediction and Research, Met Office, UK*

J. MITCHELL

*is chief scientist at the Met Office, UK*

The Earth is warming up, with potentially disastrous consequences. Computer climate models based on physics are our best hope of predicting and managing climate change.

**Key Words:** computer climate models, global warming, climate change, greenhouse gases, parametrization, anthropogenic forcing, aerosol.

### CAN WE BURY THE GREENHOUSE EFFECT?

J-O. BARUCH

*est journaliste à la Recherche*

To reduce the emission of carbon dioxide in the atmosphere, many petroleum companies test the storage of this gas of greenhouse effect in the deep geological layers. A number of scientific questions still to be resolved.

**Key Words:** storage of CO<sub>2</sub>, geological layers, greenhouse effect, climat evolution, chemical reaction, CO<sub>2</sub> solide.

### VISION ON A CHIP

E. CARTLIDGE

*is News Editor of Physics World*

Physicists are collaborating with medical scientists to create retinal implants that could allow blind people to live more independent lives.

**Key Words:** vision, chip, medical prosthesis, artificial retinas, ophthalmologists, bionics.

## PAPERS

- 60 ESTIMATING THE FOUR-FACTOR PRODUCT ( $\epsilon_p P_{\text{fml}} P_{\text{tml}}$ ) FOR THE ACCURATE CALCULATION OF XENON AND SAMARIUM REACTIVITIES IN THE SYRIAN MINIATURE NEUTRON SOURCE REACTOR
- 60 STRUCTURE AND FRAGMENTATION DYNAMICS OF  $N_2^{++}$  IONS IN DOUBLE PHOTOIONISATION EXPERIMENTS
- 61 NUMERICAL MODELING OF A FAST-AXIAL-FLOW CW-CO<sub>2</sub> LASER
- 61 THE USE OF SDS-PAGE SEED PROTEIN VARIABILITY WITHIN AND AMONG ACCESSIONS TO PREDICT THE MATING SYSTEM OF SOME *VICIA* SPECIES
- 62 COMPARISON OF METHODOLOGIES FOR TMY GENERATION USING 10 YEARS DATA FOR DAMASCUS, SYRIA
- 62 PREDICTION OF THE IN-CORE POWER AND THE AVERAGE CORE TEMPERATURE USING DOSE-RATE MEASUREMENTS IN THE SYRIAN MINIATURE NEUTRON SOURCE REACTOR
- 63 IDENTIFYING SPECTROMETRIC SIGNATURES OF PHOSPHATE DEPOSITS AND ENCLOSING SEDIMENTS IN AL-AWABED AREA, NORTHERN PALMYRIDES, CENTRAL SYRIA BY THE USE OF STATISTICAL FACTOR ANALYSIS
- 63 THERMAL BEHAVIOR OF GAMMA-IRRADIATED AMORPHOUS POLY(ETHYLENE TEREPHTHALATE) FILMS
- 64 SPATIAL AND MONTHLY VARIATIONS OF RADIUM ISOTOPES IN PRODUCED WATER DURING OIL PRODUCTION
- 64 COMPUTATIONAL MODEL OF DUAL Q-SWITCHING AND LASING PROCESSES OF THE PULSED Cr<sup>4+</sup>: YAG LASER PUMPED BY ND-GLASS LASER

## REPORTS

- 65 ■ COMBINED USE OF LOW DOSE GAMMA IRRADIATION AND FENOXYCARB, AS A MEANS OF PROTECTION AGAINST INFESTATION OF WHEAT GRAINS WITH KHAPRA BEETLE
- 66 ■ EFFECT OF THIACLOPRID AGAINST THE POTATO TUBER MOTH *PHTHORIMAEA OPERCULELLA* ZELLER (LEPIDOPTERA: GELECHIIDAE)
- 66 ■ QUALITY CONTROL OF TRITIUM ANALYSIS IN AQUATIC SAMPLES BY ENRICHMENT PROCESS USING LIQUID SCINTILLATION COUNTER
- 67 ■ SIMULATION OF DIFFUSION CONTROLLED ETCHING
- 67 ■ EFFECT OF IRRIGATION METHODS, NITROGEN AND PHOSPHORUS FERTILIZER RATES ON SUGAR BEET YIELD AND QUALITY
- 68 ■ A VISUAL FORTRAN USER INTERFACE FOR CITATION CODE
- 68 ■ CONSTRUCTION OF COHERENT ANTISTOKES RAMAN SPECTROSCOPY (CARS)
- 69 ■ A PROFICIENCY TEST FOR SOME LABORATORIES IN ARAB COUNTRIES FOR DETERMINATION OF NATURALLY OCCURRING RADIOACTIVE MATERIALS CONTAMINATED SOIL REFERENCE SAMPLE WITH PRODUCED WATER IN OIL FIELD
- 69 ■ DETERMINATION OF SOME TRACE ELEMENTS IN BIOLOGICAL SAMPLES USING XRF AND TXRF TECHNIQUES
- 70 ■ GROWTH AND N-UPTAKE IN SORGHUM PLANTS MANURED WITH DIFFERENT AMOUNTS OF *LEUCAENA LEUCOCEPHALA* SHOOTS AS AFFECTED BY TIME OF APPLICATION

# CONTENTS

## ARTICLES

### 5 A CLIMATE OF ALARM

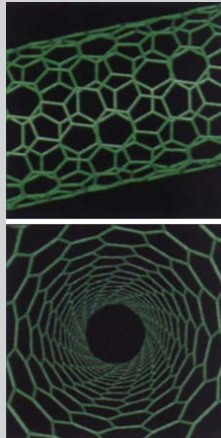
*The conventional view among scientists is that man-made global warming is real and potentially devastating.*

R. LINDZEN

### 8 ELECTRONICS WITH CARBON NANOTUBES

*Once the preserve of pure research, carbon nanotubes are being turned into switches, transistors and light-emitting devices with highly useful properties.*

P. AVOURIS



### 16 A MODEL APPROACH TO CLIMATE CHANGE

*The Earth is warming up, with potentially disastrous consequences. Computer climate models based on physics are our best hope of predicting and managing climate change.*

A. SCAIFE, ET ALL

### 23 CAN WE BURY THE GREENHOUSE EFFECT?

*To reduce the emission of carbon dioxide in the atmosphere, many petroleum companies test the storage of this gas of greenhouse effect in the deep geological layers. A number of scientific questions still to be resolved.*

J. O. BARUCH

### 29 VISION ON A CHIP

*Physicists are collaborating with medical scientists to create retinal implants that could allow blind people to live more independent lives.*

E. CARTLIDGE

## NEWS

### 33 ■ GOODBYE WIRES AND SILICON' HELLO PLASTIC CHIPS

### 36 ■ NEW UNIVERSES WILL BE BORN FROM OURS

### 37 ■ PRODUCTION OF HYDROGEN FROM OILS

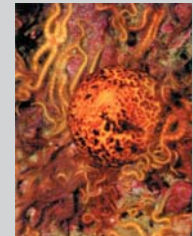
### 38 ■ SEA SPONGE LEADS THE WAY TO CHEAPER SOLAR CELLS

### 39 ■ WAR OF THE WORMS

### 41 ■ EQUINOX CHALLENGE TO NEWTON'S LAW

### 42 ■ IT'S LIGHTS OUT FOR HOUSEHOLD CLASSIC

### 45 ■ SAMARIUM



## SCIENTIFIC HIGHLIGHT ON AN EVENT

### 48 TSUNAMI



# Aalam Al-Zarra

Journal of The Atomic Energy Commission of Syria



NO.110

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**

**Director General of A.E.C.S**

## Editorial Board

**Dr. Adel Harfoush**

**Dr. Ziad Qutob**

