عالم الذرّة

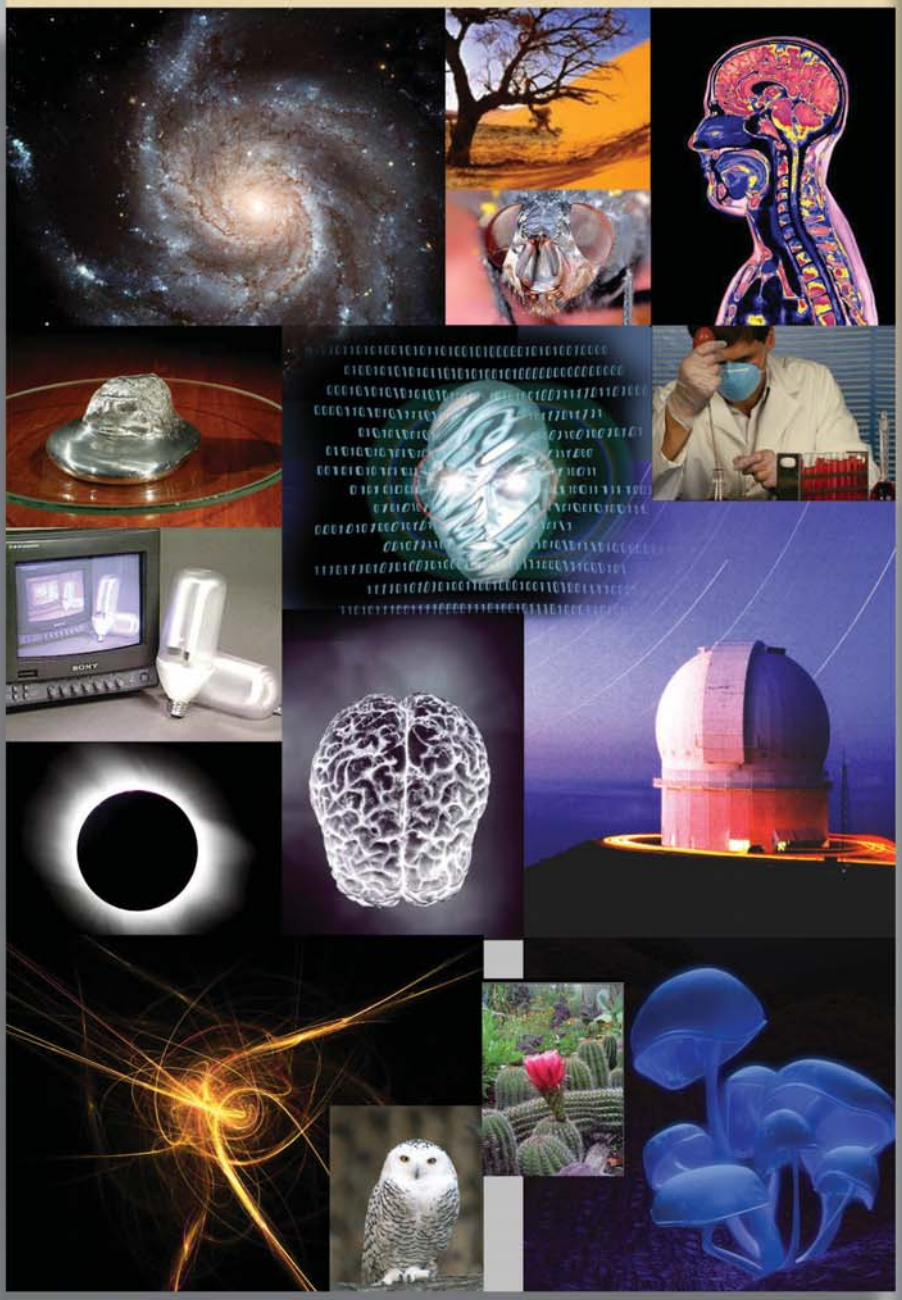
مجلة هيئة الطاقة الذرّية السورية

NO. 127

مجلة عالم الذرّة

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

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



المدير المسؤول

أ. د. إبراهيم عثمان

المدير العام لهيئة الطاقة الذرّية

هيئة التحرير

(رئاسة هيئة التحرير)

أ. د. عادل حرفوش

أ. د. محمد قعقع

(الأعضاء)

أ. د. أحمد حاج سعيد

أ. د. مصطفى حمو ليلا

أ. د. نجم الدين شرابي

أ. د. فوزي عوض

أ. د. فواز كردعلي

أ. د. توفيق ياسين

المحتويات

مقالات

7 **موارد اليورانيوم والعرض والطلب حتى العام 2030**

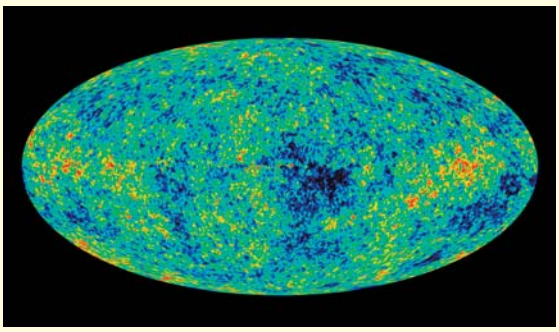
سببت التقلّبات السعرية الحديثة في سوق اليورانيوم خلال السنوات الأخيرة تزايداً مهماً في فعاليات هذا القطاع عما كانت عليه في العقدين الأخيرين، وهو ما أدى إلى تزايد مستمر في الطلب. فبناء المفاعلات النووية قائم في بعض الدول، وخطط التوسع طموحة في دول أخرى، وبرامج الطاقة النووية تتطور في بعضها الآخر لمواجهة تزايد الطلب على الكهرباء وتخفيض إصدارات غازات الدفيئة ضمن اعتبارات تكلفة مقبولة. يبحث هذا المقال في تزايد المشاريع النووية المطروحة والطلب على اليورانيوم ويقيّم قدرة قطاع استخلاص اليورانيوم في مواجهة الطلب المتزايد.

ر. فانس

15 **ما بعد الكم**

مازلنا لا نعرف كيف نفسّر ميكانيك الكم -ولكن هل يعني ذلك أننا لا نحتاج فعلاً إلى "فيزياء جديدة"؟ أنتوني فالنتيني Antony Valentini يكتشف من جديد فكرة، لطالما أهملت، مأخوذة عن رائد الكم لوي دو بروي قد تعطي الجواب عن هذا السؤال.

أ. فالنتيني



23 **النواظم الدماغية تطلق شرارة الشفاء**

إن تطبيق تيار كهربائي على الدماغ من خلال تنبيه المناطق الدماغية العميقة يخفف من وطأة داء باركنسون Parkinson's disease، ويقلل من شدة الألم، ويفرج كُرَبَ المكتئبين، وغير ذلك من الابتلاءات.

م. ل. كرينغلباخ، ت. ز. عزيز

أخبار علمية

34 **الجانب المعدني للعازل**

36 **كيمياء العشق**

38 **فقاعي ولكنه هادئ**

40 **التنغستين**

43 **مقتطفات**

إطلالة علمية

46 **أهم إنجازات الأبحاث التطبيقية في العام 2009**

أعمال الباحثين في هيئة الطاقة الذرّية السورية،
نشرت هنا كما وردت من مكتب الأمانة العلمية في الهيئة

ملخصات ورقات البحوث

58 دراسة تبادل الشحنة المُفكك والتفكك المُحرض بالصدم لعناقيد Ar_2^+ و Ar_3^+ نتيجة تصادمها مع هدف من الأرغون الذري عند طاقات في مجال keV

58 اختبار وتوصيف أغشية من غول البولي ڤينيل المطعّم بحمض الأكريليك والڤينيل إميد أزول للاستخدام العملي المحتمل في عمليات الفصل

59 تأثير بنية الركازات على النمو المنضد والخواص الكهربائية لأغشية WO_3 الرقيقة المرسبة على الأوجه $(\bar{1}012)$ و (0001) من البلورة α -Al_2O_3

59 تحديد تيار التضيق ومردود الأشعة السينية اللينة بواسطة تجارب عددية على البلازما المحرقية لغاز النتروجين

60 تأثير كل من طين الكاولين ومبيد القراديات السبيروديكلوفن وبروتين الهاربن، وأحد المحرضات العضوية على الإصابة بحشرة بسيلا الأجاص Cacopsylla pyri L. (Homoptera: Psyllidae)

60 اعتماد طرائق سريعة لتحديد السترونسيوم المشع في الحليب

61 دراسة تحليلية لاستبدال الوقود العالي الإغناء في مفاعل منسر السوري بالقلب المنخفض والمتوسط الإغناء مع المزج المتجانس للمسممات القابلة للاستحراق

61 طريقة لقياس كمية المرض المنتجة للفطر Plasmopara halstedii (مسبب البياض الزغبي في نبات عباد الشمس)

62 الخصائص الجيوكيميائية والنظائرية للمياه الجوفية في طبقة الباليوجين الكلسية في الجزيرة العليا (سورية)

62 مراقبة الاستحراق اللاإتلافية المنفعلة في وقود مفاعل منسر المشعع، وذلك بقياس النترونات الضوئية المتولدة من إشعاعات نواتج الانشطار

ملخصات تقارير علمية

63 عزل سلالات فطرية من البيئة السورية و دراسة إمكانيتها لإنتاج أنزيم الكسيلاناز

63 تحضير سلم الدنا الجزيئي لاستعماله في هلامة الرحلان الكهربائي

64 تأثير اللقاح BL21pET15b-bfr-p39 على الاستجابة المناعية والحماية من الإصابة بالعامل الممرض "البروسيلا" عند الفئران

64 دراسة الاختلافات الوراثية على مستوى الدنا بين ذكور فراشة درنات البطاطا (Phthorimaea operculella, Zeller) الطبيعية و المشعة

65 التحري عن وجود بكتيريا الليستيريا Listeria في الحليب الخام في سورية

65 تنميط مستضدات الـ HLA من الصف الثاني في المجتمع السوري باستخدام اختبار السمية الخلوية اللمفاوية

66 جنس الزعرور (Crataegus L.) دراسة بيئية و جزيئية

67 القيمة الغذائية والمكونات الضد-تغذوية في أوراق بعض أنواع الأشجار المتحملة للملوحة لأغنام العواس

67 تقييم مشاركة مخبر الواسمات الورمية في برنامج المقارنة الدولي UK-NEQAS لمعايرة المستضد النوعي للبروستات الـ PSA (T.F)

إرشادات منشودة إلى المشاركين في المجلة

حول علامات الترقيم وبعض الحالات الأخرى عند كتابة النصوص باستخدام الحاسوب

بقلم أ. د. زياد القطب

تساعد علامات الترقيم الكاتب على تقسيم كلامه وترتيبه وتوضيح مقصوده، كما تساعد القارئ على فهم ما يقرأ ومعرفة أماكنِ التوقف وأداء النبرة المناسبة.

غير أن المقصود من استعراض علامات الترقيم هنا هو كيفية توظيفها وتلافي الأخطاء عندما نستخدم الحاسوب في كتابة النصوص، الأمر الذي يواجه المنضّد لدى التحكم في مكان الفراغات بين الكلمات وعلامات الترقيم، ولطالما انعكس ذلك سلباً على كادر التنضيد في مكتب الترجمة بالهيئة عند عدم مراعاة الإرشادات المدرجة أدناه.

لذا فإننا نهيب بالعاملين في أقسام الهيئة ودوائرها ومكاتبها المختلفة التقيّد بمضمون هذا التعميم تلافياً لكل إشكال قد يواجه كادر التنضيد. وسنورد في طيّه مثالاً عن كل واحدة من علامات الترقيم لبيان القاعدة التي ينبغي اتباعها، ذاكرين في هذا السياق الإشكالية التي قد تحصل في حالة عدم التقيد بالقواعد المدونة أدناه. فمثلاً عندما نترك فراغاً بين القوس والكلمة التي تلي قوس البداية أو تسبق قوس النهاية في المثال التالي: "في الواقع قلبت المعالجة بسلفيد الهدروجين الفئران التي نجري عليها تجاربنا من حيوانات ذات دم حار إلى حيوانات ذات دم بارد [3]"، يتضح الإرباك الذي قد يقع فيه القارئ نتيجة ترك فراغ مفروض من الحاسوب بين الرقم 3 والقوس النهائي دونما قصد من جانب المنضد.

وبهدف تجنب مثل هذه الحالات وتوخّياً منّا للإخراج المتناسق والموحّد فإننا نأمل التقيّد بالملاحظات التالية المتعلقة بقواعد كتابة العلامات المدرجة أدناه:

البند الأول

علامات الترقيم: النقطة (.)، الفاصلة (،)، الفاصلة المنقوطة (؛)، النقطتان (:)، علامة الاستفهام (؟)، علامة التعجب (!)، النقاط المتتالية (...)، علامة الاعتراض (–...–)، علامة الاقتباس ("...")، الواصلة الصغيرة (–)، الأقواس ({}، []، ())، الشرطة المائلة (/).

وذلك مع التنبيه إلى ترك فراغ واحد بعد علامة الترقيم وليس قبلها، كما هو مبيّن أدناه:

النقطة (.): توضع في نهاية الجملة لتدلَّ على تمام المعنى، وفي نهاية الكلام.

- مثال: صدر اليوم العدد الجديد من مجلة عالم الذرّة. نأمل أن يحوز هذا العدد رضاء القارئ الكريم.

الفاصلة (،): توضع بين الجمل القصيرة المتعاطفة أو المتّصلة المعنى.

- مثال: ولذلك فإن علماء المناعة لديهم اهتمام شديد، ليس فقط باكتشافات ماهية الجزيئات المشتركة في هذه الحوارات، ولكن أيضاً بكيفية تفاعلها لتتمكن من اتخاذ مثل تلك القرارات الحاسمة.

الفاصلة المنقوطة (؛): توضع بين الجمل الطويلة المتّصلة المعنى، أو بين جملتين تكون إحداهما سبباً في الأخرى.

- مثال: من أهدافنا نشر المعرفة العلمية؛ بمعنى إتاحتها لجميع الراغبين بالمعرفة.

النقطتان (:): توضعان بعد كلمة قال أو ما في معناها وعند الشّرح والتفسير دون ترك فراغ قبلهما.

- مثال: الهدفان المهمان هما: إنتاج عمل مهم وإيصاله إلى القارئ الكريم.

علامة الاستفهام (؟): توضع بعد الجملة الاستفهامية مباشرة دون ترك فراغ قبلها.

- مثال: أين ذهبت المادة المضادة بكاملها؟

علامة التعجب (!): توضع بعد التَّعجب أو النداء أو ما يدلُّ على الفرح أو الألم أيضاً دون ترك فراغ قبلها.

- مثال: كيف كان الكون بعد الانفجار العظيم!

النقاط المتتالية (...): تدلُّ على أنَّ الكلام فيه حذف أو أنَّه لم ينته ويترك فراغ قبلها وبعدها.

- مثال: يرى هولستون وأبادوراي "أن في بعض الأماكن، لا تكون الأمة وسيطاً ناجحاً للمواطنة ... وأن مشروع المجتمع القومي للمواطنين، خاصة الليبرالي ... يبدو، أكثر فأكثر، كأنه استنفد أغراضه وفقد مصداقيته".

علامة الاعتراض (–...–): وهي خطَّان صغيران توضع بينهما جملة معترضة داخلة بين شيئين متلازمين من الجملة كالفعل والفاعل أو الفعل والمفعول به، أو المبتدأ والخبر، أو المتعاطفين.

- مثال: إن المؤتمر الدولي –للجيل الرابع من المفاعلات– مبادرة هامة.

علامة الاقتباس ("..."): وهي قوسان صغيران يوضع بينهما ما ننقله من كلام بنصِّه دون تغيير.

- مثال: أنجز الباحث مقالاً بعنوان "سوق اليورانيوم ومصادره" وهو في طريقه إلى النشر.

الواصلة الصغيرة (–): توضع في أوَّل الجملة وبأوَّل السَّطر للدَّلالة على تغير المتكلِّم اختصاراً لكلمة (قال أو أجاب) أو للإشارة إلى بند جديد. ونشير هنا إلى ضرورة وضع فراغ بعدها.

- مثال: – المقدمة.

وتوضع للوصل بين كلمتين أو للوصل بين رقمين وذلك بدون ترك فراغ قبلها أو بعدها.

- مثال: مركبات عضوية–معدنية.

وكذلك توضع بين رقمين.

- مثال: انظر المراجع 161-154.

الأقواس {...} [...] (...): عند كتابة أي من هذه الأقواس يُترَك فراغٍ قبلها وآخر بعدها وليس بينها وبين ما بداخلها.

- مثال على واحد من هذه الأقواس: يجب أن يشمل مفهوم الإنتاجية كلاً من القيمة (الأسعار) والكفاءة.

الشَّرطَةُ المائلة (/): لا يُترَك فراغ قبلها ولا بعدها.

- مثال: نيسان/أبريل.

البند الثاني (حالات أخرى):

الأرقام: يجب التقيد بكتابة الأرقام العربية (0، 1، 2، .... 9) وليس الهندية (٠، ١، ٢، .... ٩) وعدم ترك فراغ بين الرقم والفاصلة في حين يترك الفراغ بالضرورة بعد الفاصلة والرقم الذي يليها.

الأرقام التي نكتبها داخل الأقواس لا يترك فراغ قبل الأول منها ولا بعد الأخير منها (مثال: [1، 4، 7]، أما إذا كانت متتابعة فتكتب على النحو التالي [1-5]).

الكلمات الأجنبية في النص العربي: داخل النص العربي لا تبدأ الكلمات الأجنبية بحرف كبير إلا إذا كانت اسم علم أو بلد (مثال: Syria ،superconductivity). ولطالما خلقت لنا هذه الإشكالية متاعب جمّة.

الكلمات المفتاحية: نضع الفاصلة بين الكلمة المفتاحية والتي تليها، وإذا كانت الكلمات المفتاحية مترجمة إلى الإنكليزية أو الفرنسية فنبدؤها بالحروف الصغيرة إلاّ إذا كانت الكلمة اسم علم أو بلد عندها نكتب الحرف الأول من الكلمة كبيراً (مثال: Alfred.)

حرفا العطف (و) و (أو): لا يترك فراغ بعد حرف العطف (و)، مثال: إن التنافسية الاقتصادية هي ضرورة للسوق، وهي أساسية لمنظومات الجيل الرابع، أمّا إذا بدأت الكلمة التالية لحرف العطف (و) بحرف الواو أيضاً فإنه يُفضّل ترك فراغ بين الواو والكلمة التي تليه (مثال: تركت أهلي صباح اليوم و ودّعتهم في المطار).

أما في حالة الأسماء، نضع حرف الواو (و) منفصلاً بين اسم المؤلف وبين الاسم الذي يليه (مثال: طريف شربجي و زهير أيوبي و فاطر محمد).

في حالة (أو)، ينبغي ترك فراغ بعدها (مثال: حُدِّدت المسائل المتوقع حلّها سواء على المستوى الثقافي أو التنظيمي أو الإداري).

النسبة المئوية (%): نجعلها دائماً على يسار الرقم وبدون فراغ بينها وبين الرقم (مثال: 40%).

الواحدات (ميغاهرتز، سم، كيلوواط، ...): إذا كانت بالعربية نضعها على يسار الرقم وإذا كانت بالإنكليزية نضعها على يمين الرقم ونترك فراغاً بينها وبين الرقم ونذكر مثالاً: (15 كيلوغراماً (15 kg)).

أشهر السنة الميلادية: نكتبها كما يلي دون ترك فراغات بينها وبين الشرطة المائلة:

كانون الثاني/يناير، شباط/فبراير، آذار/مارس، نيسان/أبريل، أيار/مايو، حزيران/يونيو، تموز/يوليو، آب/أغسطس، أيلول/سبتمبر، تشرين الأول/أكتوبر، تشرين الثاني/نوفمبر، كانون الأول/ديسمبر.

شروط الترجمة والتأليف للنشر في مجلة عالم الذرّة

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

جميع المراسلات توجه إلى العنوان التالي:

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

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

E-mail: tapo@aec.org.sy

ISSN 1607-985X

رسوم الاشتراك السنوي

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

المصرف التجاري السوري - فرع رقم 13- مزة جبل- دمشق- 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-مكتب الترجمة والتأليف والنشر-هيئة الطاقة الذرّية السورية-دمشق- ص.ب:6091 مع بيان يوضح عنوان المراسلة المفضل.

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

-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 مصـر : 3 جنيهات لبـنان : 3000ل.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.

موارد اليورانيوم والعرض والطلب حتى العام 2030

روبرت فانس: يعمل في وكالة الطاقة النووية الفرنسية.

الكلمات المفتاحية: تعدين اليورانيوم، موارد اليورانيوم، الطلب على اليورانيوم، السعر الفوري لليورانيوم.

ملخص

سببت التقلّبات السعرية الحديثة في سوق اليورانيوم خلال السنوات الأخيرة تزايداً مهماً في فعاليات هذا القطاع عما كانت عليه في العقدين الأخيرين، وهو ما أدى إلى تزايد مستمر في الطلب. فبناء المفاعلات النووية قائم في بعض الدول، وخطط التوسع طموحة في دول أخرى، وبرامج الطاقة النووية تتطور في بعضها الآخر لمواجهة تزايد الطلب على الكهرباء وتخفيض إصدارات غازات الدفيئة ضمن اعتبارات تكلفة مقبولة. يبحث هذا المقال في تزايد المشاريع النووية المطروحة والطلب على اليورانيوم ويقيّم قدرة قطاع استخلاص اليورانيوم في مواجهة الطلب المتزايد.

فمنذ أواسط ستينيات القرن الماضي، تشكلت لجنة دولية (مجموعة اليورانيوم)، مكونة من ممثلين عن حكومات من دول أعضاء في كل من وكالة الطاقة النووية والوكالة الدولية للطاقة الذرية، ونشرت بشكل متكرر تقريراً محدّثاً كل سنتين حول إجمالي موارد اليورانيوم وإنتاجه والطلب عليه باسم (الكتاب الأحمر "Red Book" the). والكتاب الأحدث بهذه السلسلة اعتمد على معطيات العام 2007، ونشر عام 2008، متضمناً مشاريع التزويد والطلب لغاية العام 2030. رغم ذلك، لقد تغير كثير من المعطيات المعتمدة في هذا الإصدار الأخير، ونحن هنا نقدم تقييماً لهذه التغيرات ولتأثيراتها على إنتاج اليورانيوم.

يستنتج هذا التقييم أن الموارد العالمية لليورانيوم المستكشف (5.47 مليون طن من اليورانيوم القابل للاستخراج بسعر يصل إلى 130 دولاراً للكيلو غرام من اليورانيوم) كافية لتلبية القيمة الافتراضية العليا للطاقات النووية المطلوبة. رغم ذلك، إن الأزمة الحديثة لأسواق المال وأسعار اليورانيوم المتدنية والطبيعة التعتيمية لتجارة اليورانيوم بحدّ ذاته والطلبات المتزايدة باستمرار وندرة اليد العاملة المتخصصة وتبدل أسعار المادة الأولية جميعها عوامل تجعل من عملية تحويل فلزات اليورانيوم إلى كعكة صفراء تحدٍّ متنام تصعب مواجهته، وبخاصة بالنسبة للزبائن الجدد. لذا ستكون هناك حاجة مستقبلية لاستثمارات ضخمة وخبرات واسعة للتعامل مع التزايد الإضافي في الإنتاج المطلوب لتلبية الطلب المستقبلي.

1 مقدمة

يشكل اليورانيوم، المادة الخام للوقود النووي، مكوناً ضرورياً في برنامج الطاقة الكهربائية النووية. كان تعدين اليورانيوم بالأصل مسرحاً تنحصر إدارته بالحكومات أو بمؤسسات تحت رقابة حكومية، لكن في العقود الأخيرة حدث انتقال في الملكية والرقابة إلى شركات مساهمة مع الحكومة، علماً أن هذا الانتقال ما يزال بعيداً عن حالة الكمال. وبسبب السهولة في إمكانية تخزين اليورانيوم والوقود النووي وفي الإنتاج الكبير لليورانيوم الذي حصل بشكل

■ نُشر هذا المقال في مجلة RGN, N° 6, Novembre-Decembre 2009، ترجمة د. عادل حرفوش، رئاسة هيئة التحرير.

خاص في خمسينيات وسبعينيات القرن الماضي، تستمر المخزونات الكبيرة لليورانيوم المعدّن سابقاً في تأثيرها الحالي على صناعة تعدين اليورانيوم وميزان العرض والطلب.

ونظراً لوجود جزء من قافلة المفاعلات النووية القائمة قد تصل أعمارها الزمنية إلى ما يقارب 60 عاماً من التشغيل الآمن، ووجود تصاميم جديدة قيد الإنشاء يتوقع أن تمتد أعمارها التشغيلية ستين عاماً على الأقل، فإن الحاجة ضرورية لنظرة بعيدة المدى حول تزويد اليورانيوم لمنشآت مهتمة ببناء مفاعل جديد. إن مثل هذه النظرة البعيدة المدى للتزوّد بالوقود تتعارض مع اهتمام المنتجين في تشجع فكرة الندرة كطريقة للحدّ من إمكانية الهبوط الضار في السعر.

إن الحاجة لدراسة بعيدة المدى حول مصادر اليورانيوم والتزود به برزت مبكراً لدى تطوير القطاع المدني لإنتاج الطاقة الكهربائية نووياً. ففي العام 1965، بدأت وكالة الطاقة النووية بتشكيل مجموعة دراسية موسعة، بالتعاون مع الوكالة الدولية للطاقة الذرية IAEA، بتصنيف تقديرات موارد اليورانيوم العالمية. قامت المجموعة الموسعة منذ أواسط ثمانينيات القرن الماضي، وبنهاية كل عامين تقريباً، بنشر تقرير حول الإمداد العالمي لليورانيوم والطلب عليه. ونظراً لكون جميع التقارير مغطاة بغطاء أحمر اللون، فقد عرفت التقارير بالكتاب الأحمر Red Book (RB).

وبمرور الزمن أصبح RB مصدراً رسمياً للمعلومات التي تتبناها الحكومة حول صناعة اليورانيوم. وبشكل إجمالي، فقد ساهمت 107 دول بتقديم معطيات تضمنها الـ 22 كتاباً أحمر نشر حتى الآن. ففي أيلول عام 2006 نشرت مراجعة بعنوان "أربعون عاماً على منشآت اليورانيوم وإنتاجه وطلبه، رؤية لماضي الكتاب الأحمر"[1]. تلخص رؤية ماضي الكتاب الأحمر المعلومات التي نشرت في سلسلة التقارير بين عامي 1965 و 2003، مع تحليل لتطور السوق واستنتاجات مهمة حول تطور قاعدة مصدر اليورانيوم والإنتاج المنجمي والطلب عليه.

2 موارد اليورانيوم

نشرت أحدث نسخة من سلسلة الكتاب الأحمر في حزيران عام 2008[2]. تشير هذه النسخة إلى أن تكلفة استكشافات اليورانيوم العالمية ونفقات التطوير المنجمي في العام 2006 وصلت إلى ما يقارب 774 مليون دولار أمريكي، وهي زيادة تتجاوز 250% بالمقارنة مع نفقات العام 2004، وذلك نتيجة التنامي الكبير للسوق. بقيت غالبية نشاطات الاستكشاف العالمية مركزة في مناطق مكامن غير مناسبة وفي مواقع رسوبيات أحجار رملية مطواعة، وبشكل أساسي بالقرب من مصادر معروفة. ورغم ذلك، فالأسعار العالية لليورانيوم في الزمن الماضي قد ساهمت في توسيع الاستكشاف في مناطق لم تسبر من قبل، إضافة إلى رفع نشاطات الاستكشاف في مناطق عرفت بوجود مكامن خضعت لأعمال سابقة.

في العام 2007، ارتفع إجمالي الموارد المحددة (المضمونة والمخمّنة بشكل معقول) إلى ما يقارب 4540000 طن من معدن اليورانيوم بسعر 80 دولار لكل كيلوغرام لهذا الصنف وما يقارب 5469000 طن من صنف آخر بسعر 130 دولاراً لكل كيلوغرام (يشكل ذلك زيادة قدرها 17% و15% على التوالي بالمقارنة مع سوياتهما في العام 2005). ويصل إجمالي الموارد غير المستكشفة (الموارد المتوقعة والموارد التقديرية) إلى أكثر من 10500000 طن، بزيادة قدرها 485000 طن عن إجمالي ما ذكر عنه عام 2005، إضافة إلى أن بعض الدول، بما فيها بعض المنتجين الأساسيين، لم تذكر تقديراتها في هذا الصنف.

إن أرقام الموارد متحركة وتتبع لأسعار السلعة. إن أرقام موارد اليورانيوم المعروضة في الكتاب الأحمر هي مجرد لقطة سريعة للمعلومات المتوافرة عن الموارد ذات الأهمية الاقتصادية في الأول من كانون الثاني عام 2007، ولا تعبر عن إجمالي مخزون اليورانيوم القابل للاستخراج الموجود في القشرة الأرضية. ويجب أن تستمر شروط سوق مناسبة لتحفيز سبر استكشافات إضافية ممكن توقعها، كما كان الحال خلال المراحل السابقة لنشاط الاستكشاف المكثف. يبدو أن هناك نتائج أولية واعدة تتوقع استكشافات إضافية قادمة في دول أخرى عديدة، بما في ذلك أستراليا وكندا وناميبيا والنيجر وجنوب أفريقيا.

جرى الآن تعيين ما يكفي من موارد اليورانيوم لدعم محطات الطاقة النووية القائمة اللازمة لإنتاج الطاقة الكهربائية طيلة فترة صلاحيتها للتشغيل. إن هذه الموارد المعينة تكفي لمدة 85 عاماً لتوليد الطاقة الكهربائية، معتبرين أن كمية اليورانيوم المطلوب للعام 2006 هي 66500 طن. وإذا ما استخدمت تقديرات معدلات الاستهلاك الحالي (كميات اليورانيوم المستهلك مقابل الطلبات المتوقعة لشراء اليورانيوم)، فإن أصل الموارد المعينة الحالية تعدُّ كافية لتزويد المفاعلات خلال 100 عام. وإن استثمار أصل الموارد التقليدية الكلية (بما فيها الموارد المتوقعة والموارد التقديرية) سيزيد هذه المدة لأكثر من 300 عام، رغم أن الاستكشاف الهام والتطوير سيكونان مطلوبين لدفع هذه الموارد القابلة للتعدين نحو أنواع أكثر تحديداً. ونظراً لمحدودية نضج استكشاف اليورانيوم وتغطيته

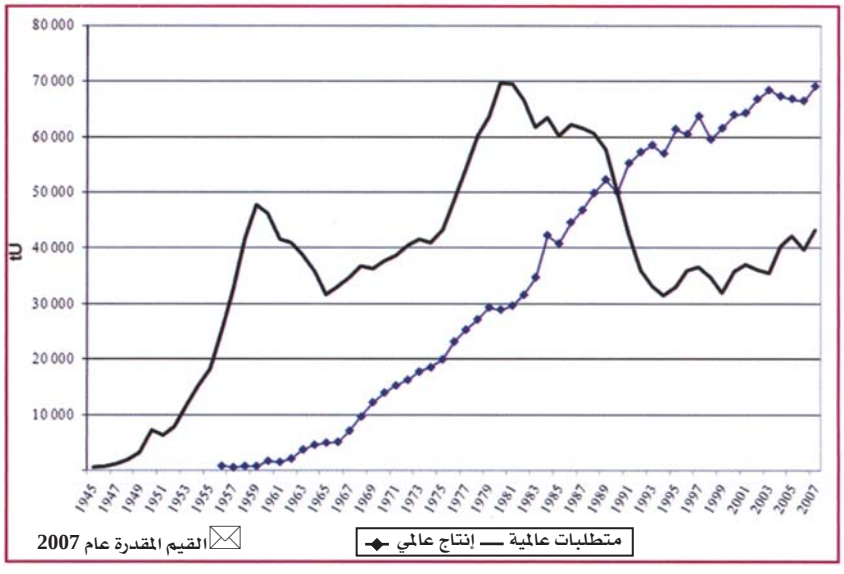
جغرافياً عبر العالم، هناك إمكانات أيضاً لاستكشاف موارد جديدة ذات قيمة اقتصادية.

3 إنتاج اليورانيوم

رغم اتساع قاعدة موارد اليورانيوم وتناميها، فإن إنتاج اليورانيوم غير كاف لسدّ حاجة السوق التي تتطلب إنتاج كميات إضافية. تزايد الإنتاج العالمي لليورانيوم من حوالي 40200 طن عام 2004 إلى حوالي 41950 طناً عام 2005، قبل أن ينخفض إلى حوالي 39600 طن عام 2006. تشير الأرقام غير الرسمية إلى تزايدٍ بعد هذا التاريخ وصل إلى حوالي 41200 و44230 طناً في العامين 2007 و2008 على التوالي. ورغم تنامي الإنتاج في العامين الأخيرين إلاّ أنه لا يزال أقل من متطلبات السوق بحوالي 65000 طن سنوياً. ولإحداث توازن بين العرض والطلب يجب المزيد من الإنتاج.

تتكون الإمدادات الثانوية من اليورانيوم المعدّن سابقاً والناشئة عن فترات الإنتاج الماضية بهدف سد الحاجات العسكرية أولاً، ومن ثم لتلبية المتطلبات المتوقعة نتيجة التوسع في الطاقة المتولدة نووياً والذي حدث في سبعينيات القرن الماضي. إن هذه المراحل السابقة للإنتاج الكثيف تتجاوز المتطلبات الحالية بكميات كبيرة (انظر الشكل 1). ومن ناحية أخرى فالإمدادات الثانوية في حالة انخفاض ورغم أن الكمية الصحيحة للمادة باقية وتوفرها غير معروف بشكل مضبوط، فعلى معدّني اليورانيوم أن يزيدوا الإنتاج في المستقبل القريب، وبخاصة إذا ما وضعت خطط لمشاريع طاقة نووية عالية.

الشكل 1 إنتاج اليورانيوم العالمي السنوي والمتطلبات بين العامين 1945 و2007.



4 متطلبات اليورانيوم لغاية العام 2030

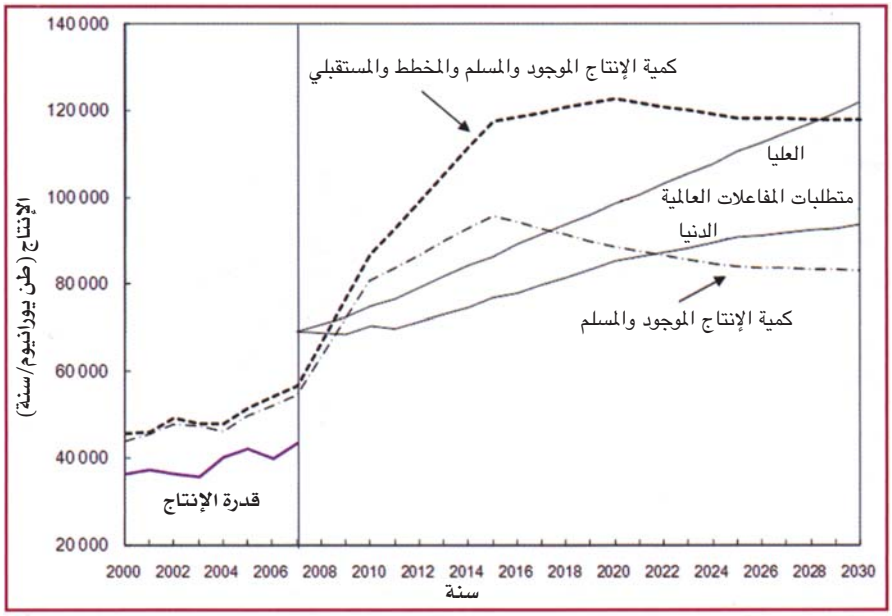
يطلب الكتاب الأحمر من الحكومات المساهمة تزويده بتقديرات للنمو المخطط له في الطاقة المتولدة نووياً، اعتماداً على الشروط السائدة. ففي عام 2007 لقد خُطِّط للطاقة النووية أن تتزايد من 370 غيغا واط كهربائي إلى 509 غيغا واط كهربائي بشكل صاف (حالة دنيا) أو 663 غيغا واط كهربائي (حالة عليا) مع حلول عام 2030. تمثل الحالة الدنيا تزايداً بنسبة 38% من القدرة الحالية، في حين تمثل الحالة العليا تزايداً بنسبة 80% تقريباً.

كان من المقدر لمنطقة شرق آسيا أن تواجه أعلى زيادة بحيث تبلغ مساهمتها، مع حلول العام 2030، ما بين 69 و94 غيغا واط كهربائي من الطاقة الجديدة، ويمثل ذلك تزايداً من 91% إلى ما يزيد على 124% فوق القدرة الحالية على التوالي. وكان يتوقع أيضاً أن تتزايد الطاقة النووية بشكل كبير في وسط وشرق وجنوب شرق أوربا، بمقدار يتراوح بين 40 و74 غيغا واط كهربائي من الطاقة الجديدة المخطط لها مع حلول العام 2030 (أي بزيادة بين 84% و159%، على التوالي). وخطط لمناطق أخرى أن تواجه زيادة وتشمل الشرق الأوسط وجنوب آسيا، وأمريكا الوسطى والجنوبية، وأفريقيا وجنوب شرق آسيا. وفيما يخص أمريكا الشمالية، تتراوح قيم تزايد الطاقة النووية المخطط لها لعام 2030 بين 9% وحتى 32%. يتوقع في أوربا الغربية فقط أن تتناقص الطاقة النووية بشكل كبير، على الرغم من بناء مفاعلات جديدة أو مفاعلات مخطط لها في فنلاندا وفرنسا، نظراً لخطط قيد التطبيق ترغم كلاً من بلجيكا وألمانيا وإسبانيا والسويد الاستغناء عن الطاقة النووية، إذ خُطِّط لتخفيض الطاقة النووية بحوالي 10 إلى 29% في أوربا الغربية حتى العام 2030.

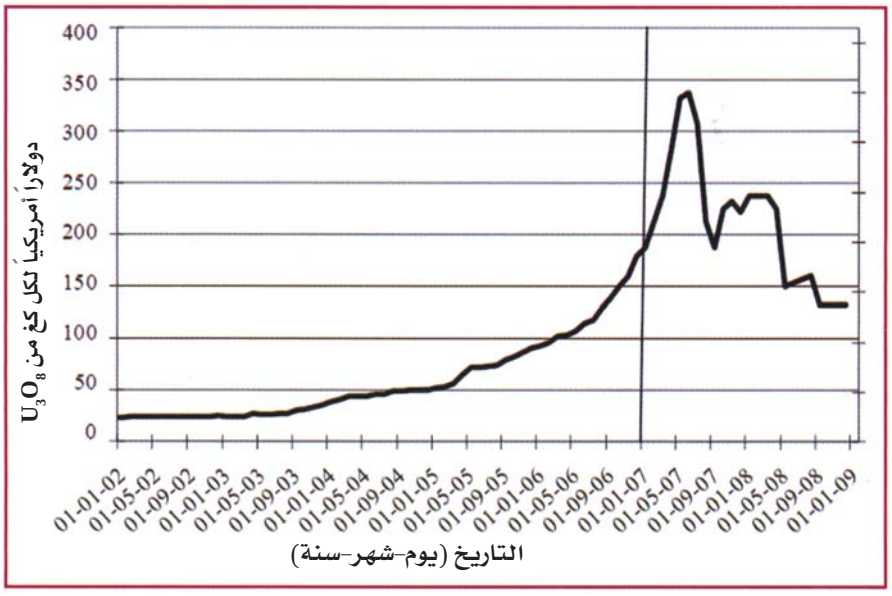
خُطّط أن يتراوح تزايد الاحتياج العالمي لليورانيوم المخصص للمفاعلات في العام 2030 بين 93775 طناً سنوياً في الحالة الدنيا و121955 طناً سنوياً في الحالة العليا، مما يعني تزايداً يقارب 41% و 83% على التوالي، وذلك بالمقارنة مع العام 2006 (انظر الشكل 2). كما هو الحال بالنسبة للقدرة النووية، يتوقع أن تتغير احتياجات اليورانيوم بشكل كبير من منطقة لأخرى. كان من المتوقع أن يتزايد طلب اليورانيوم حيث تظهر البرامج الأوسع في منطقة شرق آسيا، إذ يتوقع

التزايد في القدرة النووية عام 2030 بأكثر من ضعف احتياجات اليورانيوم عام 2006. وعلى نقيض ثبات تزايد طلبات اليورانيوم فيما تبقى من العالم، فإنه يتوقع أن تبقى الطلبات في أمريكا الشمالية ثابتة إلى حدٍّ ما أو تتزايد بمقدار 20% تقريباً في الحالة العليا، في حين يتوقع أن تنخفض الطلبات في منطقة أوربا الغربية بين 4% و34% حتى العام 2030.

الشكل 2 ديناميكية قدرة إنتاج اليورانيوم والمتطلبات كما عرضها الكتاب الأحمر عام 2007.



الشكل 3 السعر الفوري لليورانيوم في الأول من كانون الثاني/يناير عام 2001 وحتى الأول من كانون الثاني/يناير 2009 (يشير الخط الشاقولي إلى التاريخ المرجعي في الأول من كانون الثاني/يناير عام 2007 في الكتاب الأحمر عام 2007).



بقي عرض اليورانيوم والطلب عليه بحالة توازن، ولم يحصل أي نقص في العرض. ومن ناحية أخرى، هناك ضرورة لوجود عدد من مصادر العرض لتلبية الطلب. وأهم هذه المصادر هو الإنتاج الأساسي لليورانيوم الذي، غطى بين 50 إلى 60% من الطلبات العالمية عبر السنوات الأخيرة. وقد تمت تغطية ما تبقى من الطلب عن طريق المصادر الثانوية، بما في ذلك المخزون الاحتياطي لليورانيوم الطبيعي والمخصّب، والوقود النووي المستهلك المعالج، وسلاسل اليورانيوم المستنفد الذي أعيد تخصيبه والأسلحة النووية المفككة. ونظراً لأن جرد المصادر الثانوية قد حصل على مدى 20 عاماً ولأن المصدر الأساسي لليورانيوم الناجم عن تفكيك الأسلحة النووية الروسية يُتوقَّع أن ينتهي مع نهاية العام 2013، فمن الواضح أن زيادة الإنتاج المنجمي لليورانيوم سيكون مطلوباً في المستقبل القريب بهدف تلبية الطلب.

إن ما نشر حول طاقة إنتاج المراكز الموجودة والتي في طريقها للتسليم عام 2007 كان بحدود 54370 طناً. وهذا الإجمالي هو أكثر من إجمالي 2005 بحوالي 5290 طناً، ويعود ذلك بشكل أساسي للزيادات الملحوظة في كازاخستان (2800 طن) وناميبيا (1000 طن) وجنوب أفريقيا (730 طناً). ومن ناحية أخرى، فقد بلغ إنتاج 2007 حوالي 41200 طن فقط، أي حوالي 76% من قدرة الإنتاج النظامية. وفي العام 2005 كان إجمالي الإنتاج 41943 طناً، أي حوالي 84% من القدرة الإنتاجية للعام 2005.

وبحسب المعلومات المدرجة في الكتاب الأحمر للعام 2007، لقد خطط لصناعة إنتاج اليورانيوم أن تحرز توسعاً كبيراً خلال الخمس إلى العشر سنوات القادمة لأن مراكز الإنتاج القائمة تتوسع (في أستراليا وكندا وكازاخستان والنيجر والاتحاد الروسي) ولأن مراكز إنتاج جديدة مزمع تشغيلها (في كندا والأردن وكازاخستان وملاوي وناميبيا

والنيجر والاتحاد الروسي وجنوب أفريقيا وأوكرانيا والولايات المتحدة). كما خطط لإغلاق المناجم الحالية لاحقاً نظراً لتوقع نضوب الموارد فيها ليعقبها فتح مناجم ومصانع جديدة. وكما خطط في العام 2007، يتوقع أن تصل قدرة الإنتاج في المراكز القائمة والتي في طور الاستلام إلى أعلى من 95630 طناً سنوياً في العام 2015 (انظر الشكل 2). ويتوقع أن تقفز إمكانية قدرة الإنتاج بسرعة لأعلى من 117000 طن سنوياً في العام 2015 وتستمر بهذه السوية أو بالقرب منها حتى العام 2030. وإذا ما تحقق ذلك، فإن مثل هذه الزيادات ستلبي حتى الاحتياجات العالية من طلبات العام 2030.

يظهر (الشكل 3) تخمينات إنتاج اليورانيوم المنظورة بشكل بياني، فقدرة الإنتاج في المراكز القائمة والتي هي قيد الاستلام، ازدادت زيادة طفيفة بين الأعوام 2001 (45310 أطنان) و2003 (47170 طناً) و2005 (49720 طناً)، عندما بدأت أسعار اليورانيوم بالارتفاع. وبسبب الارتفاع المفاجئ في أسعار اليورانيوم ارتفع أيضاً إنتاج المراكز القائمة والتي هي قيد التسليم إلى 54370 طناً في العام 2007. ومن الواضح أن خطط قدرة الإنتاج الجديد كانت جارية أثناء تزايد السعر الفوري، وذلك عبر توسع مراكز الإنتاج القائمة وفتح مناجم جديدة على حدٍّ سواء.

وعلى كل حال، فإن السعر الفوري لليورانيوم، وهو السمة الأكثر شهرة في تسعير اليورانيوم، قد خضع لتقلّب كبير فور صدور الكتاب الأحمر المؤلف عام 2007 (الشكل 3). أي إن الانخفاض الإجمالي للسعر الفوري منذ عام 2007، إضافة لصعوبة زيادة رأس المال خلال استمرار الأزمة المالية العالمية، قد أدى إلى خروج العديد من الخطط عن مسارها.

رغم أن صفقات السوق التجارية الفورية تعتبر بشكل عام أقل من 15% من اليورانيوم المتاجر به كل سنة، يظل السعر الفوري هو أكثر المؤشرات دلالة على قيمة اليورانيوم. غير أن السعر الفوري قد يكون مضللاً لأن غالبية اليورانيوم يشترى ويباع وفق مدد وشروط مرسومة في عقود بعيدة الأمد غير معلنة. تقوم بعض الحكومات بنشر مؤشرات لأسعار آجلة طويلة الأمد لكن هذه المؤشرات تفوز بمبيعات محكومة بمدد لعقود وقعت في بعض الأحيان منذ سنوات عدة عندما كانت الأسعار الفورية أخفض بكثير. وهناك شركات استشارية أيضاً تنشر مؤشرات الأسعار على المدى الطويل، غير أنه من المعروف أن ذلك لا يمثل سوى جزء من العقود الموقعة الطويلة الأجل التي يقوم أطرافها لأسباب معينة بإفشاء بعض تفاصيلها.

إن الأسباب الكامنة وراء حركية السعر الفوري لليورانيوم منذ صدور الكتاب الأحمر عام 2007 واضحة تماماً. رغم ذلك، يبدو أن الارتفاع السريع في العام 2007 كان متأثراً بشكل أساسي بمضاربات تهدف للتركيز على الصعود السريع للأسعار الفورية التي تحدث مع الزمن. إن الانخفاض التالي الذي سبق الإشارات الأولى لأزمة السوق العالمية في بداية العام 2008، يمكن أن يعكس عدم رغبة الغالبية المساهمة في السوق للتعامل مع مثل هذه الأسعار العالية (بما في ذلك مجمل القطاع الخدمي الذي يحتاج اليورانيوم لتقديمه كوقود للمفاعلات). وما تزال الأزمة المالية حتى الآن تساعد في تخفيض الأسعار لدرجة أن البعض أرغم على بيع ما يمتلكه بأسعار منخفضة لرفع رأسمالهم بشكل سريع (وهم ما يطلق عليهم "الباعة المعوزين"). كما تعرضت سلع أخرى أيضاً لانخفاض الأسعار منذ بداية الأزمة المالية.

إن انخفاض السعر الفوري لم يصدم المضاربين الذين يسعون وراء الربح فحسب وإنما أثر بشكل سلبي أيضاً على العاملين في تطوير مناجم اليورانيوم، كما أشير إليه أعلاه. وبرغم أن بعض المشاريع العاملة حالياً تتابع كما خُطِّط لها مسبقاً (مثلما هو حال مشروع إيمورارن Imouraren في النيجر وكاليليكيرا Kayelekera في مالاوي)، فإن البعض الآخر في أستراليا وكندا وجنوب أفريقيا والولايات المتحدة قد أجل مشاريعه بسبب الأزمة المالية. ربما يمثل مشروع ميدوست Midwest في كندا وتوسيع أولمبيك دام Olympic Dam في أستراليا أوضح صورة لهذه المشاريع المؤجلة. أشارت كازاخستان، حيث قامت مؤسسة كازاتومبروم Kazatomprom الحكومية بتحقيق سريع لطموحات جعلتها أكبر منتج لليورانيوم، إلى أن خطتها الصاعدة قد تتباطأ إلى حد ما، حسب شروط السوق. إن عدد المشاريع المؤجلة في الأشهر القليلة الماضية يطرح السؤال عن مبررات الحاجة للإنتاج خلال السنوات القليلة القادمة، بغض النظر عن العقود القليلة القادمة.

5 تحدّيات الإنتاج

إن توسيع مناجم اليورانيوم في غالبية التشريعات هو محاولة دهاء مكثفة وطويلة تتطلب قدراً كبيراً من الخبرة والصبر والالتزام. وكما ذكر في الكتاب الأحمر[1] الاستعراضي عام 2006 فإن مدد توسيع منجم اليورانيوم قد تزايدت بشكل كبير خلال العقود القليلة الماضية وفق تشريعات ذات منظومات رقابية ناضجة، وذلك جزئياً بسبب تزايد متطلبات الترخيص، وبخاصة المتعلقة بتقييمات الآثار

البيئية. إن الزمن اللازم منذ اكتشاف منجم اليورانيوم وحتى جعله قابلاً للإنتاج قد تزايد من 3 و5 سنوات في خمسينيات القرن الماضي إلى ما بين 10 و15 سنة أو أكثر في نهاية القرن العشرين.

إن شروط الاستثمار هي أيضاً تؤثر في مدد توسيع المناجم. إذ إنه خلال الفترة الطويلة لأسعار اليورانيوم المنخفضة (من 1983 وحتى 2003 تقريباً) العائدة بشكل أساسي لوجود مصادر ثانوية لليورانيوم ولانخفاض توقعات النمو النووي والطلب على اليورانيوم، لم تلاحظ حاجة لإنتاج جديد أو، إن لوحظت، فإن تزايد رأس المال اللازم لتوسيع المنجم كان واحداً من عوامل التحدّي. وفي حالات أخرى، كان ضعف البنية التحتية (الطرقات والسكك الحديدية وشبكات النقل الكهربائي) سبباً في تباطؤ توسيع المناجم ودعمها وتزويد المواد الأولية اللازمة لإنتاج اليورانيوم. إن تحسين هذه الأمور يتطلب مزيداً من التحسينات المكلفة، التي غالباً ما تقع على عاتق الحكومة.

إن تحديات الإنتاج في المناجم القائمة والمصانع نفسها ساهمت هي أيضاً في تأخير زيادة الإنتاج. فخلال فترة العشرين عاماً من انخفاض سعر اليورانيوم، اقتصرت إمكانية متابعة الإنتاج على المناجم القليلة التكلفة. وبنتيجة ذلك، فقد عمَّرَ العديد من هذه المنشآت الباقية وأصبحت قديمة لذا فهي تتطلب تطوير بنية تحتية وفي بعض الحالات اقتربت منشآت الإدارة المتبقية من نهاية صلاحية الترخيص. لقد أدى ذلك ببساطة إلى تحدي استمرار الإنتاج، بغض النظر عن زيادته.

إن تطوير القوى البشرية الماهرة وتنميتها في هذه المنشآت يشكلان تحدياً أيضاً. وإدراكاً لهذه المتطلبات الأساسية، قامت بعض الشركات بتنفيذ برامج تدريب، وتلبية لإصرار الحكومات المحلية في بعض الأحيان، تشجعت هذه الشركات أو أجبرت على تدريب وتوظيف كوادر محلية بصورة انتقائية. ورغم أن هذه البرامج كانت فعّالة بشكل عام إلا أنها شكلت تحدياً في بعض الأحيان من حيث استبقاء العاملين المدربين عندما تتطلب مثل هذه المهارات أجوراً أعلى.

تتطلب المكامن (المتوضعات) الأهم العالية التركيز المستثمرة الآن في كندا، التي تعدُّ من أكثر البلدان إنتاجاً لليورانيوم في العالم، تقانات تعدين مبتكرة، وعلى الأخص في المناطق التي تحتاج لحماية العاملين من الإشعاع، وذلك بسبب الخامات المستثمرة العالية درجة النقاوة (تقترب الدرجات الوسطى من 20% يورانيوم، مع وجود جيوب من الخامات تصل درجة نقاوتها إلى 60% يورانيوم). إن تطوير تقانات تعدين جديدة موجهة من بُعد وتنفيذها يساهمان في التحديات المتنامية لتطوير المنشآت وتشغيلها في حدود قدراتها الإنتاجية أو بجوار هذه الحدود. إضافة إلى ذلك، توجد هذه المكامن في أعماق صخور رملية مشبعة بالمياه الجوفية. وتتطلب عملية الإنتاج إجراء تجميد مسبق للمنطقة المستثمرة، ونظراً لما تتضمنه هذه العمليات من تعقيد، فإن تدفق الماء يحدث على هيئة قطرات في المنتج أو يؤخر من التطوير اللازم للمنجم من أجل ترميم وتجفيف وإعادة إغراق المنطقة بالماء.

أثرت القيود السياسية أيضاً على التطوير المنجمي. ففي بعض التشريعات المتعلقة بمكامن اليورانيوم ذات القيمة الاقتصادية، فُرضت قيود على استكشاف اليورانيوم وتعدينه. ورغم إمكانية تغيير التشريعات (كما حدث في غرب استراليا) إلاّ أن ذلك يحتاج لعملية سياسية طويلة. ورغم وجود بعض الاستثناءات القليلة في مناطق مناجم حديثة تعمل حالياً، إلاّ أن الإدراك العام وقبول تعدين اليورانيوم لا يزالان ضعيفين، وبخاصة بسبب الموروثات البيئية وضعف الحماية الصحية المطبقة تجاه العمال خلال المراحل الأولى لازدهار تعدين اليورانيوم بين خمسينيات وسبعينيات القرن الماضي. يمكن معالجة هذه الصورة العامة السيئة بشكل فعّال للتأكيد بأن مصادر موارد اليورانيوم المحددة بأكملها داخلة في عملية الإنتاج، كما هو مطلوب إذا ما أردنا تحقيق عملية تطوير للقدرة المتولدة نووياً.

6 مواجهة تحديات الإنتاج

تعدُّ مخططات التنمية النووية ومتطلبات اليورانيوم ضرورية نظراً للحاجة إلى ضمان مقبول للتزود باليورانيوم لعقود عديدة إذا ما اعتبرنا التكلفة المالية الهائلة لبناء مفاعل نووي. ولكن، بعض المخططات كانت في الماضي مغالية في التفاؤل، وبخاصة في سبعينيات وثمانينيات القرن الماضي عندما توقع كثيرون أن نمو القدرة المتولدة نووياً سيكون عملياً غير مقيد[3]. لقد وضع حادثا ثري مايل أيسلند وتشرنوبيل نهاية لهذا التفاؤل، وما ساعد ذلك انهيار أسعار النفط في ثمانينيات القرن الماضي والذي قلّل من تنافسية محطات توليد الكهرباء بالطاقة النووية.

ولكي يتم تجنب تكرار قصة تفاؤل مخططات مبالغ فيها وما ينتج عنها من إنتاج فائض (إنتاج فائض مازال يهدد السوق حتى اليوم)، يجب أن تخضع كافة مراحل عمليات دورة الوقود النووي وصحة العاملين والوقاية الشعبية والبيئية إلى أعلى معايير الأمان الممكنة. وفي هذه الأيام التي يتم التواصل فيها فورياً، فإن وقوع حادث في مكان ما سيكون شديد التأثير في أي مكان آخر. تشكل مبادرة الجمعية النووية العالمية The World Nuclear Association (WNA)[4] المعنية بتعدين اليورانيوم وقواعد التدرُّب المرافقة خطوات في الاتجاه الصحيح لضمان تنفيذ عمال مناجم اليورانيوم أعمالهم

بطريقة آمنة ومسؤولة من الناحية البيئيةً. يشكل الفعل المتفق عليه من قبل كافة أعضاء WNA لتحقيق هذه التدريبات ضرورة يجب اتباعها من قبل الجهات الصناعية. كما تحتاج الحكومات والجهات المنظمة إلى متابعة دورها أيضاً، وبخاصة التأكُّد من أن توسيع المناجم يتم فقط بعد وضع خطط مُصدّقة لتفكيك المنشآت بطريقة مقبولة ولتأمين الأموال اللازمة لذلك.

إن أي مكان يجري فيه توسيع منجم اليورانيوم وتطبق فيه تشريعات ذات أنظمة رقابة ناضجة يتطلب المحافظة على أعلى المعايير لحماية البيئة وصحة أمان العاملين. ومن ناحية أخرى، تحتاج التشريعات الفاقدة للمنظّم المجرِّب عند توسيع منجم ما إلى تطوير القانون والأعراف والمهارات الإنسانية بسرعة لضمان أن المعايير العليا المطبّقة الآن على المناجم القائمة محققة في التشريعات الجديدة. هناك مبادرة يجري تطويرها من قبل الوكالة الدولية للطاقة الذرية والجمعية النووية العالمية[5]، أطلقت خلال اللقاء التقني في تشرين الأول/أكتوبر عام 2008، تهدف إلى تشجيع نقل المعرفة والخبرة في مجال تعدين اليورانيوم والتنظيم من الدول المتقدمة إلى الدول المبتدئة في هذا المجال. يشكل هذا البرنامج خطوة هامة لتجنب موروثات منجمية جديدة، وذلك بسبب كون جزء كبير من التنقيب الجاري والتوسع المنجمي يحدث في دول تفتقد للتنظيمات وللتجربة اللازمتين.

في حين لا يمكن عمل سوى القليل في صناعة إنتاج اليورانيوم لمواجهة الأزمة المالية العالمية التي تحدث على مسرح أكثر اتساعاً، ألا وهو الصناعة، يمكن للصناعة والحكومات وللناس المهتمين الإفادة من سوق أكثر شفافية، وبخاصة فيما يتعلق بالسعر. إن فهماً واضحاً وصحيحاً لسعر اليورانيوم في السوق قد يضيف استقراراً إلى السوق، مما سيقود بالمقابل إلى سهولة أكبر في تأمين زيادة في المال المطلوب لتطوير مناجم جديدة أو زيادة الإنتاج في المناجم القائمة. كما أن سهولة الحصول على مؤشرات سعر رائج وموثوق سيسهل أيضاً دخول منتجين جدد إلى السوق. وإذا ما أردنا توسيع القدرة الكهربائية باستخدام الطاقة النووية، سيكون الإنتاج المنجمي لليورانيوم بحاجة إلى حدوث توسُّع مماثل كما أن دخول مساهمين جدد يجب أن يكون واضحاً وقابلاً للفهم. وكما أشرنا أعلاه، فإن مختلف المؤشرات السعرية لليورانيوم يعتريها الضعف. ويبدو أن بعض المساهمين في السوق يعترفون بذلك أيضاً. ففي بداية العام 2009، أعلنت إحدى المؤسسات العامة الرئيسية المتطلعة لشراء اليورانيوم أنها لا تريد مؤشرات سعرية بعيدة الأجل المذكورة في شروط التسعير في أي اتفاق[6].

لا ينظر الجمهور إلى تعدين اليورانيوم بعين الرضا، على الرغم من التحسينات الكبيرة التي حدثت خلال العقدين الأخيرين فيما يخص شروط التشغيل والحماية البيئية وصحة العامل وأمانه. إن الشفافية والانفتاح في جميع مظاهر عمليات تعدين اليورانيوم في جميع الدول ستساعد في تحسين الاهتمامات الشعبية. إن أحد معاني التدليل على تحسن المفهوم الشعبي هو إزالة التعمية في عمليات التشغيل وأحد أكثر المفاهيم فعالية لإنجاز ذلك هو تشجيع أي شخص مهتم بالاطلاع على العمليات لرؤية ما تفعله اليد العاملة تماماً. لقد أثبتت هذه الإستراتيجية فعاليتها التامة في بعض الدول.

تستخدم مناجم اليورانيوم الحديثة بعض أفضل الخبرات العالمية المتاحة في تقنية التعدين. وفي الحالات التي تكون فيها العمليات منعزلة والزيارة غير ممكنة، يجب تشجيع تقييمات طرف ثالث مستقل ويجب توفير نتائج هذه التقييمات للمراهنين. يتمتع التعدين الحديث لليورانيوم بمظاهر عديدة لتطبيقاته التي يمكن التفاخر بها. رغم ذلك، هناك قلة من خارج الصناعة يدركون هذه الخبرات والمعايير العالية للتطبيقات الحديثة. فيجب على الصناعة والحكومة أن تتشاركا في تزويد الجمهور ببيانات حقيقية حول هذه التطبيقات.

يمكن أيضاً تحسين الإدراك الشعبي من خلال جهود مستمرة لإصلاح الموروثات البيئية المتبقية الناجمة عن العمليات الهزيلة التي استخدمت عندما كان تعدين اليورانيوم يخضع بشكل أساسي لرقابة الحكومة. وفي حين أن الشركات المنتجة العاملة اليوم لا تسهم عادة في إحداث أي من تلك الآثار الموروثة وأن على الحكومات متابعة دورها لتأمين إزالة الموروثات، يمكن للصناعة الإفادة من مساهمتها في متابعة جهود إزالة الموروثات من خلال دعم هذه الجهود بتقديم الخبرة. جرى إعادة تأهيل العديد من هذه المواقع بطريقة استثنائية ذات تكاليف عالية في بعض الحالات. وقد أخفقت الجهود في البعض الآخر من المواقع[7]. تخدم مواقع الموروث غير المعالجة كرسائل تذكير بالخطر الذي قد يحدث عند تطبيق عمليات التعدين السابقة، التي لم يعد لها وجود الآن. لكن مثل هذه المواقع تؤدي إلى ترسيخ الانطباع الشعبي السيئ والإساءة إلى تلك الشركات المستخدمة للتقانات الحديثة والتطبيقات ذات الاستدامة البيئية.

وكغيرها من المظاهر الأخرى للصناعة النووية، لم يُدرَّب جيل كامل من العمال بسبب توقف النشاط لمدة طويلة في هذا القطاع. وقلة من كانوا يرون فيه مهنة مناسبة. ونظراً لتزايد الإنتاج في تعدين اليورانيوم كي يلبي الطلب المتزايد في السنوات القادمة، هناك ضرورة لتدريب جيل جديد من العاملين. بدأت بعض الشركات الكبيرة عمليات التدريب بنفسها (مثل، AREVA و Cameco و Kazatomprom)، في حين اختار البعض الآخر طلب التدريب

المقدم من قبل معاهد متخصصة، كمركز التدريب لتعدين اليورانيوم في جمهورية تشيكيا[8]. تعد القوة العاملة الماهرة ضرورة أساسية لضمان إنجاز العمليات بأعلى المعايير الممكنة، كما أن انتشار قوة عاملة ماهرة سيساهم في إبقاء إنتاج اليورانيوم وفق طاقة إنتاجية كاملة أو ما يقارب ذلك.

ويمكن لحكومات البلدان المحتوية على موارد يورانيوم ذات قيمة اقتصادية تدعم التعدين أن تساعد أيضاً في التطوير المنجمي من خلال التنسيق بين متطلبات التنظيم وتبسيط عمليات الموافقة أمام الجهات التنظيمية. كما أن متطلبات التنظيم الخلافية التي تبرز من سويات مختلفة تحتاج إلى التنسيق (تنضوي النشاطات النووية عادة تحت التشريعات الفدرالية في حين أن التعدين يقع ضمن مسؤولية محلية لأراضي الولاية أو سويات أخرى للحكومة). إن متطلبات التنظيم وتبسيط عمليات الموافقة أمام الجهات التنظيمية لتعدين اليورانيوم وتطوير المصنع ستلغي التشويش ومتطلبات التنظيم المختلف عليها أحياناً وتخفض فترات تطوير المنجم. إن ذلك لا يعني بأي حال التراخي تجاه معايير التنظيم والرقابة، إنما هو ترشيد لهذه النشاطات ليس إلاّ.

7 استنتاجات

بقدر ما يزداد الاهتمام في القدرة النووية كوسيلة فعالة من حيث تكلفة إنتاج الحمل الكهربائي الخالي بشكل أساسي من إصدارات ثنائي أكسيد الكربون، فإن توقعات النمو في القدرة المتولدة نووياً هي بطريقها للارتفاع. إن تحقق هذه التوقعات وانخفاض إتاحية المصادر الثانوية، سيجعل من الضروري لصناعة تعدين اليورانيوم أن تتوسع في إنتاج كميات كافية من اليورانيوم بطريقة ذات استدامة بيئية لهذه المنشآت المعمّرة.

إن موارد اليورانيوم الموجودة حالياً والتي تكفي حتى لمواجهة التوقعات العالية من النمو في القدرة المولّدة نووياً، تمكّن أن نتوقع زيادتها مع إشارات سوق حقيقية. ومع ذلك، إن زيادات الإنتاج، مع بعض الاستثناءات قد انخفضت بالمقارنة مع التطوير. ونظراً لأن المصادر الثانوية هي في حالة انخفاض، فسيكون من الضروري الإسراع في زيادة الإنتاج المنجمي.

ومع زيادة الإنتاج، سيتحتم على عمال مناجم اليورانيوم الاستمرار في إظهار العمليات الآمنة الاستمرار في استخدام أفضل الخبرات لإنقاص الآثار البيئية إلى سويات مقبولة. ولتطوير قاعدة مورد متين محدد مسبقاً بشكل كامل، فإن مزيداً من القبول السياسي والجماهيري يجب تحقيقه، كما يلزم اعتماد استثمارات مناسبة. إن الانفتاح والشفافية في كل من السوق والعمليات القائمة سيساعد في تحقيق التطوير الكامل لقاعدة المصدر.

يمكن أيضاً تحسين الإدراك الجماهيري للصناعة بفضل فعل حكومي مكثّف، مدعوماً بخبرة الصناعة، لحل مسائل الموروثات البيئية المتبقية الناجمة عن الأزمنة السابقة لعمليات التعدين السيئة.

إن عدم مواجهة هذه المسائل في القريب العاجل قد يعني أنه في مرحلة ما في المستقبل القريب لن تتحقق الزيادة الإضافية المطلوبة في إنتاج اليورانيوم دون بذل جهود مكثفة.

المراجع Refrences

[1] Forty Years of Uranium Resources, Production and Demand in Perspective. A Report Prepared by the OECD Nuclear Energy Agency, OECD 2006.

[2] Uranium 2007: Resources, Production and Demand. A Joint Report Prepared by the OECD Nuclear Energy Agency and the International Atomic Energy Agency, OECD 2008.

[3] Energy, Electricity and Nuclear Power: Developments and Projections - 25 Years Past and Future. International Atomic Energy Agency, Vienna 2007

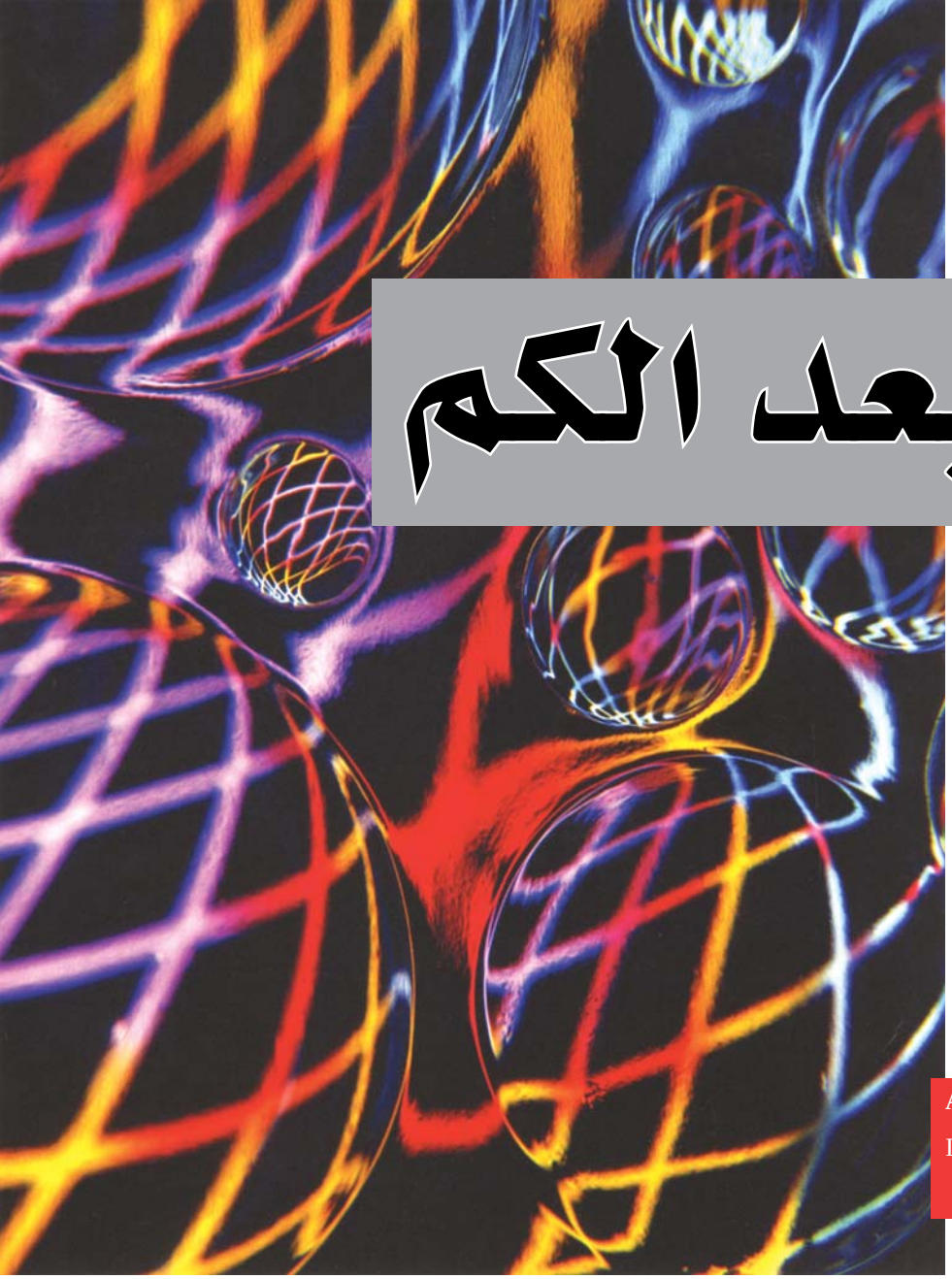
[4] Sustaining Global Best Practices in Uranium Mining and Processing - Principles for Managing Radiation, Health and Safety, Waste and the Environment, WNA Policy Document, www.world-nuclear.org.

[5] The Implementation of Sustainable Global Best Practices in Uranium Mining and Processing, Technical Meeting organized by the International Atomic Energy Agency and the World Nuclear Association, Vienna, 2008, http://www.iaea.org/OurWork/ST /N E/N EFW /nfcms_raw materials_tmbestpractices.htmI.

[6] Nuclear Fuel, Volume 34, Number 1, January 12, 2009.

[7] Uranium Mine Rehabilitation Exchange Group, Appendix 10f Uranium 2007: Resources, Production and Demand. A Joint Report Prepared by the OECD Nuclear Energy Agency and the International Atomic Energy Agency, OECD 2008.

[8] World Nuclear University School of Uranium Production, http://www.wnusup.cz/



ما بعد الكم

مازلنا لا نعرف كيف نفسّر ميكانيك الكم -ولكن هل يعني ذلك أننا لا نحتاج فعلاً إلى "فيزياء جديدة"؟ أنتوني فالنتيني Antony Valentini يكتشف من جديد فكرة، لطالما أهملت، مأخوذة عن رائد الكم لوي دو بروي قد تعطي الجواب عن هذا السؤال.

الكاتب: أنتوني فالنتيني Antony Valantini
فيزيائي نظري من الكلية الملكية Imperial College بلندن.

الكلمات المفتاحية: ميكانيك كمومي، نظرية الموجة الرائدة لـ لوي دو بروي، تفسير كوبنهاغن، مؤتمر سولفي، فيزياء جديدة.

بعد انقضاء ما يقارب الثمانين عاماً على ظهور النظرية الكمومية فإن تفسيرها لا يزال موضع خلاف وجدل قائمين. تتضمن النظرية، كما تعرض في الكتب التدريسية، مراقباً بشراً ينجز تجارب بواسطة منظومات كمومية مجهرية مستعملاً أدوات تقليدية جهرية (ماكروسكوبية). فالمنظومة الكمومية توصف بالدالة الموجية –وهي كائن رياضياتي يستعمل لحساب الاحتمالات لكنه لا يعطي وصفاً واضحاً للحالة الواقعية لمنظومة بحد ذاتها. وعلى النقيض من ذلك، فإن المراقب والأدوات توصف بصورة تقليدية ويفترض أن تتمتع بحالة محددة من الواقعية. فالمؤشر في جهاز القياس، على سبيل المثال، سيشير إلى قراءة محددة، أو إن مكشافاً للجسيمات سوف "يشتعل أو يضيء" عدداً محدداً من المرات. تبدو المنظومات الكمومية وكأنها تقطن في عالم مشوش وغير محدد، بينما عالمنا الجهري العادي ليس كذلك، حتى ولو كان هذا الأخير مبنياً بصورة جوهرية من الأول.

صيغت النظرية الكمومية كما لو أن هناك حداً محدداً ودقيقاً يفصل بين القطاعات الكمومية والأخرى التقليدية. لكن الفيزياء التقليدية ما هي سوى تقريب. وبعبارة أكثر دقة، فإن القطاع التقليدي لا وجود له أصلاً. فكيف تنبثق الحقيقة العادية (اليومية) من القطاع الكمومي

■ نُشر هذا المقال في مجلة Physics World, Vol 22, November 2009، ترجمة د. محمد قعقع، رئاسة هيئة التحرير.

لمحة سريعة: ما بعد ميكانيك الكم

- قدمت في مؤتمر سولفي المنعقد عام 1927 ثلاث نظريات جديدة عن الميكانيك الكمومي؛ لكن الفيزيائيين الحاضرين فشلوا في الوصول إلى إجماع. واليوم يبقى العديد من الأسئلة الأساسية حول الفيزياء الكمومية بدون إجابة.
- كانت نظرية لوي دو بروي المتعلقة بتحريك الموجة الرائدة واحدة من النظريات التي قدمت في المؤتمر. أهمل هذا العمل فيما بعد ولم يعط الأهمية التاريخية؛ لكن دراسات حديثة لفكرة دو بروي الأصلية قد أعادت استكشاف نظرية قوية وأصيلة.
- تنبثق النظرية الكمومية، من نظرية دو بروي، كمجموعة فرعية خاصة من فيزياء أوسع، والتي تجيز وجود الإشارات اللامحلية وخرق مبدأ الارتياب.
- يمكن أن نجد الدليل التجريبي لهذه الفيزياء الجديدة في لاتناحي الخلفية المكروموجية الكونية وبالكشف عن جسيمات رفاة مع خواص جديدة وغريبة تنبأت بها النظرية.

"اللاواقعي"؟ ما الذي يحدث للحالات الجهرية الواقعية عندما ننتقل إلى مقاييس أصغر؟ وعلى وجه الخصوص، عند أي نقطة أو مرحلة تفسح الحقيقة الجهرية الطريق للضبابية والتشويش المجهريين؟ ما الذي يحدث بالفعل داخل الذرة؟ على الرغم من التقدم الهائل الذي حصل في فيزياء الطاقة العالية وفي علم الفلك منذ الحرب العالمية الثانية، لا يوجد اليوم أي جواب محدد عن هذه الأسئلة البسيطة. إن ميكانيك الكم المعياري (القياسي) ناجح من أجل أغراض عملية، لكنه يبقى مبهماً (ill-defined) من الناحية الجوهرية.

تعرف نظرية الكم الموصوفة في الكتب التدريسية –مع عدم وجود حدود واضحة بين القطاعين الكمومي والتقليدي– بأنها "تأويل كوبنهاغن"، وقد أخذت هذا الاسم بعد معهد نيلز بور Niels Bohr ذي التأثير والنفوذ في العاصمة الدانمركية. كان هناك إجماع واسع خلال معظم القرن العشرين بأن أمور التأويل أو التفسير كان قد أوضحها بور وفرنر هايزنبرغ Werner Heisenberg في عام 1927، وأن تأويل كوبنهاغن يجب قبوله ببساطة بالرغم من غرابته الظاهرية. ولكن أمام الغموض السابق ذكره، وعلى مدى الثلاثين سنة الأخيرة أو نحوها، تبخر ذلك الإجماع ووجد الفيزيائيون أنفسهم أمام وفرة من التأويلات البديلة –والمتباعدة جوهرياً– لنظريتهم الأكثر أساسية.

واليوم، يدّعي بعض الفيزيائيين (متتبعين خطوات لوي دو بروي Loui's de Broglie في عشرينيات القرن الماضي و ديفيد بوم David Bohm في خمسينيات القرن الماضي) أن الدالة الموجية يجب أن تلحق بها "متحولات مخفية hidden variables" –وهي متحولات تحدد الحالة الحقيقية للمنظومة الكمومية تحديداً تاماً. ويدّعي آخرون أن الدالة الموجية لوحدها يجب اعتبارها بمثابة شيء حقيقي، وعندما تنتشر الدالة الموجية (كما تسعى الأمواج لتفعل ذلك) فهذا يعني أن المنظومة تتطور إلى نسخ متوازية متمايزة. أما الصورة الأحدث لتفسير هذه الدالة –وهي التي اقترحها هوف إيفريت Hugh Everett من جامعة برينسيتون في عام 1957– فهي شائعة في علم الفلك الكمومي على وجه الخصوص، ومفادها أن الدالة الموجية للكون تصف جمعاً دائم التوسع من "عوالم متعددة". وهناك نظريون آخرون، مثل فيليب بيرل Philip Pearle من كلية هاملتون في الولايات المتحدة قالوا في السبعينيات من القرن الماضي، مفترضين آلية "انهيار" (ربما تحرضها الجاذبية) تجعل كل أجزاء الدوال الموجية تختفي إلا جزءاً واحداً منها. ويواصل البعض إصراره بأن بور وهايزنبرغ كانا في النهاية على صواب إلى حد ما.

من الملفت للانتباه أن تعدد وجهات النظر في هذه الأيام يمكن أن يقارن تقريباً بما كانت عليه الأمور في بداية النظرية في عام 1927 ("عوالم متعددة" هي التأويل الرئيسي الجديد منذ ذلك الوقت). وباستعادة الأحداث الماضية، نلاحظ أن الانتباه الذي أُعطي لـ "مجموعة كوبنهاغن" حجب وجهات النظر الأخرى، التي لم تغب كلياً على الإطلاق والتي أنعشت أخيراً وأصبحت معروفة على نطاق واسع. وفي مؤتمر سولفي الحاسم، على وجه الخصوص، والمنعقد في بروكسل عام 1927، قُدِّم مالا يقل عن ثلاث نظريات متميزة تماماً في الفيزياء الكمومية ونوقشت على قدم المساواة هي: النظرية الموجية لـ دو بروي، والميكانيك الموجي لـ شرودينغر، والميكانيك الكمومي لـ بورن وهايزنبرغ.

بموجب نظرية دو بروي، تُعدّ الجسيمات (كالإلكترونات) أجساما نقطية مع مسارات مستمرة "توجهها" أو تقودها الدالة الموجية. من وجهة النظر العصرية، نستطيع القول أن المسارات هي "متحولات مخفية" (لأنه لا يمكن رؤية تفاصيلها الدقيقة في ذات الوقت). وعلى النقيض من ذلك، قدم شرودينغر نظرية تكون فيها الجسيمات عبارة عن رزم من الأمواج المحلية (المتموضعة) تتحرك في فضاء مبني كلياً خارج الدالة الموجية– وهي وجهة نظر حافلة بذكريات النظريات الحديثة لـ "انهيار" الرزمة الموجية (وإن يكن شرودينغر لم يقترح آلية انهيار). ووفقاً لبورن وهايزنبرغ، فإن كلتا الصورتين خاطئتان والفكرة المتعلقة بحالات محددة من الحقيقة (الواقعية) عند المستوى الكمومي لا يمكن الحفاظ عليها بطريقة مستقلة عن الرصد البشري.

(التفسيرات) والروايات التاريخية النموذجية، على كل حال،

إظهار الطريق قدم لوي دو بروي نظريته عن الموجة الرائدة في مؤتمر سولفي المنعقد عام 1927 في بروكسل. وكان من بين الحاضرين أينشتاين وديراك وشرودينغر وبور وباولي.

مضللة. فهي لا تتكلم إلا القليل عن نظرية دو بروي، أو عن النقاشات المكثفة التي دارت حولها في مؤتمر سولفي الذي عقد عام 1927. وهذا القليل الذي قيل حينئذ كان في معظمه غير صحيح. وفي الواقع، أخذت نظرية دو بروي بصورة أساسية من الروايات المتوفرة للفيزياء الكمومية.

لقد استغرقت نظرية دو بروي من الوقت ما يقارب ثمانين عاماً كي يُعاد اكتشافها، وتقيّم ويتم فهمها فهماً كاملاً. واليوم نحن ندرك أن نظرية دو بروي الأصلية تحتوي في طياتها فيزياء جديدة وأكثر اتساعاً، وما النظرية الكمومية العادية بالنسبة لها سوى مجرد حالة خاصة– فهي فيزياء جديدة بصورة جذرية ولربما تكون في قبضتنا وضمن إدراكنا.

برج بابل

يمكن اقتفاء أثر "التشويش الكمومي الكبير" إذا رجعنا إلى عام 1927 عندما فشل المشاركون في مؤتمر سولفي الخامس بصورة واضحة، وعلى نحو مناقض للفولكلور، من الوصول إلى إجماع (كان هذا واضحاً مما انبثق عنه تقرير المؤتمر). إن القدر الهائل من الاختلاف بين المشاركين أحرزه بول إهرينفست Paul Ehrenfest في لفتة مميزة، حيث كتب، أثناء إحدى المناقشات، على اللوح العبارة التالية من سفر التكوين (وهو الكتاب الأول للإنجيل الذي يتضمن قصص خلق العالم، وطوفان نوح، وبرج بابل والأنبياء إبراهيم وإسحاق ويعقوب ويوسف): "هلمّ، نبني لأنفسنا برجاً، تصل قمته عنان السماء؛ ودعونا نصنع لأنفسنا اسماً. وقال الرب: هلمّ نهبط، وهناك بلبل لسانهم (خلط لغتهم)، فصار الواحد منهم لا يكاد يفهم حديث الآخر".

وكما حدث مع الذين بنوا برج بابل، فقد آل الأمر إلى أن الفيزيائيين المرموقين المجتمعين في بروكسل لم يعد يفهم بعضهم حديث بعض.

وعلى كل حال، فإن معرفتنا لما حدث في المؤتمر وما تمخض عنه من آثار كارثية جاءت بأكملها، ومنذ عهد قريب، من التعليلات التي أطلقها بور وهايزنبرغ وإيهرنفست –وهي تعليلات تهمل بصورة رئيسية المناقشات الرسمية الواسعة لما جاء في التقارير المنشورة المنبثقة عن المؤتمر (proceedings). ومما كان له تأثير خاص، مقالة بور الشهيرة عام 1947 "مناقشة مع أينشتاين في المسائل المتعلقة بنظرية المعرفة"، المنشورة في Festschrift بمناسبة عيد ميلاد أينشتاين السبعين وتحتوي على تعليل بور لهذه المناقشات مع أينشتاين في مؤتمري سولفي الخامس والسادس –وهي مناقشات تركزت، حسب رأي بور، على صحة مبدأ الارتياب لهايزنبرغ (الذي يمنع إجراء قياسات آنية للموضع والاندفاع). وعلى كل حال، لم تظهر كلمة واحدة من هذه المناقشات في تقارير المؤتمر المنشورة، حيث كان فيها بور وأينشتاين صامتين نسبياً. والمبادلات (تبادل الرأي) الشهيرة التي جرت بين بور وأينشتاين كانت مناقشات غير رسمية، جرت بصورة رئيسية أثناء الفطور والغداء، ولم يسمعها سوى عدد قليل من المشاركين الآخرين.

لقد أُهملت على وجه الخصوص نظرية الموجة الرائدة pilot wave لـ دو بروي، كما إن صورتها الرفيعة في المؤتمر شُوِّهت بقسوة. وحسب ما جاء في دراسة تاريخية تقليدية لـ ماكس جامِر Max Jammer بعنوان "فلسفة ميكانيك الكم" في المؤتمر، فإن نظرية دو بروي "كان من الصعب مناقشتها على الإطلاق" و"جاء رد الفعل الجدي الوحيد من باولي"، وهي وجهة نظر مطابقة للتعليلات التاريخية النموذجية خلال القرن العشرين. ومع ذلك فإن التقارير المنشورة الصادرة عن المؤتمر تبين أن نظرية دو بروي نوقشت بالفعل بصورة موسعة؛ وفي نهاية حديث دو بروي، هناك تسع صفحات من النقاش حول نظريته؛ بينما يوجد 15 صفحة تتضمن مناقشة نظرية دو بروي من أصل 42 صفحة من المناقشة العامة (التي جرت في نهاية المؤتمر). وكانت توجد ردود أفعال جادة وتعليقات من بورن وبريلوان وأينشتاين وكرامر ولورنتز وشرودينغر وآخرين، وكذلك من باولي. فما هو بالضبط فحوى النظرية التي قدمها دو بروي؟

تحريك الموجة الرائدة

قدم دو بروي في تقريره الذي يحمل العنوان "التحريك الجديد للكموم" The new dynamics of quanta، شكلاً جديداً للتحريك من أجل منظومة مكونة من أجسام عديدة. تتعين، في هذه النظرية، حركات الجسيمات بواسطة الدالة الموجية التي سماها دو بروي "الموجة الرائدة". تخضع هذه الدالة لمعادلة الموجة الكمومية المعتادة (معادلة شرودينغر). من أجل منظومة متعددة الأجسام، تنتشر الموجة الرائدة في "فضاء تشكيل" متعدد الأبعاد، الذي يُبنى من إحداثيات كل الجسيمات المشمولة. لم تُقدر موجة دو بروي الرائدة حق قدرها في الوقت الذي ظهرت فيه، فهي نوع جديد بصورة جذرية لعامل سببي هو أكثر تجريداً من القوى التقليدية أو الحقول في فضاء ثلاثي الأبعاد.

إن قانون دو بروي لحركة الجسيمات بسيط للغاية. ففي أية لحظة، يكون الاندفاع متعامداً مع القمم الموجية wave crests (أو الخطوط ذات الطور الثابت)، وهو يكبر بصورة متناسبة كلما كانت القمم الموجية متراصة. ومن الناحية الرياضياتية، فإن اندفاع الموجة يعطى بتدرج الطور (بالنسبة لإحداثيات الموجة تلك) الخاص بالدالة الموجية الكلية. هذا هو قانون الحركة بالنسبة للسرعة، وهو يختلف تماماً عن قانون نيوتن في الحركة بالنسبة للتسارع.

كان دو بروي أول من اقترح هذا القانون عام 1923، من أجل حالة جسيم وحيد. كان دافعه إلى ذلك الوصول إلى علم تحريك موحد للجسيمات والأمواج. كانت التجارب قد أثبتت انعراج أشعة-X، والتي استنتج منها دو بروي أن الفوتونات لا تتحرك دائماً في خط مستقيم في الفضاء الخالي. لقد رأى أن هذا فشل لقانون نيوتن الأول، واستنتج من ذلك أنه يجب إنشاء شكل جديد للتحريك.

وبناء على هذا القانون الجديد للحركة، الذي طبقه على جسيمات مادية وعلى الفوتونات أيضاً، كان دو بروي أول من تنبأ بأن الإلكترونات ستخضع لظاهرة الانعراج. إن هذا التنبؤ اللافت للنظر تم تحقيقه بصورة مثيرة للإعجاب بعد أربع سنوات على يد كلينتون دافيزون Clinton Davisson وليستر جرمر Lester Germer من مختبرات بل في تجربتهما على تبعثر الإلكترونات بواسطة البلورات. وبالفعل، فقد نال دو بروي جائزة نوبل للفيزياء عام 1929 "على هذا الاكتشاف للطبيعة الموجية للإلكترونات".

إن عمل دو بروي المبكر– كما قُدم في أطروحته للدكتوراه عام 1924- كان في الحقيقة نقطة البدء لـ شرودينغر، الذي اكتشف عام 1926 المعادلة الموجية الصحيحة لأمواج دو بروي. وفي الوقت نفسه، كان دو بروي يسعى كي يستخرج قانونه في الحركة من نظرية أعمق. ولكن مع حلول عام 1927 أقنع نفسه واكتفى باقتراح تحريك موجته الرائدة بمثابة إجراء مؤقت (تماماً كما اعتبر نيوتن نظريته في الفعل التثاقلي عن بعد كإجراء مؤقت).

بيَّن دو بروي كيف نطبق تحريكه لتفسير ظواهر كمومية بسيطة. لكن الكثير من التفاصيل والتطبيقات كانت مفقودة. وعلى وجه الخصوص، لا يبدو أن دو بروي اعترف أن تحريكه هذا كان غير محلي بصورة يتعذر معها تبسيطه irreducibly non-local. ولم يكن هذا معترفاً به من قبل أي ممن حضر المؤتمر. إن فعل الموجة في فضاء تشكيل متعدد الأبعاد يكون بحيث إن عملية محلية على جسيم سيكون لها تأثير فوري على حركات الجسيمات (البعيدة) الأخرى.

بينما أجاب دو بروي تقريباً على كل الاستفسارات العديدة التي طرحت في بروكسل حول نظريته (مع بعض المساعدة من ليون بريلوان)، فقد كان مستاء طوال العام 1928. وعلى وجه الخصوص، لم يفهم كيف يعطي تقييماً عاماً للقياس في نظرية الكم. ولكي يقوم بذلك يتطلب الأمر أن يعامل التحريكُ، الذي يطبق على عملية القياس، المنظومةَ والجهازَ معاً كمنظومة واحدة أكبر من الأولى. ولم تُقَدَّر هذه النقطة حق قدرها حتى جاء العمل الذي أنجزه بوم في العام 1952. وفضلاً عن ذلك فقد كان دو بروي مرتبكاً وقلقاً من مسألة أن يكون لديه موجة في فضاء تشكيلة تؤثر على الحركة لمنظومة مستقلة. وعلى الرغم من ذلك فقد بقي ميالاً للشك بشأن تأويل كوبنهاغن.

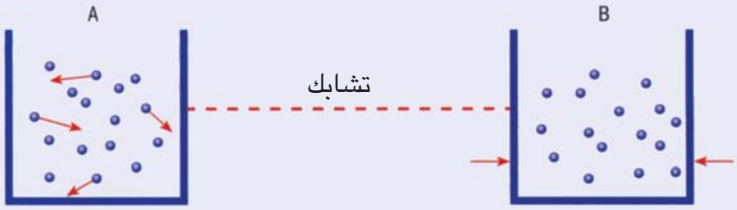
انبعاث نظرية دو بروي

أحييت نظرية الموجة الرائدة لـ دو بروي في العام 1952 عندما استعملها بوم لوصف قياس كمومي عام (من أجل إعطاء مثال على حساب ذرة ما). بيّن بوم أن النتائج الإحصائية التي حصل عليها مماثلة لنتائج نظرية الكم التقليدية –إذا فرضنا أن مواضع كل الجسيمات المشمولة (المشكِّلة "للمنظومة" و"الجهاز" معاً) لها توزيع قانون بورن، أي توزيع متناسب مع مربع سعة الدالة الموجية (كما تظهر في نظرية الكم التقليدية).

إن ناتج تجربة كمومية واحدة، في نظرية الموجة الرائدة، تتعين

من حيث المبدأ بالمواضع المضبوطة ("متحول مخفي" hidden variable) لكل الجسيمات المشمولة. إذا أعيد إجراء التجربة عدة مرات، فلنتائجها امتداد إحصائي سببه الامتداد في التوزيع الابتدائي لمواضع الجسيمات.

وفوق ذلك، لاحظ بوم أن النظرية هي غير محلية: أي إن حصيلة القياس الكمومي على أحد الجسيمات بمكن أن تعتمد بصورة آنية على العمليات الجهرية الجارية على جسيم بعيد– وهو ما نسميه الفعل "الشبحي" عن بعد "spooky" action-at-a-distance.



القدر الكمومي

صندوقان متشابكان من الجسيمات. إن فعلاً محلياً عند الصندوق B – كتحريك جدران الصندوق مثلاً– يحرض تغيراً فورياً في حركات الجسيمات في الصندوق A، ومن ثم يحدث على العموم تغيرٌ عند الصندوق A. ومن أجل الحالة الخاصة لتوزيع توازني، يؤول متوسط التأثرات عند A إلى الصفر.

استرعت هذه الصورة انتباه الفيزيائي النظري جون بِل John Bell من أيرلندا الشمالية، الذي خصص عدة فصول لنظرية الموجة الرائدة في كتابه الذي صدر عام 1987 والذي يتسم بالوضوح والدقة ويحمل العنوان: ما يوصف وما لا يمكن وصفه في ميكانيك الكم speakable and unspeakable in quantum mechanics. هنا كانت صياغة لميكانيك الكم أعطت وصفاً دقيقاً وموحداً للعالمين المجهري والجهري، وكانت تعامل فيها المنظومات والجهاز والمراقبين (من حيث المبدأ) على قدم المساواة.

لكن النظرية كانت غير محلية بصورة صارخة. وكما هو معلوم، فقد بين بل في عام 1964 أن بعض التعالقات الكمومية تتطلّب من أي نظرية ذات متحولات مخفية أن تكون غير محلية (بناء على بعض الفرضيات المعقولة). وعلى مدى عقود عديدة كان ينظر إلى هذا بمثابة ضربة لطريقة المتحولات المخفية، حيث إن العديد من الفيزيائيين كانوا يعتقدون أن اللامحلية كانت غير مقبولة. ولكن اليوم صار من المعترف به وبصورة متزايدة (إذا تركنا جانباً تأويل العوالم المتعددة) أن نظرية الكم نفسها غير محلية– لطالما حرص بِل كل الحرص على تأكيدها. تبدو اللامحلية وكأنها مظهر للعالم، وهي ميزة لنظرية الموجة الرائدة لتقدم تعليلاً لها.

أوضح بِل بجلاء أن الموجة الرائدة هي "مجال مُدرك بالحواس حقيقي" في فضاء التشكيلة، وليست مجرد شيئ رياضياتي أو موجة احتمال. إن العمل الذي يجريه ألبرتو مونتينا Alberto Montina في جامعة فلورنسا (هو الآن في معهد المحيط للفيزياء النظرية في كندا Canada's Perimeter Institute for Theoretical Physics) يقترح أن أي نظرية ذات متحولات مخفية معقولة (حتمية deterministic) يجب أن تحتوي على عدد من درجات الحرية المستمرة يساوي على الأقل العدد الموجود في الدالة الموجية –وعليه لا يمكن أن تكون بهذا المفهوم "أبسط" من نظرية الموجة الرائدة.

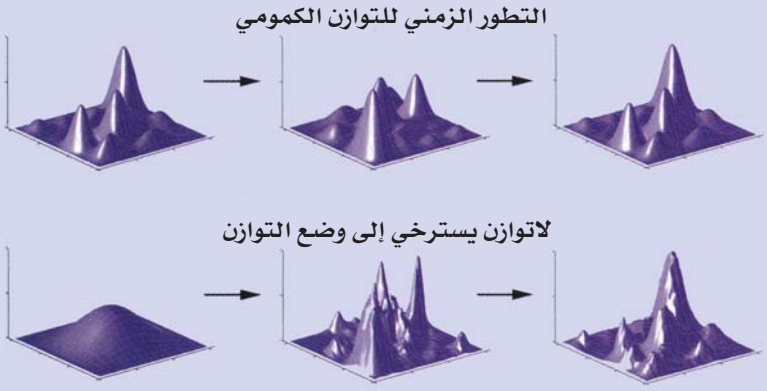
ماذا لو كانت نظرية الموجة الرائدة صحيحة؟

لا نزال حتى اليوم لا نعلم ما هو التأويل الصحيح لنظرية الكم. لذا فإنه من المفيد أن نبقي عقولنا منفتحة، ونتحرى البدائل الأخرى المختلفة. ماذا لو كان تحريك الموجة الرائدة لـ دو بروي وصفاً صحيحاً للطبيعة (أو على الأقل صحيحاً بصورة تقريبية)؟ وهنا أيضاً كان يوجد سوء فهم. يُظن عادة أن علينا أن نقبل أن تفصيلات مسارات الجسيمات لا يمكن قياسها أبداً، وأنه لا يمكن أبداً التحكم بالأفعال غير المحلية. إن هذا الاعتقاد مبني على الحقيقة التي مفادها أنه مع توزيع قانون بورن لمواضع الجسيمات فإن القياسات في التطبيق العملي يحدّها مبدأ الارتياب. وإن العديد من العلماء يشعرون بحق أنهم غير قادرين على قبول نظرية لا يمكن أبداً اختبار تفاصيلها تجريبياً.

تبدو اللامحلية سمة من سمات العالم، وهي مزية لنظرية الموجة الرائدة كي تعطي تقديراً واضحاً عنها .

وعلى كل حال، فإن الاستنتاج الصحيح الذي نخرج به هو أن نظرية الكم هي مجرد حالة خاصة لفيزياء أكثر اتساعاً –فيزياء يكون فيها التأشير signaling (إرسال الإشارات) غير المحلي (أي بسرعات أكبر من سرعة الضوء superluminal) ممكناً، ويمكن أن يكون فيها مبدأ الارتياب منتهكاً. وبالإضافة إلى ذلك، فإن النظرية

الاسترخاء والتوازن الكمومي



يمكن أن نفهم التوازن الكمومي على أنه ناشئ عن عملية تحريكية للاسترخاء (شبيهة إلى حد بعيد بالاسترخاء الحراري في الفيزياء التقليدية). ويؤكد هذا المحاكيات العددية لحالة بسيطة لجسيمات في صندوق ثنائي البعد، انظر الشكل أعلاه. من أجل دالة موجية ابتدائية أي انضمام 16 نمطاً (أو أنماط أمواج مستقرة)، تكون المسارات غريبة الأطوار، كما أن توزيعاً لا توازنياً ابتدائياً لجسيمات (مأخوذة هنا على أنها مربع جيب بسيط) تقترب بسرعة من وضع التوازن– كثيراً ما تشبه، في شروط ملائمة، توزيعاً لا توازنياً لجسيمات تقليدية في صندوق تسعى لكي تصل إلى وضع التوازن بسرعة.

إن نظرية الموجة الرائدة، كما صاغها لوي دو بروي، ليست بعدئذ مجرد صيغة أخرى (بديلة) للنظرية الكمومية. بل على العكس من ذلك، فالنظرية نفسها تخبرنا بأن الفيزياء الكمومية هي "توازن" خاص لفيزياء "لا توازنية" أكثر اتساعاً.

لكن ماذا ستشبه هذه الفيزياء الجديدة؟ وأين يمكن أن توجد؟ ومرة أخرى نقول، النظرية نفسها تخبرنا عن الجواب.

نفسها تشير بصورة طبيعية إلى مكان وجود هذه الفيزياء. إذا تذكرنا أن نظرية الموجة الرائدة تعطي النتائج المرصودة ذاتها كما تعطيها نظرية الكم التقليدية إذا كان للمواضع الأولية للجسيمات توزيعاً هو توزيع قانون بورن النموذجي. ولكن لا يوجد شيء في تحريك دو بروي يتطلب وضع هذه الفرضية. لا يمكن لفرضية حول الشروط الابتدائية أن تكون لها منزلة بديهية في نظرية للتحريك.

إن التشابه مع الفيزياء التقليدية مفيد هنا. فمن أجل صندوق للغاز، ليس هناك من سبب للتفكير أن الجزيئات يجب أن تكون موزعة بانتظام داخل الصندوق بانتشار منتظم في سرعاتها. إن ذلك سيؤدي إلى قصر الفيزياء التقليدية على التوازن الحراري، في حين هي في الحقيقة نظرية أوسع من ذلك بكثير. وبالمثل، فإن توزيع "التوازن الكمومي" في نظرية الموجة الرائدة –حيث تتوزع مواضع الجسيمات وفقاً لقانون بورن– ماهو إلا حالة خاصة. من حيث المبدأ، تسمح النظرية لتوزيعات "لاتوازن كمومي" أخرى، تكون من أجلها التنبؤات الإحصائية للنظرية الكمومية منتهكة– تماماً مثلما ستختلف عن الحالة الحرارية تنبؤات ترجحات الضغط بالنسبة لصندوق الغاز التقليدي البعيد عن التوازن الحراري، إن المنزلة التي يحظى بها التوازن الكمومي في تحريك الموجة الرائدة هي نفسها التي يحظى بها التوازن الحراري في التحريك التقليدي. التوازن هو مجرد حالة احتمالية ممكنة، وليس قانوناً.

الفيزياء الجديدة للاتوازن الكمومي

لقد قلنا أن نظرية الموجة الرائدة تحتوي الفعل عن بعد. وعلى وجه الخصوص، فإن حصيلة قياس كمومي على أحد الجسيمات يمكن أن تعتمد على العمليات الجهرية المنجزة على جسيم بعيد. يحدث هذا، بوجه خاص، عندما تكون الدالة الموجية للجسيم "مشبوكة" entangled. وفي حالة التوازن، فإن لهذا التأثير غير المحلي قيمة وسطى تساوي الصفر ولا يمكن أن ترسل إشارة من الناحية العملية. ولكن هذا "الإلغاء" هو مجرد سمة (صفة مميزة) لحالة التوازن، وليس سمة أساسية للعالم.

قد يكون التشابه مع قطع العملة المعدنية مفيد هنا. لننظر في صندوق يحتوي عدداً كبيراً من القطع النقدية، تظهر كل قطعة منها إما وجهها أو قفاها. تخيل أن شخصاً ما بعيداً جداً يصفق بيديه، وأنه من خلال "فعل عن بعد (شبحي)" انقلبت كل قطعة منها رأساً على عقب. فإذا كانت نسبة الوجوه إلى الأقفية للقطع النقدية في البدء متساوية، فإن نسبة الوجوه إلى الأقفية بعد انقلابها ستبقى متساوية، ولن يلاحظ الانقلاب الشبحي على المستوى الإحصائي. أما إذا بدأت القطع النقدية بتوزيع "لا متوازن" –ولنقل 10% وجوه و 90% أقفية– فإن أثر الانقلاب سيكون ملحوظاً من الناحية الإحصائية، لأن النتيجة بعدئذ ستكون 90% وجوه و10% أقفية.

يحدث شيء مشابه في نظرية الموجة الرائدة من أجل أزواج من الجسيمات المشبوكة، كما يبين الشكل 1. إن فعلاً محلياً عند B يسبب استجابة فورية في الحركة لكل جسيم بعينه عند A. وفي النتيجة، يتغير بشكل عام توزيع مواضع الجسيمات عند A –إلا في

الحالة الخاصة للتوازن، حيث لا يوجد من أجلها تغير صاف (على المستوى الإحصائي).

وهكذا، إذا كان لدينا تجمع ضخم من الجسيمات في حالة اللاتوازن، فباستطاعتنا عندئذ أن نستعملها للتأشير العملي عند سرعات أكبر من سرعة الضوء. يمكن استعمال مثل هذه الإشارات لمواقتة الساعات– سيكون هناك تواقت مطلق. في نظرية الموجة الرائدة لفيزياء الطاقة العالية، تبرز نظرية النسبية فقط في حالة التوازن حيث تختفي مثل هذه الإشارات.

كما يمكن أن نبين أن جسيمات اللاتوازن يمكنها أن تنجز قياسات "تحت كمومية" subquantum على جسيمات (توازن) عادية، قياسات تخرق مبدأ الارتياب وتسمح لنا بقياس المسار من دون أن تحدث اضطراباً في الدالة الموجية. وبصورة أساسية، فإن غياب الضجيج الكمومي في "جسيمات السبر" probe particles الخاصة بنا ستمكن المجرب من مراوغة الضجيج الكمومي في الجسيمات التي يجري سبرها. إن مثل هذه القياسات ستؤدي إلى انتهاك القيود الكمومية النموذجية، كتلك التي تقوم عليها الإجراءات الأمنية للتعمية الكمومية.

ولكن إنجاز هذه العمليات الجديدة المتميزة يتطلب في المقام الأول أن نجد منظومات لا توازن. أين يمكن أن نجد هذه المنظومات؟

إن للذرة في المختبر، على سبيل المثال، ماضٍ يمتد إلى تشكل النجوم أو حتى ما قبل ذلك، وفي أثناء ذلك كان هناك فرصة للذرة تفاعلت فيها بصورة واسعة مع منظومات أخرى. تقدم هذه الحقيقة الكونية الأساسية تفسيراً طبيعياً للضجيج الإحصائي الموجود في المنظومات الكمومية. وفي الحقيقة، كانت توجد فرصة متاحة للمنظومات المجهرية كي تسترخي إلى حالة التوازن الكمومي، كما هو موضح في المؤطر. وبعبارة أخرى نقول، إذا عرفنا الحقائق الأساسية للفيزياء الفلكية وعلم الكون، يمكن للمرء، معتمداً على أساس نظرية الموجة الرائدة لـ دو بروي، أن يتوقع أن يجد الضجيج الكمومي الذي نراه جميعاً من حولنا حقاً.

بالعودة إلى التشابه مع صندوق القطع النقدية، فالأمر هو كما لو أن الصندوق قد رُجّ بعنف لمدة طويلة، بحيث تكون القطع النقدية قد وصلت فيها نسبة الوجوه إلى القفوات إلى حالة "التوازن" فصارت نسبة متساوية منذ زمن بعيد. وبالإضافة إلى ذلك، فإن كل صناديق القطع النقدية التي يمكننا الوصول إليها تكون قد خضعت لمثل هذا الرجّ العنيف والطويل.

يبدو من الطبيعي أن نفترض أن الكون بدأ بحالة لا توازن، مع استرخاء إلى توازن كمومي يأخذ مجراه خلال اتقاد (عنف) الانفجار العظيم. وبناء على وجهة النظر هذه، يكون الضجيج الكمومي هو ما تبقى من الانفجار العظيم –أي جزء من "السجل الأحفوري" الكوزمولوجي (الكوني)، ويشبه إلى حد ما الخلفية المكروية الكونية (CMB) التي تملأ عالمنا اليوم.

السؤال الحاسم هو ما إذا كانت حالة اللاتوازن قد تركت آثاراً أو بقايا يمكن مشاهدتها اليوم. بمعرفة الاسترخاء الفعال الذي نراه في الشكل الموجود في المؤطر، قد يُظن أن أي لا توازن ابتدائي سيسترخي بسرعة ويختفي من دون أن يترك أي أثر. لكن المحاكاة المبينة في الشكل هي لخلفية زمكان (مكان–زمان) ساكن. وعلى النقيض من ذلك، ففي وقت مبكر من الكون، علينا أن نأخذ بالحسبان حقيقة أن الكون يتوسع بسرعة. في عام 2008 بيّنتُ أن هذا يمكن أن يجعل اللاتوازن الكمومي الابتدائي "يتجمد" عند طول موجي كبير جداً (حيث تكون، بصورة تقريبية، سرعات دو بروي صغيرة جداً من أجل حصول الاسترخاء). هذه النتيجة تجعل من الممكن استخراج توقعات كمية لانحرافات عن النظرية الكمومية، في سياق نموذج كوزمولوجي cosmological model معطى.

تبقى التنبؤات المفصلة بحاجة للاستخراج، لكن هناك طريقان بديهيان ينبغي تحريهما. الأول، وفي سياق علم الكون التضخمي inflationary cosmology، فإن اللاتوازن الكمومي في مستهل التضخم سوف يعدّل طيف سماء الخلفية المكروية الكونية (CMB) – البقع الساخنة والباردة التي تظهر في الشكل 2. وبعبارة أخرى، فإن قياسات الخلفية المكروية الكونية يمكن أن تختبر وجود لا توازن كمومي أثناء الطور التضخمي. الثاني، وهو الإمكانية الأكثر إثارة وهي أن بعض الجسيمات الغريبة في الكون المبكر جداً توقفت عن التآثر(التفاعل) مع جسيمات أخرى قبل أن يكون لديها الوقت الكافي للوصول إلى حالة التوازن. ربما لا تزال هذه الجسيمات "الرّفاة" relic particles موجودة حتى الآن. ولو استطعنا أن نجدها، فإنها

ستنتهك قوانين ميكانيك الكم المألوفة. (بالتشابه مع صناديق القطع النقدية، يمكن أن تكون بعض الصناديق قد رُجّت لمدة قصيرة الأمر الذي حال دون وصول نسبة الوجوه إلى الأقفية إلى نسبة متساوية.)

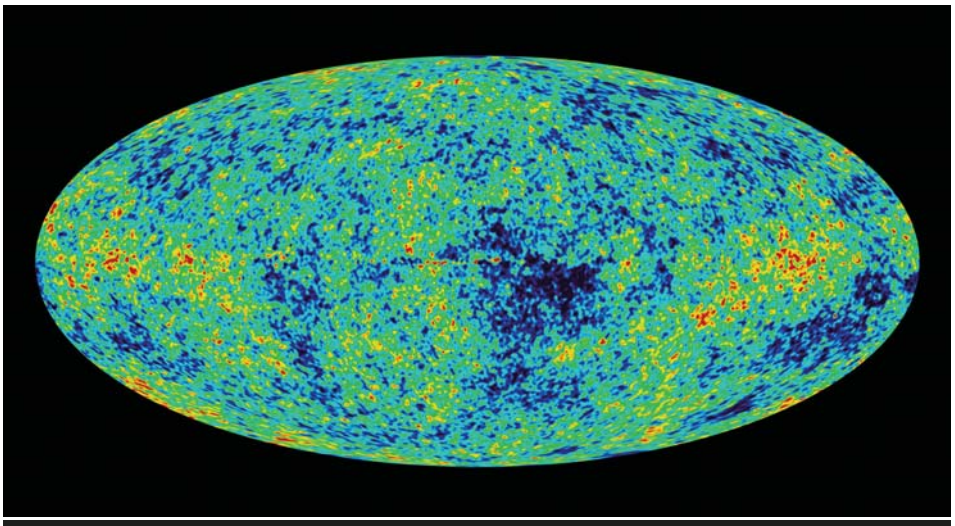
التآمر الكمومي

إن وجهة نظرنا عن نظرية دو بروي تقدم منظوراً جديداً جداً، وذلك وفق ما تمخضت عنه فيزياؤنا الكمومية المحلية واللاحتمية من خلال عمليات الاسترخاء بعيداً عن الفيزياء اللامحلية والحتمية بصورة أساسية، وهي الفيزياء التي حُجِبت تفاصيلها الآن بواسطة الضجيج الإحصائي الذي يتخلل كل شيء. وحالما يقترب وضع التوازن، فإن إرسال الإشارات بسرعات أكبر من سرعة الضوء يضمحل ويأخذ مكانه عدم اليقين (الارتياب) الإحصائي. فتكون السمات الأساسية لما نعتبره نحن بمثابة القوانين الفيزيائية– مثل المحلية، وعدم اليقين ومبادئ نظرية النسبية– هي مجرد سمات لحالتنا الراهنة وليست سمات أساسية للعالم.

ولكن السؤال هل هناك أي دليل مستقل يفيد بأننا مقيدون بأي حالة إحصائية خاصة؟ يمكن القول نعم يوجد. تبدو الفيزياء الحديثة وكأنها تحتوي على "مؤامرة" تمنع الآثار الكمومية غير المحلية من استخدامها لإرسال إشارة. لماذا ينبغي أن تكون اللامحلية مختبئة بهذه الطريقة؟ يمكن تفسير المؤامرة كأنها خصوصية للتوازن، حيث يتم فيها غسل الآثار اللامحلية– أو أن يكون لها قيمة وسطى تساوي الصفر– بواسطة ضجيج إحصائي. بعيداً عن التوازن، تصبح اللامحلية قابلة للسيطرة وتختفي "المؤامرة".

لوضع هذا في الصورة، لنتذكر أن بعض النظريين كانوا في القرن التاسع عشر قلقين بشأن "موت الحرارة الترموديناميكية". في المستقبل البعيد ستنطفئ في النهاية النجوم وستصل كل المنظومات إلى التوازن الحراري بعضها مع بعض، بعد أن تتوقف كل الأنشطة الهامة. في عالم كهذا، وفي غياب فروق في درجة الحرارة سيكون من المستحيل تحويل الحرارة إلى عمل– وهذا قد يعني بأن هناك احتمال بحدوث الحالة وليس قانوناً من قوانين الفيزياء. إذا كان تحريك دو بروي صحيحاً، فعندئذ سيكون التماثل تحت الكمومي للموت الحراري التقليدي قد حدث فعلاً قبل الآن في عالمنا، ومن المحتمل أن يكون ذلك في وقت ما في الماضي البعيد. في هذه الحالة الخاصة، من المستحيل أن نحول التشابك إلى إشارة لامحلية– وهذا قد يفيد أيضا بوجود احتمال بوقوع الحالة وليس قانوناً من قوانين الفيزياء.

إن التطور البطيء والمتقطع لنظرية الموجة الرائدة يذكرنا بالتطور الذي حدث للنظرية الحركية للغازات. إن العمل الذي أنجزه دانييل برنولي في القرن الثامن عشر، وكذلك عمل جون وطسطن وآخرين في أوائل القرن التاسع عشر، أهمل في الأغلب إلى أن تبنّى رودولف كلاوزيوس تلك الأفكار عام 1857. وقد استغرق إنجاز مزيد من العمل عقوداً كي تنتج النظرية التنبؤ بالحركة البراونية القابل للرصد، وتم ذلك على أيدي مكسويل، وبولتزمان، وجيبس وأينشتاين، وآخرين. أما إلى أي مدى سيعيد التاريخ نفسه فهذا ما ننتظر رؤيته في المستقبل.



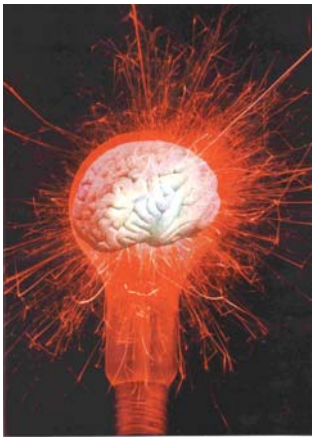
سرير اختبار

خريطة كل السماء للاتاحيات درجة حرارة الخلفية المكروية الكونية (CMB)، كما قاسها ساتل مسبار ويلكينسون للا تناحي المكروية (WMAP). يمكن استعمال قياسات CMB لوضع حدود على انتهاكات النظرية الكمومية في اللحظات المبكرة جداً للكون.

النواظم الدماغية

تطلق شرارة الشفاء

بقلم مورتن ل. كرينغلباخ وتيبو ز. عزيز



النواظم الدماغية علاج كهربائي للأسقام

مدة شريط الفيديو ليست طويلة مجرد دقيقتين لا أكثر، لكنه مشاهد تلفزيونية حقيقية كأي شيء واقعي سبق لك أن رأيته بأم عينك. رجل في منتصف الخمسينيات من عمره، تبدو عليه أمارات اللطف، عباراته واضحة، يقف قبالة الكاميرا وهو يتحدث لمدة قصيرة عن إجراء طبي بحيازته. كان يحمل في يده شيئاً بدا كأنه جهاز تحكم عن بعد. وبمنتهى اللطف قال "سأطفئ نفسي الآن". كبس الرجل أحد الأزرار في جهاز التحكم، فانطلق صوت صفارة، وبدأت ذراعه اليمنى بالاهتزاز، ومن ثم صارت تخفق بعنف. بدا الأمر كما لو أن إعصاراً بيولوجياً ابتلعه، أو ربما كأن ذراعه مصنوعة من قش تتقاذفها بعض الأرواح الشريرة. وبصعوبة استطاع أن يقبض على ذراعه اليمنى المضطربة بيده اليسرى، وبالتدريج تمكن من كبح جماح يده المضطربة، وكأنه يهدئ من روع طفل انتابته نوبة غضب شديد. كان يتنفس بصعوبة، ومن الواضح أنه لم يعد يقوى على الاستمرار في التنفس لمدة أطول. تمكن من الوصول إلى جهاز التحكم وقد بدا عليه ملامح اليأس ثم أفلح بكبس الزر ثانية فانطلق صفير رخيم وفجأة انتهى كل شيء، وعاد الرجل سيرته الأولى.

ترى الرجل هادئاً ثم لا يلبث أن يصاب بالهيجان ومن ثم يعود إلى الهدوء وكل ذلك من خلال كبسة زر. ومرة بعد مرة وكلما تكرر هذا الأمر فإنه يزداد رسوخاً ويكاد يصل إلى حد المعجزة. إنه ضرب من الأحداث تتوقع رؤيته تحت سقف خيمة للترويح عن النفس وليس في جناح الأمراض العصبية في مشفى بريطاني. وما إن ترى هذا الحدث لمرة واحدة، ستنطبع في ذهنك صورة لن تنساها عن داء باركنسون Parkinson's disease. إن كلمة "الرعاش tremor" لا تعبّر عن حقيقة الابتلاء الذي يحيق بالناس إذ إن ما ألم بأجسادهم يجعلهم يكتوون بنار معاناة فظيعة. بيد أن هذا المشهد، والذي يصوره لنا مريضنا، يزود المشاهدين بمعلومات لا تقتصر على الداء فحسب؛ فهو يدخل السرور إلى القلب كونه نافذة على تقنية طبية ناجعة تعرف باسم التنبيه الدماغي العميق deep-brain stimulation (بإمكانك مشاهدة الفيديو على الموقع www.kringelbach.dk/nrn).

إن تطبيق تيار كهربائي على الدماغ من خلال تنبيه المناطق الدماغية العميقة يخفف من وطأة داء باركنسون Parkinson's disease ، ويقلل من شدة الألم، ويفرج كُرَبَ المكتئبين، وغير ذلك من الابتلاءات.

ودون مقدمات يحصل تحول جذري هو السمة المميزة للتنبيه الدماغي العميق. تتألف المعالجة، وهي أساساً ناظم خطا مخصص

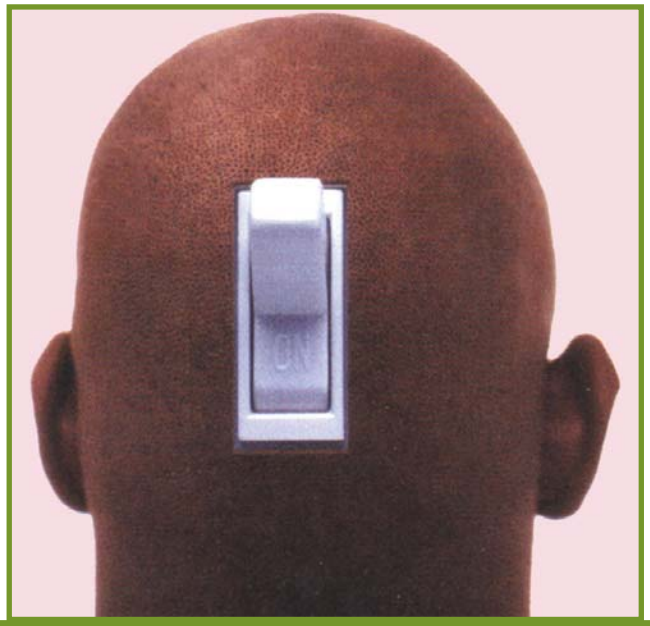
● أي أنه أطفأ الجهاز الذي من خلاله يسيطر على تلك الحركة التي تنتاب يده دون إرادة منه.

■ نُشر هذا المقال في مجلة Scientific American Mind, December 2008/ January 2009، ترجمة د. ابراهيم حاج باكير.

في الثمانينيات من القرن الثامن عشر لاحظ لويجي غالفاني Luigi Galvani أن تطبيق تيار كهربائي على العصب الإسكي (الوركي) sciatic nerve يجعل ساق ضفدع ميت ترتعش.

للدماغ، من جهاز يخاله المرء جزأين بسيطين. يقوم أحد الجراحين بغرز سلك أو سلكين في مناطق مختارة بحرص بالغ عميقاً داخل المادة الدماغية، ومن ثم يقحم بطارية صغيرة تماماً تحت الجلد المجاور للترقوة collarbone. تنتقل الذبذبة الكهربائية من البطارية لتصل إلى أربعة مسارٍ (إلكترودات) electrodes متوضعة عند طرف كل سلك. وعادة ما تظهر التأثيرات والمريض مازال على طاولة العمليات – أي زوال الرعاش، أو استرداد المقدرة على المشي، أو يجد بعض المرضى المصابين باكتئاب معند على المعالجة ما يحفزهم للإقبال على الحياة.

لقد ظهرت تقنية التنبيه الدماغي العميق في فترة التسعينيات من القرن الماضي ومنذ ذلك الحين طبّق الجراحون هذا الإجراء على ما يزيد عن 35.000 حالة معظمها للتخفيف من وطأة داء باركنسون Parkinson's disease والاضطرابات الأخرى المتعلقة بالحركة. إن هذا الإجراء لا يؤدي إلى الشفاء وإنما بإمكانه أن يخمد الأعراض المرضية لسنوات عديدة. مؤخراً، ولأن المساري أصبحت أكثر أماناً وغدت البطاريات أصغر حجماً وتدوم لمدة زمنية أطول كما أن التقدم الحاصل في تقنيات التصوير الدماغي كالتصوير بالتجاوب المغنطيسي جعل من الممكن زرع الإلكترودات (المساري) بدقة بالغة، لذلك كله شرع المختصون بالجراحة العصبية يختبرون التقنية كوسيلة للتخفيف من وطأة عدد كبير من الأمراض.



فمن خلال هذه التقنية صار بمقدور الأطفال المصابين بعسر المقوية (سوء الوتار)dystonia ، وهو اضطراب حركي مقعد، أن يستغنوا عن كرسيهم المتحرك وأن يمارسوا حياتهم الطبيعية. كما أن هذا الإجراء أدى وبشكل فوري إلى زوال معاناة المرضى المصابين بالصداعات العنقودية

حقائق سريعة

التداوي بالكهرباء The Electric Cure

1. تتواصل الخلايا الدماغية، التي تسمى عصبونات neurons، مع بعضها بعضاً من خلال السيالات الكهربائية.
2. في تقنية التنبيه الدماغي العميق، تقوم البطارية المزروعة في صدر الشخص بإيصال نبضات ثابتة من الكهرباء إلى مناطق محددة من الدماغ. يؤدي التيار الكهربائي الاصطناعي إلى إيقاف أو تصحيح الفعالية الكهربائية المضطربة والتي تكمن وراء حدوث الأمراض. وبوسع الأطباء أن يعدلوا سرعة موجة النبضات وشدتها وطولها ليحصلوا على التأثير المطلوب.
3. باعتبار أن التنبيه الدماغي العميق أثبت جدواه كوسيلة لإيقاف الرعاشات التي يُبتلى بها مرضى داء باركنسون، يبدو أنه يبشر باستخدامه لعلاج مجموعة أخرى من الأسقام، لاسيما حالات الألم المزمن والاكتئاب.

● **داء باركنسون Parkinson's disease**: هو مرض استحالي تنكسي في الجملة خارج الهرمية، ويعد من أهم الأمراض الاستحالية في الجهاز العصبي المركزي، ويتميز بنقص كمية الدوبامين الناجم عن تنكس العصبونات الدوبامينية وموتها في المادة السوداء وبالتالي يغيب التأثير المثبط للدوبامين في مستوى الجسم المخطط والقشرة الدماغية ما يؤدي إلى بطء الحركة الإرادية والأوتوماتيكية (التلقائية) وفرط المقوية العضلية، أما الرجفان العفوي المشاهد في داء باركنسون فمرده إلى فرط نشاط أسيتيل كولين في مستوى الكرة الشاحبة. يبدأ المرض عادة بعد سن الأربعين ويتميز بالثالوث السريري (الرجفان العفوي، والصمل خارج الهرمي، وبطء أو قلة الحركة).

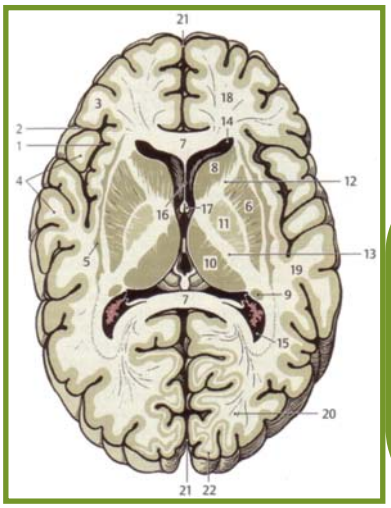
● **عسر المقوية (سوء الوتار) dystonia**: هي أحد أشكال اضطرابات الحركة، وتحدث نتيجة التقلصات العضلية المزمنة في عضلات الجذع والتي يمكن أن يشار إليها على شكل كنع دان (حركات كنعية في العضلات القريبة).

cluster headaches وغير ذلك من أنواع الآلام المتواصلة. تبدو تلك التقنية كما لو أنها عذاب يبشر بالخلاص من بعض الاضطرابات النفسية psychiatric disorders، لاسيما المراحل المتقدمة من الاكتئاب depression واضطراب الوسواس القهري obsessive-compulsive disorder ومتلازمة توريت Tourette's syndrome. كما اختبرت فعاليتها لعلاج حالات القهم العصابي anorexia والسمنة obesity. ويفترض بعض علماء الأعصاب أن تلك التقنية تساعد على إيقاف التدهور الحاصل في ذاكرة المرضى المصابين بداء ألزهايمر Alzheimer's disease. ما الدماغ إلا جهاز كهربائي ليس من الصعب أن يصاب بعطل ما بحيث يتعذر عليه نظرياً الاستفادة من النبضات الكهربائية الموزونة بدقة بالغة. ويوماً بعد يوم يزداد عدد التجارب السريرية للتنبيه الدماغي العميق – وهي اختبارات أولية على عينات صغيرة من المرضى – في عدد من المشافي حول العالم، من كليفلاند و تورنتو إلى بريستول وغرينوبل وميلان.

وبالرغم مما تحقق مؤخراً من إنجازات في هذا المضمار إلا أن التنبيه الدماغي العميق لم يبلغ بعدُ من الناحية التقنية سنَّ النضج. فالأجهزة المتوفرة حالياً مبرمجة لإيصال نبضات ثابتة مستقرة من التيار الكهربائي. إلا أنه من المتوقع خلال العقد المقبل أن تتوافر أجهزة أكثر " احترافاً " بحيث يتمكن المرء من إشعال نفسه وإطفائها حسب الحاجة، لتكون القدرات العلاجية للجهاز مواكبة للتغيرات التي تطرأ على دماغ المريض دقيقة بدقيقة.

كهرباء الجسد

كثيراً ما يقول المرء عندما يريد التهوين من الصعوبة التي يجدها في أداء إحدى المهمات " مهما كانت صعوبتها فلن تبلغ صعوبة عمل جراحي للدماغ." وما ذلك إلا لسبب منطقي، فعلى الرغم من اتساع معارفنا عن الدماغ فما يزال الكثير من الأسرار منطمراً داخل نسيج تملؤه التجاعيد يزن ثلاثة أرطال هو مقر الوعي عند البشر ولا مناص أمام علماء الأعصاب من إكمال مشوارهم مع هذه التركيبة التي تجمع ما بين سمات من التواضع وخصال من العجرفة.



مقطع أفقي للدماغ يمر عبر المخطط الجديد neostriatum يبين مواضع العقد القاعدية:

1الحفرة المخية الوحشية، 2 الثلم الوحشي، 3 الوصاد الجبهي، الوصاد الصدغي، 5 العائق، 6 الأتبة (اللحاء)، 7 الجسم الثفني، 8 رأس النواة المذنبة، 9 ذيل النواة المذنبة، 10 المهاد، 11 الكرة الشاحبة، 12 الذراع الأمامي للمحفظة الباطنة، 13 الذراع الخلفي للمحفظة الباطنة، 14 القرن الأمامي للبطين الجانبي، 15 القرن الخلفي، 16 الحاجز الشفاف، 17 القبو، 18 الفص الجبهي، 19 الفص الصدغي، 20 الفص القذالي، 21 الشق المخي الطولاني، 22 القشرة البصرية.

● **الصداع العنقودي cluster headache**: هو أحد أشكال الصداع الشائعة، يصيب الذكور أكثر من الإناث، العمر الوسطي للإصابة 25 سنة، يتميز بصداع شديد أحادي الجانب مستمر يدوم من 10 دقائق وحتى أقل من ساعتين، غالباً ما يأتي ليلاً فيوقظ المريض من النوم، ويترافق مع احتقان الملتحمة والدماغ وسيلان الأنف واحتقانه إضافة إلى تظاهرات متلازمة هورنر، يثار بشرب الكحول واستعمال موسعات الأوعية.

● **الاكتئاب depression أو الاضطراب الاكتئابي الرئيس (أو الكبير) major depressive disorder**: يتميز بحوادث لمزاج مكتئب بشدة يؤدي إلى فقدان السعادة والاهتمام في أغلب النشاطات العادية للشخص. يصيب 5 - 10 بالمئة من الرجال و10 - 20 بالمئة من النساء والعمر الوسطي للبدء هو 40 سنة، 50 بالمئة من المرضى المكتئبين غير واعين للاكتئاب أو ينكرون وجوده.

● **اضطراب الوسواس القهري obsessive-compulsive disorder**: هو أحد اضطرابات القلق، يصيب 2 - 3 بالمئة من السكان عادة ما يظهر في مرحلة البلوغ ويمكن أن يبدأ في مرحلة الطفولة، يعاني المرضى من أفكار وتخيلات ومشاعر اقتحامية متكررة (وساوس) تسبب قلقاً يفرغه المريض ولو جزئياً بالقيام بأعمال وطقوس متكررة (القسر أو القهر).

● **متلازمة توريت Tourette's syndrome**: هي اضطراب يتميز بحركات وألفاظ غير إرادية (عرّات tics)، يبدأ الاضطراب قبل عمر 18 سنة بعرة حركية عادة تظهر أول ما تظهر بعمر 7–8 سنوات، يصيب هذا الداء حوالي خمسة من كل 10000 طفل، وأكثر شيوعاً في الصبيان بثلاث مرات، غالباً ما يكون لدى المرضى عرات حركية كثيرة (تكشير وجهي، طرف في العين، تثاؤب) وأغلب المرضى لديهم على الأقل عرة لفظية واحدة (قباع الخنزير، نباح، تجديف لا إرادي).

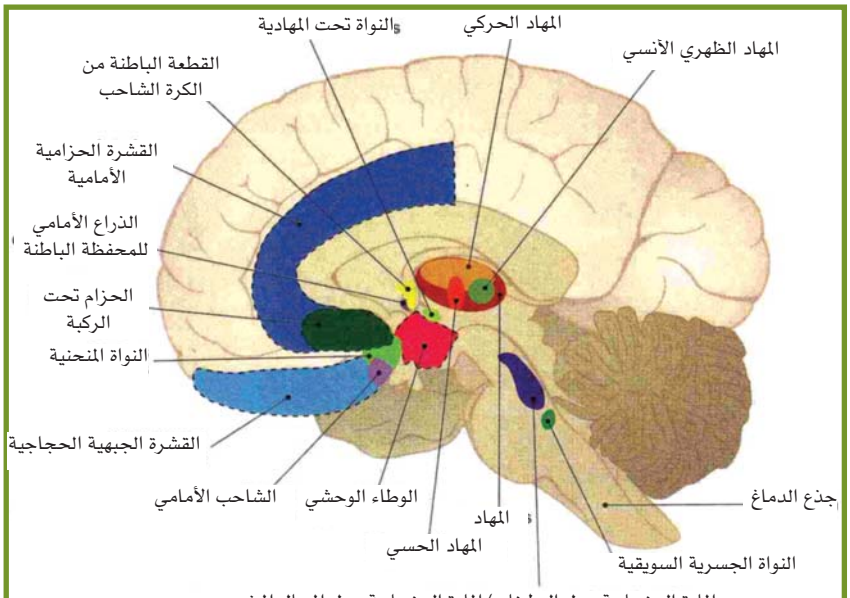
● **القهم العصابي anorexia nervosa**: وهو أحد اضطرابات الأكل (يقابله الشراهة العصبية أو النهم العصابي)، ويتميز بحمية مفرطة بسبب الخوف المبالغ فيه من البدانة فيحدث رفض للأكل بالرغم من أن الشهية طبيعية. أكثر ما يصيب النساء (< 90%) في أواخر مرحلة المراهقة والنصف الأول من مرحلة البلوغ، وفيه يحدث فقدان للوزن (15% أو أكثر من وزن الجسم)، وانقطاع طمث، وحماض استقلابي، وزيادة كوليسترول الدم، وفقر دم معتدل، ونقص الكريات البيض، وتصبغات غامقة في الكولون جراء استعمال المسهلات، وشعر أزغب.

● **داء ألزهايمر Alzheimer disease**: هو اضطراب دماغي مجهول السبب مترق ببطء من الصعب تشخيصه على أرضية سريرية بحتة حيث يصعب تفريقه عن داء آخر مسبب للعته هو داء بيك وعملياً لا يتم التفريق بين الحالتين إلا بالتشريح المرضي، غير أن داء ألزهايمر يعد أشيع أسباب العته عند البالغين.

بيد أن منافع التنبيه الدماغي العميق تفوق فوائد أنواع أخرى من الجراحة العصبية لاسيما ما يتمتع به من عكوسية . ففي حال اضطرب أداء المساري أو تعطلت فلا يوجد أسهل من إطفائها أو نزعها. إلا أن هذا الإجراء لا يخلو من المخاطر إذ يحدث عند 1 إلى 3 بالمئة من المرضى نزيف ربما أدى إلى إصابتهم بنشبة دماغية 10 stroke ويتطور عند نسبة أكبر من ذلك بقليل إلى أخماج قابلة للعلاج. وبخلاف معظم العمليات الجراحية فإن التنبيه الدماغي العميق لا يغير من البنية الفيزيائية للدماغ؛ فالكهرباء هي من تنجز جميع المتطلبات.

لقد عرف الإنسان الدور الذي تؤديه الكهرباء في الجسم منذ عام 43 بعد الميلاد، عندما كتب سكريبونيوس لارغوس Scribonius Largus وهو طبيب بلاط الإمبراطور الروماني القديم كلوديوس Claudius أن أوجاع الرأس والنقرس يمكن التخفيف مما تسببه من آلام من خلال ملامسة سمك الرعاد الكهربائي torpedo fish الذي يصدر شحنة كهربائية عندما يرتاع. في عام 1771 لاحظ بنيامين فرانكلين Benjamin Franklin أن الكهرباء الساكنة تؤدي إلى إحداث تقلص عضلي، وبعد عقد من الزمان لاحظ العالم الفيزيائي الإيطالي لويجي غالفاني Luigi Galvani أنه عند تطبيق تيار كهربائي على العصب الإسكي (الوركي)sciatic nerve لساق ضفدع ميت فإنها ترتعش كما لو أنها حية. وهذا الفتح المعرفي ألهم الكاتبة ماري شيلي تأليف رواية فرانكنشتاين Frankenstein، وفيها يكون الوحش مجمعاً من أجزاء مأخوذة من أشخاص متوفين ويتحرك بعد شحنه بشحنة كهربائية هائلة.

لم يكن اكتشاف غالفاني مجرد فتح معرفي لإطلاق العنان لكتابة روايات الخيال العلمي؛ لكنه وجد مكاناً له في زمرة الإنجازات التي تحققت في المجال الطبي. في عام 1870 قام الألمانيان عالم النفس والأعصاب إدوارد هيتزيغ Eduard Hitzig والمختص بعلم التشريح غوستاف فريتش Gustav Fritsch بإجراء مناورة دقيقة على أطراف كلب حي من خلال تنبيههما لباحات خاصة في المنطقة الدماغية المعروفة باسم القشرة الحركية -motor cortex بعبارة أخرى فإنهما



إيجاد المكان الدقيق

كانت أولى المعضلات التي واجهت جراحي الأعصاب في سعيهم لعلاج المرضى من خلال التنبيه الدماغي العميق هي أن يستنبطوا المكان الملائم من الدماغ لوضع المساري. لقد تم إنجاز القسم الأكبر من العمل من خلال التجارب المجراة على الحيوانات. كما أن التفريسات الدماغية غير البضوعة (اللاغازية أو التي لا تستخدم الجراحة) قدمت من طرفها ما يدل على المناطق الدماغية التي تقف وراء المشاكل السلوكية والاضطرابات الشعورية.

ملاحظة: تقع المناطق الباهتة على الخط الناصف، في حين تكون المناطق الأخرى (أي الملونة) في مستويات متباينة.

● **النشبة (أو السكتة الدماغية) stroke**: أو الحادث الوعائي الدماغي سواء كان إقفارياً أم نزفياً.

● **كلوديوس الأول Claudius 1**: (10 ق. م – 54 م) إمبراطور روماني (54 – 41 م). سيطرت عليه زوجته أغريبينا ثم قتلته. اشتهر بغزوه بريطانيا عام 43 م.

● **لويجي غالفاني Luigi Galvani**: (1737–1798) فيزيولوجي إيطالي.

● **العصب الإسكي sciatic nerve**: هو أكبر عصب في جسم الإنسان، وهو فرع الضفيرة العجزية (L4,5,S1,2,3) ويتألف من العصبين الظنبوبي والشظوي المشترك. أشيع سبب لأذية هذا العصب هي الحقن العضلية نتيجة الانتقاء الخاطئ لمكان إعطاء الحقنة في الناحية العلوية. يستخدم تعبير (عرق النسا sciatica) ليشير إلى الحالة التي يشعر فيها المريض بألم على طول التوزعات الحسية للعصب الإسكي.

الاضطراب	المواقع المثبتة	المواقع الواعدة	المواقع المحتملة
داء باركنسون	المهاد الحركي، القطعة الباطنة من الكرة الشاحبة، النواة تحت المهادية، النواة الجسرية السويقية		
سوء الوتار	القطعة الباطنة من الكرة الشاحبة		
الرعاش الأساسي16	المهاد الحركي		
الاكتئاب		الحزام تحت الركبة، النواة المنحنية	
الألم	المادة السنجابية حول البطينات/المادة السنجابية حول المسال، المهاد الحسي		
الاضطراب الوسواسي القسري	الذراع الأمامي للمحفظة الباطنة		
الصداع العنقودي	الوطاء الوحشي		
السبات			المهاد

توصلا إلى أن كل عضلة في الجسم وجميع الأصابع والأباخس يتم التحكم بها من خلال السيالات القادمة من رقعة متخصصة في النسيج الدماغي. أما في القرن العشرين فقد توافر بأيدي الباحثين أدوات تمكنهم من ريادة المستوى الخلوي للدماغ. لقد أماطوا اللثام عن كيفية انتقال الموجات الكهربائية خلال خلية دماغية مفردة أو عصبون neuron واحد، وانتقالها من تلك الخلية إلى الخلايا المجاورة لها، ما يؤدي إلى نشوء شبكات عصبية معقدة هي التي تملي على المرء أفكاره وتقف وراء أفعاله وتشكل ذكرياته وتفرض عليه أمانيه.

لقد تساءل المحققون منذ زمن بعيد: لكن ما الذي سيحدث في حال توقفت تلك الشبكات العصبية؟ في الخمسينيات والستينيات من القرن الماضي بدأ رواد في جراحة الأعصاب، لاسيما ناتاليا بيشتيريفا Natalia Bechtereva في U. S. S. R، ولورنس بول من معهد العلوم العصبية في نيويورك، باختبار تطبيق تيار كهربائي على أدمغة أشخاص يعانون من آلام مزمنة، أو مصابين بالاكتئاب، أو لديهم اضطرابات حركية. كانت البطاريات المتاحة آنذاك من الصعب زراعتها بسبب حجمها البالغ الكبر، لذلك كانت الأجهزة مفككة الروابط أما التحسن فقد كان متقطعاً وليس مستمراً. وماتزال هذه الاستقصاءات إنجازاً طبياً متقدماً بالنسبة للنبضات الكهربائية المطلوبة.

لقد ثبت أخيراً أن داء باركنسون هو موضوع مثالي لإثبات قدرة تلك التقنية. ففي هذا الداء تتنكس العصبونات الموجودة في منطقة دماغية تشرف على تنسيق الحركات هي العقد القاعدية basal ganglia 15. تتواصل العصبونات في الدماغ السليم بطريقة معقدة من الأمر والاستجابة مع مجموعات العصبونات الموجودة في المناطق الأخرى، لاسيما المهاد والقشرة الحركية. أما الرسائل المتبادلة بينهما فتدعى الذبذبات والتي تتردد جيئة وذهاباً وهي تسير على تواترات متباينة فيؤدي بعضها لإطلاق حركة الشخص في حين تتولى الأخرى مهمة تعديل تلك الحركة. لكن النقطة الجوهرية في الموضوع هي من الضروري أن تتزامن العصبونات المرسلة والمستقبلة في عملها مع بعضها بعضاً على غرار فتاتين تؤرجحان على نحو منتظم الحبل المستخدم في لعبة القفز لتقوم الفتاة الثالثة بالوثب فوقه. في داء باركنسون، تفقد العصبونات المصابة قدرتها على مواصلة العمل ما يؤدي إلى اختلال توازن الذبذبات. لذلك فإما أن تعمل العصبونات دون هوادة ما يؤدي إلى إصابة المرء بالحركات الرقصية أو أن تعجز تماماً عن إطلاق الحركة.

● **العصبون neuron**: هو الوحدة البنيوية الوظيفية في الجملة العصبية ويتألف من جسم الخلية واستطالاتها. تصنف العصبونات حسب عدد استطالاتها فهناك العصبونات ذات القطب الكاذب والعصبونات الثنائية القطب والعصبونات المتعددة الأقطاب. يصل العدد التقريبي للعصبونات في الدماغ حوالي 10[11] .

● **العقد القاعدية basal ganglia**: تتألف من النواة المذنبة caudate nucleus، والأتبة (أو اللحاء) putamen، والكرة الشاحبة globus pallidus. وتصنف إلى مجموعات هي: المخطط striatum الذي يتألف من النواة المذنبة والأتبة، والنواة العدسية التي تضم كلاً من الكرة الشاحبة والأتبة، والجسم المخطط corpus striatum الذي يشتمل على النواة العدسية والنواة المذنبة، والعائق claustrum الذي يتوضع بين النواة العدسية وقشرة الجزيرة. انظر الشكل في الصفحة رقم 4.

● **الرعاش الأساسي أو المجهول السبب essential tremor**: هو رجفان يصيب أساساً اليدين والذراعين ويمكنه أن يطال الرأس والصوت. وسمي أساسياً لأنه لم يعثر حتى الآن على السبب الكامن وراءه وإن كان العامل الوراثي له ضلع بارز في هذا الأمر. كما أن العلماء وجدوا حديثاً أن تغيراً ما يطرأ على بروتين يتوضع على جدار الخلية العصبية هو LINGO1 قد يكون متورطاً في هذا الداء.

في أواخر الثمانينيات من القرن الماضي وجد الجراحون أن تنبيه المهاد thalamus أو الكرة الشاحبة globus pallidus (وهي أحد أجزاء العقد القاعدية) من خلال نبضات سريعة بحدود 180 مرة في الثانية يؤدي إلى قطع دابر الاتصالات الشاذة. وعلى الرغم من أن العلماء لم يعرفوا الآلية الدقيقة لعمل التنبيه الدماغي العميق بعد، لكنهم أدركوا أن تلك النبضات المرسلة إلى المساري بمقدورها أحياناً أن تحفز النشاط الطبيعي للعصبونات أو أن تخمده في أحيان أخرى. عادة ما تقوم النبضات السريعة المستخدمة في داء باركنسون بالتغلب على الفعالية العصبونية ما يؤدي إلى إخمادها، بينما تميل النبضات البطيئة إلى استلام قيادة النشاط العصبوني من خلال فرض سرعتها على العصبونات التي تسعى جاهدة لمواكبتها.

من خلال التجارب المجراة على القرود التي أصيبت تجريبياً بأعراض باركنسونية، فإن واحداً منا (وهو عزيز) بالإضافة إلى بقية الفريق الذي ترأسه عالما الأعصاب مالون ر. ديلونغ Mahlon R. DeLong من جامعة إيموري وعبد الحميد بن عزوز Abdelhamid Benazouz من معهد بوردو للعلوم العصبية في فرنسا، قد أسهموا بالتحقق من أن جزءاً آخر من العقد القاعدية، وهو النواة تحت المهادية subthalamic nucleus، قد تكون بدورها مكاناً أكثر جدوى لزرع المساري (ولذلك غدت أشيع الأماكن التي تستهدفها تقنية التنبيه). اكتشف عزيز منذ فترة قريبة جداً هدفاً رابعاً عند 20 بالمئة من المصابين بداء باركنسون والذين لا يستجيبون للأدوية أو تنبيه المناطق الدماغية الثلاثة المثبتة. فبعد أن لاحظ عزيز أن جزءاً من جذع الدماغ brain stem هو النواة الجسرية السويقية pedunculopontine nucleus كانت دون مستوى أدائها السوي عند القردة المصابة بالباركنسونية، كشف عن أن تنبيه هذه الباحة أدى إلى نتائج مذهلة عند الأشخاص المرضى الذين سُدّت في وجههم السبل حتى فترة قريبة. فالعديد من الأشخاص الذين كانوا بطريقة ما يتسمرون مكانهم أثناء سيرهم أو يسقطون أرضاً، وجدوا أنفسهم ويا لها من مفاجأة يتمكنون من المشي كسابق عهدهم.

ندين بالفضل لمثل هذا النوع من الأبحاث ولما بلغه حجم البطاريات الأساسية حالياً من صغر يعادل حجم بطاريات الهواتف الخلوية، فأكثر من 250 مشفى في الولايات المتحدة لوحدها طبقوا تقنية التنبيه الدماغي العميق لعلاج اضطرابات الحركة. وعلى الرغم من أن المجالات التطبيقية الأخرى ما زالت قيد الاختبار، وأحد أسباب ذلك أنها لم تنل بعد موافقة هيئة الغذاء والدواء FDA، فثمة دليل قوي يتعاظم يؤكد مدى فعاليتها. خذ على سبيل المثال تطبيقها لعلاج حالات الألم، فخلال 30 سنة المنصرمة طبقت تقنية التنبيه الدماغي العميق على أكثر من 700 شخص لديهم صور متنوعة من حالات الألم المعنّد على العلاج؛ فبلغ المعدل الوسطي للتحسن على المدى البعيد 60 إلى 70 بالمئة، بينما قارب معدل التحسن عندما وفِّق الأطباء باختيار المريض 100 بالمئة.

فك طلاسم الإشارات الدماغية

إن أجهزة التنبيه الدماغي العميق المتوافرة حالياً ليست معقدة فهي عبارة عن بطارية ترسل نبضات ثابتة ومستقرة عبر سلك ينتهي بمسرى. يقوم فريق من الجراحين بضبط دقيق لتلك النبضات من حيث الشدة والتواتر والدور بحيث تخفف من المعاناة التي يشكو منها المريض، لكن بعد ذلك تصبح البطارية حرة في عملها ولا تغير من إشاراتها استجابة لأعراض المريض.

إلا أن علماء الأعصاب يتصورون أن يتوفر مستقبلاً جهاز باستطاعته تحليل الفعالية العصبية للمريض باحثاً عن النماذج المرضية. وببساطة سيراقب الجيل اللاحق من أجهزة التنبيه الدماغي العميق معظم الوقت ما يطرأ على الدماغ دون أن يوصل إليه أي تيار كهربائي. لكن في حال اكتشف شذوذاً ما – مثلاً رعاش أو اختلاج على وشك الحدوث – فإنه سيرسل سلسلة من النبضات المعايرة والمصممة خصيصاً لدفع ذلك البلاء الوشيك.

وحتى يتمكن المختصون في الأعصاب من برمجة ذلك الجيل اللاحق من أجهزة التنبيه الدماغي العميق، عليهم قبل كل شيء أن يفكوا شيفرة النماذج الدماغية التي تشير إلى حدوث أحد الاضطرابات وتلك النماذج تعتبر ذات فعالية سوية.

حقق فريقنا العام الماضي كشفاً مثيراً يعد خطوة في هذا الطريق لفائدة مرضى الألم المزمن. فربما نكون قد اكتشفنا "الإشارات الدالة" على الألم: وهي نموذج خاص من الفعالية العصبونية التي تنطلق عندما يعاني المرء من آلام شديدة.

صممت اختصاصية الجراحة العصبية أليكس غرين Alex Green، وهي زميلة لنا

● **المهاد thalamus**: هو جزء من الناحية المهادية والتي تضم: المهاد والناحية تحت المهاد والمهاد التالي والناحية فوق المهاد. تؤدي إصابة المهاد إلى اضطرابات حسية في النصف المقابل للجسم تشمل الحس العميق خاصة وحس الألم فتتبدل عتبة الإحساس بالألم ومدته (متلازمة الألم المهادي). المترجم

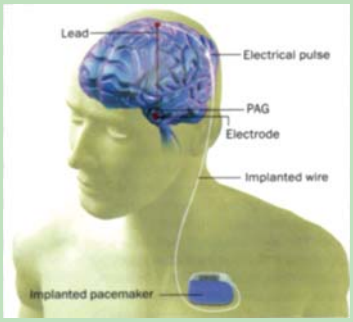
● **الكرة (أو الجسم) الشاحبة globus pallidus**: أحد أجزاء العقد القاعدية كما أنه يعتبر أحد عناصر الجملة الحركية المخططة (أو خارج الهرمية) والتي تضم: القشرة الحديثة، والمخطط، والكرة الشاحبة، والنواة تحت المهادية، والمادة السوداء، والمهاد. المترجم

● **النواة تحت المهادية subthalamic nucleus** (أو نواة لويس): تقع في الناحية تحت المهاد. ترتبط مع الكرة الشاحبة من النواة العدسية وتتصل مع المادة السوداء وتصلها ألياف من التشكل الشبكي والقشرة الجبهية. تؤدي إصابتها إلى حالة تسمى الزفن الشقي hemiballismus (أو شلل راقصات الباليه) والذي يحدث خاصة عند راقصات الباليه وهو عبارة عن حركات التوائية لا إرادية عنيفة في النواحي الدانية للطرفين المقابلين. المترجم

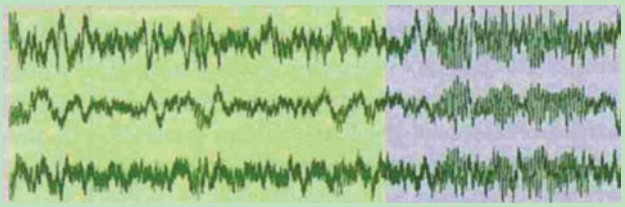
● **جذع الدماغ brain stem**: يشمل كلاً من البصلة medulla، والجسر pons، والدماغ المتوسط midbrain. يمتد جذع الدماغ من التصالب الهرمي وحتى الملتقى الخلفي. المترجم

تعمل في مشفى جون رادكليف في إنكلترا، دراسة على 12 مريضاً قد زرعت لديهم المساري في المهاد أو جزء من جذع الدماغ يدعى المادة السنجابية حول البطينية/المادة السنجابية حول المسال الدماغي (PAG) لعلاج ما يعانونه من ألم مزمن. قمنا بتسجيل الفعالية الآتية عبر المساري في حين لمس أعضاء آخرون في الفريق إما باحة جسدية مؤلمة أو منطقة خالية من الألم. كما طلبنا من المرضى أن يقيموا شدة ألمهم خلال فواصل تساوي دقيقة واحدة. فوجدنا أن الفعالية الدماغية التي قاستها المساري مرتبطة تماماً مع حجم التقدير الشخصي لما شعر به المريض من ألم. أظهرت التسجيلات وجود مغازل spindles وهي نموذج خاص من الموجات العصبية الخاصة التي تبلغ ذروتها عند تواتر يتراوح بين 10 إلى 12 هرتز، تماماً في اللحظات نفسها التي أفاد المرضى حينها بوصول الألم إلى ذروته.

بإمكان العلماء أن يبرمجوا نظرياً مسرى متطوراً ليترصد هذه المغازل المقترنة مع الألم ليرسل صدمات كهربائية في حال ظهرت تلك المغازل لإعادة الأمور إلى نصابها. المؤلفان



ما يزال استخدام التنبيه الدماغي العميق، وإن كان يصيب نجاحاً باهراً، في الطور التجريبي (الأيسر) لتخليص المرضى من آلامهم الموهنة. مؤخراً سجل الباحثون الإشارات العصبية عند مرضى خضعوا لتلك العملية فتبين لهم وجود نماذج كهربائية شوكية ارتبطت مع الشعور الشخصي للمريض بالألم (أسفل). يمكن لهذا العمل – أي فك طلاسم الإشارات الدماغية التي ترتبط مع حالات مرضية متنوعة – أن يبشر بظهور أجهزة " احترافية " للتنبيه الدماغي العميق في المستقبل.



التسميات: نبضة كهربائية، المادة السنجابية حول المسال الدماغي PAG، المسرى، السلك المزروع، ناظم الخطا المزروع، سلك التوصيل.

A Sudden Calm Descends يهبط تسكين مفاجئ للألم

في أيار من عام 2001 تعرض شخص يدعى روبرت ماتيوز Robert Matthews لحادث سقوط ما أدى إلى كسر رجله اليسرى. لم يعالج الكسر بشكل صحيح لذلك تطور الأمر إلى إصابة رجله بإنتان مزمن معند على الصادات الحيوية. قام الأطباء ببتر ساقه من فوق الركبة لخشيتهم من انتشار الإنتان المعند، لكن مشاكل ماتيوز لم تنته عند ذلك الحد. فعلى الرغم من قطع ساقه إلا أنه شعر كما لو أنها موجودة وعانى من ألم فظيع. لذلك لجأ إلى استعمال شتى الأدوية، والتنويم المغناطيسيhypnosis، وتنبيه أعصاب الحبل الشوكي، لكن جميعها باء بالفشل.

كان عمر ماتيوز 58 عاماً عندما أحيل إلينا وقد ذاق الأمرين من ظاهرة الطرف الشبح phantom limb طوال أربع سنوات. وكان يتناول جرعات عالية من المسكنات الأفيونية يومياً كما أنه، وهذا أمر متوقع، أصيب بهواجس من القلق وأطبقت عليه حالة من الكآبة. لقد بينا سابقاً أن تنبيه جذع الدماغ، وهو الجزء الأقدم من الدماغ، يمكنه أن يخفف بطريقة ما الآلام المعندة على العلاج؛ لذلك بدا ماتيوز مرشحاً مثالياً لتطبيق هذا الإجراء.

في اليوم المحدد لإجراء الجراحة، ثبت فريقنا رأس ماتيوز داخل إطار يعتمد على طريقة التصويب (التجسيم) –وهو عبارة عن جسم معدني مستطيل الشكل يحيط بالرأس ويسمح برؤية أي بقعة من الدماغ من خلال إحداثيات ثلاثية الأبعاد. وقمنا بتفريس (تصوير ماسح) دماغه مرتين؛ مرة عن طريق MRI قبل وصل الإطار (لأن الأجسام المعدنية لا يؤمن جانبها داخل جهاز MRI) والمرة الثانية بالتصوير الطبقي المحوري بعد تثبيت الإطار كما استعملنا برنامجاً حاسوبياً لدمج الصور. ومثلما يتباين الناس في الأنف أو القدم أو أي جزء آخر من الجسم، فالدماغ يختلف هو الآخر بشكل طفيف من شخص إلى آخر، لذلك فلن تقع البنى الدماغية العميقة في المكان نفسه تماماً. والآن صار بحوزة عزيز خريطة خاصة بدماغ ماتيوز يستطيع من خلالها تعيين المسار الذي سيتبعه بدقة تصل إلى حدود الميليمترات.

طالما أن الدماغ لا يحوي نهايات عصبية، فلا مانع من بقاء مريضنا واعياً تمام الوعي للإجراء الجراحي.

أعطي ماتيوز حقنة من مخدر موضعي حتى لا يتألم أثناء قيام عزيز بثقب فتحة صغيرة في جمجمته. وطالما أن الدماغ بحد ذاته لا يحوي نهايات عصبية 22 فلا مانع من بقاء ماتيوز بكامل وعيه، كما أننا بحاجة إلى إشراكه معنا حتى يُكتب النجاح لهذه العملية

● **التنويم المغنطيسي hypnosis**: تحصل هذه الحالة نتيجة تقبل كبير للإيحاء الذي يصدر عن المنوم ما يؤدي إلى حالة شبيهة بالنوم مصطنعة، ويستعمل العلاج بالتنويم لمعالجة حالات عضوية ونفسية.

● لا يحوي النسيج الدماغي نفسه مستقبلات حسية للألم ولذلك فلن يشعر المريض بالألم أثناء الإجراء.

الكاتبان:

مورتين ل. كرينغلباخ Morten L. Kringelbach: يشغل منصباً مزدوجاً في جامعة أوكسفورد وجامعة آروس في الدنمارك، حيث إنه زميل بدرجة سنيور في البحوث العصبية وأستاذ العلوم العصبية. كما إنه يترأس فريق البحوث ترايغفوندن Trygfonden، والذي يركز اهتمامه بشكل أساسي على العلاقات التي تربط ما بين السعادة، والحركة، والمكافأة.

تيبوز. عزيز Tipu Z. Aziz: الذي يعد من رواد ميدان التنبيه الدماغي العميق من خلال اكتشافه اثنين من الأهداف الدماغية التي أثبتت جدواها لعلاج داء باركنسون. وهو أستاذ واستشاري الجراحة العصبية في مشفى جون رادكليف في إنكلترا ويدير عيادة الجراحة العصبية الوظيفية في أوكسفورد حيث يتم إجراء عمليات التنبيه الدماغي العميق.

التي لا تستغرق أكثر من ساعة واحدة. وجه عزيز بكل أناة سلكاً مزوداً بأربعة مساري مصنوعة من البلاتينيوم والإيريديوم خلال النسيج الدماغي الهلامي القوام وصولاً إلى المنطقة التي تسمى المادة السنجابية ما حول البطينات periventricular gray/المادة السنجابية المحيطة بمسال المخ periaqueductal gray (PAG). طلب عزيز من ماتيوز أن يصف شعوره على نحو مسموع أثناء إرسال تيار كهربائي بشكل مدروس عبر الفرع الأول من شعب المساري الأربعة، ومن ثم عبر الفرع الثاني وهكذا.

لقد كانت هذه اللحظة واحدة من أكثر اللحظات التي أثبتت فيها تقنية التنبيه الدماغي العميق براعتها إذ تلاشت الأعراض دون حصول أي تأثير جانبي قد يتمخض عن تنبيه البقعة الخاطئة. صحيح أن المسرى بطول ميليمتر واحد وعرض نصف ميليمتر لكنه يتغلغل ليصل إلى مليون عصبون. تتواصل الخلايا الموضبة بإحكام داخل الـ PAG مع كل بقعة من الجسم؛ غير أننا أردنا التأثير فقط على تلك الخلايا التي لها علاقة بساق ماتيوز اليسرى. وفي حال أفاد ماتيوز أنه شعر بتنميل أو سخونة في يديه أو ذراعيه أو رأسه أو رجله الثانية فسيقوم عزيز بتحريك المسرى أو ينبه شعبة مغايرة أو يجري تعديلاً على النبضات. زد على ذلك فإننا أخذنا احتياطاتنا للتصرف في حال حصلت أمور خارج نطاق ما نحن بصدده. تعتبر PAG مقراً لما يسمى استجابة المواجهة أو الهروب fight-or-flight response، وسابقاً واجهتنا حالة أصيب فيها المريض وهو على طاولة العمليات بنوبة من القلق anxiety attack. أما الآثار الجانبية والتي قد تنشأ عن وضع المساري بشكل خاطئ في الأجزاء الأخرى من الدماغ فتشمل الانغماس العيني eye bobbing، والانفلات بالضحك دون انضباط والاكتئاب.

كان جهد التيار الكهربائي الذي أرسل إلى دماغ ماتيوز صغيراً نسبياً بلغ 1.5 فولط، ما يعادل قوة بطارية AA25. أما بالنسبة لسرعة النبضات أو تواترها فلقد عرفنا أن تطبيق نبضات سريعة يؤدي إلى مفاقمة الألم، لذلك انطلقنا من تواتر يناهز 10 نبضات في الثانية ليستقر أخيراً على قيمة 7. ولما نبهنا فرعين من الفروع الأربعة بتيار معاير عند تلك القيم أحس ماتيوز بارتياح مفاجئ هبط عليه إذ شعر بدفء مريح في ساقه الشبح، وأخيراً زالت آلامه بعد معاناة أربع سنوات.

ثبّت عزيز السلك المنتهي بالمساري الأربعة إلى جمجمة ماتيوز وزرع بطارية فوق العضلة الصدرية اليمنى. تتصل البطارية مع المسرى بسلك يسير تحت جلد صدر ماتيوز ورقبته ومن ثم خلف أذنه ليصل إلى فروة رأسه. أعطي ماتيوز جهازاً مغنطيسياً للتحكم عن بعد لإشعال التنبيه الدماغي العميق وإطفائه لكن نادراً ما سيستعمله لأنه حالما يلجأ إليه فذلك سيعني أنه أصيب بحالة نكس. أفاد ماتيوز أن ألمه زال بنسبة 75 بالمئة وصار بمقدوره أن يستأنف حياته.

الأمر الجيد بالنسبة لتلك النتيجة، علماً أنه ينبغي علينا أن نسعى إلى الأفضل مستقبلاً، هو أنها تستخدم تقنية مشابهة لتلك المستعملة في نواظم الخطا القلبية cardiac pacemakers الحالية. يقوم برنامج حاسوبي في هذه الأجهزة بمراقبة قلب المريض وما إن يميز اضطراباً في ضربات القلب حتى يرسل صدمة كهربائية. وعندما تبلغ نواظم الخطا الدماغية هذه الدرجة من الدقة، فلن يكون ضرورياً عملها طوال الوقت، ما يعني ، عدا عن التحسينات الأخرى، أن الشخص لن يضطر إلى تبديل البطاريات بشكل متكرر (حالياً

● **المادة السنجابية المحيطة بمسال المخ periaqueductal gray**: هي المادة السنجابية التي تقع حول مسال الدماغ (أو ما يسمى بقناة سلفيوس وهي قناة ضيقة بطول 1.5 سم وتصل بين البطين الثالث والبطين الرابع ويسيل عبرها السائل الدماغي الشوكي). عرف العلماء منذ زمن بعيد أن تنبيه هذه المنطقة الواقعة في الدماغ المتوسط يؤدي إلى زوال الألم بصورة مؤقتة.

● **الانغماس العيني eye bobbing**: ينجم عن أذية تصيب الجسر pons (كالنزف مثلاً)، ما يؤدي إلى السبات وتقبض بؤبؤي العينين، وفقدان الحركة الجانبية للمقلتين. وقد تحدث أيضاً حركة نفضية سريعة إلى الأسفل ومن ثم تعود العينان إلى الوضع الأولي.

● أي بطارية جافة من الحجم المتوسط.

● أي أن النواظم الدماغية ستتدخل فقط في حال حصل أي اضطراب في عمل الدماغ، وهذا ما سيوفر طاقة البطارية المزروعة ويطيل عمرها.

ينبغي استبدال البطارية جراحياً بشكل نمطي في فترة تتراوح بين ستة أشهر وخمس سنوات، على الرغم من أن البطاريات القابلة للشحن بدأت أيضاً بالظهور). ينبغي على العلماء قبل أن يطوروا تقنية التنبيه الدماغي العميق أن يفكوا طلاسم لغة العصبونات. فنحن بحاجة إلى معرفة مفصلة عن كيفية تواصل المناطق الدماغية مع بعضها، مثلاً المخططات الكهربائية التي تشير إلى أن المرء صار على وشك الإصابة بالرعاش أو الصداع أو نوبة صرعية epileptic seizure. وبعد ذلك يمكننا برمجة الجهاز للتعرف على أي اضطراب ينذر بالوقوع ليعمل الجهاز على إرسال نموذج من الذبذبات خصيصاً ليقطع دابر تلك المشكلة. حقق فريقنا إنجازاً مثيراً للاهتمام في سبيل إماطة اللثام عن مثل ذلك "التأشير الدماغي" (انظر المؤطر في الصفحة 40)، وثمّة دراسات أخرى ما زالت تجرى.

المبالغة في تأثيرات هذه التقنية وفعاليتها الحقيقية The Hype and Potential

إن ما يتمتع به التنبيه الدماغي العميق من قدرة على إحداث تغييرات جذرية هو أكثر إدهاشاً في ميدان الطب النفسي. لقد بدأ الباحثون في تورونتو ولوفين وبون وأمكنة أخرى من العالم يعلنون وهم يفيضون حماسة النتائج التي توصلوا إليها من خلال تجارب صغيرة الحجم. ثمة تقرير عن مريض يبلغ من العمر 31 عاماً لديه عرّات عنيفة جراء إصابته بمتلازمة توريت ما أدى إلى تعذر حصوله على عمل يلائمه أو خروجه إلى الأماكن العامة دون أن يثير ضحكات الناس عليه، والذي شعر باسترخاء دبّ في أوصال جسمه على نحو مفاجئ. كما نسمع عن قصة إحدى النساء المكتئبات التي تصرح بأن عالمها قد صار بالمعنى الحرفي للكلمة أكثر إشراقاً كما لو أنه غسل لتوه حالما انطلق المسرى بأداء عمله. وقد أفاد مرضى آخرون مصابون بالاكتئاب أن أحاسيسهم "بالفراغ القاتل" قد ذهبت أدراج الرياح. وفور إطفاء مساري المريض عاوده النكس.

يعتبر هذا الأمر عملاً أقرب إلى المغامرة طالما أننا لم نستوعب بشكل دقيق آلية عمل التنبيه الدماغي العميق ولم نعرف ما هي الآلية المرضية الدقيقة لمرض الاكتئاب ومتلازمة توريت أو العديد من المتلازمات الأخرى التي يتم اختبار التنبيه الدماغي عليها، مثل الاضطراب الوسواسي القهري والقهم العصابي والإفراط في الأكل (النهام) والإدمان الدوائي drug addiction. ثمة قدرة فعلية للتنبيه الدماغي العميق هنا إذ يبدو أن تطبيق هذا الإجراء على حالات الاكتئاب خاصة يعد بالنجاح. لكن بعض العلماء يستبقون الأحداث أما وسائل الإعلام فيبدو أنها ترحب بتقديم يد المساعدة. في آب عام 2007 لفت علماء الأعصاب في مشفى بريسبيتيريان في نيويورك/الكلية الطبية ويل كورنيل والمؤسسة السريرية كليفلاند الكثير من الانتباه عندما أعلنوا عن استخدام التنبيه الدماغي العميق لإيقاظ رجل يبلغ من العمر 38 عاماً كان في حالة من السبات. فبعد ست سنوات خفق فيها قلبه في ظروف بالغة القسوة تمكن الرجل من تناول الطعام دون الحاجة إلى أنبوب التغذية ونطق لسانه بضع كلمات وهو تحسن لا يمكن التقليل من شأنه. غير أن الحقيقة تقول أن جراحي الأعصاب اليابانيين كرسوا اختبار تقنية التنبيه الدماغي العميق على مدى عقود فقط لمثل هذا النوع من الحالات وخلصوا إلى أنه من النادر أن ينهض المريض ثانية من سباته.

لقد وجدت إحدى النساء المكتئبات أن عالمها غدا بكل معنى الكلمة أكثر إشراقاً حالما انطلق المسرى بأداء عمله.

في إحدى الحوادث التي وقعت مؤخراً، وكان أحد الأشخاص قد خضع بشكل تجريبي للتنبيه الدماغي العميق بهدف علاج بدانته وإذ به يصدف أن يستعيد ذاكرته المفقودة منذ زمن بعيد، وازدادت ذاكرته تحسناً عندما رفع الأطباء جهد التيار. وبناء على ذلك أبدى البعض تفاؤله في استخدام زرع الأسلاك الدماغية لعلاج مرضى ألزهايمر. لكن المشكلة هي أن التنبيه الدماغي العميق وسيلة لا تتمتع بذلك القدر من الدقة المطلوبة فهي إما أن تثبط عمل إحدى المناطق الدماغية أو تستثيرها (وبالتالي تتأثر البنى الدماغية الأخرى المرتبطة مع تلك المنطقة تبعاً لتأثرها). وما أحسن هذا الأمر في حالات

● **الصرع epilepsy**: هو مرض دماغي مزمن متعدد الأسباب يتميز بحدوث نوب اختلاجية متكررة وليس من النادر أن يترافق مع تغيرات في الوعي والشخصية والبنية العاطفية. ويعبر الصرع عن قصور وظيفي في الدماغ ويعزى ذلك إلى إزالة الاستقطاب المتزامنة للعصبونات القشرية بشكل خاص.

● **الإدمان addiction**: حالة كون المخلوق معتمداً جسدياً على مادة مخدرة. وعموماً فإن الإدمان يعني التساهل المتزايد حيال مادة مخدرة، ويعني أيضاً الاعتماد الجسدي والنفسي عليها بحيث يظهر عدد من الأعراض المعينة عند إيقاف المادة المخدرة (أعراض الانسحاب withdrawal)، يعد الإدمان (أو الاضطراب الإدماني) من الاضطرابات المتعلقة بالمادة substance-related disorders، وإن أكثر المواد التي يساء استعمالها في الولايات المتحدة هي: كافئين ونيكوتين والكحول والماريجوانا وبدرجة أقل كوكايين وأمفيتامين وهيروئين.

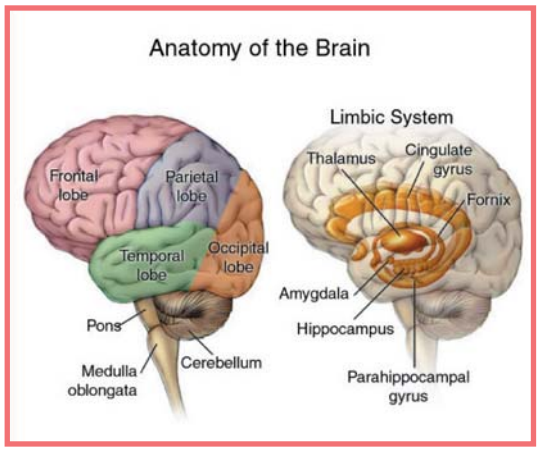
الإصابة بداء باركنسون، إذ من الضروري إيقاف فرط الفعالية التي تطلقها إحدى المناطق الدماغية. أما في داء ألزهايمر فمن المعروف أن العصبونات تفقد وشائج الاتصال مع بعضها فلا تعود قادرة على حفظ الذكريات. ومن غير المحتمل أن يكون بمقدور التنبيه الدماغي العميق رأب مثل تلك القطيعة المستحكمة.

ربما يكمن السبب في كل تلك الضجة المثارة حول التنبيه الدماغي العميق في حقيقة أنها أكثر من مجرد معالجة واعدة. فهي أداة ناجعة بأيدي علماء الأعصاب يستخدمونها لسبر أعماق التراكيب الدماغية وإماطة اللثام عن الوظائف الأساسية التي يقوم بها الدماغ.

في الوقت الحالي فإن أفضل المشاهد المأخوذة للدماغ البشري الحي تزودنا بها الدراسات التصويرية مثل التصوير بالتجاوب المغنطيسي MRI والتفريسات (المَسْح) بالإصدار البوزيتروني positron-emission scans، لكن ما نحصل عليه من تلك الدراسات يبقى مبهماً، فكلها تسير على منوال "عندما يقوم المرء بهذا العمل وذاك الفعل أو يفكر هكذا حيال هذا الأمر وبالطريقة الفلانية في هذا الشأن يحصل تغيرات في تدفق الدم أو الأكسجين الواصل إلى مناطق محددة من الدماغ من المحتمل أن تلك التغيرات ترتبط مع التبدلات الحاصلة في الفعالية العصبونية" من جهة أخرى فما ستحصل عليه أساساً من خلال التنبيه الدماغي العميق هو إشعال منطقة محددة من الدماغ وإطفاؤها. وبمراقبة الآثار المترتبة عن تفعيل المفتاح على كامل الدماغ فبإمكان المرء أن يحصل على معلومات مفصلة عن الكيفية التي تتواصل بها شتى البنى الدماغية مع بعضها بعضاً. لقد كنّا السباقين إلى ابتداع إحدى الطرق الخاصة والمثيرة من خلال دمج التنبيه الدماغي العميق مع إحدى التقنيات التصويرية والتي تدعى التخطيط الدماغي المغنطيسي magentoencephalography (MEG). يقوم MEG بتعقب الفعالية العصبية خلال تغيرات زمنية تقدّر بالميلي ثانية (وللمقارنة، فالتصوير بالتجاوب المغنطيسي MRI يظهر الفعالية الدماغية بالمعدل الوسطي خلال مدة زمنية تساوي ست ثوان كل مرة في حين يكون المقياس الذي يتبين فيه التصوير الطبقي بالإصدار البوزيتروني PET التغيرات الحاصلة بالدقائق)، فيقدم تقريراً عن ذلك النشاط غاية في الدقة مواكباً له لحظة بلحظة.

عندما استعملنا هذه التقنية على المريض الذي عانى من ظاهرة الطرف الشبح ماتيوز تبين لنا أن المسرى المزروع في جذع دماغه بدا أنه هو الذي يقود الفعالية في العديد من المناطق الدماغية. ولقد كانت أكثر المناطق نشاطاً عندما شعر ماتيوز بزوال الألم هي القشرة الجبهية الحجاجية الواقعة في المستوى الأمامي الناصف midanterior orbitofrontal cortex. تظهر الدراسات الأخرى أن هذه البنية، والتي تتوضع تماماً فوق العينين، تؤدي دوراً أساسياً في النشاطات التي تدخل السرور إلى قلب المرء (أو تشعره بالرضى) مثل تناول الطعام واستعمال العقاقير المنشطة وممارسة الجنس. وبناء على ذلك فما زوال الألم إلا شكل مفرط من الشعور بالسعادة، كما يحصل عندما يتنشق أحدهم مقداراً من كوكائين cocaine أو يلتهم فطيرة لذيذة. تؤكد هذه النتيجة على أن القشرة الجبهية الحجاجية ربما تكون هدفاً جديداً ومجدياً للتنبيه الدماغي عند الأشخاص الذين يعانون من فقدان المتعة anhedonia، وهي حالة يفتقر فيها المرء إلى شعوره بالاستمتاع، والتي تشيع في حالات الاكتئاب وغيرها من الأمراض العقلية.

نتوقع أن نكشف النقاب عن مزيد من الاكتشافات. فعندما نجري دراسات على البشر من خلال الغرسات الدماغية فربما نحصل على إجابات لأسئلة تراودنا مثل: كيف ينسق الدماغ العمليات ليكتسب المرء لغة جديدة أو ليحل إحدى الخوارزميات. زد على ذلك فقد نكتسب رؤى جديدة للمشهد الكلي مثلاً كيف تؤدي الفعالية الكهربائية إلى أن يعيش المرء حالة من المعاناة يحكم عليها الآخرون أنها إحساس شخصي ليس له أساس عضوي. والأهم من ذلك كله أننا سنصبح قادرين على تحديد المناطق الدماغية التي يحظى فيها التنبيه الكهربائي بأكبر تأثير إيجابي له، لنقدم يد العون لأولئك المرضى الذين هم بأمس الحاجة إلى المساعدة.



كوكايين cocaine: هو من فئة المنبهات، يؤدي استعماله إلى نشوة، فقدان شهية، ترفع حروري، تسرع قلب، أعراض ذهانية تشمل هلوسات لمسية، توسع حدقات. يستعمل بشكل أساسي من قبل الأشخاص من المجموعات الاجتماعية الاقتصادية الفقيرة بشكله المدخن (كراك crack)، ويستعمل أيضاً من قبل الأشخاص في المجموعات الاجتماعية الاقتصادية الغنية بالشكل الغالي والنقي (الشخيري snored).

أخبار علمية

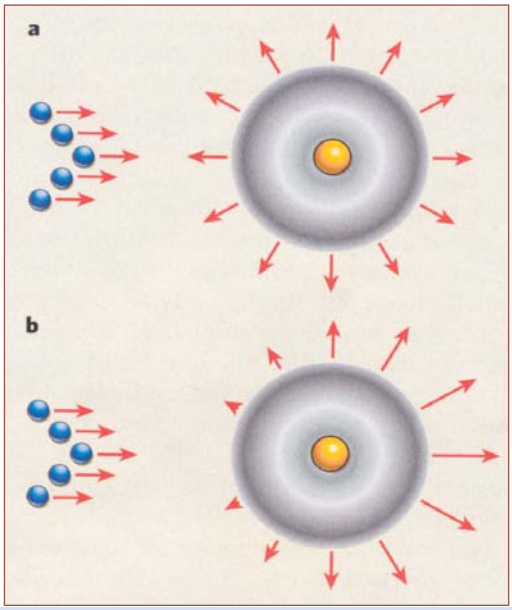
الجانب المعدني للعازل

إن بعض العوازل ذات سطوح ناقلة تنشأ عن خواص كيميائية غير ملحوظة للمادة الجرمية. تقترح أحدث التجارب أن سطوحاً كهذه يمكن أن تنافس الغرافين في التطبيقات الإلكترونية.

لقد شمل التطور الحديث لفيزياء الحالة الصلبة قدراً كبيراً من المعلومات حول السلوك المتميز للإلكترونات السطحية. فكل مادة معروف أنها تغدو ذات نقل فائق فوق الدرجة 77 كلفن، وهي الدرجة التي يصبح النتروجين سائلاً عندها، تحتوي على مستويات ذرية من النحاس والأكسجين، وهي المستويات التي يعتقد أن الناقلية الفائقة تنشأ منها. إن "الرقص (الوثب) الكمومي" للإلكترونات المستوية في حقل مغنطيسي شديد يشكل الأساس لسلوكها الشبيه بسلوك السائل في مفعول هول الكمومي. فالغرافين، الذي يتألف من طبقة وحيدة من ذرات الكربون، هو المادة الثنائية الأبعاد بحق (وفي ذلك جدل)، تسلك الإلكترونات المتحركة في هذه الطبقة ولأغراض كثيرة كما لو أنها عديمة الكتلة. نشرت مجلة Nature في عددها 640 الصادر في آب من عام 2009 مقالتين علميتين تبينان أن سطح "العازل التوبولوجي" هو معدن مستوٍ جديد (غير مألوف). فقد اكتشف روشان وزملاؤه Roushan et al. أن سطح المادة لا يشبه المعادن المستوية التقليدية، إذ إنه يبدي غلظة كاملة للشوائب. في حين يبين زايه وزملاؤه Hsieh et al. أنه يمكن توليف بنيته الإلكترونية ليصبح في حالة شبه معدنية بالمناولة الكيميائية.

ووفقاً لأحدث عمل نظري نشرته مجلة Phys. Rev. Lett. 98,(2007). ومجلة Phys. Rev. B 75,(2007)، فإن كل العوازل اللامغنطيسية يمكن أن تصنَّف كعوازل عادية أو توبولوجية بالاعتماد على طبيعة سطوحها أهي عازلة على وجه العموم أم معدنية. يستعمل هذا التصنيف أفكاراً من فرع الرياضيات المعروف باسم التوبولوجيا topology، الذي يدرس خواص الأجسام التي تبقى ثابتة بدون تغيير من جراء التعديلات السلسة التي تجري على شكلها الهندسي. إن التغيرات السلسة التي تحدث للمادة الجرمية لعازل، كالتعديلات البنيوية تحت تأثير الإجهاد strain، لا تستطيع أن تغير صنف توبولوجيتها إلّا عن طريق نقلها عبر حالة معدنية أو مغنطيسية. لقد شوهدت السطوح المعدنية للعديد من العوازل التوبولوجية من قبل باستعمال أشعة X كي تُخرِج إلكتروناتها، لكن هذه الطريقة لوحدها لا تستطيع أن تكشف كل الخواص غير العادية المتوقع وجودها عند هذه السطوح.

ربما يدرك روشان وزملاؤه أكثر خاصية مميزة، وهي أن سطوح العوازل التوبولوجية تُعد استثناءات للقاعدة التي تَعْتبِر أن كل المعادن المستوية تصبح عوازل عند درجة الحرارة المنخفضة بوجود



الشكل1- انعكاس الإلكترون، أو لا. **a**، الإلكترونات (بالأزرق) في معدن مستوٍ عادي تتبعثر على شائبة (ذهب) في كل الاتجاهات وباحتمال متساوٍ. **b**، عند سطح العازل التوبولوجي –وهو العازل الذي له سطح معدني وليس سطحاً عازلاً– تفضل الإلكترونات أن تتبعثر بزوايا صغيرة وأن يكون احتمال انعكاسها وارتدادها بزاوية 180° عن جهة ورودها مساوياً للصفر. وفي الحقيقة، تتبعثر الإلكترونات كأمواج وليس كجسيمات عند مسافات ذرية، وقد شاهد روشان وزملاؤه نموذج تداخل لهذه الأمواج مما يشير إلى غياب التبعثر بمقدار 180°.

الشوائب أو العيوب. إن الطبيعة الموجية للإلكترونات في ميكانيك الكم تسعى لتضخيم أثر الشائبة: فالإلكترون المرتد من شوائب عديدة غالباً ما يؤسَر أو "يتوضع"، حتى عندما يستمر جسم تقليدي بالانتشار، كما استنبط ذلك فيليب اندرسون Philip Anderson لأول مرة منذ خمسين عاماً. فنظريته حول التوضع تتنبأ بصورة ممتازة بأن المعادن الأحادية البعد والثنائية البعد تصبح عوازل عند درجة حرارة منخفضة انخفاضاً كافياً، وفوق كمية حرجة من التبعثر الشائبي– حيث يتوقف انتشار الإلكترونات التي تميز ناقلية المواد.

على كل حال، هناك مخرج؛ ففي معظم المواد المكونة من عناصر ثقيلة، تكون حركة الإلكترونات مرتبطة بسبينها (اندفاعها الزاوي الذاتي)، وهذا الاقتران يعمل على إزالة توضع الإلكترونات. إن سطوح العوازل التوبولوجية تكون ذات فعالية عند نهاية الاقتران اللامحدود سبين–مدار، ولا يمكن أن يحصل أي توضع حتى تصبح كثافة الشوائب عالية بحيث تخرب المادة الجرمية للعازل. إن منشأ مفعول التوضع المضاد هذا هو أن الإلكترون المتحرك عند هذه السطوح لا ترجعه إلى الوراء مطلقاً أيةُ شائبة. ورغم أن الشائبة تستطيع أن تغير اتجاه حركة الإلكترون وأن الناقلية محدودة– وليست لا محدودة كما في الناقل الفائق– فالانحراف انحرافاً كاملاً بمقدار 180^{o} مستحيل (الشكل 1). وهذا الإخماد للتبعثر الراجع التام يتحول إلى تغيير أثر الترابط بين حوادث تبعثر مضاعفة من توضع إلى توضع مضاد.

لاحظ روشان وزملاؤه مفعول التوضع المضاد في صور مجهرية للعازل التوبولوجي $Bi_{1-x}Sb_x$ مستخدمين تداخل الأمواج الإلكترونية المنعكسة على عيب أو شائبة في المادة. إن الصورة التي تتبادر إلى الذهن من أجل هذه التقنية هي أن النمط الموجي من حصاة تسقط في بركة لا يمكن استعماله لدراسة الحصاة فحسب بل لدراسة طبيعة الأمواج المائية أيضاً. كانت الملاحظة الحديثة لمفعول توضع مضاد أبسط في الناقلية الكهربائية على امتداد الحافة الأحادية البعد لعازل مستوٍ الدليلَ الأول على طور "هول السبيني الكمومي" quantum spin Hall phase، وهو عازل توبولوجي في بعدين وليس في ثلاثة أبعاد.

يمكن ملاحظة شكل أضعف لمفعول التوضع المضاد هذا في الغرافين إذا كان كمون التبعثر سلساً جداً، لكن في النهاية تتوضع الإلكترونات في الغرافين بواسطة الشوائب. هناك خاصية أخرى للغرافين ألا وهي أنه شبه معدن: فالغرافين ليس له فرجة في طاقة الحالات الإلكترونية، كما هو الحال في العازل، لكن كثافة الإلكترونات المعدنية تختفي في الغرافين النقي. وفي معظم العوازل التوبولوجية، تقود الكيمياء الجرمية إلى سطح معدني بدلاً من سطح شبه معدني. بيد أن زايه Hsieh وزملاءه بينوا أنه بإجراء تعديل كيميائي على كل من الكتلة الجرمية والسطح لعازل توبولوجي مبني على البزموت– تلوريوم Bi_2Te_3، يصبح من الممكن نقل السطح إلى حالة شبه معدنية. كما بينوا أيضاً أن الحالة شبه المعدنية تحتفظ باقترانها الشديد للحركة المدارية والسبين وذلك بفحص سبين الإلكترونات المتحركة في كل اتجاه على امتداد السطح.

يقترح اكتشاف زايه Hsieh وزملائه أن سطوح العوازل التوبولوجية قد تنافس الغرافين في تطبيقات إلكترونية محتملة عديدة. إحدى الفوائد من تحويل المادة إلى حالة شبه المعدن هي أن الحقل الكهربائي يمكنه خلق حاملات شحنة إما موجبة الشحنة أو سالبة الشحنة (ثقوب وإلكترونات، على الترتيب). إن هذا التحكم الكهربائي ممكن لأن البنية الإلكترونية شبه المعدنية، في الغرافين وفي المواد الجديدة التي ركبها زايه Hsieh وزملاؤه، تستقر عند الحد الفاصل بين المعدن الشبيه بالثقوب والمعدن الشبيه بالإلكترونات. وفي الإلكترونيات الحالية القائمة على السليكون، يتم التحكم بشحنة حاملات الشحنة الأكثرية وبصورة دائمة بمعالجات كيميائية. عندما تكون قادراً على التنقل كهربائياً بين الإلكترونات والثقوب من حاملات الشحنة فهذا يؤدي إلى مرونة في تصميم النبائط.

إن لنتيجة زايه Hsieh وزملائه مضامين كثيرة بالنسبة للعلوم الأساسية. وأحد الأمثلة هو أن استعمال حقل كهربائي لخلق إلكترونات وثقوب في السطحين العلوي والسفلي من طبقة رقيقة من عازل توبولوجي يُتوقع له أن يؤدي إلى طور شبيه بطور الناقل الفائق مُسيّر بربط كهراكدي للإلكترونات والثقوب. إن القدرة على خلق أشباه معادن عند سطوح عازل توبولوجي ثم بيان حصانتها ومناعتها على التوضع تعد خطوات رئيسية في تحرير الإمكانية العلمية والتقانية لهذه المواد المتميزة.

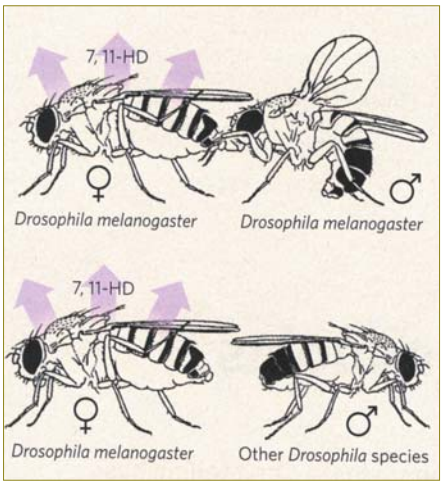
نُشر هذا الخبر في مجلة Nature,Vol. 460, 27 August 2009.

ترجمة هيئة الطاقة الذرّية السورية.

كيمياء العشق

يستعمل ذكور وإناث ذبابة الفاكهة (Drosophila melanogster) الفيرمونات للمباهاة بهوية صنفها وجنسها حين تتغازل ضمن أصناف أخرى لذبابة الفاكهة. إن قواعد هذه اللغة الكيميائية معقدة بشكل مثير للاستغراب.

يرتبط التزاوج الناجح في المطلق بالاختيارات الناجحة. لكن هذا، وكما نعرف جميعاً، ليس مشروعاً سهلاً. يحتاج الذكر، قبل الانشغال في المغازلة، إلى التأكد من أن الشريك (القرين) المحتمل هو بالفعل أنثى، وأنها من الصنف نفسه، وبالغة جنسياً ومتقبلة له. في هذه الأثناء، وبالإضافة إلى تفحص الجنس، تحتاج الأنثى إلى تقييم خاصيات طالبها قبل أن تقبل به كشريك. لذلك، ورغم أن الذكور غالباً تتخذ الخطوة الأولى بتقرير من ستغازل، فإن للإناث الكلمة الأخيرة في تقرير من ستتزوج. إن الإشارات الأولية التي تستعملها الحيوانات لتشير إلى قراراتها هي مدخلات حسية، لكنه ليس واضحاً بشكل كبير كيف تترجم مثل هذه الإشارات إلى قرارات سلوكية مجسّمة. يسلط بيليتر Billeter وزملاؤه الضوء على هذا الأمر، وذلك من خلال فك شيفرة الحوار الكيميائي الذي يحدث بين ذكر وأنثى ذبابة الفاكهة حين يتسابقان للنجاح في لعبة التزاوج.



الشكل1- الفيرمونات تعلم بهوية الأصناف في الدروسوفيلا Drosophila يذكر بيليتر أن الفيرمون 7,11-HD المنتج من ذكور Drosophila melanogster يعمل كمثير جنسي لإناث الصنف نفسه (الرسم العلوي) ولكن يعمل كرادع لإناث أصناف أخرى (الرسم السفلي). يُظهر الرسم العلوي ذكر Drosophila melanogster يعزف للأنثى بهز جناحه.

تتزاوج ذبابة الفاكهة Drosophila melanogster عند العشاء، ويحدث ذلك بشكل نموذجي في ركام السماد الطبيعي. والمشكلة هي أن منطقة العشاء هذه تعجّ بأصناف مختلفة من ذبابة الفاكهة، تظهر متشابهة على نحو لافت للنظر. كيف يستطيع الذكر أن يميّز الأنثى من الصنف نفسه بين هذا الحشد الكبير؟ يبدو أن الاتصال الكيميائي المتمثّل بالفيرمونات يشكّل الإشارة المفتاحية لذلك. فالفيرمونات مركّبات يتم تبادلها بين الأقران المحتملين عن طريق حاسة الشمّ أو حاسة الذوق قبل أو أثناء التزاوج. ولقد عُرف منذ فترة طويلة أن للفيرمونات دوراً رئيسياً في اختيار وتقرير القرين لدى حيوانات متنوعة، من الحشرات إلى الثدييات. ولكن من الصعب أن يقيّم الدور الدقيق للفيرمونات الفريدة في الاتصال الجيني، لأنها تُفرز على شكل مزائج (يغطي جسم الذبابة حوالي 30 جزيئاً مختلفاً)، وتؤدي الفيرمونات دورها هذا بالتعاون مع إشارات أخرى.

عالج بيليتر هذه المشكلة بتقييم وظيفة الفيرمونات كلاً على حدة باستخدام منحى بسيط لكنه جبّار. قام بيليتر وزملاؤه بداية بهندسة ذبابات Drosophila melanogster خالية من أي فرمون باستخدام أدوات جينية لاستنفاذ الخلايا التي تفرز هذه الجزيئات، ثم أضافوا الرائحة لهذه الذبابات الصامتة كيميائياً بفيرمونات خاصة أو بمزائج من الفيرمونات، واختبروا التأثيرات الحاصلة في ذبابات أخرى.

ومما أدهشهم أن الذبابات عديمة الرائحة، وبغض النظر عن جنسها، كانت جذّابة للذكور بشكل مفرط. هذه النتيجة تناقض الاعتقاد الواسع الانتشار بأن الفيرمونات ضرورية للتمهيد للمغازلة، وتفترض أن مدخلات حسّية أخرى كالرؤية قد تكون حافزاً للتزاوج. علاوة على ذلك، عندما عُطّرت إناث ذبابة الفاكهة Drosophila melanogster بالفيرمون 7,11-HD، الذي اعتُقِدَ لفترة طويلة أنه

مثير جنسي، لم تصبح أكثر جاذبية للذكور. وكما يوضّح المؤلفون، فإن الدور المثير جنسياً للفيرمون 7,11-HD هو أكثر دقة من الاعتقاد السابق.

خلال الجماع، ينتقل المركّب الكيميائي الذكري، الـ cVA، إلى الأنثى. يعدّل هذا الفيرمون سلوك الأنثى بعد الجماع –من خلال حثّها على وضع البيض مثلاً– ويردع الطالبين الآخرين لها. يوضّح بيليتر وزملاؤه، وكما هو متوقع، أن الإغراء الجنسي للذبابات العديمة الرائحة والمعطّرة بالـ cVA يتناقص. على أي حال، لقد وجدوا وبشكل مدهش أن إضافة الفيرمون 7,11-HD على قمة الـ cVA يضعف العامل الرادع للـ cVA في النمط المعتمد على الجرعة. لذلك، يستطيع المركّب الأنثوي 7,11-HD أن يعاكس حزام العفّة الكيميائية المفروض من الـ cVA ويعلن تقبّل الأنثى للشريكين. يوضّح هذا التفاوض الفيرموني البرامج المتعارضة للشركاء الجنسيين: والذكر يهتم بألا تتزاوج أنثاه مع ذكر آخر، في حين تنشد الأنثى زيادة فرصها في الحصول على بيوض ملقّحة من خلال التزاوج مع عدة ذكور مختلفين.

الآن، ما الذي يحدث حين يقترب ذكر ينتمي إلى الصنف A من أنثى تنتمي للصنف B؟ تنتزع الذبابات العديمة الرائحة المغازلة من ذكور لأنواع مختلفة، مشيرة إلى أن الفيرمونات تعلم عن هوية صنفها. يظهر بيليتر أنه رغم أن الفيرمون 7,11-HD يجذب ذكور الـ Drosophila melanogster، فإنه يردع الذكور من الأصناف الأخرى التي لا تفرز إناثها الـ 7,11-HD، كما يكون كافياً للتمييز بين أصناف مختلفة (الشكل 1). لذلك، يلعب فيرمون ذبابة وحيد دوراً أساسياً في اختيار الشريك من خلال وسم كلٍّ من الأنثى وهوية الصنف.

يوضّح بيليتر وزملاؤه، من خلال دراسة تأثيرات الفيرمونات الخاصة، الطبيعة المعقّدة والدقيقة غير المتوقعة للحوار الكيميائي الذي يحدث بين الشريكين الجنسيين، ويضع الأساس لتوجيه الأسئلة ذات الصلة. تستقبل الذبابات، كالحيوانات الأخرى، إشارات حسّية لا محدودة ومتكاملة لتولّد سلوكاً مناسباً. وما تزال كيفية حساب هذا التكامل في الدماغ أمراً غامضاً. يظهر هذا التكامل العصبي للفيرمونات المختلفة من خلال التأثير المعاكس للـ 7,11-HD والـ cVA. عندما تتعرض الذبابة إلى المركّبين معاً، عليها أن تقرّر ما تفعل ـــأي أن تبدي سلوكاً واحداً إما (المغازلة) أو (اللامغازلة). أين وكيف يحدث هذا التكامل في الدماغ؟ مُيّز مستقبل cVA، بأن له سمات المسار العصبوني الذي يتوسط استجابته. على أي حال، ليس معروفاً لنا مستقبل الـ 7,11-HD ولا مجموعة داراتها العصبونية المحوّلة لتأثيراتها –هذه المعلومات هي شرط لفهم الأساس العصبي لتكامل إشارة الفيرمون.

يقارب عمل المؤلفين أيضاً كيفية تطور الحوار الكيميائي للمغازلة من خلال التغيّرات في كلٍّ من إصدار الإشارة (الفيرمونات) واستقبال الإشارة (الدارة العصبونية التي تعالج الإشارة). ورغم أنه موثق وبشكل جيد أن تركيب باقة الفيرمونات يتطور بسرعة، فإن ما نعرفه عن تطور فهم هذه الدالات الكيميائية يُعدُّ قليلاً. ما هو الاختلاف بين ذكور Drosophila melanogster التي تنجذب بواسطة الفيرمون 7,11-HD وبين مثيلاتها من الأصناف الأخرى التي تُردَع بواسطة المركب نفسه؟ هل تتوضّع هذه الامتيازات (التغيرات) في (العصبونات) الحسّية –على سبيل المثال، باستجابات متباعدة؟ أم أن التفاوت في الفهم اللازم لمعالجة الفيرمونات يتخذ عمقاً أكبر في مجموعة الدارات الدماغية؟ يماثل الاختلاف بين أصناف ذبابة الفاكهة ذلك عند ذكور وإناث Drosophila melanogster التي تستجيب للـ cVA بشكل مختلف. في هذه الحالة، من المعروف أن الاستجابة المثيرة للجنس تكمن في عمق أكبر وعلى هيئة اختلافات دقيقة في علم تشكل المشابك العصبية. لقد أخذ بيليتر خطوة حاسمة في تحليل المدخلات الفيرمونية لبدء المغازلة عند ذبابة الفاكهة. ولكن الكيفية التي يؤدي بها التمثيل الحسي إلى اتخاذ القرار وتطور هذا التمثيل بين الأصناف، بحاجة إلى مزيدٍ من الدراسة.

نُشر هذا الخبر في مجلة Nature,Vol 461, 15 October 2009.

ترجمة هيئة الطاقة الذرّية السورية.

فقاعي ولكنه هادئ

يمكن صنع صفيف من الفقاعات في مواد شبيهة بالمطاط لحجز انتقال الصوت. ويمكن لهذا الأمر أن يساعد في تصميم جدران مانعة للصوت في غرف الموسيقى والشقق في المدن.

شهد العقد الماضي اهتماماً متنامياً في تصنيع مواد تستطيع التعامل مع الأمواج. وقد تبعَ نجاحَ جهود الحصول على بلّورات فوتونية تُصنّع مكروياً وإمكانية الحصول بتلك الوسيلة على طرائق جديدة للتحكّم في الأمواج الكهرطيسية، تطلّعُ الباحثين إلى وسائل أكثر فعّالية للتحكّم في الأمواج الميكانيكية مثل الأمواج الصوتية. عندما ننصت إلى سيمفونية، فإننا نكشف الأمواج الصوتية التي تقع تواتراتها ضمن مجال سمعنا (الأمواج الصوتية)–الأمواج الواقعة بين 20 هرتز إلى حوالي 20 كيلو هرتز (متوسط تواتر النغمة C يبلغ 261 هرتز). تُعرف التواترات الأعلى الممتدة من 20 كيلو هرتز إلى 1 غيغا هرتز بالأمواج فوق الصوتية، وتُستعمل عادة في التصوير الطبي. أما الأمواج الأعلى من ذلك، التي تمتد تواتراتها من حوالي 1 غيغا هرتز إلى مجال الترّاهرتز، فهي الفونونات فوق الصوتية المفرطة التي تنقل الحرارة. وقد وصف ليروي Leroy وزملاؤه في مجلة Applied Physics Letters تركيب مادة جديدة لتخميد انتقال الفونونات فوق الصوتية.

تتشكّل البلورة الفوتونية (من أجل الضوء) أو الفونونية المقابلة لها (من أجل الصوت)، من مادة مهندسة الصنع مؤلفة من ترتيب متكرّر بصورة منتظمة من عناصر تسمح للأمواج المصطدمة أن تشكّل تداخلاً هدّاماً: أي إن الأمواج التي تواتراتها تقع ضمن مجال يُعرف بالفرجة العصابية تُمنع من الانتشار في المادة. وللحصول على التداخل الهدّام يجب أن يكون دور البنية البلورية من مرتبة طول الموجة. وهذا يعني أنه حتى يمكن حجز الصوت من أجل السماع البشري، يجب أن تكون الأدوار كبيرة جداً وتكون البنية الكلّية مناسبة تماماً ومن مرتبة الأمتار. في الواقع، إن التخميد الصوتي محقق بصورة عفوية في الأرغن الفونوني الموجود في حديقة مؤسسة جون مارش Juan March في مدريد (الشكل 1). لهذه البنية فرجة عصابية في جوار التواتر 1.6 كيلو هرتز، ومصنوعة من قضبان معدنية قطرها 3 سنتمتر مرتّبة في شبيكة دورها 10 سنتمتر، ومثبتة على منصة دائرية قطرها 4 أمتار.

بيد أن هنالك طريقاً آخر لحجز الصوت وهو التجاوب. نشر مارسيل مينّايرت Marcel Minnaert في عام 1933 في مجلة

الشكل1– إنه ليس قطعة فنية. إن الأورغن هذا مثال عن غير قصد للبلّورة الفونونية، إنه ترتيب دوري من البنية –وهي في هذه الحالة عبارة عن أنابيب من الفلز– يمكنها أن تحجز الأمواج الصوتية.

philosophical Magazine مقالاً عنوانه "على فقاعات الهواء الموسيقية وأصوات المياه الجارية" لخّص فيه النظرية الأساسية لأصل الصوت الصادر من فقاعة هواء متشكّلة في الماء. إن مفتاح رؤيته للموضوع هو أن الفقاعة تخضع لاهتزازة شعيّة (نمط التنفس) في داخل المائع المحيط. وجد مينّايرت أن تواتر التجاوب للفقاعة (ω_0) يعتمد على معامل الهواء الحجمي (β_{air}) وهو قياس مقاومة المادة للانضغاط) ونصف قطر الفقاعة (R_{bubble}): وهكذا،

$$\omega_0 = (3\beta_{air}/\rho_{water})^{1/2}/R_{bubble}$$

ومن المهمّ أن نذكر أن معامل الهواء الحجمي المنخفض (حوالي 10.000 مرة أقلّ من معامل سائل نموذجي) يؤدي إلى انخفاض في التواتر التجاوبي، وهو ما يكون ضمن مجال السمع البشري حتى من أجل الفقاعات الصغيرة (تكون R_{bubble} من مرتبة المليمتر). وبدلاً من صنع فقاعات تصدر صوتاً، كان لدى المرء سائل يحوي جمعاً من الفقاعات المرتّبة بشكل عشوائي، وإن الأمواج الواردة بالتواتر الصحيح يمكنها أن تجعل كلّ فقاعة في حالة تجاوب، مما يؤدي إلى امتصاص طاقة الأمواج والحدّ من انتشار الصوت في الوسط. وإذا استطاع المرء أن يصنع فقاعات ذات حجم منتظم ويضعها في صفيف دوري ذي تباعد صحيح، فإنه يكون للمادة آليتان مستقلتان لإعاقة انتشار الأمواج: امتصاص الطاقة من خلال تجاوب الفقاعة الوحيدة والتداخل الهدّام من تبعثر براغ للأمواج، بفضل صفيف الفقاعات الدوري. وتكمن البراعة في كيف نصنع ونثبت في المكان النوع الصحيح من صفيف الفقاعات في السائل. إنّ من الصعب صنع فقاعات لها حجم منتظم، وإذا ما استطعنا ذلك، فإنها ستبقى في داخل السائل.

لقد تغلّب ليوري وزملاؤه في تجربتهم على هذه المشكلة باستعمال –مادة تشبه المطاط– ليّنة ممرونة قابلة للصبّ تدعى متعدد ثنائي متيل سيلوكسان (PDMS) بدلاً من السائل. لقد استعملوا عارضة قاسية لصنع صفيف دوري ثنائي البعد من الأجواف (فقاعات) في كلّ طبقة من عدد من طبقات الممرون، ومن ثم كدّسوا الطبقات لتشكيل صفيف ثلاثي الأبعاد من الأجواف. كانت الأجواف في الحقيقية أسطوانات بنسبة باعيّة قريبة من الواحد، وليست كرات تامة، ولكن هذا لا يؤثر كثيراً على التجربة. ولما كان المركّب PDMS ليس سائلاً حقيقياً، فإن المرء يحتاج لتعديل التعبير المتعلق بتواتر تجاوب مينّايرت والأخذ بعين الاعتبار معامل القص الذي لا يساوي الصفر (صلابة المادة). ولحسن الحظ، فإن معامل القص لـ PDMS يبلغ فقط خمسة أضعاف معامل الهواء الحجمي، ولهذا فإن تواتر تجاوب فقاعة الهواء في هذا الجسم الصلب اللين يبقى منخفضاً.

ولما لم يستطع ليوري وزملاؤه ترتيب الطبقات العليا والسفلى للفقاعات بعضها مع بعض، فإن ترتيب البنية لم يكن منتظماً بشكل دقيق، ولكن تبيّن أن عدم الانتظام هذا لم يغيّر التداخل الهدّام لبراغ عندما تسير الأمواج في اتجاه عمودي على سطح البنية. وبتصنيع فقاعات قطرها 80 مكرومتراً مكدّسة في طبقات تبلغ المسافات فيما بينها حوالي 360 مكرومتراً، سمح الباحثون للآليتين أن تحجز الطريق أمام الأمواج نفسها، ووجدوا أن الصوت قد تخامد بعامل يساوي 1.000 على مدى فرجة عصابية تبلغ 0.25 MH_2. وقد بيّنت النتيجة أنه بجمع امتصاص التجاوب وتبعثر براغ الهدّام، يمكن استعمال بنية متراصّة أكثر لحجز الصوت.

وهكذا، مَهّدت منظومة ليوري وزملائه البسيطة الطريق من أجل تطوير بلّورات فونونية معقدة على أساس الفقاعات تستطيع أن تقدّم فجوة عصابية أعرض وأعمق (أكثر تخميداً) مما حصل عليه المؤلفون. ويمكن أن يتم هذا بهندسة المادة للحصول على أكثر من دور بنيوي واحد وعلى فقاعات مختلفة الحجم. وأما الاحتمال الآخر، فهو جمع الفقاعات الفردية بصورة فيزيائية، وهذا ما يخفض من تواتر التجاوب للمنظومة ويزيد من التخامد الفعّال للأمواج ومن عرض فجوة العصابة.

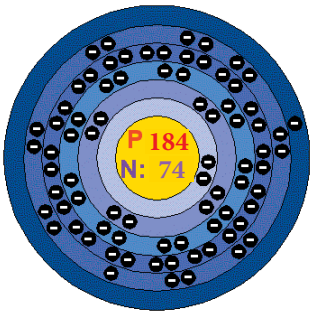
ويمكن في التجارب المستقبلية الحصول على ترتيب طبقات المرون بعدة وسائل ضوئية أو فيزيائية تؤمّن تداخل براغ من أجل أمواج واردة من زوايا مختلفة. هكذا، وباستخدام حجوم مختلفة من الفقاعات، ووصل الفقاعات ضمن الطبقات المفردة، وتغيير الأبعاد بين الطبقات، فإن الوسط الفقاعي اللّين الذي اقترحه ليوري وزملاؤه يمكن يوما ما أن يواجه تحديات عصابات السرقة في الأماكن العامة بمحاولتهم عزل أصواتهم عن جيرانهم.

نُشر هذا الخبر في مجلة Nature,Vol 462, 31 December 2009.

ترجمة د. أحمد حاج سعيد، عضو هيئة التحرير.

التنغستين

الرمز:	W
العدد الذرّي:	74
الكتلة الذرّية:	184
درجة انصهاره	3422 °C
درجة غليانه	5660 °C
الكثافة	17.6 g/cm^3



ماهيته ووجوده في الطبيعة

التنغستين Tungsten عنصر كيميائي انتقالي، ويعرف أيضاً بـ الوُلفرام Wolfram. إنه معدن رمادي موجود في فلزات عديدة، بما في ذلك الوُلفراميت. وهو مميز بخصائصه الفيزيائية القوية، إذ يتمتع بأعلى درجة انصهار بين جميع المعادن، وهو الثاني بين جميع العناصر التي تلي الكربون. كما أنه يتميز بكثافة عالية جداً وهي أكبر من كثافة الماء بـ 19.3 مرة. وغالباً ما يكون التنغستين سريع الانكسار وصعب المعاملة في حالته الخاميّة، وإذا كان نقياً يمكن قطعه بمنشار المعادن.

يستخدم التنغستين النقي في التطبيقات الكهربائية، لكن مركّباته وخلائطه العديدة تستخدم في تطبيقات كثيرة، وأكثرها شيوعاً فتائل المصابيح الضوئية المتوهجة وأنابيب الأشعة السينية (فتائل وأهداف) وكذلك في الخلائط الفائقة المواصفات. التنغستين هو المعدن الوحيد بين عناصر المجموعة الثالثة للعناصر الانتقالية المعروف بوجوده في الجزيئات الحيوية، وهو العنصر الأثقل المعروف باستخدامه من قبل المتعضيات الحيّة.

تاريخه

اكتشف العالم كارل ويلهلم شيل Carl Wilhelm Scheele عام 1781 أن حمضاً جديداً، حمض تنغستيني، يمكن تصنيعه من التنغستينايت، واقترح شيل وتوربرن برغمان Torbern Bergman أنه بالإمكان الحصول على معدن جديد من هذا الحمض. وفي العام 1873 وجد الأخوان جوزيه Jose وفوستو إلهويار Fausto Elhuyar حمضاً مصنوعاً من الوُلفرامايت وكان مماثلاً للحمض التنغستيني. وفي نهاية ذلك العام نجح الأخوان في عزل التنغستين بوساطة فحم الخشب، ونالا سمعة مرموقة بسبب اكتشاف هذا العنصر.

لعب التنغستين دوراً بارزاً خلال الحرب العالمية الثانية في خلفية العلاقات السياسية. حيث خضعت البرتغال، كمصدر أوربي أساسي لهذا العنصر، لضغط مزدوج من قبل طرفي الصراع، بسبب مكامنها من فلز التنغستين. فمقاومة التنغستين لدرجات الحرارة العالية وقوة خلائطه جعلتا منه مادة أولية مهمة لصناعة الأسلحة.

أصل التسمية

استخدم لفظ تنغستين Tungsten (بمعنى "الحجر الثقيل") بالإنكليزية والفرنسية ولغات أخرى عديدة كاسم لهذا العنصر. أما الاسم الآخر، وُلفرام Wolfram، فهو مستخدم في غالبية اللغات الأوربية (خاصة في الألمانية والسلافية)، وهو مشتق من الفلز وُلفرامايت wolframite، وهذا هو أيضاً الأصل في اعتماد صيغته الكيميائية، W.

خصائصه الفيزيائية

يكون التنغستين في شكله الخام معدناً رمادياً سهل القصف وصعب التطويع، لكن، يمكن التعامل معه بسهولة في حالات الصهر والإنشاء والتشكيل أو التلبيد إذا ما كان نقياً. وبشكله النقي، يتمتع التنغستين، بين جميع المعادن، بأعلى درجة انصهار (3,422 °C)، وهو الأقل في ضغط بخاره (عند درجات حرارة أعلى من 1,650 °C) والأعلى في قوة الشد. يتمتع التنغستين بأخفض معامل تمدد حراري من بين أي معدن نقي. ويعود كل من انخفاض التمدد الحراري ودرجة الانصهار العالية ومتانة التنغستين إلى قوة الروابط التشاركية المتشكلة بين ذرّات التنغستين بفعل إلكترونات 5d، وإن خلط كمية ضئيلة من التنغستين مع الفولاذ يزيد قوته بشكل كبير.

نظائره

يتألف التنغستين الطبيعي من خمسة نظائر ذات أعمار نصف كبيرة لدرجة أنه يمكن اعتبارها نظائر مستقرة. ونظرياً يمكن لجميع النظائر الخمسة أن تتفكك إلى نظائر عنصر الهافنيوم ذي العدد الذري 72، مطلقة إصدارات ألفا، وأقلها نشاطاً هو النظير ^{180}W الذي يتفكك مع عمر نصف يساوي $(1.8 \pm 0.2) \times 10^{18}$ سنة، ووسطياً، يقود ذلك إلى تفككين من نوع ألفا لـ ^{180}W في كل غرام

واحد من التنغستين الطبيعي كل سنة. أما النظائر الموجودة بشكل طبيعي فلم يلحظ فيها أي تفكك، مما يقيد أعمار نصفها لتكون

$^{182}W,\ T_{1/2} > 8.3\times10^{18}$ years

$^{183}W,\ T_{1/2} > 29\times10^{18}$ years

$^{184}W,\ T_{1/2} > 13\times10^{18}$ years

$^{186}W,\ T_{1/2} > 27\times10^{18}$ years

جرى تمييز 30 نظيراً صنعياً مشعاً للتنغستين، والأكثر ثباتاً بينها هو ^{181}W بعمر نصف مدته 121.2 يوماً و^{185}W بعمر نصف مدته 75.1 يوماً و^{188}W بعمر نصف مدته 69.4 يوماً و^{178}W بعمر نصف مدته 21.6 يوماً و^{187}W بعمر نصف مدته 23.72 ساعة. ولجميع ما تبقى من النظائر أعمار نصف مددها تقل عن 8 دقائق.

خصائصه الكيميائية

يقاوم التنغستين هجوم الأكسجين والأحماض والقلويات، وحالة الأكسدة الأساسية الأكثر شيوعاً هي 6+، لكنه يبدي جميع حالات الأكسدة بدءاً من 2- وحتى 6+. يتحد التنغستين مع الأكسجين بشكل نموذجي ليشكل أكسيد التنغستين الأصفر، WO_3، الذي ينحل في المحاليل القلوية المائية ليعطي أيونات التنغستات، WO_4^{2-}.

ينتج كربيدا التنغستين (W_2C وWC) عند تسخين بودرة التنغستين مع الكربون، ويعدّان من أقسى الكربيدات، مع درجة انصهار قيمتها 2780 °C و2770 °C على التوالي. يعدُّ WC ناقلاً كهربائياً فعالاً أما W_2C أقل منه فعالية. ويسلك كربيدا التنغستين سلوكاً مشابهاً لسلوك التنغستين الحر وهما مقاومان للهجوم الكيميائي، في حين أنهما يتفاعلان بقوة مع الكلور ليشكلا سداسي كلوريد التنغستين (WCl_6).

تتميز المحاليل المائية للتنغستات بتشكيلها أحماضاً غير متجانسة وأنيونات تتكون من العديد من ذرات المعدن والأكسجين عند تعرضها لشروط طبيعية وحامضية. وعندما تعالج التنغستات بشكل متدرج مع الحمض فإنها تقود أولاً إلى تشكل أنيون "باراتنغستات A"، شبه مستقر ومنحل، ومن ثم إلى $W_7O_{24}^{6-}$، الذي يتحول مع مرور الوقت إلى أنيون "باراتنغستات B" الأقل انحلالية ($H_2W_{12}O_{42}^{10-}$). وباستمرار التحميض نحصل على أنيون "ميتا تنغستات" الشديد الانحلال ($H_2W_{12}O_{40}^{6-}$)، ليحصل بعدها التوازن النهائي.

دوره الحيوي

يعد التنغستين أثقل عنصر معروف تستخدمه المتعضّيات الحيّة، ويتبعه بذلك اليود ذو العدد الذري 53. لم يكن التنغستين ضرورياً أو مستخدماً في الخلايا حقيقيات النوى eukaryotes، إنما يُعدُّ مغذياً أساسياً لبعض البكتيريا. فعلى سبيل المثال، يستخدم التنغستين في الأنزيمات المسمّاة "خمائر مُؤكسدة–مُرجعة oxidorecuctases"، بشكل مماثل لاستعمال الموليبدينوم، من خلال دخوله في معقد تنغستين–بتيرين tungsten-pterin complex (بتيرين: هو مركّب حلقي لا متجانس لحلقة البيرازين (وهي مركّب عضوي عطري حلقي لا متجانس) وحلقة البيريميدين التي تتضمن كربونيل أكسجيني ومجموعة أمينو). تقوم الأنزيمات الحاوية على التنغستين بإرجاع الأحماض الكربوكسيلية الحرة إلى ألدهيدات.

تأثيرات أخرى على الكيمياء الحيوية

في التربة، يتأكسد معدن التنغستين إلى أنيون التنغستات. يمكن له أن يحلّ محل الموليبدينوم في بعض الإنزيمات، وفي مثل هذه الحالات يفترض أن يكون الأنزيم الناتج في الخلايا حقيقيات النوى خاملاً. تحدد كيمياء التربة كيفية تبلمر التنغستين، إذ يتشكل في التربة القلوية مركب وحيد ذرة التنغستين أما في التربة الحمضية فيتشكل مركباً متعدد ذرّات التنغستين.

وقد تمّت دراسة التنغستين كمضاد للأثر البيولوجي للنحاس، فوجد أن مركّب رباعي ثيوتنغستات tetrathiotungtates يمكن أن يستخدم كمادة كيميائية لتعقيد النحاس بيولوجياً بدور مشابه لرباعي ثيومولوبيدات.

إنتاجه

يوجد التنغستين في فلزات الوُلفراميت، $FeWO_4/MnWO_4$، وتنغستات الكالسيوم، $CaWO_4$، والفربيريت، $FeWO_4$. والهيبيريت، $MnWO_4$. عُدّنت هذه الفلزات واستخدمت لإنتاج حوالي 37400 طن من التنغستين المركز في العام 2000، ووصل إنتاج الصين إلى أكثر من 75% من هذا الإجمالي، وقد جاء معظم ما تبقى من أستراليا وبوليفيا والبرتغال وروسيا.

يستخلص التنغستين من فلزاته على مراحل عدة. يُحوّل الفلز في آخر الأمر إلى أكسيد التنغستين (VI) (WO_3) الذي يسخن مع الهدروجين أو الكربون للحصول على التنغستين بشكل مسحوق. يمكن استخدام هذا المسحوق كما هو أو بسكبه على شكل قضبان. يمكن أيضاً استخلاص التنغستين بإرجاع WF_6 بالهدروجين:

$$WF_6 + 3H_2 \rightarrow W + 6HF$$

أو بتفكك البيروليتيك:

$$WF_6 \rightarrow W + 3F_2 \ (\Delta Hr = +)$$

تحدد أسعار التنغستين في سوق المعادن بلندن، ووصل سعر التنغستين النقي إلى ما يقارب 25075 دولاراً أمريكياً للطن في تشرين الأول/أكتوبر عام 2008.

تطبيقاته

نظراً لاحتفاظه بقوته في درجات الحرارة العالية ونقطة انصهاره العالية، يستخدم عنصر التنغستين في العديد من التطبيقات العالية درجات الحرارة، مثل فتائل مصباح الإضاءة، وأنبوب الإشعاع الكاثودي، وأنابيب التفريغ، وفي عناصر تجهيزات التدفئة وفوهات محركات الصواريخ. تسمح درجة انصهاره العالية بجعل التنغستين

مناسباً للتطبيقات الفضائية والكهربائية والحرارية واللحام، ولاسيما في قوس اللحام بوجود الغاز الخامل.

وبسبب خصائصه في مجال الناقلية وخموله الكيميائي نسبياً، يستخدم التنغستين أيضاً في صناعة الإلكترودات ورؤوس الإصدار في أجهزة الحزم الإلكترونية التي تستخدم مدافع الإصدار، مثل المجاهر الإلكترونية. وفي الإلكترونيات، يستخدم التنغستين كمادة توصيل في الدارات التكاملية، بين مواد ثنائي أكسيد السليكون العازلة والترانزستورات. يستخدم أيضاً كغطاء في الأفلام المعدنية البديلة لاستخدام الخيوط في الإلكترونيات التقليدية.

تسمح البنية الإلكترونية للتنغستين بجعله واحداً من المصادر الأساسية لصنع أهداف الأشعة السينية، وللحماية من الإشعاعات العالية الطاقة (كما هو الحال في صناعة الصيدلانيات المشعّة بهدف تدريع العيّنات النشطة إشعاعياً). يستخدم مسحوق التنغستين كمادة لتدعيم المركّبات البلاستيكية المستخدمة كبدائل للكرات الرصاصية والطلقات ودروع التشعيع. ونظراً لتماثل معاملي التمدد الحراري للتنغستين وللزجاج، فهو يستخدم في لحامات المعادن بالزجاج.

تستخدم قساوته وكثافته العاليتان للحصول على خلائط معدنية ثقيلة، وأفضل مثال على ذلك هو الفولاذ العالي السرعة، الذي يمكن أن تصل نسبة التنغستين فيه إلى 18%. وتتضمن التطبيقات التي تتطلب كثافة عالية كلاً من المخفّضات الحرارية، والأوزان، والأوزان المضادة، وأثقال التوازن في الزوارق وذيول التوازن في الطائرات التجارية، وفي توازنات سيارات السباق. وفي التسليح، يستخدم التنغستين مع النيكل والحديد أو الكوبالت لتشكيل خلائط ثقيلة تستخدم للحصول على ثاقبات طاقية حركية كبدائل لليورانيوم المنضّد، كما أنه يستخدم في تغليف أسطوانات المدافع، وفي القنابل والصواريخ لخلق شظايا فوق صوتية. تستخدم الخلائط العالية الكثافة من التنغستين والنيكل والنحاس والحديد في صنع السهام ذات المواصفات العالية للحصول على تجهيزات قتالية ذات أقطار صغيرة وإحكام دقيق، أو لصنع شراك الأسماك. وتدعم بعض أنماط الأدوات الموسيقية بأسلاك التنغستين، ونظراً لكثافته المشابهة لكثافة الذهب فهو يستخدم في صناعة المجوهرات بدلاً من الذهب والبلاتين.

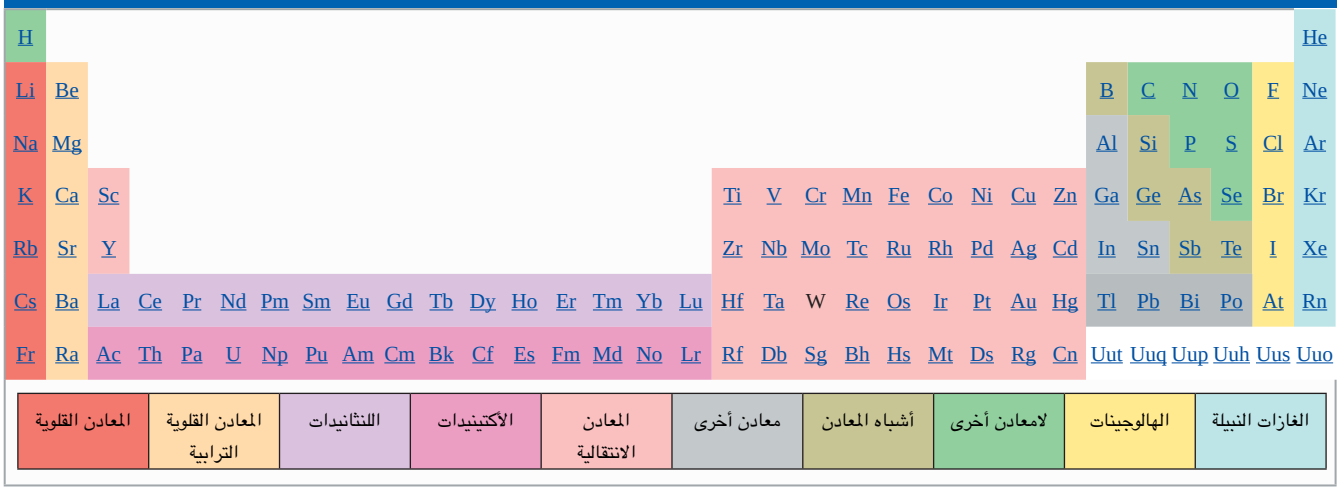
تستخدم مركّبات التنغستين كمُحفّزات كيميائية وصباغات لاعضوية، مثل أكاسيد التنغستين، وفي صناعة المُزلّقات العالية درجة الحرارة، مثل ثنائي سلفيد التنغستين. كما يستخدم كربيد التنغستين (WC) في تصنيع أدوات الحك والسكاكين والمشارط وريش الثقب والمناشير وأدوات الخراطة المستخدمة في ورشات المعادن والأخشاب، وفي أعمال المناجم والنفط والبناء. تستهلك مثل هذه الاستخدامات حوالي 60% من التنغستين الحالي. وتستخدم أكاسيد التنغستين في طلي السيراميك بطبقة لامعة، كما تستخدم تنغستات الكالسيوم والمغنيزيوم بشكل كبير في الإضاءة المتفلورة. وتُستخدم بلّورات التنغستات كواشف للتألق في الفيزياء النووية والطب النووي. تستخدم أملاح أخرى حاوية على التنغستين في الصناعات الكيميائية والدباغة.

تحذيرات

لا يوجد الكثير من المعطيات حول سميّة التنغستين، لكن ذلك لا يعني عدم وجود حالات تسمم بمركّبات التنغستين. تتراوح الجرعة المتوقعة المميتة بين 500 ملغ/كغ و5غ/كغ عند البشر. ويعرف عن التنغستين أنه يسبب نوبات مرضيّة وقصوراً كلوياً مع تموُّت حاد في الأوعية. ولا يذكر للتنغستين حتى الآن أي تأثير بيئي ضار.

إعداد: د. عادل حرفوش، رئاسة هيئة التحرير

موقع التنغستين في الجدول الدوري وتصنيفه



بروتوكول الأوزون يواجه وضع المناخ

يواصل الأوربيون جهودهم لتعديل اتفاقية مونتريال في مواجهة الاحترار العالمي

بينما يشعر مراقبو المناخ بالقلق حول قمة الاحترار العالمي المنعقد في كانون الأول في كوبنهاغن، يسعى المفاوضون الدوليون حول الأوزون جاهدين في العمل على التعديل المقترح في بروتوكول مونتريال حول المواد التي تستنفد الأوزون، حيث يمكن إعادة تشكيل الطريقة التي تعالج بها الحكومات صنفاً مهماً من غاز الدفيئة.

إن الوفود المتجهة إلى البروتوكول ستلتقي في ميناء غالب في مصر من 4–8 تشرين الثاني، لمناقشة الطلبات التي تدعو إلى خفض استخدام كربونات الهدروفلور (HFCs)، والمبردات التي انتشرت لتحل محل المواد الكيميائية التي تدمر الأوزون مثل مركب كربونات كلور الفلور. وعلى الرغم من أن كربونات الهدروفلور لا تدمر طبقة الأوزون لكن بعضها ذو تأثير أكبر بـ 12.000 مرة من ثنائي أكسيد الكربون عند الحرارة الآسرة. هذا وقد أفاد المؤيدون لهذه الطلبات أن كربونات الهدروفلور يمكن أن تُضبط بشكل فعال في بروتوكول مونتريال –حيث تمت الموافقة على مقاطعة المواد التي تسهم في استنزاف الأوزون وذلك من أجل المساعدة على تبطيء الاحترار العالمي.

صادق مفاوضو الاتحاد الأوربي على الفكرة أثناء محادثات الأمم المتحدة حول المناخ في بانكوك في بداية هذا الشهر، مضيفين بذلك قوة دافعة للحركة التي تقودها حكومات الجزر الصغيرة لـ موريشيوس Mauritius وميكرونيسيا Micronesia وذلك من أجل البحث عن حل جذري لتغيرات الطقس والتقليل من ارتفاع منسوب البحر. أجرت هذه الدول تعديلات أولية للبروتوكول في نيسان، وتبعها الشهر الماضي اقتراح من الولايات المتحدة وكندا والمكسيك.

ومع ذلك، لم يكن من الواضح فيما إذا كان مفاوضو مونتريال سيتقدمون بمحادثاتهم بقرار كهذا عندما يلتقون في مصر. هذا وقد بقي الموظفون الأوربيون الرسميون قلقين في أن يَدَعوا عملية مونتريال تتقدم أكثر على محادثات المناخ في كوبنهاغن، والفكرة تبقى بحاجة إلى كسب التأييد والمصادقة عليها من قبل الاقتصاديات الناشئة مثل الصين والهند التي تمثل السوق النامية الرئيسية لكربونات الهدروفلور نظراً للطلب المتزايد على مكيفات الهواء.

"أستطيع أن أقتبس شيئاً مفاده: إننا راغبون ومهتمون بالإمكانيات وسنكون جاهزين كي نتبناه إذا كان توجيهياً" هذا ما قالته آنا ماريا كليمير مفاوضة رئيسية سابقة للأرجنتين في البروتوكول التي تعمل الآن في المركز الدولي للتجارة والتنمية المستدامة في جنيف، سويسرا.

غامرت وفود مونتريال أولاً في لقاء الاحترار العالمي في 2007، عندما وافقوا على تسريع عملية التخلص من كربونات هدروفلور من أجل التقليل من تأثيرات غازات الدفيئة. إن تنظيم كربونات الهدروفلور HFCs سوف يتطلب توسيعاً واضحاً لمعاهدة مونتريال.

إن اللغة المقترحة من قبل مفاوضي المناخ الأوربيين ستسمح لنظرائهم في مونتريال أن يتقدموا للأمام بالنسبة لكربونات الهدروفلور بإطار الالتزام القائم تحت معاهدة المناخ من قبل الأمم المتحدة.

"يريد الأوربيون أن يتأكدوا فقط من أن كل ما يتم اتخاذه على جانب بروتوكول مونتريال يكون لصالح جانب المناخ" هذا ما قاله دورود زالك Durwood Zaelke، رئيس معهد الحكم والتنمية المستدامة في واشنطن DC. وأفاد أنه يواجه إمكانية أن يوافق مفاوضو الاتحاد الأوربي في مصر على وضع معايير عالمية لانبعاثات كربونات الهدروفلور من وسائل النقل متوافقة مع الأنظمة المحلية الحالية للاتحاد الأوربي.

أفادت المفوضية الأوربية أنها تريد أن تنسق أمور التمويل والحساب والتنظيم بين اتفاقيتي كيوتو Kyoto واتفاقية مونتريال Montreal قبل المضي إلى الأمام. هذا وتدعو المفوضية إلى إنشاء لجنة تقنية تحت مظلة اتفاقية مونتريال لتحليل المقترحات حتى منتصف 2010.

* مقتبس من مجلة Nature, Vol 461, 29 October 2009.

الطريق إلى خفض الانبعاثات الناتجة عن التصحر وتعرية الغابات REDD

إن برنامج تجارة الانبعاثات يعطي الغابات قيمة سوقية وذلك بالاعتماد على كمية الكربون التي تحتجزها. يمكن للغابات أن تساعد في ضبط الاحترار العالمي –في حال قامت الدول النامية بتحمل مسؤولياتها.

أمضى المهتمون بالبيئة عقوداً وهم يعملون على حماية الغابات الاستوائية (المدارية) من أجل تعزيز التنوع البيولوجي والمحافظة على محاصيل الطبيعة. كل هذه الجهود المبذولة فشلت أمام مواجهة القوى الاقتصادية التي وضعت أسعاراً على الخشب والأراضي الخالية من الأشجار أغلى من الأسعار التي وضعتها على الغابات. لكن هذا الوضع يمكن أن يتغير إذا استطاع مفاوضو المناخ الدوليون أن يشملوا كربون الغابات في معاهدة لضبط الاحترار العالمي. إن الطريق للأمام لن يكون سهلاً كما أشارت إليه نيوز فيتشر (News Feature) حول غابات مدغشقر، لكنها بالتأكيد تجربة قيّمة.

يمثل كربون الغابات طريقة جديدة في المحافظة على الغابات وذلك عندما يتم قياس الغابات بدلالة الكربون الذي تحتجزه في كتلتها الحيوية وفي التربة. إن الأرقام حقيقية حيث إن التصحر هو الآن مسؤول عن أكثر من 20% من انبعاثات الكربون العالمية، مما يعني أن حماية الغابات يمكن أن تخفّض وبشكل ملحوظ من الاحترار العالمي. إن فعل ذلك لن يكون بالأمر السهل، ولو أن التركيز يكون على القضايا الاجتماعية وضعف الحكم في عدة دول استوائية. لكنها تعتبر طريقة غير مكلفة مقارنة بالطرق الأخرى المتخذة لخفض انبعاثات الكربون. وعندما يتم حساب الكربون، فإن الغابات الاستوائية ستحظى في النهاية بالاهتمام الذي تستحقه.

بينما يحضّر العالم نفسه لقمة المناخ التابعة للأمم المتحدة في كوبنهاغن في كانون الأول، تجري المفاوضات حول الكيفية التي تساهم فيها معاهدة مناخ جديدة بإقامة سوق يقيّد لحساب المحافظة على الغابات –وهو نظام تجاري معروف بـ «خفض الانبعاثات الناتجة عن التصحر وتعرية الغابات (REDD)» وهو من أهم الأنظمة المثمرة حتى الآن. إن المفاوضين حول REDD هم الأقرب لإنشاء الاتفاق أكثر من نظرائهم في المعاهدة الذين يعملون على معرفة أهداف الانبعاثات والأمور المادية وغيرها. تنظر البلدان المتقدمة إلى REDD على أنها طريقة غير مكلفة ومفيدة من حيث تقليل الانبعاثات، وتنظر إليها البلدان النامية كطريقة لضخ السيولة يمكن استخدامها من أجل تعزيز مخطط جديد للتنمية المستدامة.

وفي الوقت الحاضر، تنشط المشاريع حول خفض الانبعاثات الناتجة عن التصحر وتعرية الغابات REDD في المناطق الاستوائية، وغالباً يتم استخدام اعتمادات مالية للحكومات أو في بعض الحالات يتم استخدام إيداعات الكربون التي يتم إصدارها في أسواق الكربون الحرة. تساعد هذه المشاريع الفردية في تحسين الحياة المعاشية للبشر وتحافظ على التنوع الحيوي المحلي، وليس واضحاً أنها تخفض مقدار انبعاثات الاحترار العالمي. ولإدراك أهمية REDD –وللمشاركة بالتدفقات الكبيرة للأموال الخاصة المتوقعة في أسواق الكربون– يجب على الدول في النهاية أن تدير غاباتها حسب مقياس وطني. وهذا يعني أنهم بحاجة إلى زيادة علمهم والبنى التحتية الرقابية من أجل جَرْد كل كربون غاباتهم، ويبينوا أنهم يستطيعون التحكم باستخدام الأرض على المستوى المحلي ويثبتوا أن انبعاثاتهم في انخفاض. إن تنفيذ ذلك يختلف تبعاً لكل بلد وذلك شيء جيد. وما دامت الغابات باقية صامدة والانبعاثات تسعى نحو الانخفاض، فعلى الدول أن تحظى بشيء من المرونة من أجل وضع أنظمة تفيد شعوبها.

عثرات كثيرة تنتظرنا. وكما يشير الوضع في مدغشقر، حيث إن عدم الاستقرار السياسي يمكن أن يعطّل الإصلاحات البيئية، واستمرار الفقر والسياسة الفاسدة إضافة إلى الجفاف والحرائق يمكن أن تفعل الشيء نفسه. لكن الحكومات، ومفاوضي المناخ، ومختصّي البيئة، يعملون على إيجاد الحلول لمواجهة هذه التحديات، ولا يوجد أي دليل حتى الآن على أنه لا يمكن التغلب عليها.

هناك شيء واضحٌ هو أنه على المستوى المحلي إما أن تنجح حماية الغابات أو تفشل. يجب على الحكومات أن تجد طرقاً لمعالجة المشاكل الاجتماعية والاقتصادية التي تدفع الناس إلى قطع الغابات، ويجب عليها أيضاً استصدار قوانين للمحافظة على الغابات. ومع أنه يُعتبر تهوراً أن نفكر بأن REDD هو الدواء الشافي والحل لجميع المشاكل، لكن هذه الفكرة تكون رائعة إذا ترافقت مع أهداف تنموية. وبالفعل، فإن تلك الدول القادرة على نشر الغنى (الثروة) بطريقة تجعل المجتمعات المحلية التي تستفيد من هذه الإعانات هي أكثر الدول نجاحاً.

* مقتبس عن مجلة Nature, Vol 462, 5 November 2009.

ثمة تقانتان قد أحدثتا ثورة في العلوم، هما الحوسبة والاتصالات، كل منهما قد ضمن لمطوريهما نصيباً من جائزة نوبل للفيزياء.

لقد فاز تشارلز كاو Charles Kao من الجامعة الصينية في هونغ كونغ بنصف الجائزة على دوره في تطوير كابلات للبصريات الليفية fibre–optic cables. أما النصف الآخر فقد تقاسمه كل من ويلارد بويل Willard Boyle وجورج سميث George Smith في منطقة موري هيل Murray Hill بولاية نيوجرسي، لتطويرهما نبيطة مقرونة الشحنة charge–coupled device (CCD)، وهي جُذاذة إلكترونية تحول الضوء إلى إشارة رقمية.

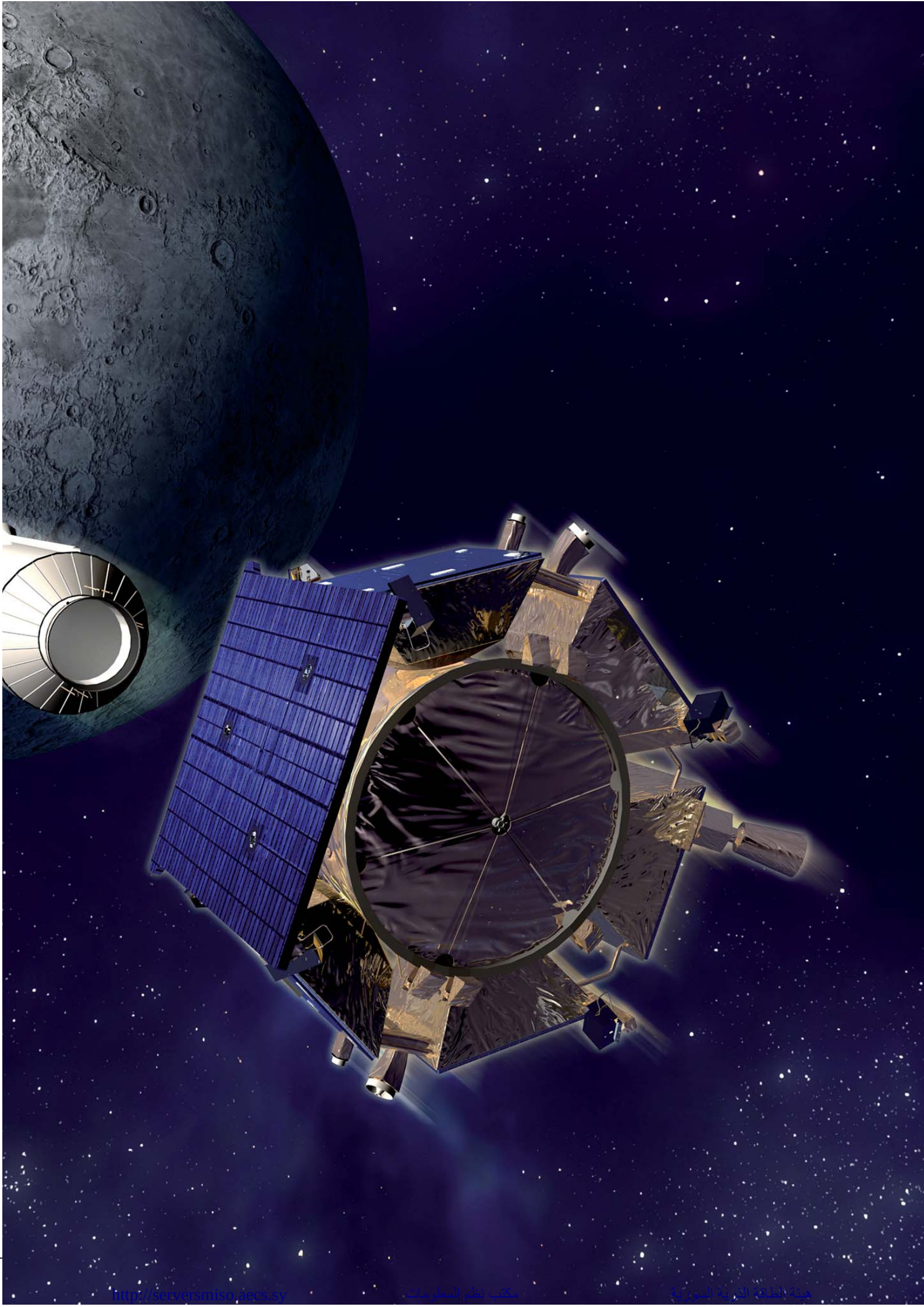
في عام 1969، طور كل من بويل وسميث جُذاذة إلكترونية يمكنها تحويل الضوء إلى إشارة إلكترونية. وقد استعمل الاثنان التركيبة المكتشفة حديثاً المصنوعة من معدن–أكسيد نصف ناقل حيث يمكنها تحويل الفوتونات إلى دفق من الإلكترونات، والذي يمكن قراءته من أطراف الجذاذة واستخدامه لإعادة تشكيل الصورة. إن القدرة على أسر الضوء رقمياً قد وجدت مجالات للاستخدام في جميع حقول العلوم تقريباً –وعلى الأخص في علم الفلك. يقول مارك كاسالي Mark Casali، وهو رئيس قسم تطوير الآليات والأجهزة في مرصد جنوب أوربة في منطقة غراشين Graching في ألمانيا: «لقد طورا علم الفلك البصري بصورة أساسية». يقول كاسالي: إنه قبل مقدم أجهزة CCD، كان الفلكيون يلتقطون صوراً للنجوم باستخدام الصفائح الفوتوغرافية، والتي كانت أقل حساسية ودقة من الأجهزة الرقمية التي خلفتها. باستخدام كاميرات CCD، استطاع الفلكيون اكتشاف مجرات ذات ضوء خافت، بل حتى رؤية التقلّبات في ضوء نجم شكّله كوكب سيار.

لقد جعلت المكاشيف أيضاً الفلك المبنيّ على الفضاء أمراً واقعاً، وذلك على حد قول مات ملونتين Matt Mountain، وهو مدير معهد علوم المقراب الفضائي في بالتيمور بماريلند، والذي يقوم بالتنسيق العلمي لمرقاب هبل Hubble الفضائي. ويضيف قائلاً: لقد جعلت من وجود مقاريب (تلسكوبات) مثل هبل أمراً ممكناً. و«يمكنك الآن وضع مكاشيف إلكترونية كبيرة الحجم في الفضاء باستطاعتها تجميع صور رقمية لبعض الأجسام الخافتة الإضاءة لم يستطع رؤيتها أحدٌ من البشر قط».

وبالمثل، لقد أَضْفت أيضاً البصريات الليفية أثراً رائعاً على العلم، على الأقل بتسهيلها للتعاون على المستوى العالمي. بيد أن نقل المعلومات عبر آلاف الكيلومترات قد بدا حلماً بعيداً حينما بدأ كاو عمله على كابلات البصريات الليفية. في ذلك الوقت، كانت الألياف قادرة فقط على نقل الضوء لمسافة مترات قليلة فقط بانعكاسٍ داخلي كلي قبل أن تخمد الإشارة. وقد استنتج كاو وزملاؤه في مخابر الاتصالات القياسية Standard Telecommunication Laboratories في هارلو بالمملكة المتحدة أن الشوائب، وبالذات أيونات الحديد بشكل أساسي، هي سبب الفَقْد. وقد حدّد كاو مادة بديلة –السيليكا المصهورة– التي تستطيع حمل الضوء عبر مسافاتٍ أكبر دونما فَقْد يُذكر. وقد قاد العمل بشكل كبير إلى شبكةٍ يقدر طولها ببلايين الكيلومترات من كابلات البصريات الليفية التي تربط العالم في يومنا الحاضر.

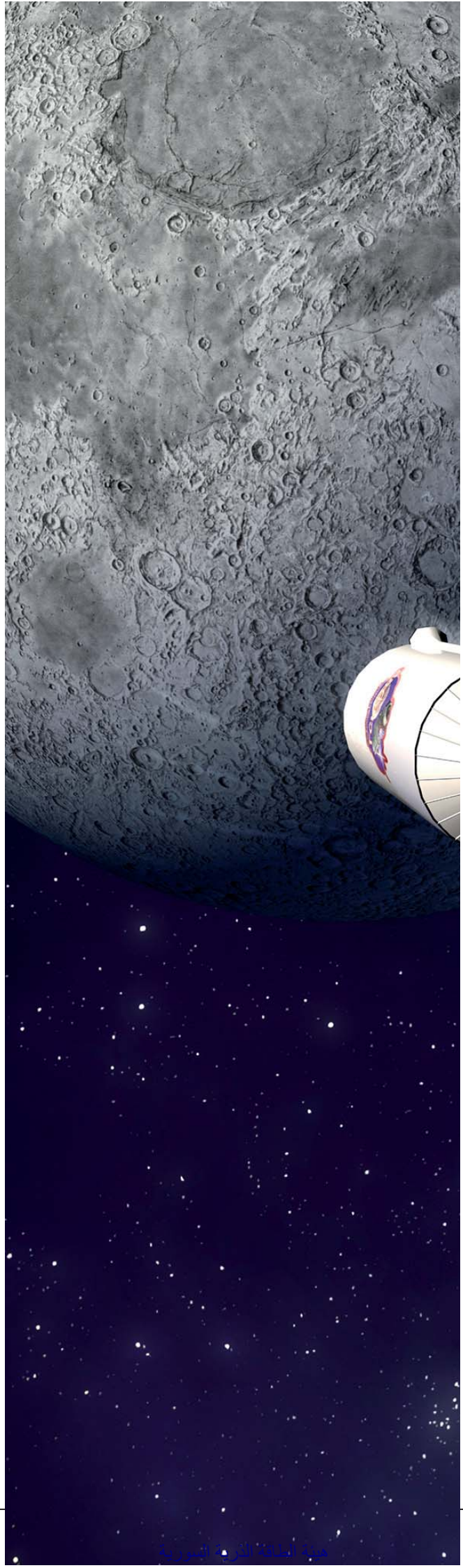
بالإضافة إلى ذلك، سيكون للبصريات الليفية دورٌ محوريٌّ أيضاً في أكبر تجربةٍ علمية في العالم، وهي المصادم الهدروني الضخم (LHC) في CERN، مركز الفيزياء الجزيئية الأوربي بالقرب من جينيف في سويسرا. وتشكل مكاشيف (LHC) الكبيرة ما يقارب مليون غيغا بايت من المعلومات الجديدة في كل ثانية. وتقوم الكابلات فيما بعد بقيادة البيانات إلى مخدماتٍ قريبة ومن ثم إلى آلاف العلماء من 33 بلداً عبر شبكة حاسوبية فائقة السرعة. يقول إيان بيرد Ian Brid وهو المدير المشرف على مشروع الشبكة: «إن البيئة التحتية بأكملها قائمة على الألياف البصرية، ولا يوجد أي طريقة يمكن أن تحافظ على معدلات بياناتنا بدونها».

* مقتبس من مجلة Nature, Vol 461, 20 October 2009.



أهم إنجازات الأبحاث التطبيقية في العام 2009

إعداد
أ.د. عادل حرفوش



1. تحوير الخلايا لمعالجة السكري: مسلك جديد لمعالجة مرضى السكري الذين توقف البنكرياس لديهم عن صنع الأنسولين.

2. الماء على سطح القمر: لا يوجد الكثير منه، إنما القليل منه كاف للكشف عنه.

3. مغانط وحيدة القطب: أقطاب مغنطيسية معزولة ومستقلة تتحرك في البلّورات تماماً مثل تحرك الشحنات الكهربائية.

4. ثلاث مورثات جديدة مرتبطة بمرض ألزهايمر: فتح جديد في اكتشاف عوامل ذات خطر وراثي في مرض ألزهايمر.

5. أثر مادي للذاكرة: لكل ذكرى مجموعة أعصاب محددة خاصة بها في الدماغ.

6. دهون سمراء بدلاً من دهون بيضاء: حتى البالغين يمتلكون نسجاً دهنية سمراء تحرق النسج الدهنية البيضاء بدلاً من تخزينها.

7. الحياة بدأت مع الـ RNA: نجح الكيميائيون بتصنيع واحد من مكونات الـ RNA، مؤكدين بذلك نظرية قديمة تفترض بأن الـ DNA ليس مسؤولاً بالضرورة عن تصنيع البروتينات.

كما أن هناك غيرها الكثير من الإنجازات العلمية التطبيقية المهمة التي مثلت مجالات بحثية عديدة في العام 2009.

هيئة الطاقة الذرية السورية

1 تحوير الخلايا لمعالجة السكري

هل يعالج السكري بمساعدة الدواء؟ المرضى وأقرباؤهم يحلمون بذلك. بدأ البحث عن جزيء قادر على إنجاز هذه المهمة، وذلك بعد اكتشاف أساسي حققته مجموعة فرنسية–ألمانية.

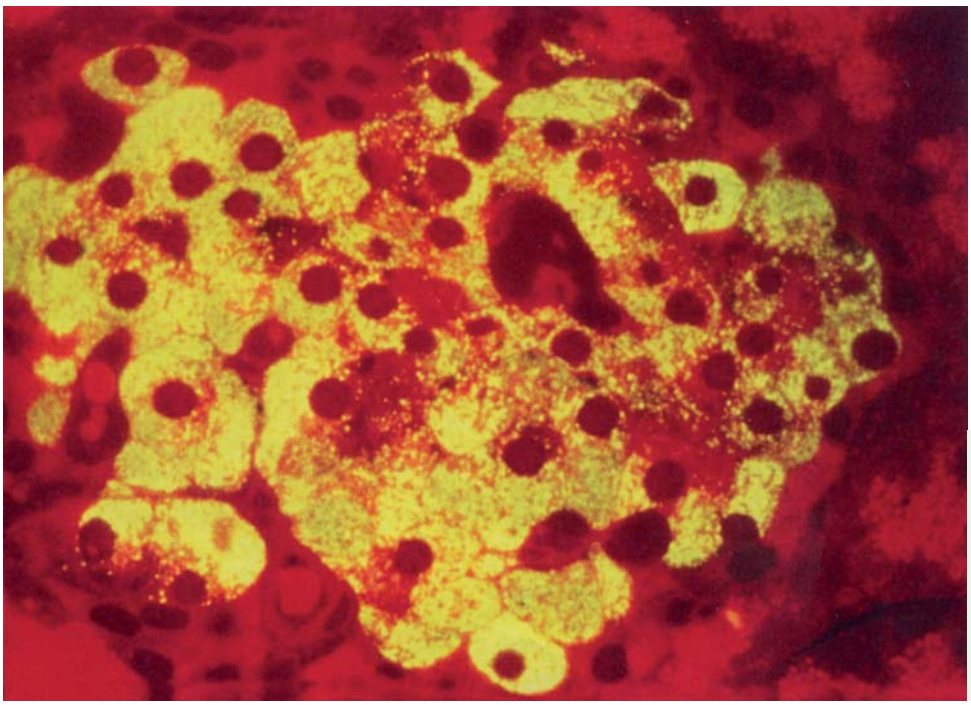
أصبحت العملية جاهزة للانطلاق. عشرات ملايين الجزيئات ستختبر على خلايا البنكرياس لفأرة. والهدف هو إيجاد مادة قادرة على تحويل ملايين الجزيئات إلى نمط آخر من خلايا بنكرياسية، خلايا β، المنتجة للأنسولين. الرهان كبير، وقد بدأ بعد اكتشاف نُشر في شهر آب/أغسطس عام 2009 في مجلة "الخلية Cell". مجموعة فرنسية ألمانية، يقودها باتريك كولّومبات Patrick Collombat وأحمد منصوري Ahmed Mansouri، بيّنت، ولأول مرة، أن بالإمكان تجديد مخزون الجزيئات المنتجة للأنسولين في بنكرياس فأر مريض بالسكري. أي إنه جرى تحويل بعض الخلايا السليمة في البنكرياس، خلايا α، إلى خلايا β المنتجة للأنسولين. والنتيجة: شفاء 45% من الفئران المعالجة من مرض السكري.

أهم التواريخ التي شهدت تطورات اكتشاف مرض السكري ومعالجته:

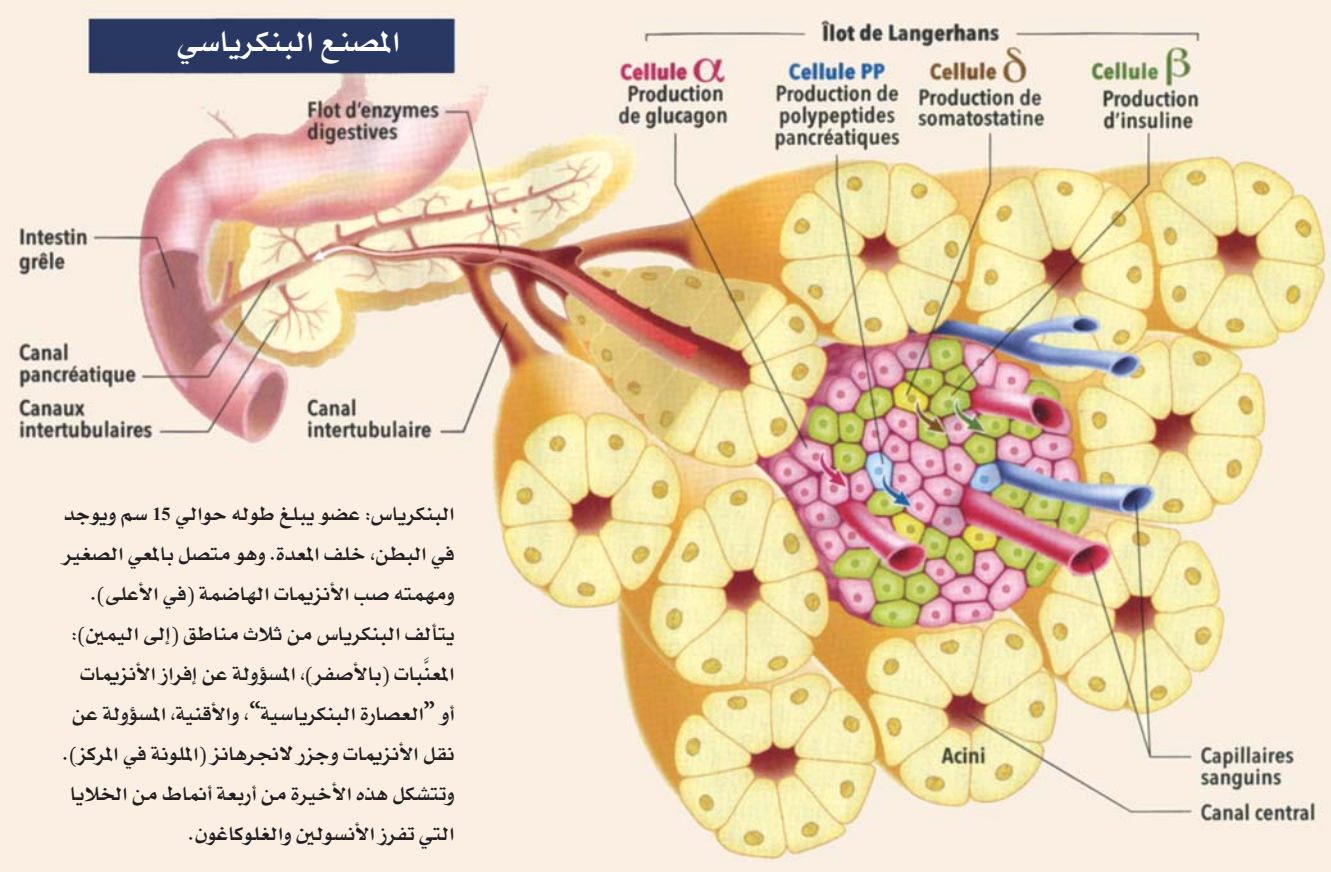
- في العام 1500 ميلادي سُجِّلت أولى المظاهر السريرية لمرض السكري. وفي العام 1869 وصّف الطبيب الألماني بول لانجرهانز Paul Langerhans تكتّلات خلويّة نوعيّة في البنكرياس، وكان يجهل وظيفة هذه التكتّلات. أُطلق فيما بعد على هذه التكتلات "جزر لانجرهانز ilots de Langerhans".

- في العام 1889 استأصل الألمانيان، أوسكار مينكوسكي Oscar Minkowski وجوزيف فون ميرينغ Joseph von Mering، بنكرياس كلب، فأصبح مريضاً بالسكري. حدّد هذان الألمانيان دور هذا العضو البرتقالي في ضبط نسبة السكّر في الدم. وفي العام 1909 أطلق البلجيكي جان دو ماير Jean De Meyer على المادة التي تنتجها جزر لانجرهانز مصطلح "أنسولين insuline".

- في العام 1921 قام الكنديان، فريديريك بانتينغ Frederick Banting وجون ماكلود John Macleod، باستخلاص الأنسولين من البنكرياس وعزله، وهو ما سمح لهما بالحصول على جائزة نوبل للعام 1923. وفي العام 1922 حدثت أولى عمليات نقل الأنسولين المستخلص من بنكرياس العجل وحقنه في جسم شاب مريض بالسكري مما أدى إلى شفائه. بدأ الإنتاج



يوضح الشكل منطقة من بنكرياس سليم، حيث تتجمع الخلايا المنتجة للأنسولين (باللون الأصفر) في جزر لانجرهانز بأبعاد من مرتبة عدة أعشار المليمتر.



البنكرياس: عضو يبلغ طوله حوالي 15 سم ويوجد في البطن، خلف المعدة. وهو متصل بالمعي الصغير ومهمته صب الأنزيمات الهاضمة (في الأعلى). يتألف البنكرياس من ثلاث مناطق (إلى اليمين): المعنَّبات (بالأصفر)، المسؤولة عن إفراز الأنزيمات أو "العصارة البنكرياسية"، والأقنية، المسؤولة عن نقل الأنزيمات وجزر لانجرهانز (الملونة في المركز). وتتشكل هذه الأخيرة من أربعة أنماط من الخلايا التي تفرز الأنسولين والغلوكاغون.

الصناعي للأنسولين باستخدام بنكرياس الحيوانات.

- في العام 1966 نجح الأمريكيان، ريتشارد ليلهي Richard Lillehei ووليام كيللي Wiliam Kelly، بإجراء أول تطعيم للبنكرياس عند الإنسان. وفي العام 1974 أنجز الأمريكي ديفيد سثرلاند David Sutherland أول ترقيع لجزر لانجرهانز لدى مريض بالسكري.

- في العام 1978 أدخل الأمريكي هربرت بوير Herbert Boyer مورثة الأنسولين البشرية في بكتيريا باشرت بتصنيع الهرمون. وانطلاقاً من العام 1983 أصبح الأنسولين أول بروتين يصنع بكميات كبيرة باستخدام "الهندسة الوراثية". وفي العام 1980 حدث انطلاق أول مضخة للأنسولين.

- في العام 2009 بيّن الفرنسي فرانسوا باتّو Francois Pattou أن تطعيم جزر لانجرهانز يؤدي إلى استقرار نسبة سكر المرضى مما أدى بعد ذلك إلى توقفهم عن تناول الأنسولين.

الحالات الأخرى للسكري

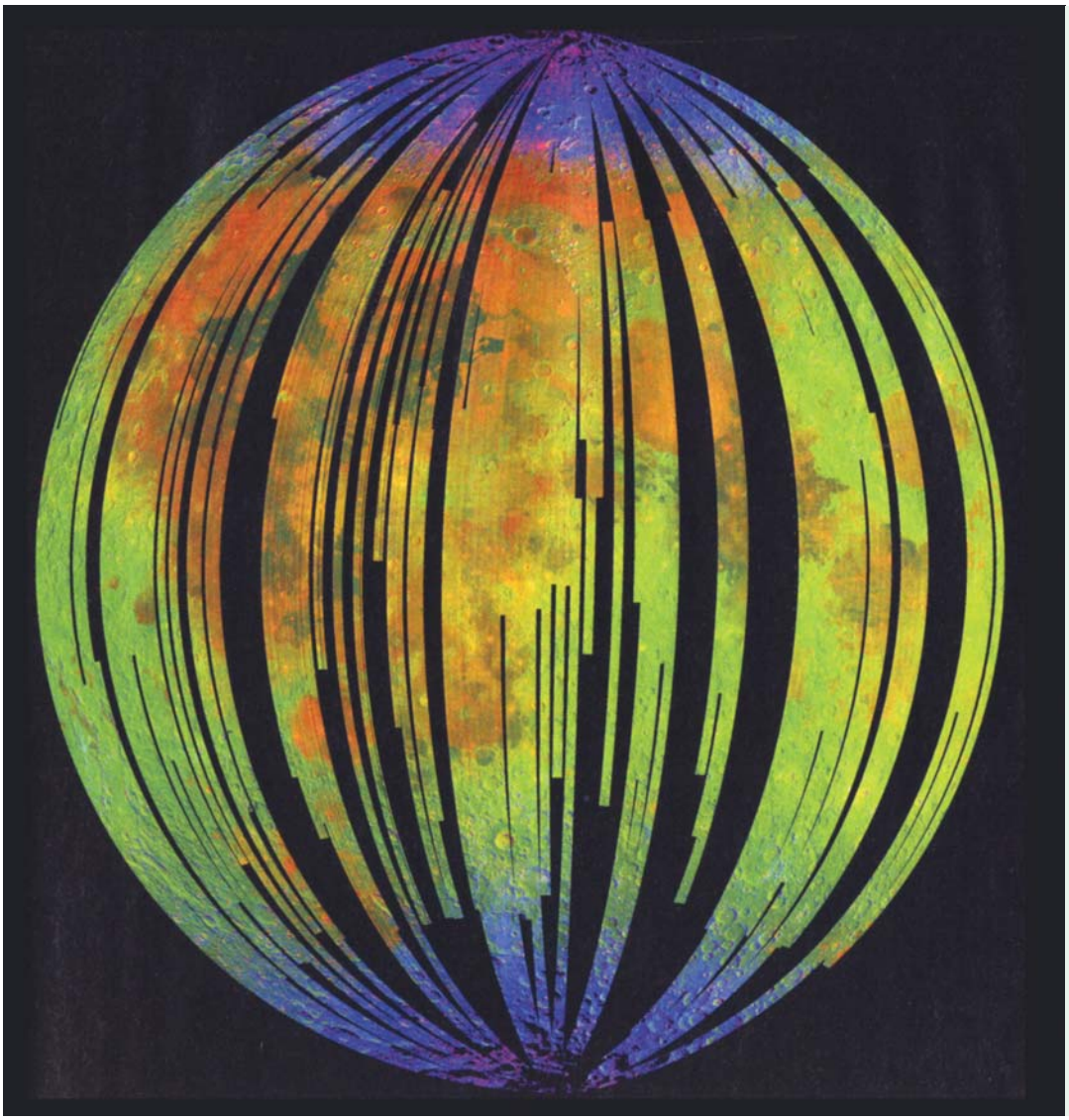
إن أكثر أنماط السكري شيوعاً هو النمط 2 (يشمل 90% من حالات السكري). يحدث هذا النمط عادة بعد سن الأربعين، ويعود في كثير من الحالات إلى طريقة العيش (السمنة ونقص النشاط الفيزيائي). وفي هذا النمط تصبح مستقبلات الأنسولين، الموجودة على الخلايا العضلية، ممتلئة بالدهون ومقاومة لهذا الهرمون: تقوم هذه المستقبلات بدور سيئ وتتوقف عن امتصاص الغلوكوز الزائد في الدم، الأمر الذي يعطل البنكرياس عن الإفراز بسبب إفرازه لأنسولين غير فعّال.

2 الماء على القمر

تم اكتشاف الماء على القمر، وتأكد الأمر مرتين. ففي أيلول/سبتمبر صدرت أول دفعة إعلامية في مجلة العلوم وأظهرت وجود الماء على سطح القمر. وبعد شهرين أعلنت ناسا أنها اكتشفت الجليد في عمق فوهة بركانية.

يوجد ماءٌ على سطح القمر! ففي الخامس والعشرين من أيلول/سبتمبر عام 2009، ألغت تماماً النتائج التي نشرتها مجلة العلوم صورة قمر جاف. وهكذا صدرت ثلاث مقالات تتحدث عن قياسات ثلاثة مسابر مستقلة.

ففي بداية العام 2009 كشف المسبار الفضائي الهندي شاندرايان-1 إشارة تؤكد وجود الماء على سطح القمر. كما تؤكد القياسات المنفذة بوساطة مهمتين أخريين، إبوكسي وهيوجينز كاسّيني، هذا الاكتشاف وتظهر أن الرطوبة تغطي كامل سطح القمر. كما أنزلت ناسا في شهر تشرين الأول/أكتوبر مسباراً قريباً من القطب الجنوبي للقمر، وأظهرت التجربة أن الماء موجود في عمق الفوهة المدروسة.



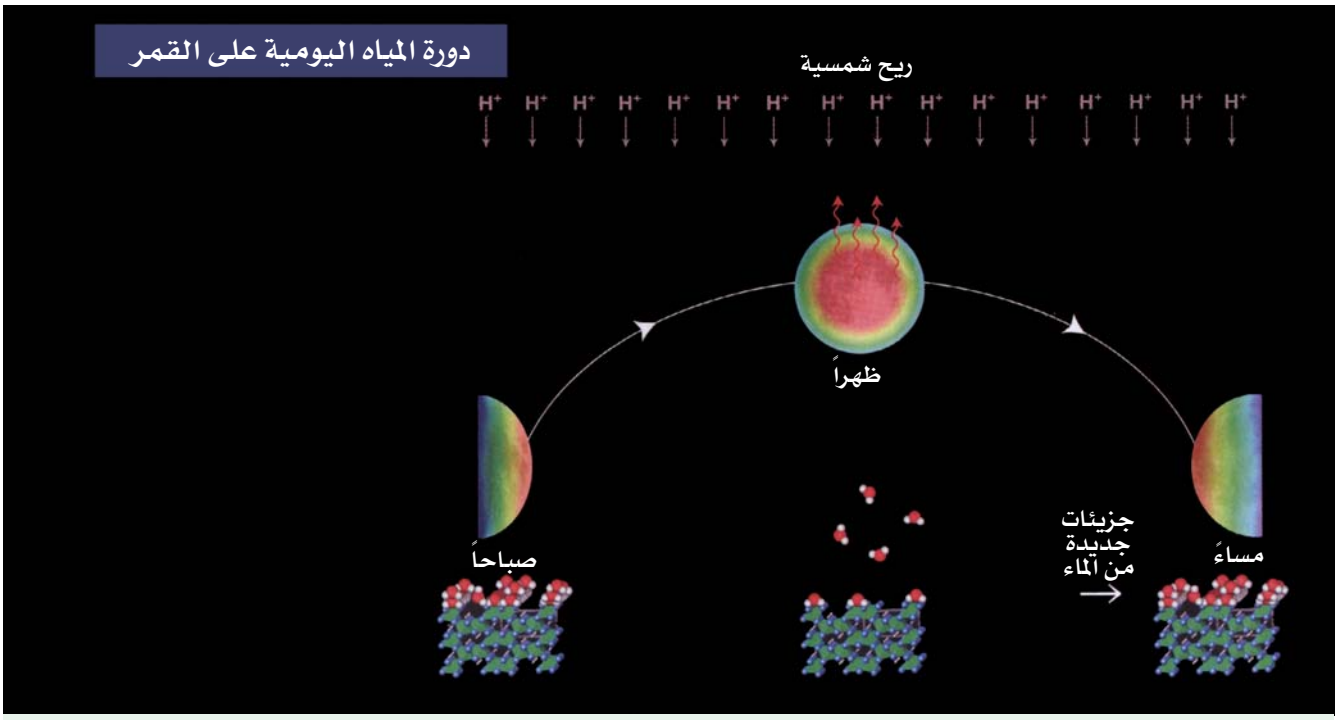
يظهر الشكل صورة القمر التي سجلها المسبار الهندي شاندرايان-1: إنها صورة مركّبة من الضوء المنعكس على سطح القمر المقابل لنا. يقابل اللون الأزرق حزم الامتصاص النموذجية للماء. تظهر هذه الحزم في الارتفاعات العالية لأن هذا المسبار لا يمكنه كشف الحزم في المناطق الأكثر حرارة.

من أين يأتي الماء على سطح القمر؟ يقدم التغيّر في كميات الماء المقيسة على مدار اليوم القمري معلماً مهماً. تُظهر ملاحظات المسبار إيبوكسي بشكل خاص أنه في نقطة معينة تتناقص كمية المياه على سطح القمر مع تزايد درجة حرارة الشمس في السماء. وهكذا توجد المياه بكميات أقل عند الظهيرة منها عند الصباح أو المساء، عندما تقترب الشمس من خط الأفق. كما تكون كميات المياه أقل عند خط الاستواء القمري منها بالقرب من القطبين.

وتُعدُّ الريح الشمسية واحدة من السيناريوهات المُعتَمَدة لتفسير دورة المياه اليومية على سطح القمر، إذ إن هناك فعلاً متبادلاً بين الريح الشمسي والمعادن الموجودة على سطح القمر. ففي النهار عندما يتعرض القمر لتدفق البلازما القادمة من الشمس، تقوم أيونات الهدروجين التي تشكل هذه الريح الشمسية باقتلاع الأكسجين من الفلزات القمرية لتشكل جذور الهدروكسيل (OH) وجزيئات الماء (H_2O).

تتثبت هذه الجذور والجزيئات على سطوح جسيمات الغبار، ولكن بشكل ضعيف، لذا نقول إنها مُمتزَّة على السطح. فهي بالتالي قابلة للانفلات بسهولة عند أي ازدياد بسيط لدرجة الحرارة مثلاً. ونظراً لكونها سهلة التحرك فتركيزها يكون متغيراً خلال اليوم القمري. وعندما تكون درجة الحرارة أعلى ما يمكن عند الظهيرة لا يمكن لجذور الهدروكسيل ولجزيئات الماء البقاء على سطوح جسيمات الغبار فتغادرها. وبالمقابل، عندما تنخفض درجة الحرارة في الصباح وفي المساء، وعلى الأقل بالقرب من القطبين، يمكن لهذه الجزيئات أن تستقر على السطح العلوي للمواد المكونة لسطح القمر.

ما هي نتائج مثل هذا الاكتشاف؟ عندما نقول ماء لا نستبعد وجود حياة. فهل هذا صحيح في حالة القمر؟ بسبب شروط الضغط والحرارة على سطح القمر، لن يكون هذا الماء سائلاً، ونظراً لكثافة الأشعة الشمسية فوق البنفسجية، لا تبدو الحياة ممكنة على سطح القمر.



يُظهر الشكل دورة الماء اليومية، حيث تتفاعل أيونات الهدروجين الموجودة في الرياح الشمسية مع أكسجين الصخور القمرية لتنتج H_2O و OH. تقوم حرارة الظهيرة بتبخير الماء المتشكل في الصباح. وفي الصباح، عندما يكون القمر بارداً، تتشكل جزيئات الماء وتتثبت على الغبار القمري (باللون الأحمر والأبيض). وفي الظهيرة، عندما تسخن الجزيئات، تتحرّر هذه الجزيئات وتضيع. وعند المساء يعود القمر بارداً ليعود إلى حالة الصباح نفسها. وهكذا، ومهما كان الموقع والمكان، سيخضع سطح القمر لحالة رطبة خلال جزء من اليوم القمري.

3 مغانط وحيدة القطب

أثبت الفيزيائيون وجود "مغانط وحيدة القطب"، وهي كيانات تملك قطباً وحيداً، شمالياً أو جنوبياً، وذلك بعد أكثر من قرن من توقع النظريين لوجود هذه الكيانات.

يمتلك المغنطيس حتماً قطباً شمالياً وآخر جنوبياً، وعند قطعه إلى قسمين فستجدون من جديد قطبين في كل من القطعتين. وإذا ما أعيدت العملية باستمرار إلى أن تصل إلى جسيمات كروية، فستكون النتائج نفسها في جميع المراحل: إن وجود قطبين مغنطيسيين متعاكسين هو ظاهرة ملازمة لطبيعة المغنطيس نفسها.

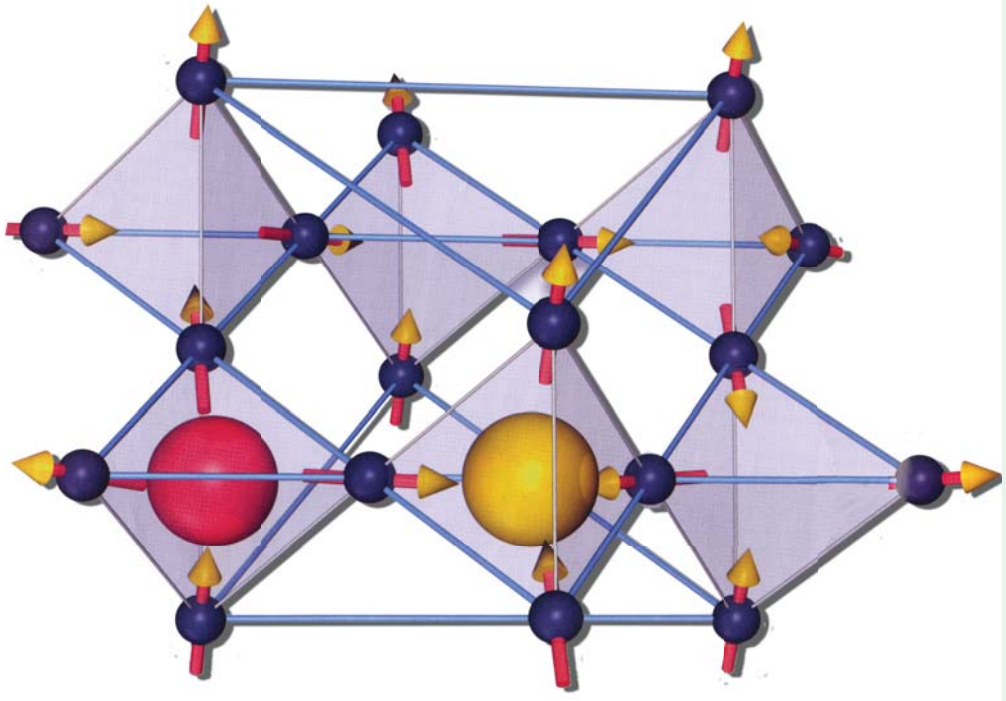
غير أن النظريين، ومنذ عشرات الأعوام، استعرضوا أسباباً جدية للتفكير بوجود "مغانط وحيدة القطب": كيانات مادية لا تملك سوى قطب وحيد، جنوبي أو شمالي. وبمساعدة مسرّعات الجسيمات، بحثوا عن هذه الكيانات في صخور تحت مائية وفي طبقات الجو العليا وفي الصخور القمرية، ولكن دون التوصل إلى نتائج.

أخيراً، وفي الخريف الماضي، أثبتت مجموعتان مستقلتان، ولأول مرة، وجود مغانط وحيدة القطب، وقد كانت المفاجأة مضاعفة. أولاً، كانت هذه الأقطاب الوحيدة مختلفة عمّا توقعه الفيزيائيون سابقاً، وثانياً، فقد كشف عنها في بلّورات صلبة بسيطة متوافرة في المختبر.

اعتمد النظريون في توقعاتهم على التماثلات المتعددة التي كانت سائدة آنذاك بين المغنطيسية والكهرباء. فعلى سبيل المثال، يحصل التجاذب بين قطبين مختلفين تماماً كما يحصل بين كتلتين تمتلكان شحنتين مختلفتين.

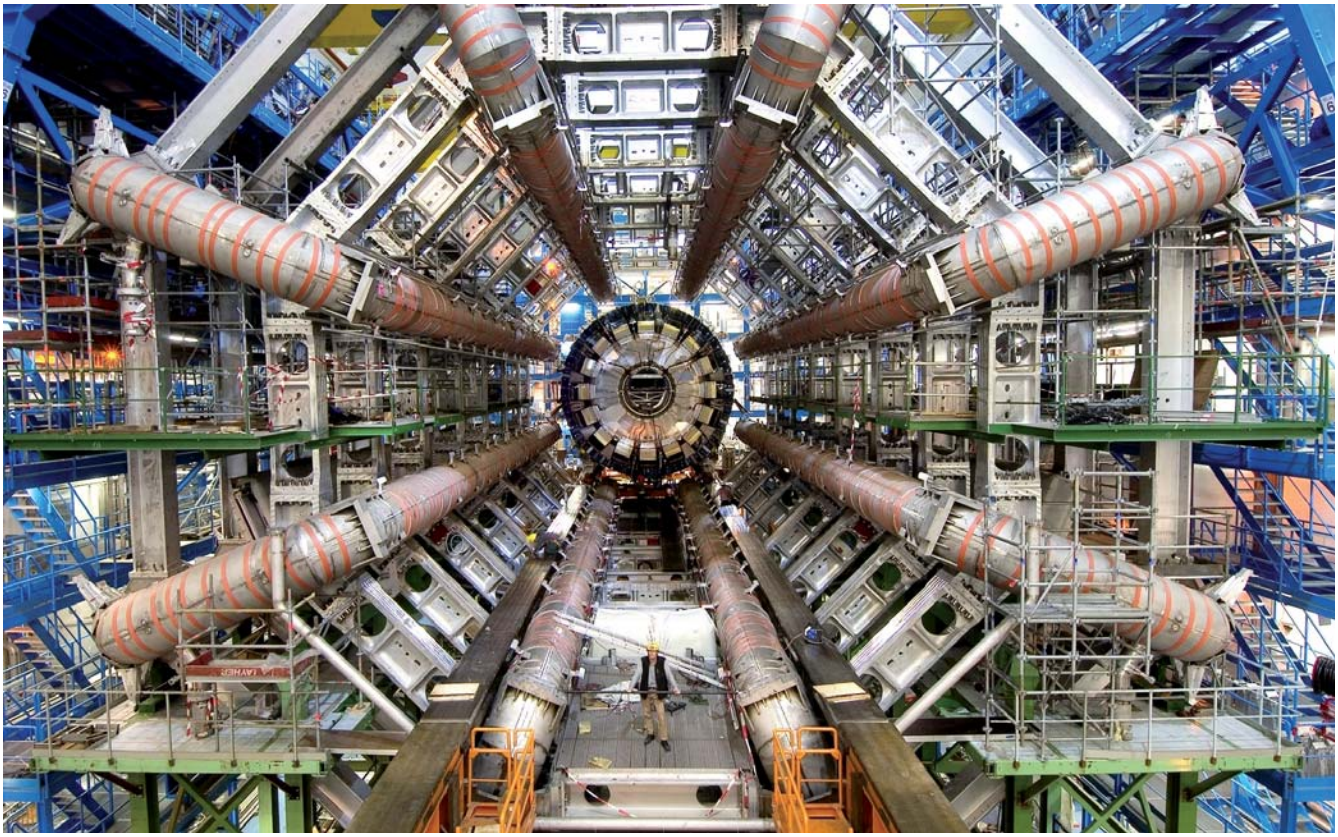
مراحل تتبُّع وحيدات الأقطاب

في العام 1969 جرى البحث عن وجود المغانط الوحيدة القطب في صخور تحت مائية كان يعتقد أنها قد تكون شاهداً على وجود المغانط



تسلك جميع الذرات (الكرات الزرقاء) في أسرة من البلورات المسماة (بلورات سبينية) كمغانط موجهة باتجاه ما في الفراغ. وعندما يترنح واحد من هذه المغانط ويتحول إلى اتجاه معاكس يتشكل مغنطيس ذو قطب شمالي (مخاريط صفراء) وقطب جنوبي (عصيّ حمراء) قبل أن تنتشر هذه الأقطاب في كامل البلورة.

الوحيدة القطب في الأزمنة القديمة. وفي العام 1970 جرى فحص عيّنات من الصخور القمرية، وقد وُصلت هذه العيّنات بعينات فائقة الناقلية على أمل كشف تأثير وحيدات القطب على مرور التيار الكهربائي. وبين العامين 1970 و 1980 جرى تنفيذ مجموعة من التجارب أملاً في الحصول على وحيدات الأقطاب في طبقات الجو العليا عن طريق استخدام البالونات. وفي العام 1982 أخضع ملف فائق الناقلية لأشعة كونية يُتوقع احتواؤها على وحيدات القطب. وكشفت التجربة التي جرت في 14 شباط/فبراير عن وجود إشارة، وهو ما دعا الفيزيائيين إلى تسمية ذلك اليوم بـ "يوم حب الأقطاب الوحيدة"، غير أن التجربة لم تكن قابلة للتكرار. وبين العامين 2000 و 2005 تمّت متابعة تجارب البحث عن الأقطاب الوحيدة في المواد الناتجة من التصادم بين البروتونات والبروتونات المضادة في المسرّع تيفاترون Tevatron، أكبر المسرّعات طاقة آنذاك. وفي العام 2009 تمّت ملاحظة مغانط وحيدة القطب وصفت بأنها شبه جسيمية موجودة في بلّورات صلبة. وبعد أسابيع عديدة جرى قياس الشحنة المغنطيسية المحمولة على هذه المواد الوحيدة القطب. وفي العام 2010 سيتم البحث عن منتجات وحيدة القطب ناجمة عن تصادم بروتونات شديدة الطاقة خلال تجربة يوضحها الشكل التالي في المصادم الهدروني الكبير.



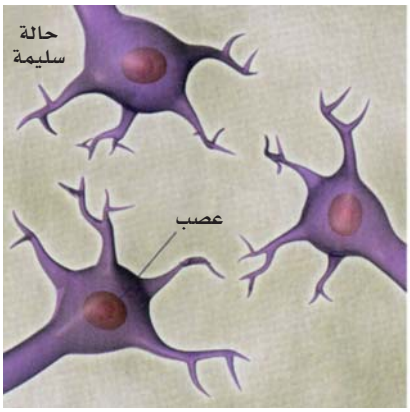
ليس ذلك كل شيء، لأنه يوجد عدد كبير من المجموعات تعمل الآن على تطبيقات محتملة للمواد الوحيدة القطب. وأولى هذه التطبيقات هو إنتاج مواد وحيدة القطب في درجات حرارة الوسط المحيط، وهناك تجارب تجري الآن تهدف إلى إثبات أن ذلك ممكن في طبقات رقيقة جداً من مواد مشابهة للجليد السبيني (تطلق عبارة الجليد السبيني على مجموعة من عائلة بلّورية تكون جميع الذرّات فيها مثل مغانط موجهة في اتجاه موحد في الفراغ. وعندما يهتز واحد من هذه المغانط ويتوجه باتجاه معاكس يتشكل قطبان، جنوبي وشمالي، قبل أن ينتشر هذا القطب المهتز عبر كامل البلّورة). وإذا ما أُثبت ذلك يمكن عندئذ استخدام وحيدات القطب لإنتاج نوع من التيار المغنطيسي، مشابه لتدفق الإلكترونات المستخدم في الإلكترونيات. وسيكون الهدف النهائي هو استخدام هذا التيار المغنطيسي لخزن المعلومات ونقلها.

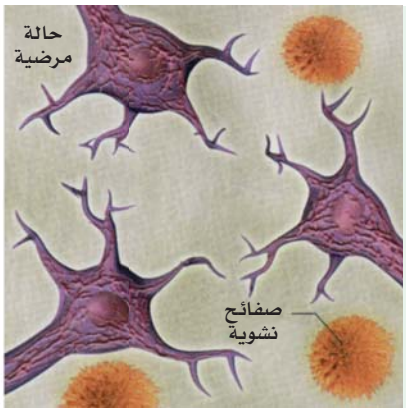
4 ثلاث مورثات جديدة مرتبطة بمرض ألزهايمر

إن اكتشاف عوامل جديدة ذات خطر وراثي في مرض ألزهايمر يفتح أبواباً أمام العلميين .

جرى في صيف العام 2009 تعيين ثلاث مورثات جديدة متورطة في مرض ألزهايمر من قبل مجموعتين أوربيتين متنافستين. يصنف هذا الاكتشاف في إطار تطور مقلق لمرض تعود له شيخوخة المجتمع: لقد بلغ عدد المصابين في فرنسا الآن 850000 شخص، ويمكن أن يصل العدد إلى مليوني شخص في العام 2040، كما تقول جمعية الألزهايمر الفرنسية.

تطرح هذه المورثات المعينة حالياً مزيداً من التساؤلات التي لا يوجد لها أجوبة. ستؤدي هذه البروتينات دوراً في الاستئصال السيئ لمادة تتراكم في الدماغ.





تشكل صفائح نشوية

تراكم بروتين، يشكل الببتيد النشوي β، ضمن الصفائح التي تتكون بين الأعصاب، واحداً من الإشارات الحيوية لمرض الألزهايمر. حيث يمكن لمورّثتين حُدّدتا في صيف العام 2009 تأدية دور في الاستئصال السيء لهذا الببتيد عند الأشخاص المرضى.

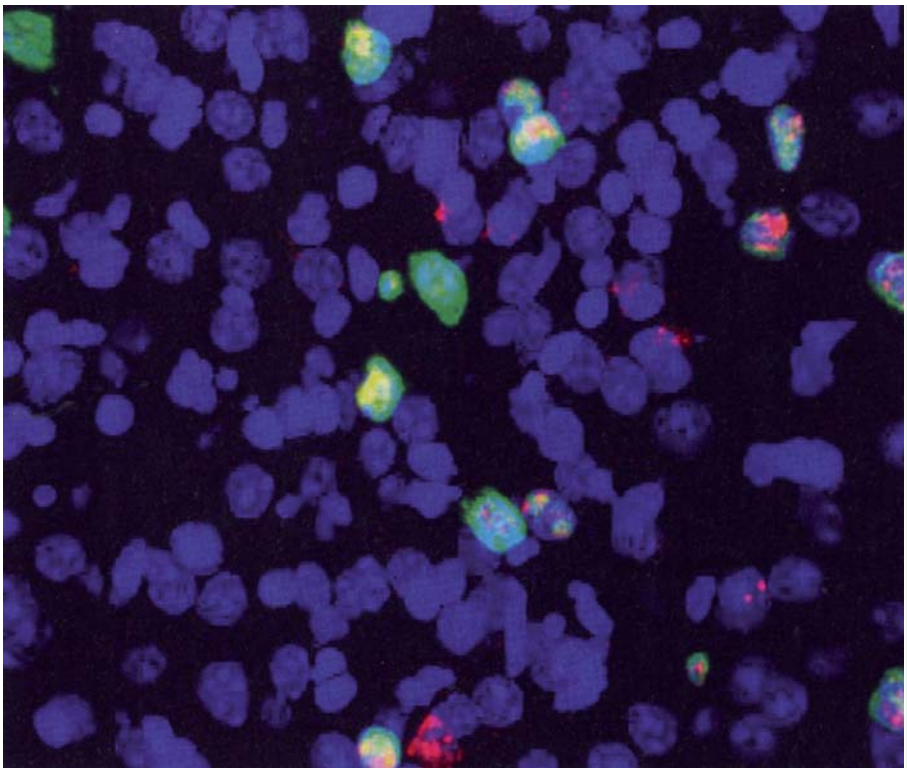
يوضح الشكل تراكم بروتين في البقع (صفائح نشوية) التي تتشكل ما بين الخلايا العصبية، وهي واحدة من الإشارات البيولوجية لدى مرضى ألزهايمر. ويمكن لاثنتين من المورثات المكتشفة أن تؤدي دوراً في الاستئصال السيئ لدى المرضى المصابين بهذا المرض.

5 أثر مادي للذاكرة

قدمت تجربة أساسية البرهان على أن أي ذكرى تكون مرمَّزة في الدماغ بوساطة عدد قليل من أعصاب محددة تماماً.

يؤكد سيرج لاروش Serge Laroche منذ الآن أنه يوجد في الدماغ أثر مادي حقيقي للتذكر. ويتابع قائلاً: حتى الآن، وفيما يتعلق بالوجود الفيزيائي الحقيقي للتذكر، نمتلك نظريات ومفهومات، ولكن لا يوجد لدينا برهان مباشر.

أي إنه من المعروف منذ العام 1940، واستناداً إلى أعمال عالم النفس الكندي دونالد هيب Donald Hebb، أن الذكريات مُرمّزة في دماغنا بطريقة موزعة ضمن شبكة الأعصاب. وفي نهاية خمسينيات القرن الماضي جرى البرهان على أن هناك مناطق نوعية في الدماغ تؤدي دوراً مفتاحياً في تخزين الذكريات، وبخاصة ما يتعلق بتخزين الذكريات القصيرة الأمد. لكن، هل بإمكاننا تحديد مكان في الدماغ لذكريات طويلة الأمد؟ إن تطورات تقانات التصوير التي حدثت في تسعينيات القرن الماضي جعلتنا نعتقد بأن هذا الحلم القديم أصبح أخيراً



في القسم المستأصل من دماغ الفأر، المسؤولة عن الانفعالات (بالألوان الفاقعة)، تم تنشيط بعض العصبونات عن طريق حقنها بقطعة جينية، فتبين أن القسم المستأصل هو الحاوي على مراكز التذكّر.

في متناول يد الاختصاصيين.

يقول برينو بونتامبي Bruno Bontempi، مُنسّق التصوير الدماغي في الدراسة: "لقد أردنا وضع اليد على الأثر الفيزيائي، العصبي، للتذكّر. ولهذا الغرض اخترنا طريقة من أكثر الطرق بساطة، وهي: استئصال هذا المسار (الأثر). وقد برهنت هذه الطريقة بالفعل، ولأول مرة بشكل تجريبي، أنه بالإمكان إجراء تحديد مسبق لشبكة عصبية تشكل مسار ذكرى معينة، ومن ثم استئصال هذه الشبكة عن طريق تدمير الأعصاب المعنية. فالذكرى المديدة، وبخاصة ذكرى الخوف، مرمّزة تماماً بوساطة دارة عصبية حقيقية.

استئصال ضغط نفسي سببه حادث سابق

هناك مجموعات حول العالم تعمل على إمكانية استئصال ذاكرة ذكريات مؤلمة لدى الإنسان. فعلى سبيل المثال، يقوم كريم نادر وزملاؤه في جامعة ماكجل McGill في مونتريال بدراسة إمكانية استئصال هذا النمط من الذكريات خلال طور ما يسمى بإعادة التوطيد reconsolidation. إنهم يعتمدون على فكرة مفادها أن تذكُّر ذكرى ما، مهما كانت هذه الذكرى، يُعيدها من جديد غير مستقرة. فإذا ما حقنّا الشخص المدروس، بُعيد تذكُّر الذكرى المؤلمة، بمادة مثبطة للبروتين المصنع مثل البروبرانولول propranolol، تمكنّا من استئصال المسار الفعلي للذكرى المعنية.

فباستخدام فيروس محوَّر يمكننا تعزيز النشاط لبعض أعصاب التذكُّر لدى الفأر. وعندما نطبّق شروطاً محددة على الحيوان من خلال الربط بين صدمة كهربائية وصوت معين، فإن تذكر الصوت المقابل للصدمة يتثبت على هذه الأعصاب. وقد تأكد ذلك من خلال تدمير هذه الأعصاب نفسها، مما يؤدي إلى محو الذكرى.

هل تقود هذه الأبحاث إلى تطبيقها على الإنسان، مثل استئصال بعض الذكريات لدى الناس الذين يعانون من ضغط نفسي سببه حادث ما، مثلاً؟ يجيب الاختصاصيون على هذا السؤال ودون تردد: كلا. لأنه لا يمكننا أبداً تدمير خلايا عصبية بشكل انتقائي لدى الإنسان، بغض النظر عن المسائل الأخلاقية المرافقة لمثل هذه العملية.

6 دهون سمراء بدلاً من دهون بيضاء

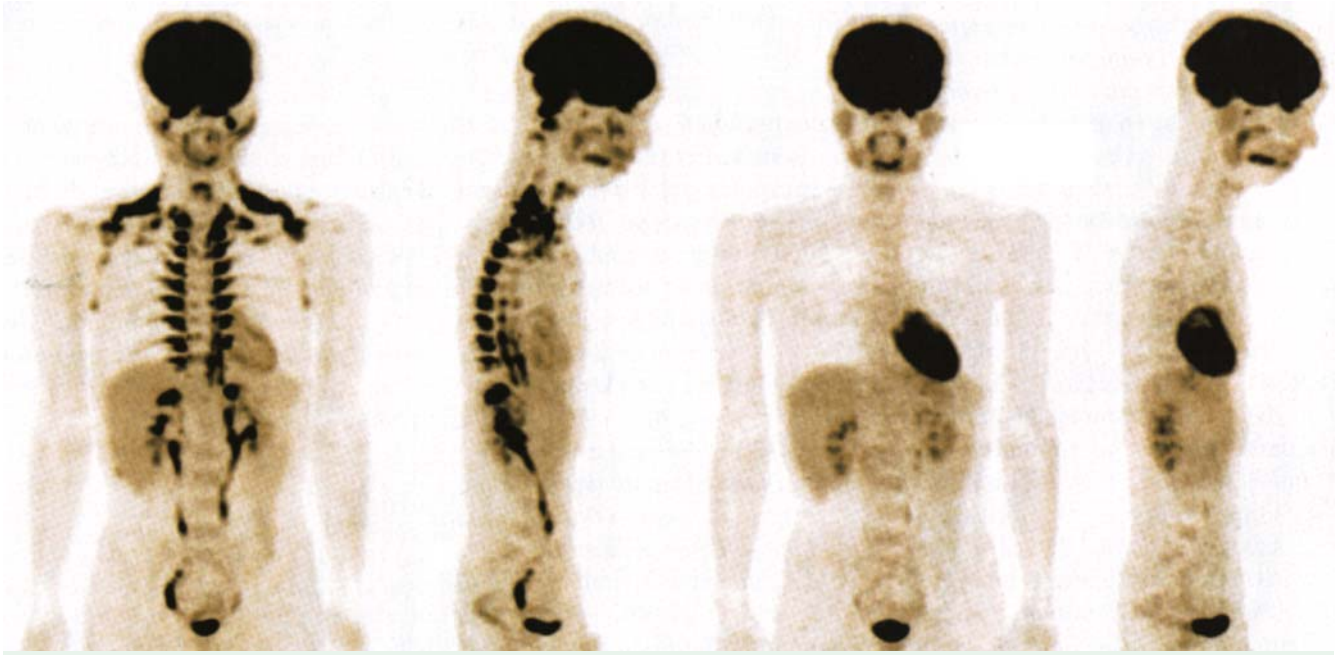
نُسُجٌ دهنية سمراء تحرق الحريرات بدلاً من تخزينها: توجد هذه الدهون السمراء لدى المواليد الجدد، لكنه يُعتقد بأنها تزول بسرعة. غير أن البرهان أصبح ثابتاً بأن البالغين يستفيدون منها.

لا تحظى الدهون في الوقت الحالي بسمعة إعلامية جيدة، كونها مرتبطة بالوزن الزائد والبدانة. إن الغذاء الغني بالوحدات الحرارية، المترافق مع نمط حياة متسم بالجلوس وعدم الحركة لدى كثير من الناس، يقود حتماً إلى زيادة الوزن والبدانة. إذ إن كمية الوحدات الحرارية الزائدة عمّا يصرفه الإنسان تتحول إلى مخزون في النسج الدهنية. لكنه بالإمكان مستقبلاً مكافحة هذه الدهون بدهون أخرى.

إن وجود النسج الدهنية السمراء معروف تماماً لدى ثدييات عدة. فالثدييات التي تقضي شتاءها بالسبات، على سبيل المثال، تنشط لديها النسج الدهنية السمراء في نهاية الشتاء، وتبدأ بحرق الأحماض الدهنية (التي يتشكل جزء منها من النسج الدهنية البيضاء). يقود هذا الاحتراق إلى توليد طاقة حرارية، وبفضل هذه الطاقة يسترجع الحيوان تدريجياً حرارة طبيعية. يوجد هذا النسيج الدهني، المولِّد للحرارة، لدى كثير من الثدييات الصغيرة غير السباتية أيضاً، وبخاصة لدى القوارض: فهو نشط عندها مدى الحياة، وهو يساعد في تأقلمها مع البرد. أمّا لدى الثدييات البالغة، بالمقابل، فإنه لا يوجد إلاّ لدى حديثي الولادة، إذ إنه يحميها من البرودة.

على عكس ما هو معروف حتى الآن، لقد نشرت خلال العام 2009 خمس دراسات تُبيّن بالفعل أن الإنسان البالغ لا يملك فقط أنسجة دهنية بيضاء، قادرة على تخزين الشحوم، بل يملك أيضاً نسجاً دهنية سمراء تحرق الدهون البيضاء.

تظهر هذه النسج الدهنية السمراء على هيئة توضعات محددة تماماً، وموجودة بشكل خاص على طول العمود الفقري والترقوة. وتكمن الفكرة في محاولة التعامل مع هذه النسج من أجل مكافحة البدانة. أخذت هذه الفكرة طريقها للتحقق في المختبر معتمدة على أعمال مطبّقة على الفأر، وتؤكد النتائج إمكانية تعزيز الفكرة مستقبلاً.



إن هذه الصور الطبقية المحورية لرجل عمره 25 عاماً ناجمة عن إصدار البوزترونات. إلى اليسار، وبعد ساعتين من وجوده في غرفة درجة حرارتها 19°C، حيث استقرت قدماه على الجليد؛ وإلى اليمين، وبعد ساعتين من وجوده في غرفة درجة حرارتها 27°C، فقد اتضحت النسج الدهنية السمراء في الحالة الأولى على طول منطقة الترقوة والعمود الفقري.

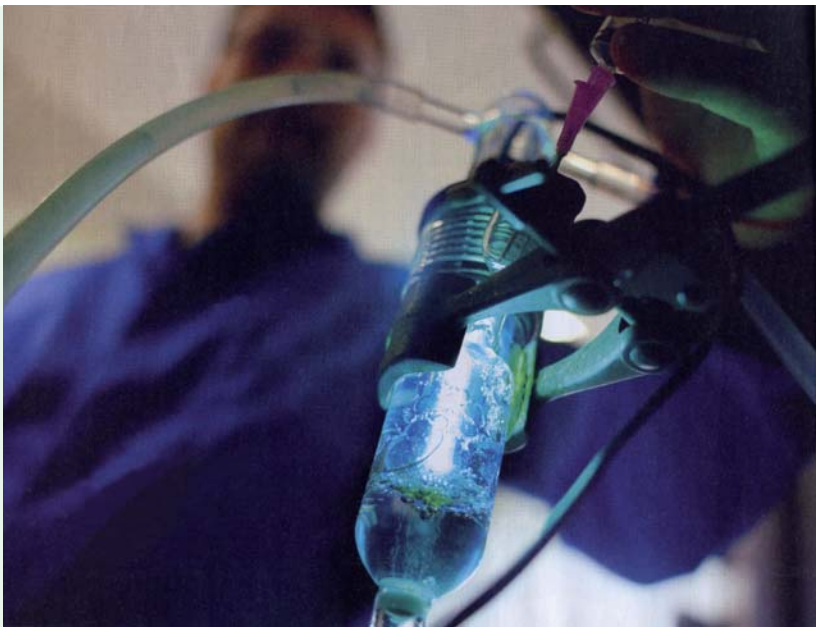
أُجريت بعض الاختبارات على الإنسان لمعرفة العلاقة الحقيقية بين البدانة ونسبة وجود النسج الدهنية السمراء، غير أن ما جرى حتى الآن لا يؤكد ولا ينفي وجود علاقة حقيقية. كما أجريت تجارب إضافية تهدف لمعرفة الفروقات في ردود فعل الأشخاص البدناء والنحيفين تجاه البرد. وكل ما تمّ التوصل إليه هو وجود علاقة أكيدة بين كمية النسج الدهنية السمراء والعمر. تشير النتائج المتوافرة إلى أن كمية النسج الدهنية السمراء لدى الأشخاص الذين تجاوزوا مرحلة الستينيات من العمر أقل منها لدى الذين يقاربون الثلاثين عاماً.

ومهما تكن النتائج فإن هذه الأعمال تدعم نظرية تأكدت في الفئران أو في حالة خلايا بشرية مخبرية من أنه يمكن تعديل الاستقلاب الطاقي من خلال التعامل مع كمية النسج الدهنية السمراء وفعاليتها. وحتى الوقت الحالي، تهدف المسيرة المزمع تنفيذها بالأحرى إلى تحويل المواقع الدهنية البيضاء إلى مواقع دهنية سمراء، أو إلى مضاعفة المواقع الدهنية السمراء القليلة الموجودة في نسج الدهون البيضاء. إن اكتشاف وجود تكتلات موضعية من نسج دهنية سمراء قد ساهم في توسيع الفكرة الهادفة إلى تحريض هذا النسيج من خلال التعرض لبرودة مقبولة، أو بتحريضها بوساطة جزيئات تقلد أثر التنشيط بالتبريد. هناك خيارات واهتمامات عديدة تتبناها الصناعة الصيدلانية.

7 الحياة بدأت مع الـ RNA

يعطي سيناريو أصول الحياة على الأرض المكان الأول للـ RNA، وليس للـ DNA. نجح بعض الكيميائيين بصنع واحد من مكوناته.

أيهما برز قبل الآخر خلال المراحل الأولى من تشكل الأرض؟ هل جزيء الـ DNA ضروري لتصنيع بروتينات أم أن البروتينات هي المسؤولة عن استخراج نسخة من الـ DNA؟. ففي أيار/مايو 2009، أجاب ماتيو باونر Matthew Powner وبياتريس جيرلان Beatrice Gerland وجون سوثرلان John Sutherland، من جامعة مانشستر، بأنه لا البيضة تسبق الدجاجة ولا الدجاجة تسبق البيضة. فالتجربة التي نفذوها تدعم فرضية قديمة عمرها 40 عاماً، مفادها أن الحياة بدأت بتشكل الـ RNA، وهو الجزيء الآخر الحامل للمعلومات الوراثية. أظهرت مجموعة الاصطناع العضوي في جامعة مانشستر أنه يمكن لمكونات معتمدة على الـ RNA أن تُصنَّع بغياب البروتينات. وهذا ما سعى إليه كثير من الكيميائيين منذ زمن بعيد دون التوصل إلى نتائج إيجابية. وفي هذا الأنبوب الواضح في الشكل التالي استطاع هؤلاء الكيميائيون تصنيع بعض مكونات الحمض النووي الريبي RNA.



مع هذا الأنبوب تحديداً نجحت مجموعة الكيمياء العضوية في جامعة مانشستر بتصنيع بعض مكونات الحمض النووي الريبي RNA.

ملخصات ورقات منشورة عن أعمال أنجزت في الهيئة

دراسة تبادل الشحنة المُفكك والتفكك المُحرض بالصدم لعناقيد Ar_2^+ و Ar_3^+ نتيجة تصادمها مع هدف من الأرغون الذري عند طاقات في مجال keV

Dissociative charge transfer & collision induced dissociation of Ar_2^+ & Ar_3^+ cluster in collisions with argon atoms at kev energies

إياس إسماعيل
قسم الفيزياء

ملخص

درست ديناميكية انتقال الشحنة المُفكك، والتفكك المُحرض بالصدم لعناقيد Ar_2^+ وAr_3^+ عند تصادمها مع هدف الأرغون الذري عند طاقة بحدود 4.8 KeV، وذلك باستخدام منظومة كشف جديدة تسمح بالحصول على أشعة السرع بعد الصدم لكل الجسيمات وبشكل آني. إن تقدير الطاقات الداخلية وقياس أشعة السرع قبل الصدم وبعيده يسمح بالحصول على وصف كامل لديناميكية التفاعل. كما جرى أهمية دور الإثارة الإلكترونية بتعريف ديناميكية المنظومات التصادمية. تختلف آلية تفكك عناقيد Ar_3^+ عن عناقيد Ar_2^+. يُعزى هذا الاختلاف لكل من صغر الطاقات الداخلية وسيطرة البنية ذات الشكل T المثلثية في عناقيد Ar_3^+.

الكلمات المفتاحية: تبادل الشحنة المفكك، التفكك المحرض بالصدم، عناقيد الأرغون.

نُشرت ورقة البحث هذه في مجلة *Journal of Chemical Physics*.

اختبار وتوصيف أغشية من غول البولي ڤينيل المطعّم بحمض الأكريليك والـڤينيل إميد أزول للاستخدام العملي المحتمل في عمليات الفصل

Investigation and characterization of PVA-g-AAc/Zol membranes for possible practical use in separation processes

د. زكي عجي
دائرة تقانات البوليميرات، قسم تكنولوجيا الإشعاع
د. علي علي
جامعة تشرين، كلية العلوم التقنية، طرطوس

ملخص

طُعمت أفلام من غول البولي ڤينيل بمونوميرين هما حمض الأكريليك الـڤينيل الإميد أزول باستخدام تقانة التشعيع الغامي. حُددت درجة حرارة الانصهار (T_m) ودرجة حرارة التزجج (T_g) للأغشية المطعمة بتابعية مردود عملية التطعيم. ودُرست قابلية تلك الأغشية لفصل الكوبالت عن النيكل. يَعتمد انتشار أيونات الكوبالت والنيكل من المحلول المغذي لوحدة الفصل إلى المحلول المستقبل على مردود التطعيم وعلى قيمة الـ pH للمحلول المغذي. وتبين أن أيونات الكوبالت لم تعبر من خلال الغشاء عند درجة pH للمحلول المغذي أكبر من 4.5 ويُمكن استعمال الأغشية المحضرة لفصل أيونات الكوبالت عن النيكل. حُددت درجة حرارة التفكك الحراري وللأغشية المطعمة المحتوية على أيونات النيكل وأيونات الكوبالت باستخدام تقانة التحليل الحراري الوزني، حيث تبين أن وجود الكوبالت والنيكل يزيد من درجة حرارة التفكك الحراري. وُجد أيضاً أن الأغشية المطعمة المرتبطة بأيونات الكوبالت أكثر ثباتية من الأغشية التي تحوي أيونات النيكل.

الكلمات المفتاحية: حمض الأكريليك، N–ڤينيل الإميد أزول، غول البولي ڤينيل، التطعيم بالإشعاع، فصل المعادن، كوبالت، نيكل..

نُشرت ورقة البحث هذه في مجلة *Radiation physics and Chemistry*.

تأثير بنية الركازات على النمو المنضد والخواص الكهربائية لأغشية WO_3 الرقيقة المرسبة على الأوجه $(\bar{1}012)$ و(0001) من البلورة α -Al_2O_3

Effect of substrate structures on epitaxial growth and electrical properties of WO3 thin films deposited on $(\bar{1}012)$ and (0001) α-Al_2O_3 surfaces

أحمد المحمد
قسم الفيزياء

ملخص

دُرس تأثير تغير البنية البلورية السطحية للوجهين (1012) و(0001) من البلورة α-Al_2O_3 الملدنة على النمو المنضد والخواص الكهربائية لأغشية WO_3 الرقيقة المحضرة بالترسيب بواسطة الحزمة الإلكترونية. أُستخدمت السطوح بشكليها متساوي التكافؤ (1×1) ومعادة البناء، وحُددت البنية البلورية والتشكّل باستخدام المجهر الإلكتروني النافذ (TEM) وانعراج الإلكترونات ضمن مساحة محددة (SAED) وانعراج الإلكترونات المنعكسة العالية الطاقة (RHEED). تتألف الأغشية بشكل عام من حبيبات مكروية من بلورة WO_3 أحادية الميل بحيث تكون السطوح (010) موازية لسطوح الركازات. وُجدت بعض علاقات التنضيد المتشكلة بين أغشية WO_3 وسطوح الركازات. فُسرت هذه الظواهر باستخدام علاقات الترابط بين نظرية التَّنوِيَة والنمو من جهة وتغير كثافة شواغر ذرات الأكسجين السطحية على ركازات البلورة α-Al_2O_3 من جهة ثانية. قيست الناقلية الكهربائية لأغشية WO_3 كتابع لدرجات حرارة تلدين الركازات. وُجد أن طاقة تنشيط النقل المستنتجة من معادلة أرينوس تعتمد على أبعاد الحبيبات وتشكّل أغشية WO_3.

الكلمات المفتاحية: الغشاء WO_3 الرقيق، RHEED، مُحسّغازي، نمو منضد، ناقلية كهربائية.

نشرت هذه الورقة في مجلة: *Vacuum*.

تحديد تيار التضيق ومردود الأشعة السينية اللينة بواسطة تجارب عددية على البلازما المحرقية لغاز النتروجين

Pinch Current and Soft X-Ray Yield Limitations by Numerical Experiments on Nitrogen Plasma Focus

د. محمد عاقل، د.شريف الحواط
قسم الفيزياء

ملخص

استخدمت النسخة المعدلة من نموذج لي RADPF5-15a لإجراء تجارب عددية على غاز النتروجين، من أجل أمثلة مردود الأشعة السينية اللينة لجهاز البلازما المحرقية PF-SY1 من غاز النتروجين. يتم إنقاص التحريضية الساكنة L_0 لبنك المكثفات بشكل تدريجي لدراسة التأثير على تيار التضيق I_{pinch}. تؤكد التجارب مفعول التحديد في البلازما المحرقية، حيث توجد قيمة مثلى للتحريضية L_0 التي دونها مع استمرار خفض قيمة التحريضية، فإن تيار التضيق I_{pinch} وبالتالي فإن مردود الأشعة السينية اللينة Ysxr، للبلازما المحرقية لن يزداد بل يتناقص، بالرغم من أن قمة التيار الكلي I_{peak} تستمر بزيادة تدرجية مع تناقص تدرجي للتحريضية L_0. من أجل جهاز البلازما المحرقية PF-SY1 ذي سعة قدرها 25 µF، قيمة التحريضية المثلى $L_0 = 5$ nH التي عندها يكون $I_{pinch} = 254$ kA، ومردود الأشعة السينية اللينة Ysxr = 5 J، وإن تخفيض التحريضية L_0 أكثر لن يزيد من قيمة تيار التضيق I_{pinch} ولا من قيمة مردود الأشعة السينية اللينة Ysxr من النتروجين. تؤكد النتائج الحاصلة أن إنقاص قيمة التحريضية الحالية L_0 لجهاز البلازما المحرقية PF-SY1 سوف يزيد من مردود الأشعة السينية اللينة من غاز النتروجين.

الكلمات المفتاحية: جهاز البلازما المحرقية PF-SY1، تحديد تيار التضيق، الأشعة السينية اللينة، غاز النتروجين، نموذج لي RADPF5.15a.

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

تأثير كل من طين الكاولين ومبيد القراديات السبيروديكلوفن وبروتين الهاربن، وأحد المحرضات العضوية على الإصابة بحشرة بسيلا الأجاص Cacopsylla pyri L. (Homoptera: Psyllidae)

Effect of kaolin particle film, spirodiclofen acaricide, harpin protein & an organic biostimulant on infestations of pear psylla Cacopsylla pyri (Hemiptera: psyllidae)

د. جورج سعور، هالة إسماعيل، علي هاشم
قسم البيولوجيا الجزيئية والتقانة الحيوية

ملخص

أظهرت التجارب المخبرية التي تعرضت فيها بيوض حشرة فراشة درنات البطاطا Phthorimaea operculella (Zeller) لإناث طفيل البيض Trichogramma principium Sugonyaev & Sorokina، بأن معدلات تطفل الإناث كانت عالية في اليوم الأول وانخفضت فيما بعد تدريجياً. ولكن عندما تهيأت لإناث الطفيل T. principium فرصة التطفل بشكل متناوب على بيوض ناتجة عن آباء تعرضت لجرعة 250 غراي أو على بيوض ناتجة عن آباء غير مشعة، لم تؤثر طريقة التناوب على درجة قبول بيوض العائل. أدت عملية إطلاق للفراشات ضمن أقفاص كبيرة، وبالاعتماد على تجارب مخبرية جيدة التصميم دمج فيها كل من طفيل T. principium وفراشات تعرضت لجرعة 250 غراي، إلى تخفيض كبير في أعداد فراشات الجيل الثالث لحشرة فراشة درنات البطاطا. كما تفوقت المعاملات التي أطلقت فيها الفراشات المشعة بمفردها، وتلك التي نفذ فيها إطلاق وحيد لطفيل التريكوغراما بالدمج مع الفراشات المشعة، والإطلاق المنفرد أو المتعدد لطفيل T. principium، في تخفيض أعداد الفراشات الناتجة مقارنة مع الشاهد. ومن مفهوم إدارة الآفات الزراعية، يكمل إطلاق طفيل T. principium بشكل تعاضدي تأثير ظاهرة توريث العقم في السيطرة على الإصابة بحشرة فراشة درنات البطاطا.

الكلمات المفتاحية: بسيلا الأجاص، طبقة رقيقة من طين الكاولين، السبيروديكلوفن، الهاربن، المحرض العضوي.

نشرت هذه الورقة في مجلة: International Journal of Post Management.

اعتماد طرائق سريعة لتحديد السترونسيوم المشع في الحليب

Validation of rapid methods for the determination of radiostrontium in milk

أحمد الحموي
قسم الوقاية والأمان

ملخص

جرى اعتماد طريقة سريعة لفصل السترونسيوم–89 والسترونسيوم–90 من عينات الحليب لاستخدامها في حالات الحوادث النووية وفي التحاليل الروتينية أيضاً، مؤلفة من التركيز الأولي للسترونسيوم بالكروموتغرافيا الأيونية باستخدام ريزين تبادل أيوني موجب واستخلاص السترونسيوم بالتبادل الأيوني بواسطة ريزين السترونسيوم Sr-resin لفصله عن الكالسيوم والباريوم والإيتريوم باستخدام عينات حليب موسومة. استخدم جهاز عداد السائل الوماض لقياس نشاط السترونسيوم–89 والسترونسيوم–90 من خلال إعداد نافذتين للقياس تمت معايرتهما. بلغ الخطأ النسبي ±20 % عندما كانت النسبة النظيرية $^{89}Sr/^{90}Sr$ في حدود 12. في حين بلغ زمن الفصل 7 ساعات وتراوح المردود الكيميائي للسترونسيوم ما بين 80-95%. بلغ حد الكشف 0.1 بكرل/ل من أجل 500 مل من الحليب وزمن تعداد 90 دقيقة.

الكلمات المفتاحية: السترونسيوم 89+90، حليب، عداد السائل الوماض، ريزين تبادل أيوني موجب، ريزين السترونسيوم، طريقة سريعة.

نشرت هذه الورقة في مجلة: Applied Radiation and Isotopes 2009.

دراسة تحليلية لاستبدال الوقود العالي الإغناء في مفاعل منسر السوري بالقلب المنخفض والمتوسط الإغناء مع المزج المتجانس للمسممات القابلة للاستحراق

Core Conversion Analyses of the Syrian MNSR Reactor from HEU to LEU and MEU Fuel with Homogeneously Mixed Burnable Poisons

نضال غازي، هشام حاج حسن، د. علي حيّون
دائرة أمان المفاعلات، قسم الهندسة النووية

ملخص

أنجزت في هذا العمل دراسات تحليلية شاملة للتحري عن إمكانية تحويل القلب الحالي للمفاعل منسر من وقود عالي الإغناء إلى وقود بديل منخفض ومتوسط الإغناء. وقد استعين في إنجاز الحسابات التصميمة للقلب المتعلقة بهندسة وتصميم الوقود المنخفض والمتوسط الإغناء بالكودين WIMSD/4 وBORGES من المجموعة MTR-PC إضافة إلى الكود CITATION. ومع مراعاة ضرورة إبقاء طاقة المفاعل والتدفق النتروني الحراري وفائض التفاعلية عند نفس مستوى القيم الحالية للمفاعل منسر، فقد وقع الخيار على دراسة نوعين منتقيين من الوقود تضمن الأول الخليطة المنخفضة الإغناء (UO_2-Mg) والثاني الخليطة المتوسطة الإغناء (U3Six-Al).

أفضت النتائج إلى أنه في حال استخدام النوع الأول من الوقود (UO2-Mg) يمكن الوصول إلى الحالة الحرجة عند نسبة إغناء تقرب من 20% مع الحفاظ على تصميم الوقود الحالي نفسه، في حين يتطلب النوع الثاني من الوقود (U3Six-Al) ضرورة زيادة نسبة الإغناء إلى 33%. من جهة أخرى، وبهدف التقصي عن إمكانية زيادة عمر القلب، فقد درس خيار مزج المسممات المستحرقة Gd^{157} وCd^{113} مع الوقود الطازج، وقد أظهرت نتائج الحسابات أن تأثير Cd^{113} على فائض التفاعلية يظهر على المدى الطويل سلوكاً استحراقياً أكثر تجانساً نظراً لمعدلات الاستحراق المنخفضة التي يتمتع بها.

الكلمات المفتاحية: مفاعل منسر، استحراق الوقود، الكود WIMS، الكود CITATION، الكود BORGES.

نُشرت ورقة البحث هذه في *Applied Radiation and Isotopes, 2009*.

طريقة لقياس كمية المرض المنتجة للفطر Plasmopara halstedii (مسبب البياض الزغبي في نبات عباد الشمس)

A Method to Measure Aggresiveness of Plasmopara halstedii (Sunflower Downy Mildew)

نشأت صقر
قسم الزراعة

ملخص

استعملت للمرة الأولى، طريقة لقياس كمية المرض المنتجة لدى عرقين من الفطر Plasmopara halstedii، المسببين لمرض البياض الزغبي في نبات عباد الشمس (العرقان 100 و710). جرى استخدام صنفين من نبات عباد الشمس يتمتعان بدرجات مختلفة من المقاومة الكمية لقياس معيارين من كمية المرض المنتجة هما فترة السكون وكثافة التبوغ. اتصفت السلالة الفطرية من العرق 100 بفترة كمون قصيرة وكثافة تبوغ كبيرة مقارنة مع السلالة الفطرية من العرق 710. أظهر صنف نبات عباد الشمس BT الذي يبدي حساسية تجاه هذا المرض حقلياً فترة كمون أقصر وكثافة تبوغ أكبر مقارنة مع الصنف الآخر لنبات عباد الشمس FU الذي يعد أكثر مقاومة للمرض ضمن الظروف الحقلية. أثبتت هذه النتائج أن السلالة الفطرية التابعة للعرق 100 أكثر عدوانية من السلالة التابعة للعرق 710 وقد أكدت الدراسات المخبرية السلوك الحقلي لصنفي نبات عباد الشمس المدروسين.

الكلمات المفتاحية: فترة الكمون، ممرض إجباري التطفل، عرق، كثافة التبوغ.

نُشرت ورقة البحث هذه في *Journal Phytopathology*.

الخصائص الجيوكيميائية والنظائرية للمياه الجوفية في طبقة الباليوجين الكلسية في الجزيرة العليا (سورية)

Geochemical and isotopic characterization of groundwater from the Paleogene limestone aquifer of the Upper Jezireh, Syria

عبد الرحمن الشريدة ، بولس أبوزخم
قسم الجيولوجيا

ملخص

يهدف هذا البحث إلى تقييم موارد المياه الجوفية لطبقة الباليوجين في منطقة الجزيرة العليا السورية، ضمن توجهات تحديد النمط الكيميائي للمياه ونطاقات التغذية وأعمار المياه. أظهرت النتائج أن نطاقات التغذية الرئيسة لطبقة الباليوجين تتراوح ما بين 650 إلى 900 م فوق سطح البحر والتي تتطابق مع تكشفات الحجر الكلسي المكرست في نهوض ماردين. تعكس السلوكية الكيميائية والنظائرية للمياه الجوفية مع الفعالية الإشعاعية للكربون–14 وجود ثلاث مجموعات مائية جوفية متباينة: (1) المياه العذبة الباردة التي تجري في ممرات قصيرة ضحلة والمتميزة بعمليات تغذية حديثة، (2) المياه المالحة الحارة المحتوية على كمية محددة من غاز H_2S التي تجري في ممرات أطول وأعمق والتي حصلت عمليات تغذيتها الرئيسة خلال ظروف مناخية رطبة في فترة البليستوسين الممتدة ما بين 10–18 ألف سنة قبل الآن، (3) المياه الجوفية المتوسطة الملوحة والمختلطة والتي تظهر قيم وسطية للفعالية الإشعاعية للكربون–14 والتي يبدو أنها تشكلت نتيجة لعملية خلط المجموعتين السابقتين.

الكلمات المفتاحية: الجيوكيمياء، نظائر، تأريخ، الجزيرة العليا، سورية.

نُشرت ورقة البحث هذه في *Environmental Earth Sciemce*.

مراقبة الاستحراق اللاإتلافية المنفعلة في وقود مفاعل منسر المشعع، وذلك بقياس النترونات الضوئية المتولدة من إشعاعات نواتج الانشطار

Passive nondestructive burnup monitoring of MNSR irradiated fuel by measuring photoneutrons produced within fission products

د. خالد حداد
قسم الهندسة النووية

ملخص

قُدِّمت طريقة للمراقبة اللاإتلافية المنفعلة لاستحراق وقود منسر. استُثمر تصميم موقع التشعيع الداخلي ضمن عاكس البيريليوم لقياس النترونات الضوئية المثارة بإشعاع نواتج الانشطار الغماوي القاسي في الحالة تحت الحرجة. قيس تدفق النترونات الضوئية بتابعية زمن التبريد وطاقة التشغيل. بينت التجارب أن الـ ^{140}Ba هو المثير الطاغي للنترونات الضوئية وأن تدفق النترونات الضوئية المقيس متناسب طرداً مع الـ ^{140}Ba المتراكم. تُشكل هذه النتيجة الأساس لطريقة جديدة لمراقبة استحراق وقود منسر. كما يمكن أن تُستعمل في تقنيات الضمانات للتأكد من القيم المصرح عنها.

الكلمات المفتاحية: اللاإتلافية المنفعلة، منسر، استحراق، Be، نترونات ضوئية، ناتج انشطار، إشعاع غاما القاسي، تحت الحرج، مدة التبريد.

نُشرت ورقة البحث هذه في *Applied Radiation and Isotopes*.

1 عزل سلالات فطرية من البيئة السورية و دراسة إمكانيتها لإنتاج أنزيم الكسيلاناز

Isolation and screening of fungus strains from Syria environment and study their potential for xylanase production

د. ياسر البكري
قسم التقانة الحيوية

ملخص

كان الهدف من هذا العمل هو عزل فطور من الترب السورية وتقييمها من حيث إنتاج أنزيم الكسيلاناز. جرى عزل 136 عزلة فطرية من الترب السورية ودراسة قدرتها على إنتاج أنزيم الكسيلاناز. تم تحديد هوية العزلتين الفطريتين الأعلى إنتاجية لأنزيم الكسيلاناز FSS117 وFSS129 اعتماداً على تحليل التسلسل النيوكليوتيدي للمورثة 5,8S. كان النوع الوراثي الأقرب وفقاً لتحليل المورثة 5,8S لكلا العزلتين الفطريتين Aspergillus tubingensis وAspergillus terreus على التتالي. عند استخدام كسيلان البتولا وأغلفة أكواز الذرة كمصادر كربونية في الزراعة المغمورة لمدة 5 أيام، كان إنتاج أنزيم الكسيلاناز من العزلة الفطرية Aspergillus terreus FSS129 113 و174 وحدة/مل على التتالي. كان مردود إنتاج أنزيم الكسيلاناز من العزلة FSS129 تقريباً أعلى بمرتين من الإنتاجية المثلى الواردة في المراجع العلمية. كانت درجة الحموضة المثلى لنشاط أنزيم الكسيلاناز المنتج من العزلة الفطرية FSS129 هي 8 بينما كانت درجة الحرارة المثلى 65 درجة مئوية.

الكلمات المفتاحية: فطور، أنزيم الكسيلاناز، زراعة مغمورة.

2 تحضير سلم الدنا الجزيئي لاستعماله في هلامة الرحلان الكهربائي

Producing ready-to-use DNA ladder for gel electrophoresis

د. عبد القادر عبادي
قسم التقانة الحيوية

ملخص

يعد سلم الدنا (DNA molecular weight Ladder) من المواد الأساسية في تطبيقات الدنا ودراساتها، حيث يستخدم من أجل تحديد أطوال شدف الدنا المدروسة وكمياتها لدى ترحيلها في هلامة الرحلان الكهربائي (Agarose gel). فهو إحدى المواد الهامة والكثيرة الاستخدام في قسم البيولوجيا الجزيئية والتقانة الحيوية والحصول على هذه المادة تجاريا يعد مشكلة مستمرة نظرا لغلاء سعرها وتأخر شرائها. في ضوء هذه الحاجة، فإن هذا المشروع هدف بصورة أساسية إلى إنتاج سلم الدنا محليا من خلال استثمار بعض المواد المتوفرة والمصنعة في الهيئة (بادئات وأنزيم تاك بوليميراز)، وباستخدام أجهزة الـ PCR ورحلان الدنا الكهربائي المتوفرة في القسم. هذه التجربة من التجارب الإنتاجية الناجحة، رغم تواضعها من الناحية الاقتصادية، بحيث يمكن اعتبارها بداية لنشاطات إنتاجية مشابهة قد تؤمن متضافرة في مرحلة قادمة عدداً لا يستهان به من المواد الأساسية في عمل مخابر قسم البيولوجيا الجزيئية في هيئة الطاقة الذرية.

الكلمات المفتاحية: سلم الدنا الجزيئي، هلامة الرحلان الكهربائي، تفاعل البلمرة المتسلسل.

3 تأثير اللقاح BL21pET15b_bfr_p39 على الاستجابة المناعية والحماية من الإصابة بالعامل الممرض "البروسيلا" عند الفئران

Effect of BL21pET15b-bfr-p39 vaccine on immune responses and protection against infection by "Brucella» in mice

د. أيمن المريري
قسم التقانة الحيوية

ملخص

حُقنَت الفئران صفاقياً بالبكتيريا الحية Escherichia coli BL21 DE3 وحيدةً أو مع تلك المُعبِّرة عن أحد بروتينيْ البروسيلا P39 أو BFR، مرتين بفاصل زمني قدره أربعة أسابيع. أثار اللقاحان الحيّان E. coli BL21 (DE3) pEt15b–p39 وE. coli BL21 (DE3) pEt15b–bfr استجابة متزايدة للخلايا التائية T–cell، كما حرّضا إنتاج الأنترفيرون غاما (IFN–g). وكانت هذه الاستجابة أعلى من تلك التي سبَّبها إما المستخلص البكتيري أو الـ P39 أو الـ BFR عند استخدامها كمستضدات نوعية. ومقارنةً مع مجموعة الفئران الشاهد التي حُقنَت بالمحلول الملحي، تبيّن أن تلقيح الفئران بالـ E. coli BL21pEt15b–p39 قبل ثلاثة أسابيع من الإصابة، يخفِّض بشكل ملموس تعداد بكتيريا الـ 16M في الطحال بعد مرور أربعة وثمانية أسابيع على الحقن في كلّ الفئران المُلقَّحة ($p < 0.001$). وقد أظهرت نتائجنا أن تلقيح الفئران بـ E. coli BL21 (DE3) pEt15b–p39 وE. coli BL21 (DE3) pEt15b–bfr مضافاً إليهما السواغ CpG حرّض مستوى حماية ضد الإصابة بالبروسيلا الضائنية ذات الفوعة، أعلى من ذلك الذي تمّ التوصل إليه عندما كان اللقاح وحده بدون سواغ.

الكلمات المفتاحية: بروسيلا، استجابة مناعية، حماية، لقاح.

4 دراسة الاختلافات الوراثية على مستوى الدنا بين ذكور فراشة درنات البطاطا (Phthorimaea operculella, Zeller) الطبيعية و المشععة

STUDY OF GENETIC VARIATION AT THE LEVEL OF DNA BETWEEN NOURMAL AND STERILED POTATO TUBER MOTH MALES (Phthorimaea operculella, Zeller)

د. حسان أمونة، د. حياة المكي، عماد أدريس
قسم التقانة الحيوية

ملخص

هدفت هذه الدراسة إلى تحديد مدى الاختلافات الوراثية على مستوى الدنا بين ذكور فراشة درنات البطاطا المشععة والطبيعية. حيث أُجريت التزاوجات اللازمة للحصول على ذكور عقيمة جزئياً ناتجة عن التشعيع بجرعة منخفضة (150 غراي) وأيضاً للحصول على أبنائها (F2) ومن ثم دُرست بعض صفاتها البيولوجية مقارنةً مع أخواتها غير المشععة. ثم جرى تجريب أكثر من طريقة لعزل الدنا من ذكور حشرة فراشة درنات البطاطا بأطوارها المختلفة خاصةً الحشرات الكاملة وذلك بغية تطوير طريقة مثلى للحصول على كميات كافية من الدنا النقي المناسب لعملية التحليل بطريقة الـ AFLP وتم اعتماد طريقة سميت (Modified M5) التي تعتمد على الاستخلاص باستخدام الفينول والتي أعطت في بعض العينات من 8 إلى 12 ميكروغرام من الدنا من الحشرة الواحدة وبنقاوة من 95% إلى 100%.

وُظفت تقنية الـ AFLP لتحليل عينات الدنا الناتجة من تجربة التزاوجات والتشعيع. حيث بينت التحاليل للنتائج المتحصل عليها بأنه ورغم التباين الوراثي الطبيعي بين أفراد الحشرات فإن ذكور الحشرات غيرالمشععة من الجيل الأول والثاني كانت أكثر قرابةً فيما بينها من الذكور المشععة والتي أبدت تباعداً وراثياً واضحاً خاصةً مابين الجيل الأول والثاني. وبالتالي فإن نتائج هذه الدراسة تشير إلى أن تقانة الـ AFLP بوصفها إحدى تقانات التبصيم الوراثي يمكن أن تُوظف في دراسات لاحقة للتمييز بين المجموعات الحشرية ضمن نفس النوع أو أفراد العائلة الواحدة والتي بينها اختلافات بيولوجية قد تكون ناتجة عن عدة عوامل مختلفة مثل التشعيع. إضافةً لإمكانية الاستفادة من تلك التحاليل في برامج المكافحة بالحشرات العقيمة من خلال المساعدة في عمليات الرصد والمراقبة للمجموعات الحشرية العقيمة بعد إطلاقها حقلياً.

الكلمات المفتاحية: فراشة درنات البطاطا، ذكور مشعّعة، تبصيم وراثي، الدنا.

5 التحري عن وجود بكتيريا الليستيريا Listeria في الحليب الخام في سورية
Detection of listeria in raw milk in syria

د.أيمن المريري
قسم التقانة الحيوية
د. عهد أبو يونس
جامعة دمشق، كلية الزراعة، قسم الأغذية

ملخص

تمّ فحص 766 عينة من الحليب الخام جرى جمعها من كافة أرجاء سورية وذلك باستخدام تقنيات متعددة. أظهرت المعلومات وجود أنواع الليستيريا المختلفة Listeria sp في الحليب الخام، كما كُشِف النوع L. monocytogenes المسبب لداء الليستيريا عند الإنسان في المنتجات. تم باستخدام تقنية الـ PCR تحديدُ هوية 117 سلالة من الليستيريا، فتبين أنها تنتمي إلى الأنواع التالية:

L. monocytogenes, L. innocua, L. ivanovii, L. gravi, L. welshimeri.

استطاعت طريقة API المُطَبّقَة على الليستيريا تعيين هوية 94% من العزلات، في حين حددت تقنية الـ FTIR هوية 98% من كل أنواع الليستيريا.

الكلمات المفتاحية: ليستيريا، حليب خام، تفاعل التضخيم التسلسلي المورثي، مطيافية فوريه للأشعة تحت الحمراء.

6 تنميط مستضدات الـ HLA من الصف الثاني في المجتمع السوري باستخدام اختبار السمية الخلوية اللمفاوية
HLA class II antigens Typing in Syrian population using Lymphocytotoxicity test

د. عدنان اختيار، د. أحمد عثمان، بتول جزائري
قسم التقانة الحيوية

ملخص

تعتبر مستضدات التوافق النسيجي HLA هامة جداً، حيث تلعب دوراً أساسياً في إطلاق الاستجابات المناعية، وهي هامة في حالات إزدراع النسج والأعضاء وفي الاستعداد للإصابة بأمراض مختلفة كالأورام، والأمراض الفيروسية، وأمراض المناعة الذاتية. تناول هذا البحث تنميط مستضدات التوافق النسيجي من الصف الثاني (HLA–II) باستخدام طريقة السمية الخلوية اللمفاوية المعتمدة على المتممة، وذلك لـ 165 فرداً (ذكوراً وإناثاً أصحاء) من أغلب محافظات المجتمع السوري.

بينت الدراسة وجود تنوع في مستضدات الموقعين DR وDQ (14 مستضداً للموقع DR و5 مستضدات للموقع DQ) مع ارتفاع ملحوظ لتواتر المستضدات DR11 (50%)، DR4 (36%)، وDR7 (28%) بالنسبة للموقع DR، بينما كانت المستضدات DR18 (4%)، DR8 (4%)، DR9 (3%)، وDR10 (2%) الأقل تواتراً. أما فيما يتعلق بالموقع المورثي DQ فقد تبين أن المستضدات الأكثر تواتراً هي: DQ3 (83%) وDQ5 (47%)، وDQ2 (34%)، في حين كان المستضد DQ6 (10%) أقل المستضدات تواتراً. يشير هذا التنوع في المستضدات إلى وجود تنوع في المجتمع السوري، كما يدل التواتر المرتفع، بشكل ملحوظ، لكل من المستضدين DR11 وDQ3 (وهي سمة مميزة لدول المنطقة مثل لبنان وتركيا) يدل على تزاوج الأقارب وعلى وجود مجتمعات مغلقة.

ظهرت في الدراسة أنماطٌ عروسيةٌ واضحةٌ (30 نمطاً عروسياً مختلفاً)، وكان أكثرها تواتراً الأنماط العروسية DR11DQ3 (1.03)، وDR11DQ5 (0.49)، وDR4DQ5 (0.6)، وDR7DQ3 (0.51). تدل هذه النتائج على ارتفاع تواتر النمط العروسي DR11DQ3 نسبياً، وهذه أيضاً سمة مميزة لدول المنطقة (شرق المتوسط).

يُقدِّم هذه البحث قاعدة لتوزع مستضدات التوافق النسيجي من الصف الثاني (الموقعين DR وDQ) في المجتمع السوري، يمكن الاستناد على نتائجها في العديد من الدراسات الأخرى في المجتمع السوري إذ تتورط مستضدات التوافق النسيجي من الصف الثاني في الاستعداد للإصابة بالعديد من الأمراض.

الكلمات المفتاحية: معقد التوافق النسيجي الكبير، مستضدات التوافق النسيجي HLA، الصف الثاني (HLA–II)، مجتمع سوري، صف ثاني.

7

جنس الزعرور (Crataegus L.)دراسة بيئية و جزيئية

The Genus Crataegus L.: An Ecological and Molecular Study

نزار ميرعلي، ناديا حيدر، عماد النابلسي
قسم التقانة الحيوية

ملخص

يُعدُّ جنس الزعرور Crataegus L. من الأجناس النباتية الواسعة الانتشار في العالم، وتشكل أنواع هذا الجنس مشكلة تصنيفية على درجة كبيرة من الصعوبة، وعلى الرغم من تحمل هذه الأنواع للجفاف والأهمية الاقتصادية الكبيرة التي تتمتع بها، لم تجر دراسات بيئية وتصنيفية جزيئية سابقة لهذه الأنواع في سورية، بل اقتصرت دراسات الزعرور على ذكر مناطق انتشار أنواع الزعرور وتوصيفها على المستوى المورفولوجي فقط. هدفت الدراسة إلى تعيين الأنواع والطرز الوراثية المنتشرة في سورية لجنس الزعرور بالاعتماد على تقنية الـ ISSRs، بالإضافة إلى إيجاد معلمات وراثية خاصة بكل نوع من أنواع الزعرور باستعمال دنا الصانعات الخضراء وتقنية الـCAPS. تم تطبيق 20 مرئسة ISSRs على 49 عينة زعرور، جمعت من مناطق مختلفة من سورية بالإضافة إلى عينة أجاص سوري كشاهد بعيد. جرى تضخيم ست مناطق من دنا الصانعات الخضراء في 21 عينة زعرور تم اختيارها لتمثل كافة عناقيد شجرة الـ ISSRs المشكلة إضافة إلى عينة الشاهد البعيد (الأجاص السوري)، وجرى أيضاً تضخيم 16 منطقة أخرى من دنا الصانعات الخضراء في أربع عينات زعرور ممثلة للأنواع الأربعة المقترحة وعينة الأجاص السوري المستخدمة، ثم جرى قطع نواتج تضخيم مناطق دنا الصانعات الخضراء باستخدام 92 أنزيم قطع.

أوضح التوصيف المورفولوجي للعينات التي درست هنا، بالاعتماد على فلورا موتيرد، وجود أربعة أنواع زعرورهي C. momogena و C. sinaica و C. aronia و C. azarolus أما بالنسبة لشجرة القرابة الوراثية بين عينات الزعرور المدروسة والتي شكلت باستخدام بيانات تقنية الـ ISSRs، فقد تجمعت عينات الزعرور الصمصيلي C. monogena في عنقود واحد وتميز بارتفاع متوسط قيمة عدم التوافق (PDV=0.24) بين عيناته مقارنة مع تلك العائدة للأنواع الثلاثة الأخرى التي كان لها متوسط قيمة PDV نفسه (0.22) وتجمعت العينات في عنقود منفصل ولوحظ وجود تداخل بين عينات هذه الأنواع الثلاثة. عند ترتيب العينات كافة بحسب متوسطات قيم PDV الخاصة بها وجد أن أعلى قيمة كانت لعينة الأجاص البري الشاهد البعيد (0.29) التي كانت أقرب ما تكون للعينة 48 (monogena) وأبعد ما تكون مع العينة 8. العينة الثانية بالترتيب كانت العينة 32 (0.28) التي كانت الأقرب لعينتين من aronia هما 35 و39 والأبعد مع العينة 8 والتي كانت العينة الثالثة بالترتيب العام (0.27). كانت العينة 8 أقرب ما تكون مع العينة 15 (sinaica) وأبعد ما تكون مع عينتي الأجاص و32. ونظرا لوقوع العينتين 32 و8 بشكل طرفي في شجرة القرابة اقترحنا اعتبار هاتين العينيتين تمثلان أنواعاً هجينة من الزعرور أو تحت أنواع وإن كانت الأولى تميل أكثر لأن تكون من النوع aronia والثانية من النوع sinaica.

عند تطبيق تقنية الـ CAPS على 22 منطقة دنا الصانعات الخضراء في بعض عينات الزعرور وعينة الأجاص، لم يلاحظ وجود أية اختلافات بين هذه العينات سواء بحجم حزم البلمرة أو نمط القطع. وعزونا عدم إمكانية الكشف عن اختلافات في دنا الصانعات الخضراء بين أنواع الزعرور المدروسة إلى التطور البطيء لدنا الصانعات الخضراء في جنس الزعرور، وإلى أن بعض هذه الأنواع هي تحت أنواع أو أنواع هجينة حيث يجري توارث دنا الصانعات الخضراء عن طريق أحد الأبوين فقط.

الكلمات المفتاحية: CAPS، توصيف، زعرور، ISSRs.

8

القيمة الغذائية والمكونات الضد ـ تغذوية في أوراق بعض أنواع الأشجار المتحملة للملوحة لأغنام العواس

Nutritive value and anti-nutritional components in leaves of some salt-tolerant trees for Awassi sheep

د. محمد راتب المصري
قسم الزراعة

ملخص

جرى التقييم الغذائي في الزجاج لأوراق بعض أنواع الأشجار المتحملة للملوحة (الإثل العادي Tamarix articulata Vahl.، الطرفة Tamarix aphylla (L) Karst، أكاسيا السنط Acacia ampliceps Maslin، الكينا Eucaliptus camaldulensis Dahnhardt، كازوارينا Casuarina equisetifolia L.، بارکنسونيا Parkinsonia aculeate L.) بتقدير البروتين الخام والألياف الخام والرماد ومستخلص الإيتر والمادة العضوية والكربوهيدرات اللاألیافية وأشكال الآزوت ومكونات الجدار الخلوي والمكونات الضد– تغذوية (الفينولات الكلية، التانينات القابلة للحلمهة، التانينات الكثيفة). وجرى تقدير الطاقة الاستقلابية والطاقة الصافية لإنتاج الحليب والمادة العضوية المهضومة في الزجاج في العينات التجريبية بعد التحضين مع سائل كرش أغنام العواس بوجود أو بغياب مركب بولي إيتيلين غليغول (PEG, 6000).

الكلمات المفتاحية: أشجار، قيمة غذائية، أغنام عواس، معامل هضم، طاقة.

9

تقييم مشاركة مخبر الواسمات الورمية في برنامج المقارنة الدولي UK-NEQAS لمعايرة المستضد النوعي للبروستات الـ PSA (T.F)

Evaluation of tumuor markers laboratorie's participated in the international comparison program UK-NEQAS for prostate specific antigen PSA (T.F)

د. محمد عادل باكير، محمد بكداش، ديمة أبوضاهر
قسم الطب الإشعاعي

ملخص

تمكنا من خلال المشاركة ببرنامج مقارنة دولي لمعايرة المستضد النوعي البروستاتي من تحقيق مستوىً كافٍ من الدقة والمصداقية في معايرة هذا الواسم الورمي. جرى توثيق طرائق العمل بشكل مناسب، ومن خلال هذه التجربة تمكنا من محاكاة البرنامج بتنفيذ برنامج وطني لمعايرة الواسمات الورمية بالتعاون مع وزارة الصحة وهيئة المخابر الطبية في سورية.

لوحظ من خلال المشاركة في هذا البرنامج تحسن في مستوى أداء المنظومة التحليلية المتبعة في مخبرنا، حيث ارتفعت نسبة المشاركة من 50% في بداية عمل البرنامج إلى 100% في نهايته، وكانت النسبة المئوية لعلامات التقييم المقبولة (A) في معايرة المستضد النوعي البروستاتي الكلي (T. PSA) مستقرة تراوحت بين 90-100%، ونسبة علامات التقييم المقبولة مع تحذير (W) لمعايرة هذا الواسم كانت 6%، ونسبة علامات التقييم المرفوضة N تراوحت بين 5-10%. أما بالنسبة لمعايرة المستضد النوعي البروستاتي الحر (F.PSA) فقد بلغت النسبة المئوية لعلامات التقييم المقبولة (A) في بداية المشاركة 25% ازدادت في نهايتها لـ 77%، ونسبة علامات التقييم المقبولة مع تحذير (W) لمعايرة هذا الواسم كانت 15%، وقد انخفضت نسبة علامات التقييم المرفوضة (N) من 88% في بداية المشاركة إلى 8% في نهاية المشاركة.

الكلمات المفتاحية: واسم ورمي، مستضد نوعي للبروستات PSA، برنامج مقارنة.

Aalam Al-Zarra

Journal of The Atomic Energy Commission of Syria

NO. 127

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

Managing Editor

Prof. Dr. Ibrahim Othman

Director General of A.E.C.S

Editing Committee

(Editors In-chief)

Prof. Dr. Adel Harfoush

Prof. Dr. Mohammad Ka'aka

(Members)

Prof. Dr. A. Haj Saeed

Prof. Dr. M. Hamo-leila

Prof. Dr. N. Sharabi

Prof. Dr. F. Awad

Prof. Dr. F. Kurdali

Prof. Dr. T. Yassin