عالَم الذرّة

مجلة هيئة الطاقة الذرية 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.101

العدد 101 (كانون الثاني/ شباط) 2006

المحتويات

المقالات

5 **نبذ فكرتي تقلص الأطوال وتمدد الزمن**

إن تفسير لاتغير سرعة الضوء يمكن ألّا يعتمد على خصائص الزمكان كما هو معروف في النسبية الخاصة.

د. نزار حمدان

11 **الطريق إلى النمنمة**

وصف التحديات التي تواجه صناعة أنصاف النواقل اليوم.

د. إيوي، د. وانغ

17 **علم القياس على مستوى السُّلَّم النانوي**

إن التقدم في التقانة النانوية يستند إلى قياسات أكثر دقة لمقادير كالمسافة والقوة والتيار.

ب. شيريدان، ب. كامبسون، م. بيلي

22 **أحداث غريبة في البروتون**

توحي القياسات الدقيقة للقوة الضعيفة أن للكواركات الغريبة تأثيراً على العزم المغنطيسي للبروتون.

ك. كومار

25 **ويليام روان هاملتون: عبقري في الرياضيات**

تحتفل أيرلندا هذه السنة بالذكرى المئوية الثانية لعالم الرياضيات ويليام روان هاملتون، الذي يُذكر بشكل رئيسي لأجل الكواترنيونات ولأجل عمله الرائد في مجالي علم الضوء وعلم التحريك (الديناميك).

د. ار ويلكينز

30 **التدوير الكيمياني الحيوي لنظائر الحديد**

يعرض هذا المقال استثمار الأوساط البيئية والعمليات الداخلة في دورة هندسة أكسدة وإرجاع نظائر الحديد.

ك. جونسون، ب. بيرد

الأخبار العلمية

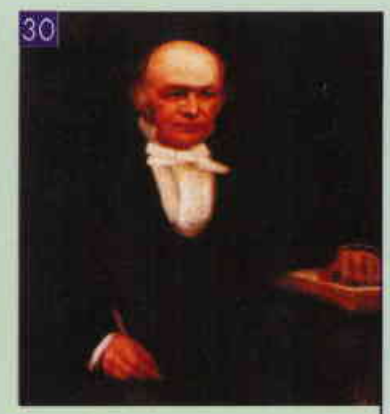
35 ▮ **إنفلونزا الطيور**

من المحتمل أن يكون ثمّة ضَرب Variant من الفيروس H5N1 أكثر فتكاً يصيب الطيور المهاجرة في الصين.

36 ▮ **كيف يعمل القرص المدمج القابل لإعادة التسجيل عليه؟**

لم يكن بالإمكان التسجيل ثم محو التسجيل على القرص المدمّج CD البسيط الحامل للموسيقى وللمعلومات، كما هو الحال بالنسبة إلى شريط مغنطيسي، وقد احتاج الأمر إلى تغيير عملية تسجيل المعطيات تغييراً جذرياً لكي تصبح الأقراص CD قابلة لإعادة التسجيل عليها.

39 ▮ **الولايات المتحدة تبدأ بإقرار اختبار مبيدات الهوام على البشر**



41 ■ الإشعاع خطيرٌ حتى بجرعات متدنية

42 ■ ما بعد الأسلحة النووية

43 ■ التقنيات التي لا تستخدم الأجنّة تكتسب زخماً

هناك هواجس أخلاقية فيما يخص البحوث التي تتضمّن أجنّة تدفع للسعي وراء طرائق أخرى لاشتقاق الخلايا الجذعية، وربما تلوح في الأفق قريباً نتائج تلك المساعي.

45 ■ نتائج الهدروجين تثير الخلاف

46 ■ أوربا تخطط لمنشأة اندماج ليزري

48 ■ فيلسوف الكم

49 ■ الكلور

ورقات البحوث

53 تقييم سلالات شعير مضاعفة مختزلة الصيغة الصبغية وأخرى طافرة لخصائصها الزراعية ولمقاومتها لمرض السفحة

58 إنتاج الضماد الطبي الرطب باستخدام إشعاع غاما

تقارير

63 ■ تحديد الاندخال الإشعاعي والجرعة الإشعاعية الداخلية للعاملين المعرضين لليود-131

64 ■ برنامج حاسوبي لإجراء عمليات الملائمة غير الخطية لمعطيات إحصائية باستخدام خوارزميات احتمالية عشوائية

64 ■ نمذجة المعالجة الأولية للمياه الداخلة إلى محطات التحلية

65 ■ العوامل المؤثرة على العلاقة التي تربط النسبة $^{140}La/^{95}Zr$ والنسبة $^{95}Nb/^{95}Zr$ بزمن التبريد

65 ■ دراسة التأثير التعاوني للمركّبات الكحولية على استخلاص حمض الفسفور من حمض الفسفور السوري بواسطة الـ TBP

66 ■ تأثير معدلات مختلفة من السماد البوتاسي على كفاءة استخدام النتروجين وإنتاج محصول القطن باستخدام تقانة التخفيف النظيري بالنتروجين-15

66 ■ تعيين مستويات الفلوريد المنطلق من معمل السماد الفسفاتي في مكونات النظام البيئي

67 ■ تأثير درجة الحرارة على مميزات كثافة التيار–الجهد في الخلايا الشمسية $ZnO/CdS/CuGaSe_2$ المبنية على أساس $CuGaSe_2$ وحيد البلورة

كتب حديثة

68 أسرار الكائن الحي - ضد الفكر الأوحد في البيولوجيا

تأليف: ميشيل موراخ

عرض وتحليل: لوك مونتانييه

69 مستقبل الكهرباء المولّدة نووياً

تأليف: وليام نوتال

عرض وتحليل: جيم سكيا

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 احدهما 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 كان 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 المطبوعة بلغة أجنبية (كما جاء في الفقرة "4") مرقمة حسب اماكن 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) اينما 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 الذرية - مكتب الترجمة والتأليف والنشر - دمشق ، ص.ب : 6091

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

E-mail: tapo@aec.org.sy

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 امريكياً .

سعر العدد الواحد

سوريا : 50 ل.س مصر : 3 جنيهات لبنان : 3000ل.ل الجزائر : 100 دينار

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

الإعلانات

تود مجلة عالم الذرة 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 الينا أو الاتصال بنا وفق العنوان الوارد أعلاه.

ISSN 1607-985X

نبذ فكرتي تقلص الأطوال وتمدد الزمن

د. نزار حمدان
قسم الفيزياء
جامعة حلب

ملخص

تبين هذه الورقة أنه بإضافة قانون لورنتز إلى النسبية الخاصة فإن هذه الآلية تسمح لنا بإعادة اشتقاق جميع علاقات النسبية الخاصة المتعلقة بجسيم مشحون يتحرك في حقل كهرطيسي خارجي، و يتم ذلك بدون استخدام تحويلات لورنتز وبالتالي بدون استخدام الأفعال الكينماتيكية (تقلص الأطوال وتمدد الزمن).

وكنتيجة لهذه الطريقة فإن لاتغير سرعة الضوء يعاد تفسيره بحيث لا يعتمد على خصائص الزمكان كما هو معروف في النسبية الخاصة.

الكلمات المفتاحية *قانون لورنتز، النسبية الخاصة، فكرتا تقلص الأطوال وتمدد الزمن.*

مقدمة:

إن تحويلات لورنتز التي كانت نقطة الأساس لبناء النسبية الخاصة لدى أينشتاين [1] كان أول من اشتقها هو لورنتز [2] في نظريته التي تسمى بنظرية الإلكترون، مع العلم أن اشتقاق لورنتز لهذه التحويلات آنذاك تم باستخدام "مفهوم الأثير" وفق الطريقة الآتية:عند الانتقال من الجملة العطالية (S)، وهي جملة ساكنة مطلقة وتدعى جملة الأثير، إلى جملة عطالية أخرى (S′) تتحرك حركة مستقيمة منتظمة بسرعة $\vec{u}$ موازية للمحور ox $(\vec{u}//ox)$، بالنسبة لجملة الأثير، فإن معادلات ماكسويل في الخلاء تصبح متغيرة تحت تحويلات غاليليه وذلك نتيجة لظهور حدود إضافية من المرتبة الأولى والثانية للنسبة $\frac{u}{c}$. فقد تبين له أن حدود المرتبة الأولى من الممكن حذفها إذا عدلنا الجزء الزماني من تحويلات غاليليه بالشكل:

$$t'=t \rightarrow t'=\gamma(t-\frac{u}{c^2}x)$$

حيث $\gamma=1/(1-\frac{u^2}{c^2})^{\frac{1}{2}}$ هي معامل النسبية الشهير.

لإزالة الحدود من المرتبة الثانية في النسبة $\frac{u}{c}$ اقترح لورنتز تعديلاً جديداً لتحويلات غاليليه وهو " أن الأجسام المتحركة في الأثير تخضع لتقلص باتجاه حركتها بالمقدار $(1-\frac{u^2}{c^2})^{-\frac{1}{2}}$ ".

هذه الفرضية عرفت فيما بعد بتقلص لورنتز–فترجرالد. لأن فترجرالد اقترح هذا التعديل في الوقت نفسه من أجل تفسير النتيجة السلبية لتجارب مايكلسون – مورلي (عدم اكتشاف الأثير تجريبياً).

هكذا حصل لورنتز على تحويلاته عند دمج التعديل الأول مع فرضية تقلص لورنتز – فترجرالد.

$$t'=\gamma(t-\frac{u}{c^2}x) \quad , \quad x'=\gamma(x-ut) \quad , \quad y'=y \quad , \quad z'=z$$

وبالتالي استطاع لورنتز أن يبرهن أن معادلات ماكسويل لامتغيرة، تحت تحويلات لورنتز؛ عند الانتقال من جملة عطالية إلى أخرى.

تمكن أينشتاين انطلاقاً من فرضيتين شهيرتين [1] أن يشتق تحويلات لورنتز بطريقة مختلفة عن لورنتز وأن يتجنب فكرة الأثير، وذلك بفرضية تكافؤ الجمل العطالية، مبيناً أهمية تحويلات لورنتز على أنها كميات فيزيائية مخالفاً بذلك كلاً من لورنتز وبوانكاريه.

وهكذا تم لأينشتاين بناء النسبية الخاصة معتمداً على مفهومه الجديد للزمكان واستطاع بذلك بناء ديناميك الجسيم النسبي (أو الفوتون)، بحيث يتوافق هذا الديناميك مع تحويلات لورنتز.

وفق طريقة أينشتاين في بناء النسبية الخاصة ظهرت ثلاثة متناقضات أساسية [3]:

1- تفسير لاتغير سرعة الضوء باستخدام تحويلات لورنتز.
2- تقلص الأطوال كفعل كينماتيكي.
3- تمدد الزمن كفعل كينماتيكي.

وللتغلب على العيوب المذكورة أعلاه، اقترحت نظريات بديلة للنسبية الخاصة وكمثال على ذلك فقد انطلق ويلهلم (H.E. Wilhelm) [4, 5] مرة أخرى من نظرية الأثير وفق الأعمال القديمة لكل من فترجرالد ولارمور ولورنتز، حيث اعتبر تقلص الأطوال و تمدد الزمن أفعالاً ديناميكية بدلاً من كونها كينماتيكية لدى النسبية الخاصة.

كذلك اقترح جيفمنكو (O.D. Jefimenko) [8,7,6] نظرية بديلة أخرى حيث يتم اشتقاق الإلكترودينامیك النسبوي والميكانيك النسبوي دون العودة إلى فرضيتي النسبية الخاصة ومستبعداً استخدام تقلص الأطوال وتمدد الزمن.

وبهذه النظرية استطاع جيفمنكو أن يعطي تفسيراً جديداً لتجارب تقلص الأطوال وتمدد الزمن وذلك بواسطة قوى ديناميكية تخص الجسيم المتحرك [9].

العلاقة بين النسبية الخاصة والإلكترودينامیك قوية جداً تاريخياً وتزداد هذه العلاقة أكثر بإدخال قانون لورنتز إلى صياغة النسبية الخاصة:

$$F = q(E + v \times B) \qquad (1)$$

واستخدام مبدأ النسبية على قانون لورنتز، بدلاً من مبدأ النسبية الخاص.

وهدف هذا العمل تطوير هذه الطريقة لكي نوضح كيفية اشتقاق جميع العلاقات النسبوية وعلاقات التحويل النسبوية وذلك بدون استخدام تحويلات لورنتز. وهذا يعني عدم استخدام الأفعال الكينماتيكية (المتناقضات 2 و3) أما بالنسبة للمتناقضة الأولى فهذه الآلية الرياضية تسمح لنا بإعادة تفسير لاتغير سرعة الضوء بطريقة لا تعتمد على خصائص الزمكان.

اشتقاق علاقات التحويل النسبية للقوة والسرعة والحقول:

هذه الفقرة تتضمن اشتقاق علاقات تحويل القوة النسبوية وعلاقات تحويل السرع بالإضافة إلى علاقات تحويل الحقول الكهرطيسية النسبوية في الصياغة الثلاثية.

من أجل ذلك نفرض أنه لدينا جسيم مشحون q كتلته m يتحرك بسرعة v في الجملة العطالية (S) حيث يخضع هذا الجسيم لحقل كهربائي خارجي E وحقل مغنطيسي خارجي B. في هذه الحالة يخضع الجسيم إلى قوة لورنتز التي يعبر عنها في الإحداثيات الديكارتية في الجملة (S) بالشكل:

$$F_x = q(E_x + v_y B_z - v_z B_y) \qquad (2a)$$
$$F_y = q(E_y + v_z B_x - v_x B_z) \qquad (2b)$$
$$F_z = q(E_z + v_x B_y - v_y B_x) \qquad (2c)$$

في الجملة العطالية (S′) فإن العلاقات (2) يعبر عنها كما يلي:

$$F'_x = q(E'_x + v'_y B'_z - v'_z B'_y) \qquad (3a)$$
$$F'_y = q(E'_y + v'_z B'_x - v'_x B'_z) \qquad (3b)$$
$$F'_z = q(E'_z + v'_x B'_y - v'_y B'_x) \qquad (3c)$$

الآن بضرب العلاقة (1) المكتوبة في الجملة (S) سلمياً بـ v فإننا نجد:

$$F \cdot v = qE \cdot v \qquad (4)$$

ومن ثم ضرب المعادلة (4) بـ $-\frac{u}{c^2}$ وإضافة الناتج إلى (2a) وبعد الإصلاح نحصل على:

$$F_x\left(1-\frac{uv_x}{c^2}\right)-\frac{u}{c^2}F_y v_y-\frac{u}{c^2}F_z v_z = q\left[E_x\left(1-\frac{uv_x}{c^2}\right)+v_y\left(B_z-\frac{u}{c^2}E_y\right)-v_z\left(B_y+\frac{u}{c^2}E_z\right)\right]$$

بتقسيم هذه العلاقة على $\left(1-\frac{uv_x}{c^2}\right)$ وبالوقت نفسه نضرب ونقسم الحدين الأخيرين من الطرف الأيسر بالمعامل السلمي γ نجد إذن:

$$F_x-\frac{\frac{u}{c^2}F_y v_y}{\left(1-\frac{uv_x}{c^2}\right)}-\frac{\frac{u}{c^2}F_z v_z}{\left(1-\frac{uv_x}{c^2}\right)} = q\left[E_x+\frac{v_y\gamma\left(B_z-\frac{u}{c^2}E_y\right)}{\gamma\left(1-\frac{uv_x}{c^2}\right)}-\frac{v_z\gamma\left(B_y+\frac{u}{c^2}E_z\right)}{\gamma\left(1-\frac{uv_x}{c^2}\right)}\right]$$

وبمقارنة المعادلة الأخيرة مع (3a)، ولكي يبقى قانون لورنتز صالحاً في الجملة (S′)، يجب أن يكون:

$$F'_x = F_x-\frac{\frac{u}{c^2}F_y v_y}{\left(1-\frac{uv_x}{c^2}\right)}-\frac{\frac{u}{c^2}F_z v_z}{\left(1-\frac{uv_x}{c^2}\right)} \qquad (5a)$$

$$v'_y = \frac{v_y}{\gamma\left(1-\frac{uv_x}{c^2}\right)} \qquad (6a)$$

$$v'_z = \frac{v_z}{\gamma\left(1-\frac{uv_x}{c^2}\right)} \qquad (6b)$$

كذلك نجد:

$$E'_x = E_x \qquad (7a)$$

$$B'_y = \gamma\left(B_y + \frac{u}{c^2}E_z\right) \quad (7b) \;,\; B'_z = \gamma\left(B_z - \frac{u}{c^2}E_y\right) \quad (7c)$$

بتطبيق مبدأ النسبية على العلاقات (6a,6b) والتي تعني استبدال كل u بـ u– وتبديل الكميات التي عليها فتحة بكميات ليس عليها فتحة فإننا نحصل على:

$$v_y = \frac{v'_y}{\gamma\left(1+\frac{uv'_x}{c^2}\right)} \;,\; v_z = \frac{v'_z}{\gamma\left(1+\frac{uv'_x}{c^2}\right)} \qquad (8a,b)$$

وبتعويض (6a) في (8a) نحصل على:

$$v_y = \frac{v_y}{\gamma^2\left(1+\frac{uv'_x}{c^2}\right)\left(1-\frac{uv_x}{c^2}\right)}$$

هذه المعادلة عبارة عن متطابقة صالحة من أجل كل السرع v_y، أي:

$$\gamma^2\left(1+\frac{uv'_x}{c^2}\right)\left(1-\frac{uv_x}{c^2}\right)=1 \qquad (9)$$

المعادلة (9) تساعدنا على تحديد المعامل السلمي γ. وللتبسيط نأخذ الحالة الخاصة حيث الجسيم المشحون q ساكن في الجملة (S') إذن لدينا:

$$v'_x = 0 \quad \text{i.e.} \quad v_x = u$$

هذه النتيجة، عندما تعوض في (9) تقودنا إلى تعيين المعامل السلمي γ بالشكل الآتي:

$$\gamma^2\left(1-\frac{u^2}{c^2}\right)=1 \qquad (10)$$

أو

$$\gamma = 1/\sqrt{1-\frac{u^2}{c^2}} \qquad (11)$$

من أجل اشتقاق علاقات التحويل المتبقية ننطلق الآن من العلاقة (2b) ونستخدم العلاقة (10) فنجد:

$$F_y = q[\gamma^2(1-\frac{u^2}{c^2})E_y + v_z B_x - \gamma^2(1-\frac{u^2}{c^2})v_x B_z]$$

بجمع وطرح الحدين الآتيين $\gamma^2\frac{uv_x}{c^2}E_y$، $\gamma^2 uB_z$ إلى الطرف الأيمن من العلاقة الأخيرة نكتب:

$$F_y = q[\gamma^2(1-\frac{u\,v_x}{c^2})(E_y - uB_z) + v_z B_x - \gamma^2(v_x - u)(B_z - \frac{u}{c^2}E_y)]$$

بقسمة العلاقة الأخيرة على المقدار $\gamma\left(1-\frac{uv_x}{c^2}\right)$ نجد:

$$\frac{F_y}{\gamma(1-\frac{uv_x}{c^2})} = q[\gamma\ (E_y - uB_z) + \frac{v_z}{\gamma(1-\frac{uv_x}{c^2})}B_x - \frac{(v_x-u)}{\gamma(1-\frac{uv_x}{c^2})}\gamma(B_z - \frac{u}{c^2}E_y)]$$

بمقارنة العلاقة الأخيرة مع العلاقة (3b) نحصل على:

$$v'_x = \frac{v_x - u}{1-\frac{uv_x}{c^2}} \quad (6c) \quad , \quad F'_y = \frac{F_y}{\gamma\left(1-\frac{uv_x}{c^2}\right)} \qquad (5b)$$

$$E'_y = \gamma(E_y - uB_z) \;,\; B'_x = B_x \qquad (7d)$$

وبشكل مشابه إذا انطلقنا من العلاقة (2c) وباتباع الخطوات نفسها التي أجريناها من أجل الحصول على العلاقات(8c) و(6d) نجد:

$$F'_z = \frac{F_z}{\gamma\left(1-\frac{uv_x}{c^2}\right)} \qquad (5c) \qquad E'_z = \gamma(E_z + uB_y) \qquad (7e)$$

التحويلات (5a)، (5b)، (5c) التي تمَّ اشتقاقها من قانون لورنتز هي نفسها علاقات التحويل لقانون نيوتن الثاني:

$$F = \frac{dP}{dt} \qquad (12)$$

هذا يعني أن علاقات تحويل قوة لورنتز تتم بحيث تتوافق مع علاقات تحويل القوة للمعادلة (12) وهذا يعني أن هذه العلاقة تعكس الحقيقة التالية:

$$\frac{dP}{dt} = q(E + v \times B) \qquad (13)$$

أي أن العلاقة (13) هي قانون الحركة لجسيم مشحون يتحرك بسرعة نسبوية.

بالنسبة إلى تحويلات السرع النسبوية (6a) و(6b) و(6c) تمَّ اشتقاقها نتيجة لاعتبارات رياضية فقط دون الأخذ بالحسبان تعريف السرعة على أنها قسمة مسافة على الزمن، بينما تمَّ لدى أينشتاين اشتقاق هذه التحويلات بالإضافة إلى الحقول الكهرطيسية النسبية نتيجة لاستخدام تحويلات لورنتز. ومن أجل ذلك اتبعنا آلية رياضية لاشتقاق العلاقات المذكورة بحيث لا نستخدم تحويلات لورنتز. وكان الهدف من هذه الفقرة إظهار أهمية قانون لورنتز في النسبية الخاصة إضافة إلى ذلك توضيح أن هناك طريقة بديلة لاشتقاق جميع علاقات النسبية الخاصة التي تخص الجسيم المشحون دون استخدام تحويلات لورنتز.

اشتقاق علاقات تحويل الاندفاع والطاقة وعلاقة الكتلة النسبوية:

في هذه الفقرة سنقوم باشتقاق علاقات تحويل الاندفاع والطاقة وعلاقة الكتلة النسبوية للجسيم المشحون. نعلم من الالكترودينامك النسبوي ما هي الكميات الديناميكية النسبية الصحيحة التي تتعلق بالجسيم المشحون، ولكي نجد هذه الكميات في هذا العمل ينبغي أن ننطلق من الكميات الديناميكية التقليدية بطريقة تجعلها متوافقة مع العلاقات النسبوية في الفقرة (2).

لذلك يجب علينا أن ننطلق من التعريف التقليدي لاندفاع الجسيم في الجملتين (S) و(S') والتي تعرف كحاصل جداء الكتلة بالسرعة، أي:

$$P = m \cdot v \;,\; P' = m' \cdot v' \qquad (14a,b)$$

وهذه العلاقات مع العلاقات (8) ستؤدي إلى الكميات الديناميكية النسبوية الصحيحة المتعلقة بالجسيم المشحون.

من العلاقة (14a) يمكننا أن نعبر عن سرعة الجسيم على أنه نسبة الاندفاع إلى الكتلة، أي:

$$v_x = \frac{P_x}{m} \quad , \quad v_y = \frac{P_y}{m} \quad , \quad v_z = \frac{P_z}{m} \qquad (15a-c)$$

ولنبين الآن أن توافق العلاقات (15a-c) مع علاقات جمع السرع (8) بحيث نحصل على علاقات تحويل الاندفاع والطاقة النسبوية.

فلو انطلقنا من العلاقات (15a) و(15b) وعوضنا في العلاقة (8b)، نجد أن:

$$v'_y = \frac{P_y / m}{\gamma(1 - uP_x / c^2 m)} = \frac{P_y}{\gamma(m - uP_x / c^2)}$$

ولكي تتوافق هذه العلاقة مع العلاقة (17) يجب أن يكون

$$m' = \gamma(m - uP_x / c^2) \quad , \quad P'_y = P_y \qquad (16a,b)$$

وبشكل مشابه إذا عوضنا العلاقات (15a,15c) في العلاقة (6b) وبإجراء الآلية السابقة نفسها نجد:

$$P'_z = P_z \qquad (16c)$$

الآن بأخذ العلاقات (15) وتعويضها في (6c) نجد:

$$v'_x = \frac{P_x / m - u}{1 - uP_x / c^2 m} = \frac{\gamma(P_x - um)}{\gamma(m - uP_x / c^2)}$$

وباستخدام العلاقة (16a) في العلاقة الأخيرة، و لكي يبقى تعريف السرعة وفق العلاقة (15) صحيحاً في الجملة (S)، يجب أن يكون:

$$P'_x = \gamma(p_x - um) \qquad (16d)$$

من جهة أخرى فإن العلاقات (6a ,6b ,6c) تحقق المطابقات الآتية:

$$(1 - \frac{v'^2}{c^2})^{-1/2} = \gamma(1 - \frac{uv_x}{c^2})(1 - \frac{v^2}{c^2})^{-1/2} \qquad (17a)$$

$$v'_y(1 - \frac{v'^2}{c^2})^{-1/2} = v_y(1 - \frac{v^2}{c^2})^{-1/2} \quad , \quad v'_z(1 - \frac{v'^2}{c^2})^{-1/2} = v_z(1 - \frac{v^2}{c^2})^{-1/2} \qquad (17b,c)$$

$$v'_x(1 - \frac{v'^2}{c^2})^{-1/2} = \gamma(v_x - u)(1 - \frac{v^2}{c^2})^{-1/2} \qquad (17d)$$

الآن نستطيع بسهولة أن نشتق علاقة الكتلة النسبوية وذلك بضرب العلاقات (17) بـ m_0 والمقارنة مع العلاقات (16). لنجد أن:

$$m = \frac{m_0}{\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)^{1/2}} \quad , \quad m' = \frac{m_0}{\left(1 - \frac{v'^2}{c^2}\right)^{1/2}} \qquad (18a,b)$$

العلاقات (18) هي علاقات الكتلة النسبوية في كلتا الجملتين (S) و(S') لجسيم مشحون q يتحرك بسرعة v في حقل كهرطيسي خارجي، وحيث m_0 هي كتلة الجسيم وهو ساكن.

الخطوة الثانية هي استنتاج الطاقة الكلية النسبوية. نبدأ من المعادلة (4) وباستخدام العلاقة (12) نجد:

$$qEv = Fv = v\frac{d(mv)}{dt} \qquad (19)$$

بضرب المعادلة (19) بـ dt واستخدام المعادلة (18) ومن ثم المكاملة نجد:

$$\text{الطاقة الكلية} = \int qEdx = \int vd(mv) = v\frac{m_0 v}{\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)^{\frac{1}{2}}} - \int dv \frac{m_0 v}{\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)^{\frac{1}{2}}} = mc^2 \qquad (20)$$

وبتسمية الطاقة الكلية بـ (ε) فإننا نكتب العلاقة (20) بالشكل:

$$\varepsilon = mc^2 \qquad (21)$$

المعادلة (21) تعبر عن علاقة الطاقة الكلية النسبوية في الجملة (S). باستخدام العلاقة (21) في المعادلات (16a,16d) نحصل على:

$$\varepsilon' = \gamma(\varepsilon - uP_x) \quad , \quad P'_x = \gamma\left(P_x - \frac{u}{c^2}\varepsilon\right) \qquad (22a,b)$$

$$P'_y = P_y \quad , \quad P'_z = P_z \qquad (22c,d)$$

حيث:

$$\varepsilon' = m'c^2 \qquad (23)$$

هي الطاقة الكلية النسبوية في الجملة (S'). المعادلات (22) ليست إلا علاقات التحويل النسبوية لكل من الاندفاع والطاقة. الآن بتربيع علاقات الكتلة النسبوية نحصل على:

$$m^2 = \frac{m_0^2}{\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)} \quad , \quad m'^2 = \frac{m_0^2}{\left(1 - \frac{v'^2}{c^2}\right)} \qquad (24a,b)$$

المعادلة (24) يمكن أن تكتب كالتالي:

$$m'^2\left(1 - \frac{v'^2}{c^2}\right) = m^2\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right) \qquad (25)$$

وبالمقارنة مع العلاقات (14)، (21)، (23) فإن المعادلة (25) تكتب بالشكل الآتي:

$$\varepsilon'^2 - c^2P'^2 = \varepsilon^2 - c^2P^2 \qquad (26)$$

الآن بضرب العلاقة (24) بـ c^4 وإعادة الترتيب نجد كما هو متوقع العلاقات الآتية:

$$\varepsilon^2 = c^2P^2 + m_0^2c^4 \qquad (27)$$

$$\varepsilon'^2 = c^2P'^2 + m_0^2c^4 \qquad (28)$$

الكتلة السكونية m_0 ثابتة لا تعتمد على السرعة ولذا يمكن أن يعبر عنها بدلالة الكميات اللامتغيرة (الاندفاع والطاقة) كما بينا ذلك في المعادلة (26). عمل القوى الكهربائية الخارجية يؤدي إلى إعطاء طاقة للجسيم المشحون المتحرك والذي يظهر نفسه مرة أخرى كزيادة في الكتلة (المعادلة 18). الآن يمكن أن يعاد تعريف السرعة بدلالة الاندفاع – الطاقة بدلاً من التعريف المعهود قسمة مسافة على زمن.

فمن المعادلتين (14 و21) لدينا:

$$v = \frac{c^2P}{\varepsilon} \qquad (29)$$

هذا التعريف يأخذ بالحسبان الكميات الديناميكية للجسيم، وبالتالي يسمح لنا أن نفهم كيف يستجيب الجسيم للحركة النسبوية عبر تغيير في الكميات الديناميكية (اندفاع–طاقة) وفقاً للمعادلات (22) والتي بدورها تؤدي إلى الكمية اللامتغيرة وفق العلاقة (26).

إن هذا التشابه بين التحويلات النسبوية مكان/اندفاع وزمن/كتلة ليس صدفة كما نجد ذلك في الجدول الآتي:

$$x' = \gamma(x - ut) \qquad P'_x = \gamma\left(P_x - \frac{u}{c^2}\varepsilon\right)$$

$$y' = y \qquad P'_y = P_y$$

$$z' = z \qquad P'_z = P_z$$

$$t' = \gamma\left(t - \frac{u}{c^2}x\right) \qquad m' = \gamma\left(m - \frac{u}{c^2}P_x\right)$$

هذا التشابه يبين لنا ما هي الكميات التي يجب أن تستخدم من أجل تعريف سرعة جسيم مشحون.

المعنى الفيزيائي للعلاقة: $F.v = qE.v$

المعادلة (4) تؤدي إلى القانون الفيزيائي المعروف

$$\frac{d\varepsilon}{dt} = qE.v \qquad (30)$$

وهذا يمكن توضيحه كالتالي:

الطرف الأيسر من العلاقة (4) مع المعادلتين (12) و(29) يدل على:

$$F.v = \frac{dP}{dt}\frac{c^2 P}{\varepsilon}$$

والمعادلة الأخيرة تكتب كالتالي:

$$F.v = \frac{1}{2}\frac{d\left(c^2P^2\right)}{\varepsilon dt}$$

باستخدام (27) في المعادلة الأخيرة نجد:

$$F.v = \frac{1}{2}\frac{d\left(\varepsilon^2\right)}{\varepsilon dt}$$

أو

$$F.v = \frac{d\varepsilon}{dt}$$

وبمقارنة المعادلة الأخيرة مع المعادلة (4) نحصل على المعادلة (30).

في الميكانيك النسبوي العلاقة المشابهة ($F.v = \frac{d\varepsilon}{dt}$) اشتقت بالاعتماد على فرضية أن الزمكان يملك حقلاً مشابهاً لخواص الحقل الكهرطيسي. بينما في هذا العمل فإن عمل القوى الكهربائية الخارجية وفق العلاقة (4) هو الذي يؤدي إلى تغيير الطاقة الكلية للجسيم المشحون لكي نحصل على المعادلة (30). في الصياغة التنسورية تمثل العلاقة (30) المركبة الرابعة للقوة الرباعية مع العلم أن العلاقة (13) تمثل المركبات الأخرى وقد فضلنا أن نعمل في الصياغة الثلاثية لكي نبين أنه وفق هذه الآلية أيضاً نتمكن من اشتقاق العلاقة (30).

إعادة تفسير ثبات سرعة الضوء:

من المعلوم أن الحقل الكهرطيسي يمتلك كثافة اندفاع P والتي ترتبط بكثافة الطاقة للحقل E وفق العلاقة (E=cP). سنبين في هذا العمل أننا نستطيع أن نشتق هذه العلاقة الكلاسيكية أيضاً وذلك إذا فرضنا (كما فرض أينشتاين)، أن الحقل الكهرطيسي مؤلف من فوتونات كتلتها السكونية معدومة $m_0 = 0$.

إذا انطلقنا من العلاقة (27) مع اعتبارها صحيحة من أجل الفوتون يكون لدينا:

$$\varepsilon^2 - c^2P^2 = 0$$

أو

$$\varepsilon = cP \qquad (31)$$

وهي العلاقة الكلاسيكية. الآن بتعويض (31) في (26) نجد:

$$\varepsilon'^2 - c^2P'^2 = 0$$

أو:

$$\varepsilon' = cP' \qquad (32)$$

من المعادلتين (32,31) نرى أن:

$$c = \frac{\varepsilon}{P} = \frac{\varepsilon'}{P'} \qquad (33)$$

من الواضح وفق العلاقة (33) أن لاتغير سرعة الضوء وعلاقات تحويل الطاقة–الاندفاع وجهان لعملة واحدة، حيث تحقق أحدهما يقود إلى تحقق الآخر. المعادلة (33) تقودنا أيضاً لإيجاد تفسير جديد من أجل لاتغير سرعة الضوء وذلك باستخدام الخواص المادية للفوتون (طاقة–اندفاع) بدلاً من الاعتماد على خصائص الزمكان. ولنبين الآن أن المعادلة (31) بالإضافة للمعادلات (6) تقود إلى هذا التفسير الجديد.

بفرض أن الفوتون ينتقل على طول المحور x باندفاع مقداره $P_x = \frac{\varepsilon}{c_x}$ فإن لاتغير سرعة الضوء يمكن تحقيقه بتعويض العلاقة (29) في العلاقة (6a):

$$v'_x = \frac{\frac{c^2 p_x}{\varepsilon} - u}{1 - \frac{uP_x}{\varepsilon}}$$

باستخدام المعادلة (31) في المعادلة الأخيرة نحصل:

$$v'_x = \frac{c\left(1 - \frac{u}{c}\right)}{1 - \frac{u}{c}} = c \quad , \quad c_x \equiv c$$

بشكل مشابه نستطيع أن نحصل على النتيجة نفسها إذا افترضنا أن الفوتون ينتقل على طول المحور y. في هذه الحالة $v'_x = -u$ وبالتالي من المعادلة (6b) نجد:

$$v'_y = \frac{\frac{c^2 P_y}{\varepsilon}}{\gamma} = \frac{c}{\gamma} \quad , \quad c_y \equiv c$$

وهذا يعني:

$$v'^2 = v'^2_x + v'^2_y = u^2 + \frac{c^2}{\gamma^2} = c^2$$

أي أن مقدار سرعة الضوء مرة أخرى هو c.

التعريف (29) يتوافق مع علاقات تحويل السرعة (6) عندما تستخدم في حالة حقول كهرطيسية (فوتونات)، حيث لاتغير سرعة الضوء يمكن أن يفسر اعتماداً على المقادير الكمومية الديناميكية للفوتونات (الطاقة –الاندفاع). وليس على الأفعال الكينماتيكية لتحويلات لورنتز كما في النسبية الخاصة. وفي النهاية هذا اللاتغير نتيجة لاستجابة الطاقة –الاندفاع للحركة النسبوية عبر تغيير في الطاقة–الاندفاع وفق العلاقات (22) وبحيث تتحقق دوماً العلاقات (26).

اشتقاق لاغرانجيان الجملة جسيم – حقل كهرطيسي:

لنفرض الآن أن لاغرنجيان الجملة مكون من مجموع دالة تتعلق بالسرعة $f(v,m)$ إضافة إلى دالة الحقل التي تصف الحقل الكهرطيسي الخارجي. مع العلم أن الحد $f(v,m)$ يتم الحصول عليه عادة من الميكانيك النسبوي فقط. ولنبين أننا نستطيع أن نشتق اللاغرنجيان وفق صياغتنا، وفق هذا الفرض لدينا:

$$L = f(v,m) + qv \cdot A(r,t) - q\Phi(r,t) \qquad (34)$$

وحيث Φ الكمون السلمي و A الكمون الشعاعي. من أجل تحديد الدالة $f(v,m)$ نستخدم معادلة أولر أي:

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial L}{\partial v}\right) - \frac{\partial L}{\partial r} = 0 \qquad (35)$$

وبتعويض (34) في (35) وحساب الحد الأول والثاني وفق الآتي:

$$\frac{\partial L}{\partial v} = \frac{\partial f}{\partial v} + qA = \frac{d}{dt}\left(\frac{\partial f}{\partial v}\right)$$

$$+ q\nabla(A \cdot v) - qv \times (\nabla \times A) + q\frac{\partial A}{\partial t} \frac{d}{dt}\left(\frac{\partial L}{\partial v}\right) \qquad (36)$$

أما الحد الثاني فيصبح:

$$\frac{\partial L}{\partial r} = -q\nabla\Phi + q\nabla(A \cdot v) \qquad (37)$$

وبتعويض العلاقتين (36) و(37) في (35) نجد:

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial f}{\partial v}\right) + q\nabla(A \cdot v) - qv \times (\nabla \times A) + q\frac{\partial A}{\partial t} + q\nabla\Phi - q\nabla(A \cdot v) = 0$$

أو:

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial f}{\partial v}\right) = q(E + v \times B)$$

باستخدام العلاقة (13) في العلاقة الأخيرة نجد:

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial f}{\partial v}\right) = \frac{d(m \cdot v)}{dt}$$

ومنه نجد أن:

$$f = \int_0^v mv\, dv$$

وبتعويض العلاقة (25a) في العلاقة الأخيرة والمكاملة نجد:

$$f = -m_0 c^2 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

وهكذا نحصل على لاغرنجيان الجسيم المشحون وفق صياغتنا:

$$L = -m_0 c^2 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} + qv \cdot A - q\Phi$$

الخاتمة:

في السنوات الأخيرة ظهرت نظريات بديلة للنسبية الخاصة وكان من أهمها نظريتا ويلهلم وجيفمنكو. تعتمد نظرية ويلهلم على قبول مفهوم الأثير مرة أخرى كحامل للموجات الكهرطيسية، وفق هذه النظرية فإن الأفعال الكينماتيكية لدى أينشتاين تصبح أفعالاً ديناميكية، كذلك تعتمد نظرية جيفمنكو على الانطلاق من الكمونات الكهرطيسية المتأخرة وبالتالي استنتاج جميع علاقات النسبية الخاصة وفق هذه النظرية بحيث تصبح أيضاً الأفعال الكينماتيكية لدى أينشتاين أفعالاً ديناميكية. من الممكن أن نبين أن هناك طريقاً آخر غير الطريق الذي اتبعه كل من ويلهلم وجيفمنكو وذلك بالانطلاق من قانون لورنتز واستخدام مبدأ النسبية. وما لاحظناه في هذا العمل أن قابلية قانون لورنتز ومبدأ النسبية في إيجاد جميع علاقات النسبية يشجع على الانطلاق من القوانين الأساسية للفيزياء واعتبارها حجر الأساس لبناء النظرية النسبية. مع العلم أن أينشتاين استخدم في بناء النسبية تحويلات لورنتز والأفعال الكينماتيكية مثل تقلص الأطوال وتمدد الزمن ولم ينطلق من القوانين الأساسية للفيزياء. وعلى الرغم من أن أينشتاين بيَّن أن أثر دوبلر العرضي هو نتيجة لتمدد الزمن فإننا سنبين في عمل لاحق إمكانية اشتقاق أثر دوبلر العرضي بدون استخدام تمدد الزمن، وذلك تأكيداً لصحة الطريق الذي اتبعناه في هذا العمل.

المراجع References

[1] A. Einstein, "On the Electrodynamics of Moving Bodies", Ann. Phys. 17, 891-921 (1905).

[2] H.A. Lorentz, The Theory of Electrons (Leipzig, 1916).

[3] H.E. Wilhelm, "Physical Problematics of Einstein's Relativity Theories", Hadronic J. 19, 1-39 (1996), and numerous articles quoted there concerning his theory "Galilei Covariant Electrodynamics"; see also Refs. [4] & [5].

[4] H.E. Wilhelm, Z. Naturforsch, 45a, 736-748 (1990).

[5] H.E. Wilhelm, "Fitzgerald Contraction, Larmor Dilation, Lorentz Force, Particle Mass and Energy as Invariants of Galilean Electrodynamics", Apeiron, Nr. 18, 9-19 (1994).

[6] O.D. Jefimenko, "Derivation of Relativistic Force Transformation Equations from Lorentz Force Law", Am. J. Phys. 64, 618-620 (1996).

[7] O.D. Jefimenko, "Retardation and Relativity: Derivation of Lorentz-Einstein Transformations from Retarded Integrals for Electric and Magnetic Fields", Am. J. Phys. 63, 267-272 (1995).

[8] O.D. Jefimenko, Electromagnetic Retardation and Theory of Relativity (Electret Scientific, Star City, 1997).

[9] O.D. Jefimenko, "On the Experimental Proofs of Relativistic Lenth Contraction and Time Dilation", Z.. Naturforsch. 53a, 977-982 (1998).

[10] A. Sommerfeld, Electrodynamics (Academic Press, New York, 1952).

* نشر هذا المقال في مجلة *Galilean Electrodynamic*, 2003 ترجمة د. نزار حمدان

الطريق إلى النمنمة

ملخص

لقد أحدثت الإلكترونيات المكروية السليكونية ثورة في أسلوب الحياة التي نعيشها، ولكن إلى متى يمكن أن يستمر هذا التصغير الذي لاهوادة فيه للنبائط؟

في هذا المقال، يصف هي وونغ وهيروشي إيوي H. Wong, H. Iwai التحديات التي تواجه صناعة أنصاف النواقل اليوم.

الكلمات المفتاحية:

قانون مور، نمنمة، ترانزستور معدن–أكسيد نصف ناقل، دارة متكاملة، الإلكترونيات المكروية.

لقد كانت النمنمة التي دخلت على الشيبة المكروية microchip خلال العقود الأربعة الماضية بمثابة القوة الدافعة وراء التطوير في كل أصناف التقانة، بدءاً من التسلية المنزلية وانتهاءً باستكشاف الفضاء. ويقع في قلب هذه الثورة الترانزستور المكون من معدن–أكسيد–نصف ناقل metal-oxide-semiconductor يُعرَف اختصاراً بالرمز MOS، والذي تحقّق تطويره بأسلوبين. في الأسلوب الأول، أصبح الترانزستور أصغر حجماً، فصارت مقاسات أحدث نبائطه أصغر بآلاف المرات من حجمها الأصلي. وفي الثاني، ارتفع عدد الترانزستورات التي يمكن تحميلها وتوصيلها على شيبة واحدة من بضع عشرات إلى مئات الملايين.

لقد اتّبعت كثافة الشيبات المكروية منحىً أُسِّيّاً كان قد تعرَّفه غوردن مور Gordon Moore من شركة إنتل Intel في العام 1965. فقد تنبأ مور بأن عدد المكونات التي يمكن أن تحشر في دارة متكاملة سيتضاعف كل سنتين في المستقبل المنظور. وفي الحقيقة، ابتخس مور هذا المنحى، إذ إن العدد المتوسط قد تضاعف بالفعل كل 18 شهراً. والسؤال الذي يؤرِّق صانعي الشيبات في العام 2005 يتمثل في مدى استمرار هذا النمو الأسي.

غالباً ما يتوصّف تقدم الإلكترونيات المكروية بالبعد الأصغر في الترانزستور MOS: وهذا يمثل المسافة بين تماسّي "المنبع source" و"المصرف drain"، وهو ما يُعرف باسم طول البوابة gate length. واليوم، صارت الترانزستورات التي أطوال بواباتها أقل من 50 nm قيد الإنتاج، وأخذت النبائط ذات المقياس 5 nm طريقها إلى التصنيع. وفي أثناء ذلك، يدمج أحدث معالج مكروي تصنعه إنتل Intel ما يزيد على نصف بليون ترانزستور فوق شيبة واحدة، ويستطيع أن يعالج مئات الملايين من التعليمات في الثانية.

إننا نتوقع أن تواصل التقانة التي تعتمد على السليكون اتّباع قانون مور لعقدين من الزمن على الأقل، ولكن سيأتي يوم تكون فيه تقانات تصنيع السليكون الراهنة غير قادرة على الاستمرار في مساندة هذا المنحى. وزيادة على ذلك، مادامت الأبعاد آخذة في التناقص، فسنبدأ بمواجهة الحدود الأساسية التي يفرضها ميكانيك الكم وخواص المواد. وعلى أية حال، فإن التحدي الرئيسي اليوم يتمثل في إيجاد طرق للوصل بين ترانزستورات فائقة الصغر بحيث تصنع دارات جيغاوية المقياس giga-scale circuits.

1- قانون مور الأول: تخفيض حجم النبيطة

لقد خُفض حجم النبائط الإلكترونية، المقيس بدلالة "طول بوابة" الترانزستور، بعامل يبلغ المليون في الخمسين سنة الماضية، متبعاً منحنىً أسياً يُعرف باسم قانون مور. كان هذا نتيجة لثورتين: ثورة دخول نبائط أنصاف النواقل في حوالي عام 1950، وثورة دخول الدارة المتكاملة في حوالي عام 1960. إن أصغر ترانزستور يمكن تصنيعه بكلفة فعّالة هو بطول 9 nm (الخط الأحمر)، في حين يبلغ حدّ تقنيات التصنيع الحالي حوالي 5 nm (الأخضر). الحدّ الفيزيائي الأساسي هو دون 1 nm (الأزرق). سنحتاج إلى تقانات جديدة كي ننزل إلى ما دون هذه الحدود (الأرجواني).

تفرّد السليكون

بدأت الثورة الأولى في الإلكترونيات المكروية لأنصاف النواقل باختراع الترانزستور الوصلي ثنائي القطب bipolar junction transistor الذي حققه باحثون يعملون في مختبرات بل Bell Labs في العام 1947. هذه الترانزستورات التي كانت تُصنع من الجرمانيوم، كانت أصغر بمائة مرة من أنابيب الخلاء التي كانت تؤدي المهمة سابقاً، كما كانت أسرع منها أداءً، وأرخص ثمناً وأكثر وثوقاً.

لقد جرى في الخمسينيات من القرن الماضي تطوير معظم المفاهيم والتقانات الهامة المستخدمة اليوم في الإلكترونيات المكروية، وذلك بعد أن برز السليكون أحادي البلورة باعتباره المادة المختارة للترانزستور الحديث. وتفوّق السليكون على أنصاف النواقل الأخرى في عدة وجوه، ولكن العامل الأساسي في نجاحه تمثّل في أكسيده: فثنائي أكسيد السليكون يتمتع بخصائص عزل جيدة، كما يمكن إزالته بسهولة، الأمر الذي يبسِّط إلى حدٍّ كبير تصنيع الدارات المتكاملة. وهناك أنصاف نواقل مركّبة عديدة غريبة أخرى مثل زرنيخيد الغاليوم، وفسفيد الإ نديوم ونتريد الغاليوم التي تبيَّن أنها أكثر ملاءمة للتطبيقات العالية السرعة كتلك التي في الدارات الفوتونية ودارات التواترات الراديوية، ولكن السليكون يسرِّع الخطى الآن في هذا المجال.

جاءت الثورة الثانية في الإلكترونيات المكروية في العام 1958، حين اخترع جاك كِلبي J.Kilby من شركة Texas Instruments الدارة المتكاملة. وفي السنة التالية، طور روبرت نويس R.Noyce من شركة Fairchild Semiconductors تقانة السليكون المستوي، التي دلّت على

2- قانون مور الثاني: كثافة الشيبة

إن عدد الترانزستورات التي يمكن دمجها (استكمالها) على شيبة سليكون وحيدة في الأربعين سنة الأخيرة قد تبع قانون مور أيضاً، ومن المتوقع أن يستمر كذلك لعقدين من الزمن على الأقل. ولكن على عكس الاعتقاد الشائع، فإن مزيداً من الزيادات في كثافة الشيبة قد لا يعود لتصغير حجم الترانزستور الفرد. وبدلاً من ذلك، إن مستوى الاستكمال سيعتمد على مقدرتنا على توصيل الترانزستورات على المقياس الجيغاوي. قد يكون هذا نتيجة البناء الهندسي الأفضل، كتصميم الشيبة ثلاثي البعد بدلاً من ثنائي البعد، وكذلك باستعمال وحدات من شيبات متعددة وربما تتم فيها التوصيلات بصورة ضوئية.

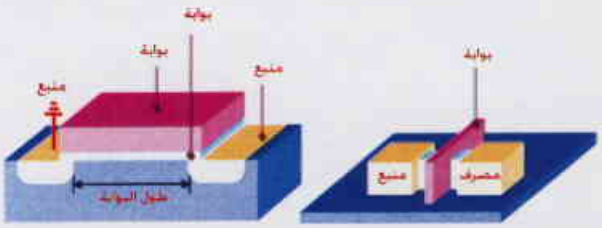
أن الترانزستورات يمكن إنتاجها بالجملة وأن أعداداً ضخمة منها يمكن الوصل فيما بينها على سطح السليكون باستخدام الطباعة الحجرية الضوئية photolithography.

وأخيراً، وفي العام 1960، تمَّ تصنيع أول ترانزستور MOS على يد داون كاهنغ D.Kahng وجون عطا الله J. Atalla من مختبرات بل. لقد بدأ عصر إلكترونيات السليكون المكروية.

لقد كان عقد الخمسينيات من القرن الماضي عقد الاختراعات، وكان عقد الستينيات عقد التكامل integration، ومع حلول عام 1969 كان العديد من الشركات يصنع دارات متكاملة بسيطة من السليكون، مثل ذاكرة الوصول العشوائي السكونية لأنصاف النواقل MOS بسعة 1kb MOS static random access memory bk1 (وهي نبائط ذاكرة لها معمار هندسي أبسط من شيبات المعالج، الأمر الذي يعني أنها تستطيع امتلاك كثافات مكوِّنات عالية). وبالفعل بدأت ثورة التقانة التي تمخضت عن الحاسوب المكروي microcomputer الحديث في العام 1971، حينما صنعت شركة إنتل أول معالج مكروي وحيد الشيبة مؤسس على الترانزستورات (المعروف باسم four-bit "Intel 4004" أي إنتل 4004 ذو البتات الأربع). ومع الزمن، بلغ حجم الترانزستور MOS النموذجي حوالي 10 µm وبلغ عدد الترانزستورات على شيبة إنتل 2300.

إن التخفيض في حجم الترانزستور MOS أدى إلى إنقاص القدرة المستهلكة، كما دلَّ على أن الدارات المتكاملة تستطيع العمل

3- الترانزستور السليكوني



يتألف ترانزستور MOS (يساراً) من ثلاثة إلكترودات (المنبع والمصرف والبوابة) يفصلها عن الركيزة السليكونية أكسيد البوابة. ويجري التحكم في تدفق الإلكترونات بين المنبع والمصرف عبر تغيير فولطية البوابة، مما يسمح للترانزستور بأن يثبط أو يضخم التيار الكهربائي. ولما كان إدخال ترانزستورات MOS جرى في ستينيات القرن الفائت فإن حجم الترانزستور (مقيساً بوحدات طول بوابته) انخفض من 10.000 إلى 50 نانومتراً. ولأجل المزيد من تخفيض الحجم يطور الباحثون الآن ترانزستورات مزدوجة (يميناً) ذات تماسات بوابية تحيط بالقنيوة، ولذلك تقدم تحكماً أفضل بفولطية البوابة.

بسرعة أكبر. في أثناء ذلك، وبينما أصبحت الدارات تدخل بشكل مناسب في مكونات أصغر حجماً، تفتّح المزيد من التطبيقات وبدأت تكلفة الترانزستور بالانخفاض. فأحدثُ معالج "Itanium2" من شركة إنتل يحتوي على 410 ملايين ترانزستور لا يتعدى حجم كل ترانزستور فيه 45 nm وكلها مقحمة في مساحة 3 cm^2.

لابد أن يأتي يوم يصل عنده هذا النمو الأسي في كثافة الشيبة إلى نهايته، وعندها تتوقف صلاحية قانون مور. لكننا من الناحية التاريخية غالباً ما كنا متشائمين جداً في توقعاتنا. لقد تمّ التغلّب على العديد من الحواجز التقانية التي كانت في يوم من الأيام حدوداً لقانون مور، مثل المَيْز resolution في الطباعة الحجرية، ولا يوجد اليوم أي مؤشر يدل على أن المنحى الأسي لمور وشيك النهاية.

إن حجم ترانزستور MOS سينزل إلى النصف كل ست سنوات، حسب أحدث خارطة للطريق

الطريق مفتوحة

إن مهمة استقراء قانون مور من أجل التنبؤ بالتطورات المستقبلية لإلكترونيات السليكون المكروية هي مسؤولية اتحاد صناعات أنصاف النواقل، وهو جمعية مؤلفة من حوالي 1000 شخص من كبريات شركات أنصاف النواقل. ويتم رسم النتائج على شكل "خارطة طريق" roadmap، يتّبعها المصنعون كي يحافظوا على موقعهم في السوق ويحسنوه.

ووفقاً لأحدث خارطة طريق، سيُخفَّض طول بوابة الترانزستور MOS إلى النصف كل ست سنوات (من 37 nm في العام 2004 إلى 18 nm في العام 2010 و9 nm بحلول العام 2016). لن يكون الوصول إلى هذا الهدف سهلاً – فستكون هناك، على سبيل المثال، مشاكل في النمذجة وفي تيارات التسرب – ولكن سيتحقق إنجاز طول بوابة يقدر بحوالي 10 nm (الشكلان 1 و2).

يتمثّل أحد العوائق الرئيسية في بناء ترانزستور ذي طول بوّابة يقل عن 10 nm في أن أكسيد البوابة يجب أن يكون ذا سعة كبيرة بما يكفي للتمكين من ضبط التيار كما ينبغي. ونشير إلى أن ثخانات الأكسيد في شيبات السليكون التي هي قيد الإنتاج حالياً تبلغ 1.2 nm، بيد أن هذا سيتحتم تخفيضه إلى 0.7 nm لتحقيق طول بوابة مقداره 30. nm. إن هذا الثخن يقابل طبقتين ذرّيتين فقط وبالتالي فهو يمثل حدّ التصنيع النهائي لثخانة أكسيد السليكون. ولعل إحدى الطرق الواعدة للالتفاف على هذا الحدّ يتمثل في استعمال مواد ذات ثابت عزل أكبر من أكسيد السليكون. وعلى سبيل المثال، يمكن لفلم من أكسيد الهافنيوم أن يعطي السعة نفسها التي يعطيها أكسيد السليكون بالرغم من كونه أثخن منه بخمس مرات.

العقبة الأخرى أمام تصنيع ترانزستورات فائقة الصغر هي ظاهرة تُدعى مفعول القنيوة القصيرة short-channel effect. ففي ترانزستور ما حَسَن الأداء يتم التحكم في انتقال الإلكترونات من المصدر إلى المصرف بواسطة الفولطية البوابية التي تحوِّر عمق القناة، فلا يتدفق أي تيار حينما يكون الترانزستور مطفأً. أما في القنيوات الفائقة القصر، فإن الإلكترونات تستطيع العبور نفقياً من المصدر إلى المصرف، وكذلك من المصرف إلى جسم الترانزستور، حتى عندما تكون النبيطة مُطفأة switched off. ويسبب هذا الأمر تسرُّباً كبيراً للتيار يوقف عادة بزيادة تركيز التطعيم في منطقة القناة. لكن هذه الطريقة تغدو إشكاليةً في نبائط ما دون 100 nm، لأن التطعيم الكثيف يخفض بصورة ملحوظة حركية القناة، فارضاً توازناً تبادلياً بين حجم النبيطة وتيار تسرُّبها.

نظرة سريعة : إلكترونيات السليكون المكروية

- في عام 1965 تنبأ غوردن مور بأن عدد الترانزستورات على شيبة واحدة سيتضاعف كل سنتين .
- يحتوي المعالج "إيتانيوم 2" الذي تنتجه شركة إنتل حوالي نصف بليون ترانزستور .
- إن حجم الترانزستور الفرد محدود بميكانيك الكم ، لكن تقنيات التصنيع لم تصل بعد إلى هذا الحدّ .
- الصعوبة في توصيل بلايين المكوّنات معاً قد تعني نهاية قانون مور .
- ثورة الإلكترونيات المكروية التالية قد تأتي من ضم إلكترونيات السليكون إلى الفوتونيات .

وللوصول إلى مزيد من تخفيض حجم النبيطة بدون المزيد من المساس بأدائها، فقد اتفق المصنعون بالإجماع على استخدام بنية جديدة تُدعى ترانزستور مفعول الحقل MOS ذا البوابة المضاعفة double-gate MOS field effect transistor (الشكل 3). إذ تسمح هندسة البوابة المضاعفة بمزيد من التحكم في الكمون الكهراكدي للقنيوة، مما يعني إمكانية تقليل مفاعيل القنيوة القصيرة. وبذلك يتم تخفيض مستوى تطعيم القنيوة ويتيح كذلك إمكانية الحصول على أطوال بوابات أقصر.

أما بخصوص كثافة الشيبة، فإن خارطة الطريق تتنبأ أن يستمر تضاعف عدد الترانزستورات على الشيبة الواحدة كل ثلاث سنوات، وفقاً لقانون مور. ويجري اليوم إنتاج شيبات ذاكرة قادرة على تخزين 4 Gb من المعطيات، كما يجري تطوير شيبات من فئة 16 Gb يقدَّر لها أن تحتوي على حوالي 160 بليون ترانزستور. ومع حلول العام 2010، ستكون الشيبات من فئة 32 Gb قيد الإنتاج، في حين قد يتجاوز عدد الترانزستورات في المعالج المكروي 770 مليوناً. ومع حلول العام 2016 (حيث أبعد نقطة في خارطة الطريق)، ينبغي أن تتوافر حواسيب ذات ذاكرات تصل سعة الواحدة منها إلى 128 Gb، كما ستتوافر معالجات مكروية تحتوي على عدد من الترانزستورات يصل حتى 3 بلايين ترانزستور بسرعة ميقاتية تزيد على 30 GHz.

نهايـة قانون مور

إن تصنيع ترانزستور 5 nm يجب ألا يبدي مشاكل فيزيائية أو تقانية مهمة. وفي الحقيقة، فإن ترانزستورات الإلكترون الوحيد المبنية على "النقط الكمومية quantum dots" موجودة الآن بأبعاد تقارب 1 nm، بالرغم من الصعوبة في صناعتها، بانتظار توصيلها معاً بأعداد كبيرة. وفوق ذلك، نحن على شفا ثورة في الإلكترونيات تصاحب تطوير نبائط كمومية تستغل سبين الإلكترونات بدلاً من شحنتها. إن الترانزستورات المبنية على طريقة "السبينترونيات spintronics" هذه يمكن أن تكون أصغر من 1 nm.

إن الحدّ النهائي لطول بوابة الترانزستور MOS لاتحكمه التقانة بل الفيزياء الأساسية. فعلى سبيل المثال، يجب أن تكون المسافة الفاصلة بين المصدر والمصرف أكبر من طول موجة دوبروي (de Broglie) للإلكترونات، أي $\hbar/\sqrt{(2mE)}$، حيث $\hbar$ ثابت بلانك، و m كتلة الإلكترون و E هي الطاقة (فإلكترون طاقته 2 eV، على سبيل المثال، يكون له طول موجة دو بروي حوالي 0.86 nm). ولو أن الوضع لم يكن كذلك فمن المحتمل أن تسلك الإلكترونات سلوك الأمواج بدلاً من سلوك الجسيمات وتتوقف النبيطة عن العمل كترانزستور. كذلك، يحدّ مبدأ الارتياب uncertainty principle من بارامترات النبيطة مثل التيار والفولطية، وعليه، فإن الطول الأصغري للبوابة يكون محدوداً بالمسافة الفاصلة بين ذرّات السليكون المستقلة (0.27 nm).

هذه الحدود الفيزيائية هي أصغر بكثير مما يمكن تحقيقه باستخدام تقنيات التصنيع الراهنة من حيث إن منحى تصغير الحجم بالنسبة للترانزستورات المفردة يحتمل أن يتبع قانون مور لعدة عقود قادمة. بيد أن اكتشاف طرق تصنيع ورصف وتوصيل بيني لنبائط بأبعاد تحت 1nm بالمقياس الجيغاوي giga scale هو أمرٌ خارج تصوراتنا في الوقت الحاضر، على الرغم من عدم وجود حدود فيزيائية أساسية تلوح في الأفق. إن ما يبدو مؤكداً هو أن تمر عدة عقود قبل أن تبدأ أي تقنية جديدة بمحاولة منافسة تقانة MOS السليكونية.

ففي العام 2003، على سبيل المثال، بيَّن باحثون من NEC إمكانية تصنيع ترانزستور MOS بطول بوابة يبلغ 5 nm. لكن خصائص مثل هذا الترانزستور الدقيق ستكون بالغة الحساسية للتغيرات الطفيفة في أبعاده. إن تغيراً قدره طبقة ذرّية واحدة (0.27 nm) في أبعاد ترانزستور ذي بوابة بطول 5 nm يمثل تبدلاً قدره 5.3% في طول البوابة، الأمر الذي قد يتجاوز هامش الضجيج المسموح به لدارة جيغاوية المقياس (يقدر هذا عادة بحوالي 5%). فإذا كان طول البوابة صغيراً (ويبلغ 3 nm)، ستزداد التقلبات لتصل إلى 9%. إنه ليس من الواضح كذلك ما إذا كان من الممكن أو من غير الممكن بناء نبائط تبلغ الدقة فيها ذرّة واحدة؛ بل إنه ليس من الواضح ما إذا كانت تكلفة الوصول إلى مثل هذه الدقة ستكون غير مقبولة في حال إمكان تحقيقها.

إن التصنيع بالجملة للنبائط الصغيرة يعرِّض التقانات الأخرى إلى عقبات أيضاً، بما في ذلك مفعول القنيوة القصيرة وتقلبات الطعوم الموصوفة أعلاه. إن تصغير حجم نبائط MOS في الدارات الكبيرة المقياس circuits larger-scale قد يتوقف بناءً على ذلك لأننا غير قادرين على التحكم بتيار التسرب والمحافظة على فولطية التغذية المنخفضة اللازمة. وفوق ذلك، فإن الزيادة التي تصاحب تكاليف التصنيع، والإنتاج الذي يزداد سوءاً والأداء المتردي للنبائط كل ذلك قد يصل إلى النقطة التي تقلِّل العائد الاقتصادي. وبالنتيجة، فإن تطبيق قانون مور على دارات MOS السليكونية الكبيرة المقياس قد ينتهي في حدود عشر سنوات من الآن عند ترانزستورات أطوال البوابة فيها تقارب 10 nm.

لكن هناك بضعة خيارات تقانية لزيادة عدد الترانزستورات على شيبة بدون تخفيض حجم كل منها. إن القيود الرئيسة أمام بناء منظومات كبيرة المقياس تتمثل أولاً في الناتج (أي الجزء الذي يعمل بنجاح من الشيبات التي يعطيها الإنتاج على دفعات) وفي تعقيد ربط هذه الترانزستورات بعضها مع بعض. يمكن التغلب على هذين القيدين باستخدام وحدات متعددة الشيبات أو طريقة المنظومة المُصَنْدقة system-in-package approach. والفكرة هنا هي أن نستطيع تصنيع وحدات أو منظومات فرعية تحتوي على أي عدد من الترانزستورات بنحو منفصل ثم ندخلها في الأخاديد المعدة لها على الشيبة الأم بتوصيلات بينية متعددة المستويات. إن هذا النهج يزيد كثافة الشيبة ويبسِّط التوصيلات البينية، كما أنه يقلِّل "السعة الطفيلية parasitic capacitance" بين الشيبات، وبذلك يقلِّل تأخّر الإشارة.

إن التوصيل الضوئي البيني على الشيبة هو خيار جذاب آخر لبناء شيبات مكروية سليكونية ذات مقياس فائق الكبر. ويمكن بعدئذٍ أن يحل مرشد موجي ضوئي وحيد محل مئات من خطوط العنونة، وخطوط المعطيات، وخطوط التحكم الكائنة بين القوالب العاملة. إن التقدم الحديث في هذا المجال واعد جداً، وقد صنعت مرشدات موجة ضوئية منخفضة الهدر من أكسي نتريد السليكون باستخدام عمليات تصنيع مكروية. ولقد أُعلن أيضاً عن إصدار الضوء من أسلاك السليكون النانوية أو المعنقدات النانوية، التي تجعل التوصيل البيني الضوئي على الشيبة ممكناً (انظر "شيبات السليكون تضيء Silicon chips light up في مجلة Physics World، عدد نيسان/أبريل صفحة 25-26). وفي الحقيقة، فقد أعلنت شركة إنتل حديثاً عن خطط لتجميع نبائط فوتونية بكاملها على شيبات ذات "ذكاء رقمي digital intelligence" لصالح الأجيال المستقبلية من المعالجات المكروية.

إن التفتيش عن طرق لوصل نبائط تحت نانوية من رتبة المقياس الجيغاوي يقع خارج نطاق تصورنا

أصغر وأسرع وأرخص

إن لقانون مور الاقتصادي، بالنسبة لثورة إلكترونيات السليكون المكروية، مستقبلاً متفارقاً. فسيظل يحظى بنبائط أصغر في كل عام على مدى بضعة عقود قادمة، ولكن هذه النبائط قد تستغرق وقتاً أطول قبل أن نجدها في تصنيع الدارات ذات المقياس الفائق الكبر. مما لاشك فيه أنه باستخدام تقانة التصنيع والصندقة packaging الجديدة، جنباً إلى جنب مع بنيان منظومات وطرائق توصيل بيني أفضل، ستبقى تقانة MOS القائمة على السليكون محوراً ناشطاً في صناعة أنصاف النواقل في المستقبل المنظور. ولكن في نهاية المطاف، ستفقد هذه التقانة مقدرتها على تحقيق الهدف المنشود من الإلكترونيات المكروية من حيث جعلها أصغر حجماً وأسرع أداءً وأرخص ثمناً.

تلوح في الأفق بدائل عدة، يتمثل أحدها في الحوسبة الكمومية، التي تسخَّر فيها خواص العالم تحت الذرّي subatomic مثل التطابق والتشبيك لتنجز المبتغى في معالجة متوازية. ولكن يُعدُّ البناءُ الفعلي لبتات كمومية فيزيائية quantum bits أو "كيوبتات qubits"، ثم ربط ما يكفي منها بعضها مع بعض على نحو موثوق ورخيص، أمراً غير محتمل لمنافسة الترانزستورات القائمة على السليكون منذ أمد بعيد. وهناك طريق آخر لنمنمة النبائط يتمثل في بناء ترانزستورات من أنابيب الكربون النانوية، على الرغم من كون عمليات تصنيع وتوصيل مثل هذه البنى الدقيقة بالقدر الكافي غير متاحة حتى الآن.

ربما يكون البديل الأكثر وعداً هو أن نكامل إلكترونيات السليكون المكروية مع الفوتونيات photonics. ومثل هذه المنظومات سوف تبدد قدرة أقل من مثيلاتها من النبائط الإلكترونية التي سبقتها، وسيكون الربط فيما بينها أكثر سهولة لبناء دارات متكاملة كبيرة المقياس. وعلاوة على ذلك، فإن عرض العُصابة الأكثر كبراً للتوصيل البيني الضوئي سيزيد سرعة المعالجات المكروية بصورة ملموسة. قد تستغرق هذه التقانة الإلكترونية-الفوتونية الهجينة عدة عقود أو أكثر لتصل إلى درجة يمكن مقارنتها بتقانة السليكون الراهنة، وستبقى بعض التقييدات الأساسية في نبائط MOS سارية المفعول. لكن هذا قد يكون سبيلنا الأفضل لإدراك خرافة تقانة السليكون (الأصغر-الأسرع-الأرخص) السائدة.

مهما يكن ما يحمله مستقبل الإلكترونيات المكروية، فإنه يبدو وكأن السليكون سيكون جزءاً منه لا محالة. قد يصل تصغير حجم نبائط MOS إلى نهايته في عقدين من الزمن، ولكن ثورة إلكترونيات السليكون المكروية ستستمر لمدة أطول.

المؤلفون: هيروشي إبوي ، معهد طوكيو للتقانة، ناغاتسوتا، اليابان.
هي وونغ، قسم الهندسة الإلكترونية، جامعة مدينة هونغ كونغ.

- نشر هذا المقال في مجلة Physics World, September 2005،
وتمت ترجمته في هيئة الطاقة الذرّية السورية.

علم القياس على مستوى السُّلَّم النانوي

إن التقدم في التقانة النانوية يستند إلى قياسات أكثر دقة لمقادير كالمسافة والقوة والتيار.

بن شيربدان، بيتر كامبسون، مارك بيلي

يمكن استخدام مجاهر القوة الذرّية (AFM) للتصوير النانوي المقياس ولإجراء قياسات قوى شديدة الحساسية. الأداة المبينة أعلاه تستخدم قياس التداخل الضوئي لتحقيق الدقة في سلالم قياس الصور في المجهر AFM.

الكلمات المفتاحية: *علم القياس النانوي، القياس في البيولوجيا، مجهر القوة الذرية، منظومات كهرميكانيكية مكروية، تقانة نانوية.*

لطالما اعتمدت الصناعة على القياس الدقيق. ففي القرن التاسع عشر، على سبيل المثال، كان أداء المحركات البخارية محدوداً بشدة بسبب المكوِّنات المفتقرة للدقة، الأمر الذي تغيّر بواسطة مقياس الثخن المكرومتري ذي اللولب screw micrometer calliper الذي ابتكره ماودسلي H. Maudsley. وفي أوائل القرن العشرين، استند تطوير الإرسال البرقي إلى معايير محسَّنة للمقاومة الكهربائية. وقبل هذا، كان لكل بلد معاييره الخاصة به، كما كان الاتصال عبر الحدود صعباً.

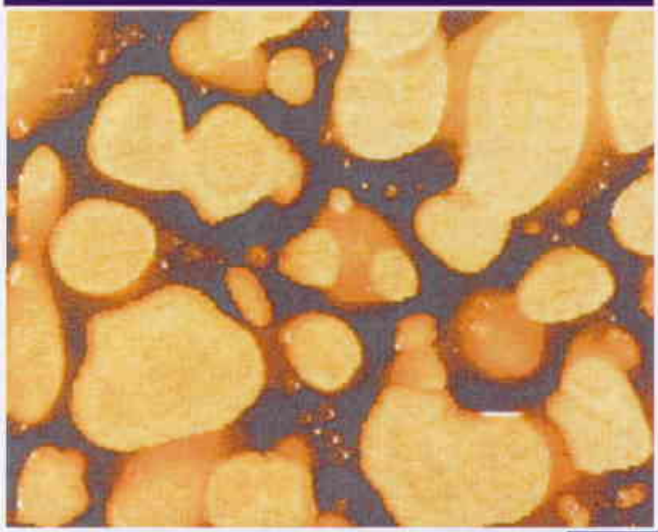
واليوم يصحّ الشيء نفسه على التقانة النانوية إذا أريد استثمارها في الصناعة بشكل تام. فمبادئ القياس التي تصلح جيِّداً على المستوى الجهري غالباً ما تصبح غير صالحة كلياً على مستوى السُّلَّم النانومتري (حوالي 100 nm وما دون ذلك). فالتصوير، على سبيل المثال، لا يكون ممكناً عند هذا السلَّم في حال استخدام المجاهر الضوئية، كما أنه يستحيل عملياً أن تزن جسماً نانومتري المقياس بأي دقة.

بالإضافة إلى حاجة التقانة النانوية إلى قياسات أكثر دقة، فإنها غالباً ما تتطلب تنوعاً في القياسات أكثر من التنوع الذي تتطلبه التقانة التقليدية. لنأخذ، على سبيل المثال، التقنيات المعيارية المستخدمة في صنع الشبّات المكروية microchips، إنها تحتاج بشكل عام إلى قياسات دقيقة للطول، لكن تصنيع إلكترونيات على مقياس جزيئي يتطلب أيضاً قياسات مغنطيسية وكهربائية وميكانيكية وكيميائية.

مكشاف الفيروسات

الشكل 1 استخدم الباحثون في جامعة كورنل كابول مجهر AFM دقيقاً للكشف عن كتل صغيرة تبلغ اتوغراما واحداً أو 10^{-18} g (الصورة الصغيرة المدرجة في الشكل). وقد حققوا ذلك بوضع الكابول في حالة تجاوب ومن ثم قياس التغير الطفيف في تواتر التجاوب لدى إضافة الكتل.

التصوير بالكابول



الشكل 2 تبين الصورة بالمجهر AFM خليطاً بوليميرياً ذا طورين، وهو خليط من بوليميريت أو أكثر. تم استخدامه في هذه الحالة لصنع عدسات لاصقة. حيث ينبغي أن تكون الحبيبات البوليميرية المفردة أصغر بكثير من طول موجة الضوء، كي تقوم العدسة بعملها على الوجه الصحيح. وبذلك لا يمكن تصويرها باستعمال الضوء. وبدلاً من ذلك تمرر أسلة (الرأس المستدق) المجهر AFM عبر سطح الخليط البوليميري. وكلما كان البوليمير أصلب (أي إن معامل يونغ فيه أعلى) كان تغلغل الأسلة أقل في المادة وكان انحراف الكابول أصغر. تبين الصورة مساحة تبلغ $10\ \mu m^2$ ويبلغ المميز حوالي 10 nm.

القدرة الميكانيكية

إن الاستجابة لهذه التحديات سوف تتطلب عدداً من تقنيات قياس جديدة. وإن أحد أهم هذه التقنيات هو استخدام منظومات كهرميكانيكية مكروية microelectromechanical systems وهي نبائط ميكانيكية بالغة الصغر يمكن إقحامها بسهولة في الإلكترونيات الحديثة. ولما كانت لهذه المنظومات أشكالٌ تبلغ أبعادها ما بين حوالي 1 µm و10 µm، فإنها تكون صغيرة بما يكفي لأن تتحسس بالقوى ذات المقياس النانوي ولكنها أكبر من أن نفهمها بمصطلحات الفيزياء الكلاسيكية. ويُعدُّ هذا أمراً جوهرياً إذا أردنا أن نقيس ظاهرة جديدة على المقياس النانومتري من دون اللجوء إلى مبدأ قياس نانوي جديد آخر.

وحسبما يتبين جدلياً، ما كانت لتكتنف التقانة النانوية أي شهرة جماهيرية طيلة بضع السنوات الأخيرة لولا اشتهار الكابول cantilever الدقيق في قلب مجهر القوة الذرية (AFM). فذروة (أسلة) هذا الكابول تتحرّك فوق سطح العينة وتنعكس حزمة ليزرية عن هذا السطح على مكشاف حساس للضوء. وبينما تُصدُّ أسلة الكابول عن السطح أو تنجذب نحوه، يتغير موضع الحزمة المنحرفة. وبذلك يستطيع مجهر القوة الذرية (AFM) أن يرسم جانبية profile العينة. إن هذه التقنية، التي تمسح العينة خطاً بعد خط مثل صورة التلفزيون، تستطيع أن تنشىء صوراً لأشكال ذات مقياس نانوي تكون أقل من حد انعراج المجاهر الضوئية بمراتب في المقدار.

ومثلما يستطيع مجهر القوة الذرّية إنتاج صور بالمقياس النانوي، فإنه يستطيع أيضاً أن يقيس قوى وأن يقوم بقياسات ميكانيكية. وعلى هذا يمكن استخدامه لاكتشاف أجسام دقيقة كالفَيْروسات والبكتريا (الشكل 1) أو لتعيين مكوِّنات مزيج بوليميري (الشكل 2). وكذلك يمكن استخدامه لسبر الخواص الميكانيكية لجزيئات فرادى، مثل القساوة والقوى الرابطة، وبذلك يحسِّن فهمنا للعديد من السيرورات الحيوية. فمثلاً، إن قياس التآثر الذي يربط الأضداد antibodies بالمستضدات antigens يمكن أن يلقي ضوءاً على عمل الجهاز المناعي immune system. ويمكن تحقيق ذلك بتثبيت أحد الأضداد على أسلة AFM ومن ثم استعمال هذه الأسلة لسبر سطح مغطى بتشكيلة من المستضدات. وتستخرج بعدئذ شدة التآثر بين الضد والمستضدات المختلفة عن طريق قياس انحراف كابول المجهر AFM.

ولكن، لإجراء هذه التجارب بواسطة المجهر AFM، يجب على المرء أن يعرف ثابت نابض الكابول (ما دام هذا يربط انحراف النبيطة بالقوة المطبقة). وهذا يُعدّ تحدياً مهماً. فمن أجل كابول ضخم (ولنَقُل أنه بحجم المسطرة المدرسية مثلاً) يَسْهُل على المرء أن يعلق أوزاناً معلومة في نهايته ويقيس الانحراف المقابل لها. لكن هذا غير ممكن على مقاييس أصغر لأن الوزن يجب أن يُحسب بدلاً من ذلك بوضع جسيمات صغيرة ذات كثافة معلومة على الكابول وقياس حجمها. وتكمن المشكلة مع هذه الطريقة في أن الارتياب في القياس لكل بعد من الأبعاد الثلاثة للجسيمات ينبغي أن يساوي ثلث الارتياب المطلوب لثابت النابض. ويصعب، بالنسبة لمقياس كابول مجهر AFM، الحصول على هذه الدقة. وعلاوة على ذلك، فإن تثبيت جسيمات صغيرة بكابول ما يتطلب مهارة فائقة.

ولكن ثمة طرق بديلة عديدة لحساب ثابت نابض الكابول، مثل

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

اشتقاقه من قياسات أبعاد الكابول ومعاملات المرونة. ولسوء الحظ فإن ثابت نابض الكابول يتناسب مع مكعب ثخنه؛ وهنا نرى مرة أخرى أن الارتياب في قياسات الطول ينبغي أن يكون ثلث الارتياب المطلوب لثابت النابض. وهذا قياس ليس من السهل إجراؤه حينما يكون ثخن الكابول نصف مكرون، وحتى ربمّا لايكون ثخنه منتظماً جداً.

هناك خيار آخر يتمثل في قياس الاهتزاز الحراري، أو الحركة البراونية، للكابول. ولقد بيَّنت نانسي برنهام N.Burnham من معهد بوليتكنيك وُرسِسْتر في الولايات المتحدة، (مع آخرين غيرها)، أنه يمكن قياس انحراف كابول مجهر AFM العائد للحد $1/2k_BT$ من الطاقة الحرارية التي يمتلكها، حيث يكون k_B ثابت بولتزمان و T درجة الحرارة. وبمقارنة متوسط انحراف الكابول العائد لحركته البراونية مع متوسط الطاقة الحرارية المتوقعة في هذا النمط الاهتزازي يعطينا عندئذ قيمة ما لثابت النابض. ولكن، لا تصلح هذه التقنية بشكل جيد بالنسبة للكوابيل القاسية نسبياً التي يهتم بها العديد في مجتمع المجهر AFM بصغر مطالها (سعتها) وصعوبة قياسها بدقة.

وثمة طريقة ثالثة لقياس ثابت النابض، وكان (كورنغور سو) Ch. Sow و(ديفيد غراير) D.Grier من جامعة شيكاغو عام 1996، قد عرضاها وتضمنت قياس انحراف الكابول استجابة لضغط الإشعاع من حزمة ليزرية. يحدث الانحراف بسبب التغيُّر في اندفاع الفوتونات لدى انعكاسها عن الكابول. ويمكن بعدئذ حساب ثابت النابض بدلالة سرعة الضوء، شريطة أن يكون كل من شدة الإشعاع وطول موجته معلوماً. ولسوء الحظ، كي نحصل على عزم كافٍ يجب أن تتصف الحزمة بقدرة عالية إلى حد بعيد، الأمر الذي يمكن أن يُسخِّن الكابول إلى درجات حرارة غير مقبولة ما لم يكن الانعكاس على السطح تاماً تقريباً. وهذا يعني تغطية النبيطة بطلاء عاكس ذي جودة عالية، وهو ما ثبت صعوبة إنتاجه، وإن كانت هذه المقاربة لاتزال واعدة إلى حد كبير.

وهناك طريقة رابعة تتمثل في استخدام نبيطة أخرى تدعى "الميزان النانوي nanobalance"، الذي يمكن حساب ثابت النابض الخاص به عن طريق قياس القوة الكهراكدية اللازمة لرفع الميزان إلى ارتفاع محدد. ويمكن بعدئذ استخدام هذه النبيطة لمعايرة المجهر AFM (انظر المؤطر أعلاه).

مداولة الإلكترونات الفرادى

لا تقتصر التحديات المهمة التي يواجهها المختصون بعلم القياس على القياسات الميكانيكية فقط، ففي الإلكترونيات يعني السعي للحصول على المعالجات processors المتكاملة القوية، أن المصنِّعين يقللون باستمرار حجم القَسَمات في الشبَّات الإلكترونية، وبذلك يزيدون الدقة التي تتطلبها القياسات الكهربائية. وبالفعل فإن الترانزستورات التي تعمل باستخدام إلكترونات فرادى يمكن أن تطرح في السوق في غضون عقد من الزمن أو نحو ذلك.

المؤطر: تدريج مجهر AFM

يمكن حساب ثابت النابض spring constant لمجهر القوة الذرية (AFM) باستخدام ميزان نانوي كهرميكانيكي مكروي (انظر الصورة)، يوجد في مركز الميزان النانوي منصة سداسية الشكل مركزية، موصولة إلى ما يشكل ثلاث مجموعات من قوائم الكابول وثلاث مكثفات. وتكون الكتلة الموجودة داخل كل مجموعة من القوائم مثبتة إلى الركازة، الأمر الذي يسمح للمنصة بالحركة باتجاه سطح الشبة chip وبالعكس. وبينما تتحرك المنصة مبتعدة عن السطح، تصبح الصفائح المتعاقبة الكائنة ضمن كل مكثفة أقل تراصفاً وتبدي لذلك وسعية capacitance أصغر.

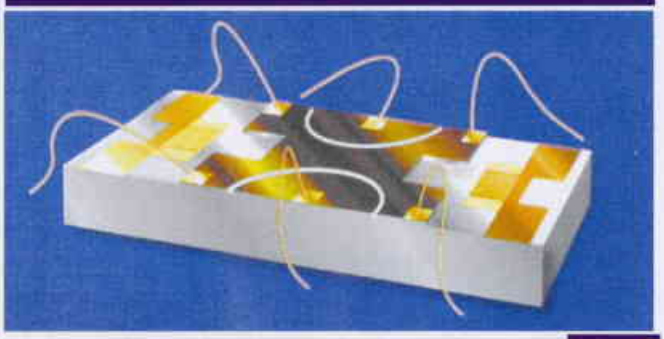
تتمثل الخطوة الأولى للمعايرة في أن نحسب "ممال الوسعية" للميزان النانوي، حيث تُطبق فولطية متناوبة AC صغيرة على المنصة، بحيث تضع النبيطة في حالة تجاوب فتهتز شاقولياً بمطال سعته حوالي 10-15 nm. ونحصل على ممال الوسعية بقياس التيار المتناوب AC الصغير الذي ولَّدته المكثفة وسرعة المنصة، التي تقاس بصورة مستقلة باستخدام مقياسية دوبلر التداخلية Doppler interferometry.

وتتمثل الخطوة التالية في أن نطبق فولطية مستمرة DC أكبر بكثير من الفولطية المتناوبة (حوالي 1.5 V فولط) على المنصة ونقيس المسافة التي تتحركها المنصة. وعندها تكون القوة الكهربالية اللازمة لرفع المنصة إلى هذه المسافة مساوية للفولطية المطبقة مضروبة في ممال الوسعية. وهذا يعطي قيمة ثابت النابض في الميزان النانوي. وأخيراً، يُدفع كابول مجهر القوة الذرية AFM الذي يحتاج إلى معايرة نحو المنصة. وتخبرنا النسبة بين المسافة التي تحركتها المنصة وبين انحراف الكابول القيم النسبية لثابتي النابض. بمقارنة هذا مع ثابت نابض الميزان النانوي نحصل على قيمة النابض الخاص بالمجهر AFM.

يتم تعريف الوحدات الكهربائية في إطار منظومتنا الراهنة (أي منظومة SI) بدلالة التأثيرات الجهرية الكلاسيكية. وهذه ليست ملائمة بصورة مثالية لقياس الخواص الكهربائية للنبائط ذات المقياس النانوي لأن القياسات تتضمن ارتيابات كبيرة نسبياً. ومن الناحية العملية، يقاس كل من التوتر والمقاومة الآن باستخدام ظواهر كمومية –ولكلتيهما معايير تتعلق مباشرة بثابت بلانك والشحنة التي يحملها الإلكترون. ولكن، لا يزال التيار يقاس باستخدام تعريف جهري للأمبير (وهو التيار الذي يجب أن يمر في كل سلك من سلكين متوازيين تفصل بينهما مسافة متر واحد كي تكون قوة الجذب بينهما تساوي $2X10^{-7}\ Nm^{-1}$).

يمكن أن يستفيد المعيار الكمومي للتيار من كون الشحنة تظهر على شكل وحدات منفصلة: هي الإلكترونات. إن النبيطة

مولد تيار في النطاق النانوي



الشكل 3. نبيطة SETSAW ، المصورة أعلاه ، مصممة كي تسوق الكترونات فردية عبر تضيُّق عرضه مئة نانومتر مستخدمة أمواجاً صوتية تنتشر على سطحها . ويأمل الفيزيائيون أن يستخدموا الكترونات فرادى تم توليدها بهذه الطريقة كي يمثلوا معياراً كمومياً جديداً للتيار I=ef ، حيث e هي شحنة الإلكترون و f هي تواتر الموجة الدافعة . ويمكن بعدئذ استخدام هذا المعيار لقياس التيارات الضئيلة التي يفترض ان يتم انتاجها في جيل جديد من نبائط إلكترونية صغيرة جداً .

التي تستطيع أن تنقل إلكتروناً واحداً عبر دارة ما استجابة لكل دورة ذات تواتر سوق (f) ستولد تياراً (I= ef)، حيث e هي الشحنة على الإلكترون. ويمكن مقارنة القياسات الحاصلة باستخدام هذا التعريف، بالتقابل مع القياسات التي تستخدم المعايير الكمومية للفولطية (V)، والمقاومة (R)، من خلال قانون أوم (V=IR)، في اختبار ما يعرف غالباً باسم "مثلث التقييس metrological triangle".

وعلى الرغم من أن المعيار الكمومي للتيار بسيط جداً من حيث المفهوم، إلا أن تحقيقه يُعدُّ تحدياً تقنياً. فالنبائط الإلكترونية التقليدية لا يمكن استخدامها لأنها تتضمن تدفقاً فوضوياً للعديد من الإلكترونات، ولكن ثمة نبائط عديدة واعدة تستطيع أن تحقق التحكم الدقيق في الإلكترونات المفردة. ويرد من المقاربات الرائدة في هذا الصدد، مقاربة ذكرها نيل زيمرمان N.Zimmerman ومارك كيلر M.Keller من المعهد الوطني للمعايير والتقانة (NIST) في الولايات المتحدة في أواخر التسعينيات من القرن الماضي، وهي تستخدم ترانزستور العبور النفقي للإلكترون الفرد single electron tunnelling transistor (SETT). وفي هذه النبيطة يتمُّ فصل جزيرة صغيرة من الألمنيوم عن محيطها بحواجز نفقية (هي أنفاق) من أكسيد الألمنيوم يحتفظ بها عند درجة حرارة أقل من 100 mK. إن وجود إلكترون إضافي واحد على الجزيرة غير المشحونة يمنع الإلكترونات الأخرى من عبور الحواجز النفقية. ويمكن "ضخ" إلكترونات مفردة على طول سلسلة من ترانزستورات العبور النفقي للإلكترون (SETTs) إذا كانت الفولطية عبر كل جزيرة معدَّلة بشكل صحيح. وبتطبيق التتابع الصحيح للإشارات إلى بوابات التحكم، يمكن تحريك إلكترون فرد عبر المضخة مع احتمال وقوع أخطاء قليلة جداً (وأعني إما فقدان الإلكترون أو نقل اثنين مصادفة).

ورغم أن هذه التقنية تعمل بشكل جيد، لكنها لا تستطيع أن تولد سوى تيارات صغيرة جداً. فالطبيعة التي لا يمكن التنبؤ بها لعبور الإلكترونات عبوراً نفقياً تحدُّ من التواتر التشغيلي إلى بضعة ميغا هرتز (الأمر الذي يساوي تياراً يبلغ بضعة بيكو أمبير). وهذه التيارات هي أصغر بكثير من أن تستخدم في طريقة مثلث التقييس بأيِّ حساسية مفيدة. لكن المضخة، يمكن استخدامها لوضع كمية معلومة من الشحنة على مكثفة معايرة calibrated capacitor. هذا ويمكن قياس فولطية التيار المستمر DC على المكثفة بالنسبة لمعيار الفولطية، ويمكن النظر إلى هذه التجربة إما كتحقق غير مباشر لمثلث التقييس أو كمسلك إلى معيار كمومي للسعة.

وتُجرى اليوم دراسة طريقة بديلة لتعيين تيار ما بالمقياس النانومتري، وهي تعرف باسم SETSAW، ويقوم بهذه الدراسة جانسن J.T.Janssen وزملاؤه من المختبر الفيزيائي الوطني (NPL)، ومايك بيبر M.Pepper ومعاونوه في جامعة كمبريدج. ويتم فيها توليد الإلكترونات والتحكم بها بواسطة أمواج صوتية سطحية، وهي أمواج صوتية تنتشر على السطح في جسم ما (الشكل 3). عندما تنتقل موجة كهذه على ركازة كهرضغطية، فإن موجة كمون كهراكدي تصحبها وتستطيع أن تتآثر مع إلكترونات في الركازة. ويمكن جعل كل دورة من موجة الصوت السطحية تسوق إلكتروناً واحداً فقط من خلال تضيُّق عرضه نانومتر موضوع على السطح، فيسبِّب تياراً يساوي I =ef، حيث f هو تواتر الموجة. ولما كانت هذه التقنية تستطيع أن تعمل عند تواترات من مرتبة بضعة جيغا هرتز، فإنها يمكن أن تستعمل لتوليد تيار مُكمَّى quantized بنانو أمبيرات بدلاً من بيكو أمبيرات. وهذا تيار يكفي للاستخدام في طريقة مثلث التقييس. ولكن في الوقت الراهن تكون النبيطة SETSAW، أقل دقة من النبائط SETTs لأن موجة الصوت السطحية لا تنقل دائماً إلكتروناً واحداً عبر القُنيّة في كل دورة. إننا بحاجة إلى القيام بمزيد من الأبحاث كي نفهم جيداً آلية النقل ونجعلها أقرب ما تكون إلى الكمال وبذلك نطور معياراً قوياً لتيار كمومي يمكن الاعتماد عليه.

القياس في البيولوجيا

هناك مجال خصب للبحث لعلماء القياس النانوي يتمثل في كشف وتحديد هوية أنماط مختلفة من الجزيئات البيولوجية. يمكن أن يكون هذا مفيداً، على سبيل المثال، في الكشف المبكر للمرض أو للطب الشخصي الذي يستطيع الأفراد به أن يحددوا استعدادهم للأمراض أو كيف تكون استجابتهم لمعالجات دوائية خاصة.

في السنوات القليلة الماضية، طور الباحثون يتصدرهم أندرو غو A.gu من جامعة A&M بتكساس وهاغان بايلي H.Bayley من جامعة أكسفورد طريقة للتمييز بين فروق في أساس واحد لدى شرائط من الدنا تحوي 30 أساساً (أي ما يعادل 10 نانومترات طولاً). ونشير

إلى أن الدنا يتألف من أربعة أسس هي: الأدينين adinine (A)، والتيمين thymine (T)، والغوانين guanine (G) والسيتوزين cytosine (C). ولما كانت A ترتبط دوماً مع T وترتبط G مع C، فإن كل شريط من الدنا DNA له شريط مضاهاة مميِّز يتصل به ليشكل حلزوناً مضاعفاً double helix.

تتضمن التقنية التي طورها غو وبايلي وزملاؤهما إحداث فتحات في الأغشية الخلوية cell membranes تعرف بالثقوب النانوية nanopores، وهي تسمح للأيونات بأن تخرج من الخلايا وتولد تياراً قابلاً للقياس. ويضع الباحثون جزيئة حيوية في الثقب ويعرضونها لتشكيلة من جزيئات بيولوجية أخرى. فإذا ارتبطت الجزيئة خارج الثقب بإحدى الجزيئات في الداخل، يتوقف تدفق الأيونات. ونظراً لأن جزيئة معينة واحدة فقط تستطيع أن ترتبط بالجزيئة الموجودة في الثقب، فإن تيار الصفر Zero current يشير إلى وجود هذه الجزيئة.

لأجل استنباط تسلسل الأسس في جزيئات دنا فُرادى، يُدخل شريط مفرد من الدنا داخل الثقب ويُقيَّد فيه. فإذا ضاهت matched جزيئات الأساس لشريط حر من الدنا نظائرها التي تعود للشريط المقيَّد، فإن حلزوناً مضاعفاً من الدنا سوف يتشكل وسيتوقف التيار. أما إذا لم يتضاه أيٌّ من الأسس (أي ينشىء أزواجاً pair up)، فسيواصل التيار عندئذٍ جريانه. وفي الوقت الراهن، يمكن استخدام هذه التقنية فقط للكشف عن وجود أو غياب شريط معيَّن من الدنا، لكنها تمتلك إمكانية تمييز كم من الأسس أنشأت ازدواجاً ضمن طول معين من الدنا. فلو تزاوجت كل الأسس، فعندها تحصل مضاهاة كاملة، أما إذا فشلت واحدة أو أكثر في التزاوج، فهذا يدل على وجود طفرة جينية (وراثية) genetic mutation في الدنا المطلوب دراسته. لقد استخدمت هذه التقنية للكشف عن طفرة جينة أنزيم "الناسخة العكسية reverse transcriptase" لفيروس HIV التي تسمح للفيروس بأن يصبح مقاوماً لبعض العقاقير. وخلافاً لتقنيات الكشف الأخرى، لا تحتاج الجزيئات الحرة أن تُعدَّل كيميائياً أو تُضخَّم قبل الكشف – وهي عمليات تُعرف بأنها تقدِّم طفرات إضافية قد تحجب الطفرة المعنية ذات الشأن.

هناك تعاون قائم بين الكلية الملكية (أمبيريال كولج) بلندن وNPL (بقيادة ليزلي كوهن L.Cohen ومارتن ميلتون M.Milton) يأخذ منحى مختلفاً للكشف عن الجزيئات الفردية، ويعمل على تطوير تقنية تعرف باسم مطيافية رامان المعززة سطحياً surface-enhanced Raman spectroscopy. وتتضمن هذه التقنية وضع جزيئة بيولوجية في محلول من غرونيات الفضة وتقريب المحلول من سطح معدني خشن. وتُسلَّط في مطيافية رامان العادية حزمة الليزر على عينة فتعطي خطوط الامتصاص في الحزمة المنعكسة "بصمة كيميائية" لأي جزيئة خاصة. وفي العادة تكون هذه التقنية غير حساسة بما يكفي لكشف الجزيئات عندما تكون موجودة بتراكيز أقل من نانومول، بيد أن المحلول في هذه الحالة قريب من السطح، بحيث يخلق الضوء الوارد بلازمونات plasmons تهتز عبر سطح المعدن. وهذا بدوره يضخم حجم الإشارة التي تعرضت لها الجزيئة ويزيد كثيراً حجم الاستجابة. إن هذه التقنية هي أيضاً غير باضعة non-invasive، ويمكنها أن تعمل في الوقت الفعلي، ويمكن استخدامها لمشاهدة العمليات الديناميكية ويجب أن تكون قابلة للتطبيق على عدد عريض من المنظومات. كما يمكن استخدامها أيضاً لقياس الخواص الكيميائية لجزيئة منفردة.

المشاركة في نتائج علم القياس

هناك الكثير مما يمكن عمله في مجال القياس النانوي السُلَّم، لأن مقدرتنا على صنع النبائط تفوق في بعض الأحيان مقدرتنا على قياس ما كنا قد صنعناه. وبالإضافة إلى الأمثلة التي نوقشت هنا، ثمّة أيضاً عمل يجري على علم القياس النانوي الكيميائي، مثال المسبار الذري الثلاثي الأبعاد 3D atom probe الذي طوره جورج سميث G.Smith وألفرد سريزو A.Cerezo في أكسفورد والذي يستطيع أن يحدِّد تركيب وموضع ذرات معيَّنة في عينة ما.

جاء في تقرير حديث عن التقانة النانوية صادر عن الجمعية الملكية والأكاديمية الملكية للهندسة في المملكة المتحدة مايلي: "لا تستطيع التقانات النانوية، مهما كان تعريفها، أن تتقدم بصورة مستقلة عن التقدم في علم القياس النانوي". وإذا ما أريد تطوير صناعات لتصنيع سلع مبنية على تقانة نانوية بصورة ناجحة، فإنه من المهم بصورة حيوية أن يتاح البحث في القياس النانوي السُلَّم أمام المصنعين المبتكرين. ويبقى هذا هو التحدي بالنسبة للناس العاملين في علم القياس السّابر.

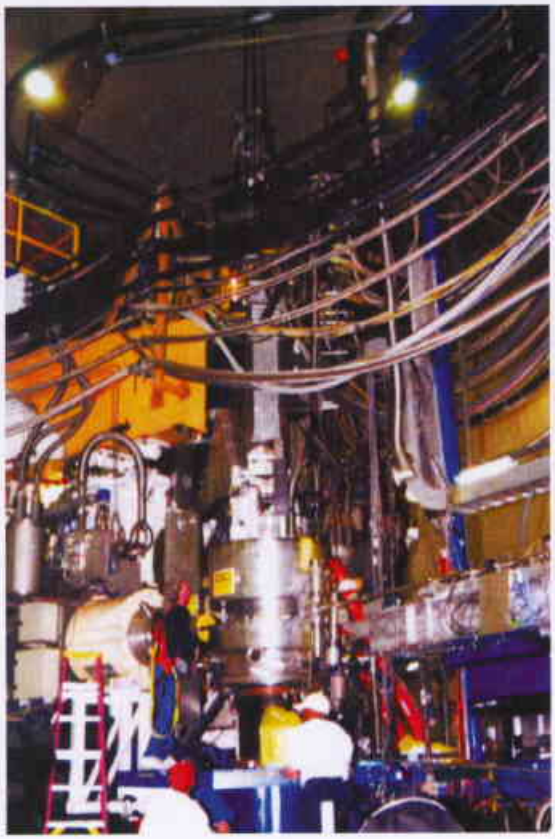
المؤلفون: بن شيريدان ، بيتر كامبسون ومارك بيلي، من المختبر الفيزيائي الوطني بتدنكتون بالمملكة المتحدة .

- نشر هذا المقال في مجلة Physics World, August 2005،
وتمت ترجمته في هيئة الطاقة الذرّية السورية.

أحداث غريبة في البروتون

كريشنا كومار

عضو في تعاون هاميكس HAPPEX ومقره جامعة ماسا تشوستس في أمهرست، الولايات المتحدة



قوى الطبيعة، تقيس التجربة HAPPEX في JLAB القوة الضعيفة بين الإلكترونات والبروتونات.

ملخص

توحي القياسات الدقيقة للقوة الضعيفة أن للكواركات الغريبة تأثيراً على العزم المغنطيسي للبروتون.

الكلمات المفتاحية

القوة الضعيفة، الكوارك الغريب، السبين.

من المعلوم جيداً أن النوى الذرّية، التي تتألف منها المادة المرئية في الكون، مؤلفة من بروتونات ونترونات. ولكن مم تتألف البروتونات والنترونات؟ الجواب البسيط هو أنها تتألف من كواركات فوقانية وتحتانية تترابط بواسطة القوة النووية الشديدة: فالبروتون يحتوي على كواركين فوقانيين وكوارك تحتاني بينما يحتوي النترون على كواركين تحتانيين وكوارك فوقاني.

شحنة الكوارك الفوقاني 3/2+ وشحنة الكوارك التحتاني1/3- ولهذا السبب تكون النترونات معتدلة ويكون للبروتونات شحنة 1+ (حين ترى من مسافة بعيدة بعداً كافياً). لكن الرياضيات فيما يخص الخواص الأخرى للبروتونات والنترونات ليست بسيطة إلى هذا الحد. فعلى سبيل المثال تكون كتلة البروتون السكونية أكبر بعشر مرات من مجموع الكتل المجتمعة للكواركين الفوقانيين والكوارك التحتاني، ويأتي الباقي من الكتلة المصاحبة لطاقة الروابط التي تربط الكواركات بعضها مع بعض.

وقد أظهرت التجارب التي أجراها التعاون الميوني Muon Collaboration الأوربي في الثمانينيات في مركز سيرن CERN أن سبين البروتون (بمعنى عزمه الزاوي الذاتي) لا يمكن تفسيره بمجرد جمع سبينات كواركاته الأصلية (والتي لها الكبر 1/2 مقدرة بواحدات ثابتة بلانك). فقد وجد الباحثون، عوضاً عن ذلك، أن مساهمة الكواركات الفوقانية والتحتانية تقل عن 25% في سبين البروتون (والذي له الكبر 1/2 أيضاً).

كان يُظن لمدة طويلة أن وجود الكواركات الغريبة داخل البروتون يمكن أن يفسر "أزمة السبين" هذه. فهذه الكواركات، التي هي أثقل من الكواركات الفوقانية والتحتانية، تُرصد عادة فقط في الأشعة الكونية العالية الطاقة أو في مسرّعات الجسيمات، وليس في النوى العادية التي تؤلف العالم من حولنا. لكن القوة التي تُبقي الكواركات متماسكة بعضها مع بعض داخل البروتونات والجسيمات الأخرى تكون كبيرة إلى درجة يتيح فيها مبدأ الارتياب ظهور "أزواج كواركات – كواركات مضادة" بشكل تلقائي من الخلاء ثم اختفاءها بعد زمن قصير.

والسؤال هو هل تساهم "كواركات البحر sea quarks" السريعة الزوال هذه في خواص البروتون المرصودة، مثل كتلته وشحنته وسبينه وعزمه المغنطيسي؟ ويبدو أن سلسلة من النتائج التجريبية، صدرت عن مخبر جيفرسون في الولايات المتحدة، أصبحت الآن قادرة على تقديم جواب نهائي لهذا السؤال.

ارتباك

من حيث المبدأ، إن الأزواج "كواركات–كواركات مضادة"، التي تظهر وتختفي ولا تدوم سوى فترة وجيزة جداً داخل البروتون، يمكن أن تكون من أي ضرب من ضروب الكواركات الستة المعروفة: فوقانية، تحتانية، غريبة، فاتنة، قاعية، علوية. ولكن الكواركات الأثقل، وهي الفاتنة والقاعية والعلوية، يكون احتمال تولّدها أقل من الكواركات الأخرى الأخف منها. ولذلك يلزمنا أن نعرف مقدار إسهام كل ضرب من هذه الضروب في خاصيّة معينة من خواص البروتون.

وإحدى طرق القيام بذلك تتمثّل في جعل الإلكترونات العالية الطاقة تتبعثر عن هدف ساكن مكوّن من الهدروجين والدتريوم، وهذا يتيح تحديد توزّع الشحنة والتيار الكهرطيسيين داخل البروتونات والنترونات. وقد مُنح زوبرت هوفستادتر R. Hofstadter جائزة نوبل في الفيزياء للعام 1961 لقاء استخدامه هذه التقنية لإثبات أن البروتون ليس جسيماً نقطياً.

لكن معرفة توزع الشحنة الكهرطيسية للبروتون والنترون لوحدها لا تكفي للتمييز بين إسهامات الكواركات الفوقانية والتحتانية والغريبة. فلو لم يكن هناك سوى ضربين من الكواركات تهيمن في البروتون، كما يفترض موديل الكواركات، لتمكنا من استثمار حقيقة كون البروتونات والنترونات تحوي أعداداً مختلفة من الكواركات الفوقانية والتحتانية. لكن، وحيث أننا يجب أن نحدد إسهامات ثلاثة ضروب كواركية، فإننا نحتاج إلى إجراء قياس واحد على الأقل.

لقد اقتُرح في الثمانينيات من القرن الماضي إمكان تحقيق ذلك بواسطة قياس القوة الضعيفة بين إلكترون وبروتون الأمر الذي يتم عن طريق تبادل بوزون Z^0 - تماماً مثلما تتضمن القوة الكهرطيسية تبادل فوتون. ومثلما تمتلك جميع الكواركات شحنة كهربائية تحدد قوة تأثراتها الكهرطيسية، فإنها تمتلك كذلك شحنة ضعيفة تحدد كيف تتأثر بالقوة الضعيفة، ونستطيع باستخدام النظرية الكهرضعيفة electroweak أن نقارن بين توزعي الشحنة الضعيفة والشحنة الكهربائية في البروتون، وهذا يتيح لنا حساب القوة النسبية لكل من الشحنتين الضعيفة والكهربائية لكل ضرب من ضروب الكواركات.

ولكن قياس القوة الضعيفة بين إلكترون وبروتون يتطلب حساسية تجريبية استثنائية لأن القوة الكهرطيسية تكون أكثر بمليون مرة عند المسافات المتضمَّنة. ولكي يستخلص التجريبيون الإسهام الضئيل للتأثر الضعيف فإنهم يستثمرون فرقاً أساسياً بين هاتين القوتين: فالقوة الكهرطيسية متناظرة مرآتياً بينما القوة الضعيفة ليست كذلك. وهذا يعني أننا إذا قسنا القوة الكلية بين إلكترون وكوارك ثم أجرينا تجربة الخيال في المرآة (التي يستبدل فيها اليمين باليسار واليسار باليمين) فإننا نحصل على نتيجتين مختلفتين اختلافاً طفيفاً.

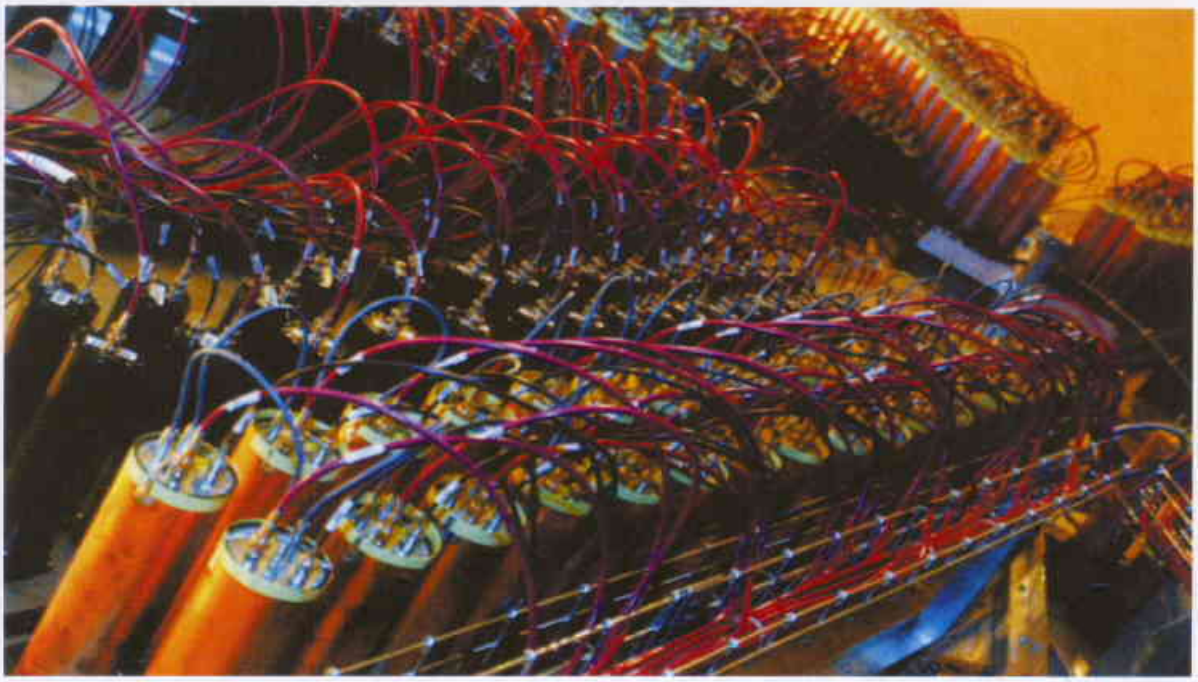
المرآة التجريبية

تستند أحدث قياسات التأثر اللامتناظر asymmetric interaction بين الإلكترونات والكواركات إلى تقنية التبعثر الإلكتروني التي كان الباحثون في مركز مسرّع ستانفورد الخطي في كاليفورنيا روادها منذ 30 عاماً مضى. إذ يقال عن الإلكترونات إنها يمينية إذا اصطفّت مع اتجاه سبيناتها في منحى حركتها نفسه ويقال عنها إنها يسارية إذا توجّهت في الاتجاه المعاكس، ولذلك ينبغي أن نحصل على نتائج مختلفة اختلافاً طفيفاً حينما نبعثر إلكترونات يمينية ويسارية عن الهدف نفسه. ويكمن التحدي في قياس هذا الفرق بدقة من مرتبة عشرات الأجزاء من المليون، وهذا يتطلب تعاوناً كبيراً بين الفيزيائيين الذين يشغّلون المسّرع وأولئك العاملين على المكشاف.

ومنذ بداية التسعينيات من القرن المنصرم تمكنت أربع تجارب من إجراء مثل هذه القياسات: وهي التجربة G0 والتجربة HAPPEX في مختبر جيفرسون (JLAB) في الولايات المتحدة، والتجربة SAMPLE في مختبر MIT-Bates في الولايات المتحدة أيضاً. والتجربة A4 في جامعة مينتس Mainz في ألمانيا. وقد تبنّت كل من هذه التجارب استراتيجية مختلفة بعض الشيء سواء من حيث الأجهزة أو من حيث تقنية القياس، لكن كلاً منها يستطيع، بصورة حاسمة، سَبْر القوة الضعيفة عند سلالم مسافة وزوايا تبعثر مختلفة. وهذا التعدد الوفير ذو أهمية بالغة لأنه من غير المعروف مسبقاً أية سلالم مسافة هي الأكثر حساسية للكوارك الغريب ذي الأهمية الكبيرة.

لكن لهذه التجارب عدة صفات مشتركة فيما بينها. فعلى سبيل المثال، يتأتى نشوء نبضات الإلكترونات بواسطة شريحة نصف ناقلة مضاءة بضوء ليزر مستقطب دائرياً. وبما أن الإلكترونات تجري ترقيتها إلى عصابات طاقة معينة تختلف حسب يدويّة handedness (استقطاب) فوتونات الليزر، فإن نبضات مؤلفة بصورة أساسية من إلكترونات مياسرة أو ميامنة تنطلق من الشريحة. وبما أنه يمكن قلب الاستقطاب من 10 إلى 100 مرة في كل ثانية، فإن بإمكان فيزيائيي المسرّع أن يغيّروا يدويّة الحزمة الإلكترونية بسرعة كبيرة قبل أن تتسرَّع باتجاه هدف الهدروجين. ولهذا أهميته لأنه يلزم، للوصول إلى الدقة الإحصائية المطلوبة، رصد نحو 1014 إلكتروناً متبعثراً.

تشير النتائج الأولى من التجربتين SAMPLE و HAPPEX اللتين أجريتا في أواخر التسعينيات من القرن الفائت إلى أن إسهام الكواركات الغريبة في توزعات شحنة البروتون وتياره كانت صغيرة –وربما تكون صفراً. وقد قاست التجربة SAMPLE لدى سبر سلالم طول قصيرة تبلغ 0.6 فمتومتر (1 fm= 10^{-15} m) وهذا تقريباً هو قطر البروتون)، لا تناظراً يبلغ 5.6±1.1 جزءاً من المليون (ppm) مقارنة بالتنبؤ الكهرضعيف (الذي لا يحتوي على كواركات غريبة) البالغ 6.8- ppm عند تلك المسافة. وبالمقابل، وجدت التجربة HAPPEX قيمة مقدارها 15±1.1- جزءاً من المليون لدى سَبْر سلالم طول قصيرة



تشير نتائج التجربة G0 في JLAB إلى أن الكواركات الغريبة تساهم في خواص البروتون الكهرمغنطيسية.

تبلغ 0.3 fm مقارنة بالقيمة المتنبأ بها (التي تبلغ 15.8 ppm-). وبعد ذلك سرعان ما أعلن الباحثون العاملون في التجربة A4 عن نتيجة مشابهة عند سلم طول يبلغ 0.4 fm .

إلا أن فريق التجربة A4 كرر قياساته في العام 2004 عند 0.6 fm ووجد شيئاً مختلفاً: فقد بدا كما لو أن الكواركات الغريبة تساهم بالفعل في توزع شحنة البروتون وتياره، مع أن النتيجة كانت منسجمة أيضاً مع النتيجة صفر عند مستوى الثقة 95%.

وفي وقت مبكر من هذا العام، قام الباحثون العاملون على التجربة HAPPEX، بمن فيهم مؤلف هذا المقال، بإجراء مجموعة ثانية من القياسات عند 0.6 fm باستخدام أهداف من الهدروجين والهليوم. وقد قدّم التناظر المحسوب باستخدام هدف من الهليوم معلومات جديدة هامة، لأن نواة الهليوم تتألف من بروتونين ونترونين ذوي سبينات متعاكسة الاتجاه، مما يعني أنهما ليسا ذوي توزع تيار صاف. ولذلك، فإن قياس الهليوم حساس لتوزع الشحنة فقط، بينما قياس الهدروجين حساس لتوزع الشحنة وتوزع التيار كليهما. هذا، ولم نجد إسهاماً ذا شأن من الكواركات الغريبة في أي من تجارب الهدروجين أو الهليوم. ولكن الباحثين الذين عملوا في التجربة G0 التي تستطيع قياس القوة الضعيفة على سلالم طول بين 0.2 و0.6fm - نشروا مؤخراً نتائج (باستخدام هدف هدروجين) تشير إلى وجود مساهمة ذات شأن لتوزّع الكواركات الغريبة.

النتيجة الإجمالية

يقيد كل قياس من قياسات القوة الضعيفة لوحده توزع الكواركات الغريبة داخل البروتون تقييداً شديداً، ولكنه لا يبرهن بصورة لا لبس فيها أن للكواركات الغريبة دوراً في تعيين خواص البروتون. أما عندما ينظر إلى النتائج كلها بصورة إجمالية فإن نموذجاً متسقاً يبرز فعلاً.

تشير البيانات المجتمعة من التجارب الأربع كلها عند سلم الأطوال 0.6 fm إلى أن مساهمة الكواركات الغريبة في توزع الشحنة الكهربائية هي مساهمة صغيرة أو يمكن إهمالها. ومن ناحية أخرى، فإن الإسهام في توزع التيار يبدو إسهاماً ذا شأن. ونشير إلى أن احتمال أن يكون هذا ضربة حظ إحصائية لا يتجاوز عدة أجزاء في المئة، وهناك قياسات جديدة تجري في JLAB وفي Mainz لتخفيض الارتيابات التجريبية .

ويمكن أن تعني هذه النتائج ضمناً إذا ما تأكّدت، أن الكواركات الغريبة تنشئ تياراً يساهم في العزم المغنطيسي للبروتون. وحالما يعرف إسهام الكوارك الغريب بدقة أكبر، فإن النظريين لا بد أن يكونوا قادرين على بناء صورة رياضياتية متسقة لبنية البروتون عبر تضمين الكواركات الغريبة في المحاكاة الحاسوبية للكروموديناميك الكمومي (QCD) الذي هو نظرية القوة الشديدة. فإذا اتفقت نتائج التجارب والمحاكاة، فإن هذا العمل سيمثل فتحاً أساسياً في جهودنا الرامية إلى فهم العلاقة بين موديل الكواركات الأساسي والنظرية QCD الكاملة، وسيصف الخواص النووية جميعها في نظرية أساسية واحدة.

نشر هذا المقال في مجلة Physics World, September 2005. وتمت ترجمته في هيئة الطاقة الذرّية السورية.

تحتفل أيرلندا هذه السنة بالذكرى المئوية الثانية لعالم الرياضيات ويليام رووان هاملتون William Rowan Hamilton، الذي يُذكر بشكل رئيسي لأجل "الكواترنيونات quaternions" ولأجل عمله الرائد في مجالي علم الضوء وعلم التحريك (الديناميك).

ويليام رووان هاملتون:

عبقري في الرياضيات

صورة عبقري – هذه الصورة لويليام رووان هاملتون مُعلّقة في الأكاديمية الملكية الأيرلندية.

بقلم: ديفيد آر ويلكينز

محاضر في الرياضيات لدى كلية ترينيتي، دبلن، أيرلندا

ولد ويليام رووان هاملتون W. R. Hamilton في مدينة دبلن عند منتصف الليل بين الثالث والرابع من آب من العام 1805. كان والده أرشيبالد هاملتون محامياً وكانت والدته سارة وكنيتها قبل الزواج Hutton من عائلة اشتهرت في بناء هياكل العربات في مدينة دبلن. وقبل عيد ميلاده الثالث أرسل ويليام للعيش مع عمه جيمس هاملتون الذي كان قسيساً في كنيسة أيرلندا وراعياً لأبرشية تريم في مقاطعة ميث Meath. ونظراً لكون جيمس مسؤولاً عن مدرسة الأبرشية فقد تولّى مسؤولية تعليم ابن أخيه الصغير.

أظهر ويليام استعداداً مدهشاً لتعلم اللغات، ففي حوالي سن الخامسة كان قد أحرز تقدماً جيداً في تعلم اللغات اللاتينية واليونانية والعبرية. وقبل إتمامه الثانية عشرة من عمره كان قد وسّع دراساته لتشمل اللغات الفرنسية والإيطالية والعربية والسريانية والفارسية والسنسكريتية. وبشكل خاص تركز اهتمامه على اللغات السامية مثل العبرية والسريانية والعربية بسبب النصوص الإنجيلية القديمة الكثيرة المكتوبة بهذه اللغات. وعلى الدوام كان الدين مهماً في حياة هاملتون وعائلته، بالرغم من أنه لم تكن أبداً لدى هاملتون نفسه أية رغبة في أن يتلقّى أوامر مقدسة.

وحينما كان صبياً قضى هاملتون بعض الوقت في دراسة اللغات الهندية لأن عائلته كانت تظن أنه قد توجد له فرصة عمل لدى شركة الهند الشرقية. ولكن حين كبر عمه جيمس سعى لضمان تركيز اهتمام هاملتون على اللغتين الكلاسيكيتين: اللاتينية واليونانية، اللتين كانتا تشكلان الجزء الرئيسي في منهاج كلية ترينيتي في مدينة دبلن.

وبينما كانت تتم تهيئة هاملتون للدخول إلى كلية ترينيتي حيث كان من المتوقع له أن يتفوّق، كان الزملاء والأساتذة في الكلية يهيّئون لتحديث تدريس الرياضيات فيها عن طريق إدخال كتب فرنسية في المنهاج وترجمة بعض هذه الكتب إلى اللغة الإنكليزية وكتابة موادّهم الخاصة بهم. وحين بلغ هاملتون السنة السادسة عشرة من عمره، أدرك عمه بوضوح أنه كان على ويليام أن يتفوّق في كل من الرياضيات والكلاسيكيات في الكلية، فأعطاه نسخة من كتاب ألّفه بارثولوميو لويد B. Lloyd أستاذ الرياضيات في ترينيتي.

أثار هذا الكتاب اهتمام هاملتون بالرياضيات، وعلى الفور شرع بدراسة الكتب والمقالات الفرنسية المعاصرة المتعلقة بهذا الموضوع، بما في ذلك الأعمال الرئيسية للعالمين لاغرانج Lagrange ولابلاس Laplace. وبالفعل وجد هاملتون خطأً في أحد براهين لابلاس صححه ببرهان خاص به. وكذلك بدأ يتولّى بحثاً خاصاً في الرياضيات. وقد وصلت ثمار أبحاثه مسامع جون برينكلي J. Brinkley الذي كان حينذاك عالم الفلك الملكي في أيرلندا، فشجع هاملتون على دراساته

ووجّه له دعوة مفتوحة إلى مائدة إفطار في المرصد في كلية ترينيتي في دانسينك في أي وقت يشاء.

التحرّيات الضوئية

أحرز هاملتون المرتبة الأولى في امتحان الدخول إلى كلية ترينيتي وبدأ دراساته هناك في العام 1823. وكان تقدمه الأكاديمي استثنائياً كطالب دراسات جامعية أولى. ولم يتفوق عليه أي طالب آخر في أي امتحان. وحصل على درجة "optime" (وهي امتياز نادراً ما كان يُمنح) في اللغة اللاتينية في سنته الأولى. وبعد سنتين حصل على درجة "optime" أخرى ولكن في الفيزياء الرياضياتية هذه المرة. ومع ذلك وجد أن الدراسة المكثفة المطلوبة لإحراز مثل هذه الامتيازات تزيده إزعاجاً لأنها تمنحه وقتاً أقل لمتابعة اهتماماته المتنامية في العلوم والرياضيات.

كان هاملتون في ذلك الوقت يجري دراسة مكثفة لمبادىء "Principia" نيوتن، وكان يقوم بأبحاث رياضياتية أصلية ومعقدة إلى حد كبير في علم الضوء optics. لقد كان يستخدم إلى الحد الأقصى طرائق الحساب calculus والهندسة التفاضلية اللتين قد تطوّرتا في فرنسا على مدى الخمسين سنة السابقة. وقد ظن هاملتون في البداية أنه كان عالم الرياضيات الأول الذي طبّق هذه الطرائق على دراسة المشاكل الضوئية. لكن في أحد الأيام أخذه مرشده في الكلية إلى مكتبة الكلية وأطلعه على ورقة علمية في علم الضوء أعدها عالم الرياضيات الفرنسي إيتين لويس مالوس. كان تاريخ هذه الورقة يعود إلى عام 1807 وتبين أن مالوس سبق له أن اكتشف هذه النتائج.

وفي العام 1824 حينما بلغ عمره 19 عاماً فقط قدم هاملتون ورقة علمية في علم الضوء إلى الأكاديمية الملكية الأيرلندية للنشر في مجلتها المسماة "Transactions" وبالرغم من أن الورقة لم تُقبل

عُين هاملتون بمنصب عالم الفلك الملكي في أيرلندا وهو بعمر الثانية والعشرين، مما خوّله العيش في مرصد دانسينك قرب مدينة دبلن حيث بقي حتى نهاية حياته.

بالشكل الذي كانت عليه، فقد شُجّع هاملتون على تطوير وتوسيع أفكاره وطرائقه. وهذا ما فعله، إذ قدّم إلى الأكاديمية ورقة علمية جوهرية بعنوان "نظرية منظومات الأشعة" Theory of systems of rays، وقد نُشر الجزء الأول من هذه الورقة العلمية في العام 1828 وهو العام التالي لتخرج هاملتون.

لقد شجعت قدرات هاملتون الرياضياتية الواضحة على تعيينه من قِبَل الكلية لشغل منصب أستاذ كرسي أندرو في الفلك وذلك في العام 1827، الأمر الذي حمل معه لقب عالم فلك ملكي في أيرلندا. وبعد ذلك أصبح منزل هاملتون في المرصد في مدينة دانسينك التي تبعد حوالي خمسة أميال عن مركز مدينة دبلن. هذا وقد كان من ضمن المرشحين الذين لم ينجحوا في التعيين بهذا المنصب جورج بيديل آيري (الذي عُين لاحقاً في منصب عالم فلك ملكي) وعدد من الزملاء الخبراء في الكلية. ولسوء الحظ، لم يتم إنجاز أي عمل فلكي ذي أهمية في المرصد في زمن هاملتون بسبب التجهيزات العتيقة وبرنامج المراقبة غير المناسب، الذي أعدّ قبلاً بعقود والذي كان يُشْتَرط لتنفيذه بشكل قانوني قيام عالم فلك ملكي بالمهمة.

وعوضاً عن ذلك ركز هاملتون مواهبه على أبحاثه الرياضياتية. ففي ورقته العلمية للعام 1828 قام بدراسة مفصلة عن البؤر foci والصور التي تتولّد بانعكاس الضوء عن المرايا المقوّسة. لقد درس زيغانات الصور التي يولّدها الانعكاس. وباستخدامه الطرائق التحليلية التي سبق له أن تعلّمها من دراسته للعالم لابلاس، أجرى تحرّياً متقناً لسدة الضوء النسبية على طول سطوح السطوع "الكاوية" التي تنشأ حينما ينعكس الضوء عن مرآة مقوّسة.

نشر هاملتون ثلاثة ملاحق لورقته الأصلية. وفي الملحقين الأوليين قام بتطبيق طرائقه لمعالجة انكسار الضوء عند الحدود بين الأوساط المتناحية isotropic. وفي ملحقه الثالث المشهور تم تعميم هذه الطرائق لتشمل الأوساط اللامتناحية anisotropic، حيث تكون سرعة الضوء معتمدة على اتجاه سيره في الوسط. وقد أظهر هاملتون بشكل خاص أن أي منظومة ضوئية يمكن وصفها "بدلالة مميِّزة" معينة. ففي نظرية الضوء الموجية تقيس هذه الدلالة function الزمن الذي يستغرقه الضوء للوصول من نقطة إلى أخرى وتعتمد على إحداثيات هاتين النقطتين. لقد بيَّن هاملتون أنه إذا عُرف شكل هذه الدلالة المميِّزة فإن جميع الخواص الضوئية المهمة للمنظومة يمكن التعبير عنها على أساس هذه الدلالة ومشتقاتها الجزئية.

الانكسار المخروطي

حينما قدم هاملتون الملحق الثالث إلى الأكاديمية الملكية الأيرلندية في شهر تشرين الأول للعام 1832 تقدم بنبوءة مدهشة تتعلق بالطريقة التي تؤثر بها بلورات معينة على مسار الضوء. وفي بداية القرن التاسع عشر استحسن معظم العلماء الفيزيائيين نظرية إسحق نيوتن المتعلقة باعتباره الضوء دفوقاً streams من

لقد كان عند عبوره هذا الجسر، الموجود حالياً في ضواحي دبلن، حيث فكر هاملتون للمرة الأولى بالأرقام المعقدة المكونة من أربع خانات المعروفة بالكواترنيونات وهناك لوحة مشوهة حالياً بشكل قليل تحيي هذه الحادثة

"الجسيمات" تحكمها القوانين التحريكية (الديناميكية). ولم يتقبلوا نظرية الضوء الموجية المنافسة التي سبق أن تبناها في الأصل عدد من العلماء في القرن السابع عشر، ولاسيما كريستيان هيوجين. هذا وقد استخدم هاملتون النظرية الموجية لشرح سبب انكسار شعاع الضوء غير المستقطب الذي يدخل بلورة ما أحادية المحور uniaxial (مثل بلورة السّبّار الأيسلندي) ويغادرها بشكل شعاعين يكون كل منهما مستقطباً خطياً.

وطوال القرن الثامن عشر تم على نطاق واسع تجاهل النظرية الموجية لكونها لا تشرح على ما يبدو ظواهر مثل الاستقطاب. وتمثّلت المشكلة في أنها افترضت أن الأمواج الضوئية – على غرار الأمواج الصوتية – تكون طولانية بحتة. ولكن في بداية القرن التاسع عشر انتعش الدعم لهذه النظرية على يد توماس يونغ الذي أدرك أن ظاهرة الاستقطاب يمكن تفسيرها بالشكل الأمثل إذا كان للضوء مكونٌ عرضانيٌّ وآخر طولاني. هذا وقد شجع عالماً ومهندساً فرنسياً، شاباً (هو أوغستين فرسنل على تطوير نظرية مستفيضة لانتشار الضوء على أساس كون الضوء اهتزازات عرضانية بحتة لجسيمات أثير ether particles بالغة الصغر داخل كل صدر موجة.

وُجدت هذه النظرية لا لتفسير خواص البلورات الأحادية المحور فقط، بل لتفسير البلورات الثنائية المحور أيضاً، مثل الأراغونيت الذي اكتشف صفاته الضوئية ديفيد بروستر قبل ذلك بعدة سنوات. ولهذه البلورات محوران ضوئيان في حين أن للبلورات الأحادية المحور محوراً ضوئياً واحداً فقط. ونشير إلى أنه (يمكن استقطاب الضوء الذي يسير وفق محور ضوئي ما خطياً إذا كان الحقل المغنطيسي يتجه في اتجاه متعامد مع الشعاع. أما بالنسبة للضوء الذي يسير في أي اتجاه آخر فإن الحقل المغنطيسي لا يتجه إلاّ في واحد فقط من الاتجاهين المحددين، اللذين يشكلان زاويتين قائمتين فيما بينهما ومع الشعاع).

وفي خريف عام 1832 أجرى هاملتون تحليلاً رياضياتياً لسطح الموجة الذي يوصِّف انتشار الضوء في بلورة ثنائية المحور وفقاً لنظرية فرسنل. ونشير إلى أن هذا السطح يُمثِّل موقع الضوء الذي انتشر من نقطة منبع ما ضمن البلورة في فترة محددة من الزمن. وعلى أساس نظرية الضوء العامة الممتازة التي أوجدها في ملحقه الثالث، تنبأ هاملتون أن الخواص الهندسية للسطح يجب أن تكون لها نتيجتان فيزيائيتان مدهشتان. الأولى: سينكسر الضوء غير المستقطب الوارد إلى بلورة ثنائية المحور بزوايا معيّنة ليشكل مخروطاً مجوفاً من الأشعة، وسيخرج هذا الضوء بعد ذلك من البلورة على شكل أسطوانة مجوفة. الثانية: ستنكسر أشعة الضوء السائرة في اتجاهات معينة ضمن البلورة لتشكل مخروطاً مجوفاً من الأشعة. وتُعرف هاتان الظاهرتان بالانكسار المخروطي "الداخلي" و"الخارجي" على التوالي.

طلب هاملتون من زميله همفري لويد الذي كان حينذاك أستاذاً للفلسفة الطبيعية في كلية ترينيتي أن يتحقق من ذلك التنبؤ تجريبياً. وهنا واجه لويد في البداية بعض الصعوبة في الحصول على بلورة ذات حجم ونقاوة كافيين، ولكنه في غضون شهرين أظهر أن الانكسار المخروطي يُمثِّل مفعولاً حقيقياً. وقد أثار هذا العمل اهتماماً ملحوظاً في الأوساط العلمية لأنها كانت المرّة الأولى التي يتم فيها التنبؤ بظاهرة فيزيائية من خلال التحليل الرياضي وأعقبها التحقق من ذلك بالتجربة. وكان ثمة نظير لذلك برز في القرن العشرين وتمثّل في اكتشاف البوزترون الذي تنبأ به بول ديراك بالاعتماد على معادلته الموجية التناسبية فيما يخصُّ الإلكترون. وقد قدم اكتشاف الانكسار المخروطي الكثير من الدعم للنظرية الموجية الضوئية منذ تم التنبؤ على أساس نظرية فرسنل.

الديناميك والكواترنيونات

نشر هاملتون في العامين 1834 و1835 ورقتين علميتين رئيسيتين في مجال الديناميك (علم التحريك) وذلك في محاضر الجمعية الملكية "Philosophical Transactions of the Royal Society". وقد تناولت الورقة الأولى الطرائق التي طورها في بحوثه الضوئية التي كيَّفها لدراسة المنظومات التحريكية باستخدام دلالة function مميزة نظيرة

لتلك التي أدخلها لدراسة المنظومات الضوئية. أما الورقة الثانية فقد عرضت طرائقهُ بشكل أكثر دقةً وصقلاً واستهلّت ثورة في الدراسة الرياضياتية للديناميك.

فحص هاملتون نشوء منظومة تحريكية "محافظة" (منظومة تشبه المنظومة الشمسية التي تراعي المحافظة على الطاقة) ووجد أنّها تتقرّر بدلالة رئيسة principal function مرافقة. وتعتمد هذه الدالة على الزمن الذي تستغرقه المنظومة للتطوّر من بُنيان إلى آخر وعلى متغيرات مثل الأطوال والزوايا التي تحدد الأشكال الأولية والنهائية. فإذا كان الشكل الدقيق لهذه الدالة المميزة معروفاً، يمكن عند ذلك للمرء أن يكتب معادلات تُقرِّر نشوء المنظومة بدون الحاجة إلى حل أية معادلات تفاضلية.

وكذلك قدم هاملتون في هذه الورقة معادلات حركة منظومة ديناميكية محافظة بصيغة رائعة. ومع تطوّر علم الرياضيات، تبين أنه يمكن عرض العديد من منظومات المعادلات التفاضلية بالشكل الهاملتوني نفسه كما يمكن دراستها باستخدام الطرائق التي أوجدها هاملتون وخلفاؤه.

لقد انصبَّ اهتمام هاملتون الكبير الآخر على العلاقة الوثيقة بين علم جبر الأرقام المعقدة وعلم الهندسة، الأمر الذي استكشفه جان – روبرت آرغاند وعدد من علماء الرياضيات في بداية القرن التاسع عشر. وكما يعرف جميع الفيزيائيين فإنه يمكن لعدد معقد على شكل z=x+yi (حيث i=√-1) أن يتمثل بالنقطة (x,y) على مستوٍ ديكارتي. وبالعكس فإن أي نقطة على هذا المستوي يمكن أن تتمثل بعدد معقد، بينما يمكن تمثيل أي تجميع لترجمات وفتلات rotations وإضافات للمستوي بوساطة دلالة ترسل أي رقم معقد z إلى (az+b) حيث يكون a و b أعداداً معقدةً تكون ثوابت constants مستقلة عن z.

واستلهاماً من الصلة بين الأعداد المعقدة والسطح الهندسي، حاول هاملتون وآخرون التوصل إلى علم جبر للأرقام المعقدة يحمل العلاقة نفسها بهندسة ثلاثية الأبعاد. وبدا من الطبيعي افتراض أن عناصر مثل علم الجبر هذا يمكن تمثيله بثلاثيات triplets من الصيغة (x,y,z). وعلى مدى أكثر من 13 سنة حاول هاملتون بناء علم جبر ثلاثي مقبول ينتمي إلى الهندسة الثلاثية البعد. وانتهى سعيه بأسلوب غير متوقع وذلك بتاريخ 16 تشرين الأول 1843 بينما كان يسير مع زوجته هيلين على طول ممشى قوارب القناة الملكية قرب دبلن في طريقه لحضور اجتماع مجلس الأكاديمية الملكية الأيرلندية.

وبومضة خاطفة للذهن أدرك هاملتون أن علم الجبر الناجح ليس علم جبر ثلاثي triplet algebra بل علم جبر رباعي الأبعاد (4D) لما

هذا الطابع الأيرلندي الخاص بقيمة 48 سنتاً هو جزء من احتفالات أيرلندا بالذكرى المئوية الثانية لميلاد هاملتون. وثمة بند هام آخر تم كشفه "لعام هاملتون" يتمثّل في رقعة اللعبة "العشرينية" هذه التي ابتكرها هاملتون على عمله في نظرية الرسم البياني. وفي هذه الأثناء أصدر المصرف المركزي الأيرلندي مسكوكة نقدية بقيمة 10 يورو.

دعاه كواترنيونات. وعلى الفور سجّل في دفتر جيبه الصيغ الأساسية الكواترنيونات وزعم لاحقاً أنه خلال الإثارة التي هيَّجها الاكتشاف قام بنحت هذه الصيغ الأساسية على أحد جسور القناة. وما زالت حتى هذا اليوم تُشاهد لوحة حجرية تحيي هذه الذكرى في ذاك الموقع.

الكواترنيون هو عدد معقد رباعي الأبعاد (4D) يأخذ الصيغة التالية: q=w+xi+yi+zk حيث تكون i و j و k جميعها جذوراً تربيعية لـ (-1). ويمكن النظر إلى الكواترنيون على أنه شيء مؤلف من جزء سُلَّميٍّ scalar (w) يمثّل عدداً حقيقياً ومن جزء حامل شعاعي vector هو (xi+yj+zk). علاوة على ذلك فإنه يمكن تمثيل جزء الحامل الشعاعي، حجماً واتجاهاً، بواسطة خط يصل نقطتين في حيِّز (فضاء) ثلاثي الأبعاد. كما أن الكثير من المصطلحات الرياضياتية الشائعة الاستخدام في هذه الأيام – بما في ذلك السلمية والشعاعية– تمَّ إدخاله على يد هاملتون حين أوجد نظرية الكواترنيونات.

تراث عبقري

تركز معظم بحث هاملتون اللاحق على تطوير نظرية الكواترنيونات. فقد كتب العديد من الأوراق العلمية وكتابين مستفيضين عن هذا الموضوع متحرِّياً الخواص الجبرية للكواترنيونات والمنظومات ذات الصلة بذلك. ومطبِّقاً الكواترنيونات على مسائل منوعة في علمَي الهندسة والفيزياء. وباهتمام طبّق بيتر غوثري تايت وجيمس كلارك ماكسويل هذه النظرية على مسائل تتضمن انتشار الحرارة

والمغنطيسية الكهربائية. وبالفعل قدم ماكسويل المعادلات الأساسية للمغنطيسية الكهربائية مستخدماً رموز الكواترنيونات في مؤلفه الشهير بعنوان "أطروحة في الكهرباء والمغنطيسية" الذي نشر في العام 1783.

وعندما تمَّ تطوير علم الجبر الشعاعي vector algebra الحديث على يد الفيزيائيَّين جوسيا ويلارد جيبس وأوليفر هيفيساید في أواخر القرن التاسع عشر فقد سعيا إلى بناء شكلية formalism بدت لهما أكثر بساطة وبداهة من شكلية هاملتون. ومع ذلك، فإن الكثير من المفاهيم والنتائج الأساسية للجبر الشعاعي في الاستخدام العام اليومي كانت قد ابتدأت في جبر الكواترنيونات لهاملتون. وعلاوة على ذلك، فقد استخدمت الكوترانيونات بشكل منتظم في الرياضيات حتى يومنا هذا مع أجسام هندسية مثل "تشعُّبات كهلر المفرطة hyperkahler manifolds التي يتم تعريفها باستخدام البنى الكواترنيونية.

ومن وجهة نظر حاسوبية، فإن علم جبر الكواترنيونات يعطي كذلك خوارزميات أكثر كفاءة من علم جبر المصفوفات من أجل احتساب التأثير المتَّحد الدورانات المتتابعة successive rotations. وبالنتيجة، تستخدم الكواترنيونات بشكل منتظم في تطبيقات متنوعة مثل ملاحة المركبات الفضائية وألعاب الحاسوب.

وبخصوص أوراق هاملتون العلمية في علم البصريات، فإنها تمتاز بأناقة وعمومية كبيرتين. ولكنها تبنت لسوء الحظ مدخلاً تجريدياً جداً وتضمنت القليل من التطبيقات على طريقته العامة لتجسيد مسائل ضوئية. ونتيجة لذلك، فقد كان لها وقع قليل أو معدوم على التعاطي مع البصريات في أثناء حياة هاملتون. بيد أنه أعيد اكتشافها لاحقاً خلال القرن التاسع عشر على يد علماء الضوئيات وهي تستخدم بشكل منتظم هذه الأيام في تصميم التجهيزات البصرية.

وعلى عكس ذلك، فإن أوراق هاملتون العلمية الرئيسة في علم التحريك (الديناميك) جرى الانتباه لها سريعاً من قِبَل عالم الرياضيات البروسي كارل جاكوبي الذي طورها إلى نظرية شمولية تُدعِّم اليوم ميادين المنظومات الديناميكية وعلم الهندسة السمبلكيتكية symplectic geometry في الرياضيات. كما إنَّ المقاربة الهاملتونية في علم التحريك أسهمت في تشكيل تطور الديناميك الكمومي من قِبَل أروين شرودينغر وآخرين غيره. وفي الحقيقة، ثمة علاقة وثيقة بين معادلة هاملتون–جاكوبي (التي تُعدُّ المعادلة الأساسية للديناميك الهاملتوني) وبين معادلة شرودينغو الموجية، الأمر الذي يوثقه استخدام مصطلح "هاملتوني" في الإشارة إلى مؤثِّر الزمن والتطور time-evolution operator في علم التحريك الكمومي.

السنوات الأخيرة

أقدم هاملتون على الزواج من هيلين في العام 1833 ورزق الزوجان ابنين وابنة. وقد عانت هيلين لفترات طويلة وقائع طويلة من سوء الصحة والاكتئاب. أما هاملتون فقد منح لقب الفارس خلال اجتماع الجمعية البريطانية للتقدم العلمي في دبلن في العام 1835 وحصل على العديد من ألقاب الشرف والامتيازات خلال حياته. وازداد انهماك هاملتون في الحياة العامة نتيجة لانتخابه رئيساً للأكاديمية الملكية في العام 1837.

لقد استقال هاملتون من هذا المنصب في العام 1846 ليتمكن من التركيز على بحوثه في الرياضيات وخلفه في هذا المنصب صديقه وزميله همفري لويد. وعندئذ قضى هاملتون معظم وقته يعمل في المرصد في دانسينك وأمضى ساعات طويلة منكباً على كتبه وأوراقه العلمية ومطوراً أفكاره الرياضياتية عبر مراسلات مكثفة مع الآخرين من علماء الرياضيات. وحرص على المجيء إلى دبلن لإلقاء محاضرات وعقد دورات قصيرة في كلية ترينيتي ولحضور اجتماعات الأكاديمية الملكية الأيرلندية. وكان يسافر إلى بريطانيا مرة كلّ عدة سنوات للمشاركة في اجتماعات الاتحاد البريطاني للتقدم العلمي وكان يغتنم هذه الفرصة للقيام ببعض الزيارات لأصدقائه مثل ويليام وردثورث وعائلته.

أنكب هاملتون بشكل متواصل على تحرِّياته الرياضياتية ساعات طويلة. ولكن عندما بلغ منتصف العمر، بدا واضحاً ما أخضع نفسه له من جهد مضنٍ، الأمر الذي سبب قلقاً كبيراً لأصدقائه. وعلاوة على ذلك، أطلقت حادثة مشؤومة لغط الألسنة ضده وأدت إلى إشاعات مبالغ فيها عن رزانته في السنوات الأخيرة من عمره وذلك عندما بالغ في الشرب خلال حفلة علمية على العشاء.

بذل هاملتون جهوداً كبيرة خلال سنواته الأخيرة في كتابة كتابه الثاني "عناصر الكواترنيونات Elements of Quaternions". في البداية كان من المقرر لهذا الكتاب أن يكون معتدل الطول. ولكن مع تقدّم العمل خطرت لهاملتون أفكار جديدة للبحث تطلّبت منه متابعتها بالرغم من نفاذ الاعتمادات الممنوحة من قبل كلية ترينيتي لتغطية نفقات النشر. وكان هذا الكتاب طويلاً إلى حدٍّ يكفي لمنع القارئ غير المتخصص من قراءته، وقليلون حاولوا قراءته بكامله – حتى أولئك الذين كانوا متحمسين للكواترنيونات بشكل كبير والتواقين لتطوير أفكار هاملتون وطرائقه.

ومن ثم غرقت أسرة هاملتون بمصاعب مالية تفاقمت بفشل ابنيه في إيجاد عمل دائم. وأخيراً أعيقت جهود هاملتون لإتمام الكتاب بمرضه الشديد الذي انتهى بوفاته بتاريخ 2 أيلول/سبتمبر 1865 وهو في الستين من عمره.

لكن بعد قرنين من ميلاده فإن المدى الذي دخلته تعابير مثل "الهاملتونية" و"المنظومة الهاملتونية" في اللغة اليومية لعلماء الرياضيات والفيزيائيين يشهد على الوقع المتواصل لأعمال ويليام روون هاملتون العلمية. وبناءً على ذلك يليق بأيرلندا أن تحتفل في هذه السنة بالذكرى المئوية الثانية لأحد أشهر أبنائها العلماء.

نشر هذا المقال في مجلة Physics World, AUGUST, 2005

وتمت ترجمته في هيئة الطاقة الذرّية السورية

التدوير الكيميائي الحيوي لنظائر الحديد

كلارك م. جونسون – بريان ل. بيرد
قسم الجيولوجيا والفيزياء الجيولوجية، جامعة وسكونسن-ميديسون، ميديسون، الولايات المتحدة الأمريكية

يعرض هذا المقال استثمار الأوساط البيئية والعمليات الداخلة في دورة هندسة أكسدة وإرجاع نظائر الحديد. ونشير هنا إلى أن هذا المجال الجديد في الكيمياء الجيولوجية يتنامى اليوم سريعاً. ويبدو من المحتمل استمرار الحوار والنقاش بحيث يعكس أهمية القضايا التي يجري التصدي لها، مثل نشأة الحياة وتطورها والتغيُّرات في المنطقة المأهولة على الكرة الأرضية على مدى أربعة بلايين سنة الماضية.

الكلمات المفتاحية: *التدوير الكيميائي الحيوي، الكيمياء الجيولوجية، الحديد، الأكسدة والإرجاع، العناصر الانتقالية، التجوية، السوائل الهدروحرارية.*

الحديد أكثر العناصر التي تمارس كيمياء الأكسدة والإرجاع (ريدوكس) وفرة. فالشكل الحديدوزي (Fe^{2+}) يسود في لب الكرة الأرضية وغطائها وقشرتها العميقة، في حين يكون الشكل الحديدي (Fe^{3+}) مستقرّاً في الشروط الجوية الحالية، وبالتالي فإنه يشكّل الحالة المستقرة في معظم البيئات السطحية. وفي الوقت نفسه، يكون بعض أكبر التشديفات fractionations في التركيب النظيري للحديد {والتي يعبَّر عنها عادة بـ:

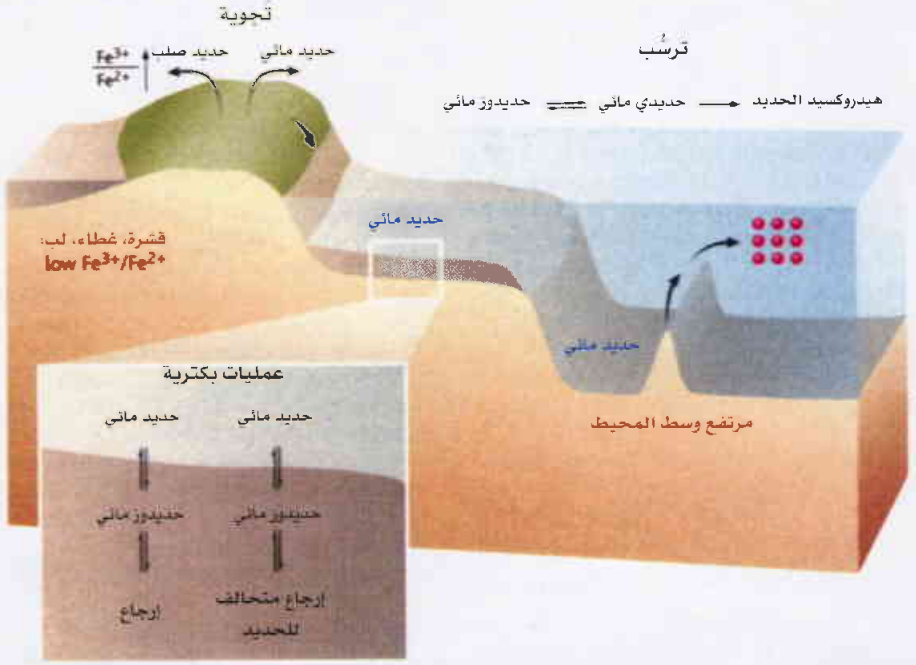
$\delta^{56}Fe = [(^{56}Fe/^{54}Fe_{Sample})/(^{56}Fe/^{54}Fe_{Standard})-1] \times 10^3$} بين الشكلين المؤكسد والمُرْجَع. ولما كانت الكيمياء الحيوية تتضمن تغيُّرات في حالة الريدوكس شكّلت عملية التشديف هذه محرِّضاً رئيساً لتطوير هذه المنظومة النظيرية كوسيلة لتتبُّع الظواهر الكيميائية الحيوية. وفي البيئات التي تحتوي على الحديد بحالتي الأكسدة كلتيهما، فإن الشكل المؤكسد يكون على العموم غنياً في النظائر الثقيلة، وذلك بمرتبة قدرها بضعة أجزاء من الألف (أو ‰) في درجة حرارة الغرفة. ويشاهد هذا السلوك عبر جميع العناصر الانتقالية transition elements التي تتصف بحالات أكسدة متعددة [1]. ومن حيث الدراسات النظيرية للعناصر الانتقالية، فقد استقطب الحديد أكبر الاهتمام بسبب وفرته الغزيرة على الكرة الأرضية ودوره البارز في العمليات الكيميائية الحيوية.

لقد تمّ نشر أكثر من 60 ورقة علمية حول الكيمياء الجيولوجية لنظير الحديد منذ أن ظهر هذا المجال مبدئياً في العام 1999، وقد عالجت هذه الأعمال قضايا تمتد من العمليات البيولوجية للحديد [2] إلى تزايد الأكسجين في الجو [3]. وبالإجمال، فإن دراسات العينات الطبيعية، وكذلك التوازن الحدّي المقرّر مخبرياً وعوامل التشديف (التجزئة) النظيرية التحريكية kinetic في المنظومات البيولوجية وغير البيولوجية، قدّمت صورة أولية عن التغيّرات النظرية التي يولّدها

التدوير cycling الكيميائي الجيولوجي الحيوي (انظر الشكل). فثمة جزء كبير ملحوظ من مخزون الحديد في الكرة الأرضية يكون من الناحية النظيرية متجانساً homogeneous ($\delta^{56}Fe = 0‰$) بالنسبة لمعيار صخري بركاني)، بما في ذلك الصخور البركانية والصخور الرسوبية التي تعرّضت لتغيُّر كيميائي أصغري بعد التوضع deposition [4]. ومع أن اختلافات نظير الحديد داخل غطاء الكرة الأرضية mantle يمكن أن تنشأ كنتيجة لتشديف (تجزئة) فلزيٍّ عالي الضغط أو لتغيرات كيميائية، فإن هذه الاختلافات يظهر أنها تجانست أثناء تولُّد الصهارة magma معطية قشرة قاريّة أوقيانية ذات نسب $^{56}Fe/^{54}Fe$ لا تختلف عن النسب المتعلقة بإجمالي الكرة الأرضية [5]. هذا ولا تولد تَجوية اليابسة والنقل والتوضّع إلا تغيُّراً نظيرياً زهيداً في إجمالي الحطام تحت الشروط الجوية العصرية على الرغم من الزيادة الكبيرة في النسبة Fe^{3+}/Fe^{2+} حين التجوية (انظر الشكل). وعلى الرغم من التشديف النظيري الذاتي intrinsic الكبير الكائن بين الأنواع الحديدوزية والحديدية [6] فإن الانحلالية الضعيفة للحديد الحديدي ferric iron يحول دون فقدان نسبة كبيرة من الحديد في المنظومات المائية. ونشير إلى أن النسبة الصغيرة من الحديد المنحل التي تضيع أثناء التجوية العصرية تكون ذات قيم منخفضة نسبياً من $\delta^{56}Fe$ (انظر الشكل) [7, 8]. وعلى الرغم من أن مكوّن الحديد المتحرك هذا أصغر من أن يؤثر في التركيب النظيري لمجمل المادة الرسوبية، فإنه يمكن أن يوفر رقابة مهمّة على محتوى المحيطات العصرية من نظير الحديد بسبب المحتوى المنخفض جداً للحديد في مياه البحار.

إن التجوية weathering تحت الشروط الجوية المُرْجَعة (بمعنى الخفيضة الأكسجين)، على شاكلة ما والتي ربما كانت موجودة في العصر السحيق Archean، يتوقع أن تولد كميات من الحديد المنحل أكبر بكثير، وأن تقع قيم $\delta^{56}Fe$ لهذا المكوّن قريبة من الصفر بسبب عدم حدوث تغيُّر في الريدوكس أثناء التجوية. وعلاوة على ذلك، فإن المدى الأكبر المتوقع للانحلال أثناء التجوية تحت شروط جوية ناقصة الأكسجين سيسبب قيماً من $\delta^{56}Fe$ للحديد المنحل تكون قريبة من القيم البركانية الأصلية، حسبما تتطلبه علاقات ميزان الكتلة النظيري البسيط [9]. فربما كان من المتوقع أن يحتوي المحيط القديم الغني بالحديد على قيم من $\delta^{56}Fe$ تتراوح بين -0.5 و 0‰ وذلك نقيضاً لقيم $\delta^{56}Fe$ الأكثر سلبية والتي يبدو أنها تميِّز المحيطات العصرية الفقيرة بالحديد [10]، على الرغم من أن الميزان النسبي للمنابع والمصارف كان مهمّاً على الأرجح [11].

لقد تركّز الكثير من الاهتمام على التغيرات النظيرية للحديد في الصخور الرسوبية في الزمن ما قبل الكامبري لكونها قد تسجل تبدُّلات رئيسة في دورة ريدوكسي الحديد بسبب تبدلات في المحتوى الأكسجيني الجوي كما قد تسجل كذلك تطور عمليات استقلابية تؤكسدُ أو تُرْجعُ الحديد [3, 9, 12]. ويغطي المدى الكبير في التراكيب النظيرية للحديد، والمقيسة للمعادن والصخور الرسوبية في الزمن ما قبل الكامبري، المدى الكلي المشاهد حتى الآن في الطبيعة. (ويتراوح من $\delta^{56}Fe$ = -4 إلى ‰+1). وإذا ما كانت مثل هذه التراكيب قد تولّدت يوم كانت المحيطات غنية بالحديد، فإن كميات كبيرة جداً من الحديد لابد أن يكون قد تم تدويرها. ويبدو من غير المحتمل أن تستطيع المديات ranges الكبيرة في التركيب النظيري خلال فترات زمنية قصيرة 10^3



مساق الحديد في البيئة: بالرغم من الأكسدة المكثفة لحديد أعماق الأرض أثناء التجوية weathering، لم يحدث تشديف نظيري كبير للحديد فيما يخص الحطام الإجمالي (الجزء الأيسر العلوي). ولكن تحت الشروط الأكسجينية فإن كميات صغيرة من الحديد المنحل قد تتّصف بقيم $\delta^{56}Fe$ منخفضة. ويُعدُّ التشديف النظيري أمراً مهماً أثناء أكسدة وترسُّب الحديدوز المائي ($\delta^{56}Fe‰$ ~-0.5) من خلال تشكيلة منوعة من الحدثيّات في مرتفعات وسط المحيط (إلى اليمين) تعطي جميعها قيماً $\delta^{56}Fe$ إيجابية للترسبات الهيدروكسيدية الحديدية (الكرات الحمراء) من خلال عملية أكسدة وترسب ذات خطوتين. ويقع أكبر تفاوت في قيم $\delta^{56}Fe$ في السجل الرسوبي في الرسوبيات التي عانت من تصخّر لا أكسجيني anoxic diagenesis (المؤطر المتمدد) إما بوجود الكبريتيد أو أثناء الإرجاع المخالف للحديد، ويظهر أن هذه العمليات تولّد قيماً $\delta^{56}Fe$ متميزة فيما يخص حديدوز مياه المسام.

إلى 10^5 سنة) أن تعكس بشكل مباشر التركيب النظيري لمحيط غني بالحديد، أخذاً بالاعتبار أن المقاومة الكبيرة لمحيط كهذا يكون عليها أن تفضي إلى تبدلات في التراكيب النظيرية للمنابع والمصارف إذا كان زمن مكوث الحديد طويلاً [12].

إن أكسدة Fe^{2+} المائي عند درجة pH قريبة من المعتدلة، إما بواسطة الأكسجين أو بأكسدة الحديد بالتركيب الضوئي اللاهوائي، تولّد ترسبات هيدروكسيدية حديدية ferric ذات قيم $\delta^{56}Fe$ إيجابية (انظر الشكل) [13، 14]. يضمن التبادل النظيري السريع جداً بين الحديدوز المائي Fe^{2+} وبين Fe^{3+} أنه بالنسبة لمعدلات الأكسدة الفورية بشكل أساسي يبقى التوازن النظيري isotopic equilibrium بين الأنواع المائية المؤكسدة والمرجعة مصوناً [4]، مما يوحي بأن التشديف النظيري في أثناء خطوة التأكسد يكون مستقلاً عن المسار في الطبيعة سواء أكانت الأكسدة بالأكسجين O_2 الجوي أم بأكسدة الحديد بالتركيب الضوئي اللاهوائي أم بالأكسدة الضوئية photo–oxidation بالأشعة فوق البنفسجية. ولذلك، فإن قيمة $\delta^{56}Fe$ للترسبات الهيدروكسيدية الحديدية النهائية التي تتولّد أثناء الأكسدة عند درجة pH قريبة من المعتدلة إنما تعتمد على كبر التشديفة Fe^{3+}_{aq}-$Fe(OH)_3$ (انظر الشكل) الذي يرجح أن يكون قريباً من الصفر تحت شروط التوازن، ولكنه يمكن أن يكون متغيّراً تماماً في أثناء الترسب السريع، وذلك بسبب الطبيعة الوحيدة الاتجاه unidirectional لهذه العملية [15]. ولذلك فإن التشديف الإجمالي بين الناتج الهيدروكسيدي الحديدي والحديدوز Fe^{2+} المائي يقع عموماً بين (1.4+~) وبين (2.9+‰) عند درجة حرارة الغرفة (انظر الشكل). أما أكسدة الحديدوز Fe^{2+} المائي المأخوذ من السوائل الهدروحرارية hydrothermal لأحد المتون وسط المحيط بواسطة ماء البحر الحامل للأكسجين، أو، في حالة الزمن ما قبل الكامبري، أكسدة المياه القاعية العديمة الأكسجين والغنية بالحديدوز والتي امتزجت مع المياه السطحية المؤكسجة نسبياً، فإنهما عمليتان تولدان فلزات حاملة للحديد Fe^{3+} ذات قيم $\delta^{56}Fe$ أكبر من +1‰. لكن مثل هذه المواد نادرة نسبياً في السجلات الصخرية [3، 9].

أما الصخور الرسوبية البحرية التي عانت التّصَخُّر الأكسجيني anoxic diagenesis بدءاً من العصر السحيق حتى البيئات العصرية فإنها على العموم ذات قيم للـ $\delta^{56}Fe$ أقل من (1-‰) حسب المرجعين [3، 9]. إن الانحلال الإرجاعي للفلزات الهيدروكسيدية /الإكسيدية الحديدية أثناء التفاعلات الأكسجينية يمكن أن تولد فلزات مائية حديدوزية Fe^{+2} حاملة للحديدوز مثل السيدريت والمانيتيت من خلال إرجاع الحديد المكروبي المخالف DIR حيث تضخّ البكتريا إلكترونات إلى الطور الحديدي Fe^{3+} لتخلق حديداً مرجعاً بشكل خارجي. وكذلك يمكن أن يتولد حديدوز مائي وفلزات كبريتيد الحديد من خلال التأثر مع الكبريتيد المنحلّ أو من خلال المسارات pathways الكبريتيدية اللابيولوجية أو عن طريق إرجاع الكبريتات (السلفات) البكترية. أما الأدلة المتوفرة الآن فإنها توحي بأن تركيب النظير الحديدي للحديدوز المائي الناجم عن إرجاع الحديد المكروبي المخالف DIR ($\delta^{56}Fe = 1.0 \rightarrow -2.5‰$) أو عن التأثرات الكبريتيدية ($\delta^{56}Fe = 0 \rightarrow +5‰$) فتختلف تماماً، الأمر الذي يقدِّم وسيلة للتمييز بين العمليتين (انظر الشكل) [16، 17]. إن قيم $\delta^{56}Fe$ المقيسة للحديدوز المائي لسوائل المسام pore fluids المأخوذة من الرسوبيات البحرية العصرية التي عانت التصخُّر فيما يخص الكبريتيد أو إرجاع الحديد المكروبي المخالف DIR تختلف أيضاً عن التركيبات النظيرية الحديدية للسوائل الهدروحرارية ($\delta^{56}Fe = -0.5‰$) (انظر الشكل)، مما يوحي بأن التصخر البحري يمكن أن يولد تشكيلات نظيرية للحديد منفصلة عن التركيبات المحيطة لماء البحر، وحتى في محيط سحيق غني بالحديد. ففي حالة تشكيلات الحديد المتجمعة العائدة لأواخر العصر السحيق وأوائل حقب فجر الحياة proterozoic، فُسِّر التفاوت في قيم $\delta^{56}Fe$ العائدة لطبقات المانيتيت بأنه يعكس مزيجاً من مصادر الحديد، بما في ذلك السوائل الهدروحرارية والحديدوز المائي الناتج عن إرجاع الحديد المكروبي المخالف DIR [18]. ولذلك يبقى من غير الواضح ما إذا كانت قيم $\delta^{56}Fe$ المنخفضة المقيسة فيما يخص الكبريتيدات التصخُّرية diagenetic sulfides في صخور العصر السحيق وحقب فجر الحياة (البروتيروزوي) يمكن أن تعزى مباشرة إلى تغيرات في محتويات الجو من الأكسجين حسبما يقترح حديثاً [3].

إن استكشاف البيئات والعمليات الداخلة في دورة الريدوكس redox cycling الخاص بالحديد يُرجَّح أن يبقى بؤرة اهتمام الكيمياء الجيولوجية لنظير الحديد في المستقبل المنظور وقد بدأنا للتوّ نفهم التشديفات fractionations المتميزة التي يمكن أن ترافق المسارات النوعية لدورة الحديد والإسهامات الإجمالية لهذه المسارات في الميزان الحجمي النظيري لرصيد الحديد في الكرة الأرضية. وتُعَدُّ التحديدات المخبرية لعوامل التشديف النظيرية فيما يخص الأصناف المائية والفلزات الموجودة في الطبيعة عنصراً حاسماً لتفسير البيانات الخاصة بالعيِّنات الطبيعية. ولهذا، يبقى العمل التجريبي مركز أولوية متقدِّمة للبحوث في هذا النهج العلمي. يضاف إلى ذلك، أن الحسابات النظرية لعوامل التشديف النظيري تعدُّ عنصراً مهماً في توفير أساس آلياتيٍّ لتفسير التباينات النظيرية الطبيعية، شأنها شأن منظومات الاستكشاف التي قد يصعب فحصها في المختبر [19، 20]. ونشير هنا إلى أن هذا المجال الجديد في الكيمياء الجيولوجية يتنامى اليوم سريعاً. ويبدو من المحتمل استمرار الحوار والنقاش بحيث يعكس أهمية القضايا التي يجري التصدي لها، مثل نشأة الحياة وتطورها والتغيُّرات في المنطقة المأهولة على الكرة الأرضية على مدى أربعة بلايين سنة الماضية.

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

REFERENCES المراجع

[1] C. Johnson, B. Beard, F. Albare`de, Eds, Reviews in Mineralogy Geochemistry, vol. 55, Geochemistry of Non-Traditional Stable isotopes (Mineralogical Society of America, Washington, DC, 2004).

[2] B. L. Beard et al., Science 285, 1889 (1999).

[3] O. J. Rouxel, A. Bekker, K. J. Edwards, Science 307, 1088 (2005).

[4] B. Beard, C. Johnson, Rev. Mineral. Geochem. 55, 319 (2004).

[5] B. L. Beard, C. M. Johnson, Geochim. Cosmochim. Acta 68, 4727 (2004).

[6] S. Welch et al., Geochim. Cosmochim. Acta 67, 4231 (2003).

[7] S. L. Brantley et al., Geochim. Cosmochim, Acta 68, 3189 (2004).

[8] M. S. Fantle, D. J. DePaolo, Earth Planet. Sci. Lett. 228, 547 (2004).

[9] K. Yamaguchi et al., Chem. Geol. 218, 135 (2005).

[10] S. Levasseur et al., Earth Planet. Sci. Lett. 224, 91 (2004).

[11] L. Kump, Science 307, 1058 (2005).

[12] C. M. Johnson et al., Contrib, Mineral. Petrol. 144, 523 (2003).

[13] T. D. Bullen et al., Geology 29, 699 (2001).

[14] L. R. Croal et al., Geochim. Cosmochim. Acta 68, 1227 (2004).

[15] J. Skulan, B. Beard, C. Johnson, Geochim. Cosmochim. Acta 66, 2995 (2002).

[16] I. B. Butler et al., Earth Planet. Sci. Lett. 236, 430 (2005).

[17] S. Severmann et al., Eos Trans. AGU 84, OS31L –09 (2003).

[18] C. M. Johnson et al., Geochim. Cosmochim. Acta 69, 963 (2005).

[19] E. Schauble, Rev. Mineral. Geochem. 55, 65 (2004).

[20] A. D. Anbbar, A. A. Jazecki, T. G. Spiro, Geochim. Cosmochim. Acta 69, 825 (2005).

[21] Financial support from NASA and NSF is acknowledged. We thank J. O'Neil, K. Nealson, and L. Kump for comments on the manuscript.

نشر هذا المقال في مجلة: *Science 12 August 2005*. وتمت ترجمته في هيئة الطاقة الذرية السورية.

إنفلونزا الطيور

من المحتمل أن يكون ثمّة ضَرْب Variant من الفيروس H5N1 أكثر فتكاً يصيب الطيور المهاجرة في الصين.

موقع التناسل او النشأة: يخشى خبراء الإنفلونزا أن تستطيع الطيور المهاجرة المصابة بسلالة جديدة من فيروس H5N1، من أمثال الإوزة الصلعاء (يساراً)، حمل تلك السلالة بعيداً عن موقع نشأتها في بحيرة كنجهاي.

حينما ذكرت الصين في أواسط شهر أيار/مايو من العام 2005 أن فيروس إنفلونزا الطيور H5N1 قد سبّب موت ألف أو أكثر من الطيور المهاجرة في غرب الصين استشعر علماء الطيور الخطر في جميع أرجاء العالم. ويقول ديفيد ملفيل David Meluille (وهو عالم طيور في نيوزيلاندا): "إنها أقوى وأوسع حوادث هلاك شوهدت أبداً لدى الطيور غير الأليفة (الوحشية) في العالم بفعل إنفلونزا الطيور". والآن، في ورقة علمية نشرتها مجلة Science في الأسبوع الأول من شهر تموز 2005، يذكر (جنهوا ليو Jinhua Liu)، وهو من كلية الطب البيطري في بكين، مع زملائه فيها وفي خمسة معاهد صينية أخرى، إن نشوب هذا المرض لدى الطيور في بحيرة كنجهاي Qinghai في غرب الصين قد نجم كما يبدو بسبب ضَرْب من H5N1 ربما يكون أكثر فتكاً بالطيور الوحشية وكذلك بالفئران المخموجة تجريبياً. وقد نشرت مجموعات بحث مختلفة نتائج مشابهة عبر خط الحاسوب online في الأسبوع ذاته عن طريق مجلة Nature. وتوحي هذه النتائج بأن الفيروس الآنف الذكر آخذ بالتطور، وتثير إمكانيةَ أن تستطيع الطيور الناجية من الموت نشر المرض في مناطق جغرافية أكثر اتساعاً، بحيث تهدد بالخطر مزيداً من المداجن وتزيد من فُرَص حدوث المزيد من التبدلات الجينية التي يمكن أن تفجر وباء بشرياً مميتاً.

لقد سَلْسَلَ sequenced ليو وزملاؤه بشكل تام أربعة مستفردات isolates متعافية تتبع لأنواع طيور متنوعة، فوجدوا أن جينوماتها جميعاً متشابهة ولكنها متميزة عن أي من تتاليات (H5N1 sequencies) الموصوفة في بنك الجينات GenBank. ويقول جورج جاو George Gao، وهو اختصاصي بالفيروسات في معهد المكروبيولوجيا التابع لأكاديمية العلوم الصينية، بأن الأدلة توحي إن التغيُّرات الجينية تفسِّر معدل الموت المتزايد بين الطيور على الرغم من الحاجة إلى المزيد من المعطيات لأجل التأكد.

لقد اختبر الباحثون إمراضية pathogenicity هذا الفيروس عن طريق استخدامه لخمج infect الفئران، فوجدوا أنها استسلمت له بسرعة أكبر من الفئران المخموجة بالذراري strains الأخرى من H5N1. وتقول إيلاريا كابوا Ilaria Capua، وهي اختصاصية بالفيروسات في معهد Zooprofilattico التجريبي في ليغنارو بإيطاليا: "يبين هذا أن الفيروس المعنيّ أكثر إمراضية للثدييات". ولكن ذلك لا يعني بالضرورة أن البشر سيكونون أسهل إصابة أو أن الفيروس (المعنيَّ) يمكن أن ينتقل من إنسان إلى إنسان حسب قولها.

يثير نشوب هذا المرض أسئلة أخرى، بما في ذلك كيفية مجيء الفيروس إلى هذا الركن غير الكثيف بالسكان من الصين. ومنذ أن ظهر H5N1، ناقش الباحثون ما إذا كانت الطيور المهاجرة تستطيع نشره. فمن المعروف أن بعض الطيور المائية تستضيف ذراري من الفيروس دون أن تظهر عليها أي أعراض أو مع إظهار حدود دنيا من هذه الأعراض. ولكن منظمة الأغذية والزراعة التابعة للأمم المتحدة تقول بأنه ما من دليل يربط نشبات هذا المرض في المداجن بالطيور الوحشية. بيد أن كابوا Capua ما تزال تقترح بأن طيوراً مهاجرة من مناطق مختلفة قد تكون حملت ذراري من H5N1 أقل إمراضية إلى البيئة المتمازجة الأجناس من تلك البحيرة حيث ظهر هذا الضرب الجديد. وينفي ملفيل أن

تكون أدلة كثيرة تبيّن أن الأنشطة البشرية المتمثلة في نقل الدجاج ومنتجاته وحتى الأقفاص الملوثة تستطيع نشر إنفلونزا الطيور.

ثمة سؤال أكثر إلحاحاً يتعلق بالمكان الذي يمكن لهذه الطيور المهاجرة أن تنقل الفيروس إليه في الوقت القادم. ويقول ملفيل في هذا العدد إن الإوزات الصلعاوات (وهي أحد أنواع الطيور المصابة) تطير بضعة آلاف الكيلومترات لقضاء الشتاء في الهند، ومن المحتمل أن تقذف بالفيروس من الأعلى على طول الطريق. أما بالنسبة للعديد من أنواع الطيور الأخرى التي تتربّى في كنجهاي فما تزال معرفة طرق هجرتها "أوليّة جداً" حسب قوله.

ولكن ملفيل يضيف قائلاً: "إن الإوزات الميتة لا تطير" مستشهداً بمقالة عن "الطيور الوحشية والإنفلونزا" كتبها عالم الطيور المقيم في هونغ كونغ مارتن وليامز Martin Williams بما يعني أنه إذا كانت هذه السلالة الجديدة تقتل جميع الطيور التي تصيبها فإنها لن تسافر بعيداً جداً. وهناك أولوية حسب قول ملفيل يجب أن تتمثل في تحديد ما إذا كانت الطيور الناجية تحمل سلالة مُضعّفة من الفيروس، أو إذا كانت بعض أنواع الطيور أو الطيور الفرادى تحمل نفس الضرب ولكن بتأثيرات صحية في الحدود الدنيا ويقول جاو الذي يستعدُّ فريقه البحثي للإجابة على تساؤله: "إن هذه هي الأسئلة المهمة" وذلك عن طريق جمع عينات إضافية من طيور سليمة على مدى الشهرين القادمين.

نُشر هذا الخبر في مجلة Science, 8 July 2005

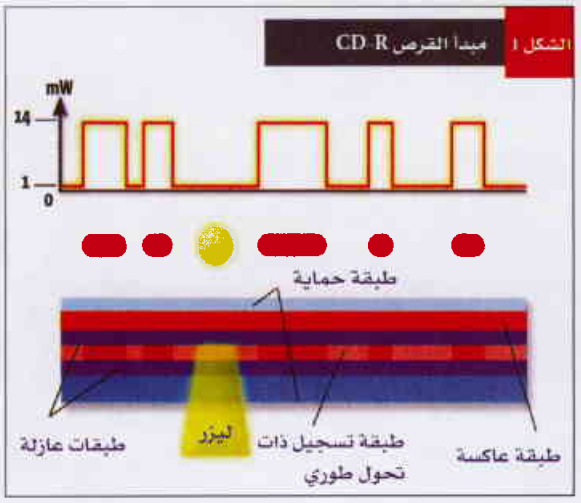
كيف يعمل القرص المدمّج القابل لإعادة التسجيل عليه؟

لم يكن بالإمكان التسجيل ثم محو التسجيل على القرص المدمّج CD البسيط الحامل للموسيقى وللمعلومات، كما هو الحال بالنسبة إلى شريط مغنطيسي، وقد احتاج الأمر إلى تغيير عملية تسجيل المعطيات تغييراً جذرياً لكي تصبح الأقراص CD قابلة لإعادة التسجيل عليها.

حاولت الشركتان فيليبس وسوني حين قامتا معاً بدراسة القرص المدمّج في عام 1981 أن تصنعا، في المقام الأول، حاملاً للمعطيات الرقمية يسهل نسخه صناعياً، فاستوحتا الفكرة من كبس "الأسطوانات" الموسيقية التي أثبتت تقنيتها فعالية وبساطة نسبية في التنفيذ. وقادهما ذلك إلى اختيار استخدام الحويضات المكروية micro-cuvette كحامل للمعلومات الرقمية. وهذه الحويضات عبارة عن تتالي وهدات ومنبسطات تقابل 0 و1 للترميز الرقمي، بحيث تنعكس حزمة ليزر القراءة، أو تزول بفضل التداخل الهدام، حسبما تسقط على منبسط أو على وهدة. وعلى الرغم من أن الكؤيسات المحفورة في الأفلام مجهرية، فإن من الممكن إعادة نسخها بالكبس، وهذا ما كانت تسعى إليه الشركتان.

ولكن سرعان ما أثارت الأقراص CD اهتمام العاملين في المعلوماتية الذين كانوا يسعون وراء وسيلة تخزين ذات سعة كبيرة جداً. فكان القرص المدمّج CD بترميزه الرقمي وسعته البالغة 650 ميغا بايت مثالياً بالنسبة لهم. وهكذا ولد القرص CD-ROM، أي القرص CD ذو ذاكرة للقراءة فقط، بسبب عدم إمكان تعديل المعطيات المسجلة عليه. ولقد كان القرص CD-ROM حاملاً ممتازاً للأرشفة، إلا أنه وجب لذلك أن يكون بالإمكان تسجيل المعطيات عليه من حاسوب بسيط بشكل مباشر. لكن بنيته المؤلفة من كؤيسات مجهرية تسبب مشكلة، إذ كيف يمكن حفر هذه الكؤيسات من دون اللجوء إلى مواد كيميائية أكّالة corrosifs أو إلى تقانات أخرى معقدة؟ لقد تمكن الصناعيون من التغلب على هذه المشكلة، فالكؤيسات، كما رأينا، اختيرت لأنه يمكن صنع القرص CD بالطريقة نفسها التي تصنع بها الأسطوانات الموسيقية ذات 33 دورة في الدقيقة، فيتيح تقطيع الضوء المنعكس من حزمة الليزر إعادة تشكيل المورس الضوئي للترميز الرقمي. لكن أية وسيلة أخرى تؤمن الانعكاس reflexion أو الانطفاء extinction، أي (1 و0) للإصدار الليزري تصلح أيضاً. فما هي الوسيلة الأسهل تناولاً؟ إنها تلك المعمول بها في الباركود bar code المؤلف من تتالي خطوط سوداء وبيضاء: حيث ينعكس الضوء على

الشكل 1 مبدأ القرص CD-R



تحل "بقع" محل الكؤيسات المكروية. "يُحفر" القرص بواسطة تعديل شدة الليزر وفق "0" و"1". فما دامت الشدة ضعيفة، من رتبة الملّي واط (mW)، يبقى انعكاس الحزمة كافياً لقيادة رأس الحفر، لكنها لا تؤثر على حالة الطبقة الحساسة. وبالمقابل، حين ترتفع هذه الشدة إلى 14 mW يسبب الليزر تسخيناً موضعياً يصل إلى 500 أو 700 درجة، فتحترق عندئذ الطبقة العضوية للقرص CD-R، أما تلك الطبقة في القرص CD-RW فتتغير حالتها. وعند القراءة تسبب هذه "البقع" تغيراً في شدة الحزمة المنعكسة مثلما تفعل الكؤيسات المكروية في القرص CD-ROM المصنوع بالكبس.

الخطوط البيضاء بينما تمتصه السوداء.

وانطلاقاً من هذه الفكرة صنعت شركة كوداك أول قرص CD-R. ويعني الحرف R هنا recordable، أي قابل للتسجيل. فالكؤيسات التي تسبب انطفاء الحزمة المنعكسة بسبب التداخل تُستبدل هنا ببساطة ببقع غامقة على سطح القرص العاكس. ويحمل القرص CD-R ثلماً حلزونياً لقيادة الرأس القارىء الذي يتحول إلى رأس حافر. وهذه بنية تشبه بنية القرص المدمّج.

فما هو الفرق بين الاثنين؟ يكمن الفرق أساساً في تطبيق طبقة من ملوّن عضوي على هذا الثلم، حساس لدرجة الحرارة (في الأصل كان الملوّن هو الفورمازان formazzan الذي يعطي القرص لوناً أزرق مخضرّاً، أما اليوم فهناك مواد أخرى تلون القرص بالأصفر أو الأزرق السماوي). ويتم الحفر بواسطة تعديل شدة الحزمة الليزرية الذي تقوده أطراف الثلم الحلزوني. فطالما كانت الشدة ضعيفة، من رتبة الملّي واط كما هي أثناء القراءة، يكون ارتفاع درجة الحرارة الذي تسببه الحزمة غير كاف للتأثير على الملوّن العضوي. وبالمقابل حين تزداد شدة الحزمة إلى 14 ملّي واط تصبح الحرارة المركّزة في محرق (بؤرة) الحزمة كافية لحرق الطبقة الحساسة فيظهر اسوداد في هذه الطبقة في النقطة التي سقط عليها الضوء.

يحلُّ في الأقراص المحفورة بهذه الطريقة تتال من بقع غامقة تفصل بينها مناطق فاتحة محل الوهدات والمنبسطات في القرص CD العادي. لكن هذه البقع تنثر قليلاً من الضوء فلا يحدث انطفاء تام للحزمة المنعكسة، وهذا يفسر لماذا لا تستطيع بعض القارئات القديمة قراءة الأقراص المسجلة بهذه الطريقة. ذلك أنه إذا لم يمكن تركيز حزمة القارئة جيداً فإن تغيرات الانعكاس تصبح أقل من تلك التي تسببها الكؤيسات المكروية وتصير القراءة غير ممكنة.

المشكلة الوحيدة في القرص CD-R هي أنه لا يمكن التسجيل عليه سوى مرة واحدة. فلا يمكن، في المناطق التي احترقت فيها طبقة الملوّن العضوي، العودة إلى الوراء إلى الحالة الأولى، مثلما لا يمكن صنع حطبة من فحم الخشب. ولكي يصبح محو القرص أو إعادة التسجيل عليه ممكناً انكبّ المصنّعون على دراسة القرص CD-RW (RW من rewritable بمعنى قابل لإعادة الكتابة عليه): وهو قرص قابل للمحو وإعادة التسجيل عليه.

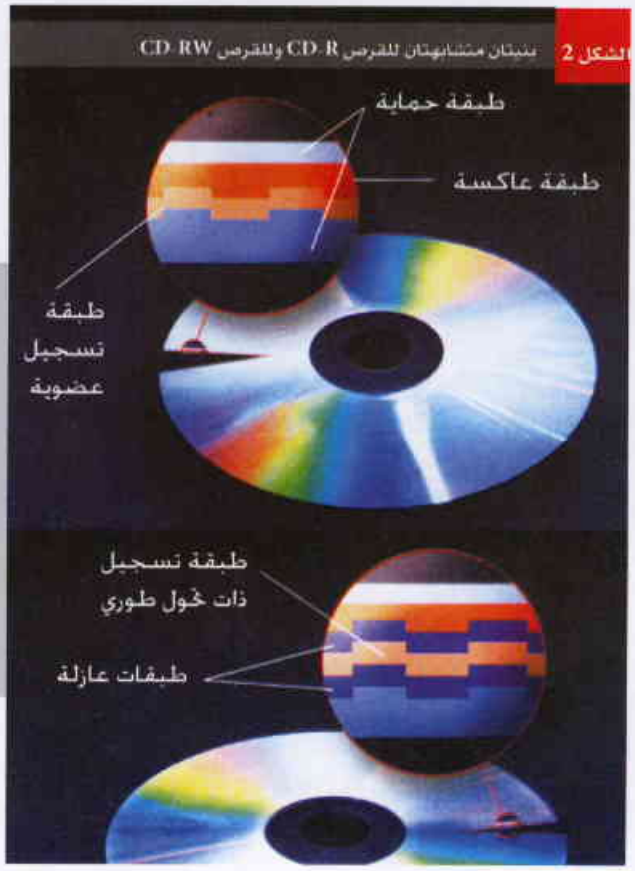
يكمن الفرق بين القرص CD-R والقرص CD-RW في الطبقة الحساسة (الشكل 2). ينبغي، في الواقع، أن تكون التغييرات التي يُحدثها حفر القرص عكوسة. وقد أتى الحل عبر تطوير مادة ذات تحول طوري يُحدثه الضوء. وتتألف هذه المادة المعقدة المتعددة البلّورات من مزيج من الفضة والأنديوم والإثمد والتللور ولها صفة خاصة رائعة: إذا رفعت درجة حرارتها إلى ما بين 500 و700 درجة سلزية تحولت إلى الحالة اللابلّورية وبقيت على هذه الحالة حين تبرد (درجات الحرارة العالية هذه مركّزة في نقطة حجمها أقل من رأس الدبوس).

وبالمقابل، إذا لم تتجاوز درجة الحرارة 200 درجة سلزية، يبقى المزيج محتفظاً بحالته البلّورية حين يبرد. فإذا علمنا أن الحالة البلّورية شفافة بينما الحالة اللابلّورية عاتمة نجد أن هذا السلوك مثالي لإحلال هذه المادة محل الطبقة العضوية في القرص CD-R. وتكون هذه الطبقة في الحالة البلّورية في القرص الجديد غير المستخدم. وأثناء التسجيل، كما في السابق، تُرفع شدة حزمة الليزر إلى 14 ملّي واط بمجرد أن يلزم حفر ما يكافىء بقعة سوداء، فترتفع درجة الحرارة في هذه النقطة إلى 700 درجة سلزية، مما يؤدي إلى التحول إلى الحالة اللابلّورية، أي إلى الحالة التي لا تعكس الضوء إلا قليلاً عند القراءة. وهذه المرحلة من الحفر تشبه تماماً نظيرتها في القرص CD-R.

أما إذا لم تكن شدة الليزر سوى 5 ملّي واط فإن درجة الحرارة لا تبلغ سوى نحو 200 درجة سلزية فقط. وتبرد الطبقة التي لم تسخن كثيراً وتعود إلى حالتها البلّورية: وبهذا يتم محو التسجيل على القرص. أما العيب الوحيد في هذه الطريقة فإنه يتمثل في كون تغير الانعكاس الذي يسببه تغير الطور يبقى دون ذلك الذي توفره الطبقة العضوية في القرص CD-R.

ولهذا السبب فإن معظم قارئات الأقراص CD وبعض قارئات الأقراص CD-ROM غير قادرة على قراءة الأقراص CD-RW. وهذه الأقراص لا تقدر على قراءتها سوى القارئات المسماة "multi read". وهناك أخيراً الأقراص الصغيرة minidiscs القابلة لإعادة التسجيل عليها أيضاً والتي تعتمد على بَذْر مناطق عاكسة وأخرى غير عاكسة ولكن بواسطة عملية حفر تستفيد في الوقت نفسه من درجة الحرارة ومن المغنطيسية.

الشكل 2 - بنيتان متشابهتان للقرص CD-R وللقرص CD-RW



في القرصين CD-R وCD-RW لا تتغير سوى الطبقة الحساسة. فبنية هذين القرصين متشابهة. في كليهما طبقة عاكسة يوجد أمامها ثلم حلزوني مهمته قيادة الرأس القارىء – الكاتب بواسطة الضوء. تغطي القرص CD-R طبقة عضوية "تحرقها" موضعياً حزمة الليزر. أما القرص CD-RW فتُستبدل هذه الطبقة بطبقة ذات تحول طوري قادرة على الانتقال من الحالة البلّورية إلى اللابلّورية. وتحيط بها طبقتان عازلتان ليس لهما دور مباشر في عملية التسجيل والقراءة وإنما تؤمنان التبادل الحراري للطبقة ذات التحول الطوري. وأخيراً، في كلا القرصين، تحمي هذه "السندويشة الفعالة" الرقيقة جداً طبقتان من الراتنج الشفاف لحمايتها وتؤمن لها المتانة الميكانيكية.

وفي الغد: سعات التخزين الكبيرة جداً

● يسعى القرص DVD لأن يحلّ محل القرص CD كحامل لتخزين المعلومات، فبعد استفادته من الخبرة السابقة سرعان ما أصبح قابلاً للتسجيل عليه، ثم لإعادة التسجيل عليه. لكن لم يحقق بعد في كلتا هاتين الحالتين أفضل المواصفات وبالفعل فإن السعة الكبيرة جداً للقرص (DVD 9 غيغا بايت) تعود إلى أن حفره يكون أدق بمرتين من حفر القرص CD، وكذلك إلى وجود الطبقة المزدوجة على أحد وجهيه. أما الأقراص DVD القابلة للتسجيل عليها (4.7 غيغا بايت) فلا تملك سوى طبقة واحدة.

● تسبب بنية "الطبقتين" مشكلات في تطوير الأقراص القابلة للتسجيل عليها: فمن الصعب تعديل محتوى إحدى الطبقتين من دون تغيير محتوى الأخرى. ولكن يبدو أن الشركة Pioneer وجدت حلاً لهذه المشكلة، إذ أعلنت في خريف العام 2003 عن صنع أقراص DVD قابلة للتسجيل عليها مؤلفة من طبقتين وتبلغ سعتها 8.5 غيغا بايت.

● ينبغي أن يكون القرص Blu-ray، خليفة القرص DVD، في متناول اليد قريباً بشكله القابل لإعادة التسجيل عليه. وهنا يجري الحفر والقراءة بواسطة ديود ليزري أزرق. ولما كان لهذا اللون طول موجي أصغر مرتين من الطول الموجي لليزرات الحمراء العادية، فإن الأثلام يمكن أن تكون أدق بمرتين. ويعدّ هذا القرص، بفضل سعته البالغة 27 غيغا بايت على طبقة واحدة ذات تحول طوري، القرص الوحيد الذي يتمتع بسعة كافية لتخزين الأفلام التلفزيونية العالية الدقة (المتاحة في اليابان). ولذلك يمكن أن يصبح القرص Blu-ray أساساً لجهاز التسجيل الفيديو العالي الدقة TVHD في المستقبل.

نُشر هذا الخبر في مجلة *La Recherche*, *Février 2004*.

الولايات المتحدة تبدأ بإقرار اختبار مبيدات الهوام على البشر

يقول صانعو المبيدات إن العديد من منتجاتهم ستنظم بشكل أكثر إنصافاً إذا ما أُخذت بيانات السمّية البشرية بالحسبان.

يروي ميريديث وادمان M. Wadman أن الشركات المصنّعة لمبيدات الهوام تضغط بقوّة لضمان إمكانية استخدام معطيات اختبارات السمّية على الناس في طلبات الترخيص لها بمنتجاتها.

تترقب صناعة المبيدات بحماس صدور قرار وشيك من الولايات المتحدة. فخلال أيام معدودات يُتوقع أن تصدر وكالة الحماية البيئية (EPA) سياستها المقترحة حول استخدام مفحوصين من البشر في اختبارات لتقييم أمان المبيدات.

فالصناعة التي كلفت عشرة بلايين دولار تعلّق الكثير على تفاصيل هذا التشريع. إنها تريد أن تستخدم بيانات السمّية البشرية لمساعدة ما لا يقل عن عشرة مبيدات على البقاء في السوق. ويجب أن تجتاز هذه المنتجات عوائق السلامة الجديدة من طرف وكالة الحماية البيئية مع حلول شهر آب القادم أو أن تواجه مسألة اعتبارها محظورة أو محاصرة.

ربما، وعلى قدر مماثل من الأهمية، يمكن أن يمنح صدور سياسة رسمية من طرف وكالة الحماية البيئية تحكُم الاختبارات البشرية صكاً حكومياً غير مسبوق للموافقة على هذه الممارسة الخلافية. ويتنبّأ النقاد بأن يشجع ذلك الشركات على إجراء اختبارات السمّية البشرية على نطاق واسع يشمل حوالي 1200 مركب مبيد فعال مطروح الآن في السوق بهدف حلحلة تشريعها.

يقول صانعو المبيدات إن المعطيات البشرية أمر حيوي لتشريع عادل مبنيٍّ على العلم فيما يخصّ منتجاتهم. فالاختبارات على البشر، بحسب ما يعتقد راي ماك أليستر R. McAllister، وهو مهندس زراعي ومحلل سياسة في كروب لايف أميركا، التي هي مجموعة ضغط (لوبي) تمثل صناعة المبيدات الأمريكية، "تقدم استبصارات قيمة جداً لما يحدث تماماً حينما يتعرض البشر إلى سويات منخفضة من مركّب ما". وهذا بحسب قوله ما يقلل موروث الارتياب في الركون إلى اختبارات الحيوانات فقط.

وثمّة علماء مستقلون ساندوا هذه الصناعة بقيود حذرة. والأهم من ذلك أن مجلس البحث الوطني في تقرير عام 2004 خلص إلى أنه يمكن استخدام بيانات الاختبار البشري من قبل EPA إذا ما تمّت تلبية معايير أخلاقية وعلمية صارمة.

لكن مجموعات بيئية كمجلس الدفاع عن الموارد الطبيعية NRDC ينتقدون بمرارة التجارب على البشر، فهم يقولون إن هذه الصناعة تريد إجراء تلك التجارب ليس من أجل النفع العام بل من أجل الإبقاء على المنتجات المهدّدة مطروحة في السوق. وهم يشيرون إلى أن استخدام البيانات البشرية

يمكن أن يجيز لهذه الصناعة تحييد متطلبات إضافية تعود إلى عام 1996 وتحكم السويات المسموح بها من ثمالات residues المبيدات على الأطعمة. وتضع تلك القواعد سويات أقل من قيمتها السابقة بعشر مرات- ويقول الخبراء إن البيانات البشرية يمكن أن تعكس هذا التغيير بالنسبة لمنتجات عديدة.

ويجادل بعض العلماء بأنه توجد ظروف محدودة يمكن أن تكون فيها مثل هذه الدراسات أخلاقية وأن الوكالة EPA لن تقبل بيانات منها.

يقول آلان لوكوود A. Lockwood، وهو متخصص بالأمراض العصبية بجامعة بوفالو في نيويورك فحص عن كثب الدراسات التي أجريت في الشركة، بأن "دراسات تحديد الجرعة البشرية أخفقت في تلبية المعايير الأخلاقية المقبولة على نطاق واسع لغرض إجراء البحث" وأنه "ما من ضمان بأن أي دراسة كهذه يمكن أن تكون خالية من المخاطر تماماً".

العامل البشري

إن القاعدة الجديدة لوكالة الحماية البيئية – التي ستبقى مؤقتة خلال فترة 90 يوماً من التعليق الشعبي – ستميز لحظة رئيسة في معركة سياسية مدتها عشر سنوات بين صانعي المبيدات ومنتقديهم. فقد انضم الكونغرس إلى الشجار هذا العام عندما عمل عضوان ديمقراطيان من مجلس الشيوخ على الحيلولة دون تسمية ستيفن جونسون مديراً لوكالة الحماية البيئية ما لم يوافق على إلغاء الدراسة على الأطفال.

في الشهر الماضي، وضع موضع التنفيذ قانون يطلب من وكالة الحماية البيئية إنهاء هذه القاعدة خلال 6 أشهر ويمنعها من دراسة المعطيات البشرية في غضون ذلك. وقد اعتُبر مشروع القانون هذا نصراً أحرزه صانعو المبيدات عندما تمكنوا من إحباط قرار بالتأجيل لعام واحد كان النقاد قد سعوا إليه.

وينبثق النقاش الحالي من قانون عام 1996 الذي جعل من الصعب على الشركات تلبية معايير الأمان الخاصة بوكالة الحماية البيئية من خلال قصر استخدام الاختبارات على الحيوانات لوحدها. وكان الهدف من قانون حماية جودة الغذاء تشديد المعايير من أجل حماية الناس الأكثر تأثراً، مثل الأطفال والرضع، من ثمالات المبيدات المتبقية على الأطعمة. لكن القانون شجّع صانعي المبيدات على استئناف بعض الاختبارات على البشر (الأمر الذي كانوا قد أهملوه على نطاق واسع) وعلى بَعْث معطيات من دراسات تعود إلى ستينيات القرن الماضي.

وباعتبار الوكالة EPA مهتمة بهذه الجولة من الأحداث، فقد استهلّت قرار تأجيلٍ فعليٍّ حول استخدام بيانات الاختبار البشري في عام 1998 ثم تمّت صياغته في عام 2001. وهنا أقام صانعو المبيدات دعوى ضد الوكالة وربحوها، ومنذ العام 2003 أخذت الوكالة البيانات البشرية على أساس فردي (بمعنى كل حالة على حدة).

وفي حزيران من هذا العام، عرضت شركات المبيدات على وكالة الحماية البيئية 24 دراسة بشرية لم يتم نشر معظمها، لكن الخصوم انتقدوا أخلاقياتها بعد أن سمحت وكالة الحماية البيئية بإنتاجها استجابة لمتطلبات الكونغرس. كما انتقد بعض المختصين بالأخلاقيات الحيوية ما يرون فيه إجراءات ناقصة المعلومات وغير كافية القدرة الإحصائية بالإضافة إلى النزاعات المالية ذات الشأن.

هناك بضع دراسات، على سبيل المثال، أجريت في بريطانية من قبل شركة باير التي تُعدُّ أكبر شركات تصنيع المبيدات. وفي عامي 1998 و1999 دفعت للمتعاقدين أموالاً لإجراء ثلاث تجارب تحديد للجرعة البشرية باستخدام مبيدها azinphos methyl، وهو فسفات عضوي يستخدم بنسبة 73% لصالح التفاح الأمريكي وما يفوق نصف الإجاص والكرز والعنبيات في الولايات المتحدة. ونشير إلى أن هذا المبيد يؤدي في حال الجرعات العالية منه إلى اختلاجات وإلى الوفاة.

وفي رسالة إلى أحد المشاركين المحتملين في الدراسة، وُصِف هذا المبيد على أنه "عقار" يمكن أن "يتم تناوله عن طريق الفم". وفي صحيفة معلومات طوعية تخصُّ دراسة أخرى، أُدرج الغثيان والإقياء والتشنجات المعدية على أنها آثار جانبية محتملة، في حين لم يدرج الوهن والعجز التنفسي أو الوفاة في القائمة.

لقد أبت شركة باير التعليق على خصوصيات دراساتها، ولكنها في الماضي دافعت عنها من حيث تلبيتها للمستلزمات الأخلاقية الدولية.

هذا، وقد شكّلت هذه الدراسات جزءاً مهماً من تصدِّي شركة باير لحماية المبيد azinphos methyl من سطوة قواعد الأمان للعام 1996 المتشددة. وفي عام 2001، حظرت وكالة الحماية البيئية عشرات استخدامات للمبيدات، لكنها سمحت باستمرار تطبيقها على 15 نوعاً من المحاصيل. وهذه التطبيقات هي التي تناضل الشركة الآن لاستبقائها.

في تشرين الثاني الماضي، وفي معركة رئيسية في هذا النضال، التقى عشرات المسؤولين من شركة باير بـ 15 مشرِّعاً من وكالة الحماية البيئية بناءً على طلب

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

الشركة. واستخدم مسؤولو باير الدراسات البريطانية للجدال بأن السويات المسموح بها فيما يتعلق بالتعرض لثمالات المبيدات يجب أن تكون أعلى بمقدار 17 ضعفاً مما هي عليه حالياً. وسيصدر قرار وكالة الحماية البيئية بحلول شهر آب القادم. وفي غضون ذلك، يقول الناشطون المناهضون للاختبارات بأن القاعدة البارزة التي تقبل البيانات البشرية لدى EPA ستجعل مثل هذه الاجتماعات أمراً عادياً.

لقد تسرَّبت في الشهر المنصرم مسودة قرار عن هذه التشريعات في واشنطن. وستسمح هذه التشريعات لوكالة الحماية البيئية بدراسة البيانات البشرية المستمدة من صناعة المبيدات شريطة أن تلبي المعايير الأخلاقية الحالية. وستكون الدراسات السابقة مقبولة طالما كانت تلبي المعايير الأخلاقية يومئذ.

ويحذر إيرك أولسون E. Olson، وهو محام لصالح NRDC قائلاً: "إذا بقيت القاعدة مثلما افترضت هذه المسودة، فإن الأبواب ستشرع مفتوحة أمام الاختبار البشري".

نُشر هذا الخبر في مجلة *Nature, 1 September 2005*.

الإشعاع خطيرٌ حتى بجرعات متدنية

يفيد تقريرٌ حديثٌ لمجلس الأبحاث الوطني (NRC) في الولايات المتحدة الأمريكية بأنَّه على الرغم من قلة مخاطر الإشعاع بجرعاته المتدنية، فلا يوجد له مستوىً للأمان. وقد أضحت تلك النتيجة أكثر قوةً خلال السنوات الخمس عشرة الماضية، على حدِّ قول لجنة المجلس، نابذةً الافتراض بأن الكميَّات الضئيلة من الإشعاع تكون غير مؤذية أو حتى مفيدة.

إن خطورة الإشعاع المنخفض السوية تحمل مضامين اقتصادية هائلة لكونها تصيب معايير حماية العاملين في القطاع النووي وفي قطاع تنظيف النفايات النووية. ولقد قامت لجنة التأثيرات البيولوجية للإشعاع المؤين (BEIR VII) بفحص جرعات إشعاعية في درجة 0.1 سيفيرت (SV) أو أقل (وهي درجة تعادل حوالي ضعفي الحدّ السنوي للعمال وأربعين ضعف الكمية الطبيعية الأساسية التي يتعرض لها الشخص بالمتوسط في كل عام). وبالنسبة للأمريكان النمطيين، فإن 82% من حالات التعرض تنجم عن المصادر الطبيعية كغاز الرادون المتسرِّب من الأرض؛ أما المتبقي فهو بشري الصنع، وينتج في معظمه عن الإجراءات الطبية كأشعة X.

وفي تقريرها الأخير حول الموضوع في عام 1990، أجرت لجنة BEIR حساباً للمخاطر من خلال رصد حالات السرطان والجرعات الخاصة بالناجين من القنبلتين الذرّيتين اللتين ألقيتا على اليابان في الحرب العالمية الثانية. ويظهر أن الأخطار تتزايد خطيّاً مع الجرعة. وبالاستناد إلى الدليل المتمثل بأنه حتى الرسيم track الوحيد من الإشعاع يمكنه تخريب الدنا DNA في الخلية، فقد استقرأت اللجنة هذه العلاقة وصولاً إلى جرعات متدنية جداً بغية التوصل إلى ما يُعرف باسم الموديل الخطي العديم العتبة linear no-threshold model أو (LNT اختصاراً).

بيد أن بعض العلماء تحدّوا هذا الموديل LNT، مُنوّهين بأنَّ بعض الدراسات المخبريَّة والوبائيَّة توحي بأن القليل من الإشعاع ليس بضار بل يمكنه أن ينشِّط إنزيمات ترميم الدنا DNA وعمليات أخرى غيرها تقي من الهجمات اللاحقة، وهي فكرة تُعرف بالاستنفار Hormesis (سيانس، 17 تشرين الأول 2003).

ولكن التقرير BEIR VII (المؤلف من 712 صفحة) يرى أن الموديل LNT ما يزال صالحاً. ونشير إلى أن هذه اللجنة تمتلك أحدث المعطيات عن وقوعات السرطان لدى الناجين من القنبلة الذرّية، كما تمتلك معلومات جديدة عن الجرعة. وكذلك، أعاد أعضاء اللجنة النظر في دراسات جديدة على عاملين في الحقل النووي وعلى أناس تعرّضوا للإشعاع الطبي، وقد دعم جميع هؤلاء رواية الموديل LNT. هذا، ويتنبأ هذا الموديل بأن جرعة وحيدة بمقدار(0.1-Sv) قد تسبب سرطاناً طيلة الحياة لشخص واحد من أصل 100 شخص. ويحذر التقرير بوجوب

أن تؤخذ مخاطر كهذه بعين الاعتبار عندما يفكر الناس في تداول المسح التصويري المقطعي الطبقي المحوسب لكامل الجسم، باعتبار هذا المسح بدعةً حديثة وهي تصوِّب جرعةً إشعاعية تبلغ (0.012 Sv).

وفي نفس الوقت، يذكر عضو اللجنة إيثل جيلبيرت E. Gelbert (وهو عالم مختص بالأوبئة في المركز الوطني للسرطان في بيتيسدا Bethesda في ماريلاند) قائلاً: " إننا لا نستطيع أن نحدّد حقاً درجة الخطورة فيما يخص أقلّ الجرعات" فلقد فحصت لجنة BEIR أحدث دليل للعتبة. ولكنها وجدت أن الدراسات البيئية، التي توحي بأنَّ الناس في المناطق ذات المستويات الإشعاعية العالية في بيئاتها بشكل طبيعي لا توجد لديهم مستويات مرتفعة من المرض، هي دراسات محدودة النفع لأنها لا تتضمن قياسات مباشرة لحالات التعرض الإشعاعي. وكذلك، استنتجت اللجنة أن الدراسات الحيوانية والخلوية التي توحي بوجود فوائد أو وجود عتبة دنيا للضرر هي دراسات غير "ملزمة" بالرغم من وجوب إجراء المزيد من الدراسة على آليات "التأثيرات الاستنفارية" المحتملة.

يقول عالم السموم إد كالابريز Ed Calabrese من جامعة ماساشوستس، في أمهرست، وهو مناصر صريح لفرضية الاستنفار، بأن اللجنة لم تفحص دراسات كافية، وأنه "قد يكون من الأفضل لو تمَّ تنظيم المزيد من التفاصيل بدلاً من مجرد صرف النظر عن الاستنفار جملةً وتفصيلاً. أما رئيس اللجنة، عالم الأوبئة في هارفارد، ريتشارد مونسون R. Monson، فإنه يقرّ بأن السجال الطويل الأمد حول الموديل LNT لن ينتهي بهذا التقرير، منوهاً بأن "بعض الخواطر سيتغير، وبعضها الآخر لن يتغير".

نُشر هذا الخبر في مجلة *Science, 8 July 2005*.

مهنة محفوفة بالأخطار

تؤكد مراجعة جديدة بأن حتى المستويات الإشعاعية التي تقلّ عن تلك التي يصادفها العمّال النوويون يمكنها أن تزيد من خطورة الإشعاع.

... ما بعد الأسلحة النووية

لقد حدث في مثل هذا الشهر منذ 60 سنة اصطدام عالمي الفيزياء والسياسة بطريقة لن تُنسى على الإطلاق. ففي السادس من شهر آب/أغسطس من عام 1945 انفجرت قنبلة نووية بقوة تساوي 30001 طن من مادة TNT فوق مدينة هيروشيما اليابانية. وبعدها بثلاثة أيام، في التاسع من شهر آب/أغسطس، دمَّرت قنبلة نووية ثانية (أشد قوة من الأولى) مدينة ناغازاكي. ومنذ ذلك الحين جنّدت الحكومات حول العالم أعداداً كبيرة من العلماء والمهندسين لتصميم وبناء واختبار أشد الأسلحة النووية قوة على الإطلاق.

ومنذ عام 1945 شنَّت كذلك أعداد كبيرة من الناس، ومن بينهم العديد من الفيزيائيين الذين اشتغلوا على هذه القنبلة في لوس ألاموس، حملة ضد الأسلحة النووية.

إن النقاشات حول الأسلحة النووية تدور الآن في عالم مختلف تماماً عن العالم الذي كان موجوداً في العام 1939، حين مهر أينشتاين رسالته الشهيرة إلى الرئيس روزفلت بتوقيعه. صحيح أننا ينبغي أن نكون ممتنين لعدم استخدام قنبلة نرّية في حَنَق منذ قنبلة ناغازاكي، بيد أنه لمما يخيب الأمل بشكل عميق عدم تحقيق إلاّ القليل من التقدُّم في تخليص العالم من الأسلحة النووية.

لقد أوقفت القوتان النوويتان الأعظم الأصليتان (الاتحاد السوفيتي السابق والولايات المتحدة) الاختبارات النووية في أوائل التسعينيات من القرن المنصرم، وهما تخفِّضان الآن أعداد الأسلحة في ترسانتيهما، ولكنهما ما تزالان تملكان آلاف الرؤوس الحربية، ويبدو أنهما منكبّتان على استحداث أسلحة جديدة كذلك. والأكثر إخافة أن عدد الدول التي تمتلك أسلحة نووية يتزايد أيضاً، وأن الدول الخمس

الأصلية (الصين وفرنسا وروسيا والمملكة المتحدة والولايات المتحدة) قد التحقت بها الآن كلٌ من الهند وإسرائيل وباكستان وكوريا الشمالية وربما إيران.

يلخص ميشيل ليفي M. Levi الموقف في الولايات المتحدة، حيث قابلت إدارة بوش بشكل مفاجئ معارضة لخططها لتطوير عابر نوويٍّ جبار للكرة الأرضية. ولكن كان هناك تأييد واسع في الولايات المتحدة لبرنامج من أجل تصميم أسلحة تصلح لديمومة الحياة في مقابل قوة التفجير. ومن الواضح أن الولايات المتحدة لا تنوي التخلي عن أسلحتها النووية.

يصدق الشيء نفسه على المملكة المتحدة، حيث قالت الحكومة العمّالية بأنها "ملتزمة بالحفاظ على الردع النووي المستقل"، وأنها "ستواصل العمل بشكل ثنائي أو من خلال الأمم المتحدة لحث الدول التي ما تزال ليست طرفاً في معاهدات عدم الانتشار النووي، ولاسيما المعاهدة (NNPT)، على الانضمام إلى تلك المعاهدة". وحسب قول مالكولم شالمرز M. Chalmers، فإن الحكومة العمّالية سيكون لزاماً عليها أن تعالج موضوع كيفية استبدال صواريخ الغواصتين فانغارد وترايدنت اللتين تحملان رؤوساً حربيةً نوويةً بريطانيةً وذلك خلال الدورة البرلمانية الحالية. (أي قبل العام 2010 على أبعد حدّ).

وفي صفحات أخرى من عدد شهر آب/أغسطس 2005 من مجلة Physics World، ثمّة شرح لكيفية بناء فرنسا والولايات المتحدة منشآت ليزر جبارة لضمان انفجار أسلحتهما النووية حينما يُفترض فيها ذلك وأن لا تنفجر حينما لا يُراد لها ذلك. وتستكشف هاتان الدولتان الإجابات الأخلاقية على هيروشيما وناغازاكي من قبل بعض أولئك الذين صنعوا هاتين القنبلتين اللتين أسقطتا على اليابان. كما يجري النظر فيما دفع علماء مانهاتن أصلاً إلى صنع القنبلة النووية والمتمثل في الخوف من إمكانية قيام هتلر بصنعها.

في عالم ما يزال فيه الملايين من البشر يعيشون الفقر ويموتون من الأمراض التي يمكن الحيلولة دونها بسهولة، وحيث تتوافر إمكانية أن يتسبّب التغير المناخي بأضرارٍ لا حصر لها على امتداد الكرة الأرضية، يكون من الفحش هدرٌ الموارد والفطنة في تطوير أسلحة نووية جديدة أو التفكير في أساليب جديدة للاحتفاظ بالترسانات النووية الراهنة. كما أن شبح الأسلحة النووية كان وما يزال عقبة كأداء أمام جهود بناء القدرة النووية – سواء الطاقة الانشطارية أو الانشطارية العطالية. هذا، ولم تعد الأسلحة النووية تشكل أي دفاعات ضد هجمات كتلك التي وقعت في الحادي عشر من أيلول وبالي ومدريد ولندن. إن الأسلحة النووية هي ديناصورات القرن الواحد والعشرين. ولدى المملكة المتحدة فرصة المبادرة الرائدة حين أخذ قرار ترايدنت. وسيكون تخلّيها عن الردع خطوة جبّارة إلى الأمام.

نُشر هذا الخبر في مجلة *Physics World, August 2005*.

التقنيات التي لا تستخدم الأجنّة تكتسب زخماً

هناك هواجس أخلاقية فيما يخص البحوث التي تتضمّن أجنّة تدفع للسعي وراء طرائق أخرى لاشتقاق الخلايا الجذعية، وربما تلوح في الأفق قريباً نتائج تلك المساعي.

في الوقت الذي يعمل فيه سكان كاليفورنيا على استقطاب تدفّق المال لصالح مبادرة الخلايا الجذعية التي وافق عليها الناخبون في الولاية خلال الخريف الماضي، يتزايد الضغط السياسي في واشنطن (العاصمة) للتوصل إلى طرائق لإجراء مثل هذه البحوث دون اشتمالها على أجنّة. من الناحية النظرية فإن المسألة واضحة، صحيح أن الخلية الجلدية تمتلك جميع الجينات نفسها التي تمتلكها الخلية الجنينية (ES) ولكن ما يشتغل منها يتمثل في نماذج مختلفة. ويتمنى العلماء أن يتمكنوا من التحكم بالتعبير الجيني بدقة تكفي لتحويل خلية جلدية، مثلاً، إلى سلالة مضاهية للخلايا الجذعية من الناحية الجينية genetically وبشكل مباشر.

ولئن بقي الجواب الكامل مراوغاً، فإن العديد من العلماء يعتقدون أنهم سيعرفون في وقتٍ ما من العقد القادم ما يكفي عن "إعادة البرمجة" الخلوية هذه لتجاوز بعض الخطوات المطلوبة في الوقت الحاضر. ويتنبأ كيفين إيغان K. Eggan من جامعة هارفرد قائلاً: "سنحدث التحوّل بشكل مباشر خلال مدة 10 إلى 15 سنة ولن نعود بحاجة إلى أجنّة أو خلايا بيضية إطلاقاً".

ويمكن أن يحدث ذلك في وقت أبكر على هدي تعاظم الدعم من الكونغرس والارتقاءات

جديد ومتطور؟ يأمل ماركس غرومب بطريقة بديلة عن الاستنسال يمكن أن تكون أكثر كفاءة وتتجنب تشكيل جنين - وهذا ما سرّ العلماء والسياسيين على حدٍّ سواء

العلمية الحديثة. وفي اجتماع الجمعية الدولية لبحوث الخلايا الجذعية، الذي انعقد في سان فرنسيسكو في الفترة الواقعة بين 23-27 حزيران/يونيو، عرض إيغان أعمال فريقه الأخيرة باستخدام خلايا جذعية جنينية بشرية لإعادة برمجة التعبير الجيني لخلايا الأرومة الليفية البشرية – والانتقال نحو هدف خلق سلالات خلوية متعددة القدْرات من الناحية الجينية بدون استخدام خلايا بيضية أو تخليق جنين جديد. وقد استخدم الفريق مادة البولي إيتلين غليكول لدمج صنفي الخلايا، مكوِّناً ما يدعى خلايا رباعية الصيغة الصبغية tetraploid تملك ضعف العدد الطبيعي من الصبغيات. ويذكر إيغان في تقريره أن الخلايا المندمجة حينما تنمو إلى سلالات خلوية، تسلك سلوك خلايا جذعية جنينية تعبِّر عن جينات مميزة، وتتمايز differentiate إلى أجسام جنينية الشكل في المستنبت، وتشكّل ما يدعى أوراماً مسخية teratomas في الفئران المنقوصة المناعة، ويصل الأمر حتى تشكيل بقع من الشعر على الحيوانات الصلعاء في الحالة الطبيعية.

لقد عرف العلماء طيلة سنوات عديدة أنّ الخلايا الجذعية الجنينية تستطيع الاندماج مع الخلايا الجسدية لتولّد هجائن شبيهة بالخلايا الجذعية، وقد بيَّنت دراسات سابقة أن عدة جينات أساسية مخصَّصة النسيج تنطفئ في النواة المندمجة، في حين تشتغل الجينات الجنينية الأساسية. لكن إيغان وشاد كوان C. Cowan في فريق دوغ ميلتون في هارفرد تقدما خطوة أخرى باستخدامهما مصفوفات التعبير الجيني للتوصل إلى تحاليل مفصلة للسلالات الخلوية الهجينة. لقد وجدوا أن الخلايا لها تقريباً بروفيل تعبيري مطابق لبروفيل الخلايا الجذعية الجنينية العادية ومخالف جداً للبروفيل التعبيري لخلايا الأرومة الليفية. يقول إيغان: "لم يعد هناك انتساخ لجينات الأرومة الليفية، ولا توجد أي عيوب في جينات الخلية الجذعية الجنينية"، ويشير بوضوح إلى أن "نواة الخلية الجذعية الجنينية تستطيع كسب المعركة" بين مجموعتي الصبغيات.

يقول إيغان إن السلالات الخلوية المندمجة التي وصفها في الاجتماع تمَّ صنعها بخلايا جذعية جنينية كان قد اشتقها فريق ميلتون، وإن عمله بها لم يستخدم تمويلاً من NIH. ويضيف قائلاً: إن الفريق قام بتوليد سلالات أخرى مستخدماً سلالة خلوية جذعية جنينية اعتمدتها المعاهد الوطنية للصحة NIH في الولايات المتحدة، وإن العمل بتلك الخلايا سيكون مؤهَّلاً لتمويل NIH.

يقول جورج دالي G. Daley من كلية هارفرد الطبية ومشفى الأطفال في بوسطن: "إن البيانات التي وضعها جميلة، إذ إنها تؤسس مبدأ وجود عوامل في الخلية الجذعية الجنينية البشرية سوف تعيد البرمجة، ولكن البلوى تكمن في التفاصيل". والمثال على ذلك، هل يكون دنا DNA الخلية الجذعية الجنينية مطلوباً لتحقيق إعادة البرمجة؟ وإذا كان الأمر كذلك، هل يمكن بعد ذلك إزالته من أجل خلق سلالة خلوية ذات جينوم يحوي فقط جينوم الخلية الجسدية الأصلية؟

وثمّة خيار آخر لإعادة برمجة الخلايا الجسدية يمكن أن يكون مقبولاً لتمويل NIH. ويأتي هذا الخيار من ماركوس غرومب M. Grompe في جامعة أوريغون للصحة والعلوم في بورتلاند، وهو مختلف قليلاً، إذ يتبنى فكرة " النقل النووي المتناوب" التي كان وليم هارلبات W. Hurlbut، وهو فيزيائي ومتخصص بعلم الأخلاق الحيوية في ستانفورد، قد اقترحها على المجلس الرئاسي حول الأخلاقيات الحيوية في الخريف الماضي. ففي اقتراح هارلبات، سيتم حذف جينة مطلوبة للتنامي المبكّر للجنين أو طردها من النواة بحيث يولّد هذا النقل النووي خلية غير قادرة على التطور إلى جنين. وعارض بعض الناس الفكرة قائلين أن ذلك يمكن أن يخلق أجنّة مشوهة بدلاً من "الكيان غير الجنيني" الذي وصفه هارلبات.

وفي افتتاحية لمجلة Wall Street Journal الصادرة في 20 حزيران/يونيو، يقترح غرومب ومعه روبرت جورج R. George (المتخصص في الأخلاقيات الحيوية بجامعة برنستون في نيوجرسي) أنه بدلاً من طرد جينة حاسمة خارج النواة، يستطيع العلماء زيادة تعبير جينة مثل (nanog) ذات الدور الحاسم للخلايا الجذعية الجنينية سواء في الخلية الجسدية أم في الخلية البيضية. فالاندماج الناجم عن النوعين سيولّد نظرياً خلية ذات نموذج تعبيري لخلية جذعية جنينية بدلاً من

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

النموذج التعبيري لبيضة ملقحة للتو من الناحية الأساسية، وذلك بالانتقال مباشرة من خلية جسدية إلى خلية جذعية متعددة القدرات بدون تشكيل أي شيء يماثل جنيناً مبكراً.

وعلى الرغم من أن بعض العلماء رفضوا هذه الفكرة معتبرين أنها مجرد صف كلام لا يستحق مزيداً من المتاعب، فإن غرومب يقول إن هذه الاستراتيجية قد تكون لها مزايا عملية أبعد من إغرائها السياسي. فقد أظهرت الدراسات أن الخلايا الجذعية الجنينية هي مانحات نسيلية cloning donors أفضل من الخلايا الأكثر نضجاً، ولذلك فإن رفْع مستوى جينة أساسية متعددة القدرات في خلية جسدية سوف يؤهّب الخلية ويجعل العملية أكثر كفاءة.

لقد لاقت هذه الفكرة دعماً من عدد من الأخلاقيين الحيويين المحافظين، بما في ذلك أولئك الذين عبّروا عن تحفظات حول تقنية هارلبات. يقول T. Pacholczyk، وهو متخصص في البيولوجيا الجزيئية وكاهن في المركز الوطني للأخلاقيات الحيوية الكاثوليكية في فيلادلفيا، بنسلفانيا، إن فكرة غرومب إذا صَلُحت، فإن النواة الجسدية ستعاد برمجتها إلى الحالة المتعددة القدرات بحيث تغدو قادرة على اتخاذ جميع الأنماط النسيجية في الجسم بدون الوصول إلى الحالة الموجّهة القدرة totipotent التي تشكل فيها الخلية جنيناً جديداً كاملاً.

يبدو أن الدعم يتزايد في واشنطن كذلك. ففي 30 حزيران/يونيو، قدّم النائب روسكو بارتليت R. Bartlett فاتورة ستموّل دراسات على الحيوان لغرض اختبار هذه الأفكار. وقال ريك سانتوريوم R. Santorum، وهو أحد أعضاء مجلس الشيوخ الأشد خصومة للبحوث الجنينية، إنه يمكن أن يُدرج تمويل مثل هذا العمل ضمن فاتورة إنفاق شاملة.

يقول دالي: "سأرحِّب بأي استقطاب للموارد طالما كانت لا تستخدم لتبرير المزيد من التأخير في تمويل المنهجية التي نعلم أنها صالحة حالياً"، مثل تقنية النقل النووي التي أشارت إليها تقارير علماء في كوريا الجنوبية، "فأنت هكذا تتحرك على جميع الجبهات، وفي النهاية سيستخدم العلماء ما هو أفضل".

نُشر هذا الخبر في مجلة *Science, 8 July 2005*.

نتائج الهدروجين تثير الخلاف

أدّت ادعاءات مثيرة للجدل حول حالة طاقيّة جديدة للهدروجين إلى موجة من العمل التجريبي والنظري. وفي سلسلة من الدراسات خلال العقد الماضي، جادل راندي ميلز R. Mills وزملاؤه العاملون في BlackLight Power بأن نتائج مجموعة متنوعة من التجارب على بلازمات الهدروجين قد لا يمكن تفسيرها إلا بوجود حالة جديدة يمتلك فيها الإلكترون قدراً من الطاقة يقل عن الحالة القاعدية (n = 1). ويجادل ميلز، الحائز على درجة طبية من جامعة هارفارد، بأن هذه الحالة "الهدرينوية hydrino" يمكن أن تستخدم كمصدر جديد للطاقة.

لقد تجاهل العلماء الآخرون لسنوات عديدة عمل ميلز، ولكنّ فيزيائيي البلازما في هولندا قاموا مؤخراً بانتساخ بعض من نتائجه، رغم أنهم قد توقفوا عن الادعاء بعثورهم على دليل بوجود

"الهدرينوات". وقد تَجدَّد كذلك اهتمامٌ لدى النظريين من العلماء.

تُعدُ الحالة الأساسية للهدروجين مستقرةً، بمعنى أنها لا تستطيع إصدار فوتونات. ولكن ميلز يجادل بأنها يمكن أن تعاني انتقالاً غيرَ مشع إلى حالة أدنى بمساعدة "حفّاز catalyst"، بحيث يصدر طاقة خلال العملية. وفي سلسلة من التجارب باستخدام بلازمات هدروجين احتوت أيضاً على كميات صغيرة من حفّاز ما، (مثل ذرّات البوتاسيوم أو أيونات من الهيليوم أو الأرغون أو السترونسيوم)، لاحظ ميلز وزملاؤه عدداً من الظواهر التي لا يمكن (على حدّ زعمه) تفسيرها من خلال الفيزياء البلازمية والنووية المعتادة. وتتضمن هذه الظواهر تكوين البلازمات في غياب مصدر قدرة بلازمية تقليدي، وإصدار إشعاع عند أطوال موجية فوق بنفسجية شديدة حسبما تنبأت نظرية الهدرينو، وتكوين أنواع ومركّبات هدروجينية جديدة.

لقد اختلطت ارتكاسات النظريين من العلماء. إذ يجادل جان نوتس J. Naudts من جامعة آنتويرب في بلجيكا بأن ميكانيك الكم يسمح فعلاً بوجود حالة هدرينو كامنة منخفضة، في حين يقول أندرياس راتكه A. Rathke من وكالة الفضاء الأوربية إن ميلز قد اقترف "خطأً حسابياً" في عمله النظري.

يقول نوتس: "في الفيزياء، التجربة هي التي تقرر ما إذا كان الهدرينو موجوداً، وفي تلك الحالة ينبغي أن نقبل تصحيحاً صغيراً في الكتب الدراسية حول ميكانيك الكم، أو ما إذا كان غير موجود، وهنا يجب علينا إيجاد حجج أنسب لتفسير سبب عدم وجودها".

ولكن راتكه يقول بأن الحل الذي وجده نوتس قد عُرف بكونه غير فيزيائي. وعلاوة على ذلك، فهو يقول بأن نوتس قد وجد دليلاً لحالة جديدة واحدة فقط، في حين يقول ميلز بوجوب وجود 137 دليلاً.

لم يأخذ جوردن دريك G. Drake من جامعة ويندسور في كندا بالحجج النظرية الداعمة للهدرينوات، إذ يقول موضحاً: "يتم الحصول على مستويات الطاقة في ذرّة الهدروجين من خلال حل معادلة شرودنغر القطرية على أساس [n] العشوائية، حيث [n] هي الرقم الكمومي الرئيسي، ومن ثم التوجيه بعدم تباعد التابع الموجي القطري عندما يتجه الإحداثي القطري إلى اللانهاية. ونشير إلى أنَّ هذه الحالة تصحّ فقط من أجل n=1، 2، 3، وهلمَّ جرًّا لتشمل كل قيم [n] الأخرى التي تقابل فيها [n] حالات تباعد رياضياتي ليس لها معنىً فيزيائي.

والآن، قام جيريت كروزين G. Kroesen وزملاؤه بتكرار بعض التجارب. وقد خلص إلى القول: "لقد رصدنا تشكّل بلازما هدروجين حينما يستُخدم البوتاسيوم أو السترونسيوم في حجرة الانفراغ، وتعتبر حقيقةُ قيامنا برصد البلازما أمراً غريباً، ولكنها ليست مستحيلةً بشكلٍ كلّي في إطار الفيزياء "التقليدية". وقد تكون نتائجنا مشابهة لنتائج ميلز، ولكن ليس بشكلٍ تام، وأود من جانبي أن نقوم بإجراء المزيد من التجارب، وبالذات، أود أن أستكشف الإصدارات في مختبري الخاص للأشعة فوق البنفسجية الشديدة.

هل يعتقد كرويزن بأن الهدرينوات موجودة؟ فهو يقول: "صحيح أنَّ التجارب التي أجريناها لم تُكذِّب نظرية الهدرينو حتى الآن، "لكنها لم تُكذِّب أيضاً "الفيزياء التقليدية" بشكلٍ قاطع. ولا بد أن يقود المشوار المزيد من التجارب.

نُشر هذا الخبر في مجلة Physics World, September 2005.

أوربا تخطط لمنشأة اندماج ليزري

تَقدَّم علماء فيزياء الليزر في أوربا بخطط لبناء منشأة تكلِّف 500 مليون جنيه إسترليني من أجل دراسة مقاربة جديدة للاندماج الليزري. وتعتقد لجنة علماء من سبع دول في الاتحاد الأوربي بأن بناء منشأة لليزر سريعة الإشعال يمكن أن يقدِّم إسهاماً هاماً في أبحاث الاندماج، كما يدعم التجارب في مجالات أخرى في الفيزياء. وقد يتم بناء هذه المنشأة وتشغيلها بحلول منتصف العقد القادم.

سيتم استخدام الليزر من أجل ضغط وتسخين كبسولة صغيرة من الدوتريوم والتريتيوم، إلى أن تصبح النوى ساخنة بما يكفي

سبيل جديد للطاقة: لقد جرى عرض تقنية الإشعال السريع باستخدام ليزر Gekko XII في جامعة أوساكا في اليابان.

لأن تعاني اندماجاً نووياً وتولّد الهيليوم والنترونات. وفي المفاعل، يمكن أن تستخدم طاقة النترونات في توليد الكهرباء بدون انبعاث غازات الدفيئة أو تولد نفايات نوويَّة طويلة العمر.

إن المقاربة الأكثر تقدُّماً لتحقيق الاندماج تتضمن استخدام الحقول المغنطيسية لحصر بلازما (التريتيوم- الدوتريوم). وهذا هو السبيل الذي ستعتمده ITER، والذي سيكلّف 10 بلايين دولار وصولاً لبناء المنشأة وتشغيلها. أما البديل المتمثّل في تقنية "الحصر العطالي inertial confinement"، والتي تستخدم الليزرات أو الحزم الأيونية بدلاً من المغانط من أجل حصر البلازما، فسوف تدرسه المؤسسة الوطنية للإشعال (NIF) في الولايات المتحدة ومؤسسة ميغاجول ليزر (LMJ) في فرنسا. ولكن هذين الليزرين اللذين تبلغ تكلفتهما بليون دولار سيستخدمان بشكلٍ أساسي لأغراض أبحاث الأسلحة النووية، مع إبقاء 15% فقط من الوقت متاحاً لأغراض القطاعات الفيزيائية الأخرى.

وفي المقاربة التقليدية لتقنية الحصر العطالي، والتي ستستخدم لدى (NIF) و(LMJ)، فإن الليزرات التي تضغط كبسولة الوقود سوف تسخّنها أيضاً. أما مقاربة الإشعال السريع، التي اقترحها لأول مرة ماكس تاباك M. Tabak من مخبر لورنس ليفرمور الوطني في الولايات المتحدة، فإنها تستند إلى ليزرات مختلفة لتلك المرحلتين. وطبقاً لرأي هنري هتشنسون H. Hutchinson من مخبر رنرفورد أبلتون Rutherford Appleton في المملكة المتحدة الذي أعَدَّ اللجنة الأوربية، فإن الإشعال السريع يتطلب طاقة ليزرية أقل مما تتطلّبه المقاربة التقليدية، مما يعني أنها أقل تكلفة بشكل ملحوظ.

ويقول هتشنسون: "إن مشكلة الطاقة مسألة عاجلة بالقدر الذي يكفي لعدم تحمّلنا تجاهل مقاربات مختلفة للاندماج". كما يؤكد أن أي ليزر سريع الإشعال سيكون منشأة مدنية وسيكون متاحاً للبحوث في الفيزياء الفلكية astrophysics، والفيزياء الذرّية والنووية على حدٍّ سواء.

لقد تمّ عرض الإشعال السريع للمرة الأولى من قبل روسيوك كوداما R. Kodama ومعاونيه على الليزر جيكو Gekko XII في جامعة أوساكا في اليابان في العام 2001، والذين عملوا مع فريق من العلماء البريطانيين. ويعمل كوداما وزملاؤه حالياً على تحديث منظومتهم الليزرية من أجل الاقتراب من نقطة التوازن التي يتساوى عندها خرج الطاقة energy output مع الطاقة المطلوبة لصون التفاعل. إنهم يخطّطون لمزيدٍ من تحسين منظومتهم وصولاً إلى الإشعال الذي يحدث عندما تولّد تفاعلات الاندماج طاقة تكفي لصون تلك التفاعلات دونما حاجة للمزيد من التسخين. وأخيراً، فهم يأملون ببناء منشأة إثبات للإشعال السريع. ونشير إلى أن الفيزيائيين في الولايات المتحدة يدرسون موضوع الإشعال السريع كذلك.

أما HiPER، حسبما يسمّيه المُقترَح الأوربي بشكلٍ مؤقت، فسوف يُصمَّم لتحقيق مكاسب "طاقيَّة" كبيرة تزوِّد الخطوة الانتقالية الحرجة بين الإشعال ومفاعل الإثبات هذا. وهو سيتألف من ليزر طويل النبض Long pulse ذي طاقة تبلغ 200 kJ من أجل ضغط الوقود، ومن ليزر قصير النبض Short pulse ذي طاقة تساوي 70 kJ من أجل تسخينه.

وإذا استطاع هتشنسون وزملاؤه إقناع مجالس الأبحاث عبر أوربا بدعم مقترحهم، فقد يتاح البدء في الإنشاء بنهاية العقد الحالي تقريباً. ورغم أن تقرير اللجنة لا يناقش المكان الذي ينبغي فيه بناء الليزر، فقد تكون المملكة المتحدة منافسةً في استضافة المنشأة.

ويدعم كوداما هذا المقترح بقوة، ولكنه يؤكد على الحاجة إلى تنامي التعاون بين الباحثين الأوربيين واليابانيين.

نُشر هذا الخبر في مجلة *Physics World, September 2005*.

فيلسوف الكم

توني ليغيت T. leggett المتخصص في الكلاسيكيات الذي أصبح فيزيائيا يخبر إيدوين كارتليدج E. Cartlidge لماذا أيام علم ميكانيك الكم قد تكون معدودة.

يعتقد توني ليغيت أنه يمكن استبدال علم ميكانيك الكم بنظرية "عيانية واقعية".

لدى توني ليغيت سؤالان يود طرحهما على جماهير الفيزيائيين. يتعلق الأول بتجربة الشق المزدوج باستخدام الإلكترونات المنفردة: هل يمر كل إلكترون عبر أحد الشقين ليشكل نموذج التداخل؟ ويتعلق الثاني بتجربة شرودينغر الشهيرة مع قطة في صندوق: هل ستكون القطة بشكل مؤكد حية أم ميتة قبل فتح الصندوق؟

يميل الفيزيائيون إلى الانتباه عندما يسأل ليغيت سؤالاً ما. وحتى قبل المشاركة في العام 2003 بجائزة نوبل لقاء "إسهاماته الرائدة في نظرية النواقل الفائقة والسوائل الفائقة"، فقد كان ليغيت حجَّة عالمية في تفسير علم ميكانيك الكم وكذلك في نواحٍ أخرى تتعلق بفيزياء المواد المكثفة ودرجات الحرارة المنخفضة. أما الآن، وبعد حصوله على جائزة نوبل فقد أصبح حضوره مطلوباً بشكل أكبر في المؤتمرات وحلقات البحث عبر العالم.

حينما سأل ليغيت هذين السؤالين في اجتماع الفيزياء للعام 2005 في جامعة وارويك الذي انعقد في أوائل هذه السنة، أجاب الجميع تقريباً بـ"لا" على السؤال الأول، ولكن نصف الحضور أجاب بـ "نعم" على السؤال الثاني.

ويقول ليغيت إن هذه الإجابة معقولة إلى حد ما وتوضح التناقض الموجود في صميم علم ميكانيك الكم؛ إذ كيف يمكن لكيانات مجهرية (مكروسكوبية) مثل الإلكترونات والفوتونات أن توجد في حالتين مختلفتين في نفس الوقت ("حالة تراكب")، في حين تظهر أجسام يومية مثل القطط موجودةً في كل زمان بحالة واحدة جيدة التحديد؟

يكمن الحل الأكثر قبولاً لهذه المسألة في ظاهرة نزع الترابط decoherence. وبكلمات أبسط: عندما يتجاوز شيء ما حجماً معيناً، فإن تأثراته interactions مع الوسط تمحو صفاته الكمومية. لكن ليغيت لا يقبل بهذا، فهو يقول: "لسنا مخوّلين أن نؤول الشكلية formalism الميكانيكية الكمومية لدى انتقالنا من المستويات المجهرية إلى المستويات العيانية لمجرد أن الدليل الموجود لدى المستوى الأول لم يعد موجوداً لدى المستوى الثاني".

ولم يعر اهتماماً لفكرة وجود عدد لا محدود من الأكوان نابذاً التأويل المتعدد العوالم لميكانيك الكم باعتباره "شكلاً أخرق لبهرجة لفظية".

وعوضاً عن ذلك، فإنه يعتقد أن علم ميكانيك الكم إما أن يكون وصفاً غير مكتمل للطبيعة أو أنه لا يتعدى "وصفة" رياضياتية mathematical recipe.

بدايات غير تقليدية

لدى ليغيت البالغ من العمر 67 سنة خلفية متميزة غير عادية لفيزيائي رائد. فبالرغم من أن والده اضطلع بتدريس الفيزياء والكيمياء والرياضيات في إحدى المدارس، لم يكن لدى ليغيت أي اهتمام بالفيزياء في شبابه. فهو يقول "كنت أظن أن الفيزيائيين على الدوام أناسٌ مهرة الأيدي مثل المهندسين في حين كنت أخرق اليد جداً". وعوضاً عن ذلك ركز ليغيت على الكلاسيكيات (التاريخ والفلسفة) وتخرج بالدرجة الأولى بين المتفوقين من جامعة أكسفورد للعام 1959.

وعلى الرغم من أن الفلسفة كانت موضوعه الأقوى، لم يستطع ليغيت أن يتصور لنفسه سيرة فيلسوف لأنه كان يشعر أن مادة الفلسفة تعتمد على صيغ العبارات أكثر من اعتمادها على معايير موضوعية. فتحوّل عوضاً عن ذلك إلى الفيزياء وحصل على درجة علمية في هذا الموضوع بعد سنتين فقط بالرغم من أنه كان عليه "إقناع الناس أن الانتقال بين الموضوعين لم يكن غباءً كاملاً".

لقد أثمر هذا الإقناع. فبعد حصوله على درجة دكتوراه من جامعة أكسفورد أمضى 15 عاماً في جامعة ساسكس حيث أنجز بحثه حول نظرية السيولة الفائقة superfluidity في الهليوم-3 الذي حاز عليه جائزة نوبل قبل انتقاله إلى موطنه الحالي (جامعة إلينوي في أوربانا شامبين) عام 1983. وتتضمن اهتمامات أبحاثه هناك الناقلية الفائقة في درجات الحرارة العالية والسيولة الفائقة في الغازات الكمومية والأسس المتعلقة بمفاهيم علم ميكانيك الكم.

يعتقد ليغيت أن إحدى طرق التوفيق بين القوانين الغريبة لعلم ميكانيك الكم وخبرتنا اليومية تتمثل في الاعتماد على التأويل

"الإحصائي" لنظرية الكم. بعبارة أخرى، يمكن تبني فكرة كون نظرية الكم ليست وصفاً للواقع الخارجي، بل هي مجرد أداة يمكنها تقديم تنبؤات دقيقة إلى حد كبير لنتائج تشكيلة من التجارب. وعلاوة على ذلك، ووفقاً لهذا التأويل فإن أفكاراً مثل سعات الاحتمال prob-ability amplitudes لا تقابل أي شيء في "العالم الحقيقي".

لكن ليغيت يعترف أن مثل هذا التأويل "غير مرضٍ بشكل كبير" وأنه يقبله بتردد.

وهو يقول أن البديل يكون بأن يحلّ محل علم ميكانيك الكم نظرية "حقيقية عيانية" macrorealistic تحافظ على تنبؤات علم ميكانيك الكم على المستوى الذري، وتقدم آلية فيزيائية لتفسير السلوك العياني (الماكروسكوبي). هذا وتتنوع تفاصيل هذه الآلية من نظرية إلى أخرى (إذ تغني بعض النظريات علم ميكانيك الكم في حين تحاول نظريات أخرى أن تحل محله.

يعتقد ليغيت أنه سيكون من الممكن الاختيار بين علم ميكانيك الكم والبديل العياني الواقعي عبر قياس الخواص الميكانيكية الكمية للأجسام العيانية الواقعية. وإذا استمر رصد تأثيرات التداخل الكمومي فوق مستوى معين "للعيانية macrorealistic"، فعندئذ يثبت تبرير علم ميكانيك الكم. أما إذا لم يتم ذلك، فإن على الفيزيائيين حسبما يقول ليغيت أن يقبلوا وجود الحاجة إلى نظرية الاستبدال.

لقد تحقق إنجاز العديد من التجارب على هذين المسارين؛ فأظهرت مجموعات مختلفة تراكبات superpositions تتدفق فيها تيارات تحتوي 10^9 من الإلكترونات في اتجاهات متقابلة حول دارة ناقلية فائقة في آن معاً، بينما لاحظ آخرون تأثيرات تداخل كمومي في تجارب تحوي جزيئات الكربون 70.

لقد اجتاز علم ميكانيك الكم جميع التحديات حتى الآن ويعتقد ليغيت أنه يمكن لأشكال نظيرة أكثر تعقيداً من هذه التجارب أن تستبعد خلال 5–10 سنوات النظريات العيانية الواقعية الحالية. ويبين أنه مادامت القطة تحتوي تقريباً 10^{24} من الجسيمات وحيث إنه جرى رصد حالات تراكب ذات 10^9 من الإلكترونات، فإن السلوك الكمومي يكون قد رُصد لدى ما يقرب من 40% من المستوى الماكروسكوبي ولو على مقياس لوغارتمي.

وحتى إذا لم تتوافق تجارب المستقبل مع تنبؤات علم ميكانيك الكم فإن ليغيت يظن أن الكثير من الفيزيائيين سيترددون في قبول النتائج وسيفضلون البحث عن أخطاء في التجربة وليس في النظرية. ويقول في هذا الصدد: "سيمر جيل قبل أن يتم إقناع الناس حقيقة".

حرية ارتكاب الخطأ

يبقى أن نرى ما إذا كانت أية نظرية عيانية واقعية تصمد أمام اختبار الزمن. على أية حال، لقد كانت هناك إمكانية لتعريض النظريات والأفكار لاختبارات تجريبية كانت في البداية قد جذبت ليغيت إلى الفيزياء النظرية وليس الرياضيات التي فكر في الانتقال باتجاهها يوم كان في الجامعة. وهو يقول: "شعرت أنك إذا أخطأت في الرياضيات، فذلك يعني أنك غبي". "لكنني أردت أن أقوم بأعمال حدس غير تافهة بالنسبة للعالم وألاّ أعتبر غبياً. ومن الممكن في الفيزياء أن تقوم بأعمال حدس بالنسبة للعالم تبدو في حينها مستحسنة جداً ولكنها لا تطابق فعلياً الكيفية التي تنظم العالم."

نُشر هذا الخبر في مجلة *Physics World, August 2005*.

الكلور

الرمز:	Cl
العدد الذري: (عدد البروتونات في النواة)	17
الوزن الذري: (موجود بشكل طبيعي)	35

ماهيته

يكون الكلور في شكله النقي غازاً أصفر مائلاً للخضرة مصحوباً برائحة خانقة وغير مستحبة. وبكثافته الأكبر بمرتين ونصف من كثافة الهواء، يظهر الكلور في الطبيعة على شكل نظيرين مستقرين (النظائر هي أشكال مختلفة من عنصر ما تمتلك العدد نفسه من البروتونات في النواة ولكنها ذات عدد مختلف من النترونات.)، وأكثر الأشكال المستقرة شيوعاً هو الكلور -35، الذي يؤلف حوالي 76% من الكلور الطبيعي مع الكلور -37 إذا ما قورن بالبقية.

ومن النظائر المشعة السبعة للكلور، يمتلك واحدٌ منها فقط عمر نصف طويل يكفي ليسوِّغ الاهتمام. أما عمر النصف لدى جميع النظائر الأخرى للكلور فإنه أقل من ساعة واحدة. ويضمحل الكلور-36 بعمر نصف يساوي 300,000 سنة عن طريق إصدار جسيم بيتا وأسر إلكترون، مع الإشارة إلى أن أغلب الاضمحلالات (98%) تحدث عن طريق إصدار جسيم

الخواص الإشعاعية للنظائر الأساسية للكلور					
النظير	عمر النصف (t½)	النشاط النوعي (Ci/g)	نمط الاضمحلال	الطاقة الإشعاعية (MeV)	
				ألفا	بيتا	غاما
كلور -36	300.000	0.033	β,EC	-	0.027	<

CE = أسر الإلكترون ، Ci =كوري ، g =غرام ، MeV= مليون فولط إلكتروني ، الشَرْطة تعني أن العملية ليست قابلة للتطبيق. "<" تعني أن الطاقة الإشعاعية أقل من0.001 MeV . (----------). يتحلل الكلور - 36 عن طريق إصدار جسيم بيتا (98%) وكذلك أسر الإلكترون (2%). أعطيت القيم مقربة إلى أهم منزلتين عدديتين.

بيتا. ويوجد الكلور -36 في موقع هانفورد كشائبة في مفاعلات إنتاج البلوتونيوم السابقة التي توقف استخدامها حالياً. هذا، ويحدُّ من المخاطر المرتبطة بهذا النكليد المشع عمر النصف الطويل للكلور -36 (بما يتميز به من نشاطه النوعي المنخفض تبعاً لذلك) مترافقاً مع الطاقة المنخفضة نسبياً لجسيم بيتا الخاص به ومع الكمية القليلة من إشعاع غاما كذلك.

مصدره

يُعدُّ الكلور عنصراً نشيطاً جداً لا يوجد في الطبيعة بشكل غير متحد، إذ يتحد عادة مع عناصر كالصوديوم والبوتاسيوم والمغنيزيوم. أما أكثر مركّبات الكلور شيوعاً فهو كلور الصوديوم (ملح الطعام)، الموجود في مياه البحر، وآبار الملح، ومكامن الملح الكبيرة، ويتلازم مع كلوريدات أخرى. ويجري إنتاج الكلور تجارياً بواسطة التحليل الكهربائي لكلوريد الصوديوم، كما يمكن إنتاجه أيضاً عن طريق أكسدة كلوريد الهدروجين في حمض كلور الماء. ونشير إلى أن الكلور -36 يتولّد في الجو عن طريق تشظية غاز الأرغون -36 بواسطة بروتونات الأشعة الكونية، أما في التربة والصخور فإنه يتشظّى بواسطة التنشيط النتروني للكلور -35. وقد تمّ إنتاج كميات ضخمة من الكلور -36 بفعل تشعيع مياه البحر خلال بعض الاختبارات للأسلحة النووية التي أجريت بين العامين 1952 و 1958.

لقد عولج الغرافيت المستخدم كمادة مهدئة للنترونات في مفاعلات إنتاج البلوتونيوم (في المنطقة رقم 100 في موقع هانفورد) بغاز الكلور بدرجات حرارة عالية بغية التخلص من شوائب البورون (الذي يُعدُّ مادة ماصة جيدة للنترون). إن مقداراً قليلاً من الكلور قد تبقى في الغرافيت الذي جرى تحميله إلى المفاعلات النووية. فعندما ينشطر نكليد انشطاري مثل ذرّة يورانيوم -235، ينفلق عموماً بشكل لا متناظر إلى شدفتين كبيرتين (هما ناتجتان انشطاريتان تتصفان بعددي كتلة في حدود 90 إلى 140) وإلى نترونين أو ثلاثة. (عدد الكتلة هو مجموع عدد البروتونات والنترونات في نواة الذرّة.) هذا، ويمكن أن تسبب هذه النترونات انشطارات إضافية (تولّد تفاعلاً تسلسلياً). وتتسرّب من المفاعل، أو تشعّ مواد مجاورة. أما الكلور -35 المتبقي في مهدّئ moderator الغرافيت فإنه يمتص النترونات ليصبح كلور -36. وهكذا، يكون الكلور -36 موجوداً في مهدّئ الغرافيت لدى تلك المفاعلات المتوقفة عن العمل وكذلك في نفايات معينة مصاحبة لتشغيلات سابقة لمفاعل ما، بالإضافة إلى النفايات الناتجة عن أنشطة إيقاف العمل اللاحقة، بما في ذلك الغرافيت المُستنفَد (المُستهلَك).

كيفية استخدامه

يوجد للكلور عدة استخدامات صناعية وتجارية. أما استخدامه الأهم فهو كمعقِّم، ولقد تمَّ استخدامه لهذا الغرض ضد تشكيلة واسعة من الالتهابات المهددة للحياة وكذلك ضد الفيروسات والبكتيريا لما يزيد عن 150 عاماً. ويُستخدم الكلور في تعقيم المياه المستخدمة لأغراض الشرب والسباحة، وفي قتل البكتيريا ذات السوية المؤذية (مثل السلامونيلا والإيشريكية القولونية) أثناء تحضير الطعام لدى المطاعم وفي مصانع تعليب الدواجن واللحوم. وهو يستخدم أيضاً في تصنيع مساحيق التبييض، والمنظفات المنزلية، والأصباغ والمتفجرات والأقمشة والمواد الصيدلانية والمطاط الصناعي والورق والمنتجات النفطية واللدائن والغازات السامة. وقد تمّ استخدام الهدروكربونات المُكَلْوَرة على نطاق واسع كمبيدات حشريَّة، حيث جعلت منها ديمومَيتها الطويلة الأمد ملوثات بيئية مزعجة. إن مبردات الفريون هي هدروكربونات تفاعلت مع الكلور والفلور، أما رباعي كلوريد الكربون أو ثلاثي كلوروإيتيلين فهما مذيبان شائعان.

وجوده في البيئة

يوجد الكلور في صخور القشرة الأرضية بتركيز يناهز حوالي 170 مليغرام لكل كيلومتر (ملغم/كغم)، أما تركيزه في مياه البحر فإنه يبلغ حوالي 20 غرام/لتر. ويشكل الكلور في المياه النقية كلوراً عنصرياً (Cl_2)، وأيونات كلور (-Cl) وحمض هيبوكلوريك (HOCl). هذا، ويوجد الكلور -36 في موقع هانفورد على شكل شائبة تصاحب المفاعلات المهدَّأة بالغرافيت. وبينما هو يلتصق بجسيمات التربة بشكل تفضيلي، فإنه يُعدُّ واحداً من النكليدات المشعة الأكثر حركية، وهو يستطيع أن ينتقل إلى الأسفل (بشكل تحتي) مع المياه الراشحة إلى التربة التحتية والمياه الجوفية. ولا يُعدُّ الكلور -36 بشكل عام شائبة رئيسية في المياه الجوفية في مواقع وزارة الطاقة، ويُعزى هذا بشكل أساسي إلى وجوده المحدود في النفايات والتربة، وتجعل منه حركيته مع عمر النصف الطويل الذي يتميز به نكليداً مشعاً ذا أهمية محتملة بالنسبة للخيارات الإدارية البعيدة المدى المتعلقة بالنفايات المصاحبة للمفاعلات المنتجة للبلوتونيوم المتوقفة عن العمل في موقع هانفورد.

معاملات الخطورة الإشعاعية

يقدم لنا هذا الجدول معاملات خطورة منتقاة بالنسبة للاستنشاق والابتلاع (لم تتوفر أنماط امتصاص مَعيبة)، وقد استُخدمت قيم حمية بالنسبة للابتلاع. المخاطر متمثلةً بخطر الوفاة بالسرطان على امتداد العمر لكل وحدة كمية (بيكوكوري،pCi)، باستخدام معدلاتها بالنسبة لجميع الأعمار ولكلا الجنسين (10^{-9} تساوي بليون أو مليار، 10^{12} تساوي تريليون). أما بالنسبة للقيم الأخرى، بما في ذلك المرضية منها، فهي متاحة أيضاً.

النظير	درجة الخطورة العمرية للوفاة بالسرطان	
	الاستنشاق (pCi^{-1})	الابتلاع (pCi^{-1})
الكور - 36	$10^{-11} \times 9.6$	$10^{-12} \times 2.9$

قيمة السمية الكيميائية
التأثير اللاسرطاني: الجرعة المرجعية الفموية Oral RfD
0.1 ملغم / كغم - يوم

سيروريته في الجسم

يمكن أن يدخل الكلور إلى الجسم عن طريق تناول الطعام وشرب الماء أو حتى استنشاق الهواء. ويُعدُّ الامتصاص المعوي المعدي من الطعام والماء المصدر الأساسي للكلور المتراكم داخلياً في عموم الناس. ويُعدُّ الكلور مادة غذائيةً أساسيةً في قوت البشر، كما أنه ضروري من أجل صحة الجهازين الهضمي والعصبي. وفور دخوله، يسلك الكلور -36 في الجسم بالطريقة نفسها التي تسلكها بقية نظائر الكلور. ويتم امتصاص معظم الكلور بشكل تام عند الامتصاص، فيتحرك بسرعة من القناة المعوية إلى مجرى الدم. ويتم بسرعة توزيع الكلور -36 الذي يلج إلى مجرى الدم بعد الابتلاع أو الاستنشاق إلى جميع الأعضاء والأنسجة في الجسم. كما يتم التخلص من الكلور -36 إلى خارج الجسم بعمر نصف بيولوجي يساوي 10 أيام.

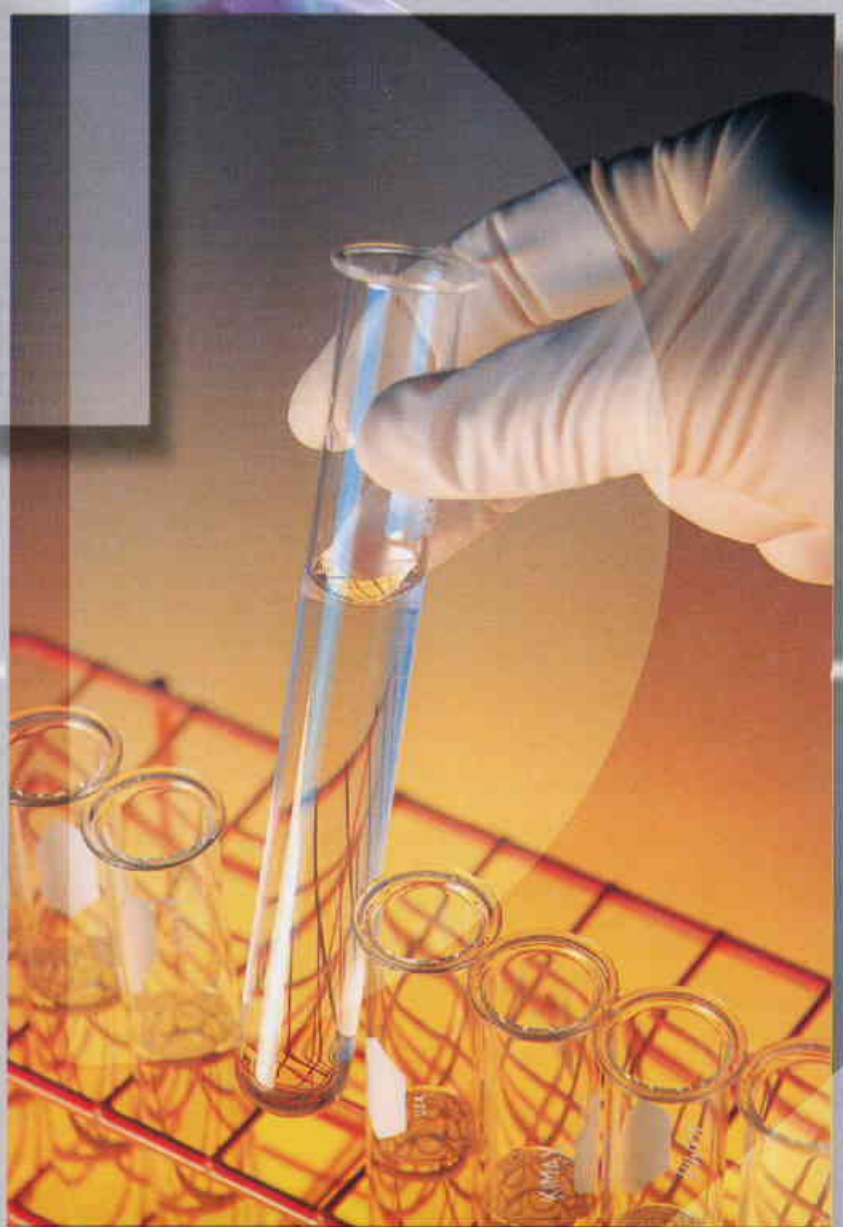
آثاره الصحية الأساسية

لا يعتبر الكلور خطراً على الصحة إلاّ إذا تمّ إدخاله إلى الجسم. ولا يُعدُّ التعرض الخارجي لأشعة غاما أمراً مقلقاً، لأن الكلور -36 يضمحل بإصداره جسيمات بيتا منخفضة الطاقة نسبياً مع كمية صغيرة جداً فقط من إشعاعات غاما. وعندما يكون في الجسم، يمثل الكلور خطراً على الصحة بسبب جسيمات بيتا وإشعاعات غاما. أما الهمّ الصحي الأكثر إثارةً للقلق فإنه يتمثل في الاحتمال المتزايد للإصابة بالسرطان. وكذلك يُعدُّ الكلور غازاً عالي السُمّية، ويمكن أن يسبِّب التعرض الحاد لمستويات عالية منه ضيقاً في التنفس ومن ثمَّ الموت.

خطورته

لقد تمّ حساب معاملات الخطورة العمرية للوفاة بسبب السرطان بالنسبة لجميع النكليدات المشعة تقريباً، بما في ذلك الكلور (المؤطّر2). وفي الوقت الذي تكون فيه معاملات الابتلاع أقل من معاملات الاستنشاق، فإن الابتلاع يعتبر الوسيلة الأكثر شيوعاً في دخوله إلى الجسم عموماً. وعلى غرار النكليدات المشعة الأخرى، تبلغ معاملات الخطورة بالنسبة لمياه الصنبور حوالي 75% من تلك التابعة للابتلاع الغذائي. وبالإضافة إلى خطورته الإشعاعية المسرطنة، فقد تبيَّن أنَّ الاستنشاق المزمن للكلور يخفض من أوزان الأعضاء والجسم لدى الحيوانات، ولاسيما في حالة الجرعات المرتفعة. وتُعْرَف القيمة السمّية لتقدير احتمالية الآثار اللاسرطانية non-cancer الناتجة عن التعرض المزمن بالجرعة المرجعية (RfD)، وهذا تقدير لأعلى جرعة يمكن أن يتم تناولها يومياً طيلة العمر دونما حدوث تأثير جانبي صحي. وتبلغ الجرعة المرجعية عن طريق الفم المستخدمة في تقدير التأثيرات اللاسرطانية للكلور ما مقداره 0.1 ملغرام لكل كيلوغرام من وزن الجسم في كل يوم (ملغم/كغم-يوم). وقد تمّ وضع هذا التقدير للجرعة المرجعية من خلال تحليل الآثار البيولوجية لحيوانات اختبار تمَّ إعطاؤها كميات كبيرة من الكلور. وجرى تعديل النتائج وتنظيمها فيما بعد على أساس ملغم/كغم-يوم بالنسبة للجنس البشري.

نُشر هذا الخبر في مجلة ANL, October 2001.



تقييم سلالات شعير مضاعفة مختزلة الصيفة الصبغية وأخرى طافرة لخصائصها الزراعية ولمقاومتها لمرض السفحة

د.محمد عماد الدين عرابي، محمد جوهر

قسم البيولوجية الجزيئية والتقانة الحيوية

هيئة الطاقة الذرية -ص. ب 6091 - دمشق- سورية

ملخص

الشعير محصول حقلي رئيس يزرع في العالم على نطاق واسع. أجري بحث حقلي ضمن ظروف العدوى الطبيعية ولعامين متتاليين في المحطة الرئيسة لإيكاردا في شمال غرب سورية، وذلك لتقييم سلالات شعير مضاعفة مختزلة الصيغة الصبغية وسلالات أخرى طافرة لخصائصها الزراعية (النتاج الحبي، طول النبات وعدد الأيام للتسنبل) ولمقاومتها لمرض السفحة (Rhynchosporium secalis). وجدت فروق معنوية بين السلالات في النسبة المئوية لسطح الورقة المصاب. على أية حال، أبدت السلالات المختبرة مدىً مستمراً من الاستجابة من عالٍ لقابلية الإصابة إلى مقاوم للمرض. أبدت سبع سلالات نسبة مئوية منخفضة معنوياً لسطح الورقة المصاب بالمرض بالمقارنة مع السلالات الأخرى والذي ترافق مع نتاج حبي وباكورية كامنة. ولهذا من الممكن اعتبارها كمانح محتمل في برامج مستقبلية لتربية الشعير.

الكلمات المفتاحية: شعير *Hordeum vulgare L*. فطر Rhynchosporium *secalis*. مضاعفات الصيغة المختزلة، طافرات- مقاومة.

مقدمة

تُعدُّ سفحة الشعير التي يسببها العامل الممرض الفطري Rhynchosporium secalis مرضاً ورقياً هاماً يحدث بشكل متكرر في الأجزاء الباردة ومتوسطة الرطوبة من مناطق زراعة الشعير في العالم، وهو ذو تأثير معنوي ضار في كلٍ من النتاج والنوعية [1] الفاقد الأولي الناجم عن السفحة هو خفض النتاج (الإنتاجية) والذي قد يتجاوز 20% [2].

تشكل السفحة في سورية مشكلة خطيرة وبخاصة في المناطق الشمالية والشمالية الغربية ذات المناخ الحار والرطب [3] يُعدُّ الشعير أحد المحاصيل الحبية الهامة في سورية، حيث تزرع منه سنوياً مساحة تتراوح ما بين 1.5 وحتى 2 مليون هكتار غالباً ما تكون ضمن شروط الزراعة البعلية [4]. قد يكون لتغير النظم الزراعية وبخاصة استبدال دورات الشعير وأصنافه التقليدية تأثير معنوي كبير في أمراض النبات [3].

ويعدُّ تطوير أصناف مقاومة من أكثر الوسائل فاعلية للسيطرة على مرض السفحة [5]. وقد تم في عديد من البلدان تحديد مصادر مقاومة لهذا المرض [7،6]. على أية حال، لم يجرِ بعد تحديد مصادر مقاومة تامة للسفحة، وتعتبر الأصناف السورية الحالية ذات مقاومة متوسطة فقط تجاه هذا المرض. هذا وقد جرى تحديد مورثات رئيسية مختلفة عن صفة المقاومة لعترات خاصة من الفطر R.secalis [10،9،8].

وإنتاج سلالات مضاعفة مختزلة الصيغة الصبغية وكذلك التربية بالتطفير هما تقنيتان مستخدمتان حالياً بشكل واسع في برامج الانتخاب والتحسين الوراثي للشعير، حيث أمكن استخدام التقنية الأولى للحصول على سلالات تركيبية مقاومة لمرض تخطط أوراق الشعير [11]. والبياض الدقيقي [12]. كذلك استخدمت التقنية الثانية (التربية بالتطفير) لتطوير سلالات من الشعير مقاومة لمرض البياض الدقيقي [13].

أجريت هذه الدراسة للتحقق من سوية مقاومة السفحة لدى سلالات شعير نتجت عن تربية أصناف شعير مستخدمة حالياً في أوربا وغرب آسيا بغية إيجاد مصادر جديدة مقاومة للسفحة توجد ضمن خلفيات وراثية متكيفة وفي أنماط نباتية ذات مواصفات محصولية مقبولة لدى الزراع.

المواد والطرائق

المواد النباتية

بدأت هذه التجربة باستخدام 122 سلالة شعير [14]. وتمثل أصناف وسلالات الشعير المستخدمة تبايناً وراثياً واسعاً من حيث قابلية إصابتها بالأمراض الورقية. اختبرت كل سلالة لمدة 6 سنوات في مواقع مختلفة في سورية. واعتماداً على الخصائص الزراعية (مقاومة المرض وإنتاج غلة عالية) اختيرت 18 سلالة من أجل غربلتها لمقاومة السفحة، علماً أن 11 من هذه السلالات كان قد نشأ بالتهجين بين طرز الشعير المزروع H. vulgare والشعير البصيلي H. bulbosum. وقد تم إنتاج هذه الهجن من خلال تهجينات أجريت بين عشرة أصناف مختلفة من الشعير ممثلة لتباين وراثي عالٍ (الجدول 1). وأما السلالات السبع الأخرى فقد تم الحصول عليها بالتطفير باستخدام أشعة غاما.

جدول 1 آباء الشعير المستخدمة للحصول على سلالات مضاعفة الصيغة الصبغية المختزلة وللحصول على طفرات جرى اختبارها في هذه الدراسة

الطراز الوراثي	نموذج الصف	البلد
Arrivate	6	USA
A79-ED047	6	France
Banteng	6	Germany
CI - 5791	2	Ethiopia
DORS 51-76-10	6	France
Furia	6	France
Golf	2	England
Massif	6	France
Smash	6	Belgium
Thibaut	6	France

الموقع التجريبي والتصميم

أجريت التجارب ولموسمين (1995-1996 و 1996-1997) ضمن ظروف الزراعة البعلية الطبيعية في تل حديا وهي المحطة الرئيسة لإيكاردا (ICARDA) (المركز الدولي للبحوث الزراعية في المناطق الجافة)، على بعد 350 كم من دمشق شمال غرب سورية. شملت كل تجربة سلالات منتخبة مضاعفة مختزلة الصيغة الصبغية وتلك الطافرة. زرعت البذور بتصميم القطاعات العشوائية الكاملة في ستة مكررات. شمل المكرر خمسة خطوط بفاصل 25 سم وبطول 1.5 م مع حدٍّ فاصل بعرض 1م. زرعت البذور يدوياً بمعدل 110 كغ/هكتار. قبل البدء بإجراء الدراسة أخذت من موقع التجارب عينات تربة على عمق 15 سم. ويبين الجدول تفاصيل عن نوع التربة والهطول المطري وموعد الزراعة. غطيت التجارب بشبكة لمنع ضرر الطيور.

جدول 2 معلومات عن الموقع

التربة	ناعمة جداً (طينية)
الصنف	montmorillonimc, thermic, Calcixeret
الطين (%)	55
السلت (%)	33
الرمل (%)	7
pH	8-2.6
معدل الهطول المطري (مم/سنة)	330
الدورة الزراعية	شعير/فصة
المعاملات السمادية قبل الزراعة (كغ/هكتار)	
يوريا N46 %	50 كغ/هكتار
فسفور P_2O_5	27 كغ/هكتار
موسم النمو 1995-1996	
تاريخ الزراعة	25 تشرين الثاني
تاريخ الحصاد	الأول من حزيران
موسم النمو 1996-1997	
تاريخ الزراعة	3. كانون الثاني
تاريخ الحصاد	السادس من حزيران

اختير موقع التجربة بحيث يكون مناسباً لحدوث الإصابة بالسفحة، حيث يصاب الشعير بالفطر R.secalis في هذا الموقع سنوياً. إضافة إلى ما سبق ذكره، ولتعزيز العدوى بهذا المرض، وزع في الحقل قش مصاب بالسفحة عندما بلغت نباتات الشعير طور الورقة الثانية، حيث قطع القش إلى قطع صغيرة 3-5 سم ونثر بمعدل 50 غ/م2. قيم تفاعل المضيف للعدوى في طور النمو 49 [15] باستخدام سلم رقمي من 0 إلى 9 بحيث يكون من: 0-3 (مقاوم)، ومن 4-5 (متوسط المقاومة) ومن 6-9 (حساس).

أخذ موعد الحصاد عند طور النضج 91، وقيس طول النبات في طور التسنبل 50، وحسب مقدار الإنتاجية لكل 10 م2.

التحليل الإحصائي

حللت بيانات النسبة المئوية للإصابة بالمرض واستجابات الإنتاج الحبي النتاج باختبار التباين (Newman-Keuls)، باستخدام برنامج STAT-ITCF [61].

النتائج والمناقشة

يستعرض الجدول 3 تفاعلات سلالات الشعير الثماني عشرة المختبرة حقلياً تجاه الإصابة بالسفحة، حيث ظهرت فروق معنوية ($P<0.05$) بين سلالات مختلفة في قيم متوسطات الشدة في حين كان لبعض السلالات، وبشكل دائم، شدات مرضية عالية.

جدول 3 التفاعل الحقلي لسلالات الشعير مع الفطر Rhynchsporium secalis وبعض الصفات الزراعية خلال موسمي النمو 1996 (I) و 1997 (II).

الطراز الوراثي	التهجين سلالات مضاعفة الصيغة المختزلة		التصنيف المرضي	الشدة المرضية	التصنيف المرضي	الشدة المرضية	الغلة الحبية (كغ/10 م2)		الأيام حتى التسنبل	ارتفاع النبات النهائي
			I		II		I	II	يوم	سم
AECS1	CI-5791 X Golf -	DH1-5	S	8.0a	S	7.5a	3.9bc	2.9cd	152.0ef	65.3bc
AECS2		DH4-5	S	6.2ab	S	6.7ab	3.4c	3.4bc	149.3g	64.2bc
AECS3	DOR51-76-10 X A79 ED047	DH1-8	R	3.0bc	R	3.0cd	3.9bc	3.3bc	158.0ab	54.1de
AECS4		DH31-3	R	1.5ef	R	1.2g	5.0a	3.8ab	153.3ef	56.0de
AECS5		DH31-1	MR	3.8bc	R	3.0de	4.1ab	3.4bc	157.0ec	56.0de
AECS6	Massif X A79 ED047	DH15-9	R	2.3cd	R	2.3ef	4.3ab	2.8cd	145.0h	56.0de
AECS7	Thibaut x Smash	DH42-2	R	1.7de	R	2.2ef	4.3ab	3.4bc	152.0ef	59.8dd
AECS8	Arrivate X Smash	DH23-11	R	1.17f	R	1.3fg	4.6ab	3.9a	149.7g	63.2dd
AECS9		DH23-1	R	1.7de	R	1.3fg	4.5ab	3.7ab	154.0de	63.9dd
AECS10	Banteng X Smash	DH3-9	MR	4.5bc	MR	4.2cd	4.3ab	2.4e	160.0ab	58.1cd
AECS11		DH3-1	S	5.5b	S	5.8ab	4.5ab	2.8cd	161.3a	85.1cd
	طفرات									
AECS12	Thibaut 24M5		S	5.2b	MR	6.0ab	4.0ab	2.7cd	158.0ab	69.9ab
AECS13	Thibaut 32M5N3		MR	5.0b	MR	5.0bc	3.8bc	3.1cd	155.0cd	68.5ab
AECS14	Thibaut 32M6		MR	4.2bc	MR	3.8cd	4.5ab	3.6ab	156.0cd	60.2cd
AECS15	Thibaut 32M5N2		MR	3.7bc	MR	3.5de	3.9bc	2.6de	157.0bc	55.3de
AECS16	Thibaut 24M6		R	3.3bc	R	2.8de	3.4c	3.7ab	144.7h	60.4cd
AECS17	Arrivate 12M6		MR	4.0bc	MR	3.8cd	4.3ad	3.8ab	152.3ef	69.1ab
AECS18	Furia 32M5N1		MR	4.5bc	MR	4.2cd	4.4ad	3.1cd	158.0ab	51.8e

حساس: S ، متوسط المقاومة = MR ، مقاوم = R

لا تختلف القيم المتبوعة بنفس الأحرف ضمن العمود معنوياً (Newman Keuls) P=0.05

تظهر البيانات أن 7 من سلالات (طاقة 3 و4 و6 و7 و8 و9 و16) أمكن تصنيفها كمقاومة لمرض السفحة في الموسمين كليهما، في حين كانت السلالتان AECS1 و 2 أكثر قابلية للإصابة من السلالات الأخرى (الجدول 3)، أما السلالات الأخرى فقد تراوحت قيم إصابتها بالسفحة ما بين حساسة ومتوسطة المقاومة. وجدت علاقة ارتباط عالية المعنوية (r= 0.97, P=0.05) للتفاعل مع السفحة بين الموسمين، ويشير ذلك إلى تشابه سلالات الشعير في تفاعلها مع الإصابة بمجتمعات الفطر R. secalis ضمن الظروف الحقلية.

وأظهرت الطفرة AECS17 مقاومة متوسطة للإصابة بالسفحة (الجدول 3)، في حين امتازت الطفرة AECS16 بالباكورية في موعد التسنبل.

أظهرت النتائج بوضوح أن السلالات التي تم فيها دمج مورثات المقاومة بتقنيات مضاعفة الصيغة الصبغية المختزلة كانت أكثر مقاومة للسفحة من تلك المستنبطة بالتطفير. وقد سبق أن أشار كل من [17] و [18] إلى إمكانية الحصول، في برامج التربية، على إنتاج سريع لسلالات شعير مضاعفة مختزلة الصيغة الصبغية ذات إنتاجية عالية ومقاومة للمرض.

كذلك، وجدت فروق معنوية (P<0.05) بين السلالات في النتاج الحبي وفي تاريخ التسنبل وفي طول النبات (الجدول 3)، إضافة إلى حصولنا على معامل ارتباط معنوي (P<0.01) r= 0.67 بين الموسمين في الغلة الحبية. هذا، ولم نجد فروقاً معنوية بين الموسمين لصفتي موعد التسنبل وطول النبات، لذلك اقتصر عرض قيم هاتين الصفتين لموسم نمو واحد فقط (الجدول 3).

لاحظ [19] من خلال دراسة البنية النسيجية لعدوى السفحة وجود فروق في عملية العدوى بين الأصناف المقاومة والحساسة. وعلى أية حال، تبين في دراسة أخرى أن الوجود الكثيف لتوضعات الجدار الخلوي في الأصناف الحساسة يقود إلى الاستنتاج بعدم ارتباط آليات المقاومة مع معلومات التوضع [20].

قد تفسر آليات المقاومة لدى السلالات السبع ذات الصيغة الصبغية المضاعفة المختزلة إما بمنع اختراق المشيجة الفطرية عبر جدار الخلية أو بتخفيض نمو المشيجة بعد اختراق ناجح.

أظهرت اختبارات على الشعير توزعاً مستمراً في تفاعل المقاومة يتراوح بين 1.2 إلى 7.5، الأمر الذي يقترح غياب المقاومة الكاملة وتورط عدد من المورثات الرئيسة [21, 22]، وهذا بحدّ ذاته يجعل التربية من أجل مقاومة المرض أكثر صعوبة بالمقارنة عنها فيما لو خضعت المقاومة إلى مورثات وحيدة ذات تأثيرات رئيسة.

وجد انتشار واسع للسفحة في الموقع المختار من المحطة الرئيسة لإيكاردا، وهذا الأمر لا يثير الدهشة، حيث بالإضافة إلى ظروف الرطوبة العالية ودرجة الحرارة المعتدلة في هذا الموقع، استخدم الموقع ذاته ولفترة طويلة في زراعة أصول وراثية من الشعير جمعت من مناطق مختلفة وبنى وراثية مختلفة والتي شجعت بدورها تنوعاً أشد للعامل المرض وتراكماً أعظم لمادة التلقيح، وهذا يفسر السوية العالية التي لوحظت لانتشار المرض.

قد يكون مغرياً ربط بعض الصفات الظاهرية بشدة إصابته بالمرض، ولو أن ذلك يتعدى مجال هذه الدراسة. أظهرت بعض النتائج أن النباتات الأطول كانت أكثر تعرضاً للمرض من تلك الأقصر، لكن تأكيد هذه النتيجة يتطلب المزيد من البحث والاستقصاء. وتتوافق هذه النتائج مع تلك التي حصل عليها من قبل [23]. ورغم أن بياناتنا لا تظهر دليلاً واضحاً بأن السلالات المتأخرة في النضج تميل لأن تكون أكثر مقاومة للمرض، إلا أن ملاحظة كهذه تتطلب أيضاً المزيد من البحوث والدراسات.

لقد زودت هذه الدراسة برامج تربية الشعير بسبعة مصادر وراثية مقاومة للسفحة ذات إنتاج جيد. كذلك، طمحت هذه الدراسة إلى إيجاد تنوع أعظم للمقاومة مما يخدم المربي ويتيح إمكانية توفير أصناف بديلة في المستقبل القريب. على أية حال، يفترض أن يكون عمل المقاومة للسفحة ناتجاً عن تأثير متعدد السلالة [24]، كما أن توزع التفاعل المرضي لدى السلالات المقاومة المتحصل عليها في دراستنا هذه يشير إلى الحاجة إلى مزيد من البحث والاستقصاء.

المراجع References

[1] Brown, A. H. D., Garvin, D. F., Burdon, J. J., Abbott, D. C. and read, B. J., 1996. The effect of combining scald resistance genes on disease levels, yield and quality traits in barley. Theor. Appl. Genet., 93: 361-366.

[2] Mamluk, O. F., Cetin, L., Braun, H. J., Bolat, N., Bertschinger, L., Makkouk, K. M., Yildirim, A. F., Saari, E., Zencircia, N., Allustan, S., Cali, S., Benival, P. S. and Dusunceli, F., 1997. Current status of wheat and barley diseases in the Central Anatolian Plateau of Turkey. Phytopathol. Medit. 36: 167-181.

[3] Van Leur, J. A. G. and Ceccarelli, S., 1990. Subsistence farmer strategies in response to drought and biotic stress uncertainty. Symposium on biotic stresses of barley in arid and semi – arid environments, Big Sky, Montana, 1990.

[4] Van Leur, J. A. G., Ceccarelli, S. and Grando, S., 1989. Diversity for disease resistance in barley landraces from Syria and Jordan. Plant Breed. 103: 324-335.

[5] McLelland, M. B. 1989. Barley production in Alberta. Agdex 114/20-1. Alberta agriculture, food and rural development, Lacombe, Alberta, Canada.

[6] Ceoloni, L., 1980. Race differentiation and search sources of resistance to Rhynchosporium secalis in barley in Italy. Euphytica 29: 547-553.

[7] Robbertse, B, Lennox, C. L., van Jaarsveld, Crous, P. W. and van derRijst, M 2000. Pathogenicity of the rhynchosporium secalis population in the Western Cape province of South Africa. 115: 75-82.

[8] Starling, T. M., Roane, C. W. and Chi, K. R., 1971. Inheritance of reaction to Rhynchosporium secalis in winter barley. Proc. 2nd Int. Barley Genet. Symp. Pullman. Washington. 1969. 513-519.

[9] Habgood, R. M. and Hayes, J. D., 1971. The inheritance of resistance to Rhyncosporium secalis in barley. Heredity, 27: 25-37.

[10] Garvin, D. F., Brown, A. H. D. and Burdon, J. J., 1997. Inheritance and chromosome locations of scald-resistance genes derived from Iranian and Turkish wild barleys. Theor. Appl. Genet., 94: 1086-1091.

[11] Skou, J. and Haahr, V., 1984. An analysis of heredity of resistance against barley leaf stripe (Drechslera graminea) Nordisk jordbrugsforsking, 66: 205-207.

[12] Friedt, W., Foroughi, B. and Wenzel, G., 1984. Agronomic performance of androgenetic doubled haploid spring barley (Hordeum vulgare L.). In: LANGE, , W and ZEVEN, A. C. ed. Efficiency in plant breeding. Proceeding on 10th congress of European association for research on plant breeding. Hogenboom, N. G. Wageningen, Netherlands. pp. 313.

[13] Lundovist, L. and Lundovist, A., 1991. Dominant resistance to barley powdery mildew race D1. isolated after mutagen treatments in four highbred barley varieties. Hereditas, 115: 241-253.

[14] Arabi, M. I. E., 1991. Amelioration de la resistance genetique de l' orge a Drechslera teres (Sacc.) Shoem. Par hybridation et mutation. These Doctorate de l' institute National polytechnique de Tolouse. France. pp. 165.

[15] Zadoks, J. C., Chang, T. T., and Konzak, C. F. 1974. A decimal code for growth stages of cereals. Weed Research, 14: 415-421.

[16] Anonymous, 1988. STAT-ITCF, Prpgramme, MICROSOFT, realized by ECOSOFT, 2nd Ver. Institut Technique des cereals et des Fourrages, Paris, pp. 55.

[17] Choo, T. M., Tekauz, A., Ho, K. M. and Martin, R. A., 1994. Use of doubled haploids in studying net blotch resistance in barley. In: eds. Toward enhanced and sustainable agricultural productivity in the 2000's: Breeding research and biotechnology. HUNG, S. C., LIU, D. J. KAO, C. H. and Chang, T. T. Proceeding of 7th International Congree of SABRAO and International Symposium of Wsaa Taichung, Taiwan. p. 179-187.

[18] Jui, P. Y., Choo, T. M., Ho, K. M., Konishi, T. and Martin, R. A., 1997. Genetic analysis of a two-raw x six-row cross of barley using doubled haploid lines. Theor. Appl. Genet., 94: 549-556.

[19] Xi, K., Burnett, P. A., Tewari, J. P., Chen, , M. H., Turkington, T. K. and Helm, J. H., 2000. Histopathological study of barley cultivars resistant and susceptible to Rhyncosporium secalis. Phytopathology, 90: 94-102.

[20] Lehnackers, H., and Knogge, W., 1990. Cytological studies on the infection of barley cultivars with known resistance genotypes by Rhynchosporium secalis. Can. J. Bot., 68:1953-1961.

[21] Barua, U.M., Chalmers, K. J., Hackett, C. A., Thomas, W. T. B., Powell, W. and Waugh, R., 1993. Identification of RAPD markers linked to a a Rhynchosporium secalis resistance locus in barley using near isogenic lines and bulked segregant analysis. Heredity 71:177-187.

[22] Eckstein, P. E., Turkington, K., Voth, D., Hay, D., Orr, D., Penner, G. A., Rossnagel, B. G. and Scoles, G. J., 2000. Identification and development of markers for scald (Rhyncosporium secalis) resistance gene in barley. Proceeding on 8th Int. Barley Genetics Symposium, Adelaide, Australia, Oct. 22-27.

[23] Yitbarek, S., Berhane, L., Fikadu, A., Van Leur, J. A. G., Grando, S., and Ceccarelli, S., 1998. Variation in Ethiopian barley landrace populations for resistance to barley leaf scald and net blotch. Plant Breed. 117:419-423.

[24] Alemayehu, F., 1995. Genetic variation between and within Ethiopian barley landraces with emphasis on durable resistance. Thesis, land-bouw Universiteit Wageningen. The Netherlands.

[25] Abbott, D. C., Burdon, J. J., Jarosz, A. M., Brown, A. H. D., Muller, W.J. and Read, B. J., 1991. The relationship between seedling infection types and field reactions to leaf scald in Clipper barley backcross lines. Aust. J. Agric Res., 42: 801-809.

نشرت ورقة البحث هذه في مجلة Cereal Research Communications

إنتاج الضماد الطبي الرطب باستخدام إشعاع غاما

زكي عجي - إبراهيم عثمان

دائرة تقانات البوليميرات، قسم تكنولوجيا الإشعاع،
هيئة الطاقة الذرية، ص.ب: 6091، دمشق، سورية

يانوش روزياك
معهد الكيمياء الإشعاعية التطبيقية، لودج، بولندا.

ملخص

حُضرت ضمادات رطبة باستخدام تقنية التشعيع بأشعة غاما. تتألف الضمادات من بولي فينيل بيروليدون (PVP) وبولي إيثيلين غليكول (PEG) والآغار. دُرس تأثير بعض متحولات التفاعل على خواص الضمادات مثل: نسبة التجلتن، الانتباجية العظمى، حركية الانتباجية، والخواص الميكانيكية. ترتفع نسبة التجلتن مع ارتفاع تركيز الـ PVP بسبب ارتفاع الكثافة التصالبية، وتنخفض مع ارتفاع تركيز الـ PEG. يبدو أن الـ PEG لا يعمل فقط كملدن ولكن أيضاً لتعديل خواص الجيل المحضر مثل نسبة التجلتن % والانتباجية العظمى. يُمكن اعتبار الضمادات الرطبة المحضرة حاجزاً جيداً ضد الميكروبات.

الكلمات المفتاحية: هلام مائي (هيدروجيل)، إشعاع، البولي فينيل بيروليدون (PVP)، بولي إيثيلين غليكول (PEG)، الآغار.

مقدمة

الهلام هو عبارة عن بوليميرات متصالبة منتبجة بسائل ما. النعومة والمرونة والقدرة على تخزين السوائل تجعل منها مواد فريدة. استُخدم البولي فينيل بيروليدون بنجاح كمادة أساسية لتصنيع الضمادات الرطبة [1-2]. تظهر هذه الضمادات عادة توافقية حيوية جيدة وتُطبق بشكل واسع ليس فقط كضماد ولكن كذلك كمنظومات لتحرير الأدوية [3]. تتوفر في الأسواق بعض أنواع من الضمادات الرطبة تحت أسماء تجارية مختلفة: Kik Gel Vigilon; Ivalon; Aqua Gel والتي تم تعقيمها باستخدام تقنية التشعيع [4]. نُشر كذلك في الأدبيات العلمية عن أنواع أخرى من الضمادات الرطبة [5-7]. تُحضر الضمادات الرطبة عادةً من البولي فينيل بيروليدون (PVP) بوجود الآغار كأحد المكونات الإضافية لتحسين الخواص الميكانيكية للهلام ولكن وجود الآغار يُمكن أن يسبب اختراق (دخول) الميكروبات بشكل أسهل إلى الهلام وخاصة في الأجواء الاستوائية حيث الرطوبة مرتفعة [4]. نشر هيلمي ومجموعته (Hilmy et al) أن إضافة البولي إيثيلين غليكول لمكونات هلام (PVP) يُمكن أن تحسن إعاقة الهلام للبكتريا [8]. يجب أن يلبي الضماد المثالي عدداً من المتطلبات مثل: امتصاص السوائل بشكل فعال، مريح في الملمس ولا يسبب الألم عند نزعه، التمتع بمرونة عالية ولكن مقاومة ميكانيكية جيدة، شفافية جيدة، وأن يعمل كحاجز ضد الميكروبات.

تم نقل تقنية الإنتاج للضماد الطبي الرطب إلى سورية بنجاح كجزء من مشروع تعاون فني مع الوكالة الدولية للطاقة الذرّية. يوضح العمل الحالي تحضير الضماد الطبي الرطب باستخدام تقنية التشعيع بأشعة غاما، وتأثير بعض متحولات التفاعل على بعض خواص الضمادات مثل: نسبة التجلتن، الانتباجية العظمى والخواص الميكانيكية.

القسم التجريبي

تكونت الضمادات الرطبة من البولي فينيل بيروليدون والبولي إيثيلين غليكول والآغار والماء المقطر. إن الضمادات في شكلها النهائي

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

هي عبارة عن شرائح شفافة ثخانتها عدة مليمترات وأبعادها مختلفة وتحتوي على الماء بنسبة تفوق 90%. الخطوة الأولى في التصنيع هي تحضير محلول مائي من مكونات الضماد. بعد حل ومزج المكونات عند درجة حرارة مناسبة يتشكل لدينا محلول متجانس. تُملأ القوالب التي يمكن استخدامها كعبوات نهائية، بمحلول الضماد الذي يصبح بعد التبريد سائلاً جامداً عالي اللزوجة، وتُوضع هذه العبوات في الصناديق المناسبة النهائية. تُعرض صناديق الجل المتجمد للأشعة المؤينة لتصبح سلاسل البوليمير متصالبة. تُستخدم محطة غاما للتشعيع (نموذج روسي ROBO) ذات معدل جرعة قدره 6 ك. غراي/ سا وتُطبق عادةً جرعة قدرها 25 ك. غراي لضمان عقامة المنتج. عُرضت صناديق الضمادات لأشعة غاما بطريقتين:

1- وُضعت الصناديق في مكان محدد وتم تدويرها يدوياً لإعطاء توزع متجانس للجرعة.

2- وُضعت الضمادات في سير متحرك لمدة أسبوع للحصول على جرعة قدرها 25 ك. غراي. حصلنا في كلا الحالتين على ضمادات بنوعية جيدة.

تحديد نسبة التجلتن

جُففت العينات بعد التشعيع (W_o) ثم نُقعت في الماء المقطر لعدة أيام حتى ثبات الوزن (حد توازن الانتباج W_s) ولإزالة الأجزاء المنحلة. جُففت الهلامات مجدداً في الهواء في فرن مخلى (W_E) ثم حُسبت نسبة التجلتن المئوية حسب المعادلة التالية:

$$gelation\% = \frac{W_E}{W_o} \times 100$$

W_o الوزن الجاف للهلام بعد التشعيع.

W_E الوزن الجاف للعينة بعد استخلاص الأجزاء المنحلة.

الانتباجية العظمى

بعد نقع العينات وغسلها حُسبت الانتباجية العظمى المئوية (S_{max} %) باستخدام المعادلة التالية:

$$S_{max}\% = \frac{W_S - W_E}{W_E} \times 100$$

حيث:

Ws وزن الهلام عند توازن الانتباج (بعد عدة أيام من النقع في الماء).

W_E الوزن النهائي الجاف.

حركية التجفاف

تمت متابعة سلوك تجفاف الهلام من خلال قياس الانخفاض المئوي لوزن عينة الضماد عند درجة حرارة ثابتة قدرها 37 درجة مئوية باستخدام جهاز Mettler للتحليل الحراري الوزني TG50 ووجود النيتروجين.

الخواص الميكانيكية

حُدد الجهد والاستطالة المئوية عند الانقطاع للضمادات المحضَّرة باستخدام جهاز Instron نموذج 1011. حُسب المتوسط لخمسة مكررات على الأقل لكل نقطة.

اختبار الاختراق الميكروبي

استُخدمت لهذا الاختبار ضمادات ذات ثخانة حوالي 3 مم وأبعاد 7 × 12 سم^2. لُوث السطح العلوي للعينة بالبكتريا (إشريكيات كولونية (E.coli) سلبية الغرام، مكورات عنقودية (Strepto) إيجابية الغرام) وحضنت لمدة 24 ساعة عند درجة حرارة 37 درجة مئوية.

النتائج و المناقشة

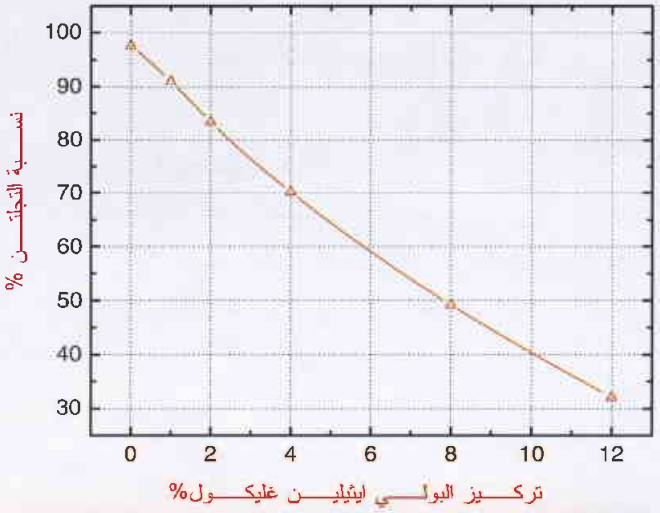
نسبة التجلتن

يؤدي تشعيع محاليل مائية من PVP إلى تشكيل شبكة بوليميرية غير منحلة (هلام). يعرض الشكل (1) نسبة التجلتن المئوية للضمادات بتابعية تركيز PVP في المحلول المشعع عند 25 ك. غراي. يمكن أن نرى ارتفاع نسبة التجلتن مع ارتفاع تركيز البوليمير، ويعود ذلك إلى ازدياد الكثافة التصالبية مع ازدياد تركيز البوليمير.

الشكل 1 نسبة التجلتن % للضمادات بتابعية تركيز البولي فينيل بيروليدون في المحلول (الجرعة التشعيعية = 25 ك. غراي)

نُرس كذلك تأثير PEG على نسبة التجلتن المئوية والنتائج معروضة في الشكل (2). إن نسبة التجلتن المئوية مع غياب PEG

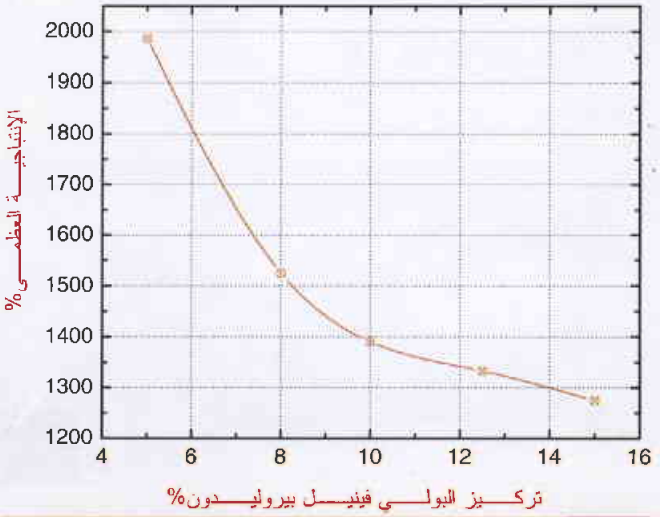
عالية جداً حوالي 97% والـ PVP متصالب (متجلتن) تقريباً بشكل كامل. تنخفض هذه النسبة مع ارتفاع تركيز PEG حتى تصل إلى 32% عندما يصبح تركيز الـ PEG 12%. إن الـ PEG لا يعمل فقط كمادة ملدنة ولكنه يخفض تفاعل التشابك وبالتالي عملية التجلتن. يمكن لـ PEG بصفته كحولاً أن يعمل ككاسح للجذور ويمكن استعمال هذا التأثير لضبط (رفع أو خفض) نسبة التجلتن للهلام المحضَّر تبعاً للجرعة التشعيعية [3].



الشكل 2 نسبة التجلتن % للضمادات بتابعية تركيز البولي إيثيلين غليكول في المحلول (الجرعة التشعيعية = 25 ك. غراي)

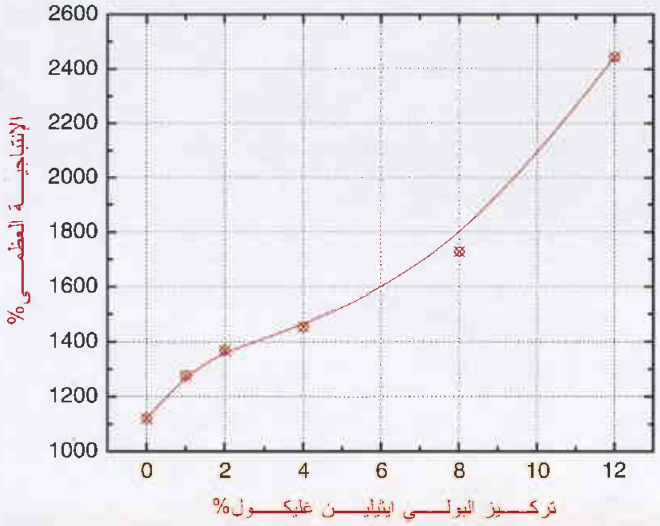
الانتباجية

يمثل الشكل (3) الانتباجية العظمى للضمادات الرطبة بتابعية تركيز الـ PVP والمشعة عند 25 ك. غراي يمكن ملاحظة أن الانتباجية العظمى تنخفض مع ازدياد تركيز الـ PVP وهذا يعود إلى ازدياد الكثافة التصالبية المتعلقة بارتفاع تركيز البوليمير.



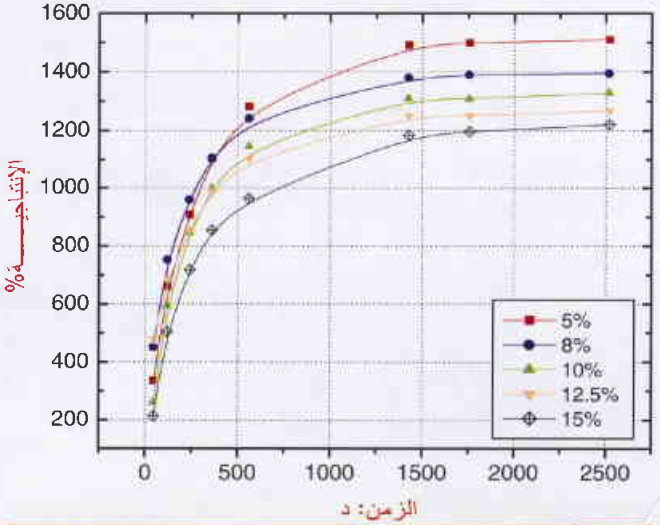
الشكل 3 الانتباجية العظمى للضمادات الرطبة بتابعية تركيز البولي فينيل بيروليدون مشعة عند 25 ك. غراي

يوضح الشكل (4) الانتباجية العظمى للضمادات الرطبة بتابعية تركيز الـ PEG وقد شععت العينات عند جرعة قدرها 25 ك. غراي. تزداد الانتباجية العظمى مع ازدياد تركيز الـ PEG والذي يمكن توضيحه بانخفاض الكثافة التصالبية بسبب الـ PEG. من المعروف أنه عند تشعيع محاليل من الـ PVP لجرعات مختلفة فإن الكثافة التصالبية تزداد مع ازدياد الجرعة التشعيعية وبالتالي فإن الانتباجية العظمى تنخفض.



الشكل 4 الانتباجية العظمى للضمادات الرطبة بتابعية تركيز البولي إيثيلين غليكول، العينات مشعة عند 25 ك. غراي

يمثل الشكل (5) الانتباجية المئوية للضمادات الرطبة مع الزمن وذلك لتراكيز مختلفة من الـ PVP والعينات مشعة عند جرعة قدرها 25 ك. غراي. يلاحظ أن كل الهلامات تصل إلى حد التوازن الانتباجي بعد يوم واحد من النقع. في المرحلة الأولى من المنحني يكون معدل الانتباجية عالياً جداً ويستطيع الماء الدخول بسهولة

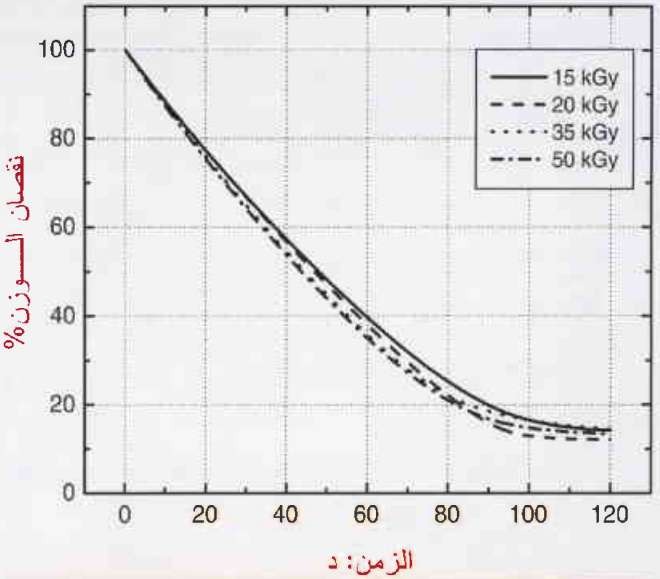


الشكل 5 حركية الانتباجية للضمادات الرطبة مع الزمن (تراكيز مختلفة من البولي فينيل بيروليدون وجرعة قدرها 25 ك. غراي)

إلى داخل الشبكة البوليميرية حيث أن معدل الانتباجية متشابه تقريباً لكل تراكيز الـ PVP بغض النظر عن تركيز البوليمير وهذه النتائج مشابهة لمعطيات الضمادات البرازيلية [4]. الانتباجية المئوية للضمادات السورية بعد يوم من النقع أعلى بكثير من الضمادات البرازيلية وقد يعود ذلك إلى اختلاف المواد الأولية المستخدمة.

التجفاف عند درجة حرارة ثابتة

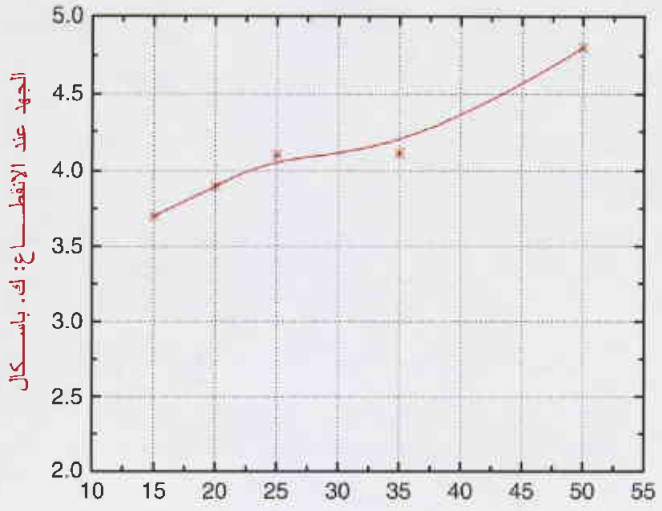
أُجريت تجارب التجفاف عند درجة حرارة 37 درجة مئوية لنحاكي استخدام الضماد على جلد مجروح (محروق). يعرض الشكل (6) نقصان الوزن النسبي لضمادات رطبة مع الزمن وذلك لجرعات تشعيعية مختلفة. يُلاحظ أن سلوك التجفاف لا يتعلق بالجرعة التشعيعية وذلك بالتوافق مع نتائج الضمادات البرازيلية [3].



الشكل 6 تجفاف الضمادات الرطبة بتابعية الزمن لجرعات تشعيعية مختلفة

الخواص الميكانيكية

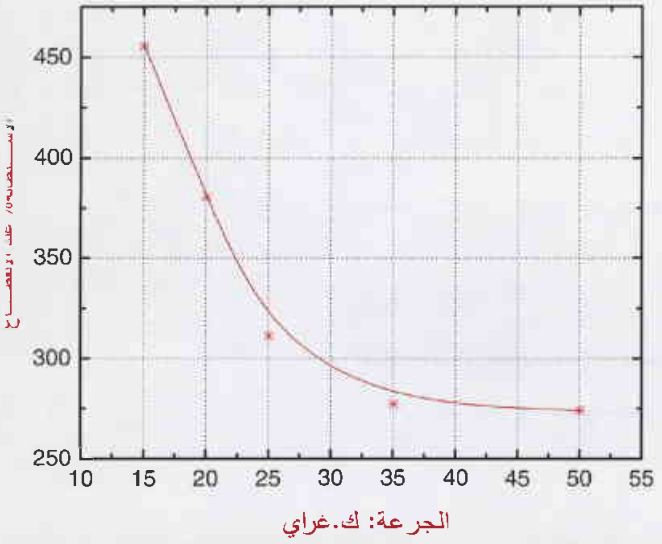
قيست مقاومة الشد والاستطالة عند الانقطاع للضمادات الرطبة والنتائج مبينة في الشكلين (7) و(8) بتابعية الجرعة الإشعاعية. يزداد الجهد عند الانقطاع مع ارتفاع الجرعة الإشعاعية. يُعتقد أن الارتفاع في مقاومة الشد يعود إلى ازدياد الكثافة التصالبية [4]. تنخفض الاستطالة المئوية عند الانقطاع مع ارتفاع الجرعة الإشعاعية. يُمكن توضيح ذلك بكثافة تصالبية أعلى وهي تخفض من حركية السلاسل وبالتالي تنخفض الاستطالة. إن قيم الجهد والاستطالة عند جرعة 25 ك. غراي كافية لتفي بالخواص الميكانيكية المطلوبة من ضماد طبي.



الشكل 7 الجهد عند الانقطاع للضمادات الرطبة بدلالة الجرعة التشعيعية

اختبار الاختراق الميكروبي

استُخدمت بكتريا إيجابية وسلبية الغرام لإجراء اختبار الاختراق الميكروبي (إشريكيات كولونية (E.coli)، مكورات عنقودية (Strepto). لُوث السطح العلوي من الضمادات بمحلول ميكروبي وحُضنت العينات عند درجة حرارة 37 درجة مئوية لمدة 24 ساعة. بين الاختبار أن كلا الميكروبين لم يعبرا خلال الضماد الرطب. بناءً على ذلك يمكن اعتبار الضمادات الرطبة حاجزاً جيداً ضد الميكروبات. هذه الخاصية هامة للضماد الرطب وخاصة في حماية الجرح من تلوث إضافي بحيث يمكن تسريع عملية الشفاء للجرح.



الشكل 8 الاستطالة % عند الانقطاع للضمادات الرطبة بدلالة الجرعة التشعيعية

الاستنتاج

حُضِّرت ضمادات طبية رطبة من الـ PVP والـ PEG والآغار. رُست متحولات عملية التصنيع للحصول على خواص الضماد المطلوبة. وُجد أن الهلامات المحضَّرة تلبي المتطلبات لضماد طبي رطب. تزداد نسبة التجلتن مع ازدياد تركيز الـ PVP وتنخفض مع ازدياد تركيز الـ PEG الذي لا يعمل فقط كمادة ملدنة ولكنه يعمل على تعديل نسبة التجلتن وفقاً للجرعة التشعيعية. إن الخواص الميكانيكية للضمادات المحضَّرة جيدة بشكل كاف لتستخدم كضمادات رطبة. ويمكن اعتبار الضمادات الرطبة المحضَّرة حاجزاً جيداً ضد الميكروبات.

References المراجع

[1] J. M., Rosiak A., Rucinska-Reybas W. Pekala U.S. Patent No. 4, 81, 490, Method of Manufacturing of Hydrogel Dressings (1989).

[2] J. M. Rosiak Hydrogel dressing, radiation effects on polymers. In: R. L., Clough S. W. Shalaby (Eds.), ACS Book Series, Washington, DC, (1991) p. 475.

[3] A. B., Lugao L. D. B., Machado L. F., Mirandal M. R., Alvarez J. M. Rosiak Study of wound dressing structure and hydration/ dehydration properties, Radiation Physics and Chemistry, Vol. 52, Nos. 1-6, pp. 319-322 (1998).

[4] M. T., Razzak D., Darmawan, Sukirno Zainuddin Irradiation of polyvinyl alcohol and polyvinyl pyrrolidone blended hydrogel for wound dressing, Radiation Physics and Chemistry, Vol. 62, pp. 107-113 (2001) .

[5] P. H., Corkhill C.J., Hamilton B.J. Tighe Synthetic hydrogel VI, hydrogel composition as wound dressing and implant materials. Biomaterials, 10, 3–10 (1989).

[6] J. I. Kroschwitz Polymers Biomaterials and Medical Applications, Encyclopedia Reprint Series, Wiley, New York (1992).

[7] N. A. Peppas, (Ed.), Hydrogel in Medicine and Pharmacy II and III, CRC Press, Boca Raton F. L (1987).

[8] N., Hilmy D., Darwis L. Hardiningsih Poly (N-vinyl pyrrolidone) hydrogel: hydrogel composition as wound dressing for tropical environment, Radiation Physics Chemistry, Vol. 42, Nos. 4-6, 911-914,(1993).

نشرت ورقة البحث هذه في مجلة

Nuclear instruments and methods in physics research 2005

تحديد الاندخال الإشعاعي والجرعة الإشعاعية الداخلية للعاملين المعرضين لليود-131

د. محمد حسان خريطة، ميسون المغربي، عبد القادر سعدية

قسم الوقاية والأمان – هيئة الطاقة الذرّية – ص.ب.6091– دمشق – سورية

ملخص

يتعرض الأفراد المهنيون الذين يقومون بتحضير وحقن جرعات اليود المشع 131 للمرضى في المراكز الطبية الموجودة في القطر العربي السوري إلى احتمال حدوث اندخال إشعاعي عن طريق الاستنشاق أو الابتلاع أثناء عملية تحضير أو حقن مادة اليود المشع 131. وتختلف كمية الاندخال الإشعاعي وفقاً لـ:

1. الكمية التي يتم تحررها من اليود المشع أثناء عملية التحضير أو الحقن.
2. الظروف التي يتم العمل فيها وكيفية اتخاذ أساليب الوقاية الإشعاعية.

وينجم عن هذا الاندخال الإشعاعي تعرض الغدة الدرقية لكميات من اليود المشع، مما قد يؤثر سلباً على صحة العاملين المهنيين، وهذا يتطلب إجراء مراقبة دائمة روتينية لكل العاملين المعرضين مهنياً والذين يتلقون خلال سنة واحدة اندخالاً إشعاعياً يتجاوز 10% من حد الاندخال السنوي والذي يساوي في حالة اليود I^{131} لـ$2\times10^{6}Bq$.

ويتطلب إجراء هذه المراقبة إما استخدام عداد الغدة الدرقية لمعرفة كمية النشاط الإشعاعي المتركز في الغدة الدرقية أو تحليل (عينة 24 ساعة) من البول للعامل المعرض مهنياً لمعرفة كمية النشاط الإشعاعي التي تم طرحها باستخدام مطيافية غاما أو إجراء العمليتين في نفس الوقت. ونظراً لعدم توفر عداد الغدة الدرقية، تم الاعتماد على تحاليل عينة 24 ساعة من البول لمعرفة النشاط الإشعاعي الموجود فيها ومن ثم تحديد الاندخال الإشعاعي والجرعة الإشعاعية الداخلية. وبينت نتائج تطبيق هذه الطريقة أن بعض العاملين باليود المشع 131 يعملون في ظروف آمنة من وجهة نظر الوقاية الإشعاعية ولا حاجة لإجراء مراقبة روتينية دورية لهم، والبعض الآخر يتلقى اندخالاً إشعاعياً سنوياً يتجاوز 10% من الحد السنوي للاندخال، وهذا يتطلب إجراء مراقبة روتينية دورية لهؤلاء العاملين بالإضافة إلى ضرورة وجود قواعد ونظم لتحقيق متطلبات الوقاية الإشعاعية أثناء التعامل مع اليود131، ويجب أن توضح هذه القواعد المتطلبات الأساسية للوقاية الإشعاعية الواجب توفرها في المخابر التي تتعامل مع اليود131 سواء للعلاج أو للتشخيص.

الكلمات المفتاحية: اليود131، الاندخال الإشعاعي، الجرعة الإشعاعية.

● تقرير مختصر عن دراسة علمية مخبرية أُنجزت في قسم الوقاية والأمان – هيئة الطاقة الذرّية السورية.

برنامج حاسوبي لإجراء عمليات الملائمة غير الخطية لمعطيات إحصائية باستخدام خوارزميات احتمالية عشوائية

د. محمد طلاس، هشام كرمة

قسم الخدمات العلمية – هيئة الطاقة الذرّية – ص.ب.6091– دمشق – سورية.

ملخص

تم في هذا العمل إعداد برنامج حاسوبي إحصائي بلغة C++ المرئية، يقوم بعمليات الملائمة غير الخطية لمعطيات تجريبية أو مقيسة باستخدام طرق أمثلة مختلفة المناحي منها:

1. طرق عشوائية (stochastic or random methods): إن هذه الطرق تعتمد على مفهوم العشوائية والاحتمالية من أجل إيجاد الحلول المثلى للنماذج الرياضية الواصفة للظاهرة المدروسة أو تسمى أيضاً بالطرق غير المحددة (indeterministic methods). من أهم هذه الطرق: The simulated annealing algorithm و The adaptive simulated annealing algorithm.
2. طرق محددة (deterministic methods): حيث يوجد هناك نوعان من هذه الطرق. النوع الأول ويسمى بطرق البحث المباشر (direct search method)، ويعتمد هذا النوع من الطرق بشكل أساسي على قيم التابع المؤمثل (تابع الهدف) من أجل الوصول إلى الحلول المثلى للنماذج الرياضية المطلوبة، ومن هذه الطرق The Hooke and Jeeves algorithm. أما النوع الثاني ويسمى بطرق متجهة التدرج (gradient methods)، حيث إن هذا النوع من الطرق يعتمد بشكل مطلق وأساسي على مفهوم متجهة التدرج (متجهة المشتقات الأولى) من أجل الوصول إلى الحلول المثلى للنماذج الرياضية المطلوبة، ومن هذه الطرق: The steepest descent (ascent) algorithm و The Fletcher and Reeves algorithm. يوجد الكثير من الطرق الأخرى والتي تعتمد على مفاهيم أخرى كمصفوفة المشتقات الثانية (Hessian matrix) وغيرها لكن لم يتم التطرق إليها في هذا العمل.

الكلمات المفتاحية: خوارزميات عشوائية، خوارزميات البحث المباشر، خوارزميات متجهة التدرج.

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

نمذجة المعالجة الأولية للمياه الداخلة إلى محطات التحلية

د. سهيل سليمان، فادي كروما

قسم الهندسة النووية – هيئة الطاقة الذرّية – ص.ب 6091 – دمشق – سورية.

ملخص

يتضمن هذا العمل دراسة لعدد من أنواع المشاكل التي تسببها الترسبات الناجمة عن المياه الداخلة إلى محطة التحلية على أجزاء وتجهيزات محطات التحلية، وكذلك يحتوي على دراسة طرق حل هذه المشاكل من خلال استخدام طرق كيميائية وميكانيكية لإزالة هذه الترسبات لمعالجة المياه الداخلة إلى محطة التحلية معالجة أولية وجعلها ذات مواصفات تحقق متطلبات محطات التحلية. إضافة إلى ذلك، تمَّت برمجة طرق المعالجة هذه باستخدام لغة Visual Basic، وأعدت واجهات من أجل تيسير استخدام برنامج المعالجة. كذلك تمَّ استخدام البرنامج من أجل تصميم محطة معالجة أولية لمياه دير الحجر وأجريت بعض المقارنات.

الكلمات المفتاحية: المعالجة الأولية، التكلس، الترسيب.

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

العوامل المؤثرة على العلاقة التي تربط النسبة $^{95}Nb/^{95}Zr$ والنسبة $^{140}La/^{95}Zr$ بزمن التبريد

د. خالد حداد

قسم الهندسة النووية – هيئة الطاقة الذرّية – ص ب 6091 – دمشق – سورية.

ملخص

درست في هذا العمل العوامل المؤثرة على ارتباط النسبتين $^{95}Nb/^{95}Zr$ و $^{140}La/^{95}Zr$ مع زمن التبريد عن طريق تحليل نتائج مسح غاما لمجمعات وقود مفاعل البحث IRT. تبيّن أن النسبتين مستقرتان عملياً على طول مجمعة الوقود، وأن تطابق تاريخ التشعيع وشروطه خلال التشعيع الأخير هو شرط أساسي لارتباط نسبة ناتجي الانشطار بزمن التبريد. كما تبين أن الخلفية تسبّب خطأً متكرراً في حين تسبّب حركة قضبان التحكم خطأً عشوائياً عالياً في القيمة المقيسة لزمن التبريد.

الكلمات المفتاحية: المسح غاما، $^{95}Nb/^{95}Zr$، $^{140}La/^{95}Zr$ زمن التبريد، تاريخ التشعيع.

● تقرير مختصر عن بحث علمي أُنجز في قسم الهندسة النووية – هيئة الطاقة الذرّية السورية.

دراسة التأثير التعاوني للمركّبات الكحولية على استخلاص حمض الفسفور من حمض الفسفور السوري بواسطة الـTBP

د. محمد خالد عبد الباقي، عمر شنو، عبد الرحمن وحود

مكتب التعدين المائي – هيئة الطاقة الذرّية – ص.ب 6091 – دمشق – سورية.

ملخص

تدرس هذه الورقة التأثير التعاوني للمركّبات الكحولية بدءاً من البنتانول وحتى الهبتانول على استخلاص حمض الفسفور من حمض الفسفور السوري بواسطة الـTBP، كما تدرس إمكانية استخدام هذه المركّبات الكحولية كمحل بديلاً عن الكيروسين. تبيّن النتائج أن للمركّبات الكحولية تأثيراً إيجابياً لرفع مردود استخلاص حمض الفسفور بواسطة الـ TBP وتسريع زمن فصل الأطوار مقارنة مع الكيروسين.

ودُرست تعرية المذيب بواسطة الماء المقطر ووجد أن هذه التعرية جيدة. ودُرس استخلاص اليورانيوم والمعادن الثقيلة من حمض الفسفور ووجد أن استخلاص اليورانيوم والمعادن الثقيلة يكاد يكون مهملاً في حين أن استخلاص الفلور والكبريتات والزرنيخ صغير نسبياً مقارنة مع المذيب TBP/ker.

الكلمات المفتاحية: استخلاص، غول، حمض فسفور، ثلاثي بوتيل الفسفات.

● تقرير مختصر عن بحث علمي أُنجز في مكتب التعدين المائي – هيئة الطاقة الذرّية السورية.

تأثير معدلات مختلفة من السماد البوتاسي على كفاءة استخدام النتروجين وإنتاج محصول القطن باستخدام تقانة التخفيف النظيري بالنتروجين -15

د. خلف خليفة، محمد الشماع، فريد العين

قسم الزراعة – هيئة الطاقة الذرّية – ص ب 6091 – دمشق – سورية.

ملخص

أُجري هذا البحث بهدف معرفة وتحديد تأثير إضافة السماد البوتاسي على كفاءة استخدام النتروجين وإنتاج القطن. استخدم في تنفيذ هذه التجربة تصميم القطع المنشقة Split plot design باستخدام ثلاثة معدلات من النتروجين 120، 180، 240 كغN/هـ وأربع سويات من البوتاسيوم 0، 50، 100، 150 كغ K_2O/هـ وبأربعة مكررات. بينت النتائج: (1) ازداد إنتاج القطن المحبحب بزيادة البوتاسيوم المضاف عند استخدام معدلي النتروجين (180 و240 كغ N/هـ). (2) زادت كفاءة استخدام النتروجين بازدياد إضافة البوتاسيوم بعمر 180 أيام. (3) بلغت أعلى كفاءة لاستخدام البوتاسيوم في كامل نبات القطن 42% وتناقصت هذه الكفاءة بزيادة البوتاسيوم المضاف وتزايدت بزيادة النتروجين المضاف. (4) بلغ أعلى إنتاج للقطن المحبحب للمعاملة المشتركة N240 K50 (6442 كغ/هـ).

الكلمات المفتاحية: قطن، تسميد، إنتاج القطن، بوتاسيوم، نتروجين.

- تقرير مختصر عن تجربة استطلاعية حقلية أُنجزت في قسم الزراعة – هيئة الطاقة الذرّية السورية.

تعيين مستويات الفلوريد المنطلق من معمل السماد الفسفاتي في مكونات النظام البيئي

د. رفعت المرعي

قسم الكيمياء – هيئة الطاقة الذرّية – ص.ب 6091 – دمشق – سورية.

د. محمد العودات

قسم الوقاية والأمان– هيئة الطاقة الذرّية – ص.ب 6091 – دمشق – سورية.

ملخص

جرى تعيين تراكيز الفلور في مكونات النظام البيئي (التربة، والنباتات، والهواء، والمياه السطحية والجوفية)، في 16 موقعاً تحيط بمعمل السماد الفسفاتي، وعلى مسافات تراوحت بين 500 و 4000 م عن المعمل، وجرت القياسات في فترتين من العام، الفترة الرطبة (شهر آذار)، والفترة الجافة (شهر أيلول)، وذلك للوقوف على تأثير إطلاقات معمل السماد الفسفاتي من الفلور في مكونات النظام البيئي في المنطقة المحيطة بالمعمل. أوضحت النتائج أن إطلاقات معمل السماد الفسفاتي أدت إلى زيادة كبيرة في تراكيز الفلور وبخاصة في المواقع القريبة من المعمل، وتراوح تركيز الفلور في التربة، وللمواقع المدروسة كافة (في الفترة الرطبة)، بين 49 و 850 مغ/كغ وزن جاف، وتفوق هذه التراكيز ما وجد في منطقة الشاهد (27 مغ/كغ وزن جاف)، بمعدل تراوح بين 1.8 و 15 مرة، كما كانت تراكيز الفلور مرتفعة أيضاً في النباتات (الزراعية والرعوية والطبيعية)، وتراوحت في حبوب القمح بين 10 و 29 مغ/كغ (ووصلت في أحد المواقع المجاورة للمعمل إلى 65 مغ/كغ وبين 38 و 332 مغ/كغ في كامل السنابل، وبين 30 و 510 مغ/كغ في المجموع الخضري، وأكثر من ذلك في القش عند الحصاد، والأمر كان نفسه في النباتات الأخرى الزراعية والرعوية والطبية، وتفوق هذه التراكيز كثيراً الحدود المسموح بها (30 مغ/كغ وزن جاف)، وأوضحت الدراسة أن نحو 66% من محتوى النباتات من الفلور كان نتيجة لترسب

الغبار على سطح النباتات. بلغت تراكيز الفلور المرتبط مع العوالق الهوائية معدلات تراوحت بين 1.8 و 4.4 ميكروغرام/م3 في الفترة الرطبة، وبين 2.7 و 16.3 ميكروغرام/م3 في الفترة الجافة، والأمر نفسه كان بالنسبة للفلور الغازي الذي تراوحت تراكيزه في المنطقة إلى الشرق من المعمل بين 1.8 و 5.54 ميكروغرام/م3 في الفترة الرطبة وبين 1.66 و 6.89 ميكروغرام/م3 في الفترة الجافة، أما في المياه الجوفية والسطحية (الناتجة من تجمع الأمطار) فكان تركيز الفلور فيها ضمن الحدود المسموح بها، باستثناء منطقة بحيرة قطينة المجاورة للمعمل والتي تراوح تركيز الفلور في مياهها بين 1.6 و 3.3 مغ/لتر.

الكلمات المفتاحية: فلوريد، الإلكترود الانتقائي الأيوني، النظام البيئي، تلوث.

● تقرير مختصر عن بحث علمي أُنجز في قسم الوقاية والأمان – هيئة الطاقة الذرّية السورية.

تأثير درجة الحرارة على مميزات كثافة التيار – الجهد في الخلايا الشمسية $ZnO/CdS/CuGaSe_2$ المبنية على أساس $CuGaSe_2$ وحيد البلورة

د. معين سعد، د. عمار قسيس

قسم الفيزياء – هيئة الطاقة الذرّية – ص.ب 6091 – دمشق – سورية.

ملخص

جرى تحليل مميزات كثافة التيار– الجهد للخلايا الشمسية $ZnO/CdS/CuGaSe_2$ أحادية البلورة التي خضعت لمعالجة حرارية متكررة، تحت شدات إضاءة ودرجات حرارة مختلفة باستخدام معادلة الديودين. ونتج عن التحليل وجود آليتين متنافستين لنقل التيار: آلية إعادة اتحاد الشحنات على السطح البيني وآلية إعادة اتحاد الشحنات على السطح البيني المعززة بالعبور النفقي. حسبت طاقة تحفيز تيار الإشباع لكل من الآليتين وتبين أنها تتبع لدرجة الحرارة وشدة الإضاءة! فسر سلوك الوسائط الفوتوفولطية بالاعتماد على نتائج التحليل.

الكلمات المفتاحية: خلايا شمسية، $CuGaSe_2$، إعادة اتحاد الشحنات على السطح البيني، العبور النفقي.

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

أسرار الكائن الحي-ضد الفكر الأوحد في البيولوجيا

تأليف : ميشيل مورانج
عرض وتحليل : لوك مونتانييه

1

إلى أين تسير البيولوجيا؟ أو بالأحرى، إلى أين تسير البحوث في البيولوجيا؟ ذلك أنه على الرغم من التقدّم المذهل الذي أُحرز في السنوات الأخيرة التي تلت اكتشاف الكود الجيني وانتقاله وتطبيقاته الطبية والتقانية العديدة، لا تزال هناك ألغاز ينبغي حلها: أصل الحياة والتشكّل الجنيني وعمل الدماغ والتطور الذي أوصل إلى نشوء الإنسان وأمراض كثيرة لا بد من تفسيرها والتغلب عليها.

يظن البعض أن ما يسمى بالبيولوجيا الجزيئية هي المفتاح الذي يفتح كل هذه الأبواب. لكنها بالنسبة إلى آخرين، بلغت أقصى حدودها من حيث المفاهيم والتقنيات.

ينتمي ميشيل مورانج إلى هذه الفئة الأخيرة ويحمل كتابه نظرةً علومية نقدية فيما يخصُّ مجال العلم الذي كرس نفسه له. وتتمثل الفكرة الرئيسية في هذا المؤلَّف الموثّق جيداً، في ضرورة استخدام ثلاثة تصورات للتفسير (حسب المفهوم الكانتي للمصطلح) هذه المسائل المعقدة المتعلقة بالكائن يحتوي كل منها على جزء من الحقيقة على طريق مقاربة المسائل المعقدة للكائن الحي، بيد أن هذه التصورات لابد أن تتعاضد فيما بينها للوصول إلى فهم أفضل للواقع.

أما التصور الأول فهو، بالطبع، المفهوم الميكانيكي الجزيئي الذي يطور حالياً شبكات التآثر بين الجينات، أو على الأصح، بين منتجاتها من البروتينات. ففي هذا "العصر ما بعد الجينومي" يبرع المؤلف في بيان عدم كفاية هذه المقاربة بالعديد من الأمثلة التي منها الجينات الورمية oncoge`enes التي تصف كيف (ولكن ليس لماذا) يحدث السرطان، وجينة اللغة Fox P2 التي يفترض أنها مفتاح الأنسنة وكذلك "جينات التشيخ" vieillissement.

وأما التصور الثاني فهو المتعلق بالاصطفاء الداروينى الذي يستغله جيداً المختصون بعلم الوراثة لدى المجتمعات، ولا يستفيد منه البيولوجيون الجزيئيون إلا قليلاً.

وأخيراً يتعلق التصور الثالث، بقوانين المادة التي يتكون منها الكائن الحي. فهذه القوانين هي أيضاً عامل اصطفاء يحدّ من "لعبة الممكن". ولكن البيولوجيين لا يملكون سوى معرفة سطحية جداً بقوانين الفيزياء ولا يهتمون إلا قليلاً بكل ما هو "تحت الحزام" الجزيئي. ويخلص المؤلف إلى أن حواراً جديداً يجب أن يجري بين المختصين في مختلف الفروع العلمية وعلى الأخص بين البيولوجيين والفيزيائيين كيما يسطع نور جديد. وهذا اقتراح منطقي جداً ولكنه في نهاية المطاف ليس جديداً، ونتساءل هنا هل سيكفي ذلك لحل المسائل المعاصرة؟ ألا تلزم كذلك مقاربات جديدة يمكن اعتبارها ابتكارات كبيرة؟

لكنّ هناك شرخاً عميقاً يتعمق بين العلم والمجتمع، وهو مقلق جداً. ألم يقم عمدة مدينة كبيرة بإطلاق اسم "ساحة البروفسور تورنسول Tournesol (دوار الشمس)" على إحدى ساحات المدينة؟ مع العلم بأن بطل القصص المصورة هذا يتمتع بشعبية لكونه شخصية تتفق مع الصورة التي لا تزال شائعة لدى الجمهور، صورة العالم الساذج الذاهل الذي تنتهي تجاربه بكوارث، فيا لها من سخرية!. لكن المؤكد أنه ما يزال لدى البيولوجيين الكثير مما يجب عليهم عمله.

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

مستقبل الكهرباء المولّدة نووياً

النهضة النووية: تقانات وسياسات لصالح مستقبل توليد الكهرباء نووياً

تأليف : وليام نوتال
عرض وتحليل : جيم سكيا

2

حين أعلن في حزيران الماضي أن فرنسا تغلبت على اليابان في السباق لاستضافة مخبر الاندماج الدولي الكبير، تصدر النبأ الصحف في أنحاء العالم. فقد ذكرت وسائل الإعلام بلهجة إيجابية كيف أن المفاعل التجريبي النووي الحراري (ITER) الذي سيكلف 10مليارات يورو، سيكون الخطوة التالية في الطريق نحو مفاعل اندماج نووي قابل للتطبيق تجارياً (مجلة Physics World، شهر آب، الصفحة 5). وكانت التغطية إشارة واضحة إلى الجدل المتنامي الذي يكتنف مستقبل توليد الكهرباء نووياً.

ويُعدُّ كتاب "النهضة النووية Nuclear Renaissance" مساهمة مرحَّباً بها في هذا الجدال. فهو يعلن نفسه "كنظرة شاملة نصف تقنية حول التقانات المعاصرة"، الأمر الذي ربما يكون أقل من المستوى الذي حقّقه المؤلف. فهو يراجع التقانات النووية الماضية والحاضرة والمنتظرة ويربطها ربطاً واضحاً بمسائل أوسع تتعلق بسياسة الطاقة وتغير المناخ وإمدادات الطاقة.

وعلاوة على كون الكتاب "نصف تقني" فهو أيضاً "نصف بريطاني". ومع أن لتلك الأقسام المتعلقة بالتقانة وسعاً عالمياً، فإن الجزء الأول المطول، المكرَّس "للمشهد السياسي"، هو حتماً بريطاني في منظوره. إنه يقدم وصفاً أساسياً لتوليد الطاقة نووياً ولاقتصاد التوليد النووي وكيف يمكن للطاقة النووية أن تتغلب على تغير المناخ. ويناقش كذلك مساهمة توليد الكهرباء نووياً في إمداد الطاقة المتوازن وعلاقتها بانتشار الأسلحة. وينتهي هذا الجزء الافتتاحي بفصل حول إدارة النفايات.

وفي حين يمكن أن يكون الجزء الأول من الكتاب مقدمة مستقلة حول توليد الكهرباء نووياً للقارىء العادي فإن الجزأين الثاني والثالث، حول الانشطار النووي والاندماج النووي، يبدو أنهما يستهدفان قرّاء مختلفين كلياً. فهذان الجزءان على الخصوص سيفيدان الطلاب الذين لديهم بعض التدريب العلمي في فهم كيف تعمل أنواع معينة من التقانة النووية بتفصيل أكبر. فإذا كنت ترغب في معرفة الفرق بين مفاعل الشركة وستنغهاوس المتقدم السلبي Westinghouse Advanced Passive Reactor والمفاعل الأوربي ذي الماء المضغوط Pressurised Water Reactor أو – تعرف مواصفات المفاعل الكندي CANADU أو مفاعل جنوب أفريقيا South African pebblebed modular reactor – فهذا شأنك. أما مؤلف الكتاب فإنه يبيِّن الميزات والسلبيات في كل نوع من أنواع المفاعلات من حيث الأمان والاقتصاد والمرونة في التشغيل وأخطار الانتشار وغير ذلك.

يناقش المؤلف كذلك ما يسمى بتقانات الجيل الرابع (IV) – وهي تصاميم مفاعلات متقدمة يعتقد المؤلف أنها سوف تدخل حيز التطبيق بدءاً من العام 2030. والتسمية مأخوذة من مبادرة دولية تقودها الولايات المتحدة لتطوير خرائط طريق واستراتيجيات للتطور التقاني الطويل الأمد لتوليد الكهرباء نووياً. ويشرح نوتال الخطوط العريضة لهذه المبادرة ويفحص باختصار تصاميم المفاعلات المتقدمة بما في ذلك تلك التي يمكن أن تستخدم لإنتاج الهدروجين وليس الكهرباء.

ومع أن محطات توليد الكهرباء التجارية العاملة بالاندماج النووي لا تزال بالتأكيد بعيدة المنال، فإن الجزء الختامي من الكتاب يغطي العلم المتعلق بهذا الشكل من أشكال الطاقة؛ فهو يصف كيف ستستخدم مفاعلات مثل ITER الحقول المغنطيسية لاستهلال الاندماج وكيف ستستخدم منشأة الإشعال الوطنية National

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

Ignition Facility في الولايات المتحدة الليزرات لإنجاز المهمة بدلاً من ذلك. ومع أن الحكمة التقليدية تقول إن "توليد الكهرباء بالاندماج بعيد عنا بمقدار 50 عاماً، وكان دائماً يبعد عنا 50 عاماً وسيبقى يبعد 50 عاماً"، فإن نوتال يصف "طريقاً سريعاً" يمكن أن تجعل الاندماج قابلاً للتطبيق في غضون 30 عاماً. وهو يعتقد أن اتّباع مثل هذا الطريق يمثّل إلزاماً سياسياً.

وباعتبار أن للكتاب صبغة سياسية واضحة فأين يقف المؤلف من الكهرباء النووية؟ الانطباع هو أنه مؤيد لهذا الشكل من الطاقة الذي يجهد في كل الأوقات لأن يبقى غير متحيِّز. وينتهي نوتال، في خاتمة مستغربة، إلى أن الكهرباء النووية "تقانة مفيدة لكنها ليست أساسية". ويناقش بشيء من الإطالة، الافتراض القائل أن الكهرباء النووية كانت، فيما مضى، سبباً للمشاكل المعقدة بالنسبة للإنسانية، وذلك قبل أن يختتم في النهاية بقوله إنه ربما "يبدو أن من الحكمة بالنسبة إلى العالم المتطور أن يحافظ على صناعة كهرباء نووية مدنية في مقياسها الحالي على الأقل" ويعكس هذا الموقف المتحفظ طابع معظم نقاش السياسات.

هل بقي شيء في الكتاب أريد تناوله؟ ثمة مخاتلة تتمثل في أنه بتقسيم المادة إلى ثلاثة أجزاء منفصلة تقريباً، دون أي ربط جوهري، يكون الكتاب أقل تكاملاً مما يمكن أن يكون عليه. وكان بودي كذلك لو كان فيه ملخص بسيط و/أو مخطط يؤطر السلالات الأساسية للتقانة النووية. وكما يتبيَّن فإن القسم المتعلق بالانشطار يغوص مباشرة في وصف أنماط مخصَّصة من المفاعلات، ولهذا فإنك إن لم تكن تفرِّق المفاعلات PWR وBWR عن المفاعلات LWR وHTGR فلن يكون تصفُّح أجزاء متفرقة من الكتاب أمراً سهلاً. وقد وددت كذلك وجود بعض الإحصائيات الأساسية حول انتشار الأنماط المختلفة من المحطات النووية في العالم.

وبالإجمال فإن كتاب "النهضة النووية" مفيد ويفيد القارىء في إحاطة سريعة بالتقانة النووية. ومع أن الجزأين الأكثر تقنية يناسبان أولئك الذين لديهم بعض التدريب العلمي فإن الجزء الأول ينبغي أن يكون في متناول شريحة واسعة من القرّاء.

ABSTRACT

Fluoride (F^-) concentrations in echo system components (soil, plants, air and ground and surface water) have been measured in 16 locations surrounding a phosphate fertilizers plant at distances ranging between 500 and 4000 meters from the plant. Measurements were done in two periods: the wet period (in March) and the dry period (in September) in order to detect the effects of fluoride emission from the plant into the echo system in the surrounding area. Results revealed that the gases emitted from the factory have lead to a huge increase in fluoride concentration in the nearby area. The concentrations in soil in all studied locations during the wet period ranged between 49 and 850mg/kg of dry weight. These concentrations exceed the blank area (27 mg/kg) by 1.8 to 15 times.

Fluoride concentrations were also high in plants(agricultural, forage and wild), reaching 10-29/mg/kg in wheat (in one nearby location, it reached 65mg/kg in wheat grains and between 38 and 332 in spike and between 30 & 510 in the green part of the wheat plant). This percentage is even higher in the hay at harvest time. This equally applied to the other agricultural forage and medicinal plants. These concentration levels exceed the allowed limits by 3mg/kg of dry weight.

The study has also revealed that 66% of the plants content of fluoride is a result of dust precipitation on the surface of the plant. Fluoride concentrations bound with air particulates in percentages ranging between 1.8 and 4.4 µg/m3 in the wet period and 2.7µg -16.3 µg in the dry period. The same applies to gas fluoride concentrations in the area east to the plant (1.8 & 5.54µg/m3 in the wet period and 1.66-6.89µg/m3 in the dry period). While fluoride concentrations in the ground and surface water, resulting from rain accumulation, were found to be within the acceptable limits except for the Qatineh Lake area near the plant, in which fluoride concentrations in water reached 1.6 to 3.3mg/ L.

Key Words

Fluoride, ion selective electrode, echo system, contamination.

* A short report on a scientific research achieved in the *Department of Safety and Protection*, Atomic Energy Commission of Syria.

EFFECT OF TEMPERATURE ON CURRENT VOLTAGE CHARACTERISTICS IN ZnO/CdS/$CuGaSe_2$ SINGLE CRYSTAL SOLAR CELLS

M. SAAD, A. KASSIS

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

ABSTRACT

j–V curves of ZnO/CdS/$CuGaSe_2$ single crystal solar cells, repetitively annealed and measured at different values of temperature and illumination, were analyzed using the two-diode equation. Two competing transport mechanisms were found: interface recombination and tunneling enhanced interface recombination. Activation energy of both mechanisms was calculated and found dependent on temperature and illumination! The behavior of the photovoltaic parameters could be explained.

Key Words

Solar cells, $CuGaSe_2$, interface recombination, tunneling

* A short report on a scientific study achieved in the *Department of Physics*, Atomic Energy Commission of Syria.

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

ABSTRACT

This paper studies the synergistic effect of alcoholic compound such as isoamil alcohol, pentanol, hexanol and heptanol on the Extraction of H_3PO_4 from syrian phosphoric acid by (TBP). The possibility to use these alcoholic compounds as a diluent instead of kerosene was also studied. The result showed that the alcoholic compounds have bigger Extraction yield than (TBP) diluted in kerosne. The alcoholic compounds have an important synergistic effect, when they are used as diluents instead of kerosenem on the extraction of H_3PO_4 by (TBP) and they have a bigger extraction yield and the quicker phase separation comaring with kerosene. Extraction of uranium, fluoridem sulfate and heavy metals are relatively small.

Key Words

Extractionm, alcohol, phosphoric acid, tributylphosphate.

★ A short report on a laboratory scientific study achieved in the *Hydrometallurgy Office*, Atomic Energy Commission of Syria.

EFFECT OF DIFFERENT RATES OF POTASSIUM FERTILIZER ON NITROGEN USE EFFICIENCY AND COTTON YIELD USING AN ^{15}N ISOTOPIC DILUTION TECHNIQUE★

KH. KHALIFA, M. AL- CHAMMA'A, F. AL-AIN

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

ABSTRACT

A field study was conducted to evaluate the effect of K fertilizer on nitrogen use efficiency and cotton yield. The experimental design was a split-plot randomized complete block with four replications, the main plots representing N rates (120, 180, 240 kg N/ha) and the sub-plots representing K rates (0, 50, 100, 150 kg K_2O/ha). The results showed that seed cotton yield increased with increasing K levels applied under each rate of N (except N120). The highest seed cotton yield was obtained with the combined treatment N240K50 (6442 kg/ha). This treatment gave also the optimum potassium use efficiency (42%). The potassium use efficiency decreased and the nitrogen use efficiency (at 180 days of harvest) increased with the increasing rate of K applied.

Key Words

Cotton, fertilization, cotton yield, K , N.

★ A short report on an exploratory field experiment achieved in the *Department of Agriculture*, Atomic Energy Commission of Syria.

MEASURING FLUORIDE LEVEL EMITTED FROM PHOSPHATE FERTILIZER PLANT IN ENVIRONMENTAL COMPONENTS★

R. AL-MEREY

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

M. AL-ODAT

Department of safety and protection, Atomic Energy Commission, P. O. Box 6091, Damascus, Syria

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

Key Words
Stochastic algorithm, direct search methods, gradient methods, steepest descent algorithm.

★ A short report on an scientific computer study achieved in the *Department of Scientific Services*, Atomic Energy Commission of Syria.

MODELING OF FEED WATER PRETREATMENT IN DESALINATION PLANTS★

S. SULEIMAN, F. KROMA
Department of Nuclear Engineering, Atomic Energy Commission, P. O. Box 6091, Damascus, Syria

ABSTRACT

Many kinds of problems of the precipitation and scaling "as result of feed water quality" which cause harm to the desalination plant and its components were studied. In addition, the treatment of the feed water was studied using chemical and mechanical way in order to avoid these problems and make the feed water suitable to enter the desalination plants. Computer software on some types of feed water were performed.

Key Words
Pretreatment, scaling, precipitation.

★ A short report on a scientific computer study achieved in the *Department of Nuclear Engineering*, Atomic Energy Commission of Syria.

THE FACTORS AFFECTING THE $^{95}Nb/^{95}Zr$ AND $^{140}La/^{95}Zr$ COOLING TIME CORRELATIONS★

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

ABSTRACT

The factors affecting the $^{95}Nb/^{95}Zr$ and $^{140}La/^{95}Zr$ – cooling time correlations were studied by analysing the gamma scanning IRT fuel assemblies. The results showed that these ratios are stable along the fuel assembly, the identical conditions during the last irradiation is inevitable for fission product ratio-cooling time correlation. The background cause systematic error, whereas control rods cause arbitrary error in the measured values.

Key Words
Gamma scanning, $^{95}Nb/^{95}Zr$, $^{140}La/^{95}Zr$, cooling time, irradiation history.

★ A short report on a scientific research achieved in the *Department of Nuclear Engineering*, Atomic Energy Commission of Syria.

INVESTIGATION OF THE SYNERGISTIC EFFECT OF ALCOHOLIC COMPOUNDS ON THE EXTRACTION OF H3PO4 FROM SYRIAN WET PHOSPHORIC ACID BY TBP★

M. K. ABDULBAKE, O. SHINOM A. WAHOUD
Hydrometallurgy Office, Atomic Energy Commission, P. O. Box 6091, Damascus, Syria

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

DETERMINATION OF INTAKE AND INTERNAL RADIATION DOSE FOR OCCUPATIONALLY EXPOSED WORKERS TO IODINE-131★

M.H. KHARITA, M. MAGHRABI, A .SADYYA

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

ABSTRACT

Workers who prepare and inject radioactive Iodine I^{131} doses at the medical centers in Syria are potentially exposed to the radioactive intake by ingestion or inhalation during preparation or injection processes. The received amount of the radioactive intake differs according to:

First: the amount of the I^{131} released during the preparation or injection processes.

Second: the work conditions and the applying ways of the radiation protection principles. Because of this radioactive intake the thyroid gland may expose to amounts of I^{131} which may negatively affect the health of the workers, so it's necessary to make routine monitoring for all workers who receive an intake of more than 10% of the annual intake limit which is (2×10^6 Bq) for I^{131}. To make this monitoring process it is necessary to use either the thyroid gland counter in order to know the concentrated amount of the radioactivity in the gland, or the analysis of a 24 hours urine sample of the exposed workers to determine the eliminated amount of the radioactivity using gama spectrometry. Also the two processes can be applied at the same time. Since the thyroid gland counter is not available, the analysis of urine sample was done to determine the concentrated amount of the radioactivity in urine then to estimate the radioactive intake and the internal radiation dose. The results of applying this method dictated that some workers work in safe conditions according to the radiation protection and there is no need for them to make routine monitoring. But the other workers receive a radioactive intake about 10% yearly of the annual intake limit and that requires a routine periodical monitoring for those workers in addition to the necessity of applying the principles of the radiation protection during the work with I^{131}. These principles and systems should indicate the basic requirement of the radiation protection that must be available in the laboratories that deal with I^{131} either for therapy or for diagnosis.

Key Words

Iodine-131, radioactive intake, radioactive dose.

★ A short report on a scientific study achieved in the *Department of Protection and Safety*, Atomic Energy Commission of Syria.

A FITTING STATISTICAL COMPUTER PROGRAM FOR NONLINEAR CURVES USING STOCHASTIC ALGORITHMS★

M. TLAS, H. KARMEH

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

ABSTRACT

A computer program has been developed for nonlinear curves fitting using mathematical algorithms for solving constrained or unconstrained nonlinear optimization models in order to evaluate the concerning and the desired parameters. Two kinds of mathematical algorithms have been used in this work: the first kind is random and stochastic mathematical methods (indeterministic methods) as the classical simulated annealing and the adaptive simulated annealing. The second kind of algorithms is the direct search methods (deterministic methods) as the Hooke and Jeeves algorithm and the Fletcher and Reeves algorithm.

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

PAPERS

EVALUATION OF BARLEY DOUBLED HAPLID AND MUTANT LINES FOR AGRONOMIC TRAITS AND SCALD RESISTANCE★

M. I. E. ARABI, M.JAWHAR

Department of molecular biology and biotechnology, Atomic Energy Commission, P. O. Box 6091, Damascus, Syria

ABSTRACT

Barley (*Hordeum Vulgare* L.) is a major field crop grown worldwide. Field research was undertaken at ICARDA's (International Center for Agriculture Research in Dry Area) main station in Northwest Syria to evaluate barley doubled haploid (DH) and mutants lines for agronomic traits (grain yield, plant height and gays to heading) and resistance to scald (*Rhynchosporium secalis*) under natural infection conditions for two consecutive years. Significant differences were found among lines in the percentage of infected leaf area. However, they exhibited a continuous range of response from very susceptible to resistant. Seven lines had significantly lower percentage of infected leaf area with disease than did the other lines, which are associated with potential for grain yield and earliness. These lines could be considered as possible donors in further barley breeding programs.

Key Words

Hordeum vulgare L, *Rhynchosporium secalis*, doubled haploids, mutants, resistance.

★ This paper appeared in *Cereal Research Communications Proofs XXX*, (2005).

PRODUCTION OF HYDROGEL WOUND DRESSINGS USING GAMMA RADIATION★

Z. AJJI[1], I. OTHMAN[1], J. M. ROSIAK[2]

[1]*Department of Radiation Technology, Atomic Energy Commission, P. O. Box 6091, Damascus, Syria.*

[2]*Institute of Applied Radiation Chemistry, Wroblewskiego Str. 15, 93-590, Lodz, Poland*

ABSTRACT

Hydrogel wound dressings have been prepared using the gamma rays irradiation technique. The dressings are composed of poly (vinyl pyrrolidone) (PVP), poly (ethylene glycol) (PEG), and agar. The influence of some process parameters on the properties of the dressings has been investigated as: the gel fraction, maximum swelling, swelling kinetics, and mechanical properties. The gel fraction increases with increasing PVP concentration due to increased crosslink density, and decreases with increasing the PEG concentration. PEG seems to act not only as plasticizer but also to modify the gel properties as gelation% and maximum swelling. The prepared hydrogels dressings could be considered as a good barrier against microbes.

Key Words

Hydrogel, radiation, poly (vinyl pyrrolidone), poly (ethylene glycol), agar.

★ This paper appeared in *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research* B 229, (2005).

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

STRANGE EVENTS IN THE PROTON★

K. KUMAR

Member of the HAPPEX collaboration, based at the University of Massachusetts, Amherst, US.

ABSTRACT

Precision measurements of the weak force suggest that strange quarks have an influence on the magnetic moment of the proton.

Key Words

Electroweak, strange quark, spin.

★ This article appeared in *Physics World*, September 2005. It is translated into Arabic at the Atomic Energy Commission of Syria.

WILLIAM ROWAN HAMILTON: MATHEMATICAL GENIUS★

D. R. WILKINS

Lecturer in mathematics at Trinity College, Dublin, Ireland

ABSTRACT

This year Ireland celebrates the bicentenary of the mathematician William Rowan Hamilton, best remembered for "quaternions" and for his pioneering work on optics and dynamics.

★ This article appeared in *Physics World*, August 2005. It is translated into Arabic at the Atomic Energy Commission of Syria.

BIOGEOCHEMICAL CYCLING OF IRON ISOTOPES★

C. M. JOHNSON, B. L. BEARD

Department of Geology and Geophysics, University of Wisconsin-Madison, USA.

ABSTRACT

This article is dealing with exploration of the environments and processes involved in redox cycling of iron isotope geometry. This new field of geochemistry is developing rapidly. It seems likely that debate and discussion will continue, reflecting the importance of the issues that are being addressed, such as the origin and evolution of life and changes in the habitable zone on Earth over the past 4 billion years.

Key Words

Biochemical recycling, geochemistry, iron, redox, transition elements, weathering, hydrothermally fluids.

★ This article appeared in *Science*, August 2005. It is translated into Arabic at the Atomic Energy Commission of Syria.

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

ARTICLES

ABANDONING THE IDEAS OF LENGHTH CONTRACTION AND TIME DILATION★

N. HAMDAN

Department of Physics, University of Aleppo, P. O. Box 8101, Aleppo, Syria

ABSTRACT

This paper demonstrates that including the 3-vector Lorentz force law within the framework of Special Relativity Theory allows derivation of the fundamental relativistic equations pertaining to a charged particle without using Lorentz transformation, and hence without using its kinematic effects; i.e. length contraction and time dilation. Besides that, the invariance of light speed can be interpreted in a way that dose not depend on the properties of space-time.

Key Words

Lorentz, force law, special relativity, length contraction, time dilation.

★ This article appeared in *Galilean Electrodynamics*, September/October 2003. It is translated into Arabic by N. Hamdan.

THE ROAD TO MINIATURIZATION★

H. IWAI, H. WONG

ABSTRACT

Silicon microelectronics has revolutionized the way we live, but how long can the relentless downsizing of devices continue? **Hei Wong** and **Hiroshi Iwai** describe the challenges facing the semiconductor industry today.

Key Words

Moore's law, miniaturization, MOS transistor, integrated circuit, microelectronics.

★ This article appeared in *Physics World*, September 2005. It is translated into Arabic at the Atomic Energy Commission of Syria.

METROLOGY AT THE NANO SCALE★

B. SHERIDAN, P. CUMPSON, M. BAILEY

ABSTRACT

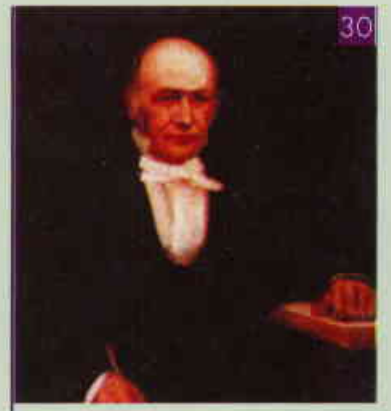
Progress in nanotechnology relies on over more accurate measurements of quantities such as distance, force and current.

Key Words

Nanometrology, metrological biology, atomic force microscope (AFM), microelectromechanical systems, nanotechnology.

★ This article appeared in *Physics World*, August 2005. It is translated into Arabic at the Atomic Energy Commission of Syria.

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



42 BEYOND NUCLEAR WEAPONS

43 EMBRYO-FREE TECHNIQUES GAIN MOMENTUM

Ethical concerns about research involving embryos have been driving the search for other ways to derive stem cells, and results may soon be on the horizon.

45 HYDROGEN RESULTS CAUSE CONTROVERSY

46 EUROPE PLANS LASER-FUSION FACILITY

48 THE QUANTUM PHILOSOPHER

49 CHLORINE

PAPERS

53 EVALUATION OF BARLEY DOUBLED HAPLID AND MUTANT LINES FOR AGRONOMIC TRAITS AND SCALD RESISTANCE

58 PRODUCTION OF HYDROGEL WOUND DRESSINGS USING GAMMA RADIATION

REPORTS

63 DETERMINATION OF INTAKE AND INTERNAL RADIATION DOSE FOR OCCUPATIONALLY EXPOSED WORKERS TO IODINE-131

64 A FITTING STATISTICAL COMPUTER PROGRAM FOR NONLINEAR CURVES USING STOCHASTIC ALGORITHMS

64 MODELING OF FEED WATER PRETREATMENT IN DESALINATION PLANTS

65 THE FACTORS AFFECTING THE ^{95}Nb/^{95}Zr AND ^{140}La/^{95}Zr - COOLING TIME CORRELATIONS

65 INVESTIGATION OF THE SYNERGISTIC EFFECT OF ALCOHOLIC COMPOUNDS ON THE EXTRACTION OF H_3PO_4 FROM SYRIAN WET PHOSPHORIC ACID BY TBP

66 EFFECT OF DIFFERENT RATES OF POTASSIUM FERTILIZER ON NITROGEN USE EFFICIENCY AND COTTON YIELD USING AN ^{15}N ISOTOPIC DILUTION TECHNIQUE

66 MEASURING FLUORIDE LEVEL EMITTED FROM PHOSPHATE FERTILIZER PLANT IN ENVIRONMENTAL COMPONENTS

67 EFFECT OF TEMPERATURE ON CURRENT VOLTAGE CHARACTERISTICS IN ZnO/CdS/CuGaSe$_2$ SINGLE CRYSTAL SOLAR CELLS

NEW BOOKS

68 LES SECRETS DU VIVANT - CONTRE LA PENSÉE UNIQUE EN BIOLOGIE

BY: M. MORANGE

OVERVIEW & ANALYSIS: L. MONTAGNIER

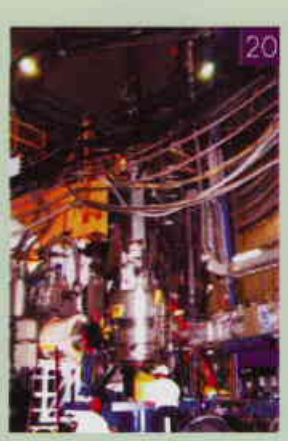
69 THE FUTURE OF NUCLEAR POWER

BY: W. J. NUTTALL

OVERVIEW & ANALYSIS: J. SKEA

77 ABSTRACTS OF THE ITEMS PUBLISHED IN THIS ISSUE IN ENGLISH

CONTENTS



ARTICLES

5 ABANDONING THE IDEAS OF LENGTH CONTRACTION AND TIME DILATION

The invariance of light speed can be interpreted in a way that dose not depend on the properties of space-time.

N. HAMDAN

11 THE ROAD TO MINIATURIZATION

Describe the challenges facing the semiconductor industry today.

H. IWAI, H. WONG

17 METROLOGY AT THE NANO SCALE

Progress in nanotechnology relies on ever more accurate measurements of quantities such as distance, force and current.

B. SHERIDAN, P. CUMPSON, M. BAILEY

22 STRANGE EVENTS IN THE PROTON

Precision measurements of the weak force suggest that strange quarks have an influence on the magnetic moment of the proton.

K. KUMAR

25 WILLIAM ROWAN HAMILTON: MATHEMATICAL GENIUS

This year Ireland celebrates the bicentenary of the mathematician William Rowan Hamilton, best remembered for "quaternions" and for his pioneering work on optics and dynamics.

D. R. WILKINS

30 BIOGEOCHEMICAL CYCLING OF IRON ISOTOPES

This article is dealing with exploration of the environments and processes involved in redox cycling of iron isotope geometry.

K. M. GOHNSON, B. L. BEARD

NEWS

35 AVIAN INFLUENZA

Potentially more lethal variant hits migratory birds in China.

36 HOW DOES A REWRITABLE CD WORK?

Simple compact disc, on which music or data are recorded, does not permit to be deleted or rewritten again like a magnetic tape. The process of writing on a CD should have been radically modified in order to make CD-ROM and CD-RW.

39 US SET TO ENDORSE HUMAN PESTICIDE TESTING

41 RADIATION DANGEROUS EVEN AT LOWEST DOSES

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

AALAM AL-THARRA

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 of the different applications of Atomic energy.

Managing Editor

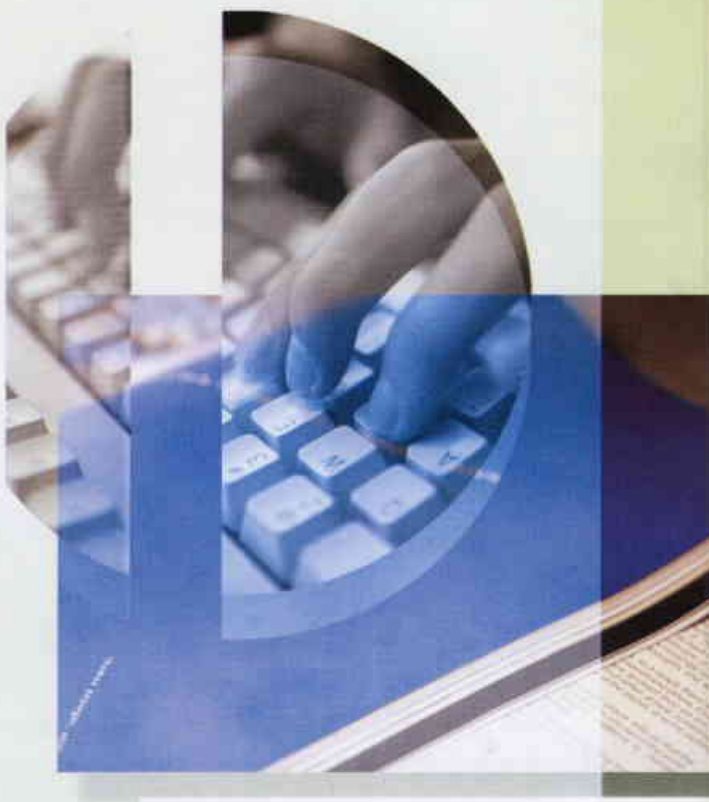
Dr.Ibrahim Othman

Dirctor General of A.E.C.S

Editorial Board

Dr. Adel Harfoush

Dr. Ziad Qutob



NO.101

Numeral 101 (January/February) 2006

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