عالم الذرّة

مجلة هيئة الطاقة الذرّية السورية

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

الدكتور إبراهيم عثمان

المدير العام لهيئة الطاقة الذرّية

هيئة التحرير

الدكتور عادل حرفوش

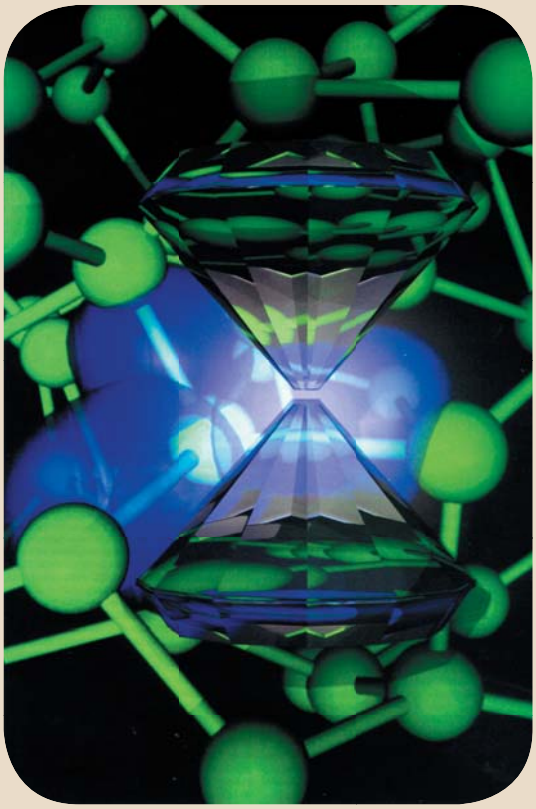
الدكتور زياد قطب

NO.107

المحتويات

المقالات

5 **مسألة ضغط**



بعض الجزيئات والعناصر الأكثر شيوعاً بالنسبة لنا –كالماء والهدروجين والأكسجين والحديد– تسلك تحت ضغوط عالية سلوكاً مدهشاً.

ر. ج. هيملي

11 **فرص جديدة لتصميم عقار لأنفلونزا الطيور**

أثارت أنفلونزا الطيور بالفيروس H5N1 المنتشرة على امتداد العالم مخاوف حول إمكانية اكتساب هذا الفيروس القدرة على النتقال بسرعة إلى البشر والتسبُّب بجائحة لديهم.

ر. ج. راسل

17 **الحياة عند حدود الطاقة العالية**

سيغيّر الصادم الهدروني الضخم في المختبر الأوربي لفيزياء الجسيمات CERN ومكاشيفه ذات القدّ الضخم مسار فيزياء الجسيمات بالمطلق.

م. تشالمرز

الأخبار العلمية

23 **قدرة في صنبور الماء**

سيارات تسير باستخدام الماء؟ ليس هذا أمراً سخيفاً كما يبدو، وكما يكشفه ديفيد أدام.

26 **المرخيات تسلك سلوكاً حرجاً**

28 **التراكم المغنطيسي**

29 **هموم الكربون**

31 **إفلات شبه مؤكد من ثقب أسود**

لقد أسقطت نتائج نظرية حديثة فكرة سادت طويلاً بأن المعلومات لا تستطيع الإفلات من ثقب أسود.

35 **الأكسجين الصلب يتخذ شكلاً**

يتبلور الأكسجين في مسلسل من البنى، بدءاً من بنية عازل عند الضغط المنخفض وانتهاءً ببنية ناقل فائق عند الضغط العالي. وقد تم الآن تحديد البنية المراوغة لطور انتقالي بينهما.

37 **عيون الذبابة تلتقط الصورة كاملة**

39 **اليوروبيوم**

إطلالة علمية على حدث

42 التقانة الحيوية: ما لها وما عليها

ورقات البحوث

58 حساب البنية العصابية للبوليميرات الناقلة في بعدين باستخدام نموذج الشبكات

58 معاملات انتقال السيزيوم-^{137} والسترونسيوم-^{90} من التربة إلى الأشجار في المناطق الجافة

59 تأثير درجة الحرارة وموضع قضيب التحكم على التوزُّع الفراغي للتدفق النتروني في مفاعل البحث مِنْسِر

59 أثر الصناعة الفُسفاتية على البيئة: حالة دراسية

60 دراسة منشأ الفخاريات المنقَّبة في بيروت باستخدام تحليل PIXE والتحليل العنقودي

60 مقاربة جديدة لوصف وسطاء الاستجابة للمضخم الأولي للشحنة

61 نمذجة ليزر توزّع التغذية العكسية الصباغي المضخوخ بليزر نيوديميوم-زجاج

61 قابلية استخدام محاليل مائية من أحمر الميثيل كمقياس لجرعات عالية من أشعة غاما

62 التباين الوراثي بين عزلات المرض

62 استخدام طريقة مونت كارلو لتحديد المكافئ الرصاصي لبلوك البناء السوري لتوهين الأشعة السينية

تقارير

63 تأثير الأثر الموهن لجرعات الأشعة فوق البنفسجية في بكتريا سالبة الغرام (بروسيلا، يرسينيا، الإشريكيا القولونية)

63 تأثير موعد الحصاد ومدة التخزين في وجود الفطر والأفلاتوكسينات في الفول السوداني المنتج محلياً

64 استخلاص الفناديوم والنيكل من الفحم البترولي السوري

64 تأثير أشعة غاما على مظهر جسيم بار (صبغي W الجنسي) والانتقالات بين الصبغيين الجنسيين WZ في أنثى فراشة درنات البطاطا

65 تحمُّل بعض طفرات البطاطا المحدثة بأشعة غاما للجفاف في الزجاج

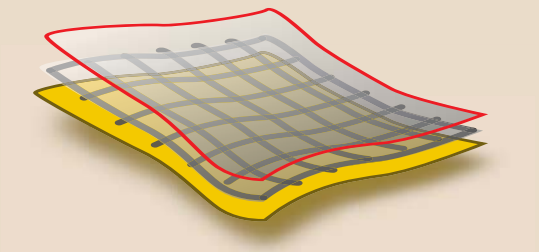
65 كفاءة استخدام مياه الري وتثبيت الآزوت الجوي بالتلقيح البكتري المتكرر والري التسميدي في فول الصويا

66 تحسين حدود الكشف لبعض العناصر بتغيير بعض المعاملات الأساسية لهندسة التفلور بالأشعة السينية (XRF)

66 تطوير البرنامج MNCIT لمعالجة مختلف مركبات المفاعل

67 حماية الشبكات (NTDR)

67 تصميم وحدة تغذية جهد عالٍ مستمر وتنفيذها واختبارها، بالمواصفات الاسمية للوحدة 100 mA, 20 kV



77 ملخصات باللغة الإنكليزية عن الموضوعات المنشورة في هذا العدد

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

E-mail: tapo@aec.org.sy

ISSN 1607-985X

رسوم الاشتراك السنوي

يمكن للمشتركين تسليم رسم الاشتراك في مكتب الترجمة والتأليف والنشر في الهيئة (دمشق ، شارع 17نيسان) أو بحوالة على العنوان التالي:

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

ص.ب: 16005، رقم الحساب 2/3012

ـ الاشتراك من داخل القطر: للطلاب (200) ل.س ، للأفراد (300) ل.س ، للمؤسسات (1000) ل.س .

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

سعر العدد الواحد

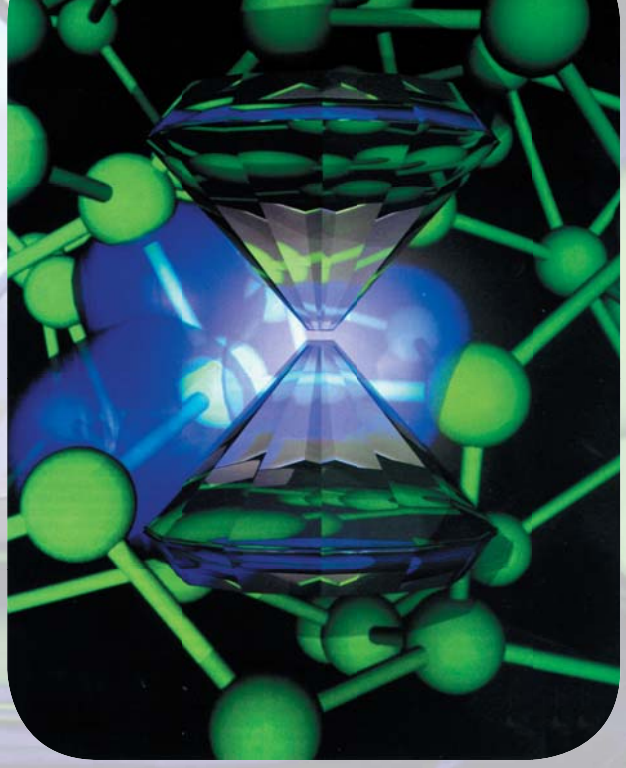
سوريا : 50 ل.س مصـر : 3 جنيهات لبـنان : 3000 ل.ل الجزائر : 100 دينار

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

الإعلانات

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

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



مسألة ضغط

ملخص

بعض الجزيئات والعناصر الأكثر شيوعاً بالنسبة لنا -كالماء والهدروجين والأكسجين والحديد- تسلك تحت ضغوط عالية سلوكاً مدهشاً.

الكلمات المفتاحية

الانضغاط الساكن، الانضغاط الديناميكي، الماء، بنية المواد، الجيوفيزياء، المنظومات البيولوجية، منحني الانصهار، الاصطناع.

منذ 400 سنة تقريباً بدأ طرح سؤال بسيط: هل يمكن ضغط الماء؟ في ذلك الوقت كان من الواضح أن الغازات قابلة للانضغاط، لكن السوائل أبدت تحدياً تجريبياً أكبر. لقد كان فرنسيس بيكون F. Bacon والأكاديمي دل سيمينتو del Cimento في فلورنسة أول من حاولا الإجابة عن هذا التساؤل، بملء كرة معدنية بالماء وإحكام إغلاقها بلحام. وبالرغم من استطاعة هذين الفلورنسيين أن يبعجا تلك الكرة عبر ضربها بمطرقة، فقد استنتجا أن الحجم المفقود يساوي حجم قطرات ماء شقت طريقها بالقوة عبر منطقة اللحام غير القوية بالشكل الكافي. وهكذا استدلا بأن الماء غير قابل للانضغاط. ولكن بعد قرن من الزمن، قلب جون كانتون J. Canton هذا الاكتشاف بتجربة أكثر دقة، وبدأ العلم التجريبي لفيزياء الضغط العالي يُقلع.

إننا نعرف الآن أن الضغوط التي تصادف في الكون تغطي تشكيلةً مذهلة. ونحن هنا على سطح الأرض نخضع إلى ضغوط تقارب 100 كيلو باسكال (100 kPa)، أي ما يعادل كتلة وزنها 10000 كغ موضوعة على مساحة متر مربع واحد. ولكن يكاد أن يكون هذا عند مركز مقياس يمتد فوق أكثر من 60 مرتبة في الكبر بدءاً من حوالي الخلاء لدى فضاء ما بين المجرات وحتى الداخل الفائق الكثافة لنجم نتروني (الشكل 1). في الواقع، توجد معظم المادة في

شروط متطرّفة بحيث يتضح أننا لا نستطيع فهم العالم الطبيعي بشكل تام بدون معرفة القوى الكيميائية والفيزيائية الأساسية التي تقوم بدورها في هذا القطاع العريض.

يعني التقدم في التقنيات التجريبية أننا نستطيع الآن خلق ضغوط في المختبر تساوي عدة مئات من الغيغا باسكال، والنتائج مستمرة في تحقيق المفاجآت. فَتَحْت الضغط، يمكن أن تصبح العناصر الخاملة متفاعلة، والعوازل يمكن أن تصبح نواقل فائقة، وأن يظهر تعقيدٌ غير متوقع في بُنى المواد. وحتى المواد الشائعة كالماء والهدروجين فإنها تسلك بطريقة مباغتة. ولذلك فإن التجارب الحديثة العالية الضغط تُقدّم الآن اختبارات حاسمة لنظرية في المادة الكثيفة ذات تضمينات تتناول العلوم الفيزيائية والكيميائية.

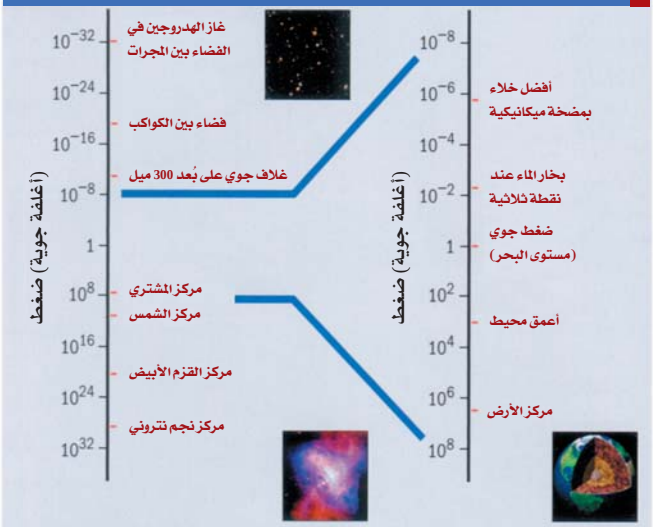
علم الطاقة والإلكترونات

وحسبما ينبغي أن يعلم كل طالب فيزياء، فإن الضغط يُعرَّف بأنه التغيّر في طاقة منظومة معزولة بتغيُّر حجمه: P = -(dE/dV). لذلك تتيح لنا التجارب العالية الضغط دراسة طاقيات المواد energetics of materials –بمعنى كيفية تغيّر طاقة منظومة ما تبعاً للمسافة بين الجزيئات والذرّات المكوّنة لها. فعند الضغوط فوق العالية التي تساوي عشرات التيرا باسكال وما فوق –التي تعتبر حالياً فوق متناول التجارب– تكون الذرّات قريبة جداً من بعضها بحيث تنعدم بنيتها الإلكترونية، مما يبسّط إلى حدٍّ كبير وصف المادة. ولكن، في الضغوط الأكثر اعتدالاً التي توجد عليها الأجسام الصلبة العادية والغازات والسوائل، تتحدد خواص المادة بشكل كامل تقريباً من خلال التوزيع التفصيلي للإلكترونات. وهذا هو مجال الكيمياء وفيزياء المادة الكثيفة.

نظرة خاطفة: فيزياء الضغط العالي

- تمتد الضغوط في الكون مقداراً يفوق 60 مرتبة في الكبر مع وجود معظم المادة في الكون تحت ضغوط متطرفة بالقياس إلى الضغوط على الأرض.
- كان يعتقد فيما مضى أن تطبيق الضغط إنما يكون لتبسيط بنية المواد، وفي الواقع يمكن أن يسبب تعقيداً مذهلاً.
- يعتبر الماء والهدروجين من بين أبسط الجزيئات وأكثرها وفرة، ولكن سلوكهما العالي الضغط لا يزال غير مفهوم تماماً.
- يُقدِّم سلوك المواد تحت الضغط معلومات مهمة لعلماء الجيوفيزياء والكيمياء وحتى البيولوجيا.
- تتوسع التقنيات التجريبية الجديدة لتشمل مجالي الضغوط ودرجات الحرارة التي يمكن أن نحققها ونمط القياسات التي يمكن إنجازها.

1 مراتب الكبر magnitude

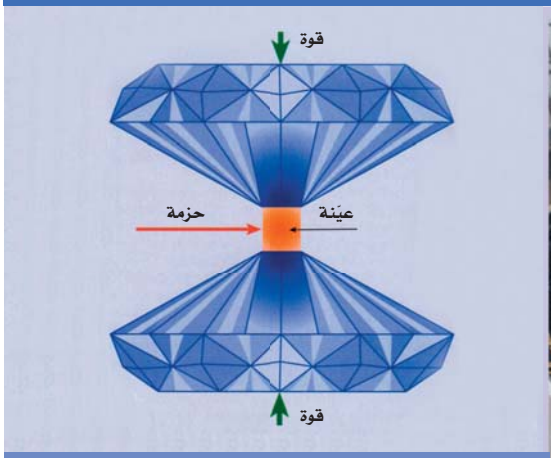


تشغل الضغوط المتشكلة طبيعياً 60 مرتبة من الكبر. ففي النهاية السفلى يقع ضغط الهدروجين غير المتوازن في الفضاء بين المجرات بينما تقع في النهاية المقابلة الضغوط التي تصادف داخل النجوم النترونية. فعلى سطح الأرض نحن نشغل كوّة صغيرة قرب مركز هذا المدى. ويمكن لتجارب الضغط العالي حالياً أن تعيد خلق الضغوط الكائنة في مركز الأرض. وستوسع الإنجازات التقنية الحديثة هذه الضغوط لتشمل شروطاً موجودة في كواكب أخرى وحتى في النجوم أيضاً.

يصف الجدول الدوري كيف تشْغلُ الإلكترونات المدارات الذرية –أي "السحب" الكمومية التي تتوزع فيها الإلكترونات حول النواة– ويضع العناصر التي تسلك سلوكيات متشابهة في مجموعات. ونشير إلى أن معظم العناصر تتبلور في بُنى بسيطة نسبياً يحددها هذا الانتظام الإلكتروني. وحتى وقت قريب جداً كنا نعتقد أن بنية المواد تصبح تحت الضغط أبسط مما هي عليه، إذ كان يعتقد أن الضغط العالي يرصّ الذرات في بُنى أكثر كثافة، بما يشبه قذائف مرصوصة. لكن الانضغاط، في الواقع، يؤثر على نحوٍ مختلف في المدارات الذرية المتشكّلة وبطرائق مختلفة، مفضياً إلى تعقيد غير متوقّع، بينما يمكن أن تنشأ آثار أخرى مذهلة من إعادة التوزيع الدقيق للإلكترونات.

على سبيل المثال، إن تطبيق الضغط يمكن أن يجعل المعادن القلوية تسلك كمعادن انتقالية، فالعناصر الأخف من مجموعة معينة تسلك سلوك عناصر أثقل. والمعادن النبيلة تصبح متفاعلة. علاوة على ذلك، إن مجموعات عناصر بأكملها يمكن أن تتحوّل من كونها عوازل في شروط عادية إلى معادن أو حتى إلى نواقل فائقة تحت ضغوط عالية. ويحدد بنيان الإلكترونات أيضاً الكيفية التي تشكّل

2 التراكم (الاعتماد) على الضغط



تقع تجارب الضغط العالي في فئتين هما: الانضغاط الساكن والانضغاط الديناميكي، مع أنّ بعض التجارب تستخدم كليهما معاً الآن. ففي الانضغاط الساكن يُستبقى الضغط بشكل غير محدود من خلال تطبيق قوة على العينة ببساطة، ومثال ذلك، خلية ذات سندان ألماسي (في الأعلى). عندئذ يمكن إجراء قياسات في الموقع تستخدم على الأغلب حزماً من الضوء أو النترونات، مثل الحزم التي ستكون متوفرة في المنبع النتروني للتشظية في مختبر أوك ريدج الوطني (الصورة العليا على اليمين). أما الانضغاط الديناميكي فإنه يولّد ضغطاً عالياً لفترات زمنية قصيرة جداً. مثلما هو الحال بالنسبة لموجة صدم تولّدها حزمة ليزرية شديدة. وتشغل منشأة الاحتراق الوطنية التابعة لمختبر لورانس ليفرمور الوطني (الصورة السفلى على اليمين) مساحة ثلاثة ملاعب كرة قدم وتشتمل على 192 ليزراً يتم تبئيرها على عينة صغيرة جداً. ولدى إنجازها في العام 2009، ستكون قادرة على تحقيق ضغوط لا بأس بها في النطاق التيرا باسكالي.

تجارب قديمة
حاول علماء من أكاديمية دل سيمينتو في فلورنسة خلال القرن السابع عشر أن يضغطوا الماء بالضرب المتكرر على كرة معدنية مليئة بالماء.

بها العناصر الجزيئات، وبالتالي يستطيع الضغط هكذا تخريب بعض الجزيئات وتشكيل جزيئات أخرى. وتحدث آثار مدهشة أيضاً في الضغوط المنخفضة، مما يكون له تضمينات تتعلق بالمنظومات البيولوجية ويقدم منظور مواد جديدة لتخزين الهدروجين.

تتراوح تجارب الضغط العالي في مقاس يمتد بين أجهزة طاولة المختبر وبين المنشآت الدولية الرئيسية. لكنها تتبنى مقاربتين أساسيتين: الانضغاط الساكن static والانضغاط الديناميكي (الشكل 2). ففي تجارب الانضغاط الساكن يتم استبقاء الضغط بشكل لامحدود عند مستوى يخضع للتحكّم باستخدام خلايا السندان الألماسي مثلاً. ومن الناحية الأخرى، يخلق الانضغاط الديناميكي ضغوطاً عالية في عيّنة ما لفترات زمنية قصيرة فقط، على سبيل المثال، باستخدام أمواج صدم. وفي التجارب الساكنة يمكن أن تتغير درجة الحرارة أيضاً–من مجال درجة الملي كلفن إلى درجات حرارة مرتفعة كتلك الموجودة على سطح الشمس. وعلاوة على ذلك، تدمج بعض التجارب الحديثة الانضغاط الساكن والانضغاط الديناميكي كليهما لتحقق مجموعة من الشروط أوسع مما يستطيع أيٌّ منهما بمفرده تحقيقها.

لكن توليد ضغوط ودرجات حرارة متطرّفة ما هو إلا مجرد جزء من القصة –فنحن نحتاج أيضاً إلى سبر المواد في الموقع in situ

تحت هذه الشروط. وقد كان تطوير طرائق لإجراء ذلك وبالتالي لدراسة البُنى الذرية للمواد وديناميكياتها وخواص نقلها جزءاً رئيساً في ثورة فيزياء الضغط العالي في السنوات القليلة السابقة، لاسيما عندما طُبِّقت على تجارب الانضغاط الساكن. وقد شكّل الازدياد المنتظم في سطوع الحزم beams من منابع سنكروترونية جدلياً أهم هذه الإنجازات. إذ إنها تتيح التزويد بضوء عالي الشدة والمسار ومتماسك القوام يستطاع تبئيره داخل حجرات العيِّنة لنبائط الضغط العالي.

وفرة الطبيعة

أربعة قرون مضت على تجارب الضغط العالي المبكرة لهذين الفلورنسيين، والماء مايزال يذهلنا. خذ على سبيل المثال حالته الصلبة، الجليد: فحوالي العام 1900 كانت تُعرف ثلاث حالات للجليد أما الآن فقد قاربت العشرين حالة. فالتعقيد الذي يكاد لا يصدق للماء يتضح من مخطط أطواره –خط بياني للضغط مقابل درجة الحرارة يبين أي شكل من أشكال المادة يكون مستقراً في شروط مختلفة (الشكل 3). ونشير إلى أنه في درجات حرارة وضغوط منخفضة تبقى جزيئات الماء سليمة ولكن يمكن أن تتحول إلى بضعة أطوار مختلفة حسب كيفية انتظام تلك الجزيئات ذاتياً في بنية بلورية. ولكن في الضغوط العالية تتفكك الجزيئات وتتشكل بلورة كثيفة وأيونية بشكل أساسي.

ويطلق على الحد الفاصل بين الجسم الصلب والسائل في مخطط الأطوار اسم "منحنى الانصهار" لكونه يبيّن كيف تختلف درجة حرارة الانصهار مع الضغط. فالجليد الطبيعي –الذي يمثل الشكل الجزيئي المنخفض الضغط– له منحنى انصهار ذو منحدر سلبي، الأمر الذي يعني تناقص درجة حرارة الانصهار حسب الضغط. بالمقابل، فيما يتعلق بالشكل الأيوني غير الجزيئي للجليد المتشكل تحت ضغوط عالية توجد زيادة قوية في درجة حرارة الانصهار تبعاً للضغط، حسبما ورد في تجارب حديثة على الجليد عند ضغوط تقارب 100 غيغا باسكال ودرجات حرارة تصل إلى 1500 كلفن.

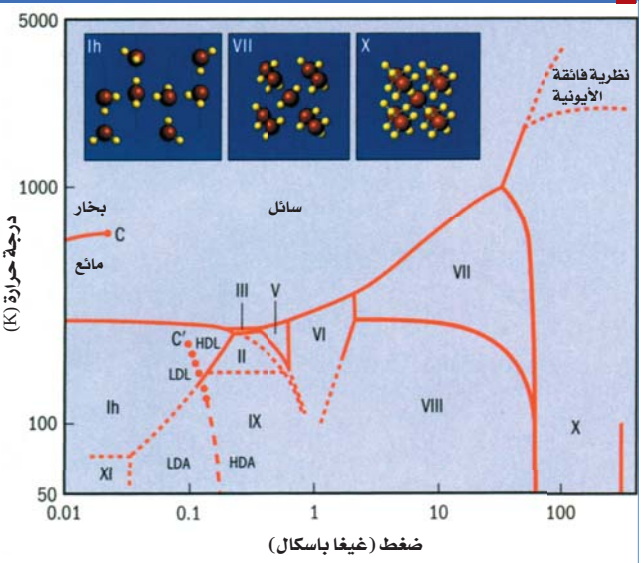
هذا ويمكن أن يصبح الماء كذلك ناقلاً جيداً جداً للكهرباء تحت ضغط عال. صحيح أن الشحنة تنتقل عن طريق البروتونات من الناحية المبدئية ولكن حتى بدرجات الحرارة والضغوط العالية تصبح الإلكترونات متحركة و"يتمعدن" metallize الماء. وقد جرت دراسة ناقلية الماء تحت ضغوط متطرفة في تجارب الانضغاط الديناميكي عن طريق صدم العينات بقذيفة أو بحزمة ليزرية شديدة. ويعد تمعدن الماء مهماً لفهم الحقول المغنطيسية للكواكب "الجليدية" الكبيرة، التي يعتقد بوجود الأكسجين والهدروجين فيها بضغوط تقارب المجال 10 تيرا باسكال.

تُقدِّم دراسة الماء في ضغوط أكثر اعتدالاً استبصاراً يتناول الكثير من خواصه الغريبة في الشروط المحيطة، مثل تمدّده الحراري الشاذ وحقيقة كونه أكثف من الجليد العادي. فعلى سبيل المثال، يمكن تفسير بعض هذه الخواص عبر الانتقال بين طور سائليٍّ منخفض الكثافة وطور سائليٍّ عالي الكثافة. وينطوي هذا على إمكانية وجود "نقطة حرجة" ثانية في مخطط أطوار الماء لا يتم عندها التمييز بين هذين الطورين، تماماً مثلما يفعل شكلا الماء الغازي والسائل عند هذه النقطة الحرجة الأولى.

لقد ظلَّ المكون الأساسي للماء –وهو الهدروجين– موضوعاً ينطوي على أهمية كبيرة في علم الضغط العالي. فهذا الغاز الذي هو أخف الغازات يتصف ببعض الخواص الغريبة جداً. فعلى سبيل المثال، ليس من الواضح أين ينبغي أن يقع في الجدول الدوري، حتى في الضغط المحيط. ويشكل الهدروجين جزيئة ذات ذرتين كالهالوجين. لذلك يبدو أنه ينتمي إلى المجموعة السابعة. ولكن، معظم تمثيلات الجدول الدوري تضع الهدروجين على رأس المجموعة الأولى. أي المعادن القلوية، لأنه يمتلك إلكتروناً واحداً. ويتوقّع بالفعل أن يتفكك الهدروجين تحت الضغط ليشكّل معدناً ذرياً. وهكذا فإن تجارب الضغط العالي مع الناحية النظرية تتيحان لنا وضع خريطة لمخطط أطوار هذا العنصر الذي يدعى أبسط عنصر.

أكثر ما يشيع لدينا عن الهدروجين أنه بشكل غاز تبقى فيه جزيئات الهدروجين سليمة تحت ضغوط تصل إلى 100 غيغا باسكال. لكن النتائج الحديثة أشارت إلى أن الهدروجين يشكّل مائعاً كثيفاً ناقلاً غير جزيئي عند ضغوط أعلى. أما عند درجات الحرارة الأخفض فإن الهدروجين يستطيع أيضاً أن يُشكل جسماً صلباً جزيئياً ذا منحنى انصهار غير عادي؛ حيث ترتفع في البداية نقطة الانصهار مع ازدياد الضغط لكن بعد ذلك تنخفض بصورة ثابتة. ويتضمن استقراء منحنى الانصهار بالنسبة للضغوط العالية جداً أن درجة حرارة انصهار الهدروجين ستنخفض إلى درجة الصفر، لتفضي إلى حالة جديدة للمادة –"معدن سائل كمومي". وبكلمات أخرى، ستكون الحالة القاعدية للهدروجين تحت هذه الشروط في حالة سائلة. ويوحي بحث حديث بأن هذه الحالة يمكن أن تكون خالية تماماً من المقاومة الكهربائية واللزوجة كلتيهما–وهي حالة

3 التعقيد في المألوف



مخطط أطوار يبين الحالات المستقرة التي توجد فيها المادة كتابع الضغط ودرجة الحرارة (ومن حيث المبدأ متغيرات أخرى بما في ذلك التركيب). ويعتبر مخطط أطوار الماء معقداً متميّزاً ذا انتقالات كثيرة مستقرة وشبه مستقرة (ليست جميعها ظاهرة في الشكل). ويتصف منحني انصهار الجليد العادي (ice Ih) بانحدار سلبي يعتبر السبب في كون الجليد أقل كثافة من الماء وبالتالي في كونه يطفو. وبالمقابل، فإن منحنيات انصهار أطوار الجليد العالي الضغط (مثل ice VII) تكون ذات ميول موجبة. والجليد X هو شكل أيوني غير جزيئي من الجليد، بينما جميع الأطوار الأخرى تكون ذات بُنى تعتمد على جزيئات الماء (انظر الصور المدرجة). إن التحول بين السائل والبخار ينتهي عند نقطة حرجة (C). وقد تم مؤخراً افتراض خط انتقال بين السائل الفائق التبريد والمنخفض الكثافة (LDL) وبين السائل العالي الكثافة (HDL) الذي ينتهي عند نقطة حرجة ثانية وذلك لتفسير بعض الخواص الغريبة للماء. وعند درجة حرارة أخفض يوجد انتقال بين "الأطوار غير المتبلورة المنخفضة الكثافة (LDA)" و"الأطوار غير المتبلورة العالية الكثافة (HDA)". وتتشكل هذه الأخيرة من الجليد Ih بدرجات حرارة منخفضة. أما عند درجات حرارة وضغوط عالية جداً فقد اقتُرح أن تصبح البروتونات في الجليد X متحركة لتكوّن جسماً صلباً "فائق الأيونية".

تعرف بأنها مائع فائق ذو ناقلية فائقة. وتتجمع تقنيات الانضغاط الساكن حول نظام درجة الحرارة–الضغط الذي يتنبأ بوجود هذه الحالة الفريدة.

خواص فائقة مدهشة

بينما يبقى الهدروجين الفائق الناقلية احتمالاً نظرياً، هناك حوالي 23 عنصراً عرف عنها مؤخراً أنها تصبح فائقة النقل تحت الضغط، وهي تتضمن الحديد والليثيوم والكبريت والأكسجين. وتستلزم الضغوط مجالاً يتراوح من بضعة أعشار الغيغا باسكال إلى عدة مئات من الغيغا باسكال وذلك حسب العنصر المعني. ويبقى بعضها نواقل فائقة عند درجات حرارة تصل إلى ما يعادل 20 كلفن. وفيما إذا كانت "نظرية BCS" التي تفسِّر الناقلية الفائقة التقليدية ذات درجة الحرارة المنخفضة تنطبق على هذه النواقل الفائقة العالية الضغط أم لا تنطبق فإن ذلك يبقى سؤالاً مفتوحاً.

ومثلما هو الحال تماماً بالنسبة للجليد، يمكن أن تكون بُنى المعادن تحت الضغط معقدة على نحو يثير الدهشة. وقد تبين أن عدداً متزايداً من العناصر يشكل بُنى لادورية ذات طبيعة الضيف المضياف "host–guest" حيث تستطيع ذرات العنصر نفسه أن تسلك على نحو مختلف تماماً. وفي الواقع، تشبه هذه البُنى في مظهرها السبائك أو المركبات بالرغم من كونها مؤلفة من عنصر واحد فقط. وقد قلبت هذه المشاهدات الحكمة التقليدية التي تفيد بأن المرء يحصل على بُنى بسيطة ملتزّة تحت الضغط. ومع كون هذه الظاهرات المحيرة غير مفهومة تماماً، فإنه يمكن إيجاد أجوبة لها باستخدام مفاهيم مستعارة من نظرية السبائك المعدنية.

مع ذلك، هناك المزيد من المفاجآت في جعبة مخططات أطوار درجة الحرارة والضغط العاليين للمعادن. فعلى سبيل المثال، تشير قياسات أشعة–X الحديثة إلى أن للصوديوم منحنى انصهار غير تقليدي. وترتفع نقطة الانصهار وتنخفض فوق نطاق واسع من الشروط، بحيث ينصهر هذا المعدن بدرجة حرارة الغرفة وبضغوط تعادل 100 غيغا باسكال؛ وهو سلوك يشبه السلوك المتوقع للهدروجين، الذي هو أخف عنصر في مجموعة المعادن القلوية.

ليست بحوث الضغط العالي في حال من الأحوال حكراً على المتخصصين الفيزيائيين في المادة الكثيفة. وتحقق المنشآت التجريبية في الزمن الحاضر ضغوطاً تساوي تلك الموجودة في مركز الأرض –التي تصل إلى 363 غيغا باسكال– بحيث تسمح للجيوفيزيائيين معالجة الكثير من المشاهدات المحيرة من وجهة نظر علم المواد. فنقطة انصهار الحديد –وهو المكوِّن الأساسي لجوهر الأرض– تحت الضغط تُقدّم على سبيل المثال معلومات حول درجة الحرارة عند مركز الكوكب لأننا نعرف أن هناك تحولاً داخل ذلك اللبّ من منطقة خارجية مائعة إلى منطقة صلبة عند المركز بالذات.

وتحت هذه الشروط، لا تتغير الخواص الفيزيائية للحديد فحسب، بل تتغير خواصه الكيميائية أيضاً. وفي الواقع يسلك الحديد تحت الضغط وكأنه عنصرٌ مختلفٌ كليّاً. وقد أوضحت تجارب حديثة

انتقالات محرّضة بالضغط للحديد من حالة السبين العالي إلى حالة السبين المنخفض في كلٍّ من الأكاسيد ومركبات السليكات تحت الشروط الموجودة في معطف الأرض Earth mantle. وبالفعل فإن الاكتشاف الحالي لأطوار السليكات الجديدة الحاملة للحديد يمكن أن تفسّر عدداً من الخواص التي كانت محيّرة سابقاً في المنطقة الفاصلة بين اللب والمعطف.

وثمة أسئلة مفتوحة في الجيوفيزياء تتضمن ما إذا كان اللب الداخلي الصلب يدور بسرعة أكبر من الكوكب ككل، والكيفية التي يتم بها توليد المجال المغنطيسي للأرض. وبتحديد الخواص الفيزيائية للمواد التي تشكل اللب بدرجات حرارة وضغوط عالية، يمكننا البدء بمناقشة هذه الأسئلة.

مادة ليّنة من أجل البيولوجيا

يمكن للتغيرات المحرَّضة بالضغط في خواص المواد أن تحدث أيضاً في شروط متطرّفة أقل قسوة، لاسيما باستخدام مادة ليّنة قابلة للانضغاط بشكل كبير. فعلى سبيل المثال، لو أنك وضعت الهدروجين والماء بضغوط منخفضة، فإن الجزيئات تمتزج قليلاً جداً كالزيت والماء، أما تحت ضغوط معتدلة (أقل من غيغا باسكال في بعض الحالات) يمكن أن تتشكل مركبات جديدة. وهذه تتضمن بُنى ذات طبيعة ضيف مضياف ذي مكوّن شبيه بالجليد يشكّل المضياف وجزيئات هدروجين تشكّل الضيف الذي يمتلك إمكانية أن يلعب دور مواد مهمة لخزن الهدروجين.

وفي مجال الكيمياء العضوية العالية الضغط، يجري تطوير طرائق جديدة للاصطناع باستخدام الجمع بين الضغط العالي والضوء الليزري لتوجيه التفاعلات. وتقدم بحوث الضغط العالي فوائد ممكنة للبحث البيولوجي أيضاً. فعلى سبيل المثال، وجد أن بعض الميكروبات تستطيع أن تنجو من الضغط غير العادي الذي يساوي 2 غيغا باسكال. ومثل هذه المتعضيات تقدم فرصة لدراسة التكيف والتطور الخلوي بشكل مباشر. في حين أنها تطرح أيضاً تساؤلات جديدة تتعلق بالفيزياء الحيوية نذكر منها: التساؤل حول كيفية تأثّر البروتينات والأغشية والحموض النووية بالضغط.

وأخذاً باعتبار ذلك المجال الواسع من الضغوط في الكون، فإننا ما نزال نعمل في مجال صغير جداً –رغم الكثير من التطورات الحديثة. وثمة إمكانية للخوض في هذه المجالات الجديدة لفعل ما لا تستطيع الطبيعة فعله: كصنع ألماسات أقوى وأكبر من أي شيء يمكن أن تقدمه الأرض أو يمكن أن ينتجه الاصطناع التقليدي العالي الضغط. وتمتلك عملية ترسيب البخار الكيميائية إمكانية خلق ألماسات فائقة الصلابة ووحيدة البلورة للاستخدام في خلايا الانضغاط الساكن. وهذا سيلازم تسهيلات انضغاط ديناميكي جديدة، كالليزرات الضخمة، وأشعة–X والمنابع النترونية لتحليل المواد. ومثل هذه المنابع سيتم استخدامها في جيل جديد من التجارب سيسمح بالتوصل إلى شروط الكواكب العملاقة والعملاقة الفائقة وحتى إلى شروط النجوم.

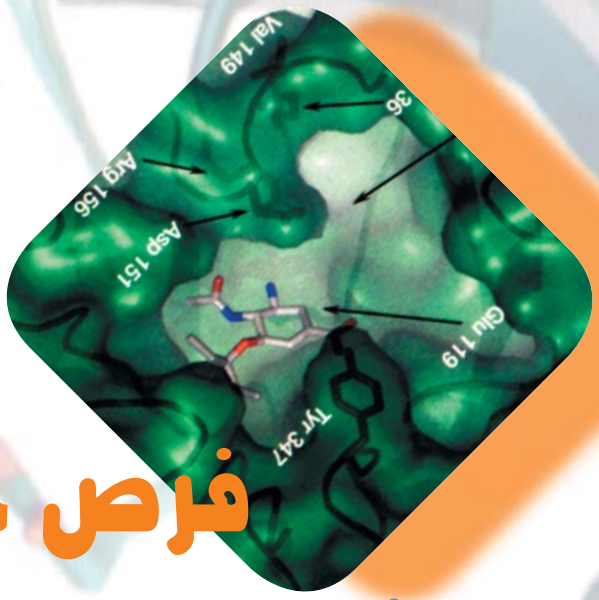
تعتبر فيزياء الضغط العالي الحديثة مجالاً متوسعاً ومتشعب الاختصاصات. وتبقى التحديات عند حدود الضغط ودرجة الحرارة، لكن هناك أيضاً جوانب مهمة للكيمياء والبيولوجيا في ظل شروط أكثر اعتدالاً. والمفاجآت الأخيرة والعديدة في هذا المجال تشير إلى أنه ليس لدينا حتى الآن نموذجٌ تنبُّئي للمادة في الشروط المتطرّفة. فما أحرزته النظرية من تقدم ترافق بعدة إنجازات تقانية تصل إلى المختبر حالياً سيوسّع بشكل واضح فهمنا للمادة والقوى التي تسيطر على سلوكها.

المؤلف:

روسيل ج هيملي،

مختبر الجيوفيزياء، في معهد كارنيجي، ولاية واشنطن، الولايات المتحدة الأمريكية.

– نشر هذا المقال في مجلة Physics World, August, 2006، وتمّت ترجمته في هيئة الطاقة الذرّية السورية.



فرص جديدة
لتصميم عقار لأنفلونزا الطيور

ملخص

أثارت أنفلونزا الطيور بالفيروس H5N1 المنتشرة على امتداد العالم مخاوف حول إمكانية اكتساب هذا الفيروس القدرة على الانتقال بسرعة إلى البشر والتسبُّب بجائحة لديهم.

ويستعمل حالياً عقاران مضادان للأنفلونزا في المرضى المصابين وهما: أوسيلتاميفير (الاسم التجاري تاميفلو) وزاناميفير (الاسم التجاري ريلينزا)، ويستهدف كلا هذين العقارين أنزيم النورأمينيداز الخاص بهذا الفيروس. وتعطي تقارير ظهور مقاومة تجاه هذا العقار أولوية خاصة لإيجاد جزيئات جديدة مضادة للأنفلونزا. فالنورأمينيدازات neuraminidases التابعة لفيروسات الأنفلونزا من النمط A تشكل مجموعتين مستقلتين جينياً، هما: المجموعة-1 التي تحتوي على النورأمينيداز (N1) للفيروس الطيري H5N1، والمجموعة-2 التي تحتوي على الإنزيمين N2 وN9 اللذين يستخدمان في التصميم المبني على البنية للعقاقير الحالية. وإننا في هذه المقالة نبيِّن باستخدام التخطيط البلوري بالأشعة السينية X-ray crystallography أن هاتين المجموعتين مستقلتان بنيوياً. إذ إن مجموعة النورأمينيدازات-1 تحوي تجويفاً يجاوز مواقعها الفعّالة active sites التي تنغلق بربط لجيني ligand binding. ويوحي تحليلنا بإمكانية استغلال حجم وموقع تجويف المجموعة-1 في إيجاد عقاقير جديدة مضادة للأنفلونزا.

الكلمات المفتاحية

أنفلونزا الطيور، تصميم العقاقير، التخطيط البلوري، المثبطات.

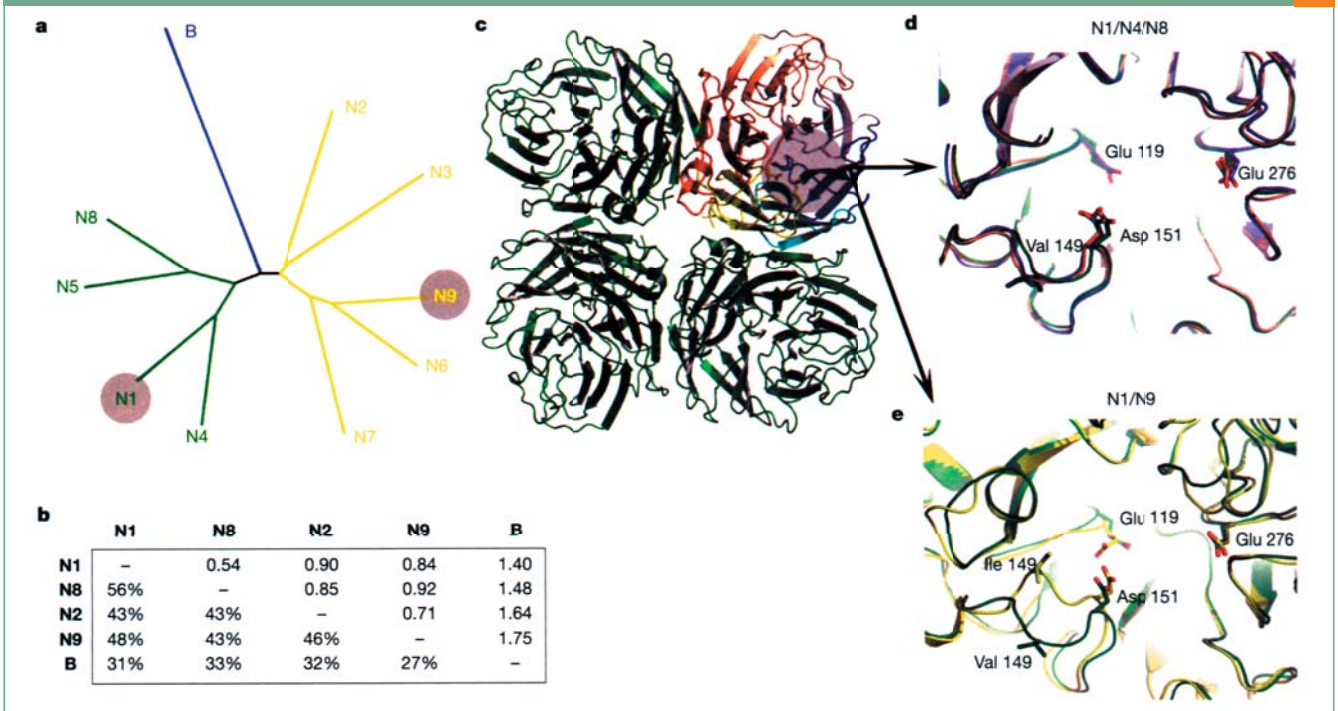
تحتوي أغشية فيروس الأنفلونزا على بروتينين سكريين اثنين هما: هيماغلوتينين ونورأمينيداز. أما اليهماغلوتينين فإنه يتوسط ربط مستقبل حمض السياليك sialic acid receptor الخاص بسطح الخلية ابتغاء مباشرة الفيروس بدوره الخمجي في تحقيق الإصابة. وبعد تنسُّخ replication الفيروس، يزيل النورأمينيداز حمض السِّياليك من الفيروس والبروتينات السكرية الخلوية كي يسهِّل على الفيروس إطلاق ونشر الإصابة إلى خلايا جديدة [1]. ونشير هنا إلى أن الخواص المستضدِّية لمختلف الجزيئات الهيماغلوتينية والنورأمينيدازية تستخدم لتصنيف نمط الأنفلونزا. فالفيروسات (A) في أنماط فرعية subtypes: 16 بالنسبة للهيماغلوتينين (H16-H1) و9 بالنسبة للنورأمينيداز (N9-N1) [2]. وثمة تركيبات عديدة للأنماط الفرعية الهيماغلوتينية والنورأمينيدازية في أنواع الطيور. ونذكر أن الجائحات الثلاث لدى البشر في القرن العشرين قد سبَّبتها فيروسات كانت تحتوي على (H1N1) في العام 1918 و(H2N2) في العام 1957 و(H3N2) في العام 1968. أما فيروس أنفلونزا الطيور الذي يهدِّد حالياً بجائحة جديدة فهو (H5N1) [3, 4]. فالنورأمينيدازات N1 وN2 للفيروسات الجوّالة حالياً لدى البشر ينتميان إلى مجموعتين منفصلتين من تطور السلالات [5]. إذ إن المجموعة1– تحتوي على الأنماط الفرعية N1 وN4 وN5 وN8، في حين تحتوي المجموعة2– على N2 وN3 وN6 وN7 وN9 (الشكل 1a، b).

لقد جرى استهداف النورأمينيداز في برامج تصميم مثبطة inhibitor إنزيمية مبنية على أساس بنيوي أفضت إلى إنتاج عقّاري الزاناميفير

(الاسم التجاري ريلينزا) وأوسيلتاميفير (الاسم التجاري تاميفلو) [7] اللذين يحاكيان إلى حدٍّ ما الحالة الانتقالية للتفاعل الاعتيادي. ويعود نجاح هذين الإنجازين، بشكل جزئي، إلى الافتراضات بأن مواقع تحفيز catalytic sites الإنزيمين تمثّل مَعْلَماً ثابتاً يمكن استغلاله في المعالجة المستقلة عن النمط الفرعي subtype-independent في ملاحظة كونهما متينين لا يسبِّبان إلاّ القليل جداً من التغييرات البنيوية في مواقع sites ربط المثبط inhibitor. وهكذا فإن المواقع الفعّالة لجميع النورأمينيدازات تحتوي على ثلاث ثمالات residues أرجينينية (هي Arg 118 وArg 292 وArg 371) تربط كاربوكسيل ركيزة الحمض السيالي. أما Arg 152 فإنها تتآثر interact مع البديل الأسيتوميدو acetomedo لهذه الركيزة. ويشكل الـ Glu 276 الروابط الهدروجينية مع المجموعتين 8 هيدروكسيل و9 هيدروكسيل التابعتين للركيزة.

ونشير إلى أن المعلومات البنيوية الكريستالّوغرافية بالأشعة السينية التي تدعم هذه الاستنتاجات لا تتاح إلاّ لنورأمينيدزات N2 وN9 التابعة للمجموعة-2 [8, 9]، ولكن فكرة كون المواضع الفعّالة لإنزيمات المجموعة-1 ستكون مشابهة لهذا قد دعمتها ملاحظات أن البنى الأكثر بعداً المتعلقة بنورأمينيداز أنفلونزا النمط B تشبه تلك المتعلقة بإنزيمات المجموعة–2 (انظر متمِّم الشكل 1). بيد أن فيروسات طافرة مختلفة لنورأمينيداز مقاوم للعقار قد نشأت بعد المعالجة بعقار التاميفلو لأُناس أصيبوا بفيروسات تحوي أنماطاً فرعية مختلفة من النورأمينيداز [11, 14]. وتعتبر هذه كذلك إشارات إلى أن العلاقات المثبطة للفعالية والبنية لا تصدق عبر الأنماط الفرعية [15]. وأخذاً بعين الاعتبار هذه الشذوذات والمخاوف الحالية حول انتشار الفيروسات H5N1 الطيرية [16] فقد حدّدنا البنى البلورية لثلاثة نورأمينيدازات تابعة للمجموعة-1

1 العلاقات الجينيّة والبنيوية بين النورأمينيدازات المأخوذة من فيروسات الأنفلونزا المختلفة.



	N1	N8	N2	N9	B
N1	–	0.54	0.90	0.84	1.40
N8	56%	–	0.85	0.92	1.48
N2	43%	43%	–	0.71	1.64
N9	48%	43%	46%	–	1.75
B	31%	33%	32%	27%	–

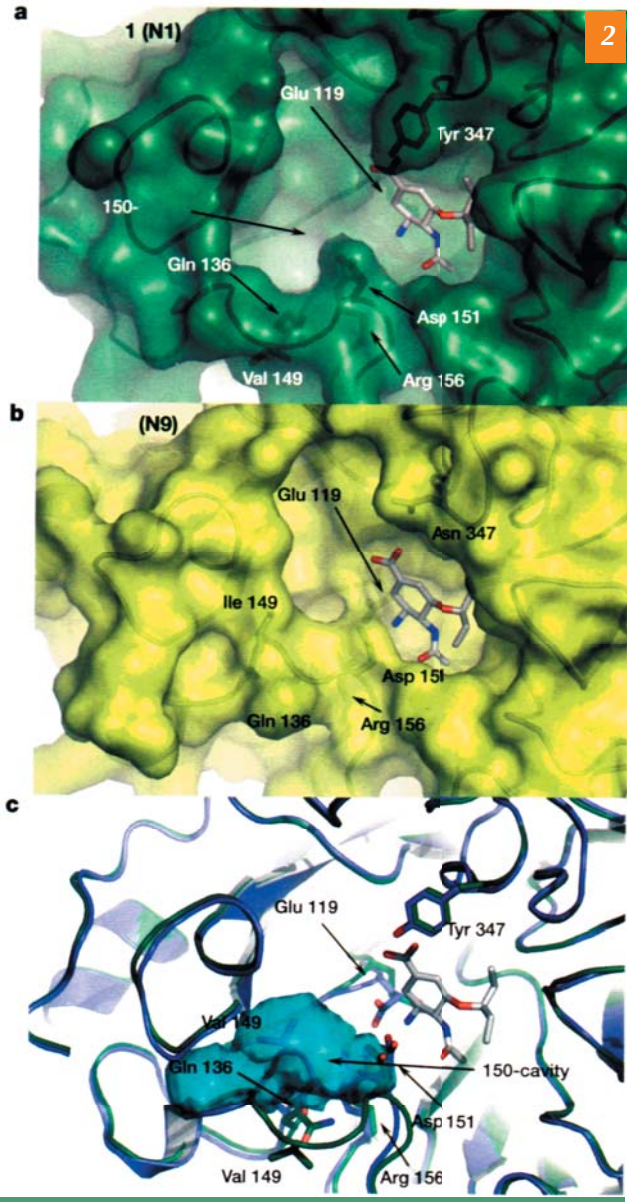
(a) شجرة أنساب تضم نورأمينيدازات تمثل الأنفلونزا B وتسعة أنماط فرعية من نورأمينيداز الأنفلونزا A. تقع نورأمينيدازات الأنفلونزا A في مجموعتين مستقلتين أطلق عليهما المجموعة-1 والمجموعة-2 ولوِّنتا بالأخضر والأصفر على التوالي. أما نورأمينيداز الأنفلونزا B فيبدو هنا باللون الأزرق. (وحينما يكون مناسباً يستخدم هذا التصنيف التلويني في الأشكال اللاحقة).

(b) يبيِّن الجدول إحصائيات لتشابهات التتالي (التسلسل) والبنى بين أفراد المجموعة-1 (N1 وN8) واثنين من المجموعة-2 (N2 وN9) للأنفلونزا A مع النورأمينيداز المأخوذ من الأنفلونزا B. وتظهر كينونات التسلسل المئوية على الجهة اليسرى وانحرافات الجذر المتوسط التربيعي للأمكنة Cα بين أحاديات القسيم (أو المَوْحودات) monomers معطاة على الجانب الأيمن. ونشير إلى وجود ترابط قوي بين مدى كينونة التتالي ودرجة تشابه البنى البلورية.

(c) تمثيل شرائط رباعية القسيم لنورأمينيداز المجموعة-1 (N1). أحد الموحودات ملوّن لتأكيد البنية القانونية السداسية الشفرات والدافعة البتاوية B-propeller للجزيئات. أما منطقة الموقع الفعال في مركز هذه البنية فقد أشير إليها توضيحاً ثم جرى تكبير مقاسها (d). ويبيِّن تراكب المواقع الفعّالة الثلاثة.

(d) نورأمينيدازات من المجموعة-1 درجة تشابهها: (N1) باللون الأخضر، (N4) باللون الذهبي، و(N8) باللون الأزرق.

(e) يبيِّن تراكب نورأمينيدازات الموقع الفعال لـ N1 (باللون الأخضر) وN9 (باللون الذهبي) أن N9 يختلف بوضوح عن N1 في منطقة العروة -150. وتظهر هنا ثمالات منحفظة conserved residues مثل Glu 119 وAsp151 وGlu 276 والثمالة الكارهة للماء عند الموقع 149 على شكل تمثيل نبُّوتي stick.



2

إن السطوح الجزيئية لنورأمينيدازات المجموعة-1 والمجموعة-2 مع العقار المرتبط أوسيلتاميفير تُظهر التجويف-150 في بنية المجموعة-1 الذي ينشأ بسبب البنيان المستقل للعروة-150. إن (a) و(b) اللذين يخصان N1 (a بالأخضر) وN9 (b بالأصفر) يظهران في تمثيل سطحي مع السلسلة البروتينية الرئيسة البادية بتمثيل دودي. (C): تراكب المواقع الفعّالة لـ (apo-N1) (باللون الأخضر) ولـ N1 المعقد مع أوسيلتاميفير (باللون الأزرق). ونشير إلى أن جزءاً من خريطة الكثافة الإلكترونية لفرق مَيْز منخفض قدره (5.5 انغستروماً) الذي قام فورييه بحسابه بين apo-N1 وN1 المرتبط بالعقار أوسيلتاميفير يبدو هنا باللون الأزرق كي يشير إلى مكان التجويف-150.

مأخوذة من الأنماط الفرعية N1 و N4 وN8 ومن معقّداتها complexes مع المثبِّطات أوسيلتاميفير وزاناميفير وDANA وبيراميفير من أجل مقارنة مواقعها الفعالة مع المواقع الفعالة لإنزيمات المجموعة–2 التي جرى تصميم العقاقير الحالية ضدها [8, 9].

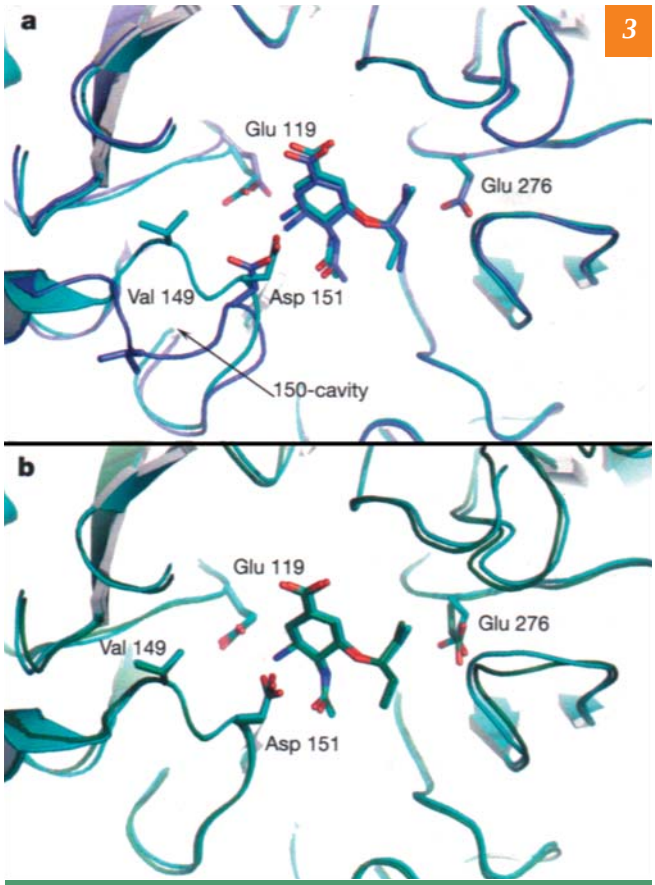
لقد تحقّقت البنى البلورية لكل من N1 وN4 وN8 بالاستبدال الجزيئي (انظر الطرائق والملحق في الجدول 1).

مقارنة الموضع الفعّال

يكشف تداخل نورأمينيدازات المجموعة–1 ذات الرموز N1 وN4 وN8 أن مواقعها الفعّالة تكون متطابقة افتراضياً (انظر الشكل 1c ، d). ولكن ثمّة فروق بنيانية مهمة بين نورأمينيدازات المجموعتين 1 و2 [8, 9, 17] المتمركزة على "العروة-150"، التي تحمل الثمالات 147-152، و"التجويف-150" المجاور للموقع الفعّال (انظر الشكل 1e). فبُنْيان العروة-150 يكون بحيث أن موقع (Ca) لمحدِّد المجموعة-1 group-1-specifi وهو الفاليوم "Val 149" يبعد حوالي (7) إنغستروم عن ثمالة الإيزولوسين المكافئ في المجموعة-2. وأكثر من ذلك، فإن السلسة الجانبية الكارهة للماء في الموقع 149 توجّه بعيداً عن الموقع الفعّال في المجموعة-1 في حين تتوجه نحوه في المجموعة–2. وعند أقرب نقطة مقاربة للعروة-150 من الموقع الفعّال هناك فرق مقداره 1.5 انغستروماً في موقع السلسلة الجانبية لثمالة الحمض الإسبارتي المنحفظ عند الموقع 151 بين نورأمينيدازات المجموعتين 1 و2. وثمة ثمالة حمضية إسبارتية، هي الغلوتامين Glu 119 تكون منحفظة conserved أيضاً وتأخذ بنياناً مختلفاً بين المجموعتين المذكورتين. ففي المجموعة-2 تشكل هذه الثُّمالة residue رابطة هدروجينية مع الأرجنين Arg 156، ولكنها في المجموعة-1 تأخذ بنياناً تتوجه فيه الكاربوكسيلات بالاتجاه المعاكس تقريباً (انظر الشكل 1e). بيد أن مقارنة الثمالات الحمضية الأمينية في العرى -150 لا تعطي تفسيراً واضحاً للانحفاظ القوي للبنية العروية في الداخل، ولكن ليس بين المجموعة–1 والمجموعة–2.

هناك تداعية رئيسية لهذه الفروق في البنية تتمثل في وجود تجويف كبير في جوار الموقع الفعّال لدى نورأمينيدازات المجموعة–1، وليس لدى المجموعة–2 (انظر الشكل 2). ويمكن بلوغ هذا التجويف من الموقع الفعال بسبب الفروق في موقعي Asp 151 وGlu 119 الموصوفين أعلاه. فالمفعول الجَمْعي للفرق في الموقع لهاتين الثمالتين الحمضيتين يتمثل في زيادة عرض تجويف الموقع الفعّال بحوالي (5) انغستروم. ونشير إلى أن الـ Arg 156 المنحفظ، الذي يتوضَّع في منتصف سلسلته الجانبية تقريباً بين الثمالتين الحمضيتين، يتَّخذ المكان نفسه تقريباً في بنيتي المجموعتين 1 و2، ويحدِّد المدخل من تجويف الموقع الفعّال إلى داخل التجويف-150. وهكذا فإن مدى التجويف-150 يحدِّده الفرق في بنيان العروة–150 ومكان الغليسين Gln-136 (انظر الشكل 2). ففي بروتينات المجموعة–2 تُشكِّل هذه الثمالة رابطة هدروجينية مع السلسة الكاربوكسيلية الرئيسية للثمالة 150 من العروة. أما في بنى المجموعة–1 ربما كنتيجة لبنية عروية مختلفة، فإن الغليسين Gln 136، غير القادر على صنع هذه الرابطة

3



ارتباط عقار الأوسيلتاميفير بالمواقع الفعّالة لنورأمينيدازات المجموعة-1:
(a) تراكب المواقع الفعالة لـ N8 بعد فترة نقع مدتها 30 دقيقة (الأزرق الغامق)، ونقعها ثلاثة أيام (cyon) بالعقار أوسيلتاميفير ذي التركيز 20 مكرومول. توجد تغيُّرات بسيطة في مكان Glu 119 والمثبط حينما تنغلق العروة -150 بعد فترة نقع طويلة.
(b) تراكب المواقع الفعالة لـ N8 مع أوسيلتاميفير المرتبط بعد ثلاثة أيام من النقع مع المثبط ذي التركيز 20 ميكرومول (cyan) وN1 المنقوع لمدة 30 دقيقة في المثبط بتركيز 0.5 ملمول ولمدة 30 دقيقة (اللون الأخضر). وفي هذه الحالة تكون بنيتا النمطين الفرعيين المختلفين لنورأمينيداز المجموعة-1 متشابهتين إلى حدٍ بعيد.

الهدروجينية، يتَّخذ بنياناً يجعل سلسلته الجانبية تجلس أخفض بحوالي 3.5 انغستروماً عند قاعدة التجويف. ولذلك فإن التجويف–150 يكون بطول (10) إنغستروماً وعرض وعمق (5) انغستروماً تقريباً. (انظر الشكل 2).

لقد كان بنيان conformation ثمالة الموقع الفعال Glu 276 محط اهتمام خاص لأنه يُعاني إعادة انتظام متميِّزة في ربط العقار بنورأمينيدازات من الأنفلونزا B والمجموعة–2. فعلى سبيل المثال تواجه كاربوكسيلات الغلوتامين Glu 276 في النورأمينيداز (N9) للمجموعة -2 الموقع الفعال، أما في الأوسيلتاميفير المرتبط به فإنه يتَّخذ بنياناً يتوجه بعيداً عن الموقع الفعّال بحيث تقيم الكاربوكسيلات في هذه الحالة تآثراً ثنائي التسنين bidentate مع المجموعة الغوانيدومية للأرجنين Arg 224 (انظر المرجع 7). ففي البنية غير اللجينية un liganded للنورأمينيداز N1 (من المجموعة–1) يكون بنيان Glu 276 (انظر الشكل 1e) مشابهاً جداً للبنيان المشاهد لدى N9 غير اللجيني، وحسبما سوف نصف لاحقاً، فإنه يعاني إعادة انتظام rearrangement مشابهة لما هو الحال في N9 في ربط العقار أوسيلتاميفير.

ربط نورأمينيداز المجموعة1 - بالمثبطات

لقد حدّدنا البنى البلّورية للمثبطات المعروفة المضادة للنورأمينيداز في معقَّد مع N1 وN4 وN8 (انظر الجدول الملحق رقم 1). نجد على الخصوص أن نورأمينيدازات المجموعة-1 تستطيع ربط العقّار أوسيلتاميفير في البنيان المفتوح أو البنيان المغلق للعروة–150 وذلك حسب شروط النَّقْع soaking. وهكذا، تكشف بنية النورأمينيداز N8 في المعقد مع أوسيلتاميفير الناجم عن نقع المثبط لمدة ثلاثين دقيقة في البلّورات المتشكلة عدم حدوث تغيُّرات بنيانية كبيرة المقاس (الشكل 3a) وأن العروة–150 تحفظ بنيانها نفسه كما في البنية غير اللجينية unliganded. ومن المحتمل أنه كنتيجة لبنيان العروة–150، تتوضّع الثمالتان Asp 151 وGlu 119 أبعد من النتروجين المرتبط بالـ (C4) لدى المثبِّط عما هي عليه في المعقّد مع N9. أما التآثرات الأخرى بين الأوسيلتاميفير والنورأمينيداز N8 فإنها مشابهة لنظائرها المشاهدة في N9، باستثناء أن التيروزين Tyr 347 يصنع رابطة هدروجينية مع كاربوكسيلات الـ (C1) للعقار أوسيلتاميفير (الشكل 2)، وذلك بالإضافة إلى التأثير ذي السنَّين bidentate لتلك الكاربوكسيلات مع الأرجنين Arg 371. ونشير إلى أنه في نورأمينيدازات المجموعة–2 تكون الثمالة 347 غلوتامينا وليس تيروزيناً، مما يجعلها غير قادرة على صنع رابطة هدروجينية كهذه.

يبدو من المحتمل أن ارتباط العقار أوسيلتاميفير بالنورأمينيداز N8 يكون، على الأقل في الحالة البلّورية، عملية ذات خطوتين: الأولى تربط المثبِّط بالشكل المفتوح open form للـ N8 ومن ثم إحداث تغيير بنياني بطيء يفضي إلى الشكل المغلق closed form للإنزيم القادر على صنع تآثر أكثر إحكاماً مع الرابطة أو اللجينة ligand. وعند هذه المرحلة لا نملك معلومات عن بطء هذا التغيُّر البنياني الذي يحدث في الحالة البلّورية المتعلِّقة بالإنزيم في المحلول، ولكن مشاهداتنا البنيوية تبيِّن أن هذا النمط للمثبِّط قادر على الارتباط بالبنيان المفتوح لنورأمينيدازات المجموعة–1.

وكذلك أظهر حَضْن incubating بلورات N1 في العقار أوسيلتاميفير بتركيز (20 μM) لمدة 150 دقيقة ارتباط المثبط مع العروة-150 في بنيان التجويف المفتوح (انظر الملحق الشكل 2)، ولكن حينما جرى حَضْن بلّورات N8 في الأوسيلتاميفير لمدة ثلاثة أيام (الشكل 3a، b)، أو حضْن بلورات N1 في تركيز عالٍ من المثبط (الشكل 3b)، غيّرت العروة-

150 بنيانها بحيث شابهت جداً البنيان المشاهد في نورأمينيدازات المجموعة–2 بوجود وغياب المثبطات. فهناك تداعيان رئيسيان لهذا التغير في البنيان: يتمثل الأول في أن الـ (Glu119) و(Asp 151) أصبحا الآن موجَّهين كليهما نحو الأوسيلتاميفير المرتبط، ويتمثل الثاني في أن قدّ size تجويف الموقع الفعال في المجموعة–1 المرتبطة بالعقار أشبه ما تكون لما هي عليه حال نورأمينيدازات المجموعة–2.

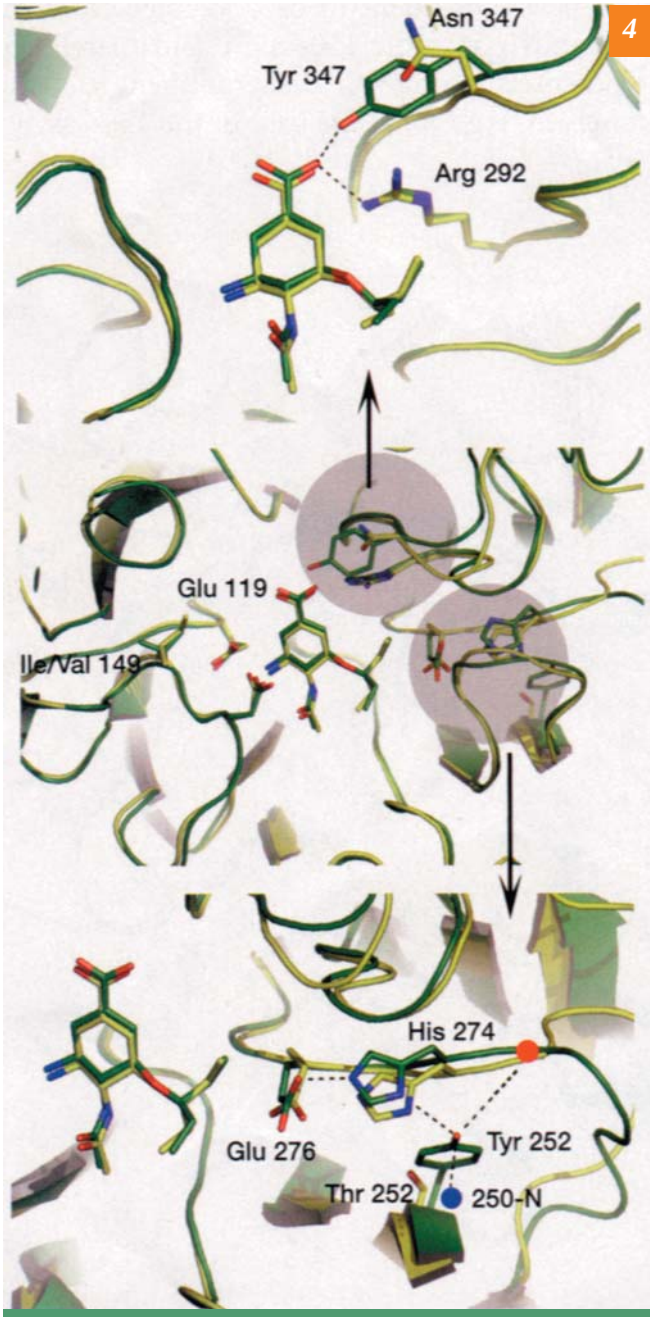
لقد قمنا أيضاً بتحديد بنى ثلاثة مثبطات أخرى للنورأمينيداز مرتبطة بنورأمينيدازات المجموعة–1 هي: دانا DANA [6، 18، 19] وزاناميفير [30] و باراميفير [21]. وتبين هذه البنى أن معقّدات المجموعة–1 المرتبطة بالعقّار تكون مشابهة جدّاً لنظرائها المشاهدة في نورأمينيدازات المجموعة–2.

وفوق هذا وذاك، فإن مشاهدة البنيان المفتوح للعروة-150 في بنى المجموعة-1 توحي بأن هذا البنيان للعروة، بالنسبة لهذه الإنزيمات، يكون في حدِّ ذاته أقل طاقة من البنيان المغلق. إن نورأمينيدازات المجموعة-1 (N1 وN8) ترتبط مبدئياً بالعقار أوسيلتاميفير في هذا البنيان المفتوح ولكنها في نهاية المطاف تتّخذ البنيان المغلق. وبهذا يبدو أن الأوسيلتاميفير المرتبط بنورأمينيدازات المجموعة-1 يفضِّل الطاقة الأعلى أو البنيان المغلق للعروة-150، الأمر الذي يحظى به عن طريق تغيُّر بنياني بطيء نسبياً. ولذلك ينبغي أن يكون من الممكن تصميم مثبطات جديدة لنورأمينيدازات المجموعة-1 تمتلك خاصة انتقائية لبنيان العروة-150، وتمتلك لذلك إمكانية ارتباط أقوى من العقار أوسيلتاميفير أو العقار زاناميفير.

يوحي فحص هذه البنى على سبيل المثال أنه قد يمكن لبديل جديد أن يتطور من المجموعة الأمينية-4 للأوسيلتاميفير إلى تجويف-150 وبذلك يحسِّن ربط المثبطات الممكنة. إن السلسلة الجانبية الغوانيدنيية البارزة للأرجنين Arg 156 المنحفظة عند قاعدة التجويف-150 (الشكل 2) تكوّن بوضوح شريكاً منتظراً لجسر ملحي salt-bridge أو رابطة هدروجينية مع مثبط جديد.

المقاومة التفاضلية للنورأمينيدازات الطافرة تجاه العقار أوسيلتاميفير

لقد تمّ توصيف ثلاثة نورأمينيدازات رئيسية طافرة مقاومة لعقار أوسيلتاميفير من فيروسات الأنفلونزا A المعزولة بعد معالجة بشر مصابين بالأنفلونزا بعقار التاميفلو [14، 22]. وقد احتوى واحد من هذه الثلاثة (مشتق من أخماج H1N1in factions وH5N1) على بديل حمضي أميني هو (His274 Tyr)، في حين أُخذ الاثنان الآخران من مرضى أصيبوا بفيروسات H3N2 واحتويا على البديل (Arg292Lys) أو البديل (Glu119Val) الأقل تكراراً. وبالرغم من التوجه بشكل مختلف في المجموعة–1 غير اللجينية مقارنة بنورأمينيدازات المجموعة–2، فإن Glu 119 لكلا المجموعتين يبدو أنها تتآثر interact بشكل متشابه مع عقار أوسيلتاميفير. إن مقارنة بنى نورأمينيدازات المجموعتين 1 و2 تكشف



مواقع الطفرات المقاومة للعقار أوسيلتاميفير الموجودة في نورأمينيدازات المجموعتين-1 و-2.
في الوسط: تراكب المواقع الفعّالة لنورأمينيدازات المجموعة–1 (الأخضر) والمجموعة–2 (الأصفر) مع العقار أوسيلتاميفير. وقد جرى توضيح منطقتي الموقع الفعال وتفصيلهما في الأعلى وفي الأسفل.
أما في الأعلى فتوجد الثمالات المعنيّة بالمقارنة الخاصة بالمجموعة–2 Arg (292Lys الطافرة)، وكذلك يظهر في الأعلى أن الثمالة 347 هي ثمالة تيروزينية في بروتين المجموعة–1 يقابلها ثمالة اسباراجين في المجموعة–2.
أما في الأسفل فإن الثمالات المتورطة في المقاومة الخاصة بالمجموعة–1 (His 274Tyr الطافرة) فإنها تبيِّن أن النيروزين عند المكان 252 يدخل في شبكة روابط هدروجينية في المجموعة–1.

عن فروق نوعية في المواقع الفعّالة، مما قد يفسِّر السبب الكامن وراء كون الطفرات في المكانين 274 و292 تفضي إلى مقاومة المثبط.

تفضي الطفرة his274Tyr إلى مقاومة كبيرة في نورأمينيدازات المجموعة-1 ضد العقار أوسيلتاميفير ولكن ليس لها تأثير على نورأمينيدازات المجموعة-2 [23 و24]. ويوحي تحرِّي بنى نورأمينيدازات المجموعة-1 في معقّدات مع أوسيلتاميفير، ومقارنتها بمعقّدات المجموعة-2 المكافئة، بوجود سبب وراء هذا الفرق الخاص بالمجموعة group-specific ويشير إلى كيفية إدارة المقاومة بواسطة تأثيرات الـ Tyr 274 الطافرة على توجُّه orientation الغلوتامين Glu 276. وقد ثبتت أهمية بنيان Glu 276 في ربط الأوسيلتاميفير بنورأمينيدازات المجموعة–2 [25]. ويبدو أن هناك عاملين يسهمان في عجز نورأمينيدازات المجموعة–1 عن إيواء البديل His274Tyr (الشكل 4). أوّلهما يتمثل في كون العروة-270 في نورأمينيدازات المجموعة-1 تصنع لفّة Turn أكثر أحكاماً من العروة المكافئة في المجموعة-2. وثانيهما، أنّه توجد في نورأمينيدازات المجموعة-1 (ليس في المجموعة-2) ثمالة تيروزينية منحفظة في المكان 252 تصنع روابط هدروجينية مع كربونيل السلسلة الرئيسة في المكان 273 وإلى الأميد الببتيدي في المكان 250 والسلسلة الجانبية الهستيدينيّة في المكان 274. وكذلك يشكل الهستيدين 274 رابطة هدروجينية عبر نتروجين سلسلته الجانبية الأخرى مع الغلوتامين Glu 276. ويبدو أن إدخال الثمالة التيروزينية الأكبر كتلة عند المكان 274 في إنزيمات N1 التابعة للمجموعة-1 يمكن تحقيقه فقط بتحريك السلسلة الجانبية الجديدة نحو الغلوتامين Glu 276 وإزاحته جزئياً. وعلى النقيض من ذلك توجد في إنزيمات المجموعة-2 ثمالة أصغر عند المكان 252 مما يترك حيِّزاً تشغله Tyr 274 بدون إزعاج Glu 276. يتماشى هذا التأويل للتأثير الخاص بالمجموعة لهذه الطفرة مع مشاهدات من الدراسات المطفِّرة mutagenic التي فحصت تأثيرات قدّ size السلسلة الجانبية للثمالة 274 على الحساسية تجاه الأوسيلتاميفير.

تُعَدُّ الطفرة Arg292Lys أكثر البدائل شيوعاً في نورأمينيدازات المجموعة-2 (N2) فيما يخص مقاومة العقار أوسيلتاميفير [22]. وقد كانت محط تحليل كريستالوغرافي مفصّل لإظهار أن المقاومة في نورأمينيداز المجموعة-2 (N9) تنجم جزئياً عن فقدان الرابطة الهدروجينية من الواصلة من Arg 292 إلى زمرة الكاربوكسيلات التابعة للعقار أوسيلتاميفير [35]. وكذلك يتأثر المستبدل Lys 292 مع Glu 276 معيقاً حركته لإيواء البديل الكاره للماء المرتبط بالكربون (C6) للعقار أوسيلتاميفير. والآن تكشف بنى نورأمينيدازات المجموعة-1 ومعقّداتها مع العقار أوسيلتاميفير سبباً محتملاً لصغر مفعول الطفرة على إنزيمات المجموعة-1. وحسبما يبيِّن الشكل 4 فإن الثمالة التيروزينية المنحفظة عند المكان 347 في نورأمينيداز المجموعة-1 (N1) تصنع رابطة هدروجينية إضافية واصلة إلى مجموعة كاربوكسيلات المثبِّط لا تستطيع صنعها الثمالة المكافئة في نورأمينيدازات المجموعة–2. وبهذه الطريقة يبدو أن تأثر الرابطة الهدروجينية الإضافية بين Tyr347 وكاربوكسيلات المثبِّط يعوِّض التأثر الضعيف الذي يتكفّله الماء بين الكاربوكسيلات والثمالة الليزينية البديلة عند المكان 292 [25].

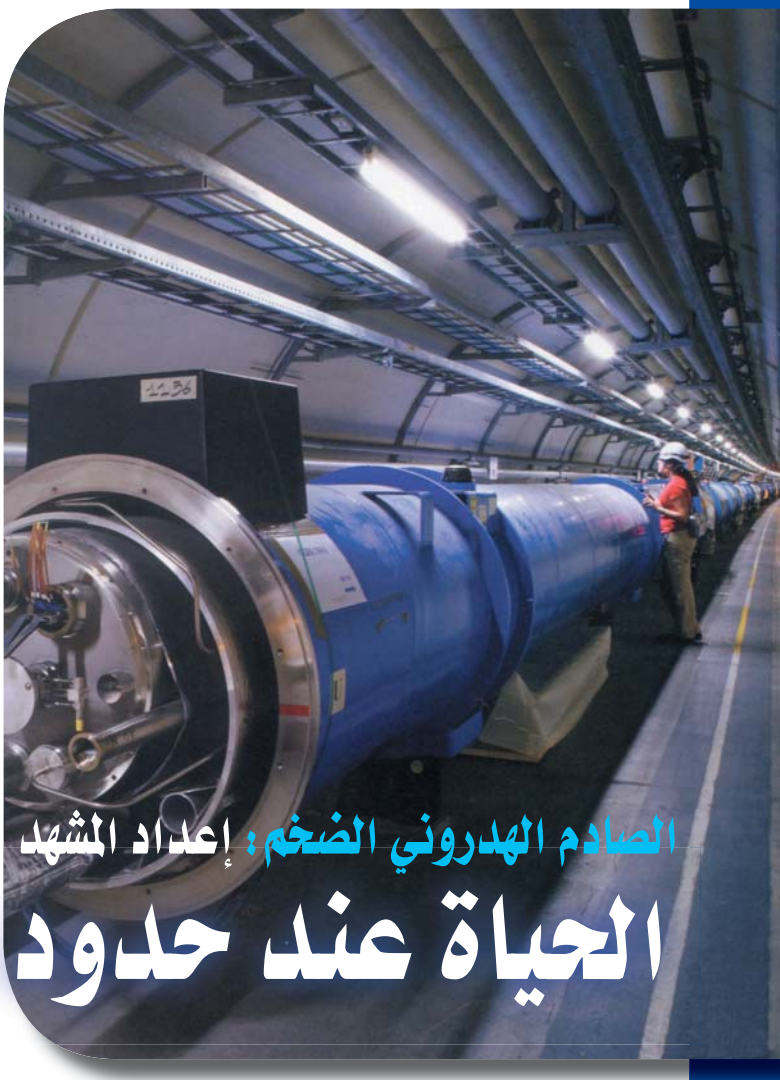
الاستنتاج:

باعتبار النورأمينيدازات هدفاً دوائياً معتمداً ضد الأنفلونزا، فإنه يواصل شدّ الباحثين لتطوير مثبِّطات جديدة للفيروس، ليس أقلّها ظهور فيروسات مقاومة للعقاقير المتوفِّرة حالياً [14، 26، 28]. وسوف تضيف البنى البلورية لنورأمينيدازات المجموعة–1 الموصوفة هنا مزيداً من الشدّ. إنها تبيِّن أن العروة-150 التي تشكل إحدى زوايا الموقع الفعّال للإنزيم تستطيع الوجود فيما لا يقل عن بنيانين مستقرِّين. وتوحي حقيقة كون نورأمينيدازات المجموعة–1 تربط عقاقير مثل الأوسيلتاميفير ذات ألفة مماثلة لألفة إنزيمات المجموعة–2 أن الفرق في الطاقة بين البنيانيْن ليس بالكبير جدّاً. صحيح أن فكرة وجود درجة من اللدونة plasticity في بنية الموقع الفعال للنورأمينيداز، أو على الأقل لإنزيمات المجموعة–1 أمر غير متوقع، لكن أخذ تشابهاتها في التسلسل بعين الاعتبار يجعل الآن من غير المستغرب إذا ما وُجدت العروة-150 التابعة لنورأمينيدازات المجموعة–2 تمتلك درجة ما من المرونة. ومن الواضح أن البينان المغلق يكون مفضلاً من الناحية الطاقية لنورأمينيدازات المجموعة–2 سواءً في غياب أو وجود المثبطات الحالية، ولكن بنياناً مفتوحاً ذا طاقة أعلى يمكن أن يتحقق لمثبِّط يستطيع أن يضع معه تآثراً مفيداً من الناحية الطاقية.

وعلى أساس مشاهداتنا البنيوية يمكن التوصُّل إلى عقاقير جديدة ضد نورأمينيدازات المجموعة–1 عن طريق إضافة أجزاء moieties استبدالية إلى هياكل مثبطة قائمة. وبالرغم من أنه قد يبدو مثالياً التركيز على مركبات تعمل ضد جميع الأنماط الفرعية للفيروس فإن مثبِّطاً ما فعّالاً وخاصاً بالمجموعة يمكن أن يكون ذا قيمة كبيرة ضد الفيروسات (H1N1) البشرية السارية حالياً والفيروسات (H3N8) التي يتكرر تسببها الأنفلونزا لدى الخيليّات والتي تسبِّب الآن مرضاً منتشراً لدى الكلبيات [29]، وكذلك ضد فيروسات H5N1 الطيرية التي تهدد حالياً الجماعات البشرية. وفي كل الأحوال، قد يكون بالإمكان تصميم مثبِّطات جديدة تستغل التآثرات الإضافية مع الشكل المفتوح للعروة–150 التابعة لنورأمينيدازات المجموعة–1 في انتقاء بنيان شبيه لهذه العروة في نورأمينيدازات المجموعة–2.

– نشر هذا المقال في مجلة NATURE, September 2006، وتمّت ترجمته في هيئة الطاقة الذرّية السورية.

سيغيّر الصادم الهدروني الضخم في المختبر الأوربي لفيزياء الجسيمات CERN ومكاشيفه ذات القدّ الضخم مسار فيزياء الجسيمات بالطلو. وفي الوقت الذي يستعد فيه الشروع العلمي الطَّموح للإقلاع، يقوم مانثيو تشالمرز M. Chalmers بزيارة المختبر ليستجلي أجواء ذلك الحدث.



الصادم الهدروني الضخم: إعداد المشهد

الحياة عند حدود الطاقة العالية

الكلمات المفتاحية

الصادم الهدروني الضخم، النموذج المعياري لفيزياء الجسيمات، المغانط الفائقة الناقلية.

يتطلع نيك تشوهان N. Chohan بشوق لعيد الميلاد. ففي السنوات الثلاث الأخيرة كان هذا الفيزيائي المحترم في المختبر الأوربي لفيزياء الجسيمات CERN وفريقه البحثي يعملون على مدار الساعة في هنغار معدني ضخم على الحدود الفرنسية السويسرية حيث يختبرون بحذر المغانط الفائقة الناقلية البالغ عددها 1232 والتي ستوجّه البروتونات بسرعة الضوء تقريباً حول أقوى مسرع جسيمات في العالم. إنه عمل فذٌّ بالمطلق –إذ يلزم ثلاثة أشخاص يعملون لمدة 12 ساعة لربط واحد فقط من ثنائيات القطب الأسطوانية يبلغ طوله 15 متراً ووزنه 35 طناً بجهاز الاختبار. وتبلغ كلفة كل واحد مبلغاً يُفقِد الرشد، إذ يقدر بنحو مليون فرنك سويسري (أي ما يعادل 600000 يورو). لكن ينتظر في هذا الشهر أن يصل المغنطيس الأخير إلى مختبر تشوهان ومع نهاية العام ستكون جميع المغانط جاهزة للتركيب تحت الأرض.

وبالطبع اعتاد فيزيائيو الجسيمات أن يفكروا في عظائم الأمور. فأثناء سعيهم إلى فهم كيف تسلك الطبيعة عند هذا المستوى الأساسي كانوا يصنعون ماكنات تحطم الجسيمات معاً بطاقات في أعلى مستوى على الإطلاق طيلة جزء كبير لقرن من الزمن. ولكن الصادم الهدروني الضخم (LHC) الذي يتم بناؤه الآن في المختبر الأوربي لفيزياء الجسيمات (CERN) قرب مدينة جنيف بدأ يعيد كتابة قواعد اللعبة.

يقول جوس إنجلين J. Engelen كبير الموظفين العلميين في المختبر الأوربي لفيزياء الجسيمات (CERN): "في البداية ثمَّن قليل من الناس بتقدير تام مقاس وتعقيد هذا الصادم الهدروني الضخم". ويضيف: "لقد فاجأ الكثير منا وأنا من ضمنهم." ومع الماكنة التي يبلغ محيطها 27 كم والمخطط تشغيلها في السنة القادمة بعد أكثر من 20 سنة من التحضيرات فإننا نلمس الإثارة بالنسبة لفيزيائيي المختبر الأوربي لفيزياء الجسيمات (CERN). وحالما يحقق هذا الصادم الهدروني الضخم كامل أدائه المصمم، وذلك في حوالي بداية العام 2008، ستُهَشِّم البروتونات بعضها بعضاً بمعدل بليون مرة في الثانية بطاقة تُقدر بـ $14 \text{ TeV } (14\times10^{12})$ فولط إلكتروني بحيث تعيد خلق الشروط التي كانت موجودة بعد فترة قصيرة من الانفجار الكبير وتضع المختبر الأوربي لفيزياء الجسيمات (CERN) في الجبهة الأمامية لفيزياء الطاقة العالية لمدة عقد على الأقل.

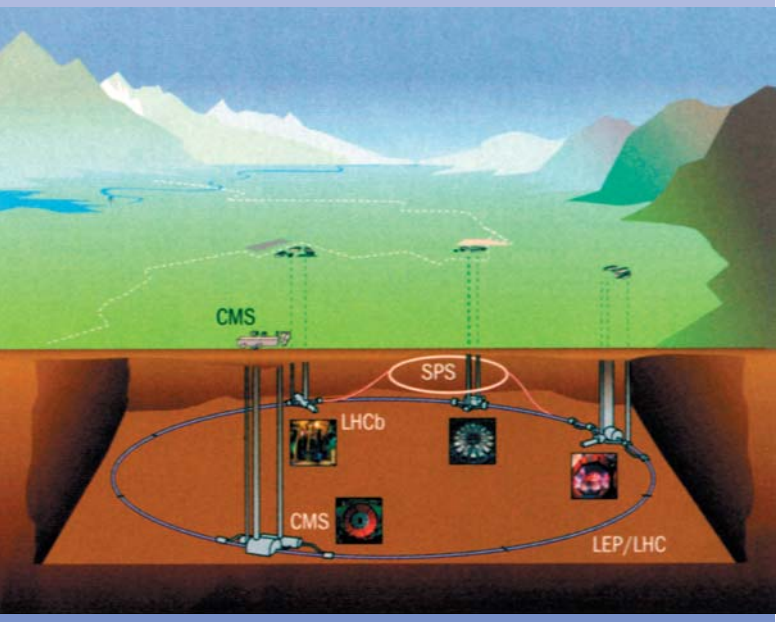
رحلة في المجهول

لا أحد يعرف بحق ماذا يقع عند حدود الطاقة العالية، لكن الصادم الهدروني الضخم أبعد من أن يؤخذ على حين غرّة. فمنذ سبعينيات القرن المنصرم كان فهمنا للمادة ذات المقاسات البالغة الصغر يقتصر على النموذج المعياري لفيزياء الجسيمات الذي يصف العالم بحدود ستة كواركات (تترابط في هدرونات على شكل بروتونات ونترونات) وستة لبتونات (مثل الإلكترونات) التي تتآثر عن طريق جسيمات حاملة للقوة تدعى البوزونات posons. وتشكل هذه النظرية على علّاتها دليل العلماء التجريبيين نحو أنظمة الطاقة التي تستحق الدراسة.

تم التحقق من هذا النموذج المعياري بدقة عالية وتتمثل أدقّ سانحة له في اكتشاف بوزونات W وZ في السنكروترون البروتوني الفائق (SPS) التابع للمختبر الأوربي لفيزياء الجسيمات (CERN) وذلك في العام 1983. فلقد أثبت ظهور هذه الجسيمات بدقة عند طاقة تصادم تعادل تماماً ما كان قد توقعه النظريّون (بحدود 0.1 TeV) أن اثنتين من القوى الأساسية الأربع للطبيعة –وهما الكهرومغنطيسية والقوى النووية الضعيفة– تعتبران ببساطة وجهين منخفضي الطاقة لتفاعل أعمّ "كهرضعيف electroweak". المشكلة هي أن هذا التناظر الكهرضعيف، الذي يُحتمل أنه كان موجوداً عندما كان عمر الكون أصغر من الآن بكثير، يتطلب أن تكون الكواركات واللبتونات وبالتالي جميع المادة عديمة الكتلة.

وأحد أكبر التحديات أمام فيزياء الجسيمات يكمن في إيجاد القطعة الناقصة من حبكة قطع النموذج المعياري التي تُمكن الطبيعة من كسر هذا التناظر بحيث تسبِّب مزيج كتل الجسيمات الذي

➤ نظرة خاطفة: الصادم الهدروني الضخم



- التشغيل في العام القادم، سيقود الصادم الهدروني الضخم البروتونات تقريباً بسرعة الضوء في اتجاهات متعاكسة حول 27 كم في حلقة تحت الأرض قبل تحطيمها مع بعضها بطاقة 14 TeV عند أربع نقاط منفصلة
- رغم أن 14 TeV ليست أكثر من طاقة 14 بعوضة أثناء الطيران، إلا أنها تُركز في كتلة صغيرة جداً بحيث تكون الطاقة الناتجة أكبر طاقة تم توليدها في مختبر ما.
- يتم الآن وصل آلاف عديدة من المغانط اللازمة لتوجيه وتركيز حزم البروتونات في نفق يقع على عمق 50 – 150 متراً تحت الحدود الفرنسية السويسرية ويؤوي أساساً الصادم الإلكتروني البوزيتروني الضخم.
- تنطلق البروتونات في الموقع الرئيسي للمختبر الأوربي لفيزياء الجسيمات (CERN) في "Linac2" قبل أن تتم إثارتها تدريجياً بالطاقة بواسطة السنكروتروني البروتوني وبعد ذلك بسنكروترون بروتوني فائق (SPS) حيث تُحقن من هناك إلى الصادم الهدروني الضخم
- وبعد ذلك تستفزُّ البروتونات بشكل كهرومغنطيسي إلى 7 TeV، وعند ذلك ستدور مئات البلايين منها حول الحلقة 11245 مرة كل ثانية
- وستكون هناك أربعة مكاشيف ضخمة للغاية بانتظار التقاط الحطام المتطاير من تصادمات البروتونات: ATLAS، على امتداد الطريق من الموقع الرئيسي إلى المختبر الأوربي لفيزياء الجسيمات (CERN)، وعلى جانبيه LHCb وALICE و CMS على بعد حوالي 10 كم.
- يعتمد مستقبل فيزياء جسيمات الطاقة العالية بشكل كبير على ما يتم كشفه وما لا يتم كشفه بهذه المكاشيف في السنوات القليلة التالية.

نلاحظه. والمرشح المفضل لهذا الأمر يتمثل في آلية هيغز Higgs، التي تتطلب وجود جسيم مُكْتَشَر جديد يُسمى بوزون هيغز Higgs boson. وحسبما يقول إنجلين: "إن الحافز المحدِّد للصادم الهدروني الضخم يتمثّل في التحقق من كسر التناظر الكهرضعيف. فإذا لم نر أي شيء بمقاس scale TeV، لابد أن يكون هناك خطأ عميق في فهمنا لفيزياء الجسيمات".

هناك هدف رئيسي آخر للصادم الهدروني الضخم يتمثل في البحث عن فيزياء تتخطّى النموذج المعياري، وبشكل خاص بحثاً عن علامات للتناظر الفائق أو SUSY –وهو تناظر للطبيعة أعمّ يعامل المادة وجسيمات القوة كوجهين لعملة واحدة. ولن يوحِّد التناظر الفائق SUSY التآثرات الكهرومغنطيسية والكهرضعيفة فقط، بل يصنع القوة النووية العارمة وحتى الجاذبية الأرضية ضمن إطار واحد. وإذا صحّ ذلك، فلابد من وجود حشد من شذرات غريبة جديدة ينتظر انكشافها في تصادمات الصادم الهدروجيني الضخم.

أولاد وألعاب

يُعَدُّ تصميم وبناء الصادم الهدروني الشديد –الذي يبلغ إجمالي كلفته 6.3 بليون يورو– مسؤولية لين إيفانز L. Evans. وعندما طُلب منه وصف المدى الذي بلغه هذا العمل في استغراق عمره مع اقتراب موعد التشغيل، بدا الرجل من ويلز البالغ 61 عاماً من العمر كما لو أنه لم يفهم السؤال. فاستطرد قائلاً: "لقد كان الصادم الهدروني الضخم هو حياتي خلال الثلاثة عشر عاماً الأخيرة" وأضاف أنه شعر بالارتياح عند رؤية المسرع الأزرق البَرّاق يتخذ أخيراً شكله داخل نفقه. لقد قدم إيفانز الرعاية اللازمة للصادم عبر مصاعب عديدة، وخصوصاً فيما يتعلق بمشاكل مع منظومة شديدة البرودة توصل الهيليوم السائل إلى المغانط الفائقة الناقلية من أجل إبقائها باردة بدرجة 1.9 فوق درجة الصفر المطلق. لكنه واثق من أن هذه الماكنة تشق طريقها نحو التشغيل في العام 2007.

المهمة الرئيسية الآن هي وصل جميع المغانط الواردة من منشأة اختبار تشوهان بشكل آمن داخل نفق الصادم الهدروني الضخم. بالإضافة لثنائيات القطب البالغ عددها 1232 التي ستحني البروتونات حول الحلقة باتجاهات متعاكسة، يوجد هناك أيضاً آلاف رباعيات القطب quadrupole وسداسيات القطب وثمانيات القطب ومغانط تصحيح أخرى ستسمح بتركيز الحزم والمناورة بها. وحيث أنه من الخطورة بشكل كبير إيصال المغانط بشكل مباشر إلى كل نقطة حول الحلقة، فإنها تقوم عوضاً عن ذلك برحلة قصيرة بشاحنة من مختبر الاختبار إلى موضع خاص في الموقع الرئيسي للمختبر الأوربي لفيزياء الجسيمات (CERN) عبر منظومة ضوء مرورية يستطيع إيفانز أن يتحكم به لتقليل فرص وقوع حوادث. لقد شغل أكثر من نصف ثنائيات القطب مكانه المناسب ومع وجود فريق تركيب قوي مؤلف من 65 شخصاً يعملون 24 ساعة يومياً، ينبغي إتمام العمل في نهاية شهر آذار.

وبعد ذلك تبدأ المتعة الحقيقية، هذا إذا كنت مختصاً بفيزياء المسرِّعات. ويقول إيفانز: "تقضي الخطة بأن يتم تدوير الحزم بطاقة 0.45 TeV لكل واحدة في منتصف شهر تشرين الثاني من العام القادم، مع تداول قصير للمعطيات قبل عيد الميلاد، "وبعد ذلك سنطلب من خبراء التجريب الأربعة أن يقوموا بإيقاف التشغيل من أجل أن نتمكّن من رفع الطاقة ونحقق ما يقال في الكتب." وللقيام بذلك يحتاج الصادم الهدروني الضخم لإنتاج طاقة تصادم تُقدر بـ 2 TeV (1 TeV لكل حزمة) من أجل تخطي الرقم القياسي للطاقة الذي يحقِّقه صادم تيفاترون البروتوني–والبروتوني المضاد في مختبر فيرمي في الولايات المتحدة. لكن في أوائل العام 2008، بعد توقُّف قصير في الشتاء، يجب أن ترتفع طاقة هذه الماكنة إلى 14 TeV خلال شهرين بحيث تسبق تيفاترون وتتركه خلف الغبار.

من الضروري أن تعرف ماذا تفعل وأنت تتعامل مع حزمة بمثل هذه الطاقة العالية. ويقول ستيف مايرز رئيس المسرعات والحزم في المختبر الأوربي لفيزياء الجسيمات (CERN): "إن الصادم الهدروني الضخم هو أول مسرع بُني على الإطلاق ويتمتع بقدرة التدمير الذاتي، فالطاقة المخزونة لكل حزمة تعادل عند انطلاقها انفجار 100 كغ من الـ TNT، وهذا قد يسبب توقف هذه الآلة عن العمل لمدة أشهر إذا انحرفت البروتونات عن مسارها". لكنه يضيف بسرعة أن فرص حدوث ذلك ضئيلة جداً وذلك بفضل إجراءات السلامة الصارمة

اعتاد فيزيائيو الجسيمات على التفكير بعظائم الأمور لكن الصادم الهدروني الضخم يعيد كتابة قواعد اللعبة

المعتمدة. فإذا بدأت الأمور بالسير حقاً بشكل خاطئ على سبيل المثال، فإن الحزم يتمُّ إرسالها أوتوماتيكياً على طول أنفاق مماسيَّة بطول 600 متر إلى كتل ضخمة من الغرافيت محاطة بـ 1000 طن من التدريع المعدني والإسمنتي.

ويقول روجر بيلي مشغل هذه الماكنة مازحاً: "بالطبع لا ترغب في تناول غدائك هناك عندما تنحرف الحزمة" ويضيف بنبرة أكثر جدية أن هذه المنطقة ستبقى مشعَّة بشكل كبير لشهور عديدة. سيكون بيلي من الأشخاص المسؤولين، في غرفة التحكم الجديدة لدى المختبر الأوربي لفيزياء الجسيمات (CERN) البالغة كلفتها 5 ملايين يورو، عن "لف" الحزم حول المجالات المغنطيسية للصادم الهدروني الضخم عندما تُحقن البروتونات للمرة الأولى من SPS في السنة القادمة. ويشير إلى أنهم سيجعلون أرضية مثل معايير الأمان هذه أقسى بكثير لغرض التعامل مع الحزمة بغية تحسين أداء الصادم الهدروني الضخم. وسيكون على أي امرئ يحاول فعلاً أن يقوم بعمل قد يكون مميتاً، مثل تناول السندويش في نفق الصادم الهدروني الضخم حالما يتم تشغيله، أن يمر أولاً عبر أبواب أمن على السطح تستخدم أحدث تقانات iris للتعرف.

عيون فوق الأرض

وبينما يأخذ الصادم الهدروني الضخم شكله بثبات تحت الأرض، هناك عالم آخر من النشاط يتفاعل في مكان آخر حول موقع المختبر الأوربي لفيزياء الجسيمات (CERN). وفي الحقيقة وعند وصول مجلة عالم الفيزياء Physics World، كان جيم فيردي وزملاؤه في تجربة CMS يستعدون لإقامة حفلة. CMS هو أحد المكاشيف الأربعة الضخمة التي ستتوضع حول حلقة الصادم الهدروني الضخم حيث ستحدث تصادمات البروتونات. ومهمتهم هي متابعة وقياس مئات وآلاف الجسيمات التي ستُنتج عندما يضرب كوارك من أحد البروتونات كواركاً من بروتون آخر يسير في الاتجاه المعاكس، حيث يمكن لشُدْفة ضئيلة أن تولِّد جُسيم Higgs أو Sussy خلال العملية.

وفي مشروع CMS الذي يضم 2000 فيزيائي من 180 مؤسسة في 34 بلداً تكون الدعوة للتعاون من أجل حفلة مرتجلة مهمة غير سهلة. وقد شرح فيردي نائب المتحدث عن التجربة قائلاً: "ستأتي الاحتفالات الكبيرة في وقت قريب" وأضاف: "لكن من الآن فصاعداً ستقوم قلَّة منا بإرساء ثلاثة معالم حديثة: إغلاق المكشاف للمرة

الصادم الهدروني الضخم حسب كلماتهم الخاصة

يقول ثيجس فيرسلوت، وهو طالب صيفي لدى (CERN): "اللطيف بخصوص (CERN) هو أنك كطالب ماجستير أو دكتوراه يُصغى لك ويتم التعامل معك كند من الأنداد. أشعر أنه يمكنني أن أطرق باب أي شخص وأسأله سؤالاً."

تقول آن-سيلفي جيولو، زميلة في (CERN)، CMS: "الصادم الهدروني الضخم تجربة اجتماعية ممتعة –يمكنك رؤية الناس يتعاونون في تنافس على الطاقة. أحب أن أعمل في شيء أقل من Higgs لأتحاشى الانخراط في صراع هائل."

يقول جامي بويد، زميل في (CERN)، ATLAS: "أحب فكرة عملي في شيء ضخم يتطلب أناساً كثيرين من بلدان مختلفة. تتمثل أرضية التعاونيات الكبيرة في وجود الكثير من الناس يتنافسون للعمل بأدق المقاييس مع بقاء القليل ممن يقومون بالأعمال الضرورية الحازمة."

يقول جيم فيردي، نائب الناطق باسم CMS: "من الرائع رؤية المكشاف وقد تمّ تجميعه أخيراً ومعرفة أن ذلك جرى عبر جهود الكثير من الناس على امتداد العالم. إنه يمنحك حيوية ويزيد المعنويات."

يقول بيتر جيني، المتحدث باسم ATLAS: "المجال غير المسبوق لتجارب الصادم الهدروني الضخم يعني أنه كان علي أن أنتقي مهارات إدارة للعمل. ففي هذه الأيام أصبح الجلوس والتفكير بالفيزياء أكثر من هواية."

يقول ستيف مايرز، رئيس (CERN)، فيما يخص المسرعات والحزم: "أنا محظوظ لأن مهنتي توافقت مع ماكنة مثل الصادم الهدروني الضخم. ولأنني عملت في جميع أجهزة الصوادم الكبيرة لدى (CERN)، فلابد من أن أتقاعد بعد بلوغه الأداء المصمم."

يقول روبرت آيمر، مدير عام (CERN): "لا يوجد أي شيء لا أحبه في عملي. بالنسبة لي كل شيء يتعلق بالاستراتيجية. لا يهم ماذا تفعل، لكن هناك حاجة لأن تكون لديك رؤية ولكي تحقق تلك الرؤية، يجب أن تجد استراتيجية وأن تُنفذها."

في الكونترول

تسمح غرف التحكم المصممة لدى المختبر الأوربي لفيزياء الجسيمات (CERN) بتشغيل جميع مسرعات المختبر من تحت سقف واحد. المنطقة في الجانب العلوي الأيمن من الصورة لا يوجد فيها حالياً أحد، لكن سيتم تشغيل الصادم الهدروني الضخم منها في السنة القادمة.

الأولى واختبار المغنطيس بقوّته الكاملة وأخذ بيانات شعاعية كونية". وبمشاهدة مقاس مكشاف CMS الذي يتم بناؤه في مبنى ضخم في فرنسا على بعد 10 كم من الموقع الرئيسي للمختبر الأوربي لفيزياء الجسيمات (CERN)، سيكون من السهل فهم السبب الذي يدعو صانعيه للتفاخر به.

وعلى سبيل المثال، فإن مغنطيس CMS الذي يؤمن مجال انحناء يُقدر بـ 4 T للسماح للفيزيائيين بقياس عزم الجسيمات هو أضخم ما تم بناؤه على الإطلاق. وبينما يتمّ دحرجة قطعة أسطوانية من المكشاف الذي يبلغ وزنه 12500 طن ليقف فوق وسادته الهوائية مع ضجيج يسبب الطرش، يطوي فيردي التاريخ الدولي المتعرِّج للأنابيب والأسلاك والمكونات التي تُؤلف كل طبقة متحدة المركز من المكشاف. وتحت 80 متراً من الأرض التي نقف عليها، هناك كهف ضخم ستُنزل إليه قطع CMS هذه السنة. وهنا تكون الأشياء أكثر هدوءاً ولا يوجد شيء سوى صوت خفيف لصدى راديو فرنسي على الجدران حيث يتجول فنيون قلائل خلال عملهم بالجرادل buckets الصفراء لجمع الكرز.

وعلى الجهة المقابلة لحلقة الصادم الهدروني الضخم على مقربة من المركز الرئيسي للمختبر الأوربي لفيزياء الجسيمات (CERN)، لا يختلف مشهد كهف ATLAS كثيراً. خلافاً لما هو عليه الحال في CMS، يتم تجميع تجربة ATLAS البالغ وزنها 7000 طن مباشرة تحت الأرض. وهي منذ الآن تملأ الكثير من الحجم المتاح من الكهف بحيث تكون الطريقة الوحيدة للإحساس بمقاسها عن طريق مراقبة الأشخاص الذين يشبهون الدمى ويضعون خوذاً وأربطة أمان ويتسلقون المساند على جوانبها.

يقول بيتر جيني المتحدث باسم ATLAS: "يسعدني كثيراً أن أرى المكشاف يُبنى وهو يترك تأثيراً إيجابياً على روح التعاون" ويضيف: "ولكن ثمّة الكثير مما ينتظر فعله والقسم الكبير من عملي مكرس الآن لتغيير عقلية التعاون فيما نحن ننتقل من طور البناء عبر الترخيص إلى التشغيل المقبل".

على جانبي ATLAS توجد التجربتان الأصْغر من الصادم الهدروني الضخم: وهما LHCb و ALICE. ورغم أن لهاتين التجربتين أهدافاً فيزيائية تفوق CMS وATLAS تخصيصاً، فإنهما ليستا أقل أهمية. فعلى سبيل المثال، ستدرس LHCb اضمحلال الميزونات-B (B-mesons) من أجل معالجة مشكلة عدم إفناء المادة والمادة المضادة إحداهما للأخرى مباشرة بعد الانفجار الكبير Big Bung لولادة كون لا يضم سوى فوتونات. أمّا ALICE فإنها تسمح بدراسات مفصلة للقوة النووية الضخمة، التي ستختبر القطاع غير الكهرضعيف للنموذج المعياري، وهو الكروموديناميك الكمومي.

ولكن سينظر العالم عن كثب إلى مكشافي الأغراض العامة CMS وATLAS عندما تصادم حزم البروتون لأول مرة في السنة القادمة. والآن تنتظر المئات من التحاليل الفيزيائية على شكل برامج حاسوبية معقدة للانطلاق ضمن عشرات آلاف الغيغابايتات من المعطيات التي ستسري في بضعة ملايين من قنوات المكاشيف كل يوم. وسيبحث الكثيرون عن إشارات تجريبية نوعيّة لاضمحلال Higgs وSussy، بينما سيدرس آخرون إمكانيات أكثر غرابة مثل الأبعاد الإضافية والثقوب السوداء الصغيرة. ومن أجل استيعاب هذا الطوفان من المعطيات، يحتاج الصادم الهدروني الضخم إلى بنية تحتية حاسوبية جديدة تُعرف باسم Grid –التي يتبيَّن أنها تحدٍّ رئيسي بحدّ ذاته.

هذا وإن الاندفاع نحو تحليل معطيات الصادم الهدروني الضخم سيؤلف ويفكّك المئات من الفعاليات العلمية. وحيث إن وجود مكشافين مستقلين مَبْنيَّين على تقانات مختلفة جداً يُشكل أمراً حيوياً بالنسبة لأي ادعاء بالاكتشاف، فإن المنافسة بين CMS وATLAS في شأن تسجيل الاسم عليهما قد تضع بيئة CERN المميّزة المفتوحة تحت إجهاد لا يطاق. وبالفعل فإن لاصطياد الـ Higgs في الصادم الهدروني الضخم أنداداً في السباق المحموم بين تجارب UA1 وUA2 في SPS للبحث عن بوزون W قبل عقدين. فعندما تكون جوائز نوبل موضوعة نصب العين، قد يستميت الفيزيائيون.

يقول جيني: "من الطبيعي أن يُستبان الناس بتجاربهم وأعتقد أن ذلك يدفعنا جميعاً للقيام بعمل أفضل" ويضيف: "بالطبع، ستسعى كل من التعاونيتين إلى بذل غاية جهدها لتكون هي الأولى، ومن الواضح وجود بعض المطامح الشخصية، لكن في النهاية سيعود الفضل كله، مثلما يجب، إلى المختبر الأوربي لفيزياء الجسيمات (CERN). وبالتأكيد لن يكون هناك مجرد شخص واحد يلازم اكتشافاً ما مثل: Higgs". لكن بعض من هم أقرب إلى مجموعات التحليل الفعلي يكونون أقل مثالية. وقد قال أحد فيزيائيي المختبر الأوربي لفيزياء الجسيمات (CERN) لـ مجلة Physics World: "ناهيك عن المنافسة بين ATLAS وCMS، فسيكون هناك ما يكفي من المتاعب داخل التعاونيتين نفسيهما وخصوصاً بعد بدء وصول المعطيات."

ولم يفت هذا إدارة المختبر لفيزياء الجسيمات (CERN). فرئيس الاتصالات جيمس جيليز يعمل حالياً على استراتيجية للتعامل من خلالها مع أمر محتمل مثل اكتشاف الـ Higgs. فهو يقول: "الأمر الأخير الذي نرغب في فعله هو إصدار "تصريح مضاد" يقول بأن CERN لم تعثر على الـ Higgs في آخر الأمر. وعلى الرغم من وجود إجراءات علمية واضحة للتعامل مع الإشارات الأولى للـ Higgs أو للجسيمات الأخرى، إلا أن جيليز مهتم بأنه يمكن لمعهد معين أو حتى شخص ما أن يقوم بادعاءات اكتشاف قبل الأوان.

المشكلة هي أنه يمكن أن تمر سنوات بعد الإشارات الأولى لجسيم جديد، في جمع معطيات كافية للمختبر الأوربي لفيزياء الجسيمات (CERN) قبل صدور إعلان قطعي ممهور.

سنعيش الحلم

إن الطريقة التي ينظر بها القطاع العام للصادم الهدروني الضخم تعتبر حاسمة بشكل مطلق، ليس فقط بالنسبة لـ (CERN)، بل لمستقبل فيزياء الجسيمات أيضاً. وبالفعل يمكنك أن تجادل بأن الصادم الهدروني الضخم يُعدُّ أكبر مقامرة قام بها الفيزيائيون. ويقول روبرت آيمر مدير عام المختبر الأوربي لفيزياء الجسيمات (CERN): "إن الصادم الهدروني الضخم ضرورة مطلقة، إذا رغبنا في المتابعة في هذا المجال" ويضيف: "إذا لم يكن هناك أي جديد تحت طاقة تصادم [كوارك–كوارك] تعادل 1 TeV، فإن هذا سيكون أمراً سيئاً جداً لفيزياء الجسيمات وللبشرية". أو كما يعبر عن ذلك إنجلين الذي هو أيضاً نائب مدير عام المختبر قائلاً: "عدم رؤية أي شيء على الإطلاق هو ما سيُصْمت النظريين بحق!".

ولكن يوافق الجميع تقريباً على أن النتيجة الأكثر احتمالاً والأفضل كذلك لفيزياء الجسيمات هي: أن شيئاً ما، مهما كان، سوف ينكشف. وهذا سيزيد من احتمال إعطاء الضوء الأخضر لمشروع الصادم الضخم التالي الذي تجري دراسته حالياً: وهو الصادم الخطي الدولي الذي سيتيح إجراء قياسات دقيقة لبوزون Higgs، على سبيل المثال، وكما يشير آيمر: "لن يعود السياسيون لمساندة ماكنة تكلف ضعف الصادم الهدروني الضخم بدون بعض الأدلة الثابتة التي تدفع للاستمرار بذلك."

غير أن مثل هذه الأفكار بعيدة عن ذهن أي شخص في (CERN) في الوقت الحاضر. ومن مستوى الإدارة الأعلى حتى مستوى طلاب الدورة الصيفية الذين يعودون إلى معاهدهم، يكون المزاج السائد في المختبر مزاج ثقة هادئة وإثارة أولية.

يستذكر آيمر قائلاً: "تم اتخاذ القرار بالمضي ببناء الصادم الهدروني الضخم في العام 1996. لكن إذا كان علينا اتخاذ هذا القرار غداً، فستكون النتيجة نفسها بالضبط. بدون هذه الماكنة سنبقى نحلم كذلك".

المؤلف:

ماتثيو تشالمرز، *محرر بارز في مجلة عالم الفيزياء*

– نشر هذا المقال في مجلة Physics World, 2006، وتمّت ترجمته في هيئة الطاقة الذرّية السورية.

سيارات تسير باستخدام الماء؟
ليس هذا أمراً سخيفاً كما يبدو،
وكما يكشفه ديفيد أدام

قدرة
في صنبور الماء

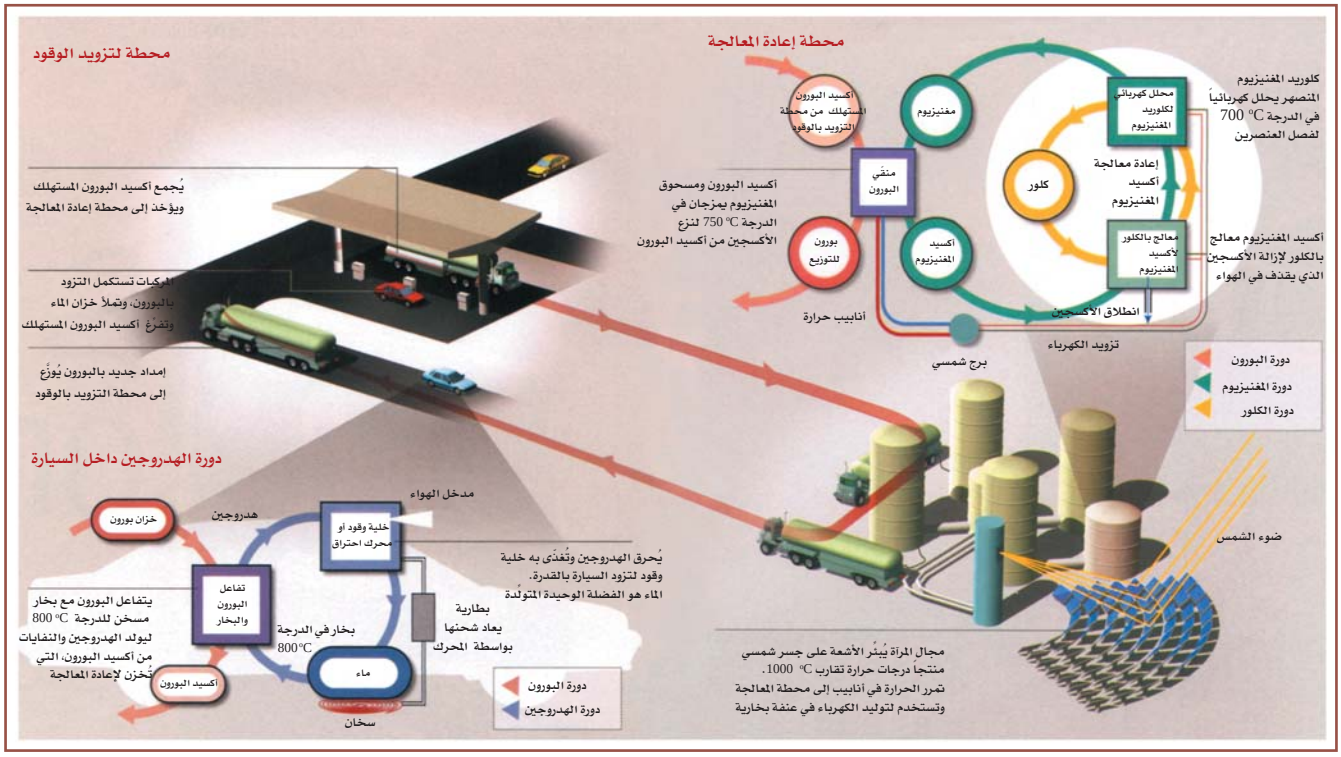
دعك من السيارات المزودة بوقود من الكحول والزيت النباتي. إنك لن تنتظر طويلاً حتى تصبح قادراً على تشغيل سيارتك بما لا يتعدى الماء في خزان وقودها. وسيكون ذلك نهاية المطاف لمركبة خالية من الانبعاثات.

ففي الوقت الذي لا يُشكّل فيه الماء للوهلة الأولى وهو H_2O العتيد والبسيط، مصدراً بديهياً للقدرة، فإنه يتمتع بميزة أساسية تتمثل في كونه مصدراً وفيراً للهدروجين العنصر الذي يوصف على نطاق واسع بأنه الوقود السِّلمي للمستقبل. فلو أمكن تحرير الهدروجين حال الطلب، فإن ذلك سيتغلب على العديد من العقبات التي لا تزال حتى الآن تحول دون أن يصبح حلم تحقيق سيارة تأخذ قدرتها من الهدروجين أمراً واقعاً. إن إنتاج الهدروجين بوسائل صناعية تقليدية أمر مكلف، وغير فعال وغالباً ما يكون سبباً للتلوُّث، ناهيك عن مشاكل تخزين ونقل الهدروجين. كما أن الخزانات التي تتحمل الضغط المطلوبة لحمل الكمّيات اللازمة من الوقود للاستعمال تكون ثقيلة ومزعجة، وهي تقيِّد أداء العربة ومداها.

لقد استنبط طارق أبو حامد T. Abo-Hamed وزملاؤه، وهو يعمل حالياً في جامعة منيسوتا، طريقة تتفادى هذه المشاكل. فبتفاعل الماء مع عنصر البورون، تقوم منظومتهم بتوليد الهدروجين اللازم للاحتراق في محرك احتراق داخلي أو يرسل إلى خلية وقود لتوليد الكهرباء. وفي هذا الصدد يقول أبو حامد: "إن الهدف هو إنتاج الهدروجين على متن السيارة بمعدّل يتفق مع حاجة محرِّكها". ويتابع أبو حامد قوله: "نريد أن نستخدم البورون لتوفير نقل الهدروجين وتخزينه". فالمُنْتَج الجانبي الوحيد هو أكسيد البورون، الذي يمكن

منظومة نقل خالية من الانبعاثات

لن تستهلك السيارات التي تعمل على الماء سوى ضوء الشمس ولا تُصدِر سوى الأكسجين.



إزالته من المركبة، وتحويله ثانية إلى بورون، ثم استخدامه مرة ثانية. ما هو أكثر من ذلك، أن أبا حامد يتصور فعل ذلك في محطّة تُغذّى بالطاقة الشمسية تكون خالية تماماً من الانبعاثات.

كيمياء بسيطة

تشير حسابات الفريق إلى أنه سيكون على السيارة أن تحمل 18 كيلوغراماً من البورون و45 لتراً من الماء فقط لتنتج 5 كيلوغرامات من الهدروجين تمتلك طاقة مكافئة لطاقة خزان من الوقود التقليدي سعته 40 لتراً. وهناك محاولات لتصميم نموذج أولي لمحرك يعمل حسب هذه الطريقة، مع العلم بأن شركة سامسونغ اليابانية بنت نموذجاً أولياً لدراجة نارية مبنية على فكرة مشابهة.

إن نهج الهدروجين حال الطلب hydrogen-on-demand approach يستند إلى بعض معلومات الكيمياء البسيطة التي تعطى في المدرسة الثانوية. فعناصر الصوديوم والبوتاسيوم مثلاً معروفة جيداً بتفاعلها الشديد مع الماء، بحيث تنزع الهدروجين من اتحاده المستقر مع الأكسجين. والبورون يفعل الشيء نفسه، ولكن بسرعة أكثر طواعية. فهو لا يتطلب ضوابط خاصة، فهو مادة خفيفة، كونه يتشكل من اجتماع ذرة بورون مع ذرة هيدروجين. وعندما يتم استخدام كل البورون، فإن أكسيد البورون المتبقي يمكن أن تعاد معالجته ويعاد استعماله.

أبو حامد وفريقه ليسوا أول من يبحث في مركبات الهدروجين حال الطلب. فشركة السيارات دايملركريسلر DaimlerChrysler العملاقة كانت قد بنت فكرة عن مركبة تدعى ناتريوم (على اسم الكلمة اللاتينية للصوديوم، والتي اشتق منها رمز عنصر الصوديوم Na)، تستخدم كيمياء معقدة أكثر بقليل لتوليد هدروجينها. فبدلاً من استعمال الماء النقي كمصدر للغاز، استعملت محلولاً لمركب ثقيل من هيدريد البورون والصوديوم. ولدى مروره فوق حفاز catalyst من معدن نفيس مثل الروثينيوم، يتفاعل المركب مع الماء فيحرر الهدروجين الذي يمكن أن يغذي خلية وقود. لقد كان ذلك كافياً لأن يوفر الناتريوم سرعة قصوى تصل إلى 130 كيلومتر في الساعة ولمسافة وصل مداها إلى 500 كيلومتر، لكن دايملركريسلر أوقفت المشروع في عام 2003 بسبب الصعوبات في تأمين البنية التحتية لضمان أداء السيارة بطريقة فعالة وغير ضارة بالبيئة.

هناك محاولات تعمل حسب استراتيجية مماثلة، وذلك باستخدام التفاعل بين سلك من الألمنيوم والماء لتولد الهدروجين، إذ يتمّ إشعال أسلة السلك المعدني وتغطيسه في الماء ليبدأ شطر جزيئات الماء، ثم يجري نقل الهدروجين المنطلق بأنبوب إلى المحرك جنباً إلى جنب مع البخار الناتج، حيث يُمزج هناك بالهواء ويُحرَق. تبحث هذه الشركة عن ممولين للإنفاق على النموذج الأولي مدّعية القدرة على تسويق الفكرة على نطاق تجاري في غضون بضع سنوات.

"الهدروجين حال الطلب لا يحتاج إلى بنية تحتية مكلفة ويجعل السيارات أكثر أماناً"

وثمة شركة تحمل اسم PowerBall Technologies تتصور محركاً يعمل بالهدروجين حال الطلب ويحتوي على كرات من البلاستيك مملوءة بمسحوق هيدريد الصوديوم تنفلق لتلقي بمحتوياتها في الماء الذي يتفاعل مع ذلك المسحوق ليولِّد الهدروجين.

يقول أبو حامد إن توليد الهدروجين في محرك مجموعته سيتم ضبطه عبر التحكُّم بتدفق الماء داخل سلسلة من الخزانات تحتوي على مسحوق البورون. ومن أجل إقلاع التفاعل ينبغي تقديم الماء بشكل بخار مسخن إلى عدة مئات من درجات الحرارة، ومع ذلك فالسيارة تظل بحاجة إلى بعض قدرة إقلاع ربما تتأمن من خلال بطارية. وبمجرد أن يدور المحرك، فإن الحرارة المتولدة عن تفاعل الأكسدة بين البورون والماء، الذي يطلق الحرارة بصورة قوية، يمكن استخدامها لتسخين الماء الداخل، كما يقول أبو حامد. والشيء البديل عن ذلك هو كمية قليلة من الهدروجين يمكن تحويلها من المحرك وخزنها للاستخدام كوقود لبدء التشغيل. أما الماء الناتج عند حرق الهدروجين في محرك احتراق داخلي أو جرى تفاعله في خلية وقود فمن الممكن التقاطه وإرجاعه إلى خزان المركبة، وهذا يجعل المنظومة الموجودة بأكملها في السيارة عديمة الانبعاثات حقاً.

إن الهدروجين الجاهز حال الطلب، سواء أكان من الماء أو من أي مصدر آخر، يمكن أن تعترضه مشكلتان كبيرتان ما تزالان تحولان دون استخدام الهدروجين بشكل أوسع كوقود للمركبات؛ وهما: كيف نخزن الغاز السريع الالتهاب، وكيف ننقله بسلامة وأمان. إن سيارات اليوم التي تستعمل الهدروجين كوقود تعوِّل على مخزونات من غاز أنتجته مصانع مركزية ويجري توزيعه عبر محطات لإمداد الوقود إما على شكل سائل أو بشكل مضغوط. وكلا الحالتين ليستا مثاليتين. إذ إن عملية الإسالة تلتهم 40% من محتويات طاقة الهدروجين المخزَّن، في حين تكون كثافة طاقة الغاز، حتى عندما يكون مضغوطاً، منخفضة جداً ومن الصعب رؤية كيف يمكن استخدامه لتزويد السيارات العادية بالوقود.

إن الهدروجين الجاهز حال الطلب لا يكتفي بالتخلص من الحاجة إلى خطوط أنابيب مكلفة وبنية تحتية للتوزيع، بل إنه أيضاً يجعل المركبات التي تعمل بالهدروجين أكثر أمناً. يقول مايك ميليكان M. Millikim، الذي يرصد المنجزات حول أشكال الوقود البديلة على موقع شبكة كونغرس السيارات الخضراء (النظيفة): "تتمثل الميزة النظرية لتوليد الهدروجين على متن المركبة في كونك لن تنشغل بتخزين الهدروجين". فالسيارة التي لا تحتاج لحمل خزانات من الغاز السائل أو المضغوط السريع الالتهاب والمتطاير ستكون أقل حَرَجاً في حال وقوع حادث لها. ويتابع ميليكان قائلاً: "كما أن هذا الإنجاز يغني عن الحاجة إلى تكديس مخزون من الهدروجين بكميات كبيرة وعن البنية التحتية لتوزيعه".

هناك مرحلة تلوث محتملة يجب التعامل معها. وفي هذا الصدد يُحذِّر ميليكان قائلاً: "أنت بحاجة إلى بنية تحتية لإنتاج وتوزيع أي شيء كان من العناصر الأساسية لمنظومة التوليد". ولما ظلّت خطة أبي حامد تتطلب شبكة توزيع ومصنعاً للمعالجة، فإنه استنبط خطة ذكية ستسمح لأكسيد البورون المستَهلَك بأن ينقلب ثانية إلى معدن البورون في عملية خالية من التلوث تستعمل فقط الطاقة الشمسية (انظر المخطط). إن تسخين الأكسيد مع مسحوق المغنيزيوم عملية يستعاد فيها البورون، ويبقى أكسيد المغنيزيوم كمنتَج ثانوي (جانبي). وبعدئذٍ يمكن إعادة تدوير أكسيد المغنيزيوم بتفاعله أولاً مع غاز الكلور لإنتاج كلوريد المغنيزيوم، الذي منه يمكن استعادة معدن المغنيزيوم والكلور بعملية تحلل كهربائي.

مصدر شمسي

إن الطاقة اللازمة لتسيير هذه العمليات ستأتي في نهاية المطاف من الشمس. لقد أجرى الفريق عملية حسابية توصل منها إلى إمكانية أن تقوم منظومة من المرايا بتركيز ما يكفي من ضوء الشمس لإنتاج كهرباء من خلايا شمسية بمردود يبلغ 35%. وفي النهاية، حسبما يقولون، تستطيع منظومتهم أن تحول الطاقة الشمسية إلى عمل بواسطة محرك السيارة بمردود يبلغ 11%، وهذا مماثل لمحركات البترول في هذه الأيام.

يشكُّ الخبراء بأننا سنرى سيارات تسير بالماء قريباً. وفي هذا الصدد يقول جيم سكي J. Skea، مدير البحوث في مركز بحوث الطاقة بلندن في المملكة المتحدة: "لن يكون ذلك هو الشيء الذي سنراه يشق طريقه في سيارات السنوات الخمس أو العشر القادمة". تركز شركة دايملركريسلر الآن جهودها على سيارات تعمل بالهدروجين المضغوط لأن محطات التعبئة التي تزوده موجودة حالياً في بعض الأماكن.

إن المناصرين لسيارات تعمل على الماء يتَّكلون على أن الفكرة ستربح في النهاية، فإن تكاليف التشغيل ستكون قريبة من تكاليف تشغيل السيارات التي تعمل على محركات البترول ويتوقعون أن يكون النموذج الأولي جاهزاً خلال ثلاث سنوات.

نُشر هذا الخبر في مجلة: Newscientist, 29 July 2006

المُرخيات تسلك سلوكاً حرجاً

الكهرحديديات المرخية relaxor ferroelectrics هي مواد ساحرة ومفيدة، لكنها تبدو بشكل لخبطات messes مختلطة غير متجانسة، لا أمل منها. إن مشاهدة ما تفعله تحت تأثير الحقول الكهربائية تكشف عن سلوك حاسم يساعد على فهمها والاستفادة منها.

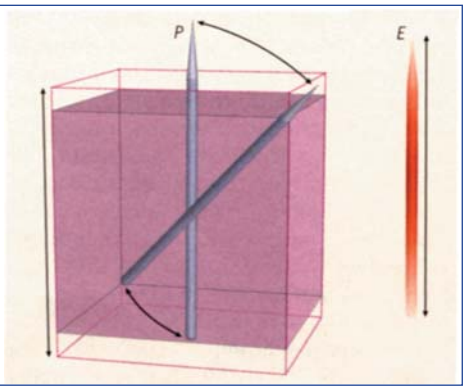
الكهرضغطيات piezoelectrics مواد تحوِّل الطاقة الكهربائية إلى طاقة ميكانيكية والعكس بالعكس، فهي تشكِّل، أدوات الإنذار أو التنبيه في الساعات التي نحملها، وأجهزة التحذير المصوتة في سياراتنا، كما تتشكل منها المحوالات transducers المستخدمة في السونار sonar وفي فوق الصوت الطبي. وكذلك تستخدم الكهرضغطيات في الجراحة التي لا تستخدم المبضع وفي بناء مضخات ومحركات بالغة الصغر للتطبيقات الطبية. نشر كوتنجاك Kutnjak وزملاؤه تقريراً عن استقصاءات للخواص الترموديناميكية والمخطط الطوري phase diagram لكهرحديديات مرخية ذات مفاعيل كهرضغطية كبيرة. وتبدي هذه المواد استجابة أكبر من استجابة الكهرضغطيات النموذجية تصل إلى عشرة أضعاف، وهي الآن تحدِث ثورة في التصوير الصوتي (بالأمواج الصوتية) acoustic imaging وفي التطبيقات الجراحية.

تتمتع الكهرحديديات باستقطاب تلقائي (أي عزم ثنائي القطبين لكل وحدة حجم، أو تدفق شحنة صافية لكل وحدةً حجم من حالة لاقطبية) يستطيع أن يتغير اتجاهه بتطبيق حقل كهربائي. وتُعدُّ تيتانات الرصاص ($PbTiO_3$ أو اختصاراً PT) نموذجاً أولياً للمادة الكهرحديدية. وينشأ السلوك الكهرحديدي نتيجة للتنافس القائم بين القوى الطويلة المدى long-range forces، بين الشحنات الأيونية في المادة والمسؤولة عن عدم استقرار البنية اللاقطبية، وبين قوى التنافر القصيرة المدى short-range forces، التي لها تأثير استقراري. هذا ويخفِّف التكافؤ covalency هذا التنافر ويسمح بأن يكون للذرات انزياحات وسطية بعيداً عن المركز، واستقطاب صاف. ونشير إلى أن السلوك الكهرضغطي للكهرحديديات ينشأ من اقتران الإجهاد strain والاستقطاب عندما يتأثر الاستقطاب مع الحقول الكهربائية.

الكهرحديديات المرخية هي محاليل صلبة بين مادة مرخية وكهرحديد مثل PT (تيتانات الرصاص). ليس للمرخيات حالة أساسية قطبية، وهي غير متجانسة heterogeneous. إنها تتمتع باستقطاب غير منتظم، مع "مناطق نانوية قطبية" صغيرة منتظمة تُسْتَقْطَبُ بصورة إفرادية فيما تحت درجة حرارة تُعرف باسم درجة حرارة بِرْنز Burns temperature.

يدرس كوتنجاك وزملاؤه منظومة الكهرحديدي المرخي PMN-PT (إذا أردنا التفصيل فيها كتبناها على النحو التالي $PbMg_{1/3}Nb_{2/3}O_3$-$PbTiO_3$)، التي هي مثال على صنف جديد من كهرحديدي مُرْخ ذي صفات كهرضغطية واضحة. ففي الحالة الطبيعية، وهي حالة كهرضغطية متسامتة collinear، يطبق الحقل الكهربائي بصورة موازية للاستقطاب، فيكون الإجهاد الحاصل صغيراً. لكن حاجز الطاقة بالنسبة لدوران الاستقطاب يكون منخفضاً من أجل كهرحديديات مرخية ذات اقتران عالٍ، وعلى ذلك فلو جرى تطبيق حقل ولو بصورة مائلة فإنه يستطيع بسهولة أن يدوِّر الاستقطاب (الشكل 1). إن مفعول دوران الاستقطاب هو الذي يؤدي إلى اقتران كهرميكانيكي كبير جداً، مع إجهادات ملحوظة تصل حتى 2%. لقد تمّ إثبات دورانات الاستقطاب بصورة تجريبية من انعراج أشعة X ومن دراسات ضوئية.

الكهرحديديات المرخية مفيدة بصورة هائلة بسبب خواصها الكهرضغطية. ولكنها أيضاً تبدي وفرة من المتغايرات نصف المجهرية والمجهرية تمتد فوق امتداد من الأطوال والمقاسات الزمنية. إن هذا التنوع والاختلاف جعل من الصعب حتى الآن تنظيم مشاهدات لها أو حتى تعيين مخططها الطوري بكامله –الأمر الذي يعتبر نقطة الانطلاق لأي دراسة مواد.



الشكل 1: مفعول دوران الاستقطاب. عندما يُطبَّق حقل كهربائي E على امتداد محور المكعب (شاقولياً)، يدور الاستقطاب P بدءاً من قطر المكعب نحو محور المكعب. مع جعل الاستقطاب على امتداد قطر المكعب، يكون إجهاد الشبيكة صغيراً (الشبيكة قريبة من التكعيب)، لكن مع جعل الاستقطاب على امتداد محور المكعب يكون الإجهاد كبيراً–يوجد مفعول كهرضغطي كبير. لقد طبَّق كوتنجاك وآخرون حقلاً على امتداد قطر المكعب في جيل جديد من الكهرحديديات المرخية، ووجدوا أن قفزة من المرتبة الأولى في الاستقطاب مع درجة الحرارة من أجل حقول صغيرة تزول نهائياً عند خط حرج يعتمد على درجة الحرارة والحقل الكهربائي وتركيب المادة. وكذلك فالاقتران الكهركيميائي يكون في أشدِّه عند الخط الحرج.

قاس كوتنجاك وزملاؤه خواص PMN-PT بدلالات درجة الحرارة والحقل الكهربائي والتركيب. في المخطط الطوري الناتج، وجدوا خطاً (حداً فاصلاً) حرجاً تحت حقل كهربائي مطبّق. فمن أجل الحقول الضعيفة، هناك انتقال من المرتبة الأولى، حيث تترتب ثنائيات قطبين محلية بواسطة الانزياحات الذرّية وذلك عند درجات حرارة منخفضة، لكنها تدور أو تصبح في حالة عدم انتظام، كما في المادة ذات الكهربية المسايرة Para electric، من أجل درجات حرارة فوق نقطة الانتقال. عند هذا التحول، يوجد انقطاع في الاستقطاب الصافي. ومع زيادة الحقل الكهربائي، يتناقص الانقطاع في الاستقطاب حتى يصبح صفراً عند الخط الحرج. ويتمِّم هذا الاكتشاف دليلاً حديثاً لصالح السلوك الحرج في PMN-PT عند ضغوط عالية. ولسوف تنبعث خواص استثنائية من هذه الخطوط الحرجة المحدِّدة لتعطي العديد من الخواص الغريبة والصعبة الفهم لهذه المواد المعقدة.

يمكن فهم هذا السلوك الحرج بصورة أفضل بالمضاهاة مع المخطط الطوري الضغطي الحراري المألوف للماء H_2O. إن تسخين الماء في الدرجة 100 °C (373 K) تحت ضغط جوي يحوِّله إلى بخار عند انتقال طوري phase transition، والقفز في الكثافة بين البخار والماء يحدِّد الانتقال كمرتبة أولى. ثم مع زيادة الضغط، يتناقص فرق الكثافة بين الماء والبخار، ويذهب إلى الصفر عند ضغط يبلغ 22 ميغا باسكال (ودرجة حرارة 647 K)؛ ولا يوجد انتقال طوري فوق هذه النقطة الحرجة. ونذكِّر بأن للماء H_2O بالقرب من النقطة الحرجة خصائص غير عادية، كالتذبذبات الكبيرة في الكثافة والتلألؤ. وسيبدو الماء مادة غريبة لو عشنا عند ضغوط بالقرب من النقطة الحرجة (إنها أي شيء ولكن لا بسبب هذه النقطة الحرجة الخاصة).

لفهم أهمية الخطوط الحرجة في PMN-PT، حتى ولو بعيداً عن القيم الحرجة الحقيقية للحقل الكهربائي، يكون على المرء أن يفهم أنه، في حين لا يستطيع مائع كالماء أن يحافظ على مجالات ضغط كبيرة (إذ ببساطة سوف ينساب الماء ليعدِّل الضغط)، فإن الكهرحديديات تستطيع بحكم طبيعتها ككهرنافذة، أن تتحمَّل حقولاً كهربائية كبيرة. ويمكن توليد هذه الحقول موضعياً عن طريق أشكال من عدم التجانس الكيميائية والقطاعات والسطوح. وهكذا، حتى بدون حقل كهربائي مطبق خارجياً، يمكن أن تكون أجزاء من العينة في النظام الحرج.

بالقرب من الخط الحرج الذي وصفه كوتنجاك وزملاؤه، يصبح تدوير الاستقطاب سهلاً للغاية، ويتباعد في الحقيقة عند النقطة الحرجة. هذا الاكتشاف يساعد على توضيح سبب امتلاك PMN-PT مثل هذه القوة العالية للاقتران coupling، ومن المحتمل أن يكون معْلماً كلِّيَّ الوجود لهذه المواد. لقد جرت العادة الاعتقاد بأن الكيمياء المعقدة للكهرحديديات المرخية تُعزى إلى اقترانها الكبير؛ ولكن التنبؤ بأن PT النقي سيبدي تحت الضغط دوراناً للاستقطاب وثابتة كهرضغطية أكبر حتى من تلك التي للكهرضغطيات العالية الإجهاد يوحي بشيء مخالف. وإن حلَّ هذه المسائل الأساسية سيسهِّل إيجاد مواد جديدة وتحسين الموجود منها، وكذلك المساعدة على توضيح العديد من المعطيات التجريبية.

هذا حقلٌ مثيرٌ وميدانٌ أكاديميٌّ تنشط فيه النظرية والتجربة والعمل التطويري جنباً إلى جنب. ذلك أن نظرية المبادئ الأولى تُستخدم لصالح تصميم المواد. ولقد أوصلتنا أفكار فيزيائية أساسية، مثل طبيعة الاستقطاب، ومحاكيات الديناميكا الجزيئية والاختبار العلمي المتقدم، إلى نقطة لم نحسِّن عندها فهمنا للظواهر الفيزيائية فحسب بل وكذلك تخطَّت الحدَّ إلى تطبيقات واسعة جداً لتقاناتٍ صوتيةٍ موسعةٍ بشكلٍ كبير.

نُشر هذا الخبر في مجلة: Nature, Vol 441, 22 June 2006

التراكم المغنطيسي

إن أقراص الغاز الحار المنجذب إلى نجم مركزي أو ثقبة سوداء هي أحسن الماكنات المولِّدة للطاقة في الكون. وكذلك نتساءَل كيف تعمل أقراص التراكم هذه؟ والجواب على ما يبدو يكمن في مهب رياحها.

تُعد الأجرام الفلكية التي تنفث طاقتها من عمليات تثاقلية أقوى مصادر الإشعاع الكهرمغنطيسي في الكون. وقد يكون من هذه المصادر الراديوية شبه النجمية (أو الكوازارات quasars)، التي تستطيع إطلاق ما يعادل في قوته قوة عدة مئات من المجرات، ما يمثل أفضل الأمثلة وأكثرها روعة. أما بالنسبة لسطوعها فإن هذه المصادر التي تغذيها الثقالة متكتّمة حينما يتعلق الأمر بتوضيح الطريقة التي تولِّد بها إشعاعها على وجه الدقة. وقد درس ميلر Miller et al منظومة تعرف باسم GRO J1655–40، تُراكِم فيها ثقبة سوداء مؤلفة من سبع كتل شمسية الغازَ المنتزَع من نجم عادي. ولم يشاهد هؤلاء الباحثون الإشعاع فحسب، بل وكذلك هبوب ريح من الغاز المؤين صادر عن تلك المنظومة، واستنتجوا أن عملية مغنطيسية ما تغذّي هذا الريح –وأن هذه العملية يمكنها أيضاً أن تلعب دوراً قيادياً في توليد ذلك الإشعاع.

وبالنسبة للفلكيين، فإن الثقالة ليست فقط ما يبدو من قوة كاسحة في ممارسة الحياة اليومية، بل وتمثل أيضاً المصدر النهائي للطاقة. ففي نجم ناضب من الوقود النووي، على سبيل المثال، تطغى الثقالة لتشكل جَرماً متراصاً وكثيفاً للغاية. وبالاعتماد على الكتلة الأولية للنجم، فإن هذا الجرم يمكن أن يكون قزماً أبيض اللون، أو نجماً نترونياً أو ثقبة سوداء. وعندما يلقِّم غاز متحرك دوّار مثل هذا الجرم المتماسك، كما هو الحال في GRO J1655–40، فإن كتلته تنقلب إلى إشعاع بفعالية تبلغ نسبة مئوية ضئيلة وهذا يرقى إلى 40% بالنسبة لثقبة سوداء سريعة الدوران، مع العلم بأن هذه القيم تتخطى بوضوح فعالية التحويل من أجل الاندماج النووي.

وهكذا نتساءَل كيف تعمل هذه الماكنات الكونية؟ في البداية يشكل الغاز الساقط قرصاً تراكميّاً كثيفاً يطوِّق الجرم المتماسك ويحول دون الانهيار التثاقلي بفعل القوة النابذة. ومن خلال عمليات الإغراق اللزج ضمن القرص، تتبدد الطاقة الميكانيكية للغاز وتتشعع بعيداً كمطال إصدار متصل continuum emission لمختلف الأطوال الموجية. إننا نفهم كل ذلك، ولكنّ الأمر غير الواضح يتعلّق بالكيفية التي يتم فيها على وجه الدقة –تحويل الطاقة الميكانيكية إلى طاقة حرارية وإشعاعية. وعلاوة على ذلك، لكي يحدث تراكم للغاز في كل أرجاء القرص المدعّم بالتنبيذ centrifugally يتطلب انحفاظ الاندفاع الزاوي آلية تدفع الاندفاع الزاوي للغاز بشكل سريع إلى الخارج. وإلا، سيطوِّق الغاز ذلك الجرم المركزي إلى الأبد ولن يتولّد أي إشعاع.

ولعقودٍ عديدة، كان يعتقد بأن العمليات الهيدروديناميكية هي التي توفِّر هذه الآلية ولكن بغض النظر عن بعض النجاحات (مثل الحصول على فهم كهذا لدور الاضطراب في ديناميكية القرص) فإن المقاربة الهدروديناميكية لم تعط حتى الآن موديلاً ثابتاً يمكن أن يُستمد من المبادئ الأولية. فلن يوفر إلاّ القرص المضطرب ذو الدوّامات المتأثرة لزوجة فعّالة كبيرة تكفي لتأمين معدّلات التراكم السريعة التي تشاهد في الأقراص، ويبقى السؤال المطروح حول ماهية المصدر الذي يغذّي ذلك الاضطراب بدون جواب.

وفي هذا السياق، يبدو أن إدخال الحقول المغنطيسية، والتي يفترض أنها تنشأ في النجم الذي يغذّي الجرم المتماسك، تستوفي الردّ بشكل لائق. وهذا ينطبق أيضاً حتى على الحقول الصغيرة التي يصعب قياسها بشكل مباشر وذلك من خلال مفعول يعرف باسم عدم الاستقرار الدوراني المغنطيسي magneto–rotational instability، وهو حقل مغنطيسي ضعيف يمكن أن يعمل كنوع من نابض يربط المناطق الخارجية والداخلية للغاز في القرص. يمارس هذا النابض تنقل الاندفاع الزاوي والطاقة نحو الخارج، وتستخلص طاقة القرص الدورانية من أجل تغذية الاضطراب.

ويجد ميلر وزملاؤه دليلاً غير مباشر يدعم هذه النظرية في خواص ريح wind مستمدٍّ من قرص التراكم في GRO J1655–40. فقد درسوا طيفاً لأشعة X ناشئاً من المنظومة التقطه مرصد القمر الصناعي شاندرا Chandra التابع لناسا NASA، كما أنهم استكشفوا عشرات من خطوط امتصاص طيفية منزاحة نحو أطوال موجية أقصر. إلا أن مثل هذا التحول نحو الأزرق "blue shift" يشير إلى أن امتصاص الغاز يتحرك باتجاه الراصد، وباستخدام ميلر

وآخرين للجدليات الهندسية والفيزيائية استنتجوا أن الوسط الماصّ إنما هو ريح تهبّ نحو الخارج انطلاقاً من قرص التراكم بزاوية صغيرة مع مستوي القرص. إن حقيقة كون الريح تهب انطلاقاً من القرص وليس من نجم مرافق له، على سبيل المثال، إنما تعني أن خواص الريح تستطيع أن تكشف عن خواص القرص نفسه.

لتوليد ريح كهذه، ينبغي أن يَكْسَبَ الغلاف الجوي الأعلى للقرص طاقة إضافية للتغلب على الثقالة. ويمكن أن تأتي هذه الطاقة الإضافية من التسخين، أو من ضغط الإشعاع أو من الحقول المغنطيسية أو من أي توليفة للثلاثة معاً. وفي العديد من المنظومات، يصعب التمييز أيٌّ من هذه العناصر هو المهيمن. ويجادل ميلر بسرور بأن حالة الـ "GRO J1655–40" هي شديدة الوضوح. ففي هذه المنظومة، تكون الريح أبرد من أن يتغلب ضغطها الحراري على الجاذبية (الثقالة)، ويكون الضغط الإشعاعي أضعف من أن يسوق ريحاً ما. وهكذا، فعن طريق عملية استبعاد، يكون المنشأ المغنطيسي للريح هو الخيار الأوحد. وتعدُّ هذه الإمكانية جذابة ما دامت النظريات تفترض أن الحقول المغنطيسية هي بمثابة دافعات للتراكم القرصي في المقام الأول، ويمكن لذلك إيجاد حل للغز أكبر أيضاً.

وقد لا يجد الجميع في جدليات ميلر وزملائه حول الحقول المغنطيسية واعتبارها دافعات للتراكم القرصي أمراً مقنعاً، ويعود ذلك بشكل جزئي إلى أنهم يستندون إلى أدلة هي في أغلبها غير صريحة. بيد أن هذا هو أفضل ما يمكن فعله في الوقت الحاضر، فالموديلات الحالية تفتقر إلى القدرة التنبُّئية في إيضاح كيف تغذي الحقول المغنطيسية الريح والتراكم القرصي المسؤولين على التوالي، عن خطوط الامتصاص المشاهدة وعن المطال المتصل للإشعاع (continuum emission). ومع ذلك، فالكثير من الفلكيين سيحفّزهم مثل ذلك العمل لتطوير واستكشاف هذا الموديل الواعد. ويمكن بشكل واضح تعلّم الكثير عن أقراص التراكم عن طريق دراسة خواص ما يتسرّب منها، ليس الإشعاع فحسب بل والغاز كذلك.

نُشر هذا الخبر في مجلة: Nature, Vol 441, 22 June 2006

هموم الكربون

يُقدِّم مقال ستيف فورنيفل S. Furnival حول أسر وتخزين الكربون نظرةً متفائلةً عن قدرتنا لتخزين ثنائي أكسيد الكربون تحت الأرض. إنه يسلِّط الضوء على التخوُّف من أن ينكسر الختم الطبيعي للصخور المسامية فوق الطبقات الصخرية التي تمسك المياه الجوفية المالحة، والتي ستكون بكلِّ تأكيد ضروريةً لتخزين كميات كبيرة من ثنائي أكسيد الكربون CO_2. و"الأمل" هو في سلسلة من الختام seals الأكثر ضحالة التي ستقلِّل التسرُّب "والتي يُظنُّ" بأن ثنائي أكسيد الكربون CO_2 سينحلّ في الماء الملحي ضمنها على مدى فترة قدرها ألف سنة. كما يعرض المقال أن التفاعلات الكيميائية على المدى الأطول ستحوِّل مزيج الماء الملحي الحامل لثنائي أكسيد الكربون (CO_2-brine) إلى فلز أيضاً. فهل نثق حقيقةً في هذا الأمل ونصدّق إمكانية احتواء انبعاثات غاز ثنائي أكسيد الكربون؟

يتحدث فورنيفل عن التخزين لآلاف من السنوات، ولكن نظراً لأن ثنائي أكسيد الكربون CO_2 لا يمتلك نصف عمر half-life فإن ذلك بالتأكيد ليس طويلاً بشكلٍ كافٍ مما يستدعي التخزين إلى الأبد. وعلى النقيض من ذلك، فإن الفترة المطلوبة لتخفيض النشاط الإشعاعي من النفايات النووية المستخدمة لإنتاج اليورانيوم تبلغ حوالي 5000 سنة.

فإذا كانت نسبة 25% من كهربائنا تأتي من القدرة النووية، فينبغي أن نولِّد فقط بضع عشرات من الأطنان من النفايات كلّ سنة (مقارنة مع أكثر من 100 مليون طن من ثنائي أكسيد الكربون إذا أعطى الفحم الحجري نتاجاً مماثلاً). وستكون النفايات النووية مُزجَّجة vitrified سلفاً وتوضع في حقول هدروكربونية مستقرة لعشرات من ملايين السنين، وسيبدو ذلك خياراً رخيصاً وآمناً.

هذا، ويناقش المقال القدرة النووية والطاقات المتجدِّدة وتخزين ثنائي أكسيد الكربون كحلول بديلة لحاجة العالم الملحّة والمتزايدة للطاقة. فكلٌّ واحد منها له إسهامٌ يستطيعه إذا أمكن توظيفه، ولكن الحقيقة هي أن تلك الطاقات المتجدِّدة لا تستطيع أن تؤمِّن إلاّ نسبةً صغيرة من احتياجاتنا، كما أن عملية تخزين ثنائي أكسيد الكربون بعيدة عن الإثبات.

نورمان ويلسون: لانكستر – المملكة المتحدة

لقد كان مقال فورنيفل حول أسر وتخزين الكربون –الموصوف على غلاف العدد أيلول/سبتمبر من مجلة Physics World بعبارة "حياة نظيفة"– مليئاً بحركية إيجابية وصوّر مشهداً وردي اللون للتقانة. وبينما كانت تفاصيل عملية أسر وتخزين الكربون carbon capture and storage (CCS) تأخذ حبكتها لم يكن الانحياز السياسي كذلك وتحتاج إلى النقد.

يذكر فورنيفل مشكلة حدود التخزين في جملة واحدة قائلاً: "لكن إذا تمَّ تبنّي أسر وتخزين الكربون (CCS) بشكلٍ واسع، فإن هذه الحقول ستتعبأ خلال بضع سنوات، لذلك يجب علينا أن نفكّر بمخازن بديلة تحت الأرض". ولكن عمليات أسر وتخزين الكربون (CCS) نفسها تولّد ثنائي أكسيد كربون إضافي CO_2 ولذلك فهي تسرِّع العملية، وبذلك فإن (CCS) سيملأ المخازن. وعند تلك النقطة نعود إلى المربع الأول، لذلك يكون الأفضل لنا أن نتأكد من أننا أغلقنا قدرة انبعاث CO_2 تماماً في ذلك الوقت. ومن ناحية أخرى ستكون لدينا مسؤولية جميع الغاز المخزَّن وما سينبعث مجدّداً بشكلٍ غير مخزَّن من محطات CCS.

وعلاوة على ذلك، يتناول المقال المخاطر الناتجة عن تسرُّب ثنائي أكسيد الكربون CO_2 عبر الجدل بأنه طالما تمَّ حبس كلٍّ من النفط والغاز تحت الأرض في حقولٍ هدروكربونية لعشرات ملايين السنين، فإنه "من المعقول" أن يتم احتواء CO_2 المحقون في الحقول آلاف السنين القادمة. ولكن، لم يذكر المقال أن إزالة الهدروكربون وبالتالي الضغط الناجم من هذه الحقول سوف تخلق إجهادات على طبقات الأرض المحلية. إن الإضافة المفاجئة لغاز عالي الضغط يمكن أن تسبِّب كسوراً قد تفضي إلى هيجانات غازية كارثية. فتحليل مدى الاحتواء يجب أن يتابع، وأكثر من ذلك، يجب أن لا يترك لذوي الحوافز أن يستعرضوا كفاءة تقنية أسر وتخزين الكربون (CCS). هذا، وتسعى منهجية "أوتاد الاستقرار" الخاصّة بجامعة برنستون فيما يخص المزايا النسبية لخطط تخفيف ثنائي أكسيد الكربون CO_2 المختلفة التي يذكرها المقال إلى تسليط الضوء على هاتين المشكلتين.

داني ستيفنس: سِبي داونز–أستراليا

لقد ذكّرني مقال فورنيفل بطريقة أسهل لأسر وتخزين الكربون لاتستخدم التقانة الراهنة، ولكن تُبقي الكربون محبوساً بشكلٍ غير محدود، كما يمكن أن تُؤمِّن الوقود في المستقبل. وقد اقترح هذه الفكرة عليَّ لأول مرة أستاذي في المستوى المتقدِّم قبل سنوات قليلة.

إنها تتضمّن، بشكلٍ أساسي، دفن جميع المنتجات الخشبية والورقية المستعملة عوضاً عن إعادة تدويرها. ومن شأن ممارسة ما موازية تستلزم كون كلّ الخشب الجديد والمنتجات الورقية إنماً

تـأسـف الـطـاقـة مـتـسـائـلـة: هـل يـكـون أسـر الكربون وتخزينه هو الحل؟

تُصنع من غاباتٍ مستدامة أن تسمح بأسر الكربون وتخزينه بكميات ضخمة، إضافةً إلى التشجيع على زراعة الأشجار، وهي نفسها تقنية جيدة لأسر الكربون.

وبشكلٍ واضح، يجب إعادة تدوير المعادن واللدائن والزجاج. ولكن يبدو في أغلب الأحيان أن المجالس وحدها تقوم بإعادة تدوير الورق على أساس سهولة التجميع وإعادة التدوير بالنسبة لها. لقد آن الأوان لتحدّي هذه الإشكالات.

أندريو ويت: شَيفيلد–المملكة المتحدة

ستيف فورنيفل يردّ

لستُ الوحيد في إدراك الحاجة لأسر الكربون وتخزينه (CCS). فعلى سبيل المثال، قدَّرت وزارة التجارة والصناعة في المملكة المتحدة الحاجة إلى 2.5 بليون طن من CCS بحلول العام 2050 لتلبية التزامات المملكة المتحدة لقطع دابر انبعاثات ثنائي أكسيد الكربون CO_2، في حين يشير استطلاعٌ جيولوجيٌّ بريطانيٌّ إلى أن جنوب بحر الشمال لديه لوحده القدرة على تخزين أكثر من 17 بليون طن من ثنائي أكسيد الكربون CO_2.

وكفيزيائيٍّ سابق في المفاعلات، فإنني نصيرٌ نوويٌّ بإخلاص، ولكننا نحتاج إلى خليطٍ من طاقة أسر الكربون وتخزينه CCS والقدرة النووية والطاقات المتجدِّدة والحفاظ على الطاقة. صحيحٌ أنه لا يمكننا أبداً ضمان ثقة مطلقة في CCS، ولكن باعتبارنا سننتج ثنائي أكسيد الكربون، فإنه من الحكمة بالتأكيد أن نحاول إزالة ما أمكن منه من جو الأرض.

نُشر هذا الخبر في مجلة: Physics World, November, 2006

إفلات شبه مؤكد
من
ثقب أسود

لقد أسقطت نتائجُ نظرية حديثة فكرة سادت طويلاً بأن المعلومات لا تستطيع الإفلات من ثقب أسود. هذا ما سيشرحه سيث لويد.

تستيقظ وتجد نفسك في سرير في إحدى المستشفيات وأنت تشعر بشيء من فقدان التوازن، وفيما عدا ذلك فكل شيء على ما يرام. كل ما فيك حاضر، ولكن ليس لديك أي فكرة لماذا أنت هناك. آخر شيء تتذكره كان استيقاظك في الصباح وأنت على فراشك الخاص في منزلك تنظر من نافذتك فلا ترى شيئاً سوى خواء أسود. ومن فزعك وخوفك، أدركت بأن منزلك ابتلعه ثقب أسود في الليلة الماضية. والثقب الأسود جسم عظيم الكثافة لدرجة لا يستطيع معها أن يفلت منه أي شيء حتى الضوء. أنت تتذكر قولك لنفسك "آه أوه" وأنت تتطلع لترى بأنك كنت تندفع مباشرة نحو الوحدانية singularity في مركز الثقب، حيث تصبح كثافة المادة والطاقة لانهائية infinite وتنهار عندها كل قوانين الفيزياء. وبعدئذ تتذكر بداية الشعور بالغثيان عندما بدأت قوى المدّ التي يحرضها حقل ثقالي شديد للثقب تمزقك إرباً.

إن القعود على سريرك في المستشفى يشعرك بالارتياح لأن كل الحادثة كانت مجرد حلم مزعج. لكن ذلك لا يفسر ماذا تفعل هناك. تأتي بعد ذلك طبيبة لإنقاذك. "إن إحدى طائرات الإسعاف الفضائية التابعة لنا عثرت على ثقب أسود كان يتبخر،" تصرح الطبيبة. "ووفقاً لقَسَم أبيقراط (وهو اليمين التي يقسمها الأطباء عند التخرج)، التي تتطلب منا أن نساعد كل من كان قد سقط في ثقب أسود، جمعنا الإشعاع الذي صدر عندما كان الثقب الأسود يتبخر. ثم قمنا بفك كود المعلومات التي كان يحويها ذلك الإشعاع بحذر، وأصبحنا قادرين على إعادة بنائك في الحالة التي كنت عليها قبل أن تُمتَص في الوحدانية."

وتصرخ قائلاً "لكن ذلك مستحيل!" ثم تضيف "ظننت أن لا شيء يستطيع الإفلات (الهروب) من ثقب أسود –ولا حتى الضوء."

وفيما يعتبر ذلك خيالياً، فإن هذا المنظر المستقبلي يساعد في إلقاء الضوء على واحد من أكثر الأسئلة أهمية في الفيزياء، وهو: هل تستطيع المعلومات أن تنجي من الجذب الثقالي لثقب أسود؟ على مدى قرنين من الزمن تقريباً والناس كانوا يظنون أن الجواب هو "لا"، لكن البحث الجاري حديثاً أجبرنا على تغيير وجهة النظر هذه.

تاريخ مبرقش a chequered history

إن الفكرة القائلة بأن كل جسم يمكن أن يكون كثيفاً إلى درجة لا يستطيع الضوء معها أن ينفد (يهرب) منه اقترحها القس الإنكليزي جون ميشيل J.Michell في العام 1783. وبعد عقد من الزمن، استخدم الرياضياتي الفرنسي العظيم مَركيس بيير سيمون دو لابلاس M.P.S.de Laplace قانون نيوتن في الثقالة ليحسب الكثافة التي يجب أن يصير إليها نجم كي يحدث ذلك.

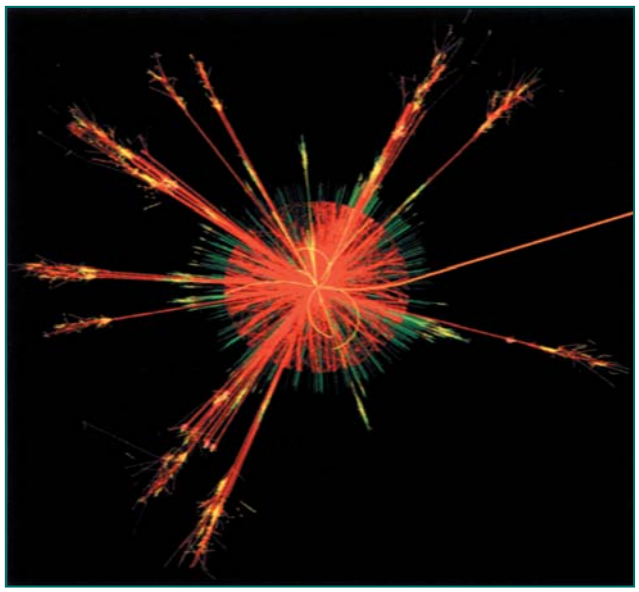
الكاتب: سيث لويد من قسم الهندسة الميكانيكية الكمومية في معهد مستشوسيتس للتقانة في الولايات المتحدة.

وفي ذلك جادل لابلاس قائلاً: إذا كان الضوء مكوناً من جسيمات، فيمكنها أن تتحرك بسرعة أقل من سرعة الإفلات (الهروب) بالنسبة للنجم. وعليه، فالأمر هنا يشبه الصخرة المقذوفة من على سطح الأرض، كذلك الضوء يمكن أن لا تكون سرعته كافية للإفلات من الحقل الثقالي للنجم. وبعدئذٍ وفي أوائل القرن العشرين، استخدم الفيزيائي الألماني كارل شفارزشيلد K.Schwarzschild نظرية آينشتاين العامة في النسبية ليحدد نقطة اللاعودة التي بعدها لا يستطيع أي شيء أن يفلت أبداً من جذب الثقالة ألا وهي "أفق الحدث event horizon". في نظرية آينشتاين، يتقوس الفضاء space ليمنع الضوء أو أي شيءٍ آخر من الإفلات.

لكن في السبعينيات من القرن العشرين، بدأ وميض بالبزوغ وانطلقت أفكار جديدة غامضة تقترح أن شيئاً ما يمكن أن يكون قادراً على الإفلات من ثقب أسود في النهاية. ظهرت هذه الأفكار من دراسة ميكانيك الكم، وهو فرع من الفيزياء يصف الأشياء في أصغر مقاساتها. ففي عام 1974 بيَّن ستيفن هاوكينغ S.Hawking من جامعة كمبردج في المملكة المتحدة، وهو يعتمد على عمل سابق قام به يعقوب بيكنشتاين J.Bekenstein في الجامعة العبرية في القدس، أنه عند تضمين ميكانيك الكم في وصف الحقول الكمومية المحيطة بثقب أسود، لا يكون الثقب أسود بالكامل. وبدلاً من ذلك، فهو يبدو مشعّاً جسيمات إلى الوسط المحيط به. وتشكِّل هذه الجسيمات ما أصبح يعرف باسم إشعاع هاوكينغ Hawking radiation، وأوضحت، بصورة حاسمة، أنه يمكن للثقب الأسود أن يتبخر.

اعتُبر عمل هاوكينغ في الحال بمثابة اختراق عظيم.

لقد اعتُبر عمل هاوكينغ مباشرة بمثابة اختراق وفتح جديد، لكونه التطبيق الدقيق الأول لميكانيك الكم



على ثقوب سوداء. قال هاوكينغ في البدء إن الإشعاع المنبثق من ثقب أسود يكون عشوائياً بالكامل لذا فهو لا يحتوي على معلومات مفيدة حول المادة الموجودة داخل الثقب. أدى هذا الكلام إلى رهان شهير في عام 1977 بين هاوكينغ وكيب ثورن K.Thorne من كالتيش من جهة وبين جون بريسكل J.Preskill من كالتيش من جهة أخرى. كانت وجهة نظر هاوكينغ هي أن المعلومات لا يمكنها أن تفلت، في حين راهن بريسكل على أنها تستطيع ذلك. لكن هاوكينغ، ومنذ سنتين، سلّم بأنه كان على خطأ وسدّد ما عليه، مقدماً لبريسكل موسوعة عن البيسبول (كرة القاعدة) بموجب الشروط التي اتفقا عليها عند بداية الرهان!

يطالعنا بعد ذلك سؤال، وهو: إذا كان الإشعاع الصادر عن الثقب الأسود عشوائياً فكيف يمكن إذن استعادة المعلومات المُكَوَّدة فيه؟ إذا عدنا إلى حالتك السيئة في سرير المستشفى، فكيف استطاع الكادر الطبي أن يعيد تجميع مكوناتك من الإلكترونات والبروتونات والنترونات ليستردَّك من الجسيمات العشوائية المنطلقة من الثقب الأسود؟

قواعد الخلاء

كي نفهم كيف يمكن للمعلومات أن تفلت من ثقب أسود، نحتاج أولاً أن نعلم ما الذي يجعل الثقب الأسود يشعّ في المقام الأول. إن الفضاء الفارغ، حسب ميكانيك الكمّ، ليس فارغاً بصورة كلية على الإطلاق بل هو مملوء بأزواج من جسيمات "افتراضية" تتقلب بصورة مفاجئة بين الوجود والعدم (اللاوجود). تظهر الجسيمات أزواجاً أزواجاً لأن الخلاء لا يحتوي على شحنة كهربائية. لذا إذا ظهر إلكترون افتراضي، يحمل شحنة سالبة، فإنه حين يفعل ذلك يظهر بصورة مترافقة جسيم مضاد له –أي ذو شحنة موجبة، وهو البوزترون الافتراضي. يقال في ميكانيك الكم عن مثل هذه الحالات ذات التعالق المضاد anticorrelated بصورة تامة اسم المشبوكة entangled، وهي تعني أن حالة أحد الجسيمات تُعيِّن تعييناً كلياً حالة الجسيم الآخر.

جسيمات المعلومات

سيبدأ تنفيذ تجربة أطلس ATLAS في سرن السنة القادمة، وقد تمكّن من دراسة ثقوب سوداء صغيرة في المختبر.

بالقرب من أفق الحدث event horizon لثقب أسود، يستمر خلق أزواج الجسيمات والجسيمات المضادة الافتراضية طيلة الوقت. وفي كل مرة بين الحين والآخر، يسقط نصف أحد تلك الأزواج في الثقب ولا يستطيع الخروج ليتَّحد بشريكه. إذا كان الشريك خارج الثقب يمتلك طاقة عالية كافية، فباستطاعته الإفلات من الجذب الثقالي للثقب وبذلك يخلق الوهم الخادع وهو أن الثقب يشعّ. إن التشابك بعدئذ يتطلب أن يكون للشريك الذي لا يهرب من الثقب الأسود طاقة سالبة. ونظراً لعلاقة آينشتاين بين الكتلة والطاقة، $E = mc^2$، فإن الشريك ذا الطاقة السالبة فعلياً له كتلة سالبة، لذا فعندما يسقط في الثقب يجعل كتلة الثقب تتناقص.

ماذا يحدث للمعلومات التي يحتوي عليها الثقب الأسود عندما يتبخر؟ أصبح معروفاً الآن ومنذ الجزء الأخير من القرن التاسع عشر بأن كل جسيم أولي يحتوي على معلومات. تقاس المعلومات بوحدات تدعى "بتّات bits"، وهي تمثل التمييز بين احتمالين: نعم أو لا، حقيقة أو زيف true or false، 0 أو 1. فالفوتونات، على سبيل المثال، يمكن أن تُستَقطَب، بحيث يهتز حقلها الكهربائي شاقولياً أو أفقياً. فإذا حدَّدنا استقطاباً أفقياً بالعدد "0"، واستقطاباً شاقولياً بالعدد "1"، فإن استقطاب الفوتون يسجل بتَّة من المعلومات.

اقترحت آلية هاوكينغ الأصلية أن لا تفلت معلومات حول ما يجري داخل الثقب أثناء عملية التبخير. لكن تلك الآلية لا تأخذ بالاعتبار ما يحدث داخل الثقب. أما فيما وراء أفق الحدث فإن كلاً من المادة الأصلية التي شكلت الثقب الأسود، والتي تندفع بعنف نحو الوحدانية عند مركزه، وإشعاع هاوكينغ الساقط ذا الطاقة السالبة موجودتان.

الوحدانية عند مركز

ثقب أسود حيِّز غريب تنهار فيه قوانين الفيزياء.

في البداية، قد تظن أن ما يحدث للمادة داخل الثقب الأسود لا علاقة له بإشعاع هاوكينغ الذي

أفلت قبل الآن. في العام 2003 بيَّن غاري هوروويتز G. Horwitz من معهد الدراسات المتقدمة في برينسيتون وجوان مالداسينا J. Maldacena من جامعة هارفارد أن إفلات المعلومات أو عدم إفلاتها من الثقب يعتمد على قدَر الحوادث الكمومية التي تحدث داخل الثقب (انظر J. High Energy phys. **0402** 008). وعلَّلوا ذلك، بصورة خاصة، قائلين بأنه يعتمد على ما يحدث عند الوحدانية.

رحلة إلى مركز العدم

إن الوحدانية داخل مركز الثقب الأسود حيِّز غريب ومتطرف، حيث تكون كثافة الطاقة ظاهرياً لانهائية، ومن شبه المؤكد أن تنهار كل قوانين الفيزياء المعروفة. فعند الوحدانية، يتوقف الزمكان (الزمان– المكان) عن الوجود، كما ينبغي أن تتوقف عن الوجود كل المعلومات والكمّات التي تقطنه أيضاً. لذا قد يبدو في البداية أن كل المراهنات متعسِّرة عند الوحدانية– كيف نستطيع حتى أن نفكر فيما يجري عندما تنهار قوانين الفيزياء؟

حسن، إن ذلك يعتمد على درجة السوء التي وصل إليها هذا الانهيار في تلك القوانين. فعند الواحدانية، يتحول الشيء (أي الجسيمات أو المعلومات) إلى عدم (لا شيء) (أي لا مكان ولا زمان). يبدو ذلك غريباً وشاذاً، ولكن لدينا الآن بعض الخبرة كيف يخرج شيء ما (إشعاع هاوكينغ) من عدم خلاء vacuum. عندما ينشأ شيء ما من العدم، فإن قوانين انحفاظ الشحنة، والسبين والطاقة تقضي بأن الأشياء التي نشأت هي أزواج من جسيمات –جسيمات مضادة مشبوكة. ولكن لنفرض أن القوانين ذاتها بقيت سارية بالنسبة للعملية العكسية، بحيث تكون الطريقة الوحيدة التي يستطيع أن يتحول بها شيء ما إلى العدم هي ما إذا كان ذلك الشيء يتألف أيضاً من أزواج مشبوكة من الجسيمات –الجسيمات المضادة.

لنفرض، بعد ذلك، أن جسيماً من إشعاع هاوكينغ الساقط يلتقي عند الوحدانية جسيماً من المادة التي شكلت الثقب الأسود أولاً. ولنفرض أن الأسلوب الوحيد الذي به يستطيع هذان الجسيمان أن يتحولا إلى العدم هو أن يكونا في حالة مشبوكة –أي أن يكون جسيم المادة التي شكلت الثقب هو (الضد) لجسيم إشعاع هاوكينغ الذي تصدم به الوحدانية. إن ذلك الجسيم من إشعاع هاوكينغ هو بحدِّ ذاته الضد لجسيم إشعاع هاوكينغ المتدفق والذي به تم تكوينه. لكن ضد الضد هو الشيء نفسه. وبعبارة أخرى نقول: ينبغي أن يكون لجسيم المادة التي شكلت الثقب والجسيم الخارج من إشعاع هاوكينغ الخصائص نفسها.

عندما اقترح هوروويتز ومالداسينا هذه الآلية للإفلات من الثقوب السوداء، أثار بريسكل ومعه دانيال غوتسمان D.Gottesman من معهد بريميتر في كندا، الشكوك حول إمكانية عمل هذه الآلية (انظر: J.High Energy Phys.**0403** 026). كانت الآلية التي أشار إليها هوروويتز–مالديسينا هشّة لأنها تطلَّبت أن تأخذ الحالة التي بها تفنى المادة وإشعاع هاوكينغ عند الوحدانية شكلاً خاصاً بدرجة عالية. ولكن، في أوائل هذا العام، بيَّن كاتب هذا الخبر أن الإفلات المحرّض بالتشابك من ثقب أسود قوي في النهاية: أي إن كل بتّة واحدة من المعلومة تفلت (انظر: Phs.Rev.Lett. **96** 061302).

وكذلك يكمن سبب هذه القوة في خواص التشابك التي لا تدرك بالفطرة والبداهة. إن كل الحالات الكمومية تقريباً هي ضمن نصف بتَّة مما يطلق عليه اسم التشابك الأقصى maximal entanglement:أي إن أجزاءها متعالقة بدرجة عالية. إذا طبقنا آلية هوروويتز–مالداسينا، فإن طبيعة كليَّة الوجود ubiquitous nature (وجود الشيء في كل مكان وزمان) للتشابك تقضي أنه بالنسبة لكل الحالات الممكنة تقريباً والتي يمكن فيها إفناء المادة الداخلة وإشعاع هاوكينغ، تكاد كل المعلومات في المادة الداخلة تفلت من الثقب الأسود، وإن تكن في الشكل المُعالَج. لذا لو وجدتَ نفسك مستلقياً على سرير مستشفى بعد أن أُنقذت من ثقب أسود، فيمكنك أن ترقد وأنت مطمئن بأن قوانين الفيزياء بحدِّ ذاتها لا تمنعك من استعادة شبه كاملة لحالتك الأصلية .

إن ما قد يبدو تخيلياً مثل فكرة إفلات المعلومات من ثقب أسود، أن نتخيل أنه يمكن القيام بسبر تجريبي لتبخير ثقب أسود. وفي شروط معينة قد يكون ذلك ممكناً، كأن نكوِّن، على سبيل المثال، ثقوباً سوداء منمنمة في مسرعات الجسيمات أمثال الصادم الهَدروني الضخم Large Hadron collider في سِرن. وفي هذه الحالة، يمكن قياس كمية المعلومات التي تفلت من ثقب أسود تجريبياً.

من الناحية النظرية، تقترح الصلة الوثيقة بين تبخير ثقب أسود وتشابك ما entanglement أن حلاً للمشكلة البارزة لإيجاد نظرية كمومية عن الثقالة يمكن أن توجد في الحقل المتنامي للمعلومات الكمومية. وإلى أن تُنجَز مثل هذه الدراسات التجريبية والنظرية قد ترغب، على كل حال، أن تنأى بنفسك عن القفز إلى ثقب أسود.

نُشر هذا الخبر في مجلة: PhysicsWorld, No 9, September 2006

علم البلّوريات

الأكسجين الصلب يتخذ شكلاً

يتبلور الأكسجين في مسلسل من البنى، بدءاً من بنية عازل عند الضغط المنخفض وانتهاءً ببنية ناقل فائق عند الضغط العالي. وقد تم الآن تحديد البنية المراوغة لطور انتقالي بينهما.

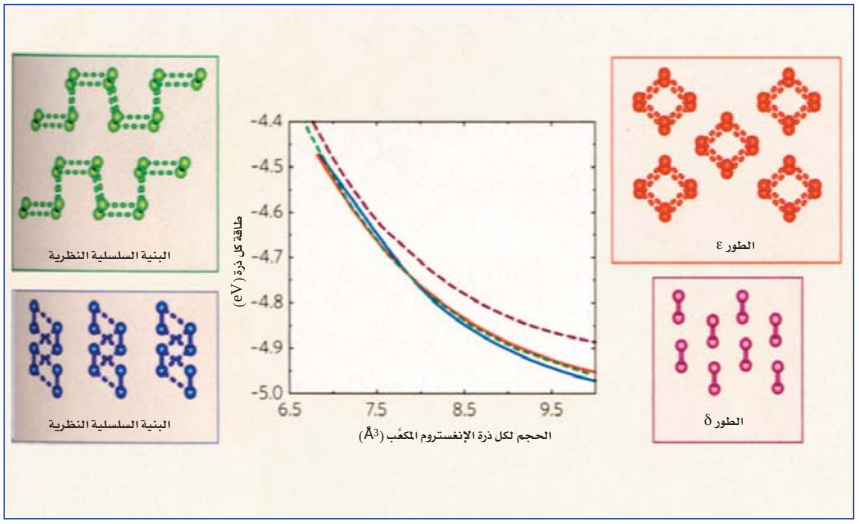
الأكسجين هو العنصر الثالث الأكثر وفرة في الكون، ويُعدُّ بالغ الأهمية بالنسبة لعالمنا. كما لا يمكن التقليل من أهمية دوره في تطوير علم الكيمياء. وكشخصية في المسرحية، يعلّق الأكسجين قائلاً: "... انبعثت الثورة الكيميائية من الأكسجين. ويجب أن يأتي هذا العنصر متصدّراً". إذ تهيئ الأحداث المحيطة باكتشاف الأكسجين لمسرح نشيط، إذ إن صيغته الجزيئية الثنائية الذرّة (O_2) كانت قد تحدّدت قبل أن يفهم الكيميائيون لماذا ترتبط ذرتان من الأكسجين معاً في الأصل. ولم يمر وقت طويل قبل اكتشاف نمط جزيئي آخر هو الأوزون، الذي وجد لاحقاً على شكل: O_3. وأفادت مجموعتا بحث: Lundegaard et al و Fujihisa et al أن شكلاً آخر من الأكسجين المسمى $(O_2)_4$ يظهر في شروط الضغط العالي.

يتبلور الأكسجين عند التبريد محتفظاً بخصيصته الثنائية الذرّة ومشكلاً بنية صلبة فريدة في صيغة مغنطيس جزيئي عنصري ونشير إلى أن هذه المغنطيسية تنشأ من الحالة الأساسية الإلكترونية للجزيئة O_2. وتحت تأثير الضغط العالي بشكل كاف تميل الجزيئات للانشطار إلى ذرّات وفي النهاية تنتج حالة معدنية. هذا وإن الأكسجين الصلب لا يكون معدنياً تحت الضغط فحسب، بل يصبح بالفعل ناقلاً فائقاً قرب 100 غيغا باسكال (GPa). وفي الضغوط المنخفضة يكون الأكسجين عازلاً insulator. ومع الضغط المتزايد يتبلور الأكسجين في مسلسل من بنى بلورية مختلفة. وتم أخيراً تحديد صفات النوع الأكثر مراوغة الذي يربط بين الطور المغنطيسي المنخفض الضغط والطور الفائق الناقلية العالي الضغط. وتوصف هذه المرحلة بأنها ε–oxygen وتستمر عبر تشكيلة واسعة من الضغوط: بدءاً من 8 حتى 96 GPa في الضغط المنخفض.

يظهر الطور ε– للأكسجين قرب 10 GPa بدرجة حرارة الغرفة ويبدي خواص ضوئية ملحوظة. ولبلورات هذه الحالة الصلبة الحمراء مميزات طيفية مذهلة تدل على أن جزيئات O_2 تستديم ولكن مع تفاعلات قوية بين الجزيئات. على أية حال، فإن البنية المفصّلة لـ ε–oxygen قد بقيت غامضة لمدة 27 عاماً، رغم المحاولات المتعددة لاستجلائها.

لقد تمّ إحراز تبصُّر في خواص الـ ε–oxygen عن طريق دراسة حالته المغنطيسية. فالمغنطيسية تتجه نحو الانهيار عند الضغوط العالية في المواد الصلبة. وسبق أن دفعت الدراسات الطيفية، جنباً إلى جنب مع هذه الفكرة، الباحثين لاقتراح أن جزيئات الـ O_2 تصبح مزدوجة dimerize في الضغوط العالية مُشَكِّلة تجمعات O_4 تتزاوج فيها سبينات الإلكترونات في حالة غير مغنطيسية. بيد أن هذه الفرضية لم تتوافق مع الدراسات النظرية التي تنبأت بأن البنى الشبيهة بالسلسلة كأخفض بنيان بالطاقة لذرّات الـ ε–oxygen. فقد أظهرت التجارب الحديثة لانعراج النترونات، التي سبرت مباشرة البنية السبينية الإلكترونية للـ ε–oxygen، أن المغنطيسية تنهار فعلاً عند تشكل هذا الطور.

ونشير إلى أن تجارب الانعراج العالي الضغط المنفذة باستخدام تقنيات خلية السندان الألماسي diamond-anvil-cell قد كشفت أخيراً البنية البلورية لـ ε–oxygen. ويستخدم Ludegaard et al انعراج الأشعة السينية من بلورات مفردة متدلية في الهيليوم تحت ضغوط منتقاة. وعلى نقيض ذلك يقيس Fujihisa et al انعراج الأشعة السينية لبولي كريستالين ε–oxygen فوق تشكيلة واسعة من الضغوط. وبشكل أساسي، تم الحصول على البنية ذاتها لـ ε–oxygen من كلا الدراستين على شكل انتظام فريد تبقى فيه جزيئات O_2 الثنائية–الذرة سليمة، ولكن مع ارتباطات إضافية تفضي إلى تجمعات $(O_2)_4$ (الشكل 1).



الشكل1: بنى وطاقات الأكسجين الكثيف
تُظهر منحنيات حجم الطاقة هذه بالنسبة للأكسجين الصلب الطاقات المحسوبة للانتظامات المختلفة للجزيئات عند الصفر المطلق. ولقد تم إنجاز هذه الحسابات باستخدام النظرية الوظيفية للكثافة وطريقة الموجة المكبَّرة. تتنبأ هذه الحسابات ببنى سلسلية (يُظهر الأزرق والأخضر والخطوط المنقوطة أزواجاً من الجزيئات تكون المسافة بينها أقل من 2,2 أنغستروم) لتكون قريبة بالنسبة للطاقة من البنية $(O_2)_4$ (الأحمر) التي تمت الآن ملاحظتها في الطور ε للأكسجين الصلب. والبنية $(O_2)_4$ الجديدة هذه ليست البنية الأقل طاقة في هذا المستوى من النظرية، مما يُظهر الحاجة لدراسات إضافية. وثمّة طور آخر يُعرف (بالطور δ) (اللون الأرجواني) وذلك لغرض المقارنة كمثال على البنية المتطبّقة.

وتنسجم البنية الجديدة أيضاً مع حالة اللامغنطيسية الملحوظة لـ ε–oxygen.

لماذا تتشكّل هذه البنية؟ فالأكسجين هو الذرّة الأخف في المجموعة السادسة من الجدول الدوري، حيث يكون الكبريت ثاني أثقل عضو في المجموعة. وعند ضغط وحرارة الغرفة، تتشكل بلورات الكبريت كشبيكات من جزيئات S_8، ذات ذرّات تنظيم في حلقات ثمانية الأعضاء. وكقاعدة لبحوث الضغط العالي، فإن عناصر مجموعة معينة تسلك تحت الضغط مثل العناصر الأثقل في السلسلة نفسها. لذلك، فعند النظرة الأولى قد لا يبدو مستغرباً أنه يمكن ظهور بنيان ثماني الذرّات للأكسجين تحت تأثير الضغط. على أية حال، يُظهر فحص بنى ε–oxygen أن المضاهاة البسيطة مع جزيئات S_8 تكون مضلِّلة، فجزيئات O_2 تنتظم في مواشير سداسية لـ $(O_2)_4$ مع المحافظة على خصيصتها الثنائية الذرة الأصلية.

لذلك تتساءل، هل تجمعات $(O_2)_4$ هي حقاً نوع جديد من وحدة فرعية subunit بلورية؟ وما مدى اختلاف البنية عن شكل موحد من تجميع الجزيئات الأكثر شيوعاً في المواد الصلبة؟ فعند ضغط 17.6 GPa، تكون المسافة بين الجزيئات عند حواف التجمع 2.18 أنغستروم، بينما تكون أقصر مسافة بين وحدات $(O_2)_4$ 2.56 أنغستروم، الأمر الذي ينسجم مع وصف البلورة على أساس تجمعات $(O_2)_4$. وهذا يجعل البنية فريدة ويميزها عن تجمعات O_4 المقترحة سابقاً أو السلاسل الممتدة sextended chains.

ومما يثير الاهتمام أنّ البنى التي تم الحصول عليها من دراسات مختلفة ليست متطابقة: فمعطيات البلورة الواحدة تعطي نقاءً أكثر اكتمالاً للمواقع الذرية بالمقارنة مع طريقة المسحوق. وتبدي حسابات المبادئ الأولية أن البنية المأخوذة من انعراج بلورة واحدة لها طاقة أدنى ولذلك تكون أكثر استقراراً. وكذلك تبدي مثل هذه الحسابات (الشكل 1) أن البنية المتنبّأ بها لـ $(O_2)_4$ قريبة جداً فيما يتعلق بالطاقة من البنى الشبيهة بالسلسلة التي تم اقتراحها سابقاً فيما يخصُّ ε–oxygen. ولكن فشلت هذه الحسابات في إظهار كون البنية $(O_2)_4$ تمتلك الطاقة الأدنى، الأمر الذي ربما يُفسِّر السبب وراء عدم نجاح المحاولات النظرية السابقة للتنبؤ بالبنية الصحيحة لـ ε–oxygen. وبشكل ملحوظ، فإن الأكسجين في البنية الشبيهة بالحلقة S_8 يكون أعلى طاقة من جميع بنى الأكسجين المعروفة.

وسيكون لهذه النتائج مساس أوسع بالمواد الأخرى التي تقع تحت تأثير ضغط شديد. فعلى سبيل المثال وكما يبين Lundegaard et al، يمكن أن تكون هناك توازيات بين سلوك ε–oxygen ونشاط نقل الشحنة charge-transfer الملاحظ لدى الهدروجين تحت تأثير الضغط العالي. وهناك أدلة تجريبية ونظرية على تجمع وتشكُّل الأطوار المتعددة الذرات لدى النتروجين تحت تأثير الضغط. ويتمثل التحدي الآن في إجراء دراسات بنيوية ونظرية للأطوار المعدنية والفائقة الناقلية للأكسجين. أما الخصيصة الأخرى التي تطبع المشهد الأكسجيني فتتمثل في أنه لولا اكتشاف الأكسجين لما كان هناك "كيمياء على نحو ما نعرفها الآن". وتفتح الاكتشافات المتعلقة بـ ε–oxygen بعداً جديداً للكيمياء بدأنا نعرفه الآن.

نُشر هذا الخبر في مجلة: Nature, Vol 443, 14 September 2006

عيون الذبابة تلتقط الصورة كاملة

إن العيون المركّبة في أسلاف الذبابة كانت تلتقط نقطة واحدة فقط من الصورة في كلّ سُطَيح facet. وقد أدّى تطوّر وسيلة لشطر الخلايا الحسّاسة للضوء إلى زيادة هذا العدد إلى سبعة مما يعزّز مَيْز resolution العين بشكل كبير.

"حسبما يعلم كلّ شخص حاول أن يصطاد ذبابة، فإن الذباب يرى بشكلٍ جيدٍ جدًا".

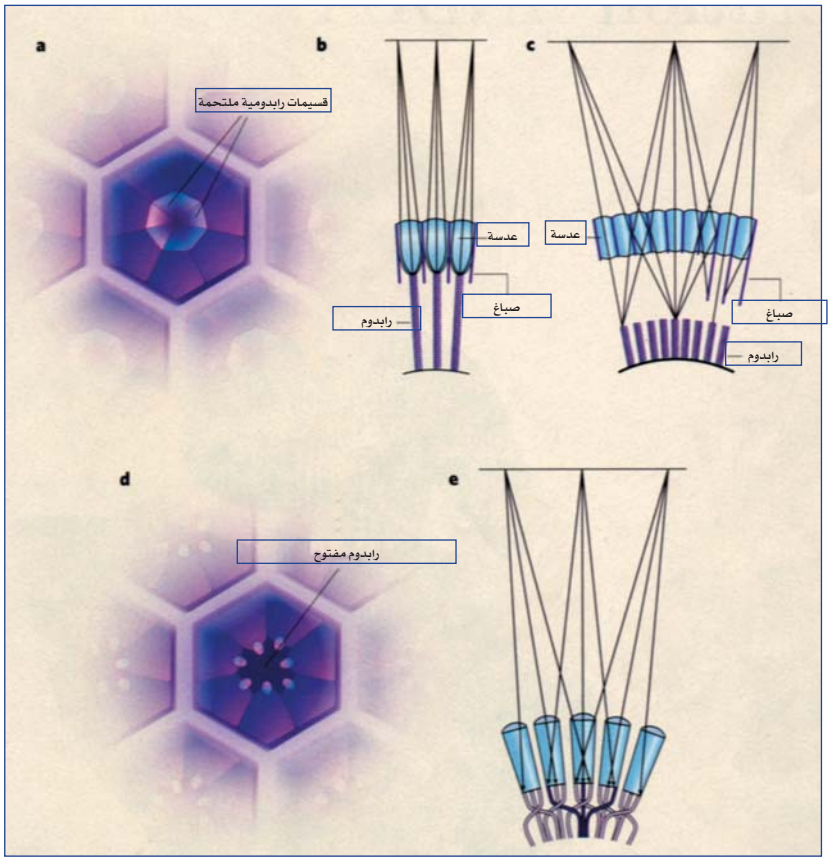
من منظور الذبابة، تُعدّ الرؤية الحسنة أمراً جيداً جداً، فأسلاف الذبابة التي لم تكن ترى جيداً أسهمت في نشوء الضفادع أكثر مما أسهمت في تطوّر سلالة الذباب. وقد كشف زيلهوف Zelhof وزملاؤه كيف حسّنت الذبابات خاصية المَيْز resolution في عيونها بشكلٍ مذهلٍ بإجراء تحويرٍ نوعي على كيفية التصاق خلاياها المستقبلة للضوء مع بعضها.

ونعلم، من المستحاثات (لا سيما ثلاثيات الفصوص)، أن مفصليات الأرجل استخدمت عيوناً مركّبة سطيحية منذ العصر الكمبري، أي قبل 540 مليون سنة. فالعيون المركّبة تعطي مشهداً فسيفسائياً للبيئة المحيطة لأن كل سُطَيح من العين (أو مُقَيْلة ommatidum) يكون موجَّهاً إلى نقطة مختلفةً قليلاً في الفراغ. ويتحدَّد مَيْز الصورة بعدد المُقيْلات والزوايا فيما بينها –ويتطلّب الحصول على نقاط صورة أكثر عدداً اشتراك المزيد من المُقيْلات. ومع أن الخلايا المستقبلة للضوء عند الحشرات تطوّرت لتصبح صغيرة جداً، فقد كانت كلفة هذه اللياقة نمو عينٍ أكثر كبراً. لذلك، بالنسبة إلى أغلب فترة الـ 540 مليون سنة الماضية، كان على مفصليات الأرجل أن تتعامل مع المشكلة من منظور أن رؤيةً أفضل تتطلّب عيناً أكبر.

لكن هناك مستلزمات للرؤية في الليل تختلف عنها في النهار، لذلك يتباين التوازن المثالي في التسوية بين المَيْز والقدّ size. ونحن البشر نحلّ هذا اللغز بامتلاك عينين داخل كلٍّ من عيوننا. إن 59% من شبكيتنا مغطاة بخلايا قضيبية rod cells لا تستطيع أن تميِّز بين الألوان ولكنها تعمل جيداً في الليل. أما بالنسبة للرؤية في النهار، فإنه يوجد في مركز شبكيتنا (اللطخة المبصرة) 5% من خلايانا المستقبلة الضوئية (المخاريط) تستطيع تمييز اللون لكنها أقلّ حساسية للضوء. علاوة على ذلك، تكون عيوننا مشبَّكة على أساس المَيْز المنخفض في الليل، حين تزداد أهمية رؤية كلّ فوتون، وعلى أساس المَيْز العالي في النهار. ونشير في هذا الصدد إلى أننا نحقّق ذلك بامتلاك عدة خلايا قضيبية تنبِّه واحداً من العصبونات البينية التي تعالج الإشارة الشبكية retinal signal وتمرِّرها إلى الدماغ، في حين تغذّي كلّ خلية مخروطية في مركز الشبكية عصبوناً بينياً واحداً.

تحلّ الحشرات مسألة التبادلية (النهارية–الليلية) بطريقة مغايرة. فالحشرات التي يجب أن ترى جيداً في النهار لها "عيون تراكبية" مع سبع أو ثماني خلايا مستقبلة ضوئية متجمّعة تحت كلّ عدسة مُقَيْلية. وتنتظم هذه الخلايا بحيث أن سطوحها المجمِّعة للضوء (ذوات الحزم العصوية) تلتحم عند مركز السُّطَيح لتشكيل بُنية تُدعى الرابدوم rhabdom بحيث يستقبل مجموعها الضوء على طول المحور الضوئي المركزي (الشكل1a). ويكون السُطَيح بأكمله مغمّداً sheathed في أنبوبٍ من الخلايا الصباغية بحيث يحجب الضوء الداخل بزوايا أخرى (الشكل1b). وهكذا تضيع معظم الفوتونات لكن المَيْز يتحسَّن، وللحشرات التي تطير في الليل عيونٌ "تراكبيةٌ" تفتقد إلى معظم الصباغ الغمدي، حيث إن الضوء الوارد من حقلٍ أوسع يمكن أن يفعل فعله على كلّ مستقبلٍ ضوئي (الشكل1c). وهذا يكون أكثر حساسية لكنه يضحّي بالمَيْز. وهناك حشرات كثيرة قادرة على إزاحة shift الصباغ داخل خلاياها الصباغية بحيث تستطيع عينها أن تعمل حسب كلا الطريقتين: في الواقع، إنها تسدل ستائرها ليلاً.

ومنذ حوالي مئة مليون سنة طوّرت ثنائيات الأجنحة (البعوض والذباب) طريقة ذكية لحشد مزيدٍ من نقاط الصورة من عيونها التراكبية –إذ إنها فصلت القسيمات الرابدومية inter-rhabdoeral space المستقبلة للضوء في كلّ مقُيْلة، حيث إنها بدلاً من رؤية نقطة صورة واحدة لكلّ سُطَيح، ترى الآن سبع نقاط وهذا ما أُطلق عليه اسم العين "التراكبية العصبية"، كما تتضمّن أيضاً بعض إعادة التشبيك الذكي يجاري إعادة التشبيك في دماغ الذبابة (الشكل1e).



الشكل1: كيف تختلف عيون الذبابة عن عيون مفصليات الأرجل. a، d، نظرة سطحية لسُطَيح عين منفرد (مُقيْلة) في عينٍ مركبة. b، c، e، وهنا ترى المُقيْلات وكأنها مقطعة شرائح عبر محورها الطويل. a، لدى عين سلف الذبابة ولدى الحشرات الحالية، كالنحل والخنافس، تلتحم السطوح التي تلتقط الضوء (القسيمات الرابدومية) في مركز المُقيْلة. b، في العين الصاقبة، تقوم الخلايا الصباغية بتغليف كلّ مُقيْلة، بحيث يتم استقبال الضوء فقط على طول المحور المركزي ويتحسّن مَيْز الصورة. c، تمتلك الحشرات التي تحتاج إلى رؤية جيدة في الليل عيوناً تراكبية superposition eyes تفتقد معظم هذا الصباغ. لذلك يتم استقبال الضوء من الزوايا كافة. وفي هذه الحالة، يتم استقبال مزيدٍ من الفوتونات لكن مَيْز الصورة يتناقص. d، إن الذبابات الحالية وبعض البعوض تمتلك رابدومات مفتوحة بحيث أنها ترى بدلاً من نقطة صورة واحدة في كلّ مُقيْلة سبع نقاط. وهذا يتطلّب بعضاً من إعادة تشبيك العصبونات المستبطنة بحيث يمكن مَيْز الضوء المستَقبَل من زوايا مختلفة في مُقيْلة واحدة. (التراكب العصبي، e). وجد زيلهوف وزملاؤه أن التعبير عن بروتين صانع الفراغ هو المسؤول عن فتح القسيمات الرابدومية.

ويصف زيلهوف وزملاؤه في نشرتهم العلمية كيف تمكّنت ثنائيات الأجنحة من تطوير هذه المنظومة.

بحث زيلهوف وآخرون عن ذبابات فواكه طافرة لا تملك فراغاً بين القسيمات الرابدومية لكنها تملك قسيمات رابدومية منكمشة في مركز السُطَيح على شاكلة الحشرات الأدنى منها، حيث وجدوا طفرات عادمة للوظيفة في جينين لهما هذا التأثير، ولكن من ناحية أخرى تترك القسيمات الرابدومية سليمةً. أطلقوا على أحد الجينين اسم صانع الفراغ Spacemaker والجين الآخر هو جينٌ يرمّز بروتيناً معروفاً سابقاً يُدعى البرومينين Prominin الذي يساعد على تشكيل تلامسات بين خلية وخلية. وكان يتوقع أن يكون إنتاج صانع الفراغ بروتيناً مفرَزاً، وبيّن زيلهوف وزملاؤه أنه موجودٌ فعلاً بصورة طبيعية في الفراغ ما بين القسيمات الرابدومية بدءاً من مرحلة الخادرة pupa عندما تتشكل القسيمات الرابدومية. وعلاوة على ذلك، بيّنوا أن بروتين صانع الفراغ يمكن أن يرتبط بالبرومينين. وتوحي بياناتهم إلى أن صانع الفراغ والبرومينين يعملان بصورة طبيعية لمعارضة جين ثالث، كان يُعرف سابقاً باسم كاوبتين Chaoptin لتقسيم الجزء العلوي من غشاء الخلية المستقبلة الضوئية إلى قسيمات رابدومية وقطّاعات "سويقية". وهذه البروتينات تنظّم بشكلٍ دقيقٍ بين خلية وخلية بحيث تبقى الرابدومات سليمة، لكن القسيمات الرابدومية المتجاورة لا يلتصق بعضها ببعض.

وجد زيلهوف وآخرون أن صانع الفراغ يكون غير موجود في عيون الحشرات ذات المنظومات الرابدومية الملتحمة (كالنحل والخنافس) لكنه موجود في ثنائيات الأجنحة ذات الرابدومات المفتوحة (كذباب المنازل والبعوض)، في حين يوجد البرومينين والكاوبتين في كلّ الحالات، ولذلك يبدو أن صانع الفراغ يمثّل العنصر الحاسم في صنع الفراغ ما بين الرابدومات. وفي أغلب التجارب الشاهدة المقنعة، كان هدفهم تعبير صانع الفراغ إلى نمطٍ آخر من عين الذبابة: وهو العُيينات ocelli (وهي عيون بسيطة في أعلى الرأس). وتمتلك العُيينات الثلاث عدة خلايا مستقبلة للضوء، لكن قسيماتها الرابدومية ملتحمة في العادة. وعندما استعبر زيلهوف وآخرون صانع الفراغ في العُيينة، وجدوا أن الفراغ بين الرابدومات قد تفتّح.

وتشير هذه التجارب إلى أن ثنائيات الأجنحة ربما تكون قد فتّحت عيونها (من خلال كونها ابتكرت تراكباً عصبياً عبر تغيير وحيد أجرته: بإعادة برمجة تعبير صانع الفراغ نحو تعبيرٍ جديدٍ في المُقيْلات. وقلما نحصل على مثل هذه اللمحة الخاطفة في ميقاتيةٍ الزمن أثناء عملها.

نُشر هذا الخبر في مجلة: Nature, Vol 443, 12 October 2006

اليوروبيوم

الرمز:		Eu
العدد الذرّي:	(عدد البروتونات في النواة)	63
الوزن الذرّي:	(موجود طبيعياً)	152

ماهيته

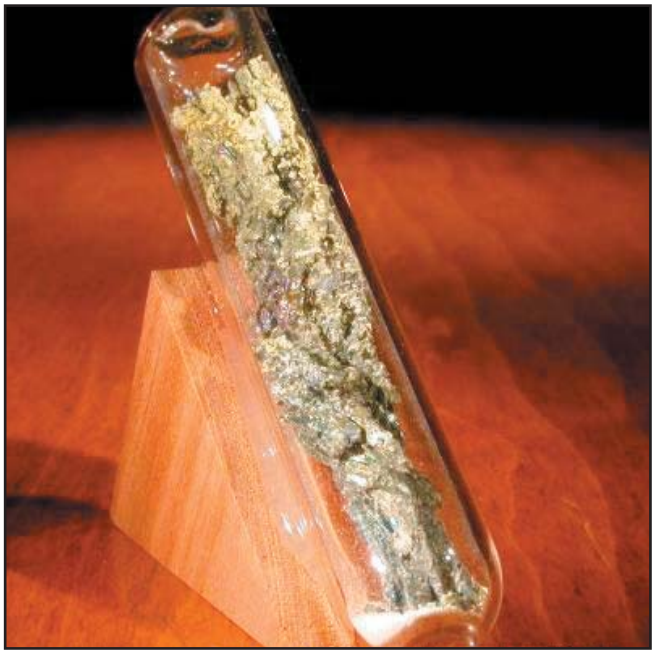
اليوروبيوم معدنٌ أبيض يميل إلى الفضي. إنه الأكثر ليونة بين أفراد السلسلة اللانثانيدية lanthanide والأقل كثافة والأكثر تطايراً volatile، وهو يشتعل في الهواء بدرجات حرارة عالية (150 إلى 180 درجة مئوية). ويظهر اليوروبيوم في الطبيعة على شكل نظيرين مستقرين. (النظائر هي أشكالٌ مختلفةٌ من عنصرٍ ما تملك العدد نفسه من البروتونات في النواة ولكنها ذات عددٍ مختلفٍ من النترونات). ويمثّل اليوروبيوم-153 ما نسبته 52% من اليوروبيوم الطبيعي، أما اليوروبيوم-151 فهو يمثّل نسبة الـ 48% المتبقية.

ومن بين النظائر المشعّة الرئيسية الأربعة عشر، ثمّة أربعةٌ منها فقط تمتلك أعمار نصف تكفي بطولها لتبرير تخوُّفٍ محتمل. أما أعمار نصف نظائر اليوروبيوم الأخرى فهي أقلّ من أربعة أشهر. ومن النظائر الأربعة ذوات العمر الأطول، نذكر ثلاثة (وهي اليوروبيوم-152، واليوروبيوم-154، واليوروبيوم-155) يتم إنتاجها عن طريق انشطار اليورانيوم والبلوتونيوم، وتوجد في مواقع الإدارة البيئية لوزارة الطاقة DOE مثل هانفورد. وتملك هذه النظائر الثلاثة أعمار نصفٍ تتراوح ما بين 5 إلى 13 سنةً،

الخواص الإشعاعية لنظائر اليوروبيوم الأساسية

النظير	عمر النصف (yr)	النشاط النوعي (Ci/g)	نمط الاضمحلال	طاقة الإشعاع (MeV)		
				ألفا α	بيتا β	غاما γ
Eu-150	34	70	EC	-	0.0044	1.5
Eu-152	13	180	β, EC	-	0.14	1.2
Eu-154	8.8	270	β	-	0.29	1.2
Eu-155	5.0	470	β	-	0.063	0.061

EC= أسر الإلكترونات، Ci= كوري، g= غرام، MeV= مليون فولط إلكتروني، الشَرْطة تعني أن العملية غير قابلة للتطبيق.
يضمحل اليوروبيوم-152 عبر كلا الطريقتين: بإصدار جسيم بيتا (28%) وبالأسر الإلكتروني (72%). كذلك ثمّة نظير آخر هو اليوروبيوم-150 الذي يملك عمر نصفٍ يساوي 13 ساعة. وقد تمّ إعطاء القيم مقرَّبة إلى أهم منزلتين عدديتين أساسيتين.



وهي تتقوّض (تضمحلّ) بإصدارها جسيم بيتا. ويتحلّل جزءٌ من اليوروبيوم-152 (28%) عن طريق أسر الإلكترونات. وثمّة كمّية مهمّة من الطاقة على شكل إشعاع غاما ترافق تحلُّلات اليوروبيوم-152 واليوروبيوم-154.

مصدره

يوجد اليوروبيوم في تشكيلةٍ منوَّعة من الخامات، وعلى الأخص في الباستناسيت bastnasite والمونازيت monazite والكزينوتيم xenotime. وهذه الخامات تحتوي على خلائط مختلفة من المعادن الترابية النادرة –بدءاً من اللانثانيوم وحتى اللوتيتيوم– في الجدول الدوري. وبشكلٍ عام، يؤلِّف اليوروبيوم أقلّ من 0.2% من هذا الخليط. وتنتج الصين حالياً الأغلبية العظمى من المعادن الترابية النادرة بما يعادل حوالي 70.000 طن متري سنوياً بالمجموع. وتأتي الولايات المتحدة متأخرةً في المركز الثاني، حيث تنتج ما يقارب 5.000 طن متري سنوياً، ولا يؤلِّف اليوروبيوم إلا جزءاً صغيراً من هذه الكمّية.

وفي حين أن اليوروبيوم-152، واليوروبيوم-154، واليوروبيوم -155 يتم إنتاجها بشكلٍ أساسي كنواتج انشطارية، فإنه يمكن لليوروبيوم-152 أن يتولَّد عن طريق التنشيط النتروني لقضبان التحكُّم في المفاعل النووي. إذ حينما ينشطر نكليدُ انشطاري مثل ذرّة اليورانيوم-235، فإنه ينشطر عموماً بشكلٍ لا متناظر إلى شدفتين كبيرتين –ويمكن أن يشمل ذلك نظائر اليوروبيوم الثلاثة– بالإضافة إلى نترونٍ واحدٍ أو نترونين. ويبلغ ناتج انشطار اليوروبيوم-155 حوالي 0.03%، في حين أن ناتج النظيرين الآخرين يكون أقلّ من ذلك بكثير. أي إنه يتمّ إنتاج حوالي ثلاث ذرّات من اليوروبيوم-155 لكلّ 10000 انشطار. وكيما يتم التحكُّم بالتفاعل الانشطاري هذا، يتم استخدام نظائر تستطيع امتصاص النترونات الفائضة –وذلك في قضبان التحكُّم للمفاعل النووي. ونظراً لكون اليوروبيوم-151 ماصّاً نترونيّاً جيداً جداً، فهو غالباً ما يُستخدم في قضبان التحكُّم هذه. ويولِّد التنشيط النتروني لهذا النظير المستقر اليوروبيوم-152.

استخدامه

إن الاستخدام الأساسي لليوروبيوم يتمثّل في قضبان تحكُّم المفاعل النووي، وذلك بسبب كفاءَتها في امتصاص النترونات. أما الاستخدامات الأخرى، فقد جرى تقليصها بسبب ندرته وبالتالي ارتفاع تكلفته. وقد تمَّ استخدام اللدائن المطعَّمة باليوروبيوم كمواد ليزرية، ويفيد أكسيد اليوروبيوم كمنشطٍ فسفوري. فعلى سبيل المثال، استُخدم اليوروبيوم في تنشيط فناديت اليتريوم yttrium vanadate لاستخدامه في الفسفورات الحمراء لأنابيب اللون في جهاز التلفاز.

وجوده في البيئة

يوجد اليوروبيوم في القشرة الأرضية بتركيزٍ يبلغ حوالي 1.8 ملّي غرام لكلّ كيلوغرام واحد، في حين يبلغ تركيزه في مياه البحر ما يقارب 0.00013 مكروغرام لكلّ لترٍ واحد. وتوجد كمّيات ضئيلة من اليوروبيوم-152، واليوروبيوم-154 واليوروبيوم-155 في التربة حول العالم جرّاء السقط النووي. ويمكن أن يوجد أيضاً في منشآت نووية معينة، كالمفاعلات والمنشآت التي تعالج الوقود النووي المستنفد. ففي موقع هانفورد، توجد أعلى تراكيز اليوروبيوم في المناطق التي تحتوي على النفايات الناتجة عن معالجة الوقود المشعّ، مثل الخزّانات الموجودة في القسم المركزي من الموقع. وعموماً، يُعدُّ اليوروبيوم واحداً من أكثر المعادن المشعّة استقراراً (بمعنى عدم الانتقال) في البيئة. فهو يلتصق بشكلٍ تفضيلي بالتربة بإحكام إلى حدٍّ ما، ويُقدَّر التركيز المرتبط بدقائق التربة بما يوازي 240 مرة أعلى منه في المياه الخلالية (بمعنى الماء الكائن في الحيِّز المسامي بين دقائق التربة). وهكذا، فاليوروبيوم بشكلٍ عام لا يُعدُّ ملوِّثاً خطيراً للمياه الجوفية في مواقع وزارة الطاقة DOE.

سيرورته في الجسم

يمكن أن يدخل اليوروبيوم إلى الجسم عن طريق تناول الغذاء أو شرب الماء أو استنشاق الهواء. ويُعدُّ الامتصاص المعوي المعدي من الطعام أو الشراب المصدر الأساسي لليوروبيوم المترسِّب داخل الجسم لدى عامّة الناس. ولا يكون اليوروبيوم جيد الامتصاص في الجسم

بعد دخوله، فلا يمتص إلى مجرى الدم إلا نسبة 0.05% من الكمية المبتلعة عبر القناة الهضمية. ويتوضَّع في الكبد ما نسبته 40% من اليوروبيوم الذي يصل إلى الدم فهو يترسَّب في الكبد، كما تترسَّب أيضاً كمية أخرى نسبتها 40% على سطح العظم، حيث تستطيع أن تشعِّع الخلايا المكوّنة للعظم. فهذا اليوروبيوم المتوضّع يُستبقى في الجسم بعمر نصف بيولوجي يبلغ حوالي 10 سنوات تقريباً (3500 يوم)، وهناك نسبة 6% إضافية من اليوروبيوم الممتص تتوضّع في الكليتين، حيث يُستبقى بعمر نصف قصير يساوي 10 أيام (وفقاً لنماذج (موديلات) مبسَّطة لا تعكس إعادة التوزُّع الوسيطي). أما بقية اليوروبيوم الممتص فيتم طرحها.

تأثيراته الصحية الأساسية

يطرح اليوروبيوم خطراً خارجياً على الصحة بالإضافة إلى كونه خطراً داخلياً. حيث إن إشعاع غاما القوي المرتبط باليوروبيوم-152 واليوروبيوم-154 يجعل التعرُّض الخارجي لهذين النظيرين أمراً مقلقاً. فأثناء وجوده في الجسم يشكّل اليوروبيوم خطراً على الصحة بفعل كلٍّ من جزيئات بيتا وأشعة غاما، وترتبط خطورته الرئيسية على الصحة بارتفاع احتمالية التسبُّب بالسرطان في كلٍّ من الكبد والعظام.

معاملات الخطورة الإشعاعية

يوضّح الجدول التالي معاملات خطورة منتقاة تخصُّ الاستنشاق والابتلاع. وقد تمّ استخدام القيم العظمى بالنسبة للاستنشاق نظراً لعدم توفر أنماط امتصاص مفترضة، كما استُخدمت قيمٌ غذائيةٌ فيما يخص الابتلاع. أما قيم الخطورة فهي تخصُّ الوفيات بالسرطان لمتوسط جميع الأعمار لكلّ وحدة إدخال **unit intake** (**pCi**)، وقد أخذت معدلاتها على اختلاف الأعمار وللجنسين (ونذكّر بأن 10^{-9} تعادل واحداً من أصل بليون، وأن 10^{-12} تعادل واحداً من أصل ترليون). أما بقية القيم، بما فيها المتعلقة بالقيم المرضية منها، فهي متاحة أيضاً.

النظير	الخطورة العمرية للوفاة بالسرطان	
	الاستنشاق (pCi^{-1})	الابتلاع (pCi^{-1})
يوروبيوم-150	$10^{-10} \times 2.1$	$10^{-12} \times 3.6$
يوروبيوم-152	$10^{-10} \times 1.5$	$10^{-12} \times 5.0$
يوروبيوم-154	$10^{-10} \times 1.7$	$10^{-12} \times 8.5$
يوروبيوم-150	$10^{-11} \times 1.7$	$10^{-12} \times 1.6$

خطورته

لقد تمّ حساب معاملات الخطورة العمرية للوفاة بالسرطان بالنسبة إلى جميع النكليدات الإشعاعية تقريباً، بما في ذلك اليوروبيوم (انظر المؤطر). وبينما تظهر معاملات الابتلاع أخفض نوعاً ما مما هي عليه بالنسبة للاستنشاق، فإن الابتلاع عموماً يمثّل الطريقة الأكثر شيوعاً لدخوله الجسم. وعلى نحوٍ مشابهٍ لبقية النكليدات الإشعاعية، فإن معاملات الخطورة بالنسبة لمياه الصنبور تساوي حوالي 70% من تلك المرتبطة بالابتلاع الغذائي.

وبالإضافة إلى الأخطار الناتجة عن التعرُّض الداخلي، فثمّة خطرٌ بسبب التعرُّض الخارجي وهو مرتبط باليوروبيوم-152 واليوروبيوم-154. فإذا افترضنا وجود 10000 شخص كانوا يتعرَّضون باستمرار لطبقةٍ كثيفة من التربة المحتوية على تركيزٍ وسطي مبدئي يساوي 1 بيكوكوري (1pCi/g)، فإن عدد أمراض السرطان الفتّاكة التي يُقدَّر حدوثها لهؤلاء الأشخاص يساوي 7 فيما يخصّ التعرُّض لليوروبيوم-152 و5 بالنسبة لليوروبيوم-154. (يمكن مقارنة ذلك بـ 25000 شخص من تلك المجموعة التي تمّ التنبؤ لهم بالوفاة بسبب السرطان من بين جميع الأسباب الأخرى وذلك وفقاً للمعدلات في الولايات المتحدة).

نُشر هذا الخبر في مجلة: ANL. October 2001.

صرعة القرن الحادي والعشرين:

التقانة الحيوية: ما لها و ما عليها

د. نزار مير علي
قسم البيولوجيا الجزيئية والتقانة الحيوية
هيئة الطاقة الذرّية السورية - ص.ب.6091 - دمشق - سورية

يُنظر إلى القرن الحادي والعشرين على أنه قرن التقانة الحيوية التي يُؤمل أن تعطي ثورة في ثلاثة مجالات لها علاقة بالإنسان: وهي الغذاء والصحة ونمط الحياة. إن التقدم العلمي الذي كان السبب وراء هذه الثورة بدأ يتجه نحو أقطار العالم. ولأن النتائج التقنية المعروفة بالتقانة الحيوية نجمت عن المعالجة العلمية لأساس الإنسان (لحياته) فهناك كل الإمكانية بأن تخلق التقانة الحيوية تقنيات جديدة و صناعات جديدة لا يمكن التنبؤ بها كما أن الصناعات والتكنولوجيا القائمة حالياً سوف تخضع لتغيرات هائلة. لهذه الأسباب فإن بلدانا عديدة في العالم تعمل على تقوية قاعدتها في مجال التقانة الحيوية. هناك اعتقاد راسخ بأن التطورات في التقانة الحيوية سينجم عنها أهم النتائج العلمية في القرن الحادي والعشرين وبأنها ستؤدي إلى تغيرات كبيرة في الصناعة وفي حياة الإنسان على كوكبنا . إن التقدم الحالي في التقانة الحيوية بالعالم يسير بخطى سريعة ولهذا السبب بالذات ستكون السنوات القادمة ذات أهمية كبيرة.

مقدمة

عندما يصادف أحد من الجمهور شخصاً يعمل في التقانة الحيوية فإنه غالباً ما يركن إلى الهدوء والحذر، ثم يتساءل ما هي التقانة الحيوية بالضبط، وغالباً ما تأتي إجابة مختزلة بأنها الهندسة الوراثية بما تشمله من تعديل لجينات الكائنات الحية ونقلها من كائن إلى آخر مما يجعل الإنسان العادي ينظر إلى الموضوع بعدم ارتياح وكأنه يستمع إلى قصة رعب أو بداية نكتة باهتة.

يصعب الإحاطة بالتقانة الحيوية فهي من الجانب التقني تعتبر موضوعاً واسعاً وتطرأ عليه تغييرات كبيرة بشكل دائم. ليس سهلا أن تشرح ما هو تقانة حيوية وما ليس هو تقانة حيوية في بضع جمل. يلهب الموضوع الخيال و لكنه سرعان ما ينقلب إلى مادة للجدل حول حقائق قد تفهم بسرعة. ولكن التعامل مع المادة الحية على هذا النحو من البساطة قد يبدو غريباً إلى حدود عدم التصديق بالنسبة للمبتدئ.

سنحاول في هذه الإطلالة وضع معلومات بسيطة حول موضوع معقد وواسع ونطرح إجابات على بعض الأسئلة المهمة مثل: ما هي التقانة الحيوية؟ وكيف يمكن استخدامها؟ وما هي المسائل التي تطرحها؟ من السهل أن يجد المرء معلومات حول التقنية بحد ذاتها مثل كيفية تقطيع الدنا الـ DNA أو تنسيل المادة الوراثية أو حتى كيفية الحصول على المتعضيات الحية المحوَّرة (حيوانات أو نباتات أو ميكروبات تحمل جينات فعالة من أنواع أخرى). كما أنه لا يوجد نقص في المعلومات حول تفاصيل أخرى مثل أين وكيف تطبق هذه التقانات. إن الجزء الصعب هو كيفية تقييم النتائج بحيث تُعزَل الحقائق عن التكهنات والعلم عن السياسة. فهل تعطينا التقانة الحيوية حقاً أدوية رخيصة وفعّالة أو محاصيل خالية من الأمراض حسبما تبشِّر بذلك شركات التقانة الحيوية؟ أو هل تسبب خطراً على البيئة وصحة الإنسان والحيوان حسبما يقتنع عدد من جمعيات الخضر؟

إن نظرتنا للتقانة الحيوية وبخاصة فيما يتعلق بنقل الجينات ترتبط بشكل وثيق بمدى استيعابنا لأهدافها، فتكون هذه النظرة إيجابية عندما نعتبرها طريقة لزيادة إنتاج الغذاء وتحسين العناية الطبية. ولكن يشكك عدد كبير من الناس بفوائد تطوير العلم والتقانة أكثر من السابق فمنهم من يخاف أن يُساء استخدامهما أو أن يخرجا عن السيطرة. وأظهرت نتائج بعض الاستطلاعات الحديثة أن الناس منقسمون حول توقعاتهم من التقانة الحيوية بين من يعتقد أنها تقدم فوائد ومن يعتقد أن لها مخاطر، وثمة آخرون يعتقدون أن كليهما صحيح.

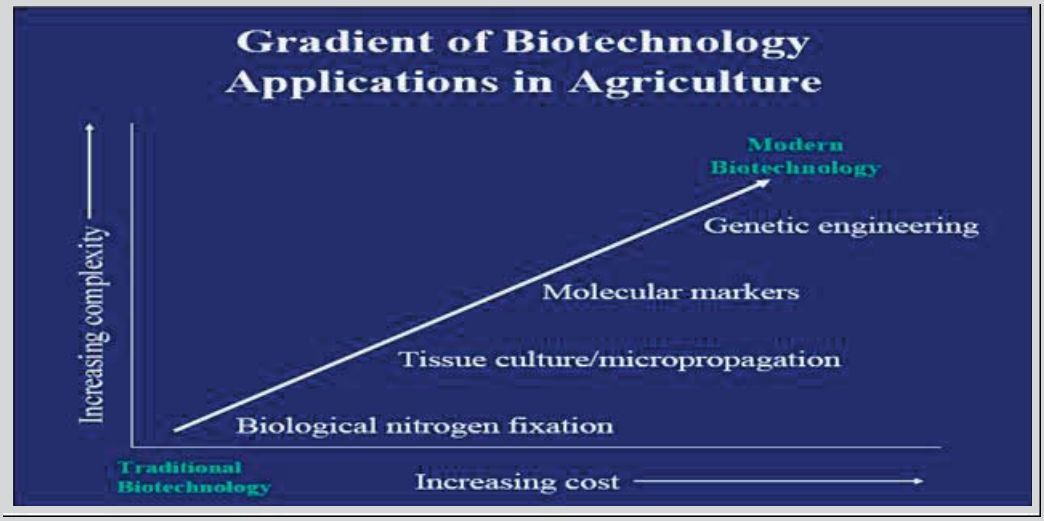
ما هي التقانة الحيوية؟

تحوي جميع الكائنات الحية أنماط الجزيئات نفسها التي تتكون من ستة عناصر: الكربون، الهيدروجين، النتروجين، الأوكسجين، الفسفور والكبريت وتعمل هذه الكائنات بالطريقة ذاتها على المستوى الجزيئي سواء كانت إنساناً أو سمكة أو شجرة أو دودة أرض. وتمثل التقانة الحيوية تعبيراً عاماً يغطي تقانات متنوعة لاستخدام خصائص الكائنات الحية لصنع منتجات أو تقديم خدمات. فلقد وجدت التقنية الحيوية منذ آلاف السنين، ولعلها ظهرت حين بدأ أجدادنا باستخدام الكائنات الحية الدقيقة لتحضير الخبز والنبيذ والجبن. وانتقلت هذه التقنية إلى مرحلة علمية بدرجة أكبر في ستينيات القرن التاسع عشر حين شرع كل من باستور بأعماله في ميدان الكائنات الحية الدقيقة ومندل في ميدان جينات النباتات؛ وأدى العمل الرائد الذي قاما به إلى الانتقاء الخاضع للمراقبة واختبارات الاستيلاد، وإلى إنتاج المحاصيل والأصناف الحيوانية والأجناس والتهجينات إنتاجاً تجارياً بعد مرور 50 سنة. وبالرغم من أن مصطلح التقانة الحيوية كان قد استُخدم لأول مرة قبل القرن العشرين في منتجات تقليدية مثل منتجات الألبان والخبز أو الخمر، لم تعد أيٌّ من هذه الفعاليات ضمن التقانة الحيوية بالمفهوم الحديث. كما لم يعد هذا المفهوم ينطبق على التعديلات الوراثية عن طريق التربية بالانتخاب أو الحصول على سلالات خضرية عن طريق التطعيم أو استخدام المنتجات الميكروبية عن طريق التخمير. والجديد في التقانة الحيوية الحديثة ليس مبدأ استعمال المتعضيات المتنوعة ولكن استخدام هذه التقانة للقيام بذلك. فهذه التقنيات (المطبقة أساساً على الخلايا أو الجزيئات) تجعل من الممكن التحكم بالعمليات البيولوجية بشكل دقيق. ويطلق على عملية إعادة اصطناع الحمض النووي (الدنا) مصطلح الهندسة الوراثية genetic engineering، ويُطلَق على منتجاتها –الكائنات الدقيقة والنباتات والأشجار والمواشي والأسماك– اسم الكائنات المحورة وراثيا genetically modified organisms (GMOs) . ونشهد اليوم بسرعة لا توازيها إلا الثورة الرقمية تفكيك بنية مجموعة الجينات فضلاً عن اكتشاف وظائف كل جينة على حدة وفهم كيفية تجميعها وتفكيكها لصالح تغيير سمات الكائن الحي بأكمله.

لا يوجد أي تمييز خارج الخلية بين جينة إنسان أو قطة أو قمح أو بكتيريا. أي أنك لا تستطيع أن تعرف ما هو النوع الحي الذي جاءت منه. وتنحصر الفروق بين الأنواع (أو بين الأفراد ضمن نفس النوع) في الأعداد الخاصة و مميزات وتوافقيات جيناتهم. ولأن الشيفرة الوراثية عامة فإن أي خلية في أي متعضية حية تستطيع أن تقرأ الجينة وتترجمها إلى بروتينها الخاص بها، وبذلك فإن أهم وظيفة للجينة هي إنتاج البروتين. فعلى سبيل المثال أمكن إنتاج الأنسولين الذي يستخدم لمعالجة آلاف المرضى من داء السكري على مستوى تجاري باستخدام بكتيريا تم هندستها لتحمل جينة إنتاج أنسولين الإنسان وهذا جوهر التقانة الحيوية.

ولقد احتاج العلماء عدة أجيال ليظهروا لنا أن:

- خصائص الكائنات الحية تأتي من خصائص البروتينات التي تحملها.
- تعتمد خصائص البروتينات على تسلسل الأحماض الأمينية التي تتألف منها.
- تتحدد تسلسلات الأحماض الأمينية من قبل تتالي النيوكليوتيدات على جزيئة الدنا (أي بكلمات أخرى: الجينة).



محطات هامة على طريق طويل

- **1665** أطلق العالم الإنكليزي هوك الذي كان يعمل على المجهر على المسافات الدقيقة المحاطة بجدران في عينة الفلين اسم الخلية cell وقد شاهد تركيبات مشابهة في أنسجة نباتية أخرى وافترض أن وظيفتها تتمثل في نقل المواد إلى النبات.

- **1675** صمم ليفينهوك مجهر بعدسات تكبر 270 مرة وهو أول من وصف الكائنات الدقيقة بدقة حيث حسب أنها أصغر بـ 25 مرة من خلايا الدم الحمراء، واكتشف وجود الخلايا المنوية في مني الإنسان والحيوانات الأخرى. أظهر ليفينهوك وللمرة الأولى أن الإخصاب يتطلب مساهمة خلايا ذكرية وأنثوية بالتساوي وكان يعتقد العلماء حتى ذلك التاريخ أن تطور الحيوان يبدأ من البيضة التي تحفزها على النمو مساهمة ذكرية غامضة.

– خلال القرن الثامن عشر وجد العلماء خلايا في كل جزء من النباتات والحيوانات وأضافوا اكتشافات جديدة لقائمة المتعضيات الوحيدة الخلية.

- **1839** وضع العالمان الألمانيان شيلدين وشوان نظرية الخلية التي شكلت مفتاح فهم علم الحياة والتي تقول أن المتعضيات الحية تصنع من خلايا، بعضها يتكون من خلية واحدة ومعظمها يتكون من عدد من الخلايا الفردية.

– وفي النصف الثاني من القرن التاسع عشر لم تعد نظرية التشكل الحر للخلية (بمعنى أن الخلايا تتشكل من مواد أخرى كما تتشكل البلورات في المحاليل المشبعة) تلقى قبولاً بعد التحسن الذي طرأ على المجاهر والتقنيات الأفضل في تحضير العينات التي سمحت للعلماء بمشاهدة الخلايا تنمو وتنقسم لتشكل خلايا جديدة مما دعاهم للاستنتاج بأن الخلايا تأتي فقط من خلايا موجودة سابقاً.

- **1856** بدأ القس النمساوي مندل تجاربه على تربية النبات في حديقة الكنيسة ورغم أن مندل أسس علم الوراثة فإن لم يكن يعلم شيئاً عن الجينات. **لقد اكتشف مندل قوانين الوراثة:** العلاقات الإحصائية التي تحكم كيف تمر الصفات من جيل إلى آخر. ***أعطتنا اكتشافات مندل مبدأ أن الجينات حقيقة موجودة بشكل فيزيائي داخل الخلايا والخطوة التالية كانت معرفة مَمَّ يتألف هذا الوجود الفيزيائي.***

- **1859** ظهر كتاب داروين أصل الأنواع وباع منه بنفس اليوم 1250 نسخة. ومنذ ذلك اليوم لم يعد المتعلمون يستطيعون التفكير حول الحياة على الأرض كما كانوا يفكرون قبل أيام داروين. **قدمت نظرية داروين نقطتين هامتين ذات علاقة بالتقانة الحيوية. الأولى:** كل نوع حي يرتبط بالأنواع الحية الأخرى عن طريق أجداد مشتركة بغض النظر عن درجة الاختلاف التي يبدوان عليها في يومنا هذا. **الثانية:** سجلات النشوء في الماضي موجودة في الحاضر داخل كل كائن حي.

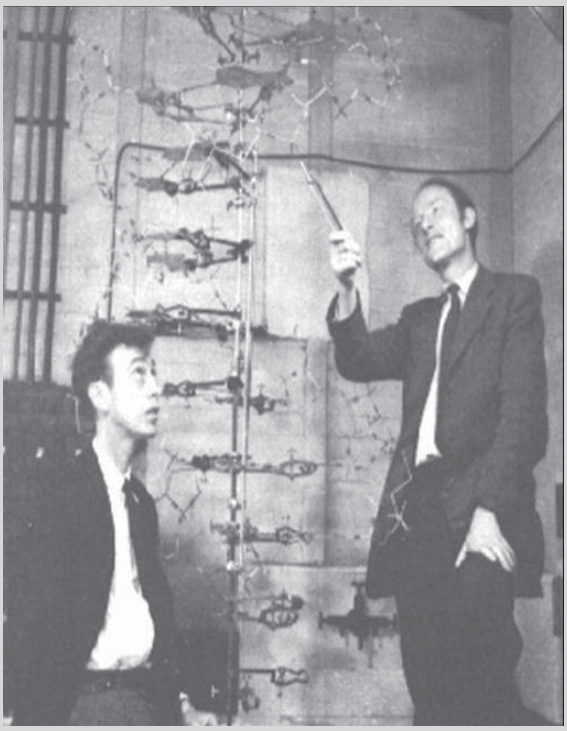
- **1869** اكتشف ميسشر الدنا deoxyribo nucleic acid (DNA)، وهي المادة التي تصنع منها الجينات ولكن لم تعرف أهمية هذه الجينة إلا بعد 75 عاماً.

- **1910** قدم العالم مورغان دليلاً على فرضية أن الجينات يجب أن تتوضّع فيزيائياً على الصبغيات chromosomes من خلال تجاربه على ذبابة الخل.

- **1928** اكتشف العالم غريفيث مبدأ التحويل transforming principle من خلال تجربة شهيرة شملت سلالتين من البكتيريا: سلالة

مُعْدِية (خمجيّة) تسبب الموت و سلالة طافرة غير ضارة. فعندما حقن الفئران بأي من السلالة الطافرة غير المؤذية أو السلالة المعدية والتي تعرضت لدرجات حرارة قاتلة لم يبدُ على الفئران أي أثر ضار، ولكن عندما حقن الفئران بالسلالة غير الضارة مع السلالة المؤذية التي جرى تعريضها لدرجات حرارة قاتلة مات معظم الفئران خلال يومين، وعندما فحص غريفيث دمها وجد بكتيريا مؤذية حية فيه واستنتج أن المادة الوراثية التي تحمل صفة الأذى انتقلت من الخلايا الميتة إلى الخلايا الحية.

- **1941** قام عالما الوراثة بيدل وتاتوم باختراق علمي تم من خلاله الربط التام بين الجينات والأنزيمات بعد سلسلة من الاختبارات على سلالات طافرة من الفطر المسؤول عن عفن الخبز. كل سلالة افتقرت المقدرة على إنتاج أحد المغذيات الأساسية (أحماض أمينية أو فيتامينات) التي تحتاجها الفطريات للنمو الطبيعي، وهذا الافتقار كان ناجماً عن غياب أنزيم أساسي. وبتنمية السلالات المختلفة من الفطر المذكور على أطباق مختلفة تحوي تركيبات مختلفة من المواد المغذية حدد العالمان تماماً أي أنزيم كان غائباً في كل سلالة طافرة، وفي نفس الوقت وجدوا أن كل طفرة وراثية تقع على موقع محدد من صبغي الفطر. وبذلك فإن الإجابة على تساؤلنا ماذا تفعل الجينات، إنما تتمثل في تعليمات لصنع أصناف مختلفة من البروتينات.



- **1944** توصل العالم آفري وزملاؤه بعد أن قضوا عدة سنوات يطحنون البكتيريا وينقون المستخلصات البكتيرية ويضيفون مواد كيماوية حتى توصلوا إلى الدنا بحالة نقية، إلى أن الدنا يجب أن يكون هو حامل المعلومات الوراثية.

- **1953** بنى العالمان واطسون وكريك نموذجاً لجزيء الدنا، وكان بشكل حلزون بسيط نسبياً من شريطين مرتبطين بما يعرف الآن باسم الحلزون المضاعف double helix. ويتألف مسار هذا السُّلَّم من جزيئات متناوبة من السكر والفوسفات ودرجات السُّلَّم التي تجمع الشريطين أحدهما مع الآخر. وهذه الدرجات هي أزواج الأسس (القواعد bases). وأدى هذا الاكتشاف العظيم إلى تغيير مجرى التاريخ وبدأ عصر حديث يعتمد المناولة الوراثية genetic manipulation.

- **1967** تمكن خورانا و نيرينبيرغ بنتيجة أبحاثهما أن يضعا خارطة فك رموز عامة تبيِّن العلاقات بين الراموز الوراثي genetic code والأحماض الأمينية وهذه العلاقات كانت متطابقة في كل الكائنات الحية.

- **1970** اكتشف العلماء أن البكتيريا تحوي أنزيمات تسمى أنزيمات التقييد restriction endonucleases يعتقد أنها نشأت كوسيلة دفاع ضد الفيروسات التي تهاجم عن طريق إرسال دناها (الـ DNA) أو رناها الـ (RNA) إلى الخلية فتقوم البكتيريا بتقطيع الجزيئات الغريبة إلى قطع مما يوقف الإصابة. فكل أنزيم تقييد يتعرّف نقاطاً محددة جداً في جزيء الدنا ويتحدد ذلك بتتالية sequence معيَّنة للنيوكليوتيدات. تقطع الأنزيمات المختلفة تتاليات مختلفة. وقد تم اكتشاف حوالي 800 أنزيم تقييد حتى الآن وكثير منها يتم إنتاجه بشكل روتيني في الشركات التجارية لاستخدامه من قبل الباحثين ومصنعي المنتجات الحيوية. هذا ويستطيع العلماء بوجود أنزيمات التقييد كوسائل قطع ليس فقط إنتاج شدف fragments دنا قياسية، بل وكذلك معرفة تتالية النيوكليوتيدات عند نهاية القطع، وقد ساعدتهم هذه الحقيقة فيما بعد في ربط شدف الدنا بعضها مع بعض.

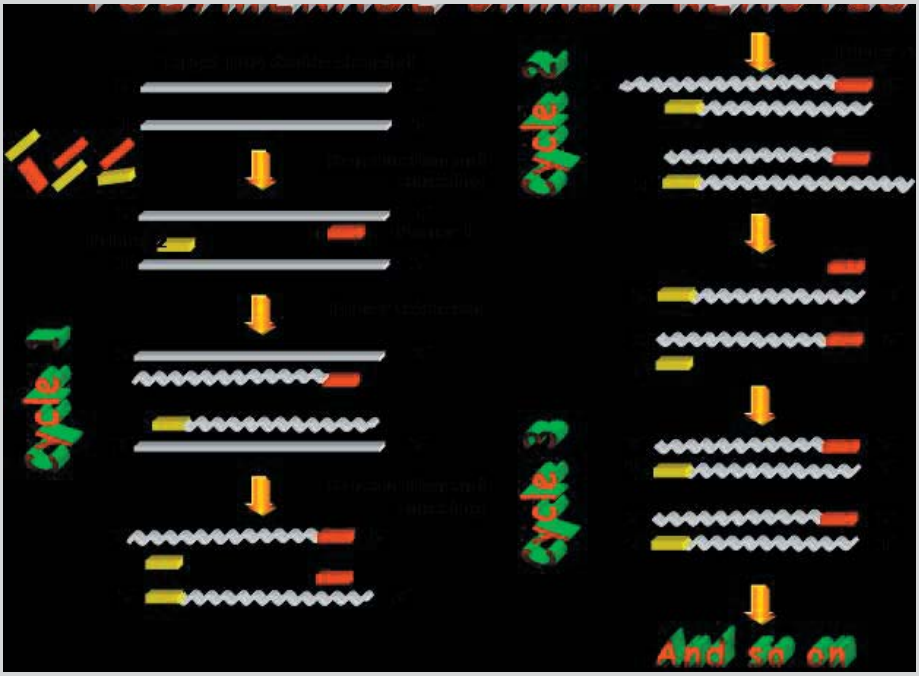
- **1973** تمت أول عملية نقل للجينات من متعضية لأخرى حيث قام عالما الوراثة الأمريكيان بوير وكوهن باستخدام أنزيمات التقييد لقطع بلازميد بكتيري كبير، وفصلا من الشدف الناجمة تلك التي تحوي على جينة المقاومة لمضاد حيوي. لقد استخدما نفس أنزيم التقييد لقطع دنا من الضفدع الأفريقي ثم مزجا شدف الدنا الناجمة مع الجينة الحاوية على شدف البلازميد. بعد إتاحة بعض الوقت للشدف المقطعة لأن تجتمع، أضافا الخلايا البكتيرية للمزيج. فيما بعد عزلا خلايا البكتيريا التي أظهرت مقاومة للمضاد الحيوي (أي تلك التي أخذت شدف البلازميد). وفي الاختبارات التالية وجدا أن بعض هذه الخلايا البكتيرية تحوي أيضا دنا الضفدع مرتبطة إلى لولب البلازميد، وبذلك أنتجا خلايا بكتيرية تحوي جينات ضفدع. وهذه الطريقة هي الآن الطريقة القياسية للحصول على بكتيريا مهندسة وراثيا.

– طور جيفري في بداية السبعينيات التبصيم الدناوي DNA fingerprinting وهي معروفة أيضاً بالتنميط الدناوي DNA profiling وتعتمد العملية على حقيقة أن المسافة بين مواقع القطع الناجمة عن استخدام أنزيمات التقييد على شريط الدنا تختلف بين شخص وآخر وهذه

التقنية يسمع عنها المرء كثيراً في حالات الكشف عن الجرائم.

- 1983 اكتشف كاري موليس أكثر الوسائل الحالية شيوعاً في التقانة الحيوية تحت اسم PCR وهي الحروف الأولى لـ polymerase chain reaction الذي يعني التفاعل السلسلي للبوليميراز. يستخدم دورة تسخين–تبريد، فهو يسخن الدنا ويذيبه حتى ينفصل شريطاه أحدهما عن الآخر، ثم يبرده ويترك كل شريط يبني شريطاً متمماً له ثم يسخن مرة ثانية ويفصل وهكذا يتضاعف الدنا كل مرة. والبوليميرازات هي صف من الأنزيمات المسؤولة عن بناء شرائط جديدة من الدنا والرنا وبذلك يمكن أن تنتج ملايين من الشدف بعد عدد من الدورات يتراوح بين 20 و 40 دورة وانطلاقاً من عينة دنا صغيرة. يستخرج بوليميراز الدنا من بكتيريا تعيش في الينابيع الحارة. وهي من بين عدد قليل من الأنزيمات التي تستطيع أن تعمل في درجات حرارة عالية (قريبة من الغليان) ونحتاجها في فصل جزيئات الدنا عن بعضها. وفي ذلك تذكرة أخرى **بأن التقانة الحيوية تستعير وسائلها من الطبيعة بالرغم من أن العديد من الناس يظنون أن هذه الوسائل غير طبيعية**. وقد نال موليس جائزة نوبل عن هذا الاكتشاف عام 1993 الذي سرعان ما وجدت له استخدامات عديدة نذكر منها على سبيل المثال لا الحصر:

* الكشف عن بعض الأمراض الفيروسية قبل ظهور الأعراض.
* تحاليل جينية من دم امرأة حامل أو من بعض الخلايا الجنينية دون أن تزعج الجنين.
* في الكشف عن الجرائم لتضخيم عينات صغيرة جداً مثل اللعاب الموجود خلف الطابع، وإنشاء بصمة دنا لأفراد موقع الجريمة.
* الكشف عن درجة العلاقات الوراثية بين الأنواع والطرز الوراثية والبصمة الوراثية للأفراد.
* دراسة نشوء وتطور الأمراض باستخدام شدف دنا من المومياءات.
* في الصناعات الغذائية حيث يمكن أن يأخذ مراقبو الغذاء عينات من الهمبرغر أو النقانق ويعرفوا لحم الحيوان الذي استخدم في تصنيعها (إذا كان هناك لحم حصان؟) أو للكشف من نقطة نبيذ عن أي صنف من العنب استخدم لتصنيعه.



- 1984 فاز كل من كوهلر ومايلستين بجائزة نوبل نتيجة لتطويرهما الأجسام المضادة الوحيدة النسيلة التي ربما تكون أهم المنتجات الناجمة عن تقانة التهجين. الأجسام المضادة (الأضداد antibodies) هي بروتينات تنتج من خلايا دم بيضاء خاصة لمقاومة الالتهاب (الإصابة) ويختص كل جسم مضاد بجزيء غريب يهاجم الجسم مثل البكتيريا أو الفيروسات وهو يعطل الغزاة بالتصاقه بهم.

من الواضح أنه إذا أمكن إنتاج الأجسام المضادة في المخبر بكميات كبيرة فإن ذلك سيعود بقيمة كبيرة للطب. ولكن هذه الإمكانية كانت دائما محدودة، بسبب حقيقة كون خلايا الدم البيضاء لا تستطيع البقاء لفترة طويلة خارج الجسم. للتغلب على هذه المشكلة أقنع كوهلر ومايلستين بعض خلايا الدم البيضاء لتندمج مع خلايا سرطانية مأخوذة من أورام. الاندماج ليس شيئا تعمله الخلايا عادة ولكن يمكن تحفيزه باستخدام بعض الكيماويات أو الفيروسات أو كما هو شائع اليوم بوضع الخلايا مع بعضها في حقل كهربائي ذي تردد عالي. الخلايا الهجينة الناتجة بهذه الطريقة hybridoma تتكاثر وتقوم بتزويد مستمر من الأجسام المضادة وتسمى أحادية النسيلة لأنها ترجع جميعاً إلى خلية أصلية واحدة.

تعتمد معظم التقانات العملية للتقانة الحيوية على الخصائص الطبيعية للخلايا والجينات والأنزيمات التي اكتشفها الباحثون وطوعوها حسب أغراضهم. تركزت معظم الأبحاث الأساسية التي أدت إلى تطور التقانة الحيوية على البكتيريا التي لا تزال تلعب دوراً مركزياً في العديد من مناحي التقانة الحيوية.

لماذا البكتيريا؟

لأسباب عديدة نذكر منها أنها أكثر المتعضيات الحية الوحيدة الخلية على سطح الأرض ويسهل الاحتفاظ بها ورخيصة الكلفة وتتكاثر بسرعة حيث تتضاعف بالوزن بعد 20 دقيقة عند توافر الظروف المناسبة. ويؤدي هذا للحصول السريع على أنسال من البكتيريا المعدلة وراثياً، بحيث يجعل الحصول على الهرمونات والمضادات الفيروسية والأنزيمات واللقاحات والمنتجات الأخرى في متناول اليد. وفي المخبر يعطي التحول بين الأجيال الباحثين كمية كبيرة من البيانات لتحليل التغيرات الوراثية. والأكثر أهمية من أعدادها هو تنوعها الهائل فهناك أكثر من 10000 نوع مختلف منها منتشر عملياً في كل البيئات الموجودة على كوكب الأرض: في التربة والماء، في قاع المحيط وأعلى قمم الجبال، في الجليد والينابيع الحارة وفي داخل كل الكائنات الحية الأكبر منها وعليها كذلك.

يعكس وجود البكتيريا في كل مكان التنوع الهائل والمعقد لاستقلابها وكيميائها الداخلية. لا يمكن الحكم على العديد من الأنواع البكتيرية من المظهر الخارجي وإنما من التحويرات الكيميائية التي تنتجها في خلاياها. لكي نتصور حجم التنوع في عالم البكتيريا، فإنه قد تكون خلايا جسم الإنسان أكثر شبهاً لخلايا البطاطا أو سمك القرش من قرابة أحد أنواع البكتيريا إلى نوع بكتيري آخر. هذا التنوع في العمليات الاستقلابية هو سبب آخر لجعل علماء التقانة الحيوية يهتمون بها كثيراً.

يكمن الفرق الرئيسي بين البكتيريا وكل صيغ الحياة الأخرى في الطريقة التي ينظم فيها الدنا داخل الخلية. يوجد معظم الدنا في النباتات والحيوانات والكائنات الحية الدقيقة عدا البكتيريا في الصبغيات داخل النواة بينما في البكتيريا لا يوجد نواة. تسمى بدائيات النوى prokaryotes من الكلمات اليونانية التي تعني قبل النواة (أما الكائنات الحية الأخرى فتدعى حقيقيات النواة eukaryotes). يوجد دنا البكتيريا على صبغي وحيد بشكل لولب كبير مغلق كما يوجد أيضاً في عدد كبير من الخلايا البكتيرية عدد قليل من حلقات الدنا الصغيرة تسمى بلازميدات plasmids. وهذه الحلقات من المادة الوراثية تنتقل بسهولة من خلية إلى أخرى معطية العلماء وسيلة هامة لنقل الجينات بين الأنواع الحية.

يحصل انتقال الجينات بشكل طبيعي بين البكتيريا بأشكال عديدة ويسمى أحدها التحوير transformation، حيث ينتقل الدنا من الخلايا البكتيرية إلى الوسط المحيط، ثم يدخل ويندمج في دنا الخلايا المجاورة. الطريقة الأخرى لنقل الدنا عن طريق الفيروسات التي تستطيع جمع أجزاء من دنا البكتيريا مع الدنا الخاص بها وتحمل الفيروسات الدنا الغريب من نوع بكتيري إلى آخر عندما تصيب خلايا أكثر. لقد استغل الباحثون هذه الاستراتيجيات المستخدمة في المعارك بين الفيروسات والبكتيريا لتطوير طريقة لعمل الدنا المؤشب recombinant DNA (أي الدنا الجديد الذي يصنع بضم شدف دنا من مصادر مختلفة).

الفيروسات أول مهندسات وراثية

الفيروسات كائنات تقع على الحدود بين الكائنات الحية والجمادات، فهي ليست سوى جزيئات من الدنا أو الرنا موجودة ضمن غلاف بروتيني للحماية. تشابه الخلايا في وجود تعليمات لصنع نسخ جديدة منها ولكنها تختلف عن الكائنات الحية في افتقارها الآليات البيوكيميائية اللازمة لتكاثرها.

لا تستطيع الفيروسات اذا ما تركت لوحدها عمل أي شيء، فهي يمكن أن تبقى كما هي عليه دون تغيير لعدة سنوات، خاملة كوعاء مليء بالفقاعات. ولكي تتكاثر يجب عليها خطف الجهاز الاستقلابي metabolic apparatus لخلية حية بحيث تحوله كي يصنع فيروسات جديدة وغالباً ما تُقْتَل الخلية أثناء هذه العملية.

تسمى الفيروسات التي تقود الخلايا البكتيرية البلاعم bacteriophage وهذه تستقر على الخلية المضيفة و تدخل شرائط الدنا الخاصة بها تاركة وراءها الغلاف البروتيني الذي لم يعد له أي دور على سطح البكتيريا. يكون الفيروس في البداية داخل الخلية المضيفة فقط شريطاً أعزل من الدنا ثم يوجه الخلية البكتيرية لبناء أجزاء أخرى من الفيروس: سواء من الدنا أو من الغلاف البروتيني ثم تتمزق الخلية وتنتشر في المحيط الفيروسات الناجمة من الجيل الجديد. ينظر للفيروسات على أنها أول مهندسات وراثية وذلك لمقدرتها على تعديل خلايا الأنواع الأخرى لتتبع تعليماتها الوراثية الخاصة بها. تعلم العلماء من هذه المهارات في بعض تجاربهم الأولية على الدنا المؤشب باستعمالهم البلاعم لتهريب الدنا المؤشب إلى داخل الخلايا البكتيرية. أول ما يحتاج المرء لصنع الدنا المؤشب هو إيجاد شدف دنا

صغيرة. فالعلماء لا يحتاجون كامل الجزيء، فبالنهاية هم مهتمون فقط بجزء صغير يحمل الجينة التي تهمهم. كانت تُفتّت جزيئات الدنا في البداية عن طريق هزها بموجات صوتية ذات تكرارية عالية ولكن الشدف التي كانت تنجم بهذه الطريقة كانت تتفتت بشكل عشوائي وفي أحجام متشابهة إلى أن اكتشفت أنزيمات التقييد.

صنع الدنا المؤشب

لا يكون القطع الذي تقوم به أنزيمات التقييد في تتالية نيوكليوتيدية محددة عادة بشكل متقابل على شريطي الدنا. وإنما يكون بشكل ذيل من شريط مفرد لأسس bases غير مزدوجة. ويمكن أن تجتمع أي شدفتي دنا مُقَطَّعَة بنفس أنزيم التقييد مع بعضها بسبب وجود تتالي مكمل على الشريط الثاني (تسمى غالباً بالنهايات اللاصقة). وهذا صحيح بغض النظر عن مصدر الدنا، وبذلك فإن شدفة من دنا الفأر مثلا يمكن أن تُلصق إلى شدفة من دنا فيل مقطعة بنفس أنزيم التقييد. ترتبط الشدف المتطابقة من الدنا بعضها مع بعض إذا ازدوجت الأسس المكملة في النهايات اللاصقة. ولكن هذه الروابط تكون ضعيفة نسبياً ويمكن أن تنكسر بسهولة عند تعريضها للحرارة، لذلك يستخدم أنزيم الليغاز (أنزيم اللصق) لتمتين عملية الربط. وهذه الأنزيمات الأخيرة هي مجموعة أخرى من الأنزيمات التي توجد بشكل طبيعي وتُنْتَج من الخلايا لمساعدة تمثيل الدنا و إصلاح الضرر الثانوي للجزيء.

إدخال الجينات الجديدة في الخلايا

يصنع الدنا المؤشب Recombinant DNA عادة لإدخال تسلسل جديد إلى الأنواع عندما لا يحدث ذلك بشكل طبيعي ويشمل التسلسل المدخل على جينة تعديل الخلية المضيفة بطريقة ما مثل إدخال جينة تنتج مركب مضاد للفيروسات إلى البكتيريا لتصبح قادرة على تصنيع هذا المركب للأغراض الطبية. ويكمن التحدي هنا في إدخال الدنا المأشوب إلى الخلايا المضيفة دون أن يضر بوظائفها العادية. وهنا يأتي دور البلازميدات والبلاعم فكل ما يجب على الباحث عمله هو قطع الدنا المطلوب ووضعه في أحد هذه الناقلات (عوامل النقل) التي تحدث طبيعياً ثم إطلاق هذه الناقلات ذات الدنا المأشوب في مزرعة بكتيرية و تركها تقوم بباقي العملية. يعتبر إدخال الدنا المأشوب إلى البكتيريا طريقة بسيطة لتنسيل الجينات وذلك لأن الحصول على قطعة أو اثنتين من الدنا المأشوب لا تعني شيئا إذا كان الهدف الحصول على كميات كبيرة من الجينة وهذه تحتاج نسخاً متماثلة من الجينة في ملايين الخلايا. والطريقة الأسهل للحصول على ذلك هو هندسة الجينة في عدة خلايا وترك الخلايا لتتكاثر بحيث تتضاعف الجينة مع دنا الخلية في كل مرة تنقسم فيها الخلية.

تعبير الجينة

تحوي كل خلية في جسمنا نفس الجينات و لكن الخلايا ليست متشابهة وذلك لأن الإمكانية الوراثية genetic potential ليست المصير الوراثي genetic fate. فكل خلية تحوي عدداً أكبر من الجينات التي تحتاجها ولا يتفعل turned on إلاّ جزء من الخلايا أو يعبر عنه expressed في أي وقت، مما يجعل من خلية ما خلية قلب ومن أخرى خلية دماغ، لذلك فإن فهم آلية التعبير الوراثي يعتبر مهماً جداً للتحكم بنتائج الهندسة الوراثية.

يُفعّل بعض الجينات في البكتيريا و يُقْفَل بعضها الآخر حسب الظروف التي تنمو فيها الكائنات الدقيقة. على سبيل المثال يمكن أن تستخدم الإيشريكية القولونية E.cloi أيّاً من السكّرَيْن اللاكتوز أو الغلوكوز، ويتضمن إنتاج أنزيميهما في جيناتهما. ولأن هضم اللاكتوز يحتاج أنزيماً إضافياً فإن البكتيريا تُحوِّلُ جيناتها لإنتاج هذا الأنزيم الإضافي عندما ينفد الغلوكوز فقط وبهذا الربط بين تعبير الجينة والبيئة فإن البكتيريا لا تُضيِّعُ طاقة في صنع مواد لا تحتاجها.

إن التحكم في تعبير الجينة في المتعضيات العديدة الخلايا أكثر تعقيداً بكثير ويبقى حتى الآن غير مفهوم تماماً. ففي العنقود من الخلايا غير المتمايزة التي تشكل الجنين بعد الإخصاب يجب أن يبدأ عدد من الجينات بسرعة في التعبير عن نفسه لإنتاج أنسجة وأعضاء جسمية. ويمكن أن تتشغّل أو تنطفئ جينات الخلايا في نسيج أو عضو معين في أوقات مختلفة أثناء النمو. فمثلاً لا تُفَعِّل خلايا الخصيتين أو المبيضين الجينات المسؤولة عن إنتاج الهرمونات الجنسية إلاّ حين تبلغ المتعضية مرحلة البلوغ الجنسي.

تشمل آليات تعديل تعبير الجينة مجموعات من الجينات تسمى جينات التنظيم regulator genes. وعلى عكس الجينات البنيوية structural genes، فإن جينات التنظيم لا تُكوِّد encode أي أنزيمات أو بروتينات أخرى. إن وظيفتها إما تنشيط أو تثبيط مسلسل الحوادث التي يتم من خلالها ترجمة الجينة البنيوية إلى منتج. وتتوضع مناطق التنشيط promoter regions بجانب الجينات البنيوية على شريطة الدنا. عندما يريد مهندسو الوراثة نقل جينة لصنع منتج ما يجب أن يدخلوا أيضاً المفاتيح التي تتحكم في تعبير الجينة بالإضافة إلى الجينات نفسها.

تنسيل النباتات والحيوانات و الخلايا

يكون النبات الذي ينمو من فَسْل cutting بعد وضعه في أصيص به تربة مماثلاً وراثياً لذلك الذي أُخذَ منه ذلك الفَسْل وهذا يسمى استنسال cloning. ويكون تطور النبات ممكناً لأن كل خلية في حافة القطع لها المقدرة الوراثية لأن تتطور إلى أي نسيج نباتي لتشكيل نبات كامل. اكتشف الباحثون في نهاية الخمسينيات أن النباتات الكاملة يمكن أن تتشكل ابتداء من خلايا فردية. يبدو أن الخلايا النباتية تحتفظ بمقدرتها للتعبير عن أي من جيناتها وبذلك تكرر العملية التطورية من الخلية المفردة إلى النبات الكامل. بديهيٌّ أن عدد الخلايا التي يُستطاع أخذها من النبات هو أكثر بكثير من عدد الفسلات وهذا يوفر الإمكانية للتطوير السريع لسلالات جديدة من المحاصيل أو الأشجار من نبات مفرد يحمل صفات مرغوبة.

أما في الحيوانات، فقد تمّ إثبات المقدرة الفائقة لأي خلية جسمية لأن تعطي متعضية متماثلة كاملة جديدة في عدة أنواع حية بطريقة مسماة الاغتراس النووي nuclear transplanting. وتتضمن هذه الطريقة إلغاء النواة في خلية البيضة وتعويضها بنواة مأخوذة من خلية أخرى (مثلاً خلية البشرة) من فرد آخر. تتطور الخلية التي تحوي النواة المغترسة إلى متعضية كاملة مماثلة لتلك التي أخذت منها نواة خلية البشرة، وقد استخدمت هذه الطريقة لاستنسال ضفادع وفئران. يحدث استنسال الخلايا طبيعياً كلما تنقسم الخلية إلى اثنتين حيث ينقسم معظم الخلايا عدداً من المرات ثم يموت. ويكون عدد الأجيال الناتج محدداً وراثياً لكن الخلايا السرطانية حالة خاصة حيث يبدو أنها فقدت قدرتها على التحكم في الانقسام فتستمر في الانقسام ونَسْخِ ذاتها بشكل لانهائي.

يبدو أن الأصل في هذا يرجع إلى طفرة تؤثر على جينات التنظيم، جاعلة الخلايا السرطانية غير قابلة للموت، حيث بقيت الجينات المسؤولة عن تنظيم الانقسام الخلوي في حالة تشغيل دائم on. ويحوي عدد من الخلايا السرطانية أيضاً جينات متخصصة بإحداث أورام oncogenes وهي تترافق مع التكاثر غير المضبوط للخلايا الذي ينتج نمواً ورمياً. استخدم العلماء خاصية الخلايا السرطانية في النمو غير القابل للتوقف بجمع الخلايا السرطانية مع خلايا أخرى لصنع منتجات مرغوبة. جمعت الخلايا الهجينة الناجمة من مثل هذا التزاوج بين خاصية الخلايا السرطانية بالتكاثر اللانهائي وخاصية الخلايا الشريكة في إنتاج أنزيمات أو هرمونات أو أي شيء مختار آخر. تسمى مستنبتات مثل هذه الخلايا المدمجة أوراماً هجينة hybridomas وتستخدم لإنتاج كميات كبيرة من البروتينات القيّمة.

بالرغم من أن الأجسام المضادة وحيدة النسيلة طورت أساساً لاستخدامها في الطب، لكنها وجدت تطبيقات عديدة فيما بعد كوسائل للبحث الدقيق وإيجاد الحل، فبتصميمها كي تلصق نفسها على نموذج واحد من الجزيئات تكتسب الأجسام المضادة مقدرة لأن تتوضع وأن تعلّم أي جزيء في أية خلائط معقدة. وهذه الميزة تجعلها ذات فائدة كبيرة لاستعمالات عديدة مثل مراقبة بعض المواد الخاصة وتصنيع الأدوية وتشخيص ومعالجة بعض الأمراض. فمثلاً يمكن استخدام الأجسام المضادة الوحيدة النسيلة الموجهة للخلايا السرطانية لكشف السرطان قبل أن تظهر أعراضه. ويمكن أن تتسلّح نفس الأجسام المضادة بالأدوية التي تحملها بشكل مباشر إلى الخلايا السرطانية وأن تقتلها دون أن تؤذي الخلايا الأخرى في الجسم.

لماذا نحتاج التقانة الحيوية؟

تَعِدُ التقانة الحيوية بثورة تقنية ضخمة استناداً إلى التقدم الكبير في علوم الحياة، فهي تمتلك القوة لجلب تغييرات أساسية في مجال واسع من الحقول ولتقديم حلول لمشاكل كانت مستحيلة الحل. وبالتالي سيكون لها تأثير مباشر على مجمل حياة الإنسان: الصحة (أدوية المعالجة والوقاية) والغذاء (ماذا نشرب ونأكل) وأنماط الحياة (البيئة ونظم الطاقة). وبالرغم من كل التقدم في العلوم والتكنولوجيا خلال القرن العشرين فهناك عدد كبير من القضايا والتحديات في هذه المجالات التي لم يتم التعرض لها والتي يمكن للتقانة الحيوية أن تعالج أو تحل العديد منها.

– تُحسِّن التقانة الحيوية بشكل جذري صحة الإنسان وتطيل عمره: ستساهم التقانة الحيوية بشكل كبير في منع الأمراض ومعالجتها وفي المحافظة على الصحة الجيدة. فعلى سبيل المثال إن تصنيع الأدوية استناداً إلى المعلومات المتوافرة عن الجينوم البشري سيعطي مدى واسعاً من المعالجات مع أعراض جانبية بالحد الأدنى. كما يمكن توقع أن تطيل أدوية التقانة الحيوية من فترة عمر الإنسان ومن نوعية الحياة. وستخفض هذه الثورة من تكاليف العلاج، وهذا ما لم تستطع التقانات التقليدية القيام به حتى الآن، مما يعني إمكانية تطبيق الموارد الطبية بشكل مناسب وفعال أكثر من ذي قبل.

– تُحسِّن التقانة الحيوية من الموارد الغذائية: ستتجاوز التقانة الحيوية المشاكل التي واجهتنا لتحسين المنتجات الغذائية وتقنيات الزراعة من حيث قدرتها على إنتاج غذاء جديد قليل التكلفة وعالي القيمة الغذائية ولذيذ الطعم. كما أنها تسمح لنا بتطوير واختبار تقنيات جديدة تقدم طرقاً بسيطة وموثوقة مما يعطي ضمانات حول قضيتين هامتين للمواطن وهما نوعية الغذاء والأمان.

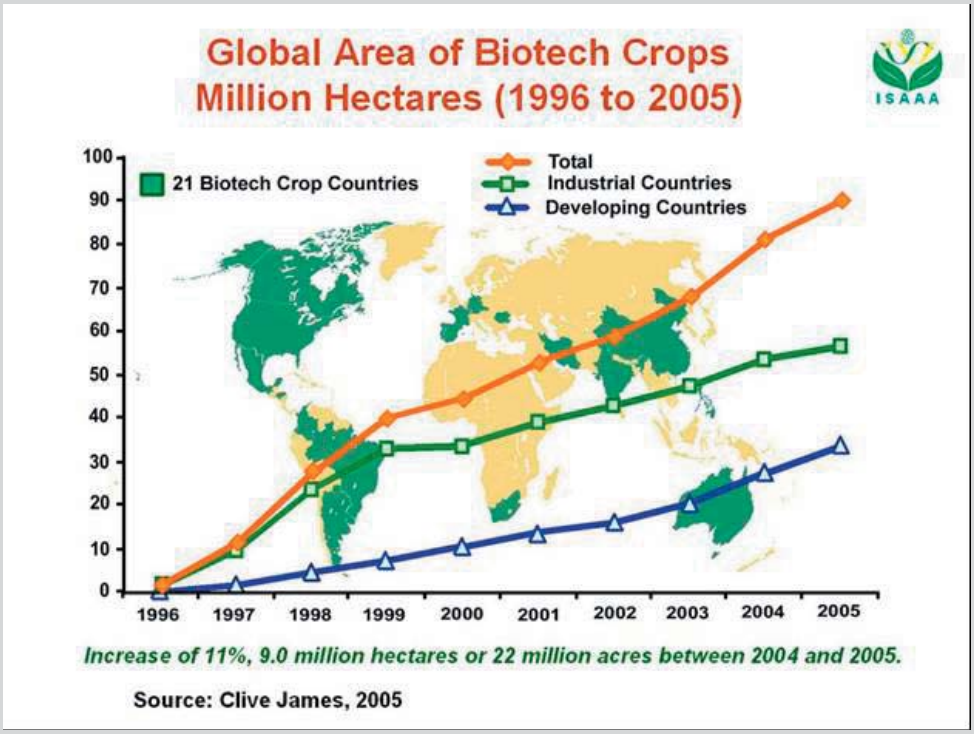
– ستقود التقانة الحيوية إلى ثورة في موارد البيئة والطاقة: إن التقانات التي تستخدم المعالجات البيولوجية والكتل البيولوجية ستشهد تحسينات ونتوقع أن تقدم لنا التقانة الحيوية مصادر طاقة صديقة للبيئة بالاعتماد على طاقة الكتل البيولوجية والمنتجات الحيوية حال نضوب الوقود الأحفوري الذي من المتوقع ألا يستمر طويلاً. وهناك منافسة شديدة بين الدول في مجال التقانة الحيوية بسبب إمكانية حدوث تقدم تقني كبير، ولذلك فإن العديد من البلدان تُروِّج لإمكانياتها التقنية.

– تأثير التقانة على الاقتصاد الوطني: عند تطبيق التقانة الحيوية ستظهر صناعات جديدة وستضاف حقول عديدة في عدة مجالات مثل الصناعات الدوائية التي ستتعرض قاعدتها التقنية لتغييرات، كما أن للتقانة دوراً ممكناً في تغيير الطريقة التي نفكر فيها حول التصنيع والإنتاج .

– تخلق التقانة الحيوية صناعات وفرص عمل جديدة: إن الصناعات المرتبطة بالتقانة تعتمد على المعرفة وزيادة الموارد ويكون تطورها الأكبر في البلدان التي تراكم موارد تقنية كبيرة. وبما أنها صناعات ذات قيمة مضافة فإن ذلك يعني إمكانية كبيرة لخلق فرص عمل جديدة. وحتى مع توافر تكنولوجيا ممتازة فإنه يصعب تأمين إنتاج واسع للتطبيقات العملية في الصناعة إلا بوجود عوامل أمان حيوي لمنتجات الأغذية والدواء ونشر النباتات والحيوانات والمتعضيات في البيئة. وبالتالي لا يمكن الاستغناء عن ضمان الأمان ومنع الآثار السلبية على الصحة والبيئة.

المواضيع التي تقدمها التقانة الحيوية للقطاع الزراعي

يعتبر استخدام المحاصيل المحورة جينياً نموذجاً للاستخدام الكبير للتقانة الحيوية الزراعية، ففي العام 2005 زُرع رسمياً 90 مليون هكتار من محاصيل التقانة من قبل 8.5 مليون مزارع في 21 بلداً، وشملت المحاصيل المحورة فول الصويا والذرة والقطن والكانولا والاسكواش والبابايا والرز. وتميز التعديل الوراثي لهذه المحاصيل بأنه شمل جينة بسيطة واحدة، وأشهر مثال هنا هو مقاومة الحشرات باستخدام بروتين تنتجه بكتيريا Bt وهي بكتيريا توجد في التربة وتفرز مادة بروتينية تؤدي إلى تسمم بعض الحشرات.



لكن دور التقانة الحيوية الزراعية يمتد ليشمل مواضيع عديدة أخرى ليس لها علاقة بالتحوير الوراثي الذي يحظى بالرقم واحد في الجدال الدائر حول مزايا وعيوب التقانة الحيوية ونذكر منها:

– التقليل من استخدام المبيدات الصنعية والاعتماد على المبيدات الحيوية، وبالتالي الحد من تلوث البيئة.

– التقليل من استخدام الأسمدة الكيميائية والاعتماد على إدارة الموارد المستدامة والتحسين الوراثي.

– تحقيق زيادة إنتاجية الحيوانات الزراعية من خلال التحسين الوراثي وتحسين النسل وتحسين الصحة.
– تحسين العلف بتعزيز الغذاء وذلك بإضافة مساعدات حيوية تحسن صحة الحيوان وتحسن من نوعية منتجاته كالبيض والحليب.
– الكشف المبكر عن الأمراض التي تنتقل بين الحيوانات وتطوير لقاحات محورة لأمراض الدواجن.

كما أنها تحقق مزايا عديدة في برامج التربية مقارنة مع الطرائق التقليدية مثل:

– المؤشرات الجزيئية والمصفوفات الميكروية للـ DNA والكشف عن الأليلات allels التي تستخدم لتحديد الجينات ودراسة التنوع الجيني.
– الانتخاب بمساعدة المؤشرات الجزيئية لتسريع الحصول على الأصناف.
– مضاعفة الصيغة الصبغية لتسريع الحصول على مجاميع متماثلة جينياً.
– إحداث الاختلافات الجسمية مع الانتخاب بالزجاج لإنتاج نباتات ذات صفات مرغوبة.
– دمج البروتوبلاست لتربية آباء غير متوافقة جنسياً.
– الهندسة الوراثية لإدخال جينات محددة إلى الجينوم.

إلى أين اليوم؟ ... تشكل التقانة الحيوية ميداناً تجارياً واسعاً في العالم الصناعي. وعلى الرغم من أن المشاغل حيال الأمن الغذائي والبيئي قد أبطأت اعتماد المنتجات المحورة جينياً في بعض البلدان، إلا أن قدرتها الكامنة الظاهرية غير المحدودة للتطبيق المستقبلي التي توازيها أنظمة الملكية الفكرية المدعمة والأوسع مدى رجّحت كفة ميزان الاستثمارات بشكل كبير لصالح القطاع الخاص وبالتالي لصالح السوق العالمية للسلع.

وفي المجال الطبي لم يعد ممكناً تصور حياتنا دون الحاجة للتقانات الحيوية التي تشمل تطبيقاتها كل نواحي الحياة. فقد تم اكتشاف كامل الذخيرة الجينية لعرقنا البشري ويجري تحديد الجينات والبنى البروتينية المتغيرة في الأمراض الوراثية البشرية. وتم تصنيع بروتينات سليمة قدمت لمرضى لديهم عوز في هذه المركبات أمكن معها السيطرة على عواقب المرض (أنزيمات مختلفة، الأنسولين، عقار الكليفاك، الانترفيرون وغيرها). والعالم في سباق دائم من أجل تصنيع المركبات الحيوية ذات العلاقات التشخيصية (مسابرُ كشفٍ وأضداد)، والعلاجية (عقارات حيوية) ووضعها في الأسواق العالمية لإفادة البشرية من الإنجازات الهائلة للتقانات الحيوية في المجال الطبي.

وتمت في بعض البلدان النامية اليوم استثمارات كبيرة في ميدان التقنية الحيوية والكائنات المحورة وراثيا، إلا أن التقنيات والمنتجات لا تراعي على نحو كافٍ حاجات المزارعين من أصحاب الدخل المنخفض. ومن هنا فمن المرجح أن يكون أهم المستفيدين في هذا الميدان كبار المزارعين وشركات البذور الخاصة والمساهمين في التعاونيات الدولية والمستفيدين الآخرين من الكائنات المحورة وراثياً. وعلى المدى البعيد، قد تعطي التقانة الحيوية بدائل مهمة في العديد من الأقاليم التي ستكون فيها الزراعة عصب الاقتصاد في المستقبل المنظور. ترتبط بالتقانة عدة عوامل قد تحدُّ من انتشارها ومنها، كما ذكرنا، حقوق الملكية الفكرية وتلك المتعلقة بالنواحي الأخلاقية. فعلى سبيل المثال، يمكن للماعز والأغنام إنتاج مواد صيدلانية أو مواد كيمائية أخرى في الحليب! وهذا يطرح في الوقت الراهن مشاكل فنية وأخلاقية –حيث أنها تعني حصول تغيّر بيولوجي في تكوين هذه الحيوانات– لكنها ستساعد تلك المناطق بلا شك في الحصول على إنتاج ذي قيمة عالية جداً للوحدة المنتَجة. إنّ الشريحة الأكبر من الجمهور لا تتقبّل بالطبع حالياً هذا الأسلوب في العمل، رغم تقبلهم استخدام التقانة الحيوية لأغراض طبية.

وفي المستقبل ستبقى المشاكل المتمثلة بزيادة إنتاج الغذاء وزيادة نوعية الغذاء وزيادة إنتاج الألياف والزيوت وغيرها تشكل تحدياً لإيجاد الحلول لها، ولزيادة إنتاج الغذاء يتوجه البحث إلى: تطوير أصناف مقاومة للإجهادات الحيوية واللاحيوية وتحسين إنتاجية المحاصيل وتطوير أصناف ذات مردودية عالية مع قليل من الإضافات. وسيتم تحوير أصناف باستخدام جينات عدة ولذلك ستُعطى مثل هذه التقنيات اهتماماً أكبر. وستعطى أهمية كبيرة لتحسين النوعية الغذائية مثل تحسين محتوى البروتين للنجيليات والمحاصيل الدرنية ورفع محتوى حمض الأوليك والأحماض الدهنية المشبعة في المحاصيل الزيتية وتخفيض محتوى العوامل المهيجة والتغذوية في الحليب. وبالتالي فإن البحث حول مسارات التمثيل الحيوي والفعالية الأنزيمية سيكون ذا أهمية كبيرة. وتبعاً لذلك فإنه يجب التركيز على الأمان الحيوي وأمان الأغذية لمنتجات التقانة الحيوية، كما يجب الاستمرار في دراسة المخاطر البيئية والأخطار على الإنسان جراء استخدام منتجات التقانة الحيوية.

إن قدرة التقانة الحيوية تتعدى الغذاء لتصل إلى تطوير البلاستيك الذي يتحلل وبعض الألياف من الحليب والمؤشرات النباتية لكشف وضبط المواد السامة في البيئة وإنتاج اللقاحات والأدوية الطبية من خلال المحاصيل المحورة. ومن المتوقع تطوير نباتات محورة لقمع الاستجابة للمناعة الذاتية لمرضى السكر اعتماداً على الأنسولين وأمراض البشرة.

قضايا تهم توعية الجمهور ونظرتهم للأغذية المحورة

عبّر المستهلكون من دول العالم المختلفة عن قلقهم فيما يتعلق باستخدام المتعضيات المحورة وراثياً في الزراعة والغذاء. وقد نشأ جدل في أوربا بشأن التقانة الحيوية الزراعية، مما كان له تأثير على وضع المحاصيل والأغذية المحوّرة على الصعيد التجاري. وقد ظهر القلق حول كافة وسائل التقانة الحيوية التي يمكن أن تؤثر في فهم الجمهور لاستهلاك هذه المنتجات. وقد أشار البعض إلى الحاجة لتحليل رأي الجمهور فيما يتعلق بتطبيق التقانة الحيوية على الثمار، وكان الهدف تطوير استراتيجية للقيام بحملة توعية للمستهلك، واستعراض وجهة نظر الجمهور نحو الـ GMOs في بلدان العالم المختلفة والتركيز على العوامل المؤثرة على وجهات النظر هذه.

مراجعة للبحث التجريبي حول فهم الجمهور للمخاطر التقنية

أظهرت النتائج حول فهم الجمهور للمخاطر وجود نقطتين هامتين: **الأولى** تقدير عدد حالات الوفاة الناجمة عن خطر محدد مقارنة مع المعدلات العادية. **الثانية** الأبعاد الأخرى الكيفية في تقديرهم للمخاطر وقد تم تعريف وقياس 10 عوامل نوعية، تشمل:

- الطوعية: هل أعرض نفسي طواعية لهذا الخطر أم أنه يُفرض علي؟
- التحكُّم: هل بإمكاني التحكم بالتعرض لهذا الخطر أم لا؟
- المعرفة لهذا التعرض: هل هذا الخطر معروف للناس الذين يتعرضون إليه أم لا؟
- المعرفة العلمية: هل هذا التعرض معروف بشكل جيد للعلماء أم لا؟
- الرؤية: هل أستطيع أن أتحسس هذا الخطر مباشرة بحواسي أم لا؟
- العدالة: هل الناس المعرضون لهذا الخطر هم نفسهم الذين ينتفعون منه؟
- آني أم مؤجل: هل العواقب السلبية آنية أم مؤجلة؟
- حجم المصيبة: هل سيتأثر عدد كبير من الناس مباشرة من حادث واحد؟
- الشدة: كم تبلغ شدة العواقب؟
- عدد الناس الذين سيتعرضون للخطر.

أظهرت هذه النتائج التجريبية والبحوث الأخرى أن تقييم المخاطر الموضوع من قبل الجمهور كان أشمل من ذلك الذي قام به الخبراء. وعلى العكس من ذلك، فإن تقييم الخبراء جعل الناس يأخذون بعين الاعتبار الأبعاد الاجتماعية والظروف المؤسساتية التي تؤدي إلى التعرض للمخاطر وصفات الناس الذين يتعرضون وطبيعة العواقب، ذاهبين إلى ما بعد معايير الموت المستخدمة لتقييم المخاطر الرسمية.

عواقب هذه النتائج فيما يتعلق بفهم المستهلك للمتعضيات الزراعية المحورة وراثياً

يمكن سحب معظم النواحي النوعية للخطر المذكور أعلاه على المتعضيات الزراعية المحورة وراثياً وبشكل خاص على منتجات الأغذية التجارية. إذ تم إدخال المحتويات المشتقة من الصويا والذرة المحورة بكميات صغيرة إلى عدد كبير من المنتجات الغذائية التي تستهلك من قبل الإنسان وأُدخلت بشكل أكبر للعلف الحيواني دون وضع أي علامة تدل على المنتج المباع. وبالتالي فإن التعرض لهذه المنتجات يمكن أن يعتبر غير تطوعي وغير مُتحكَّم به وغير معروف بالنسبة للمتعرضين وغير مرئي. كما أن التعرض يمكن أن ينظر إليه على أنه عالٍ من ناحيتي عدد الناس المتعرضين (كل الناس لأننا جميعاً يجب أن نأكل) وعدد مرات التعرض (يومياً لأننا يجب أن نأكل كل يوم)، مما يؤدي إلى خطر كامن كبير. كما أن الأغذية المحورة ينظر إليها سلبياً من نواحي عدم العدالة والآثار المؤجّلة و الأضرار للأجيال القادمة وعدم معرفة العلماء بها. لذا، فإن نتائج البحث حول فهم الجمهور للمخاطر المتوافرة منذ الثمانينيات تشير بوضوح إلى أن رأي الجمهور في الأغذية المحورة والمسوقة تجارياً في التسعينيات هو غالباً سلبي.

أشارت نتائج مسح حول رأي العامة على مدار عشرة أعوام أن الأوربيين لا يخافون من التقنيات الحديثة، ففي العام 2002 وبعد عدة سنوات من الجدال العلني أجابت نسبة عالية من الأوربيين (43%) بأن التقانة سوف تُحسِّن من حياتهم و (17%) فقط قالوا أن حياتهم ستصبح أسوأ، بينما أجاب (27%) بأنهم لا يعرفون. ومن ناحية اختلاف الآراء مع الزمن كانت التوقعات سلبية بشكل مطرد بين العامين 1991 و 1999 ولكنها عادت إلى مستويات 1991 في عام 2002. كما قدمت دراسة أمريكية إجابة لسؤال هو هل تشعر أن التقانة الحيوية ستقدم فوائد لك أو لعائلتك خلال السنوات الخمس القادمة؟ فكانت نسبة الأمريكيين الذين أجابوا بنعم قد انخفضت من 78% إلى 62% ما بين العامين 1997 و2003، ومن بين الذين توقعوا فوائد في العام 2003 كانت النسبة 40% ممن توقعوا تحسيناً بالصحة والتغذية و

43% توقعوا تحسيناً بالنوعية والمذاق والأصناف و 19% توقعوا انخفاضاً باستخدام المبيدات والأسمدة.

لم تُسجل حتى تاريخه أي آثار سلبية على البيئة ناجمة عن المحاصيل المحورة وراثياً وتجدر الإشارة هنا إلى أن المجموعات الاستشارية الخارجية التابعة للمفوضية الأوروبية منحت "إعلان السلامة الصحية" للمحاصيل المحورة والمنتجات المشتقة، حيث خلصت الأبحاث المكثفة إلى عدم وجود أية أخطار جدية تحدق بصحة الإنسان أو البيئة تتخطى مواطن الشك الناجمة عن توليد النباتات بصورة تقليدية. كما توصلت الأكاديمية الوطنية للعلوم في الولايات المتحدة إلى ذات الاستنتاج. إلا أن كلاً من التقريرين دعا إلى اعتماد مراقبة تنظيمية واضحة وإلى تكريس عناية أكبر لتحسين فهم الجمهور حول كل من هذه العملية والمفاهيم التي تشير إليها.

تحليل الفوائد

ما هي الفوائد التي جنتها الأطراف التي طورت الكائنات المحورة وراثياً وزرعتها واستهلكت منتجاتها؟ ما زالت الصورة غير واضحة نظراً لندرة الدراسات في ميداني المراقبة والاقتصاد على نطاق واسع. وتشير المعطيات التي تقدمها وزارة الزراعة الأمريكية إلى أنه على الرغم من حدوث تخفيض كبير في استخدام مبيدات الأعشاب بصورة إجمالية، راح المزارعون يستعملون مركّباً واحداً أو مركبين فقط عوضاً عن ثلاثة أو أربعة مركبات مختلفة (إن المركب الرئيسي المستعمل يحمل اسم غليفوسات الذي يقر عموماً بأنه أقل ضرراً على الصعيد البيئي من العديد من مبيدات الأعشاب الأخرى التي حل محلها). وقدرت دراسة أجريت مؤخراً أن فصائل الكائنات المحورة وراثياً ساعدت المزارعين الأمريكيين من منتجي فول الصويا على توفير مبلغ 216 مليون دولار أمريكي كانت تنفق من أجل إزالة الأعشاب عام 1999. أما فيما يتعلق بمبيدات الحشرات بعد إدخال "محاصيل Bt" (تحتوي على جينات من بكتيريا Bt، وهي بكتيريا توجد في التربة وتفرز مادة بروتينية تؤدي إلى تسمم بعض الحشرات) فإن الصورة أوضح نوعاً ما، وتتفاوت تقديرات التوفير. إلا أن إحدى الدراسات قيّمت التخفيض الإجمالي في استعمال مبيدات الحشرات في الولايات المتحدة بنحو 1200 طن سنوياً مما يعود بفوائد كبيرة على البيئة.

فقد أدت زراعة القطن المحور وراثياً في المكسيك من قبل صغار المنتجين إلى خفض نسبة 50% في استعمال مبيدات الآفات في زراعة القطن المحور وراثياً والقطن التقليدي، فضلاً عن زيادة الغلات وتحسين نوعية خيوط القطن من المحاصيل المحورة وراثياً نوعا ما في المواسم التي تكثر فيها الآفات. وتفاوتت الأرباح التي حققها المزارعون تفاوتاً كبيرا في الدراسة التي دامت عامين، إلا أن متوسط الربح بلغ 295 دولاراً أمريكيا للهكتار الواحد في حين بلغت المداخيل الصافية التي حصل عليها مُقدِّم التقنية هي عائد صافي يقدر بنحو 100 دولار أمريكي من كل هكتار. ولعبت الائتمانات الحكومية المقدمة لشراء البذور دوراً أساسياً في تحقيق هذا النجاح إلى جانب الاعتماد على الإدارة المتكاملة للآفات على نحو متوافر مع معالجة الآفات غير المستهدفة والتعاون مع مرشدين زراعيين مدربين تدريبا جيداً والاستعانة بالخدمات الاستشارية التي تقدمها الشركات المتعددة الجنسيات. وفي الصين انخفض عدد المرات التي استخدمت فيها مبيدات الآفات من أكثر من 20 حالة إلى حالتين سنوياً منذ بدء زراعة القطن المحور وراثياً.

وفي ظل غياب أدلة تجريبية تشير إلى عكس ما ورد، يمكن الاستنتاج أن المزارعين ومزودي التقنية يشكلون المستفيدين الرئيسيين لغاية اليوم من تقنية التحوير الوراثي؛ فضلاً عن أن الآثار الرئيسية التي تم تسجيلها تمثلت في التخفيض في استعمال مبيدات الحشرات والانتقال إلى مبيدات أعشاب أقل أذى بالبيئة. إلا أنه تندر العناصر التي تشير إلى أن الكائنات المحورة وراثياً تتيح تسجيل زيادة كبيرة في الغلات إذا ما تمت مقارنتها بالممارسات التقليدية.

تحليل المخاطر

إن البراهين التي نملكها اليوم على تأثيرات استخدام الكائنات المحورة وراثياً في إنتاج المحاصيل (أو عدم وجود تأثيرات لها) على صحة الإنسان أكبر بكثير من فهمنا لانعكاساتها على البيئة. وتتمثّل إحدى المخاوف البيئية الرئيسة بحصول "حالات خلط خارجي" مثل خطر أن تنقل المحاصيل المحورة جينات تحوّل مبيدات الأعشاب إلى نوع برّي آخر بحيث تصبح لديه ميزة انتقائية مثل الحشائش الضارة –أي يصبح مقاوماً لمبيدات الأعشاب. بينما لا يعرف مدى تأثير المحاصيل التي تحتوي على جينات Bt، وهي بكتيريا موجودة في التربة تنتج بروتيناً ساماً لبعض الحشرات، على الكائنات الحية الدقيقة وبكتيريا التربة.

تقييم الأخطار

ماذا بشأن الأخطار التي قد تحدق بكل من البيئة وصحة الإنسان من جراء زراعة المحاصيل المحورة وراثياً؟

ينبغي لمُطوِّري المنتجات المحورة وراثياً أن يقرّوا بأن من الصعب أن يؤدي إدراج جينات تقاوم المضادات الحيوية إلى تحسين قبول التقنية من جانب عامة الناس وتشمل أهم مواطن القلق، ***على الصعيد البيئي:*** انتشار صفة التحوير الوراثي إلى سائر أنواع المحاصيل

ذات القرابة والبذور البرية والحشرات المستهدفة وغير المستهدفة والفيروسات والفطريات، ***وعلى الصعيد الصحي***: ظهور عناصر جديدة تسبب الحساسية وبكتيريات تقاوم المضادات الحيوية.

ومن المعروف بأن الجينات تنتقل في الأنظمة البيئية من محصول إلى آخر من نفس الفصيلة وإلى الأنواع البرية القريبة منها وراثياً وإلى الحشرات والأعشاب وبكتيريا التربة. ويحدث هذا في المحاصيل التقليدية أيضاً ولا تشكل المحاصيل المحورة وراثياً استثناءً. ومن هنا لا تقوم المسألة على تقدير مدى إمكانية نقل الجينات، وإنما على ما إذا كانت المحاصيل المحورة وراثياً تتضمن نوعاً مختلفاً من المخاطر وبمستويات مختلفة من التعريض تحت الظروف العملية للزراعة مقارنة بنفس المحاصيل التقليدية بنفس الميزات شبه الظاهرية باستخدام نمط الإكثار التقليدي.

لم يكرس لغاية اليوم سوى قدر قليل من الاستثمارات من أجل تقييم الآثار البيئية المحتملة الناجمة عن المحاصيل المحورة وراثياً على المدى الطويل، **إلا أنه لم تكتشف لغاية اليوم أية عناصر سلبية**. لذلك مَنحت المجموعات الاستشارية الخارجية التابعة إلى المفوضية الأوربية "إعلان السلامة الصحية" لكل من هذه المحاصيل والمنتجات المشتقة منها، حيث أشارت فيه **إلى أن الأبحاث المكثفة خلصت إلى أن ليس هناك أية أخطار جديدة تحدق بصحة الإنسان أو البيئة تتخطى مواطن الشك الناجمة عن توليد النباتات بصورة تقليدية**. إلا أنه من الضروري اعتماد مراقبة تنظيمية واضحة وتكريس عناية أكبر لتحسين فهم كل من هذه العملية والمفاهيم التي تشير إليها من جانب الجمهور.

نحو الوصول إلى الأمن الحيوي Bio-security

أضحى الأمن الحيوي الذي عُرِفَ بأنه "إدارة جميع المخاطر البيولوجية والبيئية المرتبطة بالأغذية والزراعة بما في ذلك الغابات ومصائد الأسماك" من القضايا الملحة في المحافل الدولية. وهو قطاع أشمل من الأمان الحيوي ويغطي سلامة الأغذية وحياة وصحة النباتات والحيوانات كما يشمل المخاطر الناجمة عن الكائنات المحورة وراثياً، والأنواع الغريبة والآفات النباتية والحيوانية الوافدة وتآكل التنوع الحيوي، وانتشار أمراض الأبقار عبر الحدود، وأسلحة الحرب السامة ومرض "جنون البقر". لا تزال السياسات الدولية والأطر التنظيمية للأمن الحيوي بعيدة عن التوحّد وغير كاملة، حيث يظهر النطاق العريض للأمن الحيوي وتعقيداته في مجموعة من الاتفاقيات الدولية والقوانين "اللينة". وثمة حاجة الآن إلى تنسيق الجهود إزاء الأمن الحيوي وتقول منظمة الأغذية والزراعة: "هناك، على وجه الخصوص، حاجة إلى فحص أساس مجالات التداخل المحتملة وربما مجالات الصراع المحتمل أيضاً مثل العلاقات التكافلية بين تدابير الصحة والصحة النباتية من ناحية، ومكافحة الأنواع الغريبة الغازية والتنوع الحيوي والتحكم في الكائنات المحورة وراثياً من ناحية أخرى."

الآثار الأخلاقية للتقانة الحيوية

من الضروري لنا مناقشة المخاطر وتقويمها وتبني سياسة واضحة لتقديم الإرشادات للعلماء والجمهور في ضوء الشريعة الإسلامية وقد أنشأت الـ ISESCO مؤسسة تعنى بالأخلاقيات الخاصة بالعلوم والتقانة لعرض ما يهم من أبحاث التقانة وتطبيقاتها ولتقديم الإرشادات حول مواضيع هامة عديدة لجعل العلماء قادرين على العمل بقناعة.

دور الدولة

– يجب وضع استراتيجية وطنية للتقانة الحيوية يتم من خلالها تحديد الأولويات والآليات التي تعمل فيها الحكومة مع الفرقاء المعنيين للحصول على أكبر فائدة ممكنة لتطوير التقانة الحيوية في القطر.

– يجب على الدولة أن تساهم في خلق وإيجاد الظروف المؤاتية للبحث العلمي في هذا المجال لضمان مواكبة مسيرة التقدم، لأنها، وكما أسلفنا، تقانة القرن الحادي والعشرين.

– دعم وتثبيت دور اللجنة الوطنية للأمان الحيوي التي تعمل من أجل ضمان القيام بجملة من الضوابط بما يكفل أمان التقانة الحيوية في القطر.

– يجب أن تعمل الحكومة على تقييم صحي وبيئي شديدين قبل السماح بنشر الكائنات المعدلة وراثياً ويشمل ذلك القيام بأبحاث لتحسين القاعدة المعرفية وإدارة المخاطر في الحقل.

– دعم الجهود لزيادة وعي الجمهور من خلال: **1-** إنشاء مراكز ذات علاقات وثيقة بين بعضها لجمع وتوزيع المعلومات والمراقبة وتقديم النصح وتسهيل الوصول إلى التقانات الحديثة، **2-** استخدام تقنيات المعلومات والاتصالات ووسائل الإعلام وبرامج الإنترنيت، **3-** نشر كتب مبسطة لعامة الجمهور ولجذب المستثمرين.

نشرة إعلامية فصلية يصدرها قسم التقانة الحيوية والبيولوجيا الجزيئية في هيئة الطاقة الذرية

العدد الأول، كانون الثاني 2002

كلمة العدد:

أتت أبحاث التقانة الحيوية و الهندسة الوراثية خلال العقد الأخير من القرن العشرين إلى تطوير محاصيل زراعية متفوقة في النوعية ومتحملة للظروف البيئية المعاكسة. كما كان للتقانة الحيوية تأثير كبير في صحة الإنسان حيث طورت عقاقير جديدة مثل تلك التي تحفز النظام المناعي وتساعد في تشخيص وعلاج الكثير من الأمراض.

وقد أولت هيئة الطاقة الذرية السورية جل اهتمامها لهذه التقانات الحديثة حيث قامت بعديد من الخطوات اللازمة لنقل هذه التقانات وتوطينها. فقد أنشأت الهيئة قسماً خاصاً للتقانة الحيوية و البيولوجيا الجزيئية يضم المختصين في تطبيقات التقانة

اللجنة الوطنية السورية للأمان الحيوي

على الرغم من مزايا الكائنات المحورة وراثياً فهناك عدد من المخاطر على صحة الإنسان والبيئة والتي يتوجب تقييمها بشكل كامل قبل السماح بنشرها في البيئة. ويجري تقييم هذه المخاطر استناداً إلى القواعد الوطنية للأمان الحيوي قبل أن تنتقل منتجات التقانة إلى المرحلة التجارية. وكانت هيئة الطاقة الذرية السورية قد تنبهت منذ البداية لهذه المخاطر **فأسست اللجنة الوطنية السورية للأمان الحيوي** National Biosafety Committee Syrian (SNBC) بالقرار رقم 99/612 تاريخ 1999/5/30 الصادر عن هيئة الطاقة الذرية السورية، بموافقة رئاسة مجلس الوزراء رقم 33753/م/373 تاريخ 5/19/ 1999، وضمت في عضويتها ممثلين عن كافة الوزارات والمؤسسات المعنية بالموضوع.

و قد هدفت اللجنة الوطنية السورية للأمان الحيوي في بداية تأسيسها إلى:

1- وضع قواعد للأمان الحيوي في بحوث الهندسة الوراثية في الجمهورية العربية السورية.

2- جمع أحدث المعلومات عن الأمان الحيوي وتوزيعها إلى المؤسسات المعنية.

3- تقديم المشورة للمؤسسات المعنية فيما يتعلق بمسائل الأمان الحيوي.

4- تقييم المخاطر الناتجة عن إطلاق الأحياء المهندسة وراثياً أو منتجاتها (الأغذية، والأدوية، واللقاحات، الخ ...) إلى البيئة وبيان الرأي فيما إذا كان من الواجب إطلاقها أم لا.

هذا وقد صدرت قواعد الأمان الحيوي في الجمهورية العربية السورية بتاريخ 2001/4/26 بموافقة السيد رئيس مجلس الوزراء رقم 1538/م/93 تاريخ 2001/2/27.

وقد أعيد تشكيل اللجنة الوطنية للأمان الحيوي بالقرار رقم 926/ 2006 وتاريخ 2006/9/27 الصادر عن هيئة الطاقة الذرية السورية، بعد الحصول على تصديق السيد رئيس مجلس الوزراء رقم 7091/م/110 تاريخ 2006/9/12 على قرار مجلس إدارة هيئة الطاقة الذرية رقم 65 تاريخ 2006/8/15 الذي أضاف إلى قائمة أعضائها ممثلين عن وزارة الإعلام وجمعية حماية المستهلك والقطاع الخاص. وأنيطت بها المهام التالية:

1- تحديث قواعد الأمان الحيوي الوطنية بما يتناسب مع بروتوكول السلامة الحيوية والمستجدات في التقانة الحيوية والهندسة الوراثية.

2- تقديم المشورة بما يخص الأمان الحيوي للجهات العاملة في مجال الهندسة الوراثية.

3- تقييم المخاطر المتعلقة بنشر كائنات محورة وراثياً أو منتجاتها في البيئة ورفع اقتراح بالسماح أو بعدم السماح بنشرها بالتنسيق مع الوزارات المعنية.

ملخصات ورقات منشورة

د. محمد خير صبرة - د. حازم سومان
هيئة الطاقة الذرّية السورية – قسم الفيزياء

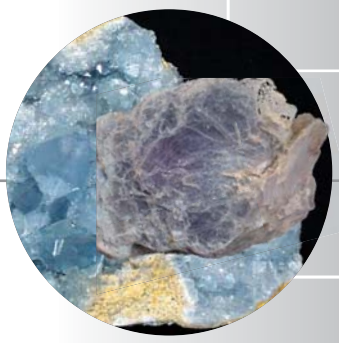
حساب البنية العصابية للبوليميرات الناقلة في بعدين باستخدام نموذج الشبكات

ملخص

استُخدم نموذج الشبكات لحساب البنية العصابية والفجوة الطاقية وسوية فِرمي للبوليميرات الناقلة في بعدين. وتم لهذه الغاية إجراء تصنيف هندسي لتشكيلات السلاسل البوليميرية المحتملة في بعدين مما قاد إلى تصنيفٍ للخلايا الأولية يستند إلى عدد الروابط فيها. تم تطبيق النموذج على الغرافيت في بعدينٍ ممثلاً بخلية أولية ذات ثلاث روابط. وكحالة جديدة تم تطبيق النموذج على سلاسل البولي استيلين اللامتوازية (antiparallel) في بعدين (PA) وهو يمثّل بخلية أولية ذات أربع روابط. كانت النتائج متوافقة بشكل جيد مع حسابات المبادئ الأولى.

الكلمات المفتاحية: بوليمير، نموذج الشبكات، الفجوة العصابية، نموذج الربط الوثيق، بولي إستيلين.

نشرت ورقة البحث هذه في مجلة: *Rom. Journ. Physics 2006*



د.محمد العودات، د. فارس الأصفري، هيام مخللاتي، أحمد الحموي، سلوى كناكري.
هيئة الطاقة الذرّية السورية – قسم الوقاية والأمان

معاملات انتقال السيزيوم ـ137 والسترونسيوم ـ90 من التربة إلى الأشجار في المناطق الجافة

ملخص

عينت قيم معاملات انتقال السيزيوم–137 والسترونسيوم-90 من التربة الملوثة (التربة الرمادية الصحراوية Aridisol) إلى أشجار الزيتون والمشمش والكرمة، في الزراعة الحقلية المروية، ولأربع سنوات متتالية. اختلفت معاملات انتقال (حسبت على أساس بكرل/كغ مادة نباتية جافة لكل بكرل/كغ تربة جافة) كلا النكليدين المشعين بين أجزاء الأشجار وكانت الأعلى في ثمار الزيتون والكرمة. كانت قيم السترونسيوم-90 على أية حال، أعلى بكثير منها في السيزيوم-137، وفي أجزاء النبات كافة. بلغ المتوسط الهندسي لمعاملات الانتقال في الزيتون والمشمش والعنب: 0.007 و0.095 و0.0023 للسيزيوم-137، و0.093 و0.13 و0.08 للسترونسيوم-90 على التتالي، وكان مهملاً في زيت الزيتون ولكلا النكليدين المشعين. كانت معاملات انتقال كلا النكليدين المشعين مماثلة للقيم التي جرى الحصول عليها في مناطق أخرى في العالم، أو في حدِّها الأدنى، وقد يعود هذا إلى الاختلافات في خصائص التربة، كارتفاع الـ pH، وانخفاض المادة العضوية وارتفاع محتوى الغضار والبوتاسيوم والكالسيوم المتبادلين.

الكلمات المفتاحية: السيزيوم-137، السترونسيوم-90، معامل الانتقال، محاصيل الأشجار.

نشرت ورقة البحث هذه في مجلة: *Journal of Environmental Radioactivity 2006*

تأثير درجة الحرارة وموضع قضيب التحكم على التوزُّع الفراغي للتدفق النتروني في مفاعل البحث مِنْسِر

د. قاسم خطاب، م. حسان عمر، م. نضال غازي
هيئة الطاقة الذرّية السورية – قسم الهندسة النووية

ملخص

تم في هذا البحث عرض لتأثير تزايد درجة حرارة الوقود والماء وتأثير تغير موضع قضيب التحكم على التوزع الفراغي للتدفق النتروني في مفاعل البحث السوري منسر. وُلدت كل المقاطع الفعالة لمكونات المفاعل كافة عند درجات حرارة مختلفة باستخدام الكود WIMSD4. استُخدمت ثوابت المجموعات لاحقاً في الكود CITATION لحساب التوزع الفراغي للتدفق النتروني عند درجات حرارة مختلفة للماء والوقود وعند مواضع متعددة لقضيب التحكم باستخدام أربع مجموعات طاقية. يبين هذا العمل أن التزايد في درجة حرارة الماء والوقود خلال زمن التشغيل اليومي للمفاعل لا يؤثر على التوزع الفراغي للتدفق النتروني في المفاعل منسر. كما لا يؤثر تغير موضع قضيب التحكم على التوزع الفراغي للتدفق باستثناء المنطقة التي تقع بجوار قضيب التحكم فقط.

الكلمات المفتاحية: *المفاعل منسر، الكود CITATION، الكود WIMSD4.*

نشرت ورقة البحث هذه في مجلة: *Nuclear Engineering and Design 2006*

أثر الصناعة الفُسفاتية على البيئة : حالة دراسية

د. إبراهيم عثمان، د. محمد سعيد المصري
هيئة الطاقة الذرّية السورية – قسم الوقاية والأمان

ملخص

تعرض الورقة الحالية النتائج التي جرى الحصول عليها من خلال دراسة أثر الصناعة الفسفاتية السورية على البيئة. يَعتَمد العمل الحالي على تقدير تراكيز النكليدات المشعة الطبيعية في البيئة المجاورة لمواقع هذه الصناعة وهي مناجم ومعمل الأسمدة الفسفاتية وأرصفة تصدير الفسفات. جُمعت وحُلِّلت عينات من العوالق الهوائية والتربة والمياه (نهر، بحيرة ومياه بحر)، وأحياء ونباتات. حُدِّدت النكليدات المشعة الطبيعية (الراديوم–226، اليورانيوم الطبيعي، البولونيوم–210 والرصاص–210) باستخدام مطيافية غاما المنخفضة الخلفية الطبيعية ومطيافية ألفا. أظهرت النتائج أن توزُّع وتركيز النكليدات المشعة في البيئة المجاورة لهذه المواقع الثلاثة ناجم بشكل رئيسي عن سقط غبار الفسفات. ارتبطت درجة التلوث بالأحوال الجوية ولقد وُجد بأن غاز الرادون ووليداته المتشكِّلة من خام الفسفات هو المصدر الرئيس للتراكيز المركّزة من البولونيوم–210 والرصاص–210 في التربة والنباتات الورقية. يمكن اعتبار النتائج الحالية قاعدة بيانات يمكن استخدامها لإثبات كفاءة أية وسائل مستقبلية مطبَّقة لضبط التلوث.

الكلمات المفتاحية: *مواد مشعة طبيعية، عوالق هوائية، تربة، صناعة فسفاتية، بيئة، سورية.*

نشرت ورقة البحث هذه في مجلة: *J. Applied Radiation Isotopes 2006*

محمد رومية، خالد زهرمان، بلال نصولي
هيئة الطاقة الذرّية اللبنانية – مخبر التحليل بالحزم الأيونية
بول رينولدز
الجامعة الأمريكية في بيروت – قسم التاريخ والآثار
كارول عطاالله
المعهد الفرنسي للشرق الأوسط في بيروت
د. الياس حنا بكرجي
هيئة الطاقة الذرّية السورية – قسم الكيمياء

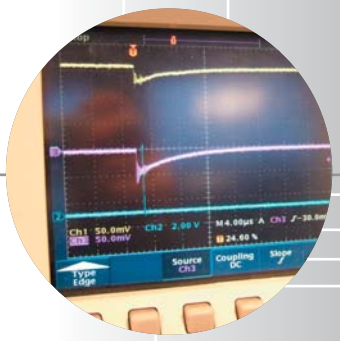
دراسة منشأ الفخاريات المنقَّبة في بيروت باستخدام تحليل PIXE والتحليل العنقودي

ملخص

ستقدم دراسة الخزفيات المستوردة التي وُجِدَت في بيروت والتي من المفترض أنها تعود لمنتجات مصنَّعة في شمال سورية، الشاهد المفتاح للأدوار التي لعبتها المراكز المفترضة المختلفة في التبادل التجاري بين شمال سورية وشمال لبنان. إن القصد من التحليل الكيميائي بواسطة تقنية تحريض إصدار أشعة X بالبروتونات (PIXE) هو التوصُّل إلى فهم أوسع للمنتجات المحتملة المصدَّردة إلى بيروت من شمال سورية وذلك بتوصيف ومقارنةً العينات وعزل مراكز الإنتاج المختلفة إلى المناطق التي كانت تزود المدينة من الفترة الفارسية حتى الفترة البيزنطية. تم التركيز في هذا العمل بشكل أساسي على توصيف منتجات عمريت وذلك باستخدام حزمة من البروتونات بطاقة 3MeV ومرشِّحٍ دقيق من الألمنيوم Al funny filter كماصٍّ لأشعة X.

الكلمات المفتاحية: *PIXE، فلتر دقيق، Gupix، خزفيات قديمة، تحليل عنقودي، آثار.*

نشرت ورقة البحث هذه في مجلة: *Nuclear Instruments and methods in Physics Research 2006*



د. جمال الدين عساف
هيئة الطاقة الذرّية السورية – قسم الخدمات العلمية

مقاربة جديدة لوصف وسطاء الاستجابة للمضخم الأولي للشحنة

ملخص

تم توصيف وسطاء (parameters) استجابة المضخم الأولي للشحنة عبر دراسة معادلات نظرية وتجارب عملية. تمت دراسة هذه الوسطاء من أجل ثلاث طرائق للربط بين المضخم الأولي وكاشف الإشعاع المرتبط به، وتم وبشكل خاص بيان ميزات أخرى لهذه الطرائق وهي طريقة التقارن الديناميكي (AC coupling). تم الأخذ بالحسبان دور دارتي الكاشف والمضخم الأولي وبخاصة تأثير سعة الكاشف الكهربائية في وسطاء استجابة المضخم.

الكلمات المفتاحية: *المضخم الأولي للشحنة، قرن الإلكترونيات الطرفية، ربط الكاشف.*

نشرت ورقة البحث هذه في مجلة: *International Journal of Electronics 2006*

نمذجة ليزر توزّع التغذية العكسية الصباغي المضخوخ بليزر نيوديميوم–زجاج

د. بشار عبد الغني - مصطفى حمادي
هيئة الطاقة الذرّية السورية – قسم الخدمات العلمية

ملخص

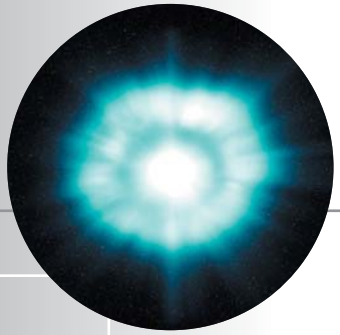
تم تطوير نموذج رياضي لوصف ديناميكية إصدار ليزر توزع التغذية العكسية الصباغي (DFDL:Distributed Feedback Dye Laser) المضخوخ بليزر نيوديميوم–زجاج. اعتمد النموذج أساس نظرية الاقتران الموجي. يسمح النموذج بدراسة السلوك الزمني لنبضات ليزر نيوديميوم–زجاج كمنبع ضخ ونبضات ليزر DFDL. كما يسمح النموذج بدراسة تأثير تغيرات وسائط دخل ليزر نيوديميوم–زجاج، مثل معامل التضخيم الأعظمي ومعامل الضياع ومعدل الضخ على مميزات نبضات ليزر DFDL فيما يتعلق بعرض النبضة وزمن التأخير وزمن الفصل. تم تحقيق عملية التغذية العكسية إما بوساطة تغيرات قرينة الانكسار أو تغيرات الكسب الضوئي أو كليهما.

يخمّن النموذج ما يلي: السلوك الزمني لكثافة الإشعاع الصادر والكثافة الطاقية لحالتي الإثارة الأحادية والثلاثية واستطاعة خرج ليزر DFDL وزمن اضمحلال التجويف ودرجة حرارة شبكة الانعراج المتولدة. تتنبأ الحلول العددية لجملة معادلات المعدَّل المقترنة غير الخطية بتوليد نبضات من مرتبة بيكو ثانية لليزر توزع التغذية العكسية الصباغي. تعطي النتائج المحسوبة توافقاً جيداً مع المعطيات التجريبية المتاحة. أُنجزت الحسابات باستخدام الصباغ Rhodamine 6G المحلول في مادة ethanol كمادة للدراسة.

الكلمات المفتاحية: حسابات عددية، ليزر نيوديميوم–زجاج، ليزر توزع التغذية العكسية الصباغي، نبضات من مرتبة بيكو ثابتة.

نشرت ورقة البحث هذه في مجلة: *Applied Physics 2006*

قابلية استخدام محاليل مائية من أحمر الميثيل كمقياس لجرعات عالية من أشعة غاما



د. زكي عجي
هيئة الطاقة الذرّية السورية – قسم تكنولوجيا الإشعاع

ملخص

دُرس تأثير أشعة غاما في الصباغ العضوي أحمر الميثيل وإمكانية استخدامه في قياس الجرعة كيميائياً. حُضِّرت محاليل قلوية وحمضية من هذا المشعر وعُرِّضت لجرعات غاما عديدة. تنخفض الامتصاصية المئوية في الوسط القلوي بشكل أُسِّي بتابعية الجرعة الإشعاعية؛ تبين المعطيات أن محلول الصباغ القلوي يمكن استخدامه كمقياس جرعة كيميائي لأشعة غاما في المجال 50 – 6000 غري.

تنخفض الامتصاصية المئوية للمحلول الحمضي للصباغ خطياً مع ارتفاع الجرعة الإشعاعية حتى 200 غري ويمكن توسيع مجال الجرعة المفيد حتى 1250 غري عند إضافة 1% من الإيثانول.

الكلمات المفتاحية: أحمر الميثيل، إشعاع مؤيِّن، قياس جرعة كيميائياً، تشعيع غاما.

نشرت ورقة البحث هذه في مجلة: *Radiation Measurements 2005*

د. محمد عماد الدين عرابي، م. محمد جوهر
هيئة الطاقة الذرّية اللبنانية – قسم التقانة الحيوية

التباين الوراثي بين عزلات الممرض

ملخص

استخدم المَعْلَم الجزيئي في IGS-RFLP من أجل تحديد البنية الوراثية لمجتمعات حقلية سورية من الفطر Pyrenophora graminea المسبِّب لمرض تَخطط أوراق الشعير. كان التباين الوراثي كبيراً في مجتمعات P. graminea السورية. تم الحصول على 366 شدفة دنا قابلة للتميز، منها 290 (79.2%) ذات تعددية شكلية. تراوحت المسافات الوراثية بين جميع العزلات من 0.01 إلى 0.74 وبمتوسط 0.29. اتضح أن طريقة التحليل الموصوفة IGS-RFLP أداة مفيدة في دراسة التباين الوراثي ضمن مجتمعات الممرض P. graminea.

الكلمات المفتاحية: الدنا الريبوزومي، منطقة الفراغات البينية، الفطر.

نشرت ورقة البحث هذه في مجلة: *Australasian of Plant Pathology 2006*

د.حازم سومان - د.محمد حسان خريطة
هيئة الطاقة الذرّية السورية – قسم الخدمات العلمية

استخدام طريقة مونت كارلو لتحديد المكافئ الرصاصي لبلوك البناء السوري لتوهين الأشعة السينية

ملخص

جرى تقدير مجال الارتياب المتعلق بمنحني نفوذية الأشعة السينية المولَّدة بجهد تسريع ثابت قدره 100 كيلوفولط في الرصاص وذلك باستخدام طرائق مونت كارلو ومنهجية تحليل الحساسية. درست كل مصادر الارتياب (الارتياب الإحصائي والارتياب المنهجي وكذلك الارتياب الناجم عن تنوّع أنابيب الأشعة السينية) في هذا العمل. ومن ثم تم تحديد منحني نفوذية الأشعة السينية المولدة بجهد تسريع ثابت قدره 100 كيلوفولط في بلوك البناء السوري والارتيابات المعلّقة به. وأخيراً قدّر المكافئ الرصاصي لبلوك البناء ذي الثخانة 10 سم و15 سم و20 سم. دلّت النتائج على توافق جيد مع القيم التجريبية. توصي هذه الدراسة باعتماد القيم 0.5 مم و0.75 مم و1.0 مم كمكافئ رصاصي لبلوك البناء السوري الشائع ذي الثخانة 10 سم و15 سم و20 سم على التوالي.

الكلمات المفتاحية: طريقة مونت كارلو، رصاص، أشعة سينية، أشعة طبية.

نشرت ورقة البحث هذه في مجلة: *Health Physics 2003*

الأثر الموهن لجرعات الأشعة فوق البنفسجية في بكتريا سالبة الغرام (بروسيلا، يرسينيا، الإشريكيا القولونية)

د. أيمن المريري
قسم البيولوجيا الجزيئية والتقانة الحيوية، دائرة المكروبيولوجيا والمناعيات
هيئة الطاقة الذرّية - ص. ب 6091 - دمشق- سورية

ملخص

درسنا أثر الأشعة فوق البنفسجية بطول الموجة 254 نانومتر على بكتريا سالبة الغرام، اليرسينيا المعوية ذات النمط المصلي O:3 وO:9 والبروسيلا (المالطية والمجهضة) والأيشريكيا القولونية (O:157 وDH5α-pEt15b). استخدمنا سلالة الأيشريكيا القولونية O:157 كمعياري، ولاحظنا أن سلالتي اليرسينيا O:3 وO:9 والسلالتين اللقاحيتين من البروسيلا (Rev.1 وS19) كانتا أكثر حساسية للـ UVc من سلالتي البروسيلا الوحشيتين. لم نلاحظ علاقة بين حساسية اليرسينيا للـ UVc ووجود أو عدم وجود بلازميد الفوعة الـ pYV+.

الكلمات المفتاحية: الأشعة فوق البنفسجية، اليرسينيا المعوية، البروسيلا، الأيشريكيا القولونية، بلازميد.

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

تأثير موعد الحصاد ومدة التخزين في وجود الفطر والأفلاتوكسينات في الفول السوداني المنتج محلياً

د. إياد غانم، د.محمد عماد الدين عرابي، غياث سويد، محمد جوهر
قسم البيولوجيا الجزيئية والتقانة الحيوية
هيئة الطاقة الذرّية السورية - ص. ب. 6091 - دمشق - سورية

ملخص

هدفت هذه الدراسة إلى تحديد تأثير موعد الحصاد ومدة التخزين في وجود الفطر Aspergillus spp والأفلاتوكسينات aflatoxins في الفول السوداني Arachis hypogaea المنتج محلياً.

درس تركيز الأفلاتوكسينات B1 وB2 في عينات فول سوداني محصودة في ثلاثة مواعيد مختلفة، الأول مبكر والثاني تم ضمن فترة الحصاد المعتاد في منطقة الزراعة أما موعد الحصاد الثالث فجاء متأخراً مدة أسبوعين عن الحصاد الثاني، حُلِّلت بعض العينات فور حصادها، في حين خزن جزء منها لمدتين زمنيتين (ثلاثة أشهر وستة أشهر) وذلك ضمن شروط تخزين مختلفة.

أظهرت النتائج أن المحتوى من السموم الفطرية يزداد مع تأخر موعد الحصاد، كما أنه يختلف، وبشكل ملحوظ، تبعاً لظروف التخزين، ففي ظروف التخزين الرطبة والضعيفة التهوية والمعتمة كان محتوى الأفلاتوكسين كبيراً جداً، في حين أدى التخزين بظروف قليلة الرطوبة وجيدة التهوية ومضاءة إلى عدم حدوث أية زيادة في تركيز الأفلاتوكسين، بل على العكس فقد انخفض هذا التركيز نتيجة التخزين الجيد.

الكلمات المفتاحية: الأفلاتوكسنات، الفول السوداني، فطر العفن الأصفر.

تقرير مختصر عن دراسة علمية حاسوبية أُنجزت في قسم البيولوجيا الجزيئية والتقانة الحيوية – هيئة الطاقة الذرّية السورية.

استخلاص الفناديوم والنيكل من الفحم البترولي السوري

حبيب شليويط، د. موسى الابراهيم
قسم الكيمياء - هيئة الطاقة الذرّية - ص . ب6091 - دمشق - سورية

ملخص

وُصِّف الفحم البترولي السوري كيميائياً وفيزيائياً. وعولجت عينات الفحم المجمعة خلال فترات مختلفة، وأزيلت رطوبتها وطحنت ثم حفظت بمعزل عن الرطوبة. غسل الفناديوم والنيكل والكبريت بتقانة التحميص بأملاح الصوديوم Salt-Roasting، حيث حول الفناديوم إلى ملح فنادات الصوديوم القابل للانحلال في الماء.

درس أثر درجة حرارة التحميص في مردود غسل بعض العناصر المعدنية بالإضافة للفناديوم والنيكل من الفحم البترولي. اقترحت طريقة أخرى بديلة لطريقة الغسل بالتحميص تعتمد على تسخين الفحم بوجود ملح صوديوم للدرجة 70-80 فقط ولمدة ساعة واحدة. استخلص الفناديوم من محلول الغسل بعد تركيزه بالتبخير بشكل انتقائي باستخدام المزيج العضوي DEHPA/TBP بالكيروسين. كما اقترح مخطط جريان خاص باستخلاص الفناديوم وتعريته بشكل انتقائي، ووصّف الفناديوم الناتج بعد ترسيبه.

الكلمات المفتاحية: نيكل، فناديوم، كبريت، استخلاص، فحم بترولي، DEHPA/TBP.

تقرير مختصر عن بحث علمي أنجز في قسم الكيمياء – هيئة الطاقة الذرّية السورية.

تأثير أشعة غاما على مظهر جسيم بار (صبغي W الجنسي) والانتقالات بين الصبغيين الجنسيين WZ في أنثى فراشة درنات البطاطا

د.حياة المكي
قسم البيولوجيا الجزيئية والتقانة الحيوية
هيئة الطاقة الذرّية - ص. ب. 6091 - دمشق - سورية

ملخص

لقد تمت دراسة صبغيات فراشة درنات البطاطا الطبيعية وقياس أطوالها وتمييز بعض الصبغيات وكذلك دراسة تأثير أشعة غاما على شكل جسيم بار وتحليل الصبغيات الجنسية في الجيل الأول من أمهات Phthorimaea operculella مشعة. كانت نسبة التشوه في جسيم بار في الخلية المتعددة الصيغة الصبغية لأنابيب مالبيكي، تزداد مع ازدياد الجرعة المطبقة. وبناءً على شكل جسيم بار تم عزل 4 سلالات طافرة: الطبيعية، والمتطاولة، والصغيرة والمجزأة. عند دراسة الصبغيات الجنسية لـ Phthorimaea operculella في مرحلة الخيوط الثخينة، أمكن بسهولة تمييز الصبغي الجنسي W عن الصبغي الجنسي الآخر Z. كانت التشوهات على الصبغي في السلالات الطافرة المعزولة في الجيل الأول W تؤثر بشكل مباشر على شكل جسيم بار. أظهرت النتائج أن جسيم بار يمكن اعتماده كمحدد جنسي وكمعلم وراثي خلوي في Phthorimaea operculella.

تستطيع إناث فراشة درنات البطاطا المشعة مع تعاقب الأجيال أن تسترد خصوبتها، أي لا وجود لظاهرة توريث العقم عندها؛ لذا لا يمكن استخدام إناث عقيمة جزئياً في المكافحة.

الكلمات المفتاحية: Phthorimaea operculella، الصبغيات، الجسيم الهيتروكروماتيني، الصبغيات الجنسية.

تقرير مختصر عن تجربة استطلاعية مخبرية أُنجزت في قسم البيولوجيا الجزيئية والتقانة الحيوية – هيئة الطاقة الذرّية السورية.

تحمُّل بعض طفرات البطاطا المحدثة بأشعة غاما للجفاف في الزجاج

د. بسام الصفدي، زهير الأيوبي

قسم البيولوجيا الجزيئية والتقانة الحيوية
هيئة الطاقة الذرّية - ص . ب6091 - دمشق - سورية

ملخص

ضمن برنامج انتخاب في الزجاج لتحسين تحمُّل البطاطا Solanum tuberosum للجفاف. جرى الحصول على نباتات طافرة ناتجة عن بحث سابق أنجز في الهيئة على أصناف البطاطا (دراجا، سبونتا، ديامونت) اختبرت النباتات في أوساط نمو MS محتوية على تراكيز 1%، 2%، 3% من مادة PEG إضافة إلى وسط شاهد دون (PEG) وأمكن نتيجة تطبيق ضغط الانتخاب الحصول على 3 طفرات متحملة للجفاف اثنتين منها من الصنف دراجا وواحدة من الصنف سبونتا. وقد تميزت الطفرات المنتخبة بعدد من الصفات التي تساعدها في تحمل الجفاف.

الكلمات المفتاحية: البطاطا، جفاف، طفرة، زراعة في الزجاج.

تقرير مختصر عن تجربة استطلاعية حقلية أنجزت في قسم البيولوجيا الجزيئية والتقانة الحيوية – هيئة الطاقة الذرّية السورية.

كفاءة استخدام مياه الري وتثبيت الآزوت الجوي بالتلقيح البكتري المتكرر والري التسميدي في فول الصويا

د. مصدق جانات، د. فواز كرد علي

قسم الزراعة - هيئة الطاقة الذرّية - ص . ب6091 - دمشق - سورية

ملخص

اختبرت في هذه الدراسة خمس معاملات تلقيح لبذور فول الصويا إما دفعة واحدة قبل الزراعة، وهذه مثلت طريقة التلقيح التقليدية، أو على عدة دفعات مع مياه الري بعد الزراعة تمثلت بحقن اللقاح دفعة واحدة أو دفعتين أو ثلاث دفعات أو أربع دفعات وذلك بعد الزراعة بفواصل زمنية محددة. أيضاً تمت مقارنة نتائج هذه المعاملات مع شاهد بدون تلقيح لاختبار وجود أية سلالات بكترية مستوطنة في تربة الموقع. بينت النتائج أن طريقة حقن السماد الحيوي (اللقاح البكتري) ضمن نظام الري فعالة وأدت إلى زيادة كمية ونسبة الآزوت الجوي المثبت حيوياً بشكل ملحوظ مقارنة بطريقة التلقيح التقليدية. تراوحت كمية الآزوت الجوي المثبت حيوياً لمعاملات الري التسميدي مع الحقن المتكرر للملقح البكتري ما بين 122-100 و47 كغ N/ها لمعاملة التلقيح التقليدي. كذلك أثرت طريقة التلقيح على توزع الآزوت المثبت حيوياً في الأنسجة النباتية، إذ تراوح تركيزه في البذور مابين 81-85% لمعاملات التلقيح مع مياه الري في حين بلغ تركيزه في البذور لمعاملة التلقيح التقليدي 93%. لم يلاحظ أي تأثير لطريقة إضافة اللقاح البكتري على مؤشرات الإنتاج.

الكلمات المفتاحية: فول صويا، ري تسميدي حيوي، تلقيح.

تقرير مختصر عن بحث علمي أُنجز في قسم الزراعة – هيئة الطاقة الذرّية السورية.

تحسين حدود الكشف لبعض العناصر بتغيير بعض المعاملات الأساسية لهندسة التفلور بالأشعة السينية (XRF)

علي خضر، جهاد الدين قرجو، محمد خالد صوان
قسم الكيمياء - هيئة الطاقة الذرّية- ص.ب 6091 - دمشق - سورية

ملخص

تحسنت كثيراً حدود الكشف لبعض العناصر الخفيفة والمتوسطة، مثال: S, P, Cl, K, Ca, Ti, Cr نتيجة استخدام هندسة بأبعاد دقيقة وسطوح داخلية خشنة. كانت الأشكال الهندسية عبارة عن:(i) تصميم أسطواني للأشعة السينية الأولية (CPXRG) ببعد قصير وحرج ما بين العينة والكاشف بمقدار 8 mm؛ (ii) تصميم أسطواني بهدف ثانوي من النحاس لتوليد الأشعة السينية (CSCuXRG) وببعدين حرجين ما بين كل من نافذة الأنبوبة والهدف الثانوي من جهة والعينة والكاشف من جهة ثانية بمقدار 40 mm و8 mm، على الترتيب؛ (iii) تصميم أسطواني بهدف ثانوي من الموليبدينيوم لتوليد الأشعة السينية (CSMoXRG) وببعدين حرجين ما بين كل من نافذة الأنبوبة والهدف الثانوي من جهة والعينة والكاشف من جهة ثانية بمقدار 23 mm و20 mm، على الترتيب. صنّع تصميم كل حالة من مادة التيفلون.

استخدم التصميم CPXRG لتعيين آثار من العناصر الخفيفة، مثال: S, P, Cl في العينات النباتية المعيارية، بينما استخدم التصميمان CSCuXRG وCSMoXRG لتعيين العناصر الوسط والثقيلة، على الترتيب، في نفس العينات النباتية المعيارية. درست طرق مختلفة، متضمنة التحليل المباشر باستخدام العينات الثخينة (DATh) والعينات المتوسطة الثخانة (DAITh) والعينات الرقيقة وباستخدام الترسيب لعنصر مفرد ولعدد من العناصر. أبدت طريقة التحليل المباشر باستخدام عينات متوسطة الثخانة دقة وصحة أكثر من الطرق المبينة سابقاً، بالإضافة إلى تميز هذه الطريقة باستخدامها لكمية محدودة جداً من العينة، 0.050 g، وإلى زمن تحليل قصير بما يعادل الـ 15 min للعينة الواحدة.

الكلمات المفتاحية: الأشعة السينية الأولية، الأهداف الثانوية، حدود الكشف.

تقرير مختصر عن دراسة علمية مخبرية أُنجزت في قسم الكيمياء – هيئة الطاقة الذرّية السورية.

تطوير البرنامج MNCIT لمعالجة مختلف مركبات المفاعل

د. محمد برهوم
قسم الهندسة النووية - دائرة فيزياء المفاعلات
هيئة الطاقة الذرّية - ص. ب. 6091 - دمشق - سورية

ملخص

في هذا التقرير توصيف لكيفية تطوير البرنامج MNCIT الذي كان يعالج قضبان الوقود في المفاعل منسر فقط بحيث يصبح قادراً على معالجة مختلف مركبات المفاعل المنمذج باستخدام الكودين CITATION وWIMSD4، وذلك في إطار معالجة آلية لهذه المركبات، وتعبئة آلية لملفات دخل كلٍّ من الكودين المذكورين آنفاً. يتم الحصول على توزعات التدفق والاستطاعة بشكل آلي في نهاية المطاف لأي مفاعل أسطواني الشكل.

الكلمات المفتاحية: منسر، مركبة، سايتيشن، ومز، منست.

تقرير مختصر عن دراسة علمية حاسوبية أنجزت في قسم الهندسة النووية – هيئة الطاقة الذرّية السورية.

حماية الشبكات (NTDR)

د.غسان شدو
قسم الخدمات العلمية - هيئة الطاقة الذرّية - ص.ب 6091 - دمشق - سورية
د. كيث مارتن
جامعة لندن

ملخص

يعتبر غياب سلطة الشهادات (Certificate Authority) في الشبكات ad_hoc أحد أهم المشاكل التي تعترض تقديم الخدمات الأمنية التي تعتمد على المفاتيح العامة. لقد قمنا في هذه الدراسة بتقديم نموذج جديد لسلطة شهادات موزعة (Distributed Authority Certificate – DCA) لإحدى الشبكات ad_hoc العنقودية أو الهرمية. فقد اعتمدنا في إنشاء سلطة الشهادات الموزعة على المخططات العتبية المستقلة عن أي كيان موثوق به –أي تم إنشاء المفتاح المُشارك بشكلٍ موزع بعد نشر الشبكة بحيث تتم الإجابة على طلبات عقد الشبكة عن طريق استخدام التعمية العتبية دون الحاجة لإعادة بناء مفتاح التوقيع. كذلك تتم إضافة مشترك جديد وإقصاء آخر بشكلٍ موزع بحيث يتناسب الحل المقترح مع طبيعة هذا النوع من الشبكات.

الكلمات المفتاحية : سلطة شهادات، تعمية موزعة، مخططات عتبية، شبكات NTDR.

تقرير مختصر عن دراسة علمية حاسوبية أنجزت في قسم الخدمات العلمية – هيئة الطاقة الذرّية السورية.

تصميم وحدة تغذية جهد عالٍ مستمر وتنفيذها واختبارها، بالمواصفات الاسمية للوحدة 20 kV، 100 mA

د. شريف الحواط، يامن بلول، سامر أبو شاكر، رياض عيسى
قسم الفيزياء - دائرة البلازما
هيئة الطاقة الذرّية - ص.ب 6091 - دمشق - سورية

ملخص

جرى تصميم وحدة تغذية جهد عالٍ بمواصفات جهد 20 kV وتيار 100 mA وتنفيذها، واختبرت على حمل أومي قيمته 200 kΩ واستطاعته 2 kW، وفي إحداث انفراغ كهربائي في حجرة ليزر CO_2 نبضي مستعرض عند ضغط كلي للمزيج (CO_2:N_2:He) قدره 250 mbar.

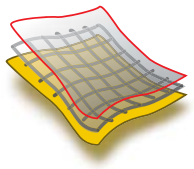
الكلمات المفتاحية: وحدة تغذية، جهد عالٍ مستمر، ليزر CO_2، انفراغ كهربائي.

تقرير مختصر عن عمل تقني أنجز في قسم الفيزياء – هيئة الطاقة الذرّية السورية.

AALAM AL-ZARRA

2006

مجلة عالم الذرّة



analysis, around 15 min for each sample.

Key Words: primary x-ray, secondary targets, detection limits.

DEVELOPING MNCIT TO INCLUDE ALL MNSR COMPONENTS

M. AL-BARHOUM

Department of Nuclear Engineering, Reactor Physics Division, Atomic Energy Commission , P.O. Box 6091, Damascus, Syria

This report describes the development of MNCIT program, which treated initially the fuel rods only. MNCIT is developed and extended to treat all reactor components in the context of automating Flux and Power distributions for any cylindrical shaped reactor once the Input File for MNCIT was compiled correctly.

Key Words: MNSR, component, CITATION, WIMSD4, MNCIT.

SECURING NTDR NETWORKS

G. CHADDOUD

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

In ad hoc networks, the absence of a global centralized and trusted authority makes establishing a CA highly problematic, if not impossible. In this study, we presented a new model for a distributed certificate authority (DCA) in NTDR cluster-based ad hoc networks. The DCA's private key is never known by any single node, either during setup or during certificate authority-related operations. The DCA's private key is thus generated and used in a distributed way without reconstruction. Further, we proposed procedures for maintaining this distributed certificate authority amongst a highly dynamic membership of shareholding node where member joins and evictions is possible at any time.

Key Words: certificate authority, threshold cryptography, threshold schemes, NTDR networks.

DESIGN AND CONSTRUCTION OF DC HIGH VOLTAGE POWER SUPPLY WITH 20 kV, 100 mA

S. AL-HAWAT, Y. BALOUL

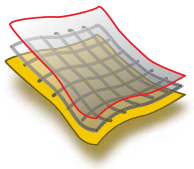
Department of Physics, Plasma Division, Atomic Energy Commission, P.O. Box 6091, Damascus, Syria

S. ABOU-SHAKER, R. EISSA

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

A high voltage power supply with 20 kV and 100 mA was designed and constructed. The power supply was tested on Ohmic load with 200 kΩ, power 2 kW and on a TE pulse CO_2 laser at a total pressure of gas mixture (CO_2:N_2:He) equals 250 mbar.

Key Words: power supply, DC high voltage, CO_2 laser, electric discharge.



WATER-USE EFFICIENCY AND BIOLOGICAL NITROGEN FIXATION OF SOYBEAN UNDER FERTIGATION WITH REPEATED INOCULATION

M. JANAT & F. KURDALI

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

This study was conducted to assess the effect of rhizobial inoculums injection through drip fertigation relative to traditional inoculation on soybean. Treatments, were consisted of either repeated inoculation through irrigation water after planting or seed coating before planting. Furthermore, second control was established without any rhizobum inoculation to testify the existence of any indigenous species of B. Japonicum. Results showed that the injection of bacteria inoculums significantly improved biological nitrogen fixation in relation to the traditional method. The amount of nitrogen fixed ranged between 100-122 for the repeated injection treatments and 47 kg N/ha for the traditional treatment. The distribution of fixed nitrogen among different plant tissues was also affected by inoculation methods, where under repeated injection 85-81 % of the fixed nitrogen was stored in the seeds while under traditional inoculation 93% of the fixed nitrogen was stored in the seeds. Yield parameters were not affected by inoculation methods.

Key Words: soybean, biofertigation, inoculation.

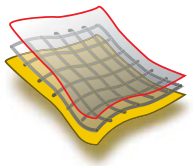
IMPROVEMENT OF THE DETECTION LIMIT OF SOME ELEMENTS BY CHANGING OF SOME FUNDAMENTAL PARAMETERS OF THE XRF GEOMETRY

A. KHUDER, G. KARAJOU, M. K. SAWAN

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

The detection limits of some light and medium elements, e.g. S, P, Cl, K, Ca, Ti and Cr, were highly improved as the result of using geometries with critical dimensions and internal-rough surfaces. The used geometries were: (i) a cylindrical-primary x-ray geometry (CPXRG) with a very critical-short distance between the sample and the detector, 8 mm; (ii) a cylindrical geometry with cupper x-ray secondary target (CSCuXRG) and critical distances between each of the tube's window-secondary target and sample-detector with values of 40 mm and 8 mm, respectively; (iii) a cylindrical geometry with molybdenum x-ray secondary target (CSMoXRG) and critical distances between each of the tube's window-secondary target and sample-detector with values of 23 mm and 20 mm, respectively. The geometries material was made from Teflon. CPXRG was used for the determination of traces of light elements, e.g. S, P and Cl, in plant standard materials, while CSCuXRG and CSMoXRG were used to determine medium and heavy elements, respectively, in the same plant standard reference materials. Different methods, including the direct analysis with thick (DATh) and intermediate thick (DAITh) samples, the preparation of thin samples, and the precipitation of individual and multi-elements, were examined. The results of the direct analysis with intermediate thick samples were more precise and accurate than those of the mentioned previously methods, in addition, the DAITh was characterized with a very limited amount of sample, 0.050 g, and short time of

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



The extraction procedure flowsheet was also suggested.

Key Words: nickel, vanadium, sulfur, extraction, petroleum coke, DEHPA/TBP.

EFFECT OF GAMMA IRRADIATION ON SEX CHROMATIN BODY APPEARANCE AND THE SEX CHROMOSOME ABERRATIONS IN THE POTATO TUBER MOTH, PHTHORIMAEA OPERCULELLA (LEPIDOPTERA: GELECHIIDAE)

H. MAKEE

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

Genetic sexing technique based on the construction of a balanced lethal strain (BLS) has been proposed for Phthorimaea operculella (Zeller). The isolation of female with T(W;Z) translocation is a fundamental step to develop such strain. Gamma irradiation was used to induce the requested translocations. The availability of sex-linked morphological marker is required to facilitate the detection of such mutations. Since a visible sex-linked marker has not been found in P. operculella, therefore main aim of our study was to determine the possibility of using sex heterochromatin body as a marker to identify the required translocated females. The appearance of sex heterochromatin body and the analysis of sex chromosomes in F1 females of irradiated P. operculella females were investigated. The percentage of abnormality in sex heterochromatin body in highly polyploid Malpighian tubule nuclei was increased by increasing the applied dose. Based on the appearance of this body, 3 mutant lines were isolated: elongated, small, fragmented lines. W chromosome was easily distinguished from Z chromosome when the analysis of pachytene sex chromosome bivalents of P. operculella females was carried out. The aberrations involved W chromosome directly influenced the appearance of sex heterochromatin body in highly polyploid somatic cells of the isolated mutant lines. The results showed that sex heterochromatin could be used as sex determination and cytogenetic marker in P. operculella.

Key Words: phthorimaea operculella, sex heterochromatin body, sex chromosomes.

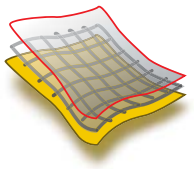
TOLERANCE OF SOME POTATO MUTANTS INDUCED WITH GAMMA IRRADIATION TO DROUGHT IN VITRO

B. AL-SAFADI, Z. AYYOUBI

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

An in vitro selection program was conducted in order to improve potato (Solanum tuberosum) tolerance to drought. Potato mutant plants were obtained through a previously conducted mutation breeding program on three potato cultivars (Draga, Spunta, and Diamant) The plants were tested in growth media containing 1%, 2%, 3% concentrations of Poly Ethylene Glycol (PEG). As a result, three mutants were selected that were tolerant to water stress (i.e. drought tolerant) two of which came from the cultivar Draga and one from Spunta. The selected mutants were distinguished with some characteristics which can improve their tolerance to drought.

Key Words: potato, drought, mutant, in vitro culture.



more sensitive to UV than wild Brucella strains. No relation was found between the sensitivity of Y. enterocolitica to UV and the presence or absence of a pYV+ virulence plasmid.

Key Words: Yersinia, Brucella, E. coli, plasmid, ultraviolet UV.

EFFECT OF HARVEST TIME AND STORAGE PERIOD ON THE PRESENCE OF ASPERGILLUS SPP AND AFLATOXIN RESIDUES IN LOCALLY GROWN PEANUT ARACHIS HYPOGAEA

I. GHANEM, M. I. E. ARABI, G. SWIED, AND M. JAUHAR.

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

The aim of the present study was to determine the effect of harvest time and storage period on the occurrence of Aspergillus spp. and aflatoxins in locally produced peanuts Arachis hypogaea. Concentrations of aflatoxins B1 and B2 were determined in three peanuts samples taken from harvests collected at three different times, an early harvest (sixteen days earlier than the usual harvest time), a normal time-harvest, and a late harvest (sixteen days past the normal harvest time). Each sample was divided into three sub-samples, one of these sub-samples was analyzed for aflatoxins immediately following its collection. The second and third sub-samples were stored for 3 and 6 x month, respectively. Redsults showed that concentrations of aflatoxins increased proportionally with the increase in storage period. Also, concentration of aflatoxins in peanuts differed according to the storage conditions. Storage under high humidity and bad circulation conditions resulted in high concentrations of aflatoxins, whereas concentrations of aflatoxins remained low in peanut samples stored under low himidity conditions.

Key Words: aflatoxins, peanuts, aspergillus flavus.

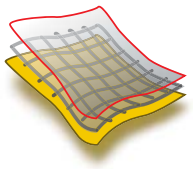
NICKEL AND VANADIUM EXTRACTION FROM THE SYRIAN PETROLEUM COKE

H. SHLEWIT, M. ALIBRAHIM

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

Syrian petroleum coke samples were characterized and submitted for salt-roasting treatment in electric furnace to evaluate the convenience of this procedure for the extraction of the vanadium, Nickel and sulfur from coke. Both solution and solid residue remaining after salt roasting were separated by filtration and were analyzed for vanadium, nickel and sulfur. The solution was analyzed by UV-Visible spectroscopy for vanadium and nickel and gravimetrically for sulfur. The solid residue and the untreated samples of petroleum coke were analyzed by XRF spectrometry. Results showed that more than 90% of sulfur and 60% of vanadium could be extracted by salt roasting treatment. An alternative procedure has been suggested, in which, more than 80% of sulfur and small percentage of vanadium can be leached by 0.75 M of Na_2CO_3 solution at 70-80°C. Vanadium was selectively extracted by DEHPA/TBP from the loaded leached solution.

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



DISEASE NOTES OR NEW RECORDS GENETIC VARIABILITY AMONG PYRENOPHORA GRAMINEA ISOLATES

M. JAWHAR & M. I. E. ARABI

A Plant Pathology Division, Atomic Energy Commission, P. O. Box 6091, Damascus, Syria

IGS-RFLP markers were used to determine the genetic structure of Syrian field populations of the barley leaf stripe pathogen Pyrenophora graminea. Genetic variation was high in Syrian populations of P graminea. A total of 366 scorable DNA bands were obtained, and 290 of these (79.2%) were polymorphic. Genetic distances among all isolates ranged from 0.01 to 0.74 with a mean of 0.29. The described IGS-RFLP analysis appears to be a useful tool to study genetic variation within P graminea populations.

KeyWords: Nuclear ribosomal DND6, intergenic spacer (IGS), Pyrenophora graminea.

MONTE CARLO DETERMINATION OF THE LEAD EQUIVALENT FOR SYRIAN BUILDING BRICKS FOR DIAGNOSTIC X-RAY

H. SUMAN

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

The uncertainty band associated with the transmission curve for 100 kVp x-ray in lead was determined using Monte Carlo methods and the sensitivity analysis approach. All uncertainty sources (statistical, systematical and the uncertainties arising from the diversity of x-ray tubes) were taken into account. The transmission of 100 kVp x-ray in Syrian building bricks was then computed together with the uncertainty associated with it. Finally, the lead equivalent thicknesses for 10, 15, and 20-cm-thick bricks were estimated. The results are in good agreement with experimental results. This study recommends, as a rule of thumb, to use the leadequivalent values of 0.5, 0.75, and 1.0 mm for the 10, 15, and 20-cm-thick building bricks, respectively.

Key Words: Monte Carlo method; lead; X-ray; medical radiation.

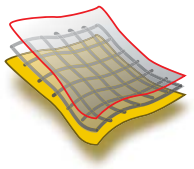
REPORTS

THE ATTENUATION EFFECT OF UVc RADIATION DOSES IN GAM-NEGATIVE BACTERIA (BRUCELLA, YERSINIA, ESCHERICHIA COLI)

A. AL-MARIRI

Department of Molecular biology and Biotechnology, Microbiology and Immunology Division, Atomic Energy Commission, P.O. Box 6091, Damascus, Syria

The gram-negative bacteria Yersinia enterocolitica serogroup O:3 and O:9, and Brucella (melitensis and abortus) together with Escherichia coli (O:157, DH5α-pEt15b), were investigated to evaluate there susceptibility to UV radiation at 254 nm. Using E. coli O:157 as control, it appears that Y. enterocolitica serogroup O:3 and O:9 and vaccinal strains of Brucella (Rev.1 and S19) are



preamplifier are described. These parameters are studied in three connection methods between the detector and the preamplifier. The advantage of a modified AC coupling method is presented. The role and the influence of the preamplifier and the detector circuits, especially the detector capacitance, on the response parameters is also taken into consideration.

Key Words: charge preamplifier- front-end coupling- detector connection.

MODELING A DISTRIBUTED FEEDBACK DYE LASER PUMPED BY A Nd-GLASS LASER

B. ABDUL GHANI, M. HAMMADI

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

A mathematical model has been developed to describe the dynamic emission of a distributed feedback dye laser (DFDL) pumped by a Nd-glass laser. The model is based on the coupled-wave theory. It allows the investigation of the temporal behavior of the Nd-glass pumping laser source and the DFDL pulses. The model allows studying the effect of the variation of the laser input parameters of the Nd-glass laser, such as maximum amplification coefficient, loss coefficient and pumping rate on the characteristics of DFDL pulses regarding the pulse width, delay time and separation time. The feedback process of the DFDL is provided either by changes of the refractive index or by optical gain or by both together. The model estimates the following: temporal behavior of the density of emitted radiation, energy densities of the first excited singlet and triplet states, DFDL output power, cavity decay time and the temperature of the produced grating. The numerical solution of the nonlinear coupled rate equation system predicts the generation of DFDL picosecond pulses. The calculated results are in good agreement with the available experimental data. The calculations were done using rhodamine 6G dissolved in ethanol as the investigated matrix.

Key Words: numerical calculations; Nd-glass laser; DFDL; picosecond pulses.

USABILITY OF AQUEOUS SOLUTIONS OF METHYL RED AS HIGH-DOSE DOSIMETER FOR GAMMA RADIATION

Z. AJJI

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

The effect of gamma radiation on the organic dye methyl red and its possible use in chemical dosimetry has been investigated. Alkaline and acidic aqueous solutions of this indicator were prepared, and exposed to various gamma doses. The absorbance% in alkaline medium decreased exponentially with respect to the irradiation dose; the data show that the alkaline dye solution could be used as chemical dosimeter for gamma rays in the range between 50 and 6000Gy.

The absorbance% of the acidic dye solution decreases linearly with increasing the irradiation dose up to 200 Gy, and the useful dose range can be extended up to 1250 Gy by addition of 1% ethanol.

Key Words: methyl red: ionizing radiation; chemical dosimetry: gamma irradiation.

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

rod position.

Key Words: MNSR, CITATION code, WIMSD4 code.

IMPACT OF PHOSPHATE INDUSTRY ON THE ENVIRONMENT: A CASE STUDY

I. OTHMAN, M.S. AL-MASRI

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

This paper presents results obtained from studying the impact of the Syrian phosphate industry on the environment. This work is based on evaluating naturally occurring radionuclide concentrations in the surrounding environment at the locations of this industry, viz. mines, phosphate fertilizers factory and phosphate export platforms. Air particulates, soil, water (river, lake and sea water), biota and plant samples were collected and analyzed. Natural radionuclides (^{226}Ra, ^{nat}U, ^{210}Po, ^{210}Pb) were determined by means of low background gamma spectrometry and alpha spectrometry. The results showed that the distribution and enhancement of natural radionuclides in the surrounding environment in these three locations are mainly due to fallout of phosphate dust generated during loading and processing of phosphate ore. The extent of contamination was related to climate conditions. Radon gas and its daughters generated from phosphate ores were found to be the main source of enhanced concentrations of ^{210}Po and ^{210}Pb in soil and leafy plants. These results can be considered as baseline data and can be used to prove the effectiveness of any future pollution controls adopted.

Key Words: NORM; air particulates; soil; phosphate industry; environment; Syria.

PROVENANCE STUDY OF EXCAVATED POTTERY FROM BEIRUT USING PIXE CLUSTER ANALYSIS

E. BAKRAJI

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

The study of imported ceramics found in Beirut and suspected to belong to north Syrian products will provide key evidence for the roles in trade of the various postulated centers in northern Syria and northern Lebanon. It is proposed that a comprehensive range of likely north Syrian products imported to Beirut will be chemically analyzed by PIXE (proton induced X-ray emission) in order to characterize. Compare and isolate the various regional production centers that supplied the city from the Persian to Byzantine periods. In this work, we were mainly focusing on the characterization of Amrit products, by using 3 MeV proton beam and Al funny filter, as X-ray absorber.

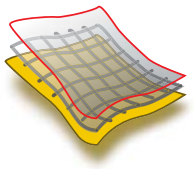
Key Words: PIXE; Funny filter; Gupix; Ancient ceramics; Cluster analysis; Archaeology.

NEW APPROACH FOR DESCRIBING THE RESPONSE PARAMETERS OF THE CHARGE PREAMPLIFIER

J. ASSAF

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

Analytical expressions and experimental results for the characterization of the response parameters of the charge



The network model has been used to calculate the band structure the gap energy and Fermi level of conducting polymers in two dimensions. For this purpose, a geometrical classification of possible polymer chains configurations in two dimensions has been introduced leading to a classification of the unit cells based on the number of bonds in them. The model has been applied to graphite in 2D, represented by a three bonds unit cell, and, as a new case, the anti-parallel Polyacetylene chains (PA) in two dimensions, represented by a unit cell with four bonds. The results are in good agreement with the first principles calculations.

Key Words: Polymer, network model, polyacetylene, band gap, tight binding model.

TRANSFER FACTORS OF ^{137}Cs AND ^{90}Sr FROM SOIL TO TREES IN ARID REGIONS

M. AL-OUDAT, A. F. ASFARY, H. MUKHALALLTI, A. AL-HAMWI, S. KANAKRI

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

Transfer factors of ^{137}Cs and ^{90}Sr from contaminated soil (Aridisol) to olive, apricot trees and grape vines were determined under irrigated field conditions for four successive years. The transfer factors (calculated as Bq kg^{-1} dry plant material per Bq kg^{-1} dry soil) of both radionuclides varied among tree parts and were highest in olive and apricot fruits. However, the values for ^{90}Sr were much higher than those for ^{137}Cs in all plant parts. The geometric mean of the transfer factors in olives, apricots and grapes were 0.007, 0.095 and 0.0023 for ^{137}Cs and 0.093, 0.13 and 0.08 for ^{90}Sr, respectively, and were negligible in olive oil for both radionuclides. The transfer factors of both radionuclides were similar to, or in the lower limits of, those obtained in other areas of the world. This could be attributed to differences in soil characteristics: higher pH, lower organic matter, high clay content, and higher exchangeable potassium and calcium.

Key Words: Cesium-137; Strontium-90; transfer factor; tree crops.

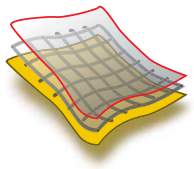
THE EFFECT OF TEMPERATURE AND CONTROL ROD POSITION ON THE SPATIAL NEUTRON FLUX DISTRIBUTION IN THE SYRIAN MINIATURE NEUTRON SOURCE REACTOR

K. KHATTAB, H. OMAR, N. GHAZI

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

The effect of the spatial neutron flux distribution for both of water and fuel temperature increase as well as the change in the control rod position are presented in the Syrian miniature neutron source reactor (MNSR). The cross-sections of all the reactor components at different temperatures are generated using the WIMSD4 code. These group constants are used then in the CITATION code to calculate the spatial neutron flux distribution at different water and fuel temperatures and different control rod positions using four energy groups. This work shows that the increase in water and fuel temperatures during the reactor daily operating time does not affect the spatial neutron flux distribution in the reactor. The change in the control rod position does not affect as well the spatial neutron flux distribution in the reactor except in the region around the control

Abstracts



ARTICLES

A PRESSING MATTER

R. J. HEMLEY
Is in the Geophysical Laboratory at the Camegie Institution Washington, DC, US

Under high pressures, some of the molecules and elements most familiar to us -water, hydrogen, oxygen and iron- behave in surprising ways, as Russell J Hemley explains.

Key Words: Static compression, dynamic compression, water, structure of materials, geophysics, biological systems, melting curve, synthesis.

THE STRUCTURE OF H5N1 AVIAN INFLUENZA NEURAMINIDASE SUGGESTS NEW OPPORTUNITIES FOR DRUG DESIGN

R. J. RUSSELL
MRC National Institute for Medical Research, The Ridgeway, Mill Hill, London, UK

The worldwide spread of H5N1 avian influenza has raised concerns that this virus might acquire the ability to pass readily among humans and cause a pandemic. Tow anti-influenza drugs currently being used to treat infected patients are oseltamivir (Tamiflu) and zanamivir (Relenza), both of which target the neuraminidase enzyme of the virus. Reports of the emergence of drug resistance make the development of new anti-influenza molecules a priority. Neuraminidases from influenza type A viruses form two genetically distinct groups: group-1 contains the N1 neuraminidase of the H5N1 avian virus and group-2 contains the N2 and N9 enzymes used for the structure-based design of current drugs. Here we show by X-ray crystallography that these two groups are structurally distinct. Group-1 neuraminidase contain a cavity adjacent to their active sites that closes on ligand binding. Our analysis suggests that it may be possible to exploit the size and location of the group-1 cavity to develop new anti-influenza drugs.

Key Words: avian influenza, drug design, crystallography, inhibitors.

LIFE AT THE HIGH-ENERGY FRONTIER

M. CHALMERS
Is Features Editor of Physics World

The Large Hadron Collider at CERN and its cathedral-sized detectors will change the course of particle physics forever. Matthew Chalmers visits the lab to capture the mood as the most ambitious scientific project ever undertaken prepares for switch-on.

Key Words: Large Hadron Collider, standard model of particle physics, superconducting magnets.

PAPERS

CALCULATION OF THE BAND STRUCTURE OF 2D CONDUCTING POLYMERS USING THE NETWORK MODEL

M. K. SABRA, H. SUMAN
Department of Physics, Atomic Energy Commission, P. O. Box 6091, Damascus, Syria

SCIENTIFIC HIGHLIGHT ON AN EVENT

42 BIOTECHNOLOGY: MERITS AND DEMERITS

PAPERS

58 CALCULATION OF THE BAND STRUCTURE OF 2D CONDUCTING POLYMERS USING THE NETWORK MODEL

58 TRANSFER FACTORS OF ^{137}Cs AND ^{90}Sr FROM SOIL TO TREES IN ARID REGIONS

59 THE EFFECT OF TEMPERATURE AND CONTROL ROD POSITION ON THE SPATIAL NEUTRON FLUX DISTRIBUTION IN THE SYRIAN MINIATURE NEUTRON SOURCE REACTOR

59 IMPACT OF PHOSPHATE INDUSTRY ON THE ENVIRONMENT: A CASE STUDY

60 PROVENANCE STUDY OF EXCAVATED POTTERY FROM BEIRUT USING PIXE CLUSTER ANALYSIS

60 NEW APPROACH FOR DESCRIBING THE RESPONSE PARAMETERS OF THE CHARGE PREAMPLIFIER

61 MODELING A DISTRIBUTED FEEDBACK DYE LASER PUMPED BY A Nd-GLASS LASER

61 USABILITY OF AQUEOUS SOLUTIONS OF METHYL RED AS HIGH-DOSE DOSIMETER FOR GAMMA RADIATION

62 DISEASE NOTES OR NEW RECORDS GENETIC VARIABILITY AMONG PYRENOPHORA GRAMINEA ISOLATES

62 MONTE CARLO DETERMINATION OF THE LEAD EQUIVALENT FOR SYRIAN BUILDING BRICKS FOR DIAGNOSTIC X-RAY

REPORTS

63 THE ATTENUATION EFFECT OF UVc RADIATION DOSES IN GAM-NEGATIVE BACTERIA (BRUCELLA, YERSINIA, ESCHERICHIA COLI)

63 EFFECT OF HARVEST TIME AND STORAGE PERIOD ON THE PRESENCE OF ASPERGILLUS SPP AND AFLATOXIN RESIDUES IN LOCALLY GROWN PEANUT ARACHIS HYPOGAEA

64 NICKEL AND VANADIUM EXTRACTION FROM THE SYRIAN PETROLEUM COKE

64 EFFECT OF GAMMA IRRADIATION ON SEX CHROMATIN BODY APPEARANCE AND THE SEX CHROMOSOME ABERRATIONS IN THE POTATO TUBER MOTH, PHTHORIMAEA OPERCULELLA (LEPIDOPTERA: GELECHIIDAE)

65 TOLERANCE OF SOME POTATO MUTANTS INDUCED WITH GAMMA IRRADIATION TO DROUGHT IN VITRO

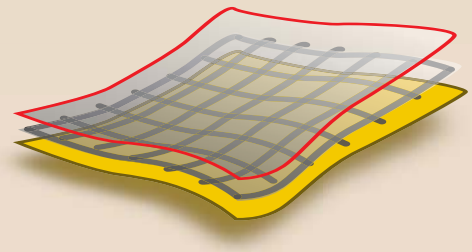
65 WATER-USE EFFICIENCY AND BIOLOGICAL NITROGEN FIXATION OF SOYBEAN UNDER FERTIGATION WITH REPEATED INOCULATION

66 IMPROVEMENT OF THE DETECTION LIMIT OF SOME ELEMENTS BY CHANGING OF SOME FUNDAMENTAL PARAMETERS OF THE XRF GEOMETRY

66 DEVELOPING MNCIT TO INCLUDE ALL MNSR COMPONENTS

67 SECURING NTDR NETWORKS

67 DESIGN AND CONSTRUCTION OF DC HIGH VOLTAGE POWER SUPPLY WITH 20 kV, 100 mA

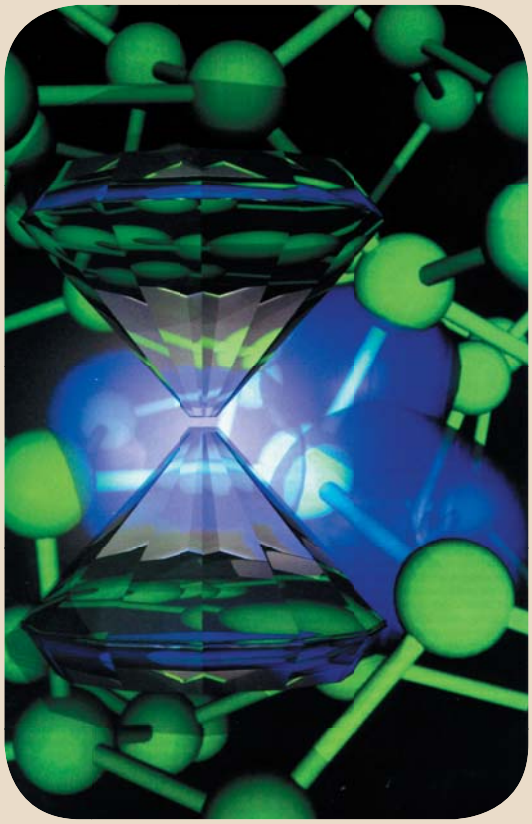


77 ABSTRACTS OF THE ITEMS PUBLISHED IN THIS ISSUE IN ENGLISH

CONTENTS

ARTICLES

5 A PRESSING MATTER



Under high pressures, some of the molecules and elements most familiar to us -water, hydrogen, oxygen and iron- behave in surprising ways.

R. J. HEMLEY

11 THE STRUCTURE OF H5N1 AVIAN INFLUENZA NEURAMINIDASE SUGGESTS NEW OPPORTUNITIES FOR DRUG DESIGN

The worldwide spread of H5N1 avian influenza has raised concerns that this virus might acquire the ability to pass readily among humans and cause a pandemic.

R. J. RUSSELL

17 LIFE AT THE HIGH-ENERGY FRONTIER

The Large Hadron Collider at CERN and its cathedral-sized detectors will change the course of particle physics forever.

M. CHALMERS

NEWS

23 POWER ON TAP

Cars that run on water? It's not as daft as it sounds, discovers David Adam.

26 RELAXORS GO CRITICAL

28 MAGNETIC ACCRETION

29 CARBON CONCERNS

31 ALMOST CERTAIN ESCAPE FROM A BLACK HOLE

Recent theoretical results have overturned the long-held notion that information cannot escape from a black hole.

35 SOLID OXYGEN TAKES SHAPE

Oxygen crystallizes into a sequence of structures, starting as an insulator at low pressure and becoming a superconductor at high pressure. The elusive structure of an intermediate phase has now been determined.

37 FLY EYES GET THE WHOLE PICTURE

39 EUROPIUM

Aalam Al-Zarra

Journal of The Atomic Energy Commission of Syria

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

Managing Editor

Dr.Ibrahim Othman

Dirctor General of A.E.C.S

Editorial Board

Dr. Adel Harfoush

Dr. Ziad Qutob

NO.107