عالم الذرّة

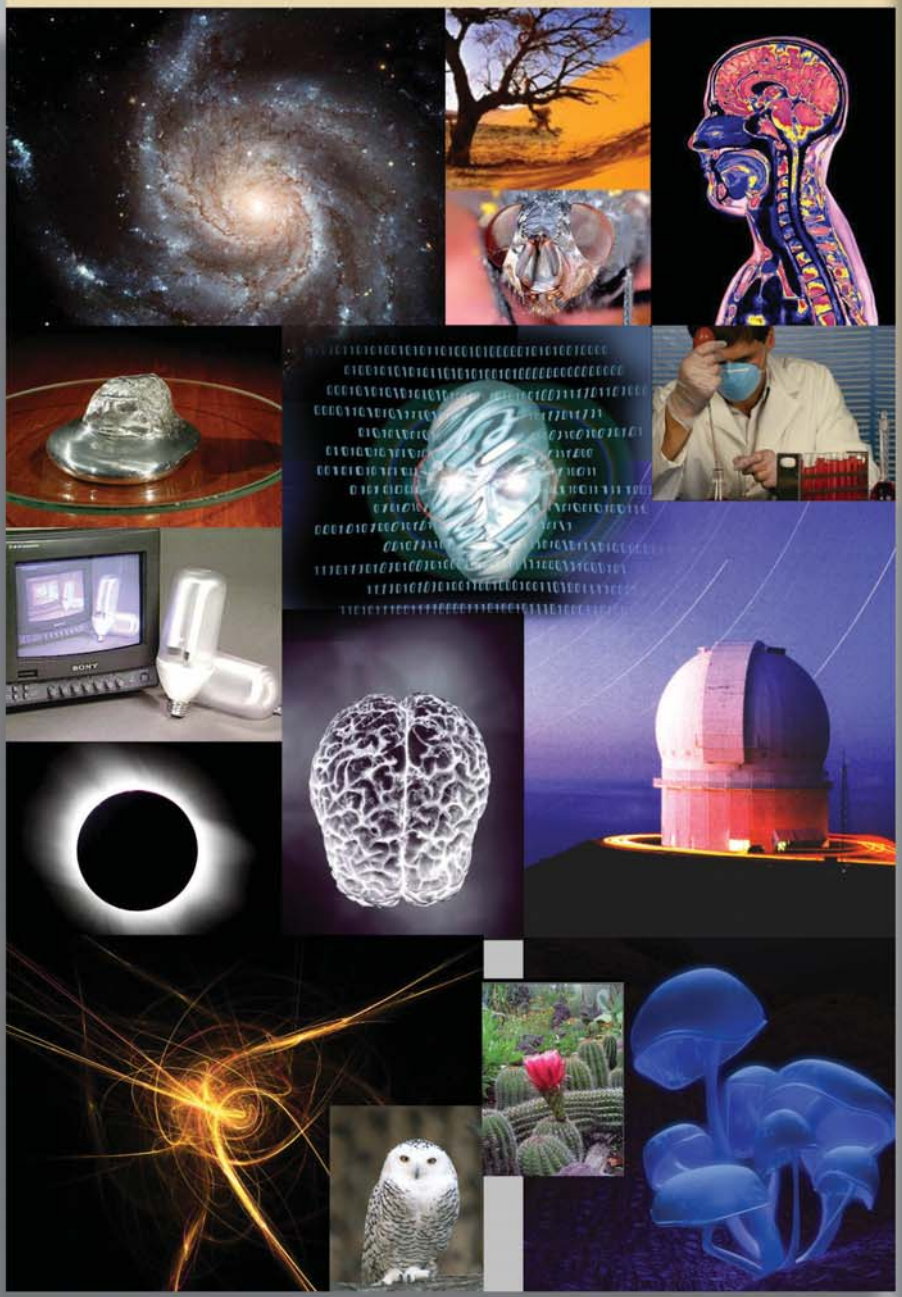
مجلة هيئة الطاقة الذرّية السورية

NO. 126

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 **مرض الألزهايمر**

لقد أصبح مرض تنكّس التغيّرات العصبية الألزهايمر أكثر انتشاراً لدى متقدمي السن في أنحاء العالم كافة. وسيتطلّب التعرّف على المعالجات الفعّالة فهماً أفضل للآليات الفيزيولوجية ذات العلاقة من جهة، إضافة إلى أساليب مبتكرة في تطوير العقاقير وتقويمها من جهة أخرى.

ل. موكي

13 **مكان في الشمس**

يوضح جواشيم لوثر Joachim Luther لماذا تستحق الطاقة الشمسية أن تكون المصدر الرئيسي للطاقة في مستقبل معطاء.

ج. لوثر

17 **المادة العاتمة في دماغك**

تعرف على الـ 90 بالمئة المنسية من دماغك: ألا وهي الخلايا الدبقية الغامضة، والتي يفوق عددها عدد العصبونات بنسبة عشرة إلى واحد.

ك. زيمر

22 **النظائر المشعَّة حدَّدت عمر كرتنا الأرضية**

د. فؤاد العجل

27 **وقفة عند حدود الفيزياء**

إ. هاند

أخبار علمية

33 **التصوير الفائق السرعة بأشعة X**

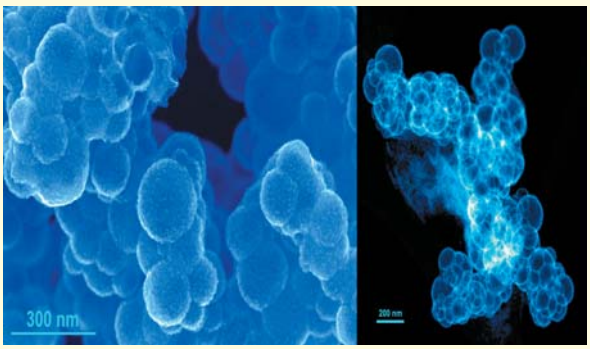
35 **الليزرات تمضي باتجاه النانو**

37 **البيولوجيا البنيوية تحرز جائزة الكيمياء**

39 **ظهور طرائق جديدة لاصطناع متعددات الحديدية**

41 **سبينترونيات السليكون تثير الاهتمام**

43 **البلاتين**



إطلالة علمية

47 **الجاذبية ما بعدَ أينشتاين**

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

ملخصات ورقات البحوث

59 نمو الآزوت الجوي وتثبيته في نظام الزراعة المختلطة لنباتات الفصة الشجرية Medicago arborea والرغل الملحي Atriplex halimus المزروعة فوق تربة متأثرة بالملوحة باستعمال تقانة الاقتفاء بالنظير ^{15}N

59 الاستقطابيات الخطية وغير الخطية للسبيروبيران ومشتقاته

59 الإضافات السورية لنظام معلومات السلطة الرقابية RAIS 3.0

60 تأثير الحقل الكهربائي على معدلات إصدار مصيدتي الثقوب $H4_F$ و $H4_S$ في InP

60 التنوع في شكل وحجم الأكياس البوغية للفطر Plasmopara halstedii (مسبب البياض الزغبي في نبات عباد الشمس)

61 حيوية زرعات المرض Pyrenophora graminea بعد تعرضها لضوء الشمس تحت الظروف الحقلية

61 دراسة المسحوق للبوليمر [(2,2-μ_2 ثنائي ميتيل البروبان -1,3- ثنائي إيل ثنائي الإيزوسيانيد) -μ_2- إيوديو- فضة (I)]

62 التبدلات الفيزيولوجية للبكتريا البحرية Vibrio angustum S14 أثناء النمو عند تعرضها لأشعة شمس صنعية (محاكٍ شمسي)

62 فصل أيونات النحاس عن أيونات الحديد باستعمال أغشية من غول البولي فينيل المطعمة بحمض الأكريليك وفينيل إميد أزول والمحضرة بالتطعيم المحرض إشعاعياً

ملخصات تقارير علمية

63 تأثير المبيدات الحشرية الطبيعية المنشأ (السبينوساد، والإمامكتين بنزويت، والكرومافينوزيد) على حشرة فراشة درنات البطاطا Phthorimaea operculella (Lepidoptera: Gelechiidae) ضمن الشروط المخبرية

63 تأثير معدلات مختلفة من السماد الآزوتي في إنتاجية ومواصفات الشوندر السكري Beta vulgaris المروي بمياه جوفية مالحة (ري سطحي وتسميدي) والمزروع فوق تربة مالحة

64 تأثير الأشعة المؤينة في قدرة إناث فراشة ثمار التفاح Cydia pomonella (L) على جذب الذكور في الحقل

64 جهاز مسح إشعاعي رقمي محمول باستخدام المعالج التحكمي PIC16F628

65 دراسة بعض العوامل المؤثرة في إكثار نبات القبار Capparis spinosa L

66 تحليل أمان مفاعلات البحث باستخدام كودات التحليل الترموهدروليكية المتقدمة

67 سلسلة الـ DNA للأعمال البحثية الزراعية والطبية

67 إعداد نظام حاسوبي لرصد الإنذارات في محطة التشعيع في هيئة الطاقة الذرّية السورية

67 النفايات الطبية والبيولوجية (أنواعها، أضرارها الصحية، طرائق معالجتها، إجراءات السلامة والأمان، النصوص القانونية)

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.

مرض الألزهايمر

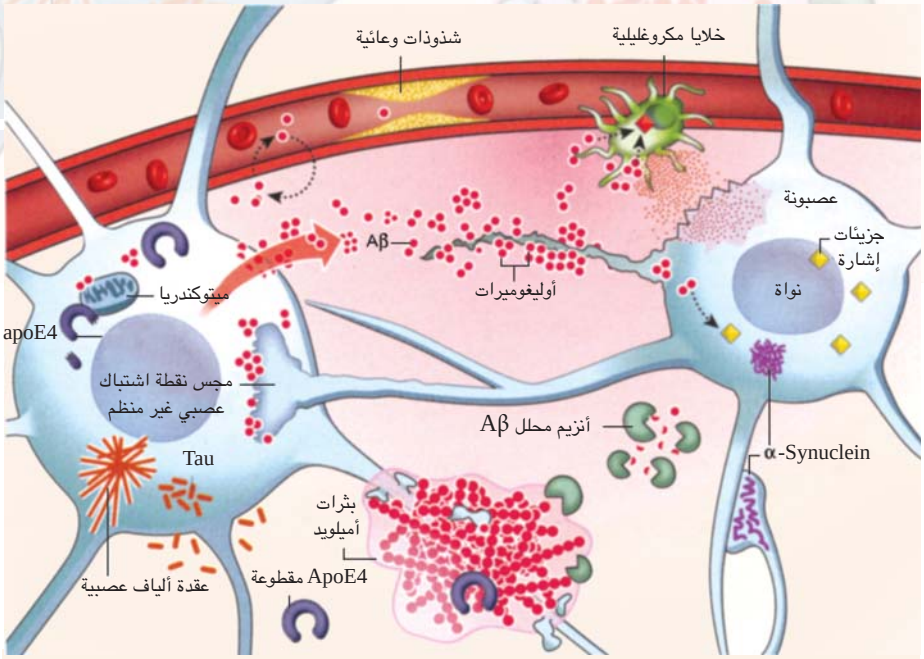
لقد أصبح مرض تنكّس التغيّرات العصبية الألزهايمر أكثر انتشاراً لدى متقدمي السن في أنحاء العالم كافة. وسيتطلّب التعرّف على المعالجات الفعّالة فهماً أفضل للآليات الفيزيولوجية ذات العلاقة من جهة، إضافة إلى أساليب مبتكرة في تطوير العقاقير وتقويمها من جهة أخرى.

■ تأليف: لينّارت موكي.

الكلمات المفتاحية: ألزهايمر، بيتا أوليمفوبر، تصوير بوزتروني.

عدد كبير من الناس كثيرو النسيان. فهل هناك علامات مُحذّرة محدّدة لمرض الألزهايمر؟

تتراجع ذاكرة معظم الناس قليلاً مع تقدم العمر، وبالتالي يكون الحدّ الفاصل بين النسيان الطبيعي العائد لتقدّم السن والمؤشرات الأولية لمرض الألزهايمر (AD) واهياً لدرجة أن اختلالاً معتدلاً للإدراك (MCI) قد حدث جزئياً، لتجنّب تشخيص الألزهايمر لدى الأشخاص ذوي الاختلالات السليمة للذاكرة. وعلى كل حال، إن كثيراً من الأشخاص المصابين بالاختلال المعتدل للإدراك (MCI) يتقدّم بهم الحال إلى الألزهايمر (AD). إلا أن الألزهايمر يظهر بصورة فَقْدٍ تدريجيٍّ للذاكرة العارضة (كنسيان أن محادثة حصلت في اليوم السابق على سبيل المثال)، وهذا أكثر وضوحاً للآخرين منه للمريض نفسه. يمكن أن يظهر الألزهايمر بشكل صعوبةٍ في



الشكل 1: بعض العوامل الأساسية في إمراضية الألزهايمر. تجمع وتراكم الأميلويد-β (Aβ) يمكن أن ينجم عن الزيادة في الإنتاج العصبي لـ Aβ أو النقص في نشاط الأنزيمات المحلّلة لـ Aβ أو تغيّرات في عمليات النقل التي تدخل Aβ عبر الحاجز الدموي الدماغي، وتخل أوليغوميرات Aβ الوظائف المتشابكة، في حين تزيل بثرات الأميلويد الخيطية وتخرّب العمليات العصبية. تتفاعل أوليغوميرات Aβ مع أغشية سطح الخلايا والمستقبلات مخلّة تيار انتقال الإشارة، ومغيّرة نشاط العصبونات ودافعة إلى إطلاق معدلات سمّية عصبية من الدبقية الرفيعة micoglia (خلايا مناعية مقيمة). وتعيق الشذوذات الوعائية تأمين المغذيات وإزالة النواتج الثانوية للاستقلاب مسبِّبة حواجز، وتشجع على تنشيط الخلايا النجمية astrocytes (غير ظاهرة على الشكل) والدبقية الرفيعة Microglia. ويرفع البروتين حامل الدهون apoE4 إنتاج Aβ ويخلّ من التخلّص منه. وحينما ينتج apoE4 ضمن العصبونات المجهدة، فإنه ينقسم إلى نتف سمّية عصبية تُخلخل البنية الخلوية وتماثل Aβ ضمن خلوي تعطل وظائف الميتوكندريا. والبروتينان tau وα-synclein يمكن أن ينظما نفسيهما إلى شكل أوليغوميرات مرضية وأن يشكّلا تجمّعات ضمن عصبية أكبر تحلّ محلّ مصورات حيوية ضمن خلوية.

■ نُشر هذا المقال في مجلة Nature, Vol 461, 15 October 2009، ترجمة د. نجم الدين شرابي، عضو هيئة التحرير.

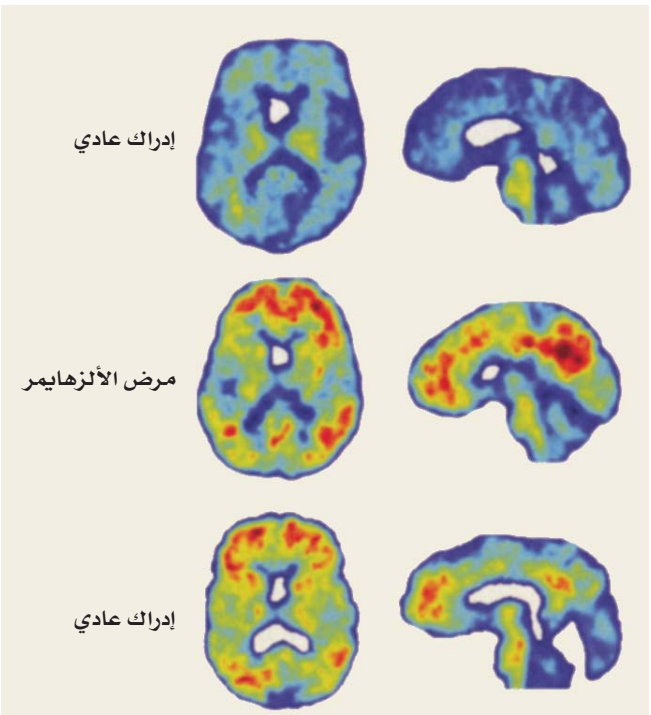
إيجاد المريض عالمه، كأن يتوه في الجوار المعتاد، أو بصورة تغيّرات أكثر تعقيداً في التصرّفات التي تحدث فجأة في بعض الأوقات نتيجة تغيّرات الوسط (مثل دخول المشفى).

كيف يشخَّص الألزهايمر؟

يتطلب تشخيص الألزهايمر بثقة مطلقة معرفة تفاصيل الفحص المجهري للدماغ بعد الوفاة. ويمكن تشخيص (AD) هذه الأيام بدقة أكثر من 95% في المريض الحي باستعمال وسائل عدة تشمل الأخذ الحذر لتاريخ المريض وعائلته وتقويم الوظيفة الإدراكية عن طريق اختبارات عصبية نفسية. كما يجب استبعاد الأسباب الأخرى للتخلف العقلي. مثل انخفاض وظيفة الدرق، وعوز الفيتامينات والإصابات المرضية (الخمج) والسرطان والاكتئاب. والحاسم في الأمر أيضاً تفريق الألزهايمر عن تغيّرات العته العصبية الأخرى مثل عته body Lewy– ومرض الدماغ الإسفنجي Creutzfeldt-Jakob. ويمكن لصورة الدماغ واختبارات السائل الشوكي أن تساعد على التفريق بين الألزهايمر وبين هذه الحالات. ويبدي المصابون بهذا المرض انكماشاً في مناطق الدماغ ذات العلاقة في التعلّم والذاكرة في صور الرنين (التجاوب) المغنطيسي إضافة إلى نقص في استقلاب الجلوكوز وزيادة في امتصاص الروابط المشعّة التي تكشف عن تخزين البروتين الشاذ أميلويد (النشواني) (amuloid) عند إصدار البوزيترون positron في التصوير الطبقي. وتشمل الشذوذات في السائل الدماغي الشوكي مستويات منخفضة من الببتيدات أميلويد–β (AD-β)، ومستويات متزايدة من البروتين تاو tau.

ما هو حجم مشكلة هذا المرض؟

كبير جداً، وإلى مدى بعيد، لأن الناس يعمّرون أكثر في حين تعتبر زيادة العمر عامل خطورة. وتقدّر رابطة الألزهايمر أن أعداد المصابين –بدون طرق أفضل لتجنب المرض– يمكن أن ترتفع من حوالي 5 مليون في الولايات المتحدة هذه الأيام إلى ما بين 11 إلى



الشكل 2: التحدي في إيجاد معلمات حيوية للألزهايمر. مرجعان طبيعيان (الصفّان الأعلى والأسفل) ومريض ألزهايمر من العمر نفسه (الصف الوسطي) بعد حقنهم وريدياً بالمرتبط إشعاعياً PIB الذي يرتبط مع ترسبات Aβ الخيطية. ويُكشَف عن خيط الدماغ لـ PIB بصور إصدار البوزترونات. المستويات المنخفضة من ارتباط PIB (ألوان أكثر برودة) تظهر في دماغ معظم أصحاء الإدراك (الأعلى)، ومستويات أعلى من ارتباط PIB (ألوان أكثر حرارة) في أدمغة المصابين بالألزهايمر (الوسط). ولكن يظهر في صور بعض طبيعي الإدراك مستويات مرتفعة من ارتباط PIB (الأسفل) مما يشير إلى أن وجود بثرات الأميلويد لا يعتبر كافياً لإحداث عيوب بالإدراك. وليس من الواضح فيما إذا كان طبيعيو الإدراك الذين يظهرون مستويات مرتفعة من الارتباط بـ PIB سيتطور لديهم ألزهايمر فيما بعد.

16 مليون، وفي العالم من 26 إلى أكثر من 100 مليون في العام 2050، ولهذا التزايد أثر مدمّر على أنظمة الرعاية الصحية، وخاصة أن هذا المرض دائم ومعيق وعلاجه مرتفع التكلفة.

ما هي أسباب الألزهايمر؟

هناك العديد من الأسباب: تقترح أعداد كبيرة من الشواهد أن أمراض التنكّسات العصبية، بما فيها الألزهايمر، تنشأ عن تراكم شاذ لبروتينات ضارّة في الجهاز العصبي (الشكل 1)، وتشمل هذه البروتينات في حالة الألزهايمر ببتيدات Aβ والبروتين الدهني المرافق للشعيرات الدقيقة تاو tau وبروتين ما قبل الاختزان

ألفا–سينوكلين α–synuclein ذا العلاقة أيضاً بمرض باركنسون. نحن جميعاً نصنع الببتيدة Aβ في الدماغ والأعضاء الأخرى –إذ إنها تنطلق من طليعة بروتين الأميلويد (APP) عند الانشطار بأنزيمات بيتا وغاما سيكرتيز. إلا أن Aβ يُزاح بسرعة من أدمغتنا بوساطة آليات إزاحة، وحينما يزداد تركيزه عن طريق زيادة إنتاجه أو عجز آلية الإزاحة، فإن Aβ يشكّل تجمّعات متماثلة تتراوح بين عديدات أوليغوميرات oligomers إلى ألياف أولية وألياف وبثرات (لويحات) plaques أميلويدية. ويمكن لـ تاو tua وألفا–سينوكلين α-synuclein أن يتجمّعا بشكل عديدات أوليغوميرات وإلى مصورات أكبر في العصبونات، والتي تُعرف بالعقد العصبية الليفية التشابكية وأجسام Lewy على التوالي. وبالتعريف، فإن جميع مرضى الألزهايمر لديهم كثير من البثرات والعقد ولدى معظمهم أيضاً أجسام Lewy.

كيف تسبّب هذه التغيّرات انحدار الإدراك؟

يعتبر هذا السؤال نقطة نقاشٍ حادٍ، وعلى الأغلب قد يسبّب Aβ وtau نشاطاً فاشلاً للشبكة العصبية ويختل الاقتران بين الأعصاب التي تشكّل وتحافظ على الدارات الدقيقة التي تدعم التعلم والذاكرة ووظائف الإدراك الأخرى. وفي النهاية، تضمر وتموت مجموعات عصبية حسّاسة في عمليةٍ تشمل مثير السُّمّية excitotoxicity (زيادة تحريض لمستقبلات الناقلات العصبية على سطح الأغشية العصبية)، وانهياراً في توقف حركة كالسيوم الدم والتهاباً واستنفاداً للطاقة وعوامل النمو. يساهم شكل أموليبوربروتين E apoE4 في التراكم الشاذ لـ Aβ وtau، ومن المحتمل أيضاً أن يخرب الميتو كندريا (المتصدرات) والهيكل الخلوي. تتفاعل Aβ وtau وألفا–سينوكلين مع جزيئات عديدة أخرى وتنظم تيارات إشارات مختلفة تنظم النشاط العصبي والبقاء. ومن الناحية الوراثية، تستعمل القوارض المحورة والنماذج التجريبية الأخرى لتوضيح هذا التعقيد ولتحديد أيٍّ من المسارات البيوكيميائية له التأثير الأكبر في بدء المرض وتقدّمه.

هل يمكن أن يُورَّث الألزهايمر؟

نعم يبدأ الألزهايمر مع عدد قليل من المرضى (ربما أقل من 1%) مبكراً لأن لديهم صيغة صبغية ذاتية لطفرة سائدة في جينات نواتجها البروتنية APP و prsenilin (PS1) أو (PS2) مشمولة بإنتاج ببتيدات Aβ، والبرسنيلين هو المركز الأنزيمي لمعقد γ-secretase. إن العامل الأقوى للخطورة الوراثية للشكل الأكثر شيوعاً من الألزهايمر هو الجين أو المورثة *APOE* ε4 والذي يشفر للحامل الدهني apoE4 وأشكال apoE3 الأكثر شيوعاً وapoE2 النادر الوجود هي عوامل واقية من الألزهايمر. يحمل أكثر من 60% من مرضى الألزهايمر القوقازيون جيناً واحداً من *APOE* ε4. وإن تنوعات معينة من الجينات التي تشفر لحامل دهني آخر كلوسترين (apoJ) والبروتين المحظور ضمن الخلوي PICALM (بيكالم) أو المكونات المتممة المستقبلة (3b/4b)، تعدّل أيضاً خطورة الألزهايمر ربما عن طريق التأثير في مستويات Aβ أو في الوظائف المتشابكة أو الالتهاب.

ماذا عن الأسباب غير الوراثية؟

تزداد خطورة الألزهايمر مع انخفاض مستوى الثقافة ومع جروح في الرأس، وكذلك بسبب الأمراض الوعائية النخاعية والسكري والبدانة. إلا أن تجنب هذه المخاطر لا يؤكد خفض فرص الإصابة بهذا المرض بشكل ملموس، وخاصة لدى ذوي المخاطر الوراثية. ويبدو أن جينات ما قبل التنظيم للألزهايمر تتفاعل مع جينات المرض الأخرى ومع عوامل البيئة. وبمعنى آخر، يمكن أن يُصاب شخص ذو صحة سليمة في وقت مبكر من حياته، ببساطة، لأنه ورث طفرة PS1 السائدة. ويمكن أن يُصاب آخر بالمرض لأنه ورث جينات من *APOE* ε4، ويمكن أن يُصاب آخرون لأنهم ورثوا واحداً أو أكثر من الجينات الثانوية الخطورة ولكنهم زائدو الوزن وسكّريون.

ما علاقة تقدّم السن بالألزهايمر؟

يُعدُّ تقدّم السن من أكثر عوامل الخطورة أهمية بالنسبة للألزهايمر، كما أن الطفرات الشديدة في الصيغة الصبغية السائدة

للمرض لا تقود نموذجياً إلى إعاقات واضحة حتى العقد الرابع أو الخامس من العمر. يمكن لعدة آليات حماية الدماغ اليافع من الألزهايمر بما فيها مستويات مرتفعة من عوامل النمو واستقلاب أفضل للطاقة وكذلك أساليب أكثر فعالية للتخلص من البروتينات الشاذة الانطواء وخلايا الإصلاح. إن فشل وسائل الحماية هذه يمكن أن يساهم في تطور الألزهايمر. يزيد التقدّم في العمر وظهور السمنة والسكري وتصلّب الشرايين من تقدم المرض من خلال آليات وعائية أو استقلابية. ويمكن أن يساهم الالتهاب بذلك بصورة عامة، إذ إن النشاطات الالتهابية للخلايا المناعية، وعلى وجه الخصوص العاثيات الكبرى maerophages والدبقية microglia والخلايا النجمية astrocytes جميعها تزداد مع تقدّم العمر، وربما تكون بعض هذه النشاطات ذات فائدة، في حين تشجع الأخرى تطور الشذوذات المرتبطة بالشيخوخة مثل الألزهايمر.

هل يتوفر أيٌّ من العلاجات؟

تقع الأدوية التي توصف لعلاج الألزهايمر في مجموعات ثلاث: مانعات الأستيل كولين أستريز، ومضاد لمستقبل الناقل العصبي جلوتاميت، والأدوية النفسية التي توصف ضد الاكتئاب والتصرفات الشاذة. يُستنفد الناقل العصبي أستيل كولين أستريز من دماغ مرضى الألزهايمر ويهدف منع الأنزيم إلى تحسين النقل العصبي الكوليني Cholinergic. وإن السمّية المحرضة الناتجة عن زيادة حث مستقبلات الجلوتاميت من طراز NMDA يمكن أن تساهم في المرض وتقدّم تفسيراً لإيقاف هذه المستقبلات. لقد قدّمت عدة تجارب علاجية تأثيرات نافعة لمانعات أستيل كولين أستريز أو مستقبلات NMDA، على الرغم من ضآلتها نموذجياً، ولا يبدو أن هذه العقاقير توقف أو تُشفي الألزهايمر.

ماذا عن تغيّرات الغذاء ونمط الحياة؟

غالباً ما يُقترح تبني أسلوب حياة وغذاءً صحياً لتجنب ارتفاع الكولسترول وضغط الدم، وهذا يمكن أن يساعد وذلك بسبب المساهمة الممكنة للأمراض الوعائية في الألزهايمر. كما تساهم التمارين الرياضية المنتظمة بزيادة عوامل النمو في مراكز الذاكرة في الدماغ. كما رُبطت العلاقات الاجتماعية والنشاطات العقلية في خفض المخاطرة في دراسات انتشار الألزهايمر. وقد تبيّن من نماذج الفئران أن زيادة النشاط وإغناء الوسط تعيق أو تؤخر المؤشرات المشابهة للمرض. ولكن مجموعات الشاهد في كثير من تجارب الفئران هذه كانت تحت ظروف سيئة، وربما دفعت إلى المغالاة في إظهار فائدة الظروف المحسّنة.

هل هناك خيارات أخرى للعلاج؟

حسب رأيي، فإن الأكثر فائدة بالنسبة للمرضى وأقاربهم هو التسجيل في التجارب العلاجية ذات العلاقة والمسيطر عليها. إذ إن هناك حاجة ملحّة لزيادة نسبة مرضى الألزهايمر والمسنّين الأصحاء في مثل هذه التجارب. وبالمقابل، يجب عدم تشجيع استعمال أنماط التغذية والأدوية غير المعتمدة والأعشاب. وشهرة بعض هذه المركّبات هي ادعاء مؤقت وعابر كما أنها أضافت عاملاً مزعجاً بإرباكها المتغيّرات ضمن عناصر التجربة إضافة إلى تعقيد مهمّة تخطيط تجارب علاجية ذات مغزى.

لماذا فشلت تجارب عديدة للأدوية؟

لعدة أسباب. في بعض الحالات يمكن للتجربة أن تبيّن أن هدف الدواء ليس ذا دور مرضي حاسم وفي حالات أخرى يمكن أن يوقف الدواء مسرى مَرَضياً حقيقياً إلا أن التأثير الكلّي يمكن أن يكون مهملاً بسبب كون تفرعات التيار المرضي المتعدّد العوامل لم تؤخذ بالحسبان. وعلى سبيل المثال، في تجربة حديثة لعامل مضاد لـ Aβ، كان لحوامل جينية *APOE* ε4 تأثيرات جانبية أكثر، ويمكن أن يكون أقل فائدة فيما لو كان بدون حوامل. وإن تقويم فيما إذا كان الدواء يؤثر على الهدف الأكثر علاقة يعتبر تحدياً أيضاً. تقترح شواهد ملموسة أن أوليغوميرات Aβ oligomers صغيرة تسبّب ضرراً أكبر لوظائف الاقتران والإدراك من بثرات

التجارب الجارية لمعالجة مرض الألزهايمر		
الأسلوب أو العقار	الآلية المقترحة للفعل	الطور
منع β-Secretase	نقص تشكيل Aβ من طليعة البروتين أميلويد	II
منع γ-Secretase	نقص تشكيل Aβ من طليعة البروتين	II/III
تمنيع (مناعة) فعّال بواسطة Aβ	يولّد أجساماً مضادة لـ Aβ تتفاعل مع Aβ وتزيله من الدماغ بواسطة آلية انسيابية غير مؤكدة	II
تمنيع سلبي بأجسام مضادة لـ Aβ	تتفاعل الأجسام المضادة مع Aβ وتزيحه من الدماغ بواسطة آلية انسيابية غير مؤكدة	III
الحقن الوريدي التخزيني بالأمينوغلوبين	يمكن أن يشجّع على التخلّص من Aβ والبروتينات الضارة الأخرى من الدماغ ويمكن أن يخفّض العمليات الالتهابية الضارة	III
Scyllo-inositol	يخفّض تكوين وثبات منظومات Aβ المرضية	II
Latrepirdine	يمنع اختلال عمل الميتوكندريا	III
منع مستقبل الناتج النهائي لـ glycatio المتقدمة RAGE	يوقف تحريض مستقبلات سطح الخلية RAGE التي تربط Aβ خافضة مستويات Aβ في الدماغ ومانعة له من تشغيل المساري المرضية	II
تحريض إشارات الأنسولين	يمنع ارتفاع السكر والتغلب على مقاومة الأنسولين في الدماغ	II
معدل انتخابي لمستقبل الأستروجين	يشجع تأثيرات حماية عصبية للأستروجين دون السماح لتأثيراته الضارة	II
وسائط عصبية وحماية عصبية	تحرّض المساري العصبية ومضادات الأكسدة أو المسارات التي تحمي من السمية المحرضة	II

تركّز الاختبارات السابقة على استراتيجيات تعديل المرض الكامنة، وتعتمد على مراجعات على مواقع ويب والتقارير الشفهية في المؤتمرات الطبية ومناقشات مع Paul Aisen (جامعة كاليفورنيا سان دييغو) ومع Laune Ryan (المعهد الوطني للشيخوخة).

تجارب الطور II وكذلك الطور III تُقوّم أمان وفعالية المعالجات الجديدة وفعاليتها. تشمل تجارب الطور III موضوعات أكثر وتُجرى في عدة مراكز، وهي مطلوبة للحصول على الموافقة على استعمال العقار من قبل الوكالات التنظيمية.

الأميلويد الأكبر. يمكن تقدير حمولة البثرات بالتصوير الشعاعي، إلا أن مستويات أوليغوميرات Aβ في الدماغ لا يمكن قياسها بوثوقية في المرضى الأحياء مما يجعل المعالجات بمضادات Aβ غير واضحة النتائج في التجارب العلاجية من حيث الخفض الحقيقي لمستويات Aβ المضادة. ويمكن أن تفشل المعالجة نتيجة "القليل جداً، المتأخر جداً" ويبدو أن الألزهايمر يتطور بمكر عبر سنوات عديدة إن لم تكن عشرات السنين. ويعتقد بعض زملائي أنه حتى الأطوار المبكرة للألزهايمر تعكس أطواراً متقدمة للفشل الدماغي الذي يستحيل عكسه.

هل هناك أية فرصة لعكس المرض؟

يعتمد ذلك، في جزء منه، على مرونة الدماغ، الذي هو أكبر كثيراً من بقية الأعضاء، رغم أن العوامل المرافقة للألزهايمر مثل Aβ وapoE4 يمكن أن تعارض آليات التأقلم هذه، مضيفة ملْحاً إلى الجرح. والوجه الآخر لهذه العملية هو أن إزاحة هذه العوامل يمكن أن تطلق آليات تصحيح قوية يمكنها أن تُثبت أو تساعد على المراوغة على الدارات العصبية المقطعة بحيث يصبح الشفاء الوظيفي ممكناً. أبدى كثير من الناس شفاءً مذهلاً في الوظائف العصبية بعد فقد عدد كبير من الخلايا العصبية الناتج عن أسباب أخرى. والاختبار هنا لنرى فيما إذا كان الدماغ المخرَّب بالألزهايمر قادراً على مثل هذه الحيلة حينما تحذف جميع مانعات إعادة التوالد الفعّالة.

هل تشكل الخلايا الجذعية خياراً علاجياً؟

الفكرة عند استخدام الخلايا الجذعية هي إمكانية توظيف هذه الخلايا لتحلّ محلّ العصبونات المخرَّبة. إلا أن الألزهايمر يشكّل

تحدّياً خاصاً في هذا المجال، لأنه يؤثر على أشكال مختلفة من العصبونات في المناطق المختلفة للدماغ وليس من الواضح –حتى الآن– فيما إذا كان من الممكن تحريض الخلايا الجذعية كي تميِّز بين جميع أنماط الخلايا، وفيما إذا كانت العصبونات الناتجة تتكامل بفعالية في الدارات المقطعة، وعلى الخصوص ضمن وسط معادٍ مليء بالبروتينات الضارّة والوسائط الالتهابية. ومن ناحية ثانية، فإن التوالد والتصحيح يمكن أن يسهّلا إزالة هذه العوامل الضارة. ويمكن أن تفيد الخلايا الجذعية بصورة مباشرة كنماذج لدراسة عدم التماثل في الألزهايمر. ومن الممكن الآن تأسيس خطوط خلايا جذعية متعددة المقدرة من خلايا جلود المرضى الآدميين ودفعها إلى التمايز إلى عصبونات أو خلايا دماغية أخرى. ويمكن أن تقود مقارنة النماذج الخلوية هذه إلى تعريف السلوك المرضي المحدّد للمرض وكذلك الجينات المعدّلة.

الوقاية! هل هي ممكنة؟

يجب أن تبدأ العلاجات الوقائية قبل سنوات وربما عشرات السنين قبل ظهور الأعراض الأولى للمرض. وسوف تتطلّب معالجة الأشخاص لفترة طويلة كهذه عقاقيرَ ذات حدود دنيا للتأثيرات الجانبية، وكذلك القدرة على التعرّف على الأشخاص ممن لديهم عوامل المخاطرة الملموسة مبكراً. ليس لدينا الآن مؤشرات بيولوجية مبكرة للألزهايمر بالرغم من التقدم الذي حصل (الشكل 2). يُطوَّر حالياً تصوير عصبي أولي للمرض لتقدير إمكانية قياس التغيّرات في حجم الدماغ مع الزمن واستقلاب الغلوكوز وترسيب الأميلويد في الدماغ ومستويات Aβ وTau في CSF السائل الدماغي الشوكي، لتعريف الأشخاص ذوي المخاطر المرتفعة لظهور المرض. وأظهر المسح المقطعي البروتيني لبلازما الدم بصمة بروتينية يمكن أن تشكّل تشخيصاً وربما تتنبأ أيضاً بالألزهايمر. وعلى الرغم من أن دراسة تتابع الجينوم كأسلوب مسح بروتيني لا يزال بعيد المنال، إلا أن مسح الطفرات الكروموزمية السائدة للألزهايمر في الجينات *APP* و*PS1* و*PS2*، وكذلك في الجين *APOE* ε4 واضح تماماً.

هل يجب أن يجري كلّ شخص اختباراً جينياً؟

يعتمد هذا على عدة عوامل منها التاريخ الأسري، والنظرة إلى الحياة، والرغبة في ضمان أشكال محددة من التأمين. إذا كان الألزهايمر يبدأ مبكراً في العائلة وهناك رغبة في الحصول على أطفال، فإنه من المناسب إجراء اختبار وراثي للطفرات الصبغية السائدة له. وبصورة عامة، إن الاختبار الوراثي للألزهايمر يجب أن يؤخذ فقط بناءً على نصيحة طبيب ومستشار وراثي من ذوي الخبرة في مساعدة الناس وتقدير المخاطر والمنافع. يقف كثير من المشخّصين ضد التنميط الوراثي لـ *APOE* ε4 وجينات قابلية التعرّض الأخرى، لأن هذه الجينات تعتبر عوامل مخاطرة في المقام الأول ولا يُطور بعض حامليها المرض (الألزهايمر) أبداً. كما أن نقص المعالجة الوقائية المؤكدة النتائج يُبطل قيمة معرفة مخاطر الفرد، رغم أن زيادة الاهتمام العام في مخاطر المرض يمكن أن تساعد على تركيز الحرب ضد هذه الظروف السيئة.

هل هناك ما يبرّر الأمل؟

حتماً هناك أمل. حينما تكسب فهماً أكثر لآلية مرض الألزهايمر يمكن أن توجه الأدوية ضد أسبابه الجذرية (وليس فقط ضد أعراضه). نملك حتى الآن عدة عقاقير لها إمكانية تعديل المرض وهي تحت الاختبارات السريرية (الجدول) وسوف يأتي المزيد. وإن تشخيص عوامل الخطورة على مستوى عالٍ باستعمال المسح الجيني والبروتيني جَعَلَ بالإمكان تعريف مجموعات فرعية من المرضى القادرين على الاستفادة من أدوية معينة أو مجموعة منها. كما أن التركيز على أكثر المرضى المستجيبين سيجعل تجارب العلاج أكثر فعالية ويقود إلى استراتيجيات بعيدة المدى للوقاية.

■ لينّارت موكي: من معهد غلاستون للأمراض العصبية، جامعة كاليفورنيا، سان فرانسيسكو، كاليفورنيا 94158، الولايات المتحدة الأمريكية.

مكان في الشمس

يوضح جواشيم لوثر Joachim Luther لماذا تستحق الطاقة الشمسية أن تكون المصدر الرئيسي للطاقة في مستقبل معطاء.

جواشيم لوثر: هو رئيس معهد أبحاث الطاقة الشمسية في سينغافورة (SERIS).

الكلمات المفتاحية: مصدر طاقة معطاء، مفهوم المعطائية، مصادر الطاقة المتجددة، محطات الطاقة الحرارية–الشمسية، منشآت فوتوفلطية، نقل الطاقة، تقانات رقائق السليكون، خلايا شمسية متعددة الوصلات، التكافؤ في الشبكة، غلاف الأبنية (الأسطح والمظلات)، الشبكات الأنيقة.

لقد أبدى فجر القرن الجديد عن بدايةَ نموذجٍ تحولٍ في سياسة الطاقة: وذلك بالانتقال من أنظمة أساسها الوقود الأحفوري نحو مصدرٍ معطاء للطاقة. وأساس هذا التحول كان وفق تطور العلم على مدى العقود القليلة الأخيرة. إن تغيرات المناخ الأرضي من أسباب صنعها الإنسان –وأولها إصدار غازات الدفيئة إلى الجو– ستنتجٌ عنها احتمالات وقوع كوارث على نطاق العالم يصعب السيطرة عليها إذا لم تتغير جذرياً طرق إنتاج الطاقة المتبعة في هذه الأيام. وفي كل الأحوال نحن نعلم أيضاً أن الانتقال من التزود بالطاقة الجاري إلى نظامٍ معطاءٍ أو مستمر sustainable ممكنٌ تقنياً واقتصادياً.

إن الاستمرارية تعبيرٌ يستخدم خارج حدوده وقد أضاع تقريباً معناه المفيد. وعلى كل، فإن هذا المفهوم، كما يُعرّفهُ مؤتمر الأمم المتحدة حول البيئة والتطور الذي عقد في ريو دوجانيرو في 1992، هو دليلٌ أحكمت كلماته ويعد دليلاً نافعاً على تقدم الحضارة الإنسانية. ووفق هذا المفهوم فإن صنع القرار وعملية التنفيذ يجب أن تدفع تطوراً قابلاً للاستمرار بيئياً واقتصادياً واجتماعيّاً، ويجب أن يأخذ في الاعتبار حاجات الأجيال المستقبلية ويجب أن يكون التذّمر المستقبلي من نظام الطاقة قائماً بشكل أساسي على الاستخدام الكُفُؤ للطاقة، "وعلى استدامة" استخدام مصادر الطاقة المتجددة.

وكما يبدو لي فإن طاقة (الانشطار) النووي كما تطبق اليوم غير قابلة للمداومة اجتماعياً وليست قابلة للاستمرار طالما بقي خطر انتشار السلاح مسألة دون حل. وأبعد من ذلك فإن معضلة خزن النفايات الطويلة العمر إلى مدةٍ طويلة جداً ما زالت دون حلٍ آمن

■ نُشر هذا المقال في مجلة physics world, Vol 22, 11 November 2009، ترجمة د. مصطفى حموليلا ، عضو هيئة التحرير.

وموثوق. إن معطائية الجيل الثاني من محطات الطاقة النووية– الاندماجية مازالت إلى حدٍ كبير غير معروفة وخصوصاً من ناحية إعادة دورة وعاء احتواء النشاط الإشعاعي ومن ناحية دورة الوقود. وفي كل الأحوال إن مثل هذه المحطات لن تكون متاحة قبل منتصف هذا القرن.

من الأهمية المبدئية تطبيق المعطائية القابلة للاستمرار دون حلول وسط لاستخدام مصادر الطاقة المتجددة، وهذا يتطلب بالطبع عنايةً معتبرة مع تقييم مختَلفِ الجوانب البيئية والاجتماعية. فهناك على سبيل المثال، مَشكلات تتعلق باستخدام الأرض –التنافس بين إنتاج الغذاء ومزارع الطاقة– والمسائل المتعلقة باستخدام المواد المؤذية في صناعة التقانات الحديثة –مثل استخدام الكادميوم، المادة السامة، في بعض الأغشية الرقيقة لتقانات الخلايا الشمسية (كبديل للخلايا الشمسية السليكونية التي تشكل أكثر من 90% من سوق الخلايا الشمسية اليوم). إن هذه المشاكل وإلى جانبها مشاكل أخرى عديدة تتعلق بالجدوى الاقتصادية، وبالتنوع الحيوي وبإعادة الدورة يجب أن تفحص بجد وعناية.

وعلى كل حال فإن مثل هذه الدراسات تُظهر أيضاً أن مصادر الطاقة المتجددة تُخفي عطاءات كافية عالية كامنة للمستقبل (حتى ولو زادت طلبات الطاقة الأرضية بشكل كبير). فطاقة الرياح وأنظمة الكتلة البيولوجية لها إمكانية عطاء كبير ولكنه محدود. ومصادر الطاقة مثل القدرة المائية والقدرة الجيولوجية الحرارية، وأمواج المحيطات وكذلك التيارات المحيطية ستسهم أيضاً في نظام تزويد الطاقة المعطاءة المستدامة. وبالطبع لدينا أيضاً مصدر للطاقة يمكن أن يتوسع عملياً دون حدود: هو مصدر الطاقة الشمسية.

متاح للجميع

للطاقة الشمسية ميزات متعددة. فهي متوفرة تقريباً في كل مكان على الأرض، ويمكن أن تتحول إلى كهرباء، وحرارة وطاقة للنقل.

يختلف المعدل السنوي لتشعيع الأرض بالشمس بعامل قدرهُ اثنان أو أقل بين المناطق التي يسكنها آدميون بمقدارٍ جوهري. فمثلاً إن الاختلاف السنوي في دخل الطاقة الشمسية ما بين الجزائر وهامبرغ هو 1.8، وبعبارة أخرى، على فرض أن سعر الكهرباء الشمسية يتناسب عكساً مع الدخل الطاقي (الذي هو حالة الخلايا الشمسية ولكن ليس حال محطات الطاقة "الشمسية الحرارية" التي تستخدم المرايا لتبئير الضوء على حجم كبير من السائل الساخن). وتختلف أسعار الكهرباء الفوتوفلطية بأقل من 100% ما بين هاتين المدينتين والتغير السنوي للطاقة الشمسية هو، بالطبع، السبب الأكبر

يجب إدخاله في الحساب: في كثير من البلدان الصناعية، يمكن أن يُحصَّل حتى 50% من طلبات الطاقة الشمسية المستقبلية من المساحات المدنية من دمج الألواح الشمسية على الأبنية وغيرها من البنى التحتية، كما قد تم هنا .

على خطوط العرض الأعلى حيث تتغير كمية أشعة الشمس بمقدار أكبر بكثير منها في المناطق الاستوائية.

إن الإشعاع الشمسي شكل من الطاقة العالية التبديد مع كثافة طاقية فضائية متوسطة قدرها 100-200 Wm^{-2} واط على المتر المربع في المناطق العالية الكثافة السكانية (وللمقارنة فإن كثافة الطاقة من المحطات التي توقد الفحم هي تقريباً 10 000 Wm^{-2}). ومن ثمَّ فإن حصاد الطاقة الشمسية يتطلب استخدام تقانات ذات مساحات كبيرة. ومن حسن الحظ فإن معظم التقانات الشمسية زُجليّة (مؤلفة من وحدات) إلى حد كبير. إذ يمكن تطبيقها على أسطحة الأبنية وعلى الواجهات وعلى مظلات ساحات وقوف السيارات. وفي كثير من البلدان الصناعية فإن ما يقرب من 50% من طلبات الطاقة المستقبلية يمكن أن يحصد من المساحات المشغولة مسبقاً بالأبنية وغيرها من البنى التحتية. ويمكن أن يأتي دخل الطاقة الشمسية المتبقية من الأنظمة المقامة على الأرض.

تركيز الانتباه: محطة الطاقة الحرارية الشمسية PS10 قرب سيفيل في أسبانيا.

إن كثيراً من الصحاري والأراضي نصف القاحلة ملائمة أيضاً لتوليد الكهرباء الشمسية على نطاق واسع. والتقانات الجاري استخدامها هي محطات الطاقة الشمسية–الحرارية ومحطات الفوتوفلطية. ولمحطات الطاقة الشمسية–الحرارية من بين هذه التقانات ميزة أن نظام خزن الطاقة–

الحرارية يمكن أن يتكامل إلى منشآت (محطات) يمكن بها توليد الكهرباء الشمسية حتى في أثناء الليل. ويمكن بعدئذ نقل الكهرباء إلى مناطق صناعية عبر التوتر العالي المستمر via high voltage DC transmission (وفي المستقبل، ستكون الكبلات الفائقة الناقلية والعالية درجة الحرارة بديلاً محتملاً). إن مثل هذه المشاريع هي حالياً قيد البحث في آسيا، وفي جنوب شرق آسيا/أستراليا وفي إفريقيا الشمالية/أوربا. وأكثر المبادرات تقدماً بين هذه المبادرات هي المبادرة الصناعية الصحراوية DESERTEC industrial initiative التي تخطط لبناء شبكة كهربائية عالية القدرة تربط مدن البحر المتوسط وأواسط أوربا. وستغذي هذه الشبكة محطات الكهرباء–الشمسية من القياس الكبير المقامة في المساحات القاحلة شمال أفريقيا. ويمكن أن يؤدي هذا المشروع إلى تزايد البلدان المكهربة في شمال أفريقيا وتصدير معتبر للطاقة الكهربائية الشمسية من هذه البلدان إلى أوربا.

التقانة الشمسية

هناك تشكيلة من التقانات التي تُحوِّل الطاقة الشمسية تستخدم لتوليد الكهرباء والطاقة من أجل أنظمة التسخين والتبريد، وتزويد القدرة اللازمة للنقل. فالكهرباء تنتج من خلال (الخلايا الشمسية) الفوتوفلطية وكذلك من خلال محطات الطاقة الحرارية الشمسية. وتزود طاقة التسخين بواسطة المجمعات الحرارية الشمسية (ماصات الأشعة الشمسية التي تسخن السوائل مثل الماء بل وتسخن حتى الهواء). وتكييف الهواء (التبريد) يمكن أيضاً أن يزود بالطاقة الكهربائية الشمسية؛ في المستقبل، سيتحول التسخين الشمسي إلى برودة بواسطة عمليات ترموديناميكية جديدة. والنقل المزود بالقدرة الشمسية يمكن أن يتحقق باستخدام الكهرباء الشمسية المخزونة في بطاريات أو باستخدام الوقود المشتق من الطاقة الشمسية (مثل الهدروجين). وإن تطبيقات هذه التقانات الشمسية على مقياس واسع يمكن أن يغطي معظم طلباتنا المستقبلية للطاقة.

من بين كافة التقانات التي تحول مصادر الطاقة المتجددة إلى طاقة نافعة تقنياً، ستكون التقانة الفوتوفلطية (PV) هي الأكثر أهمية. فالفوتوفلطية يمكن أن تطبق تقريباً في كل مكان على الأرض؛ فهذه التقانة تتكيف بدرجة عالية ولا تستخدم أية أجزاء متحركة لتحويل الطاقة؛ ويمكن أن تنتج جُزلاتها (وحداتها الإنشائية) بطريقة مقبولة بيئياً. فنحو 90% من سوق PV السنوي (6000 MW في العام 2008) تقوم على تقانات رقاقات السليكون. والعمر التقني لمثل هذه المنشآت الفوتوفلطية أطول من 20 عاماً وزمن استعادة كلفة الطاقة في أنظمة PV في أوربا الجنوبية هو أقل من عامين اثنين. وفي خلال العقد الأخير كانت معدلات النمو الوسطي لسوق الـ PV تتجاوز 30% في السنة.

وتبزغ الآن تقانات فوتوفلطية جديدة. وعلى وجه الخصوص تقانات الأفلام الرقيقة والأنظمة التركيزية الفوتوفلطية (التي تستخدم المركزات الضوئية والخلايا الشمسية المتعددة الوصلات multi junction solar cells القائمة على أنصاف النواقل التي تصنع من المركبات III-V، كالتي تستخدم في الخلايا الشمسية المركّبة على السواتل). وأكثر من ذلك تُبحث الآن مفهومات جديدة لتحويل الطاقة الفوتوفلطية في المختبرات وفي خطوط الإنتاج الصناعية الرائدة، بما في ذلك الخلايا العضوية والخلايا الشمسية ذات البنية النانوية.

وبالرغم من أن "الوقود" من أجل تحويل الطاقة الفوتوفلطية متاح للجميع فإن مردود تحويل الطاقة بأنظمة PV له أهميته من ناحية قابلية التطبيق الاقتصادية، والمتطلبات المكانية للتجهيزات (الهامة على وجه الخصوص في المناطق المأهولة على نحو مفرط). إن مردودات أنظمة PV الحالية على وجه العموم تمتد من 5% (للسيليكون اللابلوري) ومن 13% (لرقائق السليكون) وحتى 23% (للتجهيزات الرائدة التي تستخدم التركيز الضوئي لضوء الشمس). وما زال هناك متسع كبير للتحسين.

توفير التكاليف

إن الفوتوفلطية هي تقانة مُثْبتة وناشطة ولكن ما يعيق تقدمها بشكل رئيسي هي التكلفة. وفي الواقع فإن جعلها أقل تكلفة وذات وثوقية يعول عليها وذات نمو مطرد في السوق بالتضافر مع الأبحاث العلمية لذو أهمية قصوى. وعلى سبيل المثال، فإن بعض البلدان الصناعية باشرت استراتيجية تنمية سوق الـ PV. ومن الأمثلة الناجحة جداً عن هذه الاستراتيجية "تعرفة التغذية" feed-in tariff: فعندما تُغذى الشبكة بكهرباء PV فإن السعر الذي يُدفع من مرفق الكهرباء العام إلى مالك نظام PV يكون أعلى مما يجب أن يدفعه المستهلك للشركة المزودة بالكهرباء. والفرق في السعر ما بين المبيع والشراء لا تدعمه أو تعوضه الحكومة بل يوزع على كافة عملاء الكهرباء. إن سعر المبيع الأعلى بموجب مخطط "تعرفة التغذية" مضمون على العموم لمدة عشرين عاماً، الشيء الذي يجعل من السهل تمويل أنظمة PV من خلال الاعتمادات المصرفية. لوضع حد زمني لهذا المخطط، وإنماء التحسينات التقنية تُخفض تعرفة التغذية عاماً بعد عام. وقد خفض هذا الإجراء تكلفة كهرباء PV بنحو مرتبة من قيمتها في العقد الأخير.

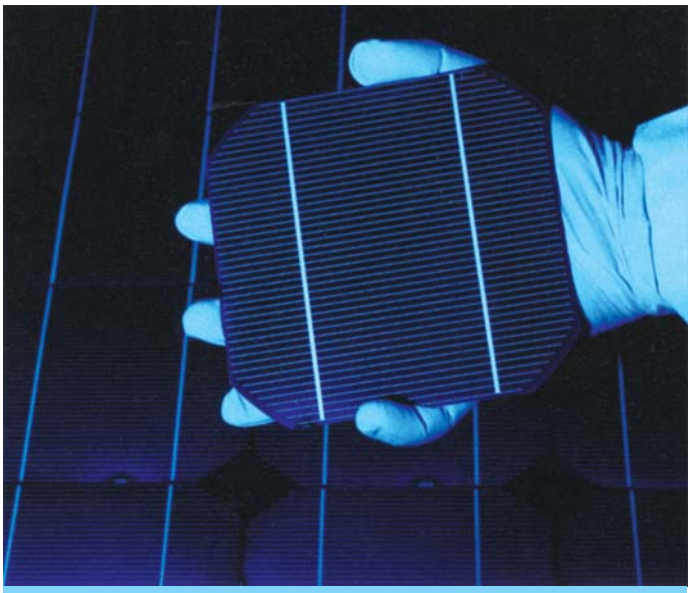
ويجب أن يأتي الانخفاض المتوقع في السعر من "تكافؤ الشبكة" grid parity –الذي يحدث عندما يصبح سعر الكهرباء الشمسية

مساوياً لسعر الكهرباء غير المتجددة– وذلك من أجل الكهرباء الفوتوفلطية في السنوات القليلة القادمة، كما هو الحال في بلدانٍ متعددة من أوربا الجنوبية. وقد بينت التحليلات المفصلة في برنامج الاتحاد الأوربي لتقانة PV أن تخفيضات السعر اللاحقة متوقعة من خلال المردود الأعلى لتحويل الطاقة، وانخفاض استهلاك المواد، واستعمال مواد منخفضة السعر، واستمثال التصنيع ويمكن أيضاً من إدخال مفهومات جديدة لتحويل الطاقة الفوتوفلطية، مثل إدخال الخلايا الشمسية النانوية البنية والعضوية (البلاستيكية).

إن الاستخدام الفعال/الكُفُؤ للطاقة هو أساس لا غنى عنه في نظام الطاقة العالمي (القابل للاستمرار). وعلى سبيل المثال، إن استعمال النوافذ الشمسية المستمثلة solar-optimized windows، والمجمعات الشمسية–الحرارية، والألواح الفوتوفلطية وكذلك العزل الحراري الممتاز أمور تحسّن مردود الطاقة لمغلفات الأبنية (الأسطح والمظلات). إن الأنظمة الجديدة للتسخين، وتكييف الهواء، وربما، خزن الطاقة سيقود إلى انخفاض أبعد في طلب الطاقة. إن أبنية المستقبل المصممة طبقاً لمثل هذه المفاهيم يمكن أن تكون طلباتها من الطاقة الخارجية أقل وسطياً بأكثر من 10 مرات من طلبات أبنية هذه الأيام.

في نظام الطاقة المعطاء (القابل للاستمرار) المستقبلي، ستكون الكهرباء الشكل الأكثر أهمية في تجارة الطاقة وتوزيعها إلى حد بعيد. والأسباب الرئيسية هي الانخفاض الكبير في طلب الوقود الخارجي من قبل الأبنية الكُفُؤة شمسياً وطاقياً، وكذلك الأهمية المتزايدة للنقل المزود بالكهرباء، إضافة إلى الإسهام الكبير للكهرباء الشمسية وكهرباء الرياح.

إن مثل نظام تزويد الكهرباء هذا سيكون مبنياً على مفهوم "الشبكات الأنيقة" smart grids التي تدمج تقانة المعلومات الرقمية كي تحصل على التوزيع الأمثل في توليد الطاقة، واستخدامها والطرائق المبتكرة لخزن الطاقة. فالشبكات الكبيرة المساحة جداً –التي تغطي قارة واحدة أو أكثر ستسوي إلى حد كبير التغيرات التي لا يمكن التنبؤ بها في توزيع الطاقة المولدة، وكذلك، جزئياً، التغيرات السنوية والفصلية في تزويد الكهرباء من المصادر المتجددة. وأكثر من ذلك، فإن إدارة الحمل على الشبكة بالتقانات الأنيقة سيضارع إلى حد كبير التزويد بالكهرباء والطلب. أما خزن الطاقة المتوزعة في الأحمال (مثل الخزن في أنظمة التبريد) فسيسهل توفيق الأحمال. وأي توازن سلبي متبقٍ في نظام التزويد بالكهرباء يمكن أن يتم تجاوزه بخزن



تثبيت الأسعار: إن الخلايا الشمسية ذات الرقائق السليكونية هي ذات مردود جيد نسبياً إلا أنها حتى اليوم غالية التصنيع نسبياً. والهدف هو أن تصبح الكهرباء الفوتوفلطية رخيصة كما هي من المصادر غير المتجددة.

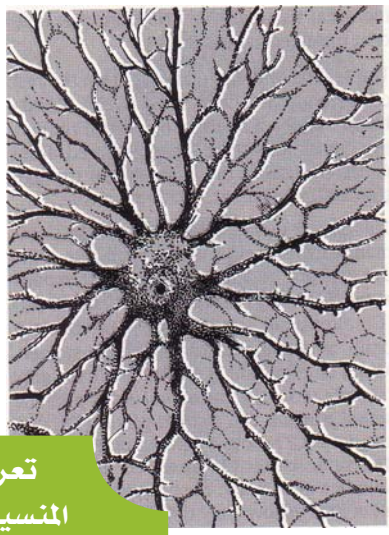
الطاقة من المصادر المتجددة (مثلاً على هيئة هدروجين) ومن خلال استمرار استخدام الوقود الأحفوري، نظراً لأن مقداراً محدوداً من إصدارات ثنائي أكسيد الكربون جراء إنتاج الكهرباء هذا يمكن أن يمتص في مياه المحيطات.

إن نظام تحويل الطاقة الحالي إلى نظام مستدام سيتطلب، طبعاً، استثمارات مالية أساسية، فمثلاً، بينت دراسة مطولة للحكومة الألمانية في 2003 أن هذه ستشكل تقريباً 2% من الميزانية الكلية خلال هذا القرن. إن هذا الاستثمار هائل! ولكنه استثمار يجب أن يُتبع لأن البديل –نظام الطاقة غير القابل للاستدامة– سينتج تبعاتٍ غير مقبولة (وتكاليف مجتمعية أعلى كثيراً).

في نظام الطاقة المستدامة المستقبلي ستكون الكهرباء الشكل الأكثر أهمية في تجارة الطاقة وتوزيعها.

إن فوائد نظام الطاقة المعطاء واضحة: حماية نظام دعم الحياة الطبيعي، اجتثاث فقر الطاقة في البلدان النامية، ترويج السلام بخفض الاعتماد على مصادر الطاقة المتركزة إقليمياً، زيادة أمن التزود بالطاقة. وإن الإرادة السياسية والمخطط المالي الشامل الملائم مطلوبان لتحويل نظام التزود بالطاقة المعمول به اليوم إلى نظام معطاء.

المادة العاتمة في دماغك



تعرف على الـ 90 بالمئة المنسية من دماغك: ألا وهي الخلايا الدبقية الغامضة، والتي يفوق عددها عدد العصبونات بنسبة عشرة إلى واحد.

الكاتب كارل زيمر Carl zimmer:

كاتب علمي معتمد في مجلة ديسكفر متخصص في الشؤون العصبية والعقلية.

نستعمل بعضاً من الكلمات الشائعة وهي في حقيقة الأمر أخطاء من الصعب زحزحتها من الأذهان. فكلمة إنفلونزا اشتقت من كلمة إيطالية تعني "التأثير influence" – وهو إشارة إلى ما كان يعتقد في يوم من الأيام أن للنجوم تأثيراً على صحة بني البشر. أما المستكشفون الأوربيون الذين انطلقوا بحثاً عن طريق بديل للوصول إلى الهند فقد انتهى بهم المطاف إلى العالم الجديد فأطلقوا دون أن يدركوا حقيقة الأمر على سكانه اسم الهنود (indios or Indians). كما أن علماء الأعصاب من جانبهم يستعملون إحدى الكلمات الخاطئة والراسخة، وهي خطأ فاضح يدعو إلى العجب. في منتصف القرن الثامن عشر اكتشف الباحثون خلايا في الدماغ لا تشبه العصبونات neurons (والتي يفترض أنها العناصر المؤثرة في الدماغ) وأطلقوا عليها اسم الدبق glia، وهي الكلمة الإغريقية التي تعني "الدبق glue". وعلى الرغم من أن الدماغ يحوي قرابة تريليون خلية دبقية وهو عدد يساوي عشرة أضعاف عدد العصبونات فقد افتُرض أن تلك الخلايا ليست أكثر من نظام داعم ينفعل بالأحداث التي تجري حوله. أما اليوم فإننا نعرف أن تلك التسمية ليست إلا مجرد كلمة خاطئة.

في الواقع تنهمك الخلايا الدبقية بأداء العديد من المهمات، فتوجه عملية التطور الدماغي وتسرمدها إلى نهاية العمر. كما أن الخلايا الدبقية تصغي بحرص بالغ لما تقوله الخلايا المجاورة لها وتتحدث مع بعضها بعضاً هي الأخرى بلغة كيميائية. صحيح أن العلماء لم يفكوا مغاليق تلك اللغة بعد، لكن الخبراء يقترحون أن تدخل في عداد المحادثة العصبية التي تأخذ حيزاً لها عندما نكتسب إحدى المهارات أو نشكل ذكريات جديدة.

في حال ثبت فعلاً أن الخلايا الدبقية المسماة الخلايا النجمية astrocytes تعالج المعلومات، فسيكون ذلك بمنزلة زيادة كبيرة تضاف للقدرة الحاسوبية للدماغ.

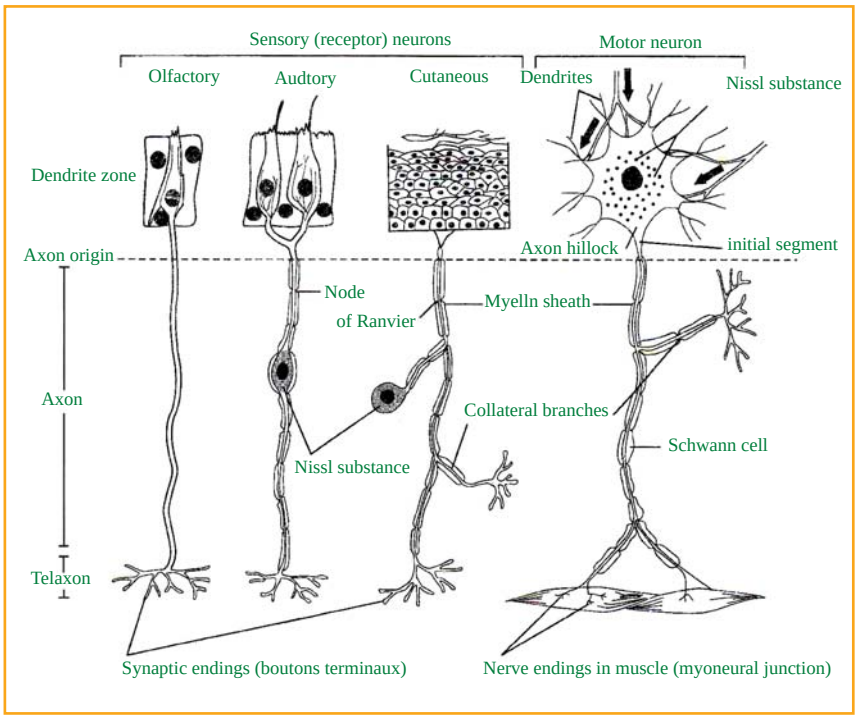
إن الملام في ذلك التصور الخاطئ عن الخلايا الدبقية هي الكهرباء. في القرن الثامن عشر اكتشف الفيزيائي لويجي غالفاني Luigi Galvani أنه عندما تلامس قطعة معدنية مكهربة عصباً مكشوفاً لساق ضفدع، فإن الساق ترتعش. تابع غالفاني وآخرون بحوثهم حتى تبين لهم أن نبضة كهربائية خفيفة الشدة تسري عبر جسم معدني لتصل إلى العصب هي المسؤولة عما جرى. بالنسبة إلى

---

① **التأثير influence**: عبارة عن سائل من الأثير اعتقد القدماء أنه يفيض من النجوم ويمارس تأثيراً على حياة الناس ومصائرهم.

② **العصبون neuron**: هو الوحدة البنيوية في الجملة العصبية ويتألف من جسم الخلية واستطالاتها. تصنف العصبونات حسب عدد استطالاتها فهناك العصبونات ذات القطب الكاذب والعصبونات ثنائية القطب والعصبونات متعددة الأقطاب. يصل العدد التقريبي للعصبونات في الدماغ حوالي 10^{11}.

نُشر هذا المقال في مجلة Discover, Vol 30, September 2009، ترجمة د. ابراهيم حاج باكير.



أنماط الخلايا العصبية (العصبونات neurons):

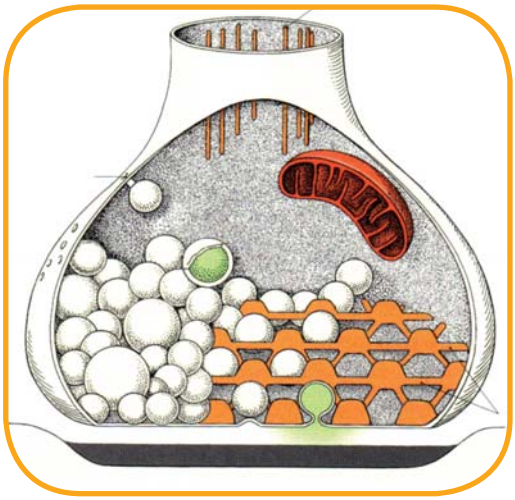
ثمة نمطان رئيسيان: عصبونات حسية (مستقبلة)، وعصبونات حركية.

وتصنف حسب عدد الاستطالات إلى: عصبونات ذات القطب الكاذب، عصبونات ثنائية القطب، وعصبونات متعددة الأقطاب.

فيزيائيي وفلاسفة الألفية الثانية فقد سعوا إلى العثور على" أرواح الحيوانات" التي تمنح الحركة للجسد، ولقد اكتشف غالفاني تلك القوة المحركة: إنها المادة التي يتشكل منها البرق lightning.

على مدى القرنين اللاحقين اكتسب العلماء فهماً أكثر وضوحاً عن كيفية عمل تلك الإشارات signals. فعندما يتنبه أحد الفروع الموجود عند إحدى نهايات خلية عصبية أو عصبون، تنطلق نبضة كهربائية باتجاه الجسم الرئيسي للخلية. وقد تقوم الفروع الأخرى بإرسال نبضات مستقلة في نفس الوقت. ينقل الجسم الرئيسي للعصبون هذه النبضات إلى طرف ممتد إلى الخارج أو المحور axon، الذي ينشطر إلى العديد من الفروع، التي تلامس العصبونات الأخرى. تدعى الفضوة الضئيلة بين خليتين عصبيتين باسم الشق (أو الفلح) المشبكي synaptic cleft. يقوم العصبون المرسل للإشارة بضخ المواد الكيميائية إلى ذلك الفراغ ليلتقط العصبون المستقبل للإشارة بعضاً من تلك المواد، فيقدح شرارة نبضة كهربائية جديدة.

تشترك جميع العصبونات بسمات متميزة محددة: فكلها تتصف بوجود محاور ومشابك ومقدرة على إطلاق إشارات كهربائية. غير أن العلماء عندما تفحصوا عينات صغيرة من النسيج الدماغي من خلال مجاهرهم قابلوا خلايا أخرى لا تتوافق مع النموذج العام. وعندما أرسلوا إليها الكهرباء من خلال المساري فلم تحدث تلك الخلايا أي طقطقة جراء النبضات الكهربائية الواصلة إليها. وإذا كانت الكهرباء هي لغة العمليات الفكرية فإذاً ستوصم تلك الخلايا بالخرس. ابتدع الألماني المختص بالتشريح المرضي رودولف فيرشو Rudolf Virchow اسم الدبق عام 1865، وللأسف فقد اعتبرت هذه الخلايا طوال قرن من الزمان مجرد خلايا مقيمة في الدماغ تتأثر بالأحداث ولا كلمة لها.



الشق المشبكي (synaptic):

ويبدو أحد الأزرار الانتهائية، المتفرع عن محور أحد العصبونات وقد أزيل الغشاء الذي يضم محتوياته من حويصلات كيميائية وغيرها، يكاد يلامس الغشاء الخلوي للعصبون الآخر.

③تسمى الفروع التي ينتهي بها المحور نهايات مشبكية synaptic endings أو أزرار انتهائية boutons terminaux. راجع الشكل ص 2.

على الأقل اعتقدت قلة من العلماء أن هذا الحكم ربما يكون افتراضاً متسرعاً. في عام 1906 حاز سانتياغو رامون ي كاجال Santiago Ramon y Cajal – وهو من علماء الأعصاب الرواد – على جائزة نوبل عن الإنجاز الذي صار يعرف باسم المبدأ العصبوني neuron doctrine، وهو نظرية تفيد أن العصبونات هي الوحدات الأساسية في الدماغ. إلا أن رامون ي كاجال لم يعتقد أن الدبق يقتصر عمله في الدماغ على أداء دور اللاصق وبدلاً من ذلك فإنه رأى فيه لغزاً لم يحل بعد. وكما جاء في كتاباته فإنه لغز "ربما يبقى دون حل لسنوات عديدة قادمة حتى يتوفر بين أيدي علماء الفيزيولوجيا وسائل مباشرة تمكنهم من استهدافه."

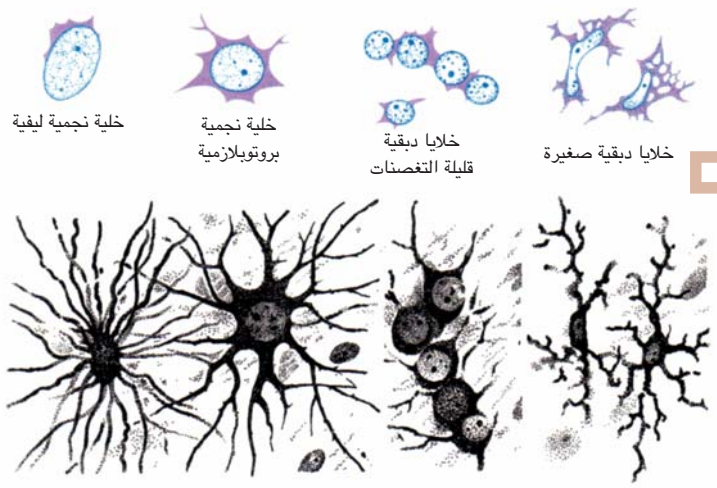
أميط اللثام حالياً عن جزء من حل اللغز. فمن المعروف لدى علماء الأحياء أن الخلايا الدبقية تتخذ العديد من الأشكال. يقوم أحد الأنواع وهو الخلايا الدبقية الشعاعية radial glia بلعب دور سقالة في دماغ الجنين، فتعترش (تتسلق) العصبونات هذه الخلايا التي تشبه الأعمدة لتصل إلى مستقرها الأخير. يشكل نوع آخر من الخلايا الدبقية والتي تدعى الخلايا الدبقية الصغيرة microglial النظام المناعي في الدماغ إذ تجوس الغابة العصبية بحثاً عن رفات الخلايا الميتة أو بقايا الخلايا المعطوبة. ثمة صنف ثالث من الخلايا الدبقية يدعى خلايا شوان Schwann cells والخلايا قليلة التغصنات oligodendrocytes تؤدي دور الغمد العازل حول العصبونات فتحول دون تبعثر إشاراتها الكهربائية.

غير أن العلماء كلما أجروا المزيد من الاستقصاءات على الخلايا الدبقية عثروا على مهمات إضافية تؤديها هذه الخلايا. إذ لا يقتصر عمل الخلايا الدبقية الصغيرة على المحافظة على نظافة البيئة الدماغية: فهي تزيل الفروع الزائدة من العصبونات لتوفر مجالاً للتناغم الدقيق أمام اتصالاتها الناشئة. كما أن الخلايا قليلة التغصنات وخلايا شوان لا تكتفي بتأدية دور الخلايا العازلة وإنما أيضاً تتعهد المشابك المتكونة حديثاً بين العصبونات.

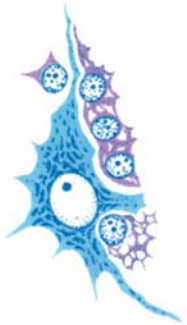
وحالما تنتهي الخلايا الدبقية الشعاعية من مساعدة العصبونات في الانتشار في الدماغ الآخذ بالتطور، فإنها لا تموت وإنما تتحول إلى نوع آخر من الخلايا الدبقية هي الخلايا النجمية astrocytes.

تشكل الخلايا النجمية – سميت بهذا الاسم لوجود الأشعة التي تمتد في كافة الاتجاهات فتعطيها مظهر النجم – النسبة العظمى من بين جميع الخلايا الدبقية وبالتالي فهي أغزر الخلايا الدماغية على الإطلاق. كما أنها الخلايا الأكثر غموضاً. يمكن لخلية نجمية مفردة أن تلتف بأشعتها حول أكثر من مليون مشبك. كما أن الخلايا النجمية تستطيع أن تلتحم مع بعضها بعضاً لتشكيل أقنية تتحرك من خلالها الجزيئات ذهاباً وإياباً بين الخلايا.

أنماط الخلايا الدبقية:



A صور متكافئة للدبق العصبي (الخلية في الصف العلوي هي نفسها في الصف السفلي وإنما تتباينان في طريقة التلوين): الصف الأعلى ملونة بصبغة نيلسون، الصف السفلي مشربة بالفضة.



B خلايا دبقية قليلة التغصنات تحيط كالأقمار بخلية عصبية.

C خلية نجمية في مزرعة نسيجية.

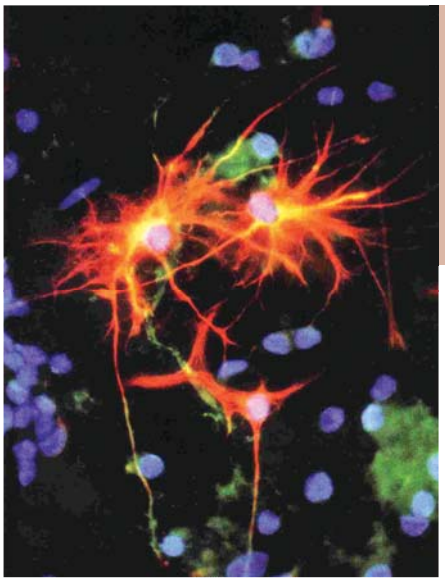
مراجعة سريعة

الدبق أو الدباق العصبي أو الخلايا الدبقية glia or neuroglia or glial cells: عبارة عن النسيج الداعم والواقي في الجملة العصبية المركزية ويقوم بجميع وظائف النسيج الضام connective tissue من دعم وتبادل استقلابي وفي الحالات المرضية يقوم بابتلاع الخلايا المتنكسة (عن طريق البلعمة الخلوية phagocytosis) وتشكيل الندوب.

أنواع الخلايا الدبقية:

- **الخلايا الدبقية الكبيرة macroglia** وتضم كلاً من الخلايا النجمية astrocytes والخلايا قليلة التغصنات oligodendrocytes.
- **الخلايا النجمية astrocytes تقوم بالوظائف التالية:**
  1. ترسل استطالا تقدمية تغلف الغشاء القاعدي للشعيرات الدموية والعصبونات والمشابك.
  2. تشكل الأغشية الدبقية المحددة الخارجية والداخلية للجملة العصبية المركزية.
  3. تؤدي دوراً في استقلاب نواقل عصبية محددة (مثلاً غاما أمينو بوتيريك أسيد GABA، سيروتونين، غلوتامات.)
  4. تحافظ على تركيز البوتاسيوم في الحيز خارج الخلوي.
  5. تشكل ندوباً دبقية في المناطق المتأذية من الدماغ.
  6. تحوي البروتين الحمضي الليفي الدبقي GFAP الذي يعد واسماً للخلايا النجمية.
  7. تحوي الإنزيم الصانع للغلوتامين وهو واسم حيوي آخر للخلايا النجمية.
  8. يمكن التعرف عليها من خلال الأضداد وحيدة النسيلة (مثلاً A_2B_5).
- **الخلايا الدبقية قليلة التغصنات oligodendrocytes** وهي الخلايا المشكلة للنخاعين في الجملة العصبية المركزية. تستطيع خلية قليلة التغصنات واحدة أن تصنع نخاعيناً يكفي 30 محوراً.
- **الخلايا الدبقية الصغيرة microglia** تنشأ من الخلايا الوحيدة وتلعب دور الخلايا الكانسة (الخلايا المبلعمة phagocytes) في الجملة العصبية المركزية.
- **الخلايا البطانية ependymal cells** هي خلايا مهدبة ترسم حدود القناة المركزية والبطينات في الدماغ. كما أنها تحدد الوجه اللمعي للضفيرة المشيمية. تنتج هذه الخلايا السائل الدماغي الشوكي.
- **الخلايا السفعية tanycytes** هي خلايا بطانية معدلة تتصل مع الشعيرات والعصبونات. وتتواسط النقل الخلوي ما بين البطينات والتشبك العصبي.
- **خلايا شوان Schwann cells** تشتق من العرف العصبي. وهي خلايا مكونة للنخاعين في الجملة العصبية المحيطية. يمكن لخلية شوان واحدة أن تغمد مسافة فاصلة بين العقد واحدة فقط. تغلف خلايا شوان كافة المحاور المغمدة بالنخاعين وغير المغمدة وتنفصل عن بعضها البعض من خلال عقد رانفيه nodes of Ranvier.

من خلال هذه الاتصالات تتبوأ الخلايا النجمية مكانة عظيمة تجعلها تؤثر على مجريات الأحداث في الدماغ. كما أنها تحوي



خلايا دبقية مأخوذة من جرذ مكبرة 400 مرة تطوق العصبونات المحيطة وتضخ فيها الحيوية والنشاط.

مستقبلات يمكنها أن تلتقط مختلف النواقل العصبية neurotransmitters ما يعني أنها ربما تسترق السمع لما يدور من أحاديث حولها. ومع ذلك فإن علماء الأعصاب وخلال ردح طويل من الزمن لم يتمكنوا من العثور على أية إشارة تدل على أن الخلايا النجمية تستجيب فعلاً للإشارات القادمة من الخارج. وأخيراً في عام 1990 اكتشفت عالمة الأعصاب آن كورنيل – بيل Ann Cornell-Bell في ييل Yale ما بدا أنه حل للغز. فلقد ثبت أخيراً أن الخلايا النجمية، كما هي حال العصبونات، يمكن أن تستجيب للنواقل العصبية، لكن بدلاً من أن ترسل تياراً كهربائياً فإنها تنتج موجات من ذرات الكالسيوم المشحونة.

أما مصدر الكالسيوم فهو حويصلات صغيرة محكمة الإغلاق مبعثرة عبر الخلايا النجمية. عندما تثار الخلية النجمية فإنها تمزق حويصلات الكالسيوم الموجودة في أول استطالة شعاعية تحسست لوجود النواقل العصبية ما يؤدي إلى إطلاق شرارة انفتاح بقية الحويصلات الأخرى المنتشرة في الخلية. ومن ثم تعيد الخلايا النجمية تخزين الكالسيوم في حويصلاتها وما ذلك إلا لتحررها مرة ثانية متى تنبهت لاحقاً. وجدت كورنل – بيل أن مثل تلك الموجة من الفعالية التي بدأت في إحدى الخلايا النجمية بإمكانها الانتشار إلى الخلايا النجمية الأخرى. كما اكتشفت عدة فرق بحثية أن الخلايا النجمية ذاتها تحرر نواقل عصبية قوية التأثير. فهي تستطيع إنتاج غلوتامات glutamate (الذي يحرض العصبونات لتصبح أكثر قابلية للاستجابة لأية إشارة قادمة من عصبون آخر) وأدينوزين adenosine (الذي يخفف من حساسية العصبون).

④**الناقل العصبي neurotransmitter**: هو وسيط كيماوي خاص يتحرر من النهايات العصبية ليتواسط النقل بين الخلايا العصبية والأعضاء الهدفية، هذا التحرر يعتمد على قنص الكالسيوم ويتنظم بواسطة فسفرة البروتين المشبكي. تنتشر النواقل العصبية بعد تحررها بسرعة عبر الفجوة المشبكية الواقعة بين النهايات العصبية لتتحد مع مستقبلات خاصة بعد مشبكية موجودة على الخلايا الهدفية.

⑤غلوتامات glutamate: هو الناقل العصبي المنشط الرئيسي في الدماغ.

تعد هذه الاكتشافات بالنسبة لبعض علماء الأعصاب قطعاً من اللغز تتوافق رويداً رويداً مع بعضها لتشكل صورة جديدة للدماغ تبعث على الذهول. القطعة الأولى: يمكن للخلايا النجمية أن تتأثر بالإشارات الواردة. القطعة الثانية: تستجيب الخلايا النجمية من خلال موجات الكالسيوم. القطعة الثالثة: بوسع الخلايا النجمية تشكيل منتجات هي النواقل العصبية وربما أيضاً موجات الكالسيوم التي تنتشر إلى الخلايا النجمية الأخرى. بكلمة أخرى، فإنها تحتوي على أقل تقدير بعضاً من المستلزمات الضرورية في معالجة المعلومات كما هو حال العصبونات. قام عالم الأعصاب ألفونسو أراك Alfonso Araque من معهد كاجال في إسبانيا مع زملائه بإجراء دراسة للعثور على القطعة الرابعة. إذ وجدوا أن إشارتين محرضتين مختلفتين بإمكانهما توليد نموذجين مختلفين من موجات الكالسيوم (أي استجابتين مختلفتين) في خلية نجمية. عندما أرسل العلماء كلا الإشارتين في الوقت نفسه إلى الخلايا النجمية فلم تكن الموجات الناجمة عن الإشارتين تعادل تماماً حصيل النموذجين وإنما ولدت الخلايا النجمية نموذجاً من الاستجابة مختلفاً تماماً. وهذه العملية هي نفسها التي تقوم بها العصبونات وكذلك الحواسيب كاستجابة لنفس الوضع.

في حال كانت الخلايا النجمية تعالج المعلومات، فسيكون ذلك بمنزلة زيادة هامة تضاف للمقدرة الحاسوبية للدماغ. وفي النهاية فثمة أعداد من الخلايا النجمية في الدماغ تفوق ما يحويه من عصبونات. وكما يظن بعض العلماء فربما تجري الخلايا النجمية حساباتها الخاصة بها. وبدلاً من الترميز الرقمي digital code لشوكات جهود العمل الذي تستخدمه العصبونات، فقد يكون عمل الخلايا النجمية أكثر شبهاً بشبكة متناظرة، فتحول المعلومات إلى رموز على شكل موجات من الكالسيوم صاعدة وهابطة بشكل تدريجي. يقترح عالم الأعصاب أندرو كوب Andrew Koob في كتابه الجديد أصل الأفكار Root of Thought أن الحوارات الجارية بين الخلايا النجمية ربما تكون هي المسؤولة "عما نتمتع به من أسلوب حياتي خلاق وواسع الخيال ككائنات بشرية."

حتى فترة قريبة فإن الدراسات المجراة على الخلايا النجمية قد استقصت فقط القليل من الخلايا الموضوعة في طبق بيتري petri dish. إلا أن العلماء في الوقت الحالي يستنبطون طرقاً لمراقبة الخلايا النجمية في الحيوانات الحية ويتعلمون المزيد أيضاً عما تتمتع به الخلايا من إمكانيات. على سبيل المثال طور أكسيل نيميرجان Axel Nimmerjahn من جامعة ستانفورد مع زملائه وسيلة لنصب مجاهر على جماجم الفئران. وحتى يتمكنوا من مراقبة الخلايا النجمية حقنوا جزيئات في الفئران يمكنها التوهج عندما ترتبط مع الكالسيوم الحر. كلما حرك الفأر إحدى رجليه، يرى نيميرجان هو وزملاؤه المئات من الخلايا النجمية تتوهج دفعة واحدة، وقد تستمر التوهجات بضع ثوان.

كما أن الخلايا النجمية تؤدي دوراً حيوياً بالنسبة للمشابك. وجد عالم الأعصاب بين بيرز Ben Barres وزملاؤه من جامعة ستانفورد أن العصبونات التي ترعرعت في كنف الخلايا النجمية كونت ما يقارب 10 أضعاف عدد المشابك التي شكلتها العصبونات التي نمت بدونها، وبلغ النشاط في تلك المشابك قرابة 100 ضعف النشاط الملاحظ في مشابك العصبونات التي نمت لوحدها. طالما أن المشابك تتغير عندما نتعلم أو نكون ذكريات جديدة فلقد توقعت ماري ي. جيبس Marie E Gibbs من جامعة موناش في أستراليا أن الخلايا النجمة ربما تكون ضرورية في قدرة المرء على التعلم. للتأكد من هذه الفكرة فقد قامت هي وزملاؤها بتقديم خرزات ملونة إلى صيصان لالتقاطها. كانت الخرزات الحمر مغلفة بمادة كيميائية ذات طعم مر؛ نقرة واحدة في العادة كافية لتتعلم الصيصان ألا تلتقط أبداً خرزة حمراء. لكن عندما حقنوا الصيصان بعقار يحول دون تصنيع الخلايا النجمية لغلوتامات، تعذر على الطيور أن تتذكر ذلك المذاق الكريه وعادت تلتقط الخرزات مجدداً.

غير أن هذه التجارب على تنوعها لم تستطع أن تزحزح بعض المتشككين عن آرائهم. في حال ثبت أن موجات الكالسيوم مثلاً على ذلك القدر من الأهمية فبوسع المرء أن يتوقع أن الفأر المعدل وراثياً بحيث يفتقر إلى توليد موجات الكالسيوم سيكون فأراً بائساً. قام عالم الأعصاب كين ماك كارثي Ken McCarthy من جامعة نورث كارولينا في شابل هيل بالاشتراك مع زملائه بتعديل وراثي لفئران بحيث تنمو خلاياها النجمية وهي مصابة بعوز أحد البروتينات الأساسية الذي لا غنى عنه في فض حويصلات الكالسيوم. غير أن هذه الفئران ولسبب ما يزال غامضاً كبرت وأصبحت فئراناً لا تختلف عن مثيلاتها السوية.

ثمة أمر يثير العجب في حقيقة أننا لا ندرك إلا الشيء اليسير عن الدور الذي تؤديه النسبة العظمى من الخلايا في أدمغتنا. منذ بداية ثلاثينيات القرن المنصرم اعتقد الفلكيون أن كل ما يرونه من خلال مراصدهم من نجوم ومجرات وسدم لا يشكل إلا قسماً ضئيلاً من الكتلة الكلية للكون. أما البقية والتي تعرف باسم المادة العاتمة فلا تزال تشكل تحدياً يعترض سبيل أقصى جهودهم لفهم مجاهلها. وكما تبين أخيراً فكل شخص يحمل ما بين أذنيه أيضاً مخزوناً شخصياً من المادة العاتمة.

النظائر المشعَّة حدَّدت عمر كرتنا الأرضية

تَجَابَهَ، لمدة طويلة، الفيزيائيون من جهة والجيولوجيون من جهة أخرى حول عمر كرتنا الأرضية. ثم جاء الحل، من أبحاث أحد الفيزيائيين، الذي أكّد العمر الطويل الذي وضعه الجيولوجيون. فكيف تمّ تحديد هذا العمر؟

إعداد د. فؤاد العجل.

الكلمات المفتاحية: نظائر مشعة، كلفن، داروين، مبدأ التنضيد، عمر الكرة الأرضية، الدهر، الحقب، الدور، العصر، العمر النسبي، العمر المطلق، رذرفورد، يورانيوم، رصاص، المستحاثات، السلم الزمني الجيولوجي النسبي، السلم الزمني الجيولوجي المطلق.

خمسون سنة

استغرق اتفاق الفيزيائيين والجيولوجيين على عمر الأرض مدة لا تقلّ عن نصف قرن، وهو الخلاف العلمي الأطول في التاريخ . وخلال الستينيات من القرن التاسع عشر، دعم هذان الفريقان فكرتين متعارضتين. لقد حسب الفيزيائيون أنّ عمر الكرة الأرضية المطلق لا يتجاوز 50 مليون سنة، بينما قدّر الجيولوجيون أنّ عمرها يتراوح بين 3 و 500 مليون سنة.

لم يكن لدى الجيولوجيين في القرن التاسع عشر أدلة كثيرة لحساب عمر الكرة الأرضية المطلق ولكنهم نجحوا في إقامة سلّم زمني نسبي (الشكل 1) استناداً إلى ملاحظة وتحليل الطبقات الجيولوجية المختلفة. فقد اعتمد هذه السلّم على مبدأ التنضيد Principle of Superposition الذي ينص على أنّ كلّ طبقة هي أحدث من الطبقة المترسِّبة تحتها وأقدم من الطبقة المترسِّبة فوقها بشرط أن تبقى الطبقات على وضعيتها الأصلية دون أن تتعرّض إلى حركات لاحقة لترسبها التي قد تقلبها رأساً على عقب. كما اعتمد السلم أيضاً على دراسة المستحاثات الموجودة في الصخور الرسوبية التي استخدمت لمعرفة فيما إذا كانت الصخور في المواقع الجغرافية المختلفة من عمر نسبي واحد. وإضافة إلى ذلك، فقد استخدم الجيولوجيون، لتحديد العمر النسبي للصخور، مبدأ القاطع والمقطوع؛ إذ إنّ القاطع يكون دوماً أحدث من المقطوع، فإذا قطع صخر الغرانيت طبقة من الحجر الكلسي يكون الغرانيت أحدث من الحجر الكلسي. وهكذا، فقد قسَّم الجيولوجيون الزمن النسبي إلى دهور eons وأحقاب eras وأدوار periods وعصورepochs إلخ...

كرتنا الأرضية ليست قديمة إلى هذا الحد!

في العام 1859، نشر "شارل داروين" مؤلفه الشهير: نشوء الأنواع "Origin of Species" بعد أن درس مؤلفات "لييل". فقد أشار "داروين" إلى أهمية نظرية "لييل" الجيولوجية من أجل نظريته عن التطور. فنظرية التطوّر بالانتخاب (بالاصطفاء) الطبيعي التي صاغها كانت تفرض أنّ عمر الأرض لا بد وأن يكون طويلاً جداً حتى يتيح للكائنات الحية وقتاً كافياً لأن تتطوّر بالتنوع والاصطفاء... لقد حدّد "داروين" عمر الأرض، على أساس حساب بسيط ارتكز على سرعة عمليات انحتات الصخور وترسُّبها من جديد، بنحو 300 مليون سنة. ولكنّ الانتقادات التي أثيرت حول طريقة تقديراته جعلته يغيّر هذا الرقم في طبعة مؤلفه الثانية (التي صدرت بعد شهر واحد من طبعته الأولى) ثم أزال كلّ تقدير رقمي لعمر الكرة الأرضية في الطبعة الثالثة التي صدرت في عام 1861 والطبعات اللاحقة. ومع ذلك، تابع "داروين" مع الجيولوجيين إصراره على أنّ السلّم الزمني الجيولوجي لا بد وأن يكون طويلاً جداً.

أمّا عالم الفيزياء والرياضيات "وليم طومسون كلفن" (1824-1907) المعروف باللورد "كلفن"، الذي وضع سلّم الحرارة المطلقة، فقد شكّك بصحة نظرية "داروين" في التطوّر كما شكّك بالسلّم الزمني الطويل الذي وضعه "لييل" (250 مليون سنة) لعمر الكرة الأرضية. فقد اعتقد مع علماء عصره من الفيزيائيين أن الأرض كانت في حالة منصهرة؛ تَبرَّد سطحها وتَصلَّب بينما بقيت نواتها حارّة. ولتحديد عمر الأرض، قدّر كلفن المدة الزمنية التي استغرقتها الأرض لتتبرّد من حالتها الابتدائية المنصهرة إلى حالتها الحاضرة وذلك

	Epoch	العصر	Period	الدور	Era	الحقب	Eon	الدهر	
٠,٠١	Recent	الحديث	الانتروبوجين Anthropogene		الرابع	الحياة الحديثة (السينوزوي) Cenozoic			
١,٦	Pleistocene	البليستوسين							
٥,٣	Pliocene	البليوسين	النيوجين Neogene		الثالث				
٢٤	Miocene	الميوسين							
٣٧	Oligocene	الأوليغوسين	الباليوجين Paleogene						
٥٧	Eocene	الإيوسين							
٦٦	Paleocene	الباليوسين							-٦٦
١٤٤			Cretaceous	الكريتاسي	الحياة المتوسطة (الميزوزوي) Mesozoic (الثاني)		الحياة الظاهرة (الفانروزوي) Phanerozoic		
٢٠٨			Jurassic	الجوراسي					
٢٤٥			Triassic	الترياسي					-٢٤٥
٢٨٦			Permian	البرمي	الحياة القديمة (الباليوزوي) Paleozoic (الأول)				
٣٦٠			Carboniferous	الكربونيفري					
٤٠٨			Devonion	الديفوني					
٤٣٨			Silurian	السيلوري					
٥٠٥			Ordovician	الأوردوفيسي					
٥٧٠			Canibrian	الكمبري					-٥٧٠
					الحياة الأولية (البروتروزوي) Proterozoic		الحياة الخفية (الكريبتوزوي) Cryptozoic		
٢٥٠٠					الحياة العتيقة (الأركيوزوي) Archeozoic				

يمثّل تقسيمات السلّم الزمني الجيولوجي إلى دهور وأحقاب وأدوار وعصور. أمّا الأرقام فتمثل أعمار التقسيمات بملايين السنين قبل العصر الحالي تمّ تقديرها فيما بعد استناداً إلى الطرائق الإشعاعية. (عن Press,F. ;Siever,R. (1986) Earth).

اعتماداً على قوانين الترموديناميك، فإذا كان عمرها عدة مئات من ملايين السنين، كما يدعي "داروين" و "ليبل"، يجب أن تكون الأرض الآن باردة تماماً! فقد استخدم "كلفن" عام 1862 قوانين انتشار الحرارة التي وضعها في بداية القرن التاسع عشر عالم الرياضيات الفرنسي "جوزيف فورييه" لتقدير عمر الكرة الأرضية، وتبيّن له أنّها حديثة العمر وأنّ عمرها لا يزيد عن 100 مليون سنة.

وبعد اعتراضات "كلفن" على العمر الذي قدّره "ليبل" بـ "250 مليون مليون سنة)، حذف هذا الأخير ذلك التقدير من طبعات مؤلفه "مبادئ الجيولوجيا Principles of geology" اللاحقة حاذياً حذو "داروين". غير أنّ "توماس هكسلي"، أشد المدافعين عن "داروين"، شكّك في تقديرات "كلفن" واعتبر أنّ حساباته، على الرغم من دقتها الظاهرية، ارتكزت على مقدّمات خاطئة.

استسلم الجيولوجيون الذين كانوا في البداية مندهشين بحسابات كلفن التي اعتمدت على القوانين الرياضياتية المعقّدة والذين كانوا غير ملمين بها. إذ لم يكن بحوزتهم في ذلك الزمن الميقت clock الذي يمكن أن يحدّد لهم سلّماً زمنياً مستمراً مستقلاً عن الظاهرات

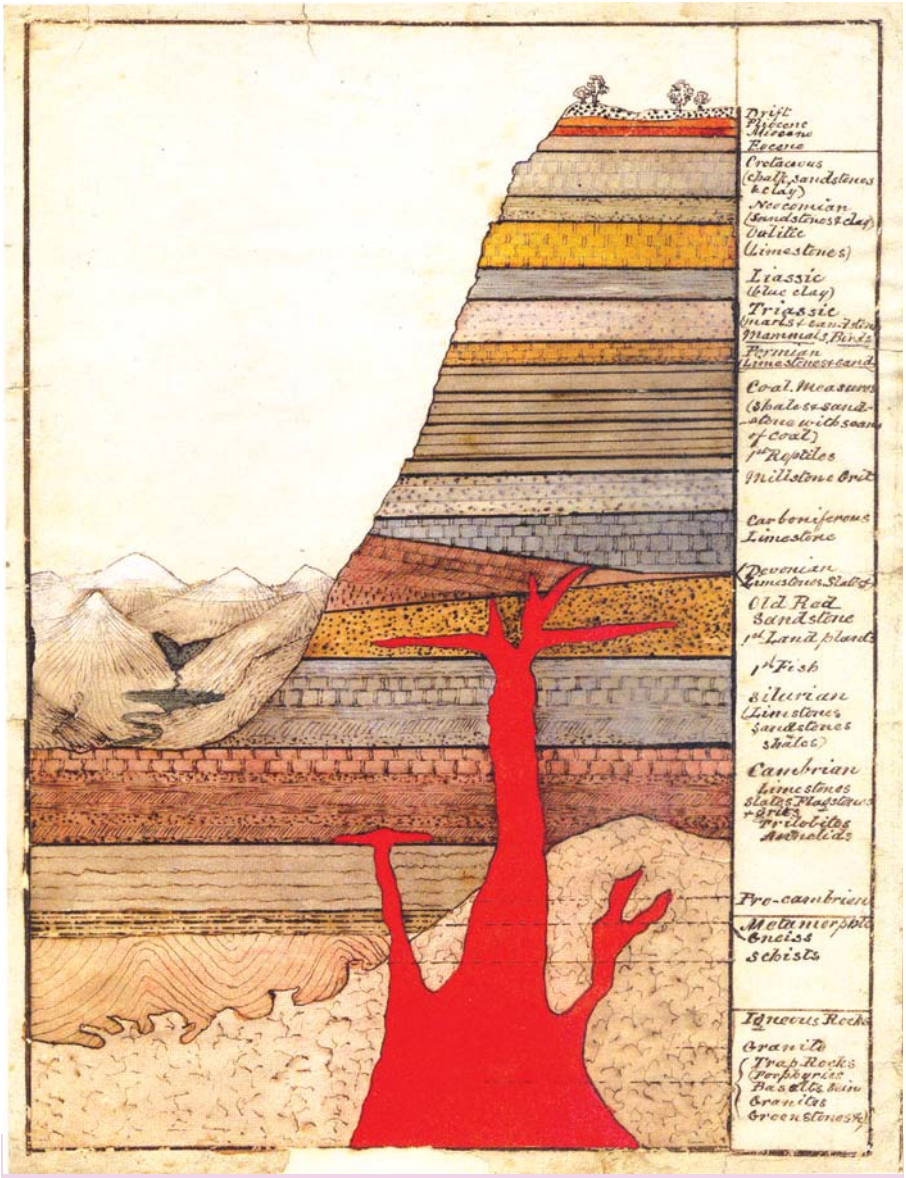
الجيولوجية نفسها ويجهّزهم بتأريخ مطلق بدءاً من الزمن الحاضر. ولقد كان عليهم أن يعترفوا بأنّ تقديراتهم كانت خاطئة ويقبلوا، مع "هكسلي" بتقديرات "كلفن" على أساس أنّه من الممكن أن عمليات انحتات الصخور وتطور الكائنات الحيّة كانت أسرع ممّا كان يُعتقد مثل ما اقترح "داروين" أيضاً في طبعات مؤلفه اللاحقة.

غموض علمي!

فخلال نصف قرن من الزمن إذاً، أحيطت مسألة عمر الكرة الأرضية بغموض علمي. فمن جهة، قدّر الجيولوجيون في النهاية عمر الكرة الأرضية بنحو 100 مليون سنة، ومن جهة أخرى تابع "كلفن" أبحاثه وتوصّل عام 1897 إلى أرقام فاجأ بها العلماء مرة ثانية بإعلانه أن حساباته الجديدة قدّرت عمر الكرة الأرضية بنحو مابين 20 و 40 مليون سنة، أي أقلّ بكثير من تقديره "القليل" 100 مليون سنة الذي قبله الجيولوجيون على مضض.

وعلى الرغم من الخلاف الواضح بين سلّم الفيزيائيين الزمني وسلّم الجيولوجيين، بقيت مشكلة عمر الكرة الأرضية بدون حلّ حتى بداية القرن العشرين. وأخيراً، برز الحلّ بصورة غير متوقعة بفضل أبحاث أحد علماء الفيزياء وهو النيوزيلندي "إرنست رذرفورد" (1871- 1937) الذي تخرّج من جامعة كمبريدج في إنكلترة بعد عمله في مختبر كافنديش الذي كان يديره "جوزيف ج. طومسون" مكتشف الإلكترون. فقد وجد هذا العالم الخطأ في الحجج التي قدّمها اللورد "كلفن"، وبرهن هكذا على صواب تقدير الجيولوجيين لعمر الكرة الأرضية الطويل.

كان "رذرفورد" أستاذ الفيزياء في جامعة ماك جيل في مونريال منذ العام 1898 وكان مهتماً بدراسة خواص الراديوم الإشعاعية. ففي صيف العام 1903، اكتشف كلٌّ من الفيزيائيين الفرنسيين "بيير كوري" و"ألبرت لابورد"، أنّ الراديوم يُنتج الكثير من الحرارة. أمّا "رونرفورد" فكان يتابع، بمساعدة زميل متخصِّص بالقياسات الحرارية هو"هاوارد تورنر بارنس"، أبحاثه حيث أكّد، في خريف العام 1903، أنّ ما اكتشفه "بيير كوري" كان صحيحاً وأنّ كمية



يمثّل مقطعاً لطبقات جيولوجية في منطقة جبلية غرب إنكلترة. رُسم هذا المقطع عام **1900**، وهو يبيّن صعوبة تحديد عمر الصخور الاندفاعية المطلق (باللون الأحمر) التي تقطع طبقات مختلفة من الصخور الرسوبية. أمّا عمرها النسبي فهو أحدث من أقدم طبقة رسوبية تقطعها من هذا التسلسل الطبقي.

الحرارة التي ينتجها اضمحلال العنصر المشعّ كانت كبيرة بالنسبة إلى حجمه المتناهي في الصغر. لقد استنتج من ذلك أنّ هذه العناصر المشعّة الموزعة في كامل قشرة الكرة الأرضية لا بد وأنّها كانت وما تزال تُسخّن بالفعل الكرة الأرضية. وهذه، أي الأرض، لا تتبرّد باستمرار كما كان يعتقد "كلفن" بل إنّها كانت تحافظ على حرارة متوسطة ثابتة خلال ملايين من السنين.

حرارة داخلية

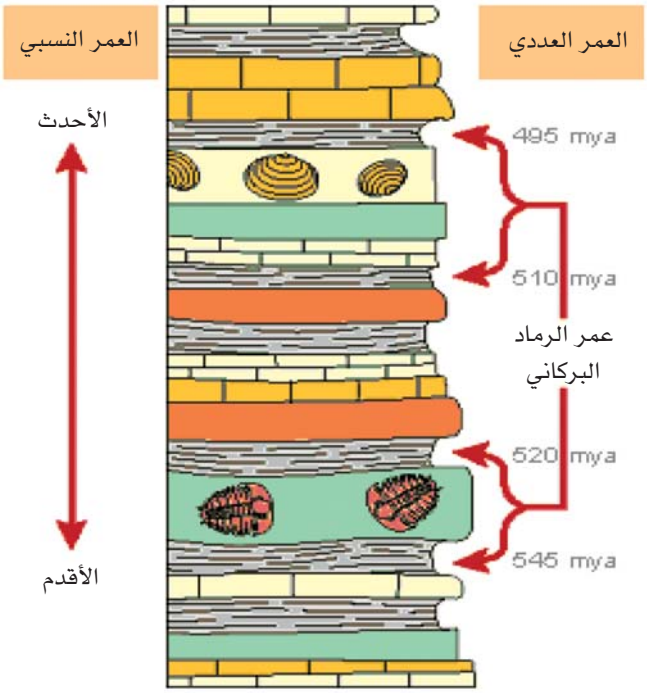
في العام 1904، زار "رذرفورد" إنكلترة وألقى محاضرة في المعهد الملكي في لندن بوجود اللورد "كلفن"، بيّن خلالها أنّ حسابات هذا الفيزيائي الطاعن في السن، والمعادي لنظرية التطور، كلها كانت خاطئة لأنّه كان يفترض مسبقاً عدم وجود أي مصدر حراري داخل الكرة الأرضية. إذ لم يعلم عن وجود هذا المصدر الحراري على شكل راديوم وعناصر مشعّة أخرى، التي تمنع الكرة الأرضية من أن تتبرّد باستمرار مثل ما كانت تتوقعه قوانين الترموديناميك لجسم يفقد حرارته دون أن يكون له أيّ مصدر حراري داخلي. وهكذا، فقد كان للكرة الأرضية حرارة ثابتة تقريباً كما كان يؤكدها الجيولوجيون ولكنهم كانوا يجهلون مع ذلك البرهنة على أنهم كانوا على حق.

أمّا اللورد "كلفن" فلم يتخلّ عن فكرته ولم يقبل فكرة أنّ الكرة الأرضية قديمة جداً، لأنّ ذلك سيفتح الأبواب على مصراعيها لنظرية التطوّر التي يرفضها جملة وتفصيلاً. فقد مات في العام 1907 معتقداً أنّ الراديوم لا يمكن أن يشكّل في الواقع مصدر حرارة في باطن الكرة الأرضية، ودفنت معه الفكرة التي دافع عنها حول عمر الكرة الأرضية.

تحديد أعمار الفلزات

إذا تمّ التخلّي عن فرضية كرة أرضية بدون مصدر لحرارة داخلية، كان لا بدّ من إيجاد طريقة لتحديد عمر الفلزات التي تؤلّف صخور الأرض، وهي التي ستوصلنا إلى تحديد عمر مطلق لكرتنا الأرضية. فقانون التفكّك (الاضمحلال) الذرّي الذي وضعه "رذرفورد" مع مساعده "فريدريك سودّي" الكيميائي الحائز على جائزة نوبل، سيزوّد بالواحدة الزمنية المطلوبة.

وبالفعل فقد بيّن "رذرفورد" في محاضراته حول النشاط الإشعاعي النّي كان يلقيها في جامعة "ييل" في عام 1905، أنّ



مقطع يمثّل طبقات رسوبية حُدّدت أعمارها النسبية استناداً إلى مبدأ التنضيد: الطبقة الأقدم في الأسفل والطبقة الأحدث في الأعلى بالإضافة إلى المستحاثات (السهم على يسار المقطع). تندس بين الطبقات الرسوبية طبقات من الرماد البركاني حُدِّدت أعمارها بالطرائق الإشعاعية على التتالي من الأسفل إلى الأعلى بنحو 545 و520 و510 وأخيراً بنحو 495 مليون سنة (الأسهم على يمين المقطع).

قياس كمية الهليوم في الفلزات minerals المحتوية على اليورانيوم ونسب تشكّله الناتجة من اضمحلال (تفكّك) اليورانيوم تسمح بتقدير جيد لعمر هذا الفلز. ففي أواخر العام 1905 أعلمه زميله ومساعده الأمريكي "برترام بوردن بولتوود" (1870-1927) من جامعة "ييل" أنّه استطاع أن يُحدّد، بفضل طريقته، عمر نحو 26 فلزاً من الفلزات المختلفة ما بين 92 و570 مليون سنة.

وفي أواخر تلك السنة، اقترح "رذرفورد" طريقة لتحديد عمر الكرة الأرضية من قياسات كمية الهليوم المنحصرة في الفلزات. فالعناصر المشعّة الموجودة في صخور الكرة الأرضية تشكّل سلاسل اضمحلال واضحة : وبالفعل، كانت سلاسل اضمحلال اليورانيوم–الراديوم واليورانيوم–الأكتينيوم والثوريوم معروفة أو يُتوقّع وجودها في السنوات المبكرة من القرن العشرين . فتقنية تحديد عمر الصخور المستندة إلى العناصر المشعّة نتجت من دراسة العناصر

المشعّة وسلاسل اضمحلالها. ويُعدّ كلٌّ من "رذرفورد" والكيميائي "برترام بوردن بولتوود" رائدي هذا العمل. فقد فحص "بولتوود" عيّنات متعدّدة من فلز المونازيت الذي يحتوي على اليورانيوم والثوريوم. وأصبح حُبُّ استطلاعه لدراسة العلاقات بين العناصر المشعّة في سلاسل اضمحلالها هاجسه في العام 1904، في الوقت نفسه كان "رذرفورد" يلقي محاضرته حول النشاط الإشعاعي في جامعة ييل.

فقد اكتشف كلٌّ من "سير وليم رامسي" و"سودّي" من جامعة كوليج في لندن كمية الهليوم في الفلز الذي كان ينتجها الراديوم عند اضمحلاله. فإذا كانت هذه الكمية مضبوطة والهليوم لم ينطلق من الفلز وبقي منحصراً فيه منذ لحظة تشكّله، فإنّ كمية الهليوم تحدّد، على الأرجح، عمر الفلز. فقد حدّد "رذرفورد" عمر صخر الفرغوسونيت fergusonite الذي كان بحوزته بنحو 40 مليون سنة. أمّا "بولتوود" فكان يفكّر من جهة ثانية في التفتيش عن النواتج الانتهائية من سلاسل الاضمحلال. فكمية الناتج الانتهائي تزداد خلال السنين ما دامت العناصر المشعّة تضمحل. فلقد كان من المعروف في ذلك الحين أنّ الراديوم هو أحد نواتج سلسلة اليورانيوم؛ ولكن في العام 1905 بيّن "بولتوود" أنّ الناتج الانتهائي لليورانيوم هو الرصاص.

نالت طريقة اضمحلال اليورانيوم إلى رصاص دعماً إضافياً من "رذرفورد" واقترح تطبيقها في تحديد عمر الصخور القديمة. وفي نهاية العام 1905 حسب "بولتوود"، بتطبيق هذه الطريقة، أعمار صخور تتراوح بين 92 و570 مليون سنة لعدد كبير من الفلزات المختلفة بلغ نحو 26 فلزاً. وبعد عدة سنوات، وجد "بولتوود"، الذي تابع أبحاثه في هذا الموضوع، صخوراً يعود عمرها إلى أكثر من 1.6 بليون سنة.

وبدءاً من العام 1910 برز اسم العالم "آرثر هولمز" الذي أقنع في النهاية الجيولوجيين بقبول الطرائق الإشعاعية لتحديد عمر الكرة الأرضية وصخورها من خلال عمله الطويل في الصناعة وفي جامعتي "درهام" و"إدنبورغ". فقد درس في العام 1911 عدداً كبيراً من العينات الصخرية وحسب أنّ عمر أقدمها كان 1.6 بليون سنة. وبيّن أنّ عيّناته لم تكن تحتوي على رصاص عندما تشكّلت وأنّ كلّ الرصاص أتى من اضمحلال اليورانيوم وأنّ كلّ العوامل الخارجية لم تؤدِ إلى إزالة أو إضافة أيّ رصاص أو يورانيوم. لقد استمر في متابعة أبحاثه في موضوع تحديد أعمار الصخور وتقنياته حتى العام 1930 معتبراً أنّ طريقة الرصاص أكثر وثوقية من تقنية الهليوم. وفي النهاية نالت طرائق تحديد أعمار الصخور التي ابتكرها "رذرفورد" و"بولتوود" وحسّنها "هولمز" موافقة الجيولوجيين. إنّنا نعلم في الوقت الحاضر بفضل تقنيات تحديد العمر المعقّدة أن عمر الكرة الأرضية هو 4.5 بليون سنة.

وهكذا، برهن الفيزيائيون في آخر الأمر على صواب اعتقاد الجيولوجيين الراسخ بأنّ الأرض قديمة وقديمة جداً وأنّ عمرها طويل وأسهموا في وضع سلّم زمني مطلق حلّ محلّ السلّم الزمني النسبي الذي وضعه الجيولوجيون. لقد زوّدت العناصر المشعّة الميقت الضروري الذي سمح بتحديد عمر مطلق دقيق للكرة الأرضية، هذا العمر الذي استحال على الجيولوجيين تحديده في نهاية القرن التاسع عشر.

المراجع:

[1] La Recherche \ Octobre 2009 –No 434

[2] Press,F. ;Siever,R. (1986) Earth 4th ed. W.H. Freeman & company.

[3] Badash,L. The Age-Of-The-Earth Debate Scientific American August 1989

[4] Microsoft ® Encarta ® 2009. © 1993-2008 Microsoft Corporation.

وقفة عند حدود الفيزياء

كان الهدف من إنشاء مؤسسة بيريمتر (Perimeter، المحيط) الكندية للفيزياء النظرية أن تصبح رائدة عالمية في هذا الميدان. يستطلع إريك هاند Eric Hand في مقاله، ما إذا ارتقت هذه المؤسسة لتلبي هذا الطموح.

الواجهة اللماعة لمؤسسة بيريمتر.

الكلمات المفتاحية: مركز فيزياء نظرية، كندا، علم الكون، أساسيات الكم.

يأتي مع العمل في مؤسسة بيريمتر (المحيط) للفيزياء النظرية علاوات إضافية معينة محددة. إذ بمجرد وصول المجندين الجدد إلى مطار تورنتو، على سبيل المثال، سيجدون ليموزين بانتظارهم لتسير بهم غرباً على الطريق 401 الكندي داخل الأراضي الزراعية الغنية في أونتاريو. وبعد قطع مسافة قدرها خمسة وثمانون كيلومتراً، تشق الليموزين طريقها عبر شوارع مدينة واترلو، لتحط بهم أمام بناء ممشوق من السواد والخضار وقطع زجاجية مربّعة منتصباً بعد بحيرة في متنزه واترلو. وعند دخول المجندين البناء يجدون ألواح كتابة سوداء بين حائط وآخر، ومواقد عاملة وحمامات ساونا وآلات متعددة لتوزيع القهوة بالمجّان ومطعم بلاك هول بريستو يقدّم غذاء بالمجان كل يوم أربعاء. وإذا ما أجاب المجندون بالموافقة على عرض العارض فسيحصلون مباشرة على هاتف أنيق من نوع بلاك بيري – إضافة إلى صلاحية دعوة متعاونين زائرين وإن كانت على شكل منحة ما بعد الدكتوراه لمدة تصل إلى 18 أسبوعاً في السنة.

إن البناء نفسه قطعة معمارية متألقة عجيبة تنتصب وسط موقع سابق لحلبة مباريات هوكي الجليد التابعة للمحافظة التي كان يجب هدمها لفسح المجال للبناء الجديد. وحسب ما يقول مدير بيريمتر، نيل. تورك Neil Turok الفيزيائي المولود في جنوب إفريقيا، فإن أهميتها لم تفقد مع فهمه لوقع لعبة الهوكي في نفسيات الكنديين. ويضيف قائلا إن قرص لعبة الهوكي قد أرسل إلينا. وستعرف واترلو قريباً بأنها مقصد الفيزياء النظرية على مستوى العالم. ويقول: "إن جزءاً مما تمثله مؤسسة البيريمتر لكندا هو هذا البحث عن الثقة بالنفس – والفكرة هي إمكان قيامنا فعلاً بأشياء هنا أفضل من أي شخص آخر".

إلى جانب ذلك، يقول تورك: "يعتقد مايك Mike أن الهوكي مضيعة للوقت تماماً. ومايك لازاريدس Lazaridis المهندس المولود في تركية، هو معاون مؤسس في شركة "ريسيرتش إن موشن" Research in Motion– وهي شركة مركزها في واترلو تصنّع الهواتف المحمولة بلاك بيري Black Berry– كما أنه مولع بتحويل مقدرة الأبحاث الأساسية إلى تطبيقات. فقد أعطى قبل عقد من الزمن مئة مليون دولار كندي (قرابة 95 مليون دولار أمريكي) تبرعاً ليبدأ مشروع بيريمتر، كما أعطى خمسين مليون دولار كندي إضافية في حزيران 2008.

"إن ما تمثله مؤسسة بيريمتر في كندا هو البحث عن الثقة بالنفس" – نيل تورك

لم يكن لازاريدس أول فاعل خير يعطي أموالاً للعلوم. فقد تقدّم فريد كافلي Fred Kavli، على سبيل المثال، متبرعاً بـ 7.5 مليون دولار أمريكي للمساعدة في إحداث كل مؤسسة من خمس عشرة

■ نُشر هذا المقال في مجلة Nature, Vol 461, 24 September 2009، ترجمة د. فوزي عوض ، عضو هيئة التحرير.

مؤسسة بحثية – تبحث في الفيزياء الفلكية والفيزياء النظرية وفي علوم الأعصاب وفي التقانة النانوية – حملت اسمه. غير أن مثل هذه الأعطيات ترتبط عادة بالجامعات أو بمنشآت قائمة، لكن لازاريدس أعطى بعضاً لشيء لم يكن موجوداً أصلاً.

كما أن المؤسسات المستقلة ليست جديدة أيضاً. ففي عام 1930 مثلاً، ساهم أجداد لويس بامبرغر Louis Bamberger وكارولين بامبرغر فلد Caroline Bamberger Fuld بـ 5 ملايين دولار أمريكي من مبيعات أقسامهما في المخازن – التي تقابل قرابة 65 مليون دولار أمريكي اليوم – للإقلاع بمؤسسة الدراسات المتقدمة في برينستون Institute for Advanced Study :IAS بنيو جرسي. ومنذ ذلك الحين يحاول الأكاديميون إنشاء ملاجئ علمية مشابهة للأبحاث الأساسية، متحررين من قيود التعليم ومن كتابة طلبات للمنح ومن إدارات الجامعات. لكن بيريمتر تهدف إلى أن تكون "أكثر مقدرة وأكثر حرية في التفكير من المؤسسة IAS المحشوة، وأقل تركيزاً على فكرة المشاريع" كما يصفها تورك.

يستعمل تورك الغنى المتوفر تحت إمرته استعمالاً حسناً منذ أن أصبح المدير الثاني لمؤسسة بيريمتر في تشرين الأول 2008. ففي تموز، بدأت المؤسسة بوضع الأساسات لتوسّع، تصل كلفته إلى 30 مليون دولار كندي، سيضاعف مساحة المؤسسة ضعفين. وهو يوظف أشخاصاً في زمن الأزمة المالية العالمية. فلديه الآن أكبر تجمع من الفيزيائيين النظريين لما بعد الدكتوراه في العالم، إذ يصل عددهم إلى 44 باحثاً. وهو يخطّط ليضاعف عدد أعضاء الكلية الدائمين من 12 إلى 25. وفي النهاية سيسمح التوسع في البناء لمضاعفة عدد الباحثين الحاليين ثلاث مرات، أي من 85 إلى 250 بمن فيهم الزوار. وفي البرنامج الزمني المخطط له، سيترأس ستيفن هاوكنك Stephen Hawking، الزميل القديم لتورك في جامعة كامبردج بالمملكة المتحدة، احتفالية العقد الأول منتصف تشرين الأول، التي ستكون مناسبة لبدء حملة تبرعات وهبات تضاعف حجمها الحالي البالغ 200 مليون دولار كندي مرتين.

طموحات كبيرة

يكتب تورك في خطة المؤسسة الخمسية الجديدة التي تبدأ عام 2010 قائلاً: إن الهدف الغامر المهيمن هو أن نصبح المركز الرائد في العالم للفيزياء النظرية. غير أن متابعة هذا الهدف بدأ فعلاً عام 1999 عندما حاول حالم متحمّس وفيلسوف وكاتب اسمه هوارد بيرتون Howard Burton تلمّس طريقه فيما يفعل بعد الدكتوراه في الفيزياء (PhD) التي حصل عليها حديثاً من جامعة واترلو. لم يكن بيرتون البالغ من العمر 34 عاماً، على ما يبدو، مستهدفاً الحياة الأكاديمية. كما لم يكن مبتهجاً بارتدائه ربطة عنق بهوسه بكتابة خوارزميات لسوق نيويورك المالي، مثلما كان يقوم بذلك العديد من الفيزيائيين في ذلك الحين. وبرغبة جارفة – وربما فيها شعور باليأس – أرسل بيرتون رسالة إلى المدير التنفيذي لشركة "ريسيرتش إن موشن" معلّمة ومعنونة بالسطر التالي "أرجو مساعدتي لإنقاذي من الانخراط في مهنة مربحة بسوق وول ستريت".

أجاب لازاريدس بيرتون برسالة إلكترونية مرحِّباً به ويعرض فيها شَغْل وظيفة نظامية في شركة "ريسيرتش إن موشن". لكنه أضاف: قد تكون مهتماً بفكرة أخرى أنعم النظر فيها؟

وافق بيرتون، مع بعض الدهشة، على تناول الغذاء مع لازاريدس في مطعم إيطالي بشريط الأسواق في ضاحية تورينتو. وبادره لازاريدس قائلاً: "إني أتحدّث عن عمل شيء ضخم" كما يروي ذلك بيرتون في كتابه الجديد ذي العنوان "المبادئ الأولى". ثم ناول لازاريدس بيرتون منديلاً كتب عليه رقماً– يحدد فيه بداية الراتب ونهايته خاضع للمناقشة–على ما يبدو. ويقول بيرتون في مقابلة أجريت معه في ليون بفرنسة، حيث انتقل إلى هناك مع عائلته بعد تركه بيريمتر عام 2007: "من وجهة نظر تكتيكية، أظن أنه كان يتلمس رغبتي". غير أن بيرتون كان يتلمّس شعور لازاريدس أيضاً، ليتأكد من أن المدير التنفيذي يريد فعلاً فكراً علمياً مختلفاً – وليس مجرد إنشاء مختبر بحثي آخر في الشركة.

قبل بيرتون الوظيفة، وفي يومه الأول من العمل، صاغ اسم المحيط "بيريمتر" مستوحياً ذلك من ممشى يحيط بالحافة المنحنية لبحيرة أونتاريو. بعد ذلك بدأ زيارة مؤسسات فيزيائية أخرى، للبدء بالتجنيد أولاً ثم للاطلاع واستيعاب الدروس من كل منها. فتوصل إلى أنه يحتاج في بيريمتر إلى أعضاء كلية مقيمين كما في المؤسسة IAS. لكنه رغب أيضاً تقليد مؤسسة كافلي للفيزياء النظرية KITP في جامعة كاليفورنيا بسانتا باربارا. لذلك اتبع في استراتيجيته التماشي مع KITP والتأكيد على المضي في النقاط البحثية الساخنة عبر زوار يتبعون برامج وورشات عمل قصيرة المدة.

أراد بيرتون أيضاً لباحثي بيريمتر أن يعالجوا الزوايا التي تم تجاوزها في العلوم على غرار ما يتناول في مؤسسة سانتا في

نيو مكسيكو، التي أنشئت على يد مجموعة من فيزيائيي لوس ألاموس عام 1984 ليستكشفوا آنئذ المؤديات والنواتج الغامضة للمنظومات المعقدة القابلة للتكييف. لذلك كان يبحث عن باحثين يهتمون بالمجالات المهملة في الفيزياء مثل المسائل الجذرية في مكانيك الكم، وهو مجال أصبح يدعوه الأسس الكمومية؛ ومقاربات نظرية تبحث في توحيد الثقالة مع مكانيك الكم، والثقالة الكمومية، لكنها لا تعتمد نظرية الأوتار.

وبحلول 2001 بدأ الباحثون الأوائل الذين جندهم بيرتون العمل في مبنى مكتب بريد واترلو التاريخي. ثم انتقل الطاقم المتنامي من الباحثين إلى منزل جديد قرب المنتزه عام 2004. وقد شعر عام 2007 أنه قد حقّق معظم أهدافه. فتخلّى بيرتون عن منصبه كمدير عام في حزيران من ذلك العام. ويقول أنه لم يخطّط أبداً للبقاء إلى الأبد. لكنه كان يشعر أيضاً ببرود واضح في جو عمله: فيقول إن لازاريدس رئيس مجلس مؤسسة بيريمتر لم يعد يثق به ولم يعد يحبه– ربما لأن لازاريدس علم أن بيرتون يكتب كتاباً حول خبراته وتجربته. بينما يقول متحدث باسم المؤسسة بيريمتر إن ترك بيرتون مسألة خاصة ليست مرتبطة بكتابه.

قاذف قنبلة نظرية حارقة

يقول تورك: "لم أتحرك بعد، كما يجب" وذلك في مكتبه البعيد في مؤسسة بيريمتر للفيزياء النظرية بواترلو في أونتاريو، قالها مع حدّة متبقية من لهجته الأفريقية الظاهرة بصورة واخذة عبر نغمات إنكليزية محبوبة. "فقد حضرت إلى هنا ومعي فقط حقيبة سفر ودراجة".

يسهل تصديق ذلك. ففي حزيران، أي: قبل تسعة أشهر تقريباً من انتقاله من جامعة كامبردج بالمملكة المتحدة ليصبح مدير مؤسسة بيريمتر الجديد، كانت خزانته لا تحتوي إلا على كتابين وكيس من حبوب القهوة. وقد طلى جدران غرفته بلون نيون أخضر؛ إذ إن تورك لا يشارك المدير السابق في تفضيله للأسود. وإن "حقيبته" الفعلية الوحيدة، كما يعبر فيها عن نفسه، التي جلبها معه إلى كندا فيها فكرتان توءمان مسيطرتان تملأان لوح كتابة الغرفة الأسود.

إحداهما؛ علم الكون النظري (الكوسمولوجيا): إذ إن نصف اللوح قد امتلأ بصيغ رياضية تتعلق بوجهة نظر معادية لما يعتقد الآن حول أصل الكون. أما الثانية المتمثلة بفقاعات من المنظمات ومخططات تعاقب إدارية تملأ ما تبقى من اللوح، فهي رعاية منظومة متنامية من المؤسسات الرياضياتية في إفريقيا. ففي حزيران وقبيل مقابلته وكالات التطوير الكندية في أوتاوا أخبرهم أن أمنيته الوردية الجامحة هي وجوب ظهور أينشتاين جديد من العالم النامي. ويضيف تورك" إن المسألة مجرد إتاحة الفرصة للولوج، لأنني أعتقد بوجود العديد من البشر الموهوبين جداً في العالم لم يتبينوا على الإطلاق مقدراتهم الكامنة".

فهو يعرف مدى لهفة طلاب العالم النامي على التعلم– لأنه كان واحداً منهم.

لقد ولد تورك في جوهانسبورغ بجنوب إفريقيا عام 1958 لوالدين نشيطين ضد التمييز العنصري. كان من ذكرياته المبكرة جداً اقتحام الشرطة ليلاً لمنزلهم. وخلال عملية تفتيش الشرطة، وقف أخوه الأكبر جانباً معانقاً أسطوانة غاز ليريام ماكبا ممنوعة تحت قميص نومه. وفي عام 1962 سجن أبوه بعد محاولة فاشلة لرمي قنبلة حارقة على مكتب بريد.

بعدها، يضيف تورك قائلاً إن أمه قد سجنت لرفعها لافتة في مظاهرة. وبعد خروج والديه من السجن هربت عائلته – في البدء إلى كينيا ثم تنزانيا وأخيراً إلى بريطانيا، حيث كان يبيع والده مجلدات الموسوعة البريطانية من باب إلى باب. وعندما دخل تورك جامعة كامبردج لم يكن عنده أية وسيلة عيش من وسائل أقرانه الأغنياء. لكنه بالمقابل فقد رأى أسوداً على الواقع.

يعترف تورك بأنه أخذ همته العالية عن والديه، كما ورث أيضاً غريزة السير المخالفة لطرائق التفكير السائدة. فمع أفكاره حول أن كون "ناري" نشأ نتيجة تصادم شديد وليس نتيجة انفجار، كان نفسه أشبه بقاذف قنبلة حارقة. لكنه مع محاولته هذه تمزيق النظريات القائمة على الحكمة العادية، يقوم في الوقت نفسه بإشادة مؤسسات وبنائها.

فقد افتتح عام 2003، المؤسسة الإفريقية للعلوم الرياضياتية AIMS في كيب تاون، بجنوب إفريقيا. لقد اشترى ووالديه – اللذين عادا إلى وطنهما وأصبحا عضوي مجلس نواب في تسعينيات القرن الماضي – فندقاً مهجوراً وحوّلاه إلى مدرسة. تقدم المدرسة AIMS الآن مساقاً مكثفاً مدته تسعة أشهر للطلاب الأوائل عبر القارة كلها. ويوجد مدرسة ثانية AIMS ستفتتح قريباً في نيجيريا مع تمويل منفصل. ومن المؤمل إحداث ثلاث مدارس أخرى – واحدة في السنغال وثانية في غانا وثالثة في إثيوبيا. ويقول تورك إن بإمكان 25 مليون دولار كندي أن تدعم إنشاء هذه المدارس الثلاث ومدرسة AIMS في كيب تاون.

نشأت فكرة مدرسة AIMS لديه منذ عقود عديدة، عندما كان يدرّس الرياضيات للقرويين في ليزوتو Lesotho قبل التحاقه بالجامعة. ويتذكر عندما كان يتحدث لطالب يأخذ مقرراً داعماً في الرياضيات يشاهد لعبة كرة قدم على أرض قذرة فقال: "إنه يحب شيئاً واحداً في المدرسة فقط: هو شكسبير. ثم راح يسمعه بعضاً منها. كان ذلك محيّراً لتورك. فقد جعلني أرى أننا نمتلك كل تلك المواهب في داخلنا، في أعماقنا". –يريد تورك من مدرسة AIMS أن تولد أينشتاين، وليس شكسبير، لكن الفكرة تبقى نفسها. "فهي تتعلّق بالشباب اللامعين الأذكياء. إذ يوجد بعض النوابغ بينهم".

يأمل نيل تورك إيجاد أينشتاين القادم من بلد نام.

تساعد القهوة المجانية الفيزيائيين أمثال نيما أركاني- حامد (على اليسار) على العمل طوال الليل في محيط مريح مسترخياً.

نصب فريد

مهما كان السبب، ما زال بيرتون يتحدث بخشونة عما يراه في تحكّم لازاريدس الزائد في المؤسسة. وهو يسلّم أن لازاريدس أعطى بيريمتر أكثر من أي مصدر آخر. لكنه يشير إلى أن سخاء من ساهم في إنشائها يوازي ذلك فهو يبلغ أكثر من 100 مليون دولار كندي كتمويلات بلدية واتحادية. حتى إن مدينة واترلو قد ساهمت بإعطائها بيريمتر موقعه مكان المتنزه. فلماذا لا تخطى أي من هذه المؤسسات – أو حتى أي فيزيائي – بمقعد في مجلسها. ويسأل بيرتون: "هل هذا الوضع حيث تصبح المؤسسة لعبة الرجل الغني"؟. يوافقه الرأي الفيزيائي الفلكي سكوت ترمين Scott Tremaine من IAS فيقول إنه كانت للازاريدس سيطرة قوية على إدارة بيريمتر؛ وترمين كندي عمل في اللجنة الاستشارية العلمية لبيريمتر. ويضيف "إن التقليد المتبع أن ترفع يدك عنها، بعد أن تتبرّع".

يعترف تورك بالمفاجأة، عندما عرضت عليه الوظيفة فرأى من الغريب، إلى حد ما، أن يتألف المجلس من محامين ورجال أعمال ومهندسين. وتساءل "لماذا لا يحكمها مجموعة من العلماء؟". لكنه يؤكد أن علاقته بلازاريدس –الذي تجنب إجراء مقابلة مع مجلة نيتشر– جيدة وأقلها أن لازاريدس قد التزم بوعده وهو عدم التدخل في سلطة تورك المتعلقة ببناء الاستراتيجية وتوجهات المؤسسة العلمية.

ويقول تورك الآن إنه يفضل فعلاً بنية بيريمتر الحالية. إذ تساعد بنية المجلس على إعطاء المؤسسة روح المجازفة، وهذا ليتماشى مع بداية وادي السليكون أكثر من تماشيه مع الجرأة الأكاديمية. كما يعني هذا إمكان فعل تورك سريعاً. على سبيل المثال، منذ وصوله في تشرين الأول 2008 استطاع مضاعفة محاور تركيز الباحثين مرتين من أربعة إلى ثمانية، بما فيها التأكيد الجديد على علم الكون (الكونيات)؛ انظر المؤطر "في المؤسسة بيريمتر". وأضاف برنامج تدريس مدته تسعة أشهر إلى مكان لا يوجد فيه تدريس سابقاً. كما قام بتغيير نوع القهوة المقدّمة مجاناً إلى نوع أرخص، كي يذكّر العاملين في بيريمتر أن الخزنة ليست بدون نهاية.

إن قابلية تحرّك المؤسسة بسرعة –في المسائل الكبيرة والصغيرة على حد سواء– هو ما أدهش ريموند لافلام Raymond

في المؤسسة بيريمتر

ضاعف تورك، مدير مؤسسة بيريمتر للفيزياء النظرية في واترلو بأونتاريو، عدد محاور البحث التي يركّز عليها المركز الكندي مرتين.

الأسس الكمومية

يهتم بمفاهيم غريبة لم يتم الإجابة عنها حتى الآن تقع في قلب ميكانيك الكم، تلك النظرية التي تصف التفاعلات الاحتمالية بين الجسيمات عند المقاسات الصغيرة جداً.

نظرية المعلومات الكمومية

تتناول معالجة المعلومات المحتواة في الحالات الكمومية، تلك المعلومات التي لا تشبه البت (bit) التقليدية، إذ إنها يمكن أن توجد في الوقت نفسه كالصفر والواحد كليهما، ويمكن استعمالها شيفرات (كودات) غير قابلة للاختراق.

الثقالة الكمومية

تحاول التوفيق بين قوى الثقالة المسماة بالنسبية العامة عند مقاسات فلكية، والقوى الكمومية عند مقاسات صغيرة جداً.

نظرية الأوتار الفائقة

تصف "نظرية لكل شيء" حيث تخلق أوتار بالغة القصر قوى أساسية في الكون عبر اهتزازاتها وتفاعلاتها في عشرة أبعاد.

فيزياء الجسيمات

تهتم بالتفاعلات بين الجسيمات عند مقاسات من الطاقة ملاحظة في تجارب الفيزياء الفلكية، ويؤمنها على الأرض مسرعات مثل المصادم الهادروني الضخم في سيرن، ومختبر الجسيمات الأوروبي قرب جنيف بسويسرا.

علم الكون (الكونيات)

يهتم بالإجابة عن أسئلة تماثل: كيف ولد الكون؟ وكيف كانت الشروط والظروف في الثواني الأولى؟ وما طبيعة المادة المظلمة؟ ولماذا يتسارع تمدد الكون؟

المادة الكثيفة

يصف سلوك المواد الجهرية تحت شروط وظروف يمكن الوصول إليها على الأرض، مثل الناقلية الفائقة. غير أنه يوجد مناطق جديدة تتراكب مع مكانيك الكم ونظرية الأوتار.

المنظومات المعقدة

هو صنف "يحتوي الكل" ابتدعه تورك ليحتوي على أبحاث تقع عند تقاطعات مجالات الفيزياء النظرية الأخرى. يتضمن الفيزياء الإحصائية والنمذجة المعقدة والمنظومات التحريكية.

مايك لازاريدس، مدير الشركة المنتجة لهواتف بلاك بيري، مؤسس المؤسسة بيريمتر.

LaFlamme عالم المعلومات الكمومية الذي انتُقِي من مختبرات لوس ألاموس القومية بنيو مكسيكو فكان أول موظفي بيريمتر. وقد أصبح عام 2002، مديراً لمؤسسة فرعية من بيريمتر: مؤسسة الحوسبة الكمومية IQC التي مقرها أيضا في واترلو، والتي تلقّت دعماً منفصلاً يقارب 50 مليون دولار كندي من لازاريدس. إن لمؤسسة IQC ارتباطات أقوى مما لمؤسسة بيريمتر مع جامعة واترلو، لذلك فهي أقل استقلالية منها، وعند لافلام مثال واضح عن الفرق. فهو ما زال يحتفظ بمكتب في بيريمتر، ويوجد على قاعدة داخل نافذة مكتبه لاقط لتجربة تعمية كمومية تكشف الفوتونات المتشابكة الصادرة عن مرسل في مجمع واترلو الجامعي الذي يبعد بضعة كيلومترات عن مكتبه. ولكي يسمح للفوتونات أن تصل اللاقط دون هدم الآثار الكمومية، احتاج لافلام لوضع قطعة صغيرة من زجاج شفاف مكان قطعة صغيرة من زجاج نافذته المطلي في مكتبه. ويقول إن طلباً كهذا في مؤسسة اتحادية كما في لوس ألاموس سيكون كابوساً.

وبالقرب من بناء IQC، حيث يحتفظ بلاقط آخر، استغرق العمل شهور عديدة، في حين فقد استغرق العمل نفسه في بيريمتر يوماً واحداً، "نزلت إلى القاعة وتكلمت مع المسؤول عن البناء، فقال حسناً 'Okay'، وبلحظة نفذ الأمر".

مع هذا فالسؤال: هل قادت هذه الطاقة الاستثمارية إلى فيزياء جديدة؟ وهناك هدف جريء آخر يهدف إليه تورك عبر خطته الخمسية إذ يتوقع "اختراقات علمية رئيسة". يقول دافيد غروس David Gross: "يريد كل منا اختراقاً علمياً، لكنك لا تستطيع إعطاء أمر لينتج ذلك" وغروس مدير KITP وحاصل على جائزة نوبل وصديق تورك ومعلّمه أيضاً.

ويقول تورك معلقاً، هذا صحيح، لكنك تستطيع زيادة إمكان حدوث ذلك برصّ ما أمكنك من المواهب بعضها مع بعض في غرفة، وتزويدهم بقهوة مجانية.

مقاربة مختلفة

قد يحتاج المرء أحياناً إلى القهوة. فلننظر، على سبيل المثال، ما حدث عند

أمسية من أمسيات حزيران. كانت الشمس على وشك الغروب، لكن نيما أركاني–حامد Nima Arkani-Hamed فريدي كاشازو Freddy Cachazo قد بدأا مناقشتهما للتو. هناك عدد من أكواب القهوة الفارغة مبعثرة فوق طاولة كاشازو. ويوجد أمام أركاني– حامد يوم واحد فقط قبل أن يغادر بالطائرة إلى روما ليقدم عملهما في مؤتمر رئيسي حول نظرية الأوتار، فهما يشعران بضغط عال. إنهما يأملان بعد نفض الغبار عن زاوية منسية طويلاً في فيزياء الجسيمات –تلك هي نظرية المصفوفة –S– وهي نموذج تفاعل للجسيمات بدأ تجاوزه في ستينيات القرن الماضي بنماذج أكثر عطاء – ليوضحا فكرة حديثة جداً تعرف باسم الهولوغرافية، التي تقول بإمكان تشفير المعلومات عن الكون عبر أبعاد زمكانية أقل مما يبدو لنا لأول وهلة.

يعلن أركاني–حامد نصف مازح: "نحلّ أنا وفريدي غرائب الكون". يجلس أركاني –حامد الضخم والمليء بالحيوية على طاولة كاشازو، بينما يتراخى كاشازو ذو الصوت الأنعم على أريكة يضغط بأصابعه على هاتفه بلاك بيري. ويقول كاشازو أحد نجوم بيريمتر الشباب، إن أحد أسباب مجيئه من فنزويلا إلى كندا هو أن يهرب من حرارة بلده. أما أركاني –حامد فهو "باحث متميز ذو كرسي" في بيريمتر، وزائر كثير التردد عليها يعمل في IAS. لقد حافظا على استمرارية عملهما بمساعدة صرّة من الحبوب محفوظة خلف كومة من الكتب، فعملا ليلاً، في محاولة لتحديد إشارات اثني عشر حداً ضمن معادلة. فتمكنا أخيراً من فكها عند الساعة الرابعة صباحاً، مما ترك لهما ساعة أخيرة للنوم. إنها خطوة صغيرة على طريق قد ينتهي بانعطاف مسدود. لكن ذلك هو نوع الجهد الذي يطلبه تورك: غير موجه وغير عادي وطموح.

إن الزمن وحده فقط سيخبرنا ما إذا كان هذان الفيزيائيان سيصلان إلى هدفهما – أو ما إذا كانت المؤسسة نفسها ستصل–. يقول تريمن Tremaine: عندما كنت "اسأل مبكراً عن بيريمتر، كنت أجيب قد تكون أهم مؤسسة جديدة منذ إنشاء (IAS)، وما زلت أقول أن هذا صحيح، ومازلت أستعمل الكلمة "قد".

بعد ساعات من استيقاظ كاشازو بعد عمل ليلي، اصطدمت شاحنة طلبات صدفة بمنظومة رش الماء تحت ساحة موقف سيارات بيريمتر. انطلقت صفارة إنذار الحريق. وظهر العشرات من الفيزيائيين خارجين ترف أعينهم في شمس نصف الصيف الحارّة، ليكتشفوا انخلاع أنبوب الرشاش الذي ينفث الماء. وكانت نصف رشاته باتجاه حائط مدخل بيريمتر، فغمر بعض الفيزيائيين الشباب أنفسهم في ضبابه –منهم من كان يلبس القصير ومنهم من كان يلبس الخاكي– وهم سعداء. أما نصف رشات النفاث الآخر فغمر سيارة من نوع "أستون مارتن" العائدة للازاريدس في إحدى زياراته التي يقوم بها للمؤسسة. يقول تورك لقد حصل "مايك على غسيل سيارة مجاناً أثناء دخول لازاريدس سيارته الرياضية.

إن إنسان المال يغادر لكن مسائل الفيزياء تبقى. تكدّس الفيزيائيون في قاعة البناء المغمورة بالشمس، بعد توقف الصفارة، مارّين تحت نقش يوناني – الجملة نفسها المتدلية ربما من أكاديمية بلوتو: "لا يسمح بدخول من لم يتمرّن في الهندسة". ويعود كاشازو إلى مكتبه في الطابق العلوي، حيث تضربه الشمس، ليستأنف عمله. غير أن المكيّف الهوائي لا يعمل – ربما بسبب إنذار الحريق. فترتفع درجة الحرارة في مكتبه لتصل 30°C. ويشعر بالثقل، كما أن دماغه يعمل بلا جدوى. فيعلن الفنزويلي أنه متأهب ثانية لشتاءَ واترلو قائلاً: "لهذا السبب أتيت إلى كندا".

> *"هل هذه المؤسسة فعلاً هي لعبة الرجل الغني؟"*
> *– هوارد بيرتون*

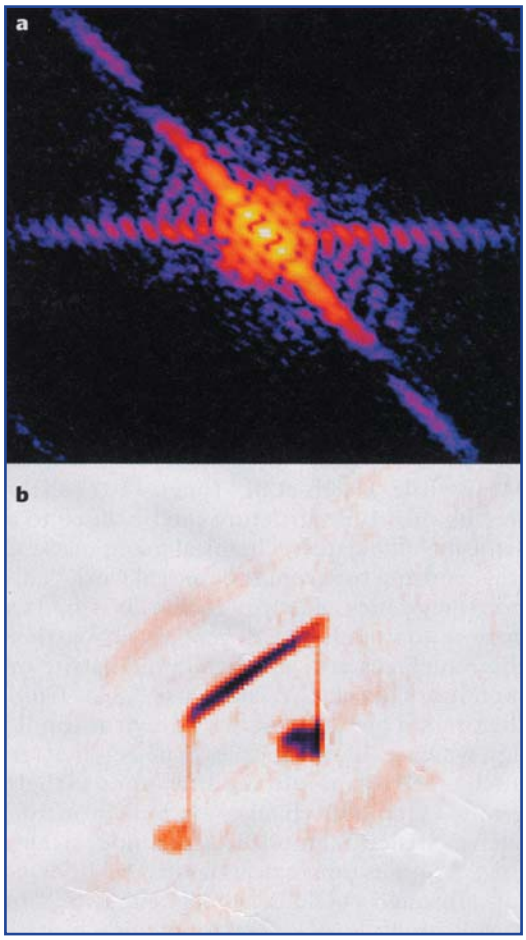
إريك هيد Eric Hand مراسل لمجلة نيتشر يقيم في واشنطن.

التصوير الفائق السرعة بأشعة X

لقد تم تطوير مجهر فائق السرعة خالٍ من العدسات ويعمل عن طريق حل كودات نماذج الانعراج لومضات ساطعة من أشعة X الشبيهة بالليزر. إن هذه الخطوة ينبغي أن تمكن من تسجيل الأحداث الفائقة السرعة النانوية القدّ.

لقد استطاع التصوير الضوئي الستروبوسكوبي تطوير فهمنا بشكل عميق لكل من الطبيعة والتقانة، كما يتوضح باللقطات الجميلة لمشهد اندلاق قطرات الحليب، أو رصاصة تخترق تفاحة، أنتجها رائد التقنية هارولد إدجرتون Harold Edgerton. في تقرير نُشر في Physical Review Letters، أعلن رافازيو Rava-sio وزملاؤه أنهم قد التقطوا صورةً لجسم نانوي باستخدام دفعة وحيدة من أشعة X من أسرع ضوء لتصوير أجسام متحركة strobe في الوجود.

إن أسرع الأحداث الطبيعية تحدث ضمن مقياس زمني هو آتو ثانية (10^{-18} ثانية) أو الفمتو ثانية (10^{-15} ثانية)، لذلك يجب أن يحصل في العالم النانوي، إذ إنه حتى الضوء ينتقل مسافة تعادل 300 نانومتر فقط في 1 فيمتو ثانية. ولما كان المَيْز المكاني لأي كاميرا أو مجهر محدوداً بالطول الموجي للضوء المنير، فإن دفقات قصيرة من الضوء وبأطوال موجية قصيرة جداً تكون ضرورية لرؤية الحركة الفائقة السرعة بشكل مباشر عند المقياس النانوي. يمكن أن تكون نبضات أشعة X مثالية، فعلى سبيل المثال، من أجل تصوّر كيف تتكيف الإلكترونات التي تربط الجزيئات معاً حينما تتغير بنية الجزيء في أثناء تفاعل كيميائي أو تغير توفيقي، وكيف تتعلق حركة جزيء حيوي (بيولوجي) بوظيفته، أو كيف تستطيع مواد مغنطيسية سريعة أن تبدل حالتها في أدوات تخزين المعطيات. بيد أن إنتاج دفقات ساطعة من أشعة X هو مطلَب من الناحية التقنية، لذلك فإن أغلب الدراسات الفائقة السرعة قد استخدمت مقارباتٍ غير مباشرة، مثل المطيافية spectroscopy لدراسة الأحداث الأكثر سرعة. بالإضافة إلى ذلك، فإن دفقات سريعة للإلكترونات في مجهر إلكتروني كانت بالفعل قد استعملت



الشكل1: حل كود النغمات. نشر رافازيو وزملاؤه تقريراً حول طريقة للحصول على صور ومضية ستروبوسكوبية لجسيمات نانوية المقياس. (a) تولّد نبضة فائقة السرعة (وقت التعرض، 20 فمتو ثانية) من حزم أشعة X شبيهة بالليزر نموذج انعراج عندما تُسلَّط على جسيم نانوي المقياس. (b) يتم حل كود نموذج الانعراج، باستخدام خوارزميات الحاسوب، من أجل إنتاج صورة للجسم وهي في هذه الحالة، "نغمات توافقية" ذات حجم ميكرومتري. يبلغ عرض كل عنصورة pixel 95 نانومتراً.

بنجاحٍ للتصوير الفائق السرعة عند المقياس النانوي.

وعلى أية حال، فقد شهد القرن الماضي تقارباً مثيراً لخطوات التقدم التي يمكن أن تغير قدرتنا على رؤية الأحداث النانوية المقياس. أولاً، فالتصوير بالانعراج دون عدسات يمكّن العلماء من استخدام حزم أشعة X المترابطة (الموجهة والشبيهة بالليزر) لالتقاط صورٍ لجسمٍ ما، ببساطة عن طريق توجيه حزمة مضيئة على الجسم ثم تجمعٍ الفوتونات المنعرجة، وتقوم خوارزميات حوسبة معقدة بمعالجة نموذج الانعراج لإظهار الصورة. وثانياً، يمكن لمصادر أخرى من الضوء أن تنتج نبضات مترابطة وفائقة القصر من أشعة X. فعلى سبيل المثال، تنتج أشعة X المتولدة من ليزرات الإلكترون الحر (XFELs) حزماً عالية الطاقة من أشعة X على شكل نبضات تدوم كل منها 100–200 فمتو ثانية. بيد أن هذه المنشآت التي حجمها بحجم ملعب رياضي – مكلفةٌ وخاصة؛ فالدخول محدودٌ لشخصٍ واحد مسموح لمستخدمين قلائل في كل مرة، وهي موجود فقط في بضعة أماكن في أنحاء العالم. بالإضافة إلى ذلك، فمعدل تكرار النبضة للـ XFELs محدود حالياً ضمن ما يقارب 10–120 هرتز.

ومن جهةٍ أخرى، تستطيع ليزرات الطاولة أن تصدر نبضات (تقدر بالفمتو ثانية) ضمن مجال تحت الأحمر والمرئي من الطيف، ويمكن أن يتم تحويلها مباشرة إلى أشعة فوق بنفسجية وأشعة X متدنية الطاقة باستخدام عملية لا خطية مفرطة تسمى توليد التوافقيات العالية (high-harmonic generation). وفي هذه العملية، يتم أولاً سلخ إلكترون من الذرة عن طريق الحقل الليزري، ثم يتم تسريعه بعيداً عن الأيون الناتج ومن ثم يرجع مرة ثانية.

يجمّع الإلكترون الطاقة الحركية في أثناء رحلته، والتي يتم تحريرها كفوتون من أشعة X وذلك حينما يُعاودُ الإلكترون اتحاده مع الأيون. يمكن لحزم أشعة X الناتجة أن تكون مترابطة بشكلٍ كليٍّ تحت ظروفٍ معينة، ويمكن لأمد النبضة أن يمتد من عشرات الفيمتو ثانية إلى أقل من 100 آتو ثانية. وعلى الرغم من كون طاقة كل نبضة أقل بألف إلى مليون مرة من تلك التي تنتج بواسطة [XFELs]، فإن معدل تكرار النبضة يمكن أن يكون مرتفعاً جداً ويمتد ما بين 10 Hz(هرتز) إلى أكثر من 50 kHz.

ولقد نجح التصوير بالانعراج الخالي من العدسات في إعادة بناء لقطاتٍ لجسيمات الفيروس virions، والخلايا والبنى النانوية والبلازما (عند ميْز) جيد باستخدام إشعاع السنكروترون ومصادر XFEL العالية التوافقية. تم الحصول على صورٍ عند ميز يبلغ 50 نانومتراً بواسطة المصادر العالية التوافقية، وذلك بتعريض جسيم نانوي إلى حزمةٍ نبضيّة من أشعة X ولمدة 80 دقيقة، في حين أن صوراً التقطت بميز 120 نانومتراً تطلبت تعرضاً استغرق 30 ثانية فقط. وفي تجارب كهذه، فإنه يتوجب دمج المعطيات من نبضات عديدة من أجل الحصول على صورةٍ وحيدة، لأن الشدة في كل نبضةٍ تكون منخفضةً جداً لدرجة لا تمكنها من إعطاء صورة بمفردها. على الرغم من ذلك، فهذه الطريقة يمكن أن تستخدم لمتابعة الدينامية النانوية nano–scale dynamics بمنتهى البساطة عن طريق تغيير التأخير بين نبضة ضخ ليزية laser pulse pump (التي تحرّض السلوك الديناميكي) ونبضات أشعة X السابرة.

وفي بعض الحالات، على أية حال، يكون من الأفضل أن يتم التقاط نماذج انعراج في لقطةٍ وحيدة عالية الشدة من أشعة X وذلك، على سبيل المثال، إذا ما خُرِّب الجسم الموجود تحت الاختبار بسبب الظروف التجريبية. وحتى الآن، كان وما يزال التصوير بأشعة X وحيدة اللقطة العالمَ الحصري لمنشآت (XFEL) الكبيرة، لأن هذه المصادر هي وحدها فقط تنتج نبضاتٍ ذات شدةٍ كافية. لقد تم استخدام (XFEL) في التقاط حركةٍ ديناميكية: إذ يثار أولاً جسيم نانوي عن طريق نبضة ضخ ليزرية (pump)، ومن ثم يسبر بواسطة نبضاتٍ وحيدة من أشعة X في أوقات مختلفة فيما بعد. وتبين المجموعة الناتجة من الصور التي تم الحصول عليها عند ميز 50 نانومتراً – كيف يتغير الجسم مع الزمن مستجيباً لذلك الضخ.

نشر رافازيو وزملاؤه في تقرير حالي لهم أن التصوير بالانعراج وبلا العدسات يمكن استخدامه لالتقاط صورةٍ لجسيم نانوي باستخدام دفقة ساطعة وحيدة لأشعة X ذات سرعة فائقة (20 فمتو ثانية) تُولّد باستخدام توافقيات عالية (الشكل 1). وقد استخدم المؤلفون حزمة من أشعة X منخفضة الطاقة –والتي تبلغ طاقة الفوتون فيها حوالي 40 إلكترون فولط، وهو ما يعادل طولاً موجياً يبلغ 32 نانومتراً– وذلك للحصول على صورةٍ لها مَيْز يبلغ 120 نانومتراً. إن السبب الذي كان وراء نجاحهم، هو استخدام ليزرٍ أكبر في توليد أشعة X ساطعة بما يكفي: فقد بلغ البعد البؤري للعدسة الموجودة ضمن منظومة إنتاج أشعة X 5.5 أمتار. ولذلك فقط كان جهاز الليزر كبيراً نسبياً، لكنه بقي مع ذلك أصغر بكثير من XFEL. بالإضافة إلى ذلك، ونظراً لكون نبضات أشعة X المنتجة بواسطة التوافقيات العالية high harmonics تتولد بواسطة ليزر ضوئي، فإن تزامنها synchronized يتم بشكل مضبوط مع ذلك الليزر. وهذا يجعل التقاط صورٍ متغيرةٍ ديناميكياً ضمن مَيْز زمني من رتبة الفمتو ثانية باستخدام عملية (سبر–ضخ) أسهل من استخدام مصدر (XFEL)، الذي لا يكون

فيه الليزر الضاخ وأشعة X متزامنة بشكل مضبوط.

وقد حصل رافازيو وزملاؤه لحد الآن على صورٍ لأجسام اختبار فقط، لكن تصوير أشعة X المنعرجة وبدون عدساتٍ يحمل الأمل الواعد كنافذةٍ إلى العالم النانوي السريع الحركة. في الحقيقة، فقد تم فعلاً استخدام الحزم العالية التوافقية والفائقة السرعة، على سبيل المثال، من المتابعة غير المباشرة للكيفية التي تقترن بها الإلكترونات والذرات مع بعضها عند ما يغير الجزيء من شكله، والكيفية التي تسري بها الحرارة في البنى النانوية، والكيفية التي تتحرك بها الإلكترونات بين سطح حفزي وجزيئات يمتزّها ذلك السطح.

ثمة العديد من الأسباب لتوقع "انفجار" في عدد تطبيقات التصوير بأشعة X الفائقة السرعة. كان مجال الطاقة الذي يمكن فيه توليد حزم توافقيةٍ ساطعة مقتصراً في السابق على طاقات للفوتون أقل من 100 إلكترون فولط الموافق لأطوال موجية أكبر من 13 نانومتراً. وقد قيّد هذا المجال بشكل كبير التنوع في الأجسام التي يمكن تصويرها. ولحسن الحظ، فإن التقدم الحاصل حديثاً في مصادر الضوء ذي التوافقية العالية، جعل بالإمكان إنتاج حزم ساطعة في مجال يمتد من الأشعة فوق البنفسجية إلى أشعة X عالية الطاقة في الطيف الكهرمغنطيسي (أي، إلى أطوال موجية أقل من 1 نانومتر). وهذا لن يجعل من الممكن زيادة تنوع الأجسام التي يمكن تصويرها بشكل أساسي، فحسب، بل يمكن أيضاً الحصول على مَيْز مكاني أعلى بكثير (ما يقدّر بأقل من 10 نانومترات)، وبشكل أساسي: صنع مجهر ذي مَيْز فائق يستطع تصوير عينات سميكة في ثلاثة أبعاد.

نُشر هذا الخبر في مجلة Nature,Vol 460, 27 August 2009.
ترجمة هيئة الطاقة الذرّية السورية.

الليزرات تمضي باتجاه النانو

تجربتان تولّدان ضوء الليزر باستخدام الحركة الجمعية شبه الموجية للإلكترونات الحرّة على سطح معدن، تقومان بنقل علم وتقانة الليزر إلى عالم النانو.

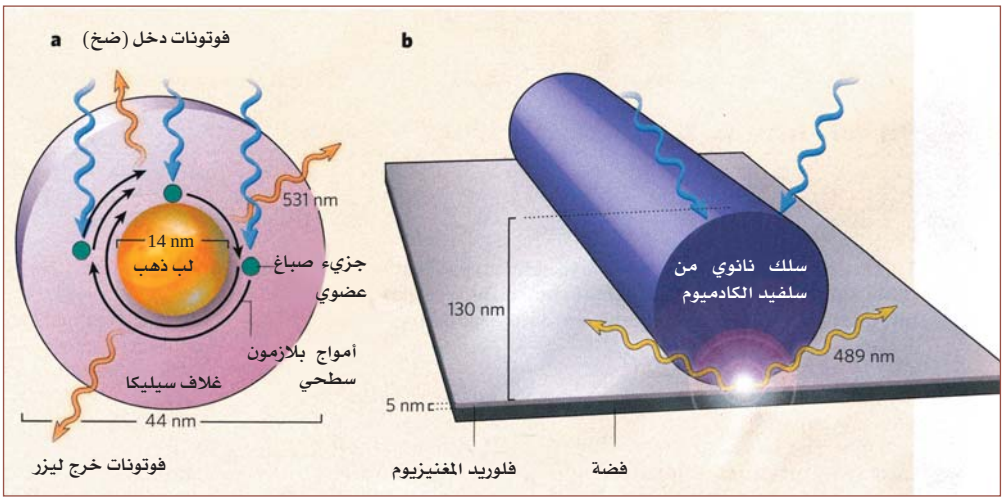
دعنا نتصور ماهو الوقع الحاصل فيما إذا امتلكنا ليزراً شغّالاً بشكل تام، ذا أبعاد نانوية أي ليزراً نانوي. فعلى الجبهة التطبيقية، ستبرز تطلعات لاحصر لها من بينها، تصنيع دارات نانوية فوتونية فائقة السرعة تحقّق إنجازات لا سابق لها، وتحسين تقنيات مثل الطباعة الليثوغرافية النانوية وتحسُّس جزيء كيميائي حيوي منفرد. ويمكننا أيضاً تخيّل مقاييس نانوية كعناصر أساسية في التقانات المعلوماتية الكمومية. وسيكون لدينا على مستوى أعمق في البحوث الأساسية، أدوات أكثر مقدرة لدراسة التآثرات القوية بين الضوء والمادة. تقدّم ورقتان علميتان، نُشرتا في مجلة Nature، تطورات تجريبية قيّمة باتجاه تنفيذ ليزرات نانوية وظيفية.

على النقيض من المصباح اليدوي العادي، يصدر الليزر حزمة كثيفة ومتوازية من الضوء المترابط وحيد اللون. تنشأ هذه الخواص عن التآثرات بين اثنتين من مركبات الليزر هما تجويف بصري يُمكّن التجاوب الفوتوني ووسط كسب يضخّمه. تضخ الطاقة بشكل خارجي، في وسط التضخيم هذا ثم تحرَّر لاحقاً على شكل فوتونات تنبعث جميعها بشكل مترابط –من خلال آلية تدعى الإصدار المحثوث وبسبب خاصية التغذية الراجعة الضوئية لتجويف الليزر– أي إنها جميعها تملك التردد نفسه وتكون متسقة في خطى واحدة بينها.

يجري إدخال الطاقة الخارجية عادةً، إما بتيار كهربائي (ضخ كهربائي) أو بإنارة ضوئية (ضخ ضوئي). وفي مجالات محددة، تحمل عملية الليزرة بعض التشابه مع توافق النغمات الموسيقية لأوركسترا قبل بدء الحفلة –يعزف الموسيقيون بآلاتهم لإصدار تواتر منفرد يكون "مستحثاً" بالنوتات التي يعزفها زملاؤهم. وكلما استمر التناغم، تمتلئ القاعة بالصوت بشكل متزايد (حتى لو كان غير مترابط) والذي يمكن

أن ينتشر بشكل نهائي خارج أبواب القاعة المفتوحة.

واجه مطلب الليزرات العالية التراص ذات المقاييس النانوية، عقبة أساسية ألا وهي حدود الانعراج. فلا يمكن للضوء وفق الوسائل التقليدية، أن يُبأَّر في بقعة أصغر من حوالي نصف طول موجته، فمن أجل الضوء المرئي الذي تمتد أطوال موجاته مابين 300–800 نانومتر، يكون البعد الأصغر لكلٍّ من البقعة وتجويف الليزر محدوداً لبضع مئات من النانومترات. تكمن الطريقة الملائمة للتغلب على هذه المحدوديه، باستعمال تجويف معدني يمكنه حصر الضوء ضمن أبعاد أصغر بشكل ملحوظ من طول موجه الضوء.



الشكل 1- عملية الليزرة النانوية المرتكزة على البلازمونات. (**a**) بنية الليزر المطوّر من قبل نوجينوف وزملائه. يتألف الليزر من لبٍّ من الذهب المحاط بغلافٍ من السيليكا دُفنت فيها جزيئات صباغ عضوي. تقدّم هذه الجزيئات الربح الضوئي لليزر. تنقل الطاقة (الفوتونات) المضخوخة في النظام إلى الحركة الجمعية للإلكترونات على سطح اللب الذهبي وتحث الإصدار المترابط وتضخيم مايُسمى بأمواج البلازمونات السطحية. تحوّل هذه الأمواج لاحقاً إلى ضوء ليزر بطول موجة **531 nm** نانومتراً. (**b**) ليزر أولتون وزملائه، الذي يعتمد مبدأ عمله أيضاً على أمواج بلازمونات سطحية. يتألف هذا الليزر من سلك نانوي من سلفيد الكادميوم مفصول عن سطح من الفضة بفجوة عازلة ثخنها **5 nm** نانومتراً ومصنوعة من فلوريد المغنيزيوم. يصدر ضوء الليزر المنبعث بطول موجة **489 nm** نانومتراً، عن بقعة مقيدة بشدة ضمن منطقة الفجوة.

تنجم هذه المقدرة عن وجود حركات شبه موجية جمعية للإلكترونات الحرة على سطح المعدن، تسمى بلازمونات سطحية. تولّد هذه التذبذبات أمواجاً كهرطيسية تتوضّع بشدة على السطح. وبشكل مماثل لليزر، اقترحت فكرة سبيزر Spaser (تضخيم البلازمون السطحي بالإصدار المستحث Surface Plasmon amplification by Stimulated emission) حيث تقوم فيها البلازمونات بالدور الذي تقوم به الفوتونات في الليزرات التقليدية، وبشكل مهم، يمكن مزاوجة تذبذبات البلازمونات السطحية بشكل مترابط مع الضوء خارج التجويف المعدني ومن ثم يمكن استثمارها لتحقيق ليزرات فائقة الصغر.

كانت العقبة الرئيسية أمام محاولات توليد ليزر يعتمد على البلازمونات، هي فقد الطاقة (المقاومة) في المعدن الذي يصنع منه التجويف. على كل حال، أظهرت عدة دراسات تجريبية أنه يمكن تعويض مثل هذا الفقد بإدخال وسط كسب ضوئي في النظام. في هذا السياق، قدّم هيل Hill وزملاؤه عملية ليزرة بواسطة تجويف مطلي بمعدن ومشغل كهربائي، ذي أبعاد من مرتبة 200–300 نانومتر.

تقدّم الدراسات الحاليّة المنجزة من قبل نوجينوف Noginov وآخرين وأولتون Oulton وآخرين، خطوة رئيسية إلى الأمام في مجال الليزرات النانوية المعتمدة على البلازمونات. ففي تجارب نوجينوف وزملائه، جرى كبسلة جزيئات نانوية من الذهب في كريات سيليكا قطرها 44 نانومتراً (الشكل 1a). يقدَّم الكسب الضوئي عن طريق جزيئات صباغ عضوية ضُمّنت في غلاف السيليكا والتي تُضَخ ضوئياً وتُزوّد البلازمونات السطحية بواسطة اللب الذهبي. تنقل الطاقة المضخوخة في الغلاف إلى البلازمونات السطحية لتحث الإصدار المترابط وتضخم أمواج البلازمونات السطحية. أخيراً، تحوّل هذه الأمواج إلى ضوء ليزر مرئي ذي طول موجة 531 نانومتراً والذي يُشعّ خارج الكريات. رغم إجراء تجربة نوجينوف وزملائه باستعمال طاقم وحيدة من كريات السيليكا بدلاً من كرية عزباء، فقد حاول المؤلفون أن يبرهنوا أن ضوء الليزر الناتج كان متولّداً عن كريات مفردة وبشكل مستقل بدلاً من أن يكون ظاهرة جمعية.

إن الليزر المطوّر من قبل أولتون وزملائه ذو بنية دليل موجي بتجويف بلازمون سطحي هجين وحيد، يتألف من سلك نانوي من نصف ناقل من سلفيد الكادميوم عالي الربح، ومفصول عن سطح منبسط من الفضة بواسطة فجوة عازلة ثخنها 5 nm نانومتر (الشكل 1b).

اقترحت تجارب المؤلفين والمحاكاة النظرية أن البعد الموافق للتجويف، وبالتالي حجم بقعة الليزر هي من مرتبة 25 نانومتراً، أي إنها أصغر بحوالي 20 مرة من طول موجة الليزر الشغّال، التي تساوي 489 nm نانومتراً. يضبط حجم بقعة ضوء الليزر بواسطة

عرض الفجوة العازلة وقطر السلك النانوي. وعلى النقيض من ليزرات السلك النانوي القياسية، لا يوجد حجم ليزر قطعي تنكفئ دونه عن الوجود أمواج البلازمونات السطحية الشديدة التقييد، وبالتالي يمكن تحقيق ما نتوقعه من صنع ليزرات أصغر تعتمد على البلازمونات السطحية فيما إذا خفّضنا عرض الفجوة بشكل أكبر.

رغم أن هاتين الدراستين، تقدّمان تطوراً ملموساً في مجال علم الليزر البلازموني إلا أنه تبقى هناك قضايا يجب معالجتها قبل إمكانية تحقيق الليزرات النانوية البلازمونية الكاملة الفعالية. فإحدى هذه القضايا هي الدرجة التي يصلها ترابط ضوء الليزر الصادر، وهذه واحدة من الخواص الأساسية التي يقوم المؤلفون بقياسها بشكل واضح. وهناك أيضاً، نقطة إشكالية أخرى تتعلق بعدم تسديد (تجميع) ضوء الليزر المنبعث في التجارب، والذي يحوّل أمواج البلازمونات السطحية إلى ضوء ليزر تقليدي مؤدياً إلى انتشار الضوء في جميع الاتجاهات.

وبقدر ماتذهب التطبيقات الحقيقية بعيداً، ستكون عملية الضخ الكهربائي أكثر ملاءمة في التقانات القياسية، من الضخ الضوئي المستعمل في التجربتين، وبصرف النظر عن ذلك، فإن وجود مواد نصف ناقلة في المخطط الهجيني المطور من قبل أولتون وزملائه يضمن إمكانية تشغيل ليزرهم البلازموني هذا بواسطة تيارات كهربائية. لقد استُثمرت البلازمونات السطحية، في كلتا التجربتين، فقط من أجل تنفيذ ليزرات نانومترية فائقة الصغر، لكن هناك منظور مثير يجب أن يُدرس، ألا وهو استعمال النبائط بمثابة السبيزر الخالصة –أي كمصادر لبلازمونات سطحية مترابطة. وهذا سيمهد الطريق إلى نمطٍ جديدٍ من صنع الدارات النانوية المعتمدة كلياً على البلازمونات السطحية.

نُشر هذا الخبر في مجلة Nature,Vol 461, 1 October 2009.

ترجمة د. توفيق ياسين، عضو هيئة التحرير.

البيولوجيا البنيوية تحرز جائزة الكيمياء

جائزة نوبل في الكيمياء للثلاثة الذين وصفوا الريبوزوم

قام ثلاثة مختصين في البيولوجيا البنيوية بوضع خارطة لبنية الريبوزوم ووظائفه الداخلية –أي آلية العمل في الخلية لمخض البروتينات من الشيفرة الجينية– مما جعلهم يفوزون بجائزة نوبل في الكيمياء هذا العام.

وقد تقاسم الجائزة بالتساوي كل من فينكاترمان راماكريشنان Venkatraman Ramakrishnan، الذي يعمل في مختبر مجلس الأبحاث الطبي في البيولوجيا الجزيئية في كامبردج، المملكة المتحدة؛ وأدا يوناث Ada Yonath من معهد وايزمان للعلوم في ريحوبوت Rehovot في فلسطين المحتلة، وتوماس ستايتز Thomas Steitz من جامعة يالا في نيوهيفن في كونيكتيكوت.

"إن الصور ذات الميز العالي تُغير طبيعة المجال. إنها ذات تأثير غير متناسب".

أفاد راماكريشنان: إن العديد من الناس ساهموا بذلك، والريبوزوم جسيم هام جداً، وأنا سعيد جداً بأن أكون واحداً من الثلاثة الذين فازوا بالجائزة.

كانت عملية شرح بنية الريبوزوم الخطوة الهامة نحو فهم كيفية تحويل DNA إلى بروتينات. ويقول راماكريشنان "وإلى أن تفهم كيف يتم ترتيب الذرات، فإنه من الصعب أن تستكمل المعرفة البيوكيميائية في ذلك الإطار. إن الصور ذات الميز العالي تغير طبيعة المجال، وذلك من خلال توجيه التجارب البيوكيميائية. إن لها تأثيراً غير متناسب.

استخدمت المجموعات التابعة لراماكريشنان وشايتز في علم البلورات بأشعة X من أجل إيجاد حل بنى للريبوزومات المختلفة ذات الميز العالي المتزايد، وهي في الغالب من كائنات حية بسيطة كالبكتريا مثلاً. لقد مهدّت يوناث الطريق لهذه الدراسات وذلك من خلال تكوين أول بلورات للريبوزوم وبالاعتماد على هذه البنى، اكتشف الباحثون كيف يستطيع الريبوزوم أن ينتزع الرنا المرسال messenger RNA (منسوخاً من DNA) والتي تتبع وصفة الحامض الأميني، ثم تربط هذه الوحدات مع بعضها لتنتج بروتينات.

الريبوزوم ذو بنية كبيرة ومعقدة، حتى ولو كان في شكله البكتيري الصغير، وهو يتألف من وحدتين فرعيتين ومن أكثر من خمسين بروتيناً مختلفاً. في أواخر سبعينيات القرن الماضي كان هذا أكبر في القيمة بعدة مرات من جزيئات بيولوجية أخرى والتي كان يتم دمجها من أجل تشكيل البلورات مثل خضاب الدم (هيموغلوبين) وغلوبين العضلات (ميوغلوبين). وعلى كل الأحوال فقد حاولت يوناث. ويقول ياهيام بريور Yehiam Prior رئيس قسم الكيمياء في معهد وايزمن: "إن فكرة بَلْورة الريبوزوم كانت خيالية تماماً، لكن أدا كان لديها إيمان عميق بأنها كانت تعرف ماذا تفعل".

وباستخدام كائنات حية مرنة مع ريبوزومات مستقرة على وجه الخصوص، متضمنة مخلوقات تعشق الملح من البحر الميت، نجحت يوناث بتشكيل بلورات ثلاثية الأبعاد للجزيء. ثم قامت بتعريضها لأشعة X، فحصلت على أولى الصور المشوشة للريبوزوم.

ومن ذلك الاكتشاف ركزت فرق أخرى على تشكيل بُنى ذات ميز عالٍ للتوصل إلى البنية الذرية. ركز فريق شايتز على الوحدة الفرعية (الوُحَيْدة) الأكبر بـ 50S للجزيء، والتي تجمع الحموض الأمينية مع بعضها لتشكل البروتينات، نُشرت أول بنية ذات مَيْز ذري في عام 2000.

"كانت تلك أوقاتاً مثيرة تحمل منافسات كبيرة بين عدة مجموعات في نفس المجال. كان لدينا مناقشات تدوم لساعات كل يوم" هذا ما أفاد به نيناد بان Nenad Ban، والذي عمل في مخبر شايتز كحامل للدكتوراه والآن يعمل في المعهد الفيدرالي السويسري للتقانة في زوريخ. في هذه الأثناء هاجمت مجموعة راماكريشنان الوحدة الفرعية الأصغر 30S والتي تُمسك بالرنا المرسال m RNA.

إن انحلال بنية الريبوزوم قد يُنتج أرباحاً في صيغة إمكان تطوير مضادات حيوية جديدة. ويقول راماكريشنان: "لقد بدأ الريبوزوم يظهر أهميته الطبية". هذا وقد نشر الباحثون الثلاثة تحليلات عن كيفية مهاجمة المضادات الحيوية للبكتريا وذلك عن طريق تمزيق ريبوزوماتها وبذلك يمنعونها من تكوين البروتينات.

إن المضاد الحيوي كلورامفينيكول Chloramphenicol على سبيل المثال، يرتبط بالموقع الفعال للوحدة الفرعية 50S فيمنعها من ضم الحموض الأمينية بعضها إلى بعض، في حين يُحدث الإرثيروميسين erythromycin (مضاد حيوي) الإمساك للريبوزوم وذلك بسد القناة التي تنطلق من خلالها سلسلة تامة من الحموض الأمينية بشكل طبيعي إلى خلية ستوبلازما (هيولى) الخلية حيث يتم غلقها.

وبما أن البكتريا طورت مقاومتها لهذه المضادات الحيوية، بدأت عدة شركات مثل شركة Rib-X للمستحضرات الطبية –والكائنة في نيوهيفين، في كونيكتيكوت، والتي تدير فريق ستايتز– تستعمل المعرفة ببنية الريبوزوم لتشكيل مضادات حيوية جديدة، وهي تخضع حالياً لتجارب سريرية.

وللمرة الثالثة خلال سبع سنوات تُمنح جائزة نوبل في الكيمياء إلى علماء البلورات crystal-lographers الذين عينوا بنية الجزيء البيولوجي وعمله المعقد. ويقول توماس لين Thomas Lane رئيس الجمعية الكيميائية الأميركية في واشنطن DC: "يبدو بالفعل أنه موضوع متكرر"

لكن هذه البيولوجيا البنيوية في جوهرها هي "أساساً كيمياء"، ويضيف جيرمي ساندرز Jeremy Sanders رئيس قسم العلوم الفيزيائية في جامعة كامبردج، المملكة المتحدة: "حتى ولو أن العديد من الصيادلة لم يسمعوا عن أي واحد من الفائزين".

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

ترجمة هيئة الطاقة الذرّية السورية.

ظهور طرائق جديدة لاصطناع متعددات الحديدية

إن المواد التي تجمع خواص حديدية –مثل المغنطيسية الحديدية والكهرباء الحديدية– مرغوبة إلى حد كبير، غير أنها نادرة. ينبئ الصنف الجديد من الأجسام الصلبة المتعددة الحديدية بمقاربة جديدة من أجل صنع تلك المواد.

تعتبر المواد البلورية المسامية المعروفة مثل الأطر الفلزية –العضوية (MOFs) حالياً موضوعاً مثيراً للبحث العلمي وجدت له تطبيقات في التحفيز وفي تخزين الهدروجين وفي العناصر الضوئية وغيرها، وإضافة إلى ذلك، وصف جين Jain وزملاؤه، في مقالتهم في مجلة الجمعية الكيميائية الأمريكية، فصيلة من الـ MOFs تملك خاصية أخرى مفيدة وذات قدرة كبيرة. إنها فصيلة ذات حديدية متعددة، تجمع المغنطيسية الحديدية المعروفة من مغانط القضبان الحديدية مع الكهرحديدية المضادة –وهي صفة تكون فيها جزيئات المادة المتجاورة موجهة بحيث تكون ثنائيات القطب الجزيئية في اتجاهات متعاكسة. إن متعددة الحديديات مرشحة بشكل مغرٍ للاستخدام في عناصر الأمواج المكروية القابلة للتحكم بها كهربائياً، وفي محسّات الحقل المغنطيسي، بل ربما حتى في السبنترونيات.

تكون خواص الحديديات بعدة أشكال وذلك عائد إلى ما يسمى ببارامترات الترتيب (الحالة) order parameters، والتي تظهر جميعاً بالقرب من درجة حرارة حرجة ما. إن بارامترات الترتيب الأساسية هي المغنطيسية الحديدية، والكهرحديدية (الاستقطاب الكهربائي التلقائي الذي يمكن عكسه بواسطة حقل كهربائي)، والمرونة الحديدية (الإجهاد التلقائي). ولكن توجد صفات مميزة أخرى بما فيها الكهرحديدية المضادة. إنَّ أي مادة تجمع أكثر من صفة واحدة من هذه الصفات توصف بمتعددة الحديديات. وإذا ما اقترنت بارامترات الترتيب متعددة الحديدات إحداها مع الأخرى، فعندها يمكن تداول كل منها بتطبيق حقل مرافق من الآخر. فمثلاً يمكن في المواد ذات الكهربية المغنطيسية التلاعب بالعزم المغنطيسي لمادة ما بواسطة الحقل الكهربائي، أو التلاعب بالعزم الكهربائي بواسطة الحقل المغنطيسي. إن لهذه المواد فائدة علمية أساسية كبيرة، كما أنها أيضاً مرغوبة جداً من أجل تطبيقات عديدة.

وبسبب ذلك، فقد أظهرت السنوات الأخيرة جهوداً عالمية حثيثة لاكتشاف أصناف واسعة من متعددة الحديديات، وذلك باستخدام توليفة من المواد الكيميائية، سواء كانت مقاربات نظرية أم تقنيات اصطناعية. ولسوء الحظ، فقد ثبت بشكل واضح ومتزايد أن البنى الإلكترونية للجزيئات المطلوبة للمغنطيسية الحديدية وللكهرحديدية تبدو مستبعدة بشكل متبادل. تتطلب المغنطيسية الحديدية بشكل نموذجي إلكترونات غير متزاوجة لكي تتآثر خلال عملية ميكانيكية–كمومية تعرف باسم الاقتران المتبادل exchange coupling. ولكن مواد الكهرحديدي النموذجية (مثل تيتانات الباريوم، $BaTiO_3$، والبنى الأخرى التي لها صلة بمركبات بيروفسكيت perovskite، الحاوية على الفلزات الانتقالية) تتطلب أيون فلز –انتقالي، حتى تتوفر فيها طبقة خارجية فارغة من الإلكترونات. وهذا التباين الأساسي هو السبب الرئيس الذي يجعل المواد التي تجمع كلاً من الصفات الكهرحديدية والمغنطيسية الحديدية غير متوفرة كثيراً. وأما المواد التي تجمع كلا بارامتري الترتيب فيكون أحدها عادة أضعف بكثير وتظهر في درجات حرارة أخفض من الأخرى.

تبنى معظم الباحثين أربع مقاربات أساسية لتجريب صنع مواد كهربية مغنطيسية أفضل (القائمة1). وكانت جميع المحاولات هذه تهدف إلى إدخال الكهرحديدية إلى المواد المغنطيسية، وذلك باستعمال آليات تتجنب سوء التوافق الأساسي المذكور سابقاً. تصنّع المواد الكهربية المغنطيسية أيضاً خلال مقاربة تركيبية –وذلك بخلط كهرحديدي ومغنطيس حديدي بطريقة يكون الإجهاد فيه هو وسط الاقتران. ربما كانت حديديت_البزموت، ($BiFeO_3$) بيروفسكيت)، هي أكثر مواد الكهربية المغنطيسية الواعدة حتى الآن، التي تكون فيها البارامترات المقترنة هي الكهرحديدية والمغنطيسية الحديدية المضادة. يعتبر حديديت البزموت معلم القياس للأبحاث العالمية في البحث العلمي عن المواد الكهربية المغنطيسية وذلك بتوجيه تصميم هندسة بناء المواد المتعددة الحديدية الممكنة، وللإعلام عن استخدام المقاربات النظرية التي تبحث بشكل صحيح عن الكهرحديديات ذات المغنطيسية الحديدية.

تمثل مركبات MOFs لـ جين وزملائه، مع ذلك، صنفاً جديداً تماماً من متعددة الحديدية –لقد ظهرت مسبقاً تقارير عن مركبات

الجدول 1- آليات من أجل متعددة الحديديات

الآلية	الوصف	الأمثلة
تأثيرات الزوج-الوحيد	في بروفسكيتات الصيغة العامة ABX_3، تشوه الأزواج الوحيدة للإلكترونات على الكاتيون A هندسة الأنيون BX_3 الحاصلة في الكهرحديدية.	$BiFeO_3$ $BiMnO_3$
إجهاد هندسي	تولد تأثيرات ثنائي القطب –ثنائي القطب البعيدة المدى ودورانات ذرات الأكسجين حالة مستقرة من الكهرحديدي.	$YMnO_3$
ترتيب الشحنة	بعض الترتيبات غير المتناظرة المركز للأيونات تحرّض الكهرحديدية في المواد المغنطيسية.	$LuFe_2O_4$
ترتيب المغنطة	تتحرض الكهرحديدية بترتيب مغنطيسي بعيد المدى بحيث يفقد ترتيب ثنائيات القطب المغنطيسي تناظر الانعكاس.	$TbMnO_3$, $DyMnO_3$, $TbMn_2O_4$

بيروفسكيت كهربية مغنطيسية كانت مركبات لاعضوية صرفة، ولكن مركبات MOFs لها بنى هجينة تتضمن أيونات فلزية معقدة مع جزيئات عضوية. يسمح وجود الجزيئات العضوية في البنى لروابط الهدروجين أن تتشكل بين مكونات الـ MOFs. وتكون هذه الروابط هي المسؤولة عن ترتيب مركبات MOFs لـ جين وزملائه بشكل تولّد صفات متعددة الحديدية. وهذا أول ما أُحدِث في هذا الحقل من الأبحاث. عيّن المؤلفون مسبقاً بنية الكهرحديدي المضاد، MOF التي تحوي أيونات الزنك Zn^{2+}. وبإحلال الزنك محل أيونات فلز انتقالي مغنطيسي، مثل أيونات الحديد (II) (Fe^{2+})، استطاعوا صنع مواد متعددة الحديدية.

لاحظ المؤلفون أنه عند التبريد تخضع المركبات المتعددة الحديديات MOFs التي أوجدوها إلى تحوّل من الطور الكهربائي المساير (حيث تصبح المواد مستقطبة كهربائياً مؤقتاً في حقل كهربائي خارجي) إلى الطور الكهرحديدي المضاد، في درجات حرارة حرجة تتراوح بين الـ 160 إلى 180 كلفن. وهذا يتوافق مع تغيّر في البنية الجزيئية لـ MOF من حالة عدم الترتيب إلى حالة أكثر ترتيباً. ومن المستحسن حتماً أن نرى بأن تأثيرات الربط الهدروجيني يمكن أن تؤدي إلى درجات حرارة انتقالية عالية نسبياً. وعلى أية حال، وجد جين وزملاؤه أن هذا الانتقال لا يتأثر بحقل مغنطيسي وهكذا يكون من المرجح تماماً أن لا يوجد هنالك اقتران كهربائي –مغنطيسي مترافق معه. ولكن تخضع المركبات، تحت درجات حرارة أقل من 10 كلفن للتحول إلى طور آخر هو كهرحديدي مضاد ومغنطيسي حديدي ضعيف معاً. وأما حقيقة أن الانتقال إلى الحالة المغنطيسية يحدث أكثر في درجات حرارة أخفض فإنه يتوافق مع المغنطيسية الحديدية MOFs النموذجية، وهذا نتيجة للطبيعة غير المباشرة للتأثرات الكمومية المتبادلة بين الإلكترونات الموجودة في هذه المركبات.

إن مركبات جين وزملائه بداية مهمّة. ولكن التطبيقات العملية، ستتطلب زيادة درجات حرارة التحول المتعددة الحديديات MOFs هذه إلى حوالي درجة حرارة الغرفة، وكذلك يجب أن تزداد شدة الاقتران بين بارمتري الترتيب. إن الميزة الحسنة في مركبات MOFs هي إمكان تعديل بنتيها بسهولة مما يسمح، من حيث المبدأ، لخواص المركبات بأن تبلغ الحد الأمثل ببساطة. وفي الوقت ذاته، إن ما اكتشفه جين وزملاؤه، يثبت أهمية المبدأ بأن الترتيب الكهربائي في مواد متعددة الحديديات يمكن أن ينشأ من الربط الهدروجيني. وما هو أهم، هو أنه في الحقل الذي تتحكم فيه المواد الحاوية على عنصر الرصاص السام، فإن MOFs تتيح فرصاً جديدة من أجل إنتاج مركبات متعددة الحديديات خالية من الرصاص مكيفّة من أجل التطبيقات التقانية النوعية.

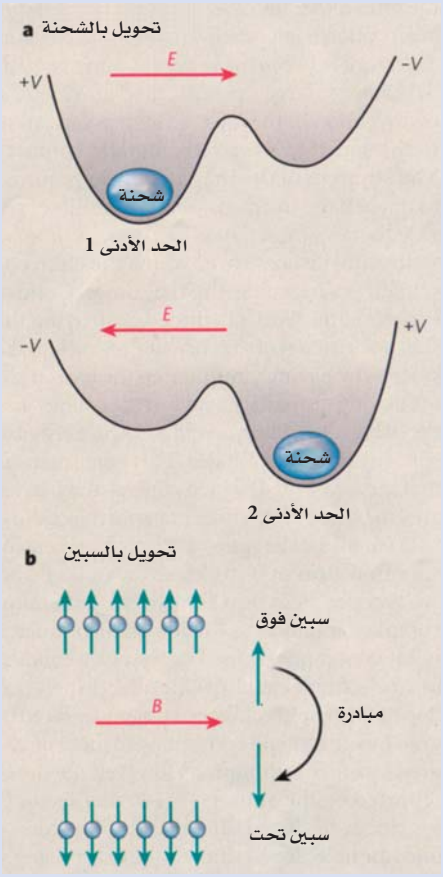
نُشر هذا الخبر في مجلة Nature, Vol 461, 29 October 2009.
ترجمة د. أحمد حاج سعيد، عضو هيئة التحرير.

سبينترونيات السليكون تثير الاهتمام

تمَّ حالياً إثبات أن من الممكن القيام بعملية حقن كهربائي للإلكترونات المستقطَبة السبين في جذاذة من السليكون وكشفها عند درجة حرارة الغرفة، وبذلك تصبح الطريق ممهدةً لتطوير مجموعة دارات كهربائية سبينترونية نصف ناقلة ومنخفضة القدرة.

إن دفع شحنة إلكترون نحو جذاذة سليكون تنقل علم الإلكترونيات الحديث من الحواسيب الفائقة إلى الهواتف المحمولة. لقد استخدمت توزيعات الشحنة طوال عقود لترميز المعلومة الرقمية وذلك لسهولة توليفها بالإضافة إلى قوتها المدهشة وقابلية التنبؤ بها. وفوق ذلك، فإن الشحنات تستجيب بسرعة لتغيرات فولطية الجهيزة (النبيطة) على الرغم من استرخائها بسرعة إلى تشكيلة التوازن التي تتطلبها أمثال هذه الفولطية. وعلى أية حال، فإن هذه الخواص المفيدة تعني أيضاً أن هنالك طاقة دنيا أساسية مطلوبة لتحويل الجهيزة من فولطية العمل إلى فولطية التوقف. وباقتراب الجذاذات الحديثة من هذا الحد الأساسي، فإن توقّع استبدال سبين الإلكترون بشحنته أصبح شيئاً مرغوباً إلى حد كبير. وقد وصف داش Dash وزملاؤه إنجازاً مثيراً في حقل السبينترونيات (إلكترونيات نقل المعلومات بواسطة السبينات بدلاً من الإلكترونيات): وهو إثبات أن من الممكن القيام بعملية حقن كهربائي وكشف للإلكترونات المستقطبة السبين في جذاذة السليكون عند درجة حرارة الغرفة– أي جميع الإلكترونات التي تملك التوجه السبيني نفسه.

منذ عقد من الزمن، شجّع إثبات مبادرة توجه السبينات المترابطة المستمرة طويلة العمر (أي دوران توجه سبين الإلكترون حول محور) في أنصاف النواقل عند درجة حرارة الغرفة البحوثَ على استخدام السبينترونيات في أنصاف النواقل. ولكي تكون المبادرة مترابطة، لا



الشكل 1: تحويل بالشحنة مقابل تحويل بالسبين. **a**: في التحويل الإلكتروني التقليدي القائم على شحنة الإلكترون، يحرّك الحقل الكهربائي (E) توزع شحنة من موضع ما إلى موضع آخر. (مثل تحويل الشحنة إلى داخل قناة الترانزستور للسماح للتيار بالجريان). يكون توزع الشحنة بحالة توازن، وهكذا يجب استخدام حاجز كمون طاقي (محرَض بتطبيق فولطية V) أكبر بكثير من طاقات حرارية لإبقاء توزع الشحنة في الموقع المرغوب (النهاية الدنيا للطاقة الكامنة في 1 أو 2). **b**: في التحويل السبينتروني القائم على سبين الإلكترون بدلاً من شحنته، تبقى السبينات خارج التوازن الحراري لمدد طويلة من الزمن، وهكذا لا يتطلب الأمر حاجزاً طاقياً لإبقائها في الاستقطاب المرغوب (سبين فوق أو سبين تحت). يمكن تحويل السبينات من استقطاب إلى آخر (مثل تحويل سبين فوق إلى سبين تحت) باستخدام حقل مغنطيسي صغير (B) يجعل توجه السبين يبادر بشكل مترابط. أثبت داش وزملاؤه تجريبياً حقن السبين وكشفه ومبادرته المترابطة في السليكون عند درجة حرارة الغرفة- وهي خطوات جوهرية نحو إنجاز التحويل السبينتروني.

تستطيع السبينات أن تكون في حالة توازن ترموديناميكي، وقد بينت التجربة الأولى تلك أن الزمن اللازم لتبقى السبينات خارج وضع التوازن –زمن ترابط السبينات– هو بكل بساطة أطول بملايين المرات عمّا هو ممكن من أجل توزيعات الشحنة. وعلى سبيل المثال، إن تحويل استقطاب السبين من السبين "فوق" إلى السبين "تحت"، كما في (الشكل 1)، على أساس أن السبينات خارج التوازن الحراري، يمكن عندئذ أن يكون ممكناً، ولكن ذلك يتطلب حقناً كهربائياً لهذه السبينات المبادرة بشكل مترابط ثم نقلها وكشفها.

يبدو أن السليكون، وهو أفضل مادة نصف ناقلة من أجل الإلكترونيات القائمة على الشحنة، هو أيضاً خيار واعد من أجل السبينترونيات، حيث أن الاقتران بين سبين الإلكترون واتجاه الحركة فيه (تأثر سبين–مدار) ضعيف بالمقارنة مع كثير من أنصاف النواقل الأخرى. ولما كان تأثر سبين–مدار هذا يضع حداً لأزمنة الترابط، فينبغي أن يكون زمن ترابط السليكون طويلاً. وأثبتت التجارب الناجحة أن نصف الناقل زرنيخيد الغاليوم يأتي بعد السليكون مباشرة من حيث الحقن الكهربائي والنقل وكشف السبينات، ولكن في درجات حرارة أخفض. وقد أنجز داش وزملاؤه حالياً حقن السبين وكشفه في السليكون عند درجة حرارة الغرفة، وكذلك التحكم في السبينات المحقونة بواسطة حقل مغنطيسي ضعيف.

إن كفاءة الإجراء التجريبي الذي استخدمه داش وزملاؤه أفضل بكثير من المحاولات السابقة باستخدام السليكون المطعم (الذي يمتلك خلفية من حوامل شحنة غير مُستقطبة في حالة التوازن الحراري). حصل داش وزملاؤه على استقطاب سبين الإلكترون بنسبة مئوية هي بضعة آحاد مقارنة مع نسبة أقل من الواحد في المئة في عمل سابق مع السليكون المطعم؛ وقد تم الحصول على نسب مئوية أعلى مع السليكون غير المطعم. يتضمن الكشف الكهربائي للاستقطاب السبيني قياس الكمون الكهربائي عند تماس مغنطيسي حديدي. تعتمد شدة هذا الكمون على الاستقطاب السبيني وعلى التطعيم في نصف الناقل تحت التماس. أدى حصول داش وزملائه على استقطاب سبيني أكبر في السليكون المطعم إلى فولطية كشف أكبر بكثير (ميلي فولطات بدلاً من مكروفولطات). اعتمد أسلوبهم في الحقن الكهربائي والكشف على تماس كهربائي وحيد مؤلف من إلكترود معدني مغنطيسي حديدي وسطح بيني من أكسيد الألومنيوم (حاجز) بين السليكون والإلكترود، من أجل كل من الحقن والكشف. يزيد السطح البيني هذا من كفاءة الحقن الكهربائي لإلكترونات مستقطبة السبين من المغنطيس الحديدي إلى داخل السليكون. وبإبقاء التيار خلال عملية التماس ثابتاً، فإن الفولطية بينه وبين نقطة مرجعية قيست مع تغيير الحقل المغنطيسي. تتضمن هذه الفولطية مساهمة قليلة من الاستقطاب السبيني تحت التماس في السليكون، ولكنها محجوبة بفولطية المرجع الأكبر كثيراً. وإذن، كيف قام داش وزملاؤه بقياس استقطاب السبين في السليكون؟

تبادر السبينات في الحقل المغنطيسي، وإذا كانت تلك المبادرة أسرع بكثير من زمن ترابط السبين، فإن استقطاب السبين ينخفض بشكل كبير. ومن أجل حقن مغنطيسي كبير بكفاية، فإن السبينات الواقعة تحت التماس تصبح عشوائية ويتخامد استقطاب السبين. يقدم قياس الفرق بين الفولطية عندما يكون الحقل المغنطيسي مساوياً الصفر وعندما يكون الحقل المغنطيسي كبيراً مقدارَ مساهمة استقطاب السبين المحقون في الإشارة عند التماس المغنطيسي الحديدي. إن شدة الحقل المغنطيسي اللازمة لتخميد استقطاب السبين المحقون تقدم قياساً لزمن ترابط السبين (بالإضافة إلى المسافة التي تبقى فيها الإلكترونات مستقطبة خلال ذلك الزمن). وأما تجارب التحكم التي تتضمن تحطيم استقطاب سبين التيار المتدفق داخل السليكون (مع وجود الأتربيوم كحاجز) أو تعديل الحاجز بين التماس والسليكون (بإضافة السيزيوم) أدت إلى سعات حقن –سبين يمكن إهمالها. وهذا يثبت بأن تصميم التماس والحاجز بشكل جيد شيء مهم جداً للحصول على حقن سبين عالي الكفاءة.

أنجز داش وزملاؤه نجاحاً في حقن سبيني في كل من السليكون "المطعم بالإلكترونيات" والسليكون المطعم بالثقوب –المكوِّنان في تقانة معدن –أكسيد–نصف ناقل متمم complementary (CMOS) metal-oxide-semiconductor التي استخدمت في معظم مجموعة الدارات المكروإلكترونية التقليدية. يمكن أن يتوقع المرء بأن أزمنة ترابط السبين المقاس في السليكون المطعم الناتج يجب أن يتوافق مع تلك القياسات المستخدمة بتقنيات أخرى. على أية حال، إن الأزمنة المقدمة من داش وزملائه –وهي 140 بيكو ثانية من أجل السليكون المطعم بالإلكترونات و270 بيكو ثانية من أجل السليكون المطعم بالثقوب– قصيرة بشكل مدهش. وبالمقارنة مع زرنيخيد الغاليوم الذي يكون تأثر مدار–سبين فيه أكبر بعشر مرات مما هو في السليكون، نجد أن زمن الترابط السبيني فيه عند درجة حرارة الغرفة أصغر بثلاث مرات فقط، وهو حوالي 50 بيكو ثانية. إن هذه النتيجة المربكة لا تمنع بالضرورة من استخدام السليكون في جهيزات (نبائط)

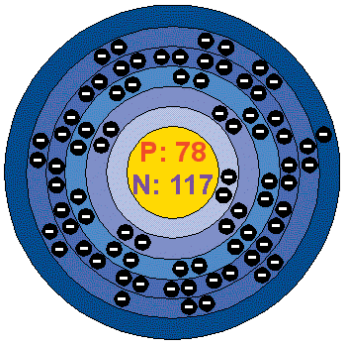
السبينترونيات لأن المسافة التي تبقى فيها الإلكترونات مستقطبة أثناء هذه المدد تزيد عن مئتي نانومتر تقريباً، وهو أكبر بكثير من الحجوم المتوقعة للجهيزات في جذاذات أنصاف النواقل الحديثة. وعلى أية حال، فهي نتيجة مدهشة قد تتطلب إعادة النظر حول آليات إزالة ترابط السبين في السليكون.

لما كان السليكون بطبيعته موجوداً في إلكترونيات أنصاف النواقل الحديثة، فإن إثبات فعاليته في سبينترونيات أنصاف النواقل عند درجة حرارة الغرفة تَعِدُ بأن تشكل اختراقاً كبيراً. إن ملاحظة النقل السبيني عند درجة حرارة الغرفة بين تماسين في السليكون، بالإضافة إلى الحقن والكشف التي أثبتت في تماس مفردٍ من قبل داش وزملائه، سيرحب بها كخطوة تالية. قد تتضمن التطبيقات البدئية استخدام الحقن السبيني والكشف لتعزيز أداء جهيزات قائمة على الشحنة بالدرجة الأولى. على أية حال، إن تخفيض استهلاك الإلكترونيات الحديثة للقدرة بشكل مثير إلى ما دون الحد الأساسي، يتطلب تقدماً إضافياً، وبخاصة التحكم في توجه السبين بوسائل أخرى غير الحقل المغنطيسي.

نُشر هذا الخبر في مجلة Nature,Vol 461, 26 November 2009.
ترجمة د. أحمد حاج سعيد، عضو هيئة التحرير.

البلاتين

الرمز:	Pt
العدد الذرّي:	78
الكتلة الذرّية:	195
درجة انصهاره	T_m= 1772.0 °C
درجة غليانه	T_b= 3827.0 °C
الكثافة	21.45 g/cm^3



ماهيته ووجوده في الطبيعة

البلاتين هو عنصر كيميائي انتقالي من المجموعة العاشرة في الجدول الدوري، وهو سلعة ذات قيمة متقلبة وفقاً لقوى السوق. البلاتين النقي معدن مقاوم للتآكل، ويوجد في الطبيعة على هيئة فلزات مرافقاً لخامات النحاس والنيكل. يتم استخدام البلاتين في صناعة المجوهرات وفي تجهيزات المختبرات ومعدات طب الأسنان وفي التماسات الكهربائية والإلكترونيات وفي سبائك العملات والحفازات الكيميائية.

خصائصه

يكون البلاتين النقي ذا لون رمادي فضي، وهو مرن وسحوب ولا يتأكسد في أية درجة حرارة. غير أنه يتآكل بوجود الهالوجينات والسيانيدات والكبريت والمعادن القلوية. لا ينحل البلاتين في حمض الهيدروكلوريك وحمض الآزوت، إنما ينحل في الماء الملكي مشكلاً حمض كلوريد البلاتين، H_2PtCl_6.

يتمتع البلاتين بخصائص مستقرة من الناحية الكهربائية وبثبات تجاه المواد الكيميائية ولا يتأثر بدرجات الحرارة المختلفة،

مما يجعله مناسباً تماماً لصنع المجوهرات الراقية، وهو أغلى من الذهب و الفضة، كما أن هذه الخصائص تجعله مطلوباً في كثير من التطبيقات الصناعية.

نظائره

يوجد للبلاتين ستة نظائر طبيعية، وهي: ^{194}Pt, ^{192}Pt, ^{190}Pt, ^{195}Pt, ^{196}Pt و^{198}Pt. والأكثر وفرة بينها هو النظير ^{195}Pt، إذ يوجد بنسبة 33.83% في الحالة الطبيعية، والنظير ^{190}Pt أقلها وفرة إذ يوجد بنسبة 0.1%. ومن بين هذه النظائر الطبيعية يكون النظير ^{190}Pt فقط غير مستقر، ويتفكك بعمر نصف قدره 6.5×10^{11} سنة. يتفكك النظير ^{198}Pt معطياً جسيمات ألفا، غير أنه، وبسبب عمر نصفه الأكثر من 3.2×10^{14} سنة، يُعدُّ نظيراً مستقراً. ويوجد للبلاتين 31 نظيراً صنعياً بدءاً من ^{166}Pt وحتى ^{202}Pt، مما يجعل عدد النظائر المعروفة للبلاتين 37 نظيراً. والأقل استقراراً بين هذه النظائر جميعها هو النظير ^{166}Pt الذي يبلغ عمر نصفه 300 ميكروثانية، في حين أن أكثرها استقراراً هو ^{193}Pt، إذ يبلغ عمر نصفه 50 سنة. تتفكك غالبية نظائر البلاتين بالتشارك بين نمطين: تفكك ألفا وتفكك بيتا. تتفكك النظائر ^{188}Pt و^{191}Pt و^{193}Pt بداية عن طريق أسر الإلكترون، ولنظيريه ^{190}Pt و^{198}Pt مساران من تفكك بيتا المزدوج.

كيمياء البلاتين ومركّباته

يتأكسد البلاتين وفق حالتين شائعتين: +2 و +4. أما حالتا التأكسد +1 و+3 فهما حالتان نادرتان وتستقران من خلال ترابط معدنين (أو عدة معادن). وكما هو متوقع، تميل مركبات البلاتين (II) الرباعي التناسق إلى تشكيل هندسة مربع مستو، في حين يكون البلاتين العنصري غير فعّال وينحل في الماء الملكي ليعطي حمض سداسي كلوريد البلاتين:

$$Pt + 4\ HNO_3 + 6\ HCl \rightarrow H_2PtCl_6 + 4\ NO_2 + 4\ H_2O$$

ولهذا المركّب، H_2PtCl_6، تطبيقات عديدة في التصوير والطلاء وتلوين البورسلان والحبر الثابت وفي الحفر على الزنك والمرايا وكحفاز.

إن معالجة هذا المركّب مع ملح للأمونيوم، مثل كلوريد الأمونيوم، يعطي سداسي كلوريد بلاتينات الأمونيوم، $(NH_4)_2PtCl_6$، غير القابل للانحلال في محاليل الأمونيوم. وإن تعريض هذا المركّب الأخير للحرارة بوجود الهدروجين يرجعه إلى عنصر البلاتين. وهكذا يمكن عزل البلاتين من فلزاته وإعادة تدويره.

وعندما يسخن حمض سداسي كلوريد البلاتين، $H_2PtCl_6 x6H_2O$، فإنه يتفكك إلى كلوريد البلاتين (IV) وكلوريد البلاتين (II) ليعطي البلاتين، رغم أن التفاعل لا يتم بشكل تدريجي:

$$(H_3O)_2PtCl_6 \cdot n\ H_2O \leftrightarrow PtCl_4 + 2\ HCl + (n + 2)\ H_2O$$

$$PtCl_4 \leftrightarrow PtCl_2 + Cl_2$$

$$PtCl_2 \leftrightarrow Pt + Cl_2$$

إن التفاعلات الثلاثة عكوسة، ويعد سداسي فلوريد البلاتين مؤكسداً قوياً قادراً على أكسدة الأكسجين. كما يُعرف أكسيد البلاتين (IV)، PtO_2، بحفاز آدمز، وهو عبارة عن مسحوق أسود ينحل في محاليل هدروكسيد البوتاسيوم، KOH، وفي الأحماض المركّزة.

جرى تصنيع عدة مركّبات لبروميد البلاتين، حيث يظهر البلاتين فيها حالات أكسدة سلبية تأخذ القيم –1 و–2، ونذكر من هذه المركّبات BaPt و Ba_3Pt_2 وBa_2P. أظهر بلاتين السيزيوم، Cs_2Pt، أنه يحوي أنيونات Pt^{2-}. يعتقد أن حالات الأكسدة السالبة للبلاتين، التي هي غير عادية في حالة العناصر المعدنية، تعود إلى الاستقرار النسبي للمدار السادس في البنية الإلكترونية لذرّة البلاتين.

وجوده

يُعدُّ البلاتين معدناً نادر الوجود، ويبلغ تركيزه 0.003 جزء من مليون جزء في القشرة الأرضية، وقد يحدث عدم التمييز بينه وبين الفضة في كثير من الأحيان. غالباً ما يوجد البلاتين بشكل حرّ غير مرتبط كيميائياً، ويكون مختلطاً مع الإيريديوم على هيئة إيريديوم البلاتين (Ir,Pt)، (انظر الشكل التالي):

يوجد البلاتين في أغلب الأحيان في ترسبات طمية ثانوية مختلطاً مع المعادن الأخرى من مجموعته، وقد وجدت ترسبات طمية ضخمة في جبال الأورال الروسية، وهي قيد الاستثمار.

توجد معادن مجموعة البلاتين في ترسبات النيكل والنحاس على هيئة كبريتيد (مثلاً، (Pt, Pd)S)، ويشكل زرنيخيد البلاتين ($PtAs_2$) مصدر البلاتين الأهم المرافق لفلزات النيكل في ترسبات حوض سودبري في أونتاريو بكندا.

توجد الاحتياطيات الأكبر في تجمع بوشفيلد Bushveld complex في جنوب أفريقيا. تعدُّ الترسبات الكبيرة للنيكل والنحاس بالقرب من نورلسك في روسيا وترسبات حوض سودبري في كندا الحاضن الثاني للبلاتين. كما وجدت احتياطيات قليلة في الولايات المتحدة في منطقة أبساروكا في مونتانا، مثلاً. وبالاستناد إلى الإنتاج العالمي لعام 2005، كانت جنوب أفريقيا المنتج الأول للبلاتين مع ما يقارب 80%، تليها روسيا وكندا.

يوجد البلاتين بوفرات عالية في تربة القمر وفي النيازك. وبالمقابل، وجد البلاتين بوفرات أعلى بقليل في مواقع الشهب المتفجرة على الأرض والمترافقة بتفجرات بركانية، ويمثل حوض سودبري مثالاً على ذلك.

إنتاجه

يتم الحصول تجارياً على البلاتين مع ما تبقى من فلزاته كمنتج ثانوي لدى تعدين النيكل والنحاس. وخلال التنقية الكهربائية للنحاس، تتجمع المعادن النبيلة، مثل الفضة والذهب ومعادن مجموعة البلاتين والسلينيوم والتلّيريوم، في قاع الخلية على هيئة وحل حول القطب الموجب، ويشكل ذلك نقطة الانطلاق لاستخلاص معادن مجموعة البلاتين.

وإذا ما وجد البلاتين النقي في ترسبات غروانية أو في فلزات أخرى، فيتم عزله عن معادن مجموعته واستخلاصه من الشوائب وفق طرائق عدة: لأن البلاتين أشد كثافة بكثير من شوائبه، يمكن إزاحة الشوائب الأقل كثافة من خلال تطويفها في حمام مائي. كما أن البلاتين غير قابل للمغنطة، في حين أن النيكل والحديد معدنان مغنطيسيان، وهذا ما يسمح بإزالة هذين العنصرين عن طريق تمرير مغنطيس كهربائي فوق الخليط. ونظراً لتمتع البلاتين بدرجة انصهار أعلى بكثير من درجة انصهار غالبية بقية المواد، فإنه بالإمكان حرق عدد من الشوائب أو إزالتها بالصهر دون أن نصهر البلاتين. وأخيراً، إن عدم قابلية البلاتين للتفاعل مع حمض كلوريد الهدروجين وحمض الكبريت، وتفاعل المواد الأخرى معهما، سيسمح بإمكانية مزج الخليط مع أي من الحمضين أو مع كليهما واستخلاص البلاتين منفرداً.

والطريقة المثلى لتنقية البلاتين الخام الحاوي على البلاتين والذهب والمعادن الأخرى في مجموعة البلاتين، هي معالجته بالماء الملكي الذي ينحل فيه كل من البلاتين والبلاديوم والذهب، في حين يبقى كل من الأوسميوم والإيريديوم والروتينيوم والروديوم دون انحلال. ومن ثم يتم ترسيب الذهب بإضافة كلوريد الحديد، وبعد فلترة الذهب، يتم ترسيب البلاتين بإضافة كلوريد الأمونيوم على هيئة كلوريد بلاتينات الأمونيوم، $(NH_4)_2PtCl_6$. ويمكن تحويل هذا المركّب الأخير إلى البلاتين الصافي من خلال تعريضه للحرارة.

استخداماته

من بين 239 طناً بيعت في العام 2006، استخدم 130 منها لصناعة أجهزة رقابة (تحكُّم في) الانبعاثات في السيارات، و49 طناً لصناعة المجوهرات، و13.3 طناً في الإلكترونيات و11.2 طناً في التحفيز الكيميائي الصناعي.

إن الاستخدام الأكثر شيوعاً للبلاتين هو استخدامه كحفاز في التفاعلات الكيميائية، إذ يستخدم في هذا التطبيق منذ بداية القرن الثامن عشر، عندما استعمل مسحوق البلاتين لتحفيز اشتعال الهدروجين. والاستخدام الأكثر أهمية في مجال السيارات هو المحول التحفيزي الذي يسمح بالاحتراق الكامل للتراكيز الضعيفة للهدروكربونات غير المحترقة الصادرة من العادم لتتحول إلى ثنائي أكسيد الكربون وبخار الماء. كما يستخدم البلاتين في الصناعة النفطية كمحفز لعدد من عمليات الفصل، وبخاصة في التكسير التحفيزي للسلاسل النفطية المفتوحة بهدف جعل الوقود عالي الأوكتان، أي جعله غنياً بالمركّبات العطرية. ويستخدم PtO_2، المعروف بحفاز آدمز، كحفاز هدرجة، وبشكل خاص في حالة الزيوت النباتية. كما يمكن للبلاتين المعدني أن يحفز بقوة تفكك الماء الأكسجيني إلى ماء وأكسجين غازي.

استُعمل قضيب مكون من خليطة بلاتين/إيريديوم بنسبة 90/10 كمعيار للطول المتري منذ العام 1889 وحتى 1960، وعُرف بالقضيب المتري المعياري الدولي، في حين صُنع القضيب المعياري الأسبق عام 1799 من البلاتين الخالص، كما أن الكيلوغرام المعياري الدولي الذي صُنّع كأسطوانة من الخليطة نفسها عام 1879 مازال يستخدم حتى تاريخه. هذا، وبسبب خصائص البلاتين ومقاومته للتآكل، فهو يستخدم في تصنيع إلكترود الهدروجين المعياري.

يعدُّ البلاتين سلعة معدنية ثمينة: إذ اعتُمد الرمز XPT ككود للعملة من قبل الإيزو. ويتم تسويق البلاتين أو الاتجار به على هيئة عملة أو سبائك أو قوالب لصب المعادن. ويستخدم البلاتين بكثافة كبيرة في عالم المجوهرات بسبب خموله الكيميائي وبريقه المعهود، ويدخل عادة في خليطة المجوهرات بنسبة 90 إلى 95%، كما يستخدم في صناعة الساعات بسبب ثبات بريقه مع الزمن وعدم تآكله.

بلغ متوسط سعر البلاتين بين العامين 1991 و2007 أربعين دولاراً للغرام. وكغيره من السلع الصناعية، يخضع البلاتين لتقلبات في السعر أكثر من الذهب. وفي مراحل النمو والاستقرار الاقتصادي يرتفع سعر البلاتين ليصل إلى ضعف سعر الذهب، في حين ينخفض سعره في مراحل التأرجح الاقتصادي ليقل عن سعر الذهب بسبب ضعف الطلب الصناعي.

استخدامات أخرى

يتم استخدام أسلاك البلاتين في المختبر كإلكترودات، ويستخدم أيضاً في الخلائط المعدنية لصنع الأسلاك والأوعية المقاومة للتآكل المستخدمة في المختبرات، كما يستخدم في الأدوات الطبية والحشوات السنية والتوصيلات الكهربائية والمزدوجات الحرارية. وتستخدم خليطة بلاتين/كوبالت بنسبة 1/3 لصناعة المغانط الدائمة المغنطة.

إن ندرة البلاتين جعلت منه رمزاً لتميُّز مالكيه، وتحتل ميداليات البلاتين قيمة تتقدم على قيمة الميداليات الذهبية والفضية والبرونزية، غير أنها تصنف ثانياً بعد الألماس.

احتياطات وتحذيرات

تقول مراكز مراقبة الأمراض والوقاية منها إن التعرض لأملاح البلاتين ولو لمدة قصيرة يمكن أن يسبب إثارة للعيون والأنف والحنجرة، أما التعرض المديد فيمكن أن يسبب تحسّس الجلد مجاري التنفس.

استخدمت بعض معقدات البلاتين في المعالجة الكيميائية، وأظهرت نشاطاً جيداً مضاداً للسرطان في بعض حالاته. ساهم العقار سيسبلاتين Cisplatin في رفع نسبة الشفاء من 10 إلى 85% في حالة سرطان الخصية، علماً أن المضاعفات الجانبية كانت شديدة الضرر على الخصية إضافة إلى حالات فقد السمع.

ونظراً لاستخدام البلاتين كوسيط في صناعة المطاط السليكوني ومكونات أنماط عديدة من مراهم الزراعات الطبية (زراعة الثدي والجراحات الترقيعية والفقرات العظمية القطنية وصمامات الأوعية الدموية)، فهناك احتمال لتشكل جذور حرّة من البلاتين ودخولها الجسم مسببة تأثيرات معاكسة تستحق الدراسة.

إعداد: د. عادل حرفوش، رئاسة هيئة التحرير

الجاذبية ما بعدَ أينشتاين

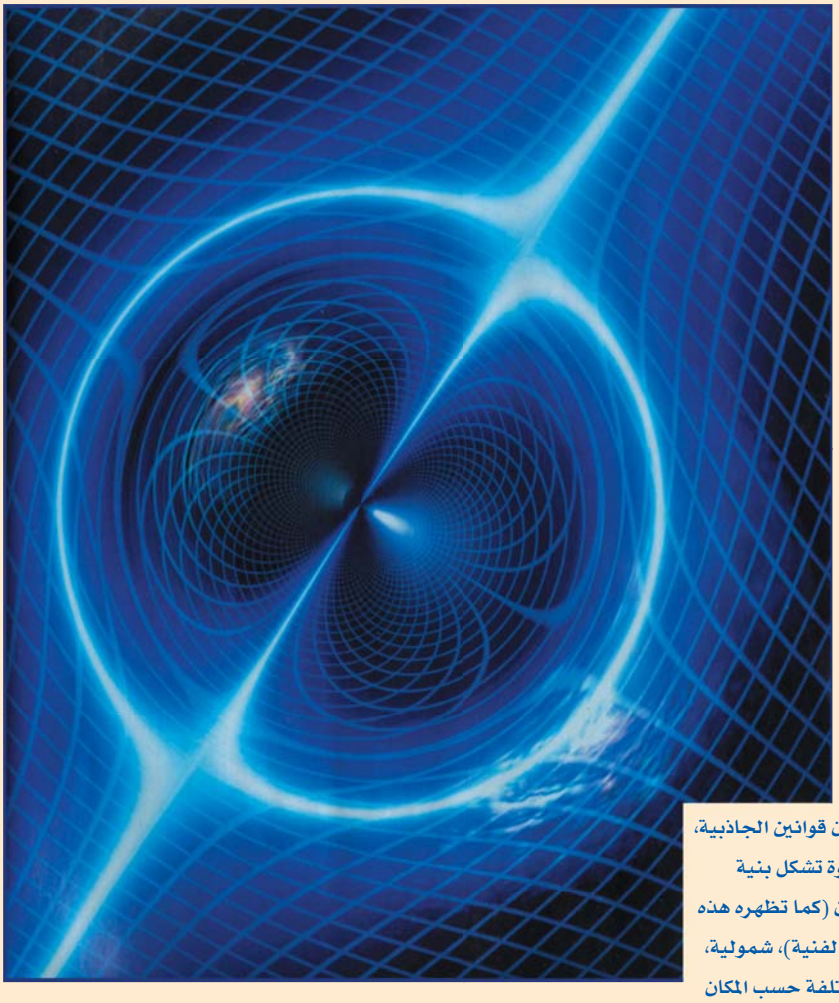
أعدّها الكاتبان

فرانك دانينوس Franck Daninos

هيلين لومور Helene Le Meur

ترجمة

أ. د. عادل حرفوش



لن تكون قوانين الجاذبية، حول قوة تشكل بنية الزمكان (كما تظهره هذه الرؤية الفنية)، شمولية، بل مختلفة حسب المكان الكوني.

من بين جميع القوى الفيزيائية، تعدُّ الجاذبية أكثر القوى تواصلاً معنا، فهي الوحيدة التي نشعر بآثارها. وهي الأولى أيضاً التي صاغها الفيزيائيون، وبخاصة نيوتن، في القرن السابع عشر. ومن ثم، توسعت النظرية النيوتونية بوساطة النسبية العامة لأينشتاين، والتي اختبرت مئات المرات ضمن المنظومة الشمسية. ومع ذلك، ما تزال هناك مشاكل مع الجاذبية لم تحلّ بعد. لماذا هي ضعيفة إلى حدٍّ بعيد بالمقارنة مع قوى أخرى؟ لماذا لا تتوافق الجاذبية مع الميكانيك الكمومي؟ ولماذا تعجز عن وصف حركة المواد المرئية على مستوى المجرات؟ وثمة أسئلة أخرى كثيرة تقود الفيزيائيين بشكل متزايد لاقتراح رهان جريء: يتمثل بإعادة صياغة قوانين الجاذبية، ستعالجها الموضوعات التالية:

1. **ستة مبررات لتعديل قوانين الجاذبية**
   هيلين لومور
2. **كونٌ خالٍ من المادة السوداء**
   لوك بلانشيه وفرانسواز كومب
3. **النظريات المنافسة للنسبية العامة**
   فرانك دانينوس
4. **الجاذبية تختبئ في أبعاد أخرى**
   حوار مع ليزا راندال أجراه فرانك دانينو

❶ ستة مبررات لتعديل قوانين الجاذبية

وُضعت نظرية النسبية العامة منذ قرابة مئة عام لوصف التجاذب بين الأشياء، فاختزلت قوانين نيوتن، التي سادت قبلها، إلى حالة بسيطة خاصة. هذا إذا لم تكن هي نفسها حالة خاصة من نظرية أكثر شمولية؟

هل يجب تعديل قوانين الجاذبية؟ يُطرح السؤال بشكل متكرر في نشرات علمية مذكراً بضرورة تجاوز النسبية العامة. رغم ذلك، إذا اجتازت نظرية في الفيزياء بنجاح كل الاختبارات التي خضعت لها، فلابد أن تكون هي تلك النظرية التي طورها أينشتاين عام 1915.

في تلك المرحلة، كانت الفكرة ثورية: فأينشتاين لم يعدّ الجاذبية قوة، ولكن اعتبرها ظاهرة عن تشوُّه الزمكان من قبل كتلة أو طاقة. وبشكل آخر، إن رؤية نيوتن للجذب الذي تطبقه كتلة على أخرى –كتلك التي تطبقها الأرض على تفاحة أو الشمس على الأرض– قد استبدلت بحركة جسم توجهه هندسة الزمكان المتبدلة.

تم اختبار جميع التنبؤات التي تنجم عن مفهوم أينشتاين تباعاً. بدءاً من الانزياح التدريجي لعطارد في مداره والذي لا تفسره قوانين نيوتن، وانتهاءً بالانحرافات الضوئية التي تحدثها كتلة جسم ضخم، وهي تنبؤ آخر للنسبية العامة، من أجل رسم مخطط لتوزع الكتل في الفلك.

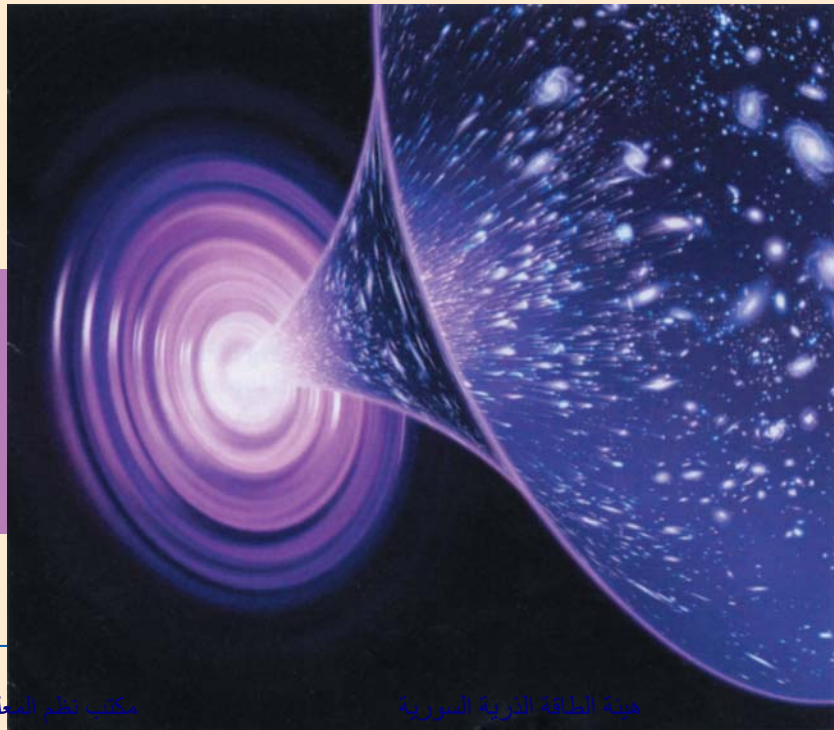
لماذا إذاً نضع هذه النظرية قيد التساؤل؟ وما هي العقبات التي تواجهها؟ يبدو أن مبررات تجاوز نظرية النسبية العامة هي من طبيعة أخرى. فهناك محدّدات نظرية، وهناك أيضاً معطيات كونية تتطلب وجود مواد أو طاقات معتمة وغير معروفة ليحصل التوافق مع النسبية العامة. هناك طريقة أخرى لتفسير هذه المعطيات، دون الرجوع إلى هذه المكونات الغامضة، وهي إعادة النظر بقوانين الجاذبية. وباختصار هناك مشاهدات محيّرة وغير قابلة للتفسير تدفعنا أيضاً لتقصي هذا المسار. تماماً كما لو أن نظرية نيوتن تمثل حالة محددة من النسبية العامة، وهل ستكون هذه الأخيرة بدورها حداً لنظرية أكثر شمولاً؟

❶ التفردات تفرض مشكلة

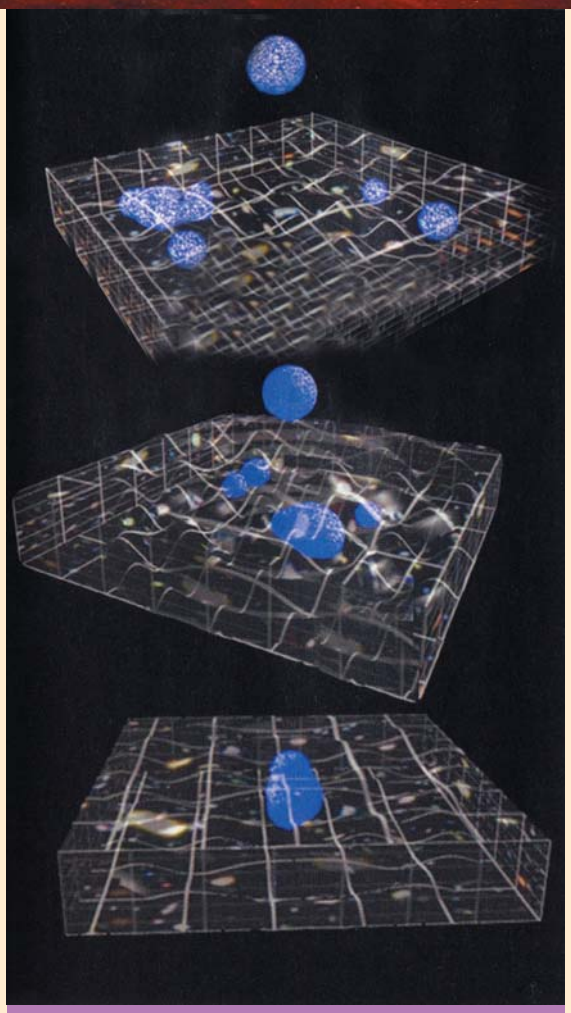
إن المشكلة في الانفجار العظيم، هي أنه انفجار أعظم! توضح هذه الصيغة محدودية حقيقية للنظرية عندما تتناهى الأبعاد إلى قيم لا نهائية في الصغر. ففي علم الكون، يقتصر مفهوم النموذج المعياري الذي يصف تطور الكون، وبخاصة لحظاته الأولى، على تفصيل الظاهرة البدائية. فكل شيء يرجع للحظة تصبح فيها كل المقادير، كالحرارة والكثافة والضغط والانحناءات وغيرها، لا متناهية في آن معاً: وهذا ما يسميه الفيزيائيون التفرّد. فالنظرية غير قادرة على توقع ما يحدث، وهي بالتالي لم تعد صالحة، وما يصح على الانفجار العظيم يصح أيضاً على مركز الثقوب السود، حيث تصبح الكثافة والطاقة كلتاهما أيضاً في حالة اللانهاية.

❷ النسبية العامة ليست كمومية

النسبية العامة هي نظرية تقليدية تماماً. ففي الحقيقة، إنها لا تشمل قوانين الميكانيك الكمومي الذي يشكل الركيزة الأخرى للفيزياء الحديثة التي تصف سلوك المادة على المستوى الذرّي



حسب نموذج الانفجار الأعظم، عند بداية توسعه منذ 13.7 مليار سنة، كان الكون غاية في الكثافة وحاراً. غير أنه لا توجد نظرية اليوم تصف هذا التفرد البدئي.



يصف هذا الشكل الغرافيتون، وهو جسيم افتراضي وسيط للجاذبية، يشابه تقطيبات البنية التي تصف الزمكان. يحدث ذلك من الأسفل إلى الأعلى بوساطة تفاعل بروتون ومضاد البروتون (كرات زرقاء، في الأسفل).

وتحت الـذرّي. إن رؤيتنا لعالم جسيمات دقيقة، مُوصَّفةٌ بمواقعها وسرعاتها وطاقاتها التي تتحرك وفق مسار محدد تماماً في زمكان يخضع لوجود أجسام ضخمة، يعمل بشكل جيد ضمن مقياسنا. والرؤية صالحة أيضاً في المقياس الكوني. غير أنها تخفق لدى الانتقال إلى أبعاد تحت ذرّية. فعند هذه الأبعاد، تصبح غير متوافقة مع مبدأ الشك المميز للميكانيك الكمومي، الـذي بموجبه لا يمكن التحديد المتزامن لموقع جسيم ما وسرعته.

* **السبين:** هو خاصية كمومية تتبع لجسيم ما، وتتعلق بطبيعة هذا الجسيم.

* **نظرية الأوتار:** تفترض أن جميع الجسيمات الأولية تقابل اهتزازات وترية دائمة، تتطور في فضاء ثابت ذي عشرة أبعاد.

كيف يمكن تجاوز هذا العائق؟ لنحاول أن نكمّم الجاذبية كما هو الحال في النموذج المعياري في الفيزياء في حالة التآثرات الأساسية الأخرى (قوية وضعيفة وكهرطيسية). ففي كل واحد منها يرتبط هذا النموذج عملياً بجسيم أولي ناقل للتآثر (وهي بالتتالي: غلوون Gluon، وبوزون W و Z، وفوتون). وهكذا سيتم التآثر التجاذبي عن طريق تبادل غرافيتونات Gravitons. ونظرياً، يجب أن يمتلك هذا الجسيم الافتراضي بعض الخصائص (كتلة معدومة، مثل الفوتون، وسبين* مساوٍ لـ 2). ومع ذلك لم يكتشف أحد هذا الغرافيتون حتى الآن. إضافة إلى ذلك، لا توجد نظرية شاملة اليوم قادرة على إدراك هذا المفهوم.

وفي المرحلة الحالية يوجد مساران أساسيان لتغيير قوانين الجاذبية عند مقياس صغير. الأول هو نظرية الأوتار*. فهو يطمح لتوحيد جميع التآثرات في نظرية واحدة، وهذا هو المسار الأكثر دراسة منذ ثلاثين عاماً. فهو يصف النسبية العامة كنهاية تقليدية لهذه النظرية المعقدة لأبعد الحدود. وفي التطورات الأخيرة تؤدي الأبعاد الخفية للزمكان دوراً حاسماً (اقرأ المؤطر "تختبئ الجاذبية في أبعاد أخرى")، لكن لم يتم توضيح أي منها عملياً حتى الآن.

فالجاذبية ذات الحلقات، المُطوَّرة عام 1990 من قبل ثلاثة فيزيائيين، أبهاي أشتيكار Abhay Ashtekar وكارلو روفيللي Carlo Rovelli ولي سمولن Lee Smolin، هي المقاربة المنافسة لنظرية الأوتار الواعدة. فهي تكشف مسلكاً آخر، له هدف وحيد إنما هو تكميم الجاذبية. فالزمكان فيها فعّال، وبتوجه مباشر نحو مفهوم النسبية، وهو مكمّم بقطع منمنمة (10^{-34} متر) تأخذ شكل الحلقات.

ما هو مهم:

- يبحث الفيزيائيون عن حل مشكلة عدم توافق نظرية النسبية العامة في المقاس الذرّي مع القوانين التي يفرضها الميكانيك الكمومي.
- لا تكفي قوانين الجاذبية، كما نعرفها اليوم، لنأخذ بالحسبان بعض الملاحظات الكونية عند المقاس المجري.
- ولتفسير تسارع التوسّع الكوني، المكتشف عام 1998، يعمل بعض الفيزيائيين لتطوير نظريات جديدة.

③ التخلي عن المادة السوداء

في ثلاثينيات القرن الماضي، بيّن العالم السويدي فريد زويكي Fred Zwicky أن ديناميكية المجرات تشير إلى وجود مواد تفوق كميتها بعشرة أضعاف إلى مئة ضعف ما يدل عليه إشعاعها الكهرطيسي. وحتى بعد تقلص هذا الفارق، نتيجة تنفيذ قياسات دقيقة جداً لسرعة النجوم بدلالة البعد عن مركز

المجرات، وهو ما يسمى بمنحنيات دوران المجرات، التي نفذت بدءاً من ثمانينيات القرن الماضي، فإن النتائج تؤكد الظاهرة. وبالفعل توجد مواد أكثر بكثير من المواد المرئية.

تتركز المقاربة المرجعية على القول بوجود مركّب في الكون يتكون من مادة سوداء غير مرئية لا يمكننا التعرف عليه. وهذا المركّب لا علاقة له بالمادة العادية التي تكون أجسامنا أو التي تكوّن النجوم أو المجرات. ففيزيائيو الجسيمات يأملون وجود جسيم جديد، مثل النترالينو neutralino، وهو جسيم افتراضي يتنبأ به التناظر الفائق*. حتى الآن لم تحدث ملاحظة أي من الجسيمات الافتراضية المرشحة، ولكن عند إدخال هذه المادة السوداء في النموذج الكوني المرجعي، فإن النموذج يعمل بشكل جيد جداً عند المقاسات الكبيرة، إذ يعيد هذا النموذج إنتاج الملاحظات في العمق الكوني المنتشر*، ويوصّف تماماً البنى الفلكية الضخمة. وما عدا حقيقة عدم فهمنا لطبيعة هذا المركّب، فإن هذا النموذج يبدو مرضياً.

رغم ذلك، وفي حالة مقاس أصغر، أي حالة مجرات تبعد بضع مئات ألوف السنوات الضوئية، فإن هذا النموذج لا يعمل بالكفاءة نفسها. لكن التحليل الذي تمّ عام 2006 لاصطدام مجري في التكتل الفحمي، الذي عدّه كثيرون أولَ برهان على وجود المادة السوداء، قد أشعل الجدل.

* **التناظر الفائق:** يفترض أن كل جسيم في عالمنا مترافق بجسيم نظير مرآوي.

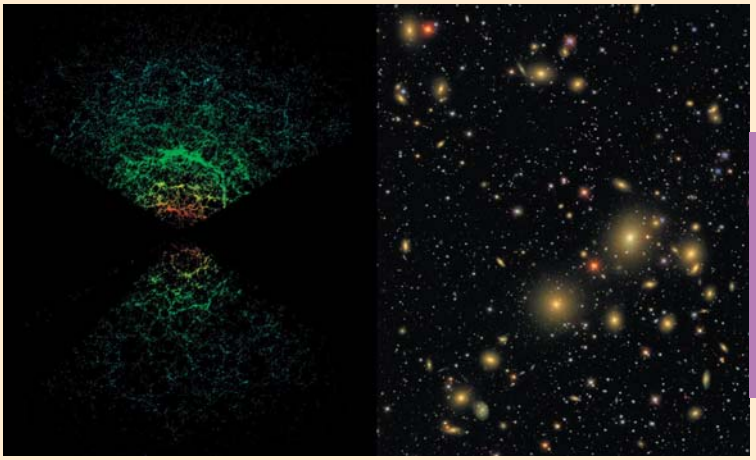
* **العمق الكوني المنتشر:** يقابل الإشعاع الأولي الذي صدر في الكون عند حدوث الانفجار الأعظم، قبل 380000 سنة..

4 تسريع توسّع الكون دون طاقة سوداء

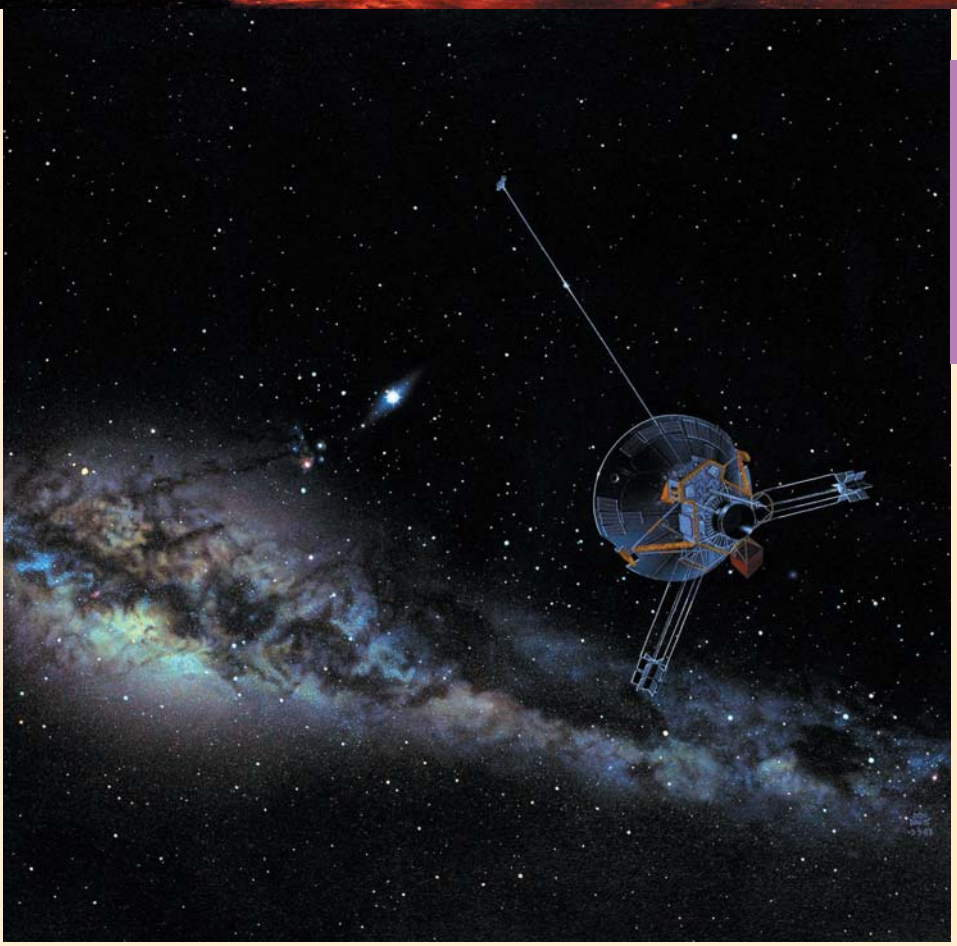
إننا نعيش في كون متوسع. ففي عام 1998، جرى اكتشاف يخالف كل التوقعات بأن التوسع يتسارع. ومنذ ذلك التاريخ، يأمل النموذج المرجعي لعلم الكون وجود طاقة غامضة لشرح هذا التسارع: إنها الطاقة السوداء. فيجب عملياً إضافة حدٍّ في المعادلات لأخذ الملاحظات بالاعتبار، ويقابل هذا الحد طاقة ذات مواصفات خاصة جداً. وهكذا، ففي الوقت الذي تنخفض فيه كثافة جميع أشكال الطاقة الأخرى (الكتلة والضوء) خلال التوسع الكوني، فإن الطاقة السوداء المقابلة ذات الكثافة الطاقية الثابتة تنتهي بالتغلب على ما عداها، واليوم تبلغ مساهمتها 70% من الطاقة الكلية للكون. وبما أن هذا الحدّ يؤدي الدور نفسه الذي يؤديه الثابت الكوني الذي أدخله أينشتاين في معادلاته، فقد درجت العادة ضم الحدّين معاً.

فالنسبية العامة المرتبطة بثابت كوني توفر إذاً إطاراً نظرياً متناسقاً. ومع ذلك، فإن التفسير الفيزيائي لهذا الثابت الخاص يفرض مشكلة: إذ يعتقد أن هذا الثابت يقابل ظاهرة تقلبات كمومية للفراغ. لكن الحسابات المبنية على هذه الفرضية تقود إلى قيمة أكبر بـ 10123 مرة من تلك المستنتجة من ملاحظات فلكية.

ولمواجهة هذه المشاكل، وبدلاً من الأمل بوجود هذه الطاقة الغامضة، لماذا لا نغيّر قوانين الجاذبية؟ تنحو الجهود عملياً باتجاه التصحيح بدلاً من تعديل حقيقي. ففي النسبية العامة ترتبط الجاذبية بحقل يوصّف الزمكان، والذي نسميه المُوتِّر tenseur. تكمن الفكرة بإضافة حدٍّ، ذي طبيعة مغايرة، كحدٍّ سلّميّ (مُعرَّف بعدد في كل نقطة)، بطريقة تعيد إنتاج سلوك الثابت.



يسمح وجود المادة السوداء بتفسير سرعات دورات النجوم في التجمعات المجرّية. على هذه الصورة لمنطقة من السماء، تظهر المادة السوداء بالأزرق إلى اليسار والمادة المرئية بالأحمر، على اليمين. وبحسب هذه الدراسة، ستتركز المادة المرئية في منطقة تسيطر فيها المادة السوداء.



يحيِّر المسبار الأمريكي بايونير، الذي أطلق في بداية سبعينيات القرن الماضي، العلميين في ناسا منذ الثمانينيات. فقد لاحظوا أنه يتحرك، بعد انفلاته من المجموعة الشمسية، بسرعة أقل مما كان متوقعاً.

ويعتقد بعض الفيزيائيين الذين يطورون هذه النماذج أن حقلاً سلمياً سيتمكن وحده من تفسير التضخم نفسه، أي طور التوسع الهائل في بداية الكون عبر نموذج الانفجار العظيم، والثابت الكوني. إن ذلك يمثل تأملاً فكرياً إلى حدٍّ كبير، ويبقى في إطار مقاربة تدخل بالأحرى في علم الظواهر.

أما بالنسبة للبعض الآخر، فيمكن لمسألة الطاقة السوداء أن تُحلَّ بشكل طبيعي في إطار نظرية أكثر عمقاً، والتي بإمكانها التعرف إلى التجاذب الكمومي، وستسمح أيضاً بتجمع كافة أجزاء هذا اللغز.

⑤ شذوذ بايونير غير المُفَسّر

عندما يُنوّه لخطأ في نظرية الجاذبية، تظهر دائماً ملاحظة غير مفسَّرة إلى واجهة النقاشات: شذوذ المسبار بايونير Pioneer. فما هو المقصود؟ كان المسباران بايونير 10 و 11 اللذان أطلقا في سبعينيات القرن الماضي أول المقتربين من كوكب المشتري ليتابعا الرحلة بعدها خارج المنظومة الشمسية. اليوم اكتملت المهمة، وبايونير 10 يغادر منظومتنا الشمسية تدريجياً، وسيصبح عند مسافة تزيد على 12 مليار كيلومتر من الشمس. ففي ثمانينيات القرن الماضي، ظهر شذوذ في مسار بايونير حيّر العلماء في ناسا. كان بايونير 10 يتحرك بسرعة أقل من المتوقع، والتباطؤ نفسه ظهر في حالة بايونير 11.

تمت مراجعة سلسلة كاملة من التفسيرات الممكنة. ففي العام 2006، استبعدت جميع هذه التفسيرات، لدرجة أنه تم استحضار ظاهرة من نمط جديد، لم تتوقعها النسبية العامة. ومنذ ذلك الحين يبدو أن مفعول بايونير قد ظهر في مسابر أخرى، مثل المسبار Near (Near Earth Asteroide Rendez-vous) عام 2008. لكن التعقل قيد الرهان، فالأسباب قد تكون تافهة. إن تعديل قوانين الجاذبية لشرح مفعول بايونير سيكون حقاً آخر ما قد يُلجأ إليه، إذ يجب التفكير بذلك ملياً قبل أي خطوة في هذا الاتجاه.

⑥ الدراسة التجريبية في مقياس صغير محدودة

لا تختبر الجاذبية إلاّ في المقاسات الكبيرة: فمن الصعب تحليل سلوك الجاذبية في مقاس يقل عن 1 ملّيمتر. وبسبب ضعف قوة الجاذبية، تقوم التأثرات الأخرى بحجب تأثير الجاذبية لدى دراسة هذه الأخيرة في مقاسات صغيرة. تخصّصت مجموعة من الفيزيائيين في جامعة واشنطن في اختبارات قانون نيوتن: فنجحوا بإظهار أنه ما يزال هذا القانون صحيحاً حتى 50 ميكروميتراً. وهكذا، يضاف لصعوبات التحول إلى نظرية كمومية عدم إمكانية دراسة الجاذبية في المختبر. ■

❷ كون بدون مادة سوداء

يستحضر العلماء الكونيون حالياً وجود كميات هائلة من مادة غير مرئية وذات طبيعة مجهولة من أجل تفسير حركات المجرات، غير أنهم لا يمتلكون البرهان بأن معادلات الجاذبية تكون صحيحة عند هذا المقاس.

شهدت رؤيتنا للكون خلال العقد المنصرم انقلاباً عميقاً. فحصلت تطورات في الملاحظات الكونية سمحت بتحديد دقيق لجميع المحدّدات الكونية، كعمره وبنيته وبخاصة محتواه. قادت هذه الإنجازات إلى خلاصة مفاجئة أضفت عتمة شاملة في سماء علم الكون والفيزياء الأساسية: إذ يتطلب النموذج الحالي للكون عملياً وجود كيانات غير مرئية تملأ الكون بكامله.

وفي هذا النموذج، توصِّف النسبية العامة –مثل صياغة هذا النموذج بسرعات ضعيفة مقارنة مع سرعة الضوء، نظرية نيوتن في الجاذبية– حركية المجرات بشكل صحيح. لكن ذلك يشترط احتواء المجرات على كميات هائلة من مادة سوداء، ذات طبيعة مجهولة ولم تتم ملاحظتها بطريقة مباشرة. بعبارة أخرى، لابد من كيان لغزي آخر، يسمى طاقة سوداء، وضروري أيضاً لتفسير التوسع المتسارع للكون منذ حدوث الانفجار العظيم. أي إن المادة المرئية والطبيعية التي تكوِّن الكواكب والشموس والمجرات لا تشكل سوى 4% من المادة والطاقة الكلية الموجودة في الكون.

كيف يمكن دمج هذه المادة السوداء وهذه الطاقة السوداء في قوانين الفيزياء؟ يوجد حلاّن محتملان: الأول يدخل في صلب النموذج الكوني الحالي، ويعتمد على إضافة مكونات مجهولة، في إطار النسبية العامة وفي ميكانيك نيوتن كنظريات للجاذبية. والثاني يتضمن تنقيحاً معمقاً لهذه النظريات. هذه هي المقاربة التي يتبناها عدد متزايد من الفيزيائيين، وفي جميع الحالات يحملنا كل ذلك على الاعتقاد بأننا نقف على عتبة ثورة تصورية في فهمنا للمحتوى الكوني والقوانين التي تحكم سلوكه.

مبادرة كوكب عطارد. لفهم رهانات هذه القضية بشكل كامل، دعونا نعود إلى منتصف القرن التاسع عشر، حيث اكتشف الفلكي الفرنسي أوربان لوفيرييه Urbain Le Verrier آنذاك دوراناً شاذاً في مدار عطارد. إذ إن جميع الكواكب في المنظومة الشمسية تخضع لظاهرة "المبادرة" التي تتمثل في أن مدار كوكب ما نفسه يدور باستمرار حول الشمس. ويفسر ذلك بشكل واضح بوساطة الأثر التجاذبي، على كل كوكب، من قبل كافة الأجسام الأخرى في المنظومة الشمسية، باستثناء مسار كوكب عطارد الذي يتحرك بسرعة زاوية أكبر مما تتوقعه نظرية نيوتن في الجاذبية.

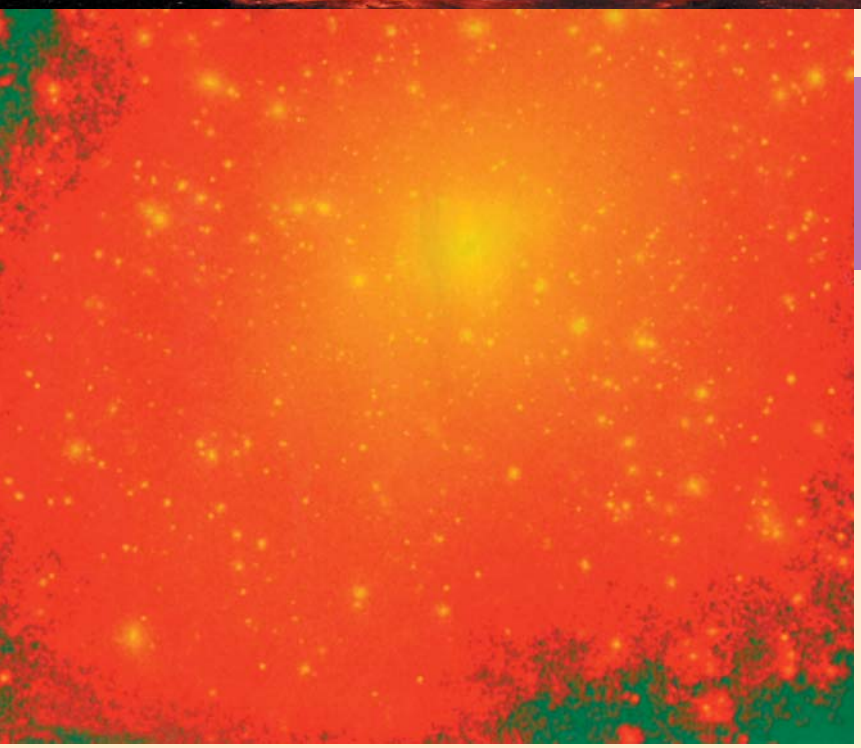
يمكن فهم هذا الشذوذ بطريقتين: إما من خلال جذب يولّده جسم مجهول يقع بين الشمس وعطارد، أو عن طريق تغيير قوانين نيوتن. وهذا الافتراض الأخير هو الذي يفرض نفسه حالياً، عندما وُسِّعت الجاذبية النيوتونية وأدرجت في نظرية أكثر عمقاً: هي النسبية العامة. ففي العام 1919 أكدت الملاحظات التجريبية عملياً صلاحية هذه النظرية التي فَسّرت بشكل واضح السرعة الزاوية لعطارد.

مادة مفقودة. وبعد 15 عاماً تلت، أيدت الملاحظات التجريبية من جديد فرضية وجود مادة مفقودة في الكون. ففي العام 1933 لاحظ الفلكي السويسري فريتز زويكي أن مجرات عديدة موجودة في تكتل كوما Coma تتحرك بسرعة أكبر بكثير مما تتوقعه قوانين الجاذبية النيوتونية. استخدمت هذه القوانين باستمرار من قبل الفلكيين، لأنها، وفي تجمع مجري، لم تكن متناقضة مع النسبية العامة، وأظهر استخدامها سهولة أكبر وأكثر تماسكاً في حالات عديدة.

ولتفسير هذه الملاحظة انطلاقاً من الجاذبية النيوتونية، يجب أن تكون كتلة المجرات أكبر بـ 100 مرة من القيمة المحدَّدة للمواد المرئية. عرفت هذه المادة المفقودة بـ "السوداء". ومن ثم، اكتشف فلكيون آخرون وجود غاز ساخن جداً يصدر أشعة-X، ويمثل عملياً غالبية المادة المرئية المكونة للتكتلات

ما هو مهم:

- تشير التطورات الحديثة في الملاحظات الكونية إلى أن المادة العادية تشغل حيزاً أصغرياً في الكون.
- يدحض فيزيائيون عديدون مثل هذا النموذج الكوني، المسيطر عليه بمكونات سوداء وغير مرئية وغير محددة..
- تصف النظريات كوناً تتصرف فيه الجاذبية بطريقة مختلفة حسب المكان الكوني.



تعيد هذه المحاكاة الرقمية من جديد تشكيل درب التبانة انطلاقاً من النموذج الكوني CDM، الذي أسس على النسبية العامة وافترض وجود مادة سوداء في الكون.

المجرية. لكن ذلك غير كافٍ لشرح ملاحظات زويكي، وتظل المادة السوداء مسيطرة وتزيد حوالي ست مرات تقريباً على المادة الطبيعية.

لم يتمكن زويكي من إقناع زملائه بأهمية اكتشافه، وقد نُسي هذا الاكتشاف لعقود عديدة. رغم ذلك، بدءاً من سبعينيات القرن المنصرم، ومن ملاحظات تتعلق بدوران المجرات الحلزونية، تم التأكد من وجود كمية هائلة من المادة المفقودة، ليس فقط على مستوى تكتل مجري، بل وفي حالة مجرات منفردة أيضاً. وهنا أيضاً، تتعارض هذه الملاحظات مع قوانين الجاذبية النيوتونية، التي لا تبقى صحيحة إلاّ إذا اعتبرنا أن المجرات كانت محاطة بهالات ضخمة من مواد غير مرئية.

هناك عناصر أخرى عديدة تؤكد وجود هذه الهالات. فمنذ 12 سنة، مثلاً، سمحت "العدسات الجاذبية" بوضع خريطة للمادة السوداء بالقرب من بنىً مجرّية ضخمة. فالمجرات الأكثر بعداً تصدر عملياً أشعة مضيئة تنحرف عن مسارها بفعل المادة السوداء أو الطبيعية، قبل أن يكشفها المقراب (اقرأ المؤطر الخاص بعدسات الجاذبية). يمكننا من تحليل انحراف الإشعاع تحديد موقع المادة السوداء في الكون.

تكشفت المادة السوداء بوساطة العدسات التجاذبية

العدسة التجاذبية هي جسم كثيف يطبق حقلاً تجاذبياً ويحرف الأشعة المرئية المارة بجانبه. يستخدمه علماء الكون لتحديد موقع المادة السوداء ضمن البنى الكونية الضخمة، مثل التجمعات المجرية، كمجرة الدجاجة، المبينة على الشكل أدناه.

تتكون مجرة الدجاجة بالحقيقة من كتلتين مجريتين بحالة تصادم. تمثل الصورة الضوئية الإجمالية تطابقاً، بالأحمر، لإصدار أشعة X للغاز الحار الموجود في كل كتلة مجرية؛ وبالأزرق، الكتلة الكلية التي يلاحظها علماء الكون. إن توزع هذه الكتلة يقابل الكتلة المتجمعة من الكتلتين المشكلة بوساطة العدسات التجاذبية. فالكتلة الأصغر (إلى اليمين) تبدو مخترقة الكبرى (إلى اليسار) مثل شكل دجاجة. تظهر النقط ذات اللون الأحمر، إلى اليمين، الموجة الصادمة التي تسمح بقياس سرعة التصادم (4700 كيلو متر في الدقيقة تقريباً). لا تفعل جميع مكونات التكتل بنفس الطريقة. تتداخل المجرات والمادة السوداء دون أن تتفاعل. أما الغاز الحار فهو دائماً مكبوح، في حين أن المكونات الغازية للكتلتين أكثر تقارباً من مركزي الكتلة. يسمح اختلاف السلوك بين المجرتين والغازات الحارة والمادة السوداء بفصل هذه المكونات، ومن ثم تحديد مواقع المادة السوداء.

* المستعر الفائق: يقابل مجموع الظواهر التي تنجم عن انفجار نجم.

الإشعاع القديم. كما يُدعَّم وجود المادة السوداء بتغيرات الخلفية الكونية المنتشرة، أي الإشعاع الصادر بعد الانفجار العظيم بـ 380000 سنة. إن هذا الإشعاع القديم يأتينا إلى الأرض اليوم من جميع جهات الكون، ودرجة حرارته موحدة بصورة عامة وقريبة من 3 كلفن. وعند قياس خلفية الانتشار بدقة كبيرة نلاحظ رغم ذلك انحرافات صغيرة في درجة الحرارة، علماً أن هذه الانحرافات تتعلق بصورة مباشرة بكثافة المادة الكونية وتوزعها. وبتقاطع المعطيات المتعلقة بالمادة المرئية، توحي هذه الانحرافات بوجود كميات من المادة السوداء مختلفة المقادير بحسب المناطق الكونية.

تُكوِّن هذه الملاحظات أساساً لنموذج كوني، حيث لا تحتل المادة العادية فيه إلاّ حيّزاً صغيراً، وتتكون المادة السوداء فيه من جسيمات غير معروفة، هذا إذا لم تكن هذه الجسيمات مادة باردة ولا تتفاعل، أو تتفاعل قليلاً، مع المادة العادية. دعيت هذه المادة "CDM"، اختصاراً للكلمة الإنكليزية "المادة السوداء الباردة Cold Dark Matter"، وهذا النموذج يهيمن حالياً على مجال علم الكونيات.

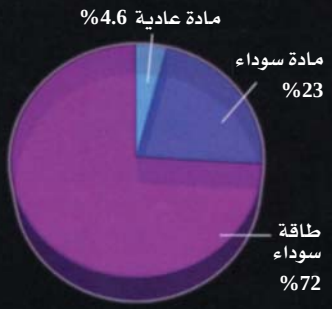
واعتماداً على النسبية العامة، وكذلك على كلّ ما تقدمه فيزياء الجسيمات، حقّق هذا النموذج بالفعل نجاحات كبيرة عديدة في وصف الكون عند مقياس كبير، وتفسّر الطاقة السوداء توسُّعه المتسارع. تؤدي المادة السوداء أيضاً دوراً أساسياً لأنها هي التي شكلت الكون منذ لحظاته الأولى، وذلك من خلال زجّ المادة العادية في حالة انهيار تجاذبي. وبدون المادة السوداء، تبيّن المحاكاة الرقمية عدم قدرتها على إعادة إنتاج وتفسير تشكل البنى الكبيرة للكون الحالي.

ومع ذلك، يظهر النموذج CDM نقاط ضعف عديدة على المستوى المجرّي، أظهرتها هذه المحاكيات نفسها. وبحسب هذه المحاكيات، فإن المادة السوداء تتركز عملياً إلى أبعد الحدود في داخل المجرات، وتحديداً تهيمن المادة السوداء باحتمال كبير على درب التبانة، في حين أن الملاحظات تشير إلى عكس ذلك: إذا كانت المادة السوداء موجودة بالفعل فستكون قليلة في النظام الشمسي. تنبئ المحاكاة أيضاً عن قدٍّ معين لأقراص المجرات الحلزونية، الذي هو أقل بعشر مرات من القدّ الملاحظ في الواقع.

أثر المستعر الفائق. ثمة مشكلة أخرى في نموذج CDM تكمن في عدم قدرته على تفسير الانتظام الملاحظ في توزع المادة السوداء في جوار المجرات. ففي إطار هذا النموذج، وكما تشير إليه المحاكاة، يتوقع وجود اختلافات أكبر بكثير من مجرة لأخرى نتيجة المصادفات التاريخية الخاصة بتشكل كل مجرة.

وبمواجهة هذه القائمة البسيطة، قائمة مشكلات النموذج CDM، لا يبدل مريدو هذا النموذج رأيهم ويدَّعون بأن هذه الشذوذات ستُفسَّر عاجلاً أو آجلاً. ويضيفون بأن هذه المشاكل ستزول عندما نتمكن من دمج سلسلة من الظواهر المعقدة في المحاكيات الرقمية، مثل تأثير المستعرات الفائقة* على المادة السوداء أو على نماذج التآثرات بين المادة السوداء والمادة العادية. ■

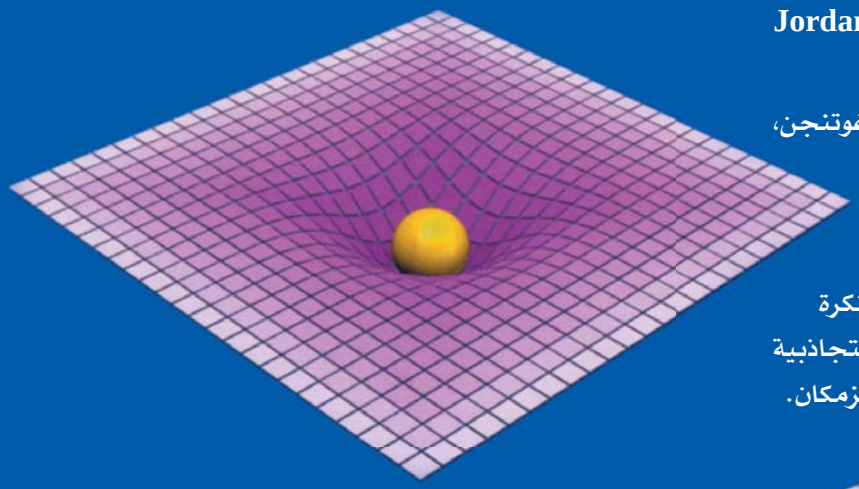
الشكل 1 الطاقة السوداء هي السائدة



حسب النموذج الذي يهيمن على علم الكون، فإن المادة العادية التي تشكل الكواكب والنجوم والمجرات لا تملأ (تشغل) سوى أكثر بقليل من 4% من الكون. وتتكون غالبية هذا الكون من مادة سوداء (23%) وطاقة سوداء (72% تقريباً) غير معروفتي الطبيعة.

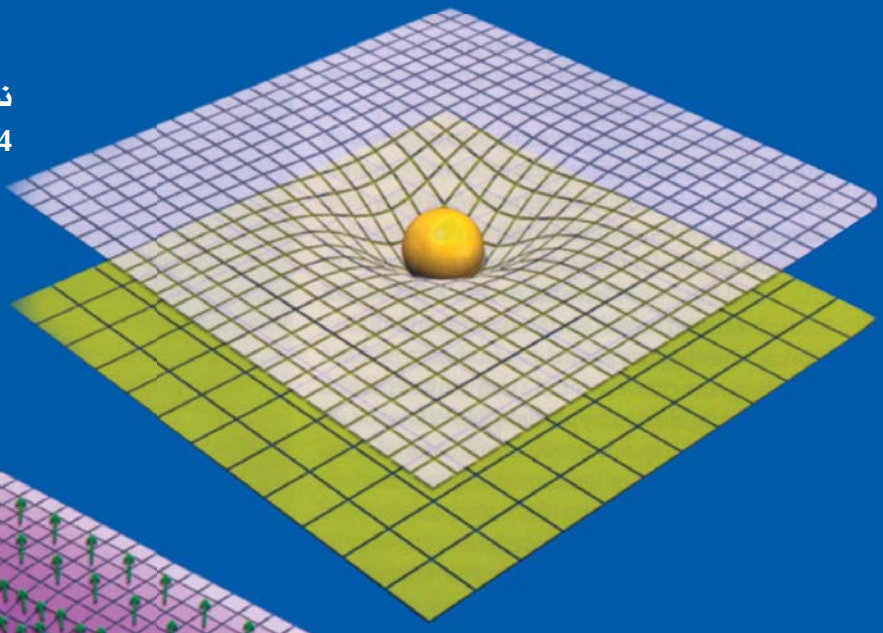
❸ النظريات المنافسة للنسبية العامة

تحاول فرضيات عدة استبدال نظرية أينشتاين في تفسير قوة الجاذبية.



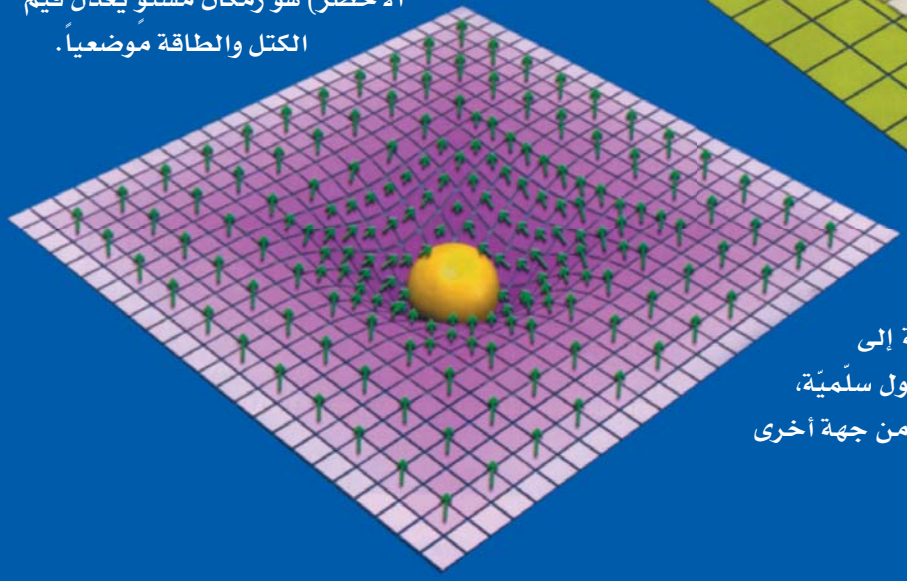
نظرية جوردان-برانس-دايك Jordan-Brans-Dicke عام 1961:

تقترح أعمال باسكال جوردان من جامعة غوتنجن، وكارل برانس من جامعة لويولا في شيكاغو، وروبرت دايك من جامعة برنستون إضافة حقل سُلَّمي إلى بنية الزمكان التي عينتها النسبية العامة، والذي يتكور في جوار كتلة (الكرة الصفراء). يعدِّلُ هذا الحقل شدة القوة التجاذبية بفرض قيمة (تدرُّج اللون) في كل نقطة من الزمكان.



نظرية المترية الثنائية لـ روزن Rosen، عام 1974:

يقترح نموذج ناثان روزن، المساعد القديم لأينشتاين في جامعة برنستون، وجود حقلين يحددان بنية الزمكان. الأول (في الأعلى) يُوصِّف التأثرات التجاذبية من خلال منحن زمكاني يشابه منحنى النسبية العامة. والثاني (باللون الأخضر) هو زمكان مستوٍ يُعدِّلُ قيم الكتل والطاقة موضعياً.



نظرية توفيس TeVes، عام 2004:

تحدد هذه النظرية حقولاً عدة إضافة إلى الحقل المستخدم في النسبية العامة: حقول سلّميّة، من جهة، وحقل موجّه (ممثل بالأسهم)، من جهة أخرى تُعدِّلُ شدة القوة التجاذبية موضعياً.

4 الجاذبية تختبئ في أبعاد أخرى

حوار: إذا كانت قوة الجاذبية شديدة الضعف مقارنة مع القوى الأخرى، فربما يكون ذلك بسبب اختفائها في أبعاد زمكانية لم نتوصل إليها بعد.

مندوب مجلة البحث: تناهضون مفهوم الجاذبية الأساسي وهذا أمر مدهش. ما هي النقطة المفتاحية في هذه المناهضة؟

ليزا راندال: أرتكزُ على وجود أبعاد إضافية لأبعاد الفراغ الثلاثة المعتاد عليها. فحقيقة أننا لا نلاحظ هذه الأبعاد لا يعني أنها غير موجودة. ومن ناحية أخرى، لا يوجد أي دليل أو أي نظرية فيزيائية، ولا حتى النسبية العامة، تفرض وجود الأبعاد الثلاثة، وفقط الأبعاد الثلاثة للفضاء. في حين أن فرض وجود هذه الأبعاد الإضافية، وعندما تقدم هذه الأبعاد الخصائص التي حددتها أنا بنفسي مع فيزيائيين آخرين، يمكن عندها أن يُحلَّ كثير من المشاكل المتعلقة بسلوك قوة الجاذبية. ويمكننا أن نُحسِّن فهمنا، وبشكل خاص، لماذا تظهر هذه القوة صفة خاصة لهذا الحدّ.

كيف تتبدى هذه الصفة الخاصة؟

ل. ر. إن قوة الجاذبية هي واحدة من أربعة تفاعلات (تأثرات) أساسية في الفيزياء. والقوى الثلاث الأخرى هي: القوتان النوويتان الضعيفة والشديدة والقوة الكهرطيسية. إن سلوك وخصائص هذه القوى الثلاث الأخيرة معرّفة تماماً بوساطة الميكانيك الكمومي، عبر النظرية الكمومية للحقول. يسمح هذا التوصيف الموحّد بجمع هذه القوى الثلاث في إطار النموذج المعياري لفيزياء الجسيمات. لكن ذلك لا ينطبق على حالة التفاعل التجاذبي. لأن هذه القوة موصّفة بدلالة النسبية العامة، التي لا نعرف التعبير عنها بوساطة الحدود الكمومية. إذ عندما نحاول جمع معادلات النسبية العامة مع تلك المعبِّرة عن الميكانيك الكمومي، نحصل على انحرافات ليس لها أي معنى من وجهة نظر فيزيائية. وبعبارة أخرى، إن النسبية العامة تفقد تماماً قدرتها على التنبؤ. وهكذا نجد أن قوة الجاذبية مستبعدة من النموذج المعياري.

هل هناك أسباب أخرى؟

ل. ر. تنتقل كلٌّ من القوى الثلاث المتحدة في النموذج المعياري بوساطة جسيمات: الفوتون في حالة القوة الكهرطيسية، والبوزونات W و Z في حالة القوة الضعيفة، والغليونات في حالة القوة الشديدة. وبالمنطق ذاته، يدعم الفيزيائيون فرضية وجود جسيم يسمى غرافيتون، ضمن إطار نظرية كمومية للتجاذب، من أجل نقل التآثر التجاذبي. ويجب على الغرافيتون توليد قوة جاذبة، لها قدرة حمل لا نهائية وموجودة بعدد غير محدود. وبعبارة كمومية، إن ذلك يتطلب تمتع هذا الجسيم بسرعة انتقال الضوء ولسبينه (خاصة كمومية أساسية) قيمة دقيقة جداً، مساوية 2. لا تمتلك أيٌّ من الجسيمات المعروفة لنا مثل هذه الخصائص. وهناك أيضاً مشكلة أخرى تشغل بال فيزيائيي الجسيمات، وهي قوة الجاذبية التي بدأتُ أنا نفسي أنشغل بها وبالوجود المحتمل للأبعاد الإضافية. وما يمنح عملياً التآثر التجاذبي صفة مميزة هو أن شدتها أضعف بكثير من شدة أيٍّ من القوى الثلاث الأخرى. إن هذه الخصوصية، وجميع التساؤلات الناجمة عنها، تعرف باسم "مشكلة التسلسل problem of the hierarchy".

ما هو مهم:

- إن شدة القوة التجاذبية هي أضعف بشكل كبير جداً من القوى الأساسية الأخرى في الفيزياء بحيث لا يمكن المقارنة بينها.
- سيُفسَّر هذا الضعف النسبي بوجود أبعاد إضافية مشوَّهة ومُقوَّسة بشكل كبير، وبها تطبق الجاذبية تأثيرها أيضاً.
- ستختبر هذه الفرضية في المسرعات الجديدة للجسيمات.

هل بإمكانكم الإفصاح أكثر؟

ل. ر. بالتأكيد إن المتسلق لجبل ما لا يخطر له التفكير بأن قوة الجاذبية ضعيفة إلى هذا الحد. تخيّل أن هذا التآثر التجاذبي للأرض بأكملها هو الذي يزعج المتسلق عند صعوده. تخيّل أيضاً أن مغنطيساً عادياً يكفي للسيطرة على هذا التآثر جاذباً نحوه مسّاكة ورق أو قطعاً أخرى معدنية صغيرة. وإذا

ما تحدثنا بمقاس الجسيمات، فإن قوة الجذب المتبادلة بين إلكترونين هي أصغر بـ 1042 مرة من القوة الكهرساكنة بين هذين الإلكترونين. لماذا كلّ هذا الفارق؟ ليس بمقدور الفيزيائيين إعطاء تفسير لهذا الفارق الكبير جداً. يبدو لهم هذا الفارق معلماً غامضاً، حاملاً معنىً يجهلونه في الوقت الحالي. لكن ذلك يشكل مبرراً إضافياً لاعتبار الجاذبية قوة مختلفة ولا تزال طبيعتها الحقيقية قيد التفسير.

ما هي الآثار المكتشفة لفهم الضعف النسبي لقوة الجاذبية؟

ل. ر. مضى الآن أكثر من ثلاثين عاماً على محاولات النظريين حلّ هذه المسألة، وذلك عبر طرق متعددة لم تسفر عن أي جواب مقنع. غير أنه منذ سنوات عديدة بدأ أحد الحلول ينال القبول، وكنت أنا أحد الطليعيات فيه مع رامان سوندرام Raman Sundrum، نظري في جامعة جون هوبكينز، في ماريلاند. تعود أصول هذا الحلّ إلى أبحاث في نظرية الأوتار. إن هذه النظرية الافتراضية ليست الأقل اعتباراً كمرشحة تسمح بالمواءمة بين النسبية العامة والميكانيك الكمومي. لكن ذلك مقابل تراجعين مهمّين: يتمثل الأول بعدم اعتبار الجسيمات الأولية كأشياء دقيقة، إنما على هيئة أوتار متناهية الصغر خاضعة لاهتزازات مستدامة. والثاني، ضروري لعمل نظرية الأوتار، يقود إلى افتراض وجود أبعاد إضافة للأبعاد الثلاثة المعتادة.

ما هي أسباب بقاء هذه الأبعاد الإضافية غير مرئية؟

ل. ر. إذا كنتم بعيدين جداً عن ملعب كرة القدم، وتنظرون إليه وأنتم بحالة وقوف، فستجدون شيئاً ثابتاً، وحيد البعد. وبالاقتراب منه سترون أن هذا الملعب يأخذ شكل مستطيل، ولا تظهر التفاصيل والصفات الثلاثية الأبعاد إلاّ عند وصولكم إلى منطقة قريبة من الملعب. هكذا كان الحال بشكل عام منذ عشرينيات القرن المنصرم، وقبل أن يتم التفكير بوجود أبعاد إضافية لأول مرة، وهي طريقة يبرّر فيها الفيزيائيون بقاء هذه الأبعاد مخفيّة. إنها أبعاد مدمجة ومنطوية على ذاتها ومتصفة بهيئة خاصة، وهي صغيرة بحيث لا يمكن ملاحظتها

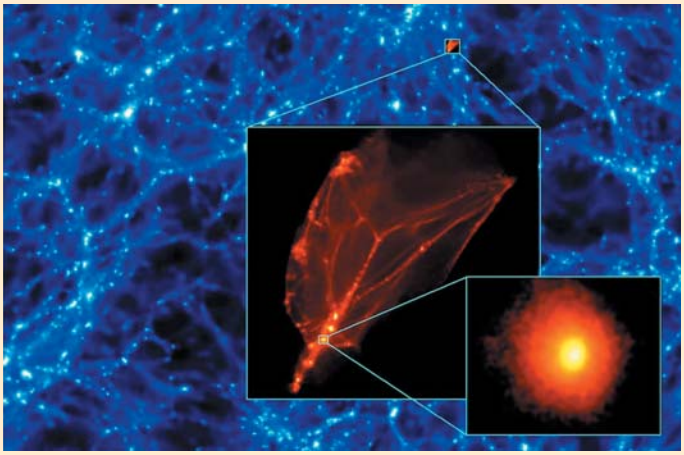
وغير قابلة للقياس. لقد شرحنا، رامان سوندروم وأنا، بطريقة مختلفة تماماً سبب عدم إمكانية ملاحظة هذه الأبعاد الإضافية. فبالرجوع إلى النسبية العامة، نعرف أن الطاقة والمادة تطويان (تحنيان) الزمكان. وبالاستناد إلى معادلات هذه النظرية، التي تم تحسينها تدريجياً، يتبيّن أن الأبعاد الإضافية يمكنها عرض هندسة قطع زائد خاصة في غاية التقوس، لدرجة أنه بإمكان هذه الأبعاد الإضافية أن تكون خارج إدراكنا وغير قابلة للقياس بأجهزتنا.

كيف تفسّر الأبعاد الإضافية ضعف الجاذبية؟

ل. ر. إن العناصر الأساسية في عملنا المتعلق بالأبعاد الإضافية هي "الأغشية"، غرائب رياضية أخرى تفرضها نظرية الأوتار، وقد سُمِّيت كذلك لأنه بالإمكان توصيفها كأنماط لأغشية ذات أبعاد متعددة. وجميع الجسيمات، ومن ثم فجميع الأوتار الدائمة الاهتزاز، ستكون مرتبطة، بوساطة أحد أطرافها، بهذه الأغشية التي تفرض سلوكها. ولفهم ذلك، لنجري التشابه مع ستار الرشاشة douche، الثنائي البعد، في غرفة الحمام الثلاثية الأبعاد. تنزلق قطرات الماء على طول الستار، ولكن دون أن تغطي بقية غرفة الحمام. وبمقارنة ذلك مع الغشاء، فإن الأوتار التي تمثل جسيمات عنصرية تبقى حبيسة أبعاد محددة. يستثنى من ذلك تماماً أوتار يفترض أن تعطي غرافيتونات. وبشكل مغاير لبقية الأوتار، لا تكون هذه الأوتار منطوية، إلاّ أنها منغلقة على نفسها، مشكلة نمطاً لحلقة. وكونها لا تمتلك نهايات، فليس بإمكانها الارتباط بغشاء. وهكذا ستكون الغرافيتونات قادرة على الانتقال من غشاء لآخر، ولكن في جميع أبعاد المكان أيضاً، وبخاصة الأبعاد الإضافية. وهكذا يُفسّر جزء الطاقة ذو التأثر التجاذبي، المنتقل إلى الأبعاد الإضافية، الضعف الظاهري لهذه القوة وصفتها الخاصة جداً في زمكاننا الرباعي الأبعاد.

هل نظريتكم قابلة للتحقق تجريبياً؟

ل. ر. نعم، بالتأكيد، بفضل المسرع الجديد للجسيمات في مركز سيرن، بالقرب من جنيف، الذي تأخر انطلاقه بسبب أعطال فنية، وبإحداث تصادم للبروتونات عند طاقات لم نتوصل إليها بعد، يمكن للمصادم الهدروني الكبير، نظرياً، أن يؤكد وجود الأبعاد الإضافية وكذلك الجسيمات المحسوسة المعبِّرة عنها. يجب على تصادم البروتونات مثلاً تحريض إصدار موجات من الجسيمات في جميع اتجاهات المكان وبطريقة تناظرية. وإن كشف موجة ما من الجسيمات في منحىً وحيد سيدعم وجود جسيمات غير مرئية تنتشر في الاتجاه المعاكس، على طول بعد إضافي. ووفقاً لتوقعات نموذجنا، فإن تصادم الجسيمات ضمن المصادم الهدروني الكبير سينتج ما يكفي من الطاقة لتشكيل غرافيتونات، والتي يمكن لمنتجات تفككها أن تُسَجَّلَ بوساطة مكاشيف الجسيمات. ■



نمو الآزوت الجوي وتثبيته في نظام الزراعة المختلطة لنباتات الفصة الشجرية Medicago arborea والرغل الملحي Atriplex halimus المزروعة فوق تربة متأثرة بالملوحة باستعمال تقانة الاقتفاء بالنظير ^{15}N

Growth and N_2 fixation in mixed cropping of Medicago arborea and Atriplex halimus grown on a salt affected soil using a ^{15}N tracer technique

د. فواز كردعلي
قسم الزراعة

ملخص

هدفت الدراسة إلى تقييم إنتاج المادة الجافة والآزوت المتراكم وتثبيت الآزوت الجوي Ndfa في نبات الرغل الملحي Atriplex halimus والفصة الشجرية Medicago arbrea المزروعين في أصص بشكل منفرد وبشكل مختلط فوق تربة متأثرة بالملوحة باستعمال طريقة التمديد النظيري ^{15}N. كان مجموع إنتاج المادة الجافة للنوعين النباتيين ضمن نظام الزراعة المختلطة أعلى معنوياً من مثيلاتها ضمن نظام الزراعة المنفردة. أدت زراعة الرغل في المعاملة المختلطة إلى خفض كمية الآزوت الممتصة من التربة في نبات الفصة الشجرية وإلى ارتفاع في النشاط التثبيتي للآزوت الجوي (%Ndfa) دون أن تتأثر كميات الآزوت المثبتة بين النظامين المتبعين في الزراعة. يمكن الاستنتاج بأن استخدام نظام الزراعة المختلطة للفصة الشجرية والرغل الملحي قد يكون من الطرق الواعدة لاستثمار الترب المتأثرة بالملوحة من حيث الإنتاج العلفي وتثبيت الآزوت الجوي.

الكلمات المفتاحية: فصة شجرية، رغل ملحي، ملوحة، زراعة مختلطة، ^{15}N.

نُشرت ورقة البحث هذه في مجلة: *J.Plant Interactions 2009*.

الاستقطابيات الخطية وغير الخطية للسبيروبيران ومشتقاته

Linear and Hyper polarizabilities of Spiropyran and Derivatives

د. محمد خير صبرة
قسم الفيزياء

ملخص

جرى إيجاد هندسة جزيء السبيروبيران (SP) ومشتقاته باستخدام طرائق نيوتينية، مثل تقنية Broyden–Fletcher–Goldfarb–Shanno. ثم طُبقت طرائق التصورات الأولية في الكيمياء الكمومية لحساب طاقات الحالة الأساسية للشكل المغلق والمفتوح لـ SP من أجل مجموعات قاعدة مختلفة. حُصل على التواتر المرتبط بالاستقطابية الخطية لـ SP ومشتقاته وكذلك تم رسمه. وجد اختلاف في قمم الامتصاص بين التركيبين المغلق والمفتوح لجزيء السبيروبيران.

الكلمات المفتاحية: سبيروبيران، التصورات الأولية، استقطابية، الكينوني، الأنفوليتي.

نشرت ورقة البحث هذه في مجلة *ACTA PHYSICA POLONICA A Vol. 115, 647 (2009)*.

الإضافات السورية لنظام معلومات السلطة الرقابية RAIS 3.0

Syrianextesions to the regulatory authority information system RAIS 3.0

د. حازم سومان، مجد الحبال
مكتب التنظيم الإشعاعي والنووي

ملخص

تصف هذه الورقة الإضافات التي أجريت على نظام معلومات السلطة الرقابية RAIS 3.0 في سورية.

تغطي هذه الإضافات مجالاً واسعاً من الوظائف في نطاق RAIS 3.0 وواجهته. تمت المحافظة على التوافق التام مع النسخة الأصلية لـ RAIS 3.0.

الكلمات المفتاحية: الإضافات، نظام، معلومات، السلطة الرقابية.

نُشرت ورقةُ البحث هذه في مجلة *Journal of Radiological Protection 2008*.

تأثير الحقل الكهربائي على معدلات إصدار مصيدتي الثقوب $H4_F$ و$H4_S$ في InP

Electric field effect on the emission rate of $H4_F$ and $H4_S$ hole traps in InP

د. رامي درويش، بهاء الدين العك
قسم الفيزياء

ملخص

دُرس تأثير الحقل الكهربائي على معدلات إصدار الثقوب من المصيدتين $H4_F$ و$H4_S$ في InP العالي الإشابة بالزنك والمشعع بالإلكترونات باستخدام المطيافية الانتقالية للمصائد العميقة (DLTS) والمطيافية الانتقالية للمصائد العميقة المضاعفة الترابط (DDLTS). أظهرت نتائج تقنيتي DLTS وDDLTS توافقاً جيداً من أجل قيم ضعيفة ومتوسطة للحقل الكهربائي بينما لم يتحقق هذا التوافق من أجل قيم شديدة للحقل الكهربائي. بمقارنة معطيات الإصدار التي حصلنا عليها بالنماذج النظرية وجدنا أن ازدياد معدل إصدار العيب $H4_F$ بدلالة الحقل يتوافق مع النموذج الكمومي لمفعول النفق المحثوث بالفونونات، بينما ازدياد معدل إصدار العيب $H4_S$ يتبع نموذج Poole–Frenkel باستخدام كمون حجب كولومبي ثلاثي الأبعاد. أظهرت نتائجنا هذه أن العيب H4S يمكن أن يكون عائداً إلى معقد مشحون تشترك فيه ذرة من التوتياء مع فجوة فوسفور (V_p–Zn).

الكلمات المفتاحية: حقل كهربائي، المصائد العميقة، المطيافية الانتقالية للسويات العميقة البسيطة DLTS والمضاعفة الترابط DDLTS، ازدياد معدلات الإصدار، التشعيع الإلكتروني.

نشرت هذه الورقة في مجلة: *Journal of Applied Physics,V. 105, page, 103517 (2009)*

التنوع في شكل وحجم الأكياس البوغية للفطر Plasmopara halstedii

(مسبب البياض الزغبي في نبات عباد الشمس)

Variation in form and size of Plasmopara halstedii (sunflower downy mildew) zoosporangia

نشأت صقر
قسم الزراعة

ملخص

درس شكل وحجم الأكياس البوغية للفطر Plasmopara halstedii (المسبب المرضي للبياض الزغبي في نبات عباد الشمس). وُجِد شكلا الأكياس البوغية: البيضاوي والكروي في كل السلالات الفطرية المدروسة كما وُجد أن النسبة المئوية لكليهما تتغير بشكل معنوي نسبة إلى السلالة الفطرية وعمر نبات عباد الشمس ولكن بالأخص بالنسبة إلى صنف نبات عباد الشمس. مهما كانت السلالة الفطرية أو صنف نبات عباد الشمس، كانت الأكياس البوغية البيضاوية أكبر من الأكياس البوغية الكروية ولكن لا توجد علاقة بين نسبة الأكياس البوغية البيضاوية ومتوسط حجم الأكياس البوغية. لا توجد علاقة بين شكل الأكياس البوغية وحجمها والعرق الفيزيولوجي أو معايير كمية المرض المنتجة للفطر ولكن مع وجود استثناء بين حجم الأكياس البوغية وكمية الأبوا غ المنتجة للفطر Plasmopara halstedii. استنتج بالنسبة لهذا العامل الممرض الإجباري التطفل، على الرغم من أن شكل الأكياس البوغية وحجمها يعتمدان على سلالة الفطر، أن هذه الصفات الشكلية يمكن أن تتغير تبعاً لظروف نمو الفطر Plasmopara halstedii بشكل خاص تبعاً لصنف النبات العائل (عباد الشمس).

الكلمات المفتاحية: كمية المرض المنتجة، Helianthus annuus، عامل ممرض إجباري التطفل، الشراسة.

نُشرت ورقة البحث هذه في مجلة: *Mycological Progress, 2008.*

حيوية زرعات الممرض Pyrenophora graminea بعد تعرضها لضوء الشمس تحت الظروف الحقلية

Viability of pyrenophora graminea cultures after sunlight exposure under field conditions

د. محمد عماد الدين عرابي، إياد الشحادة، محمد جوهر
قسم البيولوجيا الجزيئية والتقانة الحيوية

ملخص

جرى تعريض أبواغ كونيدية من العامل الممرض Pyrenophora graminea المسبب لمرض تخطط أوراق الشعير، بتزامن، لأشعة الشمس المباشرة في العراء أو وضعها ضمن صندوق كرتوني مظلم ومهوى ولمدة أربعة أشهر. وضعت الأبواغ الكونيدية بعد انتهاء فترة التعرض على وسط آغار ضمن أطباق بتري وتركت 24 ساعة لتنتش. كانت الشروط المظللة أكثر تفضيلاً لإنتاش الكونيديا ونمو المشيجة من شروط ضوء الشمس. لوحظ نقص معنوي ($P<0.05$) في قابلية إنتاش الكونيديا (60.6%) ونمو المشيجة (41.46%) عند الكونيديا المعرضة للضوء بالمقارنة مع الشاهد غير المعرض. كما أدى التعرض أيضاً إلى خفض إمراضية الفطر في أصناف مختلفة. لابد من أخذ احتمالية انخفاض القابلية الإنتاشية للكونيديا عند تعرضها لأشعة الشمس خلال الأربعة أشهر الأشد حراً ومسافات انتقالها هوائياً بعين الاعتبار.

الكلمات المفتاحية: الفطر Pyrenophora graminea، الشعير، تخطط الورقة، حيوية البوغ، الإشعاع الشمسي.

نُشرت ورقة البحث هذه في مجلة: *Journal of Plant Pathology*.

دراسة المسحوق للبوليمر [$(\mu_2$-2,2-ثنائي ميتيل البروبان-1,3-ثنائي إيل ثنائي الإيزوسيانيد$)$-μ_2-إيوديو-فضة(I)]

Powder study of poly[(μ_2-2,2-dimethylpropane-1,3-diyl diisocyanide)-μ_2-iodido-silver(I)]

د. موفق رقية، د. محمود القطيفاني
قسم الكيمياء

ملخص

تم اصطناع البوليمر الجديد $[AgI(C_7H_{10}N_2)]_n$ بواسطة معالجة 2,2–ثنائي ميتيل البروبان–1,3–ثنائي إيل ثنائي الإيزوسيانيد مع AgI وذلك من أجل استكشاف كيمياء الربيطة الثنائية السن (2,2–ثنائي ميتيل البروبان–1,3–ثنائي إيل ثنائي الإيزوسيانيد) وأيضاً من أجل التحقق من تأثير الأيونات المضادة في البنية البوليمرية لمعقدات (2,2–ثنائي ميتيل البروبان–1,3–ثنائي إيل ثنائي الإيزوسيانيد) فضة (I). وكما هو متوقع، بيّنت دراسة انعراج أشعة–X عن المسحوق أن البنية البوليمرية الحالية مشابهة لتلك المنشورة حديثاً للمعقدات المماثلة $[AgX(C_7H_{10}N_2)]_n$ حيث ($X = Cl-$ or NO_3^-) وذلك بعد استبدال الكلوريد أو النترات باليود. في البنية موضوع الدراسة، يرتبط مركز ذرّة الفضة AgI مع ذرّتي فضة مجاورتين AgI من خلال الربائط الثنائية السن 2,2– ثنائي ميتيل البروبان–1,3–ثنائي إيل ثنائي الإيزوسيانيد عبر الزمر NC لتشكيل سلاسل $_n[Ag\{CNCH_2C(CH_3)_2CH_2NC\}]$. تتقاطع أيونات اليود المضادة مع مراكز الفضة AgI في السلاسل لتشكيل بنية شبكية بوليميرية ثنائية البعد $_n\{[Ag\{CNCH_2C(CH_3)_2CH_2-NC\}]I\}$. تبين هذه الدراسة أيضاً أن هذه الربيطة المتساندة الثنائية السن تشكل بنى بوليميرية مشابهة وذلك بمعالجتها مع AgX بغض النظر عن طبيعة الأيون المضاد X، تملك وأيضاً خاصية كبيرة لتشكيل معقدات بوليميرية بدلاً من تشكيل ثنائي الجزيء أو ثلاثي الجزيء.

الكلمات المفتاحية: ثنائي الإيزوسيانيد، معقد الفضة، بنية المسحوق، أشعة–X، ثنائية السن، البنية البوليميرية، تصفيات Rietveld.

نُشرت ورقة البحث هذه في مجلة: *Acta Crystallographic Section*.

التبدلات الفيزيولوجية للبكتريا البحرية Vibrio angustum S14 أثناء النمو عند تعرضها لأشعة شمس صنعية (محاكٍ شمسي)

Physiological Alteration of the Marine Bacterium Vibrio angustum S14 Exposed to Simulated Sunlight During Growth

ماهر عبودي
قسم تكنولوجيا الإشعاع

ملخص

أجريت تجارب نمو البكتريا البحرية Vibrio angustum S14 تحت تأثير أربعة معاملات ضوئية باستخدام محاكٍ شمسي وهي: الضوء المرئي (V)، V + الأشعة فوق البنفسجية A(UV–A)، V +UV–A+ + الأشعة فوق البنفسجية B (UV–B)، والظلام (Dark). لوحظ تثبيط النمو بشكل رئيسي بتأثير UV–B وبشكل طفيف بـ UV–A.

سببت الأشعة فوق البنفسجية B نموات خلايا خيطية الشكل عديدة الجينوم مع محتوى قليل من سيكلوبوتان بيراميدين ديمر. لم تلاحظ أية تغيرات في تركيبة الأحماض الدهنية البكتيرية في أية من المعاملات الضوئية مقارنة بالشاهد (Dark)، بينما أصبح حجم الخلايا أصغر بعد الانقسام الذي تلى تحضين ثاني لاحق في الظلام.

طرأ على غالبية الخلايا البكتيرية النامية في المعاملة الضوئية بأشعة الضوء المرئي (V) تبدل في قيم فلورة الدناDNA التي جرى قياسها باستخدام جهاز التدفق السيتومتري وذلك بعد التلوين بصبغة SYPER Green I. لم ينجم هذا التبدل بتأثير UV–A بل هو بالتأكيد ناتج عن تغير في طبولوجيا الـ DNA وليس بسبب تخريبه نظراً لأن الخلايا حافظت على حيويتها دون أن يتأثر نموها، وقد جرت مناقشة النتائج البيئية لهذه المشاهدات ضمن هذه النشرة.

الكلمات المفتاحية: البكتريا الضمية Vibrio angustum S14، الأشعة الشمسية (المرئية، فوق البنفسجية)، الدنا DNA، الأحماض الدهنية.

نُشرت ورقة البحث هذه في *Curr Microbiol (2008)*.

فصل أيونات النحاس عن أيونات الحديد باستعمال أغشية من غول البولي ڤينيل المطعمة بحمض الأكريليك وڤينيل إميد أزول والمحضرة بالتطعيم المحرض إشعاعياً

Separation of copper ions from iron ions using PVA-g-(acrylic acid/ N-vinyl imidazole) membranes prepared by radiation-induced grafting

زكي عجي
قسم تكنولوجيا الإشعاع
علي علي
جامعة تشرين، كلية الهندسة التقنية، طرطوس

ملخص

طُعمت أغشية من غول البولي ڤينيل بمونوميرين هما حمض الأكريليك وڤينيل الإميد أزول باستخدام تشعيع غاما. ودُرست قابلية الأغشية المطعمة لفصل أيونات النحاس عن أيونات الحديد بتابعية مردود التطعيم وpH المحلول المغذي. تبين المعطيات أن انتشار أيونات النحاس من المحلول المغذي لوحدة الفصل إلى المحلول المستقبل يَعتمد على مردود التطعيم وعلى pH المحلول المغذي. بالمقابل فإن أيونات الحديد لم تنتقل من خلال الأغشية من درجات تطعيم مختلفة، ولكن كمية محدودة من أيونات الحديد عبرت في الوسط الحمضي الشديد. تبين هذه الدراسة أن الأغشية المحضرة يُمكن أخذها بالحسبان لفصل أيونات النحاس عن أيونات الحديد. حُددت درجة حرارة التفكك الحراري للأغشية المطعمة والأغشية المطعمة الحاوية على أيونات النحاس وأيونات الحديد باستخدام تقانة التحليل الحراري الوزني. تبين النتائج أن وجود النحاس والحديد يرفع من درجة حرارة التفكك الحراري، وُجد أيضاً أن الأغشية المطعمة المرتبطة بأيونات الحديد أكثر ثباتية من الأغشية التي تحتوي على أيونات النحاس.

الكلمات المفتاحية: حمض الأكريليك؛ N– ڤينيل إميد أزول؛ غول البولي ڤينيل؛ التطعيم الإشعاعي؛ فصل المعادن؛ تحليل حراري.

نشرت ورقة البحث هذه في مجلة *Journal of Hazardous Materials*

1 تأثير المبيدات الحشرية الطبيعية المنشأ (السبينوساد، والإمامكتين بنزويت، والكرومافينوزيد) على حشرة فراشة درنات البطاطا Phthorimaea operculella (Lepidoptera: Gelechiidae) ضمن الشروط المخبرية

د. جورج سعور، هالة اسماعيل
قسم التقانة الحيوية

Effects of naturally derived insecticides, Spinosad, Emamectin benzoate, and Chromafenozide insecticide on potato tuber moth Phthorimaea operculella (Lepidoptera: Gelechiidae) under laboratory conditions

ملخص

اختُبرت فعالية كلٍّ من المبيدات الحشرية السبينوساد، والإمامكتين بنزويت، والكرومافينوزيد على بيوض ويرقات حشرة فراشة درنات البطاطا. وصلت النسبة المئوية لفقس البيوض بعمر 1 أو 4 أيام عند معاملة السبينوساد بتركيزي 144 و 216 ميكروغرام/لتر إلى 6 و 0%، على التتالي. وفي المقابل، لم يُظهر الإمامكتين بنزويت والكرومافينوزيد أية فعالية ضد بيوض الفراشة. أبدى كلٌّ من السبينوساد، والإمامكتين بنزويت سمّية شديدة ضد اليرقات حتى عند التراكيز المنخفضة. لم تخرج أية فراشة من درنات البطاطا المعاملة سواء بالسبينوساد، أو بالإمامكتين بنزويت رغم انقضاء 90 يوماً على تخزينها.

الكلمات المفتاحية: سبينوساد، إمامكتين بنزويت، كرومافينوزيد، فراشة درنات البطاطا.

2 تأثير معدلات مختلفة من السماد الآزوتي في إنتاجية ومواصفات الشوندر السكري Beta vulgaris المروي بمياه جوفية مالحة (ري سطحي وتسميدي) والمزروع فوق تربة مالحة.

د. مصدق جانات
قسم الزراعة

Effect of different levels of nitrogen fertilizer on yield and quality of sugar beet Beta vulgaris irrigated with saline groundwater (fertigation and surface irrigation) and grown under saline conditions.

ملخص

في تجربة حقلية، زُرع الشوندر السكري لموسمي نمو 2004 و2006 في تربة متأثرة بالأملاح وذلك بهدف تقييم استجابة المحصول لطريقتي الري السطحي وبالتنقيط ولسويات مختلفة من السماد الآزوتي.

أضيف السماد الآزوتي حقناً مع مياه الري (ري بالتنقيط) أو نثراً (ري سطحي) على صورة يوريا N46% بمعدل 0، 50، 100، 150، 200 كغ/هـا، كما خصصت مساحة 1 م2 لإضافة السماد الآزوتي الموسوم بالآزوت-15. تمَّ تحديد جدولة الري بالطريقة المباشرة وقد حُدِّد موعد الري عند 80% من السعة الحقلية. قيست كمية مياه الري المستهلكة وقيم الناقلية الكهربائية لعجينة التربة، وقُدِّر إنتاج المادة الجافة للجزء الخضري والرطبة لمحصول الشوندر، إضافة إلى الآزوت الكلي والمستمد من السماد. حُسبت كفاءة إضافة السماد الآزوتي ومياه الري. فبيّنت النتائج وجود زيادة في إنتاج جذور الشوندر وفي إنتاج المادة الجافة، كذلك لوحظت زيادة في نسبة الحلاوة وانخفاضها عند معدل السماد الآزوتي المرتفع، كما بيّنت النتائج أن معدل التسميد الآزوتي (100–150 كغ/هـا) كان الأمثل في معظم الحالات بالنسبة للمردود. كذلك لوحظ وجود زيادة في كفاءة إضافة مياه الري نتيجة الإضافات المتزايدة من السماد الآزوتي المحسوبة على أساس إنتاج جذور الشوندر السكري والمادة الجافة وبخاصة لموسم نمو 2006 لطريقتي الري كلتيهما.

ازدادت ملوحة التربة بشكل طفيف لطريقتي الري أثناء تنفيذ التجربة، ولوحظت زيادة واضحة في ملوحة التربة بعد عام من انتهاء العمل نتيجة عدم استمرار الزراعة.

الكلمات المفتاحية: الري بمياه مالحة، تطور ظاهرة الملوحة، نسبة السكر، ري تسميدي.

3 تأثير الأشعة المؤينة في قدرة إناث فراشة ثمار التفاح Cydia pomonella (L) على جذب الذكور في الحقل

Effects of ionizing radiation on codling moth Cydia pomonella (L) female's ability to attract males in the field

د. محمد منصور، فاطر محمد
قسم الزراعة

ملخص

عُرِّضت فراشة ثمار التفاح، Cydia pomonella (L.)، إلى جرعتين من أشعة غاما هما 250 و350 غراي. وضعت الإناث في الحقل ضمن كبسولات مثقبة داخل مصائد وبمعدل أنثى/مصيدة وحُرِّرت الذكور في وسط الحقل في مربع أبعاده 2 × 2 م^2، بيّنت نتائج هذه الدراسة أن قدرة الإناث على جذب الذكور المحرَّرة تتناسب عكساً مع الجرعة التي تعرّضت لها تلك الإناث، حيث بلغت نسب الاصطياد 6.6، 12.2، 16.8% وذلك عند إناث كلٍ من الشاهد، 250 و350 غراي على التتالي. بخلاف ذلك فقد أخذت النتائج منحى معاكس في قدرة الذكور على الانجذاب للإناث وبلغت نسب اصطيادها 4.9، 11.8، 16.8% وذلك لذكور كلٍ من الشاهد، 250 و350 غراي على التتالي. كما بيَّنت النتائج أيضاً أن متوسط عدد الذكور البرية التي اصطيدت في المصائد التي تحوي على إناث الشاهد بلغ خمسة أضعاف العدد الذي اصطيد في المصائد التي تحوي على إناث الجرعة 350 غراي.

الكلمات المفتاحية: فراشة ثمار التفاح، تشعيع الفراشات.

4 جهاز مسح إشعاعي رقمي محمول باستخدام المعالج التحكمي PIC16F628

Digital Survey Meter based on PIC16F628 Microcontroller

د. علي المحمد، جول شليويط، سامر أغابي، خالد الفروح
قسم الخدمات العلمية

ملخص

تمَّ تصميم جهاز كشف إشعاعي رقمي، متحكم به بواسطة المعالج التحكمي PIC16F628، يعتمد في عمله على عداد غايغر ميللر بسيط يقوم بكشف جزيئات بيتا «β" وغاما γ"» يمكن أن يصدر تنبيهاً عن طريق سماعة «Buzzer» كإنذار صوتي موافق لكل عدة. إضافةً للإنذار الصوتي، فإنَّ الجهاز يعمل وفقاً لثلاثة أنماط قياس يتم اختيارها باستخدام مفتاح اختيار خاص بنمط القياس:

- قياس معدل الجرعة بواحدة µGy/h ومعدل العد خلال 1 ثانية «CPS» وذلك للتعامل مع معدلات العد المرتفعة.
- قياس معدل الجرعة بواحدة µGy/h ومعدل العد خلال 1 دقيقة «CPM» وذلك للتعامل مع معدلات العد المنخفضة.
- عد تراكمي «ACC» مع إظهار قيمة وزمن العد وذلك بشكل مستمر وبفاصل زمني مقداره 2 ثانية.

يتم إظهار النتائج على شاشة إظهار رقمية LCD Display. يمكن للجهاز أن يعمل لساعات عديدة متواصلة وذلك بتغذيته من بطارية 9V واحدة. الدارة المصمّمة تعمل مع أنبوب كاشف نوع «ZP1320 Geiger Muller». تبلغ حساسية هذا الكاشف حوالي 9 Counts/s عند معدل جرعة 10µGy/h وهو حسّاس لجزيئات β وγ ذات الطاقة التي تزيد عن 0.25 Mev. يتمتع الكاشف بخطية بين معدل العد ومعدل الجرعة حتى قيمة عد تصل إلى 10^4 Counts/s. تصميم هذه الدارة يجمع بين البساطة والتوفير في استهلاك الطاقة. تمَّ تصنيع نموذجين من هذا الجهاز أحدهما مزود بكاشف داخلي فقط والثاني مزود بكاشف داخلي وآخر خارجي.

الكلمات المفتاحية: معالج تحكمي، مسح إشعاعي، عداد غايغر ميللر.

5

دراسة بعض العوامل المؤثرة في إكثار نبات القبار
Capparis spinosa L

Improvement of Caper (Capparis spinosa L) propagation using in vitro culture and gamma irradiation

د. بسام الصفدي، رنا اللياس
قسم الزراعة

ملخص

لا تزال زراعة القبار على مستوى تجاري في سورية في بداياتها، وهناك إمكانية كبيرة للتوسع في هذه الزراعة نظراً لأهميته الاقتصادية الكبيرة والتي يمكن أن تسهم في زيادة دخل عدد كبير من المواطنين نظراً لمتطلباته الزراعية القليلة وتحمله للظروف الجوية السيئة. إلا أن بذور القبار صغيرة جداً وتنتش بنسب قليلة وذلك بسبب المادة الصمغية التي تغلف البذور والتي يمكن أن تشكل عائقاً فعالاً أمام انتشار الأكسجين إلى الجنين ولذلك فهي تتطلب إجراءات إضافية لكي تنتش وتنمو. ومن الإجراءات التي يمكن إتباعها هي غمر البذور بماء حرارته تتراوح بين 5-40 درجة مئوية وتركها منقوعة لمدة يوم واحد ومن ثم لفها بقماش رطب ووضعها في مرطبان زجاجي محكم الإغلاق في البراد لمدة 2-3 أشهر. تنقع بعد ذلك البذور بماء دافئ مرة ثانية لمدة يوم ومن ثم تزرع في تربة خفيفة وتترك لتنتش وتنمو على حرارة 5 إلى 10 درجة مئوية أما إكثار القبار باستخدام العقل فهو صعب وخاصة التجذير وغير مجدٍ تجارياً.

النتائج والمناقشة

أدّى التشعيع بجرعة 100 غراي إلى إنبات 50% من البذور المزروعة في الزجاج وذلك بعد شهر من الزراعة، بينما لم تنبت أيّ بذرة من بذور الشاهد. كما أدّى التشعيع بجرعة 150 غراي إلى إنبات حوالي 18% من البذور. وبالنسبة للبذور المشعّعة والمزروعة في التورب، فقد تبيَّن أن التشعيع قد حفَّز أيضاً على الإنبات ووصلت النسبة إلى حوالي 70% عند جرعة 100 غراي، بينما وصلت في البذور غير المشعّعة إلى 5% فقط. كانت المعاملة بحمض الكبريت لمدة 20 دقيقة مع الخدش ببرادة الحديد فعالة للغاية ووصلت نسبة الإنبات إلى حوالي 46% مقارنة بـ 0% بالشاهد. كما وصلت نسبة الإنبات إلى 32% عند المعاملة بحمض الكبريت لمدة 20 دقيقة دون خدش وإلى 20% عند الخدش فقط دون المعاملة بالحمض، بينما لم تنبت أية بذرة عند المعاملة بالأمواج فوق الصوتية.

أدّى التشعيع عند الجرعة 10 غراي إلى زيادة في مساحة الورقة، إذ بلغ متوسط مساحة أوراق السويقات النامية حوالي 2.4 سم2 مقارنة بـ 1.1 سم² في الشاهد، كما أدّى التشعيع إلى زيادة في طول السويقات، إذ كان متوسط طول السويقات 1.5 سم في الشاهد وازداد إلى 2.2 سم في السويقات المُشعَّعة بالجرعة 10 غراي، ورافق ذلك ارتفاع في نسبة التجذير من 75% في الشاهد إلى 100% عند جرعة 10 غراي ولُوحظ أن عدد الجذور أصبح كثيفاً.

وقد بيَّنت النتائج أن الوسط MS المحتوي على 2 مغ/لتر ZR و 1 مغ/لتر NAA قد أعطى أكبر عدد من السويقات (5.5 سويقات بالمتوسط) بالمقارنة مع الوسط MS2 المحتوي على 2 مغ/لتر GA3 (2.2 سويقة). كما كانت أفضل الأوساط المُستخدمة في إحداث الكالوس هما الوسطان MS المحتوي على 1 مغ/لترBA و1 مغ/لتر NAA والوسط المحتوى على 0.5 مغ/ لترKin و2 مغ/لتر.

يمكن الاستفادة من ظاهرة تحفيز بذور القبار على الإنتاش باستخدام أشعة غاما في تشعيع عدد كبير من البذور ومن ثم زراعتها في التورب للحصول على نباتات كاملة دون الحاجة إلى استخدام معاملات إضافية مثل الترطيب والحفظ في برادات لفترة 3 أشهر أو استخدام الحموض أو الخدش بواسطة مشرط أو غير ذلك.

الكلمات المفتاحية: قبار، أشعة غاما، كالوس، حمض الكبريت، إنبات.

6

تحليل أمان مفاعلات البحث باستخدام كودات التحليل الترموهدروليكية المتقدمة

Simulation and Optimization of Nd:YAG lasers pumped by laser diodes

د. علي حينون، نضال غازي، فايز الهابط
قسم الهندسة النووية،

ملخص

يلخص هذا التقرير نتائج مساهمة فريق عمل الهيئة في مشروع البحث التنسيقي للوكالة الدولية للطاقة الذرّية حول أهمية الوقائع الباعثة الافتراضية وتقييم وسائل تحليل أمان مفاعلات البحث والذي امتد خلال الفترة 2003-2006، وشاركت فيه فرق عالمية من 10 دول مختلفة. وقد تمحورت مساهمة فرق العمل حول دراسة الوقائع الباعثة الافتراضية وتقييم وتأهيل مجموعة من الكودات المعتمدة في دراسات أمان مفاعلات البحث مع استخدامها في نمذجة بعض الأحداث المنتقاة للمفاعل البرازيلي IEA–R1 الذي اعتُبر مفاعلاً مرجعياً خلال مشروع البحث.

اشتملت فعاليات هذا المشروع على اختبار الكودين PARET, COBRA–RERTR المصنّفين في عداد كودات تحليل القنوات الترموهدروليكية (sub–channel code) إضافةً للكود MERSAT المصنّف في عداد كودات تحليل النظم الترموهدروليكية (thermal hydraulic system code). وقد بيّنت نتائج دراسات التأهيل أن النسخة المتاحة عن الكود COBRA–RERTR غير ملائمة لإجراء دراسات الأمان المنتقاة على المفاعل المرجعي IEA–R1 نظراً للقصور الملاحظ على بعض النماذج الفيزيائية وطريقة الحلّ العددية المعتمدة، مما قاد لعدم استخدامه والاقتصار على الكودين PARET وMERSAT. وقد أُجريت دراسات التثبت (Validation) لهذين الكودين باعتماد مجموعة من التجارب حول مجموعة من المفعولات الأحادية والتكاملية الخاصة بمفاعلات البحث؛ ثم جرى استخدام الكودين لتطوير نموذجين للمفاعل المرجعي. وقد اقتصر نموذج PARET على نمذجة مجموعات عناصر الوقود في القلب بينما استُخدم الكود MERSAT لتطوير نموذج كامل للدارة الأولية متضمنة عناصر الوقود والمجاز الفرعي (By Pass) وحوض المفاعل ومضخة التبريد وصمام التحويل. وقد تركزت الدراسات المجراة على محاكاة الظواهر الترموهدروليكية–النترونية المرتبطة بالوقائع الباعثة الافتراضية لانقطاع جريان المبرّد (LOFA) وإضافة تفاعلية موجبة للقلب (RIA).

اشتملت دراسات تحليل الأمان–إضافة لمحاكاة الحالة المستقرة عند الاستطاعة الاسمية البالغة 5MW ومقارنة نتائجها مع بعض المعطيات التشغيلية المتاحة– على محاكاة حدثين تصميميين يرتبطان بانقطاع جريان المبرّد نتيجة تعطل مضخات التبريد الرئيسية والإدخال الخاطئ لتفاعلية موجبة إلى القلب. وقد بيّنت نتائج المحاكاة مقدرة الكودين على نمذجة الظواهر الترموهدروليكية والديناميك النتروني. ففي حالة انقطاع الجريان، تمكن كلا الكودين من محاكاة ظاهرة انقلاب اتجاه الجريان مع تحوله من الحمل القسري إلى الحمل الطبيعي. وقد بيّنت النتائج وجود تباين في نتائج الكودين فيما يتعلق بدرجة حرارة الجدار والوقود الأعظمية للقناة الحارة والتي تعود بشكل رئيس لاختلاف علاقات الانتقال الحراري للحمل الطبيعي. من جهةٍ أخرى، اتّضح أن النتائج المستخلصة قابلة للمقارنة مع نتائج الفرق الأخرى، لاسيما نتائج الكود RELAP المستخدم من قبل الفريق الأرجنتيني والفريق الجزائري والكود MARS المستخدم من قبل الفريق الكوري. في هذا السياق، أظهرت نتائج محاكاة الحدثين التصميميين خواص الأمان التي يتمتع بها المفاعل IEA–R1 تحت الشروط المتوقعة، إذ أثبت النتائج أن حدود التشغيل الآمن للمفاعل (الحدّ التصميمي الأول والثاني لعدم الاستقرار الترموهدروليكي والتدفق الحراري الحرج) لم يجر تجاوزها في أيٍّ من مراحل الحدثين. علماً أن حدث إدخال التفاعلية الموجبة أظهر تجاوز درجة الحرارة العظمى لغلاف القناة الحارة الحدّ المعتمد لبدء ظاهرة التأكسد على غلاف عنصر الوقود والبالغ 95 درجة مئوية.

الكلمات المفتاحية: تحليل الأمان، مفاعلات البحث، وقائع باعثة افتراضية، الكود PARET، الكود MERSAT، حدث انقطاع الجريان، حدث إدخال تفاعلية.

7 سلسلة الـ DNA للأعمال البحثية الزراعية والطبية

DNA Sequencing for medical and agriculture research

د. وليد الأشقر
قسم البيولوجيا الجزيئية والتقانة الحيوية

ملخص

أجرينا سلسلة للمادة الوراثية DNA باستعمال نظام سلسلة آلي (ABI Prism 310 Genetic Analyser)، إذ تلقينا 510 عينة شملت 310 عيّنات بلازميد و200 عيّنة ناتج PCR، أجريت عمليات السلسلة كاملة في مختبر السلسلة متضمنة وسم الشدف المراد سلسلتها بالنكليوتيدات المفلورة «السلسلة الدورية». استُخدمت أطقم خاصة لتنقية الشدف الموسومة من النكليوتيدات المفلورة، ثم حُملت العيّنات على الجهاز وبدأ الرحلان الكهربائي الشعري. لقد حصلنا على نتائج متفاوتة بحسب نقاوة العينات. سُلّمت النتائج لأصحابها من الباحثين لتتم مطابقتها مع قواعد البيانات المتخصّصة.

الكلمات المفتاحية: سلسلة الـDNA، وسم بالنكليوتيدات المفلورة، رحلان شعري.

8 إعداد نظام حاسوبي لرصد الإنذارات في محطة التشعيع في هيئة الطاقة الذرّية السورية

A computerized Alarm Monitoring System for the AECS Irradiator Facility

بشير أيوب، د. منذر قطان
قسم تكنولوجيا الإشعاع

ملخص

جرى في هذا العمل دراسة إمكانية تطوير العمل والبرمجة لمحطة التشعيع السورية ولجهاز التحكمPLC . إذ تمَّ تصميم وتصنيع وبرمجة دارة إلكترونية ورُبطت عن طريق الحاسوب إلى وحدة التحكم (PLC) في المحطة. تستطيع هذه الدارة تحرّي الأعطال التي تحدث في المحطة والتعرّف عليها وتحديد أوقاتها أثناء عمل المحطة. يتم تسجيل كل المعلومات الخاصة بهذه الأعطال في ملف خاص في الحاسوب. تساعد هذه المعلومات العاملين في المحطة بإصلاح الأعطال في المحطة مباشرة للوصول إلى زمن تشغيل أعظمي لها والذي هو 24 ساعة. بالإضافة إلى هذا، فإن كل معلومات العمل اليومي وبياناته وأعطاله تُخزَّن في ملف حاسوبي خاص يومياً ويتم تحليلها لمراجعتها عند الضرورة.

الكلمات المفتاحية: جهازplc ، دارة إلكترونية مبرمجة، أعطال، جاهزية، مردود المحطة.

10 النفايات الطبية والبيولوجية

(أنواعها، أضرارها الصحية، طرائق معالجتها، إجراءات السلامة والأمان، النصوص القانونية)

Bio- Medical wastes

(kinds, health effects, treatment methods, safety procedures, regulars texts)

محمد راتب شيبان، د. وليد الأشقر
قسم البيولوجيا الجزيئيةوالتقانة الحيوية

ملخص

نظراً لازدياد مصادر إنتاج النفايات الطبية في المشافي العامة والخاصة والمراكز الطبية المتنوعة ومراكز البحوث العلمية وعيادات طب الأسنان والمعامل الدوائية ومعامل إنتاج الأدوية البيطرية المنتشرة في المحافظات والمدن السورية، كان لابد من الوقوف على آلية التعامل مع هذه القنبلة الحيوية التي يجهل الكثيرون خطورتها وخطورة التعامل معها إذا لم توضع لها ضوابط علمية وقانونية وإرشادية، وقد أتت هذه الدراسة لتسلّط الضوء على تلك الضوابط لضمان سلامة العاملين وعمال جمع النفايات وسلامة عامة الناس من خلال تطبيق قواعد السلامة والأمان الحيوي. تمّ استقاء هذه الدراسة من دراسات أجنبية وعربية ومحلية. نتمنى أن تحقّق هذه الدراسة هدفها في تنمية الوعي لدى العاملين في الحقل الطبي والعلمي بما يضمن لهم السلامة.

الكلمات المفتاحية: نفايات طبية، أمان حيوي، نفايات صيدلانية، نفايات باثولوجية، نفايات بيولوجية.

Aalam Al-Zarra

Journal of The Atomic Energy Commission of Syria

NO. 126

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