



# عالم الذرة

مجلة هيئة الطاقة الذرية السورية

## مجلة عالم الذرة

مجلة دورية تصدر ست مرات في السنة عن هيئة الطاقة الذرية في الجمهورية العربية السورية. وتهدف إلى الإسهام في نشر المعرفة العلمية باللغة العربية في الميدانين الذري والنووي، وفي كل ما يتعلق بهما من تطبيقات.

### المدير المسؤول

الدكتور إبراهيم عثمان

المدير العام لهيئة الطاقة الذرية

### هيئة التحرير

الدكتور عادل الحرفوش

الدكتور زياد القطب

**NO.108**

# المحتويات

## المقالات

5 انعكاس التيار الفائق في النقاط الكمومية

ج. أ. فان دام وآخرون

12 خط أخير للدفاع

كيف تتفوق بدهاء على تصميم المهريين النوويين على الدمار المطلق؟

إ. سيغليانو

18 شراب مفضل لك ووقود لسيارتك

تعد صناعة إيثانول قصب السكر البرازيلية هي الأفضل في العالم وتستطيع أن تكون أفضل من ذلك.

إ. مارييس

24 أسطورة مضادات الأكسدة

ما هو دور مضادات الأكسدة في لراء عاديات الشيوخوخة؟ وهل ترقى بالفعل، كما تقول ليزا ملتون، لأن نسميها "أسطورة مضادات الأكسدة".

ل. ملتون

## الأخبار العلمية

30 الجذور الحرة تتبع الشمس

32 وحدانية السبين

يمكن للحواسيب الكمومية أن تحل معضلات لا يمكن أن تحلها الحواسيب التقليدية. ويعتبر العنصر المفقود للحوسبة الكمومية بالسبينات الإلكترونية قد أصبح الآن متاحاً -ويتمثل في دوران سبين وحيد.

34 عودة الذرة

هل تستطيع الصناعة النووية أن تتغلب على عقود من الركود وأن تستغل التحول بالمواقف؟

36 مناوبات مغناطيسية

ثمة تقنية أنيقة تسمح بوضع الذرات المغناطيسية واحدة تلو الأخرى في بلورة نصف ناقلة. إنها خطوة أخرى باتجاه تحقيق هدف طموح يتمثل في الحصول على جذاذة (شبية) حاسوب قد تستطيع خزن البيانات ومناولتها في آن معاً.

38 إلى أي حد ينبغي لنا أن نضع من البولونيوم؟

إنه عالي النشاط الإشعاعي، ومميت في حال تم استنشاقه أو ابتلاعه، وقد يبدو كسلاح إرهابي مفضل.

40 ورشات رؤية مستقبلية حول المياه في سورية

44 انبثونيوم



## إطالة علمية على حدث

47 التقنية الحيوية: ما لها وما عليها

## ورقات البحوث

الطبقة الكارستية والينابيع تحت البحرية في الساحل السوري

## تقارير

- 75 ■ دراسة عدم الاستقرار الترموهيدروليكي والحدود التصميمية في مفاعلات البحث العالية التدفق باستخدام الكود الموسع ATHLET
- 76 ■ دراسة الطابع النووي لثلاثة عروق محلية للجمل والماعز والغنم لأهميتها الاقتصادية
- 76 ■ دراسة الإجراءات التحليلية لتعيين تركيز الفاناديوم في المشتقات النفطية المستخدمة في سورية
- 77 ■ استجابة عنزات الماعز الشامي إلى منظم الشبق الصناعي Prostaglandin F<sub>2α</sub>، الإيليرين
- 77 ■ توضيب النفايات المشعة المتوسطة والمنخفضة السوية الإشعاعية باستخدام الإسفلت الصناعي المؤكسد (البيتومين)
- 78 ■ دراسة أساسية لفيزياء البلازما الراديوية السعوية من أجل غازين مختلفين: SiH<sub>4</sub> و CF<sub>4</sub>
- 78 ■ المرئسات العامة المتخصصة بدنا الصناعات الخضراء واستخداماتها في دراسات النباتات
- 79 ■ تحضير أغشية رقيقة من مادة TaTe<sub>2</sub> باستخدام التذرية بالليزر
- 79 ■ التربية المخبرية لطفيليات البيوض التابعة للجنس Trichogramma و الطفيل اليرقي Habrobracon hebetor وفراشة طحين البحر الأبيض المتوسط Ephestia kuehniella كعائل بديل لهذه الطفيليات

68 أمثلة مضاعفة التواتر لليزر معدّل داخل الجوف

68 أنماط متعددة الببتيد لعزلات سورية من الفطر Pyrenophora graminea

69 الأداء الإنتاجي وحجم جهاز الهضم لصيصان الفروج المغذاة على عليقة تقليدية أو على عليقة جميع مكوناتها نباتية

69 البلمرة التشاركية المطعمة المحدثة بأشعة غاما لحمض الأكريليك على أفلام بولي إيثيلين ترفتالات: دراسة بواسطة التحليل الحراري

70 مستحلبات مكروية ناتجة عن خافض توتر سطحي لأيونى هكسا إيتيلين غليكول مونو-ن-دودي سيل الإيثر وكمية قليلة من خافضات توتر سطحي أيونية

70 تفوق الخوارزميات الجينية (الوراثية) ذات الترميز الحقيقي في النمذجة المثلى لنظم المياه على تقنيات البحث الأخرى

71 تعيين معامل التوهين الذاتي في الاختبارات اللاإتلافية السلبية لنترات اليورانيل انطلاقاً من نسب شدات خطوط غاما X المميزة لليورانيوم

71 تأثير المعالجة بأشعة غاما في الحمولة الميكروبية والاستخلاص والخصائص الحسية لبذور اليانسون

72 كثرات حدود بسيطة من أجل تعيين دقيق للمقاومة النوعية الأومية لقرص رقيق، كرة أو أسطوانة لامتناحية بطريقة الوصلات الأربع

72 محاكاة بطريقة مونتى كارلو لعمود حراري تصوري في مفاعل المنبع النثروني الصغير السوري باستخدام الكود MCNP-4C

73 النظائر البيئية والهيدروكيميا في دراسة مياه

- 1- تُرسل نسختان من مادة النشر باللغة العربية مطبوعتان بالآلة أو مكتوبتان بالحرر بخط واضح على وجه واحد من الورقة، وبفراغ مضاعف بين السطور.
- 2- يُكتب على ورقة مستقلة عنوان مادة النشر واسم الكاتب وصفته العلمية وعنوانه مع ملخصين لها أحدهما بالعربية والآخر باللغة الإنكليزية حصراً، في حدود عشرة أسطر لكل منهما، ويطلب من كل من المؤلف أو المترجم كتابة اسمه كاملاً، باللغتين العربية والأجنبية، ولقبه العلمي وعنوان مراسلته.
- 3- يُقدم المؤلف (أو المترجم) في ورقة مستقلة قائمة بالعبارات التي تشكل الكلمات المفتاحية "Key Words" (والتي توضح أهم ما تضمنته المادة من حيث موضوعاتها وغايتها ونتائجها والطرق المستخدمة فيها) وبما لا يتجاوز خمس عبارات باللغة الإنكليزية وترجمتها بالعربية.
- 4- إذا سبق نشر هذا المقال أو البحث في مجلة أجنبية، ترسل الترجمة مع صورة واضحة عن هذه المادة المنشورة ويستحسن إرسال نسخة الأصل المطبوع والأشكال (الرسوم) الأصلية إن وجدت، ولو على سبيل الإعارة.
- 5- إذا كانت المادة مؤلفة أو مجمعة من مصادر عدة، يذكر الكاتب ذلك تحت العنوان مباشرة كأن يقول "تأليف، جمع، إعداد، مراجعة" وترفق المادة بقائمة مرقمة للمراجع التي استقاها منها.
- 6- إذا تضمنت المادة صوراً أو أشكالاً، ترسل الصورة الأصلية وكذلك الأشكال مخططة بالحرر الأسود على أوراق مستقلة، إلا إذا كانت موجودة في المادة المطبوعة المطبوعة بلغة أجنبية (كما جاء في الفقرة "4") مرقمة حسب أماكن ورودها.
- 7- يُرسل مع المادة قائمة بالمصطلحات العلمية العربية المستخدمة فيها مع مقابلاتها الأجنبية إذا لم تكن واردة في معجم الهيئة للمصطلحات العلمية والتقنية في الطاقة الذرية الذي تم نشره في أعداد المجلة (2-18).
- 8- تكتب المصطلحات وكذلك أسماء الأعلام باللغتين العربية والأجنبية عند ورودها في النص أول مرة ومن ثم يكتفى بإيراد المقابل العربي وحده سواء أكان هذا المقابل كاملاً أو غير كامل وتستعمل في النص المؤلف أو المترجم الأرقام العربية (1، 2، 3) أينما وردت مع مراعاة كتابتها بالترتيب العربي من اليمين إلى اليسار وإذا وردت في نص معادلة أو قانون أحرف أجنبية وأرقام نكتب المعادلة أو القانون كما هي في الأصل الأجنبي.
- 9- يُشار إلى الحواشي، إن وجدت، بإشارات دالة (\*، +، X، ...) في الصفحة ذاتها، كما يشار في المتن إلى أرقام المصادر والمراجع المدرجة في الصفحة الأخيرة، وذلك بوضعها ضمن قوسين متوسطين [ ] .
- 10- ترقم مقاطع النص الأجنبي والنص العربي بترتيب واحد في حالة الترجمة.
- 11- يرحي 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

ISSN 1607-985X

### رسوم الاشتراك السنوي

يمكن للمترجمين تسليم رسم الاشتراك في مكتب الترجمة والتأليف والنشر في الهيئة

(دمشق، شارع 17 نيسان) أو بحوالة على العنوان التالي:

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

ص.ب: 16005، رقم الحساب 2/3012

- الاشتراك من داخل القطر: للطلاب (200) ل.س، للأفراد (300) ل.س،

للمؤسسات (1000) ل.س.

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

### سعر العدد الواحد

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

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

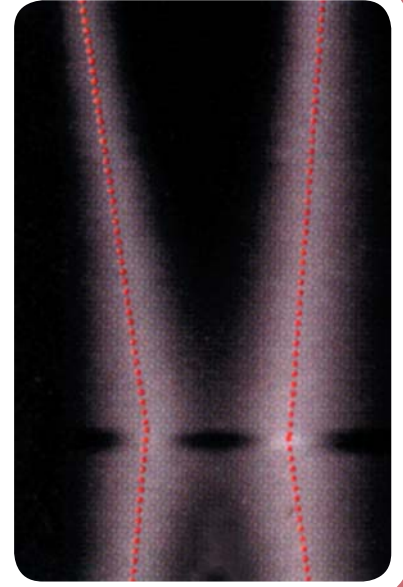
### الإعلانات

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 يرحي الكتابة إلينا أو الاتصال بنا وفق العنوان الوارد أعلاه.

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



# انعكاس التيار الفائق في النقاط الكمومية



## ملخص

عندما يتصل ناقلان فائقان اتصالاً كهربائياً بواسطة رباط ضعيف - كأن يكون حاجزاً نفقياً - فإنه يمكن أن يسري تيار فائق عديم المقاومة [2.1]. إن هذا التيار الفائق تنقله أزواج كوبر للإلكترونات بشحنة مشتركة تساوي ضعف الشحنة الأولية  $e$ . ويكون كموم الشحنة  $2e$  ظاهراً بوضوح في ارتفاع خطوات الفولطية في وصلات جوزفسون *Josephson junctions* تحت تشعيع مكروي الموجة، وفي دورية التدفق المغنطيسي البالغة  $h/2e$  (حيث  $h$  ثابت بلانك) في نبائط التداخل الكمومي الفائق النقل *superconducting quantum interference devices* [2]. ندرس هنا التيارات الفائقة عبر نقطة كمومية *quantum dot* تشكّلت في سلك نانوي نصف ناقل بواسطة تحكّم بوابي كهراكدي موضعي *local electrostatic gating*. ونظراً للتأثير الكولوني القوي، تعبر الإلكترونات فقط عبوراً نفقياً الواحد تلو الآخر سوياً طاقة النقطة الكمومية المنفصلة. وبالرغم من ذلك، باستطاعة هذه الإلكترونات أن تنتج تياراً فائقاً عندما تكون حوادث العبور النفقي متماسكة *coherent* [3-7]. ويمكن أن تؤدي عمليات العبور النفقي هذه والمتماسكة كمومياً إما إلى تيار فائق موجب أو إلى تيار فائق سالب، أي في وصلة عادية أو وصلة  $\pi$  على التوالي [8-10]. ونبين هنا أن التيار الفائق يعكس إشارته بإضافة سبين إلكترون مفرد إلى النقطة الكمومية. وعندما تدخل الحالات المثارة للنقطة الكمومية في النقل، فإن إشارة التيار الفائق تعتمد أيضاً على الصفة المميزة للدالات الموجية المدارية *orbital wave functions*.

## الكلمات المفتاحية

نقطة كمومية، تيار فائق، وصلة جوزفسون، سكويدة، تيار فائق سالب، وصلة  $\pi$ ، عملية عبور نفقي.

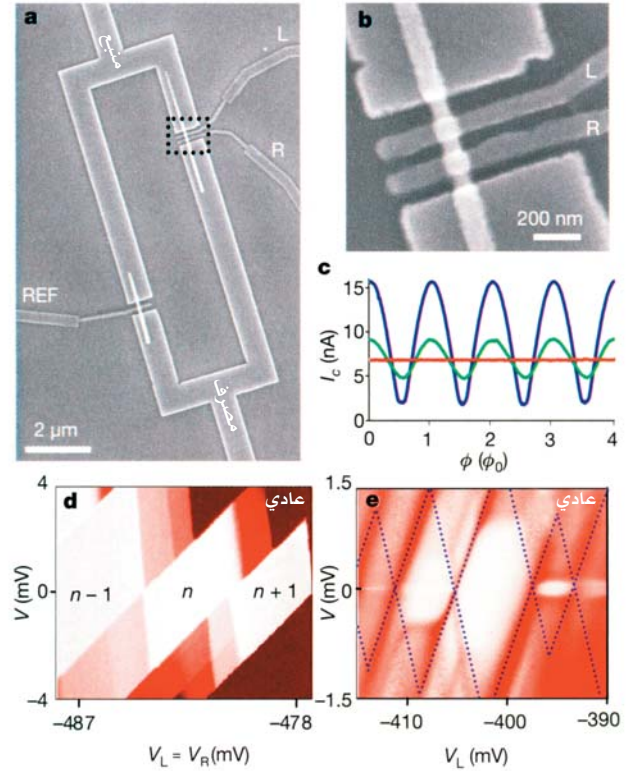
فائقة عبر النقاط الكمومية، ويرجع ذلك في الأغلب إلى فقدان الاقتران النفقي *tunnel coupling* القابل للتحكم مع الإلكترونين [14-11]. لقد تمّ الحصول مؤخراً على اقتران قوي وتأثيرات كولونية مهمة في نقاط كمومية مصنوعة من أنابيب نانوية من الكربون تظهر عبوراً نفقياً تجاوبياً لأزواج كوبر عبر حالة كمومية مفردة [15]. إن انشغال النقطة الكمومية بالإلكترونين في آن واحد غير مستحب في نظام التأثيرات الكولونية القوية. ورغم ذلك، يمكن أن يسري تيار

يمكن سبر الخواص الإلكترونية للنقط الكمومية بوصل إلكترونين: أحدهما منبع *source* والثاني مصرف *drain*، يسمحان لحاملات الشحنة بالعبور النفقي من النقطة إلى كل من الإلكترونين. فإذا كان الإلكترونان فائقي النقل، تأثر النقل بشدة واعتمد كثيراً على الاتصال الكهربائي بين الإلكترونين والنقطة الكمومية. صحيح أن هناك عدداً من التجارب قد ركزت على ظواهر مختلفة من نظام الحصر الكولوني *Coulomb blockade regime*، ولكن لم تلاحظ تيارات

فائق نظراً للنقل اللاحق (لكنه متماسك) للإلكترونات المتعاقبة. وهذا يمكن أن يؤدي إلى تغير في إشارة أحادية أزواج كوبر Cooper pair singlet (أي، من  $(|\downarrow\uparrow\rangle - |\uparrow\downarrow\rangle)/\sqrt{2}$  إلى  $(|\uparrow\downarrow\rangle - |\downarrow\uparrow\rangle)/\sqrt{2}$ )، حيث  $\uparrow$  و  $\downarrow$  يمثلان الحالتين الخاصتين للمركبة z للسين. لذا فإن علاقة جوزفسون النموذجية بين التيار الفائق،  $I_s$ ، وفرق الطور الجهري بين النواقل الفائقة،  $\phi$ ، التي تعطى عادة بالعلاقة  $I_s = I_c \sin(\phi)$ ، تتحول إلى  $I_s = I_c \sin(\phi + \pi) = -I_c \sin(\phi)$  (المرجع 5؛  $I_c$  هو التيار الحرج). لقد جرت دراسة آليات أخرى للنقل بواسطة أزواج كوبر باستخدام نواقل فائقة عالية درجة الحرارة [8] ومغانط حديدية [9] ومعادن طبيعية نصف مجهرية غير متوازنة [10] وتنتج عنها تيارات فائقة سالبة.

نستخدم أسلاكاً نانوية من زرنخيد الإنديوم (InAs) كوصلات links ضعيفة نصف ناقلة [16] مع إلكترونيات بوابة موضعية للحصول على نقاط كمومية تتمتع باقتران قابل للتوليف مع أسلاك فائقة النقل. ويتم عمل أسلاك نانوية من نصف الناقل InAs أحادي البلورة من النوع n بعملية حفزية مبنية على طريقة الإنماء growth method بخار-سائل-صلب [17-20]. وبعد الإنماء، تُنقل الأسلاك إلى ركازة من السليكون المؤكسد. لقد كانت تُستخدَم تقنيات التصنيع النانوي المُطوّرة في السابق من أجل تحديد تماسات فائقة النقل قائمة على الألمنيوم وذات شفافية عالية [16]. يتم التماس على التوازي بين أزواج من أسلاك نانوية متجاورة، لتشكيل عروة فائقة النقل ذات وصلتين من أسلاك نانوية (الشكل 1a). وفي مرحلة ثانية ليثوغرافية، نحدد إلكتروني البوابة المحلية local gate electrodes، ويتم تقاطع cross أحد الأسلاك النانوية (السلك النانوي العلوي في الشكل 1a) بالبوابتين، الموسومتين بالحرفين L و R، كي نحدد نقطة كمومية (انظر أيضاً الشكل 1b). كما يتقاطع السلك النانوي السفلي ببوابة واحدة، موسومة بالأحرف REF، وتستخدم كموصل مرجعي reference junction مع اقتران جوزفسوني قابل للتوليف. لقد درسنا نبيطتين متماثلتين بصورة مفصلة، ونقدم هنا نتائج إحداهما. وثمة معطيات مماثلة من النبيطة الثانية وملحقة مربوطة بالنسخة الإلكترونية لهذه الورقة على الإنترنت وعلى الموقع [www.nature.com/nature](http://www.nature.com/nature).

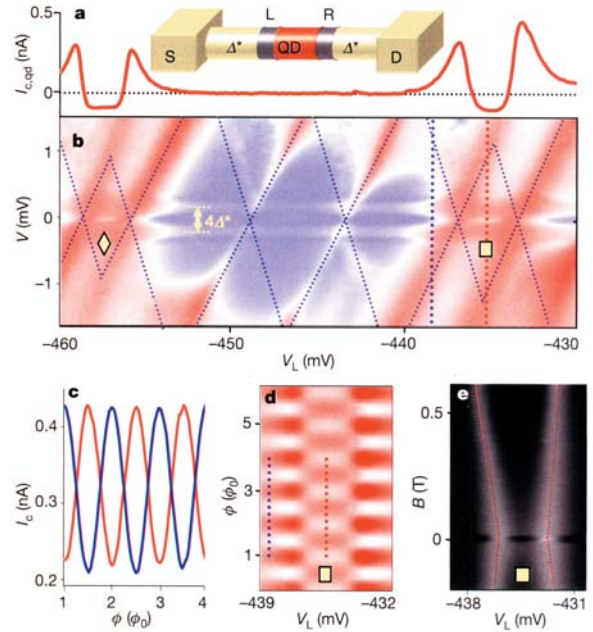
يشكل السلطان النانويان، وتحت درجة حرارة تحول التماسات المبنية على الألمنيوم ( $T_c \approx 1.1$  K) إلى النقل الفائق، وصلات ضعيفة فائقة النقل بسبب أثر الجوار proximity effect



a، صورة مجهرية مأخوذة بالمجهر الإلكتروني الماسح لنبيطة السكويده SQUID المصنوعة من سلك نانو من InAs. يُدمج سلطان نانويان (قطر كل منهما  $\sim 60$  nm) في عروة فائقة النقل (100 nm ألمنيوم Al على 10 nm تيتانيوم Ti). تستخدم بوابتان علويتان من الألمنيوم (L و R) يفصل بينهما مسافة  $\sim 65$  nm لتحديد نقطة كمومية في السلك النانوي العلوي. تستخدم بوابة ثالثة (REF) للتحكم بالوصلة المرجعية. صورة عالية الميز لسلك النانوي العلوي الذي يظهر محاطاً بمستطيل في الجزء a. c، تيار السكويده الحرج،  $I_c$ ، بدلالة التدفق المغنطيسي،  $\Phi$ ، (مأخوذة بوحدات كم التدفق،  $\Phi_0$ )، من أجل فولتيات مختلفة مطبقة على البوابة المرجعية ( $V_{REF}=0$  V (الأثر الأزرق)،  $V_{REF} = -0.64$  V (الأثر الأخضر)،  $V_{REF} = -0.80$  V (الأثر الأحمر))، مما يوضح تحكماً كهربائياً كاملاً في سعة اهتزازات السكويده. d، رسم بياني ملون للتيار المطلق المار خلال النقطة،  $I$ ، (يزداد من اللون الأبيض (0pA) إلى اللون الأحمر (5pA) بدلالة فولتية انحياز (المنبع-المصرف، V)، ومن أجل  $V_L = V_R$  في الحالة العادية. إن التماسات الكولونية محددة بشكل جيد نظراً للاقتران النفقي الضعيف بين النقطة الكمومية والأسلاك. e، الناقلية التفاضلية،  $dI/dV$ ، (تزداد من الأبيض (0.1  $\mu$ S) إلى الأحمر (40  $\mu$ S))، بدلالة V و  $V_L$  ( $V_R = -0.40$  V). ينتج عن الاقتران القوي بين النقطة والسلك ضبابية وعدم وضوح في حواف التماسات (أشير إليها بخطوط منقطة) ومعالم أفقية داخل التماسات بسبب العبور النفقي المشترك اللامرّن. المعطيات في d و e مأخوذة عند الدرجة  $T = 30$  mK، وفي حقل مغنطيسي صغير ليسوق التيارات الفائقة إلى الحالة العادية.

[16]، وبذلك يحققان نبيلة تداخل كمومي فائقة النقل تدعى سكويده (SOUID) superconducting quantum interference device [2]. ونشير هنا إلى أن التيار الحرج للسكويده،  $I_c$ ، كتابع للتدفق المغنطيسي،  $\Phi$ ، يُبدي اهتزازات يبلغ دورها  $66 \mu\text{T}$ . وهذا ينسجم مع إضافة كموم التدفق،  $\Phi_0 = h/2e$ ، إلى المساحة الفعالة للسكويده البالغة  $30 \mu\text{m}^2$  (الشكل 1c، الرسم الأزرق، درجة الحرارة  $T = 30 \text{ mK}$ ). ويقابل التيار الحرج الأعظمي مجموع (فرق) التيارات الحرجة لوصلي السلكين النانويين. وعلى خلاف ما هو في سكويده أخرى، يمكن توليف التيارات الحرجة للموصلات junctions المستقلة بتطبيق فولتيات على البوابات الخاصة بكل منها. ويتجلى هذا بقياس اهتزازات السكويده من أجل فولتيات مختلفة تطبق على REF. عندما يكون  $V_{\text{REF}} = -0.64 \text{ V}$  (الشكل 1c، الرسم باللون الأخضر)، تتخفف سعة اهتزازات السكويده بسبب الاستنزاف الموضعي الجزئي للسلك النانوي. وبمزيد من التخفيض لفولطية البوابة حتى تصل إلى  $V_{\text{REF}} = -0.80 \text{ V}$ ، فإن الوصلة المرجعية تضيق نرعاً فتُسبب اختفاء إشارة التداخل interference signal. وبذلك يكون لدينا تحكم كهربائي فريد في تشغيل السكويده.

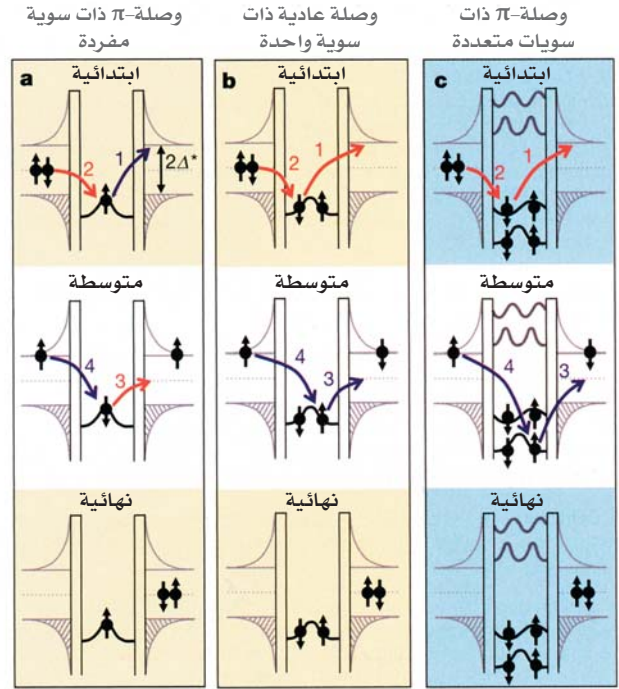
يجري تشكيل النقطة الكمومية في أعلى السلك النانوي بتطبيق فولتيات سالبة بصورة آنية على البوابتين L و R. ويكوّن النضوب الموضعي حاجزين نفقيين، يحددان نقطة كمومية واحدة في مقطع السلك النانوي بين البوابتين (انظر المُدْرَج في الشكل 2a)، مما يؤدي إلى ظهور سويات طاقة منفصلة وحصر كولوني. ولبيان هذا، نضيق الوصلة المرجعية ( $V_{\text{REF}} = -0.80 \text{ V}$ ) ونطبق حقلاً مغنطيسياً صغيراً كي نخدم الناقلية الفائقة. ويبين الشكل 1d رسماً بيانياً ملوناً لتيار مطلق عبر النقطة الكمومية،  $|I_c|$ ، بدلالة فولطية الانحياز،  $V$ ، وفولتيات البوابتين،  $V_L = V_R$ . ويحدث الحصر الكولوني ( $|I_c| = 0$ ) ضمن مناطق متصلة ألامسية الشكل، مثلما نشاهد نمطياً في النقل عبر نقاط كمومية منفردة [21]. أما خارج هذه المناطق فالتيار  $|I_c|$  يزداد وفق خطوات (خطوط موازية لحواف الألامسة) مما يشير إلى بداية عبور نفقي للإلكترون الفرد بواسطة حالات متأثرة منفصلة. ومن معرفة الفاصل بين هذه الخطوط، نقدر فاصل طاقة مميزاً لهذا النظام يُقدر بحوالي  $1 \text{ meV}$ . تشير حدة حواف الألامسة وكذلك خطوط الإثارة إلى اقتران عبور نفقي ضعيف بين النقطة الكمومية وأسلاك المنبع والمصرف. هذا ونستطيع زيادة الاقتران عن طريق تخفيض



a، رسم بياني لتيار النقطة الكمومية الحرج،  $I_{c,qp}$ ، بدلالة فولطية البوابة،  $V_L$ ، الموافقة لمنطقة فولطية البوابة ذاتها التي في b. الرموز على الشكل هي: QD: أي نقطة كمومية، S ترمز إلى المنبع، D ترمز إلى المصرف. يشاهد تيار فائق سالب من أجل حالتين من حالات الشحنة. المُدرَج هو مخطط للنقطة الكمومية في السلك النانوي. b، رسم بياني بمقياس لوني للناقلية التفاضلية،  $dI/dV(V, V_L)$ ، في حالة النقل الفائق (يزداد  $dI/dV$  من الأزرق، مروراً بالأبيض، وصولاً إلى الأحمر؛  $V_{\text{REF}} = -0.8 \text{ V}$ ). القمتان في  $dI/dV$  عند  $V \approx \pm 200 \mu\text{V}$  ترجعان إلى العبور النفقي المشترك لأشياء الجسيمات، ويقدم تباعدها  $4\Delta^*$  كما هو مشار إليه) قياساً مباشراً لفرجة النقل الفائقة المحرّضة في السلك النانوي. تشير الرموز الصفراء (الألامسة والمربع) إلى حالتين شحنة تبيان تياراً فائقاً سالباً. وتشير الخطوط الزرقاء المنقطة إلى حواف الألامسة. c، المنحنيان  $I_c(\Phi)$  المأخوذان عند فولتيات بوابة أشير إليها بالخطوط الشاقولية المنقطة الحمراء والزرقاء في b، وهما يوضحان الانزياح بمقدار  $\Phi_0/2$  بين النظامين التقليدي (الأزرق) ونظام  $\pi$  (الأحمر). d، تيار السكويده الحرج،  $I_c$ ، في مقياس لوني بدلالة  $V_L$  و  $\Phi$ . المربع الأصفر: إشارة التداخل مزاحة بمقدار نصف كم تدفق بالمقارنة بالألامسات الكولونية المجاورة، مشيرة إلى الانزياح  $\pi$ - في علاقة جوزفسون. يمكن تلبس منحنيات  $I_c(\Phi)$  المستقلة، بشكل جيد، بتابع جيبي في حدود دقة القياس. e، رسم بياني رمادي المقياس للناقلية الخطية،  $G$  (تزداد من الأسود إلى الأبيض)، بدلالة الحقل المغنطيسي،  $B$ ، و  $V_L$ . المستطيل الأصفر: يزداد تباعد القمم الكولونية في حالة الشحنة هذه مع زيادة الحقل بسبب مفعول زيمان، مما يشير إلى أن عدد الإلكترونات هو عدد فردي. كل القياسات مأخوذة عند درجة الحرارة  $T = 30 \text{ mK}$ . لاحظ بأن الانحياز في كل القياسات في a و c و d تم بواسطة التيار، أما الانحياز في b و e فقد تم بواسطة الفولطية.



مخططات طاقة توضح انتقال أزواج كوبر عبر نقطة كمومية بسبب العبور النفقي المشترك من المرتبة الرابعة.



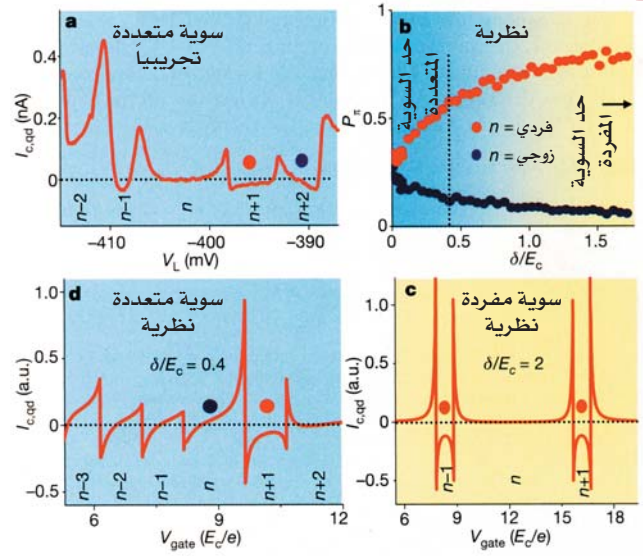
اللوحات العلوية والسفلية تمثل الحالتين الابتدائية والنهائية على الترتيب. اللوحات المتوسطة تبين إحدى الحالات المتوسطة الافتراضية. تشير الأعداد إلى تعاقب الأحداث النفقية. يقابل اللون الأحمر (الأزرق) العبور النفقي لإلكترون له سبين للأعلى (لأسفل). a، يحدث الانتقال عبر سوية سبين منطبق spin- degenerate level مملوءة بإلكترون واحد. وخلال هذا الحدث ينعكس ترتيب سبينات أزواج كوبر. ينتج عن هذا مساهمة سالبة في التيار الفائق (انظر المخطط في المرجع 5). b، الانتقال عبر سوية سبين منطبق مملوءة بإلكترونين. لا يمكن عكس ترتيب سبينات أزواج كوبر، ينتج عن هذا دواماً تياراً فائقاً موجب. c، حدث عبور نفقي مشترك يتضمن سويتي طاقة لهما دالتان موجبتان بنديتيتين متعاكستين opposite parity. ينتج عن هذا مساهمة سالبة في التيار الفائق [7].

الفولطية السالبة المطبقة على L و R (انظر الشكل 1e). ويؤدي هذا إلى حواف ضبابية للألماسة (الخطوط المنقطعة) وظهور معالم عبور نفقي مشترك لامرن inelastic co-tunnelling داخل الألماسات. إن هذا الاقتران القابل للتوليف مهم بشكل خاص للوصول إلى نظام النقل الضيق الذي تهيمن فيه تأثيرات الشحن ولكن مع كون التيار الحرج، في الوقت نفسه، كبيراً بما يكفي لقياسه.

بالانتقال إلى حالة النقل الفائق ولكن مع بقاء الوصلة المرجعية متضيقة، تنشأ قمتان في  $dI/dV$  حول  $V \approx \pm 200 \mu V = \pm 2\Delta^*/e$  (الشكل 2b). وتمثل  $2\Delta^*$  فرجة النقل الفائق المحرصة في السلك النانوي بأثر الجوار (مُدْرَج الشكل 2a). وترجع هذه المعالم إلى العبور النفقي المشترك من المرتبة الثانية، ويعكس شكل حدة القمة التفردات singularities في كثافة حالات أشباه المواد عند أطراف الفرجة. وبالرغم من مفعول الحصر الكولوني، فإننا نشاهد تياراً فائقاً محدوداً،  $I_{c,qd}$ ، خلال النقطة الكمومية للسلك النانوي. ونشير إلى أننا نستعمل الشكل الهندسي للسكويده كي نعين القيمة الحرجة لهذا التيار الفائق وإشارته في تجربة منحازة بالتيار [22]. فعندما يُطبق عدد صحيح من كمومات التدفق من خلال سطح السكويده، فإن تيار السكويده الحرج يوافق مجموع التيارات الحرجة للوصلتين [2]، أي  $I_c = I_{c,qd} + I_{c,REF}$ . مع الإشارة إلى أننا وضعنا  $I_{c,REF} = 320 \text{ pA}$ ، واستخرجنا تبعية  $V_L$  على  $I_{c,qd}$  مباشرة من قياس  $I_c$  (الشكل 2a). وأوجدنا  $I_{c,qd} < 0$  من أجل حالتي شحنة للنقطة الكمومية، ورمزنا إليها بالألماسة صفراء ومربع أصفر في الشكل 2b. إن التيار الفائق السالب لوصلة النقطة الكمومية يؤكد الانزياح  $\Phi 0/2$  بين اهتزازات السكويده من أجل  $I_{c,qd} < 0$  (الشكل 2c، الرسم الأحمر) واهتزازاتها من أجل  $I_{c,qd} > 0$  (الرسم الأزرق). يبين الرسم البياني الملون للتيار  $I_c(V_L, \Phi)$  في الشكل 2d الانتقالات بين التيارات الفائقة الموجبة والسالبة حول حالة الشحنة المشار إليها بالمربع الأصفر.

لقد أمكن التنبؤ بالتيارات الفائقة السالبة في حالة نواقل فائقة مقترنة بشوائب مغناطيسية أو نقاط كمومية متأثرة وحيدة السوية [3-5]. إن العبور النفقي التجاوبي لأزواج كوبر في هذه المنظومات محظور بسبب الحصر الكولوني. ومع ذلك، يمكن نقل أزواج كوبر عن طريق حوادث عبور نفقي مشترك من المرتبة الرابعة. يبين الشكل 3 ثلاثة أمثلة لمثل هذه الحوادث. المخططان العلوي والسفلي يمثلان الحالتين الابتدائية والنهائية على التوالي، والمخططان الكائنان بينهما يبينان واحداً من ثلاث حالات افتراضية متوسطة. ونظراً للحصر الكولوني، فإن تعاقب الحالات المتوسطة يستلزم خسارة في الطاقة تقارب طاقة الشحن،  $E_c$  (من أجل  $E_c \ll \Delta^*$ ). وبالرغم من ذلك، عندما يكون معدل العبور النفقي من رتبة  $E_c/h$ ، فبالإمكان نقل زوج كوبر بأحداث عبور نفقي مشترك بمرتبة أعلى [23]. هناك، مبدئياً، 24 متعاقبة محتملة تقابل 4 أحداث عبور نفقي. وعلى





معكوسة، أي إن زوج كوبر على اليمين تم تشكيله وفق الترتيب التالي  $|\uparrow\rangle, |\downarrow\rangle$  في حين انمى الزوج الكائن على اليسار في الترتيب  $|\downarrow\rangle, |\uparrow\rangle$ . ويؤدي هذا الانعكاس في السبين إلى تغيير إشارة الحالة الأحادية لزوج كوبر (على سبيل المثال، من  $(|\uparrow\downarrow\rangle - |\downarrow\uparrow\rangle)/\sqrt{2}$  إلى  $(|\uparrow\downarrow\rangle + |\downarrow\uparrow\rangle)/\sqrt{2}$ ، مؤدياً إلى انزياح  $\pi$  في علاقة جوزفسون وإلى تيار فائق سالب. ولكن، لو أضيف إلى النقطة الكمومية إلكترون إضافي، فإن تعاقب الأحداث النفقية التي نوقشت أعلاه يصبح محظوراً، بسبب مبدأ باولي Pauli في الاستبعاد. والآن تتاح تعاقبات أخرى لحوادث نفقية مسموح بها، وهي تؤدي إلى تيار فائق عادي موجب [7] (الشكل 3b). وعليه، فإننا نتوقع تياراً فائقاً سالباً (أو موجباً) في نقطة كمومية وحيدة السوية من أجل عدد فردي (زوجي) من الإلكترونات.

نستطيع أن نفرق بين أعداد فردية وزوجية من الإلكترونات في الشكل 2b بقياس الناقلية الخطية،  $G$ ، كتابع لفولطية البوابة والحقل المغنطيسي،  $B$  (الشكل 2e). ونلاحظ ازدياد تباعد القمم الكولونية من أجل حالتي الشحنة المشار إليهما بالمرجع الأصفر والألماس الصفرى بسبب مفعول زيمان، مما يبين أنه من أجل هاتين الحالتين للشحنة يكون عدد الانشغال occupation number،  $n$ ، فردياً [21] (الذي يظهر هو فقط معطيات الحالة المشار إليها بالمرجع الأصفر، العامل  $|g\rangle \approx 15$ ، مماثل للنتائج السابقة من أجل منظومات مماثلة [24]). هذه المشاهدات منسجمة مع النموذج الموصوف أعلاه.

ومن ناحية أخرى، فيما يخص حالة الشحنة حول  $V_L = -447$  mV وبعد فردي من الإلكترونات، نلاحظ تياراً حرجاً صغيراً جداً لكنه موجب ( $I_c \approx 10$  pA). وزيادة على ذلك، وفي مجال مختلف لفولطية البوابة، وهو المبين في الشكل 4a، نلاحظ أيضاً انعكاساً في التيار الفائق فيما يخص حالات شحنة بأعداد زوجية من الإلكترونات. وهنا نحاول أن نبرهن أن هذه المشاهدات تنشأ من العبور النفقي المشترك عبر سويا طاقة متعددة للنقطة الكمومية. إن الطبيعة ذات السويات المتعددة للنقطة الكمومية من أجل مجال البوابة المدروس في الشكل 4a تنبثق عن قياس الناقلية التفاضلية في الحالة العادية (الشكل 1e). نلاحظ هنا قمماً متعددة موازية لحواف الألماس، والتي تقابل النقل عبر حالات مثارة للنقطة الكمومية. ونشير إلى أنه في هذا المجال من فولطية البوابة يكون تباعد السويات،  $\delta$ ، من مرتبة  $E_c$ . لذا يمكن لهذه الحالات أن تأخذ دوراً في أحداث عبور

رُتبت اللوحات بجهة دوران عقارب الساعة. a، تيار النقطة الكمومية المقيس،  $I_{c, qd}$ ، بدلالة  $V_L$ ، مظهراً انعكاس التيار الفائق من أجل أعداد الإلكترونات الزوجية والفردية (أشير إليها بنقطة زرقاء وحمراء على التوالي؛  $V_R = -0.4$  V). b، الاحتمال المحسوب للسلوك  $\pi$ ،  $\pi$ -، من أجل أعداد فردية (أحمر) وزوجية (أزرق) من الإلكترونات بدلالة  $\delta/E_c$ . إن شدة الاقترانات النفقية وإشارتها تتغير بصورة عشوائية. من أجل  $\delta/E_c \gg 1$ ، يتم الوصول إلى الحالة الحدية لنقطة كمومية بسوية واحدة، مما ينتج عنه سلوك  $\pi$ - من أجل أعداد فردية وسلوك تقليدي من أجل أعداد زوجية من الإلكترونات. أما في حدّ السويات المتعددة ( $\delta/E_c \ll 1$ )، فنحصل على  $P_{\pi} \approx 0.3$  من أجل كلتا الحالتين لأعداد الإلكترونات الفردية والزوجية. c، التيار الحرج المحسوب،  $I_{c, qd}$ ، بدلالة فولطية البوابة،  $V_{gate}$ ، من أجل  $\delta/E_c = 2$ . من أجل أعداد فردية للإلكترونات (نقاط حمراء)، يكون التيار الحرج سالباً بصورة نموذجية، مماثلاً للتجربة المبينة في الشكل 2. d،  $I_{c, qd}(V_{gate})$ ، من أجل  $\delta/E_c = 0.4$ . توجد تيارات فائقة سالبة لكل من الأعداد الفردية (نقطة حمراء) والأعداد الزوجية (نقطة زرقاء) من الإلكترونات، كما هو مبين في المعطيات التجريبية في a.

كل حال، ففي نقطة كمومية ذات سوية واحدة لا يُسمح إلا بعدد قليل من المتعاقبات. يوضح الشكل 3a الانتقال الحاصل لزوج كوبر من خلال نقطة كمومية ذات سوية سبين منطبق وحيدة single spin-degenerate level مشغولة بإلكترون واحد (ذي سبين للأعلى،  $|\uparrow\rangle$ ). إن تعاقب أربعة حوادث نفقية، أشير إليها بالأرقام، أعيد ترتيبها بالضرورة على مختلف الأوجه الممكنة مقارنة بالانتقال المعتاد لأزواج كوبر. والنتيجة اللافتة للنظر هي أن علاقة الترتيب السبيني spin-ordering لزوج كوبر

حيث  $P_{\pi} \approx 0.3$  لكلا أعداد الإلكترونات الفردية والزوجية، تتوافق مع الحسابات السابقة [7]. وانطلاقاً من المعطيات التجريبية في الشكل 1e فإننا نقدر  $\delta/E_c \approx 0.4$ ، التي تشير بوضوح إلى نظام انتقالي. ويبيّن الشكل 4d نتيجة نموذجية للتيار  $I_{c,qd}$  بدلالة  $V_{gate}$  من أجل  $\delta/E_c = 0.4$ . وكما لاحظنا في التجربة، فإننا نحصل على تيار فائق سالب من أجل كلا المستويين الزوجي (نقطة زرقاء) والفردية (نقطة حمراء) من أعداد الإلكترونات. وكذلك، تشبه الأشكال الخطية النموذجية إلى حد بعيد المعطيات التجريبية. وهكذا، تحدث أحداث العبور النفقي المشترك في هذا النظام من خلال سووية وحيدة أيضاً مثلما تحدث من خلال سوويات مختلفة. وبناءً على ذلك، فإن إشارة التيار الفائق لا تتحدد فقط بعدد الإلكترونات على النقطة الكمومية بل تتحدد أيضاً بالدالات الموجية لسويات الطاقة.

نفقي مشترك ولا يعود النموذج البسيط للنقطة الكمومية الوحيدة السوية ملائماً. وفي النتيجة، تكون كل تعاقبات الحوادث النفقية 24 مسموحاً بها لكلا أعداد الإلكترونات الفردية والزوجية. وعليه، يكون التيار الفائق السالب العائد لتبديل الأحداث النفقية ممكناً من أجل كل قيم  $n$  (المرجعان [7, 25]).

بالإضافة إلى ذلك، وفي نظام السويات المتعددة multi-level regime، تصبح خواص الدالات الموجية للنقطة الكمومية مهمة. ولتوضيح ذلك، ننظر في حادثة العبور النفقي المشترك في الشكل 3c التي توجد فيها سوويتا طاقة مختلفتان تتورطان في نقطة ذات عدد زوجي من الإلكترونات. ونظراً لكون الإلكترونين يأخذان مسارين مختلفين، فباستطاعتها أن يحققاً طوراً مختلفاً. تؤدي النديّة المعاكسة opposite parity للدالات الموجية إلى فرق في الطور يساوي  $\pi$ ، لذا فإن هذه الحادثة تسهم في تيار فائق سالب [7] (انظر المعلومات الملحقّة على الرابط [www.nature.com/nature](http://www.nature.com/nature)). وعليه، فمن أجل نقطة ذات سوويات متعددة يمكن أن ينتج مفعولان في انعكاس التيار الفائق: وهما تبديل الحوادث النفقية من جهة والنديّة المعاكسة للدالات الموجية من جهة أخرى. وعندما تهيمن أحداث العبور النفقي المشترك بمساهمة سالبة، ستبدي الوصلة تياراً فائقاً سالباً. هذا ونلاحظ أن وجود مفعول كوندو Kondo effect [27,26] يمكن أن يؤدي إلى تيار فائق موجب وإلا فسيكون التيار الفائق السالب هو المتوقع [29,28]. إننا لم نلاحظ أي دليل على مفعول كوندو في الحالة العادية لذا فقد تجاهلنا تعالقات كوندو في النمذجة.

لمزيد من التحقق من أهمية تأثيرات السويات المتعددة قمنا بتقدير التيار الحرج critical current مستخدمين نظرية الاضطراب من المرتبة الرابعة [6, 7] (للمزيد من التفصيل ارجع إلى الرابط أعلاه). إننا نفترض أن الاقترانات النفقية عشوائية في قيمتها وفي إشارتها (تعكس ندية الدالات الموجية) وقد وضعنا  $\Delta^*$   $E_c = 0.1$ ، كما في تجربتنا. رسمنا في الشكل 4b احتمال حدوث تيار فائق سالب في مركز ألماسة كولونية  $p_{\pi}$  من أجل أعداد فردية وزوجية من الإلكترونات. إن وسطي التباعد الكبير بين السويات ( $\delta/E_c \gg 1$ ) يعطي بصورة فعالة نقطة كمومية وحيدة السوية، بحيث يكون  $P_{\pi} = 1$  من أجل الأعداد الفردية و  $P_{\pi} = 0$  من أجل الأعداد الزوجية، كما هو موضح في الشكل 3a,b. إن اعتماد التيار الحرج،  $I_{c,qd}$ ، على  $V_{gate}$  (الشكل 4c) يوضح بالفعل الترابط بين عدد الإلكترونات على النقطة وإشارة التيار الفائق بدون غموض. ويغيب هذا الترابط في الحد المقابل ( $\delta/E_c \ll 1$ ).

#### المؤلفون:

جوردن أ. فان دام، يولي ف. نازاروف، وليو ب. كوينهوفن

معهد كافلي للعلوم النانوية، جامعة دلفت للتقانة، دلفت، هولندا.

إريك ب. أ.م. باكرز

مختبرات أبحاث فيليبس، حرم الجامعة لتطوير التقانة المتقدمة، إيندهوفن، هولندا.

سلفانو دو فرانسيسي

المختبر الدولي TASC INFN-CNR، تريستا، إيطاليا.

معهد كافلي للعلوم النانوية، جامعة دلفت للتقانة، دلفت، هولندا.

– نُشر هذا المقال في مجلة Nature، 10 August 2006، وتمت ترجمته في هيئة الطاقة الذرية السورية.

## References:

## المراجع:

- [1] Josephson, B. D. Possible new effects in superconductive tunnelling. *Phys. Lett.* 1, 251-253 (1962).
- [2] Tinkham, M. Introduction to Superconductivity 2nd edn (McGraw-Hill, Singapore, 1996).
- [3] Bulaevskii, L. N., Kuzii, V. V. & Sobyenin, A. A. Superconducting system with weak coupling to the current in the ground state. *JETP Lett.* 25, 290-294 (1977).
- [4] Glazman, L. I. & Matveev, K. A. Resonant Josephson current through Kondo impurities in a tunnel barrier. *JETP Lett.* 49, 659-662 (1989).
- [5] Spivak, B. I. & Kivelson, S. A. Negative local superfluid densities: The difference between dirty superconductors and dirty Bose liquids. *Phys. Rev. B* 43, 3740-3743 (1991).
- [6] Bauernschmitt, R., Siewert, J., Nazarov, Yu. V. & Odintsov, A. A. Josephson effect in low-capacitance superconductor-normal-metal-superconductor systems. *Phys. Rev. B* 49, 4076-4081 (1994).
- [7] Rozhkov, A. V., Arovas, D. P. & Guinea, F. Josephson coupling through a quantum dot. *Phys. Rev. B* 64, 233301 (2001).
- [8] van Harlingen, D. J. Phase-sensitive tests of the symmetry of the pairing state in the high-temperature superconductors - Evidence for dx<sub>2</sub>-y<sub>2</sub> symmetry. *Rev. Mod. Phys.* 67, 515-535 (1995).
- [9] Ryazanov, V. V. et al. Coupling of two superconductors through a ferromagnet: Evidence for a  $\pi$ -junction. *Phys. Rev. Lett.* 86, 2427-2430 (2001).
- [10] Baselmans, J. J. A., Morpurgo, A. F., van Wees, B. J. & Klapwijk, T. M. Reversing the direction of the supercurrent in a controllable Josephson junction. *Nature* 397, 43-45 (1999).
- [11] Ralph, D. C., Black, C. T. & Tinkham, M. Spectroscopic measurements of discrete electronic states in single metal particles. *Phys. Rev. Lett.* 74, 3241-3244 (1995).
- [12] Black, C. T., Ralph, D. C. & Tinkham, M. Spectroscopy of the superconducting gap in individual nanometer-scale aluminum particles. *Phys. Rev. Lett.* 76, 688-691 (1996).
- [13] Buitelaar, M. R., Nussbaumer, T. & Schönenberger, C. Quantum dot in the Kondo regime coupled to superconductors. *Phys. Rev. Lett.* 89, 256801 (2002).
- [14] Buitelaar, M. R. et al. Multiple Andreev reflections in a carbon nanotube quantum dot. *Phys. Rev. Lett.* 91, 057005 (2003).
- [15] Jarillo-Herrero, P., van Dam, J. A. & Kouwenhoven, L. P. Quantum supercurrent transistors in carbon nanotubes. *Nature* 439, 953-956 (2006).
- [16] Doh, Y. J. et al. Tunable supercurrent through semiconductor nanowires. *Science* 309, 272-275 (2005).
- [17] Wagner, R. S. & Ellis, W. C. Vapor-liquid-solid mechanism of single crystal growth. *Appl. Phys. Lett.* 4, 89-90 (1964).
- [18] Morales, A. M. & Lieber, C. M. A laser ablation method for the synthesis of crystalline semiconductor nanowires. *Science* 279, 208-211 (1998).
- [19] Björk, M. T. et al. One-dimensional heterostructures in semiconductor nanowhiskers. *Appl. Phys. Lett.* 80, 1058-1060 (2002).
- [20] Verheijen, M. A., Immink, G., de Smet, T., Börgstrom, M. T. & Bakkers, E. P. A. M. Growth kinetics of heterostructured GaP-GaAs nanowires. *J. Am. Chem. Soc.* 128, 1353-1359 (2006).
- [21] Sohn, L. L., Kouwenhoven, L. P. & Schon, G. (eds) Mesoscopic Electron Transport (Kluwer, Dordrecht, 1997).
- [22] Baselmans, J. J. A., Heikkilä, T. T., van Wees, B. J. & Klapwijk, T. M. Direct observation of the transition from the conventional superconducting state to the  $\pi$  state in a controllable Josephson junction. *Phys. Rev. Lett.* 89, 207002 (2002).
- [23] Averin, D. V. & Nazarov, Y. V. in Single Charge Tunneling (eds Grabert, H. & Devoret, M. H.) Proc. NATO ASI Ser. B 294 217-247 (Plenum, New York, 1991).
- [24] Björk, M. T. et al. Tunable effective g factor in InAs nanowire quantum dots. *Phys. Rev. B* 72, 201307 (2005).
- [25] Shimizu, Y., Horii, H., Takane, Y. & Isawa, Y. Multilevel effect on the Josephson current through a quantum dot. *J. Phys. Soc. Jpn* 67, 1525-1528 (1998).
- [26] Goldhaber-Gordon, D. et al. Kondo effect in a single-electron transistor. *Nature* 391, 156-159 (1998).
- [27] Cronenwett, S. M., Oosterkamp, T. H. & Kouwenhoven, L. P. A tunable Kondo effect in quantum dots. *Science* 281, 540-544 (1998).
- [28] Choi, M. Se, Lee, M., Kang, K. & Belzig, W. Kondo effect and Josephson current through a quantum dot between two superconductors. *Phys. Rev. B* 70, 020502 (2004).
- [29] Siano, F. & Egger, R. Josephson current through a nanoscale magnetic quantum dot. *Phys. Rev. Lett.* 93, 047002 (2004).



# خط أخير للدفاع

كيف تتفوق بدهاء على تصميم المهربين  
النوويين على الدمار المطلق؟



## الكلمات المفتاحية:

منظومة تفتيش المركبات والحاويات، مكشاف نظائر مشعة، منظومات كشف نووي، مراقيب ميناوية، مواد نووية، استجواب ميوني.

تظهر على شاشة فيديو أكبر من المعتاد وكذلك القوائم المشفرة وهي تتوالى على حاسوب صغير موضوع بينهما. هذان المسؤولان هما آخر خط للدفاع في حرب الحكومة الأمريكية على الإرهاب، وتسري مهمتهما عند الموانئ البحرية للبلد. ففي كل يوم يرقب موظفون في سياتل ونيويورك وأعداد من الموانئ الأخرى ما يبلغ 40 قدماً من حاويات الشحن أثناء مرورها محملة على شاحنات مقطورة متوجهة إلى جميع أطراف الولايات المتحدة.

إنها لا تشبه أرض معركة. صور رافعات برتقالية اللون تستخدم في بناء ناطحات السحاب وهي توطر عرضاً بانورامياً لبطاقة بريدية تصور: المياه الداكنة لخليج بوغيت، والجبال الأولمبية المغطاة بالثلوج، وأفق سياتل الدرامي في ولاية واشنطن. وثمة عاملان شابان من جمارك الولايات المتحدة وحرس الحدود يجلسان في المقعد الخلفي لشاحنة تابعة للحكومة يتجاهلان هذا المشهد. عوضاً عن ذلك فهما ينتبعان الرسوم الطيفية غير المظلة التي



مكاشيف الإشعاع تبحث  
عن آثار لمواد نووية في  
حاويات الشحن

شمعات أو مصابيح كهربائية. وهنا يتصفّح زميلها عبر لوحة ألوانه محاولاً استخراج آخر بته معلومات من الصورة. ويقول: "أعمل على فرزها بالكامل، وهذا هو مصدر الخبرة".

وتلك هي نقطة الضعف في منظومات فحص وتفتيش المركبات والحاويات VACIS؛ التي تتمثل في معرفة مدى جدوى الاعتماد بشكل مرضٍ على حكم مشغليها ومهاراتهم في تدقيق الصورة. ففي سياتل يجري تحليل 40 إلى 150 حاوية شحن في اليوم، يستخدم فيها كل مفتش طريقته الخاصة؛ وفي زيارة تفتيش أخرى قامت بها هذه المجلة نيو سَيَنْتست New Scientist، وجدت أن العامل قلما يتعامل مع الصور بعين فقبل أن يبدأ المكلفون عملهم، يَتَلَقَّون تدريباً يستمر لمدة أسبوعين. ويقول أحدهم: "قد يستغرق فعل ذلك ثلاثة أو أربعة أشهر على أساس المزاولة اليومية كي تشعر أنك مرتاح".

إن الموظفين في دائرة الأمن القومي للولايات المتحدة سيكونون أكثر اطمئناناً لو تكون التقانات التي هي قيد التطوير الآن قادرة على تزويدهم بوسائل أكثر أتمتة ودقة لتحديد موضع الأسلحة النووية المهربة. ففي نيسان/أبريل من العام 2005 أسسوا مكتب الكشف النووي الأهلي Domestic Nuclear Detection Office (DNDO)، بميزانية سنوية تبلغ 56 مليون دولار، لربط الجهود المبعثرة بعضها مع بعض عبر عدة وكالات. وفي شهر حزيران/يونيو من هذا العام، وفي لقاء اختراقي عقد في مختبر لورنس ليفرمور الوطني بكاليفورنيا، أعلن المسؤولون في DNDO عن تمويل أكثر من 40 منظومة كشف نووي متطورة لن تكون جاهزة للعمل لثلاث سنوات أو أكثر.

أُنشئت VACIS في تسعينيات القرن الماضي من أجل مراقبة المواد النووية في بلدان ما بعد السوفييت. وهي تمثل إحدى مقاربتين للكشف عن السلع المهربة، وأولاهما: المسح الضوئي للأشكال المشبوهة والمواد المعتمدة أو غير الشفافة. والثانية منهما: الكشف عن المواد ذات النشاط الإشعاعي. وهنا تكون التقانة المعيارية هي مراقيب الإشعاع المينائية، التي تستخدم حساسات بلاستيكية من البولي فينيل تولوين التي تولد ضوءاً مرئياً لدى استجابتها لأشعة

إنهم يستهدفون الحيلولة دون كارثة ما عبر رأس نووي أو مادة من صنف الأسلحة مهربة إلى داخل البلد.

إن مرفأ حاويات سياتل هو الأقرب إلى مركز مدينة رئيسية في الولايات المتحدة، ولقد كان في السنوات الأخيرة واحداً من أسرع الموانئ نمواً في أمريكا الشمالية. وهنا تمتد من أعلى شاحنة الموظفين كتيفة (سناد خشبي) bracket تشبه فرجاراً ضخماً caliper فوق الحاويات. وتعدُّ هذه الآلية واحدة من 178 منظومة لفحص وتفتيش المركبات والحاويات، (أو VACIS اختصاراً)، تعمل عبر الولايات المتحدة، وهي أكثر نماذج التقانة تقدماً تنتشر الآن على نطاق واسع لمحاربة الإرهاب النووي.

وفيما تمر كل حاوية، يفتح مغلاق وتتوجّه حزمة من أشعة غاما من السيزيوم-137 أو الكوبالت-60 المشع محمولة على الجناح الخارجي للكتيفة مخترقة الحاوية إلى شاشة محمولة على جانب شاحنة الموظفين. وهذا يولد شيئاً ما يشبه صورة بالأشعة السينية كالتي تتولد في المطار، (ولكن أكثر رداءة)، ثم ترسل هذه الصورة إلى شاشة الفيديو في الداخل. وهنا يعيّن أحد العاملين بضوابط للتحكم، فيجعل الصورة أكثر نعومة وأشدّ حدّة ويترجم الظلال الرمادية اللون إلى صورة مرهفة الألوان بقصد تمييز الأشكال بصورة أفضل. وثمة موظف آخر يبحث في قائمة الشحن المتعلقة بمحتويات كل حاوية. إنهما يتقصيان ما إذا كانت الصور على إحدى الشاشتين تتوافق مع القائمة المعروضة على الشاشة الأخرى، أو ما إذا كانت هناك ضرورة لمزيد من الفحص الدقيق.

إن قراءة الصور عمل يتطلب براعة فائقة، إن لم نقل دقة ضرورية. فإحدى الحاويتين تعرض صورة رمادية داكنة متجانسة، كأن يقول أحدهما "طعام بحري مجمّد". فإذا ظهرت بقعة داكنة فإنها تشير إلى شيء ما أشد كثافة-لنقل مثلاً إنها خبيثة من اليورانيوم أو تدريع رصاصي. وهنا تحال هذه "الشذوذات" إلى فحص أدق ويمسح عامل في الخارج الحاوية بمكشاف نظائر مشعة محمول باليد، يشبه عداد جايجر Geiger counter. فيفتح المفتشون الصندوق في 2 في المئة من الحالات، وأحياناً في موقع أكثر أمناً. وثمة حاوية أخرى تظهر على الشاشة بنموذج منقّط. لتقول قائمة محتويات الشحن أنها حذاء نايك، ولكن المشغل يقول: "لا أستطيع

### "إن المراقيب المينائية الإشعاعية هي أقل نجاعة في كشف اليورانيوم العالي التخصيب"

أن أرى أحذية فرادى، بل أرى مجرد نموذج كنتُ قد تعلمت أن أنعرّفه كحذاء. أما الشاشة الأخرى فإنها ذات أشرطة شاقولية متفاوتة العرض تقرؤها عاملة ثانية في قائمة الشحن أنها حوامل



بصورة طبيعية، هناك آخرون يتابعون "مقاربات فاعلة approaches active". ويعتمد أفضل أشكال الاستجواب الفاعل القائمة على قصف الحاوية بالترنونات، -وكان دينيس سلوتر D. Slaughter أول من قام بذلك في لورنس ليفرمور- أو قصفها بأشعة-X، وكان جيمس جونز J. Jones هو من تزعم ذلك في مختبر إيداهو الوطني. هذا العمل يستحث انشطاراً جزئياً في بعض المواد كالبلوتونيوم واليورانيوم-235، التي تُصدر بعدئذ أشعة غاما أو نترونات ذات طاقة عالية يمكن كشفها بسهولة. ويقول سلوتر مازحاً: "ترجع الفكرة إلى أطروحتي التي مضى عليها 35 عاماً، والتي لم يقرأها إلا شخصان، أنا والمشرّف عليّ"، ثم يضيف قائلاً: "لم يخطر ببالي أبداً أنني سأستخرج شيئاً منها".

## ملتهات النترونات

تتشرك المقاربتان الفاعلتان بميزة خاصة: فالنترونات وأشعة غاما نوات الطاقة العالية التي تبعثانها تستطيع أن تمر من خلال

### شبكة نووية

هناك خطة كشف نووي بديلة يصفها خبير بالشبكات اللاسلكية هو ديفابهاكتوني سريكريشنا D. Srikrishna بأنها "شبكة متوزعة من مكاشيف في مركبة in-vehicle detectors". وفي ورقة بحث حديثة نشرت في مجلة The Nonproliferation Review، اقترح فريق سريكريشنا أنه يمكن تركيب مكاشيف إشعاع في حاويات بضائع مشحونة، مبنية في مركبات جديدة، بل وحتى يمكن إضافتها إلى مركبات قديمة. ستأخذ هذه المكاشيف قراءات الإشعاع على مدى أيام وأسابيع بدلاً من دقائق، باستخدام تقانة كشف أرخص تكلفة وأقوى بنية، وإن تكن أقل حساسية. فتلك المكاشيف واقتصاديات الإنتاج الواسع النطاق ينبغي أن تخفض من تكاليفها. يكتب ستيفن فلين S. Flynn، وهو خبير في مواجهة الإرهاب counterterrorism في مجلس الولايات المتحدة للعلاقات الخارجية، قائلاً بأن كل واحد من هذه المكاشيف يجب أن يكلف ما يقارب 250 دولاراً، أو ما يعادل 5 دولارات لكل حمولة شحن لمدة 10 سنوات من عمر الحاوية.

يمكن أن تتركب المكاشيف باقترانها مع المتلقي المستجيب transponder (على هيئة أزواج منهما) مماثلة لتلك التي تستعمل في السيارات من أجل منظومات الضريبة المؤتمتة. وستبث هذه المكاشيف قراءات الإشعاع ومعلومات أخرى، مثل مصدر الحاوية، والطريق الذي سلكته وتاريخ الفحوصات، بواسطة الراديو إلى محطات مراقبة موضوعة بصورة استراتيجية على الطرق السريعة التي تؤدي إلى المدن الكبرى والأهداف الأخرى ذات الأهمية، وكذلك عند الموانئ والحدود. ووفقاً لأحد التقديرات، تستطيع 4000 محطة أن تزود منظومة كشف نووي وطني. إن أي حاوية لا يوجد فيها مكشاف ستُرفع عليها الراية الحمراء وتعاني من تأخيرات باهظة الثمن، مما يدفع الشاحنين للتذمر.



التصوير بأشعة غاما يعطي العاملين فكرة ما عما تحويه كل حاوية

غاما ذات الطاقة العالية والنترونات. هذه النبائط -التي وضع منها 842 نبيطة في موانئ الولايات المتحدة وعلى حدودها، بما في ذلك العديد منها في رصيف ميناء سياتل- موضوعة على طول حارات مرورية لتمسح المركبات والحاويات الآخذة بالمرور. وقد أصبحت دعائمها الصفراء المبهجة والمتنافرة معالم مألوفة، مثل المكاشيف المعدنية وماسحات الأمتعة بالأشعة السينية.

تُعدُّ المراقب المينائية هذه أقل نجاعة في كشف اليورانيوم العالي التخصيب، وهو أشد مواد القنبلة صعوبة على الاقتفاء. فاليورانيوم-235 الذي ينتج عن انشطاره لا يصدر نترونات كثيرة أو أشعة غاما ذات طاقة عالية، ويمكن بسهولة حجب أشعة غاما المنخفضة الطاقة الصادرة عنه بصفائح من الرصاص. وعليه فالأمر متروك لمنظومات VACIS لتستكشف أي تدرّيع shielding. إنه لمن المشوّش والمربك أيضاً أن تتشّدت المراقب المينائية بالقراءات الإيجابية المعتدلة. إذ يستطيع العديد من السلع ذات النشاط الإشعاعي الطبيعي أن تثير هذه المراقب - كالحزفيات، ونفايات القلط، وملح الطرقات، وأجهزة الإنذار بالدخان، والنظائر الطبية، بل حتى البوتاسيوم-40 في الموز.

تم إدخال تحسين على هذه المراقب، وسيجري تركيبه في أوائل العام. ويتمثل ذلك في مراقب مينائية طيفية تستخدم بلورات يوديد الصوديوم. وخلافاً للحساسات البلاستيكية تسجل بلورات يوديد الصوديوم بصمات أشعة غاما المميزة للنظائر؛ وهكذا لم يعد هناك حجب للبلوتونيوم-239 بالموز. ولكن ينبغي إبقاء البلورات بعيدة عن الماء وإلا فإنها ستتفكك، ويمكنها أن تتصدع عند هزّها أو تعرّضها لتغيرات سريعة في درجات الحرارة. يلاحظ ريتشارد كوزيس R. Kouzes من مختبر نورثوست الوطني في ريتشلاند، أن مادة أخرى هي الجرمانيوم نصف الناقل، يمكنها أن تحقّق مميّزاً طيفياً يعادل 40 ضعفاً من ميز يوديد الصوديوم، مما يسمح بتمييز أكثر دقة بين النظائر. لكن ثمن الجرمانيوم أعلى ويحتاج إلى تبريد فائق.

لذا ففي حين يريد بعض الباحثين أن يحسّنوا "الاستجواب المنفعل (المتسلم) passive interrogation"، في كشف الإشعاع الصادر





حتى لو طوروا تقانات  
تصوير وعرض على شاشة  
أفضل، فهل في ذلك فرق؟

على السائقين أن يتركوا مركباتهم قبل الخضوع للتقصّي، مما يبطئ العملية. ويوصي سلوتر أن يكون الاستجواب النتروني بمثابة صف ثانٍ، للتحقيق في الحاويات التي تشير منظومات VACIS إلى شكوك في أمرها. إن هذا سيتحاشى بعض الخوف المتعلق بمستويات الإشعاع، لأن أياً من المختبئين تهريباً يكون قد اكتشف من قبل المصور وأبعد.

إن من أبداع تقانة أخرى للكشف النووي هو الفيزيائي كريس موريس C. Morris من مختبر لوس ألاموس الوطني، يشكك بادعاءات منافسيه بالأمان قائلاً: "الجرعات التي تحتاجها كي تخترق حاويات الحمولة تكون كبيرة، سواء استخدمت نترونات أم استخدمت أشعة غاما". ويتابع قوله: "إذا أخبروك بأنها ليست كذلك فإنهم يروجون لبيع تقانتهم".

إن مقارنة موريس هذا، المعروفة بالاستجواب الميوني muon interrogation، لا تحمل مثل هذه الخطورة: فهي تستمد قوتها بصورة واقعية من النجوم، مستخدمة أشعة كونية تنهمر على الأرض باستمرار. فعندما تضرب الجسيمات المشحونة أو الميونات الناتجة عناصر ثقيلة كالرصاص أو اليورانيوم أو البلوتونيوم، فإنها تنحرف deflected. وهذا الانحراف هو الذي يستطيع أن يدل على وجود شيء مشبوه. ويرى موريس في هذه التقنية، في المقام الأول، وسيلة لاستقصاء المركبات ذوات المحركات والبالغ عددها 120 مليون مركبة تعبر حدود الولايات المتحدة كل عام، كثير منها لا يتلقى سوى مراقبة مبنائية أو لا يتلقى مسحاً على الإطلاق، وفي المقام الثاني من أجل الموائى. وعلى غرار منظومة VACIS، يسمح الاستجواب الميوني موضوع الكثافة وليس النشاط الإشعاعي. وخلافاً لمنظومة VACIS، فإنه يرسم صورة ثلاثية الأبعاد.

تستخدم مكاشيف لوس ألاموس أنابيب رقيقة الجدران من الألمنيوم مملوءة بمزيج من غاز الأرجون والإيتان. وهناك سلك من التنغستين المطلي بالذهب يصل إلى قلبها، حاملاً 2000 فولط من الكهرباء. وحينما تمر الميونات، فإنها تؤين الغازات تاركة أثراً

الرصاص وغيره من التدرّيع. والأكثر من ذلك يستطيع الاستجواب النتروني أن يحدد المواد المتفجرة التقليدية والعوامل الكيميائية، وهو يُستخدم الآن في محطة حدودية واحدة على الأقل في الولايات المتحدة للبحث عن المخدرات. ولكن الطريقتين كليهما لهما مساوئهما الواضحة: فذرات الهيدروجين تمتص النترونات، والسلع المصنوعة من مواد عضوية، كالألبسة والطعام والمواد البلاستيكية والخشب، تكون محمّلة بالهيدروجين، مثلما هو الحال في الماء والنفط. ويستطيع الهيدروجين أن يعترض كلاً من حزم النترونات والنترونات التي يحررها الاستجواب بأشعة-X.

قد يجلو سلوتر وزملاؤه هذه العقبة بمساعدة مسرع جسيمات صغير من تصميم روسي يدعى رباعي الأقطاب quadrupole راديوي التواتر. وفي هذا الصدد يقول سلوتر: "ستطيع بالمسرع أن ننتج حزمة نترونية أكثر سطوعاً وتركز النترونات في اتجاه (أمامي)". تستطيع هذه الحزمة أن تكشف عن عينة من اليورانيوم المخصّب وزنها 600 غرام من خلال مادة عضوية أكثر كثافة من متوسط حمل الحاوية، علماً بأن صنع قنبلة لا يحتاج إلا إلى جزء قليل من هذه الكمية. لا تزال توجد تسويات وحلول وسطى: فكلما كانت المادة المحيطة أكثر عمقاً وكثافة كُبرت العينة اللازمة لنجاح الاستجواب.

إن مطوّري تقانة فاعلة ثالثة، وهي التصوير بفلورة التجاوب النووي nuclear resonance fluorescence imaging، لا ينبغي أن يقلقوا بشأن تسويات كهذه. فلقد صمم ويليام برتوزي W. Bertozzi، وهو أستاذ الفيزياء في معهد ماسّتشوسيتس للتقانة، منظومة تطلق حزمة من أشعة-X تغطي مدى من مستويات الطاقة داخل عينة. إن مختلف العناصر والنظائر، سواء أكانت ذات نشاط إشعاعي أم لا، تستجيب للأشعة بإصدار فوتونات ذات بصمات مفهورة متميزة. ويمكن إيقاف أشعة-X والفوتونات بالرصاص، لكنها تنتقل بسهولة عبر المواد العضوية. ويمكن لهذه التقانة أن تتّم حزم النترونات: فكل منهما تستطيع أن ترى ما لا تراه الأخرى.

كل شيء على ما يرام حتى الآن، باستثناء أنهم يعملون من خلال توجيه الإشعاع الذي يمكن أن يسبب أذى للعاملين أو من يتم تهريبهم في المركبات أو الحاويات. ويظن سلوتر وبرتوزي أن

## "في 30 ثانية يمكنك أن تشهر سلاحاً نووياً في عربة شاحنة، في الوقت الذي تنتظر فيه إلى جواز السفر"

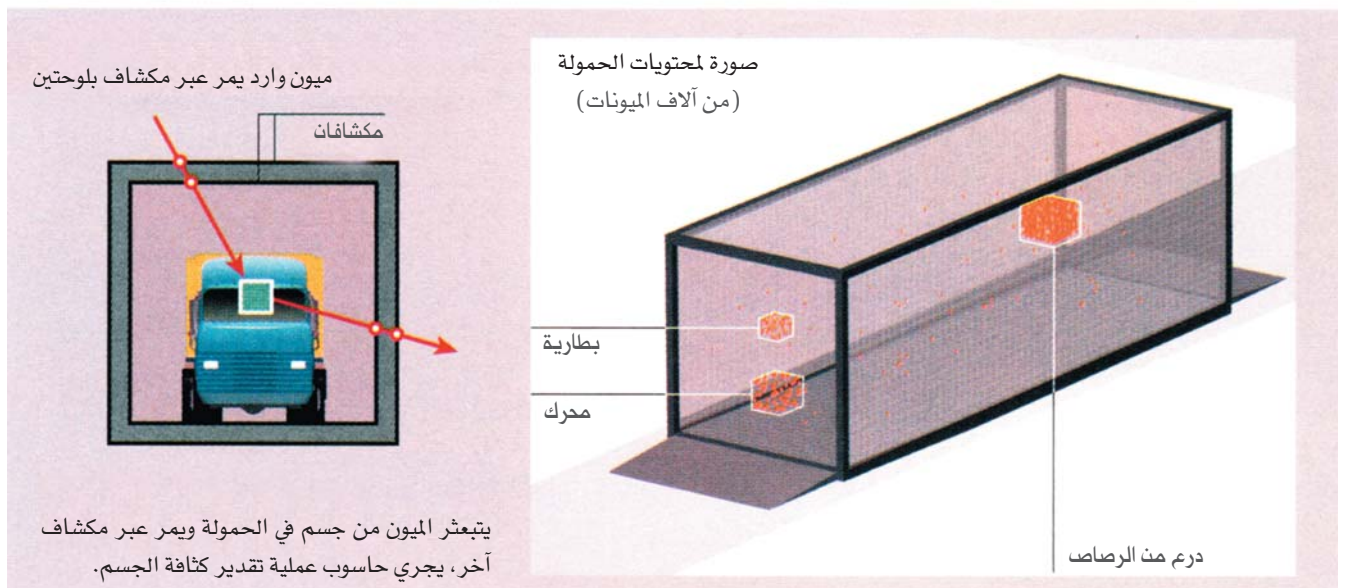
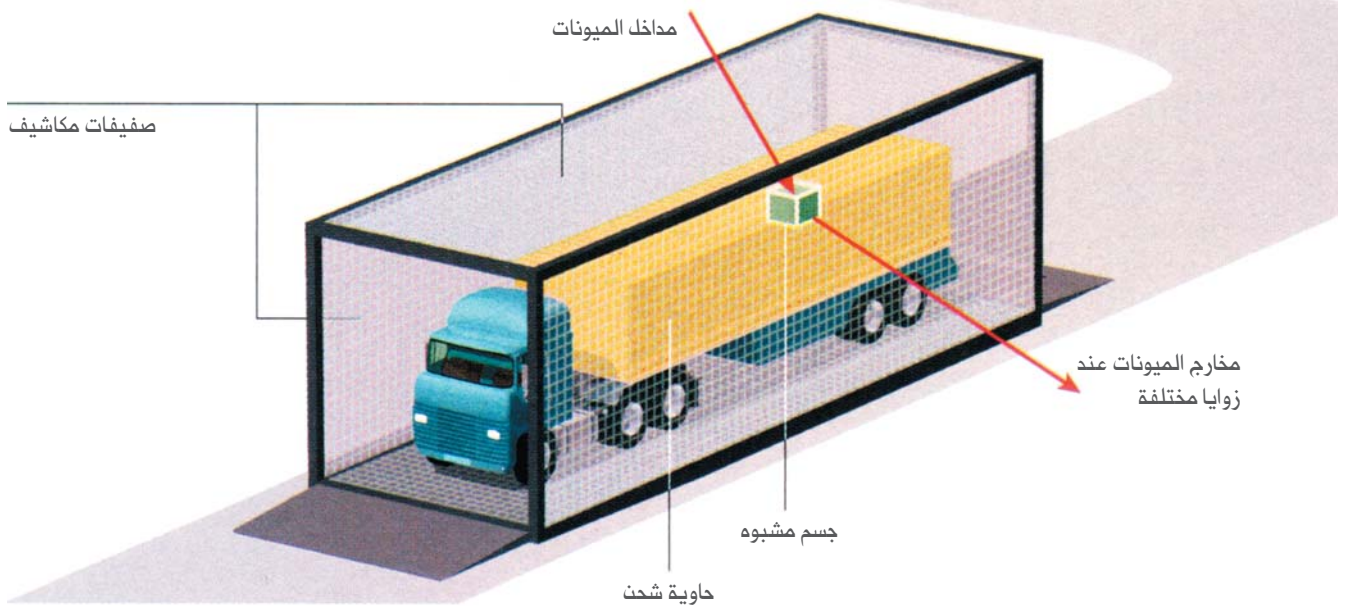
باستطاعتها الحصول على قراءات قوية بما يكفي مع البقاء ضمن مبادئ الأمان التوجيهية. ولكن، مثلما كان الأمر مع VACIS، يجب

إن الاقتفاء الدقيق لكل ميون أمر ممكن لأن الميونات قليلة جداً لا تتعدى الواحدة بالدقيقة في كل سنتيمتر مربع عند مستوى البحر. وذلك يثير نقطة خلاف. يقول كوزيس: "أشعر أن الأمر غير عملي"، وآخرون يوافقونه، قائلين أنه لا توجد هناك ميونات كافية كي تعطي صورة جيدة في قدر معقول من الزمن. فيجيب موريس "إن ذلك قول غبي. ففي 30 ثانية يمكنك أن تشهر سلاحاً نووياً في عربة شاحنة، في الوقت الذي تنظر فيه إلى جواز السفر" ويطلب موريس "بميز resolution فيما يتعلق بجودة الصورة من مرتبة منظومة VACIS". إن ذلك قد لا يعجب عمال الجمارك الذين يجهدون في فك رموز

كهركيميائية تمكّن الحاسوب من تعيين موضعها ضمن مجال ربع المليمتر. لقد جرى ترتيب الأنابيب على شكل أزواج من صفيقات تفصل بينها مسافات ضيقة بحيث إن كل صفيقة تقع على الجانب المقابل للجسم الذي يجري استقصاؤه (انظر الشكل، المقابل). وهنا يأسر أول زوج من الصفيقات مساراً أصلياً للميون بينما يأسر الثاني مساره بعد أي انحراف يحدث. فإذا رسمت المسارين يكون باستطاعتك أن تجد نقطة التقاطع التي عندها يغير الميون اتجاهه تحت تأثير كتلة كثيفة. وبتجميع هذه النقاط في مستويات متسلسلة تحصل على صورة ثلاثية الأبعاد.

## كيف توقف قنبلة نووية

يطور الباحثون منظومة لتصوير المركبات والحاويات المشحونة وعرضها على شاشة بالكشف عن الميونات، وهي جسيمات مشحونة تتشكل عندما تدخل الأشعة الكونية الغلاف الجوي. فالرصاصة واليورانيوم والبلوتونيوم جميعها تحرف الميونات بمقادير مميزة.



### الكشف النووي بالميونات

25- عدد الكيلوغرامات من اليورانيوم العالي التخصيب اللازمة لإحداث انفجار نووي.

18- عدد المحاولات الموثقة لتهريب مواد نووية من صنف الأسلحة عبر الحدود في كل أنحاء العالم منذ 1993 إلى 2004.

30000- العدد المقدر للرؤوس النووية في كل أنحاء العالم.

120.000.000- عدد العربات الداخلة إلى الولايات المتحدة كل سنة.

178- عدد المساحات الضوئية المنتشرة في موانئ الولايات المتحدة وحدودها.

842- عدد مراقب الإشعاع في موانئ الولايات المتحدة وحدودها.

300000- العدد الكلي المقدر للإنذارات الكاذبة الصادرة عن مراقب الإشعاع في الولايات المتحدة.

ومهما تكن طريقة الكشف عن الأسلحة فإن ما تعترمه حكومة الولايات المتحدة هو أنها من المحتمل أن تشرك تقانات متعددة. ورغم ذلك فإن كل هذه المقاربات تشترك في نقطة ضعف رئيسية وهي أنها منظومات ثابتة ينبغي أن تأخذ قراءات في ثوانٍ، وربما دقائق، ناهيك عن إمكانية إيذاء التجارة العالمية. ويجادل الناقدون بأن المقاربة الأساسية معيبة؛ فالإرهابيون قد يسعون فقط لتهريب المنوعات بطريق البر أو عبر شاطئ مهجور أو مهبط ناء للطائرات، على غرار ما يفعل تجار المخدرات، ومن ثم ينقلونها إلى هدفهم بمروحية أو سيارة، كما حصل في تفجير مركز التجارة العالمي الأول في نيويورك.

إن جيمس كارافانو J. Carafano، وهو عضو في الأمن الوطني في Heirtage Foundation في واشنطن DC، يبنذ جهد استقصاء الحاوية معتبراً ذلك "استجابة ناقصة حتماً تجاه تهديد غير محتمل"، في حين يجري تجاهل التهديدات الأخرى الأكثر احتمالاً، أمثال الانفجارات التقليدية أو الأسلحة النووية الصغيرة التي تدخل عبر البر. ويجادل كارافانو قائلاً "إن أي تقانة استقصاء كتلي mass-screening technology، ينبغي كيما تكون مفيدة نسبياً، أن تتصف بمعدلات منخفضة من الإيجابيات والسلبيات الزائفة، وبرأس مال بشري وتكاليف بنى تحتية منخفضة وتخلو من السرية الخطيرة أو المخاوف الصحية. وفي مجمل القول، لا توجد تلك التقانات". ولكن المختبرات النووية الأمريكية التي تحظى بقمّة الشهرة هي مصمّمة على نحو يثبت أن كارافانو على خطأ.

المسوحات على رصيف مرفأ سياتل لكن الميونات سوف تعطي تصويراً ثلاثي الأبعاد وتحقق اختراقاً أعمق للحمولة - وصولاً إلى متر عبر الفولاذ. كذلك لا يحتاج العاملون للانتظار حتى خروج السائق أو الركاب أو الدواب قبل أن يبدؤوا المسح.

قد يكون الاستجواب الميوني باهراً نظرياً، ولكنه أبعد عن الكمال من المنظومات الأخرى. لقد بنت لوس ألاموس نموذجاً أولياً صغيراً ونمذجته على حاسوب. يقوم فريق موريس الآن بعمل نمذجة حاسوبية أكثر شمولاً ويخطط لإتمام نموذج أولي بالمقياس الكامل يلائم مسح عربات شاحنة كبيرة وذلك في غضون 18 شهراً.

على كل حال، لا يستطيع أي من هذه المراقب أن يكون ملائماً لإحدى الناقلات النووية الجبارة: بمعنى سفينة نقل ذات حمولات ضخمة. فناقلات النفط، التي يأتي العديد منها من الشرق الأوسط ومناطق عديدة أخرى متوترة، تبقى لغز الأمن الحدودي النهائي. فحجمها الهائل ومحتوياتها المكتظة، الغنية بالهدوجين ملتهم النترونات، قد يجعلها غير قابلة للاختراق. ويقول سلوتر إن أي نبيطة نووية قد يمكن تثبيتها على هيكل بدلاً من تدليها داخل الناقله بحيث أن تمرير حزمة من النترونات فوق السطح الخارجي ينبغي أن يحدد موضعها. أما موريس فإن لديه فكرة أخرى، وهي تعويم غواصة مصغرة في النفط للحصول على قراءة الإشعاع. هذا ويتحرى الباحثون خططا ما تزال سرية لتركيب مسرعات جسيمات على بوارج لإجراء مسوحات للسفن بأكملها. ولكن، يمكن أن تحرر هذه كميات خطيرة من الإشعاع وتفشل في اختراق مخزن مليء بالنفط.

المؤلف:

إريك سيغلانو، كاتب ومحرر يقيم في سياتل، واشنطن.

نشر هذا المقال في مجلة New Scientist, August 2006، وتمت ترجمته في هيئة الطاقة الذرية السورية.

✓ (Footnotes)

مدخل (خليج) للباسيفيك شمال غرب ولاية واشنطن في الولايات المتحدة.



# شراب مفضل لك

9

## وقود لسيارتك

تعد صناعة إيثانول قصب السكر البرازيلية هي  
الأفضل في العالم وتستطيع أن تكون أفضل،  
حسبما تقول إيما مارييس (E. Marris)

### الكلمات المفتاحية

صناعة الإيثانول، وقود قصب السكر، انبعاثات غاز الدفيئة.

يزوّد الإيثانول المستخلص من قصب السكر السيارات في البرازيل بالوقود من حين إلى آخر منذ ثلاثينيات القرن الماضي. وقد حصل على دعم من الحكومة بدءاً من سبعينيات القرن الماضي، أي منذ زيادات أسعار أوبك. وهذا أمر منطقي إلى حدّ كبير. فالشمس البرازيلية الاستوائية جعلت من البرازيل مكاناً مشهوراً لنمو قصب السكر؛ حيث غدت أكبر منتجي القصب في العالم، إذ تنتج ضعفي ما ينتجه البلد الذي يأتي في المقام الثاني في العالم وهو الهند. ولا تحتاج إلا إلى عصره لاستخلاص محلول السكر ثم تخميره ليصبح كحولاً بمساعدة الخميرة ثم

في البرازيل، يُمزج المشروب الكحولي المسمّى "كبيرنهاس" caipirinhas من قصب السكر بعصير الليمون والقليل من السكر نفسه، وهي طريقة مناسبة للحصول على عطلة نهاية أسبوع يطير لها العقل. لكن ما إن يعود البرازيليون الصاحون إلى أعمالهم صباح يوم الاثنين حتى يعودوا إلى استخدام شراب القصب ولكن في خزانات وقود سياراتهم. فمعظم البترول البرازيلي هو الغازوهول "gasohol" الذي هو حالياً، وبتفويض حكومي، إيثانول بتركيز 23%. وتوجد إلى جانب مضخات الغازوهول لدى محطات الوقود، مضخات تُقدّم إيثانولاً نقياً.

(يعادل 45 مليون لتر) يومياً عام 2005، مقارنة بـ 192000 برميل في العام 2001. وتخطط وزارة الزراعة للوصول إلى إنتاج 442000 برميل في اليوم بحلول العام 2010. ويبقى النفط هو الأخ الأكبر للإيثانول، ففي الجزء الأول من عام 2006 أنتجت البلد في المتوسط أكثر من مليوني برميل من النفط في اليوم في حين أنها تستهلك أكثر من ذلك بقليل. ولكن 40% من وقود السيارات البرازيلية هو إيثانول منتج محلياً. وتدعم صناعة قصب السكر أكثر من مليون وظيفة، في بلد يبلغ معدل البطالة فيه 10%. وتبيع بعض المطاحن التي تستخدم الباغاسي كوقود لها ما يزيد عن طاقتها إلى الشبكة الكهربائية. ومع أنّ الكربون الذي يقذف في الجو من السيارات التي تعمل على البترول يأتي من المخزونات الأحفورية، فإنّ الكربون الذي يصدر عن الإيثانول هو كربون دخل في الجو قبل سنتين فقط من أخذ قصب السكر دوره والقيام بمعجزته نتيجة للتركيب الضوئي. وبناءً على ذلك لا يوجد من حيث المبدأ، انبعاثات صرفة.

تبدو جميع هذه الأمور وكأنها وجبة غداء مجانية، أو على الأقل نزهة مجانية، غير أن الجميع يعلم أنّهما غير موجودين. فإنّماء قصب السكر وجنيه وتخميده وتقطيره ثم توزيعه هو



● **عملية تنظيف:** إن استخدام قصب السكر الذي يُغسل هنا استعداداً للتقطير، يخفّض إصدارات CO<sub>2</sub> إلى حدٍ كبير.

تقطيره حتى التركيز المرغوب فيه، ولك أن تحرق "الباغاسي" bagasse (أي التفل pulp اللين المتبقي من عصر القصب بعد استخلاص السكر) كي تؤمّن الطاقة اللازمة لهذه العملية. ويمكنك أن تضع هذا الكحول في خزان وقود سيارتك لتقودها عملياً تحت ضوء الشمس.

افتتحت صناعة الإيثانول العضوية البرازيلية، خلال السنوات القليلة الفائتة، أجنحة جديدة بفضل أسعار البترول المرتفعة وسيارات الوقود المنوع "flex fuel"، التي تستطيع استشعار مزائج مختلفة من البترول والإيثانول وأن تعدّل عملها تبعاً لذلك. ومنذ دخلت السوق الإنتاجية عام 2003 غيرت هذه السيارات كل شيء، إذ تصل نسبة مركبات الوقود المنوع إلى ما يزيد على نصف السيارات البرازيلية الجديدة. وتتلخص جاذبيتها بسماحتها لمقنتيها بالموازنة باستمرار بين استعمال مزايا الإيثانول الصفر -الذي يقل مردوده بما يقارب 20% إلى 30% من الكيلومترات لكل لتر- والغازوهول اعتماداً على الأسعار الرائجة ومعدلات الضريبة المحلية. (مع العلم بأن الضريبة لوحدها تعني أنك إذا أردت أن تقوم برحلة عبر البرازيل، عليك أن تقود جيئةً وذهاباً مرتين وأنت تعبر من ولاية إلى أخرى).

## حلّ جميل؟

خَلَقَتْ سيارات الوقود المنوع سوقاً محلية متوسعة للإيثانول البرازيلي وإنتاجاً متزايداً له. فقد أنتجت البلد 282000 برميل



إنّ هذا الرقم أفضل بكثير ممّا يتدبّرهُ صانعو الإيثانول في الولايات المتحدة، ويظهر السبب واضحاً لكل من يتجول في حقول القصب ماضعاً جزءاً منه، ذلك أنّ قصب السكر يفوق بكثير إنتاج الذرة التي تصنع منها الولايات المتحدة معظم ما تنتجه من إيثانول، وهي تسخر له قسماً كبيراً من طاقتها -أو بالأحرى من طاقة شمسها- لصنع السكر.

وعلاوة على ذلك، فإن قصب السكر يحتاج إلى مُدخلات أخفض ممّا تحتاجه الذرة، ففي أجزاء من البرازيل (حيث يزرع معظم إنتاج البرازيل حالياً) لا يحتاج إلى ريّ. بل يحتاج فقط إلى حراثة وإعادة غرس كل خمس سنوات، ويمكن حصاده عدّة مرّات خلالها. فهو ببساطة ينمو إلى ما كان عليه، رغم انخفاض الإنتاج قليلاً، مع كل حصاد. ولهذا الأسباب كلها، فإنّ إيثانول قصب السكر هو أيضاً أرخص إيثانول قابل للإنتاج حالياً في العالم. إذ تكلف صناعة لتر الإيثانول قرابة 25 سنتاً. ويصل سعر لتر المنتج النهائي من الإيثانول المنزوع الماء (وهو النوع الذي يمزج مع البترول) إلى 27 سنتاً.



عمل معقّد يستخدم مُدخلات (هي وقود للحصّادات، وأسمدة نتروجينية للقصب) تتطلب، بحدّ ذاتها، طاقة من جهات أخرى. ولها آثار جانبية مخربّة كامنة، مثل حت التربة وانبعث أكسيد النتروجين الذي هو غاز دفيئة، من الحقول المزروعة. والسؤال هو: بعد أن نأخذ في الحسبان كل هذه التعقيدات، هل يبقى الإيثانول صفقة جيدة مثلما يبدو لأول وهلة؟ وإذا كان الجواب نعم، كم سيكون نصيب البرازيل -ومن ثم بقية العالم- من هذا الأمر الجيد؟

في العام 2004، أجرى إسياس دي كارفالو ماسيدو Isaias de carvalho Macedo من جامعة كامبيناس Campinas دراسة لصالح ولاية سانت باولو أخذت في الحسبان مدخلات طاقة من أمثال تصنيع الأسمدة والآلات الزراعية في صناعة قصب السكر. فقدّر هو وزملاؤه أن العملية بمجملها تُكفّف 250000 كيلوجول لكل طن من قصب السكر. ويعطي هذا الطن بدوره قرابة مليوني كيلوجول في الإيثانول إضافة إلى فائض في الكهرباء ناجم عن حرق المخلفات، أي هناك عائد يقارب ثمانية أضعاف الدخل.





## الشركات الرئيسية

● كوسان Cosan مقرها سانت باولو، أكبر شركة منتجة لقصب السكر في العالم، وهي ثاني أكبر شركة في العالم لإنتاج الإيثانول. وتلتهم وتضم مطاحن الإيثانول الصغيرة من جميع الاتجاهات ممّا أعطاهما منحنى نمو جيداً ومحترماً. وتشير السجلات إلى أنّ عائداًتها من موسم حصاد 2005-2006 يقارب 1.1 بليون دولار أمريكي وأنها أنتجت قرابة 8.7 مليون برميل من الإيثانول. وقد افتتحت كوسان المساهمة للجمهور في تشرين الثاني 2005 بما يقارب 19 دولاراً للسهم، فيما أغلق سعره على 60 دولاراً هذا الصيف.

● كوبرسوكو Copersucar هي شركة مختلطة لمطاحن السكر والإيثانول، وجدت عام 1959، كانت عائداًتها لموسم حصاد 2006-2005 قرابة 2.1 بليون دولار أمريكي، وأنتجت 23 مليون برميل من الكحول.



● تصاميم داخلية: يمكن تخليص وإزالة بعض مناطق سيرادو (سافانا أمريكا الجنوبية) في البرازيل بغية زراعتها بقصب السكر.

للخبط antiknocking الذي يتلاشى استعماله لأسباب بيئية). ويقوم المصنعون البرازيليون بالترويج النشط لمنظومات توزيع الإيثانول في بلاد أخرى. إذ تخطط شركة بتروبراز (petrobras)، الشركة الحكومية الاحتكارية حتى التسعينيات من القرن الماضي، وهي ما تزال أكبر اللاعبين في بترول البرازيل، لبناء خط أنابيب إيثانول يمتد من الوسط إلى الجنوب وحتى الموانئ. وسيكون الأول من نوعه. إذ اعتبرت خطوط أنابيب الإيثانول لمدة طويلة مثيرة للمشاكل، حيث إنه يميل إلى امتصاص الرطوبة والشوائب خلال جريانه. وسيبدأ التركيب في كانون الثاني حسبما أفاد ب. ماريو ناستاري (P. M. Nastari).

ليس من السهل طرق أبواب جميع الأسواق الأجنبية. إذ إنّ ازدياد استيراد الولايات المتحدة للإيثانول البرازيلي قد قادها لفرض 14 سنتاً لكل لتر (ما يعادل 54 سنتاً للغالون) كي تحمي مصنعي الإيثانول الحبوبى (من الذرة) المدعوم بقوة. وكان أحد آثار هذه التعرفة دخول "جيب بوش" حاكم فلوريدا بخلاف مع أخيه الرئيس "جورج دبليو بوش"، لأنّ الحاكم "جيب" يفضل شراء الإيثانول الرخيص من أمريكا اللاتينية على شراء المادة العالية التكلفة من الوسط الغربي للولايات المتحدة.

يراقب علماء البيئة جميع هذه التوسعات مراقبة متأنية. ويشير تحليل ماسيدو إلى أنّ طن القصب المستعمل كوقود إيثانولي يقابل تجنب انبعاثات مكافئة لـ 220.5 كيلوغرام من ثنائي أكسيد الكربون عند مقارنتها ببترول يحتوي على الكمية نفسها من

لهذا السبب يُعدق الآن الكثير من الأموال في منطقة وسط – جنوب البرازيل، حيث ينمو قصب السكر بسخاء. غير أنّ هذا لا يعني بالضرورة أنّ المستثمرين يعتقدون أنّ إيثانول قصب السكر البرازيلي سيصبح بالتأكد خيار كوكب الأرض للوقود العضوي. إذ تظهر تقانات أخرى متعددة لوقود سائل، تتضمن الديزل العضوي biodiesel والبيوتانول ومحوّل الفحم إلى سائل وكذلك الإيثانول السللوزي الذي يُعدّ القائد المعلن في الوقت الحاضر، فكل هذه التقانات تجذب الاستثمارات حول العالم. ويدعم المستثمرون بصورة نموذجية تشكيلة من الإمكانيات فيما هم ينتظرون ما يحالفه التوفيق منها..

يرى أرنالدو فييرا دي كارفالو A. V. de Carvalho المتخصص في الطاقة في مصرف انترامريكان ديفلوبمنت بواشنطن العاصمة، أنّ الاستثمار الحالي في الإيثانول العضوي يُشكّل اليوم من بين أشياء أخرى، طريقة للرهان المالي مهما كانت حصيلة تقانة الوقود العضوي غداً. فيقول: "إذا وضعت أموالك اليوم في المقطرات distilleries، فستكسب ما وضعت في غضون خمس سنوات، ومن ثم تضعها في التقانة التي ستأتي".

## تغير التزوّد بالوقود

تزداد صادرات البرازيل ازدياداً مستمراً (انظر فقرة الشركات الرئيسية) مع ازدياد اهتمام بقية العالم بالإيثانول، سواءً كوقود بحد ذاته أو كإضافات للوقود (وذلك ليحل محل MTBE بوتيل الإثير رباعي الميثيل المستخدم كمضاد

قصب السكر توسّعاً ضخماً بدون الحاجة إلى إزاحة محاصيل الطعام الضرورية أو الاقتراب من الغابات المطيرة التي يبدو أن بقية العالم قد قرّر اعتبارها ملكية عالمية. فولاية سانت باولو لوحدها كبيرة كبر المملكة المتحدة. ومع أنّ البرازيل هي حالياً أكبر منتج لقصب السكر في العالم، فإنّ قصب السكر فيها هو رابع أكبر سلعة فقط، وذلك بمقارنة عائداته مع عائدات البقر والدجاج والصويا التي تجلب من الأموال ما يفوق دخله. إنّ العامل الذي يحدّ من التوسع في زراعة قصب السكر هو رأس المال وليس الأرض.

## مساحات النمو

وفق مقالة ناستاري، تشغل حقول قصب السكر قرابة 5.7 مليون هكتار فقط من بلد مساحته 850 مليون هكتار. ويتوفر الآن 100 مليون هكتار من الأراضي الزراعية القديمة أو أراضي المراعي في جنوب الوسط جاهزة لتتوسع هذه الصناعة فيها. ويرحب إدواردو بيريرا دي كارفيلو E. P. de Carvallho (رئيس يونيكا unica: وهي اتحاد زراع القصب في سانت باولو)، بمثل هذا التوسع قائلاً: "أمّا بخصوص النزاع بين الغذاء والطاقة، فإنّ

الطاقة. ويتوسع الفريق المحلّل ليقول إنّ استخدام الإيثانول في البرازيل ينقص انبعاثات غازات الدفيئة بما يعادل 25.8 مليون طن من ثنائي أكسيد الكربون كل سنة. وللمقارنة، تبلغ انبعاثات ثنائي أكسيد الكربون الكلية في البرازيل من الوقود الأحفوري 92 مليون طن سنوياً، وذلك وفق إحصاء قسم الطاقة في الولايات المتحدة. وبالتالي يظهر واضحاً أنّ التحسين كبير وإن لم يكن غير مألوف في هذا العالم.

لكن بالمقابل، يوجد البيئيون القلقون بشأن صناعة الإيثانول أيضاً. فبالإضافة إلى استعمال الأسمدة والوقود، توجد المبيدات والموتات البيئية مثل المخلفات السائلة والدخان الناجم عن الحقول المشتعلة لتؤخذ بالحسبان. فقد احتلت مقالة كتبته مجموعة من جامعة واشنطن الرسمية من ريتشموند في السنة الماضية، عناوين الصحف عند ادعائها أنه من هذا المنظر العريض يُعدّ الإيثانول البرازيلي مؤذياً للبيئة.

هذه النتيجة، بالرغم من كونها محط نقاش، فإنها تجعل هذه الصناعة تتجه على ما يبدو نحو الاخضرار عبر سعيها إلى زيادة المردود. وحسبما يشير كريستوفر فلافن C. Flaven المحلّل في مؤسسة وورلد ووتش (مراقبة العالم)، وهي مجموعة ضغط باتجاه الاخضرار في العاصمة واشنطن، فإن التوسع سوف يعني على العموم قيام نسبة عالية من المصانع باستخدام تقانات أحدث وأنظف (مع أنها وللتوجه نفسه ستخفض فرص عمل العمال غير المهرة في المقطرات). إذ غالباً ما تنتشر بقايا التقطير الآن في الحقول كمخصبات بوتاسية، بعد أن كانت ترمى في الأنهار. وكذلك فإنّ حرق الحقول الذي يسهل حصاد القصب بالساطور بعد تشييطه scorching، هو في تناقص نتيجة للتشريعات وازدياد استعمال الحصادات الميكانيكية كليهما. ويقول ناستاري: "إنّ خمساً وثلاثين بالمئة من جني القصب يتمّ ألياً الآن وهو في ازدياد"، مع أنه سيستمر، على الأرجح، بعض الحرق لأنّ عمل الآلات يتم فقط في الأراضي المنبسطة حصراً. هذا وإنّ البحوث في طرائق الزرع التي لا تحتاج إلى حراثة أو أنها تحتاج إلى حراثة أقل يجب أن تُفضي إلى تقليل الحتّ أيضاً.

ربما يكون أكبر قلق بيئي من بينها جميعاً، ما سيضعه التوسع في إنتاج الإيثانول من نفايات في الغابات الطبيعية منقصةً بذلك التنوع الحيوي ومطلقاً الكربون المخترن.

يقول البرازيليون إنّ أول ما يجب تذكره على هذا الصعيد، هو أن البرازيل واسعة وهي كبيرة بما يكفي لتوسيع حقول



ضعفاً أو نحو ذلك. ويرى القليل من الاقتصاديين إمكان ذلك بحد ذاته. فحتى دي كافيلو (من اليونيك) المتفائل إلى أبعد حد فإنه يرى إمكانية مضاعفة الإنتاج مرتين فقط مع حلول العام 2014، وإن كان لا يرى في ذلك نهاية القصة. أما المتحمسون للحصول على ضروب أخرى جديدة من القصب فإنهم يتحدثون عن تضاعف مردود الهكتار الواحد مرتين لكن ليس بالضرورة إمكان الذهاب أبعد من ذلك.

غير أنه لا بد من القول بأن المضاعفة مرة أو مرتين أمر لا يستهان به، وهناك اهتمام متزايد في نشر التقنيات التي تحققت في هذه البلدان الأكثر صداقة للبيئة إلى بقية بلدان أمريكا اللاتينية وإلى أي مكان آخر مع تغيير التفاصيل بحيث تلائم الشروط المحلية. فقد أضحت الإيثانول تجارة كبيرة بما يكفي لاستجابة السكر في الأسواق العالمية للتغيرات في أسواق البترول - لذلك فإن سعر مشروبك من الكيبرانها Caipirinha الآن يتأثر ولو تأثراً طفيفاً بمناورات أوبك OPEK.

الزيادة الخيالية في الإنتاج جعلت جميع هذه الحجج المالتوسية بلا معنى على الإطلاق، إذ لدينا مئات ملايين الهكتارات من الأراضي الكسلى".

إن التوسع داخل بعض هذه الملايين من الهكتارات على الأقل ربما يكون معتدل الوطأة كربونياً إلى حد ما، حسبما يقول روبرت بودي R. Boddey، المختص في كيمياء التربة في إمبرابا Embrapa (وهي وحدة الأبحاث الزراعية البرازيلية). ويضيف "وهذا ليس تغييراً سيئاً بالنسبة للمراعي المتفسخة التي تخسر الكربون رويداً رويداً. فقد تعرّى حتى الآن ما يقارب 70% من السيرادو [وهي سافانا أمريكا الجنوبية التي تملك البرازيل منها 200 مليون هكتاراً]. ونظراً لحاجة قصب السكر إلى فصل جاف فلن يكون المحصول جيداً إذا ما انتقل إلى مساحات الغابات المطيرة المعرّاة حتى لو كانت هذه رغبة أي امرئ كان. وبهذا الخصوص، يكون قصب السكر أكثر صداقة للبيئة من زيت النخيل الذي هو أفضل مصدر من مصادر الطاقة المستخدمة في الديزل الحيوي. إذ إن زراعة زيت النخيل من أجل الوقود الحيوي تفضي إلى آثار خطيرة على الغابات البدائية في أندونيسيا، لكنها ليست بالكبر نفسه في البرازيل.

وبالإجمال، فإن المشاكل البيئية المصاحبة لإنتاج القصب "تقرّمت أمام قضايا استصلاح الأراضي التي يطرحها فول الصويا والماشية" حسبما يقول فلافين. لكنها يمكن أن تصير سيئة - أو تفاقم المشاكل في جهات أخرى من الصناعة الزراعية. ويشير جيسون كلاي J. Clay (من مجموعة WWF البيئية) إلى أن "توسّع قصب السكر سيزيح محاصيل أخرى، ويمكن تنمية بعض منها في الأمازون مثل القطن وفول الصويا وأغذية أخرى". ويمكن أن يصلح البعض من فول الصويا المشار إليه في الديزل الحيوي.

ويضيف أليكس فاريل (A. Farrel)، رئيس مجموعة الطاقة والمصادر في جامعة كاليفورنيا ببيركلي، أنه ومع كل هذه الحماسة ما تزال الحاجة قائمة لدليل واضح حول الاستدامة على المدى الطويل فيما يخص زراعة القصب. لكنه يضيف قائلاً: "إن هذا ينطبق أيضاً على أي مجال زراعي آخر" إن لكل حكومة زراعتها في جميع أنحاء العالم ولكن ما من حكومة تسأل فيما إذا كانت هذه الزراعة مستدامة؟ لا بالنسبة لقصب السكر ولا بالنسبة للنوع الأوربي الغليظ الجذور من اللفت rutabagas وغيرها.

وكيما يتم استبدال العشر من إنتاج البترول العالمي اليوم، يجب أن ينمو إنتاج الإيثانول البرازيلي العالمي بما يقارب أربعين

#### المؤلف:

إيما ماريس، هي مراسلة لجنة "نيتشر" مقرها في واشنطن العاصمة. - نُشر هذا المقال في مجلة Nature، 7 December 2006، وتمت ترجمته في هيئة الطاقة الذرية السورية.

إذا كان تناول أقراص بدران عاديات الشخوفة يُرجح أن يكون صحيحاً  
فمردُّ هذا إلى كونها حسبما تقول ليزا ملتون:

# أسطورة مضادات الأكسدة



## الكلمات المفتاحية

الجزور الحرة، مضاد أكسدة، متممات صحية، التلف التأكسدي.

أو لا تقدم أي فائدة لصحتنا. وفي أسوأ الأحوال، قد تكون في بعض الأوقات ذات تأثير عكسي يفاقم المشاكل ذاتها التي يفترض فيها إنهاؤها.

وليس من المفاجئ أن تكون مضادات الأكسدة قد اكتسبت سمعتها كتممات صحية إعجازية. وفيما مضى من خمسينيات القرن الماضي، اكتشف العلماء أن الكثير من الأمراض -بما في ذلك أمراض القلب والسكتات والسرطان وداء السكري وحالات الساد cataracts والتهاب المفاصل والاضطرابات التنكسية العصبية مثل داء الزهايمر وداء باركنسون قد تتلف بسبب كيماويات مخربة جداً يطلق عليها اسم الجزور الحرة free radicals.

إذا كانت محافظ (كبسولات) التوت البري وخلصات الشاي الأخضر وفيتامين C الفوار ودبس الرمان وبيتا كاروتين والسيلينيوم وخلصات بذور العنب وفيتامين E ذي الجرعة العالية وخلصات لحاء الصنوبر وعسل النحل، كلها مضادات أكسدة، فسوف نقوم بابتلاع حفنات منها. وطبقاً لبعض التقديرات، يتناول حوالي نصف البالغين في الولايات المتحدة أقراصاً مضادة للأكسدة يومياً اعتقاداً منهم بأنها تحسّن الحالة الصحية وتدرأ الأمراض. لقد أصبحنا من أنصار مضادات الأكسدة. ولكن هل تراها تقدم لنا أية فائدة؟ تبين الأدلة التي جمعت خلال السنوات الأخيرة الماضية بأن المتممات المضادة للأكسدة تقدم في أفضل الأحوال القليل جداً



الأكسدة هذه مواد دفاعية، وبأن تناولها كمتّمات supplements أو كمقويّات لا بد أن يقلل التلف التأكسدي ويضائل المرض". ويضيف قائلاً: "إنه قول بسيط: تعتبر الجذور الحرّة سيئة، لكن مضادات الأكسدة نافعة".

ولقد أسهم هذا المفهوم في نشوء صناعة متّمات supplements ضخمة. فيحسب المعاهد الوطنية للصحة في الولايات المتحدة (NIH)، يتناول أكثر من نصف البالغين في الولايات المتحدة نوعاً معيناً من مركبات الفيتامينات أو المعادن المتممة بتكلفة كلية تساوي 23 بليون دولار أمريكي سنوياً. بيد أن هذه التشكيلة المحيرة المصطفة على الرفوف من هذه المتممات تجعل من الصعب علينا أن نبت بحجم النفقات التي تصرف على مضادات الأكسدة، ولكن الـ (NIH) تقول بأنه يحتمل أن تكون "نسبتها ضخمة". كما أن شعبيتها تستمر في الصعود. وتقدر سبينز SPINS، وهي مؤسسة دراسات تسويقية مقرها في سان فرانسيسكو، بأن سوق مضادات الأكسدة قد نمت (تعاضمت) بما نسبته 18 بالمئة خلال العام المنصرم وحده.

أما أكثر ما نلمّ به من مضادات الأكسدة فهو الفيتامين E (ويعرف أيضاً باسمه الكيميائي توكوفيرول tocopherol)، والفيتامين C، وصنفاً واسعاً من الكيمياويات النباتية تعرف باسم البوليفينولات polyphenols (بما في ذلك الـ flavonoids) والكاروتينويدات carotenoids (بما في ذلك البيتا كاروتين والليكوبين lycopene)، مع العلم بأن أغلب المتممات الموصوفة كمضادات أكسدة تحتوي على الأقل على واحدة من هذه المركبات، غالباً ما تكون على شكل مركب كيميائي نقي وأحياناً على شكل خلاصة نباتية مركزة.

منذ أوائل تسعينيات القرن المنصرم بقي العلماء يأخذون هذه المركبات بقدر من الجد في أبحاثهم، وذلك باستخدام تجارب التعمية المزدوجة double blind العشوائية التحكم، وهي المعيار الثمين في دراسة المداخلات الطبية. ولكن نكرر المرة تلو الأخرى أن المتممات هذه أخفقت في اجتياز الاختبار. صحيح أنها أماطت اللثام عن الجذور الحرّة ضمن أنبوب الاختبار، لكنها ما إن تدخل الجسم البشري، حتى تخور بشكل عجيب. ولا يكفي أنها فاشلة في منع التلف التأكسدي وحسب، بل إنها يمكن كذلك أن تجعل الأمور أسوأ. حتى أن الكثير من العلماء يستنتجون الآن بأنها، وبأحسن الأحوال، مضيعة للوقت والمال. وزيادة في السوء، ربما تكون ضارة.

أما أول مضادات الأكسدة التي سببت النتائج المخيبة للأمال فقد كان البيتا كاروتين. فعندما كان البيتا كاروتين في موقع النجم

إن الجذور الحرّة مركبات ذات إلكترونات غير زوجية unpaired تثبت نفسها عبر أكسدة جزيئات أخرى -ويشمل ذلك البروتينات والكربوهيدرات والليبيدات والدنا DNA. وهي خلال تلك العملية تخلق المزيد من الجذور الحرّة، مستثيرة سلسلة من التخريبات. ونشير إلى أن التلف التأكسدي oxidative يصاحب أغلب الأمراض -إن لم يكن جميعها- وكان قد اقترح بأنه يمثل سبباً مباشراً لبعضها كسرطان الرئة والتصلب العصيدي وداء ألزهايمر.

تعد الجذور الحرّة خطراً حتمياً على بقاء الفرد حياً. فنحن نحيا في جو غني بالأكسجين، وتشكل الجذور radicals -ولاسيما أصناف الأكسجين التفاعلي reactive oxygen species (ROS) -نواتج ثانوية طبيعية لعملية التنفس. يقول باري هالويل Barry Halliwell وهو عالم الكيمياء الحيوية من الجامعة الوطنية في سنغافورا: "إن 1% من الأكسجين الذي نستهلكه يتحول إلى ROS"، "صحيح أن الأمر قد يكون إلى هذا الحد، لكن على كل حال يمثل البشر حيوانات ضخمة وتتنفّس بشكل كبير، بحيث يطلق الجسم البشري خلال سنة 1.7 كيلوغراماً من ROS". كما أن التعرض للأشعة السينية وغاز الأوزون ودخان التبغ وملوثات الجو والتمارين الرياضية المكثفة يسبب أيضاً إنتاج الجذور الحرّة.

بيد أنه وفي الثمانينيات من القرن المنصرم، ظهر في الأفق سلاحٌ محتمل ضد ضرر الجذور الحرّة. فقد عرف العلماء لوقت طويل بأن الناس الذين تكون أقواتهم غنية بالفواكه والخضراوات يتميزون بقبالية أقل لحدوث أمراض القلب والسكري والخرف والسكتة وأنواع معينة من السرطان -وهي الأمراض نفسها التي ترافق أضرار الجذور الحرّة. أما الآن فثمة تفسير لذلك؛ يتمثل في أن الفواكه والخضار تمثلان مصدراً غنياً لمضادات أكسدة antioxidants تستطيع تحييد الجذور الحرّة عبر التبرّع لها بالإلكترونات.

وتعدّ النباتات الخضراء مليئة بمضادات الأكسدة وذلك لسبب وجيه. فهي بالذات تتعرّض لإجهاد تأكسدي oxidative stress لكونها تنتج الأكسجين النقي (الصرف) خلال عملية التركيب الضوئي. ولحماية نفسها فهي تصنع خليطاً من مضادات الأكسدة الفعّالة.

وهكذا ظهرت للوجود فرضية تقول بأن مضادات الأكسدة الغذائية إسفنجات جذور حرّة يمكن أن تدرأ أمراض الشيخوخة. لقد كانت هذه فكرة عظيمة. ويقول هالويل الذي كان رائدٌ بحثٍ في الجذور الحرّة والأمراض: "وهنا سرعان ما افترض العلماء أن مضادات

صفحة 1444). أما الدراسة الثانية، والتي تضمنت 39910 ذكراً من موظفي الصحة، فقد وجدت انخفاضاً مماثلاً في خطورة أمراض القلب. (انظر نيو إنجلند الطبية المجلد 328، الصفحة 1450).

لقد توافرت للباحثين المقيمين في كلية هارفارد الطبية وكلية هارفارد للصحة العامة -ميكانيكية معقولة فعلاً. إذ كانت تبرز أدلة على أن أحد أسباب أمراض القلب يكمن في أذية جذور حرة لليوبروتينات المنخفضة الكثافة LDL، مع الإشارة إلى أن هذه الأخيرة هي رزماً من الليبيد والبروتين تجول مجرى الدم وتنقل الأحماض الدهنية إلى الخلايا. وقد تبين أن إضافة فيتامين E إلى عينات الدم في أنبوب الاختبار قد جعلت LDL أكثر مقاومةً للأكسدة oxidation. وقد تكون هذه هي الطريقة التي يمنع بها الفيتامين مرض القلب. ويقول رولاند ستوكر Roland Stocker وهو مختص بالكيمياء الحيوية في جامعة نيو ساوث ويلز في سيدني بأستراليا: "على المستوى الحيوي الكيميائي، فإن هذا التفكير قد بدأ مقبولاً يومئذٍ".



بين مضادات الأكسدة، كان ينصح بأقراصه للمدخنين لحمايتهم ضد سرطان الرئة. وقد كان هذا يستند بشكل كبير إلى المشاهدات التي جرت في سبعينيات القرن الماضي، يوم كان الأشخاص الذين يتناولون الكثير من الجزر -ذي الكميات الكبيرة من البيتا كاروتين- يتمتعون ببعض المناعة ضد السرطان.

وفي عام 1992 بدأ الباحثون في المعهد الوطني للسرطان في الولايات المتحدة باختبار البيتا كاروتين. فقد جندوا أكثر من 18000 شخص ذوي نسبة خطورة عالية للإصابة بسرطان الرئة -إما بسبب كونهم مدخنين أو بسبب كونهم تعرضوا للأسبستوس- وأعطوا نصفهم تقريباً متمات supplements البيتا كاروتين. وقد كان من المفترض أن تستمر التجربة لمدة ست سنوات، ولكن الباحثين أوقفوا سير التجربة عند ثلثي الطريق بعدما اكتشفوا -ولهول المفاجأة- أن أولئك الذين يتناولون المتمات كان وضعهم أسوأ من الآخرين. إذ كانت نسبة سرطان الرئة لديهم أعلى بنسبة 28%. كما أن النسبة الإجمالية للوفيات ارتفعت لتصل إلى 17%. يقول هالويل في هذا الصدد: "لقد كانت صدمة. فهي لم تكن غير مفيدة فحسب، بل كانت قادرة على إحداث الأذى".

لم يتمكن الباحثون من التأكد بأن هذه الزيادات لم تأت صدفة، وما تزال كبسولات البيتا كاروتين تباع بشكل واسع كمضاد أكسدة. وبالرغم من ذلك، فقد قوّت تجارب أخرى الدليل على أن المتمات البيتا كاروتينية لا تفشل فقط في حماية الأشخاص ضد السرطان ولكن يمكنها كذلك أن تزيد من خطورة سرطان الرئة لدى المدخنين. وفي شهر أيار/مايو انتهت لجنة خبراءٍ عقدها بواسطة NIH إلى عدم وجود أدلة تفيد بنصح جمهور العامة بتناول المتمات البيتا كاروتينية، بل ثمة أدلة قوية لتوصية المدخنين بتجنب تناوله.

والقصة مشابهة لتلك الخاصة بأكثر مضادات الأكسدة شهرةً في العالم. حيث انطلقت شهرة الفيتامين E في أوائل التسعينيات من القرن المنصرم، بعد دراستين واسعتين -شملتا أكثر من 127000 شخصاً بالمجموع- وجدنا أن أولئك الذين يتبعون أقواتاً عالية الفيتامين E كانت إصابتهم بمرض قلبي وعائي أقل أرجحيةً وذلك بشكل ملحوظ. ولقد تقصّت الدراسة الأولى 87245 ممرضةً إنثاءً لمدة ثمانية أعوام: واستنتجت أن نسبة الـ 20% الأعلى فيما يخص استهلاك فيتامين E، شملهم نقصان قدره 41% من وقوعات الأمراض القلبية الوعائية بالقياس إلى نسبة الـ 20% الأدنى استهلاكاً لهذا الفيتامين (نشرة نيو إنجلند الطبية، عدد 328،





ازداد استخدام متممات الفيتامين E. ففي العام 1990، لم يكن ثمة أحد تقريباً يتناول الفيتامين E؛ وبحلول نهاية ذلك العقد من السنين كان ما يقدر بـ 23 مليون مواطن أمريكي يتناولون جرعات يومية منه.

وعلى خلفية هذه النتائج الإيجابية، قام العلماء بالبدء بدراسات واسعة مستخدمين متممات الفيتامين E. بيد أن النتائج كانت تقريباً مخيبةً عالمياً. ولم تجد سوى تجربة واحدة (وهي دراسة مضاد الأكسدة والقلب لجامعة كامبردج The heart and antioxidant study (CHAOS)) مفعولاً إيجابياً لهذا الفيتامين يتمثل في هبوط نسبة خطورة الإصابة بالنوبة القلبية إلى 77%. أما التجارب الأخرى فلم تجد أي مفعول وقائي إلى حد أن إحداها قد انتهت إلى أن الفيتامين E يزيد من خطورة الإصابة بإخفاق قلبي.

### هل حان أوان إعادة التفكير؟

لقد صُممت تجارب أخرى لاختبار ما إذا كان فيتامين E يستطيع أن يمنع السرطانات، كما في دراسة ATBC في فنلندا،

**"إن مجرد كون غذاء ما - محتوي على مركب معين - مفيداً للجسم، لا يعني أن يكون القرص المحتوي على نفس المركب مفيداً كذلك"**

### قاصفات جذور

في عام 2004، قام الباحثون في وزارة الزراعة في الولايات المتحدة بتصنيف 130 صنفاً غذائياً شائعاً (شعبياً) وفقاً لما فيها من قدرة مضادة للأكسدة، وندرج فيما يلي أعلى عشرين نوعاً:

القدره المضادة للأكسدة لكل 100 غرام، في $\mu\text{mol}$ من TE	الصنف الغذائي
17940	البقان (نوع من الجوز الأمريكي)
14920	فاصوليا مكسيكية حمراء
14412	لوبياء حمراء
13542	الجوز
12358	فاصوليا مرقطه
9644	البندق
9456	التوت البري
9410	لب الأرضي شوكي
9260	توت أزرق بري
8578	إجاص مجفف
8040	الفاصوليا السوداء
7982	الفسق
7340	الخوخ الأسود
5348	التوت الأسود
5048	توت العليق
4454	اللوز
4342	لوبياء العين السوداء
4257	تفاح أحمر
3899	تفاح جراتي سميت
3896	التمر

TE تعني مكافئ ترولوكس Trolox equivalent. ترولوكس هو أحد مشتقات فيتامين E وهو يستخدم كعلامة قياسية للقدرة المضادة للأكسدة. وعلى سبيل المقارنة أو القياس، يحتوي 100 غرام من الخبز الأسمر الكامل على  $1421 \mu\text{mol}$  من الترولووكس TE.





بالإضرار بالجذور الحرّة ما لم تبدأ بأناس مصابين بعوز الفيتامين C، .. أعتقد بأنها قضية خاسرة". وفي الواقع، تقترح النتائج المأخوذة من تجربة أمريكية واسعة - لسبر الروابط بين القوت والصحة (بعنوان صحة النساء the Women's Health Study) - بأن متممات فيتامين C يمكن أن تُسرّع التصلب العصيدي لدى بعض الأشخاص المصابين بمرض السكري.

أما أحد أصناف مضادات الأكسدة التي بقيت نسبياً دون إجراء الأبحاث عليها فهي البوليفينولات polyphenols. وأي دليل صغير قد يكون موجوداً إنما ينبثق من دراسات وبائية يقترح بعضها أن الفينولات تقوم فعلاً بمنع الأمراض على عكس دراسات أخرى. وبينما تسلك البوليفينولات كمضادات الأكسدة في أنابيب الاختبار، فإنه لم يتضح بعد ما إذا كان يتم امتصاصها إلى الدورة الدموية، وإذا كان يحدث ذلك، فسيتم استقلابها بشكل سريع. وعلى سبيل المثال، يتم تخريب 95% من الفلافونويد flavonoid المسمى بـ resveratrol (والذي يوجد في النبيذ الأحمر) بواسطة الجهاز الهضمي قبل دخوله جهاز الدوران circulation.

لقد بدأت النتيجة تتضح: فمهما يكن وراء المنافع الصحية للأقوات الغنية بالفواكه والخضار، فإنك لن تستطيع أن تستنسخ هذه الفوائد ثانية بأن تتناول الخلاصات المنقّاة أو المتممات الفيتامينية. ويقول بول كوتس Paul Coats الذي يعمل في مكتب متممات القوت لدى NIH: "إن مجرد كون غذاء ما -محتوي على مركب معين- مفيداً للجسم، لا يعني أن يكون القرص المحتوي على نفس المركب مفيداً كذلك".

ولكن تبقى الحقيقة قائمة بأن الأشخاص الذين يتناولون الأقوات الغذائية الوفيرة بالفيتامين C، والفيتامين E، والبوليفينولات ومركبات الكاروتين carotenoids يقل احتمال إصابتهم بالنوبات القلبية والأمراض الوعائية والسكري والسرطان. وأحد هذه التفسيرات هو أن هؤلاء الأشخاص يكون لديهم عموماً أسلوب معيشة صحي أكثر، إذ إنهم، على سبيل المثال، يمارسون الرياضة أكثر ويدخنون بشكل أقل. وحتى الآن، فلا أحد يعلم علم اليقين.

### الخضراوات المكتنزة:

ثمة هنالك بعض الأفكار. إذ إن هالويل ما يزال يعتقد أن مضادات الأكسدة مسؤولة بشكل جزئي. وهو يجادل بأن كون البوليفينولات والكاروتينويدات والفيتامينات مرتبطة بالمواد الليفية fibrous، فهي تتلصق في المعدة والقولون (الأمعاء الغليظة)، حيث يمكنها أن تعدّل neutralize الجذور الحرة. وتقوم القناة المعوية المعوية -وخصوصاً المعدة التي تتصف ببيئتها الحمضية العالية-

ولكنها أتت أيضاً بنتائج سلبية. إذ لم يوقف الفيتامين E أيضاً تقدم داء ألزهايمر عند الأشخاص الذين يعانون خلافاً معرفياً cognitive طفيفاً.

والأكثر من ذلك، حينما قام العلماء بالبحث عن الدليل على أن الفيتامين E يقي الـ LDL ضد الأكسدة في الجسم (وليس في أنبوب الاختبار وحسب) لم يعثروا على أي دليل -باستثناء الأشخاص المصابين بعوز الفيتامين E (نشرة الجمعية الطبية الأمريكية - عدد 285، صفحة 1178). وفي الحقيقة، وبالرغم من وجود دليل جيد على أن الفيتامين E هو مضاد أكسدة فعّال في أنابيب الاختبار، يوجد الآن شك جدي بكونه يتصرف بالطريقة نفسها داخل الجسم. ويقول أنجلو أزي Angello Azzi، وهو مختص بالكيمياء الحيوية في جامعة تفتس Tufts في بوسطن، ماساتشوستس: "إن فيتامين E لا يعد مضاد أكسدة. والواقع ينبغي حمايته ضد الأكسدة"، وهو يشير إلى أن الفيتامين E يوجد في ثمانية أشكال مختلفة في البيئة، وجميعها تعمل كمضادات أكسدة في أنبوب الاختبار. بيد أن الجسم لا يستخدم إلا شكلاً واحداً، ألا وهو ألفا توكوفيرول alpha tocopherol، والذي يستخرج من الدم بواسطة بروتين عالي التخصص موجود في الكبد. أما الأشكال الأخرى فيتم طرحها. ويناقش أزي Azzi بأنه لا يحتمل أن يكون التطور قد وصل إلى درجات كهذه بحيث نحصل على مضاد للأكسدة من القوت. ويقول: "هنالك الملايين من مضادات الأكسدة".

ومن الواضح بأن فيتامين E يفعل شيئاً ما في الجسم -فهو جزء أساسي من القوت وعوزه يؤدي إلى مشاكل عصبية- ولكن مهما يكن عمله، فهو ليس مضاداً للأكسدة.

توجد حتى بعض الأدلة بأنه يمكن لمتممات فيتامين E أن تكون مؤذية. وفي العام المنصرم، أذاع فريق يرأسه إدجار ميلر Edgar Miller -من مؤسسات جون هوبكنز الطبية في بالتيمور- أخباراً مقتطفة حين دمجوا نتائج 19 تجربة منفصلة واستنتجوا أن الجرعات المرتفعة من فيتامين E تزيد من معدل الوفيات العام (*Annals of Internal Medicine*، مجلد 142، صفحة 37) -على الرغم من كون هذه النتيجة تبقى محط خلاف. ويصرّح Azzi قائلاً: "هذا ليس صحيحاً... فقد قمنا بإعادة مراجعة البيانات ولم يكن هنالك أي تغيير بالوفيات"، ويضيف ستوكر: "إن أغلب الناس يتفقون على أنه لا يوجد دليل قوي (جيد) على أن الجرعات الكبيرة مؤذية".

أما فيتامين C (C) فإنه يشكل إحباطاً. ويقول هالويل: "ما يزال الناس يحاولون الدفاع عنه، ولكنك لا تحصل على تأثير له

أنها ليست مفرطةً، وهنا يبقى السؤال: "هل يجب علينا كبت الجذور الحرة بشكل مطلق؟".

إذا تبين أن مضادات الأكسدة في الغذاء تعمل بسبب كونها تولد معززة للجذور الحرة فإن ذلك سيكون مدعاة للسخرية. ويمكن لهذا الأمر أن يوضح كذلك لماذا لا يبدو أن المتممات supplements والمستخلصات شيء نافع أو حتى يمكن أن تكون خطيرة: فالجرعات هنا ربما تكون عالية جداً، وتولد الكثير جداً من الجذور الحرة free radicals.

بالنسبة للوقت الحالي، فالنصيحة بسيطة. يقول هالويل: "عليك بالأطعمة الغنية بالفلافونويد، مع الاعتدال بالنبيذ الأحمر، ولا بأس بالشاي والفواكه والخضار"، "ولا تحاول تناول جرعات كبيرة من المتممات أو الأغذية المقوية الثقيلة إلى أن نعرف المزيد".

بتوليد مستمر لأصناف أكسجينية تفاعلية انطلاقاً من الغذاء. ولا يحتمل أن تكرر المتممات supplements هذا الأثر وذلك لأنها تتعرض للهضم بسرعة كبيرة.

أما أندرو شاو -من مجلس التغذية المسؤولة (وهي مؤسسة لصناعة وتجارة المتممات ومقرها في واشنطن العاصمة)- فإنه يجادل في إطار خطوط مماثلة. فهو يقول إن استخراج مادة تغذوية nutrient ذات صلة واختبارها في تجربة سريرية ليس بالأمر الناجح، وهو يؤكد على أنه: "لا يجب أن يتوقع من مضادات الأكسدة أن تتصرف كأدوية"، "فليس هذا السياق هو الذي تعمل حسه المغذيات nutrients، إذ إنها تعمل هكذا. فهي تعمل بتناغم مع بعضها البعض".

ومع ذلك فثمة تفسير آخر أكثر تعقيداً. فمن بين مصادر مضادات الأكسدة الغذائية الأساسية يُذكر الشاي والقهوة، وثمة دليل ما على أن الشاي الأخضر -بشكل خاص- ذو صلة بفوائد صحية تتضمن تخفيض خطر الإصابة بالسرطان والأمراض الوعائية القلبية. والغريب، على الرغم من ذلك، أن هالويل قد اكتشف بأن الشاي والقهوة يفيضان بأصناف الأكسجين التفاعلي على شكل صيغة مركبة من بيروكسيد الهيدروجين hydrogen peroxide.

يقول هالويل: "في كل مرة تشرب فيها فنجاناً من القهوة، يمثل (أي الفنجان) وعاءً مخففاً من بيروكسيد الهيدروجين". يكون بيروكسيد الهيدروجين موجوداً هناك بسبب وجود مضادات الأكسدة، "وفي الواقع فكلمة "مضادات أكسدة" هي مجرد طريقة أخرى لعبارة "العامل المختزل أو المرجع educing agent الذي يستطيع أن يتفاعل مع الأكسجين في الماء لتوليد بيروكسيد الهيدروجين H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>".

ولكن إذا كانت الجذور الحرة ضارة لنا، فكيف تكون القهوة والشاي نافعين؟ إن أحد الاحتمالات هو أنه يمكنها أن تساعد في تحريض منظوماتنا المضادة للأكسدة الداخلية لتبدأ عملها. ويقول مالكوم جاكسون، وهو مختص في الكيمياء الحيوية من جامعة ليفربول، في المملكة المتحدة: "لقد حدث بشكل كبير إعادة تفكير بخصوص ما تفعله الجذور الحرة". فهو يعتقد أن الجذور radicals بالكميات الصحيحة يمكن أن تحسن الصحة بشكل إيجابي، حيث تحفز خلايانا على إطلاق ماكنتها الدفاعية الداخلية الخاصة التي هي بطارية إنزيمات مثيرة للجذور مثل الإنزيم المسمى كاتالاز والإنزيم المسمى ديسموتاز فوق الأكسيد. ويقول جاكسون: "تكون الخلايا جيدة جداً في الدفاع عن نفسها ضد حالات الإجهاد الطفيفة، طالما

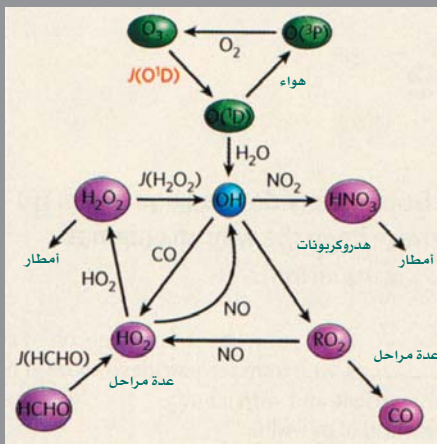
المؤلف:

ليزا ميلتون، كاتبة علمية مقيمة ضمن مؤسسة Novartis في لندن.

- نشر هذا المقال في مجلة New Scientist, August 2006، وتمت ترجمته في هيئة الطاقة الذرية السورية.

## الجزور الحرّة تتبع الشمس

تُشكّل جذور الهيدروكسيل الحرّة جزءاً من شبكة معقدة لتفاعلات كيميائية جوية. ولكن أظهرت دراسة جديدة إمكانية التنبؤ بتركيزها من خلال شدة الضوء الشمسي فوق البنفسجي لوحدها.



الشكل 1: تُشكّل جذور الهيدروكسيل الجوية وكيميائياً. تشير البقع الإهليلجية الخضراء إلى المسلك الأساسي لتشكّل جذور الهيدروكسيل (OH). يتفكك الأوزون بفعل الضوء فوق البنفسجي ليشكّل أُكسجيناً ذرياً يكون في حالة إلكترونية مُثارة <sup>1</sup>D، ويحصل ذلك بتواتر يُرمز إليه بـ J(O<sup>1</sup>D). تتفاعل ذرات الأوكسجين المثارة مع بخار الماء لتشكّل جذور OH. وبالمقابل، يمكن لذرات الأوكسجين هذه أن تعود لتشكّل الأوزون، بالاعتماد على الحالة الإلكترونية <sup>3</sup>P. ويكون تركيز الـ OH عادة أقل من جزء من ترليون جزء من حجم الغاز. ويعكس هذا معدل تشكّل الـ OH الموضّح في الشكل، ويضع معدل OH في تفاعلات مع ثنائي أكسيد النيتروجين (NO<sub>2</sub>) وأحادي أكسيد الكربون (CO) والهيدروكربونات كالميتان، ومع الفعالية التي بموجبها يعود ليشكّل OH من أقربائه الكيميائيين الضوئيين HO<sub>2</sub> و RO<sub>2</sub> (حيث R تمثل أي سلسلة هيدروكربونية) عبر تفاعلات مع الملوث التقليدي أكسيد النيتروجين (NO). ونشير إلى أن إعادة التشكّل مع NO هي الآلية المسؤولة عن تولّد الأوزون في الطبقة الجوية السفلى. ويعبر المصطلحان J(H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) و J(HCHO) عن التواترات التي يتم وفقها تشطّي الجزيئات الخاصة بفعل الإشعاع فوق البنفسجي.

في عمل فذ مؤثر من الصبر والمهارة التحليلية، حصل روهير Rohrer وبيريشهايم Berresheim على سجل لتراكيز جذور الهيدروكسيل الحرّة الجويّة (OH)، على مدى خمس سنوات في محطة بحثية في جنوب ألمانيا [1]. يعدّ ذلك الأمر مثيراً لأنه وبالرغم من أن جذور الـ OH تتحكم في معدل أكسدة عدة غازات في جوّ كوكب الأرض، فإن تركيز هذا الجذر الشديد الفعالية (والقصير العمر) هو أقل من جزء من ترليون جزء (1ppt) في المزيج الحجمي للغازات الجوية الأرضية. هذا وإن عملية قياس تركيز هذا الجذر، حتى في الفترات القصيرة، تُعدّ تحدياً هائلاً.

يحتل جذور الهيدروكسيل موقعاً مركزياً في كيمياء جوّ الأرض. فمثلاً، تتبدّد كميات ضخمة من الميتان (CH<sub>4</sub>) وأحادي أكسيد الكربون (CO) المضافين إلى الجو (0.6 بليون طن و 2.5 بليون طن على التوالي سنوياً) عبر تصريف كبير مكافئ لهذه المركبات من خلال تفاعلاتها مع OH (الشكل 1). وفي غياب OH سترتفع تراكيز غازات الدفيئة هذه بأكثر من مرتبة. إن تفاعلات OH مع أحادي أكسيد الكربون ومع الهيدروكربونات هي أيضاً مسؤولة عن إنتاج الأوزون (O<sub>3</sub>) الموجود في التروبوسفير الأرضي (الذي هو الجزء الأخفض من الغلاف الجوي للأرض وتتراوح سماكته بين 8 و 17 كم بدءاً من سطح الأرض).

اقترح بداية في العام 1971 أن OH يتحكم في كيمياء التروبوسفير الأرضي [2]. ثم شرع الباحثون مباشرة في قياس تراكيز OH في التروبوسفير وقياس غزارة المواد الكيميائية المختلفة التي يعتقد بأنها تؤثر في سوية الـ OH. ولكن قياس تركيز الـ OH كان تحدياً أكبر من المتوقع. وفي السنوات القليلة الماضية فقط أمكن الوصول إلى طرائق تحليلية ذات وثوق ودقة بما يكفي لإجراء هذا القياس [3]. وقد نفذت هذه القياسات على نحو نمطي وفق "أسلوب الحملة"، حيث تمّ تجهيز طائرات أو محطات أرضية بالأدوات اللازمة لفترة زمنية قصيرة. وقد أضافت جملة المعطيات الموصوفة من قبل روهير وبيريشهايم [1] رؤية بعيدة المدى للكيمياء الجوية، وجمعت لدى محطة بحث متكاملة التجهيزات -وهي محطة الأرصاد الجوية هوهنبيسنبرغ Hohenpeissenberg الواقعة على ارتفاع 1000 متر من سطح البحر.



على متغيرٍ وحيدٍ آخر، وهو ارتفاع الشمس فوق الأفق [5]. ومثلما هو الحال في هوهنيسنبرغ تماماً، فإن الترابطات المكتشفة بالصدفة بين عوامل التحكم بغزارة OH قد خفّضت التأثير الظاهري لهذه العوامل [6]. وعلاوة على ذلك، ففي زمن القياسات، تترايط تراكيز OH المقيسة بشكل أفضل مع موضع الشمس منها مع التراكيز المتوقعة المحسوبة من نموذج الكيمياء الضوئية المعاصر الموجود حالياً [7]. إن عدم القدرة على حساب مستويات الـ OH الجوي بشكل دقيقٍ يحثُّ على إعادة فحص كثيرٍ من المسارات المؤدية إلى إنتاج OH [8 و9]، بما في ذلك تحطُّم الأوزون المحرّض بالأشعة فوق البنفسجية، الموصوفة عبر (O<sup>1</sup>D) J [4 و10]. لقد تحسنت توصيفات كيمياء الستراتوسفير كثيراً بتنفيذ هذه الدراسات، وقادت أخيراً إلى توافقٍ كمّي بين التراكيز المقيسة والمحسوبة لـ OH [11].

يُقدّم تاريخ الاستقصاء الستراتوسفيري قالباً لمزيد من البحوث في التروبوسفير [12]. وكما وضّح روهير وبيريشهايم [1]، غالباً ما تكون الموجات الكيميائية لإنتاج الـ OH التروبوسفيري وضياعه مترابطة، مما يحجب تأثيرها الإفرادي. ومع ذلك، فمن أجل تحديد التوزع العالمي لـ OH وعلاقته بالتبدل المناخي وتأثير الإصدارات الصناعية والزراعية عليه، يجب علينا أن نميط اللثام عن تأثيرات هذه العمليات. وستكون القياسات (من أمثال تلك التي حصل عليها روهير وبيريشهايم) أساسية لتحديد الأخطاء والإهمالات في نظريتنا حول كيمياء الأكسدة التروبوسفيرية.

## References

- [1] Rohrer, F. & Berresheim, H. Nature 442, 184-187 (2006).
- [2] Levy, H. Science 173, 141-143 (1971).
- [3] Heard, D. E. & Pilling, M. J. Chem. Rev. 103, 5163-5198 (2003).
- [4] Matsumi, Y. et al. J. Geophys. Res. 107, 4024 (2002).
- [5] Wennberg, P. O. et al. Science 266, 398-404 (1994).
- [6] Hanisco, T. F. et al. J. Phys. Chem. A 105, 1543-1553 (2001).
- [7] Salawitch, R. J. et al. Geophys. Res. Lett. 21, 2551-2554 (1994).
- [8] Hanson, D. R. & Ravishankara, A. R. Geophys. Res. Lett. 22, 385-388 (1995).
- [9] Roehl, C. M., Nizkorodov, S. A., Zhang, H., Blake, G. A. & Wennberg, P. O. J. Phys. Chem. A 106, 3766-3772 (2002).
- [10] Michelsen, H. A. et al. Geophys. Res. Lett. 21, 2227-2230 (1994).
- [11] Salawitch, R. J., Wennberg, P. O., Toon, G. C., Sen, B. & Blavier, J. F. Geophys. Res. Lett. 29, 1762 (2002).
- [12] Olson, J. R. et al. J. Geophys. Res. 111, D10301 (2006).

أوصل تحليل هذه المعطيات [1] الباحثين إلى استنتاج مدهش، وهو أن اختلافات تركيز OH يمكن تفسيرها في منظورٍ إحصائي، بمثابة بارامترٍ وحيد، بالرغم من أن مستويات OH يُتوقع أن تعتمد على مزيجٍ معقدٍ من المتغيرات. ونشير إلى أن البارامتر الحاسم هو قياس التواتر الذي تتفكك فيه جزيئة أوزون معينة بفعل الإشعاع فوق البنفسجي الشمسي الذي يقود إلى أكسجين نرّي في حالة الإلكترونيّة مُثارة. ويشير الكيميائيون الجويون إلى هذا البارامتر بـ (O<sup>1</sup>D) J، حيث D<sup>1</sup> هي الحالة المُثارة (الشكل 1). ويتم تحديد هذا التواتر بدلالة شدة الإشعاع فوق البنفسجي ضمن نافذة ضيقة من الطيف بين 305 و 330 نانومتر [4]، وهو الضوء نفسه الذي يحدث حروقاً شمسية. وتتناسب الشدة الشمسية عند هذه الأطوال الموجية عكساً مع كميات الأوزون والغيوم والمادة الجسيماتية الموجودة بين الشمس والأرض.

ليس مفاجئاً أن يتعلق تركيز الـ OH في التروبوسفير بـ (O<sup>1</sup>D) J. فهناك الكثير من الجزيئات التي تنتشلي بفعل الإشعاع فوق البنفسجي عند هذه الأطوال الموجية، وبالتالي أمكن التفكير بأن هذا البارامتر يعتبر مقياساً للنشاط الكيميائي الضوئي. والمفاجئ هو أن تركيز الـ OH يبدو معتمداً فقط على بارامتر لا يرتبط بشكلٍ مباشر بالبيئة الفيزيائية والكيميائية الموضعية. ومما هو أكثر لفتاً للنظر أن التركيز المقيس لـ OH يرتبط بقوة أكبر مع (O<sup>1</sup>D) J منها مع التركيز المتوقع المحسوب من الأنموذج المعاصر. إذ لا يتضمن هذا الأنموذج تقييدات (O<sup>1</sup>D) J فقط، بل وكذلك تقييدات التراكيز المقيسة لغالبية الغازات المبينة في الشكل 1. إن ذلك يثبط الهمة، لأنه يظهر بوضوح أننا لا زلنا لا نملك توصيفاً كافياً لكيمياء هيدروكسيل التروبوسفير.

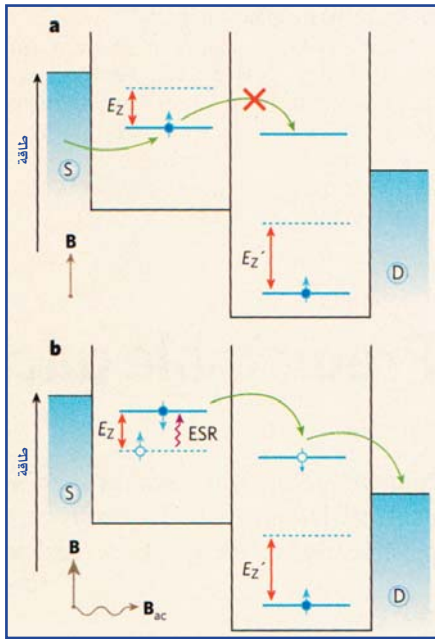
من الممكن قراءة الكثير في موضوع الترابط القوي بين تركيز الـ OH و (O<sup>1</sup>D) J. فكما تظهر تحاليل روهير وبيريشهايم [1]، ربما ينتج هذا الترابط من تغيرات متلازمة في عواملٍ أخرى تتوازن فيما بينها. فمثلاً، يتحدّد عمر الهيدروكسيل الجوي بمعدل تخرب الجذر في تفاعلاته مع الهيدروكربونات (وهنا مع المركبات ذات المنشأ البيولوجي أساساً) ومع ملوثات معينة. ففي هواء هوهنيسنبرغ تكون تراكيز المركبات ذات المنشأ البيولوجي عالية في الصيف، في حين تكون تراكيز الملوثات ذات النشاط التفاعلي، مثل أحادي أكسيد الكربون وثنائي أكسيد النتروجين (NO<sub>2</sub>)، أعلى في الشتاء. وكنتيجة لذلك، فإن التغير الفصلي في عمر الهيدروكسيل الجوي في هذا الموقع يكون صغيراً جداً. وبشكلٍ مشابه، فإن كمية الـ OH الناتج من أكسجين نرّي في حالة مُثارة (O<sup>1</sup>D) تكون عالية في الصيف بسبب الرطوبة المرتفعة، في حين تكون إعادة تدوير الهيدروكسيل OH recycling من الجذور ذات الصلة أكبر في الشتاء بسبب ارتفاع سوية أكسيد النتروجين (NO) (الشكل 1).

إن النتائج البحثية في هوهنيسنبرغ تذكرنا بدراسات أنجزت في طبقة الستراتوسفير السفلي، وهي طبقة الجو الأرضي الواقعة فوق التروبوسفير. هنا، وُجد أن تراكيز الـ OH تعتمد بشكلٍ كبير

نُشر هذا الخبر في مجلة: Nature, 13 July 2006

## وحدانية السبين

يمكن للحواسيب الكمومية أن تحل معضلات لا يمكن أن تحلها الحواسيب التقليدية. ويعتبر العنصر المفقود للحوسبة الكمومية بالسبينات الإلكترونية قد أصبح الآن متاحاً -ويتمك في دوران سبين وحيد.



الشكل 1: محتجز في التيار: يكشف كوبنز وزملاؤه دورة سبين إلكتروني منفرد يثير التجاوب السبيني الإلكتروني أثناء قياسات التيار الكهربائي. a، A حقل مغناطيسي مطبق سكوني، B، يسبب شطر سويات طاقة سبين-فوق وسبين-تحت لإلكترون (شطر زيمان  $E_z$  و  $E_z^-$ ). إن النقطة الكمومية على اليمين (وهي الأعمق في بئرٍ والتي تمتلك شطراً أكبر  $E_z^-$ ) تحوي على الدوام إلكترون واحد على الأقل. ويقفز إلكترون من مكن المنبع (S) (سلك توصيل) إلى النقطة اليسرى. وفي نصف الحالات تقريباً، يكون لهذا الإلكترون السبين ذاته (فوق) كالإلكترون الموجود على اليمين. وهكذا يمكن ألا يقفز الإلكترون اليساري أبعد من ذلك مادام مبدأ باولي في الاستبعاد يمنع إلكترونين لهما نفس حالة السبين من الاقتران (حصار سبيني) b، ثانياً، يبدأ حقل مغناطيسي مهتز  $B_{ac}$  التجاوب السبيني الإلكتروني، مؤدياً إلى قفز السبين الأيسر. أما السبين الأيمن فلا يتأثر طالما أنه لا يستطيع أن يحشد الطاقة ليتخطى فرجة زيمان الأكبر  $E_z^-$  في بئرها. وهكذا تصبح السبينات اليمينية واليسارية متضادة الاتجاه ويزاح الحصار: ويقفز الإلكترون الأيسر بواسطة النقطة اليمينية إلى خزان التصريف (D) ويقاس التيار.

كيف يمكن للمرء أن يدور سبين إلكترون وحيد؟ وكيف يمكن كشف مثل هذا الدوران البالغ الصغر عند تحققه؟ وأين يحصل المرء بالفعل على إلكترون وحيد في المقام الأول؟ إن البنى نصف الناقلية الصغيرة والواضحة التي تدعى نقاطاً كمومية، والتي يمكن توليف عدد إلكتروناتها، واحداً بعد آخر، حتى الوصول إلى إلكترون واحد فقط، تقدم جواباً على السؤال الثالث. وفي الصفحة 766 من مجلة nature، المجلد 442، يقدم كوبنز Koppens وزملاؤه جواباً على السؤالين الأولين. فهم يستغلون ظاهرة تدعى التجاوب السبيني الإلكتروني لتدوير سبين في إحدى نقطتين كموميتين مقترنتين، ويكتشفون تأثير ذلك عن طريق قياس التغيرات في جريان التيار الكهربائي عبر النقطة المزدوجة.

ينتج التجاوب السبيني الإلكتروني (ESR) عن تفاعل حقلين مغناطيسيين. الأول: حقل سكوني static يستخدم لإيجاد (لتوليد) فرق في الطاقة بين حالتي سبين-فوق spin-up وسبين-تحت spin-down لأحد الإلكترونات، ويطلق على هذه الظاهرة اسم شطر زيمان Zeeman splitting. والثاني حقل مهتز يُطبق بزوايا صحيحة على الأول. وعندما يضاوي تواتر هذا الحقل الثاني تواتر فرجة زيمان الطاقة سيدور سبين الإلكترون.

وفي نقطة كمومية وحيدة، إذا كان شطر زيمان صغيراً جداً، فإن الترجحات الحرارية في أسلاك التوصيل ستزيل الفرق بين طاقة سبين-فوق وسبين-تحت، مما يحول دون أي قياس موثوق لدوران السبين. وهكذا من أجل حدوث التجاوب السبيني الإلكتروني وكشفه بوضوح في نقطة وحيدة، ينبغي أن تمتلك فرجة زيمان نمطياً طاقة تعادل تواتراً موجياً مكروبياً عالياً.

كان الفيزيائي السوفييتي إيفجينى تسافويسكي Evgeny Zavoisky في أواسط الأربعينيات من القرن الماضي أول من اكتشف التجاوب السبيني الإلكتروني، وبعدها بفترة قصيرة حدث ذلك في الولايات المتحدة وفي بريطانيا. لقد كانت مصادر التواتر العالي-المتأينة من التقانة الرادارية الجديدة التطوير في ذلك الحين- نادرة وتبقى الإثارة الموجية المكروية مشروع تحدٍ في الوقت الحاضر. وهذا أحد أسباب كون عملية التجاوب المغناطيسي النووي NMR المضاهية مألوفة إلى

مترابطة طويلة العمر، والقدرة على قياس كيوبتات منفردة، ومجموعة عالمية من العمليات الكمومية التي يمكن دمجها لتوليد لوغارتيم عشوائى من أجل التحليل إلى عوامل والمحاكاة الكمومية على سبيل المثال. وقد تم تحقيق جميع هذه المتطلبات باستثناء الأخيرة وذلك فيما يتعلق بكيوبتات السبين في النقاط الكمومية.

إن جميع العمليات المحتملة ذات الكيوبت الواحد مع "الجزر التربيعة للمقايسة" على كيوبتين اثنين تشكل مجموعة عالمية مناسبة لحوسبة كمومية. والجزر التربيعة للمقايسة هو عملية كمومية تشبه إلى حد ما مقايضة قيم كيوبتين اثنين، إلا أنها تقف في منتصف الطريق— وهذا أمر غير ممكن تحقيقه تقليدياً، ومما يثير الدهشة أن عملية الجزر التربيعة للمقايسة ذات الكيوبتين الاثنى قد تم توضيحها في نقطتين وحيدتي الإلكتروني ومقترنتين تبادلياً وهي عمليات وحيدة الكيوبت ضعفت بصفحتها المفردة الأخيرة في قائمة "العمعة".

إن استخدام التجاوب السبيني الإلكتروني بالنسبة لعمليات الكيوبت الواحد قد تم افتراضه مبكراً، لكن النجاح مازال موهوماً حتى الآن لأن كشف الظاهرة غير دقيق. ويعتمد كوبنز وزملاؤه على الاستخدام البارع لنوع آخر من تحويل "سبين - إلى - شحنة" لكشف دوران السبين بشكل غير مباشر. وكما اقترح بالأساس، فإن الفكرة كانت أن السبين على نقطة كمومية يمكن أن يسلك سلوك صمام للتيار الكهربائي الذي سيفتح ويغلق على نحو متكرر عندما يدور السبين. وفي نقطتين على التسلسل يصبح هذا "حصاراً سبينيًا spin blockade" حيث يمنع مبدأً باولي في الاستبعاد مرور التيار لأن التيارات الأخرى ذات السبينات المتوازية ستكون في المكان ذاته -وبالتالي في الحالة الكمومية ذاتها (انظر الشكل 1).

إن أي عملية يمكنها تدوير أحد السبينات بحيث تكون في الاتجاه المضاد تستطيع أن تمنع إعاقة هذا التشويش. إذ لوحظ منع الإعاقة الذي يسببه اقتران السبين الإلكتروني في نقطة كمومية مع السبينات النووية لنصف الناقل المضيف عند حقول مغناطيسية ضعيفة. وقد وضع كوبنز وزملاؤه الشروط لحدوث تجاوب سبيني إلكتروني في نظامها ذي النقطة الكمومية. ولاحظوا تياراً مستمراً عندما يفتح (يدار) حقل التجاوب السبيني الإلكتروني باستمرار، وما يسمى اهتزازات رابي للتيار Rabi oscillations معاً (وبالتالي السبين) بالنسبة لحقل تجاوب سبيني إلكتروني ذي نبض بطول متغير.

لا تكفي ملاحظة التيار بحد ذاتها لإثبات أن التجاوب السبيني الإلكتروني قد سبب دوران سبين واحد. إذ إن الحقل المغناطيسي المهتز، الذي يؤسس كذلك التجاوب السبيني الإلكتروني يستحضر معه حقلاً كهربائياً ضعيفاً. ومن خلال عملية تسمى شق النفق tunnelling بمساعدة الفوتون، فإن هذا الحقل يمكن أن يساعد الإلكترونيات في كسر حصار السبين بواسطة القفز في البداية رجوعاً إلى المصدر بعكس الفلطة المطبقة. وهذا يقود إلى إنذار خاطئ: تيار كهربائي بغياب دوران السبين. وعلى الرغم من أنه ثبت في النهاية بأن النقطة

هذا الحد الكبير: إذ إن مطيافية التجاوب المغناطيسي النووي تتطلب من الناحية النمطية تواتراً راديويًا أخفض بكثير. لأن العزم المغناطيسي الذاتي لنواة ما (وبالتالي شطر زيمان) الخاص بها يكون أصغر منه بالنسبة لإلكترون ما بحوالي 2000 مرة.

لقد تغلب كوبينز وزملاؤه على مشكلة تواتر التجاوب المغناطيسي الإلكتروني ليس فقط بقياس دوران السبين في نقطة كمومية وحيدة بشكل مباشر، بل بالكيفية التي يسمح بها هذا الدوران لإلكترون ما بالقفز إلى نقطة ثانية. وهذه العملية لا تتأثر بالترجمات الحرارية في أسلاك التوصيل، لذلك يمكن أن يستخدم شطر زيمان أصغر قداً، وهذا لا يتطلب إلا إثارة تواتر راديوي لإحداث التجاوب السبيني الإلكتروني.

ومن الناحية التقليدية، يقوم التجاوب السبيني الإلكتروني بسبر عينات جهرية بواسطة تدوير  $10^{21}$  سبين تقريباً في آن واحد. ويعتبر تدوير سبين واحد فقط إنجازاً بارزاً بحد ذاته. ولكن من المحتمل أن يكون كذلك ذا أهمية عملية كبيرة لأن سبينات الإلكترون جرى اقتراحها كطريقة لتحقيق "بتات كمومية" -كيوبتات -qubits- ضرورية لحاسوب كمومي. ويمكن أن يستطيع حاسوب كمومي كبير المقاس إجادة مهام، مثل تحليل أعداد كبيرة إلى عواملها أو محاكاة منظومات كمومية أخرى، لا تستطيع الحواسيب العادية القيام بها. لكن الحواسيب الكمومية هي وحوش رشيقة وحساسة جداً للاضطراب الناجم عن بيئة صاخبة. وتمتلك السبينات الإلكترونية ميزة اعتبارها مرشحات كيوبت تقترن بشكل ضعيف جداً ببيئاتها، وذلك بفضل العزم المغناطيسي الإلكتروني الضعيف. على أي حال، لا يكفي العزل عن البيئة لتحقيق كيوبتة جيدة (وإلا، نكون بصدد مناقشة كيوبتات النترينو)، وعلى نحو حاسم، يمكن قراءة كيوبتات السبين بتحويل معلومات السبين إلى معلومات شحنة charge information، يمكن كشفها على مستوى الإلكترون الواحد في النقاط الكمومية.

بالإضافة إلى ذلك، يمكن التحكم بكيوبتات السبين بفضل ظاهرة تدعى الاقتران التبادلي التي يمكن أن يستخدم فيها سبين واحد ليؤثر في حالة سبين مجاور. وهذه نتيجة قانونين فيزيائيين أساسيين هما: مبدأ باولي في الاستبعاد Pauli exclusion Principle الذي يمنع إلكترونين من انتقال الحالة الكمومية نفسها، وقوة كولب التنافرية بين الشحنات السلبية للإلكترونات. علاوة على ذلك، يمكن البدء بكيوبتات السبين "الفارغة blank" بشكل موثوق بإثارة النقطة الكمومية بضوء صادر من ليزر، وهي تقنية تعتمد أيضاً على الشحنة التي هي قيد الاقتران بالسبين، وفي هذه الحالة يكون ذلك من خلال التأثير النسبوي لاقتران مدار-سبين spin-orbit coupling.

وشة خمس "متطلبات عتادية hardware requirements" مقبولة على نطاق واسع، قد تطورت من أجل حاسوب كمومي عملي. وهي: منظومة فيزيائية متدرجة بكيوبتات ذات خصائص محددة، والقدرة على تحديد القيم الأولية لتلك الكيوبتات، وكذلك حالات كيوبتاتية



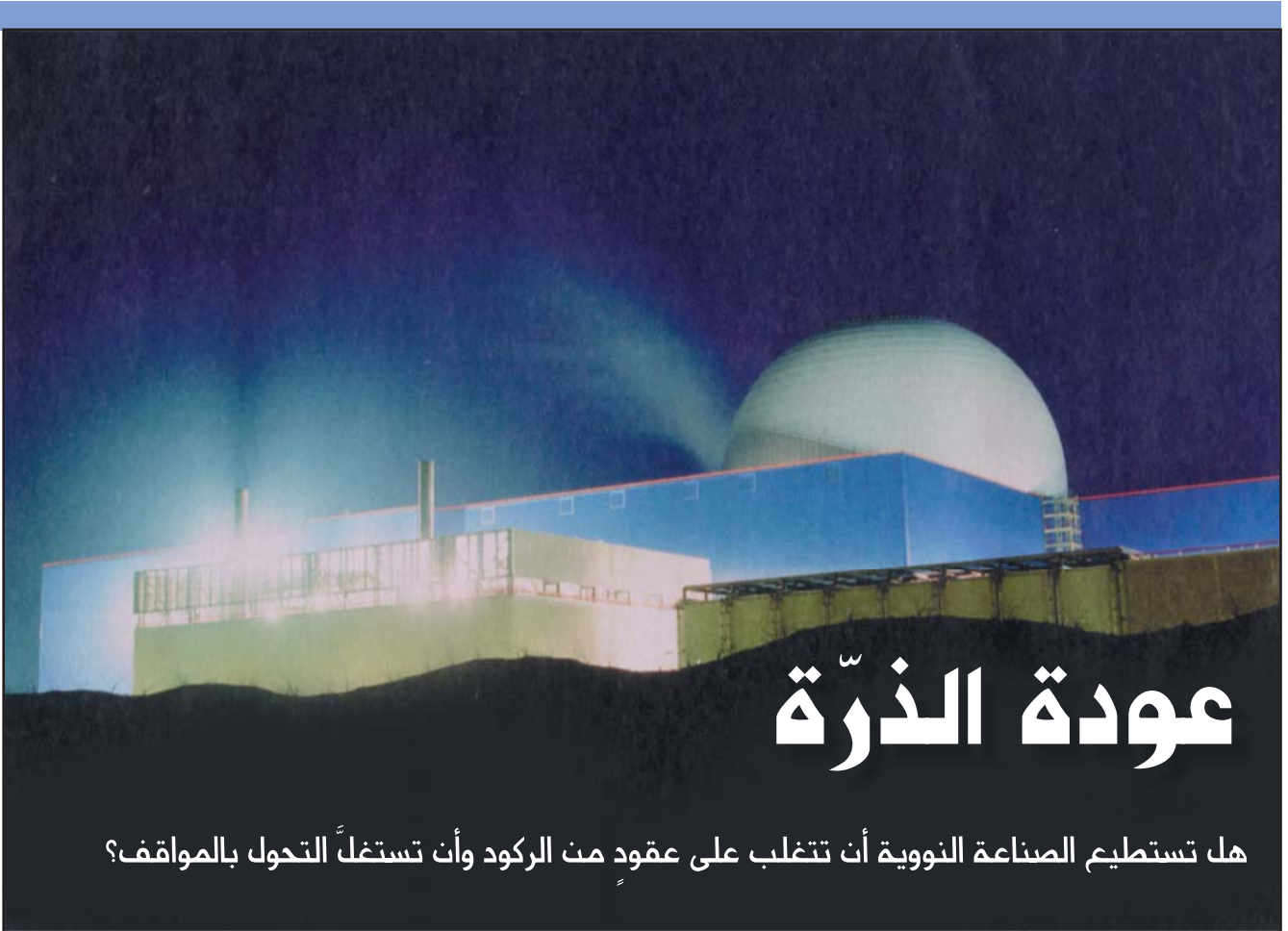
واحدة حسبما يستخدم على نطاق واسع في التجارب المغنطيسي النووي، يمكن أن تحسّن الوضع، لكن بالنهاية يحتاج المرء للتوصّل إلى التحكم الكافي بالسبينات النووية، وهذا ما أثبت بالنهاية أنه مشكلة لافتة للنظر بحد ذاتها.

وعندما يتم التغلب على مثل هذه الصعوبات، تخضع المرحلة لاختبارات أولية للوغارتمات الكمومية مع عدد قليل لكنه متزايد من كيوبتات السبين. ويكتمل بذلك صندوق عدّة الحوسبة الكمومية التي تعتمد على السبين والتي حان الوقت الآن لاستخدامها.

*نشر هذا الخبر في مجلة: Nature, 17 August 2006*

المزدوجة تكون أقل حساسية لمثل هذه العمليات من نقطة منفردة، فإن كوينز وزملاءه زاد من كبتها بزيادة حاجز طاقة القفز إلى الوراثة وذلك بتطبيق فلطية عالية بين سلبي التوصيل. فالكبت المباشر للحقل المهتز تمّ تحقيقه عبر تطبيق فلطية على أحد سلبي التوصيل الذي اهتز بنفس التواتر، ولكن بطور معاكس، بالمقارنة مع الحقل الكهربائي غير المرغوب به.

إن القدرة على تدوير سبين إلكتروني واحد في نقطة كمومية، بالاشتراك مع قارئة سبين وحيد، واقتران تبادلي منضبط بين السبينات تطرح تحديات وتساؤلات كثيرة. وأبرز ما في ذلك هو اقتران السبين الإلكتروني بالسبينات النووية المحيطة، مما يقلل من دقة دورنات السبينات. إن تسلسلات عدة نبضات لاحقة بدلاً من



## عودة الذرة

هل تستطيع الصناعة النووية أن تتغلب على عقود من الركود وأن تستغلّ التحول بالموافق؟

بلندن، حيث لخصت الكثير من الدول خطط توسّع ضخمة بالنسبة للطاقة النووية لديها. ومع ذلك، فبالرغم من الإعلان عن ولادة جديدة لهذه الصناعة، فإن الإثارة لطفتها مشاكل طرحتها القوة العاملة المسنة محذرة من نقص محتمل في موارد اليورانيوم ومخاوف حول الانتشار النووي.

"إنها تماثل العنقاء. فقد تمّ الإعلان عن وفاتها، ولكنها اليوم تنبعث من جديد". إنه التقييم المثير لحالة صناعة الطاقة النووية الذي ذكره تشارلز غودنايت C. Goodnight، وهو مستشار للطاقة يقيم في فيينا بولاية فيرجينيا. لقد ردّد صدى هذا الرأي المتفائل أغلب أعضاء الاتحاد النووي العالمي (WNA) في المنتدى الذي عقد مؤخراً

## "لقد كان هنالك تغير كبير حين أدرك السياسيون بأن التغير المناخي ليس وهماً لعلماء مجانيين".

وبالرغم من هموم كهذه، فقد أخذ يتضح بشكل متزايد أن معظم الدول حالياً تنظر إلى القدرة الكهربائية النووية كأفضل طريقة لتلبية احتياجات الطاقة المتزايدة بينما تكافح في الوقت ذاته التغير المناخي. وتعد روسيا إحدى الدول التي تقود هذا التغير كراس حربة. إذ يقول سيرجي كيرينكو وهو رئيس وكالة الطاقة الذرية الروسية الاتحادية: "إننا نحيا في خضم نهضة نووية". فقد أعلنت الدولة مؤخرًا عن خطط لإنشاء 18 مفاعلاً جديداً على الأقل بحلول عام 2020. وسوف تنضم إلى المحطات الروسية محطات أخرى في الولايات المتحدة، وأخرى في أماكن من أوروبا وآسيا (راجع المخطط المرفق).

وقد فاجأ حجم المشروع الروسي حتى أولئك المعنيين في هذه الصناعة. إذ إن عدد المحطات المقترحة يكاد يعادل ضعف ما توقعه (WNA) لروسيا في العام المنصرم فقط. وترى روسيا في القدرة الكهربائية حاجة حيوية لتطورها. ويقول كيرينكو Kirienko: "نحتاج إلى هذه المحطات لمواجهة حقيقة أن التنمية الاقتصادية والاستهلاك الكهربائي في روسيا وعلى امتداد العالم أكثر تسارعاً من المتوقع". وقد تساعد في ذلك الإجراءات التقليدية المقتصدة بالطاقة، كالأجهزة ووسائل المواصلات الأكثر كفاءة، ولكن الاستخدام الكلي للطاقة سوف يزايد وسوف تكون هناك حاجة لقيام موارد الطاقة البديلة بدم الهوة، حسب قوله.

ولا يعد الطلب المتزايد على الطاقة محط الجدل الوحيد بالنسبة للطاقة النووية. إذ ترى العديد من الدول حالياً أن الطاقة الكهربائية النووية تمثل تقانة "نظيفة" وذلك لأنها لا تصدر ثاني أكسيد الكربون، وبذلك تعتبر ميزة إضافية في وقت تناضل فيه الحكومات لتحقيق أهدافها في خفض انبعاثات غاز الدفيئة.

يقول روبرت ديفيس R. Davies، وهو مدير التسويق في أريفا (Areva)، وهي مؤسسة استشارية للطاقة النووية ومركزها في باريس بفرنسا: "لقد كان هنالك تغير كبير في الأشهر الـ 18 السابقة إذ لاحظ السياسيون بأن التغير المناخي لم يعد وهم علماء مجانيين - فهو الآن على عتبة الدار". "فعلى نحو مبالغت لم تعد القدرة الكهربائية النووية في مقام شيطان".

ولكن يقول ديفيس أن العامل الأكبر الذي يقف خلف السعي العالمي اللاهث وراء الطاقة النووية تمثل في أزمة الغاز خلال الشتاء الماضي، حين قامت روسيا بقطع (وقف) إمدادات الغاز إلى أوكرانيا. لقد كان ذلك بمثابة نداء صحو إلى العديد من الحكومات لإنهاء اعتمادها على النفط والغاز الأجنبي، ومن ثم الاستثمار في موارد مستقلة للطاقة. ويقول ديفيس "عندما أوقف بوتين الغاز، قدم لتعزيز القدرة النووية ما يفوق أي رسالة جديرة بالاعتبار حول مزايا أنواع الوقود النظيف. لقد كان هذا أفضل من أي إعلان يمكن أن ندفع

ثمنه". ولا نقصد بذلك أن الاندفاع باتجاه المزيد من الطاقة النووية سيكون أمراً سهلاً. فقد عبر الكثير من المتحدثين في المنتدى عن إحباطهم ومخاوفهم من أن هذا التغير بالمواقف ربما يكون قد حل متأخراً جداً. فعلى سبيل المثال، لن تصبح المفاعلات المخطط لها في المملكة المتحدة قيد التشغيل طيلة عقد آخر من الزمن، على حد قول روبرت هولوي R. Hawley، وهو رئيس شركة Berkeley Resources، للتقيب عن اليورانيوم مقرها في بيرث Perth بأستراليا، وفي الوقت ذاته، توجد محطات قائمة تقرر إغلاقها. وهو يقول: "إن الزيادات السنوية في الطاقة تعني أنه من المحتم أن يكون هناك سباق نحو الغاز في المملكة المتحدة". "وما يدعو للشفقة أن هذا الأمر لم يكن يُدرك في مراجعة حكومة المملكة المتحدة لموضوع الطاقة في العام 2003 مثلما جاء في مراجعة الطاقة للعام 2006".

ومع وجود أكثر من ثلاثين بلداً (تمثل مجتمعة ثلثي سكان العالم) أخذت تبدي اهتماماً مفاجئاً بالقدرة الكهربائية النووية، يكون من المقلق أن هذه الصناعة قد لا تتمكن من مجاراة الطلبات الجديدة من العمالة والمواد الخام. ويقول لودفيك ديفوس L. Devos من أريفا Areva: "لدة عشرين عاماً كان يطلب إلينا القيام بخفض النفقات - حتى أصبحنا كالبقرة الهزيلة. أما اليوم فيطلب إلينا أن نتحول بين ليلة وضحاها إلى بقرة سمينية - وذلك عبر التحرك وإنتاج المزيد"، ويتمثل السؤال الحقيقي في سرعة تقدم هذه النهضة، وهل ستكون تلك الصناعة قادرة على مواصلة التقدم؟

هناك قضية مهمة تخص ما إذا كان اليورانيوم يتوافر بما يكفي لتغذية التوسع المخطط. ويقول جيف كومبز Jeff Combs، رئيس إدارة شركة Ux الاستشارية الموجودة في روزويل Rosowell في ولاية جورجيا، وتختص بدورة الوقود النووي: "يوجد ما يكفي من اليورانيوم في الأرض، ولكن هل سيمكننا معرفة المطلوب منه بالسرعة الكافية ليتسنى لنا استخراجها؟".

إن احتياطات اليورانيوم المقدرة في الأجل المنظور وحتى العام 2030 يجب أن تكون كافية، بشرط أن يعطى الموردون إشعاراً كافياً لاستخراجه. فالأمر يستغرق حالياً حوالي عشر سنوات لإنشاء منجم تشغيلي بعد تحديد مصدر ما لليورانيوم. وهذا تقريبا يعادل ضعف الوقت الذي كان يستغرقه أثناء الاندفاع الكبيرة الأخيرة من أجل اليورانيوم في السبعينيات من القرن المنصرم، حين كانت الضوابط البيئية أقل صرامة.

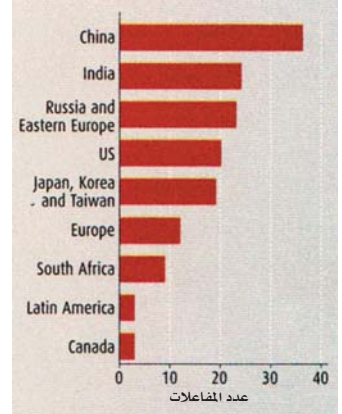
ومهما تكن المخاوف المتعلقة بإمدادات اليورانيوم، فإن أكبر المشاكل في الغرب سوف تتمثل في نقص الكوادر الماهرة التي ستدير المحطات المقترحة. لقد عنى الركود في الصناعة النووية خلال العقدين المنصرمين استئجار القلة من المقاولين الجدد، الأمر

"عندما أوقف بوتين الغاز عن أوكرانيا كان هذا الفعل أفضل

من أي إعلان يُدفع ثمنه"

## نهضة نووية

يتوقع تشغيل 168 مفاعلاً بحلول العام 2020



الذي خلق عمالة مسنّة في الموقع. ويقول غودنايت: "إنني في أوائل الأربعينيات من عمري، ولكنني عندما أזור المحطات الأوربية والأمريكية، أكون أحد الناس الصغار سنّاً". وعندما قامت شركته، التي تحمل اسم غودنايت الاستشارية Goodnight Consulting، بدراسة المحطات القائمة في الولايات المتحدة، وجدت أن ما يقارب 50% من العمالة توشك على التقاعد في غضون السنوات القليلة اللاحقة. ويقول غودنايت: "عندما يتقاعد هؤلاء العمال الذين ولدوا عقب الحرب العالمية الثانية، فسوف تعصف بنا مشكلة كبيرة على حين غرة".

أما مسألة من أين سنأتي بالمهندسين والكيميائيين وعلماء البيئة فهي أحجية، وخصوصاً بالنسبة للولايات المتحدة. ويقول ستيفن تريتش S. Tritch وهو رئيس إدارة شركة وستنغ هاوس الكهربائية في مونروفييل في ولاية بنسلفانيا: "إن عدد الأشخاص الذين يسعون لدرجات جامعية في الهندسة في الولايات المتحدة ليس كبيراً بالسوية التي كان عليها في السابق، وليس مرتفعاً مثلما كان في العادة". وحتى إذا استطعنا إيجاد المقاولين، فالتحدي سيظل قائماً بالنسبة للموظفين الكبار الحاليين فيما يخص تمرير خبراتهم إلى غيرهم قبل أن يتقاعدوا، حسب قول غودنايت. وباعتبار أنه سوف يكون هناك تنافس شديد من أجل الكادر المتمرس، فإن غودنايت قلقٌ لكُون المحطات الجديدة ستعري الموظفين الماهرين بمغادرة المحطات القديمة، تاركين إياها في حالة هشّة. ويقول غودنايت: "سيترك هذا الأمر المحطات الراهنة عرضة لأن تكون تشيرنوبل ثانية"، وذلك سيضع نهايةً لأي نهضة نووية".

نُشر هذا الخبر في مجلة: NewScientist, 16 September 2006

## فيزياء أنصاف النواقل

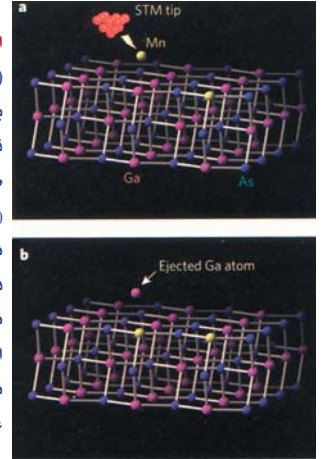
# مناولات مغنطيسية

تمة تقنية أنيقة تسمح بوضع الذرات المغنطيسية واحدة تلو الأخرى في بلورة نصف ناقلة. إنها خطوة أخرى باتجاه تحقيق هدف طموح يتمثل في الحصول على جذاذة (شبية) حاسوب قد تستطيع تخزين البيانات ومناولتها في آنٍ معاً.

تشكل أنصاف النواقل والمغانط الحديدية المغنطة (والأخيرة عبارة عن مواد، مثل الحديد، تصبح دائمة المغنطة عندما توضع في حقل مغنطيسي حتى بعد زوال هذا الحقل) العمود الفقري للكثير من تقانة المعلومات المعاصرة. يقوم هذان الصنفان من المواد بوظائف متباينة جداً: إذ تستخدم المعالجات المكونة من microprocessors نصف الناقل في الدارات المنطقية (وهي الجزء الحاسوبي الفعلي)، في حين تستخدم المغانط الحديدية المغنطة ل تخزين المعلومات والولوج إليها في الأقراص الصلبة. وتسمح هاتان الوسيلتان معاً بمعالجة كميات من البيانات لم يكن يتصور العقل كميتها منذ بضعة عقود خلت. وتهدف المقاربة البديلة لتقانة المعلومات المعروفة باسم سبينترونيات أنصاف النواقل إلى صهر حسنة فيزياء أنصاف النواقل مع حسنة المغنطيسية في إطار موحد. فيكون الهدف

بين يازداني Yazdani وزملاؤه (كيتشن Kitchen وزملاؤه)، كيف يمكن استخدام مجهر المسح النفقي لتجميع نصف ناقل مغنطيسي نرّة فذرّة. فكانت النتيجة مختبراً ذا مقياس نرّي، يسمح بالحصول على صورة واضحة غير مسبقة للطاقات الإلكترونية والتأثرات المغنطيسية في المادة المدروسة - وهي زرنخيد الغاليوم المطعم بالمنغنيز. ويؤكد المؤلفون بصورة قاطعة التنبؤات القائلة بأن التأثير الحديدي المغنطة ferromagnetic interaction بين أزواج من الذرات المغنطيسية يختلف باختلاف توجهاتها البلورية (أي حسب مواقعها النسبية في شبيكة نصف الناقل). ويؤشر هذا للمهندسين بطرائق جديدة، ومن الممكن أن يحسن السلوك المغنطيسي لأنصاف النواقل الحديدية المغنطة - مع ما فيها من تبعات مهمة كامنّة ستؤثر في حقل سبينترونيات أنصاف النواقل (spintronics) البازغ.





**الشكل 1: كيف نجتمع نصف ناقل مغنطيسي؟**  
 (a) فني منظومة يازداني وزملاؤه التجريبية يوضع رأس إبرة مجهر المسح النفقي STM قريبا من ذرة المنغنيز (Mn) الممتزة بصورة ضعيفة على سطح بلورة زرنخيد الغاليوم (GaAs) المطعمة بالمنغنيز. ويؤدي تطبيق نبضة جهد إلى دفع ذرة المنغنيز هذه إلى موقع في شبكة الغاليوم Ga بحيث تصدق ذرة Ga نحو السطح. (b) تكون النتيجة زوجاً من ذرتي المنغنيز المرتبطتين مع سبينهما في الاتجاه نفسه، مما يضيء خصائص حديدية المغنطة على نصف الناقل GaAs.

نرات المنغنيز المحلية سبينات "بحر" الثقوب المنتقلة المغمورة فيها. وتؤثر هذه الثقوب المستقطبة بدورها في توجهات سبينات ذرات المنغنيز لتخلق الحالة الحديدية المغنطة.

لكن السؤال المطروح، هل تتجول هذه الثقوب بحرية كما هو الحال في معدن حديدي المغنطة كالحديد؟ أم أنها عوضاً عن ذلك، تكون مقيدة لأسباب طاقة بحركة بليدة بطيئة في عصابة الشوائب؟ وما هي بالضبط البنية الإلكترونية المحققة لـ  $Ga_{1-x}Mn_xAs$  وكيف تساهم هذه البنية حقا في المغنطيسية الحديدية؟ فغالبا ما يغطي اضطراب وعيوب المغنطيسية الحديدية لـ  $Ga_{1-x}Mn_xAs$  الإشارات التجريبية فتعطل الحصول على أجوبة واضحة لهذه الأسئلة.

تتمثل إحدى طرق توضيح الطبيعة المجهرية لتأثرات  $Ga_{1-x}Mn_xAs$  في دراستها في النظام "الممدد" مغنطيسيا، حيث يكون تركيز المنغنيز منخفضاً والعيوب أقل ما يمكن. وإن أولى التجارب لاستنباط الحالات الإلكترونية المحلية في  $Ga_{1-x}Mn_xAs$  قد استخدمت المطيافية النفقية المسحية في بلورات أغشية رقيقة ممددة مغنطيسياً جرى تشطيرها كي تكشف سطحاً نظيفاً. غير أن محاولات توسيع هذه الدراسات لتشمل تأثيرات بين أزواج من ذرات المنغنيز على السطح المشطور واجهتها تقييدات ذاتية مرتبطة بالإعداد التجريبي، مثل زيادة عرض الإشارة التجريبية الناجم عن وجود ذرات منغنيز تحت سطحية.

ويسلك كيتشن وزملاؤه مقاربة مختلفة جداً. إذ يستخدمون مجس probe مجهر نفقي ماسح (STM) ليضعوا ذرات منغنيز في مواقع شبكية على سطح زرنخيد الغاليوم حسب رغبتهم، وذلك بدلاً من أن يأخذوا بلورة مجمعة assembled ذات توزع محدد من الذرات المغنطيسية. ويعد وجود أماكن ذرات المنغنيز قرب السطح أساسياً كي نحصل على إشارات تجريبية واضحة ناشئة عن التأثيرات بين الجوار. ومنذ أول إيضاح لإمكانية مناولة الذرة بمساعدة المجهر النفقي الماسح (STM) على السطوح، فقد نضجت هذه التقنية لتصبح أداة أنيقة في "ميكانيك الكم" التجريبي، معطية صوراً فيزيائية جميلة للخواص الشبيهة بالموجة للإلكترونات ضمن منظومات كمومية أنشئت صناعياً. وقد استعمل المجهر (STM) حديثاً للتحكم في تأثيرات مغنطيسية أساسية بين مجموعات معقدة من الذرات على سطوح وكذلك دراسة هذه التأثيرات. غير أن المعلومات المفيدة بخصوص التأثيرات المغنطيسية في أنصاف النواقل حديدية المغنطة مثل  $Ga_{1-x}Mn_xAs$  لا يمكن اكتسابها بمجرد وضع ذرات مغنطيسية على السطح، بل يجب تضمينها بصورة مناسبة في الشبكة البلورية لتحل مكان ذرات الغاليوم.

لقد أوضح كيتشن وزملاؤه إمكان فعل ذلك بتطبيق نبضات جهد عبر أسلة tip المجهر STM عند موقع ذرة منغنيز ممتزة امتزازاً ضعيفاً (الشكل 1). وتؤدي هذه العملية بصورة غامضة إلى لكز ذرة منغنيز لتحل محل ذرة غاليوم مطرودة من الشبكة. ويمكن استغلال هذه الظاهرة بصورة منهجية لوضع أزواج من ذرات المنغنيز في أمكنة محددة بدقة، بحيث يصبح بالإمكان قياس التأثيرات بينها بدلالة المسافة الفاصلة بينها وبدلالة مواقعها الهندسية النسبية في البلورة.

النهائي خلق هُجناء جدد من النبايط، مثل الشببات التي تدمج المنطق والتخزين. قد تصبح أنصاف النواقل المغنطيسية (كتلك التي يدرسها كيتشن kitchen وزملاؤه) التي تدمج ذرات مغنطيسية في نصف الناقل المناسب لبنات البناء لهذه التقانة.

لقد انطلق الاهتمام بزرنخيد الغاليوم المطعم بالمنغنيز (أي  $Ga_{1-x}Mn_xAs$  وفق التسمية التقنية المعيارية) لدى ظهور الاكتشاف في العام 1996 بأن هذه المادة تصبح حديدية المغنطة عند تراكيز معتدلة من ذرات المنغنيز (بمعنى قيمة لـ  $x$  أكبر من 0.015). ونشير هنا إلى أن مادة زرنخيد الغاليوم تتمتع بأهمية تقانية هائلة في إلكترونيات المستهلك، إذ تُستخدم، على سبيل المثال، في الليزرز العاملة في أجهزة DVD وفي إلكترونيات التواترات العالية لأجهزة الهواتف النقالة. وبهذا فقد غمر اكتشاف الخواص المغنطيسية الباحثين بالأمل في مكاملة المغنطيسية مع تقانة نصف الناقل الناضجة.

لسوء الحظ، مازالت التطبيقات التقانية لمادة  $Ga_{1-x}Mn_xAs$  مطمحاً بعيداً. إذ إن المغنطيسية الحديدية عالية الكلفة: فأقحام ذرات المنغنيز وفق التركيز المطلوب يسبب عيوباً عديدة في البنية البلورية مما يحط كثيراً من الخواص الإلكترونية لنصف الناقل. وفي مثل أنصاف النواقل هذه، يتم جريان التيار عن طريق حركة "الثقوب" التي تشير إلى غياب إلكترون تكافئي، يعادل حركة شحنة موجبة. ويكون المسار الحر الوسطي لثقب في  $Ga_{1-x}Mn_xAs$  الحديدية المغنطة بضعة أنغسترومات فقط في العادة.

مع ذلك، فإن حصول المغنطيسية الحديدية (التي تنشأ عندما تصطف السبينات الذرية لمادة ما في الاتجاه نفسه) عند تراكيز منخفضة من المنغنيز يثير أسئلة أساسية في فيزياء المادة الكثيفة. إذ تبين التجارب أن ذرات المنغنيز تكون "مقبلات acceptors" تلتقط إلكترونات وبذلك تساهم بثقوب في البنية البلورية. وتزداد درجة حرارة كوري (وهي درجة الحرارة التي يتوقف عندها اصطفااف سبينات الإلكترونات في الاتجاه نفسه ولا تعود المادة حديدية المغنطة إذا ما تم تجاوزها) بازدياد كثافة ذرات المنغنيز والثقوب كليهما في  $Ga_{1-x}Mn_xAs$ . وحسب وجهة النظر الرائجة، توجه سبينات

النواقل هذه. كما تبين قياسات أصحاب المقال أن الاقتران يختلف باختلاف التوضع الهندسي للذرات في شبكة البلورة، الأمر الذي يوحي للمهندسين بطرق جديدة لهندسة بلورة  $Ga_{1-x}Mn_xAs$  تمتلك تأثيرات مغناطيسية محسنة.

تذهب مضامين هذا العمل هذه إلى أبعد مما يخص المادة  $Ga_{1-x}Mn_xAs$ . إذ يمكن أن يتصور المرء مثلاً، تجارب مشابهة على مواد أخرى أكثر تحدياً مثل نتريد الغاليوم -المستعمل في الديودات المصدرة للضوء الأزرق (التي هي أساس تقانة أقراص التخزين القادمة) المبرقش بالمنغنيز. ومهما تكن الخطوة القادمة، يمكن لمناولة manipulation الذرات مناولة دقيقة كتلك التي حققها كيتشن وزملاؤه أن تكون حاسمة لحل مسائل بارزة في سبينترونيات أنصاف النواقل.

نُشر هذا الخبر في مجلة: Nature, 27 July 2006

تتأتى أدلة التأثيرات بين ذرات المنغنيز من ملاحظة الانشطار الطاقى في الحالات الإلكترونية لأزواج الذرات. فإذا كان سبينا الذرتين متوجهين توجهاً حديدي المغنطة (أي، يأخذان الاتجاه نفسه) فإن قواعد ميكانيك الكم ستسمح للحالتين القاعديتين لكل ذرة مفردة من ذرتي المنظومة بالاقتران لتشكيل حالتين، واحدة "رابطة bonding" والأخرى "ضد رابطة antibonding" تتصفان بطاقتين مختلفتين. ويخبرنا مبدأ الاستبعاد لباولي بإمكان ملء كل حالة بثقب واحد فقط. لذلك، يزدون مقدار الانشطار الطاقى بقياس مباشر لدرجة التأثير بين ذرتين مما يقود إلى حالة قاعدية حديدية المغنطة - وكلما كان التفاعل أشد كان الانشطار أكبر. ويزودنا كيتشن وزملاؤه بأدلة تجريبية واضحة لافتة للنظر عن الاقتران الحديدي المغنطة بين أزواج من ذرات منغنيز حتى عندما لا يوجد إمداد من الثقوب أت من باقى بنية  $Ga_{1-x}Mn_xAs$ . ويدفعنا ذلك إلى إعادة النظر في نشوء المغناطيسية الحديدية في أنصاف



## إلى أي حد ينبغي لنا أن نفرم من البولونيوم؟

إنه عالي النشاط الإشعاعي، ومميت في حال تم استنشاقه أو ابتلاعه، وقد يبدو كسلاح إرهابي مفضل.

التحقيق حالياً الخدمات الأمنية في المملكة المتحدة وروسيا وحتى مكتب التحقيقات الفيدرالي الأميركي.

وقد أدى الفزع والتعطيل اللذين سببتهما رشّة dash من البولونيوم (قد تكون أقل من 1 ميكروغرام) إلى إثارة مخاوف احتمالية من أن يصبح البولونيوم-210 أحدث خيارات الأسلحة لدى القتل والإرهابيين.

بيد أن نظرة فاحصة لهذا العنصر ذو النشاط الإشعاعي العالي قد تُظهر أنه كسلاح دمار شامل يُعدُّ أقل درجة من أي سلاح دمار شامل آخر. فمن ناحية أولى، ليس من السهل الحصول على البولونيوم-210. ويقتصر استخدامه الروتيني في هذه الأيام على نباتات التآين التجارية

لقد تركت وفاة الجاسوس الروسي السابق ألكساندر ليتفينينكو Alexander Litvinenko -جراً التسمم بالبولونيوم- دُرباً إشعاعياً يمتد من لندن إلى موسكو.

فقد تم العثور على آثار لهذا العنصر في عشر مناطق بالمملكة المتحدة، كما جرى اعتراض إحدى طائرات الركاب التي كانت تطير بين المدينتين وإنزالها إلى الأرض، وفي الوقت ذاته تجري معالجة شخص إيطالي -كان قد تناول العشاء مع ليتفينينكو- من التسمم الإشعاعي. هذا، وقد قام ما يقارب 3000 شخص بالاتصال هاتفياً مع مصلحة NHS، وهو الهاتف المباشر للخدمات الصحية في المملكة المتحدة، قلقين من أنهم قد يكونوا ابتلعوا بولونيوم. ويتضمن

وفي حين يُعدُّ البولونيوم-210 مشعاً أكثر من غيره، فإن عمر النصف القصير الخاص به يعني أن أيّ تلوث حتى لو كان خطيراً أو مقلقاً، سوف يكون محدوداً. إن إصابة عدد ضخم من الأشخاص باستنشاق البولونيوم-210 عبر نفحة من القنبلة القذرة لن تكون أمراً سهلاً. يقول تانينبوم: "إن المقطع العرضي لأنف شخص ما في مقابل سطح الجلد أو سطح بناء يُعدُّ صغيراً جداً، فإذا أصاب الإشعاع تلك السطوح لن يكون الاستنشاق مشكلة بل المشكلة في لعق تلك السطوح". ويذكر فيتز أنه لم يرَ أبداً تقديراً رسمياً لخطورة Po-210، ولكنه على شاكلة الآخرين الذين يتداولون هذه القضايا لا يعتبر الأسلحة الإشعاعية مواد قاتلة على مقياس 11/9. إذ يقول: "من الصعب نسبياً قتل الناس بالنشاط الإشعاعي. حيث يعتبر الإرهاب بالأسلحة البيولوجية أمراً أسوأ احتمالاً".

## حقائق حول البولونيوم اكتشافه

- لقد كان البولونيوم من العناصر الأولى التي تم اكتشافها على يد ماري وبيير كوري في العام 1898.
- تمّة حوالي 25 نظيراً للبولونيوم معروفة لدينا. ومنها Po-208، و Po-209، و Po-210 وهي تمتلك أعمار نصف الأكثر أهمية وتضمحل من خلال إصدار جسيمات ألفا. ويصدر مليّ غرام واحد من Po-210 ما يوازي 5 مليّ غرامات من الراديوم-226.

## وجوده في الطبيعة

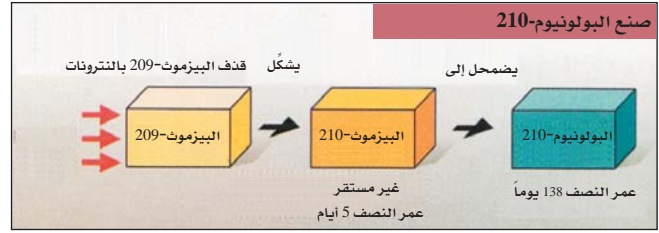
- يُعدُّ البولونيوم-210 أكثر النظائر وفرةً، وهو يتشكّل أثناء اضمحلال اليورانيوم-238.
- تحتوي خامات اليورانيوم فقط على مليّ غرام واحد من Po-210 في كل طن من الفلز.

## دوره في الصناعة

- يمكن أن يتم تصنيع Po-210 في مفاعل نووي عن طريق رجم (أو قذف) ذرّة bismuth-209 بالنترونات. وهو يُستخدم في الأجهزة المصمّمة لإزالة الكهرباء الساكنة. وتسبب جسيمات ألفا من البولونيوم تأين الهواء، وتقوم الأيونات بتعديل أي كهرباء ساكنة على السطوح التي لها اتصال مع الهواء.

## دوره في البيئة

- يوجد Po-210 في التربة بتركيز تبلغ حوالي 1 من تريليون كوري لكل غرام. ونظراً لكون Po-210 ينتج عن طريق اضمحلال غاز الرادون-222، فمن الممكن وجود Po-210 في الهواء. ويمكن أن يستقر على أوراق نبات التبغ، لذلك يمكن أن يكون لدى المدخنين مستويات أعلى من Po-210 في رئاتهم مقارنة بغير المدخنين.



لإزالة تشويش الاتصالات. وتتم تعبئة وختم البولونيوم بإحكام في هذه الأدوات ضمن كبسولات مكروية خزفية لا يُحتمل أن تتلصق في الجسم في حال ابتلاعها. كما أن أي محاولة لشراء عدة آلاف من هذه النبائط ستجذب بالتأكيد انتباه الوكالات الحكومية الأمنية.

يقول ستيف فيتز S. Fetter (من جامعة ماريلاند في كوليج بارك)، الذي أجرى أبحاثاً حول تهديد الإرهاب الإشعاعي لحكومة الولايات المتحدة: "أعتقد أنك إذا أردت أن تشرع فعلاً في هذا العمل، فإنك يجب أن تستخدم مفاعلاً نووياً لإنتاج البولونيوم-210 الطازج".

ويوافقه الرأي بين تانينبوم B. Tannenbaum، وهو عالم فيزياء نووية في الاتحاد الأمريكي للتقدم العلمي، إذ يقول: "إنه ليس بالأمر الذي ستكون فيه منظمة إرهابية عشوائية قادرة على فعله، إذ لا بد أن تتكفله الدولة".

وبلا شك، فإن البولونيوم-210 يُعدُّ سلاحاً مميتاً للغاية، حسبما توضح وفاة ليتفينينكو المخيفة. ففي حال تم استنشاقه أو ابتلاعه، يكون الضرر الذي يسببه إشعاع ألفا الصادر عنه شديداً. ونظراً لكون Po-215 يتميز بعمر نصف لا يتجاوز 138 يوماً، فإنه يبث إشعاعاته بسرعة فائقة. كما أن البولونيوم-210 سهل النقل: إذ إن فلماً رقيقاً من سائل أو قماش أو حتى مجرد طبقة من الخلايا الميتة على سطح جلد شخص ما يمكن أن تشكل درعاً فعالاً من أشعة ألفا التي يصدرها، وذلك لأن جسيمات ألفا تتفاعل بشكل قوي مع المادة. وهذا ما يجعل من السهل نسبياً نقل كميات خطيرة من البولونيوم-210 عبر المطارات أو عبر الحدود دون أن يتم كشفها - فالغرام الواحد من البولونيوم يحتوي أكثر من مليون جرعة قاتلة.

ورغم ذلك، لا يُعدُّ البولوتونيوم-210 خياراً مثالياً كمادة لإفشاء موت شامل. فتمّة عناصر إشعاعية أخرى هي أيسر استحواذاً لصنع القنابل القذرة dirty bombs. فعلى سبيل المثال، يُستخدم الأميريسيوم-241 بشكل أوسع، وهو مادة مصدرة أيضاً لأشعة ألفا ذات عمر نصف يبلغ 432 سنة، في مكاشيف الدخان ومجسات آبار النفط. فإذا قمت بتفجير 3 غرامات فقط مع نصف كيلو من مادة TNT، فإن حوالي 1% من الناس القاطنين في بناء أو اثنين ضمن منطقة الانفجار سيموتون بالسرطان كنتيجة لذلك، كما لا بد وأن تُهدم المباني الملوثة ضمن منطقة تساقط الغبار وذلك على امتداد 60 بناءً. لقد طالب بذلك هنري كيلي H. Kelly، وهو رئيس اتحاد العلماء الأمريكيين، حين ناقش في العام 2002 سيناريوهات "القنبلة القذرة" في جلسة لمجلس الشيوخ الأمريكي.

نشر هذا الخبر في مجلة: NewScientist, 9 December 2006



الافتتاحية  
سيناريو العمل المعتاد  
السيناريو المستدام  
السيناريو غير المستدام  
الخاتمة

## هذا العدد الخاص عن سورية في صيف العام 2006

### الافتتاحية

أهلاً بكم إلى صحيفة ميديتات الإخبارية المتخصصة ذات الصبغة الاختيارية حول إدارة مياه البحر المتوسط. ففي هذا العدد تُعرض جامعة Cranfield University، باعتبارها المنسق المسؤول عن صفقة العمل الثنائية (Package 2) لمشروع المديتات، نتائج ورشة "الرؤية المستقبلية حول المياه" التي انعقدت في هيئة الطاقة الذرية السورية بدمشق يومي 21 و 22 حزيران/يونيو 2005.

إن مديتات Meditate التي هي مختصر عنوان "التنمية المتوسطة لتقانات الابتكار المسؤولة عن الإدارة المتكاملة للمياه Mediterranean Development of Innovation Technologies for Integrated Water Management" تمثل مشروعاً بحثياً لمدة ثلاث سنوات بتمويل من المفوضية الأوروبية، ويهدف إلى تنمية منظومة دعم الإدارة المائية على مستوى استجماع catchment مياه البحر المتوسط. ويدرس الفريق الاجتماعي الاقتصادي للمديتات (في الصفقة الثانية Package 2) مواضيع الإشراف على إجراءات سياسة حفظ المياه والعادات والسلوكيات المتبعة لذلك. وقد نظمت ونفذت كل منطقة من مناطق دراسة الحالة هذه عملاً تصورياً مائياً عن مشاركات المعنيين (أصحاب المصلحة) من سياسيين وعلماء ومنظمات غير حكومية ومحترفين في قطاعات الزراعة والسياحة والصناعة وغيرهم.

ولقد تمثلت أهداف ورشة الرؤية المستقبلية المائية السورية هذه فيما يلي:

- 1- توصيف المسارات المنشودة والمتوقعة لاستغلال المياه في القطاع الأهلي والصناعي والزراعي والبيئي حتى العام 2025.
  - 2- تحديد التغيرات التنظيمية والسياسية والاقتصادية والاجتماعية التي يمكن أن تسهل أو تعيق إنجاز كل رؤية مستقبلية مائية.
  - 3- رسم سيناريوهات الرؤية المستقبلية المائية التي تفيد كأساس في منظومة دعم إدارة المياه. ونشير هنا إلى أن أربع ورشات عمل من هذا القبيل كانت قد أُقيمت في 5 و 6 من شهر أيار/مايو للعام 2006 في خليج أكيكا Akyaka بتركيا، وفي 17 و 18 من شهر أيار/مايو للعام ذاته في الجامعة الأردنية، وفي 9 و 10 من شهر حزيران/يونيو في جامعة نوتردام اللبنانية، وفي 20 و 21 من حزيران/يونيو ذاته في هيئة الطاقة الذرية السورية.
- لقد صمّم المعنيون في اليوم الأول من هذه الورشة في هيئة الطاقة الذرية السورية "رؤية مستقبلية نشطة" عبر الإجابة عن السؤال التالي: ما نوع المجتمع الذي ستحب أن تعيش فيه بحلول العام 2025؟ لقد ركز المعنيون الحاضرون على القطاعات التالية التي سبق لهم أن حدّوها أثناء الورشة باعتبارها ذات التأثير الأهم على إدارة المصادر المائية وهي: علم السكان (الديموغرافيا) والسياحة والزراعة والبيئة والصناعة.

عدد خاص اختياري يتعلق بمياه البحر المتوسط تحت عنوان  
مديتات  
ورشات رؤية مستقبلية حول المياه

وفي اليوم الثاني نَقَّحَ المعنيون الحضور ثلاثة سيناريوهات من خلال تحديد الكيفية التي يمكن أن تتغير حسبها بعض المؤشرات indicators الرئيسية مع الزمن وتحديد تأثيراتها المحتملة على مصادر المياه. ونشير إلى أن السيناريو الأول الذي يتمثل في "العمل حسب المعتاد business as usual" يعني ضمناً الاحتفاظ باتجاهات التغيير الحالية إلى الجيل القادم. أما السيناريوهان الثاني والثالث فإنهما يمثلان معلمين أحدهما متشائم والثاني متفائل. إنهما يصفان ما هو ملمح جيد أو ملمح سيء فيما يخص القطاعات المشار إليها أعلاه، وقد أثاراً، برغم الصعوبة، نقاشات مهمة!

ويجدر بالذكر أن السيناريوهات المعروضة هنا من الورشة السورية قد بُنيت على معلومات ونقاشات أثارها 27 معنياً بهذا الأمر من محافظة طرطوس ومن هيئة الطاقة الذرية السورية (AECS) بما في ذلك خبراء في قطاع المياه والزراعة، وفي قطاع الصناعة، وفي قطاع التخطيط والمنظمات غير الحكومية.

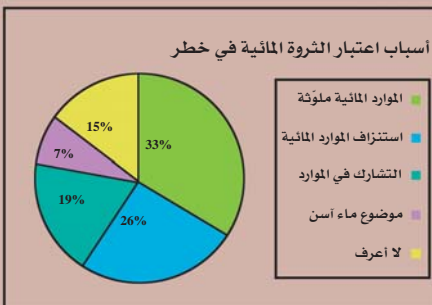
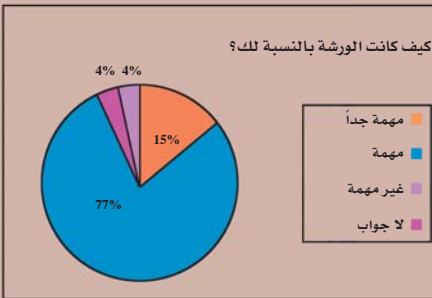
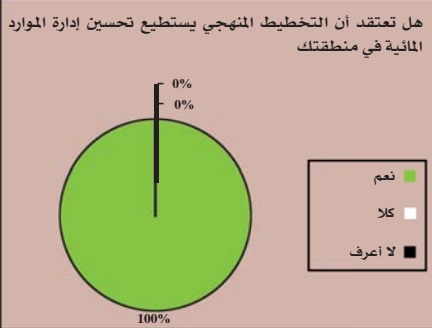
### سيناريو العمل حسب المعتاد Business as usual scenario

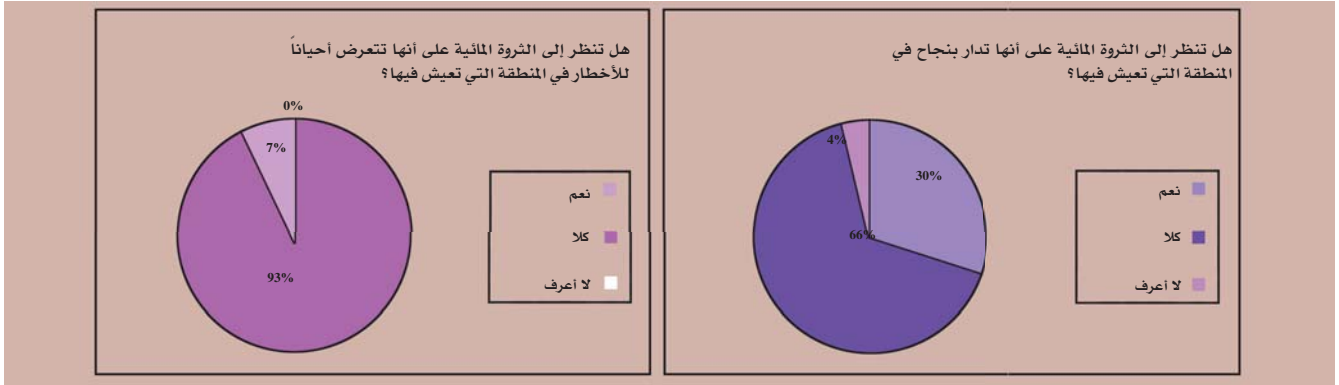
يفترض سيناريو العمل حسب المعتاد أنه ما من تغيير رئيسي سيفرض تأثيره في المستقبل، إذ يسلك الناس بأسلوب متساوق مع مرور الزمن وتظل الاتجاهات الاقتصادية الإقليمية المستقبلية على حالها.

وفي ظل هذا السيناريو سيكون للبعد الديموغرافي بمجمله تأثير معتدل أو ربما إيجابي على الموارد المائية. فسيستمر التمُدُّن urbanization مدفوعاً بالتوظيف والتطوير الصناعي في المنطقة الساحلية. ولكن، لما كانت البنى التحتية الشعبية لا تستطيع مواكبة التركيز السكاني العالي في المدن والضواحي فإن هذا التمُدُّن أخذ بالتباطؤ من خلال رغبة القرويين بالمكوث في قراهم. ويُشار في هذا الصدد إلى أن جميع البيوت الجديدة غدت موصولة بإمدادات المياه وبشبكة الصرف الصحي، مما يقلل من ضياعات المياه وتسريبات المياه الآسنة wastewater. ويستمر النمو السكاني ثابتاً بفضل الهجرة المحدودة والتشجيع الحكومي المخطط باتجاه العائلة الصغيرة القُدَّ. ولا يخفى أن نمو الاحتياجات المائية سيتناقص تبعاً لتناقص النمو السكاني وزيادة الوعي بندرة المياه من خلال الحملات التعليمية. فالتعليم الأساسي يحتوي على وعي بيئي ويصل إلى أفقر السكان.

هذا وسوف تنتشر في العقدين القادمين الزراعة التقليدية والبيوت البلاستيكية، الأمر الذي يسيء إلى موقف الاحتياجات المائية والتلوث بمبيدات الهوام والأسمدة والمهرمونات النباتية. فتقنيات الري الفعال بالمياه يزداد استخدامها، مما يساعد في تحسين فعالية الاستخدامات المائية والإنتاجية الزراعية. كما أن الأنشطة المكثفة للدواب سوف تسهم في تقليل المتطلبات المائية وفي تلوث المنابع المائية عن طريق تحسين مقدرة حجز الماء. ولكن بالرغم من أن تحديث طرائق الري يقلل ببطء من الاحتياجات المائية فإن التأثير المهيمن للفلاحة التقليدية والبيوت البلاستيكية، وعلى الأخص الإفراط باستخدام الكيماويات وضعف الإدارة المائية أخذ يؤثر سلباً على الموارد المائية. ونشير إلى أن السياحة ذات إمكانات ضخمة في طرطوس وبانياس، ويتوقع للصناعة السياحية أن تنمو بشكل أسرع في السنوات العشرين القادمة، إذ إن العدد الإجمالي للسياح في تصاعد. وعلى الرغم من أن وعي ممارسات الاقتصاد بالماء يعدل من الاستهلاك المائي محلياً، فإن الأنشطة المائية تزيد الطلب على الماء في هذه المنطقة وتسبب نزوة في الطلب تُجهد المورد المائي في فصل الصيف.

أما الصناعة فإنها تشمل مصانع الإسمنت ومصافي البترول ومحطات القدرة الحرارية والصناعات الزراعية. ومن المتوقع في ظل الإدارة الحديثة أن تزداد النسبة





المؤوية للمعامل التي تستخدم تقانات إعادة التدوير recycling وتطبيق إجراءات إدارة الجودة. ولكن على الرغم من بعض النزوع المشجّع للحدّ من التأثيرات البيئية قدر الإمكان فإن الصناعات الرئيسية في منطقة طرطوس-بانياس الساحلية ستواصل متطلباتها المائية الكبيرة وتلوّثها الهواء والمياه والبحر. وإلى جانب الصناعات الكبيرة ستشهد هذه المنطقة انتعاش حرفها اليدوية handcraft التي يؤمل ظاهرياً أن تكون فعاليات أكثر صداقة للبيئة وأقل احتياجاً للماء وغير ملوثة فلا تُجهد الموارد المائية للبلاد.

هذا وإن أغلب المشاركين يتوقعون انكماش القطاع الحراجي في البلاد، ولكن الجميع يعتقدون أن ذلك لن يجهد المورد المائي. فالحدايق الوطنية سوف تزيد بالقدر الكافي في مستوى المساحة السطحية وتكون ذات وقع إيجابي على إعادة تعبئة الحوض المائي. وفي الختام فإن الصورة الإجمالية للموقف المائي يمكن أن تكون إيجابية نوعاً ما في حال ضبط الكثافة السكانية وتغيير تقانات الري، ولكن يبقى تهديد التوسع السياحي قائماً.

## السيناريو المستدام المحتمل

يستند السيناريو المستدام المحتمل إلى الرغبة في زيادة التنمية الاقتصادية إلى الحد الأقصى وتقليل الوقع البيئي إلى الحد الأدنى والحدّ من الضغط على الموارد المائية، الأمر الذي يعني ما يُطلق عليه مصطلح "النمو الاقتصادي المتكامل integrated economical growth".

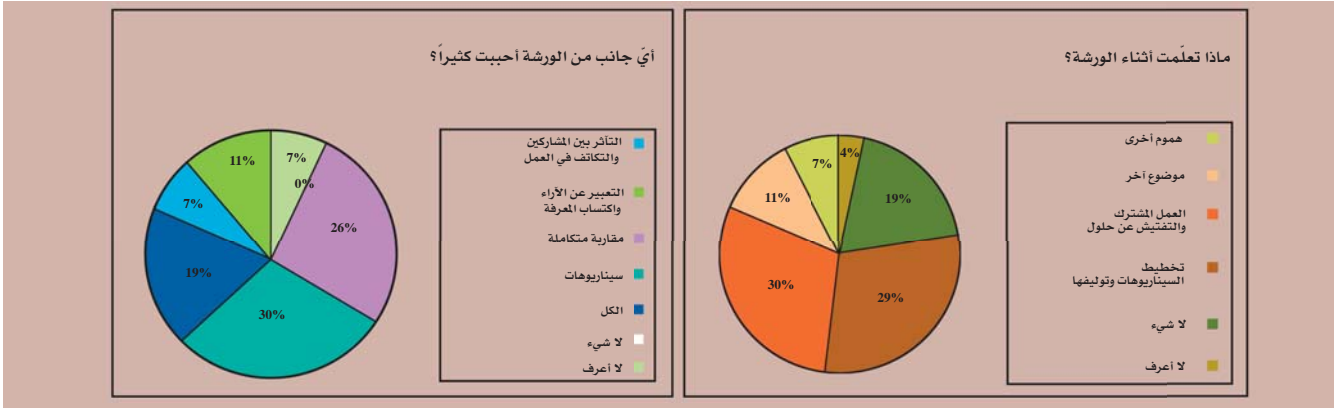
سيكون للتغيرات في البنية السكانية (الديموغرافية) وقع إيجابي على الموارد المائية. فالتحصّر urbanization محدود والتوزّع السكاني بين المدن والمناطق الريفية متوازن. ويستقرّ النمو السكاني بفضل الهجرة المحدودة وتشجيع الحكومة المدرّس للأسر الصغيرة القُدّ بحيث تضم العائلة ما بين طفلين إلى ثلاثة. أما التنفيذ الواعي لتخطيط الأراضي فإنه يتوجّه إلى ربط جميع المنازل بمجارير التصريف وتقليل معدل الرشح المائي إلى حدّ كبير. ويضاف إلى ذلك، وعي متصاعد بشحّ المياه وذلك عبر حملات التوعية. ويشار بالمناسبة إلى موضوع تكليف الأطفال بالعمل في الجماعات السكانية الفقيرة، الأمر الذي يُخطّط لإيقافه بحلول العام 2025. ولقد بدأ هذا الوعي يمارس دوراً مهماً فيما يخص الاستهلاك اليومي للماء بحيث يتوقع انخفاض الضغط على المياه بالتوازي مع النمو السكاني وسلوكيات التوفير المائي وإقامة البنى التحتية المناسبة.

هذا وسيسمح تحديث الممارسات الزراعية بتخفيض عامّ في المساحات المزروعة التي تتضمن الاستنبت المروي والبيوت البلاستيكية مع الحفاظ على الإنتاج المناسب. سيكون هناك تعميم لتقنيات الري المقتصد بالمياه. ومن شأن تأثير زيادة أعداد المواشي أن يحسّن مقدرة التربة على الاحتفاظ بالماء water holding من خلال استخدام روثها. ويشار هنا إلى أن الاستخدامات العضوية ستكون أكثر شيوعاً من الكيماويات والممارسات الهرمونية النباتية. وبالإجمال، فإن التعاطي الكيفي والكمّي مع المياه أخذ يتأثر إيجابياً بالزراعة السورية الحديثة.

وإذا ما استعرضنا تنمية الصناعة السياحية نجدها تتناول الأجنب والسياح المحليين كليهما. ومن مظاهرها زيادة عدد الفنادق ذات النبائط المقتصدة بالماء، وسعي السياح الذين تطول إقامتهم في المنطقة الساحلية سلوكيات التوفير المائي ولكن الفنادق القائمة لن تغير البنى التحتية التي تتطلب كميات كبيرة من الماء للسائح الواحد.

وأما قطاع الصناعة فسيظلّ يحتل البعد الوطني نفسه وبقي عدد المصانع على حاله. ولكن إعادة التدوير المائي water recycling وتقانات التوفير المائي ستغدو ممارسات شائعة. وهذان أمران يقللان المتطلب المائي للصناعة والعوز المائي للوحدة السلعية المنتجة. وعادة ما تطبّق الشركات إجراءات إدارة الجودة. ونذكر بالمناسبة أن التنمية السياحية تصاحبها إعادة ولادة للحرف اليدوية التي توفر فرص عمل وسلعاً ذات تأثيرات بيئية مجترنة قليلة. ولما كانت البيئة ذخيرة مهمّة لتحسين الشروط المعاشية والسياحة الخضراء (النظيفة)، فإن مزيداً من الحدايق الوطنية أخذت تتأسس وتوسّع الغطاء الحراجي بشكل عام. كما بدأت تتحسن جودة المعطى المائي. وتعدّ الصورة الإجمالية





للمتطلبات المائية في المنطقة الشاطئية من طرطوس إلى بانياس في منظور فرضية السيناريو المستدام المحتمل هذا بحلول 2025 صورة مشجعة نوعاً ما فيما يخص إدارة الاحتياجات المائية water demand management والشروط المعاشية معاً.

### السيناريو المحتمل غير المستدام Potential unsustainable scenario

ينطلق السيناريو المحتمل غير المستدام من الرغبة في زيادة الدخل الاقتصادي بغض النظر عن تأثيرات ذلك على الموارد الطبيعية والبيئية. فلا تتحكم الحكومة بتخطيط المدن وإصلاح الأراضي والمناطق الحديثة البناء. ولا تلبي مياه الشرب وشبكة التوزيع المائي ومنظومات المجاري حاجات الانفجار السكاني الذي يتموضع بشكل رئيس في المناطق حول المدن، فالريف تتوسع بلداته ببطء والمناطق الجبلية أخذاً بالخلو من السكان. والسكان يتزايدون بشكل مثير، إذ تضم الأسرة ستة أطفال وما يزيد. وبحلول العام 2025 لن يتغير الوعي بشح المياه. وهذا كله ستكون وطأته شديدة على الثروة المائية. سيكون على الزراعة أن تُطعم المزيد من الناس، ولكن باستخدام طرائق الفلاحة القديمة واعتماد الأسمدة الكيماوية. ستزداد مساحة المسطحات المزروعة (وبخاصة المسطحات المروية ومناطق البيوت البلاستيكية) التي تستخدم الكثير من المياه والكيماويات. لن يكون هناك استخدام مهم لنبائط الري المقتصدة بالماء مثل منظومات التنقيط dripping. سيقل نسبياً عدد المواشي لكل حقل مزروع وستتناقص مقدرة حفظ الماء في التربة. سينخفض المردود المائي، وسيكون للاحتياجات المائية بسبب الممارسات الزراعية وقع سلبي جداً على الموارد المائية الإجمالية. ستتحول المنطقة الشاطئية من طرطوس إلى بانياس إلى منتجع سياحي إسمنتي لسياح أجانب لا يعون شح المياه وهدره. سيزداد عدد الفنادق ولا سيما فنادق الدرجة الأولى التي تتطلب كميات كبيرة من الماء لإرضاء السياح الأجانب وستطول الإقامة في الفنادق.

أما قطاع الصناعة فلن يتغير، بل سيتقدم ولا تقل فيه حوادث التلوث. لن تكون هناك حوافز مالية أو سياسية للمصانع تجعلها تستخدم تقانات إعادة تدوير المياه، وبالتالي فإن المردود المائي لن يتغير وستغيب عملية إدارة الجودة quality management، ولن تقوم معالجة لمخزونات المياه الآسنة، كما لن تكون هناك تنمية للحرف اليدوية. ومثلما أن قطاع الصناعة يُعدّ مستهلكاً رئيساً للماء، فإنه كذلك مصدر مهم للتلوث. فلن تحظى الحدائق الوطنية بالرعاية وستشرب الحرائق تلو الحرائق في الغابات وتأتي على المنظومة البيئية المحلية. ستتلوث المسيلات المائية وسيقل التنظيف الطبيعي للمنظومة البيئية بسبب انكماش الغطاء الحرجي.

### الخاتمة

يلقي سيناريو العمل المعتاد الضوء على تدهور الموارد المائية الذي يمكن إصلاحه بالتحديث وزيادة الوعي البيئي. أما السيناريو المستدام المحتمل فإنه يلقي الضوء على الحاجة إلى تغييرات مهمة في المواقف لغرض التنسيق في الأبعاد الاقتصادية والسياسية والبيئية. وحسبما توضح المخططات الواردة في هذه الرسالة الإخبارية فإن المشاركين يعون هشاشة الثروة المائية في البلاد واطهروا من جانبهم رغبة حقيقية في تشارك الآراء.

إن تنظيم مثل هذه الورشة ليس بالأمر السهل، ولا سيما حين تكون المرة الأولى في تنفيذ انعقادها. ولكن الفريق المشارك من هيئة الطاقة الذرية السورية AECS والمعنيين من أصحاب المصلحة أظهروا التزاماً عظيماً. وإنني، بالنيابة عن المديتات، أرغب في تجديد شكرنا لجميع المشاركين والمنظمين لهذه الورشة.

نُشر هذا الخبر في نشرة: Meditate

# النيبتونيوم



الرمز:	Np
العدد الذري: (عدد البروتونات في النواة)	93
الوزن الذري: (لا يوجد طبيعياً)	152

## ماهيته

النيبتونيوم معدن سحوب ductile ذو لون فضي وتبلغ كثافته حوالي ضعفي كثافة الرصاص. وهو لا يوجد بشكل طبيعي ولكنه يُنتج صناعياً عن طريق تفاعلات الأسر الإلكترونية بواسطة اليورانيوم. ويوجد 17 نظيراً معروفاً للنيبتونيوم، جميعها نشيطة إشعاعياً. (النظائر هي أشكال

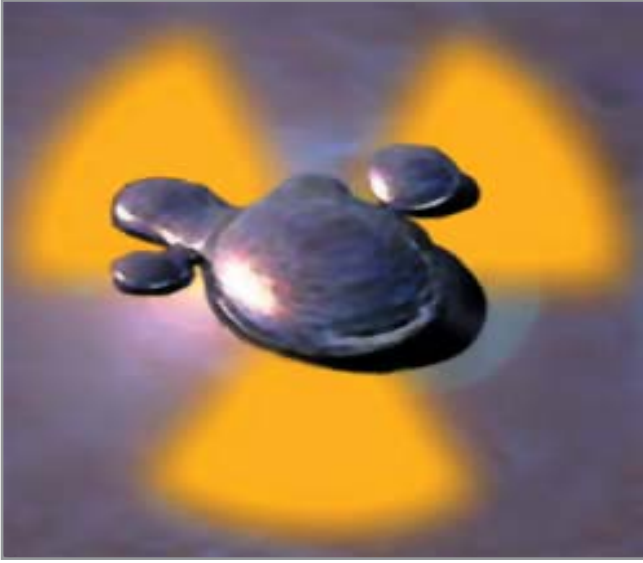
مختلفة للعنصر تمتلك عدد البروتونات نفسه في النواة ولكن لها عدد مختلف من النيوترونات). أما أول نظير للنيبتونيوم تم تعرّفه فهو نيبتونيوم-239، الذي يمتلك عمر نصف يقدر بـ 2.4 يوم. وقد تم إنتاج هذا النظير بدايةً في العام 1940 في سيكلوترون بجامعة كاليفورنيا في بيركلي Berkeley عن طريق قذف اليورانيوم-238 بـ نيوترونات عالية الطاقة. ولقد كان النيبتونيوم أول عناصر ما بعد اليورانيوم التي تشكلت، وسُمي بهذا الاسم هذا تيمناً بالكوكب نبتون.

وهناك ثلاثة فقط من نظائر النيبتونيوم السبعة عشر تمتلك أعمار نصف طويلة بما يكفي لتبرير قلق مواقع الإدارة البيئية لوزارة الطاقة (DOE) في الولايات المتحدة،

الخواص الإشعاعية لنظائر النيبتونيوم الأساسية والنكليدات المشعة المرتبطة بها.						
النظير	عمر النصف (yr)	النشاط النوعي (Ci/g)	نمط الاضمحلال	طاقة الإشعاع (MeV)		
				ألفا	بيتا	غاما
Np-235	1.1	1.400	EC	<	0.010	0.0071
Np-236	120.000	0.013	β, EC	-	0.21	0.14
Pu-236(9%)	2.9	540	α	5.8	0.013	0.0021
Np-237	2.1 مليون	0.00071	α	4.8	0.070	0.035
Pa-233	0.074	21.000	β	-	0.20	0.20

EC=أسر إلكتروني، Ci=كوري، g=غرام، MeV=مليون فولط إلكتروني، إشارة الشرطة تعني العملية غير قابلة للتطبيق، أما إشارة "<" فتعني أن طاقة الإشعاع تبلغ أقل من 0.001 MeV. يضمحل النظير نيبتونيوم-236 عن طريق كل من: إصدار جسيم بيتا (9%) وكذلك عن طريق الأسر الإلكترونية (91%)؛ ويوجد كذلك نظير آخر للنيبتونيوم-236 ذو عمر نصف يبلغ 23 ساعة. وقد تم إدراج خواص معينة للبلوتونيوم-236 والبروتكتينيوم-233 وذلك لأن هذه النكليدات الإشعاعية ترافق اضمحلال النيبتونيوم. وقد تم إعطاء القيم مقربة إلى منزلتين عدديتين أساسيتين.

وهي كما يلي:



نبتونيوم-235، ونبتونيوم-236، ونبتونيوم-237. وتتراوح أعمار النصف للنظائر الثلاثة المذكورة آنفاً ما بين 1.1 إلى 2.1 مليون سنة، في حين أن أعمار النصف للنظائر الأخرى تقل عن خمسة أيام. ويُعدُّ النبتونيوم-237 (من بين النظائر الثلاثة) النظير الأكثر انتشاراً في مواقع DOE، مثل هانفورد على سبيل المثال. ويبلغ عمر النصف الخاص به 2.1 مليون سنة، كما أنه يضمحل عبر إصداره جسيم ألفا alpha particle. أما النظيران الآخران فإنهما يمتلآن نمطياً ما يقل عن نسبة مئوية صغيرة من مخزون النبتونيوم الإجمالي في موقع ما. ويبلغ عمر النصف للنبتونيوم-235 ما مقداره 1.1 سنة، كما أنه يضمحل عن طريق الأسر الإلكتروني. وبالأساس، فكل ما تمَّ إنتاجه من هذا النظير منذ أكثر من 20 عاماً مضت قد تمَّ تحلُّله منذ أمدٍ بعيد. أما عمر النصف للنبتونيوم-236 فيبلغ 120.000 سنة ويضمحل عن طريق إصدار جسيم بيتا والأسر الإلكتروني.

## مصدره

يُعدُّ النبتونيوم ناتجاً ثانوياً عن أنشطة إنتاج البلوتونيوم، وينتج من أسر النيوترونات بواسطة نظائر اليورانيوم، ويكون ذلك في العادة في مفاعل نووي. ويمكن لنظائر النبتونيوم أن تتشكَّل بواسطة طرق متعددة من عمليات الأسر الإلكتروني والاضمحلال الإشعاعي. ويوجد النبتونيوم في الوقود النووي المستنفذ، وفي النفايات المشعة العالية المستوى الناتجة عن معالجة الوقود النووي المستنفذ، وفي النفايات الإشعاعية المصاحبة لتشغيل المفاعلات ومحطات معالجة الوقود. ورغم أن النبتونيوم لا يوجد في الأساس بشكلٍ طبيعي في البيئة، ولكن قد تكون هناك كميات ضئيلة منه مرتبطة بخامات اليورانيوم.

## استخداماته

لا توجد استخدامات تجارية رئيسية للنبتونيوم، رغم أن النبتونيوم-237 يُستخدم كأحد مكونات أجهزة الكشف النيوتروني neutron detection. كما يمكن أيضاً استخدام النبتونيوم-237 لصنع البلوتونيوم-238 (عن طريق امتصاص نترون). ويُعدُّ النبتونيوم قابلاً للاستخدام في الأسلحة النووية، بالرغم من أنه لم يحدث أن استخدمت أي دولة هذا العنصر في صنع نبيطة متفجرة نووية.

## وجوده في البيئة

لقد ولدت عملية اختبار الأسلحة النووية في الجو -والتي توقفت عالمياً بحلول العام 1980- أغلب النبتونيوم في البيئة. وتُعدُّ نسبة النبتونيوم الموجودة في التربة بسبب السقوط الإشعاعي fallout منخفضة جداً؛ فعلى سبيل المثال، يبلغ تركيز النبتونيوم-237 ما نسبته أقل من 1% من تركيز البلوتونيوم-239 (وهو من رتبة 0.0001 بيكوكوري لكلِّ غرام، pCi/g). ولقد سببت الحوادث المؤسفة والإطلاقات والانبعاثات الأخرى جراء منشآت إنتاج الأسلحة تلوثاً متموضعاً. ويظهر النبتونيوم نمطياً في البيئة على شكل أكسيد، مع أنه يمكن أن توجد أشكال أخرى. وهو عموماً أكثر تحركاً من العناصر الأخرى المتشكلة ما بعد اليورانيوم transuranic، كالبلوتونيوم والأميريسيوم والكوريوم، كما أنه يستطيع أن يهبط مع المياه الراشحة إلى الطبقات السفلية من التربة. ويلتصق النبتونيوم بشكل تفضيلي بجزيئات التربة، بتركيز مرتبط بجسيمات الرمل يُقدَّر بما يفوق 5 أمثال تركيزه في المياه الخلالية البيئية (المياه الموجودة في المسافات المسامية بين جسيمات التربة)، وهو يرتبط بشكل أقوى بالتربة الطينية، حيث تكون نسب التركيز بشكلها النمطي أعلى من (55). ويتم قبط uptake النبتونيوم بشكل سريع من قبل النباتات، وتكون تراكيز النباتات من الناحية النمطية مشابهة لتراكيز التربة. وفي هانفورد، تكون أعلى مستويات النبتونيوم في المناطق التي تحتوي على النفايات الناشئة عن معالجة الوقود المشع، مثل الخزانات الموجودة في الجزء المركزي للموقع.

## سيرورته في الجسم

يمكن للنبتونيوم أن يدخل الجسم عن طريق تناول الطعام أو شرب الماء أو تنفس الهواء. ويُعدُّ الامتصاص المعدي المعوي من الغذاء أو الماء مصدراً محتملاً للنبتونيوم المترسب داخلياً لدى عامة الناس. بعد الاستنشاق أو الابتلاع، يتم طرح أغلب النبتونيوم من الجسم في



معاملات الخطورة الإشعاعية

يوضح الجدول التالي معاملات خطورة منتقاة تخص الاستنشاق والابتلاع. وقد تم استخدام أنماط امتصاص افتراضية وصائية بالنسبة للاستنشاق، وقيم غذائية بالنسبة للابتلاع. وهذه القيم تتضمن إسهامات من منتجات اضمحلال النبتونيوم القصيرة العمر. أما قيم الخطورة فهي تخص الوفاة العمرية بالسرطان لكل وحدة إدخال (pCi) unit intake، وقد أخذت معدلاتها لدى جميع الأعمار ولكلا الجنسين ( $10^{-9}$  تعادل واحد على بليون،  $10^{-12}$  تعادل واحد على ترليون). أما بقية القيم، بما في ذلك تلك المتعلقة بالإمراضية morbidity، فهي متاحة أيضاً.

الخطورة العمرية للوفاة بالسرطان		النظير
الابتلاع ( $pCi^{-1}$ )	الاستنشاق ( $pCi^{-1}$ )	
$10^{-13} \times 2.8$	$10^{-12} \times 1.0$	نبتونيوم-235
$10^{-11} \times 1.5$	$10^{-9} \times 2.6$	نبتونيوم-236
$10^{-11} \times 5.8$	$10^{-8} \times 1.5$	نبتونيوم-237

غضون أيام قليلة ولا يدخل مجرى الدم مطلقاً، إذ لا يُمتصُّ الدم إلا حوالي 0.05% من الكمية الداخلة إلى الجسم عن طريق الابتلاع. فبعد مغادرته المعى أو الرئة، فإن ما يقارب 50% من النبتونيوم الذي يدخل فعلاً مجرى الدم يترسب في الهيكل العظمي، وما يقارب 10% يترسب في الكبد، وحوالي 5% يترسب في الأنسجة الرخوة الأخرى، أما البقية فيتم طردها، عن طريق البول بشكل أساسي. وتبلغ أعمار النصف البيولوجية في الهيكل العظمي والكبد حوالي 20 و 50 عاماً على التوالي. (تخص هذه المعلومة نماذج مبسطة لا تعكس إعادة التوزع الانتقالي). إن الكمية المتراكمة في الكبد والهيكل العظمي تعتمد على عمر الفرد المعني، مع الأخذ بالاعتبار أن الامتصاص (القبض) الجزئي Fractional uptake يتزايد مع تقدم السن. يترسب النبتونيوم في الهيكل العظمي على أسطح العظام ويعيد توزيعه بشكل بطيء في أرجاء حجم العظم بمرور الوقت.

تأثيره الصحي الأساسي

لا يكون النبتونيوم بشكل عام خطراً صحياً إلا في حال دخوله إلى الجسم، على الرغم من وجود خطر خارجي مرتبط بأشعة غاما المصدرة بواسطة نبتونيوم-236 ونبتونيوم-237 وكذلك ناتجها نو

الاضمحلال القصير العمر المسمى (بروتاكتينيوم-233). أما الوسائط الأساسية للتعرض فهي تناول الطعام وشرب المياه التي تحتوي على نظائر النبتونيوم، واستنشاق الغبار الملوث بالنبتونيوم. إن الابتلاع يشكل على العموم التعرض المقلق ما لم يكن هناك مصدر للتلوث في الجوار بشكل غبار محمول. ونظراً لكون النبتونيوم يدخل الجسم بشكل أسرع بكثير لو تم استنشاقه مما لو تم ابتلاعه، فإن كلتا طريقتي التعرض مهمتان. إن الخطر الصحي المقلق هو السرطان الناتج من الإشعاع المتأين الذي تصدره نظائر النبتونيوم المترسبة على أسطح العظام وفي الكبد.

خطورته

لقد تم حساب معاملات الخطورة العمرية للوفاة بالسرطان فيما يخص جميع النكليديات المشعة تقريباً، بما في ذلك النبتونيوم. وبينما يشكل الابتلاع عموماً الطريقة الأكثر شيوعاً للتعرض، تكون معاملات الخطورة بالنسبة لهذا الطريق أخفض بكثير مما هي بالنسبة للاستنشاق. وبشكل مشابه لبقية النكليديات المشعة، فإن معاملات الخطورة فيما يخص مياه الصنبور تتراوح بين 70% إلى 75% من تلك التي تخص الابتلاع الغذائي. وبالإضافة إلى مخاطر أشكال التعرض الداخلية، هناك خطورة خارجية لأشعة غاما ترافق التعرض للنبتونيوم-236 والنبتونيوم-237. ولتقدير خطورة الوفاة العمرية بالسرطان، فإننا إذا افترضنا أن 100.000 شخص كانوا معرضين بشكل مستديم لطبقة كثيفة من تربة ذات متوسط تركيز مبدئي يساوي 1pCi/g، فعندئذ يمكن توقع أن يُصاب اثنان من هؤلاء المئة ألف شخص بسرطان مميت إذا كانت التربة تحتوي على النبتونيوم-236، وأن يُصاب أربعة أشخاص إذا احتوت التربة على النبتونيوم-237. (هذا بالمقارنة مع الـ 25 ألف شخص من المجموعة التي تم التكهّن بموتهم بسبب السرطان جراء جميع الأسباب الأخرى حسب المتوسط في الولايات المتحدة). وتعود الخطورة الخارجية للنبتونيوم-237 بشكل كبير إلى المنتج الاضمحلاي القصير العمر المتمثل في البروتاكتينيوم-233.

نُشر هذا الخبر في مجلة: ANL. July 2002

# الطاقات المتجددة:

## الواقع والتطبيقات

إعداد الدكتور علي المحمد

### مقدمة

تمثل مصادر الطاقة المتجددة (renewable energy sources) جميع المصادر التي تتولد فيها الطاقة بشكل طبيعي وبصفة مستمرة كالطاقة الشمسية، وطاقة الرياح، وطاقة الكتلة الحيوية، وطاقة المياه المتحركة، وطاقة الحرارة الجوفية. وتعتبر الشمس المصدر الفعلي لتوليد معظم الطاقات الأخرى السابقة الذكر، باستثناء طاقة الحرارة الجوفية، التي تتولد بفعل النشاط الإشعاعي تحت سطح الأرض، وطاقة المد والجزر التي تنتج من فعل التجاذب بين الأرض والقمر.

يمكن استثمار الطاقة المتجددة بشكل مباشر من مصدرها أو يمكن أن تحوّل إلى طاقة أكثر ملائمة كي تستخدم حسب الحاجة وعند اللزوم. ومن التطبيقات العملية للاستخدامات المباشرة للطاقة المتجددة نذكر على سبيل المثال اللواقط الشمسية (solar collectors) بكافة أشكالها والطواحين الهوائية (wind mills) والحرارة الجوفية (geo-thermal). وأيضاً هناك تطبيقات كثيرة للاستخدامات غير المباشرة والتي تحتاج إلى عملية تحويل (قطع harvest) كتوليد الكهرباء من خلال العنفات العاملة بالرياح (wind turbine) والخلايا الفوتوفولطية (photo-voltaic) وكذلك توليد الوقود من الكتلة الحيوية (Biomass).

لقد حظي موضوع الطاقات المتجددة، في العقود الأخيرة، باهتمام بالغ في جميع بلدان العالم سواء المتقدمة منها أو النامية. وهذا الاهتمام نابع من عدة عوامل نذكر منها ما يلي:

- 1- محدودية مصادر الطاقة التقليدية (بترو - غاز... الخ) وارتفاع تكاليف الإنتاج.
- 2- ارتفاع تكاليف نقل الطاقة التقليدية (الكهربائية مثلاً) إلى بعض المناطق الريفية والجبلية والبعيدة عن الشبكة العامة.
- 3- التلوث البيئي الناشئ من عمليات استهلاك المصادر التقليدية وفي الوقت نفسه نظافة الطاقة المتولدة من الطاقة المتجددة.

### الشمس كمصدر للطاقة

تعتبر الشمس مصدر الحياة على سطح كرتنا الأرضية، كما وتعتبر، بشكل مباشر أو غير مباشر، الوقود لمعظم المصادر المتجددة. حيث تحول النظم الفوتوفولطية والنظم الحرارية الشمسية، بالإضافة إلى محطات الطاقة الحرارية الشمسية، الإشعاع الشمسي مباشرة إلى طاقة مفيدة قابلة للاستخدام.

الشمس عبارة عن كرة مكونة من حوالي 80% هيدروجين و20% هيليوم و0.1% فقط من عناصر أخرى. وتتولد طاقتها الإشعاعية نتيجة عمليات الاندماج النووي (nuclear fusion) التي تفقد خلالها الشمس 4,3 مليون طن من كتلتها كل ثانية، حيث تتحول هذه الكتلة إلى طاقة إشعاعية ويُصدر كل متر مربع من سطح الشمس طاقة إشعاعية مقدارها 63.1 ميغا واط، وهذا يعني أن ما مقداره 5 كم<sup>2</sup> من سطح الشمس يصدر مقداراً من الطاقة مساوياً لكامل متطلبات الطاقة الأولية للأرض.

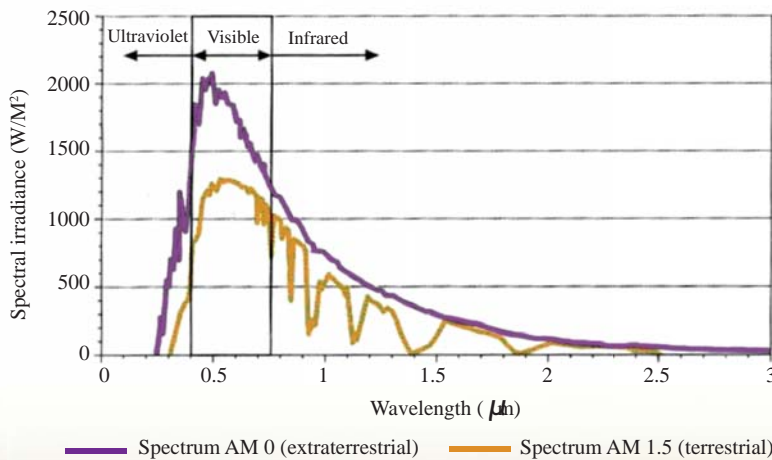
ولحسن الحظ فإن جزءاً بسيطاً فقط من هذه الطاقة يصل إلى سطح الأرض، حيث يتناقص الإشعاع الشمسي بشكل يتناسب طردياً مع مربع البعد عن الشمس. وبما أن البعد بين الأرض والشمس يتغير خلال السنة، فإن الإشعاع الشمسي خارج الغلاف الجوي الأرضي يتغير أيضاً ما بين 1325 واط/م<sup>2</sup> و1420 واط/م<sup>2</sup>. ويُعرّف الإشعاع الشمسي الوسطي السنوي على أنه الثابت الشمسي (solar constant) وقيمته  $1367 \pm 2$  واط/م<sup>2</sup>.

هذا وترسل الشمس أشعتها على شكل تيار من الجسيمات تدعى "الفوتونات". وتتطلق الأشعة الشمسية على شكل حزم موجية متوازية مختلفة الأطوال. ومن هذه الأشعة ما هو مرئي ومنها ما هو غير مرئي. فالإشعاع المرئي يكون ذا أطوال موجية تتراوح بين 0.35 و0.75 ميكرومتر، والأشعة تحت الحمراء (غير مرئية) من 0.75 إلى 100 ميكرومتر، والأشعة الراديوية (غير مرئية) أكثر من 100 ميكرومتر. أما الأشعة التي يقل طولها الموجي عن طول أمواج الضوء المرئي (ذات طاقة أكبر) فتسمى بالأشعة فوق البنفسجية، والأشعة السينية، وأشعة غاما، والأشعة الكونية. وعلى الرغم من أن الإشعاع الشمسي الساقط على الغلاف الجوي يتكوّن من طيف واسع من الحزم الموجية فإن ما يقارب 89% منه يتألف من ثلاثة أنواع رئيسية من الأشعة هي: الأشعة البنفسجية (7%)، والأشعة المرئية (45%) والأشعة تحت الحمراء (46%).

يكون لكثافة التدفق الإشعاعي الشمسي خارج الغلاف الجوي الأرضي، حيث تنتفي مؤثرات هذا الغلاف من امتصاص وتبعثر، مركبة مباشرة فقط، وتكون كل الإشعاعات الشمسية متوازية فعلياً. يُطلق على هذا الإشعاع تسمية الإشعاع الطبيعي المباشر أو إشعاع الحزمة  $E_{beam}$ . ويشار إلى أنه تحت هذه الشروط، لا تستقبل السطوح الموازية للإشعاع الشمسي أي إشعاع. (الإشعاع الشمسي المباشر المحدد  $E_{dir}$  الذي يصل إلى سطح مائل يكون أقل من الإشعاع المباشر بنسبة تتعلق بتجيب زاوية السقوط  $(\cos \theta)$ ).

$$E_{dir} = E_{maeb} \times \cos \theta$$

يخفف الغلاف الجوي الأرضي قيمة كثافة التدفق الإشعاعي الواصل إلى سطح الأرض، حيث يمتص الأوزون وبخار الماء وثاني أكسيد الكربون إشعاعات ذات أطوال موجية محددة ولا سيما أثناء مرور الإشعاع الشمسي عبر الغلاف الجوي الأرضي. ونتيجة لهذا الامتصاص، فإننا نلاحظ وجود انخفاض ملموس في قيمة الطيف وبخاصة أجزاء الطيف تحت الأحمر وفوق البنفسجي السابقة الذكر.



الشكل (1): طيف ضوء الشمس داخل وخارج المجال الأرضي (extraterrestrial and terrestrial spectrum of sunlight)

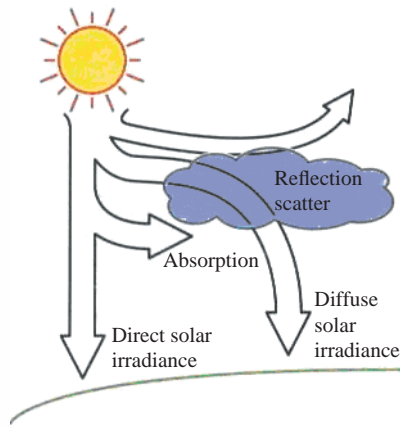


## كثافة التدفق الإشعاعي (irradiance)، الإشعاع (irradiation) والاستضاءة (illumination):

هناك مصطلحات عديدة نستخدمها عند التعامل مع الإشعاع الشمسي. وعلى كل حال فإن هذه المصطلحات غالباً ما تستخدم بشكل خاطئ، حتى من قبل بعض الاختصاصيين في المجال الشمسي. فالطاقة الكلية لمشح محدد، أو تدفق إشعاع على المساحة التي تصل إلى سطح مستقبل تدعى كثافة التدفق الإشعاعي (irradiance). ويقاس بوحدة  $W/m^2$  وله الرمز E. وعند مكاملة كثافة التدفق الإشعاعي على فترة زمنية محددة نحصل على ما يسمى الإشعاع الشمسي (solar irradiation) ويقاس بوحدة  $J/m^2$  أو  $Wh/m^2$  وله الرمز H. عند التعامل مع ضوء النهار، نأخذ فقط الجزء المرئي من ضوء الشمس بعين الاعتبار، وتدعى كمية الضوء المرئي المناظرة لكثافة التدفق الإشعاعي بالاستضاءة ووحدتها  $lm/m^2$  (Lumen/m<sup>2</sup>) أو lx (lux).

## كثافة التدفق الإشعاعي المباشر والمنتشر (direct and diffused irradiance)

تقوم جزيئات أخرى من مكونات الغلاف الجوي بعكس أو بعثرة ضوء الشمس. وبالتالي فإن جزءاً فقط من كثافة تدفق إشعاع الحزمة الموجودة خارج المجال الأرضي يصل إلى سطح الأرض بشكل مباشر (الشكل 2).



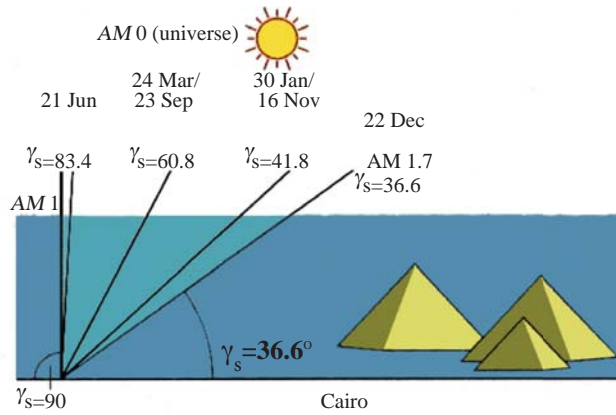
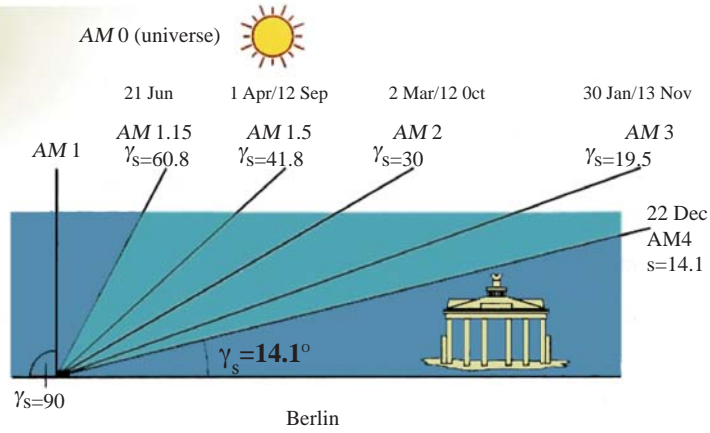
الشكل (2): ضوء الشمس المار عبر الغلاف الجوي الأرضي

القسم المتبعثر من كثافة التدفق الإشعاعي الشمسي ليس له اتجاه محدد. وبالتالي الجزء الوحيد الذي يمكن استخدامه في نظم الأشعة الشمسية المركزة هو كثافة التدفق الإشعاعي المباشر، ولكن يمكن استخدام كثافة تدفق الإشعاعيات الشمسية المنتشرة أو المتبعثرة في بعض النظم الشمسية غير المركزة.

ويتكون ما يسمى بكثافة التدفق الإشعاعي الكوني  $E_g$  (global irradiance) على سطح أفقي من الأرض من كثافة تدفق إشعاعي مباشر  $E_{dir}$  وكثافة تدفق إشعاعي منتشر  $E_{dif}$ . وعلى المستوى المائل tilted plane توجد مركبة أخرى، من مكونات كثافة التدفق الإشعاعي هي كثافة التدفق الإشعاعي المنعكس  $E_{ref}$  وهي ناتجة من الارتداد عن سطح الأرض وتكون بحود 20% من كثافة التدفق الإشعاعي الكوني الكلي. وعليه فإن كثافة التدفق الإشعاعي  $E_{tilt}$  على سطح مائل تتألف من 3 مركبات هي  $E_{tilt} = E_{dir} + E_{dif} + E_{ref}$ . ويتعرض السطح المتعامد مع ضوء الشمس عادةً لأعلى كثافة تدفق إشعاعي ممكن (عادةً يكون أقل من  $1000 W/m^2$ ) وهناك إمكانية للحصول على كثافة تدفق إشعاعيات وذلك في حالات خاصة مثل حالة وجود الثلوج أو الغيوم التي تقوم بعكس ضوء الشمس على السطح المستقبل.

## كتلة الهواء (Air Mass) AM

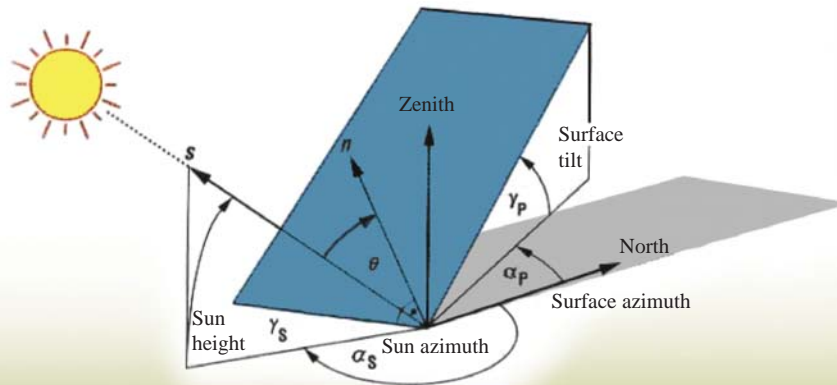
إذا كانت الشمس متعامدة مع سطح الأرض فإن ضوء الشمس سيكون عليه أن يمر عبر كتلة الهواء (AM)، الخاصة بالغلاف الجوي، مرة واحدة فقط. ولذلك يُطلق على هذه الحالة AM1. وأما في كل الحالات الأخرى فإن مسار الإشعاع الشمسي يكون عبر الغلاف الجوي أطول، وهذا يعتمد على ارتفاع الشمس. تعني AM2، في المصطلحات العلمية، أن مسار الإشعاع الشمسي عبر الغلاف الجوي هو ضعف AM1. هذه هي الحالة عندما تكون الشمس مرتفعة  $30^\circ$  فوق الأفق ( $\gamma_s = 30^\circ$ ). وبشكل عام، فإن تعريف كتلة الهواء هو  $AM = 1/\sin(\gamma_s)$ . يوضح الشكل (3) تغيرات كتلة الهواء خلال العام من أجل مدينتي برلين والقاهرة وذلك عند شمس الظهيرة - أي الوقت من النهار الذي يكون فيه ارتفاع الشمس أعلى ما يمكن، وذلك بالاعتماد على خط الطول والعرض وتاريخ اليوم. من الواضح أن كتلة الهواء في القاهرة تكون دوماً أقل منها في برلين.



الشكل (3): موقع الشمس وقيم AM عند شمس الظهيرة وذلك من أجل أيام مختلفة في برلين بألمانيا والقاهرة في مصر

### التوجيه الأمثل للنظام الشمسي

يظهر الشكل (4) الزوايا الشمسية، زاوية السمات (azimuth) والميل (tilt) وذلك لتحديد موقع السطح المائل. وتتعلق زاوية السقوط  $\theta$  بكل تلك الزوايا.



الشكل (4): الزوايا المحددة لموقع الشمس ولتوجيه سطح مائل

وحسبما ذكرنا سابقاً يمكننا الحصول على كثافة تدفق إشعاعي أعظمي على سطح متعامد مع الأشعة الشمسية الواردة، وبما أن موقع الشمس يتغير أثناء اليوم الواحد و أثناء السنة أيضاً، فإنه يمكننا الحصول على الإشعاع الأعظمي منها فقط عند وجود سطح ملاحق للشمس ثنائي المحاور. وبهذا يمكن الحصول على إشعاع سنوي أعلى بـ 30% من ذلك الخاص بالسطوح غير المتابعة للشمس (الثابت). يؤمن السطح المتابع للشمس أحادي المحور ربعا بالإشعاع بحدود 20% فقط. يكون التوجيه الأمثل لسطح غير متابع للشمس بالقرب من خط الاستواء أفقياً تقريباً. أما في نصف الكرة الأرضية الشمالي فيجب تميل هذا السطح باتجاه الجنوب، وفي نصف الكرة الجنوبي يجب تمييله باتجاه الشمال. وتزداد زاوية الميل المثلى بازدياد ارتفاع خط العرض، ويكون أعلى في الشتاء منه في الصيف.

### قياس كثافة التدفق الإشعاعي irradiance measurements

تكون قيمة الإشعاع الشمسي السنوي خارج الغلاف الجوي الأرضي بحدود  $12000 \text{ kWh/m}^2$  ( $1367 \text{ W/m}^2$  خلال 8760 ساعة) في كل موقع على الأرض، حيث إن نصف السنة هو ليل بدون إشعاع شمسي. يخفض الغلاف الجوي كثافة التدفق الإشعاعي بنسبة 25% على الأقل. وتزيد الغيوم والغبار من نسبة هذه التخفيض، حيث إن أفضل المواقع على الأرض، في المناطق الصحراوية القاحلة، تستقبل إشعاعاً شمسياً سنوياً يزيد عن  $2500 \text{ kWh/m}^2$ . من ناحية أخرى، هناك مواقع غائمة عند خطوط عرض عالية تستقبل إشعاعاً سنوياً أقل بكثير من  $1000 \text{ kWh/m}^2$ . وتعتبر القياسات ضمن الموقع (on-site measurements) هي الطريقة الوحيدة لتقدير الطاقة الشمسية الكامنة للنظم الشمسية، ويتوفر العديد من أنواع الحساسات التي يمكن استخدامها لقياس كثافة التدفق الإشعاعي الشمسي. فهناك البيرانومتر (pyranometer) الذي يقيس كثافة التدفق الإشعاعي الكوني (global irradiance)، وهناك تصاميم مختلفة تؤمن مستويات مختلفة من دقة القياس (الشكل 5).



بيرانومتر مع كرة تظليل shading ball من أجل قياسات كثافة التدفق الإشعاعي المنتثر  
diffused irradiance measurements



بيرهيليومتر pyrheliometer ملاحق ثنائي المحاور خاص بقياسات كثافة التدفق الإشعاعي العادي المباشر  
direct normal irradiance measurements



بيرانومتر مع حساس حراري لقياسات كثافة التدفق الإشعاعي العمومي  
global irradiance measurements

الشكل (5): حساسات خاصة بقياسات كثافة التدفق الإشعاعي الشمسي



تستخدم البيرومترات المنخفضة الكلفة حساسات سليكونية مع خلية فوتو-فولطية صغيرة تقوم بتوليد تيار كهربائي مكافئ تقريباً لكثافة تدفق إشعاعي شمسي. ولكن، مثل هذه الحساسات تقيس فقط جزءاً من الطيف الشمسي فهي لا تستطيع أن تتحسس الضوء تحت الأحمر. ويشار إلى أن الحساسية السنوية لهذه الحساسات تكون محدودة لأن الطيف يتغير مع كتلة الهواء، وتبلغ في الحالة المثالية حدود الـ 5%.

تستخدم البيرومترات الأكثر دقة صفيحة استقبال سوداء يتم تركيبها تحت قبة زجاجية ذات طبقتين. ترتفع حرارة هذه الصفيحة بشكل يتناسب مع كثافة التدفق الإشعاعي الوارد عليها. وتقوم مزدوجة كهحرارية بتحويل الفرق الحراري بين الصفيحة والوسط المحيط بها إلى إشارة جهد متناسبة مع كثافة التدفق الإشعاعي الشمسي. هذه الحساسات تستطيع تحصيل سويات دقة سنوية جيدة أعلى من 3%.

لقياس كثافة التدفق الإشعاعي الطبيعي المباشر أو كثافة تدفق إشعاعي الحزمة، يتم تركيب الحساس في نهاية أنبوب ماص (هذا الأنبوب يمنع وصول كثافة التدفق الإشعاعي المنتثر). هذا ما يسمى بيرومتر pyrliometer الذي يجب توضع على مُتابع ثنائي المحاور يقوم بملاحقة الشمس بشكل دقيق. فإذا تم وضع كرة تظليل shading ball أو حلقة تظليل shading ring بحيث تقوم بشكل دائم بتظليل البيرومتر، فإنه سيقوم بقياس كثافة التدفق الإشعاعي المنتثر باعتبار أن كثافة التدفق الإشعاعي المباشر تم حجبه عنه. ويجب على كل الأحوال إجراء صيانة دقيقة وحذرة لكل الحساسات وذلك للمحافظة على مستويات عالية من الدقة. ويجدر بالذكر أن الغبار على الحساسات أو المتابعة غير الدقيقة للشمس أو الأوساخ قد تقلل من جودة القياس بشكل محسوس. وفي الحالة الأسوأ، قد تصبح القياسات عديمة الفائدة.

## تطبيقات الطاقة الشمسية

تعتبر الكهرباء والحرارة أهم شكلين للطاقة يمكن توليدهما من الإشعاع الشمسي، حيث إن الحرارة تمثل طاقة الجزيئات المتحركة في المادة وكلما كانت هذه الحركة أسرع ازدادت درجة حرارة المادة. بينما تمثل الكهرباء طاقة الإلكترونات المتحركة ضمن الناقل، السلك النحاسي الكهربائي على سبيل المثال.

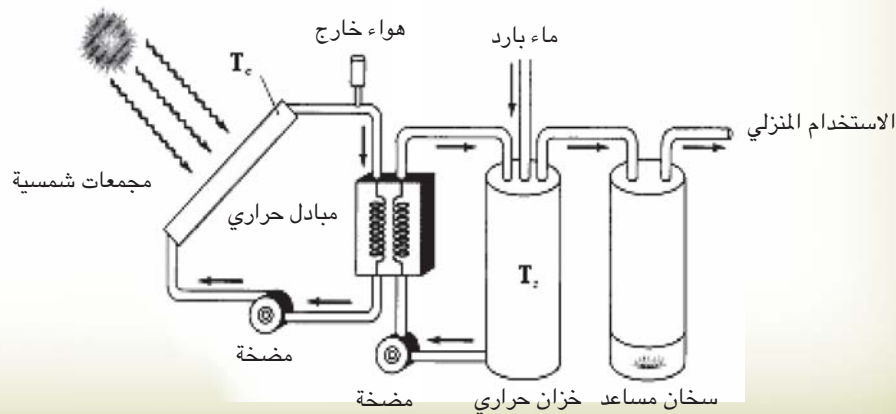
تستخدم معظم الآلات المحيطة بنا في عملها إما الطاقة الكهربائية أو الحرارية، وهناك قائمة طويلة من التجهيزات التي تستعمل إحدى الطاقين المذكورتين أعلاه أو كليهما معاً. وسنذكر فيما يلي أهم تطبيقات الطاقة الشمسية في المجالين الحراري والكهربائي.

## 1- السخانات الشمسية

### منظومات التسخين الشمسي المنزلي (solar heating systems):

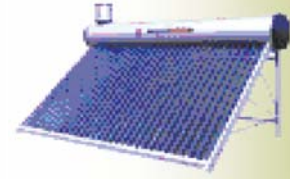
تعتبر منظومات تسخين المياه للاستخدام المنزلي أفضل تطبيقات الطاقة الشمسية، وتعتمد هذه المنظومات على ضوء الشمس لتسخين المياه للاستخدامات المنزلية وكذلك لتسخين هواء المنزل أيضاً. تتكون هذه المنظومات بشكل أساسي من مجمعات حرارية شمسية (solar thermal collectors) ووحدات تخزين. ويمكن أن تصنف منظومات التسخين الشمسية للماء إلى ثلاثة أصناف رئيسية وهي:

- 1 منظومات فعّالة (active systems) وتستخدم مضخات لتدوير الماء أو السائل الناقل للحرارة.
- 2 منظومات منفعله (passive systems) وتستخدم التدوير الطبيعي للماء أو للسائل الناقل للحرارة. وتدعى هذه المنظومات أيضاً باسم منظومات التناقل الحراري thermo-siphon systems.
- 3 منظومات الدفع (batch systems) وهي تستخدم خزناً معرضاً بشكل مباشر لأشعة الشمس.



الشكل (6): المخطط الهندسي لمنظومة سخان شمسي منزلي فعّال

وقد تطورت صناعة منظومات تسخين المياه الشمسية المنزلية في السنوات الأخيرة، حيث أدخلت تحسينات كثيرة على التصميم وعلى المواد والتقانة. ويبين الشكل التالي بعض النماذج التجارية المستعملة.



## 2- محطات الطاقة الكهربائية-الحرارية الشمسية (solar thermal electric power plants)

المنظومات المركزة أو غير المركزة (concentrating or non-concentrating)

تستخدم منظومات الطاقة الشمسية المركزة (CSP) عدسات ومرايا ومنظومات متابعة لغرض تركيز مجال كبير من أشعة الشمس وحصره في شعاع صغير قادر على إنتاج درجات حرارة عالية مما يؤدي بالتالي إلى مردود حراري-ديناميكي (thermodynamic) عالٍ. ويتلزم التركيز الشمسي غالباً مع التطبيقات الحرارية الشمسية ولذلك يوجد في تطبيقات الفوتوفلطية المركزة (CPV)، حيث تؤدي هذه التقنية أيضاً إلى تحسّن في المردود. وتختلف منظومات الطاقة الشمسية المركزة حسب طريقة متابعة الشمس وكيفية تركيزها للضوء.

### تركيز خطي/وحيد المحور (line focus/single-axis)

يتألف المجمع الشمسي من عاكس خطي على شكل قطع مكافئ ويتم تركيز الضوء على مستقبل متوضع على طول خط البؤرة للعاكس. تستخدم هذه المنظومات محورا وحيدا لمتابعة الشمس. يتدفق السائل العامل (ماء، زيت) عبر المستقبل، حيث يُسخن إلى درجة حرارة تصل إلى 400 درجة مئوية قبل نقل حرارته إلى مقطر أو إلى منظومة توليد الطاقة. وتعتبر هذه المنظومات من أعظم التقنيات المطورة الـ CSP ومن أهمها:

### المجمعات ذات شكل القطع المكافئ (parabolic troughs)

يركّز صف طويل من المرايا ذات شكل لقطع المكافئ ضوء الشمس على أنبوب مملوء بسائل ناقل للحرارة (غالباً زيت). وبشكل مشابه لأبراج الطاقة فإن هذا الزيت المسخن يستخدم لتشغيل عنفة بخار تقليدية أو يخزن للاستخدام في ساعات الليل. ويوجد أكبر مصنع للطاقة الشمسية العاملة بهذه الطريقة، حسب تصنيف عام 2007، باستخدام منظومات المجمعات ذات شكل القطع المكافئ في صحراء Mojave في كاليفورنيا في الولايات المتحدة.



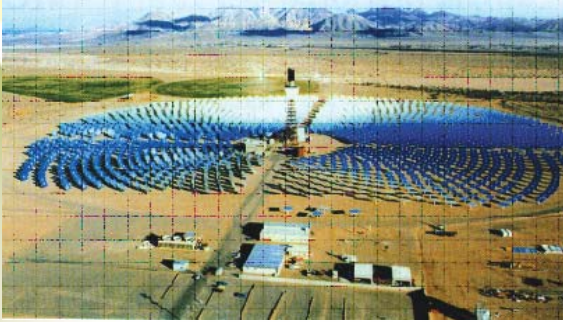
الشكل (7): محطة توليد كهربائية تستخدم مجمعات شمسية لها شكل القطع المكافئ

### نقطي/ثنائي المحور (point focus/dual-axis):

تتألف منظومة الطاقة البرجية من مصفوفة عواكس مسطحة تقوم بتركيز الضوء على مستقبل مركزي متوضع على البرج. تستخدم هذه المنظومات نظام الملاحقة الثنائية المحور لمتابعة الشمس. يتدفق السائل العامل (هواء، ماء، ملح مصهور) عبر المستقبل حيث يُسخن إلى درجة حرارة تصل إلى 1000 درجة مئوية قبل نقل حرارته إلى منظومة توليد أو تخزين الطاقة. تعتبر الأبراج الشمسية أقل تقدماً من المنظومات

الحوضية لكنها تعطي كفاءة أعلى ومقدرة أكبر على تخزين الطاقة. وهناك أمثلة كثيرة على ذلك نذكر أهمها:

#### أبراج الطاقة (power towers):



تستخدم أبراج الطاقة مصفوفة من المرايا المسطحة القابلة للحركة لتركيز أشعة الشمس على برج تجميع ( يدعى الهدف). تُنقل الطاقة العالية من ضوء الشمس المركز على هذه المنطقة إلى سائل عامل حيث تتحول إلى طاقة كهربائية في مولد حراري، أو في بعض الأحيان، تُخزن للاستخدام في ساعات الليل وذلك من أجل تزويد مستمر بالطاقة. ويبين الشكل التالي أحد هذه التطبيقات.

الشكل (8): محطة توليد كهربائية تستخدم المراكز الشمسية

#### الصحن العاكس (parabolic dish):



يتألف هذا الصحن من عاكس على شكل قطع مكافئ مستقل يقوم بتركيز الضوء على مستقبل متوضع في نقطة البؤرة للعاكس. تستخدم هذه المنظومات نظام الملاحقة الثنائية المحور لمتابعة الشمس. يتدفق السائل العامل (هيدروجين، هليوم، هواء، ماء) عبر المستقبل حيث يُسخن إلى درجة حرارة تصل إلى 1500 درجة مئوية قبل نقل حرارته إلى مولد لتوليد الطاقة. تعطي المنظومات التي تستعمل الصحن ذا القطع المكافئ الشكل، أفضل مردود في تحويل ما هو شمسي-إلى-كهربائي من بين تقنيات المنظومات الشمسية المركزة CSP.

#### البركة الشمسية (solar pond):

البركة الشمسية هي ببساطة بركة ماء تُجمّع وتخزن الطاقة الشمسية. تحتوي على طبقات من محاليل ملحية بتركيز متزايدة (وبالتالي كثافة متزايدة) إلى عمق معين، حيث يوجد تحته محلول بتركيز ملحي متجانس عالٍ. تعتبر هذه الطريقة بسيطة التقنية ورخيصة التكاليف إلى حد ما من أجل الحصول على الطاقة الشمسية. المبدأ هو ملء بركة بثلاث طبقات من الماء:

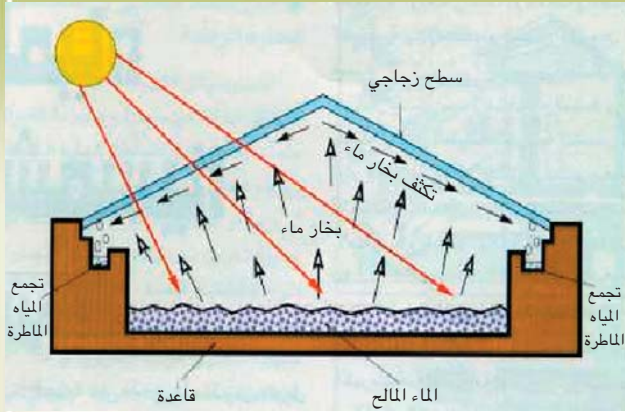
- طبقة عليا ذات مكون ملحي منخفض.
- طبقة عزل وسطى بمعدل ملحي متدرج الكثافة لمنع التبادل الحراري بالحمل الحراري الطبيعي في الماء.
- طبقة سفلى ذات مكون ملحي عالٍ تصل درجة الحرارة فيها إلى ما يقارب 90 درجة مئوية.

هذه الطبقات لها كثافات مختلفة بسبب محتوياتها الملحية المختلفة، وهذا يمنع تطور تيارات الحمل الحراري من الوصول إلى السطح ومن ثم إلى الهواء فوقه. يمكن استخدام الحرارة المحبوسة في الطبقة الملحية السفلى في تدفئة المباني أو العمليات الصناعية أو توليد الكهرباء أو أي أغراض أخرى.

### 3- استخدام الطاقة الشمسية في تحلية المياه

تعد تحلية المياه إحدى الوسائل الميسرة للنهوض بمستوى المجتمعات والمناطق التي تشكو من ملوحة المياه المفرطة. وتستخدم الطاقة الشمسية لتحلية المياه بطريقتين وفقاً لطريقة استخدام الطاقة الشمسية إما بشكل مباشر أو غير مباشر. فطرق التحلية المباشرة تستغل الإشعاع الشمسي لتبخير جزء من المحلول الملحي ثم تكثيفه. ويتم ذلك باستخدام المقطرات البسيطة والتي تتألف عادة من قاعدة حديدية أو بلاستيكية غالباً ما تكون مطلية بصبغة سوداء داكنة لها القدرة على امتصاص أكبر كمية من الإشعاع الشمسي الساقط عليها وغطاء زجاجي مائل باتجاه واحد أو اتجاهين على شكل مثلث كما هو موضح بالشكل أعلاه. ويمكن باختصار شرح طريقة عمل المقطرات الشمسية





كما يلي: يمر الإشعاع الشمسي خلال السطح الزجاجي إلى الماء المالح الموجود في القاعدة مما يساعد على تبخر جزيئاته وتكثفها على السطح الداخلي للزجاج، وتتجمع قطرات الماء المتكثفة في القنوات الجانبية للحوض لتصب في وعاء التجميع. ويبلغ متوسط كمية المياه المحلاة 4 لترات في اليوم لكل متر مربع من المقطر الشمسي. وقد أدخلت تحويرات عديدة على التصميم الأساسي لزيادة كفاءة إنتاجه ولكن إنتاجيته لا تزال تتراوح بين 4-6 لترات يومياً لكل متر مربع.

أما الطريقة الثانية فتعتمد على إحلال الطاقة الكهربائية المولدة من الطاقة الشمسية محل الطاقة التقليدية لاستخدامها في التقنيات المألوفة للتحلية. ويلاقي هذا النوع إقبالا كبيرا في الوقت الحاضر نظراً للتقدم العلمي المتواصل في مجال أشباه الموصلات والتي أثبتت فعالية كبيرة في توليد الطاقة الكهربائية التي يمكن استخدامها في منظومات تحلية المياه العاملة بطرق التحليل الكهربائي والتناضح العكسي والتجميد وغيرها.

#### 4- الخلايا الفوتوفولطية (photovoltaics):

إن الخلايا الشمسية أو ما تسمى أحياناً بالخلايا الفوتوفولطية هي عناصر أو صفوف من عناصر تستخدم الأثر الفوتوفولطي في أنصاف النواقل لتوليد الكهرباء مباشرة من ضوء الشمس. وتعتبر هذه الميزة أحد أهم المنجزات العلمية في القرن العشرين. وكانت استخدامات الخلايا الشمسية محدودة حتى وقت قريب بسبب التكاليف الباهظة للتصنيع. وإحدى الاستخدامات الفعالة لهذه العناصر تتمثل في الأجهزة ذات استهلاك الطاقة المنخفض جداً مثل الآلات الحاسبة التي تملك شاشات عرض سائل كريستالي LCD. ومن الاستخدامات الأخرى أيضاً التطبيقات البعيدة مثل الهواتف المحمولة على جوانب الطرق لاستخدامها في الحالات الطارئة، وكذلك الاستشعار عن بعد، والحماية المهيطة لخطوط أنابيب النفط ولل منازل البعيدة عن الشبكة الوطنية للكهرباء. وتستخدم أيضاً الخلايا الشمسية في تزويد الأقمار الصناعية والسفن الفضائية بالتغذية الكهربائية اللازمة.

إن إجمالي الطاقة المركبة للخلايا الفوتوفولطية عند قمة القدرة (power peak) هي حوالي 1700 MW في نهاية العام 2005. إن انخفاض تكاليف التصنيع (هبوط بمقدار 3 إلى 5% في السنة خلال السنوات الأخيرة) قد وسع مجال الاستخدامات المربحة لهذه التكنولوجيا. حيث هبطت التكلفة الوسطية لمصفوفة خلايا فوتوفولطية كبيرة من 7.50 دولار إلى 4 دولارات لكل واط بين العام 1990 والعام 2005. ومع إصدار العديد من القوانين والتشريعات التي تنص على إعطاء حوافز خصم وحوافز ضريبية أخرى أصبحت الآن الطاقة الكهربائية الشمسية تعيد ثمن تكلفتها خلال فترة خمس إلى عشر سنوات في الكثير من الأماكن. وأصبحت الآن منظومات الخلايا الشمسية التي يمكن ربطها على الشبكة العامة (grid-connected) والتي تستعمل كمحولة جهد بدلاً من الاعتماد على بطاريات التخزين تشكل القسم الأكبر في السوق.

ازداد تصنيع الخلايا الشمسية في العالم عام 2003 بنسبة 32%، وكانت طاقة الإنتاج القصوى للطاقة الشمسية قد زادت على 60% سنوياً في العالم بين العامين 2000 و2004. وقد كان متوقعاً أن نرى نمواً كبيراً ثانياً في عام 2005 لكن النقص في مادة السليكون النقي أعاق التصنيع في العالم منذ أواخر العام 2004.

#### الخلايا الشمسية solar cells:

كان السليكون ولا يزال المادة الأساسية في صناعة الخلايا الشمسية، وذلك لتوفره في الطبيعة (20% من القشرة الأرضية) ولخواصه الفيزيائية والإلكترونية المتميزة. وقد صنعت أول خلية شمسية عام 1954 في مخبر بل الأمريكية وكانت بمرود 6%. ويصل المرود حالياً وعلى المستوى المخبري إلى حوالي 24% مقتربا من النهاية الحدية النظرية للعناصر.

كانت معظم الخلايا الفوتوفولطية المصنعة لغاية فترة قريبة مصنوعة من سليكون نقي ذي هيكل مستمر وحيد البلورة (single crystal) وبدون شوائب (impurities). والسليكون وحيد البلورة يصنع عادة من حبوب صغيرة من البلور مسحوية ببطء من كتلة مذابة من سليكون متعدد البلورة بطريقة متقدمة وغالية الثمن تدعى بعملية

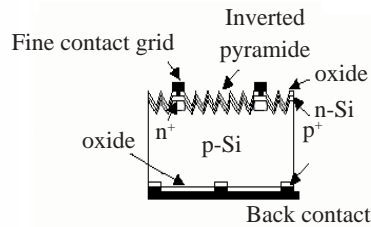


الشكل (9): يمثل مجموعة من الألواح الشمسية المصنعة من سليكون بلوري

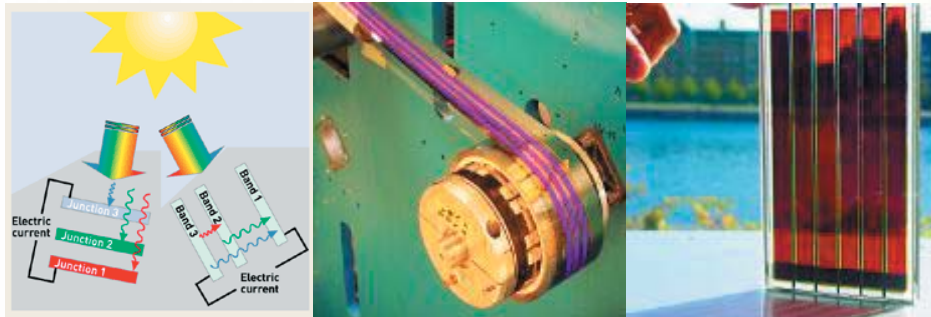
زوجرالسكي (czochralski process) طورت خصيصاً للصناعة الإلكترونية. ومعظم الخلايا السليكونية الوحيدة البلورة المتوفرة في الأسواق ذات كفاءة تقارب 16%. وبالرغم من ميزة الكفاءة العالية التي تختص بها الخلية الشمسية الأحادية البلورة (mono-crystal) فإن سعرها مرتفع جداً لكونها مصنوعة من سليكون عالي النقاوة وكون تقانة التصنيع عالية وتحتاج إلي عمال مهرة. ويتم حالياً تصنيع بعض الخلايا من سليكون عديد البلورات (poly-crystals) وبنقاوة أقل، وهذه الخلايا تكون أرخص سعراً لأنها تنتج بكلفة أرخص وباستخدام عمليات مختلفة قليلة الكلفة ولكنها ذات كفاءة وعمر زمني أقل.

لقد تم خلال العشرين سنة الماضية تطوير طرق مختلفة لتقليل كلفة تصنيع الخلية الشمسية والألواح. من هذه الطرق تنمية السليكون على هيئة رقيقة أو شريط (thin Film) أو استخدام سليكون متعدد البلورة بدلاً من وحيد البلورة أو استخدام مواد أخرى مثل زرنيخيد الغاليوم (gallium arsenide) أو تصنيع خلايا غير بلورية كالألواح السليكونية العديمة الشكل (amorphous silicon).

## أنواع الخلايا الشمسية حسب تقانة التصنيع ونوعية المواد:

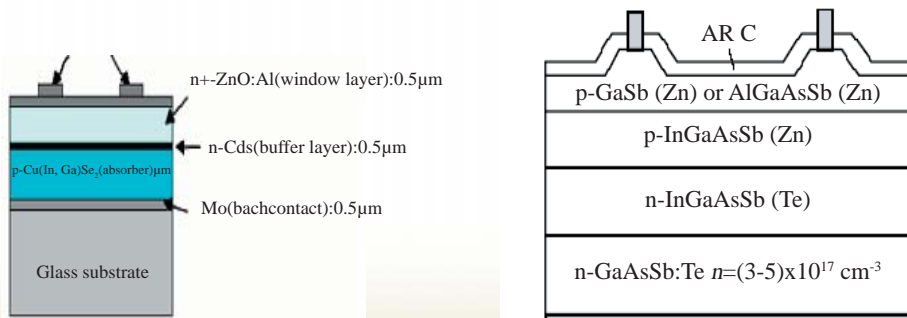


وصلة p-n



متعددة الوصلات

فلم رقيق



خلايا متعددة الطبقات

## طاقة الرياح

طاقة الرياح (wind energy) هي الطاقة الحركية المرافقة لحركة هواء الغلاف الجوي، وقد استعملت منذ مئات السنين في مجالات الإبحار وطحن الحبوب والري. وتقوم منظومات طاقة الرياح بتحويل هذه الطاقة الحركية إلى أشكال أخرى مفيدة من الطاقة، حيث استخدمت الطواحين الهوائية منذ أقدم العصور في الري وطحن الحبوب، وفي بداية القرن العشرين بدأ استخدام هذه المنظومات في توليد الطاقة الكهربائية. يتحول ما مقداره (1-3)% من طاقة الشمس التي تصطدم بالأرض إلى طاقة رياح. وهذا يعادل من 50 إلى 100 ضعف الطاقة التي تتحول إلى طاقة حيوية من قبل كل النباتات الموجودة على الأرض بواسطة عملية التركيب الضوئي.

إن معظم طاقة الرياح هذه توجد عند المرتفعات العالية حيث تتوافر سرعات رياح مستمرة تزيد عن 160 كم/سا (100 ميل/سا). وتتحول طاقة الرياح، بشكل نهائي، بواسطة الاحتكاك إلى حرارة منتشرة على كامل سطح الأرض والغلاف الجوي. يُعدُّ مصدر الرياح أمراً معقداً، إذ تقوم الشمس بتسخين الأرض بشكل غير منتظم وهذا يؤدي إلى أن تستقبل أقطاب الكرة الأرضية كمية من طاقة الشمس أقل من تلك التي يستقبلها خط الاستواء، وكذلك تسخن الأرض الجافة وتبرد بسرعة أكبر من البحار. هذا وتقوي الاختلافات التسخينية للهواء نظام نقل حراري جوي-كوني يصل بين سطح الكرة الأرضية والغلاف الجوي وحتى الستراتوسفير التي تتصرف كسقف افتراضي (virtual ceiling).

### تغيرات الرياح وقدرة العنصات:

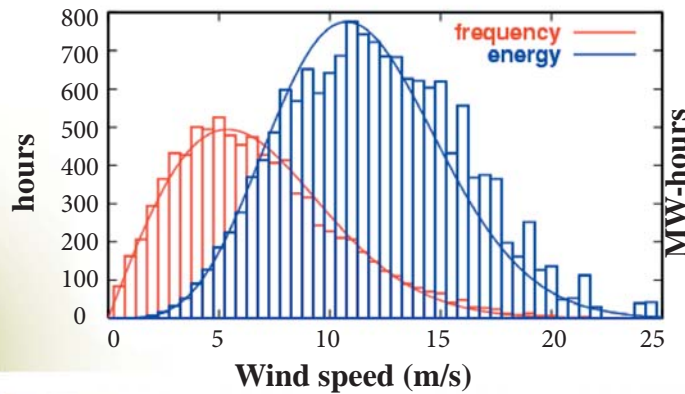
يمكن الحصول على القدرة الموجودة في الرياح عن طريق السماح لها بالمرور من خلال أجنحة تؤدي إلى تشكل عزم دوراني على دائر توربيني (turbine rotor)، وتتناسب كمية الطاقة المحولة مباشرة مع كثافة الهواء، والمساحة التي يمسحها الدائر ومكعب سرعة الريح. وتعطى الاستطاعة المتولدة من الرياح بالعلاقة:

$$p = \frac{1}{2} \rho \pi R^2 v^3$$

ويتغير جريان كتلة الهواء  $\rho$  التي تمر من خلال مساحة العنفة العاملة بالرياح مع سرعة الرياح وكثافة الهواء. فعلى سبيل المثال، في يوم معتدل البرودة ( $15^\circ\text{C}$ ) وعند سطح البحر تكون كثافة الهواء  $1.225 \text{ كغ/م}^3$  وعليه فإن رياحاً ذات سرعة مساوية لـ 8 م/ثا وتهب على دائر قطره 100م سوف يقوم بنقل كتلة من الهواء تقدر بـ 77000 كغ في الثانية الواحدة ضمن مساحة الدوار.

وتتغير أيضاً الطاقة الحركية لكتلة هوائية ما مع مربع سرعتها، لأن كتلة الهواء المتحركة تزداد خطياً مع سرعة الرياح وتزداد طاقة الرياح الممكن الحصول عليها مع مكعب سرعة هذه الرياح. وتقدر الاستطاعة التي تحملها الرياح في المثال السابق بـ 2.5 MW.

وبما أن العنفة العاملة بالرياح تقوم باستخلاص الطاقة من جريان الهواء، حيث إن سرعتها تقل بعد المرور من خلال العنفة، فإن هذا يؤدي إلى تبعثها وحرفها على جوانب العنفة. وقد حدد العالم الفيزيائي الألماني بيتس عام 1919 أن العنفة العاملة بالرياح تستطيع وكحد أقصى الحصول على حوالي 59% من طاقة الرياح التي تسمح أو تعبر المقطع العرضي للعنفة. ويطبق هذا المفهوم بغض النظر عن تصميم العنفة.



الشكل (10): يمثل شكل توزيع سرعة الرياح (أحمر) وطاقة الرياح (أزرق)

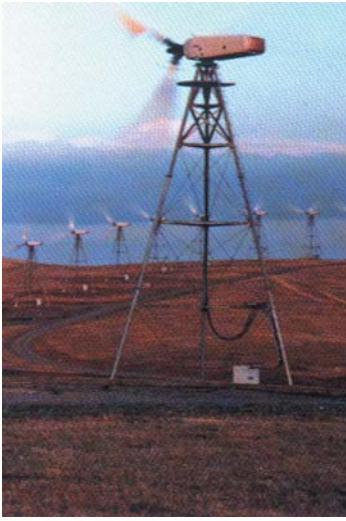


## تطبيقات طاقة الرياح

استخدمت طاقة الرياح، كما أسلفنا، منذ أقدم العصور وحديثاً تم استثمار هذه الطاقة في مجال توليد الكهرباء، ومن أهم التجهيزات التي تقوم بذلك هي العنفات العاملة بالرياح (wind turbines). وكمفهوم عام فإن المولدات العاملة بالرياح تصبح أكثر عملية عندما تكون سرعة الرياح أعلى من 4.5 متر/ثانية. يتم عادة اختيار المواقع المناسبة رياحياً على أساس أطالس الرياح وعلى قيم قياسات الرياح في ذلك الموقع. وتلعب الأرصاد الجوية دوراً حاسماً في تحديد المواقع الممكنة والمناسبة للمزارع العاملة بالرياح (wind farm). ولابد لنا هنا أن نبين بأن المعطيات المناخية الرياحية تكون عادة غير كافية من أجل الاختيار الصحيح لمواقع المشاريع الكبيرة لطاقة الرياح، و يجب أن يتوفر في الموقع المثالي جريان شبه ثابت للرياح وبدون أي اضطرابات على مدار العام.

تهب الرياح عادة بشكل أسرع على المرتفعات بسبب انخفاض تأثير مقاومة السطح للاحتكاك (سواء للبحر أو الأرض) وكذلك لانخفاض لزوجة الهواء. وتكون الزيادة في السرعة مع الارتفاع واضحة بشكل أكبر قرب السطح وتتأثر بطبوغرافية الأرض وخشونة السطح وبالموانع الطبيعية كالأشجار والصنعية كالأبنية.

هذا وقد تطورت تكنولوجيا العنفات العاملة بالرياح تاريخياً من العنفات نوات الشفرات المتعددة والتي كانت تستخدم بشكل أساسي في ضخ المياه بفعل ميكانيكي إلى عنفات لتوليد الكهرباء لاستخدامها في ضخ المياه وفي الإنارة وما يتبعهما على حد سواء. وقد كانت العنفات في العقود الماضية ذات استطاعات منخفضة حوالي بضعة آلاف الواط ووصلت إلى ما يزيد على 5 ميغاواط في وقتنا الحاضر، الشكل (11) يبين بعض النماذج المستعملة في وقتنا الحاضر.



الشكل (11): بعض نماذج العنفات العاملة بالرياح



الشكل (12): يمثل مزرعة عنفات عاملة بالرياح في المملكة المتحدة

تحتوي المزارع أو الحدائق العاملة بالرياح عادة على عدد كبير من العنفات المركبة. وبما أن كل عنفة ستقوم باستخلاص جزء من الطاقة من الرياح، فإنه من المهم أن تكون هناك مسافة كافية بين هذه العنفات لتجنب فقدان الطاقة، (الشكل 12). وعند توفر الأرض فإنه يجب أن لا تقل المسافة بين العنفات عن ثلاثة إلى خمسة أضعاف قطر دوار العنفة بمواجهة جهة الرياح المسيطرة وأن تزيد عن خمسة إلى عشرة أضعاف قطر الدوار باتجاه الرياح وذلك للتقليل من ضياع المردود لهذه العنفات.

مع نهاية القرن الماضي وبداية هذا القرن، أصبحت طاقة الرياح التي يتم توليد الكهرباء منها تعتبر من أكثر الطاقات نمواً في العالم. حيث تم إلى الآن تركيب الآلاف من العنفات العاملة بالرياح في كثير من دول العالم وقد زادت الاستطاعة الكلية المركبة لهذه العنفات على الـ 58000 ميغاواط، وزاد نصيب أوروبا على 69% منها. وندرج فيما يلي جدولاً يتضمن الاستطاعات المركبة في عدد من دول العالم مقدره بالـ ميغاواط.

الاستطاعة المركبة (عند نهاية السنة)				
الاستطاعة (MW)				
2004	2005	2006	البلد	الترتيب
16,629	18,428	20,622	ألمانيا	1
8,504	10,028	11,615	إسبانيا	2
6,725	9,149	11,603	أمريكا	3
3,000	4,430	6,270	الهند	4
3,124	3,128	3,136	الدانمرك	5
764	1,260	2,405	الصين	6
1,265	1,717	2,123	إيطاليا	7
888	1,353	1,963	إنكلترا	8
522	1,022	1,716	البرتغال	9
386	757	1,567	فرنسا	10
1,078	1,219	1,560	هولندا	11
444	683	1,451	كندا	12
896	1,040	1,394	اليابان	13
606	819	965	النمسا	14
379	572	817	أستراليا	15
473	573	756	اليونان	16
339	496	745	أيرلندا	17
452	510	572	السويد	18
270	270	325	النرويج	19
24	29	237	البرازيل	20
168	168		نيوزيلاند	?21
95	167	193	بلجيكا	?22
145	145		مصر	?23

ولابد لنا أن ننوه هنا بوجود نوعين أساسيين من المزارع العاملة بالرياح، حسب الموقع. فهناك المزارع البعيدة عن الشواطئ (onshore) التي تتركب في المناطق المرتفعة والجبلية وذلك لاستغلال ما يدعى بالتسارع الطبوغرافي، حيث تزيد المرتفعات أو التضاريس القاسية من سرعة الرياح من خلال إجبارها على المرور في مناطق محددة مما يؤدي بالتالي إلى زيادة كبيرة في كمية الطاقة المنتجة من هذه المنشأة.

وأما النوع الآخر فهو ما يدعى بالمزارع العاملة بالرياح داخل المناطق البحرية (offshore) الشكل (13). وتبعد عادة هذه المزارع ما يزيد على عشرة كيلومترات عن الشواطئ، وتكون أقل أذى من مثيلاتها على اليابسة وخاصة من حيث المظهر والضجيج.



الشكل (13): مزرعة بحرية لعنفات عاملة بالرياح، هولندا

### طاقة الكتلة الحيوية (bio-mass)

تعدُّ الكتلة الحيوية (bio-mass) واحداً من مصادر الطاقة المتجددة، وتعتبر من أهم مصادر الطاقة بعد الفحم والنفط والغاز الطبيعي. حيث تؤمن ما يزيد على 12% من الطاقة الكلية المستهلكة في أوروبا في وقتنا الحاضر، وتشمل النفايات والمخلفات العضوية المختلفة سواء النباتية منها أم الحيوانية. وقد تكون صلبة كالقمامة ومخلفات الحيوانات والأشجار، وقد تكون سائلة كميّاه المجاري ومخلفات بعض الصناعات. كما يمكن اعتبار المخلفات البيولوجية القابلة للتفكك من خلال حرقها كوقود ضمن هذا المصدر الطاقوي أيضاً. هذا وتوصف الكتلة الحيوية في كثير من الأحيان بأنها شكل من أشكال الطاقة الشمسية المخزنة، حيث يتم أسر طاقة الشمس من خلال عملية التركيب الضوئي في النباتات النامية.

وتقدر كمية الكتلة الحيوية الموجودة على الكرة الأرضية بـ 75 بليون طن، نذكر منها المخلفات البشرية التي تبلغ حوالي 250 مليون طن، والحيوانية حوالي 700 مليون طن والمخلفات النباتية حوالي 2 بليون طن.

إن استغلال الكتلة الحيوية يعتبر ضرورة حتمية وذلك لكونها ملوثة للبيئة ويجب التخلص منها حفاظاً على الصحة العامة، إذ يمكن تحويلها إلى طاقة أو تدوير بعض منها لاستخدامها مرة أخرى وخاصة في الصناعات التحويلية. كما يمكن معالجة ما تبقى من الكتل الحيوية وإنتاج السماد العضوي (fertilizer) الذي يعتبر عنصراً هاماً للتربة والنبات نظراً لاحتوائه على الفسفور، والنترجين، والبوتاسيوم، وهي عناصر غذائية ضرورية للنبات.

ويمكن استخدام الكتلة الحيوية في إنتاج الغاز الحيوي (biogas) الذي يحتوي على الميثان والبروبان اللذين يمكن استخدامهما في أغراض الإنارة والطبخ والتدفئة. وقد تم أيضاً الاستفادة من بعض المخلفات الزراعية التي تحتوي على نسبة عالية من الزيوت وذلك باستخلاص زيت يشبه زيت الديزل واستخدامه مباشرة في آلات الاحتراق الداخلي بكفاءة عالية دون الحاجة إلى إحداث أي تغيير أو تعديل في المحركات.

ولقد نشأت فكرة استخدام الكحول المنتج من الكتلة الحيوية كوقود في محركات السيارات قبل 30 عاماً تقريباً في كل من البرازيل والولايات المتحدة الأمريكية، وتم استعمال خليط من الغازولين والكحول الإيثيلي النقي كوقود لمحركات السيارات، وبلغت نسبة الكحول في هذا الخليط نحو 22%. وقد أطلق على هذا الخليط اسم "الغازوهول" (gasohol)، وهي كلمة مشتقة من "غازولين" (gasoline) و"كحول" (alcohol). وعلى الرغم من ارتفاع سعر الكحول كثيراً مقارنة بسعر الغازولين بما قد يتجاوز ثلاثة أضعاف، فإن له بعض الميزات الأخرى التي تؤهله للاستخدام في آلات الاحتراق الداخلي. وإحدى هذه الميزات هي أن الرقم الأوكتيني للكحول أعلى من الرقم الأوكتيني للغازولين، وهذه الخاصية تعوض النقص في قيمته الحرارية التي لا تزيد على ثلثي القيمة الحرارية للغازولين.

### استخلاص الطاقة (energy extraction)

حتى يكون الوقود الحيوي منافساً للوقود التقليدي، فيجب أن يكون مقارباً لسعره، بالإضافة إلى ضرورة وفرة وسهولة نقله. وتأتي القيمة العالية للمصادر التقليدية كالنفط والغاز من إمكانية تخزينها بتكلفة قليلة، كما أنها متوفرة عند الحاجة إليها. وهذه المصادر، بالإضافة



إلى الطاقة الكهربائية، تعتبر من أنواع الطاقة المتميزة بسهولة نقلها من مكان إلى آخر .

كما بينا سابقاً تتوافر مصادر الكتلة الحيوية بأشكال مختلفة مثل الخشب، والمخلفات الحيوانية، ونشارة الخشب، والقش، والورق القديم، والمخلفات المنزلية، ومخلفات المجاري. ومعظم هذه المصادر تتحلل بسرعة، وقسم منها له قابلية خزن جيدة. ولكون معظم هذه المصادر ذات أوزان عالية ولها طاقة منخفضة فإن نقلها من مكان إلى آخر بعيد نسبياً يكون مكلفاً. ونذكر هنا أهم طرق استخلاص الطاقة من الكتلة الحيوية:

- الحرق المباشر كوقود للأفران أو إنتاج الفحم من الأشجار والأخشاب.
- الحرق بعد إجراء عمليات فيزيائية بسيطة تتضمن الفصل أو التكسير أو الضغط أو التجفيف.
- العمليات الحرارية الكيميائية لتحسين كفاءة الوقود الحيوي. وهذه العمليات تتضمن التفكك الحراري والتسييل أو تحويل هذه الكتلة إلى غاز.
- العمليات البيولوجية، وهي عمليات طبيعية مثل التخمر الهوائي والتخمير بعمزلة عن الهواء وذلك بتأمين ظروف مناسبة لتتيح إنتاج وقود غازي أو وقود سائل.

الناتج الأول من بعض هذه الطرق هو الحرارة. وتستخدم هذه الحرارة عادة في العمليات الكيميائية أو التدفئة أو لتوليد بخار لغرض تدوير التوربينات الكهربائية. أما الناتج الآخر من بعض الطرق المشار إليها أعلاه فهو وقود صلب كالفحم النباتي وغيره أو سائل أو غازي. وتتم عملية الاحتراق كما هو مبين في العلاقة التالية:



حيث إن معظم مصادر الكتلة الحيوية تحتوي على أكسجين، ويمكننا تمثيل جزيئات المواد البيولوجية التي هي أكبر وأكثر تعقيداً من غاز الميثان بالطريقة البسيطة أعلاه.

## تطبيقات الكتلة الحيوية

يعتبر توليد الكهرباء والحرارة عن طريق حرق (combustion) الكتلة الحيوية أكثر الطرائق شيوعاً. وتصبح هذه الطريقة التقليدية غير مجدية في حالات المنشآت الصغيرة نتيجة لانخفاض مردودها وصعوبة تأمين استمرارية توافر مصدر الوقود الحيوي. وحتى في المنشآت الكبيرة فإن مشكلة الانبعاثات (emissions) والتعقيدات في تقانة التجهيزات وكذلك الإجراءات الصارمة إضافة إلى المردود المنخفض وبالتالي التكلفة المرتفعة تعيق وتحد أيضاً من استخدام هذه الطريقة.

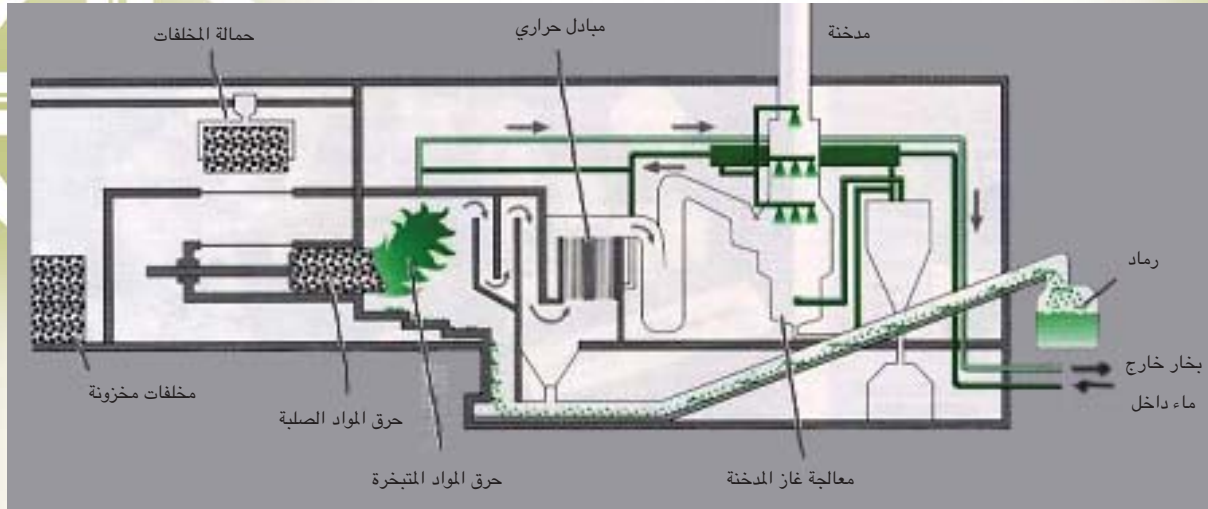
لقد أصبح لدينا في وقتنا الحاضر دوافع اقتصادية بيئية واجتماعية قوية لننتقل من الطريقة التقليدية لحرق المخلفات الحيوية، إلى طرق تقانية أكثر تطوراً لتحويل الكتلة الحيوية إلى طاقة حرارية-كيميائية (thermochemical) كالمنظومات الغازية المتكاملة المركبة. تتميز هذه المنظومات المتقدمة بمردودية عالية، وأداء بيئي نظيف وكلفة اقتصادية منخفضة لتأمين احتياجات الطلب المتزايد على الطاقة.

## الحرق المباشر (direct combustion)

إن الحرق المباشر هو إحدى الطرق المستخدمة لاستخلاص الطاقة من النفايات المنزلية التي لا تعدّ وقوداً مثالياً، إذ تتكون من مواد مختلفة ورطوبة عالية تصل إلى 20% أو أكثر أحياناً، وكثافة طاقتها قليلة لدرجة أن المتر المكعب منها يحتوي على طاقة تعادل 30% من طاقة الفحم الحجري للحجم نفسه. ونقل هذا النوع من الوقود مكلف أيضاً، وحرقة يتطلب منظومة خاصة به. وللمقارنة نضرب مثلاً على تبخير كمية من الماء موضوعة في قدر، إذ إن تبخير لتر واحد من الماء يتطلب طاقة تعادل 400 kJ أي ما يعادل الطاقة الناتجة من احتراق 40 سنتمتر مكعباً من الخشب، علماً بأن محتوى الطاقة في كل متر مكعب من الخشب المجفف بواسطة الهواء يساوي 10 غيغا جول (GJ) أو ما يعادل عشرة ملايين كيلو جول. أي أننا عملياً نحتاج إلى كمية خشب أكثر بخمسين مرة من الكمية المذكورة أعلاه لتبخير 1 لتر من الماء، وذلك لأن كفاءة التحويل لا تزيد على 2% بسبب ضياع الطاقة في عملية تبخير رطوبة الكتلة الحيوية.

تتكون عملية الاحتراق من مرحلتين، وذلك لأن أي وقود صلب يحتوي على مركبين قابلين للاحتراق، القطران والزيت. فخلال عملية الحرق تتطاير المادة ونحصل على خليط من بخار القطران والزيت. واحتراق هذا الخليط يكون لهاً يمكن رؤيته، أما الجزء الصلب المتبقي فإنه يتكون من خشب محروق يتربك من كربون يحترق لينتج ثاني أكسيد الكربون وبعض البقايا كالرماد.

تختلف المنظومات الحديثة لمحارق الوقود الحيوي باختلاف الوقود الحيوي نفسه. وتتراوح المحارق من أفران صغيرة مصممة لترشيد الاستهلاك في دول العالم الثالث، إلى مراحل بخارية كبيرة ذات سعة حرارية تقدر بالمليغاواط. ويوضح الشكل (14) منظومة احتراق كبيرة السعة.

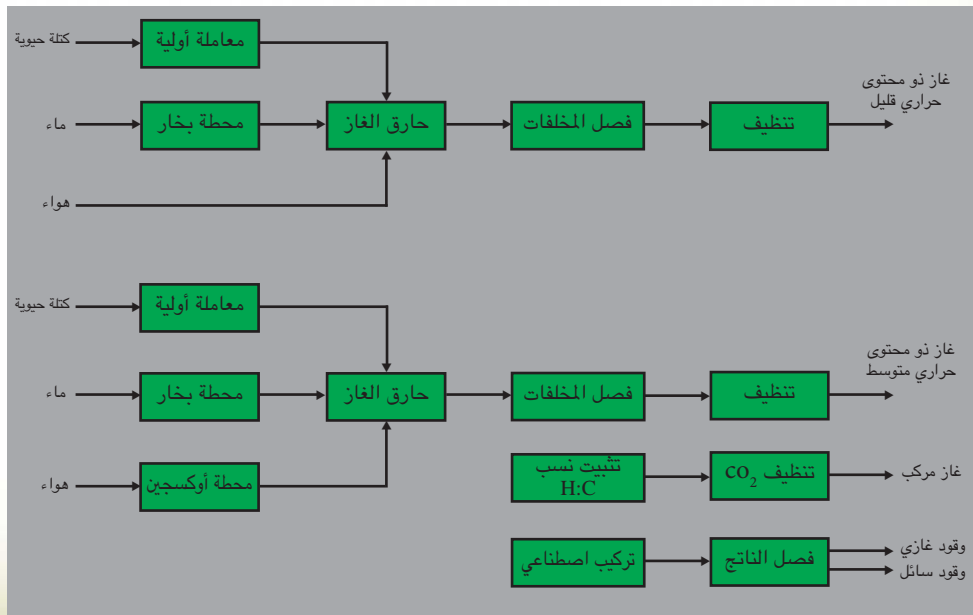


الشكل (14): منظومة احتراق كبيرة الحجم

يحظى تطوير منظومات الحرق المباشر بعناية في مختلف دول العالم، وخاصة الدول الأوربية. وأفضل طريقة مستخدمة الآن تدعى وقود القمامة المكثفة (densified refuse-derived fuel)، وتتضمن فصل الجزء القابل للاحتراق من القمامة وبعدها يتم سحقها وكبسها وتحفيقها لإنتاج وقود صلب يحتوي على كثافة طاقة تعادل حوالي 60% من طاقة الوقود.

#### عملية إنتاج الوقود الغازي (gasification)

يتضمن إنتاج الوقود الغازي عدة عمليات يتم فيها تعرض الوقود الصلب إلى بخار حار وهواء أو أكسجين لإنتاج وقود غازي. ويوضح الشكل (15) مثل هذه العملية. توجد عدة أنواع من هذه المنظومات وبدرجة حرارة تشغيل تتراوح من عدة مئات من الدرجات المئوية إلى ألف درجة مئوية، وضغوط تتراوح من ضغط جوي واحد إلى غاية 30 ضغطاً جويًا. والغاز الناتج هو خليط مكوناته الرئيسية هي أول أكسيد الكربون والهيدروجين والميثان بالإضافة إلى وجود ثاني أكسيد الكربون والنيتروجين وبنسب تعتمد على ظروف العملية وفيما إذا استخدم فيها الهواء أو الأكسجين.



الشكل (15): عمليات إنتاج الوقود الغازي

يعتبر الوقود المنتج أكثر نظافة من حرق القمامة أو مواد الكتلة الحيوية الأخرى، وكذلك يمكن خلال هذه العملية فصل المواد الكيميائية الملوثة للبيئة والمواد الأخرى التي تسبب الدخان عند احتراق الوقود، بالإضافة إلى أن الغاز هو وقود متعدد الاستخدام، وأحد الاستخدامات هو التدفئة وتوليد الكهرباء. ويمكن أيضاً استخدام الغاز في محركات الاحتراق الداخلي أو توربينات الغاز. وأخيراً فإن عملية إنتاج الوقود تحت ظروف مناسبة يمكن أن تنتج الغاز المركب الخليط من أول أكسيد الكربون والهيدروجين والذي يمكن استخدامه كبديل لإنتاج أي من الهيدروكربونات.

## طاقة الحرارة الجوفية



تعتبر الأرض خزاناً ضخماً للحرارة التي يعتقد بأن لها مصدرين: الأول، سببه هو أن الأرض كانت كتلة غازية حارة جداً ثم بدأت تبرد مع مرور الزمن، حيث بردت قشرتها وتصلبت نتيجة تماسها المباشر مع الفضاء الخارجي، أما الجزء الداخلي للأرض فما زالت درجة حرارته عالية جداً. والمصدر الثاني، ناتج من تفكك المواد المشعة الموجودة بمقادير صغيرة في الصخور كالراديوم واليورانيوم والتورينوم والبوتاسيوم وغير ذلك من المواد المشعة الموجودة بنسب متفاوتة في هذه الصخور. هذا ويمكن اعتبار الحرارة الجوفية على أنها شكل من أشكال الطاقة المتجددة، ولكن، بما أن حرارة أي موقع قابلة للنضوب، فإنها ليست متجددة بالمعنى الدقيق. لكنها تشترك مع مصادر الطاقة المتجددة بكونها طاقة نظيفة وطبيعية وتختلف عن مصادر الطاقة التقليدية المخزونة في باطن الأرض كالنفط أو الوقود النووي.

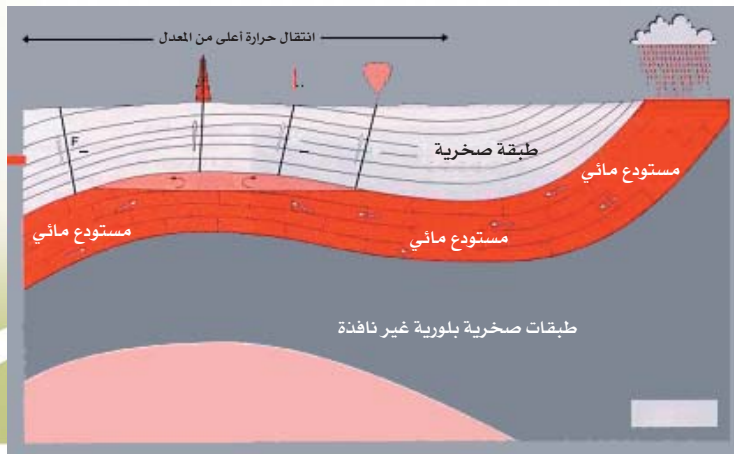
الشكل (16): يمثل نبعاً للمياه الجوفية في الفلبين

إن كمية الحرارة المتسربة سنوياً من باطن الأرض تعادل تقريباً  $10^{12}$  جول، وهي قليلة مقارنة بحرارة الشمس التي تصل إلى الأرض سنوياً والبالغة  $5.4 \times 10^{24}$  جول. وبعض مناطق الأرض فيها كمية حرارة مركزة وقريبة من سطح الأرض، وتقوم المياه الجوفية بنقل هذه الحرارة إلى سطح الأرض على شكل ينابيع ساخنة يتصاعد منها الماء الساخن أو البخار، الشكل (16).

## أنواع مصادر الطاقة الجوفية

هناك ثلاث خصائص هامة لمصادر الطاقة الجوفية بشتى أنواعها، كما هو مبين بالشكل (17) وهي:

- 1- طبقة مائية صخرية (aquifer) تحتوي على ماء يُمكن الوصول إليه بعد الحفر.
- 2- طبقة صخرية فوقية (cap rock) تحجز الماء.
- 3- مصدر حراري.



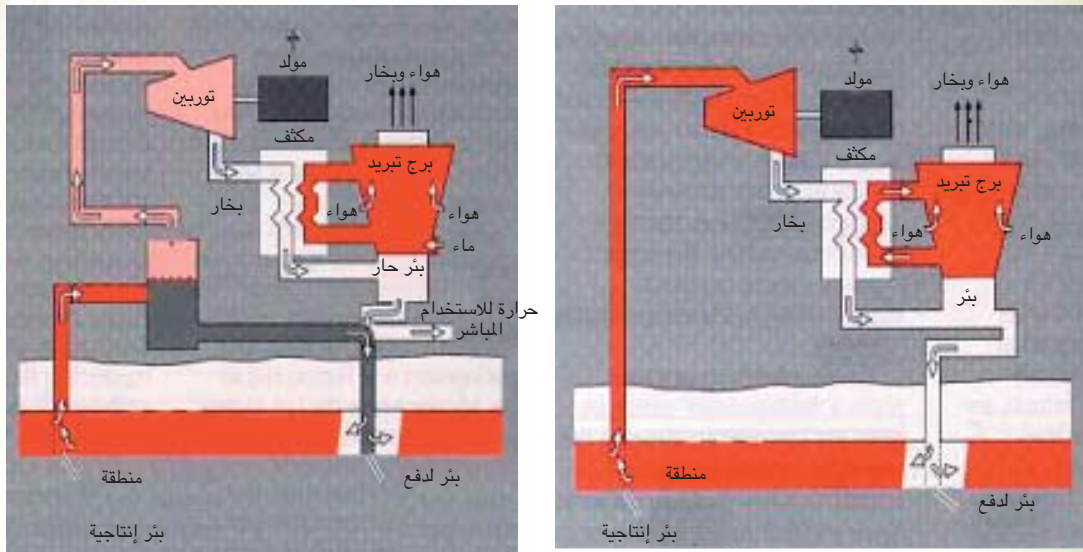
الشكل (17): خصائص مصادر الطاقة الجوفية



## توليد الكهرباء من الحرارة الجوفية

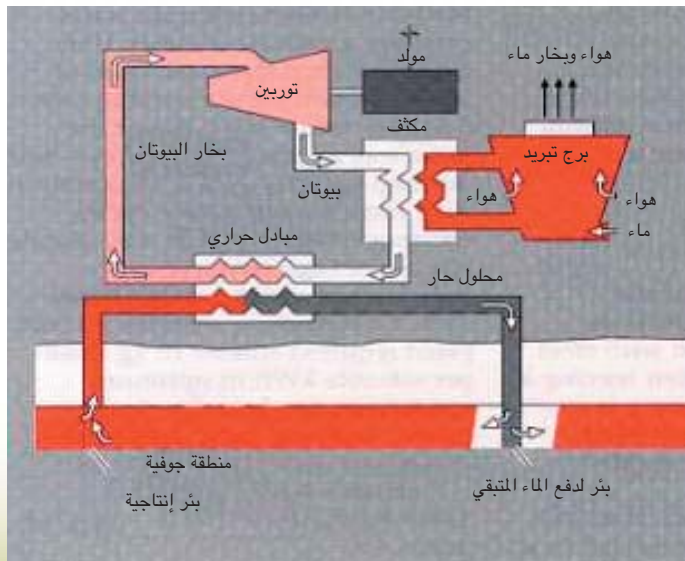
لقد وصلت طاقة الكهرباء المولدة من الحرارة الجوفية في العالم عام 2005 إلى حوالي 9.3 غيغاواط ساعي، إضافة إلى حوالي 28 غيغاواط مستخدمة مباشرة في مجال التدفئة.

هناك ثلاثة أنواع رئيسية لمنشآت توليد الكهرباء من الحرارة الجوفية هي منشأة البخار الجاف والوميضية (flash) والدورة الثنائية. فمنشآت البخار الجاف تستعمل البخار الناتج من تشققات القشرة الأرضية مباشرة لقيادة عنفة تدور المولد الكهربائي. بينما تستعمل عادة المنشآت الوميضية الماء الحار، بدرجة حرارة أقل من 200 درجة مئوية، من الأرض حيث يسمح لها بالغليان مع رفعها إلى سطح الأرض حيث يتم فصل الماء عن البخار لاستخدامه مباشرة في تدوير عنفة بخارية وبالتالي توليد الكهرباء.



الشكل (18): يمثل مخططين لمحطتي توليد كهرباء من النموذجين البخار الجاف والوميضي

أما النوع الثالث من هذه المنشآت فيسمى بالثنائية أو المزدوجة، حيث تمرر المياه الحارة عبر مبدلات حرارية لتقوم بتبخير موائع عضوية ذات درجة حرارة أقل من درجة غليان الماء مثل البنتين والبيوتين اللذين يتبخران ويدوران العنفة البخارية، الشكل (19).



الشكل (19): يمثل مخططاً لمحطة بخار جاف من النوع المزدوج

تحقن المياه المتكثفة وكل مخلفات السوائل الجوفية الناتجة من العمليات في المنشآت الثلاث السابقة الذكر إلى باطن الأرض حيث الصخور العالية الحرارة وذلك من أجل رفع درجة حرارتها ثانية. لهذا السبب ينظر إلى طاقة الحرارة الجوفية على أنها مستدامة.

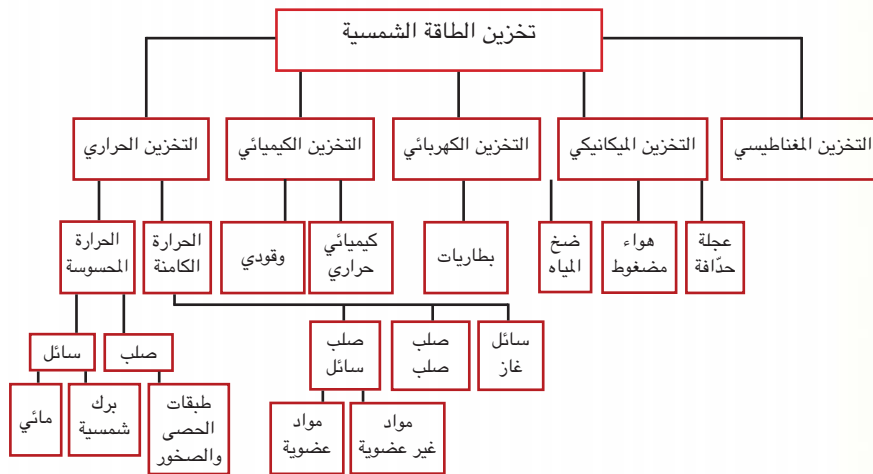
## خزن الطاقة المتجددة

نظراً لتوفر مصادر الطاقة في فترات زمنية معينة ووجود فائض منها في أحيان كثيرة، وكذلك نقصانها في فترات أخرى، كان لابد من إيجاد طرق لخزن الطاقة الفائضة ليتم استخدامها في الأوقات التي تدعو الحاجة إليها.

تكتسب تقنية الخزن أهمية كبيرة في تحسين كفاءة وأداء منظومات الطاقة المتجددة، وتعتبر المفتاح الرئيسي لاستغلال هذه المصادر بصورة واسعة وعلى النطاق التجاري حيث ستزيد من مشاركتها في توفير المتطلبات وتقليل نفقات الطاقة المصروفة.

يمكن خزن الطاقة المتجددة لفترات قصيرة أو طويلة حسب المتطلبات، ويرافق ذلك أليتان رئيسيتان هما الشحن والتفريغ، وعلى هذا الأساس يعتمد تصميم نظام الخزن على عدة متغيرات وعوامل أهمها: أوقات توفر الطاقة، ونوع وسط الخزن المستخدم، ومقدار الخسائر من الطاقة أثناء عملية الخزن، وكلفة منظومات الخزن والحمل الحراري أو الكهربائي المطلوب.

هناك عدد من المنظومات الرئيسية لخزن الطاقة، والتي يمكن استخدامها في منظومات الطاقة المتجددة، وهي منظومة الخزن الحراري والخزن الميكانيكي والخزن الكهربائي والخزن الكيميائي والخزن المغنطيسي. فالطاقة الحرارية يمكن خزنها بواسطة الحرارة المحسوسة والحرارة الكامنة، والطاقة الكهربائية تخزن عادةً في بطاريات، والطاقة الميكانيكية تخزن كطاقة حركية أو كطاقة كامنة في خزانات الهواء المضغوط أو خزانات المياه العالية الحداثة والطاقة الكيميائية تخزن عادة من خلال التفاعلات الكيميائية العكسية أو خزن الوقود الناتج عن التفاعلات الكيمو-ضوئية، والخزن المغنطيسي يتم باستخدام ملفات مغنطيسية فائقة التوصيل مصنوعة من مواد ذات مقاومة صغيرة جداً عند درجات حرارة منخفضة. ويبين الشكل (20) مخططاً مبسطاً لأهم الطرق والنماذج لتخزين الطاقة.



الشكل (20): مخطط لأهم طرق تخزين الطاقة المتجددة

## الخزن الكهربائي (electrical storage)

الخزن الكهربائي هو أحد المواضيع الرئيسية المرتبطة بتوسيع انتشار منظومات الخلايا الفوتوفولطية. والمشاكل المتعلقة بخزن الطاقة الكهربائية هي ارتفاع أسعار البطاريات، وحاجتها إلى صيانة مستديمة، وعمرها المحدود. والتقنية الحالية في هذا المجال تتمثل بشيوع استخدام البطارية التقليدية، وهي بطارية الرصاص الحامضية (Pb/PbO<sub>2</sub>) وبطارية النيكل كادميوم (Ni/Cd)، ومن المحتمل أن يستمر كخازنين للطاقة الكهربائية لعدة سنوات قادمة.

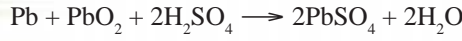
تتميز بطارية الرصاص الحامضية، بالإضافة إلى توفرها في الأسواق، بإمكانية الاعتماد عليها لأنها تتمتع بوقت خزن جيد وكفاءة عالية. ومن سلبياتها أن عمرها محدود ويعتمد على التشغيل اليومي كما أنها تنفرغ تلقائياً مع الزمن.

والتفاعل الأساسي لبطارية الرصاص الحامضية هو:



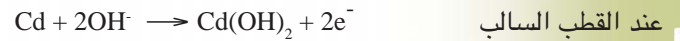


وعليه يكون ملخص التفاعل هو :



وعند شحن البطارية يتكون القطب الموجب من  $\text{PbO}_2$  والقطب السالب يكون رصاصاً صافياً ( $\text{Pb}$ ). وخلال التفريغ يتحول كلا القطبين إلى  $\text{PbSO}_4$ .

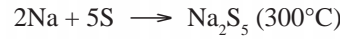
أما التفاعل الأساسي لبطارية النيكل كادميوم Ni/Cd فهو:



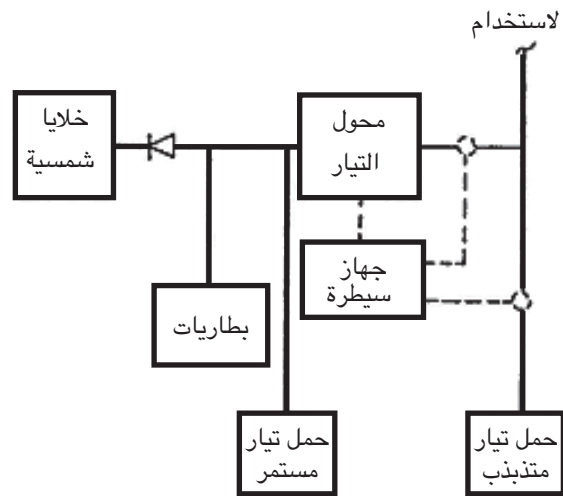
وعليه يكون ملخص التفاعل هو :



هناك جهود مستمرة لصنع بطاريات متطورة تتميز بتحسين كثافة الخزن وتقليل السعر مع ضمان بقاء الخواص الأخرى بالبطارية، خاصة عدد ساعات التشغيل. والتقنية الحديثة تتجه حالياً نحو منظومات بدرجات حرارة عالية أو منظومات تحتوي على مفاعلات سائلة أو غازية. ومن أكثر البطاريات المتطورة ذات درجات الحرارة العالية والمستخدمة حالياً هي بطاريات الكبريت والصوديوم Na/S. والتفاعل الأساسي لها هو:



فالإلكتروليت الخاص بالبطارية هو صلب ( $\text{BaCl}_2\text{O}_3$ ) وهو موصل جيد لأيونات الصوديوم. وهذه البطاريات يمكن تشغيلها فقط عند درجة 300 مئوية، لأنه عند هذه الدرجة تتوفر للإلكتروليت الموصلية الجيدة حيث تكون التفاعلات بحالتها السائلة. ومن إيجابيات هذا النوع من البطاريات أن كثافة طاقتها عالية جداً. وهذه البطاريات مصنعة حالياً على نطاق ضيق وشيوعها في الأسواق يتطلب عدة سنوات. كما أن هناك أنواعاً أخرى من البطاريات منها بطارية الزنك كلورين  $\text{Zn}/\text{Cl}_2$  التي من مواصفاتها أن تفاعل  $\text{Zn}/\text{Cl}_2$  يولد كثافة طاقة عالية جداً، ولكن مشكلتها هي أن الكلورين ( $\text{Cl}_2$ ) يكون بحالة غازية ومن الصعب خزنه ولكنه يتحول إلى مادة  $\text{Cl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  صلبة بدرجة أقل من 10 مئوية، لذلك فإن البطارية يجب أن تزود بثلاجة لضمان بقاء الكلورين بدرجة أقل من 10 مئوية. وهناك بطارية أخرى يمكن أن تعمل بدرجات حرارة عادية، وهي بطارية الريدوكس (redox). ومن إيجابياتها الرئيسية رخص كلفتها إذ يمكن استخدامها في منظومات توليد الطاقة الكهربائية بواسطة الخلايا الفوتوفولطية. ويبين الشكل (21) مخططاً لمنظومة خزن مع مصدر كهربائي مولد من خلايا فوتوفولطية.



الشكل (21): مخطط لمنظومة خزن مع مصدر كهربائي مولد من خلايا فوتوفولطية



## الرخن الكيمائي (chemical storage)

يمكن رخن الطاقة كيمائياً إما بواسطة رخن الوقود الناتج عن التفاعلات الكيمو-ضوءية، أو التخزين الناتج عن التفاعلات الكيمائية العكسية.

### الرخن الوقودي

ويتم ذلك برخن الطاقة على شكل وقود يمكن إنتاجه بواسطة التفاعلات الكيمو-ضوءية، وفي هذه الحالة يمكن استخدام بطاريات رخن خاصة يحدث منها تفاعلات كيمائية عن طريق تأثير الضوء عند الشحن ثم تفريغها. وأحد هذه التطبيقات هو تحلل مركب كلوريد النتروزو إلى مركباته بوجود الأشعة الشمسية كما يلي:



عند استهلاك الطاقة فإن اتجاه التفاعل ينعكس إذ يتفاعل الكلور مع أكسيد النتروجين ليكونا المركب NOCl بالإضافة إلى حرارة يمكن استغلالها للأغراض المختلفة.

ومن طرق رخن الطاقة الحرارية الأخرى هو تحلل مركب الأمونيوم بايوسلفيت



فالماء وثالث أكسيد الكبريت يتكثفان إلى سائل في درجة حرارة مقاربة لدرجة حرارة المحيط، والأمونيا يمكن جمعها عكسياً مع ملح مناسب في درجة مقاربة لحرارة المحيط، ولكن الحرارة الناتجة عند التكثيف يصبح استغلالها صعباً وذلك لأن قسماً كبيراً من هذه الطاقة يجب أن يصرف لفصل الغازات الثلاثة ولهذا فإن الكفاءة الحرارية لتحلل مركب الأمونيوم بايوسلفيت تكون أقل بكثير من 100%. ومن الطرق الأخرى للرخن هو تحلل مادة هيدروكسيد المغنيزيوم الصلبة  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  بدرجة حرارة مقدارها 540 كلفن تحت الضغط الجوي الاعتيادي لإنتاج مادة صلبة هي أكسيد المغنيزيوم وبخار الماء، وإن كمية الحرارة الناتجة من التفاعل تساوي 19 كيلو كالوري لكل جول. هنالك منظومات كثيرة أخرى يمكن استخدامها لرخن الطاقة الحرارية. ولكن المشكلة الرئيسية التي تحد من استخدامها هي أن كفاءتها قليلة وكثافة رختها منخفضة إذا لم تكن نتائج تفاعلها بطور غازي.

### رخن الهيدروجين

إن مميزات الهيدروجين كوسيط كيمائي لرخن الطاقة كثيرة، أهمها كونه يتولد بكفاءة عالية وله مواصفات جيدة للرخن الحراري لفترة طويلة وبدرجات حرارة مقاربة لدرجة حرارة الجو، ويمكن رخته ونقله كغاز أو كسائل إلى مناطق بعيدة، كما يمكن استخدامه لتوليد الطاقة الكهربائية من خلايا الوقود أو من حرقة الذي ينتج درجة حرارة لهب أعلى من 2000 كلفن.

ويمكن إنتاج الهيدروجين من الماء واستخدام أشعة الشمس من خلال عدة عمليات متعاقبة يتم فيها تحلل الماء بدرجة حرارة عالية تصل إلى 1100 كلفن أو من تحلل حامض الكبريتيك.

ويخزن الهيدروجين عادة إما بشكل سائل أو غاز مضغوط في أوعية فولاذية ذات غلاف خارجي مزدوج مفصولة بطبقة من الهواء بدرجة 250 مئوية و10 ضغط جوي.

## أمثلة مضاعفة التواتر لليزر معدّل داخل الجوف

### ملخص

نناقش في هذا العمل نظرية أمثلة مضاعفة التواتر لليزر معدّل. أخذ أثر الضياع اللاخطي الذي يسببه مضاعف التواتر داخل المجاوب الليزري بعين الاعتبار في كتابة معادلات المعدل. نُرست مميزات النبضة التوافقية كالقدرة العظمى، وطاقة النبضة الليزرية، والعرض الزمني للنبضة. اعتمدت تقنية مضاريب لاغرانج في الحل للحصول على قدرة خرج عظمى للنبضة التوافقية الثانية عند مستوى محدد من طاقة الضخ. وقد وجد أن عامل مضاعفة التواتر الأمثل ثابت، ويساوي الواحد. جرى الحصول على منحنيات التصميم المتعلقة بمعاملات الليزر المميزة. تساعد هذه المنحنيات في تصميم أمثل لليزرات منمنمة مضاعفة التواتر ذات تعديل جودة داخلي، كما تساعد في التنبؤ بمميزات النبضة.

**الكلمات المفتاحية:** توليد التوافقية الثانية داخل المجاوب الليزري، معدّل الجودة، أمثلة.

نُشرت ورقة البحث هذه في مجلة: *Optics and Lasers Technology*, 2006



محمد الشيخ خليل، بسام عباس  
هيئة الطاقة الذرية السورية - قسم الفيزياء

## أنماط متعددة الببتيد لعزلات سورية من الفطر *Pyrenophora graminea*

### ملخص

يعتبر الفطر *Pyrenophora graminea*، المسبب لمرض تخطط أوراق الشعير، مرضاً اقتصادياً هاماً ومنتشراً في العالم. لهذا الفطر تباين كبير، وبالتالي فإن توفر المعلومات حول الأنماط البوليببتيدية يكون أساسياً عند دراسة بنية المجتمع الوراثي.

لنقصي عدد وتوزع الأنماط البوليببتيدية لمجتمعات الفطر *P. graminea* السورية، جرى تحليل 61 عزلة جُمعت من مناطق مختلفة من سورية باستخدام هلامة رحلان كهربائي 10% من SDS-PAGE. تم تحديد 12 نمطاً مميزاً. وكان النمط p11 أكثر الأنماط شيوعاً حيث شكل 44% من العزلات المدروسة.

أظهرت عزلات المناطق الشمالية من سورية بشكل عام طيفاً واسعاً من الأنماط البوليببتيدية مقارنة مع عزلات جُمعت من مناطق أخرى في القطر. ولوحظ تطابق في أعداد الحزم ذات التعددية الشكلية في جميع الاختبارات (لكل عزلة-نمط بوليببتيدي). تؤكّد نتائجنا أهمية الأنماط البوليببتيدية في التوصيف الجزيئي للفطر *P. graminea* وفائدتها في انتخاب العزلات في المستقبل وذلك بغية تطوير مقاومة دائمة لمرض تخطط الأوراق.

**الكلمات المفتاحية:** الفطر *Pyrenophora graminea*، الشعير، SDS-PAGE، الأنماط البوليببتيدية.

نُشرت ورقة البحث هذه في مجلة: *Journal of Plant Pathology* 2006



د. محمد عماد الدين عرابي، محمد جوهر، د. نزار ميرعلي  
هيئة الطاقة الذرية السورية - قسم البيولوجيا  
الجزيئية والتقانة الحيوية



د. محمد راتب المصري  
هيئة الطاقة الذرية السورية - قسم الزراعة

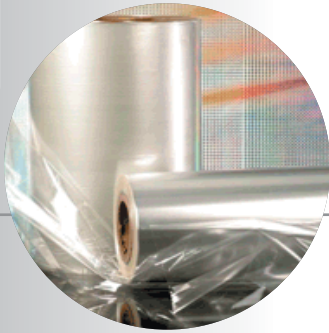
## الأداء الإنتاجي وحجم جهاز الهضم لصيصان الفروج المغذاة على عليقة تقليدية أو على عليقة جميع مكوناتها نباتية

### ملخص

أُجريت تجارب لدراسة تأثير تغذية صيصان الفروج على عليقتين من الذرة ومسحوق الصويا، أُضيف إلى إحدهما مسحوق اللحم والعظم (عليقة تقليدية) والأخرى دون إضافة للمركب الأخير (عليقة نباتية)، على معامل الاستفادة من العلف (FE) ومعامل الاستفادة من طاقة العلف الاستقلابية (MEE) وعلى المظاهر البيولوجية لأعضاء الهضم خلال 1-53 يوماً من عمر الطيور. أشارت النتائج إلى أن تغذية صيصان الفروج على عليقة تقليدية أو على عليقة نباتية لم تؤثر معنوياً ( $P > 0.05$ ) على قيم FE وMEE. بلغ متوسط القيمة لمعيار FE (كغ علف المستهلك/كغ زيادة في الوزن الحي) 1.87 ولمعيار MEE (ميغاجول طاقة استقلابية مستهلكة/كغ زيادة في الوزن الحي) 22.03. وكانت قيم FE مرتبطة بشكل إيجابي مع قيم الطاقة الاستقلابية المستهلكة ( $R=0.77$ ). وإن التغيير في تغذية صيصان الفروج من عليقة تحتوي على مسحوق لحم مع عظم إلى عليقة تحتوي كلياً على مكونات نباتية لم يؤثر بشكل سلبي على المظاهر البيولوجية للجهاز الهضمي للطيور (الأوزان النسبية للحوصلة، المعدة الغدية والقونصة والاثنى عشري والصائم واللفائفي والأعورين والكولون والبنكرياس والكبد). ويوصى باستخدام عليقة جميع مكوناتها نباتية لإنتاج الفروج.

الكلمات المفتاحية: فروج، نباتي، أداء العليقة، جهاز هضمي.

نُشرت ورقة البحث هذه في مجلة: *Journal of Applied Animal Research* 2006



منذر قطان، إيمان النسر  
هيئة الطاقة الذرية السورية - قسم تكنولوجيا الإشعاع  
دائرة تقانة البوليميرات

## البلعمة التشاركية المطعمة المحدثه بأشعة غاما لحمض الأكرليك على أفلام بولي إيثيلين ترفتالات : دراسة بواسطة التحليل الحراري

### ملخص

أُجري تطعيم حمض الأكرليك على أفلام بولي إيثيلين ترفتالات باستخدام أشعة غاما. بُحث تأثير عدة عوامل على نسبة التطعيم مثل تركيز المونومير، وتركيز المثبط، والجرعة الإشعاعية. وجد أن نسبة التطعيم ترتبط بهذه العوامل ويمكن الحصول على قيم عظمى عند 1.5% من تركيز المثبط و40% من تركيز المونومير. وصفت الأفلام المطعمة التي تم الحصول عليها بواسطة قياسات الانتباجية والتحليل الحراري التفاضلي والتحليل الوزني الحراري. بيّنت نتائج التحليل الحراري التفاضلي انخفاضاً في قيم قفزة السعة الحرارية ودرجة حرارة التحول الزجاجي بزيادة نسبة التطعيم، ولوحظ تأثر كل من قابلية بولي إيثيلين ترفتالات للتبلور وحجم المناطق البلورية بعملية التطعيم. كذلك اختبرت أفلام بولي إيثيلين ترفتالات المطعمة للاستعمال كمبادلات شاردية للنحاس، والنيكل، والكوبالت، والرصاص. وجد بأن سعة الاستخلاص الشاردي تتعلق بنسبة التطعيم.

الكلمات المفتاحية: تبلور، تحول زجاجي، مبادل شاردي، أشعة.

نُشرت ورقة البحث هذه في مجلة: *Journal of Applied Polymer Science* 2006



## مستحلبات مكروية ناتجة عن خافض توتر سطحي لأيوني هكسا إيتيلين غليكول مونو-ن-دوديسيل الإيثر وكمية قليلة من خافضات توتر سطحي أيونية

### ملخص

رُس تأثير إضافة قليلة من خافضات التوتر السطحي الأيونية مثل دوديسيل سلفات الصوديوم (SDS) وكربوكسيلات الإيتوكسيل (TDC) إلى خافض التوتر السطحي غير الأيوني هكسا إيتيلين غليكول مونو-ن-دوديسيل الإيثر ( $C_{12}E_6$ ) على المستحلبات المكروية المتشكلة في الجملة ماء/ديكان/خافض توتر سطحي. بين الوصف التجريبي للسلوك الطوري أنه يسمح بتحديد درجة حرارة انعكاس الطور PIT وما هي فعالية خافضات التوتر السطحي المتوقعة. أظهرت الدراسة أيضاً ازدياداً في درجة الحرارة وانحلالية عظمى عند الـ PIT كما هو متوقع، وكذلك زيادة ملحوظة في سطح الانحلالية. إضافة إلى ذلك، حسّنت استقرارية درجة حرارة هذه المستحلبات المكروية.

تشير الدراسة البنيوية للجملة ماء/( $C_{12}E_6 + 1\% \text{ TDC}$ ) أن الطور البلوري السائل لها هو صفيحي عند الدرجة  $45^\circ\text{C}$ . حُدث الثوابت البنيوية باستخدام تقانة انعراج الأشعة السينية بزوايا صغيرة. تسمح دراسة الطور الصفيحي بوصف تطور شكل السلاسل لخافض التوتر السطحي.

**الكلمات المفتاحية:** مستحلب مكروي، خافض توتر سطحي لأيوني، خافض توتر سطحي أيوني، نقطة العكس، PIT، بلورات سائلة صفيحية.

نُشرت ورقة البحث هذه في مجلة: *Tenside Surfactants Detergents* 2006



موسى الإبراهيم

هيئة الطاقة الذرية السورية - قسم الكيمياء



د. عادل عوض

جامعة تشرين - قسم الهندسة البيئية

د. أنغوفون بوسر

جامعة هامبورغ التكنولوجية - ألمانيا - باحث في قسم العمليات

د. كنوت وشمان

جامعة هامبورغ التكنولوجية - ألمانيا - رئيس معهد

مصادر المياه والتزويد بالمياه

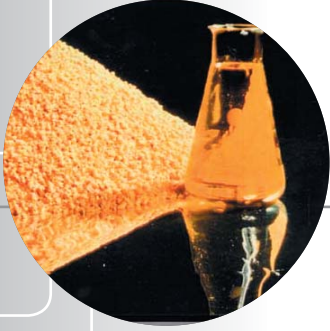
## تفوق الخوارزميات الجينية (الوراثية) ذات الترميز الحقيقي في النمذجة المثلى لنظم المياه على تقنيات البحث الأخرى

### ملخص

يُبين هذا العمل البحثي كيفية تطوير خوارزميات النمذجة الجينية من خلال التمثيل الحقيقي للنظام الأمثل للمياه. رُست مشكلتان معروفتان تماماً ووجدت حلولاً لهما، حيث يمكن من خلالهما استخدام فعالية وأداء هذه الطريقة بهدف الوصول إلى التصميم المثلى. فالمشكلة الأولى كانت شبكة افتراضية صغيرة والثانية كانت نظاماً حقيقياً أولاً، في أنفاق التزويد بمياه الشرب لمدينة نيويورك. قورنت النتائج مع تقانات بحثية أخرى (النمذجة بطريقة التلدين التجريبي) وخوارزميات النمذجة الجينية (التي تعمل بالترميز الثنائي وبترميز جراي وبالترميز الصحيح). فقد أثبتنا من أجل نظم شبكية صغيرة أن النمذجة الحقيقية تعطي حلاً أكثر كلفة بقليل من النمذجة بطريقة التلدين التجريبي وبترميز جراي للنمذجة الجينية. ويمكن إعادة ذلك إلى عدد الجينات المستخدمة في الكروموزوم المتشكلة عن التمثيل الحقيقي، وهو أقل مما يحتاجه الحفاظ على تنوع المجتمع. ومن أجل النظم الشبكية الأوسع، فقد وجد أن التمثيل الحقيقي فعال جداً ويوفر الحل المجدي الأقل كلفة لمشكلة أنفاق التزويد بمياه الشرب لمدينة نيويورك.

**الكلمات المفتاحية:** خوارزميات النمذجة الجينية، أمثلة، نمذجة حقيقية، شبكة صغيرة، أنفاق التزويد بمياه الشرب لمدينة نيويورك.

نُشرت ورقة البحث هذه في مجلة: *Computer Research*, April 2006



د. خالد حداد، د. حازم سومان  
هيئة الطاقة الذرية السورية - قسم الهندسة النووية

## تعيين معامل التوهين الذاتي في الاختبارات اللاإتلافية السلبية لنترات اليورانيل انطلاقاً من نسب شدات خطوط غاما و X المميزة لليورانسيوم

### ملخص

تمَّ تجريبياً تحري الترابط الممكن ما بين معامل تصحيح التوهين الذاتي ونسب شدات الخطوط الطيفية في اختبار غاما الطيفي لنترات اليورانيل وحوكي حاسوبياً باستخدام الكود MCNP. استخدمت في هذا العمل خطوط غاما و X المميزة لليورانسيوم، وقيست باستخدام مطيافية غاما بكاشف جرمانيوم للطاقات المنخفضة. وقد بيّنت النتائج التجريبية، التي توافقت مع الحاسوبية، ترابطاً واضحاً ما بين معامل التوهين الذاتي ونسب شدات الخطوط (185.7 keV)/(63.23 keV)، (185.7 keV)/(185.7 keV)، (98.44 keV)/(185.7 keV)، (143.8 keV)/(185.7 keV). ييسّط هذا الترابط تحديد معامل تصحيح التوهين الذاتي إلى حدٍ كبير ويختصر الإجراءات التقليدية المضنية المستخدمة لتحديد هذا المعامل.

الكلمات المفتاحية: معامل تصحيح التوهين الذاتي، الاختبارات اللاإتلافية السلبية، نسبة شدات MCNP.

نُشرت ورقة البحث هذه في مجلة: *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* 2006



د. محفوظ البشير  
هيئة الطاقة الذرية السورية - قسم تكنولوجيا الإشعاع

## تأثير المعالجة بأشعة غاما في الحمولة الميكروبية والاستخلاص والخصائص الحسية لبذور اليانسون

### ملخص

عُرّضت بذور اليانسون للجرع 0، 5، 10، 15، 20 كيلوغرام في وحدة تشعيع النظير المشع كوبالت-60، وحُزّنت العينات المشعّة وغير المشعّة بدرجة حرارة الغرفة. قُدّرت الحمولة الميكروبية ومجمّل المادة الصلبة والمادة غير العضوية القابلة للذوبان في الخلاصة المائية، والخصائص الحسية للخلاصة بعد التشعيع مباشرة وبعد مرور 6 و12 شهراً على التشعيع. بيّنت النتائج أن أشعة غاما قد خفضت أعداد الميكروبات الهوائية عند بذور اليانسون. بعد التشعيع مباشرة، كان مجمّل المواد الصلبة الذوابة في خلاصة البذور المعالجة بالأشعة أعلى مما هو عليه في خلاصة البذور غير المعالجة بالأشعة. وازداد مجمّل المواد الصلبة الذوابة في خلاصة البذور المعالجة وغير المعالجة بالأشعة وذلك بعد مرور 6 و12 شهراً على التخزين. لم تسجل فروق معنوية ( $p > 0.05$ ) في كمية الجزء غير العضوي من المواد الصلبة القابلة للذوبان بين الخلاصة الناتجة عن بذور معالجة أو غير معالجة بالأشعة. أشار التقويم الحسي إلى أن أشعة غاما حسّنت الخصائص الحسية للخلاصة المائية المختبرة بعد التشعيع مباشرة، ومع ذلك، فبعد 12 شهراً من التخزين، لم تسجل فروق معنوية ( $p > 0.05$ ) في اللون والطعم والنكهة بين خلاصة البذور المشعّة وغير المشعّة.

الكلمات المفتاحية: إزالة التلوث الميكروبي، خلاصة مائية، تشعيع، بذور اليانسون، تقويم حسي.

نُشرت ورقة البحث هذه في مجلة: *Bioresource Technology* 2006

## كثيرات حدود بسيطة من أجل تعيين دقيق للمقاومة النوعية الأومية لقرص رقيق، كرة أو أسطوانة لامتناحية بطريقة الوصلات الأربع

### ملخص

لقد جرى في هذا العمل إعطاء عبارات تحليلية للمعامل الهندسي اللازم لتعيين المقاومة للأقراص الرقيقة والكرات، وذلك بطريقة الوصلات الأربع.

بغية تسهيل استخدام هذه العبارات جرت مواعمتها مع كثيرات حدود بسيطة. كما تم أيضاً إيجاد طريقة لتعيين لاتناحي العينات الأسطوانية اللامتناحية. حيث تم أولاً إيجاد عبارات تحليلية لكل من المقاومة المعامدة لمستوي الأسطوانة والمقاومة ضمن المستوي. ثم بعد ذلك استخدام هاتين العبارتين لإيجاد كثير حدود هو عبارة عن مواعمة للاتناحي الفعلي بدلالة نسبة هاتين المقاومتين. وقد جرى تطبيق هذه الطريقة لتعيين المقاومة في الاتجاهين المعامد والموازي لسطح الأسطوانة وذلك لأربعة أقراص ذات ناقلية فائقة بدرجة حرارة الغرفة. كما تم أيضاً تعيين المقاومة لكرة معدنية صناعية من الحديد والكروم.

**الكلمات المفتاحية:** ناقلية كهربائية، خصائص النقل، ناقلية فائقة ذات درجات الحرارة الحرجة العالية.

نُشرت ورقة البحث هذه في مجلة: Measurement 2006



د. عادل نادر

هيئة الطاقة الذرية السورية - قسم الفيزياء

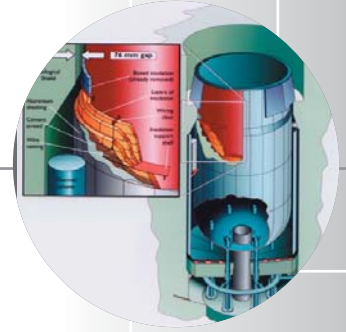
## محاكاة بطريقة مونت كارلو لعمود حراري تصويري في مفاعل المنبع النتروني الصغير السوري باستخدام الكود MCNP\_4C

### ملخص

اعتماداً على الطريقة الاحتمالية، استُخدم الكود MCNP-4C بصورة فعّالة لمحاكاة قلب المفاعل السوري MNSR وجميع المكونات المحيطة به بالأبعاد الثلاثية بما في ذلك تصميم تصويري أولي للعمود الحراري الذي سيركب لاحقاً. وبغرض التأكد والتحقق، تضمنت حسابات المفاعل كلاً من الحرجية وغمى قضيب التحكم. فكانت قيم هذه البارامترات هي 1.00517 و 6.54 mk على التوالي. سيركب العمود الحراري في بركة ماء المفاعل. وقد اختُبرت الشروط المثلى لهذا العمود باستخدام النموذج المطور سابقاً. ركزت الأمثلة على الموضع الأنسب لوضع العمود في بركة الماء، وعلى الأبعاد والمواد التي ستستخدم. كان الهدف هو الحصول على تدفق نتروني حراري من رتبة  $1 \times 10^9 \text{ n.cm}^{-2}.\text{s}^{-1}$  في مركز العمود الحراري، وأن تكون التدفقات النترونية التجاوبية والسريعة أخفض ما يمكن أيضاً.

**الكلمات المفتاحية:** مفاعل البحث منسر، الكود MCNP-4C، حرجية، غمى قضيب التحكم، طريقة مونت كارلو، عمود حراري.

نُشرت ورقة البحث هذه في مجلة: Annals Of Nuclear Energy 2006



د. إبراهيم خميس، إسماعيل السليمان

هيئة الطاقة الذرية السورية - قسم الهندسة النووية





عبد الرحمن الشريدة  
هيئة الطاقة الذرية السورية - قسم الجيولوجيا

## النظائر البيئية والهيدروكيميا في دراسة مياه الطبقة الكارستية والينابيع تحت البحرية في الساحل السوري

### ملخص

تمّت دراسة المياه الجوفية في النظم الكارستية الرئيسة للطبقة الكربوناتيّة والينابيع تحت البحرية في الساحل السوري على قاعدة استخدام تقنية النظائر والهيدروكيميا. قيم  $\delta^{18}\text{O}$  تتراوح ما بين (5.05% - 6.8%)، والينابيع تحت البحرية ما بين (1.08%+ - 6.34%-) والقيمة الوسطية لمياه البحر في القسم الشرقي للبحر المتوسط +1.7%. المنشأ الهيدروجي للمياه الجوفية يرتبط بالرشح المباشر للهطولات المطرية. أشارت نتائج النظائر المستقرة إلى أن نطاقات ارتفاعات التغذية في منطقة بانياس ما بين 400 إلى 600 م عن سطح البحر وهي أعلى من مناطق تغذية عمريت والتي تتراوح ما بين 100 إلى 300 م. قيم  $\delta^{18}\text{O}$  للينابيع تحت البحرية (مطروح منها مساهمة مياه البحر) تشير إلى ارتفاعات نطاقات تغذية ما بين 600 إلى 700 م للينابيع تحت البحرية في الباصية وإلى 400 م للينابيع تحت البحرية في منطقة عمريت. اعتماداً على قياس السرعة والنسبة المئوية للمياه العذبة في مخارج الينابيع تحت البحرية فقد قُدِّرَ معدل تصريف تلك الينابيع بـ 350 مليون متر مكعب/السنة. تراكيز عنصر التريتيوم في المياه الجوفية منخفضة (1.6-5.9 TU وحدة تريتيوم) وتتقارب مع قيم تراكيز التريتيوم في مياه الأمطار (2.9-5.6 TU). باعتماد نموذج المزج التام للخران المائي والمرتبطة مع تابع توزع أسّي، فقد تمّ تقدير زمن الإقامة المتوسط للمياه الجوفية في نبع السن بحوالي 60 سنة. تقييم زمن الإقامة سمح بحساب حجم الخزان الأعظمي لحوض نبع السن بقيمة تصل إلى 3.7 مليار متر مكعب.

**الكلمات المفتاحية:** ينابيع تحت بحرية، نظائر، هيدروكيميا، جريان المياه الجوفية، مياه البحر.

نشرت ورقة البحث هذه في مجلة: Hydrogeology Journal 2006

# تقارير علمية



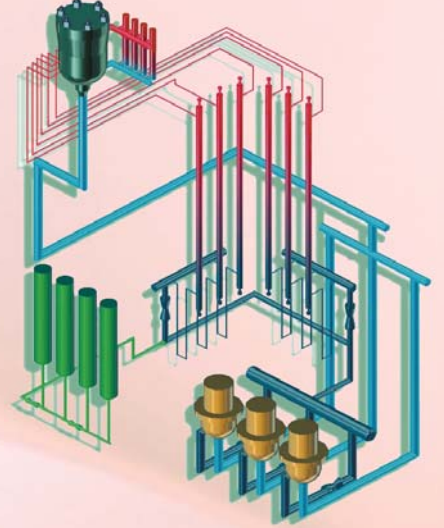
## دراسة عدم الاستقرار الترموهيدروليكي والحدود التصميمية في مفاعلات البحث العالية التدفق باستخدام الكود الموسع ATHLET

د. علي حنون

قسم الهندسة النووية - دائرة أمان المفاعلات  
هيئة الطاقة الذرية - ص. ب 6091 - دمشق - سورية

### ملخص

طُوِّرَ كود تقييم الأمان والتحليل الترموهيدروليكي الموسع ATHLET من قبل وكالة أمان المفاعلات الألمانية لتحليل الحالات العابرة وأحداث التسرب في المبرد في مفاعلات الطاقة المبردة بالماء. ولتأهيل استخدامه في دراسات الأمان العائدة لمفاعلات البحث المتوسطة التدفق النتروني، فقد جرى في عمل سابق تطوير وبناء وتحقق نموذج فيزيائي لتوصيف تشكل البخار في مجال الغليان دون المشبع بهدف مراعاة تأثيره على سلوك الديناميك النتروني من جهة ومحاكاة ظاهرة عدم الاستقرار الترموهيدروليكي التي تلعب دوراً محورياً في دراسات أمان مفاعلات البحث من جهة أخرى. وقد جرى في نطاق هذا العمل تطوير النموذج الفيزيائي وتوسيع صلاحيته ليشمل الشروط النوعية لمفاعلات البحث العالية التدفق النتروني والتي تتميز بتدفقات حرارية وسرعات جريان عالية. وقد تحقّق ذلك من خلال تعديل



وتوسيع نموذج تكاثف البخار ضمن المبرد، إضافة لبناء علاقة جديدة لحساب التدفق الحراري الحرج (CHF).

حُقِّق البرنامج المعدل بإعادة حساب مجموعة متكاملة من التجارب المتعلقة بعدم الاستقرار الترموهيدروليكي في مجال الغليان دون المشبع والعائدة لوحدة الاختبار الترموهيدروليكية (THTL) في مركز الأبحاث الوطنية في أوكرج (ORNL). وقد أظهرت نتائج التحقيق مقدرة الكود المعدل على محاكاة ظاهرة عدم الاستقرار هذه ضمن مجال واسع للتدفق الحراري يصل حتى  $15 \text{ MW/m}^2$  ولسرعة جريان للمبرد عند مدخل القناة تصل حتى  $20 \text{ m/s}$  عند ضغط للجملة يقرب من 17 بار. وقد بيّنت مقارنة النتائج الحاسوبية للكود الموسع مع القيم التجريبية عند نقطة نشوء عدم الاستقرار (OFI) وجود توافق جيد بالنظر لمعدل جريان المبرد، في حين ظهر تباينٌ بالنسبة لقيم ضياع الضغط التكاملية عند هذه النقطة تراوح بين 3% و 25%. أما التباين بين القيم الحاسوبية والتجريبية لكل من درجة حرارة خروج المبرد ودرجة الحرارة العظمى لسطح القناة المجهد حرارياً فقد وصل في حدّه الأعظم إلى 7% و 12% على التوالي.

كما اشتمل هذا العمل على تحليل تطبيقي تمثل باستخدام الكود المعدل لمحاكاة ظاهرة انقلاب الجريان ضمن عنصر وقود مفاعل البحث الألماني الجديد العالي التدفق FRM-II إثر حدث تعطل مضخات الإطفاء. وقد بيّنت النتائج مقدرة الكود على محاكاة انقلاب الجريان من الاتجاه الهابط إلى الصاعد والتحوّل من الحمل القسري إلى الطبيعي تحت شروط انتقالية ساد فيها الغليان دون المشبع.

**الكلمات المفتاحية:** مفاعلات البحث العالية التدفق، أمان المفاعلات، الغليان دون المشبع، عدم الاستقرار الترموهيدروليكي، التدفقات الحرارية، وحدة الاختبار THTL في Oak Ridge، الكود ATHLET، انقلاب الجريان، المفاعل FRM-II.

تقرير مختصر عن بحث علمي أنجز في قسم الهندسة النووية - هيئة الطاقة الذرية السورية.



## دراسة الطابع النووي لثلاثة عروق محلية للجمل والماعز والغنم لأهميتها الاقتصادية

د.وليد الأشقر

قسم البيولوجيا الجزيئية والتقانة الحيوية  
هيئة الطاقة الذرية - ص. ب. 6091 - دمشق - سورية

### ملخص

رُست الصيغة الصبغية لكل من أغنام وماعز وجمال متوفرة محلياً جمعت من مركز أكساد بدوما، ومن البادية السورية ومزارع خاصة. حيث استُتبت عيّنات دم الجمل (8) والماعز (12) والأغنام (19) على وسط زرع كامل Chromosome-B&Alpha لمدة 72 ساعة على أوساط عادية ومنها ما أُجريت عليه عملية مزمنة. ثبتت المستنبتات وحصلنا على انقسامات عادية، وأخرى أُضيف إليها البروموديوكسي يوريدين للحصول على صبغيات فائقة الدقة موسومة بطريقة العصاب G TG، وأجري لبعضها التعصيب الترسيني. سُجّلت الانقسامات لكل عيّنة على معالج الانقسامات الأوتوماتيكي. نقدّم في هذا التقرير البيانات التقنية الخاصة بكل زراعة والصبغ الصبغية المسجلة لهذه الأنواع المحلية.

**الكلمات المفتاحية:** سورية، صيغة صبغية فائقة الدقة، جمل، ماعز، أغنام.

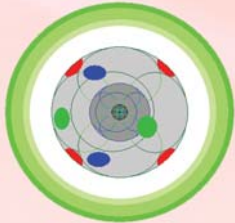
## دراسة الإجراءات التحليلية لتعيين تركيز الفاناديوم في المشتقات النفطية المستخدمة في سورية

د. رفعت المرعي، محمد الحاميش

قسم الكيمياء - هيئة الطاقة الذرية - ص.ب.6091، دمشق، سورية

### ملخص

رُست في هذا العمل إجراءات تحضير بعض العيّنات من المشتقات النفطية المستخدمة في سورية. كما قدّم العمل طريقة جديدة لتعيين تركيز الفاناديوم تعتمد على الفصل الانتقائي للفاناديوم الخماسي باستخدام محلول بنزويل فينيل هيدروكسيل أمين BPHA في الكلوروفورم، والحركية التحفيزية كطريقة عالية الحساسية لتعيين تركيز الفاناديوم في مختلف العيّنات. وقد أدّى تطوير الطريقة إلى اختصار خطوات معالجة العيّنة بعد الفصل الانتقائي كمقدمة لتطبيق طريقة تعيين تركيز الفاناديوم بطريقة حسّاسة، حيث أمكن تطوير طريقة حركية تحفيزية عالية الحساسية بإضافة محلول البيروغالول (في 2 - بوتانول) مباشرة إلى الطور العضوي.



**الكلمات المفتاحية:** فاناديوم (V)، حركية-تحفيزية، بيروغالول، مشتقات نفطية.

تقرير مختصر عن دراسة علمية مخبرية أُنجزت في قسم الكيمياء - هيئة الطاقة الذرية السورية.

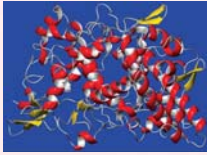
## استجابة عنزات الماعز الشامي إلى منظم الشبق الصناعي Prostaglandin F2α، الإيليرين

### د. معنز زرقاوي

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

#### ملخص

استنتج من الدراسة إمكانية استخدام أحد مركبات البروستاغلاندين الصناعي (الإيليرين) بجرعة مقدارها 0.3 mg من مادة التيابروست Tiaprost مرتين وبفاصل زمني مقداره 12 يوماً لتوقيت الشيع وتنظيمه عند عنزات الماعز الشامي ضمن الموسم التناسلي دون التأثير في الوظائف التناسلية، وبالتالي يمكن أن يوصى باستخدام المركب المذكور.



**الكلمات المفتاحية:** بروستاغلاندين، توقيت شيع، خصوبة، ولادة، معدل مواليد.

تقرير مختصر عن دراسة علمية ميدانية أنجزت في قسم الزراعة - هيئة الطاقة الذرية السورية.

## توضيب النفايات المشعة المتوسطة والمنخفضة السوية الإشعاعية باستخدام الإسفلت الصناعي المؤكسد (البيتومين)

### د. صلاح الدين التكريتي، أحمد فارس علي

شعبة النفايات المشعة - قسم الهندسة النووية  
هيئة الطاقة الذرية - ص. ب. 6091 - دمشق - سورية

#### ملخص

أجريت عدة تجارب على ثباتية مادة البيتومين تجاه أشعة غاما عن طريق دراسة منحنى التحليل الحراري الوزني. كما تمت دراسة تثبيت النظائر المشعة الموجودة في النفايات المشعة السائلة بالبيتومين والإسمنت. وكذلك تمت دراسة هجرة هذه النظائر من العينات البيتومينية والإسمنتية إلى الوسط المائي عن طريق عملية الغسل (leaching) وعن طريق قياس الناقلية الكهربائية للوسط المائي. وقد أظهرت النتائج أن البيتومين المستعمل يحتوي على العديد من المذيبات العضوية التي يجب طردها بالتسخين الحراري قبل مزج النظائر المشعة به. كما تؤدي عملية تعرض البيتومين إلى أشعة غاما إلى تحسُّن في بعض من خواصه الفيزيائية. وأوضحت نتائج الناقلية الكهربائية أن كمية الأملاح المنقلة من العينات المدروسة إلى الوسط المائي (leaching) كبيرة نسبياً في عينات البيتومين بالمقارنة مع العينات الإسمنتية. وربما يعود ذلك إلى طبيعة الترابط ما بين الأملاح المحتوية على النظائر المشعة والبيتومين أو الإسمنت أثناء مزجها لتحضير العينات الصلبة.



**الكلمات المفتاحية:** معالجة النفايات المشعة المنخفضة والمتوسطة السوية الإشعاعية، توضيب النفايات المشعة، البيتومين، تثبيت النظائر المشعة بالإسمنت.

تقرير مختصر عن بحث علمي أنجز في قسم الزراعة - هيئة الطاقة الذرية السورية.

## دراسة أساسية لفيزياء البلازما الراديوية السعوية من أجل غازين مختلفين: $CF_4$ و $SiH_4$

د. صقر سلوم، د. محمد عاقل

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

### ملخص

استُخدم في هذه الدراسة برنامج SIGLO-RF الذي يعالج البلازما الراديوية السعوية ببعده واحد وغاز وحيد. قمنا باستثمار البرنامج من أجل غازي  $CF_4$  و  $SiH_4$  وذلك لأهمية هذين الغازين في تطبيقات البلازما في الحفر الأيوني والتوضيح السليكوني على الترتيب. بيّنت الدراسة تأثير كل من ضغط الغاز والجهد ذي التواتر الراديوي المطبق على بعض وسطاء البلازما كالكثافة الإلكترونية وكمون البلازما والتيار الكهربائي الكلي في مركز البلازما. كما قمنا بدراسة حالة البلازما الممغنطة وبيّنا أن وجود حقل مغنطيسي عمودي على الحقل الكهربائي المطبق يؤدي إلى زيادة فعالية البلازما من أجل التطبيقات المذكورة.



**الكلمات المفتاحية:** بلازما راديوية سعوية، بلازما ممغنطة،  $CF_4$ ،  $SiH_4$ ، وسطاء البلازما.

تقرير مختصر عن دراسة علمية حاسوبية أنجزت في قسم الفيزياء - هيئة الطاقة الذرية السورية.

## المرئسات العامة المتخصصة بدنا الصناعات الخضراء واستخداماتها في دراسات النباتات

د. ناديا حيدر

قسم البيولوجيا الجزيئية والتقانة الحيوية  
هيئة الطاقة الذرية - ص.ب. 6091 - دمشق - سورية

### ملخص

المرئسات العامة هي تلك المرئسات التي تملك القدرة على تضخيم المنطقة المستهدفة من الدنا في عدد كبير من الأفراد في مجموعة معينة من الكائنات الحية. لقد تم تصميم مثل هذه المرئسات لتستهدف مناطق من دنا الصناعات الخضراء الذي يعتبر الجينوم الأمثل لتصميم مثل هذه المرئسات في النباتات نظراً لتطوره البطيء. سوف نشرح في هذه الدراسة المكتبية مزايا دنا الصناعات الخضراء التي تجعله الأنسب لتصميم مثل هذه المرئسات، ونستعرض المرئسات العامة التي صُممت حتى الآن لتستهدف دنا الصناعات الخضراء ونقدم أمثلة عن الدراسات الجزيئية التي استفادت منها.

**الكلمات المفتاحية:** مرئسات عامة، دنا الصناعات الخضراء، النباتات.

تقرير مختصر عن دراسة علمية مكتبية أنجزت في قسم البيولوجيا الجزيئية والتقانة الحيوية - هيئة الطاقة الذرية السورية.



## تحضير أغشية رقيقة من مادة TaTe<sub>2</sub> باستخدام التذرية بالليزر

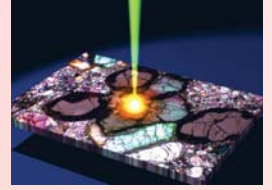
د. محمد درغام زيدان، د. أنس الخوام

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

د. محمد القاسم

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

### ملخص



جرى بناء جهاز التذرية الليزرية المؤلف من حجرة خلاء وليزر Nd-YAG لتحضير عدد من الأغشية الرقيقة من مركب ثنائي تلوريد التنتاليوم TaTe<sub>2</sub> على ركائز متنوعة (سليكون وزجاج وألمنيوم). تم توصيف مسحوق المركب TaTe<sub>2</sub> المحضّر قبل عملية التوضّع باستخدام تقنية انعراج الأشعة السينية. ثم بُرست طبوغرافية الأغشية الرقيقة باستخدام مجهر القوى الذرية. سُجّلت أيضاً طيوف انعراج الأشعة السينية للأغشية المحضّرة. بيّنت دراسة البنية البلورية للأغشية المحضّرة عدم وجود أيّ من القمم التابعة لبنية TaTe<sub>2</sub>. إلا أنه وجدت بعض القمم التي تعود لمركب نتريد التنتاليوم Ta<sub>3</sub>N<sub>5</sub>.



**الكلمات المفتاحية:** التذرية الليزرية، الأغشية الرقيقة، TaTe<sub>2</sub>.

تقرير مختصر عن تجربة استطلاعية مخبرية أنجزت في قسم الفيزياء - هيئة الطاقة الذرية السورية.

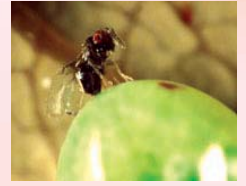
## التربية المخبرية لطفيليات البيوض التابعة للجنس Trichogramma و الطفيل اليرقي Habrobracon hebetor وفراشة طحين البحر الأبيض المتوسط Ephestia kuehniella كعائل بديل لهذه الطفيليات

د. محمد منصور، مشهور منصور

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

### ملخص

تُعتبر فراشة طحين البحر الأبيض المتوسط Ephestia kuehniella من أهم الآفات التي تصيب المواد المخزونة، لاسيما الطحين والسميد. ونظراً لسهولة تربيتها، فإنها تستعمل في معظم مخابر المكافحة الحيوية في العالم كعائل بديل للعديد من الأعداء الحيوية كالمفترسات مثل البق المفترس للذباب الأبيض Dicyphus hesperus والبق ذي العيون الكبيرة Geocoris punctipes والطفيليات ومنها طفيليات البيوض التابعة للجنس Trichogramma



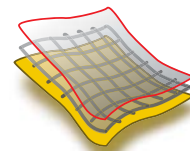
والطفيل اليرقي Habrobracon hebetor.

يتناول هذا التقرير معلومات عامة وتفصيلية مرفقة بالصور الإيضاحية عن التربية المخبرية لفراشة طحين البحر الأبيض المتوسط، و تربية كل من طفيل البيوض Trichogramma cacoeciae وطفيل اليرقات Habrobracon hebetor، وذلك نظراً للدور الكبير والمهم الذي تؤديه هذه الطفيليات في المكافحة الحيوية للعديد من الآفات الزراعية المهمة في سورية.



**الكلمات المفتاحية:** تربية مخبرية، فراشة طحين البحر الأبيض المتوسط، ترايكو غراما، هابروبراغون.

تقرير مختصر عن عمل تقني أنجز في قسم الزراعة - هيئة الطاقة الذرية السورية.



## PREPARATION OF TaTe<sub>2</sub> THIN FILMS BY LASER ABLATION

M. D. ZIDAN, A. ALKHWAM

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

M. ALKHASEM

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

The laser ablation system consisting of a vacuum chamber and Nd-YAG laser has been built for depositing TaTe<sub>2</sub> on three different substrates ( Silicon, glass and Aluminum). The surface topography of the prepared thin films has been studied by atomic force microscopy (AFM). TaTe<sub>2</sub> powder was characterized by using X-ray diffraction. The crystallinity of the thin films was examined by X-ray diffraction (XRD), The results show no peaks corresponding TaTe<sub>2</sub>, but there are some indications to the Ta<sub>3</sub>N<sub>5</sub>.

**Key Words:** Laser ablation, Thin films, TaTe<sub>2</sub>.

## LABORATORY REARING OF EGG PARASITIDS FROM GENUS TRICHOGRAMMA,

## THE LARVAL PARASITE H. HEBETOR AND THE MED. FLOUR MOTH E. KUEHNIELLA AS AN ALTERNATIVE HOST FOR THESE PARASITIDS.

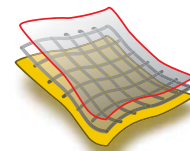
M. MANSOUR, M. MANSOUR

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

The Mediterranean flour moth, *Ephesia kuehniella*, is one of the most important insect pests of flour and other stored products. Because it is relatively easy to rear, it is used in most biological control laboratories around the world as an alternative host for many predators including *Deciphers Hesperus*, *Groceries punctures* and parasites such as egg parasites belonging to the genus *Trichogramma* and the larval parasite *Habrobracon hebetor*.

This report deals with laboratory rearing of the Mediterranean flour moth, the egg parasite *T. cacoecia* and larval parasite *Habrobracon hebetor*. It also includes photos off equipment used for this purpose.

**Key Words:** Laboratory rearing, *Trichogramma*, *H. hebetor*, *E. kuehniella*.



The results showed that the bitumen content organic solvents that need to be evaporated before mixing the radioactive wastes. The DSC/TG spectrum illustrated that the heating of the petroleum bitumen to 180 °C or / and gamma radiation before mixing the radioactive waste with bitumen did not effect the structure of bitumen specimens.

The conductivity results showed that the leaching rate was higher in the case of bitumen than the cement samples. This observation could be due to the form of bound between the radioisotope salts and bitumen or cement through the samples preparation.

**Key Words:** radioactive wastes treatment, conditioning of wastes, Bitumen, cementation process.

## FUNDAMENTAL STUDY OF RADIO-FREQUENCY CAPACITIVE PLASMA PHYSICS FOR TWO DIFFERENT GASES : SIH<sub>4</sub> AND CF<sub>4</sub>

S. Saloum, M. Akel

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

In this study, we used the SIGLO-RF software which treats the capacitive radio-frequency plasma in one dimension and for a single gas. The software was exploited for two gases CF<sub>4</sub> and SiH<sub>4</sub>, because of their importance in plasma applications in ion etching and silicon deposition respectively. The study showed that the influence of gas pressure and the applied radio-frequency voltage on some

of plasma parameters such as: the electron density, plasma potential and total electric current in the plasma center. Also we performed a study of the magnetized plasma and showed that the existence of magnetic field perpendicular on the applied electric field increases the plasma efficiency for the mentioned applications.

**Key Words:** Radio- Frequency capacitive Plasma, Magnetized Plasma, CF<sub>4</sub>, SiH<sub>4</sub>,

Plasma Parameters.

## CHLOROPLAST-SPECIFIC UNIVERSAL PRIMERS AND THEIR USES IN PLANT STUDIES

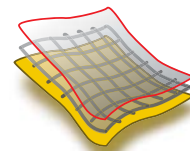
N. HAIDER

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

Universal primers have the ability to amplify the targeted region of DNA across a broad range of individuals in a certain group of organisms. Such universal primers have been designed to target regions in the chloroplast DNA in plants which is the best candidate DNA for the design of universal primers due to its low rate of evolution. We will present in this review the features of the chloroplast DNA that makes it the most suited for the design of such primers, and refer to the chloroplast-specific universal primers developed so far and provide examples of molecular studies that made use of them.

**Key Words:** universal primers, chloroplast DNA, plants.





using the CHROMOSOME MEDIUM B and ALPHA Medium for 72 hours (normal and high resolution). The cells were fixed, harvested, then metaphases were spread on slides, treated using GTG Bands technique, then studied by automated Karyotype workstation (LIECA). We present in this report, the complete technical data and karyotype figures of our national breeds.

**Key Words:** High resolution Karyotype, Syria, sheeps, goat, camel.

## STUDY OF ANALYTICAL PROCEDURES TO DETERMINE VANADIUM CONCENTRATION IN PETROLEUM PRODUCTS USED IN SYRIA

R. AL-MEREY, M. AL-HAMEISH  
*Department of Chemistry, Atomic Energy  
Commission, P. O. Box 6091, Damascus, Syria*

Preparation of petroleum product samples used in Syria and vanadium determination have been studied. The present work came up with a new method for determining vanadium in the prepared sample by kinetic catalytic method, which selectively separates vanadium (V) using N-benzoyl-N-phenylhydroxylamine (BPHA) in chloroform, then it has been developed by adding 2-butanolic pyrogallol solution to the organic phase. This development makes the method highly sensitive and decreases the sample treatment steps.

**Key Words:** Vanadium (V), kinetic-catalytic, pyrogallol, and Petroleum products.

## RESPONSE OF DAMASCUS DOES TO THE SYNTHETIC PROSTAGLANDIN F2 $\alpha$ , ILIREN

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

It was concluded that the synthetic prostaglandin F2 $\alpha$ , Iliren, at a dose of 0.3 mg of Tiaprost injected twice at an interval of 12 days, could be used successfully for oestrus synchronisation of Damascus does inside the breeding season with no adverse effect on the reproductive functions, and therefore it could be recommended for use.

**Key Words:** prostaglandin, oestrus synchronisation, fertility, kidding, fecundity.

## CONDITIONING OF LOW AND INTERMEDIATE RADIOACTIVE WASTES BY PETROLEUM-BITUMEN

S. Takriti, A.F.Ali  
*Department of Nuclear Engineering, Atomic Energy  
Commission, P. O. Box 6091, Damascus, Syria*

The stability of the Petroleum-Bitumen toward the gamma radiation before solidification process was carried out by Thermogravimetric (TG) and Differential Scanning Calorimetric (DSC) systems at different temperature. Immobilization of radioisotopes contented in liquid radioactive waste was investigated in case of cementation and bituminization process. Leaching of radioisotopes incorporated in cement and bitumen samples was studied using conductivity measurements of liquid phases.



## REPORTS

### STUDY OF THERMO HYDRAULIC INSTABILITY AND DESIGN LIMITS OF HIGH FLUX RESEARCH REACTORS USING THE EXTENDED CODE ATHLET

A. Hainoun

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

Covering the wide range of reactor safety analysis of power reactors, consisting of leak and transients, the thermohydraulic code ATHLET is being developed by the German Society for Plant and Reactor Safety (GRS). In order to extend the application range of the code to the safety analysis of low and medium flux research reactors, a model was developed and implemented permitting a description of the steam formation in the subcooled boiling regime.

Considering the specific features of high flux research reactors given by both high heat flux and high flow velocity, further extension to the model of void condensation in subcooled flow has been extended and a new correlation of critical heat flux (CHF) is implemented. To validate the extended Program, the Thermal-Hydraulic Test Loop (THTL) of Oak Ridge National Laboratory (ORNL) was modeled and an extensive series of experiments concerning the onset of thermohydraulic flow instability (OFI) in subcooled boiling regime were calculated. The comparison between experiments and ATHLET-postcalculation shows that the extended code can accurately simulate the thermohydraulic conditions of flow instability in a wide range of heat flux up to  $15 \text{ MW/m}^2$  and inlet flow velocity

up to 20 m/s. The thermohydraulic design limit characterized by the mass flux, at which the flow just becomes unstable (OFI), has been predicted in very good agreement with the experiment. However the calculated pressure drop at OFI is overestimated by a maximum deviation of about 25%. The calculated exit bulk temperature of subcooled coolant and the maximum wall temperature at OFI show a maximum deviation from experiment of 12% and 7% respectively.

The extended code has been applied successfully to simulate the flow reversal in the fuel element of German high flux research reactor FRM-II. This phenomenon is expected in case of shutdown pumps failure. The results show the code's capability to simulate the flow reversal from downward to upward direction accompanied with the transfer from forced to natural circulation under the transient conditions of subcooled boiling.

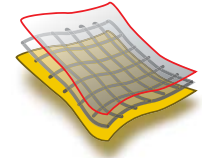
**Key Words:** High Flux Research Reactors, Reactor Safety, Subcooled Boiling, Thermohydraulic Instability, Heat Flux, THTL in Oak Ridge, ATHLET Code. Flow Reversal, FRM-II Reactor.

### KARYOTYPE STUDY OF THREE LOCAL BREEDS; CAMEL, GOAT AND SHEEP OF ECONOMICAL IMPORTANCE

W. AL-ACHKAR

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

The Karyotype of Syrian sheep, goat and camel were studied in cooperation with ACSAD center in Doma, from the Syrian Desert and private Catteling center. 8 Camels, 12 goats and 19 sheeps samples were cultured



## MONTE CARLO SIMULATION OF A CONCEPTUAL THERMAL COLUMN IN THE SYRIAN MINIATURE NEUTRON SOURCE REACTOR USING MCNP-4C

I. KHAMIS , I. SULIEMAN

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

Based on probabilistic approach, the MCNP-4C code has been used effectively to simulate the Syrian MNSR reactor core and all its surrounding components in three dimensions, including a preliminary conceptual design of a thermal column to be installed later. For verification and validation purposes, reactor calculations include: criticality and control rod worth. Values of these parameters are 1.00517 and 6.54 mk, respectively. The thermal column is to be installed in the water of the reactor pool. Optimal conditions for this thermal column were tested using the already developed model. Optimization focused on the most suitable position for placement of the column in the water pool, dimensions, and material. The aim was to have a thermal neutron flux of  $1 \times 10^9$  n  $\text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$  in the center of thermal column, and resonant and fast neutron fluxes to be as low as possible as well.

**Key Words:** research reactor MNSR, MCNP-4C code, criticality, control rod worth, Monte Carlo method, thermal column.

## ENVIRONMENTAL ISOTOPIC AND HYDROCHEMICAL STUDY OF WATER IN THE KARST AQUIFER AND SUBMARINE

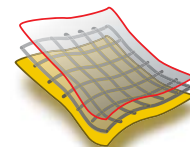
## SPRINGS OF THE SYRIAN COAST

A. R. AL-CHARIDH

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

The groundwater of major karst systems and submarine springs in the coastal limestone aquifer of Syria has been investigated using chemical and isotopic techniques. The  $\delta^{18}\text{O}$  values of groundwater range from -6.8 to -5.05‰, while those for submarine springs vary from -6.34 to +1.08‰ (eastern Mediterranean seawater samples have a mean of +1.7‰). Groundwater originates from the direct infiltration of atmospheric water. Stable isotopes show that the elevation of the recharge zones feeding the Banyas area (400-600 m a.s.l.) is higher than that feeding the Amrit area (100-300 m a.s.l.). The  $^{18}\text{O}_{\text{extracted}}$  ( $^{18}\text{O}$  content of the seawater contribution) for the major submarine springs suggests a mean recharge area elevation of 600-700 m a.s.l., and lower than 400 m a.s.l. for the spring close to Amrit. Based on the measured velocity and the percentage of fresh water at the submarine springs outlet, the estimated discharge rate is 350 million  $\text{m}^3/\text{year}$ . The tritium concentrations in groundwater (1.6-5.9 TU) are low and very close to the current rainfall values (2.9-5.6 TU). Adopting a model with exponential time distribution, the mean turnover time of groundwater in the Al-sen spring was evaluated to be 60 years. A value of about 3.7 billion  $\text{m}^3$  was obtained for the maximum groundwater reservoir size.

**Key Words:** submarine springs, isotopes, hydrochemistry, groundwater flow, seawater.



rations $[(185.7 \text{ KeV})/(143.8 \text{ KeV})]$ ,  $(98.44 \text{ KeV})/(185.7 \text{ KeV})$  and  $(185.7 \text{ KeV})/(63.23 \text{ KeV})$ . This correlation greatly simplifies the determination of the self – attenuation correction and reduces the troublesome traditional procedures used to determine this coefficient

**Key Words:** Self-attenuation correction, passive nondestructive assay, intensity ratio, MCNP.

## EFFECT OF GAMMA IRRADIATION ON MICROBIAL LOAD AND SENSORY CHARACTERISTICS OF ANISEED (PIMPINELLA ANISUM)

M. AL-BACHIR

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

Seeds of anise (*pimpinella anisum*) were exposed to doses of 0, 5, 10, 15 and 20 kGy in a  $^{60}\text{Co}$  package irradiator. Irradiated and unirradiated samples were stored at room temperature. Microbial populations on seeds, total and inorganic soluble solids in water extract and sensory properties of the latter were evaluated after 0, 6 and 12 months of storage. Results indicated that gamma irradiation reduced the aerobic plate counts of aniseed. Immediately after irradiation, the total soluble solids in an extract of irradiated seeds were greater than those of unirradiated ones. The total soluble solids in an extract of irradiated and un-irradiated seeds increased after 6 and 12 months of storage. There were no significant differences ( $p > 0.05$ ) in inorganic soluble solids between the water extract of irradiated and unirradiated aniseeds. Sensory evaluation indicated that gamma

irradiation improved sensory characteristics of aniseed water extract tested immediately after irradiation: however, after 12 months of storage, no significant differences ( $p > 0.05$ ) were found in color, taste or flavor between extract of irradiated and unirradiated seeds.

**Key Words:** Decontamination; Extract; Irradiation; Aniseed; Sensory evaluation.

## SIMPLE POLYNOMIALS FOR AN ACCURATE RESISTIVITY DETERMINATION OF OHMIC THIN DISKS, SPHERES AND ANISOTROPIC CYLINDERS BY THE FOUR PROBES METHOD

A. NADER

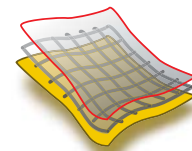
*Department of Physics, Atomic Energy Commission, P. O. Box 6091, Damascus, Syria*

We give in this work, analytical expressions of the geometric factor for the resistivity determination of ohmic thin disks and spheres by the four probes method. In order to simplify the use of these expressions we fitted them with simple polynomials.

We also introduced a method to determine the resistivity anisotropy of anisotropic cylindrical samples. Analytical expressions for the transverse and in-plane resistances were derived and they were then used to give a polynomial fit of the effective anisotropy in function of their ratio. Our method was applied to determine the room temperature in-plane and transverse resistivity of four superconducting disks and the resistivity of an industrial Fe-Cr ball.

**Key Words:** Electrical conductivity, Transport properties, High  $T_c$  superconductors.





temperature at which maximum solubility was observed (PIT), and a pronounced extension of the solubility area was also observed. In addition, the temperature stability of these microemulsions was improved. The structural study of the system water/(C<sub>12</sub>E<sub>6</sub> + 1% TDC) shows that the liquid crystal phase is lamellar at 45 °C. Its structural parameters are determined by small angle X-ray scattering. The study of lamellar phase allows the description of the evolution of the surfactant chains conformation.

**Key Words:** Microemulsion, nonionic surfactant, ionic surfactant, cloud point, PIT, lamellar liquid crystal.

## REAL - CODING GENETIC ALGORITHM ADVANTAGES IN WATER SYSTEM OPTIMIZATION OVER OTHER SEARCH TECHNIQUES

A. R. AWAD

*Department of Environmental Engineering, Tishreen University, P. O.Box 1385, Lattakia, Syria*

I. V. POSER

*Zentrale Verfahrensentwicklung, Ingenieurtechnik (ZVE-I), Merck, 64293 Darmstadt, Germany*

K. WICHMANN

*Institute of Water Resources and Water Supply, Hamburg University of Technology (TUHH), Germany*

This research work shows how to develop genetic algorithm real representation for water system optimization. Two well known problems have been studied and solutions have been found to them through which the efficiency and performance of this method could be utilized for the purpose of reaching the optimal designs. The first problem has been a small hypothetical

network and the second a primary real system, the New York City Water supply tunnels. The results have been compared with those of other search techniques (simulated annealing) and coding GA (binary, Gray, and Integer). They proved for the small network systems, that real coding GAs gives slightly more costly solution than that of simulated annealing and of Gray coding Gas. This can be attributed to the number of genes used in the chromosome caused by real representation, which is less than what is needed for keeping the diversity of the population. As for the larger network systems, it has been found that the real representation is very effective and provides the least-cost feasible solution to the New York tunnels problem.

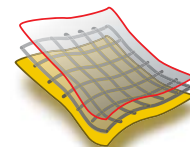
**Key Words:** Genetic algorithms; optimization; real coding; small network; New York City water supply tunnels.

## DETERMINATION OF THE GAMMA SELF-ATTENUATION CORRECTION FACTORS USING INTENSITY RATIOS

KH. HADDAD, H. SUMAN

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

The possible correlation between the self-attenuation correction in gamma spectrometric assay of uranyl nitrate samples and spectral line intensity ratios was investigated experimentally and simulated numerically using MCNP code. The characteristic gamma- and X-lines of uranium were measured using a low energy Ge gamma-spectrometer. The simulation results agreed with the experimental data and showed obvious correlation between the self-attenuation correction and the intensity



Experiments were carried out to study the effect of feeding broiler chicks with added meat-bone meal (conventional diet) or without (vegetable diet) on feed efficiency (FE), metabolizable energy efficiency (MEE) and biological aspects of digestive organs during 1-53 days of chicks age. The two diets had no significant ( $P>0.05$ ) effects on FE and MEE. The FE values were positively correlated to the metabolizable energy consumption values ( $R=0.77$ ). Changing from a diet containing meat-bone meal to an all vegetable ingredients had no negative effect on the biological aspects of broilers' digestive tract (relative weights of crop, proventriculus, gizzard, duodenum, jejunum, ileum, caeca, colon, pancreas and liver). An all vegetable diet is recommended for broiler production.

**Key Words:** Broiler, vegetable, diet performance, digestive tract.

## $\gamma$ -RADIATION-INDUCED GRAFT COPOLYMERIZATION OF ACRYLIC ACID ONTO POLY(ETHYLENE TEREPHTHALATE) FILMS: A STUDY BY THERMAL ANALYSIS

M. KATTAN, E. MNSER

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

The grafting of acrylic acid onto poly (ethylene terephthalate) films with  $\gamma$  radiation was carried out. The effects of different parameters, such as the monomer concentration, inhibitor concentration, and irradiation dose, on the grafting yield were investigated. The grafting yield depended on these parameters, and its maximum value was obtained at a 1.5 % inhibitor concentration and

a 40%, monomer concentration. The obtained grafting films were characterized with water swelling measurements, differential scanning calorimetry, and thermogravimetric analysis. The results of differential scanning calorimetry showed decreases in the heat capacity step and the glass-transition temperature with increasing grafting yield. The ability of poly (ethylene terephthalate) to crystallize and the size of the crystalline domains were affected by the grafting. The grafted poly(ethylene terephthalate) that was obtained was tested as an ion exchanger for copper, nickel, cobalt, and lead. The capacity of the grafted films for ion recovery was dependent on the grafting yield.

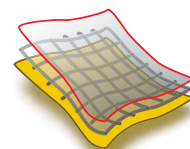
**Key Words:** crystallization; glass transition; ion exchangers; radiation.

## MICROEMULSIONS USING HEXAETHYLENE GLYCOL MONO-N-DODECYL ETHER NONIONIC SURFACTANT AND SMALL AMOUNT OF IONIC SURFACTANTS

M. ALIBRAHIM

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

The influence of small addition of ionic surfactant such as sodium dodecyl sulfate (SDS) and carboxylate ethoxyle (TDC) to nonionic surfactant hexaethylene glycol mono-n-dodecyl ether ( $C_{12}E_6$ ) on the microemulsions formed in the system water/decane/surfactant was studied. An empirical description of the phase behaviour is presented that permits to determine the PIT, and what efficiency of the surfactants to expect. The investigation showed an expected rise in the



## PAPERS

### OPTIMIZATION OF INTRACAVITY Q-SWITCHED LASER FREQUENCY DOUBLING

M. ALSHIKH KHALIL, B. ABBAS

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

The optimization theory for intracavity frequency-doubled Q-switched lasers is discussed. Nonlinear loss effects caused by the frequency doubler were introduced into the rate equations. The harmonic pulse characteristics such as peak power, pulse energy, pulsewidth were studied. Lagrange multiplier technique was adopted to maximize the peak power of the second-harmonic pulse for a given pumping level. It was found that the optimal frequency-doubling factor is constant and equals 1. Design curves for the laser characteristics parameter were established. The curves and expressions presented help in designing an optimal Q-switched intracavity frequency-doubled miniature laser and predict the pulse characteristics.

**Key Words:** Intracavity SHG; Q-switch; Optimization.

### POLYPEPTIDE PATTERNS OF SYRIAN ISOLATES OF PYRENOPHORA GRAMINEA

M.I.E. ARABI, M. JAWHAR AND N. MIRALI

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

**P**yreophora graminea, the causal agent of leaf stripe of barley, is an economically important disease with a worldwide distribution. This fungus is highly variable thus information regarding polypeptide patterns is essential in studying population genetic structure. To establish the number and distribution of polypeptide patterns of Syrian populations of P. graminea, 61 isolates from diverse regions were analyzed using 10% sodium dodecyl sulphate polyacrylamide gel electrophoresis (SDS-PAGE). Twelve unique patterns were identified.

The most common pattern was p11, which comprised 44% of the isolates examined. In general, northern Syrian isolates exhibited a broader spectrum of polypeptide patterns than those from other regions of the country.

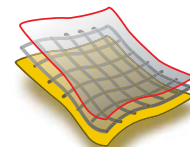
Identical numbers of polymorphic bands were observed in all assays (for each isolate/polypeptide pattern). Our results confirm the potential of polypeptide patterns for the molecular characterization of P. graminea, and their usefulness in future selection of isolates to develop durable leaf stripe resistance.

**Key Words:** Pyrenophora graminea, Barley, SDS-PAGE, polypeptide patterns.

### PRODUCTIVE PERFORMANCE AND DIGESTIVE TRACT SIZE OF BROILER CHICKS FED A CONVENTIONAL OR AN ALL VEGETABLE INGREDIENTS DIET

M.R. AL-MASRI

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



## ARTICLES

### SUPERCURRENT REVERSAL IN QUANTUM DOTS

J. A. VAN DAM, Y. V. NAZAROV, S. D. FRANCESCHI, L. P. KOUWENHOVEN  
*Kavli Institute of Nanoscience, Delft university of Technology, P.O. Box 5046, The Netherlands. Laboratorio Nazionale TASC INFN-CNR, Area Science Park, Trieste, Italy*

E. P. A. M. BAKKERS  
*Philips Research Laboratories, High Tech Campus 4, 5656 AE Eindhoven, The Netherlands*

When two superconductors are electrically connected by a weak link-such as a tunnel barrier- a zero-resistance supercurrent can flow. This supercurrent is carried by Cooper pairs of electrons with a combined charge of twice the elementary charge,  $e$ . The  $2e$  charge quantum is clearly visible in the height of voltage steps in Josephson junctions under microwave irradiation, and in the magnetic flux periodicity of  $h/2e$  (where  $h$  is Planck's constant) in superconducting quantum interference devices. Here we study supercurrents through a quantum dot created in a semiconductor nanowire, by local electrostatic gating. Owing to strong Coulomb interaction, electrons only tunnel one-by-one through the discrete energy levels of the quantum dot. This nevertheless can yield a supercurrent when subsequent tunnel events are coherent. These quantum coherent tunnelling processes can result in either a positive or a negative supercurrent, that is, in a normal or a  $\pi$ -junction, respectively. We demonstrate that the supercurrent reverses sign by adding a single electron spin to the quantum dot. When excited states of the quantum dot are involved in transport, the supercurrent sign also depends on the character of the orbital wavefunctions.

**Key Words:** quantum dot, supercurrent,

Josephson junction, SQUID, negative supercurrent,  $\pi$ -junction, tunnelling process.

### LAST LINE OF DEFENCE

E. SCIGLIANO  
*A writer and editor based in Seattle, Washington*

How do you outsmart nuclear smugglers bent on ultimate destruction?

**Key Words:** vehicle and container inspection system (VACIS), radioisotope detector, nuclear-detection systems, portal monitors, nuclear materials, muon interrogation.

### DRINK THE BEST AND DRIVE THE REST

E. MARRIS  
*A reporter for Nature based in Washington DC.*

Brazil's sugar-cane ethanol industry is the world's best and able to get better.

**Key Words:** ethanol industry, sugar-cane fuel, greenhouse-gas emissions.

### THE ANTIOXIDANT MYTH

L. MELTON  
*Science writer in residence at the Novartis Foundation in London.*

If popping pills to stave off the ravages of ageing sounds too good to be true, that's because it is the antioxidant myth.

**Key Words:** free radicals, antioxidant, health supplements, oxidative damage.



## PAPERS

- 68 OPTIMIZATION OF INTRACAVITY Q-SWITCHED LASER FREQUENCY DOUBLING
- 68 POLYPEPTIDE PATTERNS OF SYRIAN ISOLATES OF PYRENOPHORA GRAMINEA
- 69 PRODUCTIVE PERFORMANCE AND DIGESTIVE TRACT SIZE OF BROILER CHICKS FED A CONVENTIONAL OR AN ALL VEGETABLE INGREDIENTS DIET
- 69  $\gamma$ -RADIATION-INDUCED GRAFT COPOLYMERIZATION OF ACRYLIC ACID ONTO POLY(ETHYLENE TEREPHTHALATE) FILMS: A STUDY BY THERMAL ANALYSIS
- 70 MICROEMULSIONS USING HEXAETHYLENE GLYCOL MONO-N-DODECYL ETHER NONIONIC SURFACTANT AND SMALL AMOUNT OF IONIC SURFACTANTS
- 70 REAL - CODING GENETIC ALGORITHM ADVANTAGES IN WATER SYSTEM OPTIMIZATION OVER OTHER SEARCH TECHNIQUES
- 71 DETERMINATION OF THE GAMMA SELF-ATTENUATION CORRECTION FACTORS USING INTENSITY RATIOS
- 71 EFFECT OF GAMMA IRRADIATION ON MICROBIAL LOAD AND SENSORY CHARACTERISTICS OF ANISEED (PIMPINELLA ANISUM)
- 72 SIMPLE POLYNOMIALS FOR AN ACCURATE RESISTIVITY DETERMINATION OF OHMIC THIN DISKS, SPHERES AND ANISOTROPIC CYLINDERS BY THE FOUR PROBES METHOD
- 72 MONTE CARLO SIMULATION OF A CONCEPTUAL THERMAL COLUMN IN THE SYRIAN MINIATURE NEUTRON SOURCE REACTOR USING MCNP-4C

- 73 ENVIRONMENTAL ISOTOPIC AND HYDROCHEMICAL STUDY OF WATER IN THE KARST AQUIFER AND SUBMARINE SPRINGS OF THE SYRIAN COAST

## REPORTS

- 75 ■ STUDY OF THERMO HYDRAULIC INSTABILITY AND DESIGN LIMITS OF HIGH FLUX RESEARCH REACTORS USING THE EXTENDED CODE ATHLET
- 76 ■ KARYOTYPE STUDY OF THREE LOCAL BREEDS; CAMEL, GOAT AND SHEEP OF ECONOMICAL IMPORTANCE
- 76 ■ STUDY OF ANALYTICAL PROCEDURES TO DETERMINE VANADIUM CONCENTRATION IN PETROLEUM PRODUCTS USED IN SYRIA
- 77 ■ RESPONSE OF DAMASCUS DOES TO THE SYNTHETIC PROSTAGLANDIN F<sub>2</sub> $\alpha$ , ILIREN
- 77 ■ CONDITIONING OF LOW AND INTERMEDIATE RADIOACTIVE WASTES BY PETROLEUM-BITUMEN
- 78 ■ FUNDAMENTAL STUDY OF RADIO-FREQUENCY CAPACITIVE PLASMA PHYSICS FOR TWO DIFFERENT GASES : SIH<sub>4</sub> AND CF<sub>4</sub>
- 78 ■ CHLOROPLAST-SPECIFIC UNIVERSAL PRIMERS AND THEIR USES IN PLANT STUDIES
- 79 ■ PREPARATION OF TATE2 THIN FILMS BY LASER ABLATION
- 79 ■ LABORATORY REARING OF EGG PARASITIDS FROM GENUS TRICHOGRAMMA, THE LARVAL PARASITE H. HEBETOR AND THE MED. FLOUR MOTH E. KUEHNIELLA AS AN ALTERNATIVE HOST FOR THESE PARASITIDS

# CONTENTS

## ARTICLES

- 5 SUPERCURRENT REVERSAL IN QUANTUM DOTS

J. A. VAN DAM, ET AL.

- 12 LAST LINE OF DEFENCE

*How do you outsmart nuclear smugglers bent on ultimate destruction?*

E. SCIGLIANO

- 18 DRINK THE BEST AND DRIVE THE REST

*Barazil's sugar-cane ethanol industry is the world's best and able to get better.*

E. MARRIS

- 24 THE ANTIOXIDANT MYTH

*If popping pills to stave off the ravages of ageing sounds too good to be true, that's because it is the antioxidant myth.*

L. MELTON



- 34 ■ RETURN OF THE ATOM

*Can the nuclear industry overcome decades of stagnation and capitalise on a shift in attitudes?*

- 36 ■ MAGNETIC MANIPULATIONS

*A deft technique allows magnetic atoms to be placed one by one in a semiconductor crystal. It's a further step towards an ambitious goal: a computer chip that might simultaneously store and manipulate data.*

- 38 ■ HOW SCARED SHOULD WE BE OF POLONIUM?

*Highly radioactive, deadly if inhaled or ingested, it would seem to be a terrorist's weapon of choice.*

- 40 ■ WATER VISION WORKSHOPS IN SYRIA

- 44 ■ NEPTUNIUM



## NEWS

- 30 ■ RADICALS FOLLOW THE SUN

- 32 ■ A SPIN SOLO

*Quantum computers could solve problems insurmountable to conventional computers. The missing ingredient for quantum computing with electron spins is now available -the rotation of a single spin.*

## SCIENTIFIC HIGHLIGHT ON AN EVENT

- 47 RENEWABLE ENERGY SOURCES: STATUS QUO AND APPLICATIONS



# Aalam Al-Zarra

Journal of The Atomic Energy Commission of Syria

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

## Managing Editor

**Dr. Ibrahim Othman**

**Director General of A.E.C.S**

## Editorial Board

**Dr. Adel Harfoush**

**Dr. Ziad Qutob**



# NO. 108