مالم الذرّة

AECS AECS

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

AECS AECS

المدير المسؤول

أ. د. إبراهيم عثمان

المدير العام لهيئة الطاقة الذريّة

رئاسة هيئة التحرير

أ. د. عادل الحرفوش

أ. د. محمد قعقع

AECS AECS

أعضاء هيئة التحرير

أ. د. فواز كرد علي

أ. د. مصطفى حمو ليلا

أ. د. علي حينون

أ. د. توفيق ياسين

أ. د. نزار مير علي

أ. د. نجم الدين الشرابي

أ. د. زهير قطان

AECS AECS

المتابعة والتنسيق

حسان بقلة

التدقيق اللغوي

نوال الحلح

ريما سنديان

الإخراج الفني

بشار مسعود

نبيل إبراهيم

مهند البيضه

أمل قيروط

التنضيد الضوئي

هنادي كنفاني

غفران ناوروز

التوزيع

عتيبة المنعم

AECS AECS

المحتويات

مقـــالات

آخر مستجدات التنبؤ بالزلازل بعد محاكمة سبعة من الخبراء الإيطاليين بتهمة القتل غير العمد لاستهتارهم بخطر زلزال كبير.

السؤال الذي يطرح نفسه هل يُعدّ وضع خريطة لكامل شبكة الاتصالات العصبية الدماغية هدراً للمال؟

مع ذوبان الجليد، يجابه باحثو القطب الشمالي عقبات جديدة.

أخبار علمية

- توازن دقيق 30
- داء السكري بالأرقام 32
- مشروع النترينو يغيّر توجهاته 34
- التصوير المستقبلي 36
- رسائل من الكون المبكّر 39
- أخيراً، تم الحصول على أنابيب الكربون النانوية 42
- المختبر الرقمي..... 44
- أشعة سينية أكثر شدة 47
- البيئة الكيميائية للألم 49

نافذة على عناصر الجدول الدوري:

الليثيوم 51

ورقات علمية

- التنوع البيوكيميائي والوراثي عند بعض أصناف القمح السوري باستخدام تقنيات الـ NIR و RAPD وAFLPs 58
- قياسات المسبر المغنطيسي في البلازما المحرقية INTI لتحديد تبعية السرعة المحورية مع الضغط في النيون 58
- تأثير الأسمدة البوتاسية في الغلة وكفاءة استعمال الآزوت لنباتات القطن المزروعة في تربة جافة (Aridisol) 59
- فعل الخفض الضوئي لبوليمير poly(dimethylacetylendicarboxylate) مطعَّم بجزيئة C_{60} 59

تقارير علمية

- دراسة إمكانية إعادة شحن E-perm من أجل قياس الرادون في الهواء 60
- تطوير برنامج المراقبة الفردية وربط جهاز قياس الكثافة به 60
- تحديد معامل تصحيح التوهين الذاتي لمصدرات غاما في بعض أنواع الترب السورية 61
- دراسة الخواص الضوئية والإلكترونية لطبقات عضوية عديدة مترافقة الروابط 61
- تحضير أنابيب كربونية نانوية بطريقة الانفراغ الكهربائي في وسط غازي وسائل 61
- محاكاة الأكسدة الانتقائية لأنصاف النواقل 62
- نمذجة قضيب ذي ناقلية فائقة تحت تأثير حقل مغنطيسي جيبي 62
- تطوير شبكة الهيئة الحاسوبية 63
- إنشاء محطة تحلية مخبرية تعمل بالتناضح العكسي RO مع الاستفادة من الطاقة الشمسية 63

شروط الترجمة والتأليف للنشر في مجلة عالم الذرّة

- تُرسل نسختان من مادة النشر باللغة العربية مطبوعتان بالآلة أو مكتوبتان بالحبر بخط واضح على وجه واحد من الورقة، وبفراغ مضاعف بين السطور.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- إذا تضمنت المادة صوراً أو أشكالاً، ترسل الصورة الأصلية وكذلك الأشكال مخططة بالحبر الأسود على أوراق مستقلة، إلا إذا كانت موجودة في المادة المطبوعة بلغة أجنبية (كما جاء في الفقرة "4") مرقمة حسب أماكن ورودها.
- 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 (18-2).
- 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.
- 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 [ ].
- ترقم مقاطع النص الأجنبي والنص العربي بترتيب واحد في حالة الترجمة.
- يرجى من السادة المترجمين مراعاة الأمانة التامة في الترجمة.
- تخضع مادة النشر للتقييم ولا ترد إلى أصحابها نشرت أم لم تنشر.
- يمنح كل من الكاتب أو المترجم أو المراجع مكافأة مالية وفق القواعد المقررة في الهيئة.

جميع المراسلات توجه إلى العنوان التالي:

الجمهورية العربية السورية
هيئة الطاقة الذرّية ـ مكتب الترجمة والتأليف والنشر
دمشق ـ ص.ب: 6091
هاتف: 6111926 11 (963+) ـ فاكس: 6112298 11 (963+)
E-mail: tapo@aec.org.sy

رسوم الاشتراك السنوي

- يمكن للمشتركين من خارج القطر إرسال رسم الاشتراك إلى العنوان التالي:

المصرف التجاري السوري ـ فرع رقم 13 ـ مزة جبل ـ دمشق ـ ص.ب: 16005، رقم الحساب 2/3012.

أو بشيك باسم هيئة الطاقة الذرّية السورية.

- يمكن للمشتركين من داخل القطر دفع قيمة الاشتراك بحوالة بريدية على العنوان التالي:

مجلة عالم الذرّة ـ مكتب الترجمة والتأليف والنشر ـ هيئة الطاقة الذرّية السورية ـ دمشق ـ ص.ب: 6091 مع بيان يوضح عنوان المراسلة المفضل.

أو يدفع رسم الاشتراك مباشرة إلى مكتب الترجمة والتأليف والنشر في الهيئة: دمشق ـ شارع 17 نيسان.

- **رسم الاشتراك من داخل القطر: للطلاب (200) ل.س، للأفراد (300) ل.س، للمؤسسات (1000) ل.س.**
- **رسم 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 ريالات**

وفي البلدان الأخرى: 6 دولارات

الإعلانات

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

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

بعث الموتى

لتحليل نظرية النشوء، يعيد جو ثورنتون J. Thornton البروتينات المنقرضة منذ عدة ملايين من السنين إلى الحياة. وتدحض نتائجه المنادين بنظرية الخلق وتتحدى المشكّكين.

هيئة الطاقة الذرية السورية

الكلمات المفتاحية: نظرية النشوء، مستقبلات الأويستروجين والكورتيزول، بروتينات ميتة منذ زمن بعيد.

Key words: *evoiution, receptor of oestrogen, cortisol, long-dead protiens.*

جاء اتصال لجو ثورنتون من جمّادته أثناء تناوله طعام الفطور. حرض قطع الكهرباء المحلي جهاز الإنذار الموصول مع الجمادة العالية التبريد (80°C-) في مختبره بجامعة أوريغون في يوجين وأرسل مكالمة أوتوماتيكية. قطع ثورنتون محادثتنا واتصل بالباحث الرئيس الأقدم منه جامي بريدغام، ليتأكد من أن مولد الكهرباء الاحتياطي قد بدأ بالعمل. إذا بدأت الجمادة بالتسخين، يمكن أن يفقد الكثير –ليس أقله مجموعة قيّمة من البروتينات التي انقرضت لمئات الملايين من السنين حتى أعادها ثورنتون وفريقه من الموت.

تحوي إحدى العبوات المجمدة على أسلاف مستقبلات للأويستروجين والكورتيزول، وهرمونات أخرى يزيد عمرها على 600 مليون سنة كان قد أعادها ثورنتون للحياة منذ تسع سنوات. تحوي أنابيب أخرى بروتينات عمرها أكثر من 400 مليون سنة كان قد أعادها ثورنتون للحياة بعد ذلك ببضع سنوات ليظهر كيف غيّر المستَقْبِل القديم من أفضلياته، وكيف أنه لا يمكن إعادة مسيرة التطور إلى الوراء. في زاوية أخرى من الجمّادة، تقبع مكونات البروتين القديم لماكينة خلوية معقدة والتي اكتسبت شكلاً أكثر تعقيداً من خلال طفرات عشوائية وليس من خلال انتخاب الوظيفة المتفوقة، كما أظهرت المجموعة البحثية في مجلة الطبيعة بعدد كانون الثاني/يناير الفائت. يقول ثورنتون إن الرهبة الكبيرة من العمل مع بروتينات ميتة منذ زمن بعيد لا تخبو. ويضيف «إنها مدهشة، وإن المقدرة على القيام بهذا النوع من السفر عبر الزمن، شيء لا يصدّق».

ثورنتون هو قائد في حركة للعمل لأجل البروتينات، مثل ما عمل العلماء في الحديقة الجوراسية Jurassic Park من أجل الديناصورات: إعادة الأشكال القديمة إلى الحياة، وبالتالي يمكن دراستها حية. "بدلاً من ملاحظة الأشياء سلبياً كما يفعل معظم علماء حياة التطور، فإنك تذهب فعلياً وتختبر الفرضية بشكل تجريبي"، يقول أنطوني دين A. Dean، عالم حياة جزيئية في جامعة مينيسوتا في سانت بول والذي يرأس مجموعة رئيسية أخرى في هذا المجال، ويضيف: "بلا شك إن مختبره هو أحد المختبرات الرائدة". وثورنتون يعالج بعض الأسئلة المهمة، يقول كينيث ميللر K. Miller، عالم بيولوجيا جزيئية في جامعة بروان في بروفيدينز، رود آيلاند: "إنه يساعد في وضع بعض اللحم على عظام التأمل لتوقعات حول كيفية نشوء التعقيد".

ما هو ليس معروفاً بشكل واسع أن علم الحياة التطورية هو المهنة الثانية لثورنتون: في مهنته الأولى، كان ناشطاً في الخضر Greenpeace يقوم بحملات بشكل قوي ضد نشر الكيماويات السامة. كتب كتاباً مثيراً للجدل عن الكلورينات العضوية: وهي كيماويات صناعية تشمل الدايوكسينات والفينيلات الثنائية المتعددة الكلورين (PCBs) والمبيدات الحشرية كالـ DDT. تؤثر سمعة هذا الناشط سلباً على عمله اليوم، على سبيل المثال في تركيزه على مستَقْبِل الأويستروجين المفسد بالكثير من الملوثات، تم التأكد بحذر من أنّ الشرائط الوسخة الخضراء بلون البحر تحت طاولات مختبر ثورنتون، خالية من كلوريد البوليفينيل (PVC)، وهذه إحدى المركبات الكلورية العضوية التي تقلقه أكثر ما يمكن. أيضاً، يساعد ماضيه بوصفه ناشطاً في شرح عدم خوفه، وأحياناً حماسه– في تسليط الضوء على التحدي الذي يقدمه عمله لجدلية الخلق المسماة التصميم الذكي: وهي الادعاء بأن النظم الجزيئية المعقدة يمكن أن تكون خلقت فقط بقوة إلهية. يظهر ثورنتون كيف قام التطور بهذا العمل من دون الحاجة لمصمم.

البيئة للتطور

يقول ثورنتون إن أيام نشاطه –التي رأى خلالها أنه تم استهداف العديد من نماذج تقييم المخاطر بالفرضيات والتحاملات– تركته «يتحول بشدة للإيمان بالاعتماد على الاختزالية المنهجية والتجريب»، والتي يستخدمها الآن لفصل التطور إلى أطوار مفصلة يستطيع اختبارها. يقول «إذا كنت تعمل بالعلم، أعتقد أن الأمر يجب أن يكون أقوى وأكثر حسماً ما أمكن». ويضيف: «إذا كنت تعمل بالسياسة لا بأس ولكن لا تحاول أن تخفيها كالعلم».

بدأ مسار مهنة ثورنتون غير التقليدي بهاجس استحوذ عليه عن طريق رجل من الغوغاء Moby Dick، فقاده لدراسة اللغة الإنكليزية في جامعة يال في نيو هيفن، كونيكتيكت. ولكن الدورة التي ركزت على فلسفة النقد أكثر من النصوص الأدبية جعلته يتوق للحقيقة، ولم يبدُ أي شيء أكثر حقيقية من السياسة والنشاط بالفعاليات. ترك الكلية وانضم للخضر حيث أمضى عدة شهور يتقرب من الناس ليسألهم عن النقود والدعم.

في مطلع التسعينيات، كانت مجموعة الخضر تقوم بحملة ضد مصادر التلوث السامة، وكان ثورنتون قد جُند فيها. أصبح «المسؤول العلمي» يترجم الأدبيات العلمية إلى تقارير ومواد أخرى يمكن أن تستخدمها الجماعات والخضر لتساعدها في طرح قضاياها. «يمكنك أن تعتمد على جو ثورنتون عندما لا تتوفر لديك المعرفة الكافية حول الموضوع» يقول شارلي كري C. Cray، الباحث المتخصص في الخضر في مدينة واشنطن والذي يعمل مع ثورنتون. تقاريره «تضع الصناعة أمام التحدي بأنها

لا تستطيع الإجابة عليها». إحدى الحملات التي ساعد ثورنتون بتنظيمها، ضد الخطط لبناء أكثر من مئة محرقة فضلات خطرة على امتداد الولايات المتحدة، بلغت ذروتها في أيار/مايو عام 1993 عندما وضع الخضر شاحنة مغطاة على شكل محرقة خارج البيت الأبيض وربط أكثر من 60 شخصاً بعضهم بعضاً على شكل سلسلة. في اليوم التالي، أعلنت هيئة الحماية البيئية توقيف نشاط محارق القمامة الخطرة.

ولكن ثورنتون كان يتقدم بالعمر ويتوق إلى «تطوير عمله الخاص». علمه الوقت الذي قضاه مع الخضر قوة العلم في التأثير على المجتمع، وتحول طموحه نحو البحث. كان عليه أولا أن يتعامل مع قضية صغيرة وهي التخرج من جامعة يال. ثم العيش في نيويورك، وقد فعل ذلك بتراكم العلامات اللازمة للانتهاء من الدراسة في جامعة كولومبيا –حضر أول محاضرات البيولوجيا الجزيئية بعمر 30 سنة– ليجد نفسه مرفوضاً تقريباً من جميع برامج الدراسات العليا التي تقدم إليها ويعود ذلك جزئيا إلى سيرته الذاتية غير العادية.

من بين الأصدقاء والزملاء السبعة لثورنتون الذين تكلموا لمجلة الطبيعة، ستة منهم اعتبروه انفعالياً والسابع اعتبره أكثر من انفعالي. ولكن لا يظهر من هذه الانفعالية سوى الجزء اليسير خلال اجتماع المختبر صباح الأربعاء في يوجين. انتهت أزمة الجمادة: عادت الطاقة بعد نصف ساعة وارتفع ميزان الحرارة إلى 76– فقط. والآن طالب الدراسات العليا ديف أندرسون لديه فرصة ليتدرب على دفاعه عن مقترح الأطروحة ضمن جو ودي: تتبع تطور الجزء المرتبط من الدنا لمستقبل هرموني قديم. امتد الاجتماع لساعتين ونصف وهذا، كما يقول الجميع، ليس غير شائع في هذا المختبر.

الافتتان بالربط

كان ثورنتون، منذ أيامه مع الخضر، مسحوراً بمستقبلات الهرمون الستيرويدية: في الفقاريات، هناك ستة بروتينات توجد في نواة الخلية وتتحكم بنشاط المورثات. بربط «وصلات» محددة لهرمونات تتنوع بين الأويستروجينات والأندروجينات إلى الكورتيزول فإن المستقبلات تقدح «هذه الاندفاعات غير العادية من النشاط الحيوي خلال التطور والفيزيولوجيا»، كما يقول ثورنتون. ويضيف: «إن انجذابها لهرموناتها مذهل حقا. قطرة من الهرمون في صهريج مقطورة سكة حديد من المصل تكفي»، ومع ذلك كما تعلّم ثورنتون في الخضر، يمكن أن يعترض بسبب المواد السامة. يقول «أردت أن أعرف من أين جاء هذا النظام».

عندما قُبل أخيراً للقيام بعمل رسالة الدكتوراه في كولومبيا، ابتدأ بمقارنة مورثات المستقبلات من الكائنات الحية لوضع تاريخ مفصل عن كيفية نشوء عائلة المستقبلات.

ولكن فور إكمال ثورنتون سنته الأولى من الدراسات العليا، سألته مؤسسة النشر MIT إذا كان يرغب في تأليف كتاب عن التلوث في المركبات الكلورية العضوية. عمل في المختبر خلال النهار وكتب في الليل في غرفة صغيرة بشقة في بروكلين محاطة بأبراج من الأوراق التي شكلت بالنهاية حوالي 1200 مرجع و611 صفحة من كتاب سم الباندورا Pandora's Poison الذي صدر في عام 2000. يقول روب دي سالي R. De Salle الذي درس التطور الجزيئي في المتحف الأمريكي للتاريخ الطبيعي في نيويورك، والمشرف المشارك على أطروحة الدكتوراة لثورنتون "لقد صدمت عندما رأيت الكتاب"، "كان يمكن أن يكتب الحرب والسلام War and Peace بدون أن يتسنى لي أن أعرف".

تسبب الكتاب في إثارة ضجة، إذ ذكر فيه ثورنتون المناقشات التي ساقها في الخضر، ووَضَعَ حالة السياسة الناظمة التي يجب أن تركز على إدارة صفوف المركبات الكيميائية السامة وهي أكثر من عشرات آلاف المواد واحدة واحدة، وأن الأولوية يجب أن تكون للمركبات الكلورية العضوية. هذه المواد التي تتولد عن استخدام غاز الكلورين في الصناعات الكيميائية وصناعة الورق، لها خصائص ثباتية وانحلالية تجعلها مرغوبة للصناعة، ولكنها تسبب مشاكل للبيئة لأنها ذات عمر طويل وتتراكم في الأنسجة الحيوانية. سمت مراجعة مجلة الطبيعة Nature كتاب "سم الباندورا" بأنه مَعْلَم "landmark"، ومراجعة أخرى قارنته بالأطروحة الشهيرة عام 1962 لراشيل كارسون حول الملوثات، والمسماة الربيع الصامت Silent Spring. لكن مجلس كيمياء الكلورين في واشنطن أدان علانية عمل ثورنتون ووصفه بأنه "تحليل مخاطر مغال وخاطئ".

ولكن ثورنتون كان يجهز نفسه ليقوم بنوع آخر من الاستعراض، في مقالته الأولى في مجلة العلوم Science. داس ثورنتون وفريقه على الفرضية القائلة بأن الفقاريات فقط تمتلك مستقبلات هرمونية ستيروئيدية من خلال تنسيل إحدى الرخويات البحرية المسماة Aplysia californica. يعني هذا أن منشأ مورثة المستقبل كان أقدم بكثير مما لاحظه أي شخص كان. تقول دارسي كيلي D. Kelley عالمة البيولوجيا في جامعة كولومبيا والمشرف المشارك الآخر على ثورنتون: "كنت سأكره أن أكون طالب دراسات عليا. كان يكتب كتاباً، وينشر في مجلة العلوم، ولديه طفلان في الوقت نفسه".

كان الأسلوب الذي اتبعه ثورنتون في دراسة 2003 قد اتُّبع بكثرة منذ ذلك الوقت. ابتدأ بالمورثات المسؤولة عن مستقبلات هرمون الستيروئيد من متعضيات حية عديدة، واجه صعوبات من خلال الشجرة التطورية ليستنتج التسلسل الأكثر احتمالاً لأصل مشترك بين "الانسان و الحلزون" حسب تعبيره. وبدلاً من توقفه هنا، كما كان سيفعل معظم علماء البيولوجيا التطورية، فقد بنى المورثة وأدخلها إلى الخلايا التي يمكن أن تصنع البروتين القديم.

يقول ثورنتون إن إحياء البروتين سمح لفريقه «باختبار تجريبي لفرضية حول التطور كان يمكن أن تكون بغير ذلك استنتاجاً تأملياً». ذهبوا ليظهروا أن المستقبل الأصلي كان حساسا للأويستروجينات وليس للهرمونات القريبة، بما يدعم الفكرة القائلة بأن أسرة المستقبلات تطورت من خلال سلسلة من تضاعف المورثات وأن النسخ طورت تدريجياً إلفة مع روابط أخرى.

> «إنه يساعد في وضع بعض اللحم على عظام التأمل حول كيفية نشوء التعقيد»

حالما ظهرت مقالته في مجلة العلوم، أخذ ثورنتون موقعاً في هيئة التدريس في يوجين. وهي مدينة قديمة ترفض النظم والعادات الاجتماعية، وتعطي أهمية للدراجات بالدرجة نفسها التي تعطيها للسيارات. بنى منزلاً (بدون لدائن PVC، مع أرضية مستدامة من أخشاب البامبو) وبدأ العمل في بناء مختبره لإحياء البروتين.

أراد ثورنتون أن يبحث بعمق أكثر في اللغز حول كيفية نشوء النظم المعقدة ذات الأجزاء الجزيئية المتشابكة بقوة. لقد كانت أحجية قائمة منذ زمن بعيد. عندما كتب تشارلز دارون في كتابه أصل الأنواع: "إذا أمكنت البرهنة على أن أي عضو معقد موجود، لم يكن من الممكن أن يتشكل من خلال تعديلات بسيطة متتالية ومتعددة، فإن نظريتي ستنهار تماما". وما كان لغزاً تطورياً لعلماء البيولوجيا كان هدفا لنقاد التطور. اقترح ميشال بيهي M. Behe عالم كيمياء حيوية في جامعة ليهيج في بيثليهيم، بنسلفانيا وزميل رئيسي في معهد الاكتشاف في سياتل، واشنطون، في عام 1990، أن مثل هذه الأنظمة –الدم– سلسلة التجلط، على سبيل المثال، أو المحرك الجزيئي المسمى السوط flagellum– هي "معقدة بشكل غير عكوس" وأنها لا يمكن أن تكون قد تطورت خطوة خطوة، ويمكن فقط أن تكون منتجا لتصميم ذكي.

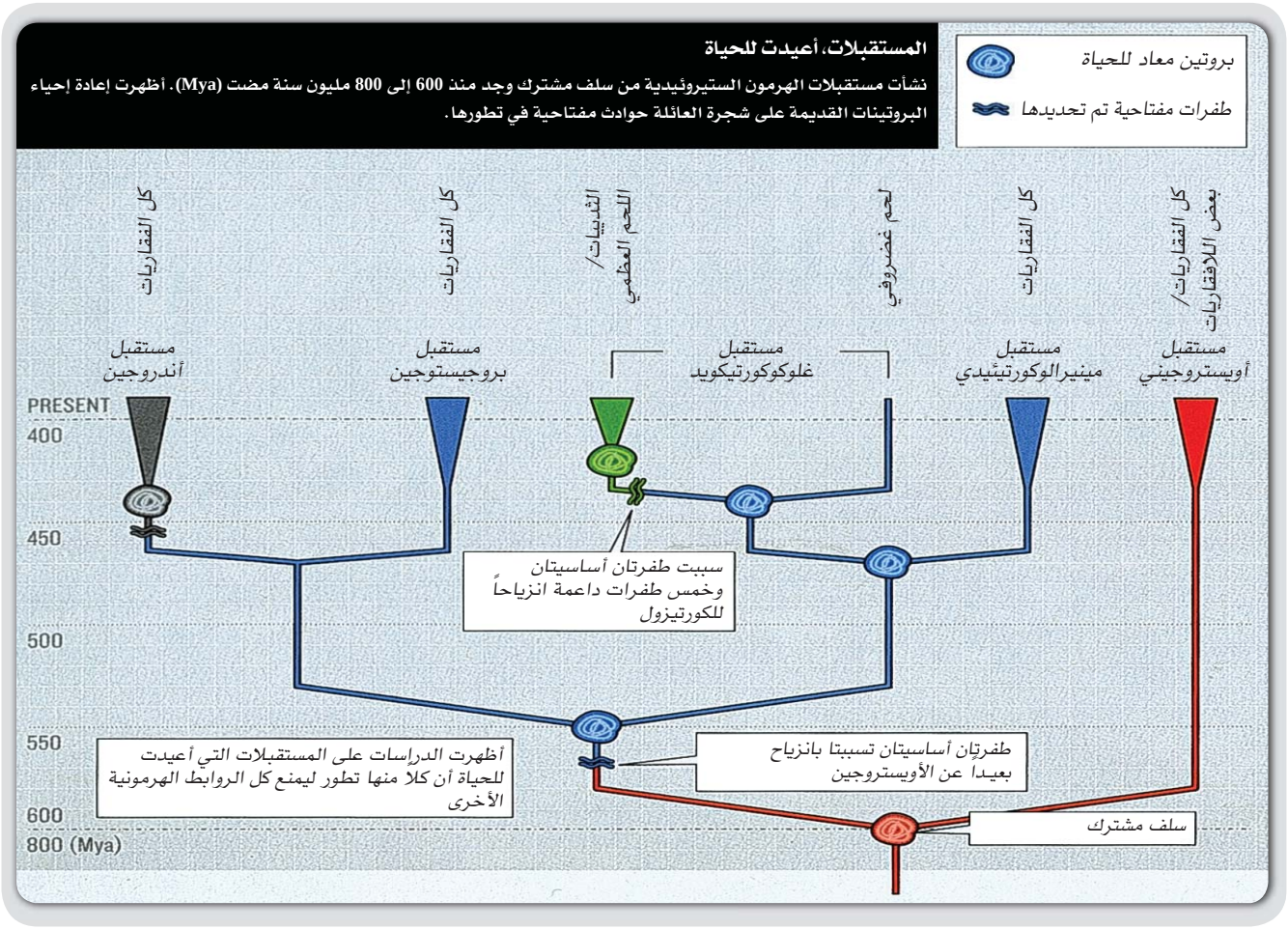
يقول ثورنتون إنه لم يبدأ عمله لدحض التصميم الذكي، ولكن احتمال المواجهة لم يردعه أبداً. يقول: "كانت المواجهة واستمتعت بها". اختار استكشاف زوج من المستقبلات الهرمونية الستيروئيدية: مستقبل مينيرالوكورتيسويد (MR) الذي يربط هرمون ألدوستيرون وينظم توازن الملح والماء، والمستقبل القريب منه المسمّى مستقبل غلوكوكورتيسويد (GR) الذي يربط الكورتيسول ويتحكم بالاستجابة للإجهاد. حصل تضاعف مورثي منذ أكثر من 450 مليون سنة مضت أنتج المستقبلين –ولكن الألدوستيرون لم ينشأ إلا بعد ملايين عديدة من السنوات. بدا أن التوقيت جعل من الـ MR مثالاً تدريسياً عن التعقيد غير العكوس: كيف أمكن للانتخاب أن يقود التطور لقفل (MR) يناسب مفتاحاً لم يكن قد وجد بعد؟

التطور يعمل

وجد فريق ثورنتون بقيادة بريدغهام الجواب بإحياء سلف كلا المستقبلين. ولدهشتهم، فقد كان حساساً للألدوستيرون مما يقترح أنه كان قد تفعل بوساطة رابط قديم ذي بنية مشابهة. يفترض الفريق أنه حال تطور نشوء الألدوستيرون، فإن التطور كان قادراً على الاستفادة من المستقبل الموجود ليتحكم بوظيفة بيولوجية جديدة –وهي العملية التي أسماها ثورنتون الاستغلال الجزيئي molecular exploitation. كما أظهروا أن أختها المستقبلة GR كانت تطور وظائف خاصة بها.

كتب كريستوف آدامي C. Adami، عالم البيولوجيا التطورية في معهد كيك للدراسات العليا لعلوم الحياة التطبيقية في كالرمونت، كاليفورنيا في مقالته المعنونة التعقيد القابل للاختزال Reducible complexity' "هذه الدراسات تناقض بقوة كل أجزاء جدلية التصميم الذكي". ولكن بيهي رفض النتيجة، ويقول إن المستقبل والرابط ليسا معقدين بشكل غير قابل للاختزال، وأن التطور لم يعطِهما أي وظيفة جديدة بشكل حقيقي. أخبر بيهي مجلة الطبيعة: "أنا أعتقد أن نتائجه متوافقة تماماً مع وجهة نظري بأن السيرورات الداروينية ضعيفة لشرح التعقيد الموجود في الحياة".

أظهر ثورنتون ألغازاً أكثر لعمل التطور عندما استكشف فريقه تاريخ الـ GR، والذي أصبح حساساً فقط للكورتيزول عبر حوالي 20 مليون سنة. شابل هيل، بعملها مع علماء البيولوجيا البنيوية في جامعة كارولاينا الشمالية، حددت المجموعة البنية



البلورية للسلف المشترك لكلٍّ من الـ GR والـ MR. وجدوا أن طفرتين أساسيتين عدلتا معاً الجيب الرابط للمستقبل السلف حتى أصبحت تفضل الارتباط مع الكورتيزول –كما حددوا خمس طفرات أخرى أنهت العمل.

في فصل أخير من القصة، حاول ثورنتون إعادة تسلسل العمليات التطورية بالاتجاه المعاكس. ولكن عندما عكس الباحثون الطفرات السبع في الصيغ القديمة المحددة للكورتيزول، لم يستطيعوا تحويلها مجدداً إلى بروتين يعمل مثل السلف المشترك لكل من الـ GR والـMR . بدلاً من ذلك، فقد هندسوا صيغة فاشلة لم تستجب لأي هرمون، وذلك بسبب وجود طفرات عديدة أخرى دخلت على الخط لتصنيع المستقبل الخاص بالكورتيزول. لقد لعبوا جزئياً في الوظيفة الجديدة للمستقبل ولكن تصرفوا مثل كابحة تطورية، مما تسبب في منعها من إعادة وظيفتها القديمة.

أظهر ثورنتون أنه كان من الضروري إعادة هذه الطفرات أيضا، أو عكس التغيير. فبالنسبة إليه كان العمل برهاناً قوياً بأن مسار التطور يمكن أن يتوقف على حوادث عشوائية، إذ يقول: "تلعب الاحتمالات دوراً كبيراً في تحديد أي النواتج التطورية ممكناً". يفتح التطور بوابات جديدة إلى المستقبل، ولكن يبدو أنه يغلقها –بقوة– خلفه أيضاً".

في مقالة مجلة الطبيعة المنشورة هذه السنة، أخذ ثورنتون راحة من المستقبلات الهرمونية وتعاون بدلاً من ذلك مع توم ستيفينز T. Stevens وهو عالم وراثة في يوجين، من أجل أن يُحلّل تطور V–ATPase، وهي آلية جزيئية تضخ البروتونات عبر الأغشية لزيادة حموضة الحجرات داخل الخلايا. أرادت المجموعة أن تعرف كيف لجزء أساسي من آلة –حلقة بروتينات تمتد عبر أغشية الخلايا– أن يتطور عن صيغة السلف من مكونين إلى صيغة من ثلاثة مكونات.

أظهر الباحثون مع صندوق أدوات إحياء البروتين، أنه منذ حوالي 800 مليون سنة، تضاعفت المورثة السلفية لأحد مكونات البروتين، والمورثات البنات تعرضت لطفرتين مهمتين. تعني هذه التغييرات أن البروتينات لم تعد قادرة على الاستقرار بأي مكان في الحلقة، ولكنها ستشغل بقعة محددة. فجأة أصبحت الحلقة

تؤدي وظيفتها فقط بالأجزاء الثلاثة. إن ما دعا ثورنتون للاستغراب هو أن المكونات الثلاثة للحلقة بدت تعمل بشكل ليس أفضل من المكونين النظيرين. الطفرات العشوائية التي خربت البروتينات بشكل فعلي أدت إلى "تعقيد متعذر الاختزال".

حساب التعقيد

قلبت الدراسة مؤشّراً آخر من مكونات التصميم الذكي، ولكن يقول ثورنتون: «إنني مللت منها نوعاً ما». إنه يشعر بالإثارة أكثر بالقصة العلمية التالية التي سيعمل عليها في مختبره. أرادت مجموعته استكشاف كيفية التطور لسلف كل أسرة المستقبلات الهرمونية الستيروئيدية، التي كانت حساسة فقط للأويستروجين، إلى صيغ حساسة لهرمونات أخرى. وفي هذه المرة، لم يجد أي لغز في البنى البلورية للبروتينات التي أعيدت للحياة سواء قبل التغيير أو بعده.

يمكن إيجاد الجواب على شاشة الحاسوب في نهاية مختبر ثورنتون. مايك هارمز M. Harms، وهو زميل ما بعد الدكتوراة التحق بالمختبر منذ ثلاث سنين، استخدم خبرته في الفيزياء الحيوية وبعض الإمكانات الحاسوبية الهائلة لينمذج حركة كل ذرّة في المستقبلات السلف، مظهراً كيف ساقت طفرتان فقط التحوير بالبنية. عندما يبدأ هارمز البرنامج، يأخذ جزيء الأويستروجين طريقه إلى الجيب الرابط للمستقبل الذي عمره حوالي 550 مليون سنة. ولكن عندما يقوم بنمذجة للمستقبل ذاته مع الطفرتين، فإن الأويستروجين لا يجد مستقراً مريحاً له.

ألقت هذه القصة التطورية ضوءاً على السبب وراء حساسية مستقبل الأويستروجين الآن إزاء التهديدات التي حارب لأجلها ثورنتون في حياته السابقة. بيّن الفريق أن كل مستقبل ستيروئيدي تطور فقط ليكون نوعياً في ارتباطه مع الرابط الهدف ويمنع كل الروابط الأخرى الموجودة في الوقت نفسه. يحقق مستقبل الأويستروجين ذلك بمواد رابطة تحتوي على بنية كيميائية تسمى حلقة A العطرية. لأن الأويستروجينات هي الهرمونات الستيروئيدية الوحيدة التي تملك مثل هذه الحلقة، وهذا العامل كان كافياً لضمان أن المستقبل ربط فقط الأويستروجينات لملايين كثيرة من السنين. لقد بدأت الصناعة الكيميائية بضخ المئات من المواد التي تحتوي مثل هذه الحلقات العطرية، التي ارتبط بها مستقبل الأويستروجين بشكل غير مقصود. يقول ثورنتون: "لسوء الحظ، فإن المعيقات الداخلية تستغل العلاقات المتشعبة وهذا نتيجة للتاريخ التطوري للمستقبلات".

يرى ثورنتون تقدماً حول القضايا التي قام بحملات لأجلها يوماً ما. انخفض إنتاج الكيماويات السامة في الولايات المتحدة منذ كان في الخضر، وفي عام 2007 سنّ الاتحاد الأوربي ما سمي بـ REACH (تسجيل، وتقويم، وتفويض وحظر للكيماويات) الذي أكد على التخلص من معظم المواد الخطرة. يضع هذا القانون المسؤولية على الصناعة الكيميائية لإظهار أن المادة الكيميائية آمنة بدلاً من التركيز على المنظمين لإثبات أنها خطرة –وهذه هي الطريقة التي جادل بشأنها ثورنتون في كتابه "سم الباندورا".

هل هو يفتقد شيئا يقوم بالحملات لأجله؟ نعم و لا. يقول: "أنا أقل قدرة على إقناع نفسي بأن العالم هو تماماً كما أتصوره. لذلك إنه أصعب علي القيام بعمل الناشط"، بالإضافة إلى أن "أولادي يأخذون كل هذه الطاقة الآن".

وفي الغالب، فإن مخلوقاته تحتاج رعاية أيضاً. وبالعودة إلى مكتبه، نسمع صوت الرسالة الصوتية الخفيف الذي ترك من قبل الجمّادة على هاتفه بوقت سابق من ذلك اليوم. يقول ثورنتون "الماضي ينادي".

هيلين بيرسون هي محرر المقالات الرئيسية في مجلة الطبيعة.

نُشر هذا المقال في مجلة ***Nature, Vol 483, 22 March 2012***، ترجمة **د. نزار ميرعلي**، هيئة الطاقة الذرية السورية.

كيف نتنبأ بالزلازل؟

تقصّى المؤلف في هذا المقال آخر المستجدات العلمية في التنبؤ بالزلازل بعد محاكمة سبعة من الخبراء الإيطاليين بتهمة القتل غير العمد لاستهتارهم بخطر زلزال كبير.

الكلمات المفتاحية: تنبؤ زلزالي، تنبؤ احتمالي، توقع (تنبؤ) تحديدي، حماية المدنيين.

Key Words: *Earthquake forecasting, Probabilistic forecasting, Deterministic prediction, Civil protection.*

هيئة الطاقة الذرية السورية

ضربت في شهر آذار/مارس عام 2009 دفقة زلزالية (swarm) مكوّنة من أكثر من 50 هزة صغيرة في مساحة بضعة كيلومترات عند النهاية الجنوبية لصدع سان أندرياس في كاليفورنيا. بعد وقوع أكبر هزات هذه الدفقة، التي وقعت في 24 آذار/مـارس وبلغت شدتها 4.8، عقد خبراء الزلازل في ولاية كاليفورنيا اجتماعاً عن بعد عبر دارة تلفزيونية مغلقة لتقدير خطر زلزال أكبر يمكن أن يضرب الولاية خلال الأيام التالية بناءً على معطيات تشير إلى إجهاد

مبذول على الصدع. استنتج هؤلاء الخبراء أن فرصة هذا الحدوث قد ازدادت بحدة من 1 إلى 5% ولذلك أخطروا السلطات المدنية. ولحسن الحظ لم يحدث فعلاً زلزال كبير كما توقعوا.

لكن ما حدث في الأسبوع اللاحق في بلدة ميديفال Medieval من منطقة أكويلا Aquila الواقعة وسط إيطاليا كان مختلفاً. فقد عُقد اجتماعٌ في يوم 31 آذار/مارس ضم مجموعة من سبعة علماء ومهندسين إيطاليين كأعضاء مشاركين أو متنفّذين في الهيئة الوطنية للتنبؤ والوقاية من الأخطار الكبيرة على مستوى الدولة. وقد هدف هذا الاجتماع إلى تقدير الأخطار التي قد تحملها الدفقة الزلزالية الحالية خلال الأشهر الأربعة القادمة بعد أن ضربت هزة بلغت شدتها 4.1 بلدة ميديفال في اليوم السابق. لقد اعتبر الخبراء أن فرصة حدوث هزة أعنف في الأيام أو الأسابيع القادمة لم تتزايد بشكل جدي خلال الدفقة الزلزالية. وبناءً على هذا الاجتماع فقد قام الساسة المحليون بطمأنة سكان البلدة بأنه لا توجد دواع لإعلان حالة الإنذار بالخطر. وخلافاً لما توقعه الخبراء، فقد ضرب زلزالٌ بلغت شدته 6.3 مكاناً قريباً جداً من منطقة أكويلا في يوم 6 نيسان/أبريل مخلّفاً 308 قتيلاً. ونتيجة لذلك أصبح أعضاء الهيئة السبعة موضع محاكمة بتهمة القتل غير العمد. كما تمّ التحقيق مع رئيس قسم الحماية المدني في إيطاليا الذي كان عضواً غائباً في اجتماع 31 آذار/مارس من أجل الاتهام نفسه.

في أعقاب هذا الزلزال، حدّد قسم الحماية المدني مجموعة خبراء بمثابة هيئة دولية للتنبؤ بالزلازل (ICEF) لمراجعة إمكانيات نمط التنبؤ المستخدم في كاليفورنيا والذي يُعرف بالتنبؤ الاحتمالي القصير الأجل. يتطلّب هذا النمط من التنبؤ حساب احتمالات الحدوث لزلزال أكبر من قدر مُعطى ضمن بقعة جغرافية مُعطاة وخلال مدة زمنية قصيرة. تعتمد هذه التقنية على حقيقة أن الزلازل تميل للتجمع فراغياً وزمنياً وأن حدوث زلزال أو أكثر يؤدي إلى زيادة فرص حدوث زلازل أخرى بما فيها الزلازل العنيفة خلال الأيام أو الأسابيع التالية. أشار التقرير النهائي لهذه الهيئة، الذي طُبع في شهر آب/أغسطس متضمناً النتائج والتوصيات، إلى أنه حين يقود هذا النمط من التنبؤ إلى احتمالات حدوث أكبر بمئات المرات من المستوى الطبيعي، فإنه من النادر جداً أن تتجاوز الاحتمالات المطلقة عدة أجزاء مئوية. ومع ذلك تعتقد الهيئة الدولية للتنبؤ بالزلازل (ICEF) أن هذا التنبؤ القصير الأجل يمكن أن يزوّد السلطات المدنية بمعلومات قيّمة. وبذلك أقنعت الهيئة إيطاليا ودولاً أخرى واقعة في مناطق نشطة زلزالياً بأن تستخدم نماذج التنبؤ القصير الأجل في الحماية المدنية.

طور العلماء العديد من نماذج التنبؤ المشابهة لهذا النموذج ويستند كلٌّ منها إلى فرضيات مختلفة نوعاً ما حول السلوك الإحصائي للتجمع الزلزالي. ويحاولون الآن استنباط أيٍّ من هذه النماذج هو الأكثر دقة ويأملون في نهاية المطاف بأن يعزّزوا قدرة التنبؤ لهذه النماذج بحيث نصل إلى فهم أفضل للعمليات الفيزيائية الأساسية للزلزال.

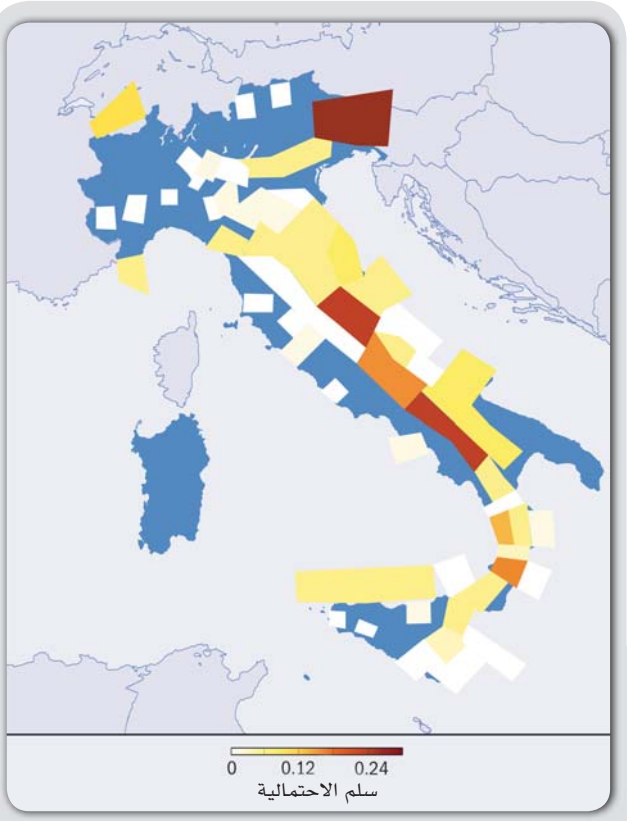
يقول رئيس الهيئة الدولية للتنبؤ بالزلازل (ICEF) توماس جـوردان، من جامعة جنوب كاليفورنيا–لوس أنجلوس، إن الحكومات لم يكن لديها في الماضي دوافع لأن تأخذ بجدية هذا التنبؤ القصير الأجل. لكن هذا قد تغيّر الآن جزئياً نتيجةً لما حدث في أكويلا. ويحاول جوردان أن يبرهن أن مأساة أكويلا قد أبرزت لنا مدى حيوية أن ندرك ما هي نماذج التنبؤ الأكثر موثوقية كي نحصل على أفضل المعلومات الممكنة. لكنه يعتقد أيضاً أن مأساة أكويلا تؤكد حاجة الحكومات لتطوير الكيفية التي تستجيب بها لمثل هذه التنبؤات وتحديداً تحت أية ظروف ينبغي فيها إطلاق الإنذار بالخطر.

قضايا صدعية

يشير تطور التنبؤ الاحتمالي إلى تغيّر في استراتيجية علماء الزلازل. فقد مارسوا سابقاً التنبؤ التحديدي الذي يتطلّب محاولة استنباط متى وأين ستضرب الزلازل، وخصوصاً بأيّ قدر. بالمقابل، فقد أدرك الباحثون مدى تعقّد الزلازل ومدى صعوبة التنبؤ بها.

تحدث أغلب الـزلازل على صدوع تباعد قطع متجاورة من القشرة الأرضية وتتحرك هذه القطع بالنسبة إلى بعضها بعضاً. توصَد حركة الصدوع طبيعياً وتُكبح نتيجة الاحتكاك والإجهادات المتراكمة بانتظام عبر الزمن. لكن عندما تصل الصدوع إلى نقطة الانكسار، ينزلق الوجهان الصخريان للصدع بشكل مفاجئ على بعضهما فتتحرر كمية هائلة من الطاقة بأشكال مختلفة: تسخين، تكسر الصخر وزلزال يسبب الأمواج الاهتزازية.

حاول العلماء التنبؤ بالزلازل استناداً على قاعدة أن التراكم البطيء ثم التحرّر المفاجئ للإجهاد على صدع ما يحدث بشكل دوري، وتقريباً بزلازل لها القوة نفسها ومتباعدة زمنياً بشكلٍ متساوٍ. يعقّد هذه الصورة المبسطة عددٌ من العوامل بما في ذلك حقيقة أن صدعاً منفرداً يمكن أن ينزلق عند مستويات مختلفة للإجهاد، وكذلك فإن التفاعلات بين الصدوع المتجاورة تكون على درجة عالية من التعقيد.



وضع خارطة المخاطر الزلزالية

تشكل خارطة المخاطر الزلزالية أداة أساسية في التنبؤ الزلزالي. وتظهر هذه الخارطة لإيطاليا (والتي تستند على خارطة أنشأها المعهد الوطني للجيوفيزياء والبراكين التابع للدولة) الاحتمالية لأن يحدث زلزال ذو قدر 5.5 أو أكبر خلال السنوات العشر القادمة بدءاً من 1 كانون الثاني/يناير 2012 مثلاً. يتم تقسيم هذه الخارطة إلى نطاقات بحيث يكون حقل الإجهادات متجانساً إلى حدٍّ ما ضمن كلٍّ منها، وبذلك يكون لها احتمالات متماثلة. تستند هذه الخرائط على نماذج للتنبؤ طويلة الأجل ومستقلة عن الزمن. ولكن نلاحظ الآن ازدياداً في استخدام نماذج للتنبؤ قصيرة الأجل ومستقلة عن الزمن تأخذ في الحسبان الزلازل الحديثة وتعطي احتمالية زائدة للزلازل الكبيرة. وبصرف النظر عن ذلك، تبقى خرائط المخاطر الزلزالية أداة مفيدة لأنها تسمح بالتخطيط الطويل الأجل، مثل تشريع قوانين البناء، كأفضل دفاع بمواجهة الخسائر البشرية الناتجة عن ضربة الزلزال.

أما الطريقة البديلة للتنبؤ بالزلازل فتكون في محاولة التعرّف على النُّذُر (وهي التغيّرات الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية) التي سببها تراكم الإجهادات على التمزق الصدعي. وربما تكون الأمثلة القديمة التي سمعناها من التراث الشعبي مستندة إلى فكرة مفادها أن الحيوانات تتجنب المناطق التي تستشعر بطريقة ما أن فيها زلزالاً قريباً. وهناك نُذُرُ أخرى ممكنة تشمل التغيّرات في معدل الإجهاد أو الناقلية الكهربائية ضمن الصخور، وتقلبات في مستويات المياه الجوفية، وإشارات كهرمغنطيسية قرب أو فوق سطح الأرض، وكذلك الهزات النذيرة (foreshocks وهي مظهر مميز لزلازل صغيرة قد تسبق زلزالاً كبيراً). بمقابل ما سبق، تنقل الهيئة الدولية للتنبؤ بالزلازل (ICEF) بأنها ليست متفائلة بإمكانية تميّز مثل تلك النذر في المستقبل القريب وبأنها غير مقتنعة بما ادعاه جيوأكينو جولياني Gioacchino Giuliani وهو فني يعمل في مختبر غران ساسو الوطني قرب أكويلا. لقد احتل جولياني عناوين الصحف بعد ادعائه أنه كان من الواجب أن يتم التنبؤ بزلزال أكويلا باستخدام نظامه التنبؤي المستند على التغيّرات في الانبعاث المحلي لغاز الرادون. تستند مسوغات الهيئة الدولية للتنبؤ بالزلازل (ICEF) على المعالجة التي قام بها جولياني للخلفية الطبيعية لانبعاث غاز الرادون وكذلك على كونه لم ينشر حتى الآن نتائجه في مجلة علمية محكمة.

خيار آخر يمكن استخدامه وهو محاولة التنبؤ بالزلازل بمسابقة الزمن وذلك بأن يتم إصدار الإنذار بالخطر حالما يبدأ الزلزال وهذا يمنح الناس بضع ثوانٍ للنجاة قبل ارتجاج الأرض نتيجة هذا الزلزال. يستفيد هذا الخيار من حقيقة أنه يمكن إرسال المعلومات بسرعة الضوء تقريباً في حين أن الموجات الزلزالية تنتقل بسرعة الصوت. جعلت اليابان استخدام مثل هذا النظام ممكناً لكنها بصراحة لم تعطِ معلومات دقيقة عن قدر الزلزال ولم تستطع إنذار الناس القريبين من البؤرة السطحية حيث تكون تأثيرات الزلزال فورية جداً.

أزمنة غير مؤكدة

رغم صعوبة التنبؤ الزلزالي ومحدودية الإنذار المبكر، يبقى هذا التنبؤ الدفاع الرئيسي في مواجهة الزلازل. وتبقى خارطة المخاطر الزلزالية أداته الأساسية (الشكل 1). يستند التنبؤ الزلزالي وخارطة المخاطر الزلزالية على نماذج طويلة الأجل ومستقلة عن الزمن والتي تظهر كم مرة (وليس متى) يحتمل أن تحدث زلازل ذات حجم معين. لا تخبرنا هذه النماذج وكذلك الخرائط عن كيفية تغير احتماليات زلزال كبير مع الزمن نتيجة حدوث زلزال كبير آخر، وبدلاً عن ذلك فهي تظهر التوزع الفراغي المتوقع لحدوث زلازل ذي حجم معين خلال فترة زمنية معينة (على مقياس عشرات السنوات عادة). يرتبط التوزع الفراغي بالمعطيات الزلزالية الحالية وبالسجلات

التاريخية، في حين أن التوزع الحجمي (حسب قدر الزلازل) يستند على علاقة إحصائية معروفة بمقياس غوتنبرغ–ريختر الذي يقول بأن تواتر حدوث الزلازل يتناقص بشكل أسي تبعاً لمقداره.

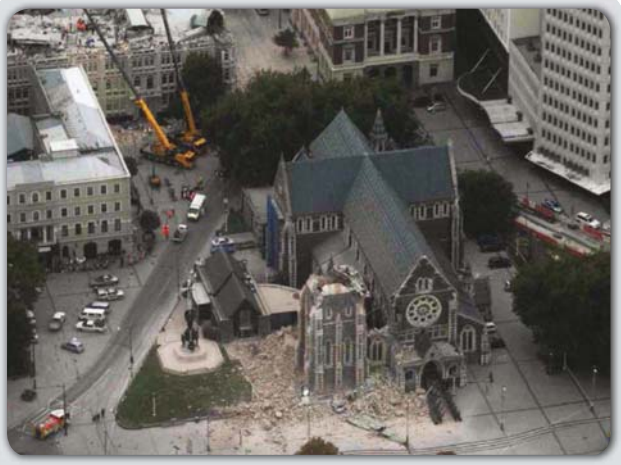
تسمح خرائط المخاطر الزلزالية للحكومات أن تعدل صرامة قوانين تنظيم البناء تبعاً لزلزالية المناطق (وكذلك تبعاً لعوامل أخرى مثل مطواعية الأراضي للأمواج الزلزالية)، كما تسمح لشركات التأمين أن تحدّد أقساط التأمين. بالمقابل، فإن جودة النماذج الطويلة الأجل (التي يستند التنبؤ الزلزالي وخارطة المخاطر الزلزالية عليها) تتوقف على جودة المعطيات المستخدمة في ضبطها. وبصراحة، إن السجلات الزلزالية والتاريخية تعود إلى فترة وجيزة من الزمن تمتد إلى عدة مئات من السنين فقط، وهذه الفترة الوجيزة توافق بشكل نموذجي الفترة الفاصلة بين الزلازل الكبيرة على الصدوع النشطة.

يقف هذا القصور وراء الفشل الكامل في استباق زلزال مقداره 9.0 ضرب منطقة طوكيو في اليابان في آذار/مارس من العام الفائت، والذي حرّر التسونامي المدمّر وسبّب انصهار عدة مفاعلات في مصنع دايتشي للطاقة النووية في فوكوشيما. تزوّد خرائط المخاطر الزلزالية الحالية الدول بمعلومات تفصيلية جداً حول احتماليات زلزال عبر كامل أراضي الدولة، ولكنها حسب رأي جوردان Jordan (رئيس الهيئة الدولية للتنبؤ بالزلازل (ICEF)) تشير إلى احتمالية منخفضة جداً، إن لم تكن معدومة، لمثل ذلك الزلزال العنيف لعدم حدوث زلزال مماثل في منطقة طوكيو خلال فترة 1000 سنة الماضية. ويلفت جوردان الانتباه إلى أن لديهم انقطاعاً في المقدار في منطقة طوكيو. وبمعنى آخر، لم يكن مثل هذا الزلزال العالي المقدار متوقعاً أن يضرب تلك المنطقة أبداً.

يقول جيم موري Jim Mori (عالم زلازل في جامعة كيوتو) إنه تمّت إعادة تقييم خرائط المخاطر الزلزالية في اليابان لتأخذ بالحسبان إمكانية حدوث زلزال من المقدار 9 أو أكبر. ولكنه يعتقد أنه من غير المرجح أن تكون التغيّرات في أبحاث الزلازل اليابانية كبيرة، ويضيف أن تضمين حدث زلزالي مثل زلزال طوكيو وقع خلال سنة إلى السجل الزلزالي الممتد لآلاف السنين لن يغيّر على الأرجح خرائط المخاطر الزلزالية بمقدار كبير.

حلول قصيرة الأجل

لحساب كيفية تغيّر احتمالية زلزال كبير نتيجة حدوث زلزال آخر، طوّر الباحثون أنواعاً مختلفة من نماذج التنبؤ المستقلة عن



مشهد من الدمار

منظر جوي لكاتدرائية كريست–تشرش بعد زلزال كريست–تشرش في نيوزيلندة، شباط/فبراير 2011.

الزمن. يقوم بعض هذه النماذج بالتنبؤ الطويل الأجل لفترات تصل لعدة عقود مثلاً. يفترض أبسط هذه النماذج أن الزمن المتبقي لحدوث الزلزال التالي على جزء محدد من الصدع يتوقف فقط على زمن وقوع أحدث الزلازل على ذلك الجزء وبدورة تكرارية غير منتظمة للزلازل (لمحاولة التوفيق بين نماذج التنبؤ والمعطيات الملاحظة) وذلك بإدخال «معامل التغيير» في الدورة الزلزالية. تجعل النسخ الأكثر رقياً من تلك النماذج الزمن المتبقي لحدوث الزلزال التالي يتوقف على الزلازل الكبيرة التي حدثت في الماضي في جوار ذلك الجزء من الصدع.

من أجل جزء صدعي لم يحدث عليه تمزق صخري قريب، أي تمّ الاستدلال على الزمن المتبقي لحدوث الزلزال التالي من المعطيات التاريخية، فإن تلك النماذج يمكن أن تقود بشكل قوي إلى احتمالية مضاعفة لحدوث زلازل كبيرة مقارنة بالاحتمالية التي نحصل عليها من النماذج المستقلة عن الزمن. وبالمقابل، فإن نماذج التنبؤ الطويلة الأجل والمستقلة عن الزمن لم تنجح بشكل جيد عندما وضعت في الاختبار. ففي عام 1984 على سبيل المثال، قدّرت مؤسسة المساحة الجيولوجية الأميركية وبدرجة ثقة 95% أن زلزالاً مقداره 6 سيؤدي إلى حدوث تمزق على قطعة بارك–فيلد من صدع سان أندرياس وسط مقاطعة كاليفورنيا قبل شهر كانون الثاني/يناير عام 1993. تمّ التوصل لهذا التنبؤ استناداً لحدوث زلازل لها القدر نفسه على هذه القطعة ست مرات منذ العام 1857 وكان آخرها في العام 1966. ولكن لم يحدث الزلزال ذو المقدار 6 حتى العام 2004. كما حدثت حالات فشل مماثلة في محاولة التنبؤ بالزلازل في اليابان وتركيا.

أما المقاربة المستخدمة في التنبؤ القصير الأجل، والذي يزودنا باحتمالية الحدوث خلال أيام أو أسابيع، فهي مختلفة بشكل أساسي. فحالما يحدث زلزال ويتحرّر الإجهاد على قطعة صدعية معينة، فإن فرص حدوث زلزال مماثل على القطعة الصدعية نفسها في الأجل القريب سوف تميل للانخفاض. ولكن احتمالية حدوث زلزال على صدع مجاور سوف تزداد نتيجة الإجهادات الزائدة التي حملها الزلزال الأصلي معه.

تظهر نماذج التنبؤ القصير الأجل بعدة أشكال. يفترض نموذج «التولّد المنفرد»، وهو نموذج الاحتمالية الزلزالية القصيرة الأجل (STEP) المستخدم في مؤسسة المساحة الجيولوجية الأميركية للتنبؤ في كاليفورنيا، أن زلزالاً رئيسياً واحداً سيحرّض جميع الهزات الارتدادية. يتعارض هذا النموذج مع نماذج «متعددة التولّد»، مثل نماذج الانتشار الوبائي لسلسلة الهزات الارتدادية (ETAS). وحسب هذه النماذج، فإن كلّ زلزال جديد من الهزات الارتدادية سيكون نفسه زلزالاً رئيسياً يتولّد عنه هزات ارتدادية.

يمكن أن تعطي النماذج القصيرة الأجل والمتعلقة بالزمن قيماً احتمالية أعلى بعشرات أو بمئات المرات من تلك النماذج المستقلة عن الزمن عندما يكون النشاط الزلزالي عالياً. لكن العلماء لا يعرفون حتى الآن أياً من تلك النماذج العديدة والمختلفة للتنبؤ القصير الأجل سيكون الأكثر موثوقية. يقول جوردان إنه حتى مجلس تقييم التنبؤ الزلزالي في كاليفورنيا، والذي هو أحد أعضائه، لم يستخدم نماذج مختبرة بالشكل اللائق، وعوضاً عن ذلك يعتمد على الشكل العام لنتائج الحسابات في إنتاج التنبؤات.

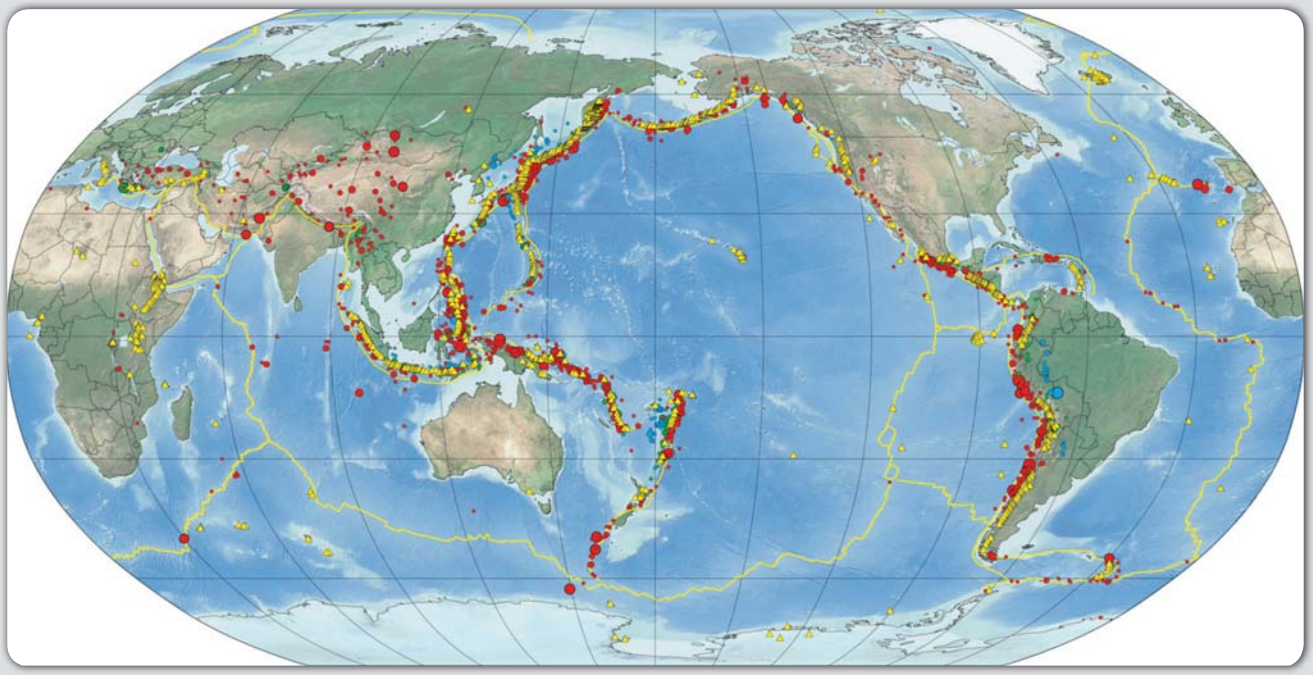
اختبار المعطيات

لتحسين درجة الثقة بالنماذج، أنشأ جوردان في العام 2007 برنامجاً عُرف باسم «التعاون في دراسة قابلية التنبؤ بالزلازل (CSEP)» يُمكّن الباحثين من الوصول إلى مصادره المفتوحة والمشاركة بأبحاثهم عبر شبكة الإنترنت. وقد وفّر هذا البرنامج البرمجيات الشائعة الاستخدام والإجراءات المعيارية لاختبار النماذج بمعطيات زلزالية محتملة من قِبل مختبرين مستقلين، بدلاً من الباحثين، لوضع النماذج من خلال خطى اختبارهم. بعد الانطلاق من مركز اختبار وحيد في كاليفورنيا، تنتشر الآن مراكز اختبار في بقاع أخرى من العالم بما فيها إيطاليا واليابان، حيث يختلف سلوك التصدع ومن ثمَّ نماذج التنبؤ.

ففي إيطاليا، يقوم ويرنر مارزوتشي Warner Marzocchi وآنا ماريا لومباردي Anna Maria Lombardi من المعهد الوطني للجيوفيزياء والبراكين باختبار النموذج (ETAS) بمعطيات حقيقية لهزات ارتدادية وقعت بعد زلزال أكويلا في العام 2009. وباستخدام جميع المعطيات الزلزالية المسجلة منذ هذا الزلزال (ومن ضمنها الزلزال الرئيسي في 6 نيسان/أبريل)، حدَّث الباحثون نموذجهم على قاعدة يومية ونفّذوا تنبؤاتهم بالهزات الارتدادية حتى نهاية أيلول/سبتمبر 2009. لقد وجدوا أن التوزعات المحسوبة للهزات الارتدادية قد توافقت بصورة عامة مع تلك الملاحظة في الواقع. منذ ذلك الحين شكّل مارزوتشي فريقاً مع جيانكانغ زوانغ Jiancang Zhuang من معهد الرياضيات الإحصائية في تاشي–كاوا باليابان وذلك لرؤية ما إذا كان من الممكن استخدام النموذج من حيث المبدأ في التنبؤ بالزلزال الرئيسي كما هو الحال في الهزات الارتدادية على أساس أن الزلازل الرئيسية تشكل ببساطة هزات ارتدادية أكثر قدرة من الزلازل (الآباء) التي حرضتها والتي يمكن تسميتها بـ «الزلازل النذيرة». استنتج مارزوتشي بعد مقارنة المعطيات الحقيقية مع النموذج: «أنا مقتنع بشكل معقول أننا نستطيع استخدام هذا النوع من النماذج للتنبؤ بالزلازل الرئيسية».

في الواقع، وبعد بضعة أشهر من زلزال أكويلا، استخدم مارزوتشي ولومباردي النموذج نفسه وبشكل ارتجاعي، أي بالعودة زمنياً للوراء، لرؤية أي نوع من التنبؤ يمكن أن يؤدي إلى الزلزال الرئيسي الذي حدث في 6 نيسان/أبريل. لقد وجدوا أن النموذج قد أعطى خلال بضع ساعات التي سبقت الزلزال أرجحية 1 بالألف بأن زلزالاً قوياً سيضرب ضمن 10 كم من أكويلا وخلال ثلاثة أيام، وهذا أعلى من الاحتمالية الطويلة الأجل المتعلقة بالزمن التي أعطت احتمالية 1 في 200000.

في غضون ذلك، استخدم باحثون من نيوزيلندة التنبؤ الاحتمالي لحساب التغيّر في معدل الهزات الارتدادية في منطقة كانتربيري بعد زلزال رئيسي بلغ مقداره 7.1 وقع قرب بلدة دارفيلد في أيلول/سبتمبر عام 2010، وكذلك الهزة الارتدادية المميتة التي ضربت قُرب كريست–تشرش في شباط/فبراير العام الماضي وكانت بمقدار 6.2. استخدم ماتيو غرستينبيرغ Mathew Gerstenberger وزملاؤه من معهد (GNS) للعلوم، وهو معهد أبحاث جيوفيزيائية بنيوزيلندة، مجموعة من النماذج القصيرة–المتوسطة–الطويلة الأجل لإعلام عموم الشعب بآخر التطورات ولمراجعة قوانين البناء في المنطقة. وكما أشار غرستينبيرغ، الذي طور النموذج (STEP)، فإن التنبؤ المستقل عن الزمن بخصائصه قد يكون غير



نطاقات الخطر

تظهر هذه الخارطة النشاط الزلزالي من العام 1900 إلى العام 2010. تمثّل الدوائر الزلازل (إذ إن حجومها متناسبة مع القدر)، مصنفة حسب العمق: 0–69 كم بالأحمر، 70–299 كم بالأخضر، 300–700 كم بالأزرق. تمثّل المثلثات الصفراء البراكين النشطة، في حين تمثل الخطوط الصفراء حدود الصفائح التكتونية.

ملائم. يقول غرستينبيرغ: "لقد اعتُبرت منطقة كريست–تشرش معتدلة–منخفضة المخاطر في النموذج الوطني للمخاطر الزلزالية قبل حدوث ذلك الزلزال". ويضيف: "ولكن السلسلة المستمرة من الهزات قد زادت تقديرات المخاطر".

جرى أيضاً حساب تغيّرات مثيرة في الاحتمالية الزلزالية في اليابان بعد زلزال طوكيو العام الفائت. فقد استنبط شيني–شي ساكاي Shinichi Sakai وزملاؤه في جامعة طوكيو أن فرص أن يضرب زلزال مقداره 7 أو أكبر منطقة طوكيو قد ارتفعت بحدة إلى 70% خلال السنوات الأربع الماضية. ويتناقض ذلك مع تقديرات الحكومة اليابانية أن هذه الفرص تبلغ 70% خلال الثلاثين سنة القادمة. ويحدّد الباحثون أنهم حصلوا على احتمالية أعلى بكثير لأنهم أخذوا بالحسبان تأثير الزيادة في زلازل طوكيو بخمسة أضعاف منذ زلزال آذار/مارس عام 2011.

حدود النمذجة

على الرغم من أن النماذج المشابهة للنموذجين (ETAS) و(STEP) يمكن أن تتحسّن بالمعلومات المتوفرة من التنبؤ الزلزالي المستقل عن الزمن، إلا أنها لا تشكل حلاً ناجعاً لجميع مشاكل التنبؤ، لأنها، بشكل خاص، تفرّط في تبسيط الخصائص الفراغية لإقلاع الزلزال وذلك بتمثيل الزلازل كمنابع نقطية وليس خطية محدودة، وكذلك بتجاهل مجاورة الزلازل للصدوع النشطة. وحسب أيان مين Ian Main، عضو الهيئة الدولية للتنبؤ بالزلازل (ICEF) من جامعة أدنبرة، فإن دمج معلومات مستندة على الصدوع في هذه النماذج يمكن أن يزودنا باحتمالية إضافية مقارنة بالحسابات المستقلة عن الزمن لصدع ملائم ومعطيات زلزالية معينة. ولكن لن تنجز تحسينات معتبرة إلا إذا حصلنا على فهم أفضل لفيزيائية تفاعلات الصدع. يتمثل أحد التحديات المهمّة في فهم المدى الذي يحرّض ضمنه أحد الزلازل زلزالاً آخر عبر الحركة الضخمة للقشرة الأرضية، وكم ستكون مساهمة الأمواج الزلزالية المتولّدة عنه في ذلك. يقول مين: "نحن نعلم تقريباً كيفية تأثير إحصاء حجوم الزلازل، ولهذا السبب استخدمنا النماذج الإحصائية"، ويضيف: "ولكن الآلية الفيزيائية التفصيلية التي تقود لتفاوت حجوم الزلازل غير محددة بشكلٍ كافٍ".

وحتى لو تمّ تحسين النماذج بشكل مهم، فإنها على الأقل وحتى المستقبل القريب، ستزوّدنا فقط باحتمالية منخفضة تماماً لزلزال

خراب

بناء مدمَّر في قرية أونا بعد عدة أيام من زلزال أكويلا الذي ضرب إيطاليا في نيسان/أبريل عام 2009.

كبير وشيك الحدوث. وهذا سيترك السلطات المدنية المسؤولة عن إجراءات تخفيف الكارثة في وضع صعب. توصي الهيئة الدولية للتنبؤ بالزلازل (ICEF) أن تحاول الحكومات توطيد سلسلة من الإجراءات المتعارف عليها مسبقاً والمستندة إلى تحاليل التكلفة–المنفعة، وهذه الإجراءات يمكن للسلطات المحلية أو الوطنية أن تشرعنها عندما تتجاوز الاحتمالية عتبة محددة، وأيضاً بوضع خدمات الطوارئ في حالة إنذارٍ عالٍ لإجلاء أعداد كبيرة من المدنيين. ولكن يشير مارزوتشي إلى أن ذلك لن يكون سهلاً ويقول: "أستطيع القول من وجهة نظر علمية أن ذلك يعتمد على احتمالية أن يقع زلزال ما"، ولكن اتخاذ الإجراءات في حال تلك الاحتماليات المنخفضة سيؤدي على الأرجح إلى إنتاج حالات إنذار خاطئة، وسيكون هذا مشابهاً لصوت الذئب في قصة الراعي الكذّاب".

من جهة أخرى، يستمر بعض العلماء بالاعتقاد بأنه سيتم التعرف على بعض النُذُر التي تسبق الزلازل. ويتحرى الآن فريدمان فروند Friedemann Freund، وهو فيزيائي في مركز أبحاث تابع لوكالة الفضاء الأميركية قرب سان فرانسيسكو، عدداً من النُذُر الممكنة بما فيها النُذُر الكهرطيسية، ويؤكد أن المزاوجة بين مثل هذه النُذُر، حتى ولو كانت بشكل فردي مفعمة بالارتياب، سوف يقود في مستقبل غير بعيد إلى نظام متماسك للتنبؤ بالزلازل. ويؤكد أن علماء الزلازل فخورون جداً بإفساح المجال للاختصاصات العلمية الأخرى في أن تؤازرهم.

يعارض ذلك دانيجيل شورليمار Danijel Schorl من جامعة جنوب كاليفورنيا الذي انضم إلى قادة برنامج «التعاون في دراسة قابلية التنبؤ بالزلازل (CSEP)"، وهو مشروع اختبار النماذج الذي يقوده جوردان. ويصر أن التنبؤ الزلزالي التحديدي لن يكون ممكناً "خلال مدة حياته"، ويضيف أنه حتى لو تمّ تمييز النُذُر، فلن يكون البحث قد نجح إلى هذا الحدّ.

بالنسبة إلى جوردان ولعدد آخر من علماء الزلازل، فإن ضمان تشييد أبنية مقاومة للزلازل قدر المستطاع يبقى الاستراتيجية الأكثر أهمية في مواجهة الزلازل العنيفة. ولكنه يعتقد أن التنبؤ الاحتمالي القصير الأجل له دور مهمّ ليلعبه إذا مورس كما ينبغي. ويسلّم بأن "هذه المقاربة مخادعة لأننا لا نستطيع الاتفاق تماماً على أيٍّ من نماذج التنبؤ هي الأفضل". وهكذا فلدينا شك في أمر مشكوك فيه أصلاً، ولكن هل نستطيع إنكار المعلومات التي تقدمها لنا نماذج التنبؤ؟ يعلمنا زلزالا أكويلا ونيوزيلندة بألا نكون مستهترين في ذلك.

إدوين كارتليدج.

نُشر هذا المقال في مجلة ***Physics World, March 2012***، ترجمة **د. محمد خير عبد الواحد**، هيئة الطاقة الذرية السورية.

تصنيع الاتصالات العصبية

السؤال الذي يطرح نفسه هل يعدّ وضع خريطة لكامل شبكة الاتصالات العصبية الدماغية هدراً للمال؟

الكلمات المفتاحية: *تخطيط الدماغ البشري، اتصالات عصبية، عصبونات.*

Key Words: *map the human brain, brain's connectivity, neuron.*

لم يبدُ البناء الذي احتوى ذات يوم على مصنع طائرات التوربيدو torpedo في الحرب العالمية الثانية على ضخامته مركزاً محتملاً كاف لإنجاز المشروع الهادف لتخطيط الدماغ البشري. ولكن مركز Martinos للتصوير الطبي البيولوجي ـ وهو قاعدة متقدمة من مشفى ماساشوسيتس العام في امتداد لمنطقة صناعية على واجهة نهر بوسطن بأمريكا ـ الذي يضم

هيئة الطاقة الذرية السورية

حالياً مجموعة مذهلة من أجهزة التصوير بالرنين (بالتجاوب) المغنطيسي، ومؤخراً خلال شهر كانون الثاني المنصرم، وبغية إجراء تخطيط لدماغي، يقول الكاتب، دخلت أحدث هذه الأجهزة وطبعاً الرأس أولاً، ثم قام المشغل بإجراء سلسلة اختبارات لمعرفة فيما إذا كنت أبدي أي آثار جانبية نتيجة التغيرات السريعة غير الاعتيادية في حقول هذه الآلات المغنطيسية، وعندما عرف أني لم أبد أيّاً من هذه الآثار سواء كانت اختلاجات عضلية غير إرادية أم ومضاناً بصرياً هلوسياً من الضوء في محيط الرؤيا عندها بدأ التخطيط.

بدأت الآلة بالطنين ثم الاهتزاز واستمر تخطيط الدماغ لمدة 90 دقيقة حافظت خلالها على سكوني، وكان هذا التخطيط واحداً من أوائل الاختبارات المنجزة من خلال مشروع تخطيط الدماغ البشري (Human Connectome Project (HCP، الذي خصص له ميزانية 40 مليون دولار أمريكي لمدة خمسة أعوام مولته معاهد الصحة الوطنية NIH في بيثيسدا بولاية ماري لاند Maryland الذي يهدف بشكل أساسي إلى رسم خريطة لشبكة الاتصالات الدماغية الطويلة.

وهـذه الشبكة التي يطلق عليها المصطلح Connectome مكونة من حزم ألياف عصبية تتشابك في الدماغ بالآلاف مشكلة معظم المادة البيضاء في الدماغ وتقوم بنقل الإشـارات بين مناطق متخصصة مسخرة لوظائف كالسمع والرؤيا والإحساس والذاكرة... إلخ، ويربطها جميعاً ببعضها في منظومة عصبية تدرك وتقدر وتقرر وتتصرف كأنها جملة متكاملة واحدة.

يعدّ الكونّيكتوم جملة مذهلة في تعقيدها وغير مفهومة بشكل جيد. ولذا، ومن خلال المشروع HCP تم اقتراح الاستفادة من الجيل الجديد من أجهزة التصوير بالرنين المغنطيسي من أجل فهم عمل هذه الشبكة مثل الجهاز الذي استخدم لتخطيط دماغي (حسب الكاتب). ولهذا الغرض تم تخطيط دماغ أكثر من 1000 شخص وكان الأمل أن يؤمن هذا المسح بإيجاد أساس لما هو طبيعي وإلقاء الضوء على ما يمكن أن تعنيه الاختلافات عن الطبيعي على صفات كالذكاء أو المهارة الاجتماعية وربما الكشف عما يحصل إذا أظهرت الشبكة أي اختلاف.

صرح مدير المعهد الوطني للصحة النفسية Thomas Insel، وهو من أنصار المشروع HCP البشري: «إننا نعتقد بشكل متزايد أن الاضطرابات الدماغية –من انفصام الشخصية schizophrenia وصولاً للاكتئاب واضطرابات الشدة– هي اختلال في عملية الاتصال connectivity والترابط العصبي في الدماغ». «ولذا فإنه من المهم كثيراً إيجاد طرائق لكشف هذه الاتصالات كمياً وتحديدها»، وحسب ما يقول البروفسور Thomas.

يتساءل العديد من الباحثين فيما إذا كانت معاهد الصحة الوطنية ترتكب خطأً، فما زال على الباحثين إثبات أن بإمكان تقانات التصوير بالرنين المغنطيسي إعطاء صورة يعول عليها للشكل الطبيعي للاتصالات الدماغية، بغض النظر عن طرز الاتصـال الدماغي غير الطبيعية التي قد تظهر في حالات الاضطراب الدماغي.

كما يحتج بعض الباحثين أنه لم يتم اعتماد هذه التقنيات بعد بشكل مناسب، ويقول أحد الباحثين في الفيزياء وعلم بيولوجيا الأعصاب في جامعة كاليفورنيا البروفيسور David Kleinfeld «يجب علينا القيام بأبحاث علوم الأعصاب الأساسية في هذا المجال قبل البدء بإخضاع العديد من البشر لأجهزة المسح الدماغي بالرنين المغنطيسي».

التحدي الكبير

لا يوافق المؤيدون على أن المشروع HCP هو مخاطرة محسوبة النتائج، «ولا يظن أي شخص أن هذا المشروع سينجم عنه مخطط شبكة أسلاك تشابه ما يمكن أن يوجد في تمديدات المنزل الكهربائية»، وبالحقيقة فإن ما نعرفه عن مشروع الكونّيكتوم قليل لدرجة أنه حتى المخططات الأولية الإجمالية تمثل تقدماً علمياً هاماً ودائماً بحسب البروفسور Thomas.

وقد اتخذ قرار هذه المخاطرة من قبل مجموعة أبحاث العلوم العصبية التابعة للمعهد الوطني للصحة المعروفة التي أسست عام 2004 كمشروع تتعاون من خلاله المعاهد الخمسة عشر المنضوية تحت NIH ومراكز بحثية أخرى تهتم جميعها بأبحاث الجملة العصبية.

وفي عام 2009 وبعد خمسة أعوام من تمويل مشاريع أصغر طلب فريق العمل من المسؤولين عن معاهد الصحة الوطنية NIH التقدم بأفكار حول «التحديات الكبيرة» في العلوم العصبية «وهي برامج طموحة واسعة النطاق يقول عنها Thomas أنها ستكون ذات وقع عالٍ وسيكون تنفيذها مستحيلاً بآليات التمويل القديمة».

وتلقت مجموعة الأبحاث المذكورة (برنامج العمل) مجموعة من المقترحات ومن ضمنها واحد من مدير المشروع في المعهد الوطني للصحة العقلية NIMH، البروفسور Huerta، الذي يعمل حالياً في المكتبة الوطنية الطبية في المعهد الوطني للصحة. ونشير إلى أن البروفسور Huerta بدأ أبحاثه بدراسة تنظيم الدماغ عند الثدييات باستخدام تقنيات المدرسة القديمة المعتمدة على التقنيات النسيجية التشريحية وتقنيات التقفي العصبي التي تتطلب بشكل نموذجي حقن القفاءات tracers بوصفها مركبات تعبر وتهاجر على طول الألياف العصبية أو العصبونات وتكشف بالتالي عن مسار هذه العصبونات. ولذلك فهو كان يعرف جيداً محدودية هذه التقنيات عند البشر حيث إنه، لأسباب أخلاقية، لا يسمح باستخدام القفاءات إلاّ بعد الموت، وهي في هذه الحالة لا تعبر وتهاجر في العصبون إلى مسافة كافية تمكن من تقفي الطول الكامل للألياف العصبية.

«ماذا ستبث هذه المخططات من شبكات الاتصال الملونة بألوان قوس قزح عني؟»

وفي عام 2007 أصبح البروفسور Huerta مغرماً ومتمسكاً بطريقتين جديدتين للتصوير غير الراض (غير المؤذي) ستمكنان الباحثين أخيراً من دراسة أدق التفاصيل عن الاتصالات العصبية والتوصيل العصبي في دماغ الإنسان الحي.

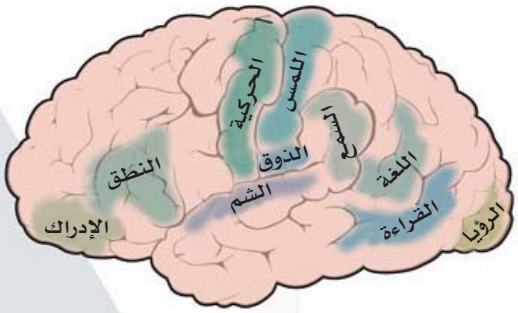
- **الطريقة الأولى:** تعرف بتصوير طيف الانتشار diffusion spectrum imaging (DSI) تم تطويرها عام 2005 من قبل طبيب الأشعة Van Wedeen وفريقه في مركز Martinos. وهي تحسين لطريقة تصوير الانتشار المتباين المستخدمة منذ عشرين عاماً التي من خلالها يتم الاعتماد على مقدرة التصوير بالرنين المغنطيسي تتبع الاتجاه الذي تتحرك من خلاله جزيئات الماء في كل نقطة من الدماغ، لأن معظم هذه الجزيئات تتحرك على طول الألياف العصبية تماماً كما يتحرك الماء في خرطوم، مما يمكننا من استخدام المعطيات في تحديد شكل وتموضع كل ليف عصبي وتفرعاته. وما تقدمه هذه التقنية DSI هو أنها تعدّ شكلاً أكثر تعقيداً لتحليل الإشارة التي تسمح للباحثين بمتابعة حزم العصبونات وتقفيها حتى عندما يبدو أن عصبوناً يمر خلف عصبون آخر وهي الحالة التي كانت تمثل مشاكل حقيقية تواجه التقنيات القديمة.

- **الطريقة الثانية:** التي استرعت اهتمام البروفسورHuerta كانت التصوير بالرنين المغنطيسي الوظيفي في وضعية الراحة (rsfMRI) resting state functional MRI التي لا يشغل فيها فكر الشخص الخاضع لقياس نشاطه الدماغي لديه أي شيء خاص، وهذه التقنية مختلفة بعض الشيء عن دراسات التصوير الوظيفي التقليدي التي يطلب فيها من الأشخاص الخاضعين أن يقوموا بعمل ذهني نوعي بينما يراقب الباحثون مناطق الدماغ التي يتم تفعيلها في هذه العملية. باستخدام التقنية rs–fMRI لا يوجد أي إجهاد ذهني ويراقب الباحثون الترابطات بين سويات النشاط الدماغي في المناطق المختلفة. والفرضية هنا هي أن أي منطقتين تبديان معامل ارتباط عالٍ هما حكماً على صلة ببعضهما –ربما عن طريق حزمة من الألياف العصبية من خلال قيامهما بالعمل المشترك بطريقة ما.

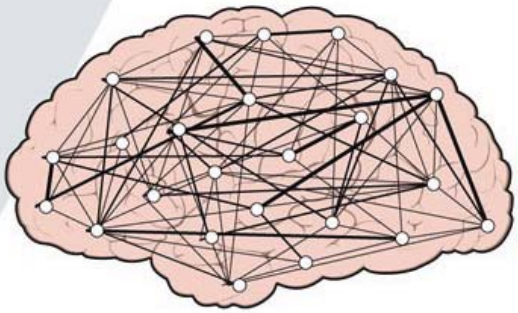
قادت استخدامات وتطبيقات الطريقتين السالفتي الذكر rs–fMRI وDSI إلى نشر الكثير من الأوراق العلمية الرفيعة المستوى. ولكن البروفسور Huerta أدرك أن مجموعات بحث قليلة كانت تطبق كلا الطريقتين على الأشخاص أنفسهم ومعظم الدراسات استخدمت عينات قليلة مما يحد من تعميمها. لذا فقد اقترح أن تمول مجموعة البلوبرنت المشروع HCP الذي يستخدم فيه كلتا الطريقتين على المئات من البشر. وهذا سيمكن من إجراء أول مقارنة على نطاق واسع بين الاتصالات البنيوية كما تحددها طريقة DSI وبين الاتصالات الوظيفية كما تحددها التقنية rs–fM-RI، وبحسب ما يقول البروفسور Huerta: "لا يوجد مقاربة تصوير عصبي واحدة يمكن أن تعطي منفردة المعطيات ذات المستوى الرفيع التي نحتاجها عن شبكة الاتصالات الدماغية".

كان فريق برنامج العمل بلوبرنت مندهشاً ولكن لم يتعامَ عن المشاكل المتأصلة في هاتين التقنيتين، فأحد هذه المشاكل الواضحة كان الميز الفراغي لتقنية تصوير طيف الانتشار المكاني التي أشارت إلى أن كل حزمة ألياف في الصورة تحوي آلاف العصبونات، مما يعني أنها تغفل تفصيلات كثيرة بنيوية على مقاييس أدق.

يحتوي الدماغ على مناطق عديدة متخصصة بوظائف نوعية بعضها موضح هنا.



يمكن أن تربط البنية مع الوظائف وتحلل باستخدام بعض الوسائل مثل استخدام نظرية الشبكة.



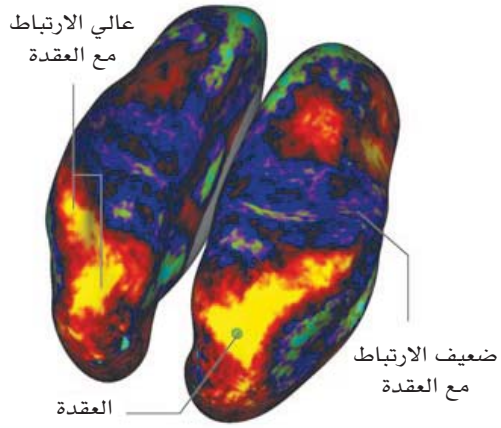
يربط المخطط الدماغي هذه المناطق ببعضها مما يسمح للدماغ أن يقوم بوظيفته بوصفه جملة متكاملة والهدف من المشروع فهم كيف تعمل شبكة الاتصال الدماغي.

التخطيط البنيوي

يحدد تصوير طيف الانتشار حركة جزيئة الماء التي تنساب على طول الألياف العصبية في الدماغ، ويعطي المخطط صورة لشبكة الأعصاب الدماغية.

التخطيط الوظيفي

يظهر التصوير بالرنين المغنطيسي الوظيفي بحالة الراحة تخطيط النشاط الدماغي بحالة الراحة، ويلقي الضوء على الارتباطات بين منطقة وأخرى بحيث من المفترض أن تكون المناطق العالية الارتباط تملك نوعاً من الاتصال.



مسح المخطط الدماغي

يهدف مشروع تخطيط الدماغ البشري لتخطيط شبكة الاتصالات الدماغية البعيدة المدى باستخدام تقنيتين أساسيتين تعتمد كل منهما على التصوير بالرنين المغنطيسي للحصول على معطيات من الأشخاص الأحياء.

وقد أوضح أحد علماء الأعصاب P.Mitra المشكلة بعرضه سلسلة من الصور الرقمية عالية الدقة من شرائح دماغ الفأر، وكل واحدة منها تظهر بعض العصبونات ملونة بصباغ بني غامق، وقد بيّن على واحدة من هذه الشرائح أعصاباً تنبثق (تنحدر) من القشرة اليسرى ومن ثم تتفرع خارجاً وترسل أليافاً لمناطق في كلا الجانبين الأيمن والأيسر من الدماغ. وقال: "إن الدماغ ليس مكوناً من اتصالات محددة من نقطة لأخرى بل مكوناً من تغصنات وتفرعات شجرية".

هذا المستوى من بنية الترابط والتواصل غير مرئي حتى لأكثر طرائق التصوير المنتشرة تطوراً، بحسب رأي البروفسور Mirta الذي يترأس مشروع تخطيط دماغ الفأر وبنيته، وهو شكل آخر موازٍ لمشروع HCP البشري الممول من قبل معاهد الصحة الوطنية ومؤسسة W.M.Keck في لوس أنجلس، الذي يحاول الوصول لمخطط سلكي لكامل دماغ الفأر مستخدماً تقنيات الوسم الصباغي. وتصبح المشكلة أسوأ عند تحويل المعطيات لتعبّر عن

"مصفوفة اتصالات connectivity matrix" –تسعى إلى التحديد الكمي لمدى ارتباط كل نقطة في الدماغ إلى نقطة أخرى– ولكن لا يمكن لها التفريق بين ليفين عصبيين منفصلين وليف آخر واحد يتفرع لفرعين.

كانت مجموعة العمل Blueprint مدركة لبعض الأمور المقلقة المتعلقة بتخطيطات الدماغ في حالة الراحة. فكما هي الحال بالنسبة للتصوير بالرنين المغنطيسي الوظيفي الأكثر شيوعاً فإن ما يتم قياسه بها فعلياً هو التدفق الدموي وليس النشاط العصبي بحد ذاته. والافتراض العام هنا هو أن كلا العاملين المذكورين النشاط العصبي والتدفق الدموي وثيقا الارتباط، بمعنى أن تدفق جريان الدم يزداد في المنطقة الدماغية حالما يتم تنشيط العصبونات فيها حيث يتطلب ذلك زيادة باستهلاك الأكسجين في هذه المنطقة. ولكن مؤخراً أشار أحد الباحثين إلى دراسات عديدة وضعت إشارات استفهام حول هذا الافتراض. هذه الدراسات أظهرت أن بعض حالات زيادة التروية الدموية تحصل دون أي زيادة في النشاط العصبي وبالتالي "لا يوجد علاقة تبادلية بين هذين العاملين" كما يقول.

دواعي قلق متبقية

وهذا يجعل تفسير دراسات التصوير بالرنين المغنطيسي الوظيفي في حالة الراحة من الصعوبة بمكان ليس أقله أن النشاط الدماغي في حالة الراحة يمكن أن يتبدل ويتذبذب ضمن مقياس زمني مشابه لأوعيته الدموية التي تتبدل فيها التروية. وتظهر دراسة مرجعية حديثة خلال هذا العام 2012 بشكل لا يحتمل الشك حول تقنية التصوير بالرنين المغنطيسي الوظيفي في حالة الراحة. أوضح Keily وفريقه أن وجود هذه التبدلات الوعائية يمثل جانباً مقلقاً، في حين أظهرت دراسات أخرى أن أي عامل مهما كان بسيطاً مثل تنفس الكائن أو حتى حركة رأسه البسيطة يمكن أن تؤثر بشكل معنوي على قياسات التصوير بالرنين المغنطيسي في حالة الراحة.

حتى لو تركنا التحديات التقنية جانباً، فلا يوجد أي ضمان أن يقود أو يفضي جمع مخططات كونّكتوم مئات الأفراد إلى أي تعميم مفيد. "يمكننا بالتأكيد تصور حالات يكون فيها مخطط الدماغ السلكي لكل فرد مختلف عن الآخر"، وذلك بحسب مدير المشروع في الـ NIMH الذي يدير أيضاً المشروع HCP البشري. ومع ذلك، فإن مجموعة بلوبرنت Blueprint مقتنعة بمفهوم أن أي معلومات ولو غير تامة هي دائماً أفضل من عدم وجود معلومات. وطرحت المجموعة سؤالاً هل سنتمكن من الحصول على تقنيات أفضل خلال الأعوام الخمسة القادمة؟ يتذكر البروفيسورHuerta أنه متأكد من ذلك ولكن إذا اتبعنا هذه القاعدة، فلن نتمكن من تنفيذ أي أبحاث علمية.

وقد أعجبت مجموعة البحث هذه بحقيقة أنه سيكون تطبيق هذه المكتشفات ممكناً للإجابة على أسئلة طبية وأخرى علمية على حد سواء. يقول Thomas: "لقد حسبنا أنه بإمكاننا إنجاز شيء مشابه لما تم من خلال مشروع الجينوم البشري لأنه بمجرد أن تتوفر لدينا خريطة للدماغ فإننا نستطيع مقارنة مخططات مشابهة عبر التطور أو أن نجري تخطيطاً لأشخاص يعانون من اضطرابات مختلفة من الدارات الدماغية".

البصمة الدماغية

في تموز من عام 2009 أعلنت مجموعة مخطط الدماغ عن اختيارها لمشروع تخطيط الدماغ البشري HCP على أنه واحد من ثلاثة تحديات كبيرة حيث كان المشروعان الآخران يركزان على الألم وأدوية اضطرابات الجملة العصبية، وبشكل متزامن تقدمت بمقترحات لتنفيذ أبحاث في هذه المجالات.

وفي 15 أيلول 2010 أعلن المعهد الوطني للصحة عن دعم مقترحات مشروعين لتخطيط الدماغ البشري. وكان مقدار تمويل المشروع الأكبر ثلاثين مليون دولار لمدة 5 سنوات يديره عالم بيولوجيا الأعصاب في جامعة واشنطن وأحد مؤسسي تقنية fMRI في جامعة Minnesota مع مساعد آخر لهما وهو عالم أعصاب في جامعة Indiana شارك في نشر دراسة مرجعية عام 2005 اعتمدت مصطلح connectome. وفي المرحلة الأولى التي شارفت على الانتهاء طوّر هذا الفريق جهازاً ماسحاً scanner يمكّن من مضاعفة دقة التصوير بالرنين المغنطيسي المعيارية.

وعندما ينجز هذا الجهاز الماسح سينتقل إلى جامعة واشنطن حيث سيبدأ مباشرة عمليات المسح العالي الأداء بأعداد كبيرة.

والخطة هي أن تستخدم تقنيات DSI, rs–fMRI لدراسة 1200 شخص 300 منهم توءم حقيقي، و300 توءم غير حقيقي و600 من الأشخاص الأخوة غير التوائم. وهذا سيسمح للباحثين بتحري إلى أي مدى يكون للاتصالات العصبية أساس وراثي

وأنها مبرمجة بالجينات. إضافة إلى ذلك هناك متطوعون لإكمال الاختبارات السلوكية والـ fMRI الأخرى مثل التخطيط الدماغي بالرنين المغنطيسي وتخطيط الدماغ الكهربائي، وبالتالي يمكن أن يتم الربط بين بنية الدماغ والوظائف بشكل أكبر. وكل هذه المعطيات ستنشر للعموم مما سيسمح للباحثين غير المنتسبين للبرنامج بالإجابة عن تساؤلاتهم الخاصة، ويخطط فريق عالم الأعصاب Van Essen لإطلاق بعض الأدوات التحليلية للمعطيات التي يسميها connectomics، "وإن كانت إنجازات غير معممة ولكنه يتوقع أن يقود هذا المشروع إلى مقاربة موحدة بشكل أفضل".

والمشروع الأصغر لتخطيط الدماغ البشري بكلفة 8.5 مليون دولار ويستمر لثلاثة أعوام يديره مختصّ بالتصوير الشعاعي يساعده مختص ببيولوجيا الأعصاب وذلك بغرض تطوير جهاز ماسح بالرنين المغنطيسي جديد مؤمثل لجمع المعطيات عن تتبع مسارات الألياف العصبية. وكانت الفكرة تهدف إلى زيادة قدرة الآلة على القياس أي بمعنى آخر قياس سرعة اختلافات الحقول المغنطيسية بأجهزة التصوير بالرنين المغنطيسي من نقطة إلى أخرى في الدماغ. فتدرج حاد أكثر يكون مشابهاً "لمرآة كبيرة في تلسكوب"، وتمكن الآلة بوقت واحد أن تكون أكثر حساسية للإشارات الضعيفة وتعطيها دقة ووضوحاً أعلى. والآن وقد تم إنجاز هذه الآلة فإنها تتطلب اختبارات وتمرساً أكثر قبل أن تستخدم في الاختبارات الروتينية. ويكون الباحثون بذلك قد حققوا زيادة في حساسية إشارة انتشار الماء بعشرة أضعاف مما يسمح للجهاز الماسح الجديد بتقفي الاتصالات العصبية بدقة أكبر من استخدام أفضل الأجهزة القديمة.

وفي مؤتمر صحفي عن إعلان إطلاق المشروع HCP في عام 2009، كان بذهن الباحثين أن هذا المشروع سيسمح بوضع مخطط توصيلات الدماغ البشري الكلي لوظائف الدماغ عند الإنسان الحي، وأن هذا المخطط يمكن أن يكون مترابطاً مع الطيف الكلي لوظائف الدماغ عند الإنسان الصحيح وفي حالات مرضية. وهذه الطموحات العالية يمكن أن تنجح أو لا تنجح خلال 5 سنوات. ولكن ما زال للمشروع مكانته حسب قول أحد علماء الأعصاب الحاسوبي، الذي درس الاتصالات العصبية في الدماغ على مستوى خلوي حيث صرح: "أنه من الخطأ أن نظن أننا نستطيع أن نلاحظ كل خلية في كل منطقة من الدماغ كي نحقق تقدماً علمياً". لكنه أكّد أن مخططات الاتصالات العصبية ستكون البداية بأفضل الأحوال حيث يقول: "إنها تنبئنا عن النقاط التي يجب أن نراقبها، وعندها سنحتاج لدراسة الخلايا لنتعلم أكثر" عن تصور كيف تنقل المعلومات في شبكة الاتصالات الدماغية.

ويختم الباحث أنه بعد أسبوع من زيارة المركز الذي أجرى له مخططاً عصبياً استلم المعطيات الخاصة بدماغه، وباستخدام برنامج software خاص من المركز فإنه من السهل أن يدرس البنية الهيكلية لدماغه وأن يرى بسهولة الحصين الدماغي hippocampus والمجموعة الكبيرة من الألياف العصبية المنبثقة من مركز الدماغ الحسي وصولاً إلى القشرة الدماغية. وكان الباحث منذهلاً بالتفصيلات والتنظيم الواضحين، ويضيف أنه حالياً وإن كانت هذه المعطيات تمثل شيئاً فريداً يمكن أن يطلع أصدقاؤه عليه فإنه سيكون مندهشاً عندما يتوصل العلماء لمعرفة كيف سيكون الشكل الطبيعي العادي لمخطط الدماغ ويتوصلون لفهم الاختلافات إن وجدت. فماذا ستنبئ هذه المخططات من شبكات الاتصال الملونة بألوان قوس قزح عني؟

نُشر هذال المقال في مجلة ***Nature, Vol 483, 22 March, 2012***،
ترجمة **د. غسان عليا**، هيئة الطاقة الذرية السورية.

سُبل مائية مفتوحة

مع ذوبان الجليد، يجابه باحثو القطب الشمالي عقبات جديدة.

الكلمات المفتاحية: امتداد الرف الصخري القارّي، اتفاقية الأمم المتحدة بشأن قانون البحار، مركبات جوية بدون ربّان، سفن مقواة ضد الجليد.

Key words: *extended continental shelf, United Nations Convention on the Law of the Sea (UNCLOS), unmanned aerial vehicles (UAVs), ice-strengthened vessels.*

كاسحتا الجليد S. St. Laurent والكاسحة Healy تساهمان في المسح والمعاينة الدولية المتعددة السنوات لرسم خريطة الجرف الصخري القاري.

في الشهر الماضي غامر باحثو الولايات المتحدة بأربعة آلاف طن أخذوها مبحرين بالسفينة لانغسِث Marcus G. Langseth عبر مضيق بيرينغ (سُمّي كذلك نسبةً للملاح والمستكشف الدانمركي الذي راد البحار القطبية الشمالية) إلى المحيط المتجمد الشمالي. ومركب البحث هذا ذو الطول 72 متراً لم يكن مبنيّاً ليشق الجليد، ولم يسبق له أن غامر إلى هذا البعد في القطب الشمالي من قبل. ولكن التنظيمات تتغيَّر بسرعةٍ في الشمال الجديد. فالإداريون في المؤسسة الوطنية الأمريكية US National Science Foundation (NSF)، المالكة للسفينة قرّروا إرسال لانغسِث إلى القطب الشمالي بعد استعراضِ صور الساتل التي بيّنت أن المساحة المقصودة بالدراسة في بحر شوكشي Chukchi كانت خالية من الجليد إلى حدٍّ كبير خلال أربعة فصول من فصول الصيف الخمسة الماضية.

في بريد إلكتروني إلى مجلة نيتشر في استقصائها المبدئي، يقول برنارد كوكلي Bernard Coakly: "نحن نوجه حجر النرد قليلاً نحو الشمال الأعلى". وبقي الرهان لصالح كوكلي، الجيولوجي البحري في جامعة ألاسكا فيربانكز. فقد كان غطاء جليد البحر قريباً من الانخفاض القياسيّ في هذا الصيف، والسفينة لانغسِث التي كان يُفترض أن تعود إلى حوض السفن لم تواجه أي جليد مزعج.

فمع سخونة القطب الشمالي بسرعةٍ تزيد مرتين عن سخونة باقي الكرة الأرضية، بقيت هناك حاجة أكثر من أي وقت مضى لمراقبة ظروف هذه التغيّرات هناك. فتقهقر جليد البحر الصيفي يفتح خيارات جديدة للعلماء الذين يريدون أن يستكشفوا مياه القطب الشمالي، الأمر الذي يسمح لهم، على سبيل المثال، باستعمال مراكب بدلاً من كاسحات الجليد.

ليس العلماء وحدهم، بل الشركات أيضاً، يُبحرون لاستثمار القطب الشمالي بغرض السياحة، وصيد الأسماك، والنقل، وخصوصاً البحث عن المصادر، ومنها الفحوم الهدروجينية hydrocarbons. وحسب المسح الجيولوجي الأمريكي، يمكن للقطب الشمالي أن يضم 30% من غاز العالم غير المكتشف، وما يقارب 13% من نفطه غير المكتشف. والحكومات توّاقة للوصول إلى هذه الثروة ولذلك يضاعفون أنشطتهم في هذه الساحة كمقدمةٍ للمطالبة بالحقوق في المصادر في شريط فسيح من المنطقة الخاضعة لاتفاقية الأمم المتحدة بشأن قانون البحار under the United Nations Convention on the Low of the Sea (UNCLOS)، وعندما غَرَست روسيا علماً في قاع البحر تحت جليد القطب الشمالي في العام 2007، رأى كثير من الناس في هذا العمل بياناً رمزياً عن

التساؤلات الكبرى في بحوث المحيط المتجمد الشمالي

ترتفع درجة حرارة البحر المتجمد الشمالي بسرعة تساوي ضعف سرعة ارتفاعها في باقي كوكب الأرض. وهنا ندرج خمس قضايا ذات أهمية خاصة بالنسبة للعلماء.

1 الجليد

- *كيف تكون استجابة الملاءة الجليدية للأرض الخضراء واستجابة القطاعات الأخرى لجليد أرض البحر المتجمد الشمالي لارتفاع حرارة المناخ؟*
- *كيف سيستجيب الجليد لهذا الارتفاع في المستقبل؟*
- *هل هناك عتبات تصبح بعدها ملاءة جليد الأرض الخضراء غير مستقرة؟*
- *كيف سيُغيِّر الجليد المنصهر وغير ذلك من عوامل المياه العذبة البحر المتجمد الشمالي وكذلك الدوران الحراري-الملحي Thermohaline الذي يجري عبْر برك المحيط العالمية؟ (ويُقصد به جزء دوران المحيطات الذي ينجم عن تدرج الكثافة نتيجة لاختلاف كلٍّ من الحرارة السطحية والمحتوى الملحي للمياه) (المترجم).*

2 التضخيم

- *لماذا ارتفعت حرارة البحر المتجمد الشمالي أكثر بكثير من ارتفاع حرارة باقي الكرة الأرضية؟*
- *ما هو مقدار التسخين الذي نشأ منذ التغيّرات خارج هذه المنطقة –مثل تغيّر تدفق الحرارة والتلوث الآتي من خطوط العرض الأدنى؟ وما هو المقدار الذي سبّبته العوامل المحلية، مثل التلوث من المنطقة ذاتها، أو من التغذية الراجعة من فقدان جليد البحر؟*
- *ما هو دور التغيّرات الطبيعية في تغيّرات البحر المتجمد الشمالي، وما هي احتمالات تطورها؟*
- *كيف ستؤثر في المنطقة نشاطات الإنسان في البحر المتجمد الشمالي، ومنها حركة مرور المراكب؟*

3 الكربون

- *كيف ستساهم تبدّلات مناخ البحر المتجمد الشمالي في تعديل دورة الكربون؟ مثلاً: هل سيطلق ذوبان الجليد السرمدي ميتاناً إضافياً؟ أم هل سيحرض الدفء نمو النباتات، ويزيد حبس ثنائي أكسيد الكربون؟*

4 أنظمة بيئية

- *كيف ستؤثر التغيّرات في البحر المتجمد الشمالي في الأنظمة البيئية؟ لا ينطبق هذا على المناخ فقط ولكن أيضاً على سفن الشحن وعلى استكشاف النفط والغاز، وعلى التلوث وصيد الأسماك.*
- *ما مدى حسن التكيّف في الأنظمة البيئية؟*

5 الناس

- *كيف سيتأثر الناس في البحر المتجمد الشمالي، ومنهم الناس الذين نشؤوا هناك، بتغيّرات المناخ، وبأنظمة البيئة، وبتزايد الأنشطة الاقتصادية في المنطقة؟*

الطموحات الإقليمية للبلد –وهي وجهة نظر تدعّمت في تموز/يوليو عام 2011 عندما رهنت روسيا فرقتين دائمتين في بحر القطب الشمالي. وفي الشهر التالي بدأت كندا العمل في بحر القطب وادّعت أن لديها الآن إمكانيات عسكرية في المنطقة أكثر مما كان في أي وقت مضى.

وحسب بعض الروايات، تشير كل هذه التبجحات إلى حرب باردة جديدة يمكن أن تعيق عمل العلماء العاملين في القطب الشمالي. إلا أن الجيولوجيين والعاملين في المحيطات وغيرهم من الذين يُجْرون البحوث في المنطقة يرون التعاون فيها أكبر من التنافس.

"إن ما تقرأه في وسائل الإعلام هو نزاع جيوسياسي" geopolitical، يقول هاجو إيكن Hajo Eicken، وهو باحث في جليد البحر في جامعة ألاسكا فيربانكز، ويضيف: "وما نراه هو شيء معاكس تماماً. ففي كثير من الحالات لا يمكنك عمل بحث في البحر المتجمد الشمالي إلا إذا كان لديك تعاون دولي جاهز".

وبالنسبة للباحثين، فإن أكبر معضلة هي ضمان وقتٍ للسفينة. فمع هبّة الاهتمامات في القطب الشمالي، يترتب على العلماء التسابق نحو شركات الحفر وغيرها من أجل الحصول على وقتٍ على السفن المصمَّمة للعمل في هذه المنطقة، وهذا أمر صعب المنال، وهو سبب إنهاء كوكلي ومعاونيه للاختبارات على لانغستِ في بحر شوكشي.

طموحات إقليمية

عندما قدّم كوكلي اقتراحه لمؤسسة NSF لاستقصاء جيولوجية المنطقة، طلب في الأصل كاسحة الجليد الأمريكية Healy الرئيسة، التي سبق أن استعملت في بعثات الماضي في شوكشي. ولكن عوامل متعددة تضافرت ضد ذلك المخطط وأصبح المركب هيلي Healy مكتظاً ومحملاً أكثر مما يحتمل. أمضت كاسحة الجليد أواخر شهر آب/أغسطس وأيلول/سبتمبر عام 2011 وهي تبحر في بحر القطب الشمالي جنباً إلى جنب مع خفر الساحل الكندي وكاسحة الجليد لويس سان لوران louis. St-Laurent. وكجزء من مشروع متعدد السنوات بين الحكومتين، رسمت السفينتان بالتفصيل الرف (الصخري المسطح) القارّي (الأوربي) الممتد من أمريكا الشمالية، وقامتا بجمع المعلومات التي يمكن أن تساعد البلدين على تثبيت ادعاءاتهما بأجزاء من قاع بحر القطب الشمالي.

يمكن لأي أمة أن تطالب بحقوقها في قاع البحر وراء طوق الـ200 ميل

المراكب الاستقلالية

عيون جديدة من أجل العلم

العزلة والبعد النائي والقيد الجليدي تجعل البحر المتجمد الشمالي واحداً من أكثر الأماكن صعوبة للدراسة. وكاسحات الجليد قليلة الوفرة، والكثير من المحسّات المحمولة على السواتل غير قادرة على إمعان النظر عبر الغيوم الكثيفة التي تحجب المنطقة في معظم الأوقات، ولهذا أصبح استعمال الباحثين للمركبات المستقلة (الخاصة) في تزايد مستمر، ومنها استخدام المركبات تحت المائية لجمع المعطيات تحت الجليد، وكذلك الطائرات أو السفن بلا ربّان التي تستطيع التحليق فوقها.

في الماضي اعتمد الباحثون في بحار القطب الشمالي على أدوات ساذجة بسيطة، مثل الطوّافات Buoys والمحسّات Sensors التي يسوقها الهواء فوق مساحة الجليد المتكسر. إلا أن المركبات الاستقلالية الأكثر قابلية للحركة والتنقل يمكن أن تجمع مختلف المعطيات من سُمْك جليد البحر إلى الوصف الدقيق لقاع البحر.

"نحن متقدّمون أكثر مما يفهم الناس"، يقول جيمس ماسلانيك James Maslanik، منمذجُ المناخ في جامعة كولورادو، بولدر، الذي سبق له أن طيّر مركبات جوية بدون ربّان فوق آلاف الكيلومترات من المحيط المتجمد، ويضيف: "تستعمل الطائرات في المقام الأول لإتمام التغطية، والتي لا تكون طائرات البحث الكبيرة والمأهولة ملائمة لجمع تلك المعلومات".

ويقول ماسلانيك إن فرقاً من النرويج، وروسيا، والدانمرك، والمملكة المتحدة أنجزت أعمالاً في القطب باستعمال مختلف الـ UAVs بدون ربان والتي تتراوح ما بين "طائرات الهواة" المزوّدة بالطيارين الآليين، وبين الطائرات بدون ربان ذات التقنية العالية، من مثل طائرة ناسا العالمية هاوك NASA's Global Hawk.

ويجرّب العلماء أيضاً المركبات الاستقلالية التي يمكن أن تنقضّ وتغطس عبر فتحات الجليد ومن ثم تبحر عائدةً إلى ذات أماكن دخولها. وفي العام 2007 استعمل فريقٌ من معهد Woods Hole Oceana graphic institution في ماساتشوستس، غواصتين من وزن 250 كغ لدراسة أرض البحر لعمق تجاوز الـ 4000 متر تحت السطح، حيث اكتشفوا ثوران بركانٍ في عمق البحر لم يُوثّق سابقاً. وقبل ذلك في تلك السنة، استعمل فريق آخر جهازاً أصغر لرسم الجانب السفلي للبحر المتجمد الشمالي.

استعملت طائرة ناسا (الحلف الأطلسي)، بدون رُبان المناسبة لمنطقة الأثلام الجليدية، من أجل دراسة جليد البحر في مضيق فرام Fram Strait.

بحري المعتادة تحت إدارتها وذلك تحت مظلة اتفاقية الأمم المتحدة بشأن قانون البحار UNCLOS –الطوق المعروف بأنه المنطقة الاقتصادية المقصورة على البلد– فيما إذا كان بإمكانها البرهنة على أن المنطقة المطالب بها هي امتداد طبيعي للجرف الصخري القارّي للبلد. وهذا يتطلّب حملات مشددة لرسم خرائط، تكون قد ولّدت كميات كبيرة من أعمال جيولوجيي البحار في السنوات الأخيرة، وأنها أيضاً استغرقت أوقاتاً نفيسةً من كاسحة الجليد.

ولم تصادق الولايات المتحدة الأمريكية حتى الآن على معاهدة UNCLOS، واستغرق الذين وقّعوا على هذه المعاهدة عشر سنوات بعد التصديق ليتقدموا بالمطالبات الرسمية. ولذلك يبقى من غير الواضح بالضبط ما هي المساحات التي يمكن أن تنقطع في هذه العملية. فبعض التصورات ترى أن البلدان المجاورة للمحيط المتجمد الشمالي ستتقدم بمطالب تغطي معظم تلك المنطقة.

إن الرغبة في المشاركة في بحر القطب الشمالي تمتد إلى أبعد من مجاوريها، فالصين وكوريا الجنوبية، مثلاً، قامتا ببناء كاسحات جليد ضخمة لإثبات وجودهما في الشمال. وتدفع الاهتمامات التجارية كثيراً من الأنشطة في المتجمد الشمالي، مع شركات النفط، وخصوصاً المناورة للحصول على موقع. فإيكسون Exxon مثلاً فازت على BP (الشركة البريطانية للنفط) بتوقيعها صيف عام 2011 اتفاقيةً متعددة –ببلايين الدولارات– مع شركة النفط الروسية العملاقة روزنفت Rosneft للمشاركة في نقب بحر كارا Kara Sea. وتموّل شركة "طاقة كرن" Cairn Energy في أدنبرة، في المملكة المتحدة، الانفاق على استكشاف الآبار بعيداً عن الشاطئ الغربي لغرين لاند، وتتحرك شركة شل بخطط لنقب بحر شوكشي في هذا العام بعيداً عن ألاسكا.

وفي الوقت ذاته، تتزايد البواخر السياحية ذهاباً وإياباً تمخر المياه الواقعة قبالة الشاطئ الغربي لغرين لاند. وفي المدة المنصرمة ما بين العامين 2000 و2010 تضاعفت أعداد السفن الطوّافة في البحر لزيارة الجزيرة أكثر من ثلاث مرات، ومثل ذلك تزايدت أعداد السواح على متن هذه السفن، بحسب مجلس السياحة وإدارة الأعمال، إلى غرين لاند، حيث أصبح الشمال مقصداً لعموم الناس.

مستقبلٌ خالٍ من الجليد

إن فرص السفر إلى البحر المتجمد الشمالي ستزداد مع استمرار ذوبان غطاء بحرها المتجلد. ويجادل الخبراء حول السرعة التي سيحدث فيها ذلك، لأن قابلية التغيّر الطبيعية في السنوات الـ 10-20 الماضية يمكن أن تكون قد سرّعت في اختفاء الجليد الناشئ نتيجة ما حرّضه الإنسان من تسخينٍ عالمي. وهكذا يمكن أن يتباطأ فقدان الجليد، وحتى أنه يمكن أن يعود الغطاء الجليدي إلى حالته الطبيعية لفتراتٍ وجيزة. "وفي نهاية اليوم، هناك كثير من عدم اليقين" تقول ماريكا هولاند Marika Holland، باحثة في جليد البحر في المركز الوطني لأبحاث الجو (الغلاف الجوي) في بولدر، كولورادو.

إلا أن النزعة الطويلة الأمد تبدو جلية. "هناك إجماعٌ على ما يبدو أنه بعد ثلاثينيّات هذا القرن وحتى الخمسينيّات منه وربما حتى الستينيات يمكن أن نرى فقدان الجليد كلّه لمدة قصيرة خلال الصيف"، هذا ما يقوله جون وولش John Walsh العالم بأمور الجو في جامعة إلينوي في أوربانا–شمبين.

ومن المحتمل أن يؤدي ذلك إلى صعودٍ كبيرٍ في حركة المرور في بحر المحيط الشمالي. ومع حلول الصيف ينكمش جليد البحر من حيث الامتداد ومن حيث الترقق، وتصبح المنطقة أسهل منالاً أو وصولاً إليها من قبل البواخر المحصّنة ضد الجليد، إلى درجة أقل، وذات الحماية الأضعف من حماية كاسحات الجليد الحقيقية المرعبة. وهناك دراسةٌ أجراها الباحثون في جامعة كاليفورنيا، لوس أنجلوس، قدّرت أنه حتى منتصف القرن سيصبح في الإمكان الوصول إلى مياهٍ إضافيةٍ يُقدّر اتساعها بنحو 23% من مياه القطب بالنسبة للمراكب ذات القدرات المحدودة على كسح الجليد.

وفي آخر الأمر يمكن أن تبدأ شركات الشحن باستعمال القطب الشمالي كمقطعٍ قصيرٍ لنقل البضائع بين مدن تقع على حافة المحيط الهادي وبين تلك الواقعة على حدود المحيط الأطلنطي. وقد قامت رحلات تجريبية على الشاطئ الشمالي لروسيا، واجتاز عدد قليل من السفن البحر الشمالي الغربي Northwest Passage، شمال كندا. ولكننا لا نتوقع نمواً كبيراً في مرور الناقلات عبر القطب الشمالي في وقت قريب. فحسب التقديرات في العام 2009، توقع مجلس البحر المتجمد الشمالي، الذي هو منتدى للمسائل داخل الحكومات intergovernmental forum التي تؤثر في المنطقة، أن أكثر الشحنات في المنطقة ستشمل جلب المؤن إلى المجتمعات الشمالية وتصدير الموارد مثل النفط والمعادن حتى العقد القادم على الأقل ويمكن أن تدوم لمدة أطول كثيراً.

"والاعتقاد بأن المحيط المتجمّد الشمالي سيصبح مثل قناة بنما أو مثل قناة السويس هو مجرد اختلاق من وسائل الإعلام"، كما يقول لوسون بريكهام Lawson Brigham، الجغرافي في جامعة ألاسكا فيربانكز ورئيس عمل التقييم، ويضيف: "يمكن أن يكون هناك فرصة صيفيّة للنقل البحري عبر القطب المتجمّد الشمالي".

تخلق هذه التغيّرات إحساساً بالإلحاح على عملٍ عاجلٍ بين العلماء الذين يحاولون الإجابة على سلسلة من التساؤلات عن المنطقة (انظر المقطع "صفوة الأسئلة في أبحاث البحر المتجمّد الشمالي"). وقد اعتمد الباحثون المتطلعون إلى الوصول إلى المحيط المتجمّد الشمالي تقليدياً على كاسحات الجليد للنفوذ عبر الجليد. إلا أن هذه المراكب قليلة في الولايات المتحدة، وهي أقل من ذلك في أوربا، بسبب قلة الاستثمارات في هذا المجال.

وحتى المراكب المقواة ضد الجليد يمكن أن تكون صعبة التأمين للباحثين. ويقول جاكويلين غريبمبير Jacqueline Grebmeier، وهو باحثٌ في بحر القطب الشمالي في جامعة ماريلاند في سولومونز سبق أن قام برحلات عديدة عبر المنطقة وفق الشاطئ الكندي على كاسحة الجليد "سير ويلفرد لوريير" Sir Wilfrid Laurier: "بسبب تراجع الجليد البحري وتطور عمليات النفط، فقد تعلّقنا ببحريْ شوكشي وبيوفورت Beaufort، مع استمرار تزايد المراكب المقواة ضد الجليد في الصناعة".

إن المراكب المقواة ضد الجليد ليست قوية بما يكفي لتؤمن نوعاً من حرية الوصول التي يرغب العلماء الحصول عليها. "فكثير من العمليات الأساسية بحق، لفهم الكيفية التي يعمل بها المناخ وعلم المحيط وعلم الحياة في المتجمد الشمالي لا تحدث خلال وقت الصيف"، يقول لسترلمبك–جِن Lester Lembke-Jene، الجيولوجي البحري في معهد ألفرد ويغنر للأبحاث القطبية والبحرية في برميرهافن Bremerhaven، ألمانيا، ويتابع قائلاً: "إذا لم تتوفر لديك المراقبات السنوية الكاملة، يكون لديك الكثير بل الكثير جداً من عدم التوازن ومحدودية النظرة لما يحدث هناك".

يحاول الباحثون مع نقص المراكب إقناع الآخرين بعمل شيءٍ من طرفهم بالنيابة عنهم. فبعض مشغّلي المراكب التجارية يجمعون المعطيات لعلماء المناخ، وفي عام 2010 أعادت حكومة الولايات المتحدة إطلاق تمرين علم الجليد Science Ice Exercise، وفيه تجمع الغواصات الحربية عيّنات المياه وتقيس درجات الحرارة، والملوحة، والمغذيات والكلورفيل (اليخضور) وغير ذلك مما يطلبه العلماء. كما بدأ الباحثون بالاستفادة من الغواصات وكذلك من الطائرات لجمع المعلومات (انظر المؤطر 1 "عيون جديدة من أجل العلم").

المجمّدات

يمكن أن تؤدي الطموحات الإقليمية لمختلف الأمم إلى وضع قيودٍ على التسهيلات العلمية. ومن الناحية النظرية، فإن المساحات التي يُطالَب بها وفق اتفاقية UNCLOS تطبق فقط على قاع البحر، ولا تعطي البلد حقوقاً في المياه فوقها. عملياً، وفي كل الأحوال،

مغامرة باحثٍ مبتعدٍ عن شاطئ ألاسكا بقصد قياس سُمْك جليد البحر في مطلع صيف العام 2011.

يمكن لمثل هذه المطالب أن تعيق العمل العلمي.

"وإذا ما أرادت دولة ساحلية أن تطالب الدول الأخرى بأخذ الإذن منها لإجراء أبحاث في المنطقة على امتداد الجرف القاري، فإنها تستطيع ذلك إذا أعلنت أن تلك المنطقة ذات أهمية خاصة للاستكشاف"، يقول لاري مايير Larry Mayer، الجيولوجي البحري في جامعة نيوهمشير في دورهام.

ويقول مايير إن هذا أكثر من استغلالٍ تافه، فلدى روسيا تاريخ في إعاقة الوصول أمام العلماء من البلدان الأخرى الذين يلتمسون العمل في مياهها. ويقول بعض الباحثين إن محاولاتهم لإخراج أو جمع المعدّات من المساحات التي تقع تحت رقابة الروس كانت فاشلة عند تقديم طلبات الأذن وتُقابل بالرفض أو بالطي دون رد. فبرنامج استكشاف المحيط، مثلاً، لم يتمكن من الحصول على الإذن للاستكشاف في الأجزاء الروسية في بحر البيرينغ في العام 2009.

ويقول بعض العلماء العارفين بالروس إن معضلات الإذن تنجم عن العقبات البيروقراطية التي تضعها غالبية الناس أكثر من كونها سياسة تعويقٍ متعمدة. «فالعطالة الناشئة هنا ضخمة جداً بالفعل وموروثة من العهد السوفيتي»، يقول إيغور بولياكوف Igor Polyakov، باحث روسي في البحر المتجمد الشمالي ويعمل الآن في جامعة ألاسكا فيربانكز، ويضيف بأن الحصول على إذن للبحث في المياه الروسية أسهل الآن كثيراً مما كان في الماضي.

ويُعلم آخرون عكس ذلك تماماً. فشيريل روزا Cheryl Roza، المدير التنفيذي لهيئة بحوث المحيط المتجمد الشمالي الأمريكية في أنشوريج، ألاسكا Anchorage, Alaska، يقول إن الباحثين ما زالوا يُعانون الصعوبات من الأذونات، وتأشيرات الدخول،

والضرائب على التمويل، ومن إخراج المعطيات من روسيا ومن مواضيع أخرى.

ورغم هذه الهموم مع روسيا فإن العلماء يرون أن التعاون في البحر المتجمد الشمالي قد أصبح أقوى منه في أيّ عهدٍ مضى. فالسنة القطبية الدولية الأخيرة، التي بدأت من آذار/مارس عام 2007 إلى آذار/مارس عام 2009، ساعدت في جمع العلماء إلى بعضهم بعضاً من مختلف البلدان للعمل في عشرات المشاريع في المتجمد الشمالي، انطلاقاً من دراسات الطبقة المتجمدة إلى أبحاث الناس الفطريين (الطبيعيين) هناك. "لقد أحدث هذا بالفعل اختلافاً كبيراً وربما دفع التعاون العلمي أكثر وأسرع"، كما يقول جولاي بريغهام–كريته Julie Brigham-Grette، وهو جيولوجي متخصّص في المناطق الجليدية في جامعة ماساتشوستس في أمهرست Amherst.

ويأمل مايير بأن يُسرع مجلس محيط البحر المتجمد الشمالي أو بعض الآخرين في صياغة اتفاقية تسمح للباحثين باستمرار

> «إن فكرة أن يصبح المحيط المتجمد الشمالي مثل قناة بنما أو قناة السويس، هي من تلفيق وسائل الإعلام.»

الحصول على السماح عبر منطقة البحر المتجمد الشمالي. وقد ظهرت خطوة إيجابية في أيار/مايو من عام 2011 عندما وافق مجلس مكون من أعضاء من ثماني دول على العمل معاً في البحث (والإنقاذ) في المنطقة، لإرساء أول اتفاقٍ ملزمٍ قانونياً عبر مجلس البحر المتجمد الشمالي.

ويقول علماء البحر المتجمد الشمالي إن روح التعاون تغيّر بحوثهم بطرقٍ عميقةٍ. وهم ربما كانوا في طليعة زملائهم في أي مكان من حيث إطلاق المعلومات بسرعةٍ وعلى نطاقٍ واسعٍ، كما يقول إيكن Eicken. فالمعطيات من NSF التابعة لشبكة مراقبة البحر المتجمد الشمالي التي هي منظومة للجو والأرض والمحيط تقوم على وسائل للمراقبة، مثل جعل المعلومات متاحةً على الفور عبر خط المعطيات الإلكتروني immediately available through an online database، بحيث يستطيع أيّ شخص الحصول عليها تقريباً في زمن القراءة الحقيقي من المراصد الطافية وغيرها من المراصد الأخرى.

إن التقدم مدفوع جزئياً بالتغيّرات في المنطقة. فالعلماء غالباً ما يأخذون سنتين إلى ثلاث سنوات لمعالجة المعطيات ونشرها، ولكن في البحر المتجمد الشمالي، يقول إيكن، لا يمكن لمثل هذا الدور أن يتماشى مع التطور السريع.

وإذا كانت هذه التصورات صحيحةً، سيحتاج العلماء للعمل بسرعة أكبر من أيّ وقت مضى لمجاراة هذه الظروف غير المستقرة. ورأت كريبمبير Greebmier تماماً كم كانت المنطقة عرضة للتغيّر في تموز/يوليو من عام 2010 في آخر رحلة لها على المركب sir Wilfrid Laurier. فمنذ سنين عديدة مضت، سبق للباخرة أن جرت عبر الجليد السميك المتجلّد منذ سنوات عديدة في أثناء سيرها بالقرب من بارو Barrow، ألاسكا. إلا أن الطاقم، في العام الماضي، لم يجد سوى قطعة جليدٍ واحدةٍ لم تكن لتسبب أية متاعب مؤثرة، "كنت أعمل على السطح صاح أحدهم انظروا جليد البحر"، "فالتفتُ رافعةً نظري وفكّرت بأن التقاط صورة لم يكن يستحق وقتي".

دانييل كريسي *مراسل لمجلة نيتشر في لندن. ومراسل إضافي من ريتشارد مونامسترسكي.*

نُشر هذا المقال في ***Nature, vol 478, 13 October 2011***، *ترجمة* **د. مصطفى حموليلا**، *عضو هيئة التحرير.*

أخبار علمية

توازن دقيق

لطالما تكيّف مناخ الأرض ومحيطها الحيوي مع بعضهما بعضاً. يبرهن جيمس ف كاستينغ J. F. Kasting على محاولة الكشف عن مستقبل هذا الكوكب من خلال استقراء ماضيه.

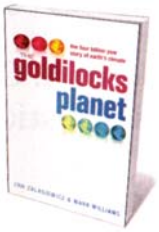
طقس الأرض ومناخها يتأثران بالتغيّرات في مدارها وبالتذبذبات في منظومتها الداخلية.

لقد ارتفعت درجة حرارة الأرض بسرعة في ما مضى. إذ إن درجة حرارة الكوكب ارتفعت منذ حوالي (55) مليون سنة بمقدار (8) درجات على مدى (20) ألف سنة، وظلّت مرتفعة لحوالي (100) ألف سنة. ولم يكن السبب معروفاً، لكنه قد يكون نتيجةً لاستثارة «هيدرات الميتان» المترسّبة في قاع البحر مسبِّبة تدفق غاز الميثان إلى السطح بقوة مطلقاً كميات كبيرة من غازات الدفيئة إلى الغلاف الجوي.

يحظى العصر الباليوسيني الحار* باهتمام كبيرٍ عند علماء المناخ: حيث إن زيادة درجة الحرارة المقدّرة مشابهة لارتفاع درجات الحرارة المتوقع في المستقبل بسبب الأنشطة البشرية، إلا أننا نشوّش استقرار النظام المناخي بشكل أسرع. مثل هذه الأحداث تبيّن أنه إذا كنت ترغب في فهم مستقبل المناخ فإنك تحتاج لدراسة ماضيه. وكتاب (الكوكب المعتدل) –جاءت هذه التسمية لأن كوكب الأرض على عكس جيرانه الكواكب الأخرى هو مجرد كوكب ملائم

** معروف لدى العلماء باسم "بلايوسين–أيوسين ثيرمال ماكسيمام"(PETM) ، نتج عنه زيادة انتقال بعض المناطق البيئية تجاه قطبي الأرض الشمالي والجنوبي، ولم تجد الحيوانات والنباتات بداً من الهجرة، أو التكيف مع المستجدات، أو أن تلقى حتفها. وتعرّضت أشكال الحياة في أعماق المحيطات إلى التحمض، ونقصت كميات الأكسجين ما أدى إلى هلاك كثير من الكائنات الحية.*

للحياة، فلا هو حار جداً ولا بارد جداً– يصف ذلك الماضي منذ بدايته الملتهبة إلى عالم يزداد حرارة.



هذا الكتاب هو أقوى في جيولوجيا التاريخ الحديث منه في جيولوجيا الماضي البعيد، ولكنه يدل على أن قصة تغيّر المناخ في الماضي هي وسيلة قوية للتعبير عن واقع ظاهرة الاحتباس الحراري ومخاطرها التي سبّبها الإنسان.

«جان زالاسيفيتش ومارك وليامز» (مؤلفا الكتاب) هما خبيران في علم الأحياء الدقيقة للحقبة الرابعة: فهما يدرسان سجل المستحاثات المكروبية منذ (2,6) مليون سنة مضت وحتى الوقت الحاضر، كما أنهما على دراية جيدة بالنظائر البيوجيوكيميائية، وفك رموز تاريخ الكوكب من خلال تعقّب أثر المواد الكيميائية على الحياة.

تمّ تعريف المناخ في فترة الحقبة الرابعة من خلال سلسلة متعاقبة من العصر الجليدي والفترات الفاصلة بينها. يناقش المؤلفان بعمق ما الذي سبّب هذا، ويصف «ميلانكوفيتش» بأن ما سبب انحراف دورات المناخ هو انحراف محور الأرض، ويظن دانسغارد–أشيغير وهاينريش الأقل معرفة، بأن التغيّرات المناخية على نطاقات زمنية أقصر تنجم عن التقلبات في نظام الأرض. هذه الفقرات تشكل مقدمة جيدة للموضوع بالنسبة لغير المختصين. وهناك بعض القصص المسلية هنا. يخبر المؤلفان عن رحلة تمّت عبر ممر «دريك» والذي يمتد بين أمريكا الجنوبية والقارة القطبية الجنوبية، بواسطة كاسحة الجليد (HMS الثابتة) من البحرية الملكية البريطانية: وهي سفينة ذات قاع مسطح (تتمايل بثبات) في أعالي البحار. ونحن ندرس عن حب الجيولوجي «نيكولاس شاكلتون» للكلارينت، وكيفية كشف أحد نظائر البورون عن حموضة المحيطات القديمة. هناك فائدة رائعة من إغلاق برزخ بَنَمَا منذ حوالي (3) ملايين سنة. وهذا سمح للحيوانات البرية، مثل المدرع، الذي تمّ تقديمه في هذا الكتاب على أنه قاتل تكساس، أن يهاجر بين أمريكا الشمالية والجنوبية، وزاد من درجة الملوحة بين المحيط الأطلسي والمحيط الهادي، مما يساعد على تحديد نمط حديث من دوران مياه المحيطات المدفوع بالتباين الحراري. إن المؤلفين خبيران حقيقيان في هذا المجال.

زالسيفيتش، ووليامز هما أيضاً على دراية بتاريخ المناخ في الأحقاب القديمة (الفانيروزويك)، وهي الفترة الممتدة منذ (542) مليون سنة وحتى الوقت الحاضر، حيث يوجد سجل مستحاثات جيد من النباتات والحيوانات المتعددة الخلايا. لقد تعلّمتُ من حكايات التسكع حول شواطئ إنجلترا الصخرية كيف أن متعضيات (كرابتوليتس) –وهي من الحيوانات المجهرية المستعمرة التي كانت تعيش في الرواسب خلال أوائل الأحقاب التاريخية القديمة – اختفت منذ حوالي (450) مليون سنة من سجل المستحاثات عندما انخفضت درجة حرارة المناخ، وذلك لأن البرد والماء الغني بالأكسجين المتغلغل في أعماق البحار ترك الحيوانات المفترسة تغزو الرواسب وتأكلها.

لكن تغطية الكتاب لتطور المناخ خلال أول تسعة أعشار من تاريخ الأرض –عصر ما قبل الكامبري منذ (542) مليون سنة وقبل ذلك– ليست مفصّلة جداً ولا متوازنة بما فيه الكفاية من الناحية العلمية. يصف فصل واحد معظم هذا الفاصل الزمني، وآخر يركّز على العصور الجليدية الأخيرة (البروتيروزويك)، حيث تحولت الأرض إلى كرة ثلجية، عندما غطت الثلوج مراراً سطح الأرض بالكامل تقريباً منذ حوالي (635) مليون سنة. زالسيفيتش و ويليامز يعطيان اهتماماً قليلاً لدورة سيليكات الكربونات والتي يعتقد كثير من علماء الأرض أنها الأساس لحالة الأرض المعتدلة. والفكرة الأساسية هي أن البراكين تضيف الكربون للجو والبحر، ويؤدي تأثير العوامل الجوية إلى إخراج معادن السيليكات من القارات والمحيطات.

يتباطأ تأثير العوامل الجوية مع برودة المناخ، لذلك يتراكم غاز ثنائي أكسيد الكربون رافعاً درجة حرارة المناخ ومحدثاً أثراً سلبياً. لقد تمّ ذكر هذا الأثر السلبي بوصفه سبباً لذوبان كرة الأرض الثلجية، ولكن لم تتم في الواقع مناقشة أهمية ذلك في تنظيم المناخ بشكل عام.

لا أحد من المؤلفين يرشد إلى حوادث الكرة الجليدية للأرض. إنهما يعطيان الكثير من الأهمية للأفكار المنبوذة، مثل الفرضيات الكثيرة الغموض، والتي تقول إن العصور الجليدية نتجت عن ميل محور الأرض، ولا يشيران إلى أحدث الأفكار والأدلة.

يعالج الفصل الأخير من كتاب «الكوكب المعتدل» فترة (الأنثروبوسين)، وهو مصطلح نُشر من قبل «بول كروتزن»، الكيميائي المختص بالغلاف الجوي والحائز على جائزة نوبل، من أجل وصف الحقبة الجيولوجية التي غيّر البشر فيها مناخ الأرض بشكل كبير. هذا موضوع مدروس جيداً، ولكن النقاش يكمن في العلامة والنظرة المسبقة لتاريخ المناخ والذي يعطيه المصداقية. إذا كان مناخ الأرض حساساً كما يبدو، فكيف يمكن أن لا يستجيب لتأثير انبعاثات غازات الدفيئة الهائل والتي قد تُطلق عن طريق حرق جزء كبير من الوقود الأحفوري المتوفر؟

تُدرّس جامعة ولاية بنسلفانيا مقرّراً للثقافة العامة في علم الأرض والذي يتطرق لظاهرة الاحتباس الحراري بالطريقة نفسها: حيث يتم استعراض تاريخ المناخ لإعطاء السياق للمستقبل المتوقع. هذا جيد بالنسبة لنا، وجيد من أجل كتاب «الكوكب المعتدل» أيضاً.

نُشر هذا الخبر في مجلة ***Nature,Vol 483, 29 March 2012***. ترجمة **د. يوسف مسلماني**، هيئة الطاقة الذرّية السورية.

داء السكري بالأرقام

أصبح عدد البشر المصابين بداء السكري، والذين قضوا نحبهم بسببه عبر العالم مُروِّعاً: 90 مليوناً من الصينيين يعانون من مرض السكري و1.3 مليوناً لقوا حتفهم خلال العام 2011؛ ويعاني 23% من البالغين القطريين من مرض السكري المتطور. نعرض هنا خريطة توضّح مدى انتشار الوباء عالمياً، ونشير إلى بعض الأعباء التي تتعرض لها الحكومات الوطنية.

تسونامي وباء السكري

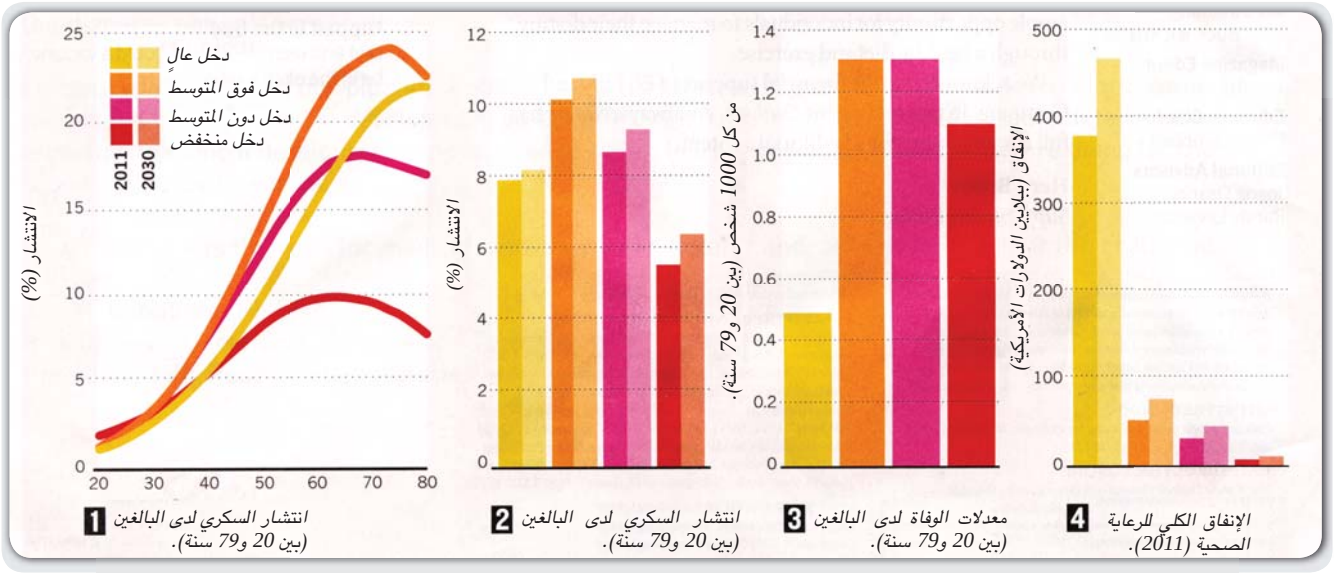
1- يشكل السكري من النمط 2 حوالي 90% من جميع حالات السكري لدى البالغين عبر العالم. بشكل عام، ونظراً لتزايد ثراء الدول، وتناول البشر زيادة من السكر وأغذية غنية بالدهون وقلة النشاط الفيزيائي، فقد ارتفع معدل الإصابة بمرض السكري. فوسطياً، يعاني من مرض السكري قرابة 8% من البالغين في الدول ذات الدخل المرتفع (انظر خريطة تصنيف الدول). ورغم ذلك، فإن الدول ذات الدخل المتوسط وفوق المتوسط هي التي تحتوي على أعلى نسبة من مرضى السكري، إذ تصل النسبة فيها إلى أكثر من 10% بين البالغين.

2- وفي الدول ذات الدخل المرتفع، يصاب بمرض السكري في المقام الأول الأشخاص الذين تزيد أعمارهم على 50 سنة، أما في الدول ذات الدخل المتوسط، تكون نسبة الانتشار الأعلى بين أشخاص أصغر سناً، أي لدى الكتلة المنتجة في المجتمع.

ونظراً لأعمار هؤلاء الناس، ولتزايد العمر الوسطي المتوقع، فإن تفشي المرض لدى المجموعات الأكثر تقدماً في السن سيزيد أكثر مستقبلاً. وسيضع هذا التوجه حملاً ثقيلاً على عاتق منظومة الرعاية الصحية وعلى الحكومات.

3- يتغير معدل الوفاة بمرض السكري بشكل حاد مع ازدهار الدولة. ففي العام 2011، سبّب المرض أكثر من 3.5 مليون حالة وفاة في الدول ذات الدخل المتوسط، وكان منهم أكثر من مليون في الصين وأقل من 1 مليون بقليل في الهند. وبشكل تقريبي، مات 1.2 بالغاً بسبب مرض يتعلق بالسكري من كل 1000 حالة وفاة في العام 2011 في الدول المنخفضة الدخل والمتوسطة الدخل: وهو ما يعادل ضعف معدل الوفاة في الدول العالية الدخل. إن معدلات الوفاة هي أقل بكثير في الدول ذات الدخل العالي بسبب وفرة سبل الرعاية الصحية، لكن هذه المعدلات فيها ما تزال عالية: فعلى سبيل المثال، لقد مات ما يقارب 180000 مريض سكري في الولايات المتحدة في العام 2011.

4- وبشكل غير مفاجئ، صرفت الدول العالية الدخل مبالغ تتعلق



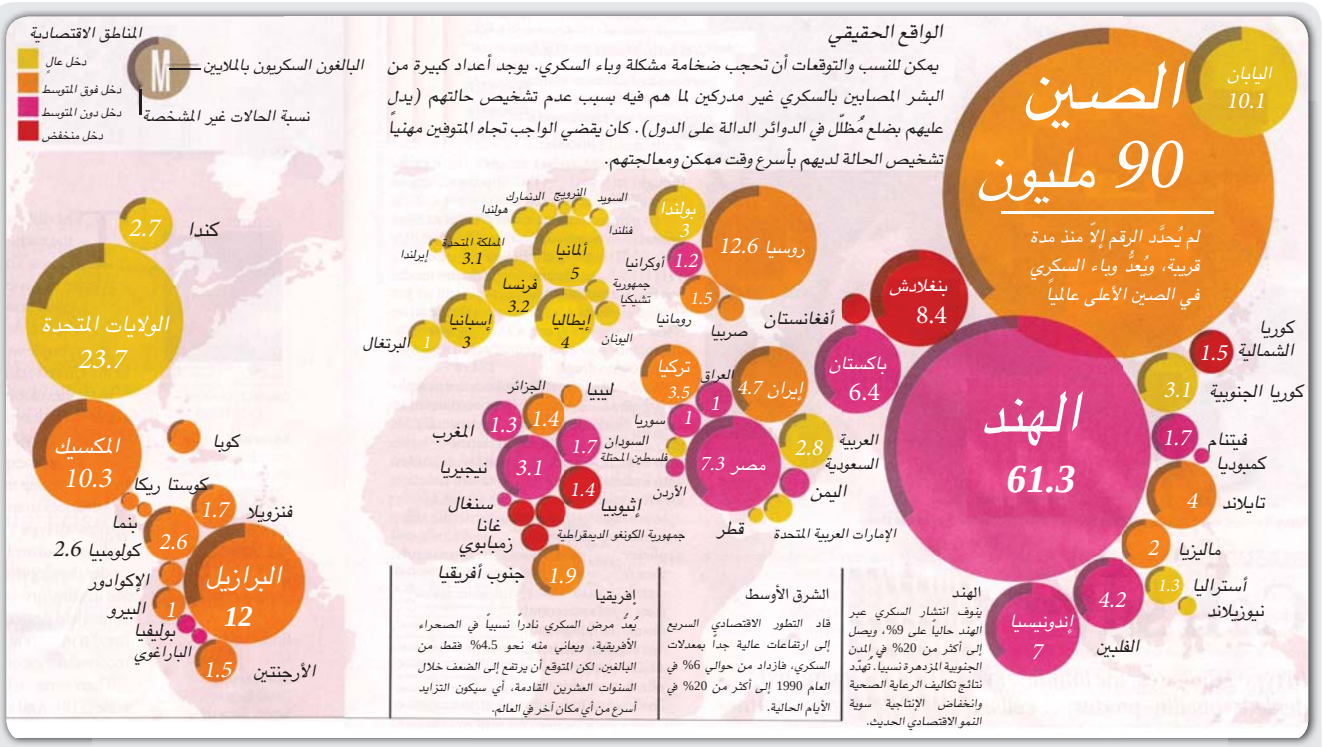
1 انتشار السكري لدى البالغين (بين 20 و79 سنة).

2 انتشار السكري لدى البالغين (بين 20 و79 سنة).

3 معدلات الوفاة لدى البالغين (بين 20 و79 سنة).

4 الإنفاق الكلي للرعاية الصحية (2011).

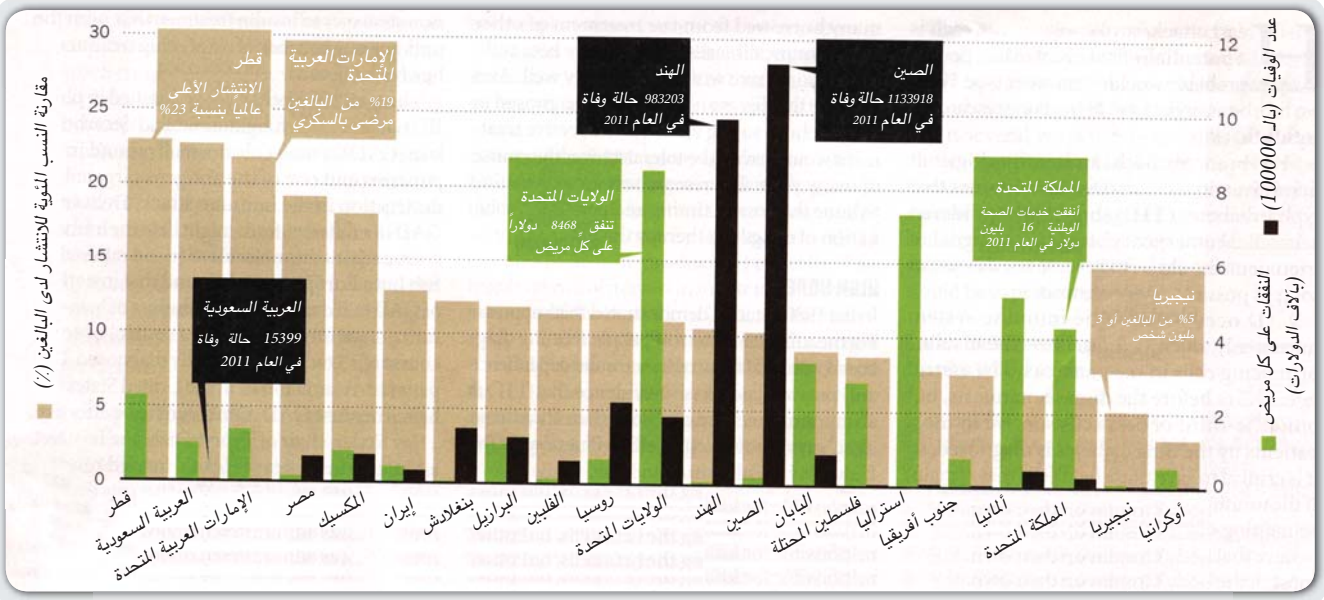
بمرض السكري في العام 2011 أكثر بكثير مما صرفته دول أقل دخلاً. وفي الدول النامية، يُشكل كلٌّ من التكاليف الضخمة أثناء حياة المرضى، والإنفاق على الرعاية الصحية وفقد الإنتاجية تهديداً محتماً لسوية الدخل الاقتصادي الحديث.



دوامة الإنفاق

ندرج في الشكل التالي قيماً خاصة بتفاصيل الانتشار الوطني لبلدان مختارة، إضافة إلى التكاليف الإجمالية للمريض الواحد وعدد الوفيات الناجمة عن وباء السكري. تنفق الدول التي تشهد القيم الأعلى للانتشار ولمعدلات الوفاة أقل بكثير على المريض الواحد مما تنفقه بعض الدول الأخرى. وعند توطُّن الوباء في بلد ما، يتوقع ارتفاع كلٍّ من التكاليف ومعدل الوفيات.

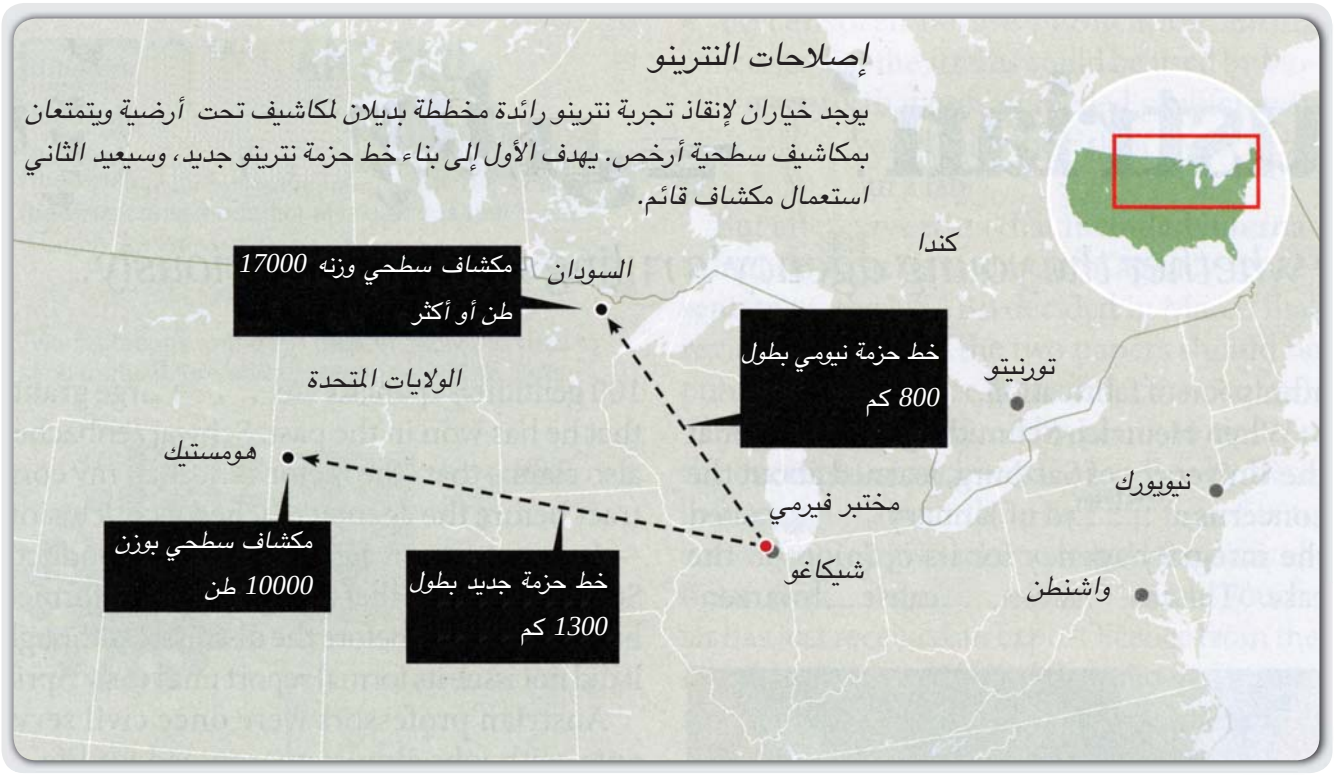
346 مليون شخص في العالم يعانون من داء السكري. أكثر من 80% من حالات الوفاة بداء السكري تحدث في الدول المتوسطة الدخل، حسب منظمة الصحة العالمية.



نُشر هذا الخبر في مجلة *Nature,Vol 485, 17 May 2012*. ترجمة **د. عادل حرفوش**، رئيس هيئة التحرير.

مشروع النترينو يغيّر توجهاته

تُجبر تقييدات ميزانية الولايات المتحدة الأمريكية العاملين في المشروع على تخفيض خطط هذه التجربة الرائدة.



بالنسبة لعلماء الفيزياء في مختبر مسرّع فيرمي الوطني في باتاڤيا– إلينوي، تحمل الجسيمات العديمة الكتلة تقريباً، والتي تسمّى النترينوات وزناً ما. يهدف مشروع مقترح، يدعى تجربة نترينو الخط البعيد عن القاعدة long base Neutrino (LBNE) experiment*، إلى استخدام النترينوات في فهم بعض ألغاز الفيزياء الأساسية، وضمان أن لفيزياء الجسيمات في الولايات المتحدة الأمريكية أهمية محورية في المستقبل.

الآن، وبعد اصطدامه بالتقييدات الصارمة للميزانية، قام مختبر فيرمي بتقليص خططه بشكل جذري، حيث كان ينوي بالأصل إطلاق النترينوات من قاعدته قرب شيكاغو نحو مكشاف ضخم موجود تحت الأرض ومملوء بـ 3400 طنٍ من الأرغون السائل يقع في منجم هومستيك في ولاية ساوث داكوتا ويبعد 1300 كيلو متر من القاعدة. ولكن بعد ورشة عمل عقدت ما بين 25–26 نيسان، يركز مختبر فيرمي على خيارين أقل كلفة، كلاهما يحدّان من حساسية التجربة ويعزفان عن خطط المكشاف العميق تحت الأرض وباستبعاد الغاية المرجوة وهي مراقبة تفكك البروتون والتنبؤ بنظرية توحد قوى الفيزياء الأساسية.

عندما أغلق مختبر فيرمي التيڤاترون في العام الماضي، وهو المسرع الأكثر استطاعة في العالم، عندها تنازل علماء فيزياء الجسيمات الأمريكيون عن «ريادة الطاقة» إلى أوربة، بمصادمها

* *مكشاف للنترينو مقترح في منجم Homestake الذي من شأنه مراقبة النترينوات المنتجة في فيرمي لاب (مختبر فيرمي).*

الهادروني العملاق في CERN قرب جنيف في سويسرا. وكانت تجربة LBNE جزءاً من رهان الولايات المتحدة لتصبح رائدة عالمية في مجال التجارب الفائقة الريادة، والتي تستخدم الحزم، التي تحتوي على أعداد كبيرة من الجسيمات، لدراسة الحوادث النادرة جداً. غير أن تكلفة اقتراح تجربة LBNE الأصلية قُدِّرت بـ 1.7 مليار دولار، وهذا كان أكثر مما تتحمله وزارة الطاقة الأمريكية. وفي 19 آذار/مارس طلبت وزارة الطاقة من مختبر فيرمي إعادة تكوين التجربة وفق مراحل أقل كلفة. وشكّل مختبر فيرمي مجموعة عمل برئاسة نائبة المدير يونغ كي كيم لمراجعة اقتراح تجربة LBNE. وهي تقول إن المجموعة تستهدف المحافظة على أن تكون المرحلة الأولى من المشروع ما بين 600–700 مليون دولار.

اجتمعت مجموعة العمل، مع حشد من مجمع فيزياء الجسيمات للنظر في طرق تخفيض التكلفة دون المساس بالأهداف العلمية الثلاثة للمشروع وهي: تحديد تراتبية (التسلسل الهرمي) الكتل لأنواع النترينو الثلاثة المعروفة، ومعرفة فيما إذا كانت النترينوات تخالف تناظر «الندّية–الشحنة» والتي قد تفسر احتواء الكون على المادة أكثر من المادة المضادة، والهدف الثالث هو البحث في تفكك البروتون.

أبرزت ورشة العمل هذه، خيارين محتملين ممكنين، لكن كلاً منهما يضحّي ببعض الأهداف العلمية. أحدهما يشمل استخدام حزمة نترينوات جديدة، ولكنه يستبدل المكشاف تحت الأرض في هومستيك بمكشاف سطحي أصغر والذي يُملأ بـ 10000 طن من الأرغون السائل. وهذا يعني أن الحجم الأصغر قد أفقده بعض المقدرة الإحصائية، كما يؤدي الموقع السطحي إلى استبعاد إمكانية مشاهدة تفكك البروتون، لأن تفكك جسيمات من مصادر أخرى، يشوش النتائج. غير أن جوغش باتي J. Pati، الفيزيائي النظري في مختبر المسرّع الوطني SLAC في مينلو بارك–كاليفورنيا، يرى أن المكشاف ليس كبيراً إلى القدر الذي يجعل الولايات المتحدة قادرة على المنافسة، ويقول: «إنها فعلاً تسحب نفسها من ريادة العلوم بمكشاف كهذا». ومع ذلك، إن المضي في هذا الخيار سيسمح ببناء مكشاف أكبر أو تحت الأرض في المستقبل، وكذلك رفع سوية الحزمة لدعم المشروع X، المشروع القادم العالي الشدة والموجود في خطط مختبر فيرمي.

أما الخيار الثاني فهو استهداف الحزمة الموجودة والتي تُدعى نترينوات على الحاقن الرئيسي، أو نومي NuMI، لمكشاف سطحي بسعة 17000 طن وعلى بعد 800 كيلو متر، في مختبر سودان في ولاية مينيسوتا. ولأن المسافة الأقصر تجعل من الصعوبة مشاهدة التذبذبات بين الأنواع الثلاثة من النترينوات، فقد يتطلّب المشروع استعمال معطيات من تجارب أخرى من أجل تحديد التسلسل الهرمي للكتل. وبشكل مشابه للخيار الأول، سيكون هذا البديل عاجزاً عن مراقبة تفكك البروتون، غير أن استخدام حزمة موجودة سيجعل المشروع أقل كلفة، كما يعني أن التجربة قد تبدأ بشكل أسرع.

هناك أسئلة عما إذا كانت مجموعة العمل تفكر بشكل شامل بما فيه الكفاية. تقول العالمة في فيزياء النترينو جانيت كونراد J. Conrad من معهد ماساتشوستس للتقانة في كامبردج، بأنه يمكن للمجموعة، على سبيل المثال، إعادة إحياء فكرة استخدام الماء في المكاشيف التي قد تكون أقل كلفة من الأرغون السائل.

تنافس على الصدارة

هناك مشاريع أخرى، في الحقيقة، تبحث في بعض المسائل العلمية التي كان من المفترض أن تطرقها تجربة LBNE، ويملك مختبر فيرمي إحداها: نوفا NoνA. (تجربة نومي، ظهور نترينو إلكترون خارج المحور) والتي ستبدأ بأخذ المعطيات بدءاً من عام 2013، حيث تقذف حزمة نومي على مكشاف في آش ريفر، ولاية مينيسوتا، ولها هدف واحد هو الإجابة على سؤال تراتبية الكتلة، كما هو هدف تجربة T2K في اليابان. وسيسمح التحسين المخطط لتجربة سوبر – كاميوكاندي في اليابان خلال العقد القادم بمشاهدة تفكك البروتون، ويهدف مشروع هيبر كاميوكاندي المزمع اقتراحه رسمياً، إلى التطرق لمسألة "شحنة–خاصية" المعايرة.

ويخشى ميل شوتشت M. Shochet، من جامعة شيكاغو في ولاية إلينوي، والذي قاد فريق الفيزياء في مجموعة العمل، من أن تخفيض مستوى مشروع LBNE قد يقوّض القدرة التنافسية العالمية لمختبر فيرمي، ويقول: «إنه لأمر حاسم أن نحافظ على منشأة ضخمة في الولايات المتحدة الأمريكية»، ويضيف: «إذا لم نستطع إيجاد حل لهذا، فإنها مشكلة خطيرة، ولكني متفائل».

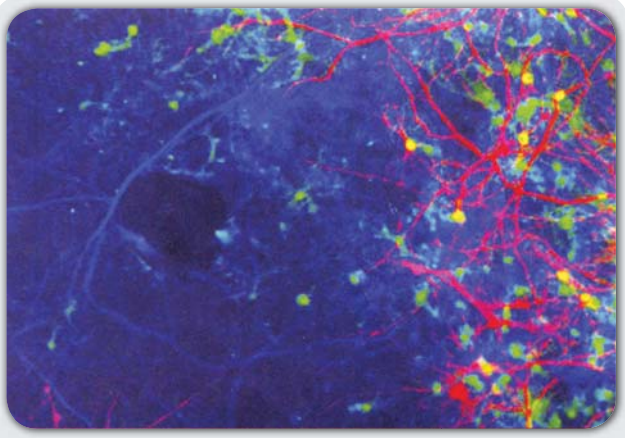
نُشر هذا الخبر في مجلة ***Nature,Vol 485, 3 May 2012***.
ترجمة **د. توفيق ياسين**، عضو هيئة التحرير.

التصوير المستقبلي

توفر جامعة الخريجين المبدعين اليابانية، OIST، للعلماء رؤية الظواهر الطبيعية المحيّرة وفهمها.

لا أحد يمكنه توقع ما ستنتجه التجارب من اختراق علمي جديد، لكن التاريخ علّمنا أن التقانات الجديدة حاسمة في هذا المجال. يشكل استخدام الآلات الطليعية مفتاحاً لتحويل الفضول التخيلي إلى إبداع قابل للإثبات، هذا ما يقوله جوناثان دورفان Jonathan Dorfan، رئيس معهد أوكيناوا في معهد أوكيناوا للعلوم والتقنية Okinawa Institute of Science and Technology (OIST).

قادت هذه الفكرة دورفان، بالاشتراك مع عميد الجامعة روبرت بوغمان Robert Baughman، إلى توسيع البنية التحتية للتصوير في OIST عندما جاء بعد الرئيس المؤسس، سيدني بريّنر Sydney Brenner، بعيد الانتقال إلى جامعة الخريجين في تشرين الثاني/ نوفمبر 2011. ومن الملاحظ أن الاكتشافات العلمية تتضمن بشكل متزايد منظومات فيزيائية وبيولوجية تعمل على مستوى النانو أو المستوى الذرّي، وبشكل أدق، منظومات تجمع تجهيزات تصوير طليعية مع طاقم من العلماء الذين باستطاعتهم تشغيل هذه التجهيزات بشكل خلاق. يشرح بوغمان هذا بقوله: "لقد جرى تحسين سريع في مَيْز (دقة الفصل) المجاهر، سواء منها الضوئية أو الإلكترونية، وذلك من خلال إدخال مكاشيف الحالة الصلبة ذات مجال ديناميكي واسع، إضافة إلى أنها جديدة وسريعة، ومزودة بخوارزميات تحليلية جديدة. وقد أدّى ذلك إلى توسيع إمكانية فهم آليات مفتاحية، من وجهة نظر بنيوية وديناميكية معاً".



مشاهد مخططات عصبية.

الاستثمارات المُقدَّمة

حققت الاستراتيجية بالفعل نتائج بحثية غنية، خاصة في العلوم العصبية. فعلى سبيل المثال، استعمل جيف ويكنزك Jeff WickensK، رئيس وحدة أبحاث البيولوجيا العصبية في الجامعة، مجهريات ثنائية الفوتون ليلاحظ بشكل مباشر التبدلات في نجاعة الربط بين الخلايا المتعلق بقدرة الدماغ على استخدام الدوبامين للتحكم بالحركة. إن التقدم في هذا المجال قد يسلط الضوء على أسباب مرض باركنسون، ويقدم مفاتيح في البحث عن علاج. يستعمل غوردون أربيتنوت Gordon Arbuthnott، العامل في الجامعة والمعني بآليات الدماغ لصالح وحدة السلوك، مجهريات ثنائية الفوتون في عصبونات من نويّات مستنبتة بهدف تصوير التغيرات في إشارات الرابطة بين العصبية المرافقة لنشاط مدخلات القشرة الضخمة إلى هذه الخلايا. ونظراً لصعوبة دراستها في الجسم الحي، يمكن لهذه الدراسات أن تفتح طرق اكتشاف لعقاقير مرض باركنسون، ومرض الزهايمر واضطرابات أخرى في المنظومة العصبية المركزية. ففي أسماك الزيبرا، وبواسطة صور مبأرة أنتجها إيشيرو ماساي Ichiro Masai، رئيس وحدة في قسم البيولوجيا العصبية في الجامعة، استطاع أن يميط اللثام عن عمليات تطورٍ وتلاشٍ عصبي بإمكانها تحديد تمايز خلوي في العين. توفر هذه الدراسات مفاتيح حديثة لباحثي الطب الحيوي في صراعهم لفهم توهين الأمراض الوراثية في عين الإنسان.

إنجازات أخرى غير هذه الإنجازات أصبحت ممكنة في جامعة OIST بفضل تنوع وفير من أجهزة التصوير التي لا تمتلكها سوى

قلة قليلة من المعاهد: مجهر إلكتروني نافذ للتصوير الطبقي القرّي cryotomography transmission electron microscope (TEM) باستطاعة 300 كيلو إلكترون فولط، وTEM آخر باستطاعة 100 كيلو إلكترون فولط، ومجهرَي مسح إلكتروني، ومجاهر تبئير مركزي عديدة، وأربعة مجاهر ثنائية الفوتون، ومنبع أشعة إكس ذي مصعد دوّار وخمسة محللات تصوير بالفلورة وبالتألق الكيميائي. كما يوجد قيد الطلب مجهر قوة ذرّية ومجهرا مسح نفقي. ومن قبل، أنشأت الجامعة مجهر لورنتس الإلكتروني (EM) الفريد باستطاعة 300 كيلو إلكترون فولط الذي يسمح بضبط الحقول الكهرطيسية ودرجة الحرارة خارج عدسات تبئير EM، وهو تقدُّمٌ مهمٌّ في تصوير يؤدي إلى فهمٍ جديدٍ لمجالات مغنطيسية نانوية في نواقل فائقة ذات درجة حرارة مرتفعة.

"ما كنت لأقدّمَ أي تنازلات فيما يخص مواصفات التجهيزات في جامعة OIST".

أثّر هذا الاستثمار في المتعاقدين الجدد مع الكلية، وكذلك في طلابهم والعاملين بمرحلة ما بعد الدكتوراه. يقول برند خون Bernd Kuhn، الأستاذ المساعد في الجامعة: "ما كنت لأقدّم أي تنازلات فيما يخص مواصفات التجهيزات في جامعة OIST"، وسيبدأ هذا الصيف العمل في وحدة التصوير العصبي البصري في الجامعة. لقد كان قلقاً، بصفته قائداً شاباً لمجموعةٍ بحثية، واعتقَد أنه قد لا يستطيع إبراز مهارة عالية. لكن التسهيلات الوافرة سمحت بسهولةٍ إغراء العديد من الخبراء في مجالي التصوير والتقانة النانوية. وقال أيضاً: "انتشر الخبر بسرعة بأننا نمتلك تقنية مدهشة، والباحثون في معاهد أخرى قد يضعون اللّوم على التجهيزات إذا مني مشروعهم بالفشل، وهذا أمر لن يحدث في حالتنا".

الابتكار يُمهّد سبيل التقدم

"لم يأتِ النجاح من امتلاكنا لتجهيزات جيدة وحسب، بل من استخدامها وفق طرائق مبتكرة". ويقول بوغمان، الذي قاد عملية تقاسم الموارد في الجامعة: "تضمّن الكثير من العلم المتعلق بالتصوير في الجامعة استخداماً مبتكراً للتجهيزات المتوفرة تجارياً. وبرز الإبداع عبر الطريقة التي يتم بموجبها تشارك الجهاز مع طرائق تحليلية وأدوات أخرى، ويحصل ذلك في الأغلب أثناء

*منصة مجهرية فائقة المَيْز ثلاثية الأبعاد في جامعة **OIST**.*

التعاون مع وحدات بحثية أخرى ودمج مواضيع مختلفة، من أجل تطوير استراتيجيات مراقبة جديدة أو موسعة".

ضمّ خون تجربة غنية تستعمل مجهراً ثنائي الفوتون إلى "مُؤشّرات مُرمَّزة جينياً genetically encoded indicators" بإمكانها مراقبة التعبير الجيني. وقال خون: "تعاونت مع مختبرات داخل اليابان وخارجها للحصول على آخر المؤشرات، المغروسة مسبقاً في نواقل فيروسية كلما أمكن، وذلك من أجل نقل جيني مناسب".

وكذلك قام أولف سكوغلاند Ulf Skoglund، قائد وحدة البيولوجيا الخلوية البنيوية في OIST، أيضاً بتحويل تقانته المختارة، التصوير الإلكتروني الجزيئي، من خلال دراسة المعقد المستقبل الريانوديني ryanodine receptor complex، وهو مجموعة من بروتينات تساعد في تنظيم تدفق الكالسيوم إلى الشبكة الساركوبلازمية في الخلية وخروجه منها، لاعباً بذلك دوراً أساسياً بمراقبة فعل العضلة ونقل الإشارة الجينية إلى الدماغ. لا يمكن استنتاج وظيفة كل من هذه البروتينات، التي يمكن أن توفر ميزة مهمّة لجهود اكتشاف العقاقير، عبر النظر إلى المعقد بكامله. إذ لا تسمح الرؤية الشمولية بمعرفة كيفية عمل العقار وفيما إذا كانت التوقعات حول آلية عمله صحيحةً. وفي الوقت الذي تركز فيه غالبية الأبحاث على تحطيم المعقد المستقبل الريانوديني والحصول على صورة ذات مَيْزٍ عالٍ للبروتين المتبلور، يهدف سكوغلاند إلى استكمال هذه الدراسات بمعلومات ديناميكية وظيفية حاسمة من خلال تصوير البروتينات في أنسجتها الأصلية. وللوصول إلى هذه الغاية، اغتنمت مجموعته التطويرات الحديثة لمكاشيف إلكترونية مباشرة وحدّثوا البرامج الحاسوبية بحيث أصبحت قادرة على تنقية البنى البروتينية وإزالة آثار الضجيج التي تحدث عند استعمال نسج كتلية، ويقول في هذا الصدد: "إن إجراءنا في التصوير الإلكتروني

الجزيئي غير مناسب من أجل فصل البروتينات الإفرادية الأصلية في محلول أو في نسيج".

كما يقوم تسومورو شينتاك Tsumoru Shintake، قائد وحدة مجهرية الموجة الكمومية في جامعة OIST ومهندس ليزر الإلكترون الحر بالأشعة السينية الياباني، بدفع تقانة التصوير إلى حدود عليا جديدة. تهدف مجموعته، بوجود حزم إلكترونية منخفضة الفولطية، إلى تحليل بروتينات أغشية ضخمة وصعبة التعامل في وسط من بلورات ذات أبعاد دون المكرون، ويقول شينتاك: "لم يتمكن أحد حتى الآن من إنجاز تحليل تصوير بلوري لبلورات بهذا الصغر". ويشرح شينتاك بأن المفتاح هو طاقة منخفضة تسمح بصور عالية التمايز دون أن تحرق العينات الرقيقة، وهو يتابع أيضاً تحقيق برنامج رقمي ضخم من أجل استبعاد الضجيج المرافق للتصادمات غير المرنة. وإذا سارت الأمور وفق ما هو مخطط لها، فإنه سيكون في وقت قريب قادراً على تصوير بروتينات الأغشية بواسطة جهاز مخبري له استطاعة ليزر أشعة سينية طوله عدة كيلومترات. ويصرح شينتاك أيضاً، مع التحفظ: "سيكون لتحليل البنى البروتينية الغشائية تأثير واسع في مجال تصميم الأدوية".

وبشكل مشابه، قام شينتاك بجمع حزم إلكترونية ذات فولطية منخفضة مع تصوير ثلاثي الأبعاد من أجل تصوير جزيء وحيد في الفيروسات. ويأمل برؤية البنى الذرّية خلال السنوات الخمس القادمة.

وخلال ذلك، يخطط دورفان لمتابعة بناء إمكانات التصوير في جامعة OIST. وقد تمّ عرض طلب أسعار لمحطة مسرّع قادر مستقبلاً على إنتاج أشعة إكس شديدة جداً من مرتبة الكيلو إلكترون فولط تسمح بدراسات للبروتينات في الموقع وتصوير بلوري بأشعة إكس، وإعادة تشكيل تصويري لحيوانات صغيرة وعينات حيوية باستعمال التصوير الطبقي بأشعة إكس، إضافة إلى تجارب في تبعثر أشعة إكس وامتصاصها من أجل دراسة المواد.

وعندما تصبح المختبرات جميعها بحالة تشغيل تامة، يتوقع دورفان تكاملاً للاستثمارات المتمّمة، مثل "تصوير المنظومة نفسها، أو منظومة تحتية باستعمال تقنيات مختلفة". ويوجد الآن في طور البناء وحدة تصنيع نانوي ستعطي معنى جديداً لمفهوم دراسة تشمل مجالات عدة. وسيقوم كيشاف داني Keshav Dani، من وحدة مطيافية الفمتوثانية في الجامعة، باستعمال وحدة التصنيع النانوي لدفع حدود المشاهدات في المنظومة النانوية باستعمال

مجهر ثنائي الفوتون مخصّص لتصوير داخل الجسم الحي وخارجه في وحدة التصوير العصبي البصري في جامعة OIST.

الشدة القصوى لنبضات ليزرية قصيرة جداً من مرتبة الفمتوثانية بهدف قياس التوزّعات الإلكترونية. كما سيستفيد مخلص إبراهيم صوان Mukhles Ibrahim Sawwan، من وحدة تصميم الجسيمات النانوية من أجل تطبيقات التقانة النانوية والطبية الحيوية، من هذه الوحدة الجديدة لتطوير مواد جديدة ذات خصائص مغنطيسية وبصرية وحرارية نوعية في مجال الجسيمات النانوية ذات الحرارة المعزّزة العالية جداً.

ويقول دورفان: "تستثمر جامعة OIST في مجال واسع من أجهزة التصوير المبدع، وتؤكد الجامعة أن هذه الأجهزة ستكون بمتناول جميع الباحثين هناك".

نُشر هذا الخبر في مجلة ***Nature,Vol 483, 29 March 2012***. ترجمة **د. عادل حرفوش**، رئيس هيئة التحرير.

رسائل من الكون المبكّر

تحمل دفقات أشعة غاما الساطعة والقصيرة الأمد إشارات عن التاريخ الكوني.

عندما تسطع دفقات أشعة غاما ذات الضوء الشديد من خلال الغاز المحيط، فإن ذلك يشبه إحدى الإرشادات الملتقطة الموضحة أعلاه عن التطور الكيميائي للكون.

إن ومضات الإشعاع القصيرة الأمد وذات الطاقة العالية والبعد الذي لا يمكن تصوّره، والمعروفة باسم دفقات أشعة غاما (GRBs)، كانت أحد ألغاز علم الفلك الأكثر غموضاً، غير أنها أصبحت اليوم أداة جديدة مؤثّرة. ومع وجود مراصد مدارية، مثل المركبتين الفضائيتين فيرمي وسويفت التابعتين لناسا واللتين تقومان باستكشاف الدفقات بشكل روتيني، بدأ الفلكيون بوضع خطط لاستعمالها كمصابيح كونية ومّاضة من أجل فحص التفاصيل الغامضة لسنوات الكون الأولى.

يُعتقد اليوم أن دفقات أشعة غاما (GRBs)، التي تُرى بشكل يومي تقريباً من كلّ الاتجاهات في الفضاء، تشير إلى انهيار قلب نجم ضخم في ثقب أسود، وهو حدثٌ يسبّب انفجاراً كارثياً. ويمكن لضوئها القوي أن يتلألأ طوال مراحل مساره عبر الكون المرئي، وهو ما يشكّل شهادة على الفصول الأبكر من تاريخ هذه الدفقات الذي يمتد عبر 13 بليون سنة تقريباً. وما يزال فهم العلماء النظريين لهذه الومضات يتطور (انظر مؤطر «توهج التبصُّر»)، غير أن علماء الفلك في مؤتمر Fermi/Swift GRB، الذي عُقد في ميونيخ بألمانيا في شهر أيار/مايو من هذا العام، ناقشوا كيف يمكنهم استخدام دفقات أشعة غاما لإظهار التطور الكيميائي للكون باعتبارها ضوءاً يرشح عبر غاز في المجرّة التي تستقرّ فيها.

يقول فولكر بروم V. Bromm، وهو عالم فلك في جامعة تكساس، أوستن، إن دفقات أشعة غاما GRBs تُعدُّ بمثابة أحجار رشيدة كونية Rosetta stones ربما تحمل معلومات حول تركيب نجوم الكون

الأولى بعد بضع مئات الملايين من السنين من الانفجار العظيم، ويضيف بروم: «إنها نداء غيبي، وإننا نريد الذهاب إلى لحظة الضوء الأول».

وجنباً إلى جنب مع المجرّات البعيدة والكوازارات quasars، وهي القلوب المضيئة للمجرات الشابّة مع ثقوب سوداء فائقة الضخامة في مراكزها، فإن الأجسام التي تُصدر دفقات أشعة غاما GRBs تكون بين أكثر الأجسام بعداً في الكون. وباعتبارها رُسلاً من الكون المبكّر، تمتلك GRBs مزايا تفوق الدفقتين المكتشفتين سابقاً، هذا ما يقوله نيال تانفير N. Tanvir، عالِم الفلك في جامعة ليستر بالمملكة المتحدة. فهي أكثر لمعاناً من المجرّات البعيدة، أي أن راسم الطيف يمتلك مزيداً من المعلومات عندما يشطر توهج دفقة أشعة غاما إلى أطوالها الموجية المكوِّنة لكشف خطوط الامتصاص الكيميائية. ومع أن الكوازارات البعيدة تتلألأ بشكل برّاق، إلا أن ضوءها يكون غير منتظم مقارنة مع دفقات أشعة غاما، كما أن أطيافها أكثر تعقيداً، مما يجعلها أصعب في استخلاص المعلومات عن المادة التي تلألأت من خلالها.

يتمثّل التحدّي في أن دفقات أشعة غاما GRBs تكون متقلّبة وسريعة –فهي تدوم بضع ثوانٍ فقط في الطاقات القصوى. وتكون ومضاتها العابرة متبوعة بتوهج لاحق طويل الأمد يمكن قياسه عند أطوال موجية أطول، لكن المراصد الأرضية يجب أن تستجيب بسرعة إذا أرادت التقاط توهجاتٍ لاحقةٍ فور قيام المركبة الفضائية بكشف دفقة ما. على أية حال، يمكن لهذه

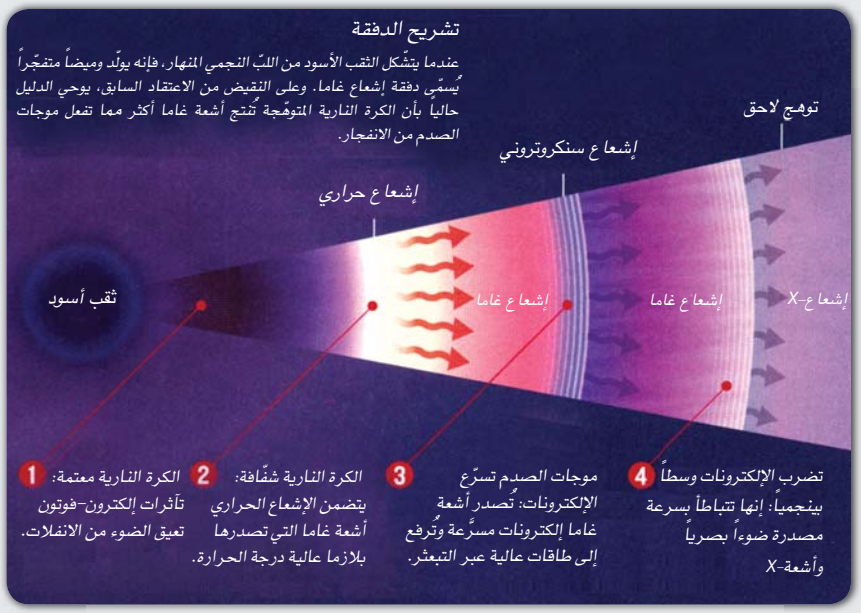
توهج التبصّر

ما الذي يجعل دفقات أشعة غاما تتلألأ؟

قدّم علماء الفلك في مؤتمر ميونيخ صورة جديدة حول الآليات الداخلية لدفقات أشعة غاما (GRBs)، أي انطلاق مخاريط متألقة للضوء بشكل استثنائي تُقذف إلى الخارج على طول محاور دوران النجوم وكأنها تنهار في ثقوب سوداء وتنفجر كمستعرات فائقة.

ومع استمرار الوميض فقط، فإن تشريح التوهج الناري لدفقات أشعة غاما يُعدُّ بمثابة تحدٍّ لعلماء الفلك. ولعقود مضت، اقتنع العلماء النظريون بأن معظم دفقات أشعة غاما نشأت بموجات الصدم التي تُدفع خارجياً من الانفجار وبسرعة تقارب سرعة الضوء. فالحقول المغنطيسية المضغوطة والمفتولة المضمّنة في الصدمات تستطيع أن تسرّع الإلكترونات وتجعلها تصدر أشعة غاما كإشعاع السنكروترون. ولكن في الوقت الذي تُجمع فيه البيانات، فإن الدلائل توحي بأن معظم أشعة غاما صدرت على شكل إشعاع حراري على السطح الحار أو الكرة الضوئية للكرة النارية المنفجرة (انظر الشكل «تشريح الدفقة»). في هذا السيناريو، تسطع دفقات أشعة غاما بالطريقة نفسها التي تسطع فيها النجوم، من خلال الحركة الجماعية لجسيماتها المكوِّنة لها، ولكن عند طاقات مطابقة لدرجة حرارة ببلايين الدرجات. بالنسبة لي، يُعدّ صعود نموذج الكرة الضوئية بمثابة نقطة تحوّل، يقول جولي ماك إينيري J. McEnery، عالم المشروع في تلسكوب الفضاء فيرمي الخاص بأشعة غاما في مركز غودارد للطيران الفضائي في غرين بيلت، ميريلاند، ويضيف: «إنه تغيير شامل بشكل حقيقي».

لقد كان الساتل فيرمي، الذي انطلق عام 2008، ذا دورٍ فعّالٍ في توجيه هذا التغيير. فهو لا يستكشف دفقات أشعة غاما كما يفعل بالضبط الساتل سويفت الأسبق، إلا أنه يحلّل شكل طيف دفقة أشعة غاما GRB عبر معظم طاقات إشعاع غاما. كما أن شكل الطيف غير متوافق مع إشعاع السنكروترون، يقول سيلفين غويريش S. Guiriec، وهو عضو في فريق فيرمي في غودارد، ويضيف بأنه اكتشف أكثر من عشرة أطياف من GRBs ساطعة تحتوي على نتوء صغير، وهي إشارة إلى أن مساهمة الإصدارات الحرارية كبيرة.



المراصد أن تقوم بذلك: إحدى الدفقات، التي اكتُشفت بواسطة المركبة الفضائية سويفت Swift في أيلول/سبتمبر عام 2005، كانت ساطعة جداً، إذ إن التلسكوب سوبارو Subaru، في هاواي، الذي يبلغ قطره 8 أمتار، اكتشف التوهج اللاحق وحصل على طيف خلال أكثر من ثلاثة أيام بعد ذلك. وبقياس الانزياح نحو الأحمر redshift المقدّر بـ 6.3، استُنتج أن الدفقة قد حدثت عندما كان الكون أقل من 7% من عمره الحالي. لقد كشف الطيف، الغني بالتفاصيل، أن إعادة تأيّن غاز الهدروجين –وهي نقطة تحوّل رئيسة في التاريخ الكوني بعد أن برد الكون وأصبح مظلماً بعد الانفجار العظيم– قد اكتمل بشكل جوهري.

لكن الفلكيين يريدون الذهاب إلى الوراء أبعد من ذلك. فقد انفجرت (انبثقت) دفقات أشعة غاما GRBs منذ تشكّل نجوم الكون الأولى، حيث يُحتمل أنها كانت ضخمة وساطعة وقصيرة العمر. وعندما تخمد هذه النجوم بعنف كما هو حال دفقات أشعة غاما، فإن ضوءها سيعطي البصمة الكيميائية المطلوبة للغاز المحيط، أي المادة الأولية للكون المبكّر جداً.

وبتحليل دفقات أشعة غاما في مجرّات من عصور مختلفة، ربما يكون بمقدور علماء الفلك تتبع الكيفية التي جرى وفقها تركيب الكون المبكّر، إذ أحرقت الأجيال المبكّرة من النجوم الإمداد الأولي من الهدروجين والهليوم، وحولته إلى عناصر أثقل، سُمّيت معادن محدّدة بشكل جماعي. متى بدأت هذه النجوم الكبيرة بصنع جميع هذه المعادن؟ ومتى تحوّلت؟ يتساءل نيل غيهرلز N. Gehrels، عالِم الفلك في مركز غودارد للطيران الفضائي في غرين بيلت، مريلاند، والمحقّق الرئيسي لسويفت.

وللمساعدة في الحصول على قفزة في مجال رصد GRB مبكّرة، قام جوشين غرينير J. Greiner، وهو عالِم فلك في معهد ماكس بلانك للفضاء الخارجي في غارشينغ، ألمانيا، ومعاونوه ببناء مكشاف ضوئي لدفقة أشعة غاما و/أو الأشعة تحت الحمراء القريبة (GROND)، يُضاف إلى تلسكوب قطره 2.2 متراً شغّله المرصد الجنوبي الأوربي (ESO) في La Silla، تشيلي. يستجيب GROND إلى التحذيرات الواردة من سويفت، ويجعل التلسكوب ESO تحت السيطرة. وتتيح منظومة الأتمتة تخميناً سريعاً لمسافة الدفقة. فإذا كان المرصد المرشّح بعيداً، فإن غرينير ومعاونيه يتّصلون بعلماء الفلك في التلسكوب الكبير جداً القريب التابع لـ ESO الذي يمتلك أدوات بإمكانها القيام بقياسات طيفية دقيقة. لكن غرينير غير قادر أحياناً على إقناعهم بقطع أعمالهم؛ إنهم –بحسب قوله– "لا يدركون بأننا يجب أن نستجيب للأمر في غضون دقائق".

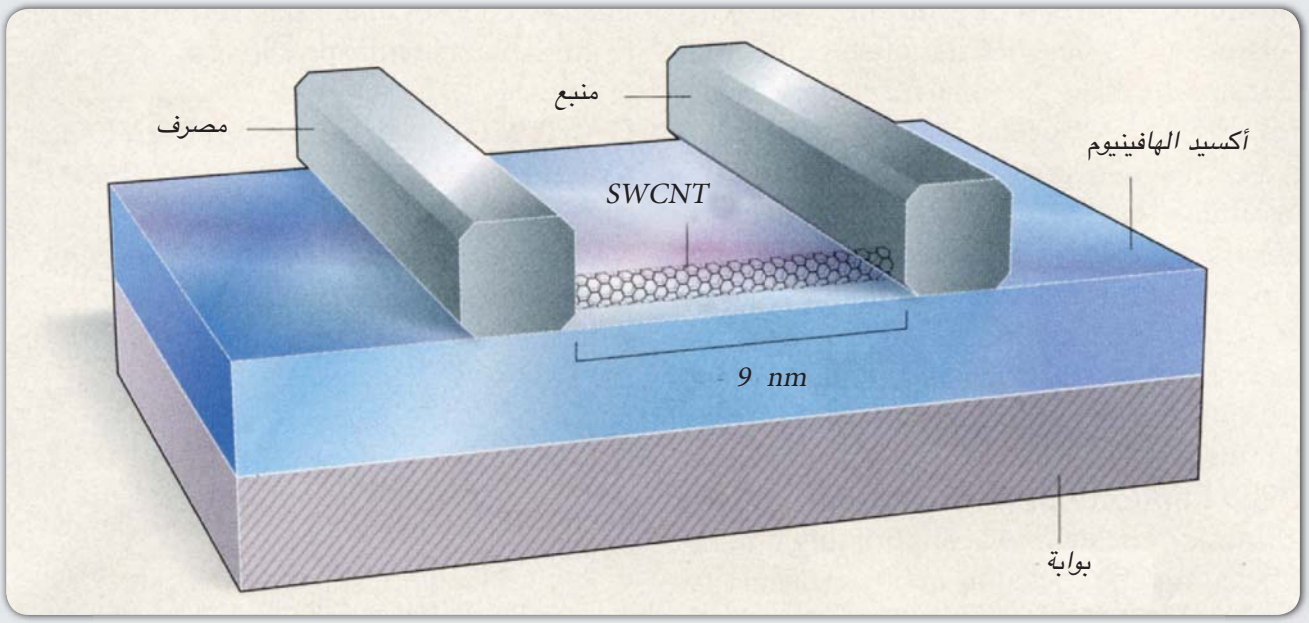
إن غرينير قلقٌ أيضاً من حقيقة أن سويفت، ورغم أنه ما يزال يعمل بشكل جيد، إلا أنه مصممٌ ليدوم سنتين فقط. على أية حال، إن غيهرلز متفائل بأنه مع مزيد من المطيافات في التلسكوبات الأرضية، سيكون علماء الفلك قادرين على التعامل مع معظم الأشياء التي يكتشفها سويفت. إنه يعتقد أنها مسألة وقت فقط قبل أن يُكتشف الانفجار الذي يأخذنا إلى أقرب سوية من الانفجار العظيم. ويضيف غيهرلز: "كل ما سيأخذه هو عبارة عن دفقة واحدة، ولم يحالفنا الحظ حتى الآن".

نُشر هذا الخبر في مجلة ***Nature,Vol 485, 17 May 2012***. ترجمة ***حسان بقلة***، هيئة الطاقة الذرية السورية.

أخيراً، تم الحصول على أنابيب الكربون النانوية

جرى تصنيع ترانزستور من أنابيب الكربون النانوية وبكفاءة أفضل من مثيلاتها التقليدية المصنّعة من السليكون. نتيجة لذلك، ستكون هذه الترانزستورات المصنّعة في طليعة تقانات الرقائق المكروية المستقبلية.

في كلّ مرة تقوم فيها بتشغيل جهاز الحاسوب الخاص بك لتصفح الإنترنت أو كتابة نصّما، فإنه يحدث تناسق للإلكترونات من مليارات المفاتيح الصغيرة المسمّاة الترانزستورات في معالج الحاسوب لضبط تناغم البرمجيات الأساسية المطبّقة. بالسماح للتيار الكهربائي بالتدفق أو بمنعه، تقوم هذه الترانزستورات المصنوعة من السليكون بإحداث الحالات (أصفار، وآحاد) والذي يستند عليها جبر بول في عالم الكمبيوتر. عرض فرانكلين وزملاؤه في مجلة Nano letters كيفية تصنيع ترانزستور من الكربون النانوي والذي يُنتظر منه أن يتفوق على نظرائه المصنوعة من السليكون في تصنيع الدارات الإلكترونية المستقبلية. لقد تحسن الشكل والمظهر والتصميم والأناقة في صناعة أجهزة الحاسوب في العقود الماضية بما يتناسب مع التقانة العالية لهذه الصناعة، ويعود سبب ذلك بدرجة كبيرة إلى تناقص أبعاد الترانزستورات المصنوعة من السليكون من عشرات المكرومتر إلى حوالي 20–30 نانومتراً. ومع التوسع في هذه التقانة، هناك تحدٍّ كبير للباحثين في البحث عن ترانزستورات من السليكون أكثر صغراً من ذلك، وقد واجه ذلك نجاحاً محدوداً. تتمثل دراسة فرانكلين وزملائه في التقدم في هذا الاتجاه، حيث بيّنوا أنه من الممكن لأنابيب الكربون النانوية الأحادية الجدار (SWCNT) شبه الناقلة والتي كانت مجالاً للبحث لأكثر من عقد من الزمن أن تعمل كمفاتيح جزيئية ممتازة ذات أبعاد من مرتبة 9 نانومتر (الشكل 1)، وهذا هو أقل من نصف حجم تقانة ترانزستورات السليكون السائدة حالياً. يشير المؤلف إلى أن هذا النوع الجديد من الترانزستورات يستهلك طاقة أقل من



الشكل 1- ترانزستور من أنبوب كربون نانوي. يتكون ترانزستور فرانكلين وزملائه من قناة بطول 9 نانومتر مصنوعة من أنبوب كربون نانوي أحادي الجدار SWCNT يتكون من طبقة أحادية من ذرّات الكربون المرتبة بشكل قرص عسل ملفوف على شكل أسطوانة ملساء بقطر 1 نانومتر. يتدفق التيار الكهربائي من المنبع إلى المصرف عند تطبيق الفولطية على بوابة الترنزستور. تسمح طبقة أكسيد الهافينيوم ذات سماكة 3 نانومتر بحدوث اقتران كهراساكن بين البوابة وأنبوب الكربون النانوي الأحادي الجدار.

ترانزستورات السليكون ذات الحجم نفسه أو ما يعادله. تدل التجربة الأولى بوضوح على إمكانية الاستعاضة عن السليكون بمواد كربونية نانوية في تقانة صناعة أنصاف النواقل في المستقبل. يجب أن تبدي الترانزستورات المصنوعة من أنابيب الكربون النانوية الأحادية الجدار إشباعاً للتيار عند تطبيق فولطية منخفضة بما يتناسب مع الطريقة المتّبعة في ترانزستورات السليكون. هذا يعني أنه من الصعوبة بمكان أن يتأثر تيار الخرج عند تطبيق فولطية متغيّرة. جرى بالضبط دراسة هذا السلوك من قبل المؤلف على الترانزستور الجديد بتطبيق فولطية أقل من 0.4 فولت وهي أقل من الفولطية المطبّقة في ترانزستورات السليكون التي تصل إلى 0.64 فولت، مما يسهل تبنّي خارطة طريق وفرضية لتصنيع أنصاف نواقل جديدة ذات أبعاد 9 نانومتر والتي من المفترض أن تصل الأسواق العالمية في عام 2022. جرت محاولات مبكرة للنظر في تَدَرُّجيّة الترانزستورات المصنّعة من SWCNT، حيث أشارت إلى عدم وجود تيار إشباع للترانزستور المصنّع من المادة السابقة وذلك عندما تكون بطول 18 نانومتراً، ويتناسب تيار الخرج ببساطة مع الفولطية المطبّقة. لم يكن واضحاً فيما إذا كانت هذه الميزة متلازمة مع النقل الإلكتروني القذفي (حيث لا توجد فيه إلكترونات متبعثرة)، أو بسبب الكهرباء الراكدة الناتجة عن تصميم الترانزستور. تحقق فرانكلين وزملاؤه من هذه الظاهرة بمزيد من التفصيل وحسّنوا مفعول الإشباع باستعمال تصميم كهراكدي بشكل أفضل مما استُخدم سابقاً.

برهن المؤلفون في مقالة سابقة على المقدرة على استخدام طبقة عازلة من أكسيد الهافينيوم سمكها 10 نانومتر بدلاً من طبقة أكسيد السليكون المستخدمة بسمك 18 نانومتراً في ترانزستورات مصنعة من SWCNT، حيث أعطت اقتراناً كهراكدياً أشد كثيراً بين إلكترود الترانزستور وSWCNT، والذي يتيح بناء ترانزستورات مصنّعة من SWCNT بطول 20 نانومتراً والتي لها سلوك تيار إشباع جيد. على أية حال، لم تظهر إشارات واعدة عند تصنيع دفعة أخرى من الترانزستورات بطول 15 نانومتراً من SWCNT، وذلك بسبب ضعف الاقتران الكهراكدي الواضح والذي يعود لقصر المسافة بين المنبع والمصرف في الترانزستور المصنّع. يعتمد فرانكلين وزملاؤه في دراستهم الحالية على تصميم كهراكدي لقناة نانوية مصنّعة من SWCNT بطول 9 نانومتر وبطبقة عازلة من أكسيد الهافينيوم بسمك 3 نانومتر. يعطي تقليص سمك طبقة المادة العازلة اقتراناً كهراكدياً أشد بين قناة SWCNT القصيرة والبوابة مما حققته طبقة أثخن من أكسيد الهافينيوم. أشار المؤلفون إلى أن الاقتران الكهراكدي الشديد قد مكّن من الاستفادة من الحصول على مفتاح إلكتروني كخيار آخر، حيث يقوم هذا المفتاح بقطع التيار عند قيم منخفضة ليست مجدية من الناحية التطبيقية.

وعلى الرغم من أن الترانزستورات يمكن أن تعمل كمفاتيح، إلا أنها لا تستطيع قطع التيار بشكل كامل. والسؤال هو إلى أي مدى يمكن تخفيض التيار؟ أتى الجواب من فرانكلين وزملائه بأن تيار القطع للترانزستور المصنّع هو أقل بعشرة آلاف مرة منه عندما تكون القناة مفتوحة. كما يمكن كبح التيار بأكثر من ذلك خلال تصميم كهراكدي أفضل من الذي استخدمه المؤلفون. وعلى الرغم من أن أنابيب الكربون النانوية قد تم التنبؤ بها منذ العقد الماضي لتكون الوسيلة المستقبلية في مجال الإلكترونيات الدقيقة، فقد برهنت التجربة المباشرة أنه يمكن استخدام أنابيب الكربون النانوية في تصنيع الترانزستورات على مستوى جزيئي، وهو الشيء الذي لم يتم التطرق إليه حتى الآن. يعطي الترانزستور المصنّع من قبل فرانكلين وزملائه أخباراً جيدة لأن استهلاك الطاقة فيه يؤدي دوراً كبيراً في مجال الإلكترونيات ومقدرة الترانزستور على العمل عند فولطية منخفضة بما يحقّق متطلبات التقليل من استهلاك الطاقة في الرقائق المكروية في المستقبل. وعلى الرغم من أن طريق التطبيق الحقيقي يبدو وعراً ومليئاً بالتحديات، لكن من الممكن إيجاد حلول لبعض هذه التحديات مثل الوثوقية والتنوع في الترانزستورات عن طريق الطرق الهندسية المتقدمة. عمل آخرون بشكل أساسي على تصنيع دفعات صافية لأنصاف نواقل من الأنابيب الكربونية النانوية. يمكن لـ SWCNT أن توجد بأنواع مختلفة بحيث يبدي كلٌّ منها خصائص إلكترونية مختلفة. وإذا تطلب الأمر وجود مليارات من SWCNTs على رقاقة واحدة، فإنه يجب أن تكون جميعها من نوع واحد وهذا الأمر يصعب تحقيقه حالياً.

ومع ذلك فإن التقدم الحاصل في حقل تصنيع الأنابيب النانوية خلال العقد الماضي قد وجّه الأنظار بشكل جيد لحلّ المشاكل الأساسية. إن النتائج المسجلة من قبل فرانكلين وزملائه ستعمل على تحفيز مزيد من الأبحاث لكشف أسرار أنابيب الكربون النانوية.

نُشر هذا الخبر في مجلة ***Nature,Vol 484, 19 April 2012***.
ترجمة **د. عبد الوهاب علاف**، هيئة الطاقة الذرية السورية.

المختبر الرقمي

هنا مختبر لإدارة البرمجيات ودفاتر الملاحظات الإلكترونية، وإنه هذه المرة أكثر من مجرد كلام.

تحتوي غرفة القبو، في مركز جيمس هـ. كلارك J. H. Clark، على كل البهارج لمختبر تصوير حديث. فهناك في زاوية الغرفة يدندن ماسح أشعة–X، وبجانبه توجد آلة تصوير بالتجاوب المغنطيسي مصغّرة، مصمّمة لمسح أدمغة الفئران. إنها نوع من التجهيزات التي اعتاد الباحثون أن يتوقعوها في المؤسسات ذات التمويل الجيد مثل جامعة ستانفورد في كاليفورنيا، التي هي مقرّ المركز.

لكن قطعة واحدة من المعدات واضح غيابها، ألا وهي دفتر الملاحظات الورقي المتواضع. تستعمل ميشيل جيمس Michelle James الآيباد iPad[1] الخاص بها لتدوين الملاحظات، ولفحص البروتوكولات ومراقبة تقدم تجاربها على تقنيات من أجل الكشف المبكر لمرض ألزهايمر. ومنذ أن جلبت جيمس الجهاز إلى المختبر لأول مرة، منذ ما يقارب أربعة أشهر، حلّ بصورة أساسية محل دفتر ملاحظاتها (مفكرتها) الورقي السابق. تصرح جيمس قائلة: "لا يوجد عند الورق ما يقدمه لي".

إنها عبارة تتردّد في العديد من المختبرات، فبعض المجموعات تخلّت عن دفاتر الملاحظات لصالح برمجيات من غوغل Google، مثل أدوات يمكن استعمالها مجاناً للمشاركة بالوثائق والبرامج المجدولة والتقاويم. في حين يرى آخرون أن البرمجيات المصمّمة خصيصاً من أجل العاملين في المختبر قد تطوّرت لدرجة تمكّنها من القيام بمجال من المهمّات بشكل موثوق، بدءاً من تتبع إمدادات المكاشيف إلى المساهمة في البروتوكولات. إن عصر مختبر بلا ورق قد جاء أخيراً بعد عقود صرفت في إنشائه.

أما عن الأمر هنا الآن، فالذين يتبنون الموضوع يقولون إن مختبراً لا ورقياً يقدم ميزات حقيقية. ويقول الباحثون التجريبيون إن دفاتر الملاحظات الرقمية (الحواسيب المحمولة) تساعدهم في متابعة تجاربهم بتفصيل أكثر. ويعلن رؤساء المختبرات أنهم قادرون على تتبع مشاريعهم والتركيز عليها بكفاءة أكثر عندما تفصّل الوثائق حسب احتياجاتهم، ويمكن الوصول إليها عبر الإنترنت ويتم تبادلها بين الزملاء. وفي بعض الحالات، يمكن أن تساعد دفاتر الملاحظات الرقمية الباحثين في إيجاد روابط واتصالات أو استخلاص نتائج من معطيات مخزّنة بصورة نظامية. "الشيء الكفؤ جميل"، كما يقول جوناثان هيرش J. Hirsch ، مؤسس شركة سيابس Syapse، التي مقرها في بالو ألتو بكاليفورنيا، وهي شركة تقوم بتطوير البرمجيات التي تستعملها جيمس في إدارة نتائجها والمشاركة بها، ويضيف: «لكن فهمَ معطياتك بطريقة أفضل هو ما يثير الناس حقاً».

الذهاب إلى اللاورقية، ثانية

إذا كانت هذه الادعاءات تبدو مألوفة، فقد يكون سبب ذلك أن نَعْوَة دفتر الملاحظات الورقي كُتبت مرات عديدة من قبل. ولقد مضى على «نشوء» المختبر اللاورقي عشر سنوات، حسب إحدى الجمعيات الكيميائية الأمريكية. إن دفاتر الملاحظات الإلكترونية «جاهزة للأيام القادمة»، كما يقول دوغلاس بِري Douglas Perry، خبير المعلوماتية الحيوية في مقالة في Nature News Feature في عام 2005.

ورغم ذلك كانت معظم برامج برمجيات دفاتر الملاحظات المبكّرة محدودة التأثير، ويرجع ذلك في الأغلب لأنها لم تكن سهلة بما يكفي لاستعمالها. فبعضها، مثلاً، كان يعمل فقط مع أنواع خاصة من الملفات، أو كانت آلية إدخال المعطيات فيها مرهقة. لم توقِفْ تلك العوائق دفاتر الملاحظات الرقمية من أن تقلع في الصناعة الدوائية، حيث تمتلك الشركات موارد مالية لتعديل الأنظمة وتستطيع أن تخوّل الموظفين باستخدامها. أما بالنسبة للأكاديميين، فهذه النواقص كانت صفقة خاسرة. «كل شيء حاولنا أن نفعله ذهب هباءً حقاً»، يقول سريرام كوزوري Sriram Kosuri، وهو مهندس حيوي لدى كلية الطب في هارفَرْد (HMS) في بوستُن،

1 : خط من الحواسيب اللوحية صمّمتها وسوقتها شركة Apple Inc في البدء كبرنامج للإعلام المرئي والمسموع، تشمل كتباً ودوريات وأفلاماً وموسيقى وألعاب ومحتويات تطبيقات وشبكة الإنترنت. يقع حجمها ووزنها بين الهواتف الذكية المعاصرة والحواسيب المحمولة.

ماسَّاتشوسِتس، الذي جرب العديد من الحقائب packages الأقدم.

لقد تغيّرت الأمور، ويعود الفضل في ذلك في جزء منه إلى وصول أدوات مشاركة مجانية أو رخيصة وهي سهلة الاستعمال والتشكيل. وتعتمد هذه الأدوات، التي تبدأ بنظم تخزين مثل صندوق التخزين Dropbox[2] وصولاً إلى المنتجات التي تقدمها غوغل Google وغيرها، على اتصالات سريعة وموثوقة بالإنترنت وعلى التخزين القائم على السحابة cloud-based storage. فهي تؤمّن طريقة رخيصة وسريعة لوضع البنية التحتية الأساسية لمختبر من أجل المشاركة بالمناهج والمعطيات والسجلات الأخرى.

في مختبر البيولوجيا (علم الحياة) التركيبية لِـ ويليام شيه في HMS، يخزّن الباحثون سجلات على شبكة من الصفحات المربوطة محميّة بكلمة مرور تمكّن أي عضو من مجموعة أن ينقلها ويستخدمها. لقد بناها فريقه مستخدماً Media Wiki، وهي البرمجيات التي تشغّل ويكيبيديا Wikipedia والمسموح باستعمالها مجاناً. فصفحة تخص تجربة متطورة، على سبيل المثال، يمكن تحديثها بسهولة لتلاحظ التغيّرات في البروتوكول أو لتدخل رسماً بيانياً يتبع نتائج أحدث.

يدخل أعضاء الفريق إلى الموقع بواسطة حواسيبهم المحمولة أو بواسطة خطوطهم من حواسيبهم اللوحية iPads، التي يلفّونها في حقائب تغلق بسحّابات قبل المغامرة إلى المقعد. "حتى بأصبع في قفاز يبقى بإمكاننا الحصول على حساسية في شاشة تعمل باللمس"، يقول شيه. عندما يريد الباحثون أن يعبّروا عن فكرة ما –وهي عملية أساسية في مختبر يعمل على بنى نانوية ذاتية التجميع– فإنهم يستعملون أفكار أدوب Adobe Ideas، وهي برمجيات تجعل بالإمكان إنشاء صور مفصّلة على أجهزة بشاشات لمس، مقابل 10 دولارات أمريكية أو أقل.

لكن هذه الأدوات ذات الهدف العام لا تحقق دائماً متطلبات الباحثين. فبعض البرمجيات التي تأخذ ملاحظات، على سبيل المثال، لا تعالج الجداول بشكل حسن. ورغم أن الـ Wiki Media مرنة جداً إلا أن بعض المستخدمين يقولون إن لها واجهة (وصلة بينية) لا تلائم وضعها في النص. وهذا يعني أن السباق لصنع دفتر ملاحظات رقمي جيد –أي يتمتع بالمرونة ومصمّمٌ ليحقّق متطلبات الباحثين– ما يزال قائماً.

الحصول على المطلوب

جوناثان غروس Jonathan Gross واحد في مقدمة المتسابقين في ذلك التنافس. بدأ غروس بإنشاء برمجيات للمختبر، وحظيت الأدوات التي بناها بمتابعة لدى زملائه، وفي عام 2007 ترك المختبر ليؤسس شركة المعطيات البيولوجية BioData، التي تطور برمجيات إدارة المختبرات lab-management software. (في عام 2010 ابتاعتها شركة العلم الرقمي Digital Science، وهي الشركة الأخت لمجموعة نيتشر للنشر Nature Publishing group).

أَلِكْس كِنتْسيس Alex Kentsis طبيب أورام وأمراض الدم للأطفال لدى HMS، هو من أوائل الذين تبنّوا برمجيات غروس، وفي ذلك يقول: "قبل المعطيات البيولوجية BioData كان لدينا عملية بديلة مؤقتة». اعتادت مجموعته على تبادل الملفات على السوّاقة المشتركة، وتابع كِنتْسيس تقدم المختبر مستعملاً برنامج جدولة من Excel الذي يمثّل كل عمود فيه مشروعاً وكل سطر فيه يمثّل فعالية. لقد نجحت العملية نسبياً إلى حدٍّ ما. لم يستطع المتعاونون من الخارج النفاذ إلى السواقات المشتركة، كما أن برنامج الجدولة يتطلب صيانة دائمة وكان يصعب تفسيره.

إن برمجيات المعطيات الحيوية التي أعيد صدورها في أيلول/ سبتمبر الماضي كمرشد مخبري Labguru، تعالج هذه المسائل. إنها موطن للاتصال المباشر من أجل الحصول على أيّ معلومات تتعلق بالبحث العلمي، بدءاً من البروتوكولات والنتائج وصولاً إلى الصور والورقات العلمية ذات الصلة. تُجمَّع المادة في مشروع، يجعل متابعة تقدم الورقة العلمية وتجميع مكوناتها أمراً سهلاً، كما يقول غروس. وبوجود منظومة تأشير، يصبح بالإمكان تجميع التجارب التي تشارك بمكون مشترك، كمورّث محدّد أو خط خلوي. وباستطاعة المتعاونين من الخارج أن يستعملوا كلمة مرور للدخول إلى أي مشروع معين، الذي يمكن القيام به من أي مكان لأن المعطيات مخزونة في السحابة.

يخطط غروس ليضيف وظائف جديدة: ويقول إنه في نقاش حول استكمال منظومته مع بروتوكولات نيتشر Nature Protocols، التي هي مجلة مكرّسة لوصفات الإجراءات المخبرية، ومع أدجين Addgene، وهي مخزن للمعلومات على أدوات بحث وراثي تسمى البلازميدات plasmids. والأمل بأن يتمكن مستخدمو مرشد المختبر من سحب معلومات من قاعدة البيانات الخارجية بصورة مستمرة وبدون انقطاع. وبهذا الصدد يقول غروس: "إنه يجعل حياة الباحثين سهلة بقدر الإمكان.

إن مرشد المختبر موجّه إلى مختبرات علم الحياة، ولكن توجد بدائل من أجل المجالات العلمية الأخرى. فأندرو فيليبس Andrew Phillips، وهو كيميائي من جامعة يال بنيوهيفن، كونّيكتيكوت،

---

2 : خدمة مجانية من الإنترنت تسمح لك بجلب ما تريد من صور ووثائق وفيديو من أي مكان وتشارك بها بسهولة. وبذلك لن تكون بحاجة كي ترسل بريداً إلكترونياً لشخصك بعد الآن.

يستعمل البرنامج iLabber، وهو مُنتج من برمجيات كونتورContur Software التي مقرها في ستوكهولم. كانت نقطة البيع عند فيليبس هي مقدرة iLabber على التعامل مع مهمّات الكيميائي اليومية، مثل رسم البنى الجزيئية وحساب النواتج المتوقعة. "إنه دهاء من الناحية الكيميائية،" كما يصرح فيليبس، ويقول بأنه يدفع 150 دولاراً لكلّ مستعمل في السنة. ويأخذ برنامج Labguru من المختبرات الأكاديمية الأجر نفسه.

ولدى هيرش، في شركة سيابس خططٌ طموحة أخرى. فبرمجيات Syapse Discovery التي أنتجتها الشركة، تخضع للاختبار في 54 مختبراً في الولايات المتحدة. وهي تضم البنية القائمة على المشروع للبرنامجين iLabber وLabguru مع طبقة من تقانة سيمانطيقية (علم دلالات الألفاظ وتطورها) "تعرّف" المعطيات التي يرسلها الباحثون. فمثلاً، تستطيع برمجيات Syapse أن تميّز بصورة آلية أن المعطيات هي من آلة في مختبر خاص، مثل صفيف مكروي microarray أو MRIK ، وتطبّق "زمناً" وعناوين ملائمة أخرى. وبالنسبة للمعطيات الأخرى، لدى Syapse Discovery نظام يسمح للباحثين أن يختاروا بسرعة بطاقات من قائمة منسدلة.

بوضع علامات في مكان، يستطيع الباحثون أن يستعملوا البرمجيات كي يجروا مهمّات معقدة، والتي كانت ستتطلّب في أغلب الأحيان مهارات تكويد. قد يسأل المستخدمون البرنامجَ كي ينسخ تجارب متعددة وينشئ جدولاً يضم كل النتائج المتعلقة بمورثة معينة، أو يمكنهم أن يسألوا البرنامج في الإعداد السريري، كيف يكون تأثير عقار تجريبي على المرضى الذين عندهم مجموعة معينة من الأعراض المرضية. وفي هذا الصدد يقول هيرش: "نريد أن نعطي الناس القدرة على الحصول على هذه المعلومات بدون أن نضطرهم إلى تعلم البرمجة".

نهاية حقبة

كلّ هذه التلميحات في مستقبلٍ تعمل فيه أجهزة الآيباد iPads ونبائط أخرى أكثر من كونها مجرد أدوات تحل محل دفاتر الملاحظات. يشير كنتسيس إلى دراسة قام بها في علاج مرض ابيضاض الدم (اللوكيميا) النِقوي الحاد. وعندما نظر كنتسيس إلى المعالم التي كان قد حدّدها في معطيات حيوية BioData، تأكّد فعلاً أن جزءًا مهمّاً من الدليل، وهو نتائج إضافية على المدى الذي وصلت إليه مقاومة العقار، كان مفقوداً. كان بالإمكان إنجاز المهام باستعمال قلم وورقة، لكن معطيات حيوية BioData جعلته أسرع. "لقد كان من الأسهل أن ترى أقواس المشاريع وأن توجّه البحث نحو تساؤلات أكثر أهمية"، يقول كنتسيس.

يمكن لدفاتر الملاحظات الرقمية أيضاً أن تساعد الباحثين على سبر تعالقات تستهلك وقتاً طويلاً جداً باستعمال سجلات قائمة على الورق. لقد ظلّت أرتشانا شينوي A. Shenoy، وهي عالمة بيولوجيا في الخلايا الجذعية، في سان فرانسيسكو، تستعمل Syapse Discovery لمدة ستة أشهر. وهي تعتقد أن هذه البرمجيات يمكن أن تساعد في إلقاء الضوء على واحد من الإحباطات في حقلها: خطوط الخلية التي تموت من دون سبب ظاهر.

باستعمال دفتر الملاحظات الورقي، يكاد يكون من المستحيل أن تجد الترابط بين العوامل الكثيرة جداً التي يمكن أن تؤثر على بقاء خلية. ولكن باستعمال Syapse Discovery تستطيع شينوي أن تسجّل بسرعة معطيات تمتد من سويات ثنائي أكسيد الكربون في حاضنة خلية إلى التاريخ الذي عنده تصل دفقة جديدة من الكواشيف. وعندما تزداد مقدرة البحث وتستمر، فإن شينوي ستكون قادرة على البحث عن ارتباطات بين هذه العوامل ومصير خلاياها. "إنه شيء ما يتساءل عنه كلّ واحد"، تقول شينوي، وتضيف: "ما الذي يسبّب هذه التغيّرات الطفيفة؟".

ليس من الواضح حتى الآن كم سيكون حجم تأثير البرامج الجديدة. ستكون الكلفة واحدة من المسائل: ليس باستطاعة كلّ مختبر أن يتحمل تجهيز عناصره بحواسيب محمولة أو بأجهزة آيباد. والواقع العملي هو غير ذلك: فبعض المختبرات لا تسمح بوضع الحواسيب المحمولة قريباً من الطاولة بسبب مخاطر السقوط. ولكن في النهاية، فإن هذه الأدوات كسابقاتها من دفاتر الملاحظات الرقمية المكرّرة، سوف تحيا أو تموت بناءً على قابليتها للاستعمال.

إن التحدّي الأكبر الذي يواجه Syapse وBioData ومنافسيهم ليس هو خلق أداة باستطاعتها فعل كلّ شيء، بل أداة تشبه البرمجيات الحدسية التي أنتجتها أبّل Apple، تكون سهلة الاستعمال بصورة أساسية. يقترح الرد الأولي الذي جاء من جيمس وآخرين أن أحدث أجيال برمجيات المختبرlab software قد تكون قادرة على عمل الشيئين. وإذا كان الأمر كذلك، فقد حان الوقت في النهاية لطي صفحة دفتر الملاحظات.

نُشر هذا الخبر في مجلة ***Nature,Vol 481, 26 January 2012***.
ترجمة **د. محمد قعقع**، رئاسة هيئة التحرير.

أشعة سينية أكثر شدة

ما إن تجاوز اكتشاف الليزر عتبة النصف قرن من العمر، حتى تحقق حلم آخر لرواد المنابع الضوئية، إذ ظهر ليزر أشعة سينية ذري بطاقة فوتون عالية، لا سابق له.

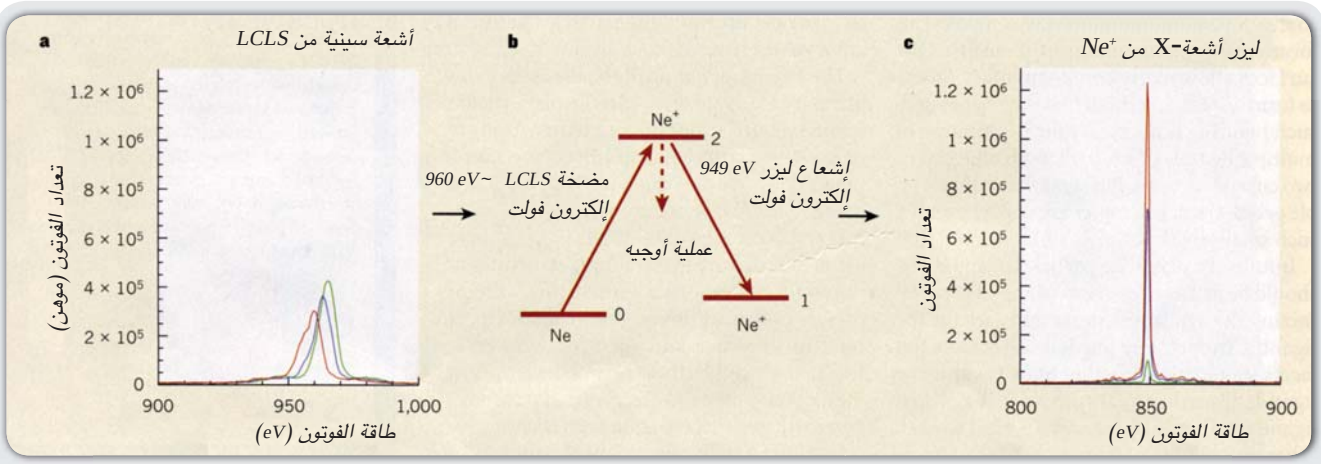
يقدم روهرنجر وآخرون، أول وصف لأشعة سينية ذرية تتليزر عند طاقة فوتون مقدارها 849 إلكترون فولط. ويعتمد إصدار ليزر أشعة-X في هذه الحالة، على انعكاس الإسكان الذري والذي ينشأ عندما توجد مجموعة طواقم ذرات في سوية طاقية أعلى، أكثر مما هي في سوية طاقية أدنى. قام روهرنجر وزملاؤه بخلق انعكاس إسكاني في عينة من غاز النيون باستخدام جهاز يعرف بليزر أشعة-X بالإلكترونات الحرة، والذي يعمل عند 960 إلكترون فولط. وعلى الرغم من وقوع طاقة الفوتون في مجال أشعة-X اللينة من الطيف الكهرطيسي، فإن مصدر أشعة-X هذا، يمهد الطريق لصنع ليزرات ذرية عملية في نظم الأشعة السينية القاسية (بطاقة تفوق 5 KeV).

كان ليزر أشعة-X بالإلكترونات الحرة (FEL) المستخدم من قبل روهرنجر وزملائه هو مصدر ضوئي مترابط ناتج عن المسرع الخطي Linac، الذي يُختصر بالأحرف (LCLS)، والموجود في مختبر المسرع الوطني (SLAC) في مينلوبارك – كاليفورنيا. وكان المنبع LCLS، الذي يعتمد على إصدار أشعة سينية تلقائية ذاتية التضخيم، ناتجة عن حزمة إلكترونات عالية الطاقة (حتى 14 غيغا إلكترون فولط) وعالية النوعية، أساسياً لنشوء انعكاس الإسكان والمستخدم لضخ الليزر الذري الجديد لأشعة-X.

ولكن، ألا تقوض الحاجة لاستعمال ليزر أشعة-X بالإلكترونات الحرة FEL، إلى حدٍّ ما، تحقيق الليزر الجديد هذا؟ الجواب نعم ولا. فالمنبع LCLS بالحقيقة كان قد ولد أشعة-X شبيهة بالليزر بسطوع لا مثيل له، وبطاقة فوتون يمكن توليفها ما بين 500 إلكترون فولط وأكثر من 8 كيلو إلكترون فولط، في نبضات تدوم ما بين 5-80 فيمتو ثانية (1 فيمتو ثانية= 10^{-15} ثانية)، وتحوي حتى 10^{13} فوتوناً. وقد مكّن المنبع LCLS من القيام بأولى الدراسات المخبرية للمادة المعرضة لأشعة-X المكثفة بطاقة من مرتبة الكيلو إلكترون فولط، واستعملت لتصوير بلّورات نانوية وحيدة، وفيروسات. بغض النظر، وبشكل مماثل، فإن ليزر الإلكترون الحر يرتكز على إصدار أشعة سينية تلقائية ذاتية التضخيم، غير أن منبع LCLS لاقى قيوداً في نوعية الأشعة الناتجة عنه. وتعزى هذه القيود، بشكل أساسي، إلى الطبيعة العشوائية للعملية، التي تقدم ترابطاً زمنياً ضعيفاً (أي تكون الأمواج التي تؤلف حقل الأشعة السينية غير متزامنة بشكل جيد) واهتزازات طيفية وزمانية شديدة، تولدها نبضات الليزر اللاحقة.

لقد كان شائعاً لفترة طويلة، استخدام نوع واحد من ليزرات الضوء المرئي، لتقديم الطاقة لضخ انعكاس الإسكان، اللازم لتشغيل ليزر آخر بخواص بصرية مختلفة. على سبيل المثال، تستخدم الليزرات المرئية من مرتبة النانو ثانية بشكل منتظم لضخ الليزرات المرئية من مرتبة الفيمتو ثانية. قام روهرنجر وزملاؤه بتوسيع هذه الفكرة لتشمل منطقة الأشعة السينية من الطيف. لقد ضخت سابقاً، ليزرات أشعة سينية تعمل عند طاقات فوتون منخفضة، ما بين 20-300 إلكترون فولط، بوساطة عمليات فيزيائية مثل تصادم الإلكترون أو إعادة الاتحاد أو التأيين الضوئي في أوساط البلازما التي تُولَّد إما بواسطة الانفراغ الكهربائي أو بواسطة الليزرات المرئية العالية الشدة، وتكون هذه الليزرات مقيدة بسبب أن كثافة الطاقة اللازمة لضخ انعكاس الإسكان، تعادل مكعب طاقة فوتون الليزر، ولذلك يتطلب كثافة طاقة عالية جداً مطلوبة للوصول إلى مجال أشعة سينية أقسى. في الحقيقة، كان انعكاس إسكان ليزرات أشعة-X القاسية التي ضخت بكثافة طاقية عالية بشكل كبير، مولدة بواسطة الانفجارات النووية الحرارية، هو الهدف في مشروع الدفاع الوطني إكسكايبور، في المختبر الوطني لورانس ليفرمور في ثمانينيات القرن الماضي، ولكن أدت طبيعة مصادر الأشعة السينية هذه إلى حظر التطبيقات العامة بشكل ما.

ركّز روهرنجر وزملاؤه في تجربتهم على نبضات أشعة-X مماثلة لمنبع LCLS بحيث تحوي كل منها على أكثر من 10^{12} فوتوناً بطاقة 960 إلكترون فولط، وتدوم لمدة 40 فيمتو ثانية، في حزمة من بضعة مكرو مترات عبر تلك المنعكسة عن عينة كثيفة من ذرات النيون. ولّد ذلك كثافة الطاقة اللازمة لضخ العديد من الذرات من الحالة الأرضية (السوية صفر) إلى حالة طاقية أعلى من النيون المؤين



*الشكل **1**- **الليزرة الذرية للأشعة السينية**. أظهر روهرنجر وزملاؤه عملية ليزرة أشعة سينية لطاقة فوتون مقدارها 849 إلكترون فولط بخلق عملية انعكاس إسكاني في عينة من غاز النيون باستخدام منبع ضوء مترابط من مسرع خطي LINAC (LCLS)، وهو عبارة عن ليزر أشعة سينية بإلكترونات حرة. **a**- يملك إشعاع الأشعة السينية LCLS انتشاراً كبيراً في طاقة الفوتون وتذبذبات ملموسة في طاقة الفوتون الوسطية (حوالي 960 إلكترون فولط) والحاصلة عن نبضات ليزر تعاقبية (المبينة بألوان مختلفة). يقاس عدد الفوتونات بعد إرسالها عبر عينة النيون ثم توهن بشدة. **b**- تضخ أشعة LCLS العديد من ذرات النيون من السوية الأساسية (السوية صفر) إلى سوية طاقة أعلى للنيون المؤين (السوية 2). تتفكك معظم الأيونات في الحالة المثارة، من خلال عملية أوجيه، ولكن بعضها يقوم بانتقال إشعاعي إلى سوية تملك طاقة أخفض من السوية 2 (السوية 1). يرافق هذا الانتقال بإصدار إشعاع ليزر له طاقة فوتون وسطية دقيقة (849 إلكترون فولط). **c**- لأشعة الليزر هذه انتشار طاقة أقل من إشعاع LCLS.*

(السوية 2) وبلوغ انعكاس الإسكان. تتفكك معظم الأيونات في الحالة المثارة، بآلية تعرف بعملية أوجيه وفق جدول زمني محدود 2.7 فيمتو ثانية، ولكن بعضها يقوم بانتقالات إشعاعية إلى سوية (السوية 1) لها طاقة أدنى من السوية 2. ولأن إشعاع الأشعة السينية LCLS المطبق يؤدي إلى نشوء مفاجئ لإسكان كبير لذرات النيون في السوية 2، ونضوب مفاجئ مماثل في السوية 1، فيكون هناك انعكاس إسكان عابر بين السويتين 2 و1 يؤدي إلى عملية ليزرية (الشكل 1).

إن الخاصية الأكثر أهمية لهذا الليزر، هي أن نبضات الأشعة السينية الصادرة، تملك طاقة مركزية دقيقة وتنتشر بأقل من إلكترون فولط واحد، وهذا مرتبط بالخواص الذرية لغاز النيون. تنشأ هذه الخواص نتيجة لمبادئ ميكانيك الكم، ولذا فهي لا تتغير من نبضة إلى أخرى. وعلى النقيض من ذلك، فإن الطاقة المنتشرة عن نبضات أشعة–X LCLS التي تؤثر على/وتُنقَل في غاز النيون تساوي 8 إلكترون فولط بالنسبة لأي نبضة وتقارب 15 إلكترون فولط عندما يؤخذ متوسط عدة نبضات، (الشكل 1). تقترح نمذجة الباحثين للعملية، أن انتشار الطاقة يكون متوافقاً مع مجموعة التحديد الفيزيائية نتيجة الفترة القصيرة (حوالي 5 فيمتو ثانية) للنبضات الصادرة عن غاز النيون. ويعني انتشار الطاقة الأقل لأشعة-X الصادرة، أن الترابط الزمني لأشعة-X ذات الطاقة 849 إلكترون فولط أكبر منها بأكثر من عشرة أضعاف من حالة نبضات LCLS.

ومع أن لليزر أشعة–X المقدم من قبل روهرنجر وزملائه، استطاعة خرج أقل منها في إشعاع LCLS، سيؤدي الترابط المحسن بشكل كبير وانتشار الطاقة المخفض إلى فتح مجالات جديدة من البحوث التي تتطلب طاقات أشعة-X محددة بدقة، والأمثلة على هذه المجالات تشمل دراسة العمليات الفيزيائية مثل التأيين الضوئي وتبعثر أشعة-X اللامرن والذي يمكن استخدامه لدراسة التغيرات الفائقة السرعة في المادة. وأكثر من ذلك، فإن نبضات ليزر الأشعة السينية هذا ونبضات LCLS تكون متزامنة بشكل كبير، ولذا يمكن استخدامها في تجارب يلزمها حقلي أشعة سينية بطاقتي فوتون مختلفتين، ليتفاعلا مع العينة بشكل آني.

لم يقتصر الأمر على أن نظام ضخ أشعة-X الإلكترون الحر، يعمل عند طاقات فوتون أعلى بكثير مما حقق وفق نظم أخرى من توليد ليزرات الأشعة السينية المعتمدة على الانعكاس الإسكاني، ولكن أيضاً يكون معدل التكرار (المعدل الذي تتولد به نبضات الأشعة السينية) عالياً بقدر ما هو في ليزرات الإلكترون الحر المستعملة، وتملك LCLS معدل تكرار يصل إلى 120 هرتز الذي يُعدّ أكبر بمئة ضعف منه في ليزرات أشعة-X السابقة. ومع أن الليزر الجديد أكثر صعوبة في التشغيل من LCLS، فإن مجال طاقة فوتوناته واستقراريته ومعدل تكراره، تجعله أداة ذات فائدة كبيرة محتملة في الدراسة البنيوية المفصولة زمانياً للمواد.

نُشر هذا الخبر في مجلة ***Nature,Vol 481, 26 January 2012***.
ترجمة **د. توفيق ياسين**، عضو هيئة التحرير.

البيئة الكيميائية للألم

يسبّب سم أفعى الكورال التكساسية ألما مبرحاً جداً . ويفتح اكتشاف المكوّن المحرِّض للألم في السم فرصاً لدراسة التآثرات بين المفترس والفريسة في أبحاث الألم.

لقد دُرست التآثرات بين الحيوانات من خلال الملاحظات المباشرة لعلماء الأحياء العاملين في الميدان. غير أن مقاربة مكملة تنشأ حالياً من قطاعٍ لعلم الأحياء مختلف كلياً: توصيف الجزيئات المحتمل نشوءها في حيوان لاستهداف حيوان آخر، كجزء من استراتيجيات الدفاع عن النفس أو الافتراس. يقدم بوهلين Bohlen ومعاونوه توضيحاً دقيقاً يتعلق بهذه المسألة من خلال توصيف المكوّن المحرِّض للألم الموجود في سم أفعى الكورال التكساسية (Micrurus tener، الشكل 1). شُحِذَ المكّون المسمّى Mit Tx بالانتقاء الطبيعي لتنشيط صنفٍ محدّدٍ من جزيئات كبيرة ترسل الإشارات والمعروفة بقنوات أيونية حسّاسة للحمض (ASICs). ويكشف توصيف Mit Tx دوراً كان مجهولاً سابقاً في إرسال إشارات ألم لنوع فرعي من ASIC المعروف باسم ASIC1.

تخضع الحيوانات لضغط انتقائي مستمر لتطوير الآليات التي تردع الحيوانات المفترسة المحتملة. والأفاعي السامة، علاوة على ذلك، هي حيوانات مفترسة ناجحة، ولكنها هي نفسها قد تقع فريسة الحيوانات الأخرى التي طوّرت السم لاصطياد فرائسها، وهذا يمكن تكييفه لأغراض دفاعية.

تشمل المركّبات التي تخرجها الحيوانات السامة لردع الحيوانات المفترسة مركّبات تسبّب ألماً فظيعاً. وباستخدام حاجز غير متحيز –لا يعتمد على الفرضيات الميكانيكية– لكشف المركّبات التي تنشّط الخلايا العصبية الحسية، قام بوهلين ومعاونوه بوصف وتمييز مثل ذلك المركّب المحرّض للألم من سم أفعى الكورال التكساسية. لقد وجدوا أن السم المُنقَّى يعمل وفق آلية غير متوقعة: تثير الألم بشكل رئيسي بفعل ASIC1، الذي يظهر في العصبونات الحسية. هناك نوع فرعي آخر لقنوات ASIC هو ASIC3، كان هدف دراسةٍ في

الشكل 1- عضة موجعة: اكتشف بوهلين ومعاونوه المركّب المحرِّض للألم في سم أفعى الكورال التكساسية.

إشارات الألم لأن ظهوره محصور في العصبونات الحسية. وعلى نقيض ذلك، يتوزع ASIC1 على نحو واسع في الدماغ، حيث يبدو أن له وظائف متعددة.

في جميع الحيوانات الفقارية، يتم التحكم بدرجة الحموضة (pH) في الأنسجة بشكل صارم. يمكن أن تكون التغيّرات المهمّة في درجة الحموضة نتيجة لأزمات فيزيولوجية حادة مثل، إصابة جسيمة للأنسجة، وربما تشير إلى انهيار آليات الاستتباب الطبيعية للتحكم بدرجة الحموضة. تنشط جميع ASICs بدرجات الحموضة المنخفضة، أي زيادة في تركيز البروتون (H^+). ولكن بوهلين ومعاونيه وجدوا أن الذيفان المنشط للقنوات ASIC في سم أفعى الكورال التكساسية انتقائي بالنسبة للقنوات ASICl عند درجة حموضة طبيعية. وهذا يشير إلى أن قنوات ASIC1 لها دور كبير في الدورة البيولوجية التي تثير استجابة مقيتة في الحيوانات المفترسة للأفعى.

ويقدم بوهلين وزملاؤه تقريراً بأن المكونتين البروتينيين MitTx–α and MitTx–β تتحدان لتشكلا المعقد MitTx الوظيفي. وMitTx–α

هو بروتين «كونيتز» والذي له سقالة بنيوية توجد في الكثير من المثبطات لإنزيمات البروتياز (الإنزيمات التي تحلل البروتينات الخليوية). MitTx–β هو مشابه لإنزيمات الفسفوليباز–A_2 والتي توجد في مجموعة واسعة من سموم الأفاعي ولها إطار عمل بنيوي مميّز. والمركّب الشبيه بالفسفوليباز–A_2 في سم أفعى الكورال التكساسية فَقَدَ نشاطه المميز لهذه الإنزيمات. ولكن وجد المؤلفون أنه لا يمكن لـ: MitTx–α أو MitTx–β لوحده أن تنشّط العصبونات الحسية أو ASICs، بل عند مزجهما معاً ينشِّط المعقد MitTx الناتج ASIC1 بقوة وعلى نحو انتقائي. ولم يسبق مثيل لمشاركة البروتين الشبيه بالفسفوليباز–A_2 مع بروتين منطقة الكونيتز، والتنشيط الانتقائي لـ ASIC1.

ويلاحظ المؤلفون أن معقد MitTx هو منشّط ضعيف لـ ASIC2a في درجة الحموضة المعتدلة فيزيولوجياً. رغم ذلك، تزيد بقوة قدرة تنشيط ASIC2a بالبروتونات، حيث إن درجة الحموضة خارج الخلية تصبح حامضية. وهذا يشير إلى الإمكانية الملحوظة في أن هناك ربائط داخلية المنشأ غير مكتشفة تنظم نشاط ASICs. ويفترض بوهلين ومعاونوه أنه في حال وجود ربائط كهذه، ربما تتصرف ASICs مثل «مكاشيف تصادفية»، تُنشَّط فقط في وجود كلٍّ من البروتونات والربيطة خارج الخلية.

والحقيقة أن أفاعي الكورال التكساسية قد طوّرت منشطاً فعالاً لقنوات ASIC في سمّها، مما يشير إلى ألم حاد، ويثير أسئلة حول التآثرات بين هذه الأفاعي والحيوانات المفترسة. هل هناك جزيئات متشابهة بشكل وظيفي وبنيوي في سم أفاعي الكورال الأخرى؟ وهل هناك وجود لجزيء محرّض لألم شديد كهذا مقترن باللون التحذيري اللامع لأفاعي الكورال؟ وهل الأفاعي السامة ذات الصلة التي ليس لها تكيف لوني ينقصها هذا الجزيء؟ ما هي الخطوات الوسيطة التي أسهمت في تطوير معقّد فعّال وانتقائي جداً من بروتين شبيه الفسفوليباز–A_2 مع بروتين منطقة الكونتيز؟ يشير التركيب الكيميائي للمعقد إلى سيناريوهات محتملة لكيفية تطور الجزيء، وضمنه التفاعل الحيوي المرافق.

يجب أن يضيف وصف الجزيئات التي تتوسط التفاعلات الحيوية أبعاداً أخرى لدراسات العلاقات البيئية بين الحيوانات التي تكمل المشاهدات الميدانية. بالطبع، يمكن بلا ريب لعلماء الأحياء الميدانيين تمييز الحيوانات المفترسة لأفاعي الكورال التكساسية، لكن معرفة الجزيئات المستخدمة في الاستراتيجية الدفاعية للأفعى، مع المشاهدات الميدانية، ستفسح الطريق للإجابة عن أسئلة أخرى، على سبيل المثال، هل يثير وجود حيوانات مفترسة زيادة في الذيفانات النوعية في السم؟

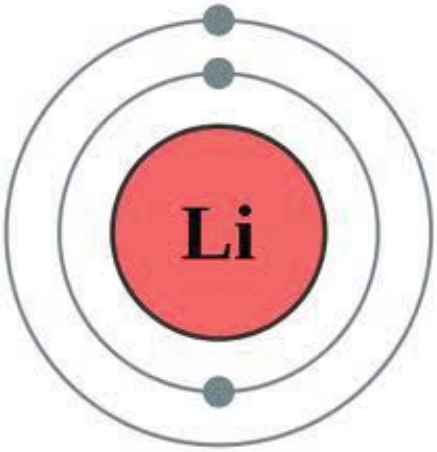
بالإضافة إلى ذلك، تكون للجزيئات التي تتوسط التفاعلات الحيوية عوامل من عقاقير شديدة الانتقائية. لذلك هي مفيدة ليس فقط في الاستقصاء عن العلاقات البيئية بين الحيوانات، ولكن أيضاً كأدوات في البحث الرئيسي. Mit Tx ليس استثناءً، حيث إنه يزوّد أخصائيي الأعصاب بأداة جديدة لاستقصاء أدوار ASIC1 في الإشارة للألم. وسيسلّط المعقد البروتيني الاستثنائي الضوء على العلوم العصبية وعلم البيئة، التي هي بمثابة وسائل الدفاع لدى أفاعي الكورال ضد الحيوانات المفترسة والآليات الأساسية لتحسّس الألم.

نُشر هذا الخبر في مجلة ***Nature,Vol 479, 17 November 2011***.
ترجمة **مأمون رباح**، هيئة الطاقة الذرية السورية.

نافذة على عناصر الجدول الدوري

الليثيوم

الرمز:	Li
العدد الذرّي:	3
الكتلة الذرّية النسبية:	6.941 (2)
درجة انصهاره:	180.54 °C
درجة غليانه:	1342 °C
الكثافة:	0.534 $g.cm^{-3}$
حالات الأكسدة:	-1, +1



الليثيوم عنصر معدنيّ طريّ ذو لون أبيض فضي، وينتمي إلى مجموعة المعادن القلوية في الجدول الدوري. يُعبَّر عنه بالرمز Li وعدده الذرّي 3. وفي الشروط النظامية من الضغط ودرجة الحرارة، يكون الليثيوم المعدن الأخف والعنصر الصلب الأقل كثافة. ومثل جميع العناصر القلوية، فهو فعّال جداً وقابل للاحتراق. ولهذا السبب، يتم حفظه في زيت معدني. وعند قطعه، يُظهر الليثيوم بريقاً معدنياً، غير أن تماسه مع الهواء الرطب يؤكسد سطحه بسرعة ليصبح لونه رمادياً فضياً فاتحاً، ثم أسود فاقداً للبريق. وبسبب فعّاليته العالية، لا يوجد الليثيوم بشكلٍ حرٍّ أبداً في الطبيعة، وبدلاً من ذلك، يظهر على هيئة مركبات فقط، وهي عادة مركبات أيونية. يظهر الليثيوم بأشكال عدة من الفلزات الغرانيتية، غير أن انحلاله على شكل أيونات يجعله حاضراً في مياه المحيطات ويتم الحصول عليه عادة من الأوحال ومياه البحار. وعلى المستوى الصناعي، يتم عزل الليثيوم بالتحلل الكهربائي لخلائط من كلوريد الليثيوم وكلوريد البوتاسيوم.

تميل نواة الليثيوم إلى عدم الاستقرار، نظراً لكون نظيري الليثيوم المستقلين في الطبيعة هما أقل النوى ترابطاً طاقياً بين جميع النوى المستقرة. وبسبب عدم استقراره النووي النسبي، فهو الأقل شيوعاً في المنظومة الشمسية بين 25 من العناصر الكيميائية الـ 32 حتى بين النوى العالية جداً بكتلتها الذرّية. وللأسباب العائدة لهذا الموضوع، يتمتع الليثيوم بعلاقات مهمّة مع الفيزياء النووية. كان تحول ذرّات الليثيوم إلى هليوم أول تفاعل نووي أنجزه الإنسان في العام 1932، وقام دوتريد الليثيوم بدور وقود اندماجي في مرحلة الأسلحة النووية الحرارية.

يدخل الليثيوم ومركباته في تطبيقات صناعية عديدة، بما في ذلك الزجاج المقاوم للحرارة والسيراميك، إضافة إلى زيادة قوة الخلائط المستعملة في صناعة الطائرات وبطاريات الليثيوم وبطاريات الليثيوم الأيونية. تستهلك هذه الاستعمالات أكثر من نصف الليثيوم المنتج.

توجد آثار من الليثيوم في جميع المواد الحيّة. لا يقوم الليثيوم بوظيفة حيوية أساسية، حيث إن النباتات والحيوانات تعيش بحالة جيدة من دونه. أثبتت أيونات الليثيوم Li^+، المماثلة بدورها لأي من أملاح الليثيوم، أهميتها بصفتها عقاراً لتعديل المزاج، ويعود ذلك للآثار العصبية للأيون على جسم الإنسان.

خصائصه

الذرّية والفيزيائية

تمتلك ذرّة الليثيوم، كغيرها من ذرّات المعادن القلوية الأخرى، إلكتروناً تكافؤياً وحيداً، وتؤدي سهولة اقتلاعه إلى تشكل كاتيون.

ولهذا السبب، فهو موصل جيد للحرارة والكهرباء إضافة إلى أنه عنصر شديد الفعّالية، مع أنه الأقل نشاطاً بين المعادن القلوية. ويعود نشاطه الضعيف بالمقارنة مع المعادن القلوية الأخرى إلى قرب إلكترونه التكافؤي إلى نواته.

يكون الليثيوم المعدني طرياً بحيث يمكن قطعه بالسكين. وعند قطعه، يظهر لوناً أبيض فضياً يتغيّر بسرعة إلى رمادي بسبب تأكسده. وفي الوقت الذي يحظى فيه بأخفض درجة انصهار بين جميع المعادن (180 °C)، إلاّ أن درجتي انصهاره وغليانه هما الأعلى في حالة المعادن القلوية.

الليثيوم المعدني

إنه المعدن الأخف في الجدول الدوري، وهو خفيف لدرجة أنه يطفو على سطح الماء وحتى على سطح الزيت، وهو واحد من ثلاثة معادن تماثله في هذه الخاصية (العنصران الآخران هما الصوديوم والبوتاسيوم). إن كثافة الليثيوم ضعيفة جداً، وهي تقارب $0.534\ g/cm^3$، كما أنه يطفو فوق الماء غير أنه يتفاعل معه.

خصائصه الكيميائية ومركباته

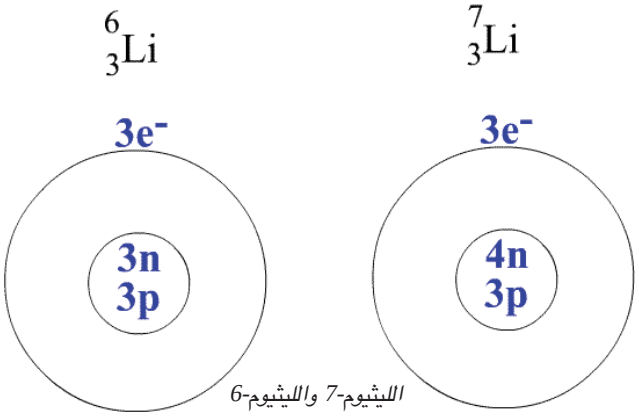
يتفاعل الليثيوم بسهولة مع الماء، ولكن بطاقة أقل بشكل ملحوظ مما تحدثه المعادن القلوية الأخرى. يؤدي تفاعله إلى تشكل الهدروجين الغازي وهدروكسيد الليثيوم في المحلول المائي. وبسبب فعّاليته العالية مع الماء، يخزن الليثيوم عادة بغطاء من هدروكربون لزج، غالباً من الهلام النفطي. وفي الهواء الرطب، يفقد الليثيوم بريقه بسرعة نتيجة تشكل طبقة سوداء من هدروكسيد الليثيوم (LiOH و $LiOH.H_2O$) ونتريد الليثيوم (Li_3N) وكربونات الليثيوم ($LiCO_3$)، التي هي حاصل تفاعل ثانوي بين LiOH وCO_2).

وعند وضعه فوق شعلة، تبدي مركبات الليثيوم لوناً قرمزياً مدهشاً، لكن احتراقه الشديد يحول الشعلة إلى لون فضي لامع. ولدى تعرضه للماء أو لبخار الماء، سيشتعل الليثيوم في الأكسجين ويحترق. الليثيوم قابل للاشتعال، وينفجر بقوة عند تعرضه للهواء بخاصة بوجود الماء، غير أن ذلك أقل مما يحدث بوجود المعادن القلوية الأخرى. وكما هو الحال مع جميع المعادن القلوية الأخرى، تكون النيران صعبة الإطفاء، مما يتطلب استعمال مساحيق مضادة للحرائق. والليثيوم هو المعدن الوحيد الذي يتفاعل مع النتروجين في الشروط الطبيعية. كما يتفاعل الليثيوم المعدني مع الهدروجين الغازي في درجات الحرارة العالية منتجاً هدريد الليثيوم (LiH).

هناك مركبات أخرى ثنائية الذرّة معروفة نذكر منها الهاليدات (LiF وLiCl وLiBr وLiI)، وسلفيد الليثيوم (Li_2S)، وفوق أكسيد الليثيوم (Li_2O)، وكربيد الليثيوم (Li_2C_2). ويُعرف العديد من الكواشف من مركبات الليثيوم العضوية التي تحتوي على رابطة مباشرة بين الكربون والليثيوم والمكونة بشكل فعّال للكربانيون بصفتها أسساً قوية مانحة للإلكترونات.

نظائره

يتكون الليثيوم الموجود في الطبيعة من نظيرين، ^6Li و^7Li، وتبلغ وفرة الأخير 92.5%. ولكلا النظيرين الطبيعيين طاقة ربط نووية ضعيفة بشكل شاذ بالمقارنة مع العناصر التالية الأخف والأثقل، الهليوم والبيريليوم، مما يعني أنه الوحيد بين العناصر الخفيفة المستقرة الذي يستطيع إنتاج طاقة صافية خلال الانشطار النووي. جرى توصيف سبعة نظائر مشعة لليثيوم، والأكثر استقراراً بينها ^8Li بعمر نصف قدره 838 ملّي ثانية و^9Li بعمر نصف 178 ملّي ثانية. في حين أن أعمار النصف لجميع النظائر المشعة الأخرى أقل من 8.6 ملّي ثانية.



الليثيوم-7 والليثيوم-6

تتشكل نظائر الليثيوم فعلياً خلال عمليات طبيعية واسعة التنوع، بما في ذلك تشكل الفلزات (الترسبات الكيميائية) والاستقلاب والتبادل الأيوني. ومن أجل فصل نظائر الليثيوم، يمكن استعمال طريقة الفصل النظيري بالليزر المعروفة تماماً.

وجوده

في الفلك

استناداً إلى النظرية الفلكية الحديثة، كان الليثيوم، بنظيريه ^6Li و^7Li من بين العناصر الثلاثة الحاصلة في الانفجار العظيم Big Bang. ورغم أنه يمكن حساب وفرة الليثيوم المقبولة الناجمة عن الاصطناع النووي في الانفجار العظيم المتعلقة بعدد الفوتونات

والباريونات*، فهناك تعارض في وجود الليثيوم الفلكي في الكون: يبدو أن النجوم القديمة تحتوي على كمية من الليثيوم أقل مما يجب، في حين أن الكمية أكبر في بعض النجوم الأحدث تشكلاً. يوجد الليثيوم أيضاً في النجوم القزمية البنية وفي بعض النجوم البرتقالية الشاذة.

في الأرض

توزع كمية الليثيوم المنتج منجمياً عام 2011 والاحتياطي منه بالأطنان:

البلد	المنتج	الاحتياطي
الأرجنتين	3200	850000
أستراليا	9260	970000
البرازيل	160	64000
كندا	480	180000
تشيلي	12600	7500000
الصين	5200	3500000
البرتغال	820	10000
زمبابوي	470	23000
الإجمالي العالمي	**34000**	**13000000**

وبالرغم من التوزع الكبير للّيثيوم على الأرض، إلاّ أنه لا يوجد بشكله العنصري في الطبيعة بسبب فعّاليته العالية. إن محتوى الليثيوم في مياه البحر كبير جداً ويقدر بـ 230 بليون طن، حيث يوجد العنصر بتراكيز ثابتة بين 0.14 و0.25 جزء من مليون جزء. يشكل الليثيوم جزءاً بسيطاً من الصخور البركانية، وأكبر تركيز له في صخور الغرانيت.

بالمقارنة مع العناصر الأخرى، يُعدُّ الليثيوم من العناصر النادرة، رغم وجوده في العديد من الصخور وبعض المياه المالحة، لكن دائماً بتراكيز ضعيفة. وفي بوليفيا، يوجد واحد من المصادر الأساسية، حيث تنتج 5.4 مليون طن، واستناداً إلى المسح الجيولوجي عام 2011 تقدر كميات الليثيوم في تشيلي بحوالي 7.5 مليون طن، وأعلى إنتاج بلغته هو 8800 طن.

وفي حزيران/يونيو 2010، أفادت صحيفة نيويورك تايمز أن الجيولوجيين الأمريكيين أجروا مسحاً أرضياً للبحيرات المالحة الجافة في غرب أفغانستان، ويعتقدون بوجود ترسبات هائلة من الليثيوم موجودة فيها. وقال ضباط في وزارة الدفاع الأمريكية إن التحليل المبدئي لأحد المناجم في منطقة غازني يظهر أن ترسبات الليثيوم أكبر مما هو موجود في بوليفيا، التي يُعرف عنها الآن بأنها تمتلك أكبر احتياطي عالمي من الليثيوم.

في البيئة الحيوية

يوجد الليثيوم بكميات أثر في النباتات والعوالق واللافقاريات، وذلك بتراكيز تتراوح بين 69 و5760 جزءاً في البليون جزء. وفي الفقاريات يكون تركيزه أقل من ذلك بقليل، إذ وجد بشكل تقريبي أن نسج الفقاريات وسوائل الجسم جميعها محتوية على الليثيوم بتراكيز تتراوح بين 21 و763 جزءاً في البليون جزء. ويبدو أن المتعضيات البحرية تراكم الليثيوم بكميات أكبر مما تراكمه المتعضيات البرية. وليس من المعروف ما إذا كان الليثيوم يتمتع بدور في أي من هذه المتعضيات، لكن دراسات في مجال تغذية الثدييات تشير إلى أهميته الصحية، مما أدى إلى اقتراح بتصنيف الليثيوم بصفته عنصر أثر أساسياً في التغذية، ويجب أن يتضمن الراتب الغذائي منه 1 ملّي غرام يومياً. كما اقترحت دراسات ميدانية يابانية في العام 2011 أن وجود الليثيوم الطبيعي في مياه الشرب يمكن أن يزيد من عمر الكائن البشري.

قصته

اكتشف مركب البيتاليت ($LiAlSi_4O_{10}$) عام 1800 من قبل كيميائي سويدي في أحد المناجم. ورغم ذلك، لم يكتشف وجود العنصر الجديد إلاّ في العام 1817 عند تحليل فلز البيتاليت. يشكل هذا العنصر مركبات مشابهة لمركبات الصوديوم والبوتاسيوم، غير أن كربوناته وهدروكسيداته أقل انحلالاً في الماء وأكثر قلوية.

بيّن أرفويدسون Arfwedson لاحقاً أن هذا العنصر نفسه كان موجوداً في فلزات سبوديمن spodumene وفلزات ليبيدوليت lepidolite. وفي العام 1818، كان كريستيان جميلين Christian Gmelin أول من لاحظ أن أملاح الليثيوم تمنح اللون الأحمر اللامع للشعلة. رغم ذلك، فشل أرفويدسون وجميلين في عزل العنصر نقياً من أملاحه. ولم يُعزل الليثيوم إلاّ في العام 1821، عندما تمّ الحصول عليه بوساطة التحلّل الكهربائي لأكسيد الليثيوم، وهي الطريقة التي استُخدمت من قبْل للحصول على المعدنين القلويين الصوديوم والبوتاسيوم. في العام 1855، أنتجت كميات أكبر من الليثيوم عبر التحلّل الكهربائي لكلوريد الليثيوم. قاد اكتشاف هذه الطريقة المعزّزة إلى إنتاج الليثيوم تجارياً في بداية العام 1923.

** الباريون: جسيم دون ذرّي ينتمي إلى مجموعة تخضع لتفاعلات متبادلة قوية، وله كتلة أكبر أو مساوية لكتلة البروتون، ويتكون من ثلاثة كواركات.*

خضعت قصة إنتاج الليثيوم واستعماله إلى تغيّرات عديدة. جرى التطبيق الأول الأهم لليثيوم في درجات الحرارة العالية بصفته مادة تشحيم لمحركات الطائرات والتطبيقات المشابهة خلال الحرب العالمية الثانية وبعدها بقليل. ارتفع الطلب على الليثيوم بشكل سريع خلال الحرب الباردة من أجل إنتاج أسلحة الاندماج النووي. إذ يؤدي تشعيع الليثيوم-6 والليثيوم-7 بالنترونات إلى إنتاج التريتيوم، وهما بالتالي مهمّان لإنتاج التريتيوم ذاتياً، إضافة إلى أنهما يشكلان وقود اندماج صلب يستعمل ضمن القنابل الهدروجينية بشكل دوتريد الليثيوم. أصبحت الولايات المتحدة أول منتج لليثيوم في المرحلة ما بين نهاية خمسينيات القرن الماضي ومنتصف ثمانينياته. وفي الختام وصل مخزون الليثيوم الاستراتيجي إلى ما يقارب 42000 طن على شكل هدروكسيد الليثيوم. وقد استنفذ 75% من مخزون الليثيوم على هيئة ليثيوم-6.

استعمل الليثيوم لتخفيض درجة انصهار الزجاج وتحسين سلوك انصهار أكسيد الألمنيوم عند استعمال طريقة هال هيرولت Hall-Heroult process. سيطر هذان التطبيقان على السوق لغاية منتصف تسعينيات القرن الماضي. وبعد انتهاء سباق التسلح النووي انخفض الطلب على الليثيوم وتبعه انخفاض للسعر.

لكن في منتصف التسعينيات، بدأت شركات عديدة باستخلاص الليثيوم من مياه البحر، وهي طريقة أقل تكلفة من استخراجه المنجمي. أغلقت معظم المناجم أو حولت نشاطها إلى مواد أخرى. وعلى سبيل المثال، أغلقت مناجم الولايات المتحدة بالقرب من جبال الملوك Kings Mountains في شمال كارولينا قبل نهاية القرن الماضي. أدى استعمال بطاريات الليثيوم الأيوني إلى ارتفاع الطلب على الليثيوم وأصبح هذا الاستعمال مسيطراً في العام 2007 وما بعده.

إنتاجه

أظهرت صور الساتلات الفضائية مسطحات ملحية غنية بالليثيوم. يتم تركيز المياه المالحة الغنية بالليثيوم بعد ضخها وتجميعها في برك تبخير شمسي.

تزايد إنتاج الليثيوم بشكل كبير بعد نهاية الحرب العالمية الثانية. فيعزل المعدن عن العناصر الأخرى في الصخور البركانية، وتستخلص أملاح الليثيوم من مياه الينابيع المعدنية والبحيرات المالحة والرسوبيات الملحية. يجري إنتاج المعدن بالتحلّل الكهربائي لخليط منصهر من كلوريد الليثيوم وكلوريد البوتاسيوم. وقد بلغ سعر الكيلو غرام منه في العام 1998 قرابة 95 دولاراً أمريكياً.

هناك آمال كبيرة لاستعمال بطاريات الليثيوم الأيوني في السيارات الكهربائية، لكن إحدى الدراسات خلصت إلى أن "إنتاج كربونات الليثيوم القابل للتحقق عملياً سيكون كافياً فقط من أجل جزء صغير من احتياجات السوق العالمية، لأن طلب قطاع الإلكترونيات المحمولة سيستهلك غالبية تزايد الإنتاج المخطط له في العقد القادم"، وأن "الإنتاج الكبير من كربونات الليثيوم لا يبدو قابلاً للتحقق بيئياً، إذ إنه سيؤدي إلى دمار حيوي بيئي يجب تجنبه، وأن انتشار أيون الليثيوم لا يتوافق مع مفهوم السيارة الخضراء".

وجدت ترسبات الليثيوم في جنوب أفريقيا على طول سلسلة جبال الأنديز، وتعدّ تشيلي المنتج الأول لهذا المعدن، وتليها الأرجنتين. وكلا البلدين يستخرج الليثيوم من البرك المالحة. يستخلص الليثيوم في الولايات المتحدة من برك مالحة في منطقة نيفادا. ومع ذلك، يوجد نصف الاحتياطي العالمي من الليثيوم في بوليفيا، والواقع على طول المنحدر الشرقي المركزي لسلسلة الأنديز. بدأت بوليفيا محادثاتها مع شركات يابانية وفرنسية وكورية للبدء بعمليات الاستخلاص. واستناداً إلى مسح جيولوجي أمريكي تحتضن صحراء يوني البوليفية 5.4 مليون طن من الليثيوم. كما أن الهند لها القدرة على أن تكون منتجاً مهمّاً لكربونات الليثيوم من المواقع الملحية، مع إمكانية إنتاج حتى 55000 طن سنوياً إذا أرادت.

تقدر الاحتياطات العالمية بـ 13 مليون طن. ونظراً لاستهلاك 400 غرام لكل كيلو واط ساعي في بطارية الليثيوم الفعالة، فبإمكان ذلك الاحتياطي أن ينتج استطاعة عظمى مقدارها 32.5 بليون كيلو واط ساعي، مفترضين أن الاستهلاك يتم للسيارات فقط، وسيكفي ذلك لما يقارب 1.4 بليون بطارية سيارة استطاعتها 24 كيلو واط ساعي (مثل سيارة نيسان).

تطبيقاته

في السيراميك والزجاج

يُستعمل مصهور أكسيد الليثيوم بشكل واسع لمعالجة السيليكا، مخفضاً درجة انصهار المادة ولزوجتها ومعطياً سطحاً صقيلاً ذا خصائص فيزيائية محسّنة بما في ذلك معاملات انتشار حراري منخفضة. يشكل أكسيد الليثيوم أحد مكونات جدران الأفران، ويُعدُّ ذلك الاستعمال الوحيد الأوسع لمركبات الليثيوم على المستوى العالمي.

في الكهربائيات والإلكترونيات

أصبح الليثيوم في السنوات الأخيرة من القرن العشرين مهمّاً بصفته مادة لمصعد البطاريات. ويعود استعماله في بطاريات

الليثيوم الأيونية إلى كمونه الكهركيميائي المرتفع، فيمكن للبطارية النموذجية أن تولّد ما يقارب 3 فولط، بالمقارنة مع بطارية الرصاص والحمض التي تولد 2.1 فولط أو بطارية الزنك والكربون التي تولّد 1.5 فولط. وبسبب كتلته الذرّية المنخفضة، فإن نسبة شحنته وقدرته إلى وزنه تكون عالية. كما أن بطاريات الليثيوم تُستعمل لمرة واحدة عندما يكون مصعدها من الليثيوم أو من مركباته، ويمكن تمييزها بسهولة عن بطاريات الليثيوم الأيونية، التي تكون بطاريات ذات كثافة طاقية عالية وقابلة لشحن متكرر. كما أن هناك دائماً إعلانات مستمرة حول تقانات جديدة.

في شحوم التزليق

يُعدُّ استعمال الليثيوم في المزلقات ثالث استعمالاته الأكثر شيوعاً. فهدروكسيد الليثيوم هو أساس قوي، وعند تسخينه بوجود الشحم ينتج صابوناً مكوناً من ستيرات الليثيوم lithium stearate. ولهذا الصابون قدرة على تكثيف الزيوت، فيستعمل لإنتاج الشحوم المزلقة ذات الاستعمالات الشاملة.

استعمالاته الكيميائية والصناعية الأخرى

يعود استعمال الليثيوم في الأضواء الملفتة للنظر وفي تقانات الألعاب النارية إلى شعلته الزهريّة المحمرّة.

أملاح الليثيوم اللاعضوية

يُعدُّ كلوريد الليثيوم وبروميد الليثيوم مادتين ماصتين للرطوبة، وتحتفظان بها، لذا يستعملان بصفتهما مادتين مجففتين. ويُعدُّ هدروكسيد الليثيوم ($LiOH$) مركباً مهمّاً ويتم الحصول عليه من كربونات الليثيوم (Li_2CO_3).

يستعمل الليثيوم المعدني وهدراته المعقدة، مثل $Li[AlH_4]$، بصفتها مضافات لقاذفات الصواريخ العالية الطاقة.

في تنقية الهواء

يُستعمل كلٌّ من فوق أكسيد الليثيوم ونترات الليثيوم وكلورات الليثيوم وفوق كلورات الليثيوم بصفتها مؤكسدات في قاذفات الصواريخ، وكذلك في شموع الأكسجين التي تمد الغواصات بالأكسجين.

يُعدُّ هدروكسيد الليثيوم وفوق أكسيد الليثيوم الملحين الأكثر استعمالاً في الفضاءات المغلقة، كما في حالة السفن الفضائية والغواصات، وفي إزالة ثنائي أكسيد الكربون وتنقية الهواء. يقوم هدروكسيد الليثيوم بامتصاص ثنائي أكسيد الكربون من الهواء عبر التفاعل معه ليشكل كربونات الليثيوم، ويفضل عن الهدروكسيدات القلوية الأخرى بسبب خفة وزنه. ولا يقوم فوق أكسيد الليثيوم (Li_2O_2) بوجود الرطوبة بامتصاص ثنائي أكسيد الكربون مشكلاً كربونات الليثيوم وحسب، بل يطلق أيضاً الأكسجين. فعلى سبيل المثال نذكر:

$$2\ Li_2O_2 + 2\ CO_2 \rightarrow 2\ Li_2CO_3 + O_2.$$

في البصريات

يكون فلوريد الليثيوم، المنمّى صناعياً على شكل بلورة، صافياً وشفافاً ويستعمل عادة في البصريات الخاصة بتطبيقات الضوء تحت الأحمر وفوق البنفسجي والخلاء فوق البنفسجي. يتمتع فلوريد الليثيوم بواحدة من أخفض قرائن الانكسار، ويمرر المجال الأقصى من الضوء فوق البنفسجي البعيد للمواد الأكثر شيوعاً. استعملت بودرة فلوريد الليثيوم الناعمة لمعايرة الإشعاع المتلألئ حرارياً. ويُستعمل فلوريد الليثيوم أحياناً في العدسات المحرقية للمقاريب.

إن اللاخطية العالية لنيوبات الليثيوم ($LiNbO_3$) تجعل منها مفيدة في تطبيقات البصريات اللاخطية. فهي تُستعمل بشكل واسع في مواد الاتصالات عن بعد مثل الهواتف المحمولة والمعدّلات البصرية. تستعمل تطبيقات الهواتف المحمولة أكثر من 60% من إنتاج هذا المركب.

الليثيوم العنصري والكواشف المصنوعة منه

يُستعمل الليثيوم المعدني عادة في مبردات تطبيقات النقل الحراري، وذلك بسبب استطاعته الحرارية النوعية، إذ إنها الأعلى بين جميع الأجسام الصلبة.

تُستعمل منظومة الدفع الطاقي الكيميائي المخزن على هيئة صهريج من غاز سداسي فلوريد الكبريت الذي يُقذف بشكل رذاذ على كتلة من الليثيوم الصلب. يُطلِق التفاعل حرارة ضخمة تستعمل لتوليد البخار من مياه البحر. ويقوم البخار بدفع الطوربيد عبر حلقة رانكين المغلقة.

وعندما يُستعمل بصفته صاهراً عند لحم المعادن وتصليبها يحرض الليثيوم المعدني انصهار المعادن خلال المعالجة، ويستبعد تشكل الأكاسيد من خلال امتصاصه للشوائب. وتُعدُّ هذه الخاصية في الانصهار مهمّة أيضاً عند إنتاج السيراميك والزجاج وعمليات الصقل. تستعمل خلائط هذا المعدن مع الألمنيوم والكادميوم والنحاس والمنغنيز لتصنيع قطع الطائرات، كما تُستعمل مركبات الليثيوم أيضاً بصفتها ملونات في التقانات النارية ومؤكسدات في الألعاب النارية والتزيينات.

يُستعمل الليثيوم أيضاً في الصناعات الصيدلانية والمواد الكيميائية الدقيقة من خلال تصنيع كواشف عضوية مرتبطة بالليثيوم، والتي تستعمل في آن معاً بصفتها أسساً قوية وكواشف لتشكيل روابط كربون–كربون. تُستعمل مركبات الليثيوم العضوية في اصطناع البوليميرات بصفتها محفّزات وبادئات في بلمرة أنيونية للأولفينات غير الوظيفية. ويُستعمل الليثيوم في تحضير مركبات الليثيوم العضوية، التي هي بدورها فعّالة جداً وتشكل أساساً في تطبيقات صناعية عديدة.

في المجال النووي

يُعدُّ الليثيوم-6 مادة أولية لإنتاج التريتيوم، كما أنه ماص للنترونات خلال الانشطار النووي. يحتوي الليثيوم الطبيعي على حوالي 7.5% من الليثيوم-6. ومن الليثيوم الطبيعي يجري إنتاج كمية كبيرة من الليثيوم-6 بوساطة الفصل النظيري من أجل استعماله في الأسلحة النووية. واكتسب الليثيوم-7 أهمية للاستعمال في مبرّدات المفاعلات النووية.

اختير دتريد الليثيوم لوقود الاندماج في النماذج القديمة من القنبلة الهدروجينية. وعند قذف الليثيوم-6 والليثيوم-7 بالنترونات يمكننا الحصول على عنصر التريتيوم، وهذا التفاعل لم يكن مفهوماً تماماً عندما جرى الاختبار الأول للقنبلة الهدروجينية. يندمج التريتيوم مع الديتريوم في تفاعل اندماج سهل الإنجاز نسبياً. ورغم أن تفاصيل هذا التفاعل ما تزال موضع سرية تامة، إلاّ أن دتريد الليثيوم-6 ما يزال على ما يبدو يؤدي دوراً في الأسلحة النووية الحديثة، بصفته مادة اندماج.

وعند تركيز فلوريد الليثيوم بشكل كبير في الليثيوم-7 يتشكل $LiF\text{-}BeF_2$ بصفته مكوناً أساسياً من خليط ملح الفلور المستعمل في مفاعلات الفلور السائل النووية. ويكون لهذا الخليط، الثابت بشكل استثنائي، درجات انصهار منخفضة. وبالإضافة إلى ذلك، يُعدُّ كلٌّ من الليثيوم-7 وBe وF من بين النوى القليلة ذات المقاطع العرضية الضعيفة بما يكفي لإحداث الأسر النتروني بحيث إنها لا تُسمّم التفاعلات الانشطارية ضمن مفاعل الانشطار النووي.

وفي محطات طاقة الاندماج النووي الافتراضية، سيستعمل الليثيوم لإنتاج التريتيوم في المفاعلات الولودة مغنطيسياً باستعمال الديتريوم والتريتيوم بصفة وقود. لا يتشكل التريتيوم طبيعياً ويتم إنتاجه بإحاطة البلازما التفاعلية بمعطف يحوي الليثيوم، حيث إن تفاعل النترونات الناجمة عن تفاعل الديتريوم والتريتيوم في البلازما سيتفاعل مع الليثيوم لينتج زيادة من التريتيوم.

$$^{6}Li + n \rightarrow {}^{4}He + {}^{3}T$$

يُستعمل الليثيوم أيضاً بصفته مصدراً لجسيمات ألفا، أو نوى الهليوم. فعند قذف الليثيوم-7 ببروتونات مُسرَّعة يتشكل البريليوم-8، الذي يتابع اندماجه مشكلاً زوجاً من جسيمات ألفا. وكان هذا العمل، المدعو "شطر الذرّة splitting the atom" في كل مرة، التفاعل النووي المنفذ للمرة الأولى بشكل كامل من قبل الإنسان. وقد نفذه كوكروفت Cokroft ووالتون Walton عام 1932.

في المجال الطبي

تستمر مركبات الليثيوم بصفتها المعيار الذي لا يعادله معيار آخر في معالجة الاضطراب الثنائي القطب. ويمكن لأملاح الليثيوم أيضاً أن تكون مفيدة في تشخيصات معينة، مثل اضطرابات الانفصام النفسي والانهيارات الرئيسة الدورية. يتمثل النشاط الفعّال لهذه الأملاح في أيون الليثيوم، Li^{+}، مع أن آليات أخرى ما تزال قيد النقاش.

تحذيرات

يُسببُ عنصر الليثيوم تآكلاً ملحوظاً، ويتطلّب معاملة خاصة لتجنب ملامسته للجلد. يحرّض الاستنشاق البسيط لغبار الليثيوم أو مركباته (التي غالباً ما تكون قلوية) كلاً من الأنف والحنجرة، ويُسبب التعرّض المديد لهذا الغبار تجمع السوائل في الرئتين، مما يؤدي إلى استسقاء رئوي. يشكل هذا المعدن بحدِّ ذاته خطورة بسبب تشكل هدروكسيد كاوٍ عند تعرّضه للرطوبة. يخزن الليثيوم بأمان داخل مواد غير فعّالة مثل النفط.

هناك اقتراحات تتعلق بخطورة أشد تقود إلى تطور شذوذات إبستين القلبية لدى الأطفال الخدّج لنساء تعرضن للّيثيوم أثناء الأشهر الثلاثة الأولى من الحمل.

تنظيمه

تُحدُّ بعض القوانين من بيع بطاريات الليثيوم، التي تُعدُّ المصدر الأكثر سهولة في توفره من الليثيوم للمستهلكين العاديين. يُمنع نقل بعض أنواع بطاريات الليثيوم وشحنها في بعض وسائط النقل (خاصة في الطائرات) بسبب قابلية غالبية أنواع بطاريات الليثيوم لفقد شحنتها بسرعة، وبشكل كلي، لدى تعرضها لقصر في الدارة، مما يقود إلى ارتفاع مفاجئ في درجة الحرارة واحتمال حدوث انفجار وفق طريقة تُسمى الهروب الحراري. يسعى معظم مستهلكي بطاريات الليثيوم للحصول على حماية ضد التسخين الحراري الزائد من أجل تجنب هذا النمط من الحوادث، أو أن يوفر تصميمها الحدّ من حدوث تيارات قصر الدارة. وقد لوحظ حدوث قصر داخلي عائد إلى تشوهات صنعية في البطاريات أو خضوعها لتخريب بإمكانه أن يؤدي إلى هروب حراري فوري.

مركبات الليثيوم

اللا عضوية

$LiAlCl_4$, $LiAlH_4$, $LiAlO_2$, $LiBF_4$, $LiBH_4$, $LiBO_2$, LiB_3O_5, LiBr, LiCl, LiClO, $LiClO_3$, $LiClO_4$, $LiCoO_2$, LiF, LiH, LiI, $LiNH_2$, LiN_3, $LiNO_2$, $LiNO_3$, $LiNbO_3$, LiOH, LiO_2, $LiPF_6$, $LiTaO_3$, $Li_2B_4O_7$, Li_2CO_3, Li_2C_2, Li_2MoO_4, Li_2O, Li_2O_2, Li_2S, Li2SO3, Li_2SO_4, Li_2TiO_3, Li_3N.

العضوية

acetate, citrate, diisopropylamide, orotate, succinate, stearate, organolithiums

الفلزات

Amblygonite, Elbaite, Eucryptite, Jadarite, Lepidolite, Lithiophilite, Petalite, Pezzottaite, Saliotite, Spodumene, Sugilite, Tourmaline, Zabuyelite, Zinnwaldite.

موقعه في الجدول الدوري وتصنيفه

إعداد: **د. عادل حرفوش**، رئيس هيئة التحرير.

ورقات علمية

التنوع البيوكيميائي والوراثي عند بعض أصناف القمح السوري باستخدام تقنيات الـ NIR و RAPD وAFLPs

Biochemical and Genetic Variation of some Syrian Wheat Varieties using NIR, RAPD and AFLPs techniques

باسل صالح
قسم البيولوجيا الجزيئية والتقانة الحيوية

ملخص

أنجزت هذه الدراسة بهدف دراسة التركيب الكيميائي والتنوع الوراثي لخمسة أصناف من القمح السوري، وذلك باستخدام تقنيات الـ NIR و RAPD و AFLP. أظهرت تقنية الـ NIR أن الصنف شام 6 كان الصنف الأفضل فيما يتعلق بنوعية حبوب القمح، وهذا يعود إلى أن هذا الصنف يملك أقل محتوى من البروتين (%)، وأقل قساوة، وأقلها احتفاظاً بالماء وأقلها حجماً للعجينة وأكثرها محتوى من النشاء (%) مقارنة مع بقية الأصناف المختبرة. أعطى تفاعل التضخيم PCR مع 21 مرسّمة من الـ RAPD و 13 زوجاً من مرسّمات الـ AFLP 104 و 466 موقعاً مميزاً كان من بينها 24 (18.823%) و 199 (45.527%) ذو تعددية شكلية لكلا التقنيتين على التوالي. أشارت نتائجنا إلى أن التقنيات الثلاث قد أعطت نتائج مماثلة فيما يتعلق بدرجة القرابة بين هذه الأصناف المختبرة. في الدراسة الحالية، كان معلم AFLP أكثر كفاءة من RAPD، حيث حصل الأخير على قيم منخفضة من دليل المعلم (MI) بمتوسط بلغ (0.219) مقارنة مع (3.203) RAPD. مكن نموذج معلمات الـ RAPD أو AFLPs أو تقنية NIR من فصل أصناف القمح الخمسة إلى مجموعتين. ضمت الأولى تحت مجموعتين، تحت المجموعة الأولى شام 8 وبحوث 6، بينما ضمت تحت المجموعة الثانية شام 6 والتي تبدي ارتباطاً وثيقاً مع الصنفين السابقين. ضمت المجموعة الثانية بحوث 9 وشام 7 اللذين يبديان كذلك ارتباطاً وثيقاً. اعتماداً على هذه الدراسة، فإن استخدام تقنيات الـ NIR و RAPD و AFLP يمكن أن يشكل أداة فعالة في تعقب فعالية العلاقة بين هذه التقنيات.

الكلمات المفتاحية: تعددية شكلية لأطوال قطع الـ DNA المضخمة، تنوع وراثي، أشعة تحت حمراء قريبة، تعددية شكلية لمعلمات الـ DNA المضخمة عشوائياً، صنف، قمح.

Key Words: *AFLP, genetic diversity, NIR, RAPD, variety, wheat.*

● نشرت هذه الورقة في مجلة: *Journal of Plant Biology Research 2012*.

قياسات المسبر المغنطيسي في البلازما المحرقية INTI لتحديد تبعية السرعة المحورية مع الضغط في النيون

Magnetic Probe Measurements in INTI Plasma Focus to Determine Dependence of Axial Speed with Pressure in Neon

البروفسورة سور هيو سو
د. محمد عاقل وآخرون
قسم الفيزياء

ملخص

دُرست تحريكيات صفحة التيار المتولدة في جهاز البلازما المحرقية INTI العامل مع غاز النيون. صُمِّم ملف روغوفسكي ذو الثلاث حلقات واستُخدم لقياس مشتق التيار. صُمِّم مسبر مغنطيسي جديد واستُخدم لدراسة زمن وصول صفحة التيار، وبروفيل التيار، وتغير السرعة في الطور المحوري عند شروط تجريبية مختلفة. وجد أن السرعة الوسطية لصفحة التيار تتغير مع الضغط $^{-0.51}$ مع قيمة R^2 مساوية 0.9 التي تتوافق بشكل جيد مع التغير المتوقع نظرياً للضغط $^{-0.5}$.

الكلمات المفتاحية: جهاز البلازما المحرقية INTI، صفحة التيار، مسبر مغنطيسي، غاز النيون.

Key Words: *INTI plasma focus device, Current sheath, Magnetic probe, Neon gas.*

● نشرت هذه الورقة في مجلة: *Journal of Fusion Energy*.

تأثير الأسمدة البوتاسية في الغلة وكفاءة استعمال الآزوت لنباتات القطن المزروعة في تربة جافة (Aridisol)

Effect of Potassium Fertilizers on Cotton Yield and Nitrogen Uptake Efficiency in an Aridisol

د. خلف خليفة، محمد الشماع، فريد العين

قسم الزراعة

ملخص

أجريت تجربة حقلية لدراسة تأثير إضافة معدلات مختلفة من السماد البوتاسي (0، 50، 100 و 150 كغ /هـK2O) وبوجود مستويات متزايدة من السماد الآزوتي (120، 180 و 240 كغ /N هـ) في الغلة وكفاءة استعمال الآزوت والبوتاسيوم لنبات القطن *Gossy*-*pium hirsutum* L.) باستعمال تقانة التخفيف النظيري للآزوت 15.

بينت النتائج زيادة الغلة نتيجة لاستعمال السماد البوتاسي، حيث كان هذا التأثير معنوياً وأكثر وضوحاً عندما ترافق مع إضافة السماد الآزوتي بمستوى عالٍ (N3). تم الحصول على أعلى غلة (6442 kg ha^{-1}) في المعاملة N2K3 بزيادة قدرها 14% على الشاهد. أدت إضافة البوتاسيوم إلى زيادة معنوية في كفاءة استعمال السماد الآزوتي وذلك في المعاملات N2 وN3، حيث بلغت (98%) في المعاملة N2K3. في حين كانت أعلى قيمة لكفاءة استعمال السماد البوتاسي (42%) وذلك في المعاملة N3K1. أظهرت بيانات هذه التجربة أن إضافة البوتاسيوم تُعدّ ضرورية، خاصة عند الزراعة بترب ذات محتوى معتدل إلى عالٍ من الآزوت وذلك لتحسين امتصاص الآزوت وغلة نبات القطن.

الكلمات المفتاحية: قطن، كفاءة استعمال الآزوت، آزوت 15، بوتاسيوم.

Key Words: *Gossypium hirsutum, nitrogen uptake efficiency, ^{15}N, potassium*

● نشرت هذه الورقة في مجلة: *Communications in Soil Science and Plant Analysis, 2012*.

فعل الخفض الضوئي لبوليمير poly(dimethylacetylendicarboxylate) مطعَّم بجزيئة C_{60}

Optical limiting action of C_{60} doped poly (dimethylacetylendicarboxylate)

د. محمد. درغام زيدان- د. محمد بهاء الصوص- د. عبدالوهاب علاف- أحمد اللحام- علي الزير

قسم الفيزياء

ملخص

درس فعل الخفض الضوئي لبوليمير poly(dimethylacetyl endicarboxylate) المطعّم بـ C_{60}، باستعمال نبضات ليزرية من ليزر Nd-YAG مضاعف التواتر، عرضها 10 نانوثانية وبطول موجي قدره 532 نانومتر. أنجزت قياسات الخفض الضوئي من أجل أربعة تراكيز تطعيم مختلفة. لوحظت عتبة الخفض عند تدفق 0.3 J/cm^2 من أجل تركيز تطعيم مرتفع عند نفاذية تقدر بحوالي 55%. اعتمدت آليتان لتفسير سلوك الامتصاص الضوئي اللاخطي هما الامتصاص الثنائي الفوتون والامتصاص المشبع العكوس.

الكلمات المفتاحية: خفض ضوئي، C_{60}، poly(dimethylacetylen dicarboxylate).

Key words: *optical limiting, C_{60}, poly(dimethylacetylendi carboxylate)*

● نشرت هذه الورقة في مجلة: *Optics and laser Technology 43 (2011)*.

تقارير علمية

دراسة امكانية اعادة شحن E-perm من أجل قياس الرادون في الهواء

Studding the Possibility of Recharging E-Perm for Radon Measurement in Air

د. رياض شويكاني، روعه بردان
قسم الوقاية والأمان

د. محمد قعقع
قسم الفيزياء، كلية العلوم جامعة دمشق

ملخص

تمت في هذه الدراسة إعادة شحن كواشف الإلكتريت ودراسة استجابة هذه الكواشف للغازات المشعة (غاز الرادون)، وقد تمت مقارنة النتائج مع كواشف الأثر النووي CR-39 حيث وُجِدَ بعد العديد من التجارب أن استعمال إبرة معدنية موصولة إلى مولد جهد مرتفع (وفق عملية تدعى poling) من أجل استقطاب حاملات الشحنة في قرص التفلون هي طريقة ناجحة للحصول على شحنة كهربائية ساكنة ومستقرة محملة على الإلكتريت.

تمت دراسة استقرار الإلكتريت بعد كل تجربة لفترة زمنية تجاوزت الشهر في بعض التجارب، وحددت المعاملات المناسبة للشحن بـ (الكمون المستخدم في الشحن 5Kv- ارتفاع إبرة الشحن 7mm- زمن الشحن 15sec).

اعتماداً على نتائج الشحن والاستقرار جرت معايرة الإلكتريت في خلية الرادون العيارية، وأُوجِدَت معاملات المعايرة المناسبة. ومن ثم جرى اختبار الإلكتريت المشحون في تحديد تركيز الرادون في البيئة المفتوحة، وقُورنت النتائج مع كواشف الأثر النووي CR-39 ووجد توافق جيد بين نتائج الطريقتين.

الكلمات المفتاحية: إلكتريت، استقطاب، معاملات الشحن، معامل المعايرة.

Key words: *Electret, poling, charging parameters, calibration factor.*

تطوير برنامج المراقبة الفردية وربط جهاز قياس الكثافة به

Upgrading the personal monitoring software and connecting the densitometer with it

د. بشار عبد الغني، إيفا البحرة
قسم الخدمات العلمية

د. محمد حسان خريطة، غادة الشلّي
قسم الوقاية والأمان

ملخص

جرى في هذا العمل أتمتة الجزء الخاص بإدخال بيانات جهاز قياس الكثافة الضوئية للأفلام إلى برنامج المراقبة الإشعاعية الفردية في قسم الوقاية والأمان. كما جرى إعداد إجرائية خاصة لربط الجهاز المذكور بالحاسوب ونقل كثافات الأفلام بشكل آلي إلى برنامج المراقبة الفردية. وبالتالي فقد تكاملت الإجرائية المذكورة مع البرنامج بهدف تسهيل استثماره وإلغاء الأخطاء التي كانت ترتكب أثناء عملية إدخال الكثافات بشكل يدوي واستثمار برنامج المراقبة الفرديّة بالشكل الأمثل.

جرى أيضاً إضافة بعض العمليات إلى برنامج المراقبة الفردية بهدف استكمال أتمتة كافة خدمات البرنامج ومنها استيراد آلي لملفات إكسل سجلت فيها قراءات الجرعات باستخدام جهاز TLD التي كانت تدخل سابقاً بشكل يدوي إلى البرنامج، فضلاً عن إدراج الأرقام الوطنية للأشخاص المراقبين وتطوير آلية جديدة لتسهيل تحصيل المبالغ من المؤسسات الخاضعة للمراقبة من قبل الهيئة وإضافة تقارير إحصائية.

الكلمات المفتاحية: برنامج حاسوبي، مراقبة إشعاعية فردية، جهاز قياس الكثافة الضوئية.

Key Words: *Computer program, personal monitoring service, densitometer.*

تحديد معامل تصحيح التوهين الذاتي لمصدرات غاما في بعض أنواع الترب السورية

Determination of Self-attenuation Correction Factor for Gamma Emitters in Different Syrian Soils

د. محمد سعيد المصري، محمد حسن، أحمد الحموي، يسر أمين، أحمد وائل دبل
قسم الوقاية والأمان

ملخص

هدفت هذه الدراسة إلى تحديد معامل تصحيح التوهين الذاتي لمصدرات غاما في الترب السورية المختلفة (تبعاً للتركيب العنصري والفلزي للترب السورية) باستخدام طريقتين. اعتمدت الطريقة الأولى على تحديد معامل التوهين الكتلي إما باستخدام برنامج المحاكاة X-com بعد تحديد التركيب العنصري للعينة أو باستخدام منابع خارجية، في حين اعتمدت الطريقة الثانية على قياسات مخبرية عن طريق وسم العينات بنظائر مرجعية. جمعت عينات من التربة من 55 موقعاً موزعة في جميع أنحاء سورية، وتمثل الترب السورية كافة، بالإضافة إلى عينتي فسفات وأخرى من الفسفوجيبسوم. جرى تعيين مصدرات غاما في العينات بواسطة مطيافية غاما مزودة بكاشف جرمانيوم عالي النقاوة. جرى حساب معامل تصحيح التوهين الذاتي من أجل مجال الطاقة بأكمله من 46 كيلو إلكترون فولط إلى 2000 كيلو إلكترون فولط. بلغ متوسط معاملات التصحيح القيم 0.64 و0.80 و0.94 و0.99 عند الطاقات 59.5 و122 و661 و1332 كيلو إلكترون فولط، على الترتيب، وذلك من أجل سماكة عينة قدرها 2.7 سم. بينت النتائج وجود توافق جيد بين القيم المحددة باستخدام الطريقتين، حيث بلغ متوسط الانحرافات المعيارية لفروقات القيم المحسوبة 6%. ومن جهة أخرى، جرى تحديد الارتياب لكلا الطريقتين حيث لوحظ انخفاضه لدى تحليل مصدرات غاما ذات الطاقات المرتفعة وازدياده في الطاقات المنخفضة.

الكلمات المفتاحية: معامل تصحيح التوهين الذاتي، مصدرات غاما، سماكة العينة، تربة، مجال طاقي.

Key words: *Self-attenuation correction factor, gamma emitters, thickness of the sample.soil, energy range.*

دراسة الخواص الضوئية والالكترونية لطبقات عضوية عديدة مترافقة الروابط

Study of optical and electronic parameters of multi conjugated organic layers

د. علي المحمد، سامر أغابي
قسم الخدمات العلمية

ملخص

تمت في هذا البحث دراسة الخواص الضوئية والإلكترونية لطبقات عضوية عديدة مترافقة الروابط (Conjugated) موضَّعة بطريقة التصعيد الحراري (Sublimation) على ركائز نصف ناقلة من السليكون ذات مقاومات نوعية مختلفة (10Ω.cm - 500Ω.cm). تم استخدام هذه الطبقات في تصنيع مجال واسع من العناصر الإلكترونية والإلكتروضوئية كالثنائيات العادية والثنائيات الضوئية والخلايا الشمسية وترانزستورات الـFET. أظهرت العناصر المصنعة أداءً مستقراً وتكرارياً وأعطت مؤشرات واعدة جداً للتطبيقات المستقبلية.

الكلمات المفتاحية: خلايا شمسية، ثنائيات، ثنائيات ضوئية، أفلام مترافقة، أفلام عضوية.

Key words: *solar cell, diodes, photo diodes, conjugated films, organic films.*

تحضير أنابيب كربونية نانوية بطريقة الانفراغ الكهربائي في وسط غازي وسائل

Preparation of Carbon Nanotubes Using Arc Discharge in Gas and Liquid Nitrogen Media

د. عبد الوهاب علاف، د. مثنى أحمد، د. إلياس حنا بكرجي
قسم الكيمياء

ملخص

جرى تحضير أنابيب كربونية نانوية أحادية ومتعددة الجدران بطريقة الانفراغ الكهربائي (Arc discharge) في

أوساط من غاز الهليوم والأرغون والآزوت السائل. وقد أظهرت النتائج إمكانية الوصول إلى تحضير أنابيب كربونية نانوية بقطر 5 نانومترات (وهي عبارة عن أنابيب ثنائية الجدران أو أثخن أنبوب أحادي الجدار يشاهد حتى اليوم). تؤثر الشروط التجريبية من ضغط الغاز المستخدم وشدة تيار الانفراغ المطبق في نوعية الأنابيب النانوية المحضرة، وقد اعتمدت الشروط المثلى في العمل ولم نستطع الحصول على تطعيم معدني واسع للأنابيب الكربونية كنا نتطلع إليه في هذا العمل. أجريت تجارب توليد عدة للأنابيب النانوية المطعمة بالسيليزيوم والزنك في وسط من غاز الهليوم، وقد بينت هذه التجارب تشكل أنابيب كربون نانوية منتظمة متعددة الجدران في حالة التطعيم بالسيليزيوم وعدم ظهورها في حالة الزنك، لكننا حصلنا على جسيمات من أكسيد الزنك على شكل قضبان نانوية، وقد جرى التأكد منها باستخدام تقنية تشتت طاقة الأشعة السينية الـ EDX.

الكلمات المفتاحية: انفراغ كهربائي، أنابيب كربون نانوية، تطعيم بالمعادن.

Key words: *Arc discharge, Carbon nanotubes, metal doping.*

محاكاة الأكسدة الانتقائية لأنصاف النواقل

Simulation of the selective oxidation process of semiconductors

د. محسن شحود
قسم الخدمات العلمية

ملخص

تم في هذا العمل تطوير طريقة لمحاكاة عملية الأكسدة الانتقائية لأنصاف النواقل وذلك بالاعتماد على طريقة الصندوق الأسود، وهي طريقة تستعمل عادة لمحاكاة الظواهر المعقدة، حيث يتم البحث عن تابع رياضي افتراضي يربط بين معطيات الدخل ومعطيات الخرج دون التطرق للمجريات الفيزيائية والكيميائية الحقيقية للظاهرة.

تنحصر معطيات الدخل في كلٍّ من شكل القناع وزمن الأكسدة بالنسبة لنظام أكسدة معين، أما معطيات الخرج فهي سُمْك طبقة الأكسيد كتابع للمكان.

تم تحديد التابع الافتراضي على أنه أربع عمليات انتشار افتراضية بين المنطقة المقنعة والمنطقة المكشوفة يتم في كل عملية منها تحديد جزء من البروفيل النهائي لعملية الأكسدة. تم تطبيق الطريقة المقترحة على نظام أكسدة مكون من مادة السليسيوم وقناع من نتريد السليسيوم، حيث تم تحديد وسطاء الملائمة عن طريقة المقارنة بين نتائج تجريبية ونتائج محاكاة بشكل ثنائي الأبعاد.

الكلمات المفتاحية: أكسدة انتقائية، أكسدة، محاكاة.

Key words: *selective oxidation, simulation, oxidation.*

نمذجة قضيب ذي ناقلية فائقة تحت تأثير حقل مغنطيسي جيبي

Simulation of a superconducting rod submitted to a sinusoidal magnetic field

د.عادل نادر
قسم الفيزياء

ملخص

تمّت في هذا العمل دراسة الانتشار اللاخطي لكثافة التدفق المغنطيسي ضمن قضيب ذي ناقلية فائقة طويل وله مقطع مربع، وهذه الدراسة ناتجة عن تطبيق حقل مغنطيسي جيبي موازٍ للمحور الطويل للقضيب. وقد تبين أنه عند تطبيق الحقل تنتشر كثافة التدفق على شكل اضطراب مشابه للاضطراب الناتج عن نبضة، مترافق مع الشكل الدوري. كما تبين أيضاً أن طول الولوج عند دور محدد من الحساب العددي يصلح كطول مقياس. ولم نجد أي فرق محسوس بالطواعية المغنطيسية بالمقارنة مع أسطوانة ذات مقطع دائري، إنما الفرق الأساسي هو بالتوزع ضمن مقطع القضيب للمركبتين الموافقة لكثافة التدفق على الحقل المطبق والمعامدة لها.

الكلمات المفتاحية: انتشار لاخطي، جريان التدفق، طواعية مغنطيسية متناوبة.

Key words: *nonlinear diffusion, flux flow, ac-susceptibility.*

تطوير شبكة الهيئة الحاسوبية

A design study for the development of the AECS's computer network

د. غسان شدود
قسم الخدمات العلمية

ملخص

يواجه مستثمرو الشبكة الحاسوبية في الهيئة العديد من المشاكل، مثل عدم توفر الاتصال الشبكي والبطء والانقطاع المتكرر وضعف الحماية المقدمة للمرور الشبكي. إضافةً إلى ذلك لا تستطيع الشبكة بوضعها الحالي تقديم خدمات الوسائط المتعددة مثل الائتمار والصوت فوق الإنترنت والحفظ الاحتياطي المركزي. هذه الدراسة جاءت لتلبي الحاجة الملحة لتطوير الشبكة الحاسوبية في الهيئة لكي تصبح قادرة على تأمين حاجة المستثمرين من حيث تقديم إمكانية الاتصال لدى الحاجة بسرعة معقولة وبموثوقية عالية، وذلك بغض النظر عن مكان وجودهم ضمن مراكز الهيئة. أي بمعنى آخر، تحقق هذه الشبكة التغطية الكاملة والتوافرية والموثوقية والأمن.

الكلمات المفتاحية: تصميم شبكات، توافرية، أمن، موثوقية.

Key words: *Network design, availability, Security, Reliability.*

إنشاء محطة تحلية مخبرية تعمل بالتناضح العكسي RO مع الاستفادة من الطاقة الشمسية

Implementation of experimental Reverse Osmosis RO plant with the use of solar energy

د. سهيل سليمان، جاك مومجيان، مسلم اللحام، عبد السلام مرعي، محمد الشيخ، فادي كروما
قسم الهندسة النووية

ملخص

تم في هذا العمل إعداد تصميم تفصيلي عن محطة تحلية مياه تعمل بطريقة التناضح العكسي RO ومحطة معالجة أولية للمياه الداخلة إلى محطة التحلية تتضمن: المحلية (softener)، والفلتر الرملي (sand filter)، والفلتر الكربوني الفعال (activated carbon filter). وكذلك تم الإشراف على تركيب جميع أجزاء المحطة، وتشغل هذه المحطة يومياً منذ حوالي السنتين من أجل إنتاج الماء المقطر.

كما جرى تصميم وحدة تسخين بالطاقة الشمسية وتركيبها من أجل تسخين الماء الداخل إلى محطة الـ RO، وتتألف من ثلاثة مجمعات مربوطة على التوازي مساحتها $5[m^2]$، وتم ربط هذا السخان مع محطة التحلية بواسطة مبادل حراري.

وجرى اختبار أهم الوسطاء الرئيسة في محطة الـ RO كتغير درجة الحرارة مع تدفق الماء الناتج والضغط وتدفق الماء الشديد الملوحة ونسبة الاستعادة. وحُللت تغيرات هذه الوسطاء مع بعضها.

الكلمات المفتاحية: محطة تحلية، تناضح عكسي *RO*، طاقة شمسية.

Key Words: *desalination plant, Reverse Osmosis RO, solar energy.*

Aalam Al-Zarra

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 the different applications of the atomic energy.

Managing Editor

Prof. Dr. Ibrahim Othman

Director General of A.E.C.S.

Editors-In-Chief

Prof. Dr. Adel Harfoush

Prof. Dr. Mohammad Kaaka

Members of Editing Committee

Prof. Dr. F. Kurdali

Prof. Dr. M. Hamo-Leila

Prof. Dr. A. Hainoun

Prof. Dr. T. Yassin

Prof. Dr. N. Mirali

Prof. Dr. N. Sharabi

Prof. Dr. Z. Kattan

Distribution

Otaiba Moneim

Typesetting

Hanadi Kanafani

Gofran Nowruz

Artistic Layout

Bashar Masoud

Nabil Ibrahim

Mouhannad Al-baidah

Amal Kirot

Language Audit

Nawal AL-Halah

Rima Sendyan

Follow-up & coordination

Hassan Bakleh

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