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

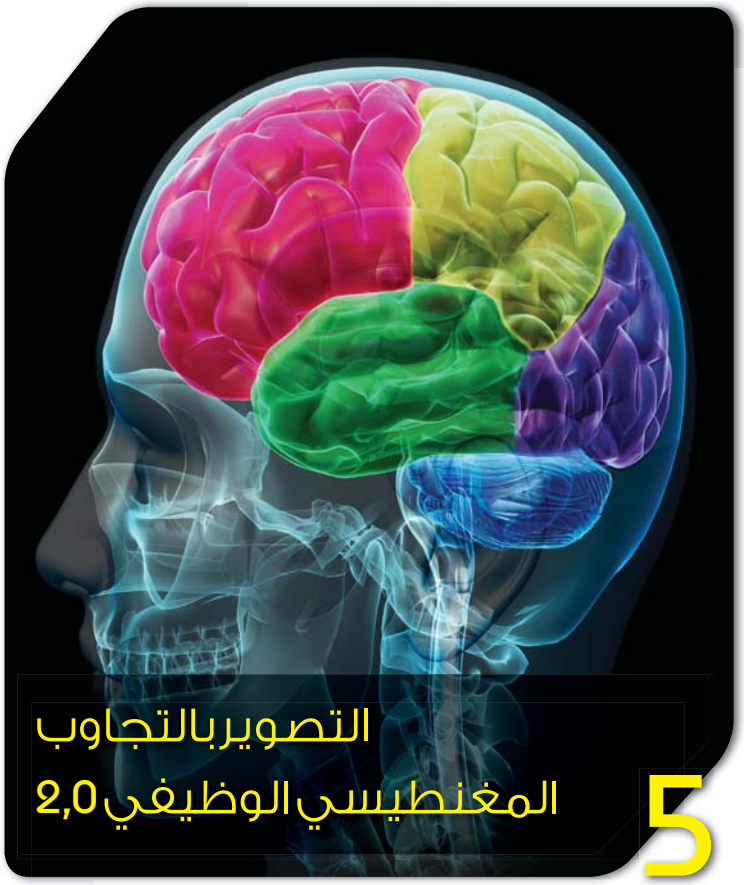
غفران ناوروز

التوزيع

عتيبة المنعم

AECS AECS

المحتويات



مقـــالات

أحدث عمل عن أنفلونزا طافرة ضجة عارمة، غير أنه بعيد عن كونه الموضوع الوحيد الذي ترجح فيه المخاطر على المنافع.

يتمعن علماء الأحياء ملياً في ماهية الاكتشافات الجوهرية التي قد تبلغ بهم نشوة بوزون هيغز.

الكيفية التي تجعل البروتينات المطوية بطريقة خاطئة تتسبب في حدوث الأمراض ودفع عملية التطور.

أخبار علمية

- ما بعد خلايا هيلا 25
- قصدير تناظري 27
- يجب بذل جهدٍ أكبر في تدقيق بيانات المختبرات 29
- كيف يتغيّر الذكاء مع العمر 31
- حان الوقت لدفن البلوتونيوم 33
- الباحثون لا يستطيعون تنظيم الهندسة المناخية بمفردهم 36
- أجهزة أشعة-X مُدمجة ترى النور 38
- انتصار البوزون هيغز يفتح مجالاً للأحلام 40
- أشكال صفائحية من الكربون 43

نافذة على عناصر الجدول الدوري:

البور 46

ورقات علمية

- توصيف معلمات للممرض Pyrenophora graminea مرتبطة بمواقع مانحة للشراسة المرضية على الشعير 52
- دراسة أفلام TiNxOy محضرة بالانفراغ القوسي في الخلاء باستخدام تقنيتي XPS و RBS 52
- إصدار الأشعة السينية اللينة في مجال نافذة الماء مع نتروجين الملء في البلازما المحرقية المنخفضة الطاقة 53
- الناقلية المائية للحامل المائي الرباعي مستنتجة من قياسات السبر الكهربائي العمودي في منطقة وادي خناصر شبه الجاف، سورية 53
- دراسة الإصدار الثنائي الطول الموجي الآني لليزر YAG: Nd^{3+} مزوّد بمضاعف تواتر ومفتاح جودة ومضخوخ بديود ليزري ويعمل عند الطولين الموجيين 946nm و 1064nm 54
- تقييم كفاءة لقاح الإيشريكيا القولونية الحية المُعبِّرة عن بروتين البروسيلا P39 المرتبط مع CpG oligodeoxynucleotides ضد البروسيلا الضأنية لدى فئران BALB/c 54
- استعمال الزجاج التجاري بوصفه مقياساً محتملاً لجرعة أشعة غاما في حالات الحوادث من خلال أطياف الامتصاص 55
- توسيع نموذج معادلات المعدّل من أجل توصيف دينامية طيف التواتر في الليزر 55

تقارير علمية

- استخدام النظائر المشعة الطبيعية في تعيين مصادر تلوث نهر الكبير الشمالي 56
- إعداد بيئة حاسوبية شبكية لإدارة قوائم التوزيع للبريد الإلكتروني 56
- تحديد المواقع الوراثية المرتبطة بنوعية الزيت في بذور دوار الشمس 57
- تقييم النشاط الإشعاعي في عينات البول لنظير الراديوم 226 للعاملين في الصناعة النفطية والفوسفاتية باستخدام مطيافية ألفا 57
- الصمم الخلقي الموروث المرتبط بمورثة الكونكسين 26 في سورية 58
- دراسة توزع المركبات الهدروكربونية الحلقية (PAH) في العوالق الهوائية وتغيراتها في فترات عدة من العام في مدينة دمشق 58
- التنوع الصنوي ضمن الطرز الوراثية للقطن الموجودة في سورية 59
- دراسة تطوير معادلات عامة لتحديد تراكيز نواتج تفكك الرادون في الهواء 59

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.

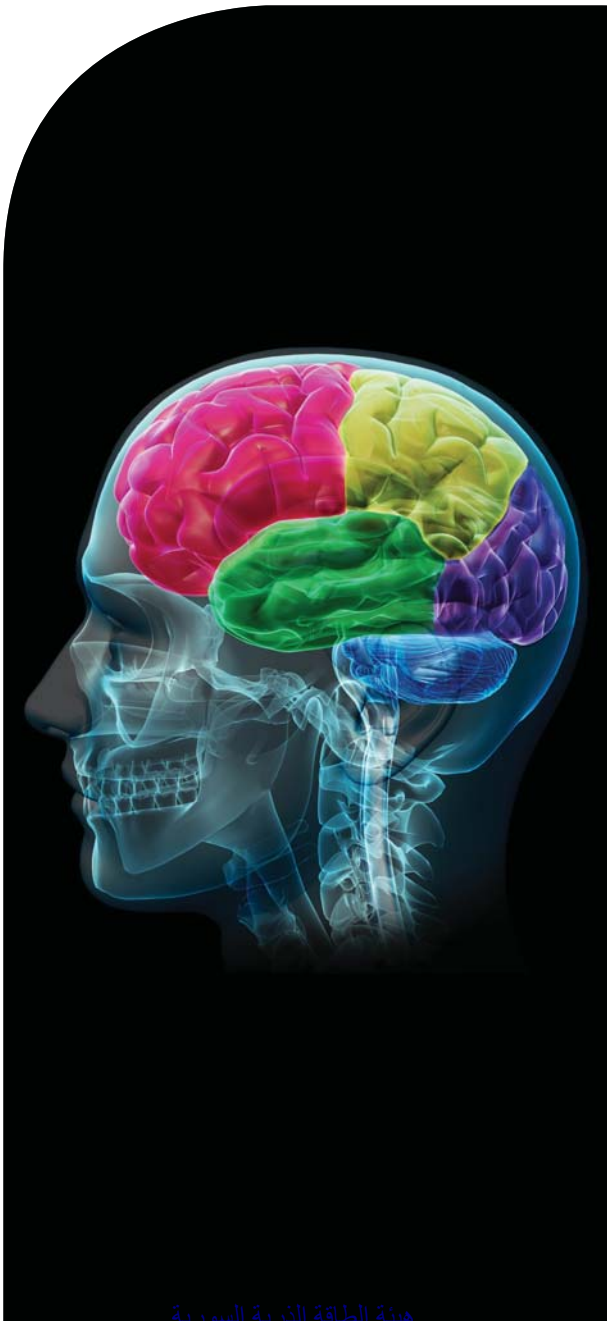
يُسمح بالنسخ والنقل عن هذه المجلة للاستخدام الشخصي بشرط الإشارة إلى المرجع، أما النسخ والنقل لأهداف تجارية فغير مسموح به إلا بموافقة خطية مسبقة من الهيئة.

التصوير بالتجاوب المغنطيسي الوظيفي 2.0

ينمو التصوير بالتجاوب المغنطيسي الوظيفي (FMRI) من سن المراهقة المبهر ليشكل العمود الفقري للتصوير الدماغي.

الكلمات المفتاحية: *تصوير الدماغ الوظيفي، التصوير بالتجاوب المغنطيسي، التصوير الوظيفي بالتجاوب المغنطيسي.*

Key words: *unctional brain imaging, MRI, functional MRI.*



لقد ظهرت الفقاقيع قبل نحو 20 عاماً حينما أدخل فريقان، أحدهما يقوده Seiji Ogawa في مختبرات بل في موراي هيل بولاية نيو جيرسي، والآخر يقوده Kenneth Kwong في مستشفى ماساتشوستس العام في شارلستون، عدداً قليلاً من المتطوعين داخل مغانط عملاقة. فبينما شاهد المتطوعون برؤوسهم المحتجزة الأضواء المتقطعة أو تشنجت أيديهم، قامت الفرق البحثية ببناء البيانات المتدفقة من الأجهزة على شكل صور حبيبية تظهر أجزاءً من الدماغ مضاءة كما هي الفقاقيع المتعددة الألوان.

أظهرت النتائج أنه يمكن لتقنية تدعى التصوير بالتجاوب (الرنين) المغنطيسي الوظيفي (fMRI) أن تستخدم الدم بوصفه مادة وسيطة لقياس نشاطية الخلايا العصبية بدون حقن مركب لتعزيز الإشارات. كان ذلك أول دليل للتجاوب المغنطيسي الوظيفي كما يشيع استخدامه اليوم، وجاء فقط بعد بضعة أشهر من التقنية الجديدة التي تستخدم المواد الظليلة في الإنسان. فباعتبارها حساسة للخصائص المغنطيسية المميزة للدم الغني بالأكسجين، يُظهر هذا الأسلوب تدفق الدم المؤكسج إلى مناطق الدماغ النشطة. وعلى عكس تقنيات الفحص كالتخطيط الكهربائي للدماغ (EEG)، الذي يكشف النشاط الكهربائي على سطح الجمجمة، فإن التجاوب المغنطيسي الوظيفي يعطي القياسات من داخل أعماق الدماغ. كما أنه يُعدّ إجراءً غير تداخلي، الأمر الذي يجعل منه أكثر أماناً وراحة من التصوير المقطعي بالإصدار البوزيتروني (PET)، الذي يتم فيه حقن مركبات مشعة وتتبعها أثناء تدفقها في جميع أنحاء الجسم.

ومنذ ذلك الحين فقد طُبّق fMRI على كل جانب من جوانب علم الدماغ تقريباً. وقد تبين أن مناطق الدماغ غاية في التجزئة، فهناك مناطق محددة مسؤولة عن الوظائف مثل إدراك الوجوه أو تحمّل المسؤولية الأخلاقية، في حين أن باقي الدماغ يكون في حالة دويّ كبير، وبالتالي فإنه قد يكون من الممكن التواصل مع المرضى الذين هم في حالة غيبوبة عبر مراقبة نشاطهم الدماغي. في عام 2010، استخدم علماء الأعصاب fMRI في أكثر من 1500 مقالة علمية منشورة (انظر "صعود التجاوب المغنطيسي الوظيفي").

ومع ذلك، فقد اعترف الباحثون بسهولة بأن لهذه التقنية عيوباً، فهي لا تقيس نشاط الخلايا العصبية مباشرة، وقد تغض الطرف عن تفصيلات مثل مقدار الخلايا العصبية المثارة، أو فيما إذا كانت الإثارة في منطقة واحدة تضخم أو تخفف حدة النشاط في المناطق المجاورة. قد يكون من الصعب استخراج الإشارة –التعزيز في جريان الدم بوصفه استجابة لتحفيز ما– من "الضجيج" الناتج عن التغيرات الروتينية في تدفق الدم، حيث يمكن أن تستخدم وتفسر الطرائق الإحصائية المتعلقة بذلك بشكل خاطئ. «أنا مندهش من مواصلة استخدام fMRI لمدة 20 عاماً» يقول Karl Friston، المدير العلمي لمركز جامعة كوليدج في لندن لتصوير الأعصاب. يشير Friston بأنه اعتقد بأن جميع الأسئلة المثيرة للاهتمام التي يمكن أن تطرح قد ظهرت في غضون السنتين أو الثلاث سنوات الأولى».

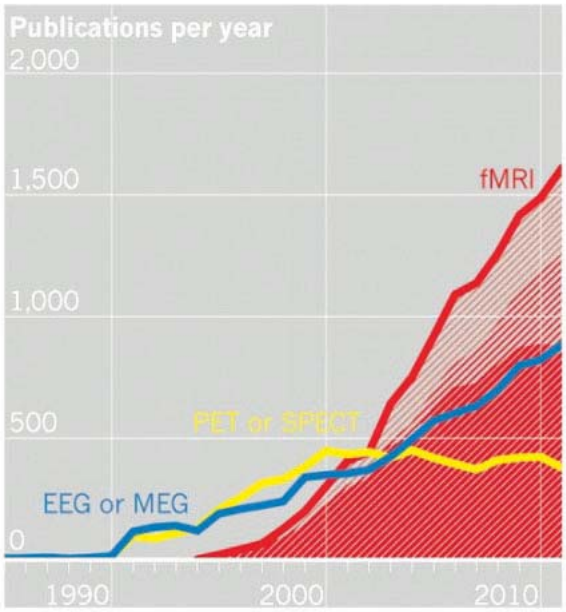
لكن fMRI حافظ على مسيرته، ويعود ذلك بشكل جزئي إلى عدم وجود تقنية أخرى تجازوت محاسن قدرته في رؤية ما يقوم به الدماغ البشري. فقد تحول علم النفس إلى «علم البيولوجيا»، يقول Richard Frackowiak، الذي يعمل مع Friston. ويعتزم العلماء الآن إيجاد سبل حيال بعض القيود ودفع هذه التقنية خلال السنوات العشرين المقبلة. وتستطلع مجلة Nature أربع ميزات للتجاوب المغنطيسي الوظيفي.

القياسات المباشرة

لعل أكبر معضلة في fMRI تتمثل بالمقدار الذي تقيسه هذه التقنية بالضبط. يعلم الباحثون بأنها تقيس الأكسجين المحمول في الدم بواسطة الهيموغلوبين، ويفترضون بأن الإشارة الأقوى تعكس زيادة الطلب على الدم المؤكسج عندما تصبح الخلايا العصبية نشطة كهربائياً نتيجة استجابتها لمهمّة ما. ومع ذلك، فقد نوّه العديد من المقالات إلى هذا الافتراض بوصفه موضع تساؤل، مما يشير إلى إمكانية ارتفاع مستويات الأكسجين في الدم خلال التحضير لنشاط

صعود التجاوب المغنطيسي الوظيفي

انطلق استخدام التجاوب المغنطيسي الوظيفي بسرعة هائلة. ويبحث المزيد من الدراسات الآن في الارتباط ما بين المناطق.



المنشورات حول التجاوب المغنطيسي الوظيفي بحسب الموضوع

أخرى الارتباط الإثارة

MRI التصوير بالتجاوب المغنطيسي الوظيفي، PET التصوير بالإصدار البوزيتروني، SPECT التصوير المقطعي بالإصدار الفوتوني الوحيد، EEG التخطيط الكهربائي للدماغ، MEG التخطيط المغنطيسي للدماغ.

الخلايا العصبية، أو خلال نشاطها، أو ما هو أسوأ عندما تكون تلك المستويات متموجة لأسباب غير متعلقة بنشاط الخلايا العصبية.

إن معظم الباحثين في مجتمع fMRI مرتاحون بشكل كافٍ للوسيط (Proxy) بالاستمرار في القيام بالتجارب، حتى لو لم يتم الاتفاق بشأن التفصيلات. «لدينا مؤشر جيد وجميل يمكنه قياس شيء ما تفعله الخلايا العصبية وله علاقة بالوظائف العقلية، يقول Russell Poldrack، مدير مركز أبحاث التصوير في جامعة تكساس في أوستن. ولكن بعض الفرق البحثية تريد أن تفعل ما هو أفضل من ذلك عبر الحصول على قياس مباشر بشكل أكبر لنشاط الخلايا العصبية. «إن أكثر شيء نهتم به ليس مكان تدفق الدم ولكن هناك حيث يكون الدماغ نشطاً كهربائياً»، يقول John George، وهو فيزيائي التصوير بالتجاوب المغنطيسي في مختبر لوس ألاموس الوطني في

> ما كان في السابق ضجيجاً أصبح إشارة

نيومكسيكو. ولكن الطرائق الوحيدة التي يمكن من خلالها قياس النشاط الكهربائي مباشرة، تكون ممكنة من خلال وضع أقطاب كهربائية داخل الدماغ، أو عن طريق التقاط الإشارات الكهربائية من خارج الجمجمة، وهو الأسلوب الذي يفتقر إلى تحديد العمق والدقة المكانية مقارنة بالتجاوب المغنطيسي الوظيفي.

يمكن أن يكون الحل باستخدام نموذج من التصوير بالتجاوب المغنطيسي القادر على قياس الحقل المغنطيسي لكل عصبون يوصل الإشارات الكهربائية. ولكن تكون قيمة المطالات الناتجة عن هذه الاضطرابات أصغر من تلك التي تنتجها التغيرات في مستوى أكسجين الدم. لذلك يطور فريق George طريقة تستخدم مقاييس مغنطيسية عالية الحساسية تدعى سكويدات SQUIDs (أجهزة تداخل كمومي فائقة الناقلية) لالتقاط مثل هذه الاضطرابات. «إننا نكشف عن تيارات كهربائية قريبة من المستويات المتوقعة التي تنتجها الخلايا العصبية»، يقول George. لكن المعوقات هائلة «إنها تشبه إلى حدٍّ كبير الأيام الأولى من التجاوب المغنطيسي الوظيفي»، يتابع George.

تتمثل الخطوات التالية في جعل طرائق الكشف أسرع –حيث الإشارات العصبية أسرع بكثير من تلك الناتجة من تدفق الدم– وأن يتم الفوز على المشككين عبر تقديم دليل واضح لقياسات مأخوذة من عينة من الأنسجة أو حيوان ما. «هناك تلميحات إلى أن هناك إشارات ولكن أكثر الناس لا يؤمنون بوجودها»، يقول George، ويضيف «بمجرد أن يعتقدوا بأنك قادر على فعلها، سيظهرون لك كيف يمكنك القيام بذلك على نحو أفضل».

أكثر من صورة جميلة

ساعدت الفقاعات المتعددة الألوان العائدة إلى المناطق النشطة من الدماغ التجاوب المغنطيسي الوظيفي في كسب اللقب الغريب "علم الفقاعة" blobology والذي يعكس خيبة أمل بعض علماء الأعصاب الناتجة عن محدودية المعلومات التي توصلها الفقاعة. فعلى سبيل المثال، يمكن أن ترتبط وظيفة اللغة بالنشاط في الفص الجبهي لنصف الكرة المخية الأيسر، ولكن لا يمكن تحديد فيما إذا كان هذا النشاط ناتجاً في الواقع عن معالجة اللغة أو ببساطة لمجرد توجيه الانتباه إلى الشاشة مثلا. «لا يمكن استنتاج السببية فقط بالنظر إلى مكان حدوث الوظيفة»، يقول Peter Bandettini الذي يرأس قسم أساليب التصوير الوظيفي في المعهد القومي الأميركي للصحة العقلية –مختبر الدماغ والإدراك في بيثيسدا بولاية ميريلاند. وهذا هو السبب في أن استخدام التجاوب المغنطيسي الوظيفي لإظهار ارتباط منطقة ما مع مهمة «آخذ بالتباطؤ»، كما يقول: «لا يحصل أحد على الحيازة المبنية على ذلك بعد الآن».

يبحث علماء الأعصاب الآن في وسائل بناء نموذج أكثر تفصيلاً يشمل منظومة الدماغ، والشبكات العصبية وآلية الوظائف، حتى يتمكنوا من تفسير أنماط التنشيط بمزيد من الثقة. ويمكن لنموذج جيد لشبكات الدماغ أن يقدم مزيداً من التفصيلات حول ما يحدث عندما ينظر الشخص إلى وجه مألوف، على سبيل المثال، متضمنة المناطق التي تشترك في المعالجة المرئية، والذكريات والمشاعر، وترتيب استجابة المناطق، ومدى أهمية كل منطقة في هذه الوظيفة الشاملة. «إن التحول الكبير يتجه نحو الشبكات»، يقول Stephen Smith، المدير المشارك لمركز جامعة أكسفورد للتصوير بالتجاوب المغنطيسي الوظيفي للدماغ، في المملكة المتحدة، والذي يعمل فريقه على نماذج من هذا القبيل. «ما نحاول أن نحصل عليه هو حقيقية الاتصال الكامنة»، ويتابع: «بدلاً من الإدلاء بتعليق سطحي حول اتصال كل شيء بكل شيء لأن الكل مترابط».

يُعدُّ الحصول على صورة معقدة من شبكات الدماغ هدف مشروع خريطة الاتصالات العصبية في الدماغ البشري Human

Connectome Project، وهو مجهود شق طريقه في عام 2010 ويستمر لمدة 5 سنوات بتمويل مقداره 40 مليون دولار من قبل المعاهد الوطنية الأميركية للصحة (NIH) في بيثيسدا بولاية ماريلاند. ويهدف المشروع إلى رسم خريطة الموصلات في المخ البشري باستخدام مجموعة متنوعة من التقنيات، بما في ذلك التجاوب المغنطيسي الوظيفي. يمكن لهذه الخريطة في النهاية أن تساعد في تفسير فحوصات التجاوب المغنطيسي الوظيفي للأشخاص، وأن تكشف عن مدى تأثير الاختلافات فيها على السلوك أو مساهمتها في المرض.

يستخدم باحثون آخرون أساليب إحصائية معقدة لانتقاء أنماط مفصلة من صور التجاوب المغنطيسي الوظيفي، واحدة منها تدعى، التحليل المتعدد المتغيرات، والتي تحدد بيانياً سلوك العديد من الوحدات أو العناصر الحجمية، من نشاط المخ بشكل متوازٍ بدلاً من حساب القيمة الوسطية لها مجتمعة في فقاعة واحدة.

يمكن أن تحدد الفقاعات مناطق واسعة ونشطة من الدماغ، ولكن قد تغفل عن مجموعات من الخلايا العصبية غير النشطة في داخلها أو الجزر الصغيرة من الخلايا العصبية النشطة الموجودة في المناطق الهادئة. «كلما نظرتم أكثر، ستحصلون على مزيد من المعلومات ذات المغزى»، يقول Bandettini، ويضيف «ما كان في السابق ضجيجاً أصبح الآن فجأةً إشارة» تمكن هذه التقنيات الباحثين أيضاً من استنباط نوع المحفز الموجود من خلال النظر في أنماط نشاطية المخ فقط. في العام الماضي، قام Gallant Jack من جامعة كاليفورنيا، بيركلي، بتسجيل نشاط التجاوب المغنطيسي الوظيفي لثلاثة أعضاء من مختبره وهم يتابعون ساعات من مقاطع فيلم. ثم طور الفريق نموذجاً حسابياً يستخدم فحص التجاوب المغنطيسي الوظيفي لإعادة بناء فلم تقريبي لما شاهده الجمهور مثل شخص يرتدي اللون الأزرق أو طائر أحمر، على سبيل المثال.

تخفيف الضجيج

يميل التجاوب المغنطيسي الوظيفي إلى توليد إشارات صغيرة والكثير من الضجيج. يقول Smith: «تحتاج إلى الكثير جداً من الخلايا العصبية المثارة والمتزامنة بعضها مع بعض لرؤية التغيير في أكسجة الدم». يدل الضجيج على العديد من التغييرات التي قد لا يمكن التقاطها والناتجة من مجموعة صغيرة من الخلايا العصبية المثارة معاً، أو من اختلافات دقيقة أو سريعة في تدفق الدم المؤكسج. إن انخفاض نسبة الإشارة المفيدة إلى الضجيج يدفع بباحثي التجاوب المغنطيسي الوظيفي إلى استخدام الطرائق الإحصائية لانتقاء ما هو ملحوظ في هذه الفحوصات –وهذا يعني أن هناك طرائق عديدة لتفسير مجموعة من البيانات. ويقول Poldrack: «إذا حاولت كل الطرائق، فإنك ستعثر على شيء ما».

تلجأ بعض الجماعات إلى تعزيز الإشارة باستخدام مغانط أقوى. في جهاز التصوير بالتجاوب المغنطيسي، يقوم الحقل المغنطيسي الشديد باصطفاف العزوم المغنطيسية (السبين) لبروتونات ذرّات الهدروجين، ثم تصدم الأمواج الراديوية هذه العزوم المغنطيسية لتخرجها عن اصطفافها. وبما أن هذه العزوم تعود للاصطفاف تدريجياً، فإنها ترسل إشارة –أو تَرنّ أو تهتز– بحيث يكون تردد تجاوب العزوم المغنطيسية في المناطق ذات الدم المؤكسج مختلفاً عن تلك التي في الدم غير المؤكسج. ولكن نسبة ضئيلة فقط من البروتونات هي التي تتفاعل مع الحقل المغنطيسي والموجات الراديوية، حيث إنه كلما ازدادت قوة المغنطيس زادت نسبة العزوم المغنطيسية للبروتونات المصطفة والتي تولّد بعد ذلك إشارة أقوى ناتجة عن إعادة اصطفافها. تمتلك الماسحات المستخدمة في علم الأعصاب اليوم عادة مغانط قوية من رتبة 3 تسلا، والذي هو أكبر بعدة آلاف المرات من الحقل المغنطيسي للأرض، وتكون دقتها 3 ملليمتر مكعب. ومع ذلك، فالمغانط الأقوى أخذت تزحف إلى الواقع العملي. في عام 2010، على سبيل المثال، استخدم العلماء في جامعة نوتنغهام، المملكة المتحدة، مغنطيساً بشدة 7 تسلا لبناء خريطة للقشرة الحسية الجسدية البشرية، وهي المسؤولة عن معالجة اللمس وبعض جوانب الحركة بدقة 1 ملليمتر مكعب. وتقوم منشأة NeuroSpin قرب باريس ببناء نظام لكامل الجسم بشدة 11.7 تسلا، وهو الأقوى حتى الآن فيما يخص الدراسات على الإنسان. حيث لا يمكن استخدام مغانط أقوى بكثير منها على البشر، لأنها تزيد من التشوهات في الصورة، ويمكن أن تحفّز الدوار وآثاراً جانبية أخرى.

طريقة أخرى لزيادة الإشارة تكمن في حقن جزيئات تكون أسهل في الكشف من الدم المؤكسج، في أسلوب أكثر قرباً من التصوير بالإصدار البوزيتروني PET. يعمل Gary Green، مدير مركز نيويورك لتصوير الأعصاب في جامعة يورك، المملكة المتحدة، على جزيء شبيه بالهدروجين هو 'hyperpolarized' حيث يكون العزم المغنطيسي (السبين) للبروتون فيه أكثر اصطفافاً منه في العديد من الجزيئات الأخرى، وبالتالي يولّد بدوره إشارة قوية خلال التصوير بالتجاوب المغنطيسي. أظهر Green وزملاؤه في عام 2009 إمكانية نقل السبين من شبيه الهدروجين إلى

جزيء عضوي من دون تغيير في البنية الكيميائية لهذا الأخير، وكانت هذه الخطوة الأولى نحو تحضير مستحضرات لمستقطبات عالية أو جزيئات أخرى ترتبط بالمستقبلات، ويمكن تتبع كيفية تناول هذه المواد أو تفاعلها فيما بعد. يُعدُّ إيجاد أفضل الطرائق الإحصائية لإزالة الضجيج مفيداً جداً. لذلك أطلق Poldrack موقع معلومات إلكتروني تفاعلي wiki حول الممارسة المثلى www.fmrimethods.org لتغطية كيفية تحليل بيانات التجاوب المغنطيسي الوظيفي، وكذلك نشر المبادئ التوجيهية لكيفية توثيق العمل مقدماً عدداً من التوصيات كأن يضمن الباحثون، على سبيل المثال، جميع التفاصيل التجريبية الضرورية لإعادة التحليل. ويقول Poldrack: «ما هي المسائل الخاصة بك المطلوب حلّها وما تم فعله بالواقع». ويضيف Poldrack: «نحن بحاجة لفرض مزيد من الصرامة».

أي طريق نحو التطبيق سريرياً؟

يُعدّ استخدام التجاوب المغنطيسي الوظيفي سريرياً، بالنسبة للبعض، أكثر التحديات إلحاحاً التي ستواجَه في السنوات القليلة المقبلة. «لم يُستعمل حقاً على الأشخاص سريرياً بعد»، يقول Bandettini. يرغب الأطباء في أن يكونوا قادرين على طرح استفسارات، على سبيل المثال، فيما إذا كان دواء ما يعمل على التخفيف من مرض انفصام الشخصية، أو فيما إذا كان شخص ما يعاني من الاكتئاب عرضةً لخطر الإقدام على الانتحار. وتكمن الصعوبة في اتخاذ قرار ناتج من فحص شخص ما. إن معظم بيانات التجاوب المغنطيسي الوظيفي عبارة عن متوسطات النتائج لكثير من الناس الذين يقومون بالوظيفة نفسها. لذلك، يمتلك هذا الأسلوب فرصة أكبر لرؤية أي اختلاف حقيقي بين مجموعتين أو وظيفتين بشكل أفضل فيما إذا كان ذلك ناتجاً من فرد واحد.

يعكف الباحثون حالياً على تطوير الأساليب الإحصائية لاستخلاص المعلومات المفيدة الناتجة من فحص واحد. ففي دراسة واحدة نشرت في العام 2010، قام فريق بتهيئة حاسوب لانتقاء أنماط في الدماغ –تمّ جمع بيانات الفحص عند المشاركين وهم في حالة راحة. وقد قاموا بذلك لـ 240 شخصاً تتراوح أعمارهم بين 7-30 سنة لبناء خرائط الارتباط في الدماغ عند أعمار مختلفة. ومن ثم أظهروا أنه يمكن إجراء مسح دماغي واحد لشخص آخر والاستدلال على نضج الدماغ عنده بمقارنته مع مجموعتهم المرجعية. في نهاية المطاف، يمكن استخدام مثل هذه التقنيات لتشخيص تأخر النمو أو الاضطرابات النفسية، وهناك بعض التلميحات حول إمكانية تحديد المراهقين المعرضين لخطر الاكتئاب بشكل وراثي بها.

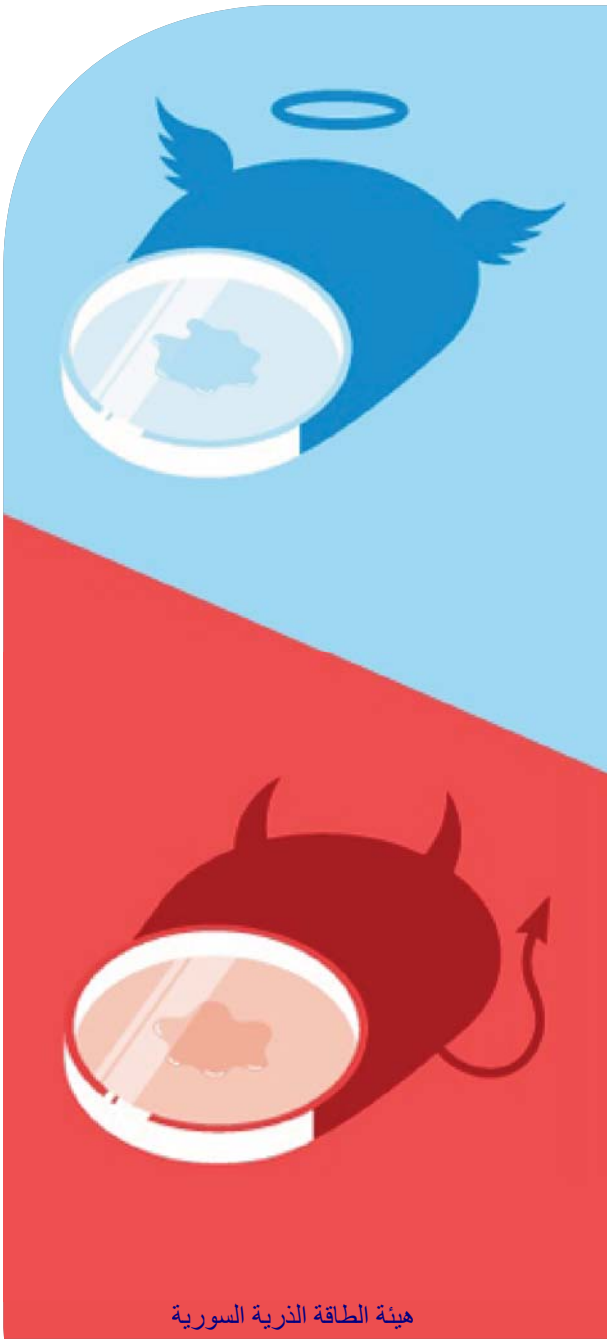
سيشكل امتلاك مجموعة مرجعية جيدة العمود الفقري لاستخدام التصوير بالتجاوب المغنطيسي الوظيفي سريرياً، يقول Arthur Toga، طبيب أعصاب في جامعة كاليفورنيا، لوس أنجلوس وهو المستقصي الرئيسي في محاولة بناء مثل هذا المرجع الذي يُدعى مبادرة تصوير الأعصاب في مرض ألزهايمر، وهو عبارة عن دراسة طولية من حوالي 800 شخص تبحث في ظهور مرض ألزهايمر وتطوره من خلال التحليل الجيني، ووظيفة الدماغ وبنيته والمؤشرات الحيوية في الدم. يأمل Toga في أن تشكل هذه المعلومات قاعدة بيانات يمكن من خلالها مقارنة الفحوص لأشخاص في المستقبل. ومع ظهور الطرائق الجديدة في فحص البيانات وتعزيز التكنولوجيا على حدٍّ سواء، يرى كثير من علماء الأعصاب أن المستقبل مليء بالفقاعات المتعددة الألوان الأكثر وضوحاً والأفضل فهماً. ويقول Bandettini: «سيكون الناس منشغلين جداً وبسهولة على مدى السنوات العشرين المقبلة»، ويضيف «أود أن أقول إن التجاوب المغنطيسي الوظيفي في العديد من الجوانب لم يبدأ حقاً بعد».

كيري سميث محرر في مجلة *Nature Podcast* ومقيم في لندن.

نُشر هذا المقال في مجلة ***Nature, vol 484, 5 April 2012***، ترجمة **د. يحيى لحفي**، هيئة الطاقة الذرّية السورية.

العلم النافع... العلم الضارّ

أحدث عمل عن أنفلونزا طافرة ضجة عارمة، غير أنه بعيد عن كونه الموضوع الوحيد الذي ترجح فيه المخاطر على المنافع.



الكلمات المفتاحية: *منافع، مخاطر، فصل النظائر، تصوير بالتجاوب المغنطيسي، هندسة جيولوجية.*

Key words: *risks, benefits, separate radioisotopes, FMRI, geoengineering.*

يبدو إحداث طفرة لفيروس نادر ولكنه قاتل تجريبياً فكرة رائعة، حيث يمكن للعلماء القيام بعمل أفضل من خلال التعرّف على سلالات خطيرة ناشئة. ولكن ذلك يمكن أن يكون فكرة رهيبة أيضاً، لأنه يمكن أن تُنتج الدراسات فيروساً قابلاً للانتشار بشكل أسهل وأن تُظهر نتائج مفيدة للإرهابيين الحيويين. لقد كانت أخبار العام الماضي، عن قيام فريقي بحث بمثل ذلك، مع فيروس أنفلونزا الطيور H5N1، كافية لإثارة الرعب عبر العالم،

واستدعت إقرار إيقاف مؤقت للعمل في ذلك. ومنذ ذلك الوقت، رفعت هيئة مستشاري السلامة البيولوجية في الولايات المتحدة الحظر عن نشر نتائج الفريقين في مجلتي Nature وScience، وذلك من خلال الجدل بأن لهذا العمل منافع ممكنة واضحة من حيث أن الفيروس المعدَّل يبدو أقل فتكاً من الفيروس الأصلي، وأن المعطيات أضحت منتشرة في المجتمع. كما سلّطت الحلقة الإعلامية عن ذلك الموضوع الضوء على هشاشة الخط الفاصل بين البحث الذي يكون بمثابة نعمة والبحث الذي يشكل خطراً. توجد مثل هذه الخطوط المشحونة بالتساؤل في الكثير من المجالات العلمية، ويمكن لبعضها تقويض الأمن العالمي، في حين تسبّب اتجاهات تساؤل أخرى معضلات أخلاقية مؤلمة لبعض العائلات. تُعتبر الأمثلة الأربعة التي تعرضها مجلة Nature في هذ المجال، بالكاد، بمثابة قائمة حازمة، غير أنها تعطي شعوراً عن مدى تكرار نشوء مثل هذه الألغاز، وتُظهر أن على العلماء أن يسألوا أنفسهم بشكل دائم عما إذا كانت المنافع تفوق المخاطر.

وقود نووي أم أسلحة نووية؟

تُعدُّ التقانة التي يمكنها فصل النظائر المشعة بسرعة وكفاءة لمنشآت الطاقة النووية والطب النووي، بالنسبة للعديد من الفيزيائيين بمثابة تقانة لا يمكن مقاومتها. ولكن فصل النظائر هو أيضاً مفتاح لصنع أسلحة نووية. لذلك، تجعل مثل هذه التقانة تنفيذ عمل محظور على مثل هذه الأسلحة وإخفاءه أكثر سهولة.

اليورانيوم الخام الموجود بشكل طبيعي هو في الغالب اليورانيوم 238 وهو لا يمكنه دعم التفاعل المتسلسل المنفلت الضروري لإنتاج انفجار. إن 0.7% فقط من اليورانيوم هو اليورانيوم الانشطاري 235، وإن تخصيب تلك الكمية إلى 3-5% يجعلها وقوداً للمفاعلات. ولصنع قنبلة، يجب تخصيبها لأكثر من 90%. ولأن كيمياء النظائر المتعددة هي غالباً متطابقة، فقد كانت عملية الفرز فيما بينها هي دائماً إحدى الحواجز الرئيسية لمنع انتشار الأسلحة النووية ويتطلّب الوضع الحالي لتقانة هذا النشاط وجود تعاقب لآلاف أجهزة الطرد المركزي، ومكان واسع، وكمية هائلة من الكهرباء، وأدوات تعمل بدقة، والوقت اللازم لذلك. ويمكن لليزرات أن تكون أكثر كفاءة. إذ تُبدّل اختلافات طفيفة في كتلة نوى اليورانيوم مستويات الطاقة لطبقات إلكتروناتها. كما يمكن لليزرات المُولَّفة بشكل دقيق أن تثير فقط المستويات المرتبطة بالنظائر المرغوبة ويمكنها بالاستفادة من تقانة أخرى أن تفرز اليورانيوم 235 عن الباقي. وهناك إمكانية لتنفيذ هذا العمل بسرعة وسرية. ففي العام 2004، ظهر أن بعض العلماء في كوريا الجنوبية استخدموا ليزرات لتخصيب كميات قليلة من اليورانيوم 235، إلى حدٍّ قريب من النقاء اللازم للأسلحة، خلال فترة أسابيع. جرى هذا العمل بشكل غير ملحوظ لمدة سنوات قبل أن يتم كشفه بالنهاية للمفتشين الدوليين.

الآن، ومع توافر الليزرات الرخيصة والقابلة للتوليف، أصبح تأمين الفصل بواسطة الليزر متاحاً بشكل سهل نسبياً للفيزيائيين عبر العالم. وهناك مثال جيد على ذلك، وهو مارك ريزن، من جامعة تكساس في أوستن، الذي يطوّر ليزرات لفصل نظائر مهمّة في المجال الطبي، مثل الكالسيوم 48 الذي يُستخدم في تشخيص اضطرابات العظام، والنيكل 64 الذي يُعدُّ بمثابة عميل واعد بالنسبة لمعالجة السرطان. فالعالم يواجه نقصاً في النظائر الطبية، كما يقول ريزن: «ستعتمد حياة الناس على إيجاد مصادر جديدة». إن تقانة ريزن هي تقانة مباشرة: فالليزرات المُولَّفة بدقة تدفع إلكترونات النظير المرغوب إلى حالات طاقة أعلى، وتغيّر بشكل مؤقت العزم المغنطيسي للذرّات. ومن تلك النقطة يكون كل ما يلزم لفرز النظائر هو مغنطيس ساكن ضخم.

يقول ريزن إنه يدرك أن العمل بالليزرات والنظائر ينطوي على خطر الانتشار النووي. ولكنه يجادل أنه من غير المحتمل أن تعمل تقنيته بشكل جيد بالنسبة للعناصر الثقيلة كاليورانيوم. في حين يشدّد آخرون على وجوب التعامل الحذر مع تقانة التخصيب بالليزر. ويقول فرانسيس سلاكي، المدير المشارك للبرنامج حول العلم بالنسبة للاهتمام العام، في جامعة جورجتاون في مدينة واشنطن العاصمة: «أعتقد أن المخاطر كبيرة». ويرغب سلاكي، الذي عارض بشكل علني العمل بفصل النظائر بالليزر بشكل تجاري من أجل تصنيع وقود نووي، في رؤية مناظرة أكثر انفتاحاً حول هذا الموضوع في المجتمع، وبخاصة إذا علمنا أنه يمكن لكثير من الفيزيائيين في مجال الضوئيات الذرّية والجزيئية أن يتبعوا سبل التساؤل بشكل مشابه لريزن. لذلك يقول سلاكي: «أعتقد أنه هناك فائدة في التوقف لفترة والتمعن». ويتابع ريزن المضي قدماً، مدفوعاً بالإثارة المرتبطة باستخدام الفيزياء لصالح المجتمع. أما بالنسبة للمخاطر فيقول: «لا يمكنكم إيقاف الأفكار العلمية». فإذا لم يقم هو بذلك، سيقوم شخص آخر به. وهو يتوقع صدور النتائج الأولى عن الذرّات الخفيفة مثل الليثيوم خلال عدة أشهر.

مسح الدماغ، أم الأخ الأكبر؟

يُعدُّ توافر آلة قادرة على قراءة أفكار شخص ما بدقة بمثابة نعمة استثنائية، مما يتيح لمسؤولي الأمن، على سبيل المثال، القبض على الإرهابيين قبل أن يقوموا بأي نشاط، أو تأمين صوت جديد لبعض المرضى المصابين بآفات دماغية والذين لا يمكنهم التحرك أو التواصل مع الآخرين. لكن يمكن لمثل هذه الآلة أن تكون مادة لكوابيس الخيال العلمي التي ترفع شبح الأخ الأكبر big brother والشرطة صاحبة التفكير الدائم الحذر. وربما يكون هذا هو السبب الذي يدفع العلماء الذين يقومون بأبحاث «قراءة الأفكار» لتفضيل تسميتها «مسح الدماغ» أو «فك رموز الدماغ». يقول أدريان أوين، عالم الأعصاب في جامعة ويسترن أونتاريو بلندن في كندا: «يترافق المفهوم الشامل للعقل مع الكثير من المعتقدات والمواقف». وعلى الرغم من ذلك، أحرز الباحثون تقدماً خارقاً في فهم العقل البشري. فقد كان المفتاح هو التصوير بالتجاوب المغنطيسي الوظيفي (FMRI) الذي يسمح للباحثين بمراقبة تدفق الدم عبر الدماغ. إذ يُعتقد أن تدفق الدم هو بمثابة وكيل معقول لتمثيل النشاط العصبي، وبذلك يعطي التصوير بالتجاوب المغنطيسي الوظيفي صورة عن الدماغ في حالة العمل. فعلى سبيل المثال، عمل أوين مع مرضى يعانون من حالة خمول واضح نتيجة لإصابات تتعلق بصدمات. ومن خلال توجيه أسئلة محدّدة لتحفيز النشاط في أجزاء مختلفة في أدمغتهم، تمكّن من التأكد من أنه كان بإمكان 16% من هؤلاء المرضى الاستجابة، مما يفيد بأن لديهم على الأقل مستوى ما من الوعي. وقام جاك غالانت، عالم الأعصاب في جامعة كاليفورنيا في بيركلي، بتطوير خوارزميات تتبع نماذج نشاط في القشرة البصرية خلال مشاهدة الناس لأفلام الفيديو. وبواسطة عكس رموز الحاسوب هذه يمكن إنتاج أفلام غامضة لما يشاهده الناس. يعتقد غالانت أنه يمكن لهذا العمل أن يقود إلى وسائل تواصل أكثر تقدماً مع المرضى المحبوسين المصابين بالشلل، ولكن لديهم وعي، أو مع وصلات بينية لآلة دماغية تتيح للناس تشغيل أدوات مع أفكارهم.

يذهب جون ديلان هينيس، عالم الأعصاب في جامعة تشاريتيه الطبية، إلى أبعد من ذلك من خلال البحث عن النية. يمسح هينيس الدماغ لمعرفة ما إذا كان بإمكانه التقاط نماذج للنشاط تتطابق مع قرار شخص ما للقيام بعمل ما. يعمل هذا في حالات بسيطة: فهو يستطيع أن يرى، مثلاً، ما إذا قرّر شخص ما الضغط على زرٍ قبل ثوانٍ من ضغطه.

أما، إذا كان بالإمكان توسيع هذا العمل ليشمل تطبيقات العالم الحقيقي مثل: كشف الكذب أو التصدي للإرهاب، فهذا أمر آخر. بالنسبة لأمر واحد، يقول غالانت إن دماغ كلّ شخص مختلف وإنه من غير الواضح ما إذا كان العلماء سيتمكنون من إيجاد خوارزميات قراءة الأفكار لغرض عام، ويمكن لهذه الخوارزميات أن تنطبق على كلّ شخص. وبالنسبة لأمر آخر، يقول هينيس إنه ليس من السهل نشر آلات تصوير التجاوب المغنطيسي الوظيفي في المطارات. وحتى لو كان ذلك سهلاً، فهزّة بسيطة بالرأس تضلّلها. كما يقول هينيس: «لا يمكن تصنيع كاشف يقول بأن هذا الشخص سيفجّر طائرة الآن».

مع ذلك، وحتى لو كانت التوقعات من قبل هذه الآلة تثير الحماس، فإن هينيس يقول: «إنها فكرة غير لطيفة أن يكون بإمكان شخص ما استخدام آلة للدخول إلى أكثر أفكارك الداخلية سرية. ومع ذلك بدأ المقاولون العمل في هذا المجال. فقد جُهّزت شركتان من الولايات المتحدة لتقديم خدمات كشف الكذب بواسطة التصوير بالتجاوب المغنطيسي الوظيفي، وتبنّى عالم الدعاية مفهوم «التسويق العصبي» وهو استخدام التصوير بالتجاوب المغنطيسي الوظيفي وتقانات أخرى لقياس استجابات الناس العاطفية في اللاوعي للمحفزات. حتى الآن، تبدو الاهتمامات التي تثيرها مثل هذه الجهود مُبالغاً فيها. فقد استمعت معظم المحاكم لشكوك العلماء بخصوص كشف الكذب بواسطة التصوير بالتجاوب المغنطيسي الوظيفي في مدينة تينغزبورو بماساتشوسيتس. يقول هينيس إن التسويق العصبي مثير للشك بشكل أكبر. غير أن غالانت يظن أن تطبيقات هذه التقانة قادمة، ويقول: «سأذهب في هذا المجال أبعد مما تظنون».

منقذ المناخ أم كارثة مناخية؟

يبدو من خلال حديث المناصرين، أن أفضل أمل للبشرية في الخلاص من تخريبات الاحترار العالمي هو الهندسة الجيولوجية:

أي معالجة بيئة الأرض على مستوى الكوكب. وقد يتضمن هذا معالجة إشعاعية شمسية: أي رش جسيمات دقيقة عالياً في الجزء الأعلى من الغلاف الجوي، على سبيل المثال، حيث يمكنها خفض الحرارة بواسطة عكس بعض أشعة الشمس القادمة. أو قد يتضمن ذلك إزالة ثنائي أكسيد الكربون، ربما بواسطة نثر حديد في المحيط لتشكيل كتل طحلبية تأخذ ثنائي أكسيد الكربون من الهواء وتنقله لأرضية المحيط عندما تموت.

بالنسبة للنقّاد، تُعدُّ الهندسة الجيولوجية استهتاراً مطلقاً، ويمكنها أن تشعل سياسات تغيير المناخ القابلة للانفجار.

انظر إلى الجدل الذي ثار حول مشروع حقن جسيمات على الجزء الأعلى من الغلاف الجوي لهندسة المناخ (SPICE) المُموَّل من حكومة المملكة المتحدة، الذي يضم باحثين من جامعات بريستول وكامبردج وأدنبره وأكسفورد، بالإضافة إلى مكتب Met في المملكة المتحدة ومارشال إيروسبيس في كامبردج. يُعدُّ هذا المشروع مشروع إثبات مبدأ مصمّم لفحص المعالجة للإشعاع الشمسي. فكرة هذا المشروع هي ضخ ماء إلى ارتفاع كيلومتر واحد عبر خرطوم ورشه في الهواء. يقول ديفين كيث، مختص في الهندسة الجيولوجية في جامعة كالغاري في كندا، إن الارتفاع منخفض جداً بحيث لا يمكنه تعديل المناخ، وأنه يوجد الكثير من بخار الماء هناك، ويضيف: "يتمثّل الخطر في سقوط الخرطوم على رأس شخص ما".

ومع ذلك، أطلق علماء البيئة جرس الإنذار على هذا المشروع فور سماعهم به في العام الماضي. وبعيداً عن احتمالات الهندسة الجيولوجية بالنسبة للعواقب غير المقصودة، مثل نقل نماذج الهطولات المطريّة أو إحداث مناطق جفاف، يجادل بات موني، المدير التنفيذي لمجموعة ETC التي هي منظمة بيئية في أوتاوا بكندا، بأنه يوجد خطر أخلاقي ينتج عن مثل هذا العمل. ويقول موني إن مجرد وجود مثل هذه التجربة في المفاوضات المناخية التي تجري عبر العالم، قد يجعل السياسيين يظنون أنه يوجد طريق للتملص من حدود المستويات الأعلى للإصدارات، وأن ذلك سيؤمن للحكومات طريقة سهلة لتجنب التزاماتها.

هذا، وطالبت مجموعة ETC ومجموعات أخرى الحكومة البريطانية في الخريف الماضي بإيقاف مشروع SPICE، لأن هذا المشروع سوف يضر بمصداقية بريطانيا في محادثات المناخ في ريو دي جانير بالبرازيل هذا العام. ويقول فيل مكناتن، العالم الجغرافي لدى جامعة دورهام في المملكة المتحدة، الذي يشرف على تقييم أخلاقي واجتماعي لهذا المشروع، إن هذا المشروع أصبح متخبطاً. وفي شهر أيلول/سبتمبر من العام 2011، أوصى مكناتن وآخرون بإيقاف التجربة ريثما يتفاعل الباحثون مع الجمهور والمجموعات المهتمّة بالأمر. وفي الوقت الحالي، لا يزال هذا المشروع متوقفاً.

يرغب موني في إقرار قواعد مقبولة دولياً تتضمن حظراً على تجارب الهندسة الجيولوجية التي تنطوي على تبعات انتقالية، حتى تتم الإجابة عن الأسئلة الرئيسية، مثل هل ستجدي الهندسة الجيولوجية نفعاً؟ وما هي التبعات غير المقصودة التي ستنتج عنها؟ لكن، ومع استمرار درجات الحرارة بالارتفاع، يعتقد مكناتن أنه يجب السماح للعلم بالاستمرار، شريطة أن يقدّم الباحثون أجوبة على مخاوف الناس، ويقول: "عندما لا تعرف ما الذي لا تعرفه، سيكون من الصعب جداً أن تعرف كيف تتقدم".

نعمة للأطفال أم عالم جديد شجاع؟

في دم الأم الحامل، توجد السلسلة الكاملة الوراثية لطفلها الذي لم يولد بعد. يقول علماء الوراثة إنه في القريب العاجل لن يكون السؤال عن كيفية إثبات ذلك، بل عن كيفية استخدامها لفهم السلوك المستقبلي للطفل وصحته وعن كيفية التغلب على المسائل الأخلاقية التي ستنشأ بشكل حتمي عن ذلك.

يكمن المفتاح لهذا الشكل الجديد من التشخيص ما قبل الولادة في أجزاء الدنا التي تطفو بحرية عبر جريان دم كلّ شخص. بالنسبة للنساء الحوامل، يأتي 15% تقريباً من تلك الدنا من الجنين، وهذا حسب رأي دينيس لو، المختص في علم الأمراض لدى جامعة هونغ كونغ الصينية، الذي يعمل على تطوير مسح وراثي جنيني لدى شركة التقانة الحيوية Sequenom، الكائنة في سان دييغو بكاليفورنيا.

يهدف هذا العمل البارع إلى تحديد أي دنا يعود للجنين وأي دنا يعود للأم. وبالمقارنة، يُعدُّ كشف مساهمة الأب الوراثية بمثابة الأمر الأكثر سهولة. يستخلص الباحثون الدنا من دم الأم التي تنتظر مولوداً ويبحثون عن اختلافات بالعموم مع الكود الوراثي للأب لفصل النصف الخاص به عن دنا الجنين. الأصعب هو تحديد النصف الخاص بالأم لأنه متطابق مع بقية الدنا في دمها. ولتحديد ذلك، يقوم الباحثون بحساب عدد المرات التي تكون فيها نسخ معينة من الجينات متعاقبة.

وستظهر النسخ العائدة للطفل والأم بشكل جزئي بتكرار أكثر من النسخ العائدة للأم وحدها.

ويقول لو إن عمليات التحديد (المسح) لأمراض معينة، بناءً على هذا الأسلوب، تقترب من الدخول إلى السوق، كما يمكن للعلماء التحقق من متلازمة داون، وهي اضطراب ينشأ عندما يتلقى الجنين ثلاث نسخ من الكروموزوم 21، عوضاً عن النسختين العاديتين. ويُعدُّ هذا الفحص حساساً بنسبة أكثر من 95%، مما يجعله في مقارنة مع فحوص أكثر انتشاراً من بَذْل السُّلى «Amniocentesis» (سحب عيّنة من سائل السَّلا للفحص). ولأن هذا الفحص لا ينطوي على أي خطر، يعتقد لو أنه سيصبح قريباً منتشراً على نطاق عالمي.

قد يبدو ذلك إيجابياً، إذ يمكن لكثير من الأهل أن يحصلوا على تنبيه مبكر عن متلازمة داون، وأمراض وراثية أخرى مثل التليف الكيسي. لكن هنري غريلي، المختص في أخلاقيات البيولوجيا لدى جامعة ستانفورد في كاليفورنيا، يعتقد أن ذلك الفحص سيثير أسئلة اجتماعية شائكة. ويحذر أنه مع انتشار هذا الفحص عالمياً يمكن إنهاء حالات حمل كثيرة، وأنه يمكن أن تواجه النساء اللواتي يخترن الاستمرار بحمل طفل لديه متلازمة داون حتى النهاية، وصمات عار اجتماعية وقانونية، كما يقول: "هناك بلدان كثيرة مهتمة بشكل كبير بالتخلف العقلي، ويمكن أن ترغب في فرض إجراء اختبار وراثي لتجنب الإصابات بالتخلف العقلي". وربما تقاوم شركات التأمين الخاصة والخدمات الصحية العامة عملية دفع أموال للرعاية بالأطفال المعاقين، إذا كان بالإمكان تجنب ولادتهم. وبتنحية هذه التطورات الموجودة في غير مكانها، جانباً، يخشى بعض المدافعين عن المرضى أن الهبوط المفاجئ في عدد الأطفال المصابين بهذه الأمراض قد يعني انخفاضاً بالدعم الاجتماعي، وفي الدولارات المخصّصة للأبحاث التي تُعنى بأوضاعهم.

ويقول ستيفن كويك، الباحث في جامعة ستانفورد الذي يعمل مع فيريناتا الصحية Verinata Health، التي تعمل في مجال شركة المسح الجنيني في مدنية ريدور بكاليفورنيا، إنه يمكن من الناحية الفنية والمالية تنفيذ تسلسل كامل للمجموع الجيني الجنيني عن طريق التوجه إلى ما بعد الأمراض المستهدفة. كما يقول غريلي إن ذلك سيثير قضايا أكثر إثارة للنزاع، ويضيف: "قد يختار الناس الذين يوجد في عائلتهم مرض ألزهايمر إنهاء الحمل الذي ينطوي على نسبة عالية لخطر الإصابة بألزهايمر، رغم أن احتمال الإصابة بألزهايمر سيكون بعد 65 سنة في المستقبل، أو قد لا تتم الإصابة بهذا المرض أبداً، مع العلم أنه من المستحيل حالياً التنبؤ ما إذا كان هذا المرض أو الغالبية العظمى من الأمراض الأخرى ستتم الإصابة بها، بناءً على المعلومات الوراثية فقط.

في الوقت الحالي، لا توجد ضوابط لكيفية تقديم النصح للأهل الذين يتوقعون إنجاب مولود، بخصوص حجم الخطر الذي قد يواجهونه، بناءً على المعلومات الوراثية. ويقول لو إنه سيكون حذراً جداً من إعلام الأهل قبل الولادة عن مرض قد تتم الإصابة به خلال حياة الطفل. "من يعرف إلى أين سيصل العلم الطبي بعد 60 عاماً"؟

لكن كويك، الذي لديه قريب مصاب بمتلازمة داون، يقول إن هذا ليس سبباً كافياً لإيقاف البحث. ويضيف بأنه يفكر ملياً بالأمور التي يثيرها الفحص المبكر، وأنه يشعر بالنهاية أن المنافع تفوق المخاطر بنسبة عالية. وختاماً يقول: "كلما اكتشف الأهل بشكل مبكر أكثر، سيكونون مستعدين بشكل أفضل".

جيوف برومفيل *هو مراسل رئيسي لمجلة «Nature» في لندن.*

نُشر هذا المقال في مجلة ***Nature, vol 484, 26 April 2012***، *ترجمة* ***مأمون رباح***، *هيئة الطاقة الذرّية السورية.*

هيغز
علم الأحياء

يتمعن علماء الأحياء ملياً في ماهية الاكتشافات الجوهرية التي قد تبلغ بهم نشوة بوزون هيغز.

الكلمات المفتاحية: *بوزون هيغز، مصادم هادروني كبير، شكل حياة خارجي، هرم.*

Key words: *Higgs boson, Large Hadron Collider, Alien life, Ageing.*

هيئة الطاقة الذرية السورية

لا يوجد الكثير من الأسباب التي قد تدعو علماء الأحياء للغيرة من الفيزيائيين، فهم يتلذذون عموماً بما هو أكثر كرماً، وأكبر فائدة مادية، وأشد دعماً من قبل العامة. إلا أن لحظة الغيرة من الفيزياء، جاءت في كانون الأول/ ديسمبر الماضي عندما اجتاحت نشوة عارمة صدور الباحثين الفيزيائيين في إحدى قاعات المصادم الهدروني الكبير قرب جنيف، سويسرا، بعد أسبوع من الترقب والتحضير.

التقط العلماء عندها إشارات هي الأقوى حتى الآن فيما يتعلق ببوزون هيغز، والذي يرى فيه بعضهم القطعة الأخيرة المفقودة من النموذج المعياري

لوصف الجسيمات دون الذرية. ويمثل هذا الكشف، إن تأكد، أوج صيد استغرق سنوات وكلف مليارات الدولارات، وهو الذي سيطبع المجال لسنوات قادمة. استنفر مجتمع البحث العلمي، وخرجت ليزا رندال Lisa Randall، فيزيائية الجسيمات النظرية في جامعة هارفارد Harvard، كامبردج، ماساتشوستس، في الرابعة صباحاً قبيل بث من المصادم الهدروني الكبير، لتعلم الصحافة أن الإشارة الملتقطة تدعو للنشوة رغم الظنون حول ماهيتها.

دعى كل ذلك مجلة Nature إلى التساؤل عن ماهية الاكتشافات الجوهرية في علم الأحياء التي قد تهز المشاعر ذاتها، وطرح هذا السؤال على الخبراء في حقول مختلفة. يشير هؤلاء إلى أن علم الأحياء ليس بعيداً عن الأهداف السامية للتعاون الدولي الواسع، والذي حفزه السباق لحل الشفرة الوراثية عند منعطف القرن. تفتقد المسائل المرتبطة بعلم الأحياء الدقة الرياضية وإمكانية الإجابة الشافية بنعم أو لا، اللذين يميزان تعقب بوزون هيغز. يرى ستيفن هايمن Steven Hyman، عالم الأعصاب في معهد برود Broad في كامبردج، أن أغلب الأمور المهمة غير محددة المعالم، ولا تتيح تحديد لحظة الابتهاج والاحتفال.

يظهر المسح الذي أجريناه عدم خلو المجال، مع ذلك، من الأسئلة الجوهرية التي يمكن أن تملأ الصالات بالراغبين في المشاركة، وتدور هذه الأسئلة حول أين وكيف بدأت الحياة، ولماذا تنتهي؟

هل هناك حياة في مكان آخر؟

كتب عالم المستحاثات جورج غايلورد سيمبسون George Gaylord Simpson عام 1964 عبارة تختزل معضلة علم الأحياء الخارجي، الذي يهتم بالبحث عن الحياة في كواكب أخرى: "لا يزال على هذا العلم إظهار دليل على موضوعيته"، ودفعت الانتقادات الحادة العديد من الباحثين في المجالات ذات الصلة إلى الالتفات عن علم الأحياء في الأماكن الأخرى.

يجد عالم الكواكب كريستوفر شيبا Christopher Chyba من جامعة برنستون، نيوجرسي، أن ذلك يفتقد إلى العدالة. يقارن شيبا سنوات بحثه العديدة عن حياة في كواكب أخرى بالبحث عن بوزون هيغز، الذي يمتد لعقود دون إثبات موضوعي لوجوده. يذكر شيبا في رده عام 2005 على هجوم سيمبسون: "لماذا نمتعض فجأة عندما يتعلق الأمر بعلم الأحياء، وليس بالفيزياء؟".

يشير عالم أحياء الكون كريس ماكاي Chris McKay من مركز بحوث ناسا NASA في موفيت فيلد، كاليفورنيا، إلى إمكانية النظر إلى البحث عن الحياة خارج الكوكب على أنه طريقة لاختبار نموذج معياري في علم الأحياء، وهو نموذج الحمض الريبي النووي المنزوع الأكسجين دنا DNA والحموض الأمينية والبروتينات والشفرة الوراثية، وهي مواضيع تتشارك فيها كافة فروع علم الأحياء التي نستند إليها في جل معرفتنا عن الحياة، وإذا ما عثر على شكل حياة يختلف جوهرياً عن هذا النموذج المعياري، الذي يعتمد ربما على كيمياء حيوية مغايرة، فسيظهر ذلك وجود أكثر من طريقة لإنتاج منظومة حيوية.

يرى آخرون أنهم لا يحتاجون إلى ما يشير لوجود أجناس مغايرة للحياة على كواكب أخرى لبلوغ نشوة هيغز، بل يكفي لإثارتهم العثور على علم الأحياء ذاته على المشتري Mars مثلاً، ليصبح السؤال عندها، وعلى حدّ قول الكيميائي الحيوي جيرالد جويس Gerald Joyce من معهد بحوث سكريبز Scripps في لايولا La Jolla، كاليفورنيا، "أين بدأت الحياة أولاً؟".

يجابه علماء أحياء الكون في بحثهم عن أنماط حياة مغايرة تحدياً بنيوياً logistical يتجاوز ما يواجهه صيادو بوزون هيغز في جنيف، والذين لديهم فكرة جيدة عما يبحثون عنه، ويتعلق ذلك بمسألة تحديد الدلائل الأكثر تكشفاً. قد تساعد البصمة الكيميائية للمركبات المرتبط وجودها عادة بالحياة، كالماء والميثان، في تحديد الكواكب التي يجب التركيز عليها، لكن شيبا يستبعد أن يكون العثور على بصمات للحياة في الغلاف الجوي مقنعاً.

يراهن ماكاي على ثلاثة مرشحين لاحتضان الماء ضمن المجموعة الشمسية: إنسليدوس Enceladus، وهو قمر زحل Saturn الجليدي، الذي يُحتمل وجود مياه ومخلفات عضوية على سطحه، وفق سفينة فضاء كاسيني Casini التابعة لناسا، والذي يُحتمل أن يكون فيه ماء سائل ويقذف مواد عضوية من شقوق في سطحه، والمريخ، لكن المريخ القديم وليس مريخ اليوم، وقمر المشتري وأوربا Europa، الذي تغطي سطحه المتجمد بحار من مياه تثير الاهتمام. يضم مختبر علوم المريخ، والمقرر هبوطه على الكوكب الأحمر في آب/أغسطس، مطياقاً كتلياً بسيطاً ومطياقاً ليزرياً يمكناه من الكشف عن الميتان وإشارات ابتدائية لوجود حياة، ولكن البعثة غير معدة لإنتاج دليل قاطع.

يُعدُّ البحث عن مركبات عضوية يتجاوز تعقيدها التركيب الكيميائي البسيط، أي الذي لا يحتاج تشكيله وجود أنزيمات، أسلوباً آخر في البحث عن الحياة. يفترض ماكاي أنه في حال قيام

طرف خارجي بمسح المادة الموجودة على الأرض، فإنه سيجد مركبات كبيرة ومعقدة كالكلوروفيل أو الدنا، وتتوفر هذه المركبات بكثرة تتجاوز ما يمكن توقعه من خليط كيميائي. يحتاج الكشف عن هذه المركبات العضوية تجهيزات متطورة يجري تجهيزها وتثبيتها دون حدوث تلوث أرضي، ولا توجد الآن خطط محددة لوضع مثل هذه التجهيزات على رحلات ناسا المفترضة إلى المريخ أو قمر المشتري أوربا. ويشعر شيبا أن البشرية تحاول تجنب ذلك أطول فترة ممكنة، ولكن يتوجب علينا عند نقطة معينة أن نضغط على أنفسنا لتوفير الأموال الضرورية رغم ضيق الحال.

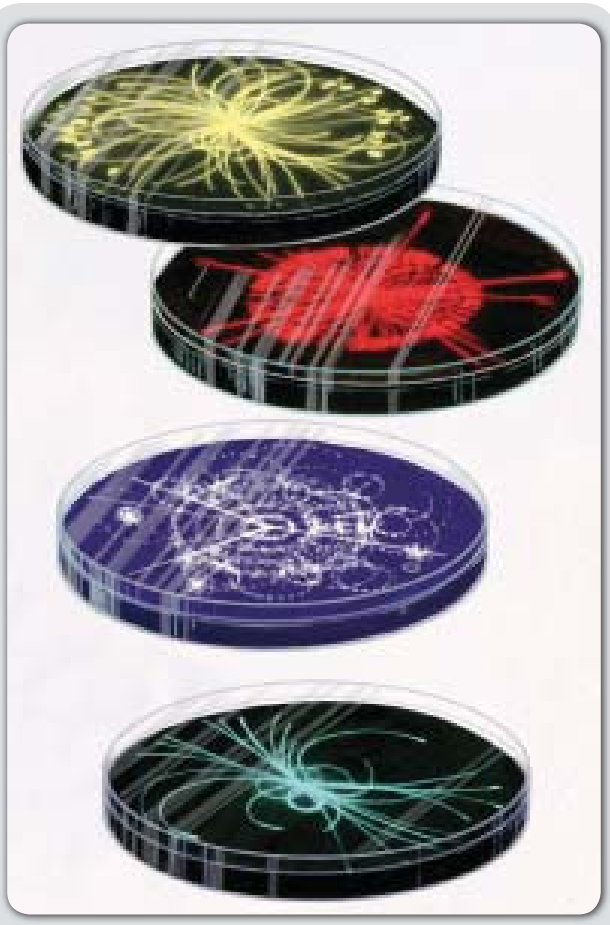
يُعدُّ البحث عن مستحاثات في صخور كواكب أخرى مسعى آخر واسع القبول على حدّ قول جيفري بادا Jeffrey Bada، عالم جيوكيمياء الكواكب في معهد سكريبز لعلم المحيطات في لايولا، لكن عدم العثور على مستحاثات لا يعني عدم وجود حياة. ويجادله ماكاي بأنه من الضروري العثور على دليل يثبت وجود حياة، مثل كائن حي أو مستحاثة، لإقناع شرائح عريضة، إذ يجب العثور على جسم، حتى لو لم يكن هذا الجسم حياً، ولكن يجب العثور على جسم.

هل هناك شكل حياة غريب على الأرض؟

قد يوجد شكل حياة غريب، مثل جسيم هيغز، مندساً بيننا أيضاً. يفترض بعضهم وجود بيئة حيوية ظلية على الأرض، تعج بحياة غير مكتشفة، ببساطة لأن الباحثين لا يعلمون أين يبحثون عنها. وقد تعتمد هذه الحياة نوعاً من الكيمياء الحيوية مختلفاً تماماً عن الذي نعرفه، يستخدم أشكالاً مختلفة للحموض الآمينية، بل وطرقاً مغايرة تماماً في تخزين المعلومات الوراثية ومضاعفتها وتنفيذها دون الاعتماد على الدنا أو البروتينات.

يشير ستيف بِنِّر Steven Benner، الكيميائي في مؤسسة التطور الجزيئي التطبيقي في غينسفيل، فلوريدا، إلى أن هذه الفكرة ليست مستبعدة كما قد تبدو، فقد سبق وعثر الباحثون على بيئات حيوية ظلية، إذ أدى اختراع المجهر إلى الكشف عن عوالم جديدة، إلى جانب اكتشاف أنواع جديدة من الكائنات العضوية المجهرية، تدعى البدائيات Archaea، والسؤال هو: هل يمكن حدوث ذلك مجدداً؟

تكمن الحيلة في تحديد ما الذي نبحث عنه وكيف نكتشف وجوده. تعتمد الطرائق التي يتبعها الباحثون حالياً في الكشف عن متعضيات جديدة على سلاسل الدنا أو الحمض النووي الريبي



يظهر الشكل مسارات الجسيمات التي تنتجها تجارب المصادم الهدروني الكبير موضوعة في حاويات عينات يستخدمها علم الأحياء، في إشارة إلى سعي علماء الأحياء لتحقيق اكتشاف يضاهي اكتشاف بوزون هيغز عند الفيزيائيين.

رنا RNA، وهي غير قادرة على إدراك أنماط حياة لا تعتمد على هذه السلاسل.

يراهن بعض العلماء أن الورنيش الصحراوي Desert Varnish، وهو عبارة عن غلاف قاتم اللون غير محدد الأصل عثر عليه في العديد من صخور الصحراء، قد يكون ناتجاً عن بيئة حيوية ظلية. ويقترح بِنِّر البحث في الأماكن التي لا تستطيع احتضان أنماط الحياة التي نعرفها، كالمناطق ذات ارتفاع الحرارة الحاد أو ذات السويات الإشعاعية أو ذات البيئة الكيميائية القاسية.

لجأت فيليسا وولف-سيمون Felisa Wolfe-Simon من مختبر لورنس بيركلي Lawrence Berkeley الوطني في بيركلي، كاليفورنيا، وزملاؤها إلى هذه المقاربة في البحث عن الحياة في بيئة غنية بالزرنيخ موجودة في إحدى سبخات كاليفورنيا، وأعلنت هي

وزملاؤها مع نهاية عام 2010 عن اكتشاف نمط حيوي يعتمد الزرنيخ عوضاً عن الفسفور في تركيب الدنا والبروتين بما يخالف بوضوح الشكل المعهود للحياة. لكن باءت، على الأقل، إحدى محاولات تكرار الحصول على النتيجة ذاتها بالفشل.

تعتمد مقاربة أخرى البحث بناءً على الحجم. فلو استطاعت الخلايا التحرر من اعتمادها على الريبوزومات والبروتينات لأصبحت أصغر بكثير، وقد تكون عالقة في ثقوب نانوية في الصخور كما يقول بنَّر. ويشكل ذلك الخلفية المنطقية لمشروع جون آتكنز John Atkins، مهندس الوراثة الجزيئية في جامعة أوتا Utah في سالت ليك سيتي، والذي ينفذه بالتعاون مع ريشارد هيرينغتن Richard Herrington من متحف تاريخ الطبيعة في لندن. حيث يخطط الاثنان لتشريح محتوى الصخور العائدة لحقبات وأماكن مختلفة والمتضمنة لثقوب لا يتجاوز قطرها 100 نانومتر، أملاً في العثور على سلاسل أحماض نووية لا تتضمن كود الريبوزومات المشكل للبروتين، وبالتالي العثور على أنماط حيوية لا تعتمد على البروتين الذي يستند إلى سلاسل الرنا، بل تنمو بشكل مستقل عنه. يرى آتكنز أن عالم الرنا سريع التشكل مقارنة بالأحقاب الجيولوجية، بما يتيح الاعتقاد أن هذا العالم قد يكون أعاد التشكل لمرات عدة في الأحقاب الجيولوجية السابقة.

كيف بدأت الحياة؟

بغضّ النظر عن أن أشكالاً مغايرةً للحياة تحفز خيال العلماء، فإن التصور الأكمل عن آلية تشكل الحياة التي نعرفها على الأرض سيخلق ضلوعاً في علم الأحياء.

يعتقد جويس أن العلماء سيصلون مرحلة يتعلمون فيها اصطناع منظومة تتطور وتتضاعف انطلاقاً من قطع متناثرة. لن تكون هناك لحظة مفصلية توازي اللحظة التي تميز الكشف عن بوزون هيغز، ولكن سنعثر على إجابة لسؤال مفتاحي يطرحه علم الأحياء: ما الذي يحتاجه تكوين حياة من شوربة بدائية؟ وهذا ما يتيح نظرة في العمق عن بدء تشكل الحياة على الأرض. يقول جيمس كولنز James Collins، عالم الاصطناع الحيوي في جامعة بوسطن، ماساتشوستس، إننا لن نستطيع تحديد ذلك، ولكن يمكننا اختبار فرضيات منطقية حول ذلك.

أحرزت العديد من المختبرات تقدماً، فقد قدمت جويس وزملاؤها أعمالاً متميزة حول مفهوم عالم الرنا، حيث تقوم جزيئات الرنا، القادرة على تشفير معلومات وتحفيز تفاعلات كيميائية، بالتضاعف والتطور بسرعة تتجاوز سرعة تفكك هذه المركبات. مركب الرنا غير مستقر. وتتلخص الفكرة أنه بمرور الزمن فتحت هذه المنظومة الطريق أمام مركبات الدنا، وهي منظومة خزن المعلومات الأكثر تماسكاً، وأمام البروتينات، محفزات التفاعلات الأكثر تنوعاً. ويعتقد بادا أن التحول إلى الدنا والبروتين فتح المجال أمام تطور الأشياء الأكثر تعقيداً.

أعلنت ورقة علمية نشرها المختبر الذي تعمل به جويس عام 2009 عن تطوير منظومة جزيئات رنا تتطور بشكل دارويني Darwinian ذاتي الاستمرار، لكن يحتاج انطلاق هذه المنظومة إلى استخدام إنزيمات وتدخل اليد البشرية، ولم يتم العثور على ظروف تسمح لهذه المنظومة بالتشكل التلقائي، لكن هذه المنظومة تزداد فعالية يوماً بعد يوم.

استخدم جاك شوستاك Jack Szostak وزملاؤه في مدرسة هارفارد الطبية في بوسطن مقاربة مختلفة تتمثل بوضع جزيئات رنا في حويصلات vesicles أحماض دهنية بوصفها خطوة مبكرة نحو تكوين خلية بدائية. نمت الحويصلات وانقسمت بشكل تلقائي، لكن المادة الوراثية لم تستطع التضاعف دون مساعدة إنزيم.

يعتقد بعضهم بوجود مولد طليعي سابق للرنا. يجري اختبار أنواع جديدة من بوليميرات كيميائية عضوية قد تكون تشكلت في أحقاب بدائية بهدف البحث عن الأنواع التي تستطيع التضاعف والتطور. يتوقع بادا أن الرنا ليس وحدة الحياة الأولى فهو بالغ التعقيد، ولا بد من وجود سابق له وهذا ما يحفز الاهتمام حالياً.

وهل نستطيع تأخير نهاية الحياة؟

أرسل الباحثان في الهرم (الشيخوخة) في جامعة إدنبرغ Edinburgh، المملكة المتحدة، ليندا بارتردج ونيكولاس بارتن Nicholas Barton، في ورقة مراجعة نشرت عام 1993، رسالة هدامة إلى علم الظواهر المرتبطة بالهرم، حيث أشارا إلى أن تعقيد الشبكات الحيوية التي تؤثر في الهرم يستبعد احتمال هندسة بضع مورثات أو التدخل في عدد محدود من المسارات الوظيفية بهدف الحدّ من ظهور الهرم.

ويعترض على ذلك ريشارد ميلر Richard Miller، الذي يدرس الهرم في جامعة أن آربر Ann Arbor، ميتشغن Michigan، بالقول إن الأوضاع تغيّرت، وكان من الممكن تقبل مثل هذه الآراء قبل 20 عاماً، أما الآن فهي بالتأكيد خاطئة. فبعد حوالي ثمانية

أشهر من نشر ورقة المراجعة التي أعدها بارتردج وبارتن، أعلنت سنتيا كينيون Cynthia Kenyon وزملاؤها في جامعة سان فرانسيسكو، كاليفورنيا، أن إحداث طفرات في جين واحد سمح لإحدى الديدان الخيطية بالحياة لفترة تتجاوز ضعف فترة حياتها الاعتيادية. كما أعلنت مجموعة يقودها أندريه بارتك Andrzej Bartke من جامعة جنوب إيلينويز في سبرينغفيلد بعد ذلك بثلاث سنوات أن إحداث طفرة واحدة في الفئران تؤدي إلى حدوث عجز هرموني يجعل الفئران تعيش لفترة أطول 68% من الفئران بدون هذه الطفرة.

لماذا نمتعض فجأة عندما يتعلق الأمر بعلم الأحياء، وليس بالفيزياء؟

تقترح الورقتان السابقتان، والعديد من الأعمال التي تلتهما، أنه من الممكن إبطاء الهرم البشري والأمراض المرتبطة به. سيكون لمثل هذا التدخل تأثير كبير على المجتمع، لأنه سيضيف سنوات من الصحة والإنتاجية الاقتصادية، ولكنه يخلق ضغوطاً إضافية على المجتمع الذي سيتوجب عليه تحمل تكاليف عدد أكبر من الأشخاص الهرمين. كما تثير إمكانية إبطاء الهرم أسئلة علمية جوهرية تضاهي بوزون هيغز عن الحياة البشرية: لماذا نتقدم في السن؟ أيُّ المسارات تحكم ذلك؟ وما التأثيرات المحتملة لإطفاء هذه المسارات؟

توجد إشارات تدل على احتمال وجود مثل هذه التدخلات. فقد أظهر ميلر وزملاؤه أن تناول الفئران أحد العقاقير أطال فترة حياتها الوسطية بنسبة 10% للذكور و18% للإناث، وأن تخفيض السعرات الحرارية التي يجري تناولها بنسبة 25 إلى 40% قد يطيل في أمد حياة الفئران وثدييات أخرى، ولكن لا يوجد ما يثبت تحقق ذلك بالنسبة للبشر، وحتى في حال احتمال تحققه فمن الصعب تطبيق أحد الخيارين، فالعقار المستخدم يضعف النظام المناعي عند البشر، والقليل من الأشخاص يتقبلون إجراءات حمية بالغة القسوة.

تشكل الفترة التي يحتاجها إثبات نجاعة مفعول أحد العقاقير المطيلة للحياة، والتي قد تمتد بالنسبة للبشر إلى أطول من 60 عاماً، تحدياً أساسياً. يقول جاي أولشانسكي Jay Olshansky، الذي يدرس الهرم في جامعة إيلينويز بشيكاغو، بضرورة تحديد أهداف معينة، كتأخير ظهور الأمراض المرتبطة بالهرم وتأخير تطورها لفترة سبع سنوات، فلو نظرنا إلى أغلب الأعطال الوظيفية المرتبطة بالطعن في السن، لوجدنا أن العطل المرتبط بالسن يتضاعف كل سبع سنوات تقريباً، وبإلغاء إحدى هذه التضاعفات نكون قد خفضنا الخطر الاحتمالي لحدوث أي عطل إلى النصف، وهذا سيشكل في حال تحققه حدثاً تاريخياً.

يحدد ميلر هدفاً آخر، وهو البحث عما نضيفه إلى طعام الكلاب ليطيل فترة حياتها الوسطية بنسبة 15 إلى 20%، حيث تمثل الكلاب حالة وسطية مثالية بين الفئران والبشر، فضلاً عن فترة حياتها المديدة واختلاطها بالبشر.

تبقى ملاحظات بارتردج وبارتن حول تعقيد ظاهرة الهرم سارية المفعول، حيث يعترف أغلب الباحثين أنهم مازالوا في بداية فهم الشبكات الجزيئية التي تنظم الهرم والأمراض المرتبطة به. يعتقد بريان كينيدي Brian Kennedy، رئيس معهد بوك Buck لأبحاث الهرم في نوفاتو، كاليفورنيا، بعدم وجود سبب واحد للهرم، ولكن هناك مسارات مصمّمة لتعديل أمور عدة في وقت معين، وبأن العديد من المورثات والعقاقير التي ندرسها تؤثر في هذه المسارات.

لا يزال علاج التقدم في السن بعيد المنال في الوقت الراهن إذا ما قورن بإثبات وجود بوزون هيغز. فقد كان لإعلان الباحثين العاملين على مسرّع الجسيمات تيفاترون Tevatron في مختبر فيرمي Fermilab في باتفيا Batavia، إيلينويز، عن معطيات متوافقة مع نتائج المصادم الهدروني الكبير دوره في تفجير نشوة الفيزيائيين كونهم بلغوا عتبة الاكتشاف.

أما بالنسبة للهرم فيرد توماس كيركوود Thomas Kirkwood، القيادي في هذا المجال في جامعة نيوكاسل بالمملكة المتحدة، بأن الوضع يعاكس تماماً وضع جسيم هيغز، إذ يُبلِّغنا كل ما ندركه بصعوبة إيجاد مسبِّب واحد بعينه.

هايدي ليدفورد، *كامبردج، ماساتشوسيتس.*

نُشر هذا المقال في مجلة ***Nature, Vol 483, 29 March 2012***، ترجمة **د. سامي حداد**، *هيئة الطاقة الذرية السورية.*

خارج الطبـــة

تحـدَّت سـوزان ليندكويست التفكير التقليدي في الكيفية التي تجعل البروتينات المطوية بطريقة خاطئة تتسبب في حـدوث الأمـراض ودفـع عملية التطور، ولكنها مازالت تجد ذلك النقد لاذعاً.

الكلمات المفتاحية: *بروتينات الصدمة الحرارية، بروتينات مطوية بطريقة خاطئة، البريونات.*

Key words: *Heat-shock proteins, Misfolded proteins, Prions.*

في صباح يوم شتوي قـارس من عام 1992 شقت الدكتورة سوزان ليندكويست (Susan Lindquest) المختصّة في علم البيولوجيا في جامعة شيكاغو بولاية ألينوي (Illinois) في الولايات المتحدة الأمريكية، طريقها بصعوبة عبر الثلوج متوجهة إلى مكتب الملكية الفكرية لمناقشة فكرة جديدة حول عقار ضد السرطان، وهو عبارة عن بروتين كانت تعمل عليه يدعى Hsp90 يعمل على توجيه البروتينات المطوية بطريقة خاطئة إلى بنيتها الصحيحة، ولكنه يستعمل أيضاً قدرته هذه لتنشيط بروتينات الطفرات المطوية بطريقة خاطئة في الخلايا السرطانية ومساعدة السرطان على التطور. اعتقدت الدكتورة ليندكويست أن إحباط عمل البروتين Hsp90 يمكن أن يعوق تقدم المرض. ولكن مدير مشروع الملكية الفكرية الذي اجتمعت به لمناقشة هذه

الفكرة خالفها الرأي، واصفاً فكرتها بأنها «سخيفة» على اعتبار أنها اعتمدت على تجارب على الخمائر. وتقول ليندكويست: «إن لهجته الساخرة» تركت في نفسي تأثيراً يصعب محوه. «لقد كانت، حقيقة، واحدة من أكثر المحادثات إهانة لي في حياتي»، مما دفعها إلى هجرة بحثها على السرطان باستعمال بروتين الـHsp90 لعقد من الزمن، علماً بأن أكثر من عشر شركات من شركات الأدوية تعمل اليوم على تطوير مثبطات للبروتين على أنه علاج ضد السرطان.

استطاعت الدكتورة ليندكويست الآن أن تتغاضى عن مثل هذه المظالم، فقد تحدَّت في عملها، خلال السنوات العشرين الماضية، بشكل مستمر، الطريقة التقليدية في التفكير في مجال التطور والوراثة والخمائر البدائية (الدنيئة)، واستطاعت أن تبين كيف أن البروتينات المعدية المطوية بطريق خاطئة والتي تدعى بريون (Prions) يمكن أن تطغى على قواعد التوريث في الخمائر، وكيف يمكن أن يستعمل ذلك لنمذجة الأمراض البشرية. كما اقترحت الآلية التي تمكن الكائنات الحية من تحرير الاختلافات المخبأة والتطور بالوثب والارتداد. لقد كانت الأنثى الأولى التي تتسلم إدارة معهد الرأس الأبيض (Whitehead Institute) المهمّ للبحوث البيولوجية الطبية في كامبريدج بولاية ماساتشوستس الأمريكية وحصلت على أكثر من عشر جوائز وتشريفات في السنوات الخمس الماضية. وتبين ورقة نشرت حديثاً في مجلة الطبيعة (Nature) كيف أن البريون➤ يقدم ميزات ملموسة في الخمائر البرية، مثل القدرة على البقاء تحت الظروف الصعبة ومقاومته العقاقير الطبية.

مع ذلك، تبقى المسألة الأكثر إثارة للانتباه بالنسبة للدكتورة ليندكويست هي أنها، بالرغم من ثقتها العالية بالنفس التي تمكنها من تبني مشاريع مثيرة للجدل، إلا أنها بالغة الحساسية للنقد. ولَسْعةُ الإحساس بالرفض التي تلقتها من مكتب الملكية الفكرية في شيكاغو يمكن أن تكون قد خفت، ولكنها ما زالت حاضرة في ذهنها وتحس بالرعب مما تراه من نمو للمواقف غير الحضارية بين زملائها، التي يمكن أن تهدد تقدم العلوم. وتعبر عن ذلك بقولها: «أحس كأن هذه المهنة تصبح، يوماً بعد يوم، أقل فأقل لطافة وأكثر فأكثر عدوانية».

بحث يتقد

بدأت الدكتورة ليندكويست عملها المهني في جامعة هارفرد في كامبريدج بولاية ماساتشوستس في عام 1971 في مختبر الدكتور ماثيو ميزلسون (Matthew Meselson)، المختص في الكيمياء الحيوية الذي اشتهر في مساعدته على بيان كيف تنسخ المعلومات الوراثية وتورث. وتقول عنه الدكتورة ليندكويست بأنه «كان عالماً رائعاً» ولكن عندما بدأت عملها في مختبره كان يقضي الكثير من وقته للترويج لفكرة تحريم الأسلحة البيولوجية في الولايات المتحدة الأمريكية، ولذلك «نادراً ما كان موجوداً» في مختبره.

كان غياب الموجه، بالنسبة للدكتورة ليندكويست، في ذلك الوقت، مدعاة للإحباط. وتستطرد قائلة: «كانت أوقات مخيفة وكدت أترك مرتين». تعمل بمفردها تقريباً، قررت سبر ظاهرة غامضة كان العلماء يحاولون اكتشافها في ذلك الوقت تدعى «الاستجابة للصدمات الحرارية». فمثلاً، عند تعريض يرقات ذبابة الفاكهة لدرجة حرارة مرتفعة، «تنتفخ» مناطق محددة من صبغياتها، على اعتبار أن الجينات في هذه المواقع تنتج بشكل محموم الحمض النووي الريبي المنقوص الأكسجين (RNA). وقد تكلل عملها هذا بحصولها على درجة الدكتوراه وحدد معالم طريقها المهني المستقبلي. وقد بينت الدكتورة ليندكويست بأن تعريض خلايا ذبابة الفاكهة المزروعة للحرارة العالية يؤدي إلى استجابة طارئة ينتج عنها تصنيع هذه الخلايا لبروتينات الصدمة الحرارية مثل Hsp90 لحماية نفسها.

وتقول الدكتورة ليندكويست، عندما نشرت نتائجها: «اعتقد عدد هائل من الدارسين أنها ليست ذات أهمية»، وصرف زملاؤها النظر عن هذه النتائج مدعين أنها مجرد نتاج صنعي ناتج عن فقد البروتينات لطبيعتها الخاصة، مع أن ذلك العمل كان قد نشر في مجلة ذات سمعة معتبرة، وكان هذا الانتقاد قاسياً جداً على الدكتورة ليندكويست. وتساءل زملاؤها في المختبر والمتعاونون معها وأصدقاؤها المقربون، خصوصاً الدكتور ستيفن هينكوف (Steven Henikoff)، الذي يعمل حالياً في مركز أبحاث فريد هتشنسن لأبحاث السرطان في مدينة سياتل بولاية واشنطن الأمريكية، «كيف يمكن لشخص لطيف مثل الدكتورة ليندكويست أن تستمر في هذا الحقل؟

بدأت الدكتورة ليندكويست الحاصلة حديثاً على لقب الدكتوراه، بمنحة زمالة لما بعد الدكتوراه في عام 1976 في جامعة شيكاغو، وبعد ذلك بعامين عرضت عليها الجامعة منصباً بمرحلة اختبار، حيث بدأت اهتمامها ببروتينات الصدمة الحرارية في الخمائر، خاصة أن الخمائر تسمح لها بالتلاعب بالجينات بسهولة أكبر من الذباب. وقد حذرها أحد أعضاء الهيئة التدريسية في الجامعة من فكرة تبديل الأحياء قبل تجاوزها فترة الاختبار، ولكنها أهملت نصيحته مفترضة أن احتمال تثبيتها ليس عالياً في كل الأحوال، وتقول: «حقيقة كانت مسألة صعبة جداً أن تكون أنثى وتعمل في مجال العلم في تلك الأيام»، وفي ذلك الموضوع تابعت ما وجدته الأكثر غموضاً وسحراً.

➤ *بروتينات البريون مسؤولة عن اختلافات اللون في بعض سلالات الخميرة.*

العمل المهني للدكتورة سوزان ليندكويست في أبحاثها على البروتينات المنتجة كاستجابة للصدمة الحرارية.

وتقول الدكتورة ليندكويست، بشيء من الألم: "كثيراً ما يفتقد العلماء الصغار لهذه الشجاعة في هذه الأيام"، فهي تتذكر كيف كانت تبذل جهداً كبيراً لإقناع طلاب الدراسات العليا أو حاملي الدكتوراه الجدد لقبول مشاريع فيها شيء من الخطورة، لتكتشف بعد ذلك، أنهم عندما كانوا يفعلون، كان زملاؤهم يهزؤون بهم في المختبر، وتقول: «إن هذا يصدمني». لقد كانت خائفة دوماً من أن تكون على خطأ، مما قادها إلى تكرار تجاربها لمرات عدة، ولكن، كما تقول لم يكن لديها أي خوف من الأفكار الجديدة.

لاقت معظم الأفكار الجديدة التي طورتها الدكتورة ليندكويست مقاومة. فمثلاً، عندما اقترحت في أواخر عام 1993 بأن بروتين الصدمة الحرارية المدعو Hspl04 يمكن أن يحل ويفكك كتلاً من البروتين رفضت مجلة Nature، في البداية، ورقتها العلمية. صدمت الفكرة الكثيرين الذين رأوا أنها فكرة سخيفة، وتقول الدكتورة ليندكويست: «عندما قدمت محاضرة عن ذلك، تراوحت ردود الفعل بين الشك والرفض على الفور». ولكن العمل نشر في العام التالي.

كانت الدكتورة ليندكويست ما تزال تحدق بمخطوطتها المرفوضة عندما تلقت اتصالاً هاتفياً من يوري تشرنوف (Yury Chernoff) الذي كان وقتها حاصلاً على منحة دراسات ما بعد الدكتوراه ويعمل في مختبر الدكتورة سوزان لايبمانز (Susan Liebman›s) في جامعة أليونوي في شيكاغو الذي وجد بأن البروتين Hsp104 أثر في ظهور صفة اللون الغريب في بعض سلالات الخميرة، وهي صفة كانت قد وصفت للمرة الأولى في عام 1965 في الخمائر، وتدعى +PSI، من قبل عالم الوراثة البريطاني براين كوكس (Brian Cox) الذي كان يعمل عندها في جامعة ليفربول في المملكة المتحدة. لاحظ الدكتور كوكس بأنه عند تزاوج سلالات بيضاء من الخميرة مع أخرى حمراء أعطت نسلاً أبيض فقط، بدلاً من مزيج من الأفراد الحمراء والبيضاء، كما تتوقع النظرية الوراثية التقليدية، ووفقاً لإحدى الفرضيات، تنتقل هذه الصفة من جيل لآخر، ليس بواسطة المورثات، ولكن عن طريق البروتينات المطوية بطريقة خاطئة التي تعمل كبريون ذاتي الاستنساخ ومسبب للأمراض ومعروف عنه بقدرته على تحفيز حدوث اعتلال عصبي مميت مثل مرض Creutzfeldt–Jakob.

ترتبط البريونات مع بعضها بطريقة مشابهة لبنية النشاء لتشكل أليافاً طويلة. وقد بينت الدكتورة ليندكويست، بالاشتراك مع الدكتور تشيرنوف، كيف أن البروتين Hsp104 يسيطر على صفة PSI+ عن طريق اقتطاع ألياف من البروتين تدعى Sup35. تنفصل قطع صغيرة من ألياف البروتين Sup35 إلى الخلايا الناتجة من الانقسام وتعمل كقالب (template) لتشكل المزيد منها. تصف الدكتورة ليندكويست مراقبة بريون الخميرة وهو يمر من الخلايا الأم إلى الخلايا البنات بأنه «ساحر جداً». إضافة إلى ذلك، تشير النتائج إلى أن خلايا الخميرة البسيطة يمكن استخدامها لدراسة البروتينات التي تسبب الاعتلال العصبي التنكسي في الإنسان، وتلك فكرة أخرى كان من الصعب على الزملاء ابتلاعها.

تابعت الدكتورة ليندكويست دراستها على بريونات الخمائر في السنوات الخمس عشرة التالية، ويقول الدكتور تشيرنوف، الذي يعمل حالياً محرراً لمجلة البريون ويتمركز في معهد جورجيا للتكنولوجيا في مدينة أطلنطا، بأن الدكتورة ليندكويست وضعت العديد من التقنيات البيوكيمائية والجزيئية المستعملة اليوم لدراسة البريونات في الخمائر، وأن فرضيتها المثيرة للجدل، كما يقول، دفعت هذا الحقل من الدراسة إلى الأمام وأثارت الكثير من النقاشات وأدت إلى العديد من التجارب الجديدة. وتعتقد الدكتورة ليندكويست بأن بريونات الخميرة واسعة الانتشار، ويمكن أن تكون مفيدة في بعض الحالات لأنها قادرة على التحول بين الحالات السائلة النشيطة والحالات الليفية غير النشطة.

اقترح الكثيرون أن البريونات التي لاحظتها الدكتورة ليندكويست هي عبارة عن نتائج طبيعية لتقنيات الزراعة المخبرية التي تجبر البروتينات على التصرف بطريقة غير طبيعية، ولكن في أحدث ورقة علمية لها، بينت الدكتورة ليندكويست أن نحو ثلث الخمائر البرية التي قامت بدراستها والبالغة نحو 700 سلالة احتوت على البريونات، وفي نحو نصف هذه السلالات، يبدو أن البريون يقدم صفة مفيدة. فمثلاً، في سلالة عزلت من النبيذ الأبيض، وجد أنها مقاومة للوسط الحامضي ومضاد الفطور fluconazole. وفي سلالة أخرى عزلت من عنب لامبروسكو وجد أنها مقاومة للعوامل المخربة للحموض النووية (DNA). وعند

توجد الطفرات المسؤولة عن التشوهات الشكلية في هذه الذبابات في الأفراد التي تبدو طبيعية أيضاً، ولكن تأثيراتها تكون عادة مخبأة بفعل البروتينات المرافقة.

استئصال البريون في هذه السلالات أو شفائه، فقدت السلالات هذه الخصائص المفيدة.

تابعت الدكتورة ليندكويست دراستها على البريون Hsp90 ووجدت في التسعينيات أنها عندما أبطلت أو أوقفت عمل نسختي المورثة المسؤولة كليتهما عن تصنيع Hsp90 في ذباب الفاكهة ماتت جميع الأفراد. ولكن عندما عطلت نسخة واحدة من المورثة حدث شيء غريب، إذ نتج عن ذلك حشرات بمزيج من التشوهات الفيزيائية مثل العيون المربعة والأجنحة الملتوية والأرجل المعقوفة.

تحققت الدكتورة ليندكويست بأن البروتين Hsp90 كان يرافق البروتينات الحاملة لمورثات مميتة محولة إياها إلى شكل صالح للعمل، ومخفية بذلك تأثيرها، في حين أن إزالة نصف الـ Hsp90 يعني بأنه لم يبق منه ما يكفي، وبالتالي فالبروتينات لم تعد قادرة على الانطواء بشكل صحيح، مما يؤدي إلى ظهور تأثيرات جميع الطفرات المخبأة. وتعتقد الدكتورة ليندكويست أن الشيء نفسه يحدث خلال الأزمات الطبيعية مثل المجاعات أو التغير في درجة الحرارة أو رقم الحموضة. فمثلاً، تؤدي الصدمة البيئية إلى زيادة البروتينات المطوية بشكل خاطئ وهذه تمتص كل الـ Hsp90 المتوفر تاركة وراءها فائضاً من البروتين المطوي بطريقة خاطئة وهذا ما يمكن أن ينتج عنه تطور صفات جديدة. صحيح أن معظم هذه البروتينات المطوية بشكل خاطئ تكون عديمة الفائدة، كما تقول الدكتورة ليندكويست، ولكن إذا نتج عن أي منها خلية متأقلمة مع الظروف الجديدة، فإنها يمكن أن تبقى وتزدهر.

تسمي الدكتورة ليندكويست الـ Hsp90 بالمكثف للتغير التطوري. وبشكل مشابه للمكثفة الكهربائية التي تخزن الطاقة الكهربائية، فإن الـ Hsp90 يسمح للاختلافات المخفية أن تتزايد في الجملة الوراثية (المجين)، مؤدية، عند التعرض للإجهادات البيئية، إلى إعطاء إشارة البدء لحصول تغيرات كبيرة. وقد وجدت التأثيرات نفسها في نبات الـ Arabidopsis thaliana، فعند وضع نظام بروتين الصدمة الحرارية تحت إجهاد، أدى هذا إلى زيادة عدد الجذور واتجاهها نحو الأعلى وحصول نموات غريبة في الأوراق وتلونها بلون قاتم. وتعتقد الدكتورة ليندكويست أن دراسة هذه الظاهرة يمكن أن يكون أسلوباً مناسباً لاكتشاف الاختلافات المخبأة في النباتات، كما يمكن أن يفتح المجال أمام فهم أساس بعض الصفات، مثل مقاومة الجفاف وتحمل الملوحة.

تقول الدكتورة ليندكويست إنها لم تكن تعرف أن مثل هذه الأفكار يمكن أن تزعج الآخرين، فالكثيرين من البيولوجيين التطوريين يتمسكون بفكرة أن التطور يتم على خطوات صغيرة جداً وبطيئة وليس على شكل الاندفاعات التي كانت تقترحها. يقول الدكتور نيك بارتون (Nick Barton)، وهو عالم في الوراثة التطورية من جامعة إيدنبرغ في المملكة المتحدة، إن الاقتراح القائل بأن نظام المرافق (الشابرون) يحرر تغيرات «مفيدة» عند الحاجة مسألة خاضعة للجدل. ثم يعقب قائلاً: «أنا حقيقة لا أعتقد بوجود برهان كاف لهذا الدور التكيفي».

وبخلاف وجهة النظر هذه، فهنالك من كان أكثر انفتاحاً لهذه الفرضية، إذ يرى الدكتور ماسيمو بيغوليسي (Massimo Pigliucci)، الفيلسوف والاختصاصي بالبيولوجيا التطورية من مركز الدراسات العليا في جامعة مدينة نيويورك أن هذه الميكانيكية يجب أن تدمج مع النظرية التطورية، ويستطرد قائلاً: إن الدكتورة ليندكويست وضعت أساساً علمياً تجريبياً لأفكار كانت موجودة منذ بعض الوقت. مع ذلك، فهو يتساءل «كم هي مهمة تلك الأفكار في تطور الأجيال»؟ ثم يعقب على ذلك بقوله: "قد نحتاج إلى عشرين عاماً أخرى للإجابة على هذا السؤال".

غادرت الدكتورة ليندكويست جامعة شيكاغو في شهر آب/ أغسطس من عام 2001 لتتسلم إدارة معهد الرأس الأبيض. لقد كان منصباً مشرفاً لكنه في الوقت نفسه استنزف إمكانياتها خلال

السنوات الثلاث التي قضتها في ذلك المعهد، حيث حصل في عهدها انفصال معهد الرأس الأبيض عن المركز الجيني، الذي هو عبارة عن مركز كبير لدراسة الجينات والذي قدم معظم البيانات لمشروع الجينات البشرية. كان ذلك مقلقاً جداً من الناحية المالية، مسألة تركت الدكتورة ليندكويست بحاجة كبيرة للتركيز على البحث العلمي وخاصة على الأبحاث المتعلقة بالأمراض.

ومع أنها لم تكن مَن طَـوَّر مثبطات الـ Hsp90 التي بدأت تعطي بعض الأمل، إلا أن هنالك أكثر من 20 اختباراً طبياً اليوم لاستكشاف تأثيرها على السرطان. ويقول عنها الدكتور لين نيكر (Len Necker)، العالم البيولوجي المختص بمرض السرطان في المعهد القومي للسرطان في مدينة روكفل بولاية ميريلاند الأمريكية، الذي حدد أول مثبط Hsp90 منذ عشرين عاماً، إنها «موضوع ساخن». يمكن لهذه المثبطات أن تعمل أيضاً على الفطور المقاومة للعقاقير التي تسبب إصابات مميتة عند البشر وخاصة الذين يعانون من ضعف الجهاز المناعي.

> «أحس كأن هذه المهنة تصبح، يوماً بعد يوم، أقل فأقل لطافة وأكثر فأكثر عدوانية».

ساعدت خبرة الدكتورة ليندكويست في مجال طي البروتينات على تركيز اهتمامها بالأمراض الناتجة من اعتلال الجملة العصبية، فألياف الأميلويد المشابهة لبنية النشاء موجودة أيضاً في أمراض مثل الزهايمر (Alzheimer's) وباركنسون (Parkinson's) وهنتينغتون (Huntington) وقد اعتمدت الدكتورة ليندكويست على الخمائر كنموذج لدراسة تأثيرها في مثل هذه الحالات. وفي دراسة نشرت العام الماضي، بينت الدكتورة ليندكويست أن تراكم بروتين الأميلويد-B (amyloid-B)، وهو سمة مميزة لمرض الزهايمر، سام للخميرة ويؤدي إلى ضعف في نموها. قامت بعد ذلك باستعمال نموذج لدراسة (مسح) خمسة آلاف مورثة للخميرة لتحديد تلك التي لها علاقة بهذه السمية، وقد كان طريقها لفهم ذلك ناجحاً فقد حددت 40 مورثة، 12 منها لها نظائر عند الإنسان وواحدة معروف عنها أنها عامل خطورة لمرض الزهايمر ومورثتين أخريين تتفاعلان مع عوامل خطورة معروفة.

تأمل الدكتورة ليندكويست أن تستطيع أن تحدد بدقة، في الخميرة، الخطوات الأولى التي تقود لتشكل الأميلويد في مرض الزهايمر، ثم لتصل بعدها إلى عقار يمنع ذلك. سبيلها إلى ذلك مازال يثير الاستعجاب، ولكن "يتساءل العديد كيف يمكن لها أن تنمذج أشياء مثل مرض الزهايمر وباركنسون في الخميرة التي هي عبارة عن وحيد خلية، قصيرة العمر وبالطبع ليس لها دماغ" كما تقول الدكتورة نانسي بوني (Nancy Bonini) العاملة في مجال الوراثة العصبية في جامعة بنسلفانيا بولاية فيلادلفيا الأمريكية.

تقول الدكتورة ليندكويست إن مشروع بحثها تلقى «تقييمات متباينة جداً». ثم تقول إن الكثير من العلماء الذين يعملون بجد ويحملون أفكاراً عظيمة ترفض طلبات تمويلهم. وتخشى أن يكون مناخ التمويل الصعب والضغط الذي يتعرض له مراجعو طلبات التمويل ومراجعو الأوراق يؤثر في أدائهم «ويجعلهم منهكين ومتعبين ومضغوطين، ثم يطلب إليهم مراجعة هذه الأوراق». ثم تتوقف، وتنحني للأمام وتؤكد موقفها بشكل رائع قائلة: «أعتقد أنه علينا أن نقف ونقول لا، علينا ألاّ نفعل ذلك، دعنا لا نكون لئيمين على شخص ما لأن شخصاً كان لئيماً بالنسبة لنا».

ثم تقول، لقد غرس فيّ الدكتور ميزلسونّ أهمية السلوك العلمي الأخلاقي الرحيم، إنها صفات عملت بجد على نقلها إلى تلاميذها. وكتبت في نهاية عام 2010 تعليقاً بعنوان ثلاثة أشياء مختلفة مهمة بالنسبة لي هي: فكِّر وتدرّب على نطاق واسع، كن لطيفاً وكريماً ولا تفكر بتدمير الآخرين، ثم كن مؤمناً واثقاً.

تؤكد إنجازاتها وشهادات زملائها على نجاحها في الموضوعين الأوليين وتشهد كلماتها على الموضوع الثالث إذ تقول: «عندما أفكر بمستقبل أولادي أحس بكثير من القلق» وتغرورق بالدموع وهي تُعدّد الكوارث البيئية والاجتماعية والاقتصادية والسياسية. وتقول: «ثم أذهب للمحاضرة وأسمع أن شخصاً قد نهض وتحدث عن عمله وبأنه قام بشيء رائع. إن المهنة التي أعيشها وأتنفسها تعطيني بعض الأمل».

بيجال ترافيدي.

نُشر هذا المقال في مجلة ***Nature, Vol 482, 16 February 2012***، ترجمة **د. محمد منصور**، هيئة الطاقة الذرّية السورية.

أخبار علمية

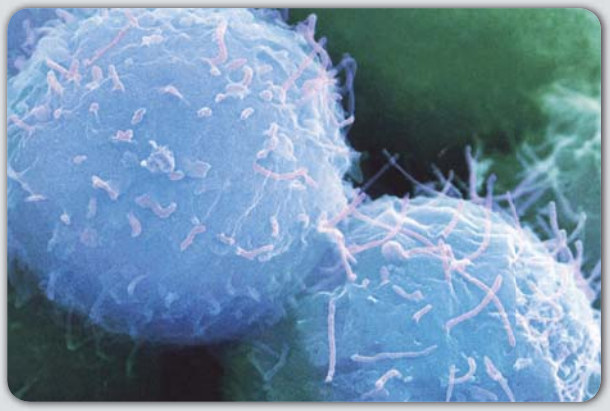
ما بعد خلايا هيلا

لمعرفة ما يميز خلية عن أخرى، يجب على المختصين بعلم الخلية أن يتخلوا عن خطوط الخلايا المُبسَّطة. هذا ما يناقشه أنتوني هايمان Anthony H.Hyman وكاي سيمونز Kai Simons.

في عام 1896، عرّف ويلسون E.B.Wilson الخلية على أنها أساس لحياة جميع الكائنات الحية. أظهرت الاكتشافات اللاحقة في علم الإنظيمات والبيولوجيا الجزيئية الوحدة الأساسية للحياة: الآلية الأساسية متماثلة في جميع الخلايا، مما يذكّر بالقول المأثور والمشهور لجاك مونود Jacques Monod بأن ما هو صحيح بالنسبة للإشريكية القولونية هو أيضاً صحيح بالنسبة للفيل.

كان يمكن أن يكون هذا المفهوم مستحيلاً من دون استخدام الكائنات الحية الوحيدة الخلية وخطوط الخلايا البشرية والحيوانية التي ستنمو إلى ما لا نهاية في الزرع. إن أكثر هذه الخطوط شهرة هو خط خلية هيلا HeLa المنقسم بصورة مستمرة، المشتق من خلايا مصابة بسرطان عنق الرحم لامرأة تُدعى هنريتا لاكس Henrietta Lacks (أو خلايا هيلا Hela).ولقد تم نشر أكثر من 65000 دراسة علمية تستعمل خلايا هيلا منذ عام 1950، حيث تم استخدام هذه الخلايا لدراسة كل جانب من الجوانب التي يمكن تصورها في فيزيولوجيا الخلية، وكذلك الآليات الأساسية المشتركة بين جميع الخلايا.

ومع ذلك، فإن الخلايا السرطانية، كتلك التي اشتق منها خط هيلا HeLa line، لها وظائف عضوية بعيدة عن وظائف الخلايا الطبيعية في الأنسجة، حيث تتفاعل الخلايا وتستلم إشارات من خلايا أخرى مجاورة. وإضافة إلى ذلك، لا تستطيع خلايا هيلا إخبار الباحثين أي شيء عما يميز شكل نوع إحدى



تمنح الخلايا الجذعية علماء الأحياء فرصة حلّ الاختلافات الجزيئية التي تعرّف أنماط الخلايا.

الخلايا عن الخلايا الأخرى، كخلية الكبد من خلية البنكرياس، على سبيل المثال. لذلك، ومع أن خلايا هيلا والخلايا المُبسَّة المأخوذة من مرضى السرطان تكون مناسبة للبحث عمّا هو مشترك بين هذه الخلايا، فهي ليست كافية تماماً لمعالجة الموضوع الكبير التالي في بيولوجيا الخلية: التنوع الخلوي في الأنسجة الطبيعية. وبمعنى آخر، كيف تتصرف خلايا DNA و RNA وبروتينات الخلايا معاً لتحديد الخصائص لأنواع مختلفة من الخلايا؟ للإجابة عن هذا السؤال، نحتاج إلى صنع التحول الصعب إلى أداة بحثية جديدة في بيولوجيا الخلية، ألا وهي الخلايا الجذعية.

يمكن أن ينظر علماء الخلية للخلية تحت المجهر وإعطائها تسمية، لكنهم يعملون بذلك على أساس مورفولوجيتها –أي شكلها الخارجي ومظهر بنياتها الداخلية، على سبيل المثال. على هذا الأساس، نحن نخصّص تسميات مثل الخلايا الهرمية، أو الخلايا العصبية الشائكة المتوسطة، أو الخلايا الظهارية المكعبية الشكل. ولكنه نهج بسيط أقرب إلى كيفية تحديد الأنواع الجرثومية قبل اختراع تسلسل الحمض النووي DNA. ما يميز حقاً نوع خلية واحدة من أخرى هو كيف تعمل وعناصرها الجزيئية المختلفة وتتفاعل.

إن فهم الأساس الجزيئي لهوية الخلية له نتائج طبية مهمّة. ويعرّف الأطباء عموماً نوع السرطان عن طريق شكل الخلية. لكن علم الجينوم السرطاني يظهر أن كل نوع من أنواع السرطان يُعدُّ متنوعاً للغاية: فأنماط من طفرة الأورام الموجودة في العضو نفسه لديها القليل من القواسم المشتركة بالنسبة لأفراد مختلفين.

إن الأدبيات مليئة بالحالات التي اعتقد فيها العلماء، على سبيل المثال، أنهم يدرسون خط خلية سرطان الثدي ثم تبين فيما بعد أنه كان مشتقاً من خلايا ورم سرطان الجلد. إن الفهم الجزيئي للسبب الذي يجعل الخلايا تبدو وتتصرف بشكل مختلف، هو وحده الذي سيسمح بتحديد واضح لنوعي الخلايا العادية والمعدلة.

يوجد طريقة واحدة لمعرفة ذلك هي بالابتعاد عن خلايا مُستنبتة ذات نسيج مُبسَّط؛ إن أيام خلايا هيلا قد ولّت. وبدلاً من ذلك، ينبغي على المختص بعلم الخلية استخدام خلايا جذعية جنينية مشتقة من الفئران أو غيرها من الكائنات الحية، أو تحويل خلايا متمايزة إلى مولدات طليعية باستخدام مزيج من عوامل الانتساخ، وإجراء دراسة تفصيلية للكيفية التي تصبح فيها هذه الخلايا أنماطاً خلوية متنوعة.

في الوقت الحاضر، قطعت أبحاث الخلايا الجذعية شوطاً كبيراً بفضل الأمل في العلاجات الجديدة التي يمكنها أن تستبدل الخلايا المعطوبة في جسمنا. ولتوسيع هذا المجال، يحتاج علماء الخلية والخلية الجذعية للعمل معاً لاستخلاص وحفظ وتمييز خطوط الخلايا التي تمثل أنواعاً مختلفةً من الخلايا، واستعمال التصوير الحديث وغيره من الطرائق في مجموعة الأدوات التي يستخدمها علماء الأحياء لدراسة هذه الخلايا. وكما تحولت البيولوجيا الإنمائية نتيجة الأفكار والمناهج من خلال علم بيولوجيا الخلية، فإنه من المهم إدخال النهج نفسه في بيولوجيا الخلايا الجذعية.

إن انتقال علماء الخلية إلى بيولوجيا الخلايا الجذعية سوف يساعد أيضاً في المحاولات الرامية للاستفادة من الإمكانات الشفائية للخلايا الجذعية في الطب. حالياً، تعتمد أبحاث الخلايا الجذعية بشكل كبير على عوامل الانتساخ لتمييز الخلايا وتحديدها، وذلك لأن أنواعاً مختلفة من الخلايا تظهر عوامل انتساخ مختلفة. لكن هذا التوصيف ضعيف جداً، حيث إن هوية الخلية تضم أكثر من حفنة من الشبكات الناسخة. إذا تمكن علماء الخلية من كشف الآلية الجزيئية التي تميز أنواعاً مختلفة من الخلايا، فإن ذلك سيجعل أبحاث الخلايا الجذعية أكثر أماناً. ولتجنب الكوارث في الأيام الأولى من العلاج الجيني، حيث كانت التعديلات الوراثية سبباً في حدوث السرطان، يجب علينا أن نفهم علم بيولوجيا الخلية للخلايا التي سيُعاد إدخالها. هل تعمل هذه الخلايا حقاً مثل نظيراتها الطبيعية في أجسامنا؟ أو هل يمكن أن تتحول إلى خلايا سرطانية في بيئتها الجديدة؟

إن التحول من خطوط الخلايا كخلايا هيلا، التي من السهل إنماؤها والمحافظة عليها، إلى خلايا جذعية تتطلب ظروفاً أكثر دقة، سيكون صعباً. وبالتالي، يجب على المنظمات الممولة أن تطور بروتوكولات نموذجية وغيرها من الأدوات التي تسهّل إنتاج عدد كبير من الخلايا المختلفة التي نحن بحاجة إلى دراستها. وفي ستينيات القرن الماضي، كرست الوكالات أموالاً لتأسيس التقنيات الأولية التي حافظت على الخلايا في المزرعة. لقد حان الوقت لخرق تقاني جديد.

نُشر هذا الخبر في مجلة ***Nature,Vol 480, 1 December 2011***.
ترجمة **نسرين شحادة**، هيئة الطاقة الذرية السورية.

قصدير تناظري

يشكل نظير القصدير ^{100}Sn النواة الأثقل ذات السحر المضاعف بسبب احتوائها عدداً متساوياً من البروتونات والنترونات. أخيراً بدأ الآن الكشف عن أسرارها، ويعود الفضل في ذلك إلى الجهود التي بذلها الفيزيائيون النوويون.

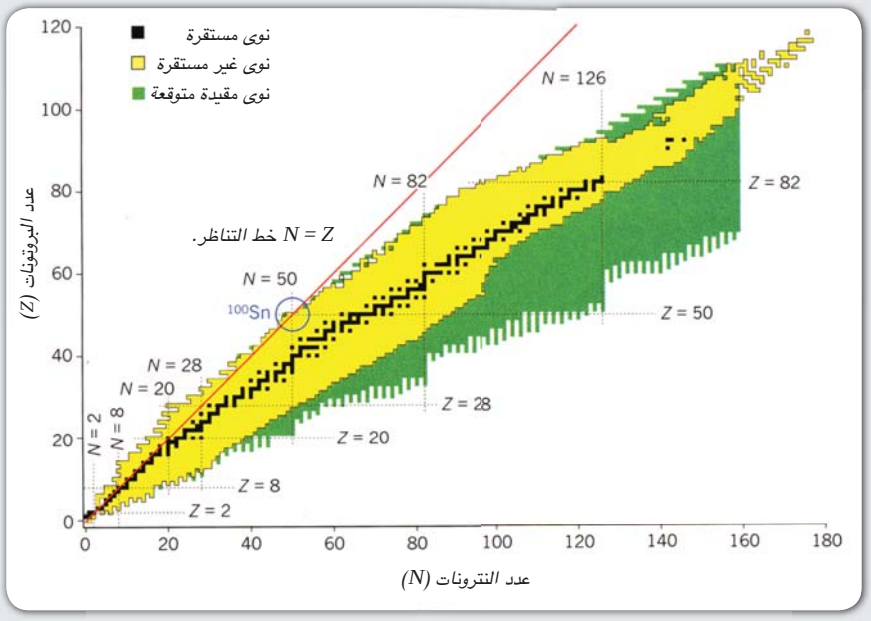
يوضح هنكي Hinke ومجموعته كيف أنهم، وبعد سنوات من المحاولات، أنجزوا قفزة مميزة نحو الأمام في دراسة النواة الأثقل ذات السحر المضاعف التناظرية، ألا وهي نواة النظير ^{100}Sn. جذبت هذه النواة، المكونة من 50 نتروناً و50 بروتوناً، اهتمام الفيزيائيين النوويين حول العالم بسبب موقعها المنفرد في المشهد النووي.

النوى هي جسيمات معقدة وتتحدى مواضيع الكمومية. وعلى عكس البنية الذرّية، حيث إن التفاعلات الرئيسية بين الإلكترونات والنواة، أي القوى الكهرطيسية، معروفة بدقة كبيرة، فإن التفاعلات بين مكونات النواة، المتضمنة لقوة نووية قوية، ليست معروفة بشكل جيد. ويعود ذلك جزئياً إلى الطبيعة المركّبة للمكونات النووية، أو النويّات، ولطبيعة القوى الأساسية التي تربط بعض النويّات مع بعضها الآخر.

وعلى حدٍّ معرفتنا، إن النوى هي الجسيمات الأصغر التي يمكن أن تنفصل إلى مكوناتها. وهي بالتالي الكيانات الأصغر الحاوية للخصائص، أي السلوك الناجم عن التعقيد، والتي يمكن دراستها. يقوم الفيزيائيون النوويون بدراسة هذه الظواهر الناشئة ويستعملونها لفك رموز طبيعة القوة النووية. إن الأعداد السحرية هي أعداد البروتونات أو النترونات التي تشكل الهيكل الكامل في نواة الذرّة، وربما هي الخاصية الأكثر بروزاً في النوى. وبصياغة الفكرة لأول مرة من قبل الفيزيائي أوجن ويغنر Eugene Wigner، يعكس المصطلح بنية الهيكل غير المتوقع للنوى، بصفته مناقضاً لسلوك أشباه السوائل المتوقع لمثل هذه الأشياء المتراكمة بشكل كثيف والمتفاعلة بقوة. وفي الواقع، إن نموذج الجسيم المستقل المستعمل لوصف الذرّات، حيث يفترض تحرك الإلكترونات (الجسيمات) بشكل مستقل بعضها عن بعض، يعمل هو أيضاً بشكل جيد في حالة النوى. كان هذا النموذج قادراً، على الأقل في حالة نوى مستقرة، على شرح التسلسل الملحوظ للأعداد السحرية: 2، 8، 20، 28، 50، 82 و126، وجميعها، بفعل طبيعتها السحرية، توافق استقراراً متزايداً.

لكن في السنوات الأخيرة، ونظراً لتوسيع الفيزيائيين إمكانية وصولهم إلى المشهد النووي، فقد ظهرت صورة مختلفة. يبدو أن الأرقام السحرية الملاحظة في النوى المستقرة تكون إما متناقصة أو متزايدة، خاصة بمنحى الغنى بنترونات مخطط النكليدات، الذي يبيّن عدد البروتونات مقابل عدد النترونات (الشكل 1).

تكون النوى المتمتعة بعدد سحري من النترونات أو البروتونات



الشكل 1- المشهد النووي. يظهر المخطط مواقع النوى كافة بدلالة عدد نتروناتها (N) وعدد بروتوناتها (Z). تشير الخطوط المتقطعة (.....) إلى الأعداد السحرية، التي تقابل الهياكل الكاملة للبروتونات والنترونات. تقع النوى السحرية المضاعفة عند تقاطعات خطوط الأعداد السحرية. تحوي النوى التناظرية عدداً متساوياً من البروتونات والنترونات. أنتج هنكي ومعاونوه النظير ^{100}Sn ودرسوه، أي النواة السحرية الأثقل المضاعفة التناظر. لاحظ أن الحساب المستعمل لتوقع النوى المقيدة في هذا المخطط محصور بالنوى التي يكون فيها N أقل من 160.

أكثر ترابطاً من مثيلاتها غير السحرية، وإن بساطتها الحقيقية تجعلها مرشحات أساسية للنماذج المعروضة للاختبار فيما يخص البنية النووية. والمهم منها بشكل خاص هي النوى التي يساوي فيها عدد كل من البروتونات والنترونات واحداً من الأعداد السحرية. وهذه النوى ذات الأعداد السحرية المضاعفة تتمتع بطاقة ربط أكبر من تلك المتمتعة بنوى وحيدة العدد السحري.

ويمكن للواحد منا أن يتوقع بأن النوى المضاعفة الأعداد السحرية المتناظرة، التي تملك عدداً سحرياً متساوياً من البروتونات والنترونات، ستخضع للتسلسل العددي السحري، وهذه في الواقع هي حالة النوى الخفيفة: وهي الهليوم (^{4}He) والأكسجين (^{16}O) والكالسيوم (^{40}Ca). رغم ذلك، وبسبب التدافع بين البروتونات، فإن خط النوى المستقرة في مخطط النكليدات ينحرف بعيداً عن خط التناظر، كما لو أن هناك حاجة إلى مزيد من النترونات من أجل ربط النوى الأثقل (الشكل 1). وكنتيجة لذلك، فإن النواتين الوحيدتين الأخريين اللتين تتبعان التسلسل السحري هما نواتا النيكل ^{56}Ni و^{100}Sn. هاتان النواتان مقيدتان لكنهما غير مستقرتين: تخضعان لاضمحلال من نوع بيتا، حيث يتم انطلاق بوزيترون (الجسيم المضاد لإلكترون) مشكلاً نواة بنتاً.

وبالرغم من أن ^{56}Ni ليست بعيدة أيضاً من أن تكون نواة مستقرة (^{58}Ni مستقرة)، فإن ^{100}Sn قريبة جداً من حافة الاستقرار النووي، أي قريبة من حدود المنطقة التي لم تعد القوة النووية فيها قادرة على ربط النكلونات فيما بينها ضمن النواة. تمتلك النواة ^{100}Sn اثني عشر نتروناً أقل مما يمتلكه النظير الأخف المستقر للقصدير، ^{112}Sn. ومن هنا تأتي خصوصية الرهان على ^{100}Sn: فهو سحري مضاعف وعند حافة المشهد النووي في آن معاً. بدأت الآن الإجابات على أسئلة عديدة دامت طويلاً حول هذه الأطوار الغريبة. فعلى سبيل المثال، هل هذا النظير في الحقيقة مضاعف السحر وبسيط البنية؟ وما هي قوة توزع اضمحلال بيتا على المستويات الطاقية لنواته البنت، الإنديوم-100؟ هل له حالات إيزوميرية (متبدلة الاستقرار)؟ إن دراسة اضمحلاله من نوع بيتا مهمّة بشكل خاص بسبب الفجوة الطاقية الواسعة بين الحالة الأساسية لـ ^{100}Sn ولبنته، وهي خاصية النوى المجاورة لحدود الربط النووي.

ولسوء الحظ، إن ما يجعل هذه النواة جذابة هو أيضاً ما يجعلها صعبة الدراسة. فهي حتى الآن بعيدة عن النظائر المستقرة وهو أمر صعب التحقيق. جرى عادة استعمال نمطين من التفاعل النووي لتحقيق هذا العمل. الأول، يسمى اندماج بالتبخر fusion-evaporation، وهو مقاربة من الأسفل إلى الأعلى، وفيه يحصل اندماج بين نواتين بطاقة تحريض دنيا، وذلك للتقليل من فَقْد لاحق لكلٍّ من البروتونات أو جسيمات ألفا (نواة ^{4}H). والتفاعل الآخر، يسمى تشظّي قذفي projectile fragmentation، وهو أكثر عنفاً إلاّ أنه في الوقت الحالي أكثر فعالية. ففي هذه المقاربة، يوجد قاذف عالي الطاقة أثقل من ^{100}Sn (نواة الكزينون، ^{124}Xe، باستطاعة 1 غيغا إلكترون فولط لكلّ واحدة كتلة ذرّية في تجربة هنكي وزملائه)، وبعد اصطدامه مع الدريئة، يخلف متبقياً مكوناً من 50 نترونا و50 بروتوناً. إن فرصة الحصول على النواة المطلوبة هي أكبر في حالة المقاربة الأولى منها في المقاربة الأخيرة، ولكن بسبب الطاقة العالية الكامنة المتضمنة، فإن الطريقة الأخيرة تكون أكثر فعالية في البحث عن إبرة في كومة القش، والتجربة قابلة للإنجاز عملياً. ولإعطاء معنىً لعملية الفلترة (أي عزل النواة المطلوبة عن الجسيمات الأخرى الممكن تشكلها خلال تنفيذ التفاعل) اللازمة للإنجاز، نجد أن من بين 1.2×10^{15} قاذف ^{124}Xe مُسرَّع خلال تجربة هنكي وزملائه، في مركز GSI Helmholtz لبحث الأيونات الثقيلة، فقط 259 نوى من ^{100}Sn كانت قابلة للتعيين.

تمثل نتائج تجربة مؤلفي هذا الخبر خطوة هائلة، مقارنة مع المحاولات السابقة للحصول على ^{100}Sn. لم يتمكن الباحثون من تحسين دقة القياس لعمر النصف وحسب، بل تمكنوا أيضاً، ولأول مرة، من تحديد نقطة النهاية للطيف الطاقي لاضمحلال بيتا (الطاقة العظمى للبوزترونات الصادرة)، ولاحظوا انتقالات أشعة غاما، التي تقابل الاضمحلالات بين حالات النوى البنات. استنتاجاتهم مذهلة: يبدو أن جميع نوى ^{100}Sn تتمتع بأعلى قوة اضمحلال بيتا معروفة، وعُرِّفت بـ "اضمحلال غامو–تيللر Gamow–Teller فوق المسموح" (تسمح انتقالات غامو–تيللر للسبين بتبدل صفري أو 1± فيما بين الحالة الأساسية للسلف والحالات النهائية للبنت). وعادة، إن هذا الصنف من الانتقالات محجوز لاضمحلالات فيرمي (انتقالات تحصل بين حالات لها السبين نفسه)، وذلك لأنها تمتلك عادةً القوى الأعلى.

ومثلما يحدث غالباً مع العلماء، في كل مرة يحصلون فيها على دقة جديدة، فإنهم يتوقون إلى التعمق أكثر. التحقت مختبرات أخرى بالسباق وتعمل لتحسين معدلات إنتاج ^{100}Sn GSI. وتشمل هذه المختبرات: مصنع حزم النظائر المشعة في واكو، وهو جزء من شبكة المختبرات الوطنية اليابانية RIKEN، الذي صنع حديثاً نوى ^{100}Sn، ومختبر SPIRAL2 في مسرّع الأيونات الثقيلة GANIL في فرنسا، ومنشأة حزم النظائر النادرة في جامعة ميتشغان الحكومية. ستنتج هذه المراكز هذه النوى المميزة، إضافة إلى نوى أخرى، بكميات أكبر. يجب أن يقود فك رموز الخصائص الناشئة عن ^{100}Sn، وعن نوى أخرى واقعة بعيداً عن خط الاستقرار في مخطط النكليدات، العلماء نحو فهم كامل للقوى النووية.

نُشر هذا الخبر في مجلة ***Nature,Vol 486, 21 June 2012***.
ترجمة **د. عادل حرفوش**، رئيس هيئة التحرير.

يجب بذل جهدٍ أكبر في تدقيق بيانات المختبرات

تتضمّن الأوراق العلمية أخطاء فادحة كثيرة جداً، لذا يجب على مديري المختبرات أن يكونوا أكثر صرامة في تدقيق البيانات الصادرة عن مختبراتهم وفي مراقبة أنفسهم.

العلوم هي فرع من المعرفة أو الدراسة المتعاملة مع مجموعة من الوقائع أو الحقائق المرتبة بشكل منهجي. لكن، وكما يُقدِّر معظم العلماء، فإن ثمار ما يُعرف بالعلم قد تكون غير ذلك. ففي غالب الأحيان، وعندما يتم التركيز على انحراف عن هذا المعيار الذهبي للعلوم، نجد في بعض الأوراق تزويراً للحقائق واختلاقاً لأشياء غير واقعية تُسلَّط عليها الأضواء، وتبقى هذه مشاكل مهمّة وموجودة. لكن مجلة Nature سلّطت الضوء في هذا الخبر على فشل آخر، أكثر شيوعاً، ألا وهو زيادة عدد الحالات التي يعجز فيها العلماء عن التأكد من إنجازهم للمهمّة بشكل نموذجي مع أن الوقائع والحقائق قائمة. وبكل بساطة، هناك العديد من الأخطاء الناتجة عن الإهمال التي تتضمنها الأوراق العلمية في صفحات المجلة وأماكن أخرى.

يحلّل كلٌّ من جلين بيغلي Glenn Begley ولي إليس Lee Ellis عدداً محدوداً من نتائج دراسات وبحوث السرطان التي تحوّلت إلى عمليات سريرية ناجحة، واستنتجا أن العامل الرئيسي لضعف هذا العدد سببه الجودة الضعيفة للبيانات قبل السريرية المنشورة.

والإشارة التي تبعث على القلق، كما يقولون، تتمثّل في الصدمة من عدد الورقات البحثية في هذا المجال التي كان استنساخ نتائجها الرئيسة أمراً غير ممكن. ولكي نكون واضحين، هذا ليس احتيالاً، وربما تكون هناك أسباب تقنية مشروعة توضّح لماذا لا تصمد نتائج البحوث الأساسية في العمل السريري. لكن الانطباع العام الذي تتركه الورقة يتجلّى في الإتقان غير الكافي في الطريقة التي يقدّم فيها الكثير من الباحثين بياناتهم.

كان لاكتشاف هذه الظاهرة الصدى الكبير المترافق مع شعور بعدم ارتياح متزايد لدى المحررين المختصين في هذه المجلة، ولا يقتصر هذا الأمر على مجال علم الأورام. فعبر علوم الحياة، أصبحت معالجة التصحيحات التي نشأت من الأخطاء التي يمكن تجنبها في المخطوطات جزءاً غير مريح في عملية النشر.

تتمثل الأدلة في كونها قصصية إلى حدٍّ كبير، وهنا القصص كالآتي: مجموعات بيانات غير مترابطة؛ مراجع مفقودة؛ ضوابط غير صحيحة؛ تعديلات شكلية غير معلنة للأرقام؛ الازدواجية؛ تضمين أشكال (أرقام) احتياطية ونص زائف؛ طرائق غير دقيقة وغير مكتملة؛ استخدام غير صحيح للإحصائيات –كالفشل في فهم الفرق بين التكرارات التقنية والتجارب المستقلة، على سبيل المثال.

تلك هي الحال عادة التي يمكن أن تنتج البيانات الأصلية، وتصحّح الأخطاء، وتتجمّد في مكانها النتائج التي توصّلت إليها الورقة البحثية المصححة. ومع ذلك، هناك اهتمام قليل وتصحيحات كثيرة جداً تعكس رداءة غير مقبولة في المختبرات، وهي تهدّد الثقة في العلم التابع لها وفي غيره من العلوم.

ويثير الوضع العديد من التساؤلات، نذكر ثلاثة منها: من هو المسؤول؟ لماذا يحدث ذلك؟ كيف يمكن إيقاف ذلك؟ المحققون الرئيسيون (PIs) من أي مختبر والذي صدر العمل عنه، وخاصة إذا كانت أسماؤهم مدوّنة على الورقة العلمية، يتحملون حتماً مسؤولية لا يمكن تجاهلها للتأكد من جودة البيانات الصادرة عن مختبرهم حتى ولو كان العمل قد تمّ من قبل باحثين يحملون شهادات ما بعد الدكتوراه.

رسمياً، إن طلاب ما بعد الدكتوراه والطلاب الخريجين لايزالون في مرحلة التدريب، وعمل المحققين الرئيسيين هو التأكد من أنهم تلقوا التدريب الصحيح في الإحصاء وتحرير الصور كبداية. ومن غير المقبول لرؤساء المختبرات، الذين هم سعداء للحصول على ميزة مقابل عمل جيد، أن ينظروا أولاً إلى البيانات الخام أو الأساسية عندما يتم الإبلاغ عن مشاكل وأخطاء في الدراسات المنشورة.

وفي القطاع الخاص، يعترف العلماء الذين يديرون المختبرات حتى في أرقى الجامعات بأنهم يمتلكون القليل من الوقت للإشراف وتدريب الطلاب. تمتلك مؤسسات، مثل المختبر الأوربي للبيولوجيا الجزيئية في هيدلبرغ بألمانيا، مختبراً بأحجام قصوى لهذه الغاية. كما أن وكالات التمويل يجب أن تقدم منحاً من أجل زيادة حجم المختبرات وتوفير الإشراف الكافي. وكما هي الحال في الشركات التجارية، فإن المختبرات الكبرى يجب أن تقدّم تدريباً رسمياً وتسلسلاً إدارياً، إضافة إلى ضرورة حجب بيانات وتجارب الباحثين المتخصّصين إذا لم يتمكن المحققون الرئيسيون من إجراء ذلك بأنفسهم. ما الذي يمكن لمحرّري المجلات وهيئة التحكيم القيام به؟ فالإهمال في بعض الأحيان يمكن السيطرة عليه، ولكن الكثير يجب أن يتم الوثوق به. المجلات يجب أن توفر بشكل أكيد إمكانية التعليق بشكل مباشر بحيث يمكن للقرّاء الإشارة إلى الأخطاء. وعندما تظهر التعليقات والتصحيحات في مجلة أخرى، يجب ربطها مع الورقة الأصلية، حسب ما نصح به المؤلفون أصحاب التعليق.

وينبغي أيضاً زيادة المجال من أجل النشر الأشمل لنتائج التجارب وما تلاه من براهين سواء كانت إيجابية أم سلبية. هناك فرصة لمجلات «الحدّ الادنى» مثل PLoS ONE وScientific Reports. ولا يمكن للمحرّرين وهيئة التحكيم أن يتوقعوا أو يتكهنوا عندما يتم تضمين البيانات الإيجابية واستبعاد البيانات السلبية أو غير المقنعة، لكن المجلات يجب أن تشجع التقديم الإلكتروني المباشر للصورة كاملةً. الصورة الكاملة هي، بعد كل هذا، ما هو العلم بالنسبة لنا الذي نسعى جاهدين لتوفيره.

نُشر هذا الخبر في مجلة ***Nature,Vol 483, 29 March 2012***.
ترجمة□□ائد ح□□، هيئة الطاقة الذرية السورية.

كيف يتغيّر الذكاء مع العمر

تبيّن تحاليل الاختلافات الوراثية الشائعة أن العوامل الوراثية التي تؤثر في الذكاء في مرحلة الطفولة تؤثر أيضاً عند تقدم العمر. ويمكن لهذه الأعمال أن تشير إلى نهاية التعارض بين الفطري والمكتسب.

أفاد فرانسيس جالتون Francis Galton ابن عم شارلز دارون Charles Darwin's قبل 150 عاماً بأنه ليس هناك تهرب من الاستنتاج بأن الفطري يسود بشكل كبير على التربوي المكتسب. ومنذ ذلك الوقت، فإن الحوار بين الفطري والمكتسب أو الوراثة والبيئة لم يكن مثيراً للنزاع بقدر ما كان متعلقاً بالذكاء البشري. ويمكن أن يشكل تقرير كتبه ديري Deary ومعاونوه في مجلة نيتشر (Nature, 2012) 482, 212–215, بداية لنهاية هذا الحوار. وعوضاً عن تقدير التأثير الوراثي على الذكاء بصورة غير مباشرة عن طريق توظيف مجموعات خاصة، مثل التوائم وإخوة التبني، استعمل المؤلفون بيانات الدنا DNA لأشخاص لا تربطهم أية علاقة.

إن الأسلوب التقليدي في تقدير توريث صفة ما أو شكل مظهري ما هو مقارنة مجموعات تُعرف الصلات الوراثية بينها، مثل التوائم المتماثلة (صلة 100%) والتوائم الإخوة (صلة 50% تقريباً). وتتجلى قوة هذا الأسلوب في القدرة على تقدير التأثير الوراثي الصافي دون الحاجة لمعرفة أيٍّ من الجينات هو المسؤول. وعلى كل حال، فإن غياب المعلومات عن تتابع الدنا يُعدُّ أيضاً ضعفاً لها.

تبعاً لذلك، وبعد كشف تتابع الجينوم البشري، أصبح لدى الباحثين توقعات كبيرة من الدراسات الواسعة المترافقة مع الجينوم genome-wide association studies (GWAS). وكان يؤمل أن تعرّف GWAS ما فيه الكفاية من المترافقات بين اختلافات تتابع الدنا (نموذجياً، التعددات الشكلية للنكلوتيد المفرد single nucleotide polymorphisms أو SNPs) وصفة معقدة كالذكاء لتكون مسؤولة عن معظم توريثات هذه الصفات. إلا أن تحاليل مثل هذه الصفات التي تشمل مئات آلاف الأفراد كشفت فقط عن جزء يسير من التأثير الوراثي حتى بالنسبة إلى صفات عالية التوريث مثل الطول أو الوزن. على سبيل المثال، فإن GWAS البدئي للذكاء يشير إلى مساهمات عديدة من التأثيرات الوراثية الضئيلة، وهذا بسبب كون الاختلافات الجينومية بين الأشخاص التي تمّ تعريفها تشكّل فقط مساهمة كليّة ضئيلة في قابلية توريث هذه الصفة –وهذا موضوع زاد من المشاكل المفقودة للتوريث.

استعمل ديري ومعاونوه تحليل تنوع الصفة الجينية المعقدة الواسع genome-wide complex-trait analysis (GCTA)، وهي طريقة متممة لـ GWAS. يستعمل الباحثون عند توظيف GCTA بيانات الدنا لمئات الآلاف من SNPs من أشخاص لا رابط بينهم وذلك لتقدير التأثير الوراثي على صفة معينة. وعلى خلاف التكهن، فإن أسلوب اختبار GCTA–GWAS لا يحدّد أي اختلافات في الدنا تترافق مع صفة مقيسة. وعوضاً عن ذلك، فإن أسلوب المعيار التقديري يربط التشابه في SNPs مع تشابه المظهر بين أزواج من الأفراد. يسمح استعمال عيّنات كبيرة إضافة إلى مقارنة الأزواج ببعضها بتضخيم الإشارات الضعيفة والناشئة عن تشابهات وراثية ضئيلة بين مواضيع لا رابط بينها. يُقدَّر التوريث بالمدى الذي يكون فيه التشابه الوراثي مسؤولاً عن التشابه المظهري.

لقد طُبّق GCTA في تقدير توريث صفات، مثل الطول والوزن والاضطرابات النفسية والطبية الأخرى وكذلك الذكاء، ولتقدير تأثير العوامل الوراثية في ثباتية الذكاء وكيف يتغيّر مع تقدم العمر. وقد طبّق ديري ومعاونوه هذا الأسلوب على بيانات SNP ومحصلات اختبار الذكاء لحوالي 2000 شخص لا صلة بينهم. ومن المشوّق بصورة خاصة في هذا التقدير أنه على خلاف دراسات GCTA السابقة، عمد المؤلفون إلى توسيع تحليلهم إلى الحالة المتعددة التباين وحصلوا على نتائج قيّمة. وجوهرياً، يُقيِّم توسيع تعدد التباين في GCTA العلاقة بين كلّ زوج من الأفراد لصفات مختلفة. والصفة المختلفة في ورقة ديري ومعاونيه هي الذكاء مقدراً في مرحلتين من حياة الأشخاص أنفسهم: في مرحلة الطفولة (عند عمر 11 سنة) وبعد نصف قرن من تقدم العمر. وقد قدروا على وجه التحديد التغيّر واستمرارية التغيّر الوراثي إلى الحدّ الذي يكون فيه التشابه في SNPs بين فردين مسؤولاً عن التشابه في التغيّر والاستمرارية في ذكائهما.

وجد المؤلفون علاقة وراثية معتبرة (0.62) بين الذكاء في الطفولة والذكاء في العمر المتقدم، والتي تعني أن كثيراً من العناصر الوراثية ذاتها تترافق مع هذه الصفة على مدى الحياة. كما قدّر التحليل التأثير الوراثي على تغيّرات القرابة خلال الحياة: رُبع اختلافات التغيّرات في محصلات التشابه تقريباً والتي تحدث خلال الحياة يمكن تفسيرها بجينات مختلفة مترافقة مع هذه الصفة في الطفولة والحياة التالية. تتوافق هذه النتائج مع نتائج سابقة من الأبحاث الوراثية المعتمدة على الوراثة العائلية، على الرغم من عدم وجود دراسات عائلية امتدت من الطفولة حتى عمر متقدم.

أبدى ديري ومعاونوه حذراً مناسباً بخصوص تقديراتهم. وتنبع قيمة نتائجهم من ندرتها. ولكن النتائج أظهرت معدل أخطاء قياسية كبيراً (قياساً لمدى تبعثر النتائج حول المتوسط) وليست معنوية إحصائياً بالوسائل التقليدية، وذلك بسبب أن إشارة صغيرة في GCTA تُستخلص من كثير من الضجيج. وهكذا، فإن عيّنات تُقدّر بعشرات الآلاف –وأعلى بكثير من المستعملة في هذه النشرة– تلزم للحصول على تقديرات صحيحة.

على أية حال، إن GCTA سوف تشجع الأبحاث في وراثة الذكاء، لأنها لا تتطلّب عيّنات خاصة، مثل مجموعة من التوائم أو إخوة التبني. في الحقيقة، إن GCTA يمكن أن يوظَّف لاختبار النتائج التي يتم الحصول عليها من الأبحاث المعتمدة على الأسرة في مجال الذكاء. وتشمل هذه النتائج أن العوامل الوراثية نفسها تؤثر في قابليات التشابه وإعاقات القرابة المختلفة، وأن ميول الذكاء الوراثية ترتبط وتتفاعل مع ممارسات القرابة ذات العلاقة.

إن الشروط المسبقة لتحاليل GCTA –عينات كبيرة جداً تُحلّل فيها أعداد هائلة من SNPs– تبدو مروّعة، وهذه هي الاحتياجات نفسها المطلوبة لـ GWAS. وكثير من عيّنات كهذه متوفرة لعديد من الصفات بما فيها الذكاء. وأحد محاذير GCTA تقليله للتوريث لأنه محدود بـ SNPs التي وقعت على خريطة المجين ولاختلافات الدنا ذات العلاقة بـ SNPs (أي تنوعات ارتباط غير متوازن معها). وبالمقابل، فإن النماذج التقليدية للوراثة العائلية تلتقط اختلافات تعود إلى تنوعات عرضية في المجين.

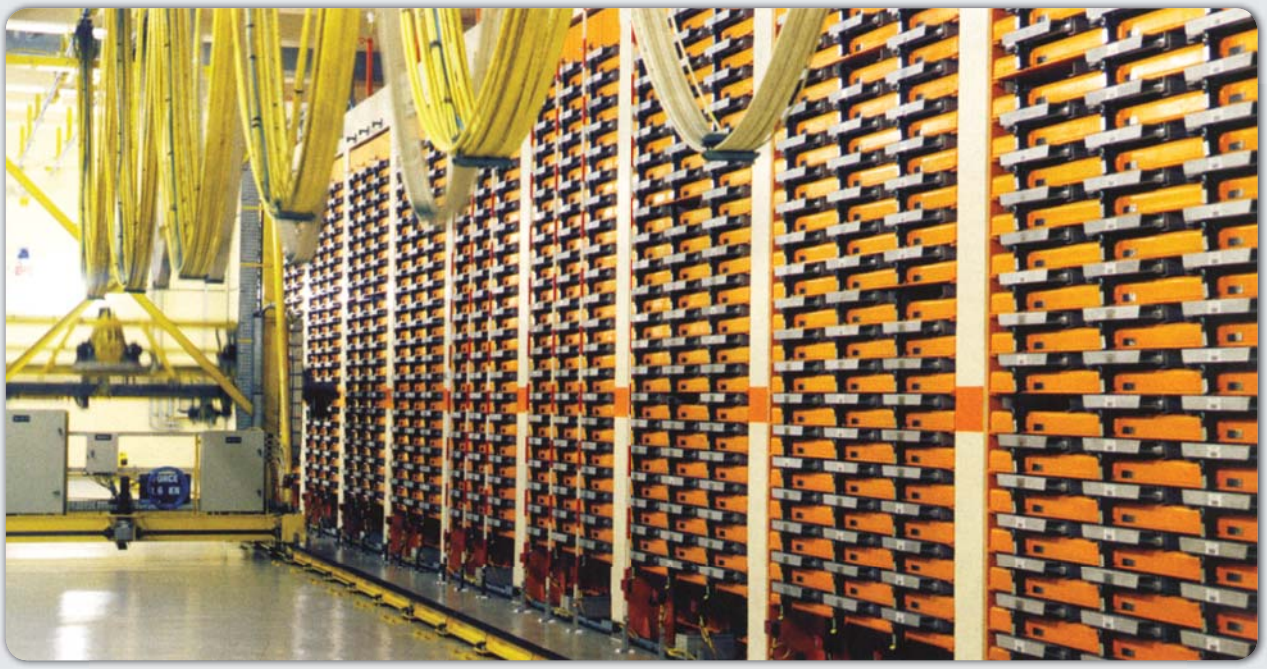
بغض النظر عن هذه التغيّرات، يقدم GCTA إشارات حاسمة لحلّ المشكلة الوراثية المفقودة. وقد اقترح أنه حتى تجد جينات تترافق مع صفة معقدة كالذكاء، يحتاج الباحثون إلى تحليل تنوعات وراثية نادرة إضافة إلى تلك الشائعة التي يمكن كشفها بواسطة أدوات التصفيف المصغّرmicroarray المتوفرة. على كلّ حال، وبالمدى الذي تكون فيه تقديرات GCTA للتوريث منبثقة عن الدراسات المعتمدة على العائلة، فإن ذلك يقترح أن SNPs العامة يمكن أن تتنبأ بقوة عن الذكاء إذا كانت حجوم العيّنة كبيرة بما فيه الكفاية. وإذا كان ذلك صحيحاً فإنه يعني أن الذكاء يشبه الطول في مفاهيم العمارة الوراثية وأنه –مع حجوم عيّنة مشابهة لما يوظف في أبحاث توريث الطول– يمكن إيجاد كثير من الترافقات بين DNA والذكاء.

هكذا، وعلى الرغم من أن GCTA لا يمكن أن يضع نهاية تامة لحوار الفطري والمكتسب، إلا أنه يمكن أن يشكّل بداية النهاية له. وبصورة مشابهة مع طرائق دراسة الوراثة العائلية، فإن هذا الأسلوب يقتصر على تقدير التأثير الوراثي بصورة غير مباشرة من التشابه الوراثي بين زوج من الأفراد، وليس مباشرة من جينات محدّدة تشكل الهدف النهائي. ولكن الأكثر صعوبة من ذلك هو الاختلاف حول نتائج GCTA المعتمدة على بيانات DNA من الاعتراض على دراسات التوائم وإخوة التبني.

نُشر هذا الخبر في مجلة ***Nature,Vol 482, 9 February 2012***.
ترجمة **د. نجم الدين الشرابي**، عضو هيئة التحرير.

حان الوقت لدفن البلوتونيوم

تُعدُّ عملية إعادة تدوير البلوتونيوم خطيرة ومكلفة. ويجب على بريطانيا أن تتبوأ المكان الأول في عملية التخلص المباشر منه. هذا ما يقوله فرانك فون هيبل Frank von Hippel و رودني إيوينغ Rodney Ewing و ريتشارد غارون Richard Garwin و إليسون ماكفارلان Allison Macfarlane.



يضيف إنتاج وقود البلوتونيوم النووي في فرنسا (حيث تظهر الصورة محطة تخزين) ملايين الدولارات سنوياً إلى تكلفة توليد الكهرباء.

يوجد في العالم حالياً مخزونٌ يقارب 500 طن من البلوتونيوم المفصول، وهو ما يكفي لصنع 100000 سلاح نووي. واعتماداً على ما ورد في تقرير نشرته الأكاديمية الوطنية الأمريكية للعلوم عام 1994، فإن هذه المادة تشكل خطراً أكيداً ودائماً على الأمن الوطني والدولي. مع ذلك، وبعد مرور عقدين، ما تزال برامج التخلص منه في حالة فوضى.

إن هذا البلوتونيوم هو إرث الحرب الباردة، ونتيجة لحماس ستينيات القرن الماضي في التزود المستقبلي بالطاقة النووية عن طريق استعمال مفاعلات مُولِّدة تعتمد على البلوتونيوم القابل للتدوير. قامت بعض الدول بفصل البلوتونيوم عن الوقود المستنفد في المحطات النووية المغذاة باليورانيوم، آملين استعماله في تشغيل هذا الجيل الجديد من المفاعلات. لكن عملية التدوير لم تتحقق أبداً. والدولتان الوحيدتان اللتان ما تزالان تحتفظان ببرامج نشطة لتسويق هذه المفاعلات الحديثة في المستقبل القريب هما روسيا والهند. فروسيا تمتلك أكبر مخزون عالمي من البلوتونيوم، إذا ما حسبنا المخزونين الناجمين عن الاستعمال المدني والعسكري.

غير أن المملكة المتحدة، التي تمتلك أكبر مخزونات مدنية من البلوتونيوم المفصول (حوالي 90 طناً)، أعلنت في شهر كانون الأول/ديسمبر الماضي عن خطط لإعادة البلوتونيوم إلى وقود لمفاعلات

الطاقة الكهربائية النووية المبرّدة بالمياه. يتنافس هذا العرض مع خطة الولايات المتحدة، التي تقوم مسبقاً باستعمال البلوتونيوم المفصول بصفته وقوداً بديلاً لمفاعلات الطاقة الكهربائية النووية القائمة. أما فرنسا واليابان، وهما الدولتان المالكتان لمخزونات معتبرة أيضاً، فإنهما تدمجان هذه المقاربة مع السياسة الخطيرة والمكلفة للاستمرار بفصل البلوتونيوم من الوقود المستنفد، وهو ما يكرس مخاطر الأمن الدولي المرافقة.

واعتماداً على التجربة السابقة لبريطانيا، والولايات المتحدة واليابان، يبدو أن إستراتيجية المملكة المتحدة تغرق في مشاكل تقنية وسياسية، إضافة إلى تكاليف متصاعدة. فقبل الدخول في استثمارات كبيرة، يجب على بريطانيا أن تجري تقييماً رصيناً لطريقة أقل تكلفة وأقل خطورة للتخلص المباشر من البلوتونيوم، وأن تستغل الفرصة لقيادة العالم نحو حلٍّ أفضل لتخفيض المخزونات.

البدائل

يركّز التقرير الذي نشرته الأكاديمية الوطنية للعلوم عام 1994 على بديلين للتخلص من البلوتونيوم. يتضمن الأول خلط البلوتونيوم مع اليورانيوم المستنفد للوصول إلى وقود من أكسيد مختلط mixed oxide (MOX) يمكن استعماله في مفاعلات الطاقة النووية من الجيل الحالي. وبعد استعمال الوقود MOX ينبغي التخلص منه مع وقود المفاعلات المستنفد الآخر. والخيار الثاني هو تخلص مباشر: أي تقييد حركة البلوتونيوم ضمن السيراميك immobilizing the plutonium in ceramic ودفنه في مستودعات جيولوجية مع الوقود المستنفد أو النفايات النشطة إشعاعياً. يتطلب كل خيار من الخيارين مستودعاً بالحجم نفسه تقريباً.

ففي العام 1994، كانت فرنسا تتابع مسبقاً خيار الوقود MOX بصفته جزءاً أكبر من إستراتيجية مثيرة للجدل حول فصل البلوتونيوم من الوقود النووي المستنفد، المعتمد على اليورانيوم، وإعادة تدويره. استخلصت فرنسا البلوتونيوم مبدئياً من أجل صناعة الأسلحة النووية، ومن ثم لإثبات وجود المفاعلات الولودة. وبعد أن أصبحت شركة الخدمات النووية، التي تملكها الحكومة الفرنسية، والمسمّاة حالياً أريفا Areva، رائدة على الصعيد العالمي في هذه التقانة، قامت ببناء محطة معالجة لفصل البلوتونيوم من الوقود المستنفد في دول أخرى. رغم ذلك، لم يجدد زبائن أريفا الأجانب الأساسيون عقودهم، وهكذا أصبحت مؤسسة الكهرباء الوطنية مضطربة في دعم برنامج MOX الوطني مما جعل الطاقة الكهربائية الفرنسية أكثر غلاءً. ووفقاً لتقييم العام 2000، فإن إعادة تدوير البلوتونيوم من الوقود المستنفد ستزيد فاتورة توليد الكهرباء في فرنسا بمقدار 750 مليون دولار أمريكي كلّ عام، وذلك بالمقارنة

يجب تصنيع حبيبات الوقود من البلوتونيوم بشكل دقيق.

مع تكلفة استعمال وقود اليورانيوم الطازج والتخلص من النفايات في مستودعات جيولوجية.

اتبعت اليابان إستراتيجية مماثلة لمعالجة الوقود المستنفد واستعماله في MOX، وأرجأت إلى حدٍّ كبير قراراً صعباً سياسياً حول موقع مستودع نفايات نووية. فقد بنت محطة معالجة مكلفة خاصة بها للوقود المحلي، صمّمت معظمها شركة أريفا، لكن التكاليف المتصاعدة والتأخيرات منعت إتمامها لأكثر من عقد من الزمن. فصلت المحطة حوالي أربعة أطنان بين العامين 2006 و2008، ولكنها أُجبرت على التوقف بسبب عطل طارئ. وقد أدت محاولة تشغيل جديدة في كانون الثاني/يناير من هذا العام إلى عطل مماثل. ومن المقرر بدء بناء محطة في ربيع هذا العام تتعلق بمحطة تصنيع الوقود MOX لكن، وبسبب حادث فوكوشيما في آذار/مارس عام 2011، تجري مراجعة كامل البرنامج النووي الياباني.

تقوم سلطات وقف التشغيل النووي البريطانية الآن باستكمال عقود لفصل البلوتونيوم من وقود المفاعلات النووية المستنفد في المملكة المتحدة. وفي العام 2018، حيث يتوقع أن تستوفي محطتا المعالجة في المملكة المتحدة عقديهما، فإنهما ستزيدان مخزون البلد من البلوتونيوم المنفصل بأكثر من 100 طنٍ. في كانون الأول/ديسمبر 2011، وبشكل مؤقت، خلصت وزارة الطاقة والتبدل المناخي في المملكة المتحدة إلى أن الخيار الأفضل للتخلص من هذا البلوتونيوم سيكون بشراء محطة جديدة لتصنيع الوقود MOX.

لنتعلم من الماضي

أظهرت المحاولات السابقة لإنتاج الوقود MOX في بريطانيا نتائج

ضعيفة المستوى. فقد افتتحت في العام 2001 محطة تصنيع في موقع سيلافيلد Sellafield للمعالجة في كامبريا Cumbria، وذلك للتعامل مع البلوتونيوم المفصول لصالح اليابان. ولكن بسبب عيوب التصميم ومعوقات الوصول إلى معايير التصنيع الصحيحة للوقود MOX، اشتغلت المحطة باستطاعة 1% من قدرتها فقط خلال سنواتها العشر الأولى. وفي آب/أغسطس من العام 2011، وبعد إنفاق 1.4 بليون جنيه إسترليني (2.3 بليون دولار أمريكي)، أُغلقت المحطة.

في تقييم طرائق التخلص من البلوتونيوم، يجب على بريطانيا الأخذ بالحسبان تجربة الولايات المتحدة أيضاً. لقد قرّرت متابعة مساري MOX وتقييد حركة البلوتونيوم، حيث تقرّر في العام 1999 أن التخلص من 34 طناً من أصل مخزونها من البولونيوم العسكري البالغ 85 طناً سيكلّف حوالي 4 بلايين دولار أمريكي. لكن روسيا، التي التزمت أيضاً بالتخلص من 34 طناً من ناتجها العسكري من البلوتونيوم، عارضت طريقة تقييد حركة البلوتونيوم كونه قد يكون صالحاً لاستخدام الأسلحة إذا ما تم استرداده. هذا، وإضافة إلى تكلفة التحرك باتجاه برنامجين، فقد توجهت

> "في العام 2018، سيتزايد المخزون البريطاني من البلوتونيوم المفصول إلى أكثر من 100 طن"

الولايات المتحدة إلى التخلي عن مسار تقييد البلوتونيوم. وبدلاً من ذلك، قامت الولايات المتحدة بتكليف محطة MOX المصمّمة من قبل أريفا للقيام بذلك. وهكذا فقد ارتفعت تكلفة التخلص من 34 طناً من البلوتونيوم إلى أكثر من 13 بليون دولار أمريكي، مع إنتاج وقود يمكن أن يعوض بما لا يزيد عن 1 أو 2 بليون دولار أمريكي فقط.

وبناءً على ذلك، يجب على بريطانيا أن تعيد النظر في عملية تقييد البلوتونيوم. ومع أن التقنية لم تستثمر بكل أبعادها، هناك أبحاث مهمّة حول كيفية تنفيذ هذه التقنية. ينبغي أن تكون طريقة تقييد البلوتونيوم أسهل من تنفيذ MOX وأرخص منها. إن تحويل 100 طن من البلوتونيوم إلى الوقود MOX يتطلّب تصنيع 100 مليون حبيبة من الوقود، مشكّلةً بأبعاد صحيحة لوضعها في أنابيب زركونيوم طويلة. مع ذلك، وبهدف التخلص من البلوتونيوم، يمكن تقييده ضمن عدد أقل من الأقراص الأقل دقة في أبعادها.

يمكن لهذا البلوتونيوم المقيد أن يُعلَّبَ مع وقود مستنفد أو مع نفايات متصلبة أعيدت معالجتها، تقوم بإطلاق إشعاعات غاما تمنع أياً من السرقات والأعمال الإرهابية خلال قرن لاحق قبل دفنها على عمق 500 متر في مستودع جيولوجي. وهناك خيار آخر لتخلص قطعي يجري ضمن آبار تقارب أعماقها 5000 متر. ناقشت الأكاديمية الوطنية للعلوم هذه الطريقة في العام 1994، وصدرت بعد ذلك أعمال تصميم كثيرة. وجدت سلطات وقف التشغيل النووي البريطانية في دراسة 2009 أن غالبية خيارات التقييد ستكون أقل تكلفة من MOX لكنها غير ناضجة تقنياً. ومع ذلك، يوحي فشل محطة MOX في المملكة المتحدة والمشاكل الأخرى أن طريقة تقييد البولونيوم أقل خطورة.

إن المملكة المتحدة مخوّلة بشكل مثالي للقيام بدور رأس الحربة في هذا المجال. فهي تمتلك المخزون العالمي الأكبر من البلوتونيوم المدني المفصول وخضعت لفشل محطة MOX. فيجب عليها أخذ دور القيادة في تطوير تقييد البلوتونيوم عبر اختبارات مختبرية، أي عبر مشروع محطة ومن ثمّ محطة مكتملة المقاييس. إنه الوقت المناسب لاتباع مسار مختلف، يعالج فيه البلوتونيوم بشكل لا لبس فيه بصفته مادة التسليح الخطيرة.

نُشر هذا الخبر في مجلة ***Nature,Vol 485 10 May 2012***.
ترجمة **د. عادل حرفوش**، رئيس هيئة التحرير.

الباحثون لا يستطيعون تنظيم الهندسة المناخية بمفردهم

المصالح السياسية، لا العلماء أو المخترعون، سيكون لها التأثير الأكبر على التقانات في مواجهة التغيّر المناخي، يقول جاسون بلاكستوك ***Jason Blackstoc*** *.*

لم يبرح العلماء يطورون تقنيات الهندسة الجيولوجية. ولكن سواءٌ نجحت هذه الأساليب أخيراً في مواجهة تغير المناخ، أم احتضنتها شريحة واسعة من السكان، فالمخاوف أكثر من أن تهمّ العلماء وحدهم. لهذا السبب، وفي أعقاب إلغاء الشهر الأخير من تجربة حقلية تتضمن حقن الجسيمات الستراتوسفيرية لهندسة المناخ (SPICE) والدعاية المصاحبة لها، كان من المهم استخلاص الدروس الصحيحة من قِبل العلماء والممولين إلى جانب المنظمين والسياسيين على حدٍّ سواء.

في افتتاحية حول (SPICE)، أُشير إلى أنه يجب على مهندسي الجيولوجيا أن "يتعلموا من نبات القرّاص كيفية التنظيم والمراقبة" (انظر: Nature 485, 415, 2012). وأضافت الافتتاحية أن المبادئ التوجيهية المقترحة من قبل المجتمع، مثل مبادئ أُكسفورد، بحاجة إلى برامج تطبيق عملية كي تحدث تأثيراً. فكلا الأمرين يستدعيان اهتماماً سريعاً، لكن يبقى هناك اعتبار أكثر أهمية: كأن يتكاتف مهندسو الجيولوجيا في وضع "مشروع مفصّل وإجراءات عملية"، كما توصي به الافتتاحية، لا يمكن معالجتها ببساطة. إذاً فالهندسة الجيولوجية سوف تغيّر وجه السياسة الجغرافية بشأن التغيّرات المناخية، وهذا ما لا يمكن تجاهله من قبل صناع السياسة المناخية.

دأبت (SPICE) على تحويل محور نقاش الهندسة الجيولوجية إلى تسجيل براءات اختراع ومخاوف من أن تأخذ الملكيات الشخصية وملكيات الشركات أسبقية على المصلحة العامة العالمية. لكنَّ براءات الاختراع بعيدة كل البعد عن القضية الأكبر في عالم التقنيات، كعلم الهندسة الجيولوجية الشمسية، مثل (حجب أشعة الشمس، وفقاً لتحقيق أجراه مشروع SPICE).

تقدر تكلفة حقن كميات كافية من الحلالات الهوائية في طبقة الستراتوسفير لمواجهة الاحتباس الحراري المتوقع لسيناريوهات الإشعاع العالي المستوى بمليار دولار أمريكي في السنة، حيث تبلغ هذه التكاليف أقل من 0.01 دولار في السنة كتعويض لكل طن من ثنائي أكسيد الكربون المنبعث. حيث إن غالبية التقانة الضرورية موجودة حالياً، مثل المحطات الفضائية ذات الارتفاعات العالية (والتي سوف نكون بحاجة للقليل منها)، في حين قد يحاول مخترعو الهندسة الجيولوجية الشمسية تخصيص مبالغ طائلة للحصول على براءات الاختراع، ولكن هذا لن يخلق صناعة جديدة مربحة للشركات الضخمة.

> الهندسة الجيولوجية ستغيّر وجه السياسة الجغرافية بشأن التغيّرات المناخية، وهذا ما لا يمكن تجاهله من قبل صناع السياسة المناخية.

ومجمل القول: إن الصناعات القائمة، وخاصة في مجال الزراعة والطاقة، سوف تلقى اهتماماً واسعاً عندما تصبح الهندسة الجيولوجية الشمسية قيد الاستخدام، ولا شك أنه سيكون لهذه الطرائق تأثيرات واسعة النطاق على المناخ سواء المرغوبة منها أو غير المرغوبة، لكن سيكون للصناعة الأثر الأكبر

من خلال مالكي براءات الاختراع من جهة وممارسة الضغوط السياسية من جهة أخرى.

في الوقت الحاضر، تتعلق قوة المفاوضات بشأن المناخ مباشرة بالدول الرئيسية التي ينبعث منها الكربون. ومن الناحية التقنية، فتحالف من الدول الضعيفة يرى أن هناك دولاً تشكل جزراً مهددة بارتفاع منسوب مياه البحر، وقد يكون هذا التحالف قادراً على حشد 1 مليار دولار سنوياً في مواجهة الاحتباس الحراري، لكنَّ احتمال تغيّر قواعد اللعبة، عندما يتعلق الأمر بالهندسة الجيولوجية، لن يكون في التقييمات التقنية لوحدها بل في حسابات السياسة الجيولوجية أيضاً. ونحن العلماءَ نعلم هذا. فلقد تشاورنا مع المجتمع المدني والقطاع الخاص إلى جانب المسؤولين الحكوميين في مؤتمر آزلومار عام 2010 في ولاية كاليفورنيا، الذي عمل وفق توصيات السياسة العامة للهندسة الجيولوجية، ومبادرة إدارة الإشعاع الشمسي المستمرة التي أطلقتها العائلة الملكية في لندن، وكلاهما أشار إلى الحاجة للعمل على مرحلة ما بعد المهندسين الجيولوجيين، ولكن ماذا بعد لطالما لم تحشد هذه المجموعات ما يلزم من «الإجراءات العملية» المهمة؟

يمكن للباحثين في الهندسة الجيولوجية تجريب طرائق من أجل ترجمة التعليمات التوجيهية إلى برنامج تنظيمي عملي يبدأ بالتسجيل الطوعي للأبحاث الجارية والمخطط لها. لكن المسؤولية تقع أيضاً على كاهل الممولين. توجد حاجة لمزيد من الأبحاث لضمان أننا نفهم حدود وقدرة التكنولوجيا الشمسية للهندسة الجيولوجية قبل أن تنتشر وسط حالة من اليأس السياسي. ولسوف يكون مأساوياً إذا دخلت الدعاية السلبية حول تمويلات مترددة لـ (SPICE) بعيداً عن إطار هذا العمل. ويمكن للممولين أيضاً أن يساعدوا في تأسيس معايير التعاون الدولي، حيث يجب أن تتضمن الخطوات الأولى خلق الحوافز للتعاون البحثي، وتبادل الدروس حول كيفية الإشراف المسؤول ومراقبة المشاريع المثيرة للجدل.

أخيراً، يجب على صناع السياسات المناخية التدخل. وببساطة إن المؤسسات الدولية الحالية ليست مستعدة لبحث الهندسة الجيولوجية. فمناقشة الهندسة الجيولوجية الشمسية في محادثات الأمم المتحدة حول المناخ حالياً أمرٌ من شأنه عرقلة التقدم نحو الهدف المنشود من حيث الاتفاق على تقنين عالمي واستراتيجية تكيُّف بحلول عام 2015. واتفاقية التنوع البيولوجي، التي تُعدُّ الجهة الدولية الوحيدة حتى الآن المهتمة بمعالجة مسألة الهندسة الجيولوجية الشمسية مباشرة، ليس لديها ولاية ولا نفوذ سياسي كافٍ للتوصل إلى اتفاق حول السياسات الجيولوجية.

فالمتفاوضون بشأن المناخ والقادة السياسيون بحاجة إلى تطوير استراتيجيات لملء الفجوة الإدارية، كذلك هم بحاجة لتفعيل الإشارات اللازمة لاستدرار تمويل بحوث الهندسة الجيولوجية الموجهة لنوايا السياسات المستقبلية بشأن المناخ. والفشل في معالجة هذه القضايا قد يبعث على استثارة المشاكل إذا كانت الأحداث، مثل التجارب الميدانية للهندسة الجيولوجية، تتجاوز التحضيرات السياسية.

قد يكون أي التزام سياسي أكبر مزعجاً بالنسبة لعلماء المناخ، إذ إنَّ علمَ المناخ قاتلَ بشدة في مواجهة الأجندات التي تُخضع البحوث نحو استنتاجات معينة. إلا أنَّ مثل هذه الأجندات، سواء منها الوطنية أو التشاركية، تؤثر على السياسة المناخية، وقد تضخم تقنيات الهندسة الجيولوجية ذلك التأثير. لا يمكن تجنب السياسة، وتجاهلها أمر خطير علينا جميعاً.

نُشر هذا الخبر في مجلة ***Nature,Vol 486 14 June 2012***.
ترجمة **د. عادل حرفوش**، رئيس هيئة التحرير.

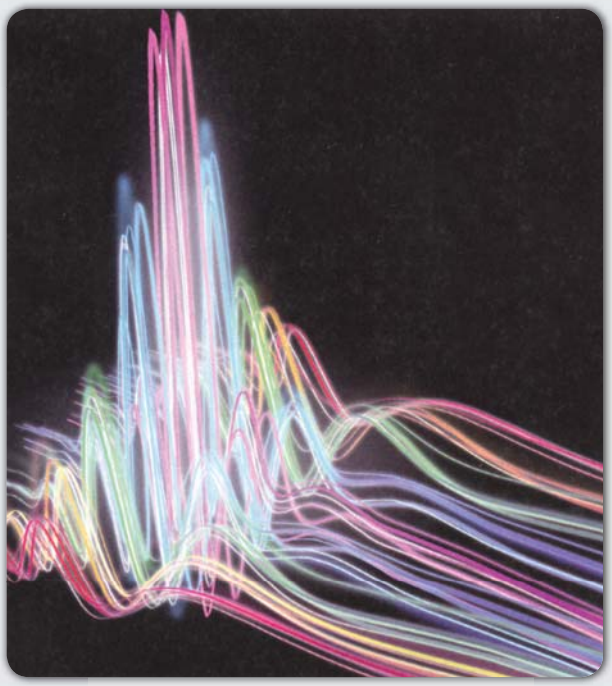
أجهزة أشعة-X مُدمجة ترى النور

تبشّر الأجهزة المُدمجة الصغيرة بفتح نافذة على التفاعلات الكيميائية في المختبر.

أصبحت الحجرة الأسطوانية المضغوطة في متناول يد مارغريت مورنان M. Murnane. علاوة على ذلك، وخارج إحدى نهايتي الجهاز، تبرز حزمة من أشعة-X تضم القدر نفسه من القوة التي يولّدها الضوء الناتج من مسرّعات الجسيمات الضخمة.

إن مورنان وهنري كابتين H. Kapteyn، الفيزيائيان العاملان لدى جيلا JILA في بولدر، بكولورادو، وهو معهد مشترك يتبع جامعة كولورادو والمعهد الوطني الأمريكي للمعايير والتقانة، قدّما تقريراً عن أول منبع فوق طاولة (جهاز صغير مدمج) tabletop source لنبضات قصيرة جداً تشبه نبضات ليزرية منخفضة الطاقة، أو أشعة-X «ليّنة». فالضوء، القادر على سبر بنية الجزيئات وديناميكيتها، كان سابقاً هو الوحيد المتوفر بشكل عام في المنشآت الوطنية الضخمة التي تبلغ كلفتها بلايين الدولارات، مثل السينكروترون أو ليزرات الإلكترونات الحرّة، حيث تكون المنافسة شديدة لاستخدام تجهيزاتها. لكن تقرير مورنان–كابتين ومعاونيهما، المنشور في 8 حزيران/يونيو في مجلة العلوم science (T. Popmintchev et al. Science 336, 1287-1291; 2012) يلمّح إلى أن الأجهزة المُدمجة ربما تكون قريباً في متناول المختبرات الجامعية. وتقول مورنان: «إنه لأمر خارق بالنسبة لنا أن يكون بمقدورنا عمل ذلك في منظومة أجهزة فوق الطاولة tabletop»، وتضيف: «قبل ثلاث سنوات من الآن كان الناس يقولون إن المنشآت الضخمة وحدها يمكنها أن تفعل ذلك».

إن فريق مورنان وكابتين المؤلف من زوج وزوجة والذي يترأس أيضاً شركة بولدر ومقرها في KMLabs، يقوم حالياً ببيع منبع فوق طاولة مماثل لمنبع الأشعة فوق البنفسجية البعيدة. وتعتقد مورنان بأن منبع أشعة-X الليّنة المستقبلي سيكلّف مليون دولار أمريكي تقريباً، وتأمل أن تفتح تكلفته المنخفضة نسبياً وحجمه الصغير الباب واسعاً أمام دراسات أشعة-X التي يجريها علماء المواد وعلماء الأحياء وآخرين غيرهم. وعلى سبيل المثال، يمكن للحزم المتولّدة بواسطة هذا الجهاز أن تساعد علماء المواد على صنع تجهيزات



يمكن سبر الروابط الكيميائية بنبضات سريعة من أشعة-X التي تشبه أشعة الليزر (الصورة).

خاصة بالطاقة الشمسية بشكل أفضل، وذلك بتتبع مسارات الإلكترونات عبر الخلايا الشمسية، وقد يسمح ذلك للكيميائيين بتقفّي أثر الديناميكيات الفائقة السرعة للتركيب Wالضوئي والتحفيز (الحفّاز). «إنه شيء انتظره الناس منذ وقت طويل جداً»، هذا ما يقوله أوليغ شبيركو O. Shpyrko، الفيزيائي في جامعة كاليفورنيا، بـ (سان دييغو). وغالباً ما ينتظر شبيركو شهوراً للحصول على قبول لتجاربه لدى مؤسسة منبع الإلكترون المتقدم Advanced Photon Source، وهي منشأة السينكروترون في مختبر أرغون الوطني في إلينوي، ثم عليه بعد ذلك أن يذهب مع طلابه جواً قاطعين نصف الطريق عبر البلاد من أجل إنجاز العمل.

تعتمد منابع الأجهزة المُدمجة هذه على تقنية تُسمّى التولّد التوافقي العالي high-harmonic generation، وفيها يمرّ ضوء الليزر عبر وسط يحوّله إلى ضوء بأطوال موجية أقصر وتواترات أعلى. وعلى سبيل المثال، يُسلَّط ضوء ليزر ياقوتي على بلورة كوارتز فتبرز حزمة ضوء فوق بنفسجي –رغم أنه خافت، إلا أنه ما يزال مبأراً كحزمة ليزرية.

دفع مورنان وكابتين تقنيّة التولّد التوافقي العالي إلى حدودها القصوى، بواسطة منظومة تستخدم ليزراً يصدر ضوءاً تحت الأحمر كمصدر، وغاز الهليوم المضغوط كوسط. يخلق الليزر حقلاً كهربائياً شديداً ينزع الإلكترونات من ذرّات الهليوم، مما يسمح للإلكترونات أن تمتص طاقة من الحقل الكهربائي. وعندما تعود الإلكترونات إلى ذرّات الهليوم فإنها تطلق الطاقة الممتصة على شكل فوتونات بطول موجي أقصر –لكن لا يصدر إلا فوتون واحد فقط مقابل 5000 فوتون تحت الأحمر يعطيها الليزر للوسط.

وتتجلّى النتيجة في ضوءٍ أطواله الموجية قصيرة كتلك التي يعطيها السينكروترون. وبزيادة الضغط في الغاز –وهو أمرٌ ظنّ العلماء النظريون أنه يزيل تبئير حزمة الضوء– تمكّن مورنان وكابتين من إنتاج ضوء بطول موجي قدره 0.8 نانومتر. وفي مجال هذه الأطوال الموجية، فإن عناصر كيميائية متعدّدة، تُستعمل في المغانط والنواقل الفائقة، تمتص عُصابة مميزة من الضوء. ويقول كابتين إن ذلك يمكن أن يُستخدم من قبل الكيميائيين، على سبيل المثال، لتمييز حالات السبين لذرّات النيكل التي تشكّل المعلومات في سواقات الحواسيب الصلبة المغنطيسية.

لقد فاقت منظومات الأجهزة فوق الطاولة هذه منشآت المنابع الضوئية الأضخم من ناحية سرعة نبضة الليزر. إذ يُنتج جهاز مورنان وكابتين نبضات قصيرة سريعة جداً من مرتبة 2.5 الأتوثانية (10^{-18} ثانية) –أي أسرع من النبضات من مرتبة البيكوثانية (10^{-12}) للسينكروترونات، والنبضات من مرتبة الفمتو ثانية (10^{-15}) لليزرات الإلكترونات الحرّة. ويُعدُّ ذلك السلّم الزمني أسرع أيضاً من تكوين الروابط الكيميائية وكسرها. يمكننا، في هذا السلّم الزمني، البدء باستخدام هذه المنابع الضوئية لمعالجة المسائل التي ليس لدينا فكرة عن الإجابات المتوقعة لها، هذا ما يقوله فيرنس كراوتس F. Krausz، الفيزيائي في معهد ماكس بلانك للضوئيات الكمومية في غارشينغ، بألمانيا، والمؤسس المشارك في ليزرات الفمتو Femtolasers، وهي الشركة التي تبيع منابع ضوئية فائقة السرعة.

على أية حال، يُعدُّ الضوء المُنْتَج بواسطة هذه المنابع أقل شدّة بكثير من ذاك المُنْتَج في المنشآت الوطنية الكبيرة. لقد كان ذلك أحد الأسباب التي تفسّر لماذا أرادت الفيزيائية إيما سبرينغيت E. springate، التي تدير Artemis، وهي جزء من منشأة الليزر المركزية في مختبر رذرفورد أبليتون التابع لمجلس منشآت العلوم والتقانة قرب ديدكوت في المملكة المتحدة، أن تنْفَذَ إلى كلتا التقانتين. تمتلك Artemis أحد المنابع فوق البنفسجي البعيد الفائقة السرعة في شركة KMLabs، الذي ينضم ليصل إلى منبع السينكروترون. وتقول سبرينغيت: «السينكروترون يعطينا صورة ساكنة واضحة وذات ميْزٍ عالٍ، في حين يعطينا المنبع الفائق السرعة فلماً ضبابياً بعض الشيء».

تقول مورنان إن منابع أشعة-X فوق الطاولة لن تكون متاحة قبل سنوات عديدة، غير أنها تأمل أن تكون يوماً ما شائعة في المختبرات مثل المجاهر الإلكترونية. ويتطلع شبيركو بشغف إلى ذلك اليوم بقوله: «بانتظار أن تحصل على تجربة قُبلت في منشأة وطنية، فإنك تشعر وكأنك بانتظار مكوك فضائي على وشك الانطلاق»، ويضيف: «إذا كنت تمتلك إحدى هاتين التقنيتين في مختبرك، يمكنك أن تحلم بالتجربة اليوم وأن تجرّبها غداً».

نُشر هذا الخبر في مجلة ***Nature,Vol 486, 14 June 2012***.
ترجمة **حسان بقلة**، هيئة الطاقة الذرية السورية.

انتصار البوزون هيغز يفتح مجالاً للأحلام

يأمل التجريبيون اليوم أن يحدّدوا خصائص الجسيم الأسطوري.

حشد غفير يترقب أثناء قيام الفيزيائيين، فابيولا جيانوتّي (الجالس، على اليسار) ورولف دابيتَر-هيوَر (إلى اليمين) و جو إنكاندِلا (أقصى اليمين)، بكشف النقاب عن أدلة لبوزون هيغز.

أمضى العديد من الفيزيائيين هنا ليلتهم محتشدين في القاعة كي يتمكّنوا من الحصول على مقعد ثمين. وبحلول الساعة الثامنة صباحاً، كان رجل الإطفاء يرحِّل العلماء الذين تعبت عيونهم والذين اصطفوا في طابور لساعات طويلة. ولقد كان المحظوظون من القلّة الذين تمكّنوا من الحصول على مقعد داخل مدرج المحاضرات في سِرْن CERN (المختبر الأوربي لفيزياء الجسيمات) بالقرب من جنيف بسويسرا، هم الذين شهدوا النهاية لسعي حثيث في عمل ضخم في مجال فيزياء الطاقة العالية والبداية لحملة جديدة.

وبإعلان الفيزيائيين في الرابع من تموز/يوليو أنهم اكتشفوا بوزون هيغز، أزاحوا الستار عن الجزء الأخير من النموذج المعياري لفيزياء الجسيمات، ألا وهو الإطار النظري الذي يصف بدقة كبيرة كلّ الجسيمات والقوى الأساسية باستثناء قوة الثقالة. لقد وُصف اكتشاف البوزون هيغز على أنه الهدف الأساسي للمصادم

الهدروني الكبير (LHC)، الذي هو مصادم بروتونات في محيط دائري طوله 27 كيلو متر وبلغت تكاليفه 6 بلايين دولار أمريكي، وهو يضم آلاف الفيزيائيين في مكاشيفه التي تشغل حجم أربعة أبنية، وهم الذين قاموا بتجميعها خلال عقود.

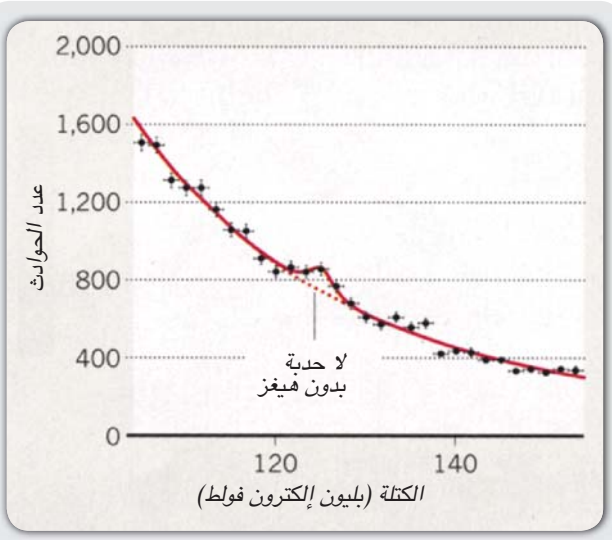
لقد أعطى الاكتشافُ الآلة مهمّة جديدة ألا وهي تحديد خواص بوزون هيغز. وسيفتش الباحثون أيضاً في المعطيات بحثاً عن تلميحات لشيء ما أبعد من النظام المعياري –وتلك نظرة أكثر شمولية قد تقود الفيزيائيين إلى فهم موحَّد للكون.

بدا الاكتشاف الأعظم في فيزياء الجسيمات في جيل من الأجيال وكأنه ليس أكثر من حدبة بسيطة على رسم بياني ينحدر بلطف. ومع ذلك ثارت موجة من الترحاب عندما أعلنت المجموعتان التجريبيتان الأساسيتان اللتان تبحثان عن الجسيم معطياتهما على الشاشة. لقد كانت الحدبة هي الإشارة الواضحة لجسيم هيغز عند كتلة تقارب 125 جيغا إلكترون فولط (جرت العادة على استعمال الكتلة والطاقة في فيزياء الجسيمات بصورة متبادلة). لقد أعلنت كلٌّ من ATLAS ومجموعة مكاشيف وشيعة الميون المندمجة (CMS) أن المغزى من إشارتهم كان حول خمسة انحرافات عيارية –وهذا يعني أنه إذا لم يوجد جسيم هيغز، فستكون فرصة الحصول على هذه المعطيات صدفة أقلّ من واحد بالمليون.

كان العالم النظري بيتر هيغز P. Higgs نفسه موجوداً من أجل الإعلان، كما كان يوجد ثلاثة من الفيزيائيين الآخرين الذين كانوا أول من تنبّأ بالبوزون عام 1964، وهم جيرالد غورالنيك G. Guralnik وفرانسوا إنكليرت F. Englert وكارل هاجين C. Hagen. خاطب هيغز البالغ من العمر 83 عاماً الجمهور المحتشد وهو يذرف الدمع قائلاً: إنه شيء غير معقول حقاً أن يحدث هذا في حياتي.

إن البوزون هيغز هو تعبير عن حقل هيغز –وهو الآلية المسؤولة في النهاية عن الكتلة لجسيمات معروفة (انظر المؤطر: ما هو هيغز؟). يقول توم كيبل T. Kibble، وهو فيزيائي متقاعد من الكلية الملكية في لندن: لقد كان الدليل على بوزون هيغز يتزايد على مدى عقود، ويشاركه في هذا نظري آخر مسؤول عن التنبؤ الأصلي. إن البوزون والحقل لازمان في إجراء الحسابات لتوحيد القوى الكهرطيسية والقوى النووية الضعيفة في قوة وحيدة هي القوة الكهرضعيفة electroweak force، التي تتنبّأ بدورها بالخواص التي تتمتع بها جسيمات أخرى. لقد توافقت تلك التنبؤات مع قياسات بدرجة عالية من الدقة، كما يقول. ويضيف كيبل قائلاً: "ومع ذلك، توجد بضعة أشياء نحن لا نعرف عنها شيئاً والتي ينبغي التأكد منها".

الكمية الأساسية هي سبين الجسيم particle's spin الذي هو صفة كمومية. وبموجب النظرية، فإن سبين بوزون هيغز يجب أن يكون



حدبة المصير

إن بوزون هيغز غالباً ما يُرى بوضوح بتفكّكه إلى أزواج من الفوتونات العالية الطاقة، وهذا يشير أن له كتلة قيمتها 125 جيغا إلكترون فولط تقريباً.

صفراً. وما عدا ذلك، يقول كيبل، يمكن أن تتغيّر كتل الجسيمات الأساسية حسب توجهاتها في الفضاء. وفي هذا الصدد يقول: "السبين صفر مفتاح. فإذا تبيّن أن للجسيم سبيناً لا يساوي الصفر، فهذا سيكون اكتشافاً مروّعاً –ويعني أن الجسيم هو شيء آخر وليس هيغز".

تبيّن أحدث نتائج المصادم الهدروني الكبير بشكل واضح الكيفية التي يتفكك بها الجسيم لتشير إلى أن له سبيناً يساوي إما صفراً أو اثنين. وسوف يتحدّد السبين بدراسات أخرى للجهة التي تخرج فيها نواتج تفكك الجسيم من المصادم الهدروني الكبير، كما يقول جو إنكاندِلا J. Incandela الناطق باسم مكشاف CMS. ويأمل إينكاندلا بالحصول على جواب بنهاية هذا العام. ويقول ستيف مايرز S. Myers، المشرف على تشغيل المصادم الهدروني الكبير، لقد مُدِّد تشغيل المصادم لعام 2012 ثلاثة أشهر وبذلك يمكن للتجارب أن تجمع مزيداً من المعطيات.

إن الجسيم الجديد يتوافق مع تنبؤات النموذج المعياري عن الكيفية التي ينبغي أن يتفكك بها إلى جسيمات أخرى وذلك بالنسبة للجزء الأكبر منها. لكن توجد بعض التلميحات المثيرة للاهتمام مفادها أن هذا الهيغز قد لا يكون معيارياً بشكل كامل في صفاته. فمثلاً، هو يبدو أنه يتفكك إلى أزواج من الفوتونات تساوي تقريباً ضعف ما يتنبّأ به النموذج المعياري في أغلب الأحيان –كما أنه يتفكك إلى جسيمات تُعرف ببوزونات تاو و w بتواتر أقل من التواتر المتوقع.

المؤطر

ما هو الهيغز؟

تصدَّر بوزون هيغز العنوانات، ولكن الجائزة الحقيقية هي حقل هيغز المقابل له. تشكل الحقول، أمثال حقل هيغز، الجزء الأساسي من الفيزياء الحديثة، حيث تتخلّل الفضاء وتتآثر مع الجسيمات التي تتحرك خلالها –فالحقل المغنطيسي هو الذي يجعل برادة الحديد تصطف.

لكن بالمقارنة مع الحقول الكهرطيسية وغيرها، فإن حقل هيغز يُعدُّ غريباً بعض الشيء، ويعترف توم كيبل، وهو واحد من ستة علماء في الفيزياء النظرية الذين كانوا أول من وضع الآلية في عام 1964 أن حقل هيغز موجود في كلّ مكان وليس له اتجاه، وكثيراً ما يشبه درجة حرارة الهواء الثابتة في كلّ جزء من كهف هادئ وساكن. وإن الجسيمات التي تتآثر مع حقل هيغز تكتسب كتلة –كلما كان تآثرها معه كبيراً زادت كتلتها وأصبحت أثقل.

اقترح كيبل وبيتر هيغز وغيرهما وجود الحقل كي يحلّوا واحدة من أصعب مسائل الفيزياء اليوم. في وقت مبكر من ستينيات القرن الماضي، عرف النظريون أن اثنتين من القوى الأساسية الأربع التي تحكم سلوك الجسيمات كانت متطابقة تقريباً من الناحية الرياضية. وكان الفرق الرئيسي بينها هو أن الجسيمات المرتبطة بإحدى القوى كان لها كتلة، في حين أن الأخرى المرتبطة بقوة أخرى لم يكن لها كتلة.

فسّر حقل هيغز الانقسام. في الزمن المبكر جداً من عمر الكون تنطبق النظرية، وكان حقل هيغز معدوماً، وكانت القوتان قوة واحدة. ولكن بعد وقت قصير من الانفجار الكبير، تصبح قيمة الحقل مغايرة للصفر وتنفصل القوتان عن بعضهما بعضاً. تقع إحدى هاتين القوتين، التي أصبحت كهرطيسية، في وسط جسيمات من الضوء عديمة الكتلة تُعرف باسم الفوتونات، التي تتجاهل حقل هيغز. وصارت القوةُ الأخرى القوةَ النووية الضعيفة، والتي تتسبّب بأنواع معينة من التفكك الإشعاعي، وتعمل من خلال جسيمات ثقيلة جداً تسمى بوزونات W وZ . تتآثر هذه البوزونات مع حقل هيغز وتكتسب كتلة. تستمد المادة العادية معظم كتلتها من التآثرات اللاحقة بين جسيمات مثل الكواركات، الموجودة في نوى الذرّات.

يمكن النظر إلى بوزون هيغز نفسه على أنه تموج مُثار في حقل هيغز. إن دراسة خواص البوزونات في المصادم الهدروني الكبير ستُنبئ النظريين فيما إذا كان هذا الحقل يسلك سلوكاً كما يتوقعون.

إن هذه التناقضات بعيدة عن كونها ذات مغزى إحصائي في الوقت الراهن، لكن إذا ظلت البراهين تزداد مع تجميع مزيد من المعطيات، فقد تشير إلى فيزياء جديدة تقع خارج نطاق النموذج المعياري.

فمثلاً، يمكن أن يكون البوزون المكتشف مركباً بالفعل، كأن يكون مكوناً من جسيمات أصغر، أو أن يكون الجسيم الأول لصنف جديد من البوزونات من عائلة هيغز. يقول فابيولا جيانوتي F. Gianotti، الناطق الرسمي باسم ATLAS، في مؤتمر صحفي عقب عرض النتائج: "سأكون مسروراً إذا كانت هذه الحالة الجديدة هي بوزون هيغز". ويعتقد إنكاندِلا أنه مع نهاية هذا العام سيكون لدى التجارب مؤشرات قوية عما إذا كان الهيغز يتوافق كلياً مع النموذج المعياري.

إن كتلة هيغز تبقى لغزاً حتى لو كان سلوكه كالسلوك المتوقع. وبموجب النموذج المعياري، ينبغي أن يكون هيغز ثقيلاً جداً أو غير مستقر –ما لم يطبّق على المعادلات تصحيح كبير لايُرجَّح حدوثه. توجد نظرية تُعرف باسم نظرية التناظر الفائق قبل بها العديد من الفيزيائيين، تتنبّأ بهيغز أخفّ، كما يقول ماثيو ستراسلر M. Strassler، وهو فيزيائي نظري بجامعة روتجِرز، في بيسكاتوي، نيوجرسي. ولكن لا توجد حتى الآن مؤشرات واضحة للتناظر الفائق داخل LHC. وبالإضافة إلى ذلك، فإن الكتلة 125 GeV في المعطيات المعلنة كبيرة جداً بالنسبة لأبسط النماذج الفائقة التناظر.

وفي الوقت الذي يسحق فيه المصادم البروتونات تحت تلال سويسرا وفرنسا، يأمل الفيزيائيون ظهور تلميحات للأجوبة من المعطيات التي يقدّر حجمها بالترّابتّة. ويقول إينكانديلا: إننا نسبر شيئاً لا تستطيع نظرياتنا أن تستوعبه. إن الشيء العظيم في مسألة الحصول على الجسيم هو أنه أصبح لدينا الآن مصدر للمسألة في مختبراتنا.

نُشر هذا الخبر في مجلة ***Nature,Vol 487. 12 July 2012***.
ترجمة **د. محمد قعقع**، رئاسة هيئة التحرير.

أشكال صفائحية من الكربون

يزيد التفاعل الذي يُطوّي جزيئات عطرية كبيرة فرص صنع أجسام نانومترية ويجعلها على شكل صحون من صفائح مفردة من الكربون. تحظى مثل هذه المواد بتطبيقات محتملة في الإلكترونيات.

تُعدُّ الطبقات المفردة من ذرّات الكربون، المعروفة بصفائح الغرافِن، موضع التقدير بوصفها المادة المنتقاة لصنع أجيال مستقبلية من الأجهزة الإلكترونية. بل ويستطيع الكربون تشكيل طيف واسع من الشبكات بجانب الترتيب الشبكي السداسي للذرّات الموجودة في الغرافِن. على سبيل المثال، يمكن لاتحاد حلقات مكونة من خمس أو ست أو سبع ذرّات كربون أن تتشكل على هيئة وعاء أو أنبوب أو سنام متمتع بخواص فيزيائية وإلكترونية متنوعة تستعمل في تطبيقات تتراوح بين هندسة بنيوية وحتى تحويل الضوء إلى طاقة. وبالرغم من أن هذه التشكيلات تحدث في الطبيعة بشكل نادر، فإن تحضيرها انتقائياً يُعدُّ أمراً صعباً، ويتطلب مستوى عالياً من الخبرة في مهارات التصميم الجزيئي والاصطناع الكيميائي. يصف أمشاروف Amsharov ومعاونوه، وفق ما أعلنوه في Angewandte Chemie، طريقة عملية لتحضير بنى كربونية على هيئة أوعية بوكي buckybowls* بمردودٍ عالٍ، مقدمة إمكانية مثيرة وسّعها آخرون، لتشكيل شبكات غير مستوية من ذرّات الكربون ستكون متاحة في المستقبل.

بدأ الباحثون من مركبات عطرية متُعدُّدة النوى (الشكل 1)، والتي يمكن أن يُنظر إليها بوصفها شظايا صغيرة من الغرافِن. ويمكن لتحويل هذه الشظايا إلى أوعية بوكي أن يتم بوساطة تشكيل روابط كربون–كربون (C-C) حصراً عبر مناطق مُجوّفة في الجزيئات– وهي المناطق التي ينحني فيها الجزيء إلى الداخل كالخط الساحلي حول خليج بحري. تؤدي هذه التفاعلات إلى تشكيل حلقات خماسية تحرض الانحناء الموجود في أوعية وأنابيب الكربون؛ على أية حال؛ إن تشكيل الروابط C-C انتقائياً عبر مناطق التجويفات أسهل أن يقال من أن ينفذ.

يقدم أمشاروف ومعاونوه حلاً لهذه المشكلة من خلال تسخين المركب العطري المتُعدُّد النوى الذي يحمل ذرة فلور في منطقة التجويف باستعمال حفاز الألومينا (Al_2O_3). تُعدُّ هذه المقاربة رائعة لأن الروابط كربون–فلور قوية جداً بشكل عام، أي أنها غير تفاعلية. لاحظ الباحثون أنه فقط ذرّات الفلور في مناطق التجويف تشارك في التحوّل، وذلك عندما أنجزوا تفاعلاتهم مبتدئين بمواد تحتوي على ذرّات فلور عند المناطق غير المجوفة، حيث تبقى هذه الذرّات دون أن تتغير في الناتج.

يحدث التحويل عند درجات حرارة أقل فعلياً من تلك التي تتطلبها طرائق بديلة لاصطنا ع شبكات الكربون، كالتحلل الحراري الخلائي الوميضي (FVP) flash vaccum pyrolysis، الذي يُسخَّن فيه المتفاعل بسرعة في الخلاء، أو كالترسيب البخاري الكيميائي، الذي تتفاعل فيه مواد البدء على سطح الركازة (الجسم الحامل) لتشكل غشاءً رقيقاً. وأكثر من ذلك، تعمل الطريقة بشكل حسن مع الركازات الصلبة في غياب المحل، مقدمة منتجات محددة الخصائص بشكل حسن وبمردود جيد. هذا أمر ملائم، إذ إن العديد من الركازات التي يمكن استعمالها في التفاعل هي ركازات غير منحلة في معظم المحلات. يذكر الباحثون أيضاً أنه في المركبات التي تمتلك مناطق تجويفية عديدة تحمل ذرة فلور، فإنه يمكن للروابط C-C أن تتشكل في مناطق متُعدُّدة.

يُعدُّ تفاعل أمشاروف ومعاونيه واحداً من تحويلات عديدة تنشئ روابط C-C جديدة بين حلقات عطرية، انطلاقاً من هاليدات الأريل، وهي مركبات ترتبط فيها الحلقة العطرية بهالوجين من خلال ذرة كربون، عادة ما يكون الهالوجين هو الكلور، أو البروم أو اليود. على سبيل المثال، من المعلوم أن التحلل الحراري الخلائي الوميضي FVP يؤثر على التفاعلات الجزيئية الداخلية لهذا النوع بوساطة حذف جزيئات هاليد الهدروجين (XH، حيث X هو

---

* بوكي هو اسم لعدة شخصيات كاريكاتيرية خيالية لأبطال خارقين في عالم الفكاهة (المترجم).

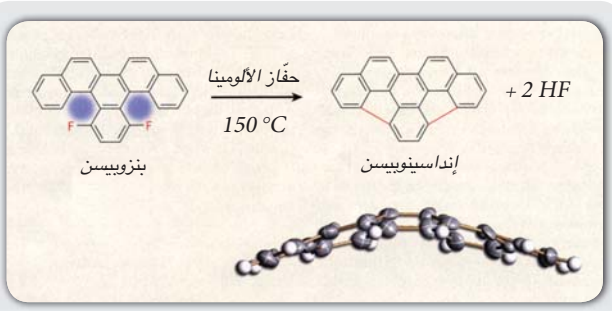
الهالوجين) من هاليدات الأريل. تتضمن عمليات التحلل الحراري الخلائي الوميضي هذه مركبات وسطية تفاعلية عديدة، كالجذور الحرة، أو الكربنات carbenes أو البنزين benzyne. يمكن لهاليدات الأريل أيضاً أن تتفاعل على سطوح معدنية معيّنة لتشكل شرائط أو وصلات من الغرافن نجمية الشكل، إذ يجعل التحفيز بالمعدن التفاعل ممكناً.

تعمل معظم تفاعلات هاليدات الأريل هذه بشكل أفضل مع مواد بدء تحمل روابط كربون–هالوجين ضعيفة: تُعدُّ روابط كربون–يود الأضعف عموماً، تليها روابط كربون–بروم، ثم روابط كربون–كلور. تُعدُّ روابط كربون–فلور أقوى حتى من روابط كربون–كلور، وعليه فإن استعمال أمشاروف ومعاونيه لهذه الروابط في تفاعلات تشكيل الرابطة C-C يُعدُّ نادراً، مع أمثلة قليلة معروفة أخرى.

إن تطوير استراتيجيات لتصنيع الغرافن ومواد ذات صلة وتمتلك أشكال قائمة على الكربون وتناظرات مصمَّمة يُعدُّ أحد التحديات الرئيسة في كيمياء المواد. وبشكل مشابه، فإن السباق لإيجاد طريقة صناعية من أجل إنتاج صفائح غرافن ذات أبعاد تتراوح بين عشرة سنتمترات والمتر الواحد أمر موضع تنافس شديد. إن التطويرات الأخيرة، التي قادت إلى التعامل مع كميات من مرتبة الكيلوغرام لتحضير وعاء بوكي قوسي نموذجي، الكورانيولن coran-nulene، ستساعد في زيادة الوفرة التجارية لبناء وحدات لتصنيع أنابيب الكربون النانوية وشظايا الغرافن.

لنفهم طريقة واحدة يمكن أن تستعمل فيها مثل هذه الشظايا، نتمعّن في مثال الفلّيرن Fullerene– وهو كرة بوكي من ذرّات الكربون، حيث تشكل فيها الذرّات أعمدة شبكة المضلعات التي تُكوِّن السطح الكروي. لنتخيل قص الشبكة المفتوحة. فاعتماداً على المكان الذي تمّ فيه القطع، يمكن الحصول على إسقاطات ثنائية البعد متنوعة يمكن طيُّها مرة أخرى وإعادتها إلى الكرة. إذا كانت المركبات العطرية المتُعدِّدة النوى متاحة وفقاً لهذه التشكيلات، فإنه يمكن استعمال طرائق اصطناعية كطريقة أمشاروف ومعاونيه لطيّ الجزيئات و«لصق» الحواف إلى بعضها بعضاً.

وبالتالي، يُعدُّ اصطناع تشكيلات نوعية استراتيجية عصرية لتحضير مُصمِّم فلّيرنات. تُعدُّ مركبات مثل الكورانيولن نقاط بدء جيدة لتشكيلات عديدة كهذه، مما يفسح المجال لإتاحة فرص سهلة لتصنيع هذه المواد. وبالطريقة نفسها، فإن اصطناع جزيئات ينظر إليها بوصفها أجزاء متقاطعة لأنابيب الكربون النانومترية قد أصبح شيئاً من تكوين فني، وبفكرة مفادها أن هذه الأجزاء المتقاطعة يمكنها أن تتراكم وتتحد مع بعضها بعضاً لتشكل أنابيب نانوية.



الشكل -1 مُصمّم إلى شكل. يذكر أمشاروف ومعاونوه طريقة لصنع أوعية بوكي، وهي مواد بمقاس نانومتري يُنظَر إليها بوصفها طبقة مفردة من ذرّات الكربون تنحني لتشكل كرة. استعمل أمشاروف ومعاونوه تفاعلاً تتشكل فيه الرابطة كربون–كربون عبر مناطق مجوفة (المناطق الزرقاء) من المركبات العطرية المتُعدِّدة النوى، مثل جزيء البنزوبيسن benzopiecene في هذا المثال. يتطلب التفاعل حفّاز الألومينا (Al_2O_3) ويحدث فقط حيث تكون ذرّات الفلور موجودة في مناطق مجوفة. تظهر ذرّات الفلور في مواد البدء، والروابط المتشكلة خلال التفاعل، باللون الأحمر. إن البنية الظاهرة في التفاعل هي بنية بلورية بأشعة X لوعاء بوكي الناتج، وهو الإنداسينوبيسن Indacenopicene.

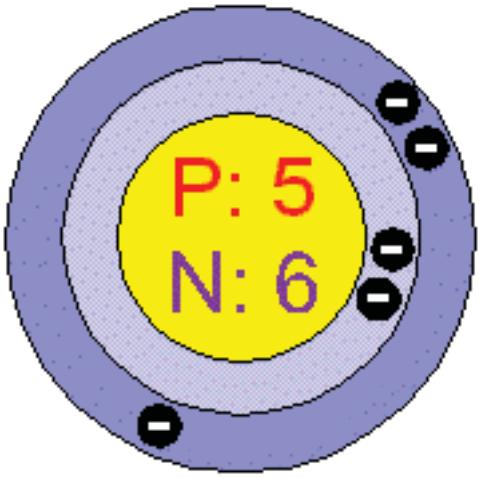
من غير الجدير الاعتقاد بأن الطرائق الكيميائية في العموم قابلة للتحول إلى صناعة، خلافاً للهندسة الشاملة التي يمكن استعمالها بشكل قابل للتحويل لصنع أي شيء تقريباً، رغم أن جوانب عديدة للاصطناع الكيميائي يُنظر إليها بوصفها تمتلك أسلوب الهندسة. غالباً ما يتطلب البناء المثالي للأهداف الجزيئية إيجاد الأداة الصحيحة بالضبط لكل عمل. بالرغم من ذلك، فإن الطرائق الاصطناعية المخصصة تتطور على ما يبدو إلى أدوات يومية تستعمل من قبل كيميائيين حول العالم، وكذلك، بشكل سابق لأوانه، إلى عمليات قابلة للتقدم من أجل إنتاج كيميائي صناعي في هذه الطريقة، تُعدُّ نتائج أمشاروف ومعاونوه، ونتائج آخرين يساعدون في صنع مواد مشابهة، مفعمة بالحيوية لأنها تكشف أنواعاً جديدة من التحويل الكيميائي الناجع الذي قد يشكل يوماً ما أساس صناعة مواد غرافِنية مصممة لتطبيقات متنوعة.

نُشر هذا الخبر في مجلة ***Nature,Vol 486, 21 June 2012***.
ترجمة **علي غانم**، هيئة الطاقة الذرية السورية.

نافذة على عناصر الجدول الدوري

البور

الرمز:	B
العدد الذرّي:	5
الكتلة الذرّية النسبية:	10.811
درجة انصهاره:	2076 °C
درجة غليانه:	3927 °C
كثافته وهو سائل	2.03 $g.cm^{-3}$
حالات الأكسدة:	1, 2, 3



البور عنصر كيميائي، رمزه B وعدده الذرّي 5. وبسبب إنتاجه الكلي بواسطة تشظية الأشعة الكونية للذرّات الغازية، وليس بواسطة الاصطناع النووي النجمي، فهو عنصر ذو وفرة منخفضة في كل من المنظومة الشمسية والقشرة الأرضية. يتركز البور على الأرض بسبب انحلالية مركباته الطبيعية في الماء، والأكثر شيوعاً هي فلزات البورات، مثل البوراكس borax والكرنيت kernite. تُعدَّن هذه الفلزات صناعياً على هيئة أبخرة.

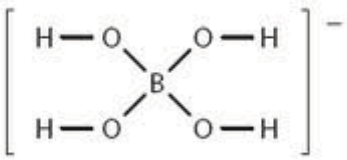
عنصر البور

يُعدُّ البور غير مرتبط كيميائياً، مما يدرجه في صنف أشباه المعادن، فلا وجود له على الأرض بشكل طبيعي. وصناعياً، من الصعب الحصول على البور نقياً تماماً، وذلك لأنه يسعى إلى تشكيل مواد مقاومة للصهر تحتوي كميات قليلة من الكربون وعناصر أخرى. يوجد متآصلات عدة للبور: فيكون لون شكله غير المتبلور بنياً ولون المتبلور أسود، وهو قاس جداً، وضعيف التوصيل الكهربائي في درجات الحرارة العادية. يستعمل البور العنصري بصفته عامل إشابة في صناعة أنصاف النواقل.

قصته وأصل التسمية

يعود أصل الاسم "بور" إلى كلمة عربية "بوراق buraq" أو إلى كلمة فارسية "بوره burah"، وهما اسمان لفلز البوراكس. عرفت مركبات البور منذ آلاف السنين، وعرف البوراكس في صحارى غرب هضبة التيبت. وهناك، أطلق عليه اسم تنكال، المشتق من اللغة السنسكريتية. استعمل البوراكس المزجج في الصين منذ 300 سنة قبل الميلاد، ووصل بعضه إلى الغرب، حيث ذكره جابر بن حيان في العام 700 بعد الميلاد. أحضر ماركو بولو بعضاً من زجاج البوراكس إلى إيطاليا في القرن الثالث عشر. وفي العام 1777، اشتهر حمض

البوريك في استعمالاته الطبية. لم تعرف الاستعمالات الكيميائية لمركبات البور إلاّ ما ندر حتى بداية القرن التاسع عشر.



أيون البورات عندما تكون في محلول

لم يعرف البور بصفته عنصراً إلاّ بعد أن تم عزله من قبل السيد همفري ديفي Humphry Davy ومن قبل جوزيف لويس غاي لوساك Joseph Louis Gay-Lussac ولويس جاك تينارد Louis Jacques Thenard. ففي العام 1808 لاحظ ديفي أن إرسال التيار الكهربائي عبر محلول من البورات ينتج راسباً بنياً على واحد من الإلكترودات. وفي تجربته اللاحقة، استعمل البوتاسيوم لإرجاع حمض البوريك بدلاً من التحلل الكهربائي. وعندها أنتج كمية كافية ليعلن عن عنصر جديد سماه البوراسيوم boracium. استعمل غاي لوساك وتينارد الحديد لإرجاع حمض البوريك في درجات حرارة عالية. وفي العام 1824 عيّن جان جاكوب برزيليوس Jons Jakob Berzelius البور بصفته عنصراً. ويمكن القول أن الكيميائي الأمريكي، أيزيكيل وينتروب Ezekiel Weintraub قد أنتج البور النقي لأول مرة في العام 1909.

خصائصه

متآصلاته

البور يشبه الكربون في قدرته على تشكيل شبكات جزيئية مترابطة تشاركياً ومستقرة. تكون بلورات البور قاسية جداً، وهي مادة سوداء وذات درجة انصهار تقارب الـ 2000 درجة مئوية. ويوجد البور بأربعة أشكال غير بلورية رئيسة: α وβ وγ وT.

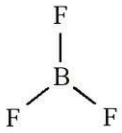
كيمياؤه

يندر وجود البور العنصري، وتندر دراسته بسبب صعوبة تحضير هذه المادة. تتضمن غالبية دراسات البور عينات تحوي قليلاً من الكربون. ويكون السلوك الكيميائي للبور أقرب إلى سلوك السليكون منه إلى سلوك الألمنيوم. تكون بلورات البور خاملة كيميائياً ومقاومة لهدروجين الفلور أو لحمض هدروجين الكلور المغليين. وعند سحق البلورات، يصبح قابلاً للتفاعل ببطء مع الماء الأكسجيني المركز الساخن وحمض النتروجين المركز الساخن وحمض الكبريت الساخن أو مع خليط ساخن من حمض الكبريت وحمض الكروم.

تتعلق نسبة أكسدة البور بماهية التبلور وحجم الحبيبات والنقاوة ودرجة الحرارة. لا يتفاعل البور مع الهواء في درجة الحرارة العادية، لكنه يحترق عند درجات حرارة أعلى مشكلاً ثلاثي أكسيد البور:

$$4\ B + 3\ O_2 \rightarrow 2\ B_2O_3$$

تؤدي هلجنة البور إلى تشكل ثلاثي الهاليد، والتفاعل التالي هو



مثال على ذلك:

$$2\ B + 3\ Br_2 \rightarrow 2\ BBr_3$$

مركباته الكيميائية

يأخذ البور في غالبية مركباته المألوفة رقم الأكسدة III. ويتضمن ذلك أكاسيده وكبريتاته ونتراته وهالوجيناته. تعتمد هالوجيناته الثلاثية بنية ثلاثية مسطحة، وهذه المركبات هي أحماض لويس ويتم فيها بسهولة تشكل معقدات إضافية مانحة لأزواج إلكترونية، أي ما يسمى أسس لويس. وعلى سبيل المثال، يجتمع الفلور (F^-) مع ثلاثي فلوريد الفلور (BF_3) ليعطيا أنيون رباعي فلوريد البور، BF_4^-. يستعمل ثلاثي فلوريد البور في صناعة البتروكيماويات بصفته محفزاً. وتتفاعل هاليدات البور مع الماء مشكلة حمض البوريك.

يوجد البور في الطبيعة فوق الأرض على شكل أكاسيد متنوعة لـ B(III) فقط، وغالباً ما تكون مجتمعة مع عناصر أخرى. تحدث جميع هذه الفلزات بحالة الأكسدة +3، وهي تشابه السليكات إلى حدٍّ ما، علماً أن البور لا يوجد بترابط رباعي وجوه مع الأكسجين وحسب، إنما أيضاً بترتيب مسطح ثلاثي الزوايا. وعلى عكس السليكات، لا تتميز فلزات البور برقم ترابط أكبر من أربعة. تتمثل الفكرة نموذجياً بأيونات رباعية البورات لفلز البوراكس الشائع. وتتعادل الشحنة السلبية في مراكز البورات الرباعية الهدريد بوساطة كاتيونات معدنية في الفلزات، كما هو الحال مع الصوديوم (Na^+) في البوراكس.

تلاحظ نتريدات البور ضمن تنوع من البنى المعتمدة. فهي تعتمد بنى مشابهة للتآصلات المتنوعة للكربون، بما في ذلك الغرافيت والألماس والأنابيب النانوية. يستعمل نتريد البور المكعبي، من بين الاستعمالات الأخرى، بصفته ساحجاً، كونه يتمتع بصلابة مشابهة لصلابة الألماس. وفي مركب BN المشابه للغرافيت، تتوضع ذرّات البور المشحونة إيجابياً وذرّات النتروجين المشحونة سلبياً في كل مستوٍ مجاورةً لذرّةٍ ذات شحنة معاكسة في المستوي المجاور.

كيمياؤه العضوية

يعرف عدد كبير من مركبات البور العضوية الثلاثية التكافؤ، ويستعمل العديد منها في الاصطناع العضوي. ينتج كثير منها انطلاقاً من حلمهة البور.

مركبات B(I) وB(II)

رغم عدم وجود مثل هذه المركبات على الأرض بشكل طبيعي، إلاّ أن البور يشكل تنوعاً من مركبات ثابتة بحالات أكسدة أقل من ثلاثة. وكما هو حال العديد من المركبات التساهمية، فإن حالات الأكسدة هذه في هدريدات البور وبورات المعادن تكون قليلة الفائدة. هذا وتشكل الهاليدات أيضاً مشتقات من B(I) وB(II)، حيث جرى توصيف جيد لـ B_2F_4 وB_4Cl_6.

توجد مركبات البور المعدنية بحالة أكسدة أقل من ثلاثة، وأوضحها هو ثنائي بوريد المغنيزيوم (MgB_2). تمتلك ذرّة البور شحنة أساسية 1- ويحمل المغنيزيوم شحنة أساسية 2+. تحتل ذرّات البور في هذه المركبات مراكز مستويات ثلاثية الزوايا، مع رابطة مضاعفة إضافية في كل بور، حيث تشكل ذرّات البور صفائح مماثلة لحالة الكربون في الغرافيت. وفي العام 2001 أظهرت هذه المواد خصائص متميزة بصفتها فائقة الناقلية في درجات حرارة عالية. وجدت مركبات بور معدني أخرى تطبيقات بصفتها مواد قاسية تستعمل في أدوات القطع والقص.

ومن منظور بنيوي، تشكل هدريدات البور المركبات الكيميائية الأكثر تميزاً. تتضمن هذه المركبات تجمعات من ($B_{12}H_{12}^{2-}$) و($B_{10}H_{14}$).

نظائره

يوجد للبور نظيران طبيعيان مستقران: ^{11}B (80.1%) و^{10}B (19.9%). هناك 13 نظيراً معروفاً للبور، وأقصرها عمراً هو النظير ^{7}B الذي يخضع لاضمحلال ألفا وإصدار بروتون. يبلغ عمر نصفه 3.5×10^{-22} ثانية. يتم التحكم بالتجزئة النظيرية للبور عبر تفاعلات التبادل بين مركبي البور $B(OH)_3$ و$[B(OH)_4]^-$. تتجزأ نظائر البور أيضاً خلال تبلور الفلزات، أثناء تبدّل الطور المائي في منظومات المياه الحارة، وأثناء تغير المياه الحارة في الصخور. يحصل التأثير الأخير خلال إزالة مفضلة لأيون $^{10}B(OH)_4^-$ فوق الطين. ويحدث ذلك في محاليل مُخصَّبَة بـ $^{11}B(OH)_3$، وبالتالي ربما تكون مسؤولة عن تخصيب كبير لـ ^{11}B في مياه البحر مقارنة مع كل من القشرة المحيطية والقشرة الأرضية، ويمكن لهذا الفرق أن يقوم بدور بصمة نظائرية.

يقوم النظير ^{10}B بدور جيد في أسر النترونات الحرارية. تكون نسبة البور قرابة 20% للبور-10 و80% للبور-11. تقوم الصناعة النووية بتخصيب البور الطبيعي إلى البور-10 النقي تقريباً. ويكون المنتج الثانوي الأقل أهمية هو البور-11 النقي تقريباً.

تخصيب النظير تجارياً

نظراً لمقطعه العرضي النتروني المرتفع، يستعمل البور-10 غالباً للتحكم بالانشطار في المفاعلات النووية بصفته مادة آسرة للنترونات، وقد جرى تطوير عمليات تخصيب بسويات صناعية عديدة. ورغم ذلك، اقتصرت عمليات التخصيب على التقطير المجزأ بالخلاء لمعقد من إيتر ثنائي الميتيل مضافاً إلى ثلاثي فلوريد البور ($DME\text{-}BF_3$) وعلى كروماتوغرافيا عمود من البورات.

البور المخصب (البور-10)

يستعمل البور المخصّب (^{10}B) في بعض حالات التدريع الإشعاعي، وهو النويّة الأساسية في معالجة السرطان بالأسر النتروني. وفي هذه الحالة الأخيرة (علاج الأسر النتروني بالبور أو BNCT)، يُدخل مركب يحوي ^{10}B في عقار صيدلاني يجري اندخاله اصطفائياً في الورم الخبيث والخلايا المحيطة به. ومن ثمّ يعالج المريض إما بحزمة نترونات حرارية أو بحزمة نترونات أخرى ذات طاقة منخفضة، وفق جرعة من الأشعة النترونية الضعيفة نسبياً. حيث تقوم النترونات بإثارة جسيم ألفا ثانوي ذي مدى قصير ونشيط وإشعاع كثيف من أيونات الليثيوم-7 واللذين يتكونان كمنتجين لتفاعل نووي بين النترون والبور، إذ يقوم الإشعاع الأيوني بالإضافة إلى ذلك بقصف الورم، وبشكل خاص من داخل خلايا الورم.

يستعمل البور-10 في المفاعلات للتحكم بالنشاط ولإيقاف المنظومات عند الطوارئ. ويمكن أن يقوم بالمهمة إما على هيئة قضبان تحكم من سليكات البور أو على هيئة حمض البور. ففي مفاعلات الماء المضغوط، يضاف حمض البور إلى مبرّد المفاعل عندما يتم إيقاف التشغيل بهدف إعادة شحنه بالوقود.

وفي المرْكبات الفضائية المأهولة مستقبلاً، سيكون للبور-10 دورٌ بصفته مادة بنيوية (على هيئة ألياف من البور أو مواد من BN بشكل أنابيب نانوية) تخدم بشكل خاص في الوقاية من الأشعة. إذ إن واحدة من مشاكل التعامل مع الأشعة الكونية، التي غالباً ما تكون بروتونات ذات طاقة عالية، هي أن بعض الإشعاع الثانوي الناجم عن التفاعل بين الأشعة الكونية ومواد المرْكبات الفضائية تكون عبارة عن بروتونات متشظية عالية الطاقة. يمكن إخضاع مثل هذه النترونات والتحكم بها عن طريق استعمال مواد تحتوي

على كمية كبيرة من العناصر الخفيفة مثل متعدد الإيتلين، غير أن النترونات الخاضعة للتحكم ستظل مصدراً لخطورة إشعاعية ما لم يتمّ امتصاصها بفعالية من قبل الدرع. ومن بين العناصر التي تمتص النترونات الحرارية، يبدو أن ^{6}Li و^{10}B يشكلان مواد بنوية مهمّة للمرْكبات الفضائية حيث إنهما يخدمان في إحداث صلابة ميكانيكية ووقاية إشعاعية في آن معاً.

البور المستنفد (البور-11)

سينتج الإشعاع الكوني نترونات ثانوية إذا ما صَدَمَ بنى المرْكبات الفضائية. يمكن لهذه النترونات أن تُؤسَرَ من قبل ^{10}B، إذا ما وجد هذا النظير في أنصاف النواقل الداخلة في المرْكبة الفضائية، مما ينتج أشعة غاما وجسيمات ألفا وأيونات الليثيوم. ومن ثمّ يمكن لمنتجات الاضمحلال الناتجة هذه أن تثير بنى رقاقات أنصاف النواقل المجاورة، مسببة فقداً للمعلومات. هناك إجراء مناهض في تصميم أنصاف نواقل مقواة ضد التشعيع ألا وهو استعمال البور المستنفد بعد تخصيبه بقوة بالبور-11 وعدم احتوائه على البور-10 تقريباً. فالبور-11 محصَّن بشكل جيد ضد التلف الإشعاعي، وهو عبارة عن منتج ثانوي في الصناعة النووية.

كما أن البور-11 مرشح ليكون وقوداً في الاندماج غير النتروني. إذ عندما يُضرب من قبل بروتون ذي طاقة عالية تقارب 500 كيلو إلكترون فولط، يُنتج البور-11 ثلاثة جسيمات ألفا بطاقة 8.7 ميغا إلكترون فولط لكل منها. تنتج غالبية تفاعلات الانشطار الأخرى المتضمنة الهدروجين والهليوم إشعاعات نترونية نفوذة، مما يضعف بنى المفاعلات ويحث نشاطات إشعاعية طويلة الأمد وبالتالي خطورة على طاقم التشغيل. في حين أنه يمكن لجسيمات ألفا الناجمة عن انشطار البور-11 التحول بشكل مباشر إلى تيار كهربائي، إضافة إلى توقف الإشعاعات كافة فور إطفاء المفاعل.

في مطيافية NMR

يمتلك كل من البور-10 والبور-11 سبيناً نووياً. إن قيمة السبين النووي هي 3 للبور-10 و2/3 للبور-11. لذا يستعمل هذان النظيران في مطيافية التجاوب المغنطيسي النووي NMR spectroscopy، ويوجد تجارياً مقاييس طيفية مخصصة للكشف عن نوى البور-11.

وجوده

يُعدُّ البور عنصراً نادراً في القشرة الأرضية، ويعادل 0.001% منها فقط. تقدر ترسبات البورات التجارية عبر العالم بـ 10 ملايين طن. تُعدُّ تركيا والولايات المتحدة المنتجين الرئيسيين للبور. يوجد في تركيا 63% من الاحتياطي العالمي للبور. لا يظهر البور على الأرض على شكل عنصري لكنه يوجد على شكل مركب البوراكس borax وحمض البور boric acid والكولمانيت colemanite والكيرنيت kernite وألأولكسيت ulexite والبورات borates. يوجد حمض البور أحياناً في مياه الينابيع البركانية.

يُعدُّ الأولكسيت واحداً من أكثر من مائة فلز للبورات: فهو عبارة عن بلورات ليفية، حيث يمكن لبلورته الأحادية أن تقود الضوء مثل الألياف البصرية.

يشكل الكيرنيت والتنكال مصدرين مهمّين من الناحية الاقتصادية. فكلاهما يوجد في صحراء موجاف Mojave Desert في كاليفورنيا، حيث يوجد منجم ريو تينتو بوراكس Rio Tinto Borax Mine. ينتج هذا المنجم حوالي نصف الإنتاج العالمي من البورات. إلا أن أضخم ترسبات البوراكس المعروفة موجودة في وسط وغرب تركيا.

إنتاجه

لا يتضمن إنتاج مركبات البور بنية البور العنصري، لكن الإنتاج يعتمد على توفر البورات المناسبة. وأقصر الطرق للحصول على البور العنصري تتضمن إرجاع أكسيد البور بالمعادن مثل المغنيزيوم والألمنيوم. علماً أن المنتج غالباً ما يكون ملوثاً ببوريدات المعدن. يمكن تحضير البور النقي من خلال إرجاع هاليدات البور الطيارة بواسطة الهدروجين وبدرجات حرارة مرتفعة. يُنتج البور النقي جداً، اللازم لصناعة أنصاف النواقل، لدى تفكيك ثنائي البوران diborane عند درجات حرارة مرتفعة وإخضاعه لتنقية إضافية بوساطة صهر موضعي أو بوساطة عمليات تزوشرالسكي Czochralski processes.

توجه السوق

ارتفع تقدير الاستهلاك العالمي للبور ليسجل 1.8 مليون طن من B_2O_3 في العام 2005، وذلك في أعقاب مرحلة تنام قوي على الطلب الآسيوي والأوربي والشمال الأمريكي. تُعدُّ قدرة الاستخراج المنجمي للبور وتعدينه كافية لتغطي مستويات الزيادة المتوقعة عبر العقد القادم.

تغيّر في السنوات الأخيرة الشكل الذي يُستهلك فيه البور. فاستعمال فلزات مثل الكوليمانيت يتناقص تبعاً للمحتوى من الزرنيخ. فقد توجه المستهلكون نحو استعمال البورات المنقاة وحمض البور اللذين يحويان تلوثاً أقل. يبلغ متوسط ثمن بلورات البور 5 دولارات لكل غرام.

قاد الطلب المتزايد على حمض البور عدداً من المنتجين إلى تشغيل استثمارات إضافية. فافتتحت شركة منجم أتي التركية في العام 2003 محطة جديدة لإنتاج حمض البور بطاقة 100000 طن سنوياً.

وزادت مجموعة ريو تينتو استطاعة محطة البور من 260000 طن في العام 2003 إلى 310000 طن سنوياً في أيار/مايو 2005، وازداد الإنتاج إلى 366000 طن سنوياً في العام 2006. لم يتمكن منتجو البور الصينيون من تغطية الطلب المتزايد على البورات العالية المواصفات. وهذا ما أدى إلى استيراد رباعي بورات الصوديوم (بوراكس) بتزايد قدره مائة ضعف بين العامين 2000 و2005 وتزايد استيراد حمض البور بمعدل 28% كل عام خلال الفترة نفسها.

وقد كان الدافع وراء تزايد الطلب العالمي هو معدلات التزايد المرتفعة في إنتاج الألياف الزجاجية وسليكات البور. إن التزايد السريع في صناعة الألياف الزجاجية المعززة الجودة في آسيا مع التزايد المترتب على ذلك في طلب البورات قد أديا إلى التعادل مع تطور الألياف الزجاجية المعززة الجودة في أوربا والولايات المتحدة. كما أن الزيادات الأخيرة في تكاليف الطاقة قد تؤدي إلى استعمال أكثر للألياف الزجاجية المعزّزة العزل، مع تزايد مترتب على ذلك في استهلاك البور. توقعت مجموعة راسكيل الاستشارية أن الطلب العالمي على البور سيتزايد بمقدار 3.4% سنوياً ليصل إلى 21 مليون طن في العام 2010. والتزايد الأكبر في الطلب يتوقع أن يكون في آسيا حيث سيتزايد الطلب الوسطي إلى 5.7% سنوياً.

تطبيقاته

يذهب معظم خام البور المستخرج من الأرض لتحويله إلى حمض البور وإلى رباعي بورات الصوديوم الخماسي الماء. ففي الولايات المتحدة، يستعمل 70% من البور لإنتاج الزجاج والسيراميك.

في الزجاج والسيراميك

يتكون الزجاج عادة من سليكات البور (B_2O_3 12-15% وSiO_2 80% وAl_2O_3 2%)، ويتمتع بمعامل تمدد حراري ضعيف مما يمنحه مقاومة جيدة للصدمات الحرارية. دوران Duran وبيركس Pyrex هما الاسمان التجاريان الأشهر لصناعة الزجاج، ويستعمل هذان النوعان في صنع أدوات الطبخ والمعجنات، خاصة بسبب هذه المقاومة الحرارية الجيدة. تتمتع شعلة البور بقوة متميزة، وهو مادة خفيفة الوزن تستعمل بشكل أساسي في بنى معدات الفضاء بصفتها مواد تركيبية، كما تستعمل بشكل محدود في صناعة الأدوات الرياضية لنوادي الغولف وقضبان صيد الأسماك. يمكن إنتاج ألياف البور من خلال ترسيبه كيميائياً على وشائع التنغستين.

كما تصنع ألياف البور وبلوراته التي تقل أبعادها عن المليمتر عبر ترسيب أبخرته الكيميائية المشكلة بالتبخير الليزري. إذ تسمح الحزمة الليزرية المركزة بإنتاج بنى لولبية معقدة. تُظهر هذه البنى خصائص ميكانيكية جيدة ويمكن تطبيقها لصناعة السيراميك المقوى أو في منظومات ذات خصائص ميكانيكية مكروية.

في المنظفات وعوامل التبييض

يستعمل البوراكس في مجموعة من مواد التنظيف والاستخدامات المنزلية المتنوعة، كما يستعمل أيضاً في بعض مواد التبييض. تستعمل فوق بورات الصوديوم بصفتها مصدراً للأكسجين النشط في العديد من المنظفات ومواد التبييض.

في المبيدات

يستعمل حمض البور بصفته مبيداً حشرياً، وبشكل خاص مبيداً للنمل والبراغيث والصراصير.

في أنصاف النواقل

يستعمل البور بصفته مطعِّماً مهمّاً في أنصاف النواقل مثل السليكون والجرمانيوم وكربون السليكون. ونظراً لامتلاكه إلكتروناً ذا رابطة تساندية أضعف مما في الذرّة المضيفة، فهو يمنح ثقباً من النمط-p. والطريقة التقليدية لإدخال البور في أنصاف النواقل هي عبر انتشاره الذرّي في درجات الحرارة العالية. تستعمل هذه العملية أياً من (B_2O_3) الصلب، و(BBr_3) السائل و(B_2H_6 أو BF_3) الغازيين كمصدر للبور. مع ذلك، وبعد سبعينيات القرن الماضي، فقد تمّ ذلك في غالب الأحيان عن طريق الزرع الأيوني المعتمد على BF_3 كمصدر للبور. كما يشكل غاز ثلاثي كلوريد البور مصدراً كيميائياً مهمّاً في صناعة أنصاف النواقل، غير أنه لا يستعمل للتطعيم بل بالأحرى في النقش البلازمي على المواد وعلى أكاسيدها. هذا، ويحقن ثلاثي إيتيل البوران أيضاً في مفاعلات الترسُّب البخاري بصفته مصدراً للبور.

في المغانط

يشكل البور أحد مكونات مغانط النيوديميوم ($Nd_2Fe_{14}B$)، التي تُعدُّ النمط الأقوى للمغنطة الدائمة. توجد هذه المغانط بشكل كثيف في التجهيزات الإلكترونية والكهركيميائية المنزلية والاحترافية، مثل أجهزة التصوير بالتجاوب المغنطيسي وفي تنوع كبير من المحركات والحواسيب والهواتف المحمولة والمؤقتات وغير ذلك.

في المركّبات ذات القساوة العالية وأدوات الكشط

هناك العديد من مركّبات البور المعروفة بقساوتها وصلابتها. يستعمل كل من بودرة كربون البور وبودرة نتريد البور المكعبي بصفتهما مواد كاشطة. ويستعمل بور المعادن على هيئة طبقة تغطي أدوات الكشط عبر عملية الترسّب بالتبخير الكيميائي أو الترسّب بالتبخير الفيزيائي. يُؤدي تطعيم المعادن أو الخلائط المعدنية

بأيونات البور، عبر التطعيم بالأيون أو ترسيب حزمة أيونات، إلى زيادة مذهلة في المقاومة والقساوة المكروية السطحيتين. وتُعدُّ هذه البوريدات بدائل للأدوات المغطاة بالألماس.

كربيد البور

يشكل كربيد البور مادة سيراميكية يتم الحصول عليها من تفكك B_2O_3 بوجود الكربون في الفرن الكهربائي:

$$2\,B_2O_3 + 7\,C \rightarrow B_4C + 6\,CO$$

تقارب بنية كربيد البور الصيغة B_4C، وتُظهر نضوباً واضحاً للكربون وفق هذه النسبة المقترحة، إذ يعود ذلك إلى بنيته المعقدة جداً. يمكن رؤية هذه المادة وفق الصيغة التجريبية $B_{12}O_3$.

إن قابلية كربيد البور لامتصاص النترونات، دون تشكيل نوى مشعة طويلة العمر، تزيد من جاذبية هذه المادة للاستعمال في محطات توليد الطاقة نووياً. يتضمن استعمال كربيد البور تطبيقات نووية في مجال التدريع والتحكم بالقضبان وإيقاف الكبسولات عن العمل. وفي حالة التحكم بالقضبان يتم تحويل كربيد البور إلى شكل بودرة بهدف زيادة سطح التماس.

في تدريع المفاعلات النووية

يستعمل التدريع بالبور للتحكم بالمفاعلات النووية، وذلك بالاستفادة من المقطع العرضي الكبير في الأسر النتروني.

في استعمالات أخرى غير طبية

- يستعمل البور غير المتبلور في مشاعل الألعاب النارية بسبب لهبه الأخضر المميز.
- يحوي النشاء والمواد اللاصقة المعتمدة على الجُبْنين المركب $(Na_2B_4O_7.10H_2O)$.
- تحوي بعض المنظومات المضادة للتآكل مادة البوراكس.
- تستعمل بورات الصوديوم كمادة صاهرة في لحم الذهب والفضة، ويضاف إلى ذلك كلور الأمونيوم للحم المعادن الحديدية.
- يستعمل حمض البور (H_3BO_3) لإنتاج ألياف النسيج الزجاجي.

في تطبيقات صيدلانية وحيوية

يتمتع حمض البور بخصائص مضادة للتحسُّس ومضادة للفطور ومضادة للفيروسات، ولهذه الأسباب فهو يستعمل لمعالجة مياه برك السباحة. تستعمل محاليل حمض البور الخفيفة التركيز بصفتها مضادة لتحسُّس العيون.

يبدو البور عنصراً فعالاً في مركبه العضوي الأول الموافق عليه (بورتيزوميب Bortezomib)، وهو صنف جديد من الدواء المسمى مثبطات بروتيازوم proteasome inhibitors، النشطة في معالجة سرطان العظام. تربط ذرّة البور في مركب بورتيزوميب الموقع المحفِّز بشغف وخصوصية.

في مجال الأبحاث

يُعدُّ ثنائي بور المغنيزيوم مادة مهمّة كونها فائقة الناقلية في درجة الحرارة الانتقالية 39 كلفن. تُنتج خيوط MgB_2 عبر حقن بودرة المركب في أنابيب، وتستعمل هذه الخيوط في المغانط الفائقة الناقلية. يستعمل البور اللابلوري بصفته خافضاً لنقطة الانصهار في خلائط النيكل–كروم المقساة.

يشكل نتريد البور السداسي الأضلاع طبقات ذرّية سميكة استعملت لتعزيز الانتقال الإلكتروني في تجهيزات الغرافن، كما أنه يشكل بنى أنابيب نانوية تتمتع بقوة كبيرة واستقرار كيميائي مرتفع وناقلية حرارية عالية من بين خصائصها المرغوبة الأخرى.

دوره الحيوي الطبيعي

توجد مضادات حيوية طبيعية تحتوي على البور، وهو البورومايسين boromycin، حيث يتم عزله من الستريبتومايسات streptomyces. ويُعدُّ البور مغذياً أساسياً للنبات، ووجوده ضروري بشكل أساسي لإحداث تكامل في جدران الخلايا. والعكس بالعكس، يمكن لتراكيزه الأعلى من 1 جزء من مليون جزء أن تحدث ندبات متضخمة خفيفة عند حواف الأوراق إضافة إلى ضعف في النمو العام للنبات. ويمكن للتراكيز المقاربة لـ 0.8 جزء من مليون جزء أن تحدث هذه الآثار نفسها في النباتات الحساسة للبور في التربة. وبشكل تقريبي، تخضع جميع النباتات، حتى تلك المتسامحة مع البور في التربة، للتسمّم عندما يزيد تركيز البور في التربة عن 1.8 جزء من مليون جزء. وعندما يزيد تركيزه في التربة على 2 جزء من مليون جزء يقلُّ بشكل كبير عدد النباتات التي تستمر بالبقاء.

وكعنصر نادر، يكون البور ضرورياً لصحة الفئران، وندرته تسبب ضعفاً في الفراء ومواصفات الأشعار. ومن المحتمل أن يكون البور ضرورياً للثدييات الأخرى. لم تُظهر الدراسات حالات عوز للبور لدى البشر، علماً أنه لم يحصل حتى الآن الفهم الكامل لدوره الحيوي لدى الحيوان.

يوجد البور في جميع الأغذية الناتجة من النباتات. وتُعدُّ قيمته الغذائية مثار جدل مستمر منذ العام 1989. ويسود اعتقاد بأن البور يلعب أدواراً حيوية عديدة لدى الحيوانات، بما في ذلك الإنسان. ففي الولايات المتحدة، أجريت تجربة تناولت فيها نساء في مرحلة ما بعد انقطاع الطمث 3 ملّي غرامات من البور يومياً. فأظهرت النتائج أن البور الإضافي يخفض طرح الكالسيوم بمقدار 44%، وينشط الأستروجين وفيتامين D، مما يشير إلى إمكانية قيامه بدور في الإقلال من هشاشة العظام. مع ذلك، لا يمكن عملياً تحديد ما إذا كانت هذه الآثار غذائية أم دوائية. أعلن المعهد الوطني الأمريكي للصحة أن الاندخال الكلي اليومي من البور في جسم بشري طبيعي يتراوح بين 2.1 و4.3 ملّي غرام من البور.

القياس الكمي التحليلي

تستعمل طريقة القياس الضوئي للكُركم من أجل تحديد كمية البور في الغذاء أو في المواد الأخرى. وفي هذه الطريقة يجب تحويل البور إلى حمض البور أو البورات. وبالتفاعل مع الكُركم في وسط حامضي، يتشكل معقد من شيلات البور حمراء اللون قابلة للقياس.

القضايا الصحية والسمّية

لا يشكل كل من عنصر البور وأكسيد البور وحمض البور والبورات وكثير من مركبات البور العضوية أي سمّية للإنسان أو الحيوان (فهو يشابه إلى حدٍّ ما ملح الطعام). تقدر الجرعة المميتة بحوالي 6 غرام لكل كيلو غرام من وزن الحيوان. إن تناول 4 غرام يومياً من حمض البور لم يظهر أي أعراض مسيئة، لكن ما يزيد على هذه الكمية يعتبر ساماً. عاش السمك لمدة 30 دقيقة في محلول مشبع من حمض البور، ويمكن أن يعيش فترات أكبر في وسط من محاليل مشبعة بالبوراكس. يتمتع حمض البور بسمّية أكبر على الحشرات منها على الثدييات، ويستعمل عادة بصفته مبيداً حشرياً.

تكون مركبات هدروجين البور سامة إضافة إلى كونها سريعة الاشتعال، وتتطلب عناية خاصة لدى التعامل معها. يشكل بوروهدريد الصوديوم مخاطر احتراق بسبب طبيعته المُرجعة، ويؤدي إلى تحرر الهدروجين لدى تماسه مع الحمض. وتكون هالوجينات البور مواد أكّالة.

مركبات البور

BAs, BBr_3, BCl_3, BF, BF_3, BI_3, BN, $B(NO_3)_3$, $B(OH)_3$, BP, B_2F_4, B_2H_6, BH_3NH_3, B_2O, B_2O_3, B_2S_3, B_4C.

موقعه في الجدول الدوري وتصنيفه

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

ورقات علمية

توصيف معلمات للممرض Pyrenophora graminea مرتبطة بمواقع مانحة للشراسة المرضية على الشعير

Characterization of Pyrenophora graminea Markers Associated with a locus conferring virulence on barley

د.لبنى المقراني، محمد جوهر، أمينة شعيب، د. محمد عماد الدين عرابي
قسم البيولوجيا الجزيئية والتقانة الحيوية

ملخص

يعدّ فطر الـ*Pyrenophora graminea* العامل المسبب لمرض تخطط أوراق الشعير. تم تهجين عزلتين من العامل الممرض عزلة PgSy3 (التي تظهر شراسة عالية على الصنف عربي أبيض) وعزلة PgSy1 (وهي التي أظهرت شراسة منخفضة على الصنف عربي أبيض): وعزلت 63 عزلة ناتجة عن التهجين (ذرية) وحدد الشكل المظهري لتفاعل الإصابة على الصنف عربي أبيض. انعزل المجتمع بنسبة 1:1، 32 عزلة منه ذات فوعة مرضية عالية و31 ذات فوعة مرضية منخفضة، (X_2=0.05, P=0.36)، وذلك يشير إلى تحكم مورثة واحدة في شدة الإصابة المرضية لعزلة PgSy3 على الصنف عربي أبيض. كان من بين 96 معلمَ AFLP ثلاثة مرتبطة بموقع الشراسة *VH*v1 في العزلة PgSy3. تشير نتائج هذه الدراسة إلى أن المعلمات E37M50-400، E35M59-100، E38M47-800 شديدة الارتباط بـ *VH*v1 وكان موجوداً فقط في العزلة الحاملة لمورثة الشراسة. شمل هذا العمل خطوة أولية لإنشاء خريطة وراثية بالاعتماد على تنسيل *VH*v1 في فطر الـ*P.graminea*.

الكلمات المفتاحية: معلمات الـAFLP، نبات الشعير، تخطط الأوراق، الممرض Pyrenophora graminea، مورثات الشراسة.

Key Words: *AFLP markers, barley, leaf stripe, Pyrenophora graminea, virulence gene.*

● نشرت هذه الورقة في مجلة: *The Plant Pathology Journal*.

دراسة أفلام TiN_xO_y محضرة بالانفراغ القوسي في الخلاء باستخدام تقنيتي XPS و RBS

XPS and RBS investigation of TiN_xO_y films prepared by vacuum arc discharge

د. إياس اسماعيل، د. عمر مراد
قسم الكيمياء
د. بسام عبدالله، مثقال أبوخروب
قسم الفيزياء

ملخص

حُضرت ثلاثة أفلام من أوكسي نتريدات التيتانيوم (titanium oxynitride) بتقنية الانفراغ القوسي في الخلاء وبدرجات حرارة مختلفة للحجرة (50 °C و150 °C و300 °C). استخدمت مطيافية الإلكترون الضوئي بالأشعة السينية من أجل الكشف عن التركيب العنصري والكيميائي عن طريق تحليل الأطياف العالية الدقة لكل من O 1s و N 1s و Ti 2p3/2. وجد أن درجات الحرارة العالية تعزز مركبات النتريد وإنتاج أفلام غنية بالآزوت. قدّر تجانس الأفلام وسمكها باستخدام تقنية تبعثر رذرفورد المرتد RBS، التي أظهرت تزايداً بالسمك مع ازدياد الحرارة. وجد باستخدام تقنية انعراج الأشعة السينية، تحسن ملحوظ بالنوعية البلورية والنسيجية بازدياد الحرارة. قيست المقاومية الكهربائية للأفلام عند درجة حرارة الغرفة ووجد بأنها تتناقص من 46.6 $\mu\Omega$ cm حتى 26.3 $\mu\Omega$ من أجل العينات المحضرة عند درجة حرارة 50 °C و300 °C على الترتيب.

الكلمات المفتاحية: TiN_xO_y، XPS, RBS, XRD، الانفراغ القوسي في الخلاء.

Key Words: *XPS, RBS, XRD, TiNxOy, Vacuum arc discharge.*

● نشرت هذه الورقة في مجلة: *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research*.

إصدار الأشعة السينية اللينة في مجال نافذة الماء مع نتروجين الملء في البلازما المحرقية المنخفضة الطاقة

Soft X-Ray Emission in the Water Window Region with Nitrogen Filling in a Low Energy Plasma Focus

د. محمد عاقل

قسم الفيزياء

البروفسور سينغ لي

Institute for Plasma Focus Studies. 32 Oakpark Drive. Chadstone. VIC 3148. Australia.

INTI International University. 71800 Nilai. Malaysia.

ملخص

لعمل البلازما المحرقية في النتروجين، وُجد أن مجال درجة حرارة انضغاط تضيق المحرقة 74 – 173 eV (0.86 × 10^6 – 2 × 10^6 K) مناسب لمردود جيد من الأشعة السينية اللينة للنتروجين في مجال نافذة الماء. باستعمال نافذة درجة الحرارة هذه، أُنجزت التجارب العددية باستعمال نموذج لي خماسي الطور على جهازي البلازما المحرقية UNU/ICTP PFF وAPF الملوءين بغاز النتروجين. طبق نموذج لي لتوصيف واستمثال جهازي البلازما المحرقية هذين. فوجد أن مردود الأشعة السينية اللينة المثالي للنتروجين يساوي Ysxr = 2.73 J، مع الكفاءة الموافقة 0.13% من أجل الجهاز UNU/ICTP PFF، بينما وُجد أنه يساوي Ysxr = 4.84 J، مع الكفاءة الموافقة 0.19% من أجل الجهاز APF. وذلك بدون تغيير بنك المكثفات، وبمجرد تغيير الأبعاد الهندسية للإلكترودات و تغيير ضغط عمل الغاز. استُعمل أيضاً كود نموذج لي لإجراء تجارب عددية من أجل استمثال مردود الأشعة السينية اللينة مع إنقاص قيمة التحريضية L_0 وتغيير قيمة كل من z_0 وa. نتوقع من هذه التجارب العددية أن يتزايد مردود الأشعة السينية اللينة للنتروجين لأجهزة البلازما المحرقية المنخفضة الطاقة إلى قيمة عظمى قريبة من 8 J، مع الكفاءة القريبة من 0.4%، عند قيمة التحريضية الممكن بلوغها L_0 = 10 nH.

الكلمات المفتاحية: UNU/ICTP PFF، الأشعة السينية اللينة، غاز النتروجين، نموذج لي.

Key Words: *UNU/ICTP PFF; soft X-ray; Nitrogen gas; Lee model.*

• نشرت هذه الورقة في مجلة: *Journal of fusion Energy*.

الناقلية المائية للحامل المائي الرباعي مستنتجة من قياسات السبر الكهربائي العمودي في منطقة وادي خناصر شبه الجاف، سورية

Quaternary Aquifer Transmissivity Derived from Vertical Electrical Sounding Measurements in the Semi-arid Khanasser Valley Region, Syria

د. جمال أصفهاني

قسم الجيولوجيا

ملخص

استخدمت تقانة السبر الكهربائي العمودي (VES) باعتبارها مقاربة بديلة لتجربة الضخ من أجل حساب الناقلية المائية للحامل المائي الرباعي في وادي خناصر، شمال سورية. الطريقة رخيصة، وسهلة وتعطي نتائج أسرع وميزاً أعلى من تقانة تجربة الضخ التقليدية. تتوافق قيم الناقلية المائية المتحصل عليها باستخدام VES مع نتائج تجارب الضخ التي تتراوح في وادي خناصر بين 0.864 و8.64 م/يوم (10-5 و10-4 م/ثانية). تم الحصول على الموقع المحتمل للحامل الرباعي في وادي خناصر من خلال خريطة المعطائية المائية المستنتجة من VES. تُعدُّ معرفة المعطائية المائية أساسية من أجل عمليات الإدارة والنمذجة في وادي خناصر. يمكن لأقاليم أخرى شبه جافة الاستفادة من هذه المقاربة التي طبقت بنجاح في منطقة الدراسة.

الكلمات المفتاحية: أقاليم شبه جافة، سبور جيوكهربائية عمودية، وادي خناصر، سورية.

Key Words: *Semi-arid region, VES soundings, Khanasser Valley, Syria.*

• نشرت هذه الورقة في مجلة: *Acta Geophysica 2012*.

دراسة الإصدار الثنائي الطول الموجي الآني لليزر Nd^{3+} :YAG مزوّد بمضاعف تواتر ومفتاح جودة ومضخوخ بديود ليزري ويعمل عند الطولين الموجيين 946nm و 1064nm

Investigation of the simultaneous dual-wavelength emission of a Q-switched frequency doubled diode pumped Nd^{3+} :YAG laser operating at 946nm and 1064nm

د. بشار عبد الغني، مصطفى حمادي
قسم الخدمات العلمية

ملخص

جرى تطوير نموذج رياضي يصف الإصدار الديناميكي للجملة الليزرية Nd^{3+} :YAG/Cr^{4+} :YAG ثنائية الطول الموجي وذات مفتاح الجودة. يعالج هذا النموذج أيضاً حالة وجود البلورة KTP.

باستعمال جملة ذات أشباه السويات الطاقية الثلاث، يمكن تشغيل اللّيزر Nd^{3+} :YAG عند الطولين الموجيين 1064nm و946nm عندما يكون كسب الدورة الواحدة يساوي الضياع في تلك الدورة.

جرى تطوير برنامج حاسوبي يعتمد الخطوة الزمنية المتغيرة بطريقة رونج–كوتا لإجراء عملية المحاكاة. تظهر المحاكاة تأثير تغيير معامل النوعية لمشكّل الحزمة على مميزات نبضات الخرج الليزري.

تتوافق النتائج المحسوبة جيداً مع المعطيات التجريبية المتاحة.

الكلمات المفتاحية: مفتاح جودة، مضاعف التواتر، ثنائي الطول الموجي، الضخ بديود ليزري، ليزر Nd^{3+} :YAG.

Key Words: *Q-switching, frequency doubling, dual-wavelength, diode pumped, laser Nd^{3+} :YAG.*

● نشرت هذه الورقة في مجلة: *Optik-Int.J.Light Electron Opt.(2012).*

تقييم كفاءة لقاح الإيشريكيا القولونية الحية المُعبِّرة عن بروتين البروسيلا P39 المرتبط مع CpG oligodeoxynucleotides ضد البروسيلا الضأنية لدى فئران BALB/c

Efficacy evaluation of live Escherchia coli expression Brucella P39 protein combined with CpG oligodeoxynucleotides vaccine against Brucella melitensis 16M, in BALB/c mice

أيمن المريري، نيرمين حاج محمود، رزان حمود
قسم البيولوجيا الجزيئية والتقانة الحيوية

ملخص

البروسيلا هي بكتيريا سالبة الغرام مسؤولة بصورة رئيسية عن انتشار داء البروسيلات بشكل كبير لدى الإنسان والحيوان. تم تمنيع فئران BALB/c بالإيشريكيا القولونية الحية المعبرة عن مورثة الـ P39 للبروسيلا الضأنية، هذه المورثة تُرمِّز بروتيناً مرتبطاً بالسيتوبلاسما periplasmic. تم حقن الفئران بـ E. coli BL21 (DE3) pEt15b أو E. coli BL21 (DE3) pEt15b-p39 لوحده، أو مع سواغ يحوي (CpG ODN oligodeoxynucleotides) أو لا يحوي CpG ODN. أظهرت مجموعات الفئران المحقونة بـ E. coli BL21 (DE3) pEt15b-p39 مع سواغ يحوي CpG ODN أو لا يحوي CpG ODN إنتاجاً ملحوظاً للإنترفيرون غاما (IFN-γ)، وأيضاً زيادة في تكاثر الخلايا التائية بوصفها رد فعل لمستضد P39. بالإضافة إلى ذلك، ظهرت لدى هاتين المجموعتين فقط من الفئران الأضداد التالية (IgG, IgG1 and IgG2a). وقد لوحظ مستوى عالٍ من الحماية ضد البروسيلا الضأنية لدى الفئران المنعة بـ E. coli BL21 (DE3) pEt15b-p39 مع السواغ الحاوي CpG ODN مقارنةً مع مجموعة الفئران المحقونة بـ E. coli BL21 (DE3) pEt15b-p39 لوحده أو مع سواغ لا يحوي CpG ODN. ولم تلاحظ أي حماية ضد البروسيلا الضأنية لدى مجموعات الفئران المنعة بـ E. coli BL21 (DE3) pEt15b لوحدها أو مع سواغ. وكانت وقاية لقاح Rev.1 عند 4 و8 أسابيع بعد التمنيع فعالة أكثر من الوقاية الملاحظة عند الحقن بـ E. coli BL21 (DE3) pEt15b-p39 مع سواغ يحوي CpG ODN.

الكلمات المفتاحية: سواغ، بروسيلا، الإيشريكيا القولونية، Oligodeoxynucleotides، حماية.

Key Words: *Adjuvant, Brucella, E. coli, Oligodeoxynucleotides, Protection.*

● نشرت هذه الورقة في مجلة: *Biologicals*.

استعمال الزجاج التجاري بوصفه مقياساً محتملاً لجرعة أشعة غاما في حالات الحوادث من خلال أطياف الامتصاص

The use of commercial glass as a potential gamma accidental dosimeter through the absorption spectra

د. محمد حسان خريطة، سراج يوسف، سامر بكر

قسم الوقاية

ملخص

درست أنواع مختلفة من الزجاج التجاري (نوافذ عادية، أنابيب أشعة مهبطية، زجاج أدوات مطبخ) بوصفها مقاييس جرعة إشعاعية محتملة في حالات الحوادث. تستعمل الطريقة المقترحة التغيرات في أطياف الامتصاص كنتيجة للتشعيع. استُعملت خلية تشعيع غاما لنظير الكوبالت 60 لتشعيع العينات بجرعاتٍ تتراوح بين 5 إلى 200 غراي. قيست النفاذية بمقياس مطيافية ضوئي (مطيافية الضوء المرئي وفوق البنفسجي).

أظهرت النتائج أن أطياف النفاذية لمعظم عينات الزجاج تتغير بشكل خطي مع جرعة التعرض. كما أخذت الدراسة تأثير التلاشي على طيف الامتصاص للعينات المشعة بالحسبان من أجل زمن تلاشي حتى 100 يوم بدرجة حرارة الغرفة. أظهرت نتائج هذا العمل أن العديد من أنواع الزجاج الواسعة الانتشار يمكن استعمالها بوصفها مقياس جرعة إشعاعي للجرعات العالية في حالات الحوادث من أجل جرعات تتراوح بين 8 إلى 200 غراي. يمكن إنشاء مستقيم معايرة مقبول لأي عينة زجاج مشعة بتسخينها وإعادة تشعيعها بجرع عيارية وقياس معامل الامتصاص المتعلق بها.

هناك حاجة للمزيد من الأبحاث لإنقاص جرعة الكشف الدنيا للطريقة المقترحة، ولدراسة تأثير تركيب الزجاج في الاستجابة الإشعاعية.

الكلمات المفتاحية: قياس الجرعة في حالات الحوادث، زجاج، أشعة، طيف امتصاص.

Key Words: *accidental dosimetry; glass; radiation; absorption spectrum.*

● نشرت هذه الورقة في مجلة: *Nuclear Instrument and Method in Physics Research Section B (2012)*.

توسيع نموذج معادلات المعدّل من أجل توصيف دينامية طيف التواتر في الليزر

Extended rate equations model for describing the dynamics of the laser frequency spectrum

د. محمد اسكيف

قسم الفيزياء

ملخص

جرت صياغة وحل معادلات المعدل في فراغ التواتر لكل من حالتي التضخيم المتجانس واللامتجانس. يبدي النموذج الموسع كفاءة جيدة في توصيف البنية الدقيقة وكذلك السلوك الدينامي لطيف التواتر في الليزر. تظهر نتائج الحساب أن خطوط الليزر تأخذ شكلاً شبيهاً بتوزع لورنتز. أما عرض الخط فيأخذ قيماً قريبة من العرض الطيفي للمجاوب في حالة التضخيم اللامتجانس، بينما يستمر في التناقص مقارباً العرض الكمومي في حالة التضخيم المتجانس.

الكلمات المفتاحية: نظرية الليزر؛ طيف تواتر الليزر

Key Words: *laser theory; laser frequency spectrum*

● نشرت هذه الورقة في مجلة: *Acta Physica Polonica A.(2012)*.

تقارير علمية

استخدام النظائر المشعة الطبيعية في تعيين مصادر تلوث نهر الكبير الشمالي

The Ues of Natural Radioactive Isotopes in the Determination of Pollution Sources of AL-Kabir AL-Shimali River

د. محمد سعيد المصري، د. رياض شويكاتي، سامر ماميش، محمد عبد الحليم كمال الشمالي، باسم جربي
قسم الوقاية والأمان

ملخص

جرى في البحث الحالي دراسة تغير تراكيز بعض النظائر المشعة الطبيعية (الراديوم 226، البولونيوم 210 ونظائر اليورانيوم) وبعض العناصر النزرة (الكادميوم، الرصاص، النحاس والزنك) في رسوبيات نهر الكبير الشمالي ومياهه خلال عامي 2009 و 2010، وقد جمعت العينات على طول مجرى النهر بدءاً من معمل الإسفلت وانتهاءً بمصب النهر في البحر المتوسط.

أوضحت النتائج أن تراكيز النظائر المشعة الطبيعية (البولونيوم 210 والرصاص 210 ونظائر اليورانيوم) قد ارتفعت بشكل طفيف في رسوبيات النهر ومياهه بعد معمل الإسفلت وبعد منطقة المعامل، في حين كانت تراكيز غاز الرادون في مياه النهر منخفضة على طول مجرى النهر باستثناء مياه بحيرة سد 16 تشرين حيث وصلت إلى 341 ملّي بكرل/ل. عزيت التراكيز المرتفعة نسبياً في رسوبيات نهر الكبير الشمالي ومياهه إلى منصرفات معمل الإسفلت والمعامل الأخرى التي تعرف باحتواء منصرفاتها على النظائر الطبيعية، مما يدل على إمكانية استخدام هذه النظائر في تعيين مصادر تلوث نهر الكبير الشمالي. على أية حال، تعد التراكيز المقيسة منخفضة بالمقارنة مع القيم المسجلة عالمياً ويعود ذلك إلى غزارة مياه النهر التي تمدد تراكيز هذه العناصر.

ومن جهة أخرى، دلت قياسات عناصر الأثر (الكادميوم، الرصاص، النحاس والزنك) على انخفاض تراكيزها في مياه النهر مع وجود بعض الزيادات في تراكيزها في رسوبيات النهر بعد معمل الإسفلت ومنطقة المعامل مما يدل على مساهمة منصرفات هذه المعامل في هذه الزيادة. قورنت النتائج التي تم الحصول عليها مع نتائج دراسات سابقة أجريت على نهري الفرات والعاصي، حيث دلت المقارنة على انخفاضها في بيئة نهر الكبير الشمالي.

الكلمات المفتاحية: نكليدات مشعة طبيعية، عناصر نزرة، نهر الكبير الشمالي، تلوث.

Key words: *Natural radioactive isotopes, trasce element, AL-Kabir AL- Shimali River, pollution.*

إعداد بيئة حاسوبية شبكية لإدارة قوائم التوزيع للبريد الإلكتروني

Setting up a network-based platform for email distribution lists management

د. زهير أحمد
قسم الخدمات العلمية

ملخص

جرى في هذا العمل تصميم وإعداد تطبيق ويب لإدارة القوائم البريدية باستخدام البيئة التطويرية C#.NET وقد تم اتباع الأسلوب simple-to-complex لتحقيق هذا التطبيق، مع اعتماد النظام المتعدد الطبقات (multi tiers).

قمنا بتعريف قاعدة البيانات Ms Access وجداولها والعلاقات فيما بينها، ثم قمنا بتنظيم بنيتها (normalization) للتخلص من التكرار لصياغة مخطط قاعدة البيانات بشكل نهائي. ومن ثم قمنا بتحقيق طبقة منطق العمل (business logic) لتنفيذ التطبيق وإيفاء متطلباته. وفي النهاية قمنا بصياغة واجهات التطبيق بشكل نهائي.

الكلمات المفتاحية: تطبيق ويب، نظام متعدد الطبقات، مخطط قاعدة بيانات، قائمة بريدية، طبقة منطق العمل.

Key words: *web application, multi tiers, database schema, postal list, business logic tier .*

تحديد المواقع الوراثية المرتبطة بنوعية الزيت في بذور دوار الشمس

Identification of QTLs (Quantitative Trait Loci) related to oil quality in sunflower (*Heliantus annuus* L.)

د. لبنى مقراني، د. مصطفى المعلم، عماد النابلسي، د. نزار ميرعلي
قسم البيولوجيا الجزيئية والتقانة الحيوية

ملخص

يهدف هذا البحث إلى الكشف عن معلمات جزيئية مرتبطة ببعض الأحماض الدهنية. تمّ استخدام ثلاث تقنيات من أجل التحليل الجزيئي لـ 29 طرازاً وراثياً من نبات دوار الشمس: RAPD (Random Amplified DNA) ISSR (Simple Sequence Repeats), AFLP (Amplified Fragment Length Polymorphism). أعطت هذه التقنيات 79، 129 و41 على الترتيب من أجل RAPD، ISSR وAFLP. لم تبد المعلمات الجزيئية (التي كان عددها 244) سوى 126 مؤشراً متبايناً فقط. تمت دراسة نسب عدم التوافق PDVs من أجل التحقق من الاختلاف الوراثي بين الطرز الوراثية المستخدمة وتقدير المسافات الوراثية الدقيقة بينها، خاصة بين الطرز المنتمية إلى الرقعة الجغرافية نفسها. أظهرت النتائج 3% من عدم التوافق على الأقل، مما سمح باستخدام جميع الطرز الوراثية في المرحلة التالية. من ناحية أخرى، تمّ تحليل زيت دوار الشمس من حيث نسب احتوائه على أهم الأحماض الدهنية: حمض الأوليك، حمض اللينوليك، حمض الستياريك وحمض الباليتيك، وقد أظهرت النتائج تبايناً كبيراً بين الطرز من أجل جميع الأحماض الدهنية المدروسة. يدل هذا التباين على كون عدد الطرز كافياً إحصائياً من أجل الكشف عن ارتباط بين المعلمات الجزيئية وبعض الأحماض الدهنية التي اعتمدت على طريقة اعتبار المعلمات الجزيئية مستقلة SMA (Single Marker Analysis) باستخدام اختبار T-test. تمّ الكشف عن 6 مؤشرات جزيئية مرتبطة بحمض الأوليك، 4 منها RAPD و2 AFLP. بدت بعض المواقع المسؤولة عن إنتاج حمض اللينوليك قريبة من 5 مؤشرات من نوع AFLP كما كانت 6 معلمات جزيئية مرتبطة بحمض الباليتيك، من بينها 3 من نوع RAPD و3 أخر من نوع AFLP. كما بيّنت النتائج ارتباط مؤشر واحد من نوع AFLP بحمض الستياريك.

تعد هذه النتائج ذات أهمية في عمليات الانتخاب المعتمدة على المعلمات الجزيئية من أجل اختيار طرز وراثية ذات تركيب محدد من حيث الأحماض الدهنية وكذلك في الدراسات الأولية التي تهدف إلى التحسين الوراثي لنوعية زيت دوار الشمس.

الكلمات المفتاحية: دوار الشمس، أحماض دهنية، معلمات جزيئية.

Key words: *sunflower, fatty acids, molecular markers.*

تقييم النشاط الإشعاعي في عينات البول لنظير الراديوم 226 للعاملين في الصناعة النفطية والفوسفاتية باستخدام مطيافية ألفا

Assessment of Radio Activity in Urine Samples from Radium 226 for Oil and Phosphatic Industry Workers by Using Alpha Spectrometry

د. محمد حسان خريطة، د. عبد القادر بيطار، خالدية سخيطة، عماد بيرقدار، محمد حسن
قسم الوقاية والأمان

ملخص

يمكن أن يتعرض العمال في الصناعة النفطية والفوسفاتية في سورية إلى الراديوم 226 تعرضاً داخلياً عن طريق الاستنشاق بشكل رئيسي. ويتوضع الراديوم 226 في الأعضاء والنسج بينما يطرح جزء منه خارج الجسم عن طريق التعرق أو الإطراح. وقد عُنيت الدراسة الحالية بتعيين الراديوم 226 في بول هؤلاء العمال. أوضحت النتائج أن نشاط الراديوم 226 في عينات عمال النفط كانت أقل منها عند الشخص العادي، وذلك بسبب الالتزام الصارم للعمال بأساليب الوقاية الإشعاعية. وتُبين النتائج لعمال الصناعة الفوسفاتية أن نشاط الراديوم 226 لبعض العمال كان ضمن الحدود الطبيعية للشخص العادي، وبعضهم يمتلك جرعة فعالة مودعة ولكنها أقل من حد الجرعة المهني 20mSv. ومع ذلك، يفضل إجراء مراقبة دورية لهؤلاء العمال مرة في السنة.

الكلمات المفتاحية: راديوم226، ضمان الجودة، عينات البول، اندخال، جرعة فعالة مودعة.

Key words: *Radium 226, quality assurance, urine samples, intake, committed effective dose.*

الصمم الخلقي الوروث المرتبط بمورثة الكونكسين 26 في سورية

Congenital Hereditary Deafness Caused by Connexin-26 gene in Syria

د. وليد الأشقر
قسم البيولوجيا الجزيئية والتقانة الحيوية

ملخص

تعد مورثة الكونكسين (C×26) 26 من المورثات المسؤولة عن فقدان السمع اللاتنذاري الوراثي الجسمي والمتنحي (ARNSH)، وينجم عن طفرات هذه المورثة فقدان سمع خلقي لدى العديد من المجتمعات البشرية. أجري العمل على ستين عائلة سورية لديها صمم خلقي لاتنذاري و181 فرداً شاهداً، بهدف تحديد تواتر ست طفرات في مورثة الكونكسين 26. طبقت طريقة التعددية الشكلية باختلاف طول القطع الناجمة عن إنزيمات التقييد PCR-RFLP لكشف الطفرات W77R، W24X، M34T، 167delT، 35delG و E47X، واستعملت السلسلة المباشرة لدراسة طفرة 35delG.

أظهرت البيانات انتشاراً عالياً للطفرة 35delG في العائلات المصابة بالصمم. كشفت الطفرة بنمطها متماثل اللواقح في 18 عائلة سورية (30%)، ولوحظ النمط المتخالف اللواقح المركب في عائلتين: الأولى تملك النمط الوراثي 35delG/167delT (1.66%) والأخرى تملك 35delG/M34T (1.66%). وكانت تسع عائلات تحمل النمط الوراثي المتخالف اللواقح وبدون أن تكشف الطفرة الثانية في الكونكسين 26: كان لدى أربع منها النمط الوراثي (35delG/?) (6.6%)، وأربع كان لها النمط الوراثي 167delT/? (6.6%) وكان لدى عائلة واحدة النمط الوراثي M34T/? (1.66%). لم تظهر الطفرات W77R، W24، أو E47X لدى أي من الأفراد المتناولين في الدراسة. وكان لدى أربعة من الأفراد النمط الوراثي 35delG المتخالف اللواقح (2.2%) ولدى خمسة النمط المتخالف اللواقح للطفرة 167delT (2.76%) حددت في العينات الشاهدة، ولم يلاحظ وجود الطفرات الأخرى في العينات الشاهدة. إن لهذه النتائج أهمية كبيرة في التشخيص والاستشارة الوراثية للعائلات المصابة بصمم وراثي متعلق بمورثة الكونكسين 26 في سورية.

الكلمات المفتاحية: الكونكسين 26، ضعف السمع، مورثة ربط الفضوة GJB2، طفرة، سلسلة.

Key words: *Connexin 26, Hearing Impaired, Gap junction gene GJB2, Mutation, Sequencing.*

دراسة توزع المركبات الهدروكربونية الحلقية (PAH) في العوالق الهوائية وتغيراتها في فترات عدة من العام في مدينة دمشق

Study of Poly hydrocarbons Compounds (PAH) in Air Particulates and their Variations in Several Periods of the Year in Damascus City

د. محمد سعيد المصري، كامل الخرفان، يحيى محظية، سحاب إبراهيم
قسم الوقاية والأمان

ملخص

جرت دراسة توزع مركبات الهدروكربون العطرية المتعددة الحلقات (PAH) في العوالق الهوائية وتغيراتها في مواقع عدة من مدينة دمشق في الفترة 2008-2009. شملت المواقع الزبلطاني (بالقرب من الإحدى عشرية) ودوار المحافظة (ساحة يوسف العظمة) وركن الدين (ساحة شمدين) والمزة (بالقرب من جامع الأكرم) بالإضافة إلى موقع الصوجة كشاهد.

تراوح متوسط تركيز المركبات الهدروكربونية والمرتبطة بالعوالق الكلية بين 0.97 و 70.11 نانوغرام/م^3، وهي أعلى بكثير من متوسط التركيز في منطقة الشاهد (0.0013-0.75 نانوغرام/م^3).

وبينت النتائج أيضاً أن التراكيز كانت أعظمية في الفترة الجافة مقارنة مع الفترة الرطبة، كما ارتفعت في الفترة النهارية بحوالي 42% مقارنة بالفترة الليلية وانخفضت في أيام العطل مما يدل على تأثير الحركة المرورية. إضافة إلى ذلك سجلت أعلى التراكيز في موقع الزبلطاني في كافة مراحل الدراسة. ومن جهة أخرى، دلت نتائج دراسة توزع هذه المركبات حسب الأقطار الحركية للعوالق الهوائية بأن 81.65-93.51% من التركيز الكلي لهذه المركبات يرتبط مع العوالق التنفسية (PM10).

الكلمات المفتاحية: مركبات الهدروكربون العطرية المتعددة الحلقات، عوالق تنفسية، أقطار حركية.

Key words: *PAHs, respiratory particulates, aerodynamic diameters.*

التنوع الصنوي ضمن الطرز الوراثية للقطن الموجودة في سورية

Allele diversity within cotton genotypes grown in Syria

د. لبنى مقراني، د. دانا جودت، د. محمد نايف السلتي
قسم التقانة

ملخص

تم تطبيق معلمات جزيئية من نوع SSR وAFLP في تحديد التنوع الوراثي لـ 34 مدخلاً من أصناف محلية وطرز من القطن. أنتج 20 زوجاً من مرئسات SSR 57 معلماً جزيئياً كما أنتج 20 زوجاً من مرئسات AFLP 449 معلماً جزيئياً. تراوحت قيم محتوى معلومات التباينات الوراثية (PIC) بين 0.16 و0.87 وبين 0.15 و0.41 بالنسبة لـ SSR وAFLP على التوالي. كما تراوحت نسب عدم التوافق (PDV) بين 0.03 و0.79 وبين 0.11 و0.43 لكل من SSR وAFLP على التوالي. تم استخدام خوارزمية UPGMA للحصول على أشجار القرابة الوراثية لكل من SSR وAFLP ومجموعهما. تشير النتائج إلى تنوع وراثي واسع بين مدخلات نبات القطن المدروسة وتقترح أفضل الآباء على المستوى الجزيئي لبرامج التربية ومنها حلب 118.

الكلمات المفتاحية: تنوع وراثي، PIC، *Gossypium SPP*، SSR، AFLP.

Key words: *genetic diversity; PIC; Gossypium spp.; SSR; AFLP.*

دراسة تطوير معادلات عامة لتحديد تراكيز نواتج تفكك الرادون في الهواء

Develop Generic Equations to determine radon daughters concentrations in Air

د. رياض شويكاني، باسم جربي
قسم الوقاية والأمان

ملخص

إن لقياس تراكيز بنات الرادون في الهواء أهمية كبيرة في تحديد الجرعة التي يتلقاها الإنسان من الخلفية الطبيعية، لذلك اهتمت العديد من الدراسات بإيجاد طرائق للقياس وفق شروط محددة من زمن القياس ومدة ضخ الهواء وحجم العينة.

في هذه الدراسة تم استنتاج معادلات عامة لتحديد تراكيز بنات الرادون في الهواء وذلك باستخدام العينات الآنية. أعطت هذه المعادلات قيماً مقاربة إلى حد كبير لتلك الناتجة من الطرائق الأخرى المعروفة. أجريت قياسات عدة في أماكن مختلفة وفي شروط مختلفة، حيث أظهرت النتائج أن المعادلات صالحة للتطبيق وبارتياب لا يتجاوز 10%. يمكن خفض الخطأ النسبي إما بزيادة معدل الضخ أو عند القياس في تراكيز عالية.

الكلمات المفتاحية: *رادون، بولونيوم-218، بيزموث-214، رصاص-214، بنات الرادون، تسايفكلو، كوسنتز، روول.*

Key words: *Radon, Polonium-218, Bismuth-214, Lead-214, Radon daughters, Tsaivoglou, Kusntz, Roll.*

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