عالَم الذرّة

مجلة هيئة الطاقة الذرية السورية

مجلة عالم الذرّة

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

المدير المسؤول

الدكتور إبراهيم عثمان

المدير العام لهيئة الطاقة الذرّية

هيئة التحرير

الدكتور عادل حرفوش

الدكتور زياد قطب

NO.103

المحتويات

المقالات

5 لماذا أحرز التبادل المزدوج جائزة نوبل؟

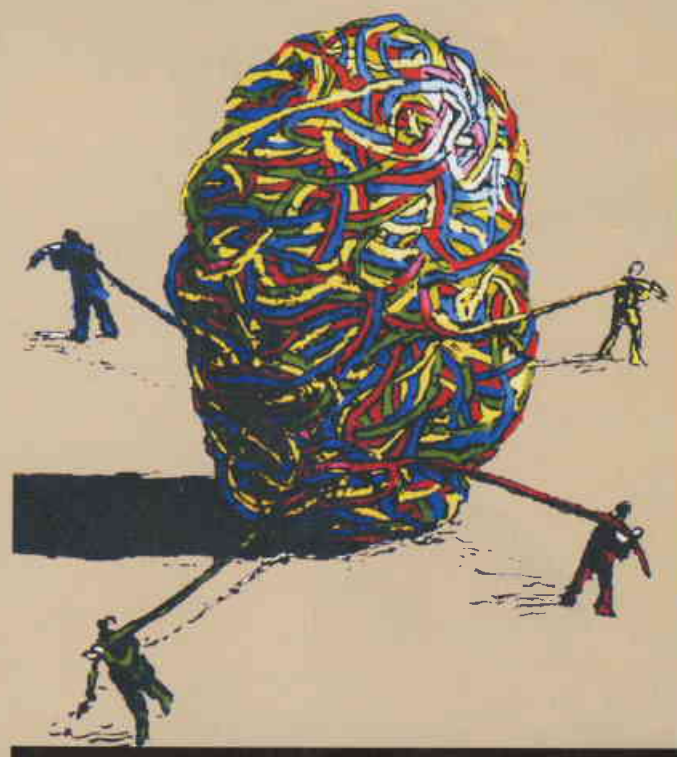
تسمح المواد المشتقة من البترول بتصنيع تنوع كبير من المركّبات بدءاً من المواد البلاستيكية وحتى الأدوية. يحكي لنا إيف شوفان، الذي كوفئ مؤخراً بجائزة نوبل، كيف اكتشف آلية أساسية لتحوّل الهدروكربونات وماهي رهاناتها.

إيف شوفان

14 دور الكولسترول وتوزع الليبيدات في حالات الأمراض

تتمتع الليبيدات (الشحوم) الغشائية بدور أساسي بالنسبة لتشكيلة من الوظائف البيولوجية تمتد من التنظيم المروري الغشائي وصولاً إلى التحويل التبادلي للإشارات. وتؤثر بنية الأغشية الليبيدية في تعضّي هذه الأغشية وخواصها بحيث لا يستغرب أن يكون لاضطرابات استقلاب الليبيدات وانتقالها دورٌ في الأمراض البشرية.

ف. ماكسفليد، إ. تاباس



9 مفعول هول السبيني

قد يفتح الرصد التجريبي لمفعول هول السبيني عصراً جديداً في السبينترونيات.

ف. سيه، ي. كاتو، د. اوشالوم

الأخبار العلمية

29 ▮ حل ألغاز نظرية الأوتار

يمكن لنظرية الأوتار أن توفر أفضل مفاتيح حل الألغاز حول كيفية الحصول على نظرية موحدة تصف قوانين الطبيعة كلها، ولكننا هل نفهم على الأقل ما هي نظرية الأوتار؟

30 ▮ رسالة الكمّ

تحدّى أينشتاين الفيزيائيين أن يصفوا "الوضع الواقعي الحقيقي". لكن فَهْم المفاهيم نفسها التي انتقدها منذ قرن مضى يوفر أفضل الدلائل حول الواقع الموجود.

32 ▮ محاكاة هرم الفولاذ المُشعَّع

33 ▮ الكيرالية في فيرومونات الفيل

35 ▮ من أجل سلامة صحتك!

يقول برايانت: "إنك لن تريد مكروبات من الفضلات في مياه شُربك. أليس كذلك؟ فكر مرةً أخرى".

39 ■ هل كان أينشتاين محقاً دائماً ؟

40 ■ تذكر ذلك الفوتون

إن خزن فوتونات مفردة في نواكر ذرية، تم إطلاقها في وقت لاحق، خطوة مطلوبة على طريق الوصول إلى مكررات كمومية وشبكات تعمية كمومية تعمل على مسافات بعيدة. يمكننا القول بأن هذه الخطوة قد اتخذت الآن.

43 ■ الزرنيخ

ورقات البحوث

45 التحليل الطويل الأمد لتطور الطلب على الطاقة والكهرباء في سورية باستخدام منهجية الاستهلاك النهائي

59 الأثر الواقي الإشعاعي للسيلينيوم عند الجردان

تقارير

65 ■ دراسة ميزات الحزمة الإشعاعية لجهاز المعالجة بالأشعة السينية العميقة

65 ■ بناء نظام عنقودي لخدمات الشبكة المحايدة ذي إتاحية جيدة

66 ■ معامل انتقال السيزيوم-137 والسترونسيوم-85 من ترب سورية مختلفة إلى نباتي السبانخ والملوخية

66 ■ خطة معالجة المناطق الملوثة بالمواد المشعة الطبيعية في حقول النفط التابعة للشركة السورية للنفط (حقول الجبسة والرميلان)

67 ■ الإجراءات العملية للدراسات القلبية باستعمال الغاما كاميرا (الجزء الأول)

67 ■ تأثير إضافة معدلات مختلفة من الفسفوجيبسوم في نمو وكفاءة تثبيت الآزوت الجوي لنبات السيسبان باستعمال تقنية التمديد بالنظير N^{15}

68 ■ تعيين تراكيز الرصاص في دم تلاميذ المرحلة الابتدائية في دمشق - ريف دمشق

69 ■ إكثار بعض أصناف الزيتون المحلية بالزجاج

69 ■ تأثير معاملة غراس الزيتون بطبقة رقيقة من طين الكاولين والمحرض الحيوي على المواصفات الشكلية وإنتاج المادة الجافة

70 ■ تحسين تحمل البطاطا للملوحة باستخدام تقانات الزراعة النسيجية والتشعيع مع الانتخاب في الزجاج

كتب حديثة

71 أحد عظماء الفيزياء

هويغنز: رجل وراء مبدأ

تأليف: س. دي. أندريس

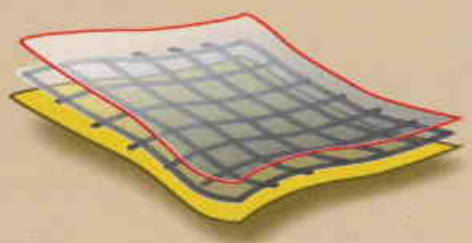
عرض وتحليل: أ. جنجرتش

73 إنجازات ضئيلة

الاكتشافات: الإنجازات العظيمة في علوم القرن العشرين بما في ذلك البحوث الأصلية

تأليف: أ. لايتمان

عرض وتحليل: غ. فارميلو



81 ملخصات باللغة الإنكليزية عن الموضوعات المنشورة في هذا العدد

شروط الترجمة والتأليف للنشر في مجلة عالم الذرّة

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

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

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

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

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

6- إذا تضمنت المادة صوراً أو أشكالاً، ترسل الصورة الأصلية وكذلك الأشكال مخططة بالحبر الأسود على أوراق مستقلة، إلا إذا كانت موجودة في المادة المطبوعة 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 للمصطلحات وكذلك أسماء الأعلام باللغتين العربية والأجنبية عند ورودها في النص أول مرة ومن ثم يكتفى بإيراد المقابل العربي وحده سواء أكان هذا المقابل كاملاً أو غير كامل وتستعمل في النص المؤلف أو المترجم الأرقام العربية (1، 2، 3) أينما وردت مع مراعاة كتابتها بالترتيب العربي من اليمين إلى اليسار وإذا وردت في نص معادلة أو قانون أحرف أجنبية وأرقام نكتب المعادلة أو القانون كما هي في الأصل الأجنبي.

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

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

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

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

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

جميع المراسلات توجه إلى العنوان التالي:

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

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

E-mail: tapo@aec.org.sy

رسوم الاشتراك السنوي

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

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

ص.ب: 16005، رقم الحساب 2/3012

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

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

سعر العدد الواحد

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

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

الإعلانات

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

ISSN 1607-985X

"لماذا أحرز التبادل المزدوج جائزة نوبل"

إيف شوفان

تسمح المواد المشتقة من البترول بتصنيع تنوع كبير من المركّبات بدءاً من المواد البلاستيكية وحتى الأدوية. يحكي لنا إيف شوفان، الذي كوفئ مؤخراً بجائزة نوبل، كيف اكتشف آلية أساسية لتحوّل الهيدروكربونات وما هي رهاناتها.

الكلمات المفتاحية:

تبادل مزدوج، عناصر انتقالية، أوليفينات، جائزة نوبل.

إيف شوفان : مدير بحوث فخري في المعهد الفرنسي للبترول وقد أجرى المقابلة معه فرانك دانينو

- السيد شوفان، حصلتَ على جائزة نوبل في الكيمياء لعام 2005 لقاء تطوير "التبادل المزدوج la metathese" في الكيمياء العضوية. ماذا يعني هذا المصطلح؟

- تحتوي المركّبات العضوية على ذرّات كربون ترتبط فيما بينها، إضافة إلى ذرّات هدروجين وأكسجين أو آزوت مثلاً. ويمكن لهذه الروابط أن تكون "بسيطة" أو "مزدوجة" تحديداً. أي أن الرابطة تشتمل على زوج من الإلكترونات أو زوجين. وعندما يتضمن تفاعل الاصطناع زوجي الإلكترونات الرابطة بين ذرّتي كربون، يمكن لمجموعات الذرّات المحمولة بهذه الرابطة أن تنتقل من جزيء لآخر. أي أننا نعني هنا المصطلح "تبادل مزدوج"، وباليونانية ميتا، التي تعني "تبادل"، وتيرا "المكان" ◄.

- وهذا "الرقص بتبديل الشريك" هو الذي تحدثت عنه الأكاديمية الملكية السويدية للعلوم. هل يبدو لكم هذا التوصيف ملائماً؟

- نعم، إنه ملائم تماماً، لأنه يمكن تمثيل الآلية بزوجين من الراقصين يحتلون رؤوس مربع، قبل أن يتبادلا شريكيهما ليشكلا زوجين جديدين. وبهذا التشبيه يمكن للعامة إدراك مفهوم التبادل المزدوج بسهولة. كنتُ قد اقترحت مصطلحاً تقنياً لتوصيف هذا التفاعل: "ألكيليدينوليز alkylidenolyse". لم يستمر هذا المصطلح، ويمكن فهم السبب.

◄ **المترجم :** المصطلح العربي لكلمة Metathesis هو "التبادل المزدوج" لأنه يتفق مع مفهوم الظاهرة

- ما هي أهمية هذا التفاعل في الصناعة الكيميائية؟

- تطبيقاته واسعة جداً. ففي مجال كيمياء البترول، الذي أعرفه جيداً، يكون دور التبادل المزدوج مهماً جداً، لأن تكرير النفط يُنتج سلسلةً من الجزيئات الحاوية لروابط مزدوجة، جزيئات تسمى أيضاً "أوليفينات"، والتي لا تصنف ضمن احتياجات السوق. ومن هنا تأتي أهمية التبادل المزدوج التي تسمح بتحويل الأوليفين إلى أوليفين آخر. وفي الصناعة الصيدلانية، حيث يتطلب تركيب الأدوية عدداً كبيراً من مراحل التصنيع، نجد أن اثنين من أصل عشرة أدوية يمكن تصنيعهما عبر تفاعل التبادل المزدوج الذي يسمح بتخفيض عدد المراحل. ومجال البوليميرات معنيّ أيضاً بصورة خاصة لأن هذا التفاعل يسمح بطريقة فعالة جداً بتصنيع جزيئات ضخمة قابلة للتفكك حيوياً أو ذات لدونة رائعة.

- كيف أمكن تعرف تفاعل التبادل المزدوج؟

- في الخمسينيات من القرن الماضي، قام هيربرت إليتيريو H. Eleuterio، وهو كيميائي في مجال النفط يعمل في شركة دوبون دو نيمور Dupont de Nemours، بوصف تفاعل بين أوليفين حلقي ومعدن أنتج بوليميراً ذا روابط مزدوجة. كانت هذه النتيجة مفاجئة لأن تفاعلات البلمرة تقود عادة إلى جزيئات تحوي روابط بسيطة. إلاّ أنني أعتقد أن هذا الكيميائي – وآخرين في تلك الحقبة – لم يدرك ما لاحظه. من ناحيتي، أعتبر أن المكتشفين الحقيقيين هما روبرت بانكس R. Banks وغرانت بيلّي G. Belley من شركة فيليبس بتروليوم Philips Petrolium. ففي العام 1964، أدركا أن جزيئين يحويان ثلاث ذرّات كربون (البروبيلين) يتحولان إلى جزيئين آخرين يحويان ذرّتين وأربع ذرّات كربون (الإتيلن والبوتن) إذا ما عُرّضا للحرارة بوجود الموليبدنيوم. إذ إن الموليبدنيوم هو معدن يسرّع التفاعل الكيميائي، وهذا ما يدعوه الكيميائيون بالـ "حفّاز". وفي العام نفسه أيضاً، قام جوليو ناتا G. Nata من معهد أبحاث الاصطناع الكيميائي في ميلانو، باكتشاف مهم من خلال إجراء تفاعل بين أوليفين حلقي مع جميع المعادن الانتقالية التي يعرفها. وعند وصوله إلى التنغستن والموليبدنيوم، حصل على بوليمير ذي كتلة مرتفعة ويحتوي على جميع الروابط المزدوجة في الأوليفين. وفي العام 1967، بين نيسيم كالديرون N. Calderon، وهو كيميائي في شركة غوديير تاير وروبرت Goodyear Tire & Rubbert Company، أن جميع هذه التفاعلات تخضع لنفس الظاهرة الكيميائية التي سمّاها "تبادل مزدوج للأوليفينات Metathese des Olefines".

- حالياً، تعملون منذ سبعة أعوام في المعهد الفرنسي للنفط Institut Français du Petrole (IFP). فلماذا التحقتم بمجال كيمياء النفط، وكيف بدأتم اهتمامكم بالتبادل المزدوج؟

- التحقت بالمعهد الفرنسي للنفط بسبب اهتمامه بالأبحاث التطبيقية، التي تعجبني بشكل خاص، إضافة إلى الأبحاث الأساسية التي لم أكن كارهاً لها أيضاً. وعندما نعمل في المعهد IFP فإن الأبحاث حول الأوليفينات، التي تنتج عن تكرير النفط، تحتل مكاناً مهماً بشكل طبيعي. وهكذا قادني اهتمامي إلى التبادل المزدوج، وهو تفاعل تحوّل الأوليفينات. ورغم أن المعهد IFP لم يقم بدفع الباحثين للعمل في هذا المجال، ولكننا تقريباً نملك الحق في عمل ما نريد. وبعد قراءتي لمقالات كالديرون قررت التفرغ لهذا الموضوع.

- كيف كانت حالة المعرفة آنذاك؟

- نحو منتصف الستينيات، كان التفاعل غامضاً تماماً والآلية خاضعة للنقاش. فقد عُرضت فرضيات كثيرة، غير أن أيّ واحدة منها لم تسمح بتفسير جميع النتائج التجريبية. إذ اعتقد الكيميائيون أنه لا توجد سوى روابط بسيطة بين العناصر الانتقالية وذرّات الكربون، وعلى هذا الأساس حاولوا شرح تفاعلات الحفّاز. فالتبادل المزدوج لم

يسمح تفاعل التبادل المزدوج بتخفيض عدد مراحل تصنيع الأدوية

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

يكن أمره محسوماً: إذ انطلقت جميع الفرضيات من مبدأ أن الروابط التي تتشكل بين المعادن الانتقالية[1] ونرات الكربون في الأوليفين تكون بسيطة، الأمر الذي منع تقدم البحث مدة طويلة.

- كيف تجاوزتم هذه العقبة؟

- لقد تأثرت كثيراً بثلاث مقالات، منها مقالة بانكس وناتا في العام 1964، التي ذكرتها قبل قليل. ولكن بشكل خاص، وفي العام نفسه، قام الكيميائي الألماني إرنست أو. فيشر E. O. Fischer بتصنيع مركّب يملك رابطة مزدوجة بين ذرّة كربون ومعدن التنغستن. فكانت المرة الأولى التي يُعيّن فيها جزيء حاوٍ لمثل هذه الرابطة، المسماة "معدن-كربن". وفي المعهد IFP أعدنا تصنيع جزيء فيشر ودرسنا نشاطه الكيميائي. وهكذا، مع جان لويس هيريسون J. Louis Herisson، وهو طالب كان يحضّر أطروحة الدكتوراه، تمكنا من تأكيد دور هذا النوع من الجزيئات في التبادل المزدوج في الأوليفينات.

- ماذا اكتشفتم بالتحديد؟

- في المرحلة الأولى، يترابط المعدن-كربن مع أوليفين ليشكلا مربعاً مكوناً من ذرّة معدنية وثلاث ذرّات من الكربون، وجميعها ترتبط بروابط بسيطة. ومن ثم يقوم المعدن بأسر واحدة من مجموعات ذرّات الكربون في الأوليفين التي تملك رابطة مزدوجة. وتقوم هذه المجموعة باستعادة مجموعة الذرّات المحمولة بوساطة المعدن. والمعدن-كربن الجديد يرتبط مع أوليفين جديد ليشكل مربعاً جديداً يتحطم بدوره. وبالنتيجة، يحمل أوليفين مجموعة الذرّات من أوليفين آخر، ويعاود المعدن-كربن تشكّله ليصبح جاهزاً للتفاعل من جديد مع جزيئات أخرى.

- في أي ظروف بدا لكم الحل؟

- عندما يكون لدى الباحث سؤال يشغله، فإنه يفكر فيه ليل نهار! ومن ناحيتي، أتذكر أن الحل خطر لي يوم أحد، عندما كنت مشغولاً باهتمامات منزلية. ومن ثم، وبشكل غير متعقل، تحدثت مع مَن حولي عن الآلية التي اكتشفتها في الوقت الذي لم أكن قد نشرت أي شيء بهذا الصدد: كان من الممكن أن يلتقط أحدٌ فرضيتي، ويتاكد منها وينسبها لنفسه. ولحسن الحظ، لم تخطر هذه الفكرة على بال أحد، وإلاّ لما كنت هنا للتحدث عن هذا الموضوع! وبالمناسبة، ففي العام 1971، ولأن أعمالي بدت لا تهم إلاّ عدداً قليلاً من الناس، فقد نشرت نتائجي في مجلة ألمانية قليلة الانتشار. وكانت المجلة متخصصة في الجزيئات الضخمة، وهو مجال ليست له علاقة تذكر مع تفاعل التبادل المزدوج في الأوليفينات.

- بين العامين 1971 و1975، لم تُذكر نتائجكم عن التبادل المزدوج في الأوليفينات إلاّ في مقالتين علميتين فقط. وقد لزم مرور زمن قبل أن يُعترف بأعمالكم من قبل الجمهور العلمي؟

- لقد ساهمت ظروف نشر نتائجي بهذا التجاهل، ويجب القول أيضاً بأن غالبية الكيميائيين، ومنهم كالديرون نفسه، كانوا متشككين. كما أن مختصاً نظرياً نشر عملاً يقول فيه: "إليكم سبب عدم صحة آلية شوفان". وحسب رأيه، فإن طرائق الحساب آنذاك لم تأخذ بالحسبان سلوك بعض أنواع الإلكترونات التي نجدها لدى المعادن الانتقالية. وبالتالي كان من المستحيل بوساطة الحساب تقييم الآلية التي اقترحتها.

- ما الذي غير هذا الوضع؟

- شارل كازي C. Casey، وهو كيميائي من جامعة ويسكنسون والذي أصبح فيما بعد رئيس الجمعية الكيميائية الأمريكية، صار يتحدث عن مقالتي. فكرر تجاربي، ونفذ غيرها، وتوصل إلى نتيجة تؤكد أن آليتي كانت هي الصحيحة. تحدث كازي عنها في وسطه، وبكل أمانة، قام بالدعاية لها في مؤتمر جمع الاختصاصيين في هذا المجال. وفي تلك اللحظات، وبفضل شهرة كازي، بدأ الجمهور العلمي بالاقتناع. وبعدها بقليل، عرضت آليتي في المؤلفات الكيميائية، فكنت في الأوج!

- ما هي مساهمات المشاركين الآخرين في جائزة نوبل في الكيمياء لعام 2005، ريتشارد شروك R. Schrock من MIT، وروبير غروبس R. Grubbs من معهد التكنولوجيا في كاليفورنيا؟

- في العام 1990، كان شروك أول من صنع مركّباً يصلح لتحفيز التبادل المزدوج في الأوليفينات وفق مردود جيد. ومع هذا الاكتشاف، لاحظ الباحثون أنه يمكن استخدام التبادل المزدوج لغايات واسعة الاختلاف وهذا التفاعل قادر على استبدال طرائق اصطناع عديدة. وبعد عامين، حقق الحفاز المعتمد على الروتينيوم والمصنّع من قبل غروبس هذا الوعد تماماً. وكان هذا الحفاز مستقراً جداً،

◄ المترجم :
المعادن الانتقالية : تشكل جسراً بين العناصر ذات الخصائص المعدنية الشديدة الوضوح والعناصر المعدنية الأخرى . إحدى خصائص العناصر الانتقالية هي أنها قادرة على الارتباط مع جزيئات تحمل أزواجاً إلكترونية حرّة .

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

ويمكنه التفاعل مع الأوليفينات بطريقة نوعية تماماً، وبوجود أنواع أخرى من الجزيئات مثل الماء والكحول أو الكربوكسيلات الحامضية، في حين أن التبادل المزدوج لم يكن يعمل حتى ذاك التاريخ إلاّ مع الهدروكربونات. في الكيمياء بشكل خاص، وكذلك في مجالات أخرى، تتم اكتشافات بشكلٍ مستمر، ولكن حتى المهمة منها، يحدث أحياناً أن تبقى في الأدراج لأن مضامينها لم تكتشف أو لأنها لا تبدو مهمة ضمن بيئة معينة. وأود بذلك القول بأن المشاركين، اللذين عملا في موضوع التبادل المزدوج خلال ما يقارب ثلاثين عاماً، قاما بعمل هائل، وبما أنني حصلت على جائزة نوبل، فأنا مدين لهما بجزء كبير من هذه الجائزة. وبصورة ما، فإنهما هيأا التبادل المزدوج للحصول على جائزة نوبل.

- ما هو الموضوع الذي تناولتموه فيما بعد؟

- عملت كثيراً على التفاعلات في محاليل أيونية وعلى ميزوميرية ضعيفة للأوليفينات الناجمة عن تكرير النفط، وهي عملية تعنى بجمع عدد محدد من الجزيئات. وعلى سبيل المثال، لقد أسست عملية "ألفابيتول Alphabutol" حيث يتفاعل الإتيلن مع التيتانيوم ليعطي شكلاً خاصاً من البوتن. وعملية أخرى كنتُ قد أطلقتها، هي "ديمرسول Dimersol"، وتتمثل في تجميع ثنائيات أو ثلاثيات من الأوليفينات مثل البروبيلن بوساطة النيكل. وتعد الديمرسول أول عملية تستخدم في تكرير النفط حيث تجتمع المواد المتفاعلة والحفاز في آن معاً. إن ذلك لا يتم دون صعوبة لأن الكيميائيين النفطيين كانوا كارهين كلياً لاستخدام المركّبات العضوية–المعدنية، لأن بعضها يشتعل بملامسته للهواء في مصافي النفط.

- لقد جمعتم خلال فترة عملكم بين الأعمال البحثية الأساسية والتطبيقية. ألم يكن ذلك صعباً؟

- كان يجب علي تكريس ثلاثة أرباع عملي للأبحاث التطبيقية والربع الآخر للأبحاث الأساسية. وهذا التوزع يتلاءم مع مزاجي، وعدا ذلك أعتبر أن هذين النشاطين متتامان. ففي الجامعة، غالباً ما يصعب الحكم على أهمية البحث من وجهة النظر الصناعية، ونمر بجانب الاكتشافات دون أن نقدر أهميتها. في الحقيقة، إن الوسط الذي ينمو فيه الباحث مهم جداً لإدراك العلاقة بين التطبيقي والأساسي. فقد كان ذلك سهلاً في المعهد IFP لأن العاملين فيه يملكون معلومات جيدة حول احتياجات الصناعة.

- ما هي رؤيتكم للكيمياء الفرنسية بالمقارنة مع المدرسة الأمريكية التي جاء منها المشاركان في الجائزة؟

- سأكون حذراً تماماً من إعطاء النصائح، ولكن تراودني الرغبة للقول بأن كل شيء متعلق بالشخص ذاته، وما يحسب فيما يخص ازدهار ونجاح الباحث، هو حب الاستطلاع الذي يثبته. ومع ذلك، تجدر الإشارة، من خلال تاريخ جائزة نوبل أنه مقابل عشرين فرنسي حائز على جائزة نوبل هناك ستون من كاليفورنيا. ويَدرج القول في فرنسا بأنه من المستحيل استيراد الطرائق الأمريكية، غير أنني أعتقد أن "الوسط" في الولايات المتحدة، ضمن مفهومه الأكثر شمولاً، هو الذي يشجع البحث ونتائجه الجيدة كذلك.

- ثمانية فرنسيين فقط حصلوا على جائزة نوبل في الكيمياء، منذ نشوئها. فكيف تنوون استثمار شهرتكم؟

- حصلت على جائزة نوبل في الكيمياء، غير أنه لا يمكن الاستنتاج بأنني أفضل كيميائي في فرنسا! كان ألفريد نوبل A. Nobel منشغلاً كثيراً بتطبيق العلوم صناعياً: إن تخصيص جائزة نوبل يخضع إلى بعض القواعد، التي لا تحدد الأفضل في جيل المتخصصين. يبدو أنني دخلت ضمن هذا الإطار، وأنا سعيدٌ جداً لهذه النتيجة. فبعد حصولي على الجائزة، حزت على التماسات كثيرة: حتى أنني دعيت إلى منتدى دافوس Davos! ففي مجالي، قد لا أكون سيئاً، لكن الاستعراض أمام زعماء الاقتصاد العالمي يبدو لي منافياً للعقل. بالحقيقة، ليس لدي أي رسالة أنشرها سوى التي أحملها من خلال تجربتي الشخصية.

لزيادة في المعلومات حول التبادل المزدوج:

- نشاط حول التبادل المزدوج على موقع مجموعة نوبل
http://nobelprize.org/chemistry/laureates/2005/press.htm

- "التبادل المزدوج: من شوفان إلى الكيمياء الخضراء"، l'Actualite chimique, 273, 2004, p. 3, Didier Astruc

نشر هذا المقال في مجلة La Recherche, No. 394, Fevrier 2006, p. 61.

وتمت ترجمته في هيئة الطاقة الذرية السورية.

غالباً ما تكون الجامعة المكان غير الملائم لتقدير أهمية البحث على المستوى الصناعي

مفعول هول السبيني

قد يفتح الرصد التجريبي لمفعول هول السبيني عصراً جديداً في السبينترونيات.

تتجمع "السبينات للأعلى" و"السبينات للأسفل" عند الطرفين المتقابلين لعينة استجابة لتيار كهربائي.

الكلمات المفتاحية:

سبينترونيات، حقول مغنطيسية، تيارات كهربائية، سبين، نبائط إلكترونية مكروية.

في العام 1879 كان إدوين هول E. Hall طالب دراسات عليا في جامعة جونز هوبكنز في بالتيمور في الولايات المتحدة يدرس تأثيرات الحقول المغنطيسية على التيارات الكهربائية. وقد دله حدسه، خلافاً لما هو مذكور في كتبه الجامعية، إلى أن الحقل المغنطيسي يجب أن يمارس قوة على التيار المار في السلك، وليس على السلك مباشرة. وكتب هول في ورقته العلمية التي تصف اكتشافه قائلاً: "يتأثر السلك الحامل لتيار ما (عن طريق مغنطيس) على نحو يتناسب تماماً مع شدة التيار في حين لا دخل لحجم السلك أو المادة المصنوع منها بذلك".

قاس هول فولطية في الاتجاه المتعامد مع تيار مطبق كان يتناسب طرداً مع شدة الحقل المغنطيسي. وأدرك أن قوة لورنتز المؤثرة على الإلكترونات سبَّبت انحراف هذه الإلكترونات إلى أحد الطرفين أثناء تحرّكها على طول السلك. وقد خلقت زيادة الشحنة هذه فولطية تُعرف حالياً باسم "فولطية هول".

واليوم يُستخدم مفعول فولطية هول بصورة روتينية لتوصيف مواد مثل أنصاف النواقل لأنه يوفر معلومات حول كثافة الشحنات المسؤولة عن النقل الكهربائي وسرعتها ونمطها. علاوة على ذلك، ومع أن مفعول هول لا يتضمن أجزاء متحركة فإنه يمكن أن يستخدم لقياس الحقول المغنطيسية وجريان السوائل والضغط في أجهزة مثل أجهزة الاشتعال في السيارات والمكابح المانعة للانزلاق من دون أن تسبب اهتراء أو تمزيقاً. وبعد اكتشاف مفعول هول الكمومي –الذي تزداد فيه فولطية هول في خطوات متقطعة لدى ازدياد التيار– في العام 1980 أصبح مفعول هول يُستخدم الآن لتقديم مقياس معياري للمقاومة الكهربائية. وقد مُنح كلاوس فون كليتزينغ K.V. Klitzing جائزة نوبل في الفيزياء في العام 1985 لهذا الاكتشاف.

الآن، وبعد مضي 125 عاماً على اكتشاف إدوين هول، يبقى مفعول هول وتطبيقاته حقلاً بحثياً خصباً. وقد قامت مؤخراً مجموعتان،

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

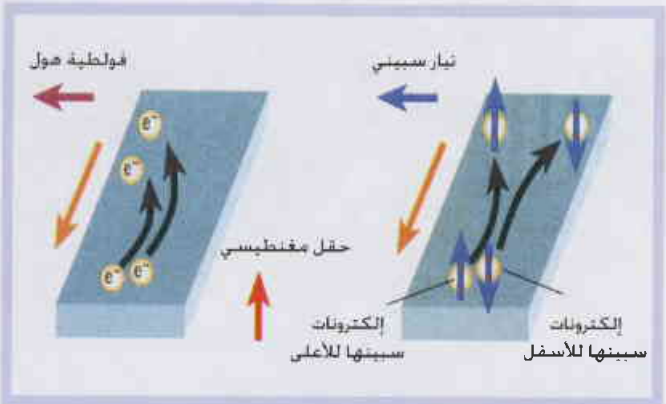
بصورة مستقلة إحداهما عن الأخرى، بقياس شكل جديد من هذه الظاهرة مبنيٍّ على الاندفاع الزاوي الداخلي، أو سبين الإلكترونات. كان مفعول هول السبيني قد جرى التنبؤ به في عام 1971، وهو يُقدِّم طريقة لفصل الإلكترونات حسب توجه سبيناتها. ولذلك يُعدُّ هذا تطوراً مثيراً فيما يخص علم "السبينترونيات spintronics" وهو مجال تقاني ناشئ يتم فيه تناول كل من شحنة الإلكترون وسبينه لصنع أنماط جديدة من النبائط الإلكترونية الصغيرة microelectron-ic devices (انظر المؤطر). وبصورة خاصة، يمكن أن يتيح مفعول هول السبيني تصنيع نبائط سبينترونية بالتقنية ذاتها المستخدمة حالياً لصنع النبائط نصف الناقلة.

نظرية السبين

يمكن أن تكون لسبين الإلكترون قيمتان متميّزتان "للأعلى" أو "للأسفل"، وهذا يجعل الإلكترون يسلك مثل قضيب مغنطيسي بالغ الصغر. ولكن السبينات في المعادن اللامغنطيسية وفي أنصاف النواقل تتوجّه في اتجاهات عشوائية بحيث لا تولّد مغنطة إجمالية، وذلك بخلاف المغنطيس العادي الذي تكون فيه السبينات كلها متجهة في اتجاه واحد فتولّد بذلك قطبين جَهْريين شمالي وجنوبي.

وفي عام 1971 اقترح دياكونوف و ف. بيرل من معهد إيوفّه Ioffe في روسيا أن خاصة الإلكترونات الكمومية هذه يمكن أن تؤدي إلى شكل جديد من مفعول هول بسبب ظاهرة تدعى اقتران السبين والمدار spin-orbit coupling. ينشأ هذا الاقتران من مبدأ النسبية الذي يفسر كيف أن الحقل الكهربائي يبدو مثل حقل مغنطيسي من وجهة نظر إلكترون يتحرك بسرعة. فعلى سبيل المثال، إذا عكس الإلكترون جهة حركته فإن الحقل المغنطيسي الذي يراه الإلكترون يعكس اتجاهه أيضاً. ونتيجة لذلك فإن الإلكترونات التي تكون سبيناتها "إلى الأعلى" تتبعثر لدى تصادمها مع الشوائب الموجودة في الناقل في اتجاه مخالف لاتجاه الإلكترونات ذات السبينات "إلى الأسفل"، مُسبِّبة بذلك تياراً سبينياً (الشكل 1).

وعلى هذا، فإن التيار السبيني الذي اقترحه ديكونوف وبيرل، يُسبب تراكم السبينات الإلكترونية ذات الاتجاهين المختلفين على الطرفين المتقابلين للقناة الناقلة على نحو يماثل تراكم الشحنات الذي يحدث في مفعول هول الكلاسيكي. وفي الواقع، أدخل جورج هيرش مصطلح "مفعول هول السبيني spin Hall effect" وذلك في جامعة كاليفورنيا في سان دييغو، فهو الذي توصل إلى الفكرة ذاتها بصورة مستقلة في العام 1999. علاوة على ذلك، وبما أن هذه العملية تتطلّب تبعثر الإلكترونات على الشوائب، فإنها تسمى الآن مفعول هول السبيني اللاذاتي extrinsic spin Hall effect.



الشكل 1 (تأثيرات هول)

في مفعول هول الكلاسيكي تخضع الإلكترونات التي تتحرك في صينة رقيقة بوجود حقل مغنطيسي عرضي إلى قوة تدفعها نحو أحد جانبي العينة (اليسار). تولّد هذه القوة فولطية متناسبة خطياً مع شدة التيار وشدة الحقل المغنطيسي.

أما في مفعول هول السبيني (اليمين) فتنحرف الإلكترونات ذات السبين المتجه "إلى الأعلى" نحو أحد جانبي العينة وتلك ذات السبين المتجه "إلى الأسفل" نحو الجانب المقابل. وينتج عن هذا تيار سبيني عمودي على جهة التيار الكهربائي. وليست هناك حاجة لحقل مغنطيسي لإحداث مفعول هول السبيني.

ولكن في العام 2003 كان ش. موراكامي Sh. Murakami والعاملون معه من جامعة طوكيو، ومن بعده في العام الذي تلاه ج. سينوفا J. Sinova والعاملون معه من جامعة تكساس قد تنبّؤوا بأن ظاهرة تدعى مفعول هول السبيني الذاتي intrinsic spin Hall effect يجب أن تحدث إضافة إلى آلية هول السبينية اللاذاتية. وتتمثل الفكرة في أن الحقل المغنطيسي الفعّال العائد إلى تأثر السبين والمدار يولّد مزدوجة torque تؤثر على السبينات الإلكترونية ويمكنه أن يولّد كذلك تياراً سبينياً. والفرق الهام بين الآليتين الذاتية واللاذاتية يكمن في أن مفعول هول السبيني الذاتي ينشأ نتيجة للبنية البلورية للمادة حتى في غياب الشوائب، في حين لا يحدث مفعول هول السبيني اللاذاتي إلا لدى وجود تبعثر بواسطة الشوائب.

نظرة خاطفة

- تمتلك الإلكترونات، إضافة إلى الشحنة، اندفاعاً زاويا ذاتيا يدعى السبين، وهو الأساس في ثورة في الإلكترونات المكروية تدعى سبينترونيات.
- تتجمع، في مفعول هول السبيني، الإلكترونات ذات السبين المتجه "إلى الأعلى" والإلكترونات ذات السبين المتجه "الى الأسفل" عند طرفي نصف الناقل استجابة لتيار كهربائي.
- جرى التنبؤ بهذه الظاهرة أول مرة في العام 1971، لكن لم يحدث اهتمام بهذا المفعول إلا حين أعيد اكتشافها في العام 1999. ونعلم الآن وجود مفعولي هول سبينيين، ذاتي و لاذاتي.
- رصدت مجموعتان تجريبيتان مؤخراً مفعول هول السبيني للمرة الأولى مع أنه ليس من المؤكد بعد أن الآلية ذاتية أو لاذاتية.
- يمكن مفعول هول السبيني من صنع مكونات السبينترونيات من مواد نصف ناقلة، وهذا يفتح المجال أمام نبائط سبينترونية والكترونية وضوئية مدمجة.

وقد أدى مفهوم مفعول هول السبيني الذاتي إلى نقاش مستفيض لدى أصحاب فيزياء المادة المكثفة condensed-matter-physics، وقد ظهرت أكثر من 50 ورقة علمية ذات صلة بالموضوع بعد اقتراح موراكامي. ولكن على الرغم من التاريخ الطويل لهذه النظرية، لم يحدث أي إثبات تجريبي لمفعول هول السبيني إلاّ مؤخراً جداً. حتى عندئذٍ فقد كان الاكتشاف مصادفة بشكل ما.

التحقق التجريبي

يرجّح أن تكون قد جرت المحاولات الأولى لقياس مفعول هول السبيني باستخدام قياسات كهربائية بواسطة تماسات contacts مغنطيسية بهدف كشف تراكم السبينات على طرفي العينة. ومع أن المغانط تتصف بأن إلكتروناتها مستقطبة سبينياً (أي أن السبينات كلها ذات اتجاه واحد) وهذا يجعلها خياراً طبيعياً لمصدر السبينات الإلكترونية أو لترشيحها، فإن هذه القياسات يمكن أن تطغى عليها آثار أخرى أكثر ظهوراً مثل المقاومة المغنطيسية magnetoresis-tance، في حين توفر الطرق الضوئية، من ناحية أخرى، وسيلة حساسة ومحلية لقياس الاستقطاب السبيني

لقد أعلن باحثان من مؤلفي هذه المقالة (هما كاتو وأوشالوم) وزملاء آخرون في جامعة كاليفورنيا في سانتا باربرا في شهر كانون الأول من عام 2004 عن رصدهم لمفعول هول السبيني لأول مرة. وقد كانت التجربة تستند إلى مفعول يدعى دوران كير Kerr rotation حيث يدور استقطاب حزمة ضوئية لدى انعكاسها عن مادة ما. ويتناسب مقدار الدوران طرداً مع مغنطة المادة، ولذلك يمكن بواسطة قياس مقدار دوران كير، تعيين العدد النسبي للإلكترونات الموجودة ذات السبين للأعلى والسبين للأسفل.

قمنا، أولاً، بتمرير تيار عبر صفيحة من زرنيخيد الغاليوم مبرَّدة إلى الدرجة 30 كلفن، ثم جعلنا حزمة ليزرية مبأرة تمسح scan مناطق معينة من السطح بواسطة مجهر كير بهدف تشكيل صورة ثنائية البعد للاستقطاب السبيني. واستطعنا كشف استقطابات سبينية لعدد قليل من السبينات الإلكترونية في المكرون المكعب – وهذا ميْز عالٍ لدرجة أن الأمر استغرق نحو 30 ساعة لتشكيل خريطة للاستقطاب السبيني غير كامل النبيطة.

كانت النتيجة واضحة لدرجة مدهشة، فقد تجمعت الإلكترونات ذات السبين للأعلى spin-up على الطرف الأيسر للعينة بالنسبة إلى التيار المار وتجمعت الإلكترونات ذات السبين للأسفل spin-down على الطرف الأيمن (الشكل 2). لقد مضى أكثر من ثلاثين عاماً على التنبؤ بمفعول هول السبيني قبل أن يتم رصده أخيراً! وما يستحق ذكره بالفعل هو أننا لم نكن نبحث عن مفعول هول السبيني على الإطلاق، بل كنا نعمل على تجربة أخرى حيث وجدنا ذروة غامضة في المعطيات، وأمضينا أياماً كثيرة استنفدنا خلالها كل التفسيرات الأخرى الممكنة إلى أن التقتنا في النهاية إلى مفعول هول السبيني.

وبعد ذلك بمدة قصيرة نشر ج. فوندرليش J. Wunderlich والعاملون معه من مخبر هيتاشي-كامبردج في المملكة المتحدة رصداً مستقلاً لمفعول هول السبيني في غاز ثنائي البُعد من "الثقوب holes" –وهي أشباه جسيمات موجبة الشحنة يمكن حُسْبانها إلكترونات ناقصة. وتملك الثقوب سبيناً أيضاً. لقد استخدم فريق هيتاشي-كامبردج ديوداً مصدراً للضوء من ديود زرنيخيد الغاليوم مصمماً خصوصاً لسبر استقطاب السبينات عند حواف عيّنة

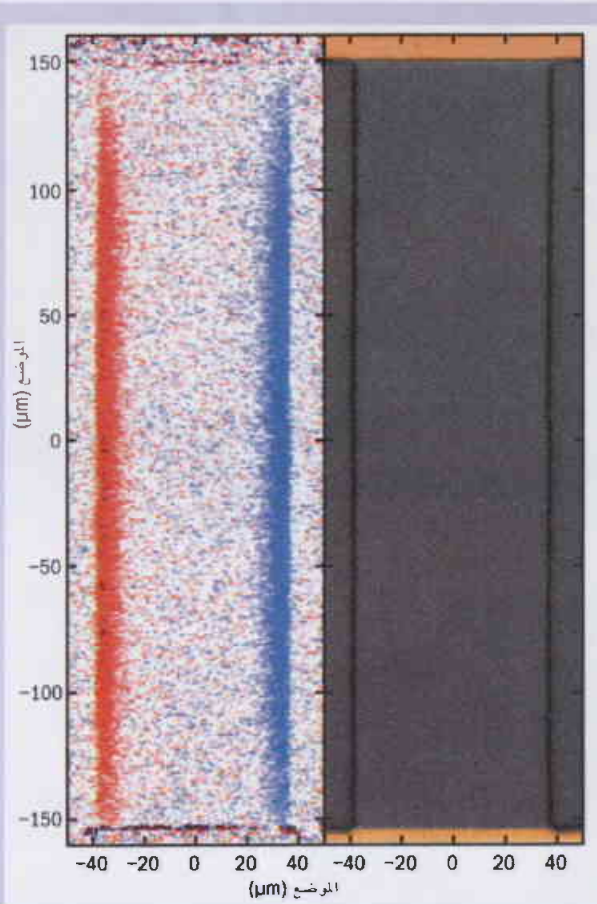
الثورة الإلكترونية

يستفيد الباحثون في السبينترونيات من سبينات الإلكترونات كما يستفيدون من شحناتها الكهربائية لصنع نبائط ذات وظائف تفوق ما توفره الالكترونات التقليدية. وتستخدم عدة تطبيقات مثل هذه المفاعيل المرتبطة بالسبين كرؤوس قراءة الصمام السبيني spin-valve read heads التي مكنت من الحصول على كثافات تخزين أعلى في الأقراص الصلبة. والمثال الآخر هو الذاكرة ذات الوصول العشوائي random access memory التي بإمكانها تخزين المعلومات حتى عندما تكون كل التغذية الكهربائية مقطوعة عن الجهاز.

تستند هذه التطبيقات إلى نبائط معدنية. لكن من المفيد جداً تطوير نبائط نصف ناقلة للسبينترونيات لأن تصنيعها سهل. إضافة إلى أن السبينترونيات نصف الناقلة تفتح المجال أمام إمكانيات جديدة لنبائط تشمل تخزيناً منطقياً ومغنطيسياً.

ولكن لكي تعمل مثل هذه النبائط لا بد من إيجاد طرق لحقن سبينات الكترونية ونقلها وتداولها بأكبر كفاءة ممكنة. وكذلك إيجاد طرق لكشفها. فعلى سبيل المثال، يمكن حقن إلكترونات ذات توجيهات سبينية معينة داخل نصف ناقل من مغنطيسي حديدي، وقد أحرز تقدمٌ كبيرٌ في تطوير أنصاف نواقل مغنطيسية. وبالنسبة إلى نقل المعلومات السبينية يكمن التحدي في إجرائه دون تشويش الحالات السبينية للالكترونات - أي التأكد من أنها تبقى "مترابطة coherent". ويتيح زمن الترابط الطويل في زرنيخيد الغاليوم، على سبيل المثال، سحب السبينات مسافات تقدر بمئات المكرونات باستخدام حقول كهربائية. أما بالنسبة إلى التحكم بسبينات الإلكترونات وتداولها فقد بينت النتائج الحديثة إمكان توسيع التقنيات المألوفة التي تستخدم الحقول المغنطيسية وحقول الأمواج المكروية، إلى استخدام نبضات ضوئية وحقول كهربائية وإجهاد ميكانيكي.

لقد حدث أيضاً تقدم حديث كبير في كشف السبينات الإلكترونية وبصورة خاصة باستخدام المفاعيل الضوئية. فالكشف المحلي للسبينات الإلكترونية في أنصاف النواقل، على سبيل المثال، ممكن باستخدام التألق الضوئي المستقطب أو باستخدام دوران كير. ومفعول هول السبيني مهم لأنه يجعل سبينترونيات أنصاف النواقل تتقدم خطوة إلى الأمام حيث إنه يتيح إحداث الاستقطاب السبيني كهربائياً دون استخدام مواد مغنطيسية. وهذا يجعله أكثر اتساقاً مع تقنيات تصنيع نبائط أنصاف النواقل الحالية.



الشكل 2: تعاكسات السبين

في تجربة سانتا باربرا اكتُشف مفعول هول السبيني باستخدام تقنية ضوئية تدعى مجهرية كير، التي أنتجت صورة ذات بُعدين للاستقطاب السبيني (إلى اليسار) وللانعكاسية (إلى اليمين) في عينة من زرنيخيد الغاليوم. يشير اللون الأحمر إلى الاستقطاب السبيني الموجب في حين يشير اللون الأزرق إلى الاستقطاب السبيني السالب. ويبيّن مخطط الانعكاسية طرفي العينة (اللون الأسود) كما يبيّن التماسات المعدنية الشديدة الانعكاس (اللون الذهبي).

كانت قد بُرِّدت إلى 4.2 كلفن. إن استقطاب الضوء الصادر يعتمد على جهة سبينات الثقوب. وقد وجد فوندرليش والعاملون معه أن استقطاب هذا الضوء يغير إشارته عند الطرفين المتقابلين. كما يغير الاستقطاب إشارات لدى عكس جهة التيار الكهربائي، وهذا أيضاً ينسجم مع مفعول هول السبيني.

منبع سبيني لامغنطيسي

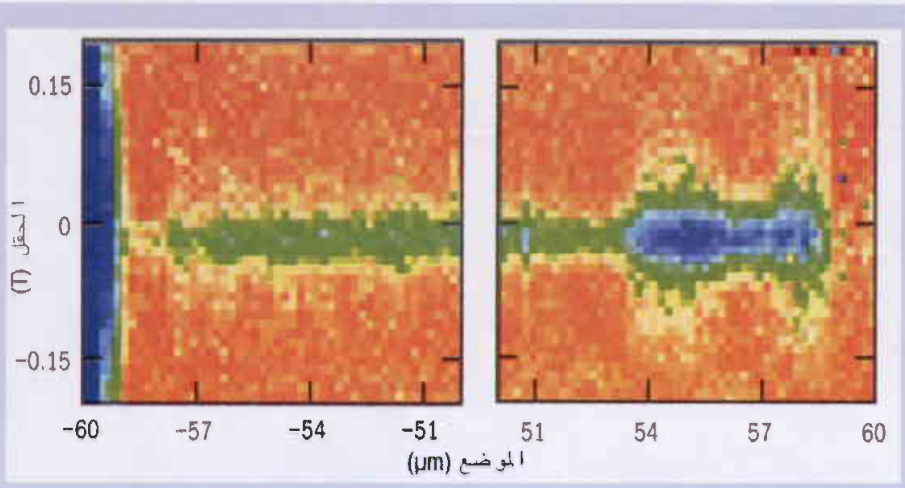
إن أكثر سمات هذين الاكتشافين إثارة هو انعكاساتهما على السبينترونيات. وبما أن مفعول هول السبيني يمكن أن يولّد تياراً سبينياً واستقطاباً سبينياً بواسطة تيار كهربائي فهذا يعني أن الحقول المغنطيسية الخارجية أو المواد المغنطيسية ليست لازمة؛ ولذلك يمكن أن يستخدم مثل هذا المنبع السبيني اللامغنطيسي لبناء نبائط لا تعاني من الحقول "الحافيّة fringe fields" الصعبة.

ولكن لا بد من ذكر أن الاستقطاب السبيني المرصود ضعيف جداً (نحو إلكترون واحد مستقطب من أصل 10000 في تجاربنا على سبيل المثال). وعلاوة على ذلك، فإننا بحاجة إلى دراسة مفعول هول السبيني عند درجات حرارة أعلى قبل أن نقرر كم سيكون هذا المفعول مفيداً للنبائط السبينترونية العملية.

وهناك مسألة حاسمة أخرى إذا أردنا يوماً ما تدبير مفعول هول السبيني والتحكّم به تتمثّل في أن نحدد هل المفعول المهيمن المرصود ذاتي أم لاذاتي. ولتحري هذا الأمر فقد قامت مجموعتنا في سانتا باربرا بتكرار تجربتنا باستخدام رقاقة مُجْهَدة strained من زرنيخيد الغاليوم-إنديوم. يغير الإجهاد شكل البلورة ويُحرِّض حقلاً مغنطيسياً فعّالاً إضافياً من وجهة نظر الإلكترونات، وهذا يجب أن يؤثر على مفعول هول السبيني الذاتي ولا يؤثر على المفعول اللاذاتي. ولكننا لم نجد تغيراً ذا شأن حين تغير الحقل المغنطيسي الفعال مما يشير إلى أن الآلية الكامنة خلف مفعول هول السبيني في عيناتنا لاذاتية. وستكون الخطوة التالية إعادة التجربة باستخدام أنصاف نواقل ذات مستويات مختلفة من الشوائب.

ومن ناحية أخرى، تدّعي مجموعة هيتاشي-كامبردج أن نتيجتها ذات منشأ ذاتي لأن الحقول المغنطيسية في عينتها كبيرة جداً. وقد أظهرت الدراسة النظرية أن مفعول هول السبيني الذاتي يجب أن يظهر حين تكون الحقول المغنطيسية الفعالة كبيرة بصورة تكفي لتدوير السبينات خلال الزمن المنقضي بين أحداث التبعثر في العينة. وتخضع الثقوب، في الواقع، لحقول مغنطيسية فعالة أكبر بكثير مما تخضع لها الإلكترونات. وإضافة إلى ذلك، فقد جرت هندسة عينة هيتاشي-كامبردج بحيث تكون الثقوب مفصولة عن الشوائب، وهذا يعني أن الزمن المنقضي بين أحداث التبعثر أطول مما هو في تشكيلة العينات التي درستها مجموعتنا. لقد أثار قياس مفعول هول السبيني في غاز ذي بُعدين اهتماماً كبيراً في دراسة هذا المفعول في بُنى ذات صلة، وبصورة خاصة في اختبار "نماذج بازغة" لمفعول هول السبيني الذاتي.

ومؤخراً، قام مؤلفو هذه المقالة والعاملون معهم في سانتا باربرا بقياس مفعول هول السبيني في غاز إلكترون ذي بُعدين لمعرفة ما إذا كان المفعول مختلفاً عن الذي رصدناه في البلورات الجرمية. كانت للعينات حقول مغنطيسية فعالة عمودية على مستوى العينة، بخلاف تلك التي كانت في التجارب السابقة. وباستخدام مجهر كير صوَّرنا الاستقطاب السبيني العائد إلى مفعول هول السبيني بوجود حقول مغنطيسية فعالة ذات بنى معقدة جداً (الشكل 3). لكننا وجدنا أن الاستقطاب السبيني كان متشابهاً في تشكيلة من الحقول المختلفة، وبما أن توجيه الحقول لم يكن في مستو واحد فإن النتائج توحي بأن الآلية المسيطرة في هذه المنظومة هي مفعول هول السبيني اللاذاتي.



الشكل 3: السبينات في غاز إلكتروني ثنائي البُعد

إن مجهرية كير حساسة لمقدار الاستقطاب السبيني في مادة ما وهي تتيح لنا تصوير مفعول هول السبيني في غاز إلكتروني ذي بُعدين كتابع للموضع ولشدة الحقل المغنطيسي المطبق. ويُسبّب الحقل المغنطيسي الداخلي في هذه العينة استقطاب السبينات على طول القناة (اليسار)، لكن مفعول هول السبيني يُعزز الاستقطاب السبيني (المناطق الخضراء والزرقاء) بالقرب من الطرف الأيمن للعينة (اليمين).

نظرة إلى المستقبل

استجاب النظريون سريعاً إلى التأكيد التجريبي لمفعول هول السبيني. ويجادل البعض بأن المنشأ هو ذاتي على الرغم من النتائج التجريبية في زرنيخيد الغاليوم-إيديوم المُجْهد ما دام يوجد حقل مغنطيسي فعال لا يعتمد على الإجهاد. وطوَّر آخرون نظرية تتيح لهم حساب مقدار مفعول هول السبيني اللاذاتي لكي يقارنوه مباشرة بنتائج تجارب كل من سانتا باربرا وهيتاشي-كامبردج. ويبيّن الخلاف حول الآلية المهيمنة المسؤولة عن مفعول هول السبيني بوضوح أن الأمر بحاجة إلى المزيد من القياسات والتحليل النظري قبل أن يستطاع فهمه كاملاً.

وقد أُثيرت أيضاً بعض الأمور النظرية المتعلقة بمفعول هول السبيني عموماً، مثل تأثير الاضطراب وهندسة العينة. ففي العام 2004 مثلاً وجد جون إيشيرو إينو J. Inoue (من جامعة ناغويا في اليابان) والعاملون معه أن مفعول هول السبيني الذاتي يتلاشى حين يتيح نموذجهم تبعثر الإلكترونات بشروط معينة. وقد طورت مؤخراً مجموعات أخرى محاكاة حاسوبية مهمة بهدف التنبؤ بكيفية تأثر الاستقطاب السبيني في عينات ذات أشكال مختلفة، وهذا ما ينبغي اختباره في تجارب مقبلة.

وفي مستوى عملي أكبر، يُقدِّم مفعول هول السبيني طريقة واعدة لفصل السبينات الإلكترونية مكانياً spatially، مما يجعله مشابهاً في الحالة الصلبة لنبيطة شتيرن وكيرلاش. ويمكن تطبيق هذا المفعول في تحضير الاستقطاب الإلكتروني السبيني وتداوله وكشفه في نبائط السبينترونيات نصف الناقلة. فعلى سبيل المثال، يمكن صنع نبيطة قراءة سبينية بسيطة يمكن فيها تحديد جهة تيار كهربائي عرضي استناداً إلى الاستقطاب السبيني الأولي. وعلاوة على ذلك، يُقدِّم مفعول هول السبيني استبصارات جديدة حول مفاعيل اقتران السبين والمدار وحول طبيعة التيارات السبينية والتراكم السبيني.

ربما كان حدس إدوين هول حاذقاً لدرجة تتيح له استجواب فيزياء زمانه، ولكنه مع ذلك لم يستطع التنبؤ أن اسمه سوف يبقى يذكر في مجلات فيزيائية رئيسة بعد مرور أكثر من قرن.

إدوين هول: لايزال مفعول هول حاضراً اليوم بعد مرور أكثر من 125 سنة على اكتشافه

ف. سيه، ي. كاتو، د. أوشالوم
قسم الفيزياء - جامعة كاليفورنيا - سانتا باربارا - الولايات المتحدة الأمريكية

نشر هذا المقال في مجلة Physics World, November 2005،
وتمت ترجمته في هيئة الطاقة الذرية السورية.

دور الكولسترول وتوزع الليبيدات في حالات الأمراض

تتمتع الليبيدات (الشحوم) الغشائية بدور أساسي بالنسبة لتشكيلة من الوظائف البيولوجية تمتد من التنظيم المروري الغشائي وصولاً إلى التحويل التبادلي للإشارات. وتؤثر بنية الأغشية الليبيدية في تعضّي هذه الأغشية وخواصها بحيث لا يستغرب أن يكون لاضطرابات استقلاب الليبيدات وانتقالها دورٌ في الأمراض البشرية. ولقد حقق التقدم الرائع الحديث في هذا الصدد تحسناً في فهمنا للأساس الخلوي والجزيئي فيما يخص أمراضاً مرتبطة باضطراب الليبيدات مثل مرض تانجير Tangier disease ومرض نيمان بيك Niemann Pick disease ذي النمط (C) ومرض التصلب الشرياني atherosclerosis. وكذلك أفضت هذه الاستبصارات إلى فهم أكثر عمقاً للفيزيولوجيا العادية.

ملحوظة

1- يُشير المترجم (أ. د. زياد القطب) إلى أهمية موضوع هذه المقالة على صعوبتها وغموض الكثير من معطيات آليات دور الكولسترول وتعضّي الليبيدات في أغشية الخلايا فيما يخص أمراضاً مهمة. وينصح القارئ استيعاب ما يستطيع من هذه المقالة حسب أرضيته العلمية، والتوقف ما أمكن عند الآليات الاستتبابية لتنظيم الكولسترول وعند الحوادث المبكرة والمراحل المتأخرة من داء التصلب الشرياني باعتبار هذا الداء واحداً من أهم أمراض العصر.

2- لقد اعتمدت المصطلحات العربية التي وردت في النسخة الحديثة للمعجم الطبي الموحد (2005) فيما يخص كل ما ورد في المقالة من مصطلحات علمية باللغة الإنجليزية. وكمثال على ذلك يورد المترجم مطرس مقابلة مصطلح matrix، وكلمة إخراج مقابل مصطلح efflux، وكلمة قبط مقابل مصطلح uptake، وكلمة استماتة مقابل مصطلح optosis، وهلم جرّا.

3- في هذه المقالة مفاتيح ما يجري علمياً للوصول إلى أشكال المعالجة المجدية.

الكلمات المفتاحية:
التصلب الشرياني، الفيزيولوجيا المرضية، الغشاء الخلوي، الأمراض البشرية، تكوّن العصيدة.

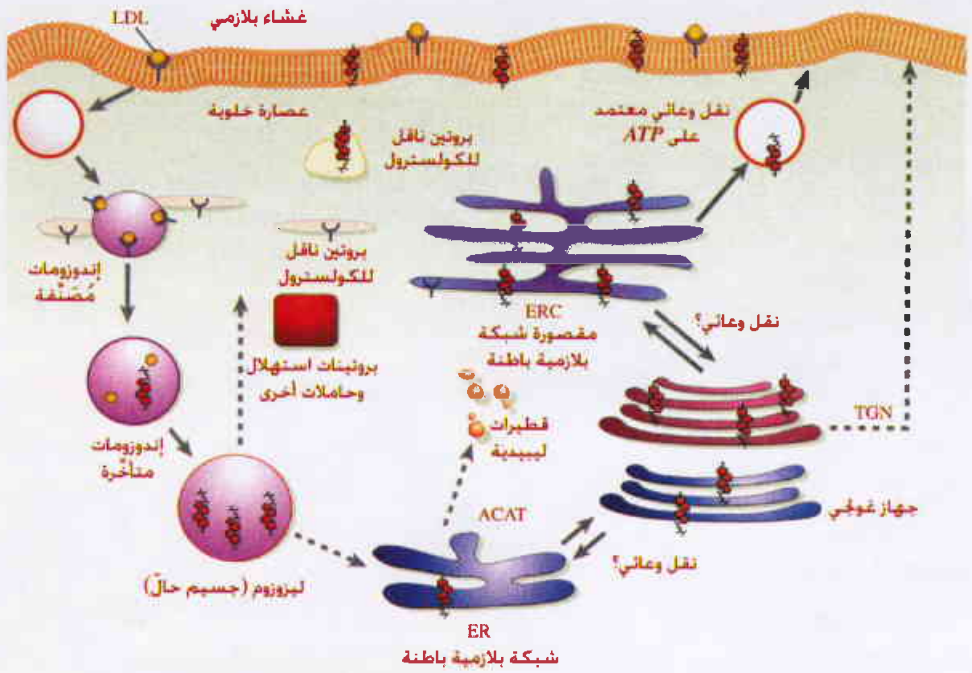
تُعدُّ المكوّنات الليبيدية للأغشية البيولوجية ذات شأن مهم للوظيفة الخلوية السويّة، إذ يمكن أن تستتبع التوزيع غير الصحيح لهذه المكوّنات أو استقلابها الخاطئ تبعاتٌ خطيرة على الخلايا والمتعضيات الحية. وقد جرت دراسة بعض الوظائف المهمة للأغشية مثل دورها كحاجز للنفوذية permeability يفصل بين مقصورات مستقلة في خلايا حقيقيات النوى eukaryotic cells، وذلك منذ المشاهدات الأولى لعُضَيّات تحت خلوية subcellular organelles. كما وقد دُرست وظائف أخرى مثل التأشير signalling بواسطة إينوزيتيدات الفسفور على مدى عقود من الزمان، ولكن ما تحقّق من تقدّم حديث يُشير إلى طرائق جديدة يمكن فيها تنظيم آليات التأشير هذه مكانيّاً (حيزيّاً) spatially وزمانيّاً temporally. وقد أظهرت بضعة أدلة أن للخواص الفيزيائية الحيوية للطبقات الثنائية الغشائية تأثيرات بالغة الأهمية على خواص بروتينات الأغشية [1].

يمكن أن يكون للتغيُّرات في تعضّي (توزع) الليبيدات تأثيرات عميقة على وظائف حيوية مثل التحويل الطاقي للإشارة والتنظيم المروري [2-4] عبر الغشاء. ويمكن أن تسبب هذه التأثيرات أمراضاً في البشر كنتيجة لتبدّلات جينية أو وقائع بيئية (مثل الحمية) أو كليهما. ونذكر هنا أن الكولسترول يُعدُّ واحداً من أهم عوامل تنظيم تعضّي الليبيدات lipid organization وأن الثدييات قد طوّرت آليات معقدة ومتحذلقة تهدف إلى إبقاء مستويات الكولسترول الخلوي في الأغشية ضمن مدى ضيق [5]. وحينما تتعرض هذه الآليات الاستتبابية لتجاوزات، كما يحدث في المراحل الأخيرة من التصلب الشرياني، يمكن أن تصبح هذه العواقب خطيرة.

يتفاوت فهمنا لإسهامات الأغشية في الأمراض من مرض إلى آخر. فلقد جرت دراسة دور الكولسترول والليبيدات في تصلب الشرايين عقوداً طويلة من الزمن [6]، واستبان العديد من الآليات الخلوية

الشكل 1: نقل الكولسترول داخل الخلوي.

إن *LDL* (الدوائر الصفراء) الحامل للكولسترول وأستيرانه والمرتبط بمستقبلات *LDL* (ذات الشكل *Y* باللون الأزرق) يجري استبطانه ونقله إلى الإندوزومات المصنّفة وإلى الإندوزومات المتأخّرة والليزوزومات التي تستطيع إخراج الكولسترول إلى مقصورات خلوية تتضمّن الغشاء البلازمي والشبكة البلازمية الباطنة (*ER*). ويعاد تدوير مستقبل الـ *LDL* إلى الغشاء البلازمي عبر مقصورة إعادة التدوير داخل الخلوية (*ERC*). ونشير إلى أن إخراج *LDL* من الإندوزومات والليزوزومات ضعيف التوصيف حسبما تدلّ الخطوط المتقطّعة. ويستطيع الكولسترول الانتقال من الغشاء الخلوي إلى المقصورة *ERC* عبر عملية غير وعائية ومستقلة عن الـ *ATP*. وتحدث إعادة تدوير الكولسترول رجوعاً إلى الغشاء البلازمي عبر نقل غير وعائي وفي حويصلات غشائية خاصة بإعادة التدوير تحمل مقصورات أخرى مخصّصة لإعادة تدوير غيرها. أما الكولسترول الذي اصطنع حديثاً في الشبكة *ER* فغالباً ما ينقل من الـ *ER* مباشرة إلى الغشاء البلازمي متجاوزاً جهاز غولجي. بيد أن بعضه يسلك المسار الإفرازي التركيبي الحيوي المار من *ER* إلى جهاز غولجي. وتتم أسترة فائض الكولسترول في الـ *ER* بواسطة الـ *ACAT* ثم يخزن في قطيرات ليبيدية سيتوبلازمية. وهذه هي شبكة *TGN* عبر جهاز غولجي.



والجزيئية بتفاصيل كثيرة. ويُشكّل ذلك واحداً من الأمثلة البارزة (وربما أفضل مثال) عن الكيفية التي يمكن بها للأدوات المعاصرة في البيولوجيا الخلوية الجزيئية أن تفضي إلى فهم الأمراض البشرية ومعالجتها. ولكن حتى في هذه الحالة، ثمة أسئلة مهمة لم تجد حلاً حول الكيفية التي يؤثر فيها الكولسترول بالخلايا فيما يخص آفات التصلب الشرياني، فكيف يتحرك الكولسترول داخل الخلايا وكيف يتم تصدير الكولسترول إلى المستقبلات خارج الخلوية extracellular acceptors.

وبالنسبة لأمراض أخرى، مثل أمراض الاختزان الموروثة في الجسيمات الحالّة lysosomal storage (التي تفضي إلى تراكم الليبيدات في الخلايا)، فقد تمّ تحديد العيوب الجزيئية، ولكن غالباً لا تتوضح الكيفية التي تفضي بها هذه العيوب إلى مجموعة الأعراض الخاصة التي تصيب المرضى أو كيفية تفريج relief هذه الأعراض. وفي حالات أخرى، ثمّة تلميحات جاهدة بأن تعضّي الغشاء ذو شأن مهمّ، بيد أن التفاصيل تبقى غير مؤكدة. فعلى سبيل المثال، إن تعدُّد الشكل polymorphism في الصميم البروتيني الشحمي (الأبوليبوبروتين) الذي يرمز له بـ (Apo-E) يرتبط بشكل قوي بسنّ ظهور مرض الزايمر، ولكن أساس هذا الارتباط يبقى غير واضح. وعلى نحو مماثل، فقد ذُكر أن المعالجة بالستاتينات الخافضة للكولسترول ذات تأثيرات مفيدة في تأخير ظهور مرض الزايمر، ولكن الأساس الخلوي والجزيئي لهذه التأثيرات غير واضح.

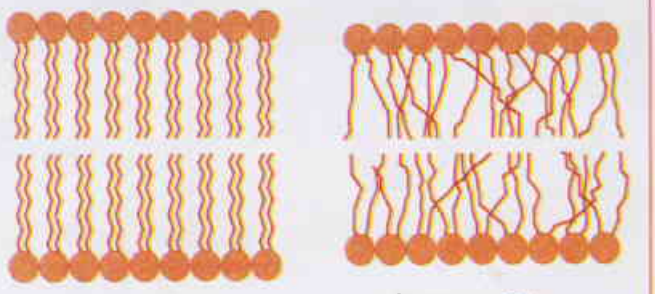
سنلخّص في هذه المراجعة بشكل وجيز الوضع الراهن لمعارفنا فيما يخص التعضّي الغشائي والتنظيم المروري لليبيدات في خلايا الثدييات. وبعد ذلك نناقش الكيفية التي يمكن بها أن تفضي التغيُّرات في البنية والتعضّي الليبيدي إلى تغيير وظيفة خلوية مُعيّنة، وحيثما يكون ممكناً سنعمد إلى ربط ذلك بفهمنا للفيزيولوجيا المرضية pathophysiology المرتبطة بهذه الأمراض.

التعضّي الغشائي

تتمتع أغشية خلايا الثدييات ببضعة أدوار وظيفية لا بد أن تستوفى في آن معاً. فهذه الأغشية توفّر حاجز نفوذية يسمح بوجود تراكيز مختلفة من الأيونات والذوائب solute على طرفي الغشاء. وهذا بدوره يتيح وظائف متخصّصة في العُضيّات المختلفة، كما يصون الكمونات potentials الكهربائية عبر الغشائية. وفي الوقت نفسه، توفر الأغشية سقالة لتدعيم البروتينات الغشائية مع ضرورة بقائها مائعة القوام بقدر يكفي للسماح بالانتشار السريع لهذه البروتينات داخل الخلية. وكذلك يجب أن تكون الأغشية مرنة بقدر يكفي للسماح لها بالتقوُّس، مثلاً حينما تتبرعم لتشكّل حويصلات وأنيبيبات، أو حينما تلتحم بأغشية أخرى أثناء التنظيم المروري. وإننا نعرف الآن أن ليبيدات معينة، لاسيما الفسفاتيدات، تستخدمها الخلايا لتنظيم عمليات تحويل طاقة الإشارة signal transduction في مواضع معينة ضمن الخلايا. وعلاوة على ذلك، يملك العديد من الأغشية البيولوجية عدم تجانس (على هيئة قطاعات مجهرية) يستفاد منه في تجميع

الموطر 1- ليبيدات مرتبة وغير مرتبة.

في الأطوار الليبيدية المنتظمة تتوضّب ذرات سلاسل الأسيل بشكل مرصوص وطوليّ نسبياً (الشكل *a*) . أما الأطوار الليبيدية غير المنتظمة (*1d*) فإنها تتّصف بالانتشار السريع في مستوي الغشاء وتكون فقيرة الانتظام في اللبّ الكاره للماء من الطبقة الثنائية (الشكل *b*) . وأما الليبيدات ذات الحموض الدسمة غير المشبعة التي تملك التواءات *kinks* في سلاسلها الأسيلية فإنها تزيد ميل الطبقة الثنائية لأن تكون في تعضٍّ غير منتظم فلا تتوضّب الذرات في هذا الطور بشكل مرصوص . الأمر الذي يتيح لجزيئات الماء وجزيئات صغيرة أخرى بأن تتوغّل في الطبقة الثنائية بشكل سهل نسبياً . ولأسباب مشابهة يكون هذا النمط من التعضّي الليبيدي حساساً للتذويب باستخدام المنظفات اللطيفة *[92]* . ويتناقص ثخن الطبقة الثنائية كذلك كلما ازداد عدم انتظام سلاسل الليبيد الأسيلية .



جزيئات التأشير بعضها مع بعض (سواءً أكانت بروتينات أم ليبيدات غشائية) بغية إبقائها منفصلة في الشروط المختلفة [2-4].

تفرض المتطلّبات المتنافسة لهذه الوظائف قيوداً صارمة على التراكيب الليبيدية للأغشية. فعلى سبيل المثال، تستطيع الأغشية ذات الانتظام الراقي أن توفر بشكل عام حاجز نفوذية أفضل مما توفره الأغشية غير المنتظمة لأن الجزيئات القطبية polar molecules تستطيع الاقتحام بسهولة داخل الليبيدات غير المنتظمة. بيد أن الليبيدات ذات الانتظام الراقي (ذات الطور الهلامي gel-phase) لا تسمح بالانتشار السريع للبروتينات الغشائية ويصعب عليها التقوُّس في حويصلات وأنيبيبات. وفي الحقيقة، لا تشاهد ليبيدات الطور الهلامي هذه في الأغشية الخلوية للثدييات التي تُبدي من الخواص الطورية السائلة الديناميكية dynamic liquid-phase ما يفوق نظيراتها من الليبيدات في الأغشية غير المنتظمة. ونشير إلى أنه في الأغشية البيولوجية، غالباً ما يوجد مزيج من ليبيدات سائلية الطور غير منتظمة (1d) وليبيدات سائلية الطور منتظمة (1o) مع كون وفرة هذين النمطين تعتمد على التركيب الليبيدي lipid composition.

يمكن وجود طورين ليبيدين أو أكثر جنباً إلى جنب ضمن طبقة ثنائية bilayer واحدة. وقد دُرست أهمية ذلك في الأغشية البيولوجية بشكل كثيف في السنوات القليلة الماضية [8,3,2]. وحظي الغشاء البلازمي بالجانب الأكبر من الدراسة التي أظهرت وجود أدلة كثيرة على وجود قطاعات صغيرة (أو قطاعات مكروية microdomains) في تعضّيات organizations ليبيدية مختلفة. ولكن في الوقت الحاضر، ثمّة ارتياب كبير حول وفرة وحجم وديمومة واختلاف تركيب الأنماط المختلفة من القطاعات المكروية، كما تبقى هناك بعض الأسئلة بلا جواب حول حقيقة وجودها على الإطلاق [9]. وبالاستناد إلى بنية الليبيد وحساسيته إزاء الاستخلاص بالمنظفات وإلى القياسات الفيزيائية الحيوية لحركة المضاهيات analogues الليبيدية، يبدو أن جزءاً كبيراً من الليبيدات في الغشاء البلازمي من الطبقة الثنائية (وربما معظمها) يكون من نمط الليبيدات السائلية الطور ذات التعضّي المنتظم (1o) [3].

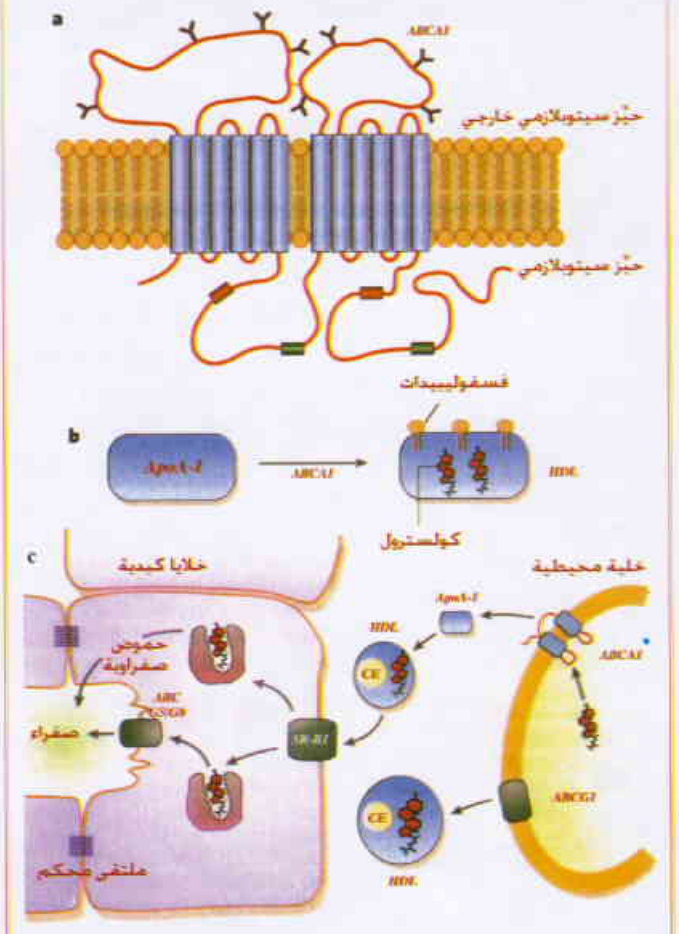
تتمتّع الأنماط المختلفة من التعضّي الليبيدي بتأثيرات مهمة في بروتينات الغشاء. ففي المقام الأول، تفضّل عدة بروتينات غشائية أن ترافق نمطاً خاصاً من التعضّي، وهذا بدوره يؤدي إلى فرزها فيزيائيّاً في الطبقات الثنائية مع الأطوار الليبيدية التي توائمها [10,8]. أما بالنسبة للبروتينات ذات الرواسي anchors الليبيدية أو الرواسي الحمضية الدسمة fatty-acid، فإن هذا التفضيل يتقرر إلى حدٍّ كبير من خلال خواص سلاسل الأسيل acyl chains. فعلى سبيل المثال، تتصف البروتينات ذات الرواسي (GPI)، أي غليكوزيل فسفاتيديل إينوزيتول، بأفضلية نحو القطاعات المنتظمة لأن مراسيها الفسفواينوزيتيدية تملك سلاسل أسيلية مشبعة [11]. وعلى نحو مشابه، ترافق البروتينات البالميتويلية palmitoylated والبروتينات الميريستولية myristoylated (مثل كينازات الطائفة Src) القطاعات المنتظمة في الوريقة السيتوبلازمية [12]. أما الرواسي الغشائية البرينيلية prenylated (مثل جيتيبازات GTPases فوق الطائفة Ras) فإنها تفضّل القطاعات غير المنتظمة بسبب عدم إشباع زمر الإيزوبرينيل. ولكن لا بد من الإشارة إلى أن هذه الأفضليات المبنية على الرواسي الغشائية الكارهة للماء يمكن أن تتدخل فيها التأثرات interactions مع البروتينات الأخرى.

وكذلك تتمتع البروتينات عبر الغشائية transmembrane proteins بأفضليات للأغشية المنتظمة الليبيد (1o) أو الأغشية غير المنتظمة الليبيد (1d) [10,8]. ويبدو أن معظم البروتينات عبر الغشائية تكون ذات أفضلية للقطاعات (1d) حسب دلالات حساسيتها للاستخلاص بالمنظفات. ومن الناحية الفيزيائية قد يرتبط هذا بصعوبة إيواء accommodating قطاع بروتين عبر غشائي ما داخل طبقة ثنائية ليبيدية مرصوصة بإحكام بدون إزعاج التعضّي الليبيدي. ورغم ذلك تُبدي بعض البروتينات عبر الغشائية أفضلية للقطاعات الأكثر انتظاماً، ويكون ذلك أكثر وضوحاً حينما تكون البروتينات متصالبة الوصل crosslinked [4]. وتلعب هذه الأفضلية التعضوية دوراً مهماً في عمليات التحويل الطاقي الإشاراتي signal-transduction وفي عملية الفرز أثناء التنظيم المروري الغشائي. فالأغشية الأكثر انتظاماً تكون ذات طبقات ثنائية أكثر سمكاً (انظر الشكل 1)، وهذا يؤدي إلى تضمين مفضّل لبروتينات غشائية ذات تتاليات sequences طويلة كارهة للماء في مجالها عبر الغشائي. وقد اقترح بأن هذه

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

الشكل 2- إخراج الكولسترول.

(a). إن الـ *(ABCA1)* بروتين متعدد واسع الانتشار في الغشاء ويكون ذا طيّتين رابطتين للنكلوتيد متصلتين بواسطة نتالية *sequence* بتيدية سيتوبلازمية. *(b)*. يشجّع الـ *(ABCA1)* تحويل الفسفوليبيدات إلى أشكال من *(Apo A-I)* الذي هو المكوّن البروتيني الرئيسي للـ *HDL*. ونشير إلى أن آليات هذا التحويل غير مفهومة تماماً. ولكن الـ *(ABCA1)* على ما يبدو يعمل عن طريق تغيير أمكنة الفسفوليبيدات (ورما الكولسترول) عبر الطبقة الغشائية البلازمية وتعريضها للـ *(Apo A-I)* المرتبط بالـ *(ABCA1)* [39 و43]. *(c)*. يجري تحويل حسيمات الـ *(Apo A-I)* إلى *HDL* في الدم بفعل أنزيم هو *(LCAT)*. ويشجع الـ *(ABCG1)* إخراج الكولسترول بشكل جزيئات *HDL* كبيرة [99 100]. هذا وترتبط الـ *HDL* بالمستقبل الكانس *B1* (الذي يرمز له اختصاراً بـ *SR-B1*) في خلايا الكبد وتنقل الكولسترول وأستيرات الكولسترول اللذين يلازمانها إلى الكبد. وهنا يجري إفراغ الكولسترول في الصفراء إما بشكل كولسترول حر أو بعد تحويله إلى أملاح صفراوية [43].



التفضيلات التعضوية تُؤثّر في فرز البروتينات في المسار الإفرازي [10-15]، مع أن هذه النظرة تتحدّاها قياسات متوسط ثخانة الطبقة الثنائية في العُضيّات organelles المنعزلة [16].

يتمثل أحد أهم الأدوار المفترضة للقطاعات الغشائية في أدائها تنظيم التحويل الطاقي الإشاراتي. وعلى وجه الخصوص، قد يؤدي الوصل التصالبي بين بعض مستقبلات التأشير إلى تكوين معقّدات تأشير signalling complexes تصحب الأغشية المنتظمة الشبيهة بالعوّامات raft-like [8,4]. ويعتبر الوصل التصالبي لمستقبلات IgE (IgE receptors) أحد أفضل الأمثلة المتميّزة، مع الإشارة إلى أن هذه المستقبلات موجودة على الخلايا البدينة mast cells وتتورط في إطلاق التفاعلات التحسُّسية. فالوصل التصالبي لهذه المستقبلات يزيد من مقاومتها للذوبان بفعل العقّار (Triton X-100) البارد، مما يشير إلى أن القطاعات الغشائية الأكثر انتظاماً توظف هذا الوصل التصالبي. وهناك بروتين تأشيري آخر توظّفه هذه القطاعات المنتظمة ويدعى كيناز Lyn من الطائفة Src. وتشير الدراسات الحديثة إلى أن Lyn في هذه القطاعات المنتظمة محصَّن ضد فعل الفسفاتاز عبر الغشائي المعطّل له، وهذا يوفّر قدراً صافياً مرموقاً من فَسْفَتة phosphorylation المستقبل IgE [4]. ونشير هنا إلى أن نضوب الكولسترول الخلوي يحول دون قيام الكيناز Lyn والمستقبل IgE بتوظيف القطاعات المنتظمة التي تقاوم المنظفات ويلغي التأشير نتيجة لذلك. كما نشير إلى أنَّ وضع القطاع العُصاري الخلوي cytosotic domain الخاص بالفسفاتاز التيروزيني البروتيني (α) على المرساة الميريستويلية والباليتويلية (التي تسمح لها بدخول القطاعات الغشائية المنتظمة) يمنع فسفتة مستقبلات IgE ذات الوصل المتصالب [4]. وتوحي هذه النتائج بأن القطاعات المكروية الليبيدية مهمة من أجل الفصل بين البروتينات على أساس أفضلياتها تجاه الأنماط المختلفة للانتظام الليبيدي. ويُعدُّ هذا واحداً من طرق تنظيم التأشير.

في العديد من الحالات الأخرى التي يؤثّر فيها الانتظام الليبيدي lipid ordering على التأشير تكون الآليات أقل وضوحاً. ويُعتبر الكولسترول محدِّداً determinant مهمّاً في تعضّي الغشاء (انظر المؤطر 2) ويَسهل نسبياً تغيير مستويات الكولسترول الخلوي في المستنبتات الخلوية cellular cultures. وبذلك غالباً ما يستخدم نضوب (أو نفاد) الكولسترول كطريقة لاختبار ما إذا كان التعضّي الليبيدي يلعب دوراً في مسار التأشير. ولكن ما يُقيِّد ذلك هو أن مستويات نضوب الكولسترول غالباً ما تكون غير فيزيولوجية، وأن النضوب الشديد في الكولسترول قد لا يترك تأثيرات نوعية. ومع ذلك، يمكن لنضوب الكولسترول، إلى جانب معطيات أخرى مثل مقاومة المنظفات، أن يشير إلى دور للانتظام الليبيدي على التأشير. وهناك عدة دراسات توحي بوجود علاقة بين قطاعات الليبيد والهيكل الخلوي الأكتيني actin cytoskeleton [4]. أما التخفيضات المعتدلة في الكولسترول فإنها تسبب تثبيطاً inhibition في حركة الكريات البيض العَدلة neutrophils كما تُسبّب انخفاضاً ملحوظاً في البروزات المعتمدة على الأكتين فوق الكريات البيض العدلة البشرية كاستجابة للجاذبات الكيميائية chemoattractants، وتشاهد نتائج مشابهة في أنماط خلوية أخرى [17]. هذا ويصحب بعض هذه التأثيرات انخفاضاً في تنشيط الجيتيباز GTPase الصغيرة Rac في الخلايا لدى نقصان الكولسترول بمقدار 30% تقريباً، بيد أن الآلية الدقيقة التي تربط بين التعضي الليبيدي وتأشير Rac غير معروفة.

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

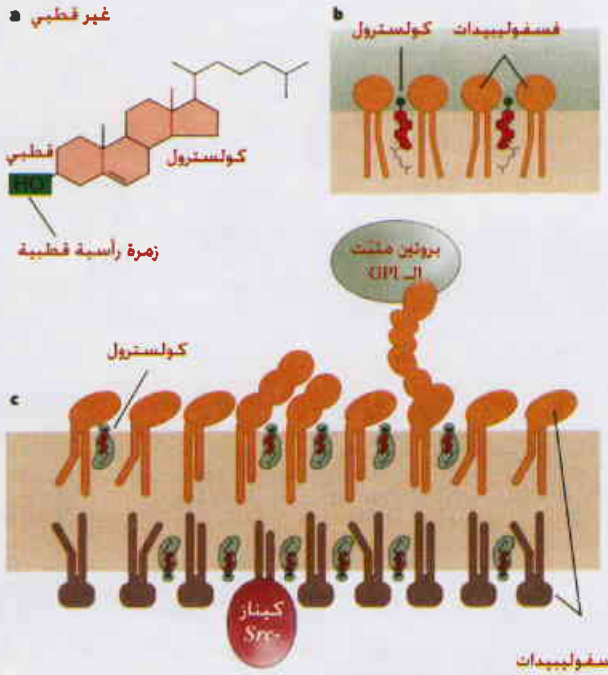
يمكن أن تؤثّر خواص الطبقة الثنائية للغشاء في نشاط بروتينات منفردة، وبخاصة البروتينات ذات القطاعات الجسرية الغشائية membrane-spanning domains المتعددة التي تعاني تغيُّرات في البنيان كجزء من دورة نشاطها [1]. فعلى سبيل المثال، يمكن لأتيباز الكالسيوم (Ca2+-ATPase) من الشبكة الساركوبلازمية التي تضخّ الكالسيوم من الشبكة للخلايا العضلية أن يُعاد إنشاؤه على هيئة حويصلات مصنوعة من فسفوليبيدات ذوات أطوال حموض دسمة مختلفة. ونشير إلى أن نشاط الأتيباز يكون على أشده حينما يضاهي حجم الليبيد بشكل تقريبي سُمْك الطبقة الثنائية للأغشية الخلوية، وبذلك يتوقع أن تؤثر تغيُّرات سمك الطبقة الثنائية على الطاقة الحرّة لحالات البنيان المختلفة للبروتين لدى دخوله دورة نشاطه، وهذا بدوره يمكن أن يؤثر في حركيّة kinetics نشاط المضخة. ويمكن تغيير نشاط الأتيباز الصوديومي والبوتاسيومي المعاد تكوينه في الأغشية الاصطناعية عن طريق إضافة الكولسترول إلى هذه الأغشية، ولكن من غير المؤكد ما إذا كان هذا يعود إلى تغييرات في الخواص الفيزيائية الحيوية للطبقة الثنائية أم إلى اتحادات نوعية مع الكولسترول [1]. وبالنسبة لعدد من البروتينات فقد تمَّ تحديد قطاع نوعي يستشعر الستيرولات. وفي البروتين الرابط للعنصر المنظم للستيرول (الذي يرمز له بـ SREBP) والبروتين المنشط للتشطُّر cleavage (الذي يرمز له بـ SCAP) توجد تتالية sequence خاصة في قطاع عبر الغشاء تكون مسؤولة عن ربط الكولسترول وإحداث تغيُّر بنياني. وهذا يسمح لـ SCAP ومرافقه الـ SREBP بالانتقال إلى خارج الشبكة البلازمية الباطنة endoplasmic حينما يكون الكولسترول الخلوي منخفضاً [18]. وتؤكد هذه النتائج أن الليبيدات قد يكون لها تأثيرات على وظيفة البروتين من خلال ارتباط نوعي وكذلك من خلال تغيُّرات في الخواص الفيزيائية الحيوية للطبقة الثنائية.

يكون للعضيّات المختلفة داخل خلية ما تراكيب ليبيدية متميِّزة. فالغشاء البلازمي يتَّصف بتركيز عالٍ من الكولسترول، في حين تتَّصف الوريقة الخارجية منه بمستويات عالية من السفنغوميلين sphingomyelin والليبيدات السفنغولية السكرية. ويتماشى هذا التركيب مع غشاء رفيع الانتظام. وكذلك تكون مقصورة إعادة التدوير داخل الخلوي endocytic recylcling ومعها أجزاء من جهاز ترانس غولجي trans-Golgi ذات أغشية رفيعة الانتظام نسبيّاً. وفي الطرف المقابل تكون الشبكة البلازمية الباطنة (ER) ذات تركيز ضعيف بالكولسترول وذات نسبة كبيرة من الليبيدات غير المشبعة، مما يسهم بتعضٍّ غشائي غير منتظم. وإنه لمن غير الواضح كيف يسهم هذا النمط من التعضّي الليبيدي في وظيفة الشبكة البلازمية الباطنة.

يجري اصطناع الكولسترول في الشبكة البلازمية الباطنة ثم يرسل إلى العضيّات الأخرى عبر توليفية من عمليات نقل وعائي وغير وعائي [20-22] (انظر الشكل 1). ونشير إلى أن آليات نقل الكولسترول غير الوعائي ما تزال غير مفهومة إلا بشكل جزئي، ولكن توجد أدلة محسوسة على أن هذا النقل هو المسلك الرئيسي لحركة

الموطر 2- تأثيرات الكولسترول على التوزع الليبيدي.

تختلف جداً بنية الكولسترول عن بنية الليبيدات الغشائية الأخرى *(1a)* . فجسم الكولسترول يتألف من سلسلة حلقات مندمجة تجعل ذلك الجزء من الذرة قاسياً . ويوجد في أحد نهايتي هذه المنظومة الحلقية المستوية زمرة هدروكسيل وفي النهاية الأخرى ذيل هدروكربوني . وبذلك يملك الكولسترول ، شأنه شأن الليبيدات الغشائية الأخرى ، قطبين أحدهما ولوع بالماء والآخر كاره للماء ، الأمر الذي يحدد وضعه ضمن الطبقة الثنائية الليبيدية . فجسم الكولسترول يتوضع جنباً إلى جنب مع الذيول الحمضية الدسمة للفسفوليبيدات المجاورة ويساعد في ترتيب هذه الذيول . ويمكن أن يكون للكولسترول تاثرات تفضيلية مع ليبيدات معينة إما لكون زمرته الرأسية الصغيرة تتطلَّب تدريعاً *shielding* إضافياً من ليبيدات مجاورة *[93]* أو بسبب معقَّدات ذات روابط هدروجينية مع ليبيدات مثل السفنغوميلينات *(1b) [94]* . إن الجزء القطبي من الكولسترول أصغر بكثير من الزمر الرأسية لليبيدات الأخرى بحيث تتام الرجرجة بين وريقتي الطبقة الثنائية الغشائية بسهولة . ونشير إلى أن توزع الكولسترول عبر الطبقة الثنائية *trans-bilayer* غير معروف . ويمكن للكولسترول أن يزيد الانتظام في الأغشية السائلة من خلال مفاعيل منظومته الحلقية القاسية ومن خلال مقدرته على ملء الفراغات الخلالية *interstitial spaces* . وهناك نمط مهم بشكل خاص من التعضّي الليبيدي ، وهو الطور *(1o) [95]* ، تكون فيه الذرات الموجودة في اللبّ الكاره للماء أكثر ارتصاصاً فيما بينها مما هي الحال في الطور *(1d)* ، ولكن الجزيئات الليبيدية تكون فيه قادرة على الانتشار في مستوي الطبقة الثنائية بنفس سرعة انتشارها في الطور *(1d)* تقريباً . إن التعضي *(1o)* يهيئ حاجز نفوذية جيد بينما يسمح بحركة المكوِّنات الغشائية . ويُعدُّ الكولسترول مكوِّناً مهماً من مكوِّنات أغشية الطور *(1o)* ويبدو أن بنيته تسمح بملء الفراغات الخلالية الموجودة بين الليبيدات (بحيث توفر ارتصاصاً محكماً) مع الإبقاء على السمات بانتشار سريع . وكذلك يمكن أن يفيد الكولسترول في ترسيخ الحدود بين القطاعات الليبيدية الموجودة جنباً إلى جنب *[96]* . وفي الأغشية النموذجية *model membrane* يمكن أن تكون ليبيدات أخرى ذات زمر رأسية قطبية صغيرة (مثل السيراميد *ceramide*) قادرة على دعم تشكيل النمط *(1o)* من التعضّي *[97, 98]* . إن النمط *(1o)* للترتيب الليبيدي يلازم القطاعات الليبيدية المقاومة للمنظفات . ويسبب ترتيب السلاسل الأسيلية تسمُّك الطبقة الثنائية .



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

الكولسترول بين العضيّات. ولما كان الكولسترول ذوّاباً جداً في الماء فلا بد من حركته جيئة وذهاباً عبر حاملات carriers. وقد أمكن تحديد قلة من العناصر المرشّحة لحمل الكولسترول في السيتوبلازما [22]، ولكن ما يزال دور هذه العناصر في معظم الحالات يفتقر للإثبات. ولعل أفضل الأمثلة توثيقاً في هذا الصدد هو البروتين السيتروئيدي المنشأ المنظّم الحاد steroidogenic acute regulatory (أو StAR اختصاراً) الذي يمثل النمط البدئي لطائفة بروتينات النقل الخاصة بالنقل الليبيدي المنتمية لـ StAR، مع العلم أن (StAR) تلعب دوراً أساسياً في إيصال الكولسترول إلى الجسيمات الكوندرية (أو المتقدِّرات) حيث يجري استخدامه في اصطناع الهرمون السيتروئيدي داخل الأنسجة المولِّدة للسيتروئيدات. هذا وتستطيع مكوّنات أخرى من هذه الطائفة من البروتينات أن تربط الكولسترول أو ليبيدات أخرى غيره وتسهِّل نقله غير الوعائي داخل الخلية [23]. وقد أظهرت دراسات نقل ستيرول متفلور بشكل طبيعي (يدعى ديهيدروإرغوستيرول – أو DHE اختصاراً) أن الستيرولات تتصف بجريان كبير عبر السيتوبلازما [24-19]. فعلى سبيل المثال، يمكن تعويض الستيرول DHE (الموجود في مقصورة إعادة التدوير داخل الخلوية بنسبة 40% عند خلايا مبيض الهامستر الصيني) خلال 2-3 دقائق بعد القَصْر الضوئي photobleaching [19].

أما المصدر الرئيسي الآخر للكولسترول الخلوي فهو القَبْط (أو الاحتواء) uptake داخل الخلوي لبروتينات ليبيدية مثل الليبوبروتين المنخفض الكثافة (LDL) وإماهة إستيراتها الكولسترولية في الإندوزومات endosomes والليزوزومات [5]. ويشار إلى أن الكولسترول المشتق من الليبوبروتين سرعان ما ينطلق من هذه العضيّات الحلمهية hydrolytic وينتشر في أرجاء الخلية. وقد أظهرت دراسات على مرض نيمان –بيك من النمط C (الذي يعرف بـ NPC اختصاراً)، وهو خلل في الاختزان الليزوزومي الفطري inherited lysosomal storage يفضي إلى تراكم الكولسترول وليبيدات أخرى، ضرورة وجود بروتين (يرمز له بـ NPC2) من لمعة الغشاء وآخر عبر غشائي (يرمز له بـ NPC1) من الإندوزومات الهرمة من أجل إخراج الكولسترول من هذه العُضيّات، ولكن تفاصيل عمل هذين البروتينين تبقى بحاجة لتحديد [28.27.25]. وفي الخلايا السليمة، تحفظ آليات الإخراج هذه محتوى الكولسترول في أغشية الإندوزومات في مستوى منخفض.

الآليات الاستتبابية

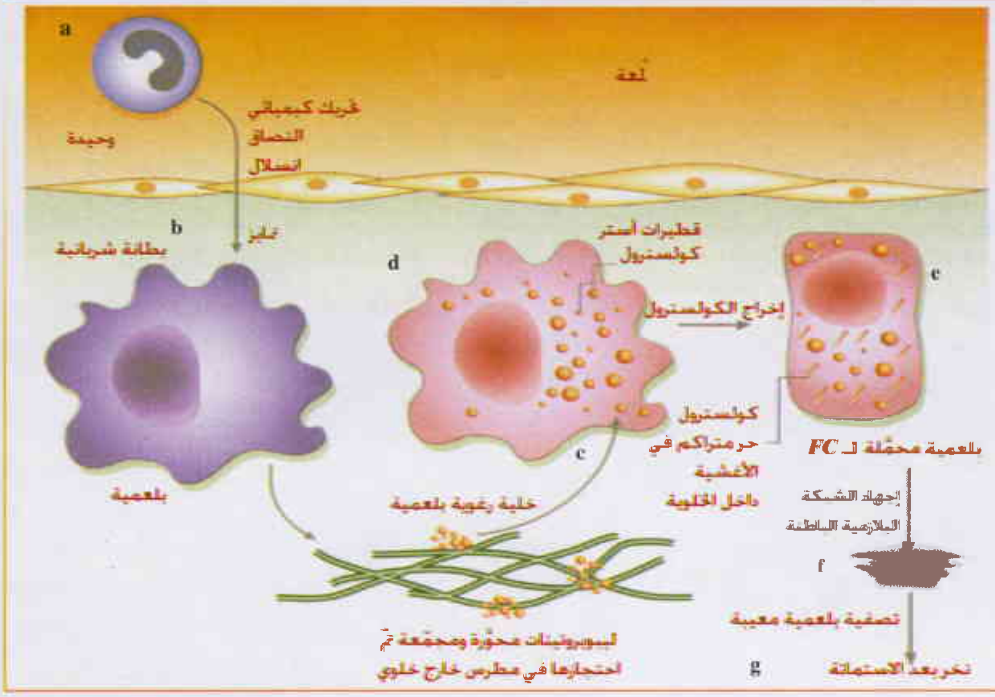
يجب على المتعضيات الحية organisms أن تصون الأداء الوظيفي الناجح لأغشيتها في استجابتها للتغيُّرات المختلفة. فبالنسبة للبشر، إنّ أحد أهم العوامل التي تؤثر في الغشاء يتمثل في المدخول الغذائي dietary intake من الكولسترول والدهن الذي يتم إيصاله إلى الخلايا في أرجاء الجسم عبر الليبوبروتينات (البروتينات الشحمية) [5]. وبالنظر إلى أن الكولسترول منظم رئيس للتعضّي الليبيدي، فإن تركيزه الخلوي يجب أن يُصان ضمن حدود ضيِّقة، مع العلم بأن الخلايا تملك تشكيلة من الآليّات لتحقيق ذلك. ويضمن النقل السريع للستيرول عن طريق المسارات الوعائية وغير الوعائية أن تنعكس أية تغيرات حاصلة بشكل تغيُّرات في مستويات الكولسترول في عدّة عضيّات.

هناك استجابة سريعة للزيادة في مستويات الكولسترول تتمثل في أسترة esterification فائض الكولسترول بواسطة إنزيم في الشبكة السيتوبلازمية الباطنة هو أسيل ترانسفيراز كولسترول: (أسيل الكوأنزيم A أو ACAT اختصاراً) [29]. أما الكولسترول المؤستر هذا فإنه يُختزن في قطيرات ليبيدية سيتوبلازمية. وتجري حلمهة أستيرات الكولسترول الموجودة في القطيرات بواسطة هيدرولازات أستر الكولسترول المحايدة التي تتضمن في بعض الخلايا ليبازاً lipase حساساً للهرمون يُحَلْمه كذلك الغليسريدات الثلاثية الموجودة في الخلايا الدهنية [30]. أما الكولسترول المنطلق من هذه القطيرات فيمكن أن يستعمل لصالح الأغشية الخلوية، وبالنسبة للخلايا السيتوئيدية المنشأ يمكن أن يستعمل لصالح اصطناع الهرمون السيتوئيدي. ونشير إلى أن دورة أسترة الكولسترول والحلمهة هذه يمكن أن توفر دارئاً buffering رئيساً قصير الأمد لمستويات الكولسترول في الخلايا. هذا ويجري تنظيم نشاط الـ ACAT بواسطة مستويات الكولسترول [31]، الأمر الذي يُقدِّم محساساً sensor استتبابياً. ويحدث هذا التنظيم على مستويين: إذ يتنظّم الـ ACAT تفارغيّاً allosterically بواسطة الكولسترول، ثم تُعزِّز حمولة الخلايا من الكولسترول مزيداً من الإخراج efflux السريع للستيرول من الغشاء البلازمي [24]، الأمر الذي يمكن أن يزيد سرعة الإيصال إلى الـ ACAT في الشبكة البلازمية الباطنة [33].

وكما سبق ذكره، فإن الجينات التي تضطلع باستقلاب الكولسترول يتم تنظيمها بواسطة الـ SREBP [34]. فحينما تكون مستويات الكولسترول عالية يُستبقى الـ (SREBP) والـ (SCAP) في الشبكة البلازمية الباطنة عبر ارتباطهما ببروتين مقيم في تلك الشبكة يرمز إليه بـ (INSIG). أما حينما يكون الكولسترول منخفضاً فإن معقّد الـ (SREBP-SCAP) يخرج من الشبكة البلازمية الباطنة، وهنا يعاني الـ (SREBP) انشطارين حالّين للبروتين. وهذا بدوره يحرِّر القطاع العصاري الخلوي من الـ (SREBP) الذي يُنقل بدوره إلى داخل النواة وينظم انتساخ transcription عدة جينات بما في ذلك ريدكتاز مستقبلات LDL والكوأنزيم HMG الذي يحدُّ من سرعة اصطناع الكولسترول. وهكذا، تنظم هذه المنظومة كلاًّ من اصطناع الكولسترول وقبطه (احتوائه) من خلال البروتينات الشحمية.

ثمة مستوى ثالث لتنظيم الكولسترول داخل الخلايا توفِّره آليات لإخراج الكولسترول (الشكل 2). ففي السنوات القليلة الماضية بدأنا نفهم الآليات الجزيئية المسؤولة عن التصدير الخلوي للكولسترول، ولكن ما تزال توجد ثغرات مهمة في معارفنا تتعلق بكيفية اشتغال هذه العمليات وكيفية تنظيمها. فالمستقبلات خارج الخلوية extracellular acceptors الرئيسية الخاصة بالكولسترول هي بروتينات شحمية

الشكل 3- دخول وتحميل كولسترول البلاعم في آفات التصلب الشرياني:



(a). تنجذب الوحيدات إلى مناطق بؤرية من الجدار الشرياني جرى فيها احتجاز ليبوبروتينات مولّدة للعصبدة فوق المطرس *matrix* حارج الخلوي. وهذه الليبوبروتينات المحتجزة (ولا سيما تلك التي تكون فسفوليبيداتها خوّر بفعل الأكسدة) توعز إلى البطانة الشريانية بأن تفصّح *express* كيموكينات وحزيئات التصاق. *(b)*. ومن ثم تهاجر الوحيدات إلى داخل الطبقة البطانية حيث تتمايز إلى بلاعم. *(c)*. تبتلع البلاعم الليبوبروتينات المحتجزة بواسطة آليات داخل خلوية *endocytic* وبلعمية *phagocytic* وبذلك تكتسب حمولة كبيرة من الكولسترول المشتق من الليبوبروتينات. *(d)*. في الآفات المبكرة يجري اختزان الكولسترول على شكل كولسترلبية مشتقة من *ACAT* ولذلك تتخذ مظهراً رغوياً. *(e)* أما في الآفات المتقدمة، يتراكم كولسترول غير مؤستر حرّ فيؤدي إلى استماتة البلاعم *(f)* ونخرها *necrosis (g)*.

(ليبوبروتينات) عالية الكثافة (HDLs) وتؤلّف واحداً من بروتيناتها الشحمية الصميمية (أبوليبوبروتينات) التي يرمز لها بـ (ApoA-I). وتلعب طائفة الناقلات ABC (ABC transporters) دوراً رئيساً في إيصال الكولسترول والفسفوليبيدات إلى هذه البروتينات الشحمية الصميمية (أو الأبوليبوبروتينات)، وتفضي عيوب هذه الناقلات إلى بضعة أمراض بشرية سوف نناقشها أدناه [36]. وفي الواقع، فإن تحديد هوية الجينة المسؤولة عن مرض تانجير Tangier disease الذي يفضي إلى عوز HDL وزيادة اختزان أستر الكولسترول في البلاعم macrophages كان مفتاح اكتشاف دور الناقلات ABC في إخراج الكولسترول. ونشير إلى أن خواص الطبقة الثنائية الليبيدية تؤثر في إخراج الكولسترول، ولكن الآليات الدقيقة لهذا الأمر غير واضحة.

جرى في بضع دراسات ربط إخراج الكولسترول بالتّفْصيح الجيني expression للكافيولين caveolin (أو البروتين المعْطَفي للكهيفات caveolae)، وقد اقترح بأن هذه القطاعات الغشائية الغنية بالكولسترول يمكن أن تكون موضعاً لإخراج الكولسترول [37]. أما كيف يتم ذلك فإنه أمر غير واضح. ونشير إلى أنه في الخلايا المستنبتة يفضي التّفْصيح المفرط overexpression لأنزيمة نزع إشباع ستيرويل كوأنزيم A إلى زيادة في السلاسل غير المشبعة في الليبيدات الغشائية ونقصان في مقاومة ليبيدات الغشاء البلازمي للاستخلاص بمادة (تريتون X-100) البارد [38-39]. وتترافق هذه التغيُّرات في خواص الطبقة الثنائية بنقصان في إخراج الكولسترول ليعطي (apo A-I) ولكن مع زيادة في الإطلاق التلقائي للكولسترول ليعطي متقبّلاً لـ (HDL2) أو (HDL2 acceptor) [38-39].

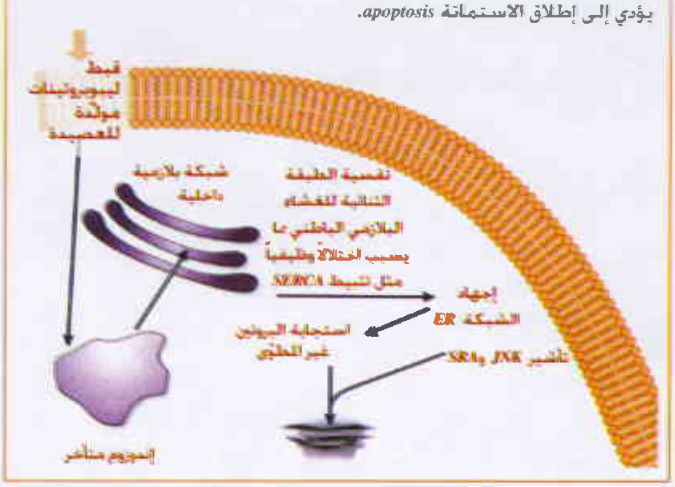
أما في معظم الأنسجة المحيطية فإن استقلاب الكولسترول (غير الأسترة ونزع الأسترة) هو مسار كيميائي حيوي ثانوي. بيد أن معظم الخلايا تحوّل جزءاً صغيراً من الكولسترول إلى أوكسي ستيرولات oxysterols [40]، وتتمتع هذه الجزيئات بشأن مهم للتأشير داخل الخلوي. فعلى سبيل المثال، يمكن لفرط حمولة الكولسترول في الخلايا (الذي ينشط المستقبل X الكبدي النووي والمستقبلات X الرينيوئيدية (أي LXR/RXR) ربما عن طريق وسطاء من الكولسترول) أن يستهلّ برنامج نقل عكسي للكولسترول يشمل إخراج كولسترول خلوي ونقله إلى الكبد بغية إفرازه في الصفراء [41]. وعلى وجه التخصيص، يقود LXR/RXR إلى تحريض مستقبلات الإخراج ABCA1 وABCG1 والإبوليبوبروتين المعزِّز لخروج الكولسترول وبروتينات النقل الليبيدي البلازمية CETP وPLTP وأنزيمة نزع إشباع ستيرويل كوأنزيم A وأنزيم اصطناع الصفراء (Cyp7a) وكذلك ناقلة الكولسترول إلى الصفراء (ABCG5/G8) [43,42,35]. ونشير إلى أن الكولسترول في الكبد يتم طرحه في الصفراء على شكل كولسترول حر وكناتج تحويل إلى حموض صفراوية.

وبالإضافة إلى تنظيم خواص الغشاء عبر تغيُّرات في الكولسترول، فإن درجة عدم إشباع سلاسل الأسيل في الفسفوليبيدات تمثل محدّداً determinant مهماً للخواص الفيزيائية الحيوية للأغشية. فالإتاحية الميسورة لدمج حموض دهنية داخل فسفوليبيدات أمرٌ تتحكم فيه بضعة عوامل تتضمن توافر تلك الحموض خارج الخلوي (من خلال مصادر غذائية على سبيل المثال) وكذلك وجود شبكة آليات تنظيمية استقلابية معقدة. ونشير إلى أن طائفة SREBP من المنظّمات الانتساخية transcriptional regulators تمارس تأثيرات مهمة على مستويات البروتينات المعنية باصطناع الحموض الدهنية وتحويرها

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

الشكل 4- الاستماتة المحرضة بالكولسترول في البلاعم:

يؤدي استبطان الليبوبروتينات المولّدة للعصيدة لدى البلاعم في الآفات المتأخّرة من تصلب الشرايين، إلى تراكم الكولسترول الحر *FC*، ربما بسبب *ACAT* معيب *defective* أو بسبب فرط نشاط هدرولاز *CE* حيادي. فعندما يبلغ فسفوليبيد الكولسترول الحرّ مستوىً معيناً في غشاء الشبكة البلازمية الباطنة، تفقد البروتينات الدامجة في ذلك الغشاء (مثل أنبياز الشبكة البلازمية العضلية أو *SERCA* اختصاراً) فعاليتها. ويقابل فقدان الفعالية هذا ازدياداً في بارامتر الانتظام في الطبقة الثنائية (بمعنى ازدياد القساوة). إن اختلال وظيفة الشبكة البلازمية الباطنة تلك بفعل هذه الآلية يؤدي إلى تنشيط استجابة البروتين غير المطوّى *unfolded* ومعها مسارات إجهاد الشبكة *ER* الأخرى (جنباً إلى جنب مع التأشير الذي يشمل المستقبلات الكانسة من النمط *A*) كما يؤدي إلى إطلاق الاستماتة *apoptosis*.



إلى جانب تأثيرها على اصطناع الكولسترول [44]. وعلاوة على ذلك، فإن الـ (SREBP)، ومعها منظمات انتساخية أخرى لاستقلاب الحموض الدسمة مثل الـ LXRs التي تُعدُّ المستقبلات المنشّطة بتكاثر الجسيمات البيروكسية peroxisome (أو PPARs اختصاراً) وكذلك العامل النووي للخلية الكبدية hepatocyte nuclear factor يمكن أن تنظّمها جميعاً حموض دهنية متعددة اللاتشبّع polyunsaturated [44-45]. ويؤثر هذا التنظيم في كمية الحموض الدهنية في الخلية المُدْمَجة وفي درجة عدم تشبّعها، الأمر الذي من شأنه أن يُغيِّر إشباع الحموض الدهنية المُدْمَجة داخل الفسفوليبيدات والكولسترول. (وبمعنى آخر من شأنه أن يُغيّر نسبة الفسفوليبيدات في الخلية). ويمكن أن يفيد هذا التنظيم في صون الخواص الفيزيائية الحيوية المناسبة للأغشية الخلوية، لكن من غير المؤكد ما إذا كانت خواص الطبقة الثنائية الغشائية نفسها تنظم مسارات الاصطناع الحيوي هذه بشكل مباشر.

اضطرابات استقلاب الليبيدات والكولسترول

ومع أن التبدلات في استقلاب الليبيد وتوزعه يمكن أن تسهم في أمراض عديدة، فهناك بضعة أمراض وراثية يكون سببها الرئيسي تبدلات في مرورية traffic الليبيد واستقلابه. ولقد أسهمت دراسة هذه الاضطرابات بشكل هائل في فهمنا الآليات الأساسية لاستقلاب الليبيدات وانتقالها. وفي نفس الوقت، غالباً ما يصعب تفسير السببيات التفصيلية لهذه الأمراض.

في الشروط العادية، تكون مكوّنات الغشاء في الإندوزومات والليزوزومات المتأخرة عرضة للحلمهة بواسطة الأنزيمات المُحَلْمِهة الموجودة في هذه العضيّات. وتعتبر هذه العملية التقويضية catabolic ضرورية للدورة السوية للمكوّنات الليبيدية، إذ يفضي نقص نشاط أحد هذه الهدرولازات إلى تراكم الركازة غير المتردِّية undegraded بسبب الهدرولازا الغائب. فهناك بضعة اضطرابات اختزانية ليزوزومية (تشمل مرض تاي- ساكس، ومرض فابري، ومرض نيمان - بيك [النمط A أو B]، ومرض ساندهوف) تنشأ بسبب عيوب في تفكيك الليبيدات في الإندوزومات والليزوزومات المتأخّرة. ويمكن أن تنجم هذه الأمراض عن عيوب في أنزيم مُحَلْمه واحد أو في بروتينات منشِّطة تشترك في هضم السفنغولييبيدات [46]. ففي الحالة الطبيعية تنفصل السفنغولييبيدات والغليكوسفنغولييبيدات ضمن أغشية داخلية في الإندوزومات المتأخرة جنباً إلى جنب مع ليبيد استثنائي ذي شحنة سالبة هو bis(monoacylglycero)phospha te أو (BMP اختصاراً) يطلق عليه اسم حمض ليزوبيسفوسفاتيديك (أو LBPA اختصاراً) [47]. ويمكن أن تكون هذه الأغشية الداخلية استمراراً للغشاء المحدِّد limiting أو تنفصل عنه لتشكّل حويصلات داخلية. وفي كلا الحالتين تظهر هذه الأغشية على شكل "أجسام وعائية متعددة" في صور المجهر الإلكتروني الدقيقة. ونذكر هنا أنه إذا تعطّلت حلمهة السفنغولييبيدات تتراكم الأغشية الداخلية المحتوية على السفنغولييبيدات والـ BMP وتمتلئ لمعة العضيّات كلياً تقريباً بهذه الأغشية، مما قد يُشكّل سلسلة من مجعّدات whorls من الأغشية الداخلية [46].

إن مرض نيمان - بيك من النمط C (أو NPC اختصاراً) هو اضطراب في الاختزان الليزوزمي يشترك في عدد من الخصائص مع أعواز الأنزيمات السفنغولييبيدية الليزوزمية. إنه ينجم عن خلل رئيس في التنظيم المروري الكولسترولي أو الليبيدي وليس عن عوز أنزيماتي [48,28]. فالإندوزومات المتأخرة التي تفتقر لأشكال وظيفية من بروتين NPC1 أو NPC2 تبدي إخراجاً بطيئاً جداً للكولسترول من الإندوزومات. ونظراً إلى أن NPC2 هو بروتين لُمّعي luminal إندوزومي يربط الكولسترول [49]، فإن من المرجّح أن يكون نقل الكولسترول هو العيب الرئيس في الخلايا الحاملة لهذه الطفرة. ونذكر بالنسبة للبروتين الغشائي NPC1 المتعدد الانتشار، أن الآلية التي يؤثر فيها على نقل الكولسترول غير معروفة، فالأغشية الداخلية تتكدّس في الإندوزومات المتأخرة لخلايا NPC. ويضاف إليها حدوث تغيُّرات في مرورية trafficking جزيئات ليبيدية مختلفة ومرورية الكولسترول تكون متشابهة في مرض NPC وفي بضعة أعواز أنزيمية محلمهة لليبيدات [50]. وبالنتيجة، فإن عُضيّات الاختزان هذه تصبح بالوعة لليبيدات والكولسترول في الخلية. ويمكن أن تبدل التغيُّرات في تركيب الليبيدات أو الكولسترول الفرز الخلوي الداخلي endocytic sorting لليبيدات [3]، لكننا لا نعرف بالضبط كيف تمارس مثل هذه التغيرات مفاعيلها. وإنه لمن الممتع أن يستطيع التَّفْصيح الزائد overexpression لـ (Rab7) و(Rab9) و(الجيتيبازات GTPases)

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

التي تنظم المرور الحويصلي تصحيح النمط الظاهري لاختزان الكولسترول العائد للمرض NPC في الأورمات الليفية للمستنبتات النسيجية tissue culture fibroblasts [50].

يمكن مشاهدة تراكم الليبيدات في نسج عديدة لمعظم أمراض الاختزان الليزوزومي، كما يمكن أن يشاهد في السلالات الأورمية الليفية المستنبتة culture بعد أخذها من الأفراد المصابين. ومن الناحية النمطيّة، تشاهد معظم التأثيرات الخطيرة في الدماغ، مما يؤدي في نهاية المطاف إلى تموّت عصبوني وإلى مضاعفات عصبية غالباً ما تكون حادة ومميتة. وفي بعض الحالات تظهر العيوب في مراحل متكررة من التنامي. ولا نعرف على وجه الدقة كيف تسبب الأنماط المختلفة لمرض الاختزان الليزوزومي موت الخلية. وربما كان التعطّل الوظيفي من جانب الليزوزومات يسبّب نقصاً في بعض المستقلبات metabolites. وثمة إمكانية أخرى تتمثل في وقف النقل الحويصلي على طول الأنيبيبات المكروية microtubules بسبب حجوم عُضيّات الاختزان، أو لربما يعود ذلك إلى تناقص كميات الجزيئات التأشيرية المهمة بسبب عدم تحرُّر طلائعها precursors إلى داخل السيتوبلازما. ولا يتضح في الوقت الحاضر إن كان أيٌّ من هذه سبباً مهماً لهذه الحالة الإمراضية أم أن الموت الخلوي يعود إلى آليات أخرى غيرها.

ترافق العيوب في عناصر الطائفة ABC من الناقلات تشكيلةً من الأمراض البشرية. فمرض تانجير هو اضطرابٌ متنحٍّ في الجسيمات الذاتية autosomal recessive disorder نادر جداً ينجم عن عيوب في (ABCA1) [51] ويترافق بعَوَز شديد في HDL وانخفاض في إخراج الكولسترول ولاسيما من البلاعم macrophages وخلايا بطانية شبكية أخرى غيرها. وهذا يسبب تراكم أستر الكولسترول في تلك الخلايا، كما ويترافق بتأثريّة susceptibility زائدة لمرض تصلب الشرايين. ونشير هنا إلى أن (ABCG5) و(ABCG8) يجري تفصيحهما expressed في الكبد والأمعاء [51]. فهذان البروتينان يستطيعان نقل الكولسترول وستيرولات أخرى إلى الصفراء أو إلى الأمعاء. وهنا في الأمعاء تطرح الـ (ABCG8) والـ (ABCG8) ستيرولات نباتية حديثة الامتصاص بقدر يفوق كثيراً طرح الكولسترول. وتسبب العيوب في هذه البروتينات اضطراباً متنحّياً في الجسيمات الذاتية نادر الشيوع يدعى "سيتوستيرولية الدم sitosterlaemia" يصحبه زيادة كبيرة في مستويات الستيرولات النباتية في البلازما، في حين لا تصحبه إلا زيادات في كولسترول البلازما [51]. إن الازدياد في ستيرولات نباتية (مثل السيتوستيرول) يرافق الورم الأصفر الوتري والورم الأصفر الحَدبي tendon and tuberous xanthomas وكذلك التهاب المفاصل والتصلب الشرياني.

الحوادث المبكرة في التصلب الشرياني

إن داء تصلب الشرايين مرض بشري رئيس يرتبط باستقلاب الكولسترول والليبيدات. ويتمثل أبكر وقائع اكتشاف تشكّل العصيدة بتراكم الليبوبروتينات البلازمية في باطنة الشريان أو الوريد intima لمناطق حاسمة من الشجرة الوعائية الدموية. ويجري احتجاز الليبوبروتينات من خلال تركيبة من تجمّعات بروتيوغليكانية وليبوبروتينية تُعيق انعتاق الليبوبروتينات من الجدار الشرياني كلّما تزايد كبر حجم هذا التجمع. ونشير إلى أن هذه الليبوبروتينات المحتجزة، ولاسيما تلك التي يتم تحوُّرها عبر الأكسدة والتكدُّس ووسائل أخرى، تثير سلسلة من الاستجابات البيولوجية تفضي إلى تكون العصيدة [52]. ويقع بين أبرز هذه الاستجابات البيولوجية نمط شاذ من الالتهاب يتضمّن ارتشاحاً للوحيدات monocytes والخلايا التائية وليس العدلات neutrophiles (الشكل 3). وبتخصيص أكبر، تستطيع أنماط معيَّنة من الفسفوليبيدات المؤكْسَدَة مشتقّة من الليبوبروتينات تنشيط البطانة الفوقية overlying endothelium لتفرّز منشطات كيماوية وتفصِّح express جزيئات التصاق للوحيدات وللخلايا التائية [54] -وتهاجر هذه الكريات البيض إلى داخل طبقة سليمة غير الأولى، ثم تتمايز الوحيدات في نهاية المطاف إلى بلاعم في باطنة الشريان السابقة الذكر [55].

وحالما تنطمر البلاعم في باطنة الشريان intima فإنها تواجه ليبوبروتينات أصلية وأخرى متحوِّرة يكون معظمها مرتبطاً بالمَطْرِس matrix. وعبر سيرورة مفهومة جزئياً تعمد البلاعم إلى ابتلاع الجسيمات الليبوبروتينية [56-59]. ففي موديل استنباتي خلوي يجسِّد التأثر الأولي للبلاعم مع الليبوبروتينات المحتجزة والمتجمعة تشاهد تشكلات مهمة من الهيكل الخلوي الأكتيني ومن نتوءات لاستطالات غشائية، الأمر الذي يُعدُّ ضرورياً للقبط uptake المتواصل للكولسترول داخل الخلايا [59]. ومن الممتع أنه مثلما يثبِّط نضوب الكولسترول جُمَيْعة assembly الأكتين المعتمد على الإشارة في بعض الخلايا [17]، فإن تحميل البلاعم بالكولسترول عبر قبط الليبوبروتينات المحوَّرة أو عبر حامل سايكلودكسترين cyclodextin (أي بدون ليبوبروتين) يمكن أن يؤدي إلى زيادة جُمَيْعة الأكتين وإلى بروز استطالات غشائية في البلاعم [60]. ويبدو من المحتمل أن تتوسط تغيُّرات في التعضّي الليبيدي هذه التأثيرات المعتمدة على الكولسترول، الأمر الذي يمكن أن يسبِّب تنشيط الجيتباز الصغير Rac [17-60]. ونشير إلى أنه في جدار الوعاء الدموي قد يسبِّب التماس الأولي مع الليبوبروتينات نقل الكولسترول إلى البلاعم مفضياً بذلك إلى تكوُّن النتوءات المعتمدة على الأكتين. وهذا يمكن أن يعزِّز المزيد من قبط الكولسترول داخل الخلايا.

يكون معظم الكولسترول الموجود في الليبوبروتينات على شكل أستيرات أسيل دهني كولستريلي cholesteryl fatty-acyl. وتتحلمه هذه الأستيرات لتعطي كولسترولاً وحموضاً دهنية داخل عضيّات مُردِّية degradative حامضية مثل الإندوزومات المتأخِّرة ومن ثم يجري نقلها إلى مواضع أخرى في البلاعم. ونشير إلى أن نقل الكولسترول إلى الغشاء البلازمي مهم من أجل إخراج الكولسترول، وأن نقله إلى الشبكة الباطنية ER ضروري من أجل استتباب الكولسترول داخل الخلوي (عبر الـ SREBP) ومن أجل إعادة أسترته بواسطة الـ (ACAT). أما

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

النقل إلى الأجسام اللكوندرية (المتقدِّرات) فإنه يسبِّب تكوين أوكسي ستيرولات قد تكون ذات أدوار في تنشيط الـ LXR وإخراج الستيرول. كما نشير إلى أن إعادة الأسترة بوساطة الـ ACAT تُعدُّ مصيراً رئيسياً للكولسترول المشتق من الليبوبروتينات في بلاعم الباطنة الشريانية intimal. هذا وتلتحم جزيئات أستر كولسترول الناتجة مُشكِّلة قطيرات ليبيدية محايدة مرتبطة بالأغشية داخل السيتوبلازما، وهو المَلْمح الذي أعطى مصطلح "الخلية الرغوية" [61].

عادة ما يكون القَبْطُ الذي يتوسطه المستَقْبل receptor-mediated uptake بواسطة مستقبلات الـ LDL محدوداً وذلك بسبب التنظيم النزولي dawnregulation الاستتبابي عن طريق الكولسترول. ولكن الـ LDL المتجمِّع aggregated (وهو الشكل الرئيسي للـ LDL في آفات التصلب الشرياني) يمكن أن يسلِّم كميات كبيرة من الكولسترول إلى البلاعم مسبِّباً بذلك تشكيل الخلية الرغوية foam-cell [62]. ويتمثل التفسير المحتمل لذلك في أن واحداً أو أكثر من مستقبلات الـ LDL، يتورّط في الأمر، أو/ وأن التنظيم النزولي downregulation لمستقبلات الـ LDL يكون غير كامل في هذه البلاعم. وفيما يخص الـ LDL غير الفطري non-native يعطي مسح للمراجع طوال السنوات العشر (وحتى العشرين) الماضية انطباعاً بأن الخلايا الرغوية تتكوَّن على الأغلب، إن لم يكن إطلاقاً، عن طريق قبط الـ LDL المؤكسد. بيد أن معظم أشكال الـ LDL المؤكسد ليست محرِّضات قوية لتكوين الخلية الرغوية بشكل خاص في البلاعم المُستَنبتَة [62]. ويتمثّل أحد تفسيرات هذا الاكتشاف (الذي يغلب تجاهله) في أن الـ LDL المؤكسد المشتق من الكولسترول ضعيف المرور من الإندوزومات المتأخِّرة إلى الـ ACAT في الشبكة البلازمية الباطنة ER [62]. وثمة دراسات، في الجسم الحي، تبيِّن أهمية مستقبلين مؤكسدين اثنين من الـ LDL، وهما: المستقبل الكانس scavenger receptor والمستقبل (CD36) [64,63]. ولكن قامت دراسة حديثة على الفئران بالتحقيق في هذه الاكتشافات [65]. وعلاوة على ذلك، لم تبيِّن التجارب المضادة للأكسدة (والأكثر وثوقاً) فائدة ما للفيتامين E أو مضادات الأكسدة الأخرى في إنقاص حدوث أمراض القلب بالتصلب الشرياني [66]. وأخيراً، ثمّة نمط من الليبوبروتين مولِّد للعصيدة غالباً ما يُغفَل في نقاش تكوين الخلية الرغوية، هو صنف الليبوبروتين المتبقّي remnant [67]. فالليبوبروتينات المتبقّية تنجم عن التقويض catabolism الجزئي وما يليه من إغناء كولسترول الليبوبروتينات الغنيّة بالغليسريدات الثلاثية التي تصنعها الخلايا المعوية والخلايا الكبدية. ويجري استيعاب الليبوبروتينات المتبقّية بنهم من قبل البلاعم المستنبتة وتلعب دور محرِّضات قوية لتنشيط الـ ACAT وتكوين الخلايا الرغوية. وعلاوة على ذلك، فهي وفيرة في باطنة الشريان المصاب بآفات تصلب شرياني، كما أن مستوياتها في بلازما الدم تتصاحب بوجود الخلايا الرغوية وحدوث المرض الوعائي التصلبي الشرياني في النماذج الحيوانية والبشرية [67]. وبالخلاصة، فإن عدداً من الليبوبروتينات المولِّده للعصيدة يمكن أن يسبِّب تكوين خلايا رغوية بلعمية أثناء التشكل المبكر للعصيدة، ويكاد أن يكون من المؤكد قيام تشكيلة من هذه الليبوبروتينات بهذا الدور في الجسم الحي in vivo.

وفيما يخصُّ وظائف الخلايا الرغوية في تشكُّل العصيدة، فإن الدراسات على الفئران المعدَّلة جينياً بيّنت الدور المؤيد لتكوين العصيدة من جانب الخلايا الرغوية البلعمية في الأذيات المبكِّرة [55]. فعلى سبيل المثال، تتناقص بشكل ملحوظ الساحة المتأذِّية في الفئران ذات التنامي البلعمي المعيب الناجم عن انعدام M-CSF أو في فئران ذات كيموكينات وحيدية أو مستقبلات كيموكينية مشوَّشة [55]. وتوجد نتائج مشابهة حين تنضب بلاعم الأذية المبكِّرة بسبب الاستماتة apoptosis المعزَّزة [68]. وبالرغم من أن آليات تكوُّن العصيدة المحرَّض بالخلايا الرغوية غير معروفة، فإن مقدرة الخلايا الرغوية على إفراز سيتوكينات cytokines وبروتينازات فلزِّية metalloproteinases يرجِّح اعتبارها عوامل مساهمة [69,55]. وكذلك يمكن أن تشارك الخلايا الرغوية البلعمية في سيرورات أخرى مبكرة مولِّدة للعصيدة، مثل هجرة الخلايا العضلية الملساء والاستجابات الالتهابية والمناعية التي تتوسطها الخلايا التائية [69]. ويبرز سؤال رئيسي حول ما إذا كانت هذه (وأدوار أخرى للخلايا الرغوية في تكوُّن العصيدة) تحرِّضها الحمولة الكولسترولية تحديداً أم أن حمولة الكولسترول تمثل حدثاً موازياً وغير سببي في تكوُّن العصيدة المبكر الذي تتوسطه البلاعم. وإنه لمن المدهش ندرة المعطيات التي تتصدى لهذا السؤال المحوري.

المراحل المتأخرة من داء تصلب الشرايين

لا تُعدُّ الأذيات المبكرة للتصلب الشرياني تشخيصية لأن انسداد الشريان لا يكون بقدر كاف من الكبر بحيث يعرِّض جريان الدم للخطر [70]. ويفيد التغيير البنياني للمنطقة المصابة من الجدار الشرياني في تقليل الانسداد. ولكن بعد سنوات من تنامي الأذية تدريجياً، يمكن أن تفضي الخلايا الرغوية والخلايا العضلية الملساء والمادة المطرسية matrix خارج الخلوية والنسيج الندبي scar tissue المشتق من الخلايا العضلية الملساء إلى تعاظم انسداد اللمعة ببطء، بيد أن الأعراض لا تظهر في العادة لأن جريان الدم في العضو يستعاد بتشكل أوعية دموية تعويضية جديدة يستحثُّها عوز الأكسجين hypoxia. وإذا ما تحقَّقت هذه السيرورة التعويضية فإن المريض قد يحقّق تسوية مستقرة في جريان الدم تستحثُّها الممارسات الرياضية (كما في التصدي للذبحة الصدرية بالتمارين الرياضية)، ولكن ذلك لا يصح في النوبات الوعائية القلبية الحادة [70]. ولعل ما يستقطب الاهتمام قيام النسيج الندبي المشتق من الخلايا العضلية الملساء بتشكيل غطاء ليفي يكسو أو "يحمي الآفة الموجودة تحته". وتميل هذه الآفات لأن تكون مستقرَّة نسبياً [71].

ثمّة أقليّة من الآفات lesions تتقدم إلى نقطة تعجِّل عندها الأحداث الوعائية الحادة، بما في ذلك الموت المفاجئ، أو احتشاء العضلة القلبية أو الذبحة الصدرية غير المستقرّة أو السكتة الإقفارية ischaemic stroke (السكتة بنقص التروية) [71]. وتنجم هذه الأحداث عن خثارة thrombosis حادّة تسد اللمعة، وهو ما يفضي إلى الإضرار بالعضو.

ونشير إلى أن هذه العملية تتمّ في دقائق، وبذلك لا يكون هناك متّسعٌ من الوقت للاستجابات التعويضية. إن المشاهدات المرضية (الباثولوجية) للشرايين المصابة لدى المرضى الذين يقاسون من هذه الأحداث الحادّة أدّت إلى نظرية تمزُّق اللويحات "plaque-disruption" في الخثارة الشريانية [71-74]. وحسب هذه النظرية تصبح قلّة من اللويحات نخريّة "necrotic" والتهابية، الأمر الذي يؤدي في نهاية المطاف إلى انهيار القلنسوة الليفية الواقية أو إلى تآكل طبقة الخلايا البطانية. وهذه الأحداث بدورها تعرِّض دم اللمعة إلى مادة اللويحة الموجودة تحته، وهذه بدورها تشجع عملية التخثّر وتشكيل الخثارة. ولعل من المهم أن هذه الأحداث لا تتناول بالضرورة اللويحات الكبيرة، بل اللويحات ذات مناطق النّخر الكبيرة.

ما الذي يشجِّع تمزُّق اللويحة plaque؟ فحسب أحدى النظريات تفرز البلاعم الآفوية بروتينازات فلزِّية مَطْرسية matrix metalloproteinases، ومن ثمّ تسبّب هذه الأنزيمات تفكك الغطاء الليفي المذكور آنفاً [75]. وقد أيّدت التجارب التي أجريت في المختبر (in vitro) هذه الفكرة وأوحت بوجود واسطات mediators التهابية تشجع البلاعم على إفراز البروتيازات. بيد أننا نفتقر لمعطيات عن هذه الفكرة في الأحياء in vivo. وتقترح نظرية أخرى بأن موت الخلايا العضلية الملساء يعزِّز عدم استقرار اللويحات لأن الخلايا العضلية الملساء للبطانة الشريانية تصطنع الكولاجين الذي يصنع الغطاء الواقي [76]. وترى نظرية ثالثة أن موت البلاعم مهم في هذا الصدد لأنه يمثل الحادثة ذاتها التي تسبب اللب النخري necrotic core في غياب التصفية البلعمية الفعّالة لخلايا الاستماتة [77]. وفي هذا الصدد توجد أدلة على وجود تصفية بلعمية معيبة defective لبلاعم الاستماتة في آفات التصلب الشرياني المتقدِّمة، الأمر الذي يفضي إلى النخر الخلوي بعد استماتتها. وعلى نقيض ذلك، يبدو أن التصفية البلعمية لبلاعم الاستماتة تكون سليمة من الآفات المبكرة [78,79]. وحسبما ورد أعلاه، توجد تلازمات مكانية وزمانية بين اللبوب النخرية وتمزّق اللويحات. ومع أنه لم يثبت وجود سببية مباشرة في الأحياء in vivo، فإن اللبوب النخرية تكون غنيّة بالبروتيازات والجزيئات الالتهابية والعوامل المهيئة للتخثر والخثارة thrombosis [79, 76, 74].

يوجد عدد من النظريات لتفسير موت البلاعم الآفوية المتأخرة (بما في ذلك التعرُّض للأوكسي ستيرولات، والحرمان من عوامل النمو، والتآثر مع السيتوكينات التي تُسمّم الخلايا، والتراكم داخل الخلوي لفائض الكولسترول غير المؤستر أو الكولسترول الحر (FC) free cholesterol [80, 81]. ويأتي تأييد هذه الآلية الأخيرة من دراسات في الأحياء تُظهر أن البلاعم الآفوية المتأخِّرة تكدّس كميات كبيرة من الكولسترول الحر، وكذلك من دراسات في المختبر in vitro تُظهر أن تراكم الكولسترول الحر هو محرِّض قويّ لاستماتة البلاعم [31]. وليس معروفاً لماذا تُراكم البلاعم الآفوية المتأخِّرة مادة الكولسترول الحر، ولكن يُرجَّح أن يعود ذلك إلى تركيبة من الأسترة المشوَّشة للكولسترول والإخراج المنقوص للكولسترول. ونذكر في هذا الصدد أننا نفتقر إلى إثبات مباشر لحدوث خلل أداء في (ACAT) أو في بروتينات الإخراج (مثل ABCA1 وABCG1) في الآفات المتأخِّرة. بيد أن المشاهدات في المختبر تتماشى وفكرة وجود مسار ACAT مختل الوظيفة (انظر أدناه).

ثمّة دراسات عملية بدأت تكشف عن سلسلة شيِّقة من مسارات محوِّلة لطاقة الإشارة signal-transduction تتوسط الموت البلعمي الذي يُحرِّض الكولسترول الحر FC (الشكل 4) [31]. أما الحدث الاستهلالي الرئيسي فهو مرور الكولسترول الحر المشتق من الليبوبروتينات إلى الطبقة الثنائية الغشائية للشبكة البلازمية الباطنة (ER) ذات القيمة المنخفضة من نسبة الكولسترول/الفسفوليبيد عادة. فلدى اغتناء FC يزداد بارامتر انتظام order parameter غشاء الشبكة البلازمي الباطنة، وترتبط هذه الزيادة بشكل وثيق بفقدان نشاط بروتين غشائي شبكي باطني مندمج هو أتيباز الشبكة الساركوبلازمية الباطنة (أو SERCA اختصاراً) [82]. وهذا الأخير هو بروتين ينتمي للأتيبازات الكالسيومية للشبكة الساركوبلازمية موجود في العضلة. ويتميّز هذا الاكتشاف بأهميتين اثنتين: أولهما، أنه ربما يشير إلى أن بروتينات غشائية مندمجة أخرى في الشبكة البلازمية الباطنة تختل وظيفتها في البلاعم المحمَّلة بالكولسترول الحر. وثانيهما، أن انعدام وظيفة الـ SERCA يتوقع أن يسبب نضوب مخازن كالسيوم الشبكة ER. وبالفعل، فقد أظهرت القياسات الدقيقة بأن تجميعات pools كالسيوم الشبكة البلازمية الباطنة تنضب في غضون ساعتين تقريباً من تحميل الكولسترول الحر. ويمكن أن تطلق هذه الحادثة حوادث خلوية لاحقة على الأقل [83]. وكما ناقشنا أعلاه، فإن نشاط مضخات الـ SERCA قد يتأثر بتغيُّرات خواص الطبقة الثنائية مثل الثّخن الذي يزداد بزيادة حمولة الكولسترول.

وفي الخلاصة تقود سلسلة من الأحداث الخلوية البيولوجية في زمرة من الآفات الاستتبابية الشريانية المتقدمة إلى عدم استقرار اللويحات، وهذا بدوره يسبِّب خثرة خطرة وانسداداً وعائياً. ونذكر بين هذه الأحداث إفراز بروتيازات وسيتوكينات التهابية من قبل البلاعم وكذلك موت البلاعم وخلايا عضلية ملساء في السيرورة المعيبة للتصفية البلعمية phagocytic clearance. ويبدو أن موت البلاعم حدث هام بشكل خاص لأنه هو الذي يسبِّب اللبّ النخري غير المستقر. وتوحي أدلة متزايدة بأن أحد الأسباب المهمة للالتهاب الذي تتوسطه البلاعم الآفوية المتأخِّرة وموت البلاعم هو تكدُّس فائض من الكولسترول الحر داخل الخلوي (intracellular FC). وقد كشفت دراسات جديدة عدداً من مسارات تحويل طاقة الإشارة موجودة على الشبكة البلازمية الباطنة ER. وتعلِّل هذه المسارات تلك المفاعيل الخلوية للكولسترول الحر. وقد يكون في مقدور استراتيجيات علاجية حديثة مبنيَّة على هذا الاستبصار الجديد أن تُقدِّم الوسيلة اللازمة للحيلولة دون عدم استقرار اللويحات ودون الأحداث الوعائية العصيدية الخثارية الحادة.

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

أمراض أخرى

إن التعضّي الغشائي membrane organization مهمٌ لجملة من الوظائف الخلوية، وبذلك يُتوقع أن يكون للتغيُّرات في الكولسترول أو في نواحٍ أخرى من التعضي الليبيدي دور في كثير من الأمراض. فعلى سبيلِ المثال، ذكرت التقارير لسنوات عديدة أن تعضي وانتظام الغشاء يمكن أن يتغير في بضعة سرطانات [88]، ولكن يبقى من غير الواضح ما إذا كانت مثل هذه التغيّرات تلعب دوراً في تقدم المرض أم أنها مجرد نواتج ثانوية لتغيّرات استقلابية أخرى غيرها. وثمّة تقارير أخرى توحي بأن الستاتينات statins، التي تعدُّ الآن بين أكثر العقاقير الموصوفة انتشاراً، قد تستخدم في المعالجة الكيماوية للسرطان [89]، وأنها قد تغيِّر وظيفة الخلية البطانية endothelial cell وتكبت الاستجابات الالتهابية. ويُرجح أن لا يتعلق العديد من هذه المفاعيل بشكل مباشر بتأثيرات الستاتينات على الكولسترول بل تتعلق بتغيُّرات في جزيئات أخرى مثل الأيزوبرينوئيدات isoprenoids التي تشاطر الكولسترول نفس الخطوات الاصطناعية الكيميائية الحيوية [90]. فالزُمر الأيزوبرينيلية مهمة لإرساء بضعة جيتيبازات تنظيمية مثل الـ (Ras) و(Rho) في الغشاء، وقد يكون العديد من هذه المفاعيل (التأثيرات) ذات النمط الظاهري المتعدد pleiotropic للستاتينات هي نتيجة لتغيُّرات في مسارات تأشير signalling pathways تستخدم هذه الجيتيبازات.

لقد حظي دور الكولسترول والليبيدات في مرض الزايمر بدراسة جادة طيلة ما يزيد عن قرن من الزمن، وذلك على أساس ما شوهد من وجود ارتباط وراثي بين سنّ بدء مرض الزايمر ووجود الأليل (ε4 allele) للأبوليبوبروتين E (أو ApoE اختصاراً). وكذلك يمكن أن يكون لتعدد الأشكال polymorphisms في بروتينات أخرى معنيَّة باستقلاب الكولسترول ارتباط وراثي بهذا المرض [7]. ونشير إلى أن ApoE هو واحد من الحاملات الرئيسية للكولسترول في الدماغ، ويبدو من الممكن أن يكون للتغيُّرات في توزع الكولسترول أو مستوياته دورٌ في تشكّل ترسبات نشوانية amyloid deposits. ومن المعلوم أن النشواني في مرض الزايمر يتشكّل من تجمُّع 42-39 ثمالة ببتيدية residue peptide (أو ببتيد Aβ)، مع العلم بأن Aβ هذا ينجم عن تشطُّرين حالَّين لبروتين عبر غشائي هو طليعة البروتين النشواني (APP). ويحدث هذان التشطُّران في عُضيات داخل خلوية. ونشير إلى أنه في دراسات الاستنبات النسيجي يثبِّط التخفيض الشديد للكولسترول الخلوي تشكيل الببتيد Aβ، بيد أن التخفيض المعتدل في الكولسترول الخلوي يزيد تشكّل الببتيد Aβ [91]. وعلاوة على ذلك، يمكن أن تؤدي معالجة القوارض بالستاتينات إلى زيادة إنتاج النشواني بينما تشير معالجة البشر بالستاتينات إلى انخفاض في حمولة النشواني لديهم [7]. ومع هذا، يمكن أن تكون الستاتينات واقية للأعصاب، ربما بسبب تأثيراتها ذات النمط الظاهري المتعدد pleiotropic على وظيفة الخلية البطانية ودورها في كبت الالتهاب [90,7]. وما زلنا لا نملك تفسيراً آلياً جيداً لتلازم الأليل ε4 التابع لـ ApoE وسنّ بدء مرض الزايمر.

العمل المستقبلي

في بضع السنوات الماضية كان هناك اهتمام زائد بدور الليبيدات في الأغشية البيولوجية. ولقد أصبح دور الليبيدات ومشتقاتها الستيرولية كجزيئات تأشير signalling molecules وكمراسيل ثانية second messengers أمراً مثبتاً، ولكن تتوالى الاكتشافات الجديدة حول الأدوار التأشيرية لهذه الجزيئات. وفي مراجعتنا هذه، ركزنا على الدور اللوذعي subtle لليبيدات والكولسترول في تنظيم الخواص الفيزيائية الحيوية للأغشية وكيف يؤثّر هذا الدور في الفيزيولوجيا الخلوية؛ فالأدلة الحديثة تشير إلى وجود وتعايش قطاعات مكروية microdomains جنباً إلى جنب ضمن الغشاء الواحد، ولا سيما ضمن الغشاء البلازمي بالرغم من أن العديد من الخواص المهمة لهذه القطاعات المكروية يبقى ضعيف التوصيف. فهذه القطاعات مهمة لتنظيم بعض مسارات التأشير، وها نحن بدأنا نفهم الكيفية التي يتم بها ذلك في قليل من الحالات. ولا بد من جهد كبير يجب بذله من أجل توصيف أفضل للخواص الفيزيائية الحيوية للأغشية البيولوجية ومن أجل فهم تأثيرات هذه الخواص على البروتينات الغشائية.

لقد طوّرت الخلايا والمتعضيات الحية آليّات معقدة استثنائية للتحكّم في التركيب الليبيدي ومن ثمّ ضبط خواص الأغشية البيولوجية. ويُبنى هذا التحكّم على تنظيم مستويات الكولسترول الحر وخواص أخرى مثل درجة إشباع الحموض الدسمة (الدهنية). ولدينا في داء التصلب الشرياني مثال واحد واضح عما يجري على نحو خاطئ حينما تختل هذه الآليات التنظيمية الاستتبابية. ففي المراحل المبكرة والمتأخّرة من داء التصلب الشرياني توجد أدلّة على أن التغيُّرات في خواص الطبقة الثنائية الغشائية membrane-bilayer تتحكّم في تقدم المرض. أما أدوار التغيُّرات في خواص الطبقة الثنائية فيما يخص أمراضاً أخرى مثل داء الزايمر أو متلازمة النمط II لداء السكري الاستقلابي فهي أقل وضوحاً، وبذلك يمكن أن تكون ميداناً لاكتشافات جديدة ممتازة حول آليات الأمراض ومعالجتها.

- المؤلفان:

فريدريك ماكسفليد، قسم الكيمياء الحيوية في كلية وايل الطبية في جامعة كورنل/نيويورك بالولايات المتحدة الأمريكية.

إيرا تاباس، أقسام الطب والبيولوجيا الخلوية والفزيولوجيا والفيزيائية الحيوية الخلوية في كلية جامعة كولومبيا للفيزيائيين والجراحين/نيويورك بالولايات المتحدة الأمريكية.

- نشر هذا المقال في مجلة *Nature, 1 December 2005*،
وتمت ترجمته في هيئة الطاقة الذرّية السورية.

References المراجع

1. Lee, A. G. How lipids affect the activities of integral membrane proteins. Biochim. Biophys. Act o 1666,62-87 (2004).
2. Simons, K. & Vaz. W. L. Model systems, lipid rafts, and cell membranes. Annu. Rev. Biophys. Biomol. Struct 33,269-295 (2004).
3. Mukherjee. S. & Maxfield, F. R. Membrane domains. Annu. Rev. Cell Dev. Biol.20, 839-866 (2004).
4. Holowka. D. et al. Lipid segregation and IgE receptor signaling: A decade of progress. Biochim. Biophys. Acta doi:10.1016/ j.bbamcr.2005.06.007 (2005).
5. Goldstein. I L. & Brown, M. S. Moiecular medicine. The cholesterol quartet. Science 292,1310-1312 (2001).
6. Anitschkow+. N. & Chalatow, S. Ober experimentelle cholesterinsteatose and ihre bedeutungfur die einiger pathologischer prozesse. Zenfralbl. Allg. Pat ho!. 24,1-9 (1913).
7. Wolozin. B. Cholesterol, statins and dementia. Curc Opin. Lipidot.15, 667-672 (2004).
8. Simons, K. & Ikonen. E Functional rafts in cell membranes. Nature 387,569-572 (1997).
9. Munro, S. Lipid rafts: elusive or illusive? Cell 115, 377-388 (2003).
10. Sprung, H., van der Sluijs, P. & van Meer, G. How proteins move lipids and lipids move proteins. Nature Rev. Mot Cell Biol. 2,504-513 (2001).
11. Schroeder. R. J.. Ahmed. S. N., Zhu. Y., London, E. & Brown, D. A. Cholesterol and sphingolipid enhance the Triton X-100 insolubility of glycosylphosphatidylinosito l-anchored proteins by promoting the formation of detergent-insoluble ordered membrane domains. J. Biol. Chem. 273,1150-1157 (1998).
12. Resh, M. D. Membrane targeting of lipid modified signal transduction proteins. Subrefl. Biochem. 37,217-232 (2004).
13. Wang, T. Y., Leventis. R. & Silvius, J. R. Partitioning of lipidated peptide sequences into liquidordered lipid domains in model and biological membranes. Biochemistry 40,13031-13040 (2001).
14. Melkonian, K. A., Ostermeyer, A. G., Chen, I Z., Roth, M. G. & Brown, D. A. Role of lipid modifications in targeting proteins to detergent-resistant membrane rafts. Many raft proteins are acylated, while few are prenylated.I Biot. Chem. 274,3910-3917 (1999).
15. Bretscher. M. S. & Munro. S. Cholesterol and the Golgi apparatus. Science 261,1280-1281 (1993).
16. Mitra, K.. Ubarretxena-Belandia, I.. Taguchi, T., Warren, G. & Engelman. D. M. Modulation of the bilayer thickness of exocytic pathway membranes by membrane proteins rather than cholesterol. Proc. Natf Acad. Sci. USA 101, 4083-4038 (2004).
17. Pierini, of. Membrane lipid organization is critical for human neutrophil polarization. 1.8io1. Chem. 278,10831-10841(2003).
18. Feramisco,1.D.etal.IntramembraneasparticacidinSCAPp roteingovernscholesterol induced conformational change. Proc. Nall Acad. Sci. USA 102,3242-3247 (2005).
19. Hao, M. et al. Vesicular and non-vesicular sterol transport in living cells. The endocytic recycling compartment is a major sterol storage organelle. J. Biol. Chem. 277,609-617(2002).
20. Maxfield, F. R. & Wustner, 0. Intracellular cholesterol transport. J. Clin.Invest. 110, 891-898 (2002).
21. Vainio, S. & Ikonen, E. Macrophage cholesterol transport: a critical player in foam cell formation. Ann. Med. 35,146-155 (2003).
22. Soccio, R. E. & Breslow, J. L. Intracellular cholesterol transport. Arterioscler. Thromb. Vasc. Biof. 24,1150-1160 (2004).
23. Strauss, J. F.. Kishida, T., Christenson. L. K., Fujimoto, T. & Hiroi, H. START domain proteins and the intracellular trafficking of cholesterol in steroidogenic cells. Mof. Cell Endocrinol. 202, 59-65(2003).
24. Wustner, D., Mondal, M,, Tabas. I. &Maxfield, F. R. Direct observation of rapid internalization and intracellular transport of sterol by macrophage foam cells. Traffic 6, 396-412 (2005).
25. Sleat, D. E. et al. Genetic evidence for nonredundant functional cooperativity between NPCI and NPC2 in lipid transport. Proc. NotlAcod. Sci. USA 101, 5886-5891(2004).
26. Carstea, E. et of. Niemann-Pick C1 disease gene: homology to mediators of cholesterol homeostasis. Science 277, 228-231(1997).
27. Blanchette-Mackie, E. Intracellular cholesterol trafficking: role of the NPC1 protein. Biochim Biophys Acto 1486,171-183 (2000).
28. Mukherjee, S. & Maxfield, F. R. Lipid and cholesterol trafficking in NPC. 8iochim. Biophys. Acta1685,28-37(2004).
29. Chang, T. Y., Chang, C. C. & Cheng, D. Acyl-coenzyme A:cholesterol acyltransferase. Annu. Rev. Biochem. 66,613-638 (1997).
30. Yeaman, S. J. Hormone-sensitive lipase-new roles for an old enzyme. Biochem. J. 379,11-22 (2004).
31. Tabas, I. Consequences of cellular cholesterol accumulation: basic concepts and physiological implications. J. Clin. Invest. 110,905-911(2002).
32. Zhang, Y, etal. Cholesterol is superior to 7-ketocholesterol or 7 alpha-hydroxycholesterol as an allosteric activator for acyl-coenzyme A:cholesterol acyltransferase 1.). Biof. Chem. 278, 11642-11647 (2003).
33. Lange. Y. Ye. J. & Steck. T. L. How cholesterol homeostasis is regulated by plasma membrane cholesterol in excess of phospholipids. Proc. Not) Acad. Sci. USA 101,11664-11667 (2004).
34. Brown, M. S. & Goldstein, J. L. A proteolytic pathway that controls the cholesterol content of membranes, cells, and blood. Proc. Natf Acad. Sci. USA 96,11041-11048 (1999).
35. Tall, A. R., Costet, P. & Wang. N. Regulation and mechanisms

of macrophage cholesterol efflux. J. Clin. Invest. 110, 899-904(2002).

36. Pohl, A., Devaux, P. F. & Herrmann, A. Function of prokaryotic and eukaryotic ABC proteins in lipid transport. Biochim. Biophys, Acto 1733,29-52 (2005).
37. Fielding, C.). & Fielding, P. E. Cellular cholesterol efflux, 8iochim. Biophys. Acto 1533,175-189 (2001).
38. Sun, Y. et al. Stearoyl-CoA desaturase inhibits ATP-binding cassette transporter Almediated cholesterol efflux and modulates membrane domain structure.). Biol. Chem. 278, 5813-5820 (2003).
39. Wang. N. & Tall. A. R. Regulation and mechanisms of ATP-binding cassette transporter Al mediated cellular cholesterol efflux. Arterioscler. Thromb. Vosc. Biof. 23,1178-1184 (2003).
40. Schroepfer G. Oxysterols: modulators of cholesterol metabolism and other processes. Physiol. Rev. 80, 361-554 (2000).
41. Costet, P. et al. Retinoic acid receptor-mediated induction of ABCA1 in macrophages. Mot. Cell Biol. 23,7 756-7766 (2003).
42. Chawla, A., Repa, J. J.. Evans, R. M. & Mangelsdorf. D. J. Nuclear receptors and lipid physiology: opening the X-files. Science 294,1866-1870 (2001).
43. Cram, J. F. ATP-binding cassette transporter Al and cholesterol trafficking. Curt.. Opin. Lipidol.13,373-381 (2002).
44. Horton, J. D., Goldstein, J. L. & Brown. M. S. SREBPs: activators of the complete program of cholesterol and fatty acid synthesis in the liver.). Clin. Invest. 109,1125-1131(2002).
45. Sampath, H. & Ntambi, J. M. Polyunsaturated fatty acid regulation of genes of lipid metabolism. Annu. Rev. Nutr 25,317-340 (2005).
46. Kolter, T. & Sandhoff, K. Principles of lysosomal membrane digestion-stimulation of sphingolipid degradation by sphingolipid activator proteins and anionic lysosomal lipids, Annu. Rev. Ceti Dev. Biol. 21,81-103(2004).
47. Kobayashi, T. et al. Late endosomal membranes rich in lysobisphosphat idic acid regulate cholesterol transport. Nature Cell Bio).1,113-118 (1999).
48. Sturley, S. L., Patterson, M. C., Balch, W. & Liscum, L. The pathophysiology and mechanisms of NP-C disease. Biochim. Biophys. Acta 1685,83-87 (2004).
49. Friedland, N., Liou, H. L., Lobel, P. & Stock, A. M. Structure of a cholesterol-binding protein deficient in Niemann-Pick typeC2 disease. Proc. Not) Acad. Sci. USA 100, 2512-2517 (2003).
50. Pagano, R. E. Endocytic trafficking·ofglycosphingolipids in sphingolipid storage diseases. Phil. Trans. R. Soc. Land. 8358, 885-891(2003).
51. Stefkova, J., Poledne, R. & Hubacek, J. A. ATP-binding cassette (ABC) transporters in human metabolism and diseases. Physiol. Res. 53,235-243 (2004).
52. Williams, K. J. & Tabas, I. The response-to-retention hypothesis of early atherogenesis. Arterioscler. Thromb. Vasc. Biol. 15, 551-561(1995).
53. Hansson, G. K. Inflammation, atherosclerosis, and coronary artery disease. N. Engl. J. Med. 352,1685-1695 (2005).
54. Berliner, J. A., Subbanagounder, G.. Leitinger, N., Watson, A. D. & Vora. D. Evidence for a role of phospholipid oxidation products in atherogenesis. Trends Cardiovosc. Med. 11, 142-147 (2001).
55. Glass, C. K. & Witztum, J. L. Atherosclerosis, The road ahead. Ce11104, 503-516 (2001).
56. Brown, M. S. & Goldstein. J. L. Lipoprotein metabolism in the macrophage: implications for cholesterol deposition in atherosclerosis. Annu. Rev. Biochem. 52,223-261(1983).
57. Kruth, H. S. et al. Macropinocytosis is the endocytic pathway that mediates macrophage foam cell formation with native low density lipoprotein. I Biol. Chem. 280,2352-2360 (2005).
58. Buton, X. et al. Unique cellular events occurring during the initial interaction of macrophages with matrix-retained or methylated aggregated low density lipoprotein (LDL). Prolonged cell-surface contact during which LDL-cholesteryl ester hydrolysis exceeds LDL protein degradation. J. Biol. Chem. 274, 32112-32121(1999).
59. Sakr, S. W. et al. The uptake and degradation of matrix-bound lipoproteins by macrophages require an intact actin cytoskeleton, Rho family GTPases, and myosin ATPase activity. J. Biol. Chem. 276,37649-37658 (2001).
60. Qin, C., Nagao, T., Grosheva, I., Maxfield, F. R. & Pierini, L. M. Elevated plasma membrane cholesterol content alters macrophage signaling and function. Arterioscler. Thromb. Vasc. Blot (in the press).
61. Gerrity, R. G. The role of the monocyte in atherogenesis: I. Transition of blood-borne monocytes into foam cells in fatty lesions. Am. J. Pathof.103,181-190 (1981).
62. Tabas, I. Nonoxidative modifications of lipoproteins in atherogenesis. Anna. Rev. Nutr. 19, 123-139 (1999).
63. Suzuki. H. et al. A role for macrophage scavenger receptors in atherosclerosis and susceptibility to infection. Nature 386,292-296 (1997).
64. Febbraio, M., Hajjar D. P. & Silverstein. R. L. CD36: a class B scavenger receptor involved in angiogenesis, atherosclerosis, inflammation, and lipid metabolism. I Clin. Invest. 108, 785-791 (2001).
65. Moore, K. J. et al. Loss of receptor-mediated lipid uptake via scavenger receptor A or CD36 pathways does not ameliorate atherosclerosis in hyperlipidemic mice. l. Clin.)nvest.115, 2192-2201(2005).
66. Williams, K.1. & Fisher, E. A. Oxidation, lipoproteins. and atherosclerosis: which is wrong, the antioxidants or the theory? Curt. Opin. Clin. Nutr. Metab. Care 8,139-146 (2005).

67. Twickler, T., Dallinga-Thie, G. M., Chapman, M. J. & Cohn, J. S. Remnant lipoproteins and atherosclerosis. Curr. Atheroscler. Rep. 7,140-147 (2005).
68. Arai, S. et of. A role for the apoptosis inhibitory factor Al M/ Spa/Api6 in atherosclerosis development. Ceff Metabolism 1, 201-213 (2005).
69. Libby, P. & Clinton, S. K. The role of macrophages in atherosclerosis. Curr Opin. Lipidof.4, 355-363(1993).
70. Abrams, J. Clinical practice. Chronic stable angina. N. Engl. J. Med. 352,2524-2533 (2005).
71. Aikawa, M. & Libby, P. The vulnerable atherosclerotic plaque: pathogenesis and therapeutic approach. Cardiovosc. Patho).13,125-138 (2004).
72. Shah. P. K. Insights into the molecular mechanisms of plaque rupture and thrombosis. fndiar Heart). 57,21-30 (2005).
73. Corti, R., Hutter, R., Badimon, J. J. & Fuster, V. Evolving concepts in the triad of atherosclerosis, inflammation and thrombosis. J. Thromb. Thrombolysis17, 35-44 (2004).
74. Virmani, R., Burke, A. P., Kolodgie, F. D. & Farb, A. Vulnerable plaque: the pathology of unstable coronary lesions. 1. Interv. Cordial. 15, 439-446 (2002).
75. Libby, P. et al. Macrophages and atherosclerotic plaque stability. Curr.Opin. Upidol.7, 330-335(1996).
76. Geng, Y. J. & Libby, P. Progression of atheroma: a struggle between death and procreation. Arterioscler. Thromb. Vasc. Biol. 22,1370-1380 (2002).
77. Tabas. I. Apoptosis and plaque destabilization in atherosclerosis: the role of macrophage apoptosis induced by cholesterol. Cell Death Differ. 11 (Suppl. 1), S12-S16 (2004).
78. Schrijvers, D. M., De Meyer, G. R., Kockx, M. M., Herman. A. G. & Martinet, W. Phagocytosis of apoptotic cells by macrophages is impaired in atherosclerosis. Arterioscler Thromb. Vasc. Biol. 25,1256-1261(2005).
79. Tabas, I. Consequences and therapeutic implications of macrophage apoptosis in atherosclerosis. The importance of lesion stage and phagocytic efficiency. Arterioscler. Thromb. Vasc. Biol. 25,2255-2264 (2005).
80. Kockx, M. M. Apoptosis in the atherosclerotic plaque: quantitative and qualitative aspects. Arterioscler. Thromb. Vasc. Biol. 18,1519-1522 (1998).
81. Nhan, T. Q., Liles. W. C. & Schwartz, S. M. Role of caspases in death and survival of the plaque macrophage. Arterioscler. Thromb. Vasc. Biol. 25,895-903 (2005).
82. Li, YY et al. Enrichment of endoplasmic reticulum with cholesterol inhibits sarcoplasmicendoplasmic reticulum calcium ATPase-2b activity in parallel with increased order of membrane lipids: implications for depletion of endoplasmic reticulum calcium stores and apoptosis in cholesterol-loaded macrophages. J. Biol. Chem. 279,37030-37039 (2004).
83. Feng, B. et al. The endoplasmic reticulum is the site of cholesterol-induced cytotoxicity in macrophages. Nature Cell Blot. 5,781-792 (2003).
84. Kaufman, R. J. Orchestrating the unfolded protein response in health and disease.). Clin. Invest. 110, 1389-1398 (2002).
85. Feng, B. et al. Niemann-Pick C heterozygosity confers resistance to lesional necrosis and macrophage apoptosis in murine atherosclerosis. Proc. NatlAcad. Sci. USA 100, 10423-10428 (2003).
86. Zhou, J., Lhotak. S.. Hilditch, B. A. & Austin, R. C. Activation of the unfolded protein response occurs at all stages of atherosclerotic lesion development in apolipoprotein E-deficient mice. Circulation 111,1814-1821(2005).
87. Li, Y. et al. Free cholesterol-loaded macrophages are an abundant source of tumor necrosis factor-a and interleukin-6: Model of NK-xB- and Map kinase-dependent inflammation in advanced atherosclerosis.). Biol. Chem. 280,21763-21772 (2005).
88. Schroeder. F. Fluorescence probes in metastatic B16 melanoma membranes. Biochim. Biophys. Acto 776,299-312 (1984).
89. Mo, H. & Elson, C. E. Studies of the isoprenoid-mediated inhibition of mevalonate synthesis applied to cancer chemotherapy and chemoprevention. Exp. Biol. Med. 229, S67-585 (2004).
90. Vaughan, C. J. & Gotto, A. M. Jr. Update on statins: 2003. Circulation 110, 886-892 (2004).
91. Abed-Rodriguez, I. et al. Neuronal membrane cholesterol toss enhances amyloid peptide generation. Cell Biol.167, 953-960 (2004).
92. London, E. & Brown, D. A. Insolubility of lipids in Triton X-100: physical origin and relationship to sphingolipid/cholesterol membrane domains (rafts). 8iochim. Biophys. Acta1508,182-195 (2000).
93. Huang, J. & Feigenson, G. W. A microscopic interaction model of maximum solubility ofcholesterol in lipid bilayers. Biophys.176,2142-2157 (1999).
94. McConnell, H. M. & Radhakrishnan, A. Condensed complexes of cholesterol andphospholipids. Biochim. Biophys. Acta1610,159-173 (2003).
95. Brown, D. A. & London, E. Structure and origin of ordered lipid domains in biological membranes.). Membr. Biol. 164,103-114 (1998).
96. Feigenson, G. W. & Buboltz, J. T. Ternary phase diagram of dipalmitoyl-PC/dilauroylPC/cholesterol: nanoscopic domain formation driven by cholesterol. Biophys.180, 2775-2788 (2001).
97. Megha & London, E. Ceramide selectively displaces cholesterol from ordered lipid domains (rafts): implications for lipid raft structure and function.). Biol. Chem. 279,9997-10004 (2004).
98. Wang. T. Y. & Silvius, J. R. Sphingolipid partitioning into ordered domains in cholesterol-free and cholesterol-containing lipid bilayers. Biophys.J.. 84,367-378 (2003).
99. Nakamura, K. etol. Expression and regulation of multiple murine ATP-binding cassette.

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

حل ألغاز نظرية الأوتار

يمكن لنظرية الأوتار string theory أن توفر أفضل مفاتيح حل الألغاز حول كيفية الحصول على نظرية موحدة تصف قوانين الطبيعة كلها، ولكننا هل نفهم على الأقل ما هي نظرية الأوتار؟

كرّس ألبرت أينشتاين الجزء الأخير من حياته بامتياز للبحث عن نظرية يمكنها أن تقدم، من حيث المبدأ على الأقل، وصفاً شاملاً لقوانين الطبيعة. وكان أينشتاين يعتقد أن "نظرية الحقل الموحد unified field" هذه سوف تسبغ على قوانين الطبيعة كلها جمال النسبية العامة. وفي نهاية المطاف تركنا أينشتاين مع وافر من الأمل ولكن ليس مع أفكار كثيرة حول كيفية المتابعة.

والحقيقة أن هناك الكثير من الأسباب التي تجعل المرء يشك في أن رؤية أينشتاين ممكنة التحقيق، أو على الأقل ممكنة التحقيق في المستقبل المنظور. فقد تكون المفاتيح الحاسمة بعيدة المنال إلى حدٍّ ميئوس منه. ولدى العودة إلى أعمال أينشتاين يجد معظم الفيزيائيين أن الكثير من أكثر الدالات clues أهمية فيما يخصّ نظرية حقل موحد – بما في ذلك التآثران النوويان القوي والضعيف ودور نظرية القياس gauge theory وعالَم الجسيمات الأولية – لم يكن معروفاً في زمن أينشتاين.

وأكثر من ذلك، حتى ولو تمكنّا بشكل ما من إيجاد نظرية الحقل الموحد، فليس من الواضح إطلاقاً ما إذا كان باستطاعتنا أن نحدِّد أنها هي النظرية الصحيحة. فمن تركيب بسيط لثابت بلانك وسرعة الضوء وثابت التثاقل لنيوتن يمكن للمرء أن يشكل وحدة طبيعية للطول – هي طول بلانك. وهذا الطول الذي كان ماكس بلانك أول من عرّفه منذ قرن من الزمان صغير لدرجة خيالية بحيث لو كان هو، أو كان شيء قريب منه، أمراً أساسياً في الفيزياء، لكانت بعض أكثر الظواهر أهمية خارج متناولنا التجريبي بصورة دائمة.

وأتذكر بحيوية كم كنت متأثراً في العام 1981 حين تنبأ العالِم التجريبي المتميز نورمان رامزي (الذي نال فيما بعد جائزة نوبل على عمله حول التجاوب المغنطيسي) أنه خلال 50 سنة سيكون هناك مخطط واضح لنظرية حقل موحد "تنضوي تحتها كل القوى ولو بصورة غير كاملة". وبالتأكيد، لم أرَ من جانبي أية طريقة مفيدة للعمل على مثل هذا الموضوع وشككت في أنني سأراه.

وفي تلك الأثناء لم أكن على اطلاع إلا بصورة مبهمة على العمل الذي كان يقوم به مايكل غرين M. Green وجون شفارتس J. Schwartz ولارس برينك L. Brink – وقلائل جداً آخرون – لإحياء نظرية الأوتار. كانت نظرية الأوتار (التي هي في الأصل بديلة لـ "نظرية القوة النووية") قد طُوّرت ثم نُبذت منذ عقد قبل ذلك. وكان السبب في إحيائها هو الأمل في أن تعطي أساساً لنظرية حقل موحد.

وبحلول العام 1982 أو 1983 بدأتُ أرقب هذا العمل الذي كان قد تقدَّم إلى درجة أنه أصبح بالإمكان صياغة نظريات كمومية مقنعة بشكل مقبول لثقالة كمومية موحدة مع المادة. ولكن كان هناك ما بدا وكأنه عيب واضح. فقد بدت نظرية الأوتار غير متسقة مع "انتهاك الندّية parity violation" في التآثرات الضعيفة (مثل التفكك بيتا النووي). ويُعَدُّ انتهاك الندّية – وهو حقيقة كون قوانين الطبيعة ليست على منوال واحد لدى الانعكاس في مرآة – أحد أكثر الاكتشافات أهمية فيما يخصّ الجسيمات الأولية.

وفي العام 1984 أمكن التغلب على هذا العيب فجأة حين اكتشف غرين وشفارتس آلية أنيقة جديدة "لحذف الشذوذ". ولم تعد التآثرات الضعيفة وحدها تنتهك الندّية وإنما سرعان ما أصبح بالإمكان – ولاسيما بعد ابتكار الوتر المهجَّن heterotic string– اشتقاق نماذج نصف حقيقية semi –realistic للجسيمات الأولية مع كل قواها المعروفة، بما في ذلك الثقالة. عند هذا الحد بدا بالفعل أنه من المنطقي العمل على نظرية حقل موحد.

أعتقد أنه توجد ثلاثة أسباب أساسية لاجتذاب نظرية الأوتار كل هذا الاهتمام الكبير في السنوات العشرين الماضية، أحدها هو أنها موجودة فعلاً. فنظرية الأوتار هي التعميم الوحيد المعروف المعقول لنظرية الحقل الكمومي النسبوي. فهيكل النسبية الخاصة والميكانيك الكمومي صلب لدرجة أنه يفرض علينا عملياً نظرية الحقل الكمومي. ويُعد إحكام البنيان الحديث أحد الأسباب الرئيسية التي مكّنت الفيزيائيين من اكتشاف ما أصبح يُعرف بالنموذج العياري standard model للجسيمات الأولية. وإن فكرة عظيمة مثل التعميم المتسق لنظرية الحقل الكمومي لا تسنح إلا من حين لآخر. ولذلك فمن الواجب علينا أن ننظر إليها نظرة جدّية.

والسبب الآخر يتعلق بما تعلمه الفيزيائيون لدى تطويرهم نظرية الأوتار. فهذه تفرض علينا النسبية العامة، في حين نظرية الحقل

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

الكمومي العادية تجعل من إدماج النسبية العامة أمراً مستحيلاً. كما أن نظرية الأوتار تقود إلى طريقة سهلة جداً لوضع مخطط تمهيدي معقول لفيزياء جسيمات موحدة مع الثقالة.

وأخيراً، برهنت نظرية الأوتار أنها غنية جداً، حتى أكثر مما يظن المتحمسون لها. وقد أدّت إلى تبصُّرات نافذة في قضايا تمتد بدءاً من حصر الكواركات إلى ميكانيك الكم للثقوب السوداء وإلى مسائل كثيرة في الهندسة البحتة. ويشير هذا كله إلى أن نظرية الأوتار هي على الدرب الصحيح؛ وإلا فكيف أمكنها أن تعزز كل هذه الأفكار غير المتوقعة؟ وحيثما كانت لدى النقّاد أفكار جيدة، فإنهم يميلون إلى استيعاب هذه الأفكار كجزء من نظرية الأوتار سواءً أكانت أنطروبية الثقب الأسود black – hole entropy أو المبدأ الهولوغرافي للثقالة الكمومية أو الهندسة اللاتبديلية أو نظرية اللاويات twistor theory.

ولكن ما هي نظرية الأوتار؟ إنها قد تكون السبب الوحيد للتوفيق بين الثقالة وميكانيك الكم، ولكن ما هو لبّ الفكرة خلف هذا السبيل؟ لقد كان أينشتاين قد فهم المفاهيم الأساسية للنسبية العامة قبل أن يوضّح المعادلات التفصيلية بسنوات. وعلى العكس من ذلك، فقد تمَّ اكتشاف نظرية الأوتار نتفة نتفة وقطعة قطعة (على مدى فترة امتدت إلى نحو أربعة عقود) دون أن يفهم أحد بالفعل ما يكمن خلفها. ولذلك كانت كل نتفة تُكتَشف تأتي كمفاجأة. وما زلنا لا نعرف من أين تتوارد كل هذه الأفكار – أو إلى أين تتجه.

قد نفهم في يوم ما ماهية نظرية الأوتار حقّاً. ولكن حتى إذا فهمنا ذلك، وكانت النظرية تسير على الطريق الصحيح، فهل سيكون بمقدورنا أن نعرف كيف تعمل في الطبيعة؟ أنا بالتأكيد آمل من ذلك. وكل شيء يعتمد، في الواقع، على عدة أشياء مجهولة، بما في ذلك طبيعة الجواب، ومدى ذكائنا، والدالّات التي يمكن أن نحصل عليها من التجربة.

نُشر هذا الخبر في مجلة : *Nature, 29 December 2005*

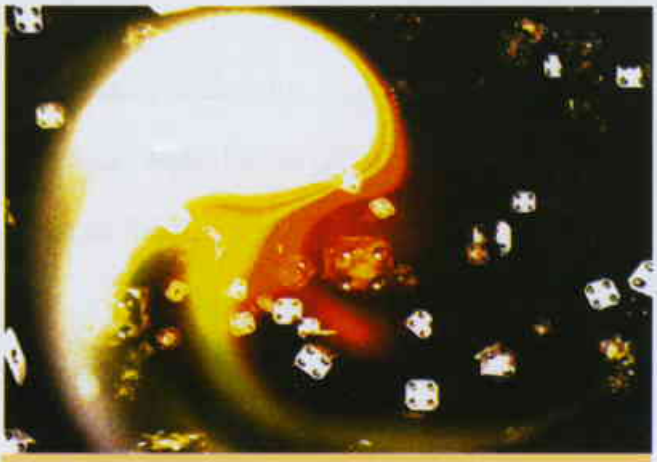
رسالة الكَمّ

تحدّى أينشتاين الفيزيائيين أن يصفوا "الوضع الواقعي الحقيقي". لكن فَهْم المفاهيم نفسها التي انتقدها منذ قرن مضى يوفر أفضل الدلائل حول الواقع الموجود.

اقترح أينشتاين في أول ورقاته لعام 1905، عامه الأعجوبي، فكرة جسيمات الضوء التي سميت فيما بعد فوتونات. وقد برزت من هذه الورقة صورة واقعية جداً لجسيمات الضوء على أنها تشبه كثيراً الجسيمات في غاز خامل. لكن الورقة احتوت أيضاً على بذور لانتقادات أينشتاين اللاحقة لميكانيك الكم. فقد تحدّى أينشتاين، كما ذكر في مذكراته Autobiographical Notes، الفيزياء المتضمنة مفاهيم ميكانيك الكم أن تصف "الوضع الواقعي الحقيقي"، أو بكلمة أخرى أن تصف ما هو "موجود".

والمفاهيم التي انتقدها أينشتاين هي العشوائية randomness والتشابك entanglement والتتامية complementarity. وقد أصبحت هذه المفاهيم المبادئ الرئيسية لتقانات المعلومات الكمومية الناشئة: مثل الحوسبة الكمومية والنقل البعيد الكمومي quantum

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



لا يمكن التنبؤ بالكون من حيث الأساس

teleportation والتعمية الكمومية quantum cryptography. ولكن ومع أننا ندرك أن أينشتاين كان مخطئاً بما يتعلق بهذه المفاهيم فهل فهمنا الآن رسالة الكمّ؟

قد يكون اكتشاف أن الأحداث الإفرادية عشوائية حكماً، أحد أكثر الاكتشافات أهمية في القرن العشرين. فقبل هذا الاكتشاف كان المرء يجد سهولة في افتراض أن الأحداث العشوائية تبدو كذلك فقط بسبب جهلنا. فعلى سبيل المثال، مع أن الحركة البروانية لجسيم ما تبدو عشوائية إلا أنه يمكن وصفها سببياً إذا عرفنا قدراً كافياً حول حركات الجسيمات المجاورة له. وكما قال هايزنبرغ هذا النوع من عشوائية الحدث الكلاسيكي ذاتي (لا موضوعي).

لكن فيما يتعلق بالحدث الإفرادي في الفيزياء الكمومية فنحن لا نجهل السبب فحسب وإنما ليس هناك من سبب. فاللحظة التي تتفكك فيها نواة مشعة، والسبيل الذي يسلكه فوتون خلف شاطر حزمة نصف مفضض هما عشوائيان بصورة موضوعية. ليس هناك في الكون ما يحدد الطريقة التي سوف يحدث فيها حَدَث إفرادي. وبما أن الأحداث الإفرادية يمكن أن تكون لها نتائج ماكروسكوبية، بما في ذلك طفرة معينة في كودنا الجيني فإنه يستحيل التنبؤ بالكون أساساً، وهو مفتوح وليس مغلقاً سببياً.

وأكثر ما يدهش هو حالة التشابك التي دعاها أينشتاين "شبحية" لأنها تستدعي أن يغير آلياً فعلُ قياس خاصة جسيم حالةَ جسيم آخر مهما كان الجسيمان بعيدين أحدهما عن الآخر. وقد تمَّ التأكد من هذه الظاهرة تجريبياً على مسافات تبلغ نحو 100 كيلومتر. فكيف يمكن أن يكون حَدَثان، كل منهما عشوائي موضوعياً، متعالقين تماماً على الدوام؟

لقد بين جون بل J. Bell أن التنبؤات الكمومية للتشابك تتناقض مع الواقعية المحلية. ومن وجهة النظر "الطبيعية" هذه فإن أية خاصة نرصدها هي أ) دليل على عناصر الواقع الموجود وب) مستقلة عن أية أفعال تُجرى في مواضع بعيدة في آن واحد مع القياس. وينظر معظم الفيزيائيين إلى التأكد التجريبي من التنبؤات الكمومية على أنه برهان على اللامحلية nonlocality. لكنني أعتقد أن مفهوم الواقعية نفسه على المحك، وهذه نظرة تدعمها مفارقة كوخن – سبيكر Kochen-Specker. وهذا يشهد على أنه ليس من الممكن دوماً أن نفسِّر، حتى بالنسبة إلى جسيمات إفرادية، نتائج تجريبية محددة بغض النظر عن، وقبل، انتقاء أداة تجريبية معينة في التجربة المعينة.

وينشأ كذلك نقد للواقعية من مفهوم التتامية complementarity. فالأمر لا يتعلق بمجرد عدم القدرة على قياس مقدارين متتامين لجسيم، مثل موضعه واندفاعه، في الوقت ذاته. وإنما الافتراض نفسه بأن الجسيم يمتلك الموضع والاندفاع كليهما قبل إجراء القياس هو افتراض خاطئ. فاختيارنا لأداة القياس يقرر أياً من هذين المقدارين يمكن أن يصبح واقعاً في التجربة.

وعلى هذا، فما هي رسالة الكم؟ أقترح أن ننظر إلى الوضع من زاوية جديدة. فقد تعلمنا من تاريخ الفيزياء أنه من المهم ألا نضع فروقاً لا أساس لها – مثل الفرق ما قبل النيوتني بين القوانين على الأرض وتلك التي تحكم حركة الأجسام السماوية. وأقترح أنه لا يمكن التفريق بين الواقع ومعرفتنا للواقع، أو بين الواقع والمعلومات. فليست هناك من طريقة للإشارة إلى الواقع من دون استخدام المعلومات المتوفرة لدينا عنه.

ربما يدل هذا على أن الواقع والمعلومات هما وجهان لعملة واحدة. وأنهما، في المعنى العميق، لا متمايزان. فلو كان هذا صحيحاً لوجب أن يحدد ما يمكن قوله في وضع معين، بطريقة ما، أو على الأقل أن يضع حدوداً لما يمكن أن يوجد.

ويمكن لهذه الأفكار أن تثمر من خلال فهم المفاهيم الثلاثة التي انتقدها أينشتاين. إذ من الطبيعي الافتراض أن المعلومات التي تمثلها منظومة كمومية تتناسب مع قدّها. وعندئذ تصبح عشوائية الحدث الإفرادي نتيجة مباشرة لحقيقة أنه لا تتوافر معلومات كافية لتعيين نتائج كل القياسات الممكنة. ويصح الشيء نفسه بالنسبة إلى التتامية، التي تقتضي أن المعلومات المتاحة تكفي لتعيين واحد فقط من عدد من القياسات المتتامة. وأخيراً فإن التشابك هو ملاحظة أن المعلومات المحدودة المتاحة لتوصيف منظومتين (أو أكثر) يمكن إما أن تستخدم لتعيين خواص المنظومات الإفرادية، كما في الفيزياء الكلاسيكية، أو لتعيين نتائج الأرصاد المشتركة لكلا المنظومتين، أو لكل المنظومات معاً.

وعلى هذا فإن المجرب، باختياره أداة القياس، يمكن أن يحدد أي صفة من عدد من الإمكانات سوف تصبح واقعاً في القياس. لكن نتيجة القياس الإفرادي تبقى موضوعياً عشوائية بسبب محدودية المعلومات. وأقترح أن هذه العشوائية للحدث الإفرادي هي أقوى مؤشر نملكه على واقع موجود بصورة مستقلة عنا. ربما كانت هذه الفكرة تعجب أينشتاين في نهاية المطاف.

نُشر هذا الخبر في مجلة Nature,8 December 2005.

محاكاة هرم الفولاذ المُشعَّ

كيف يُنمذج السلوك الميكانيكي لوعاء مفاعل نووي ابتداءً من بنيته المجهرية؟ يتم ذلك بالجمع بين النمذجة الفيزيائية والخوارزمية.

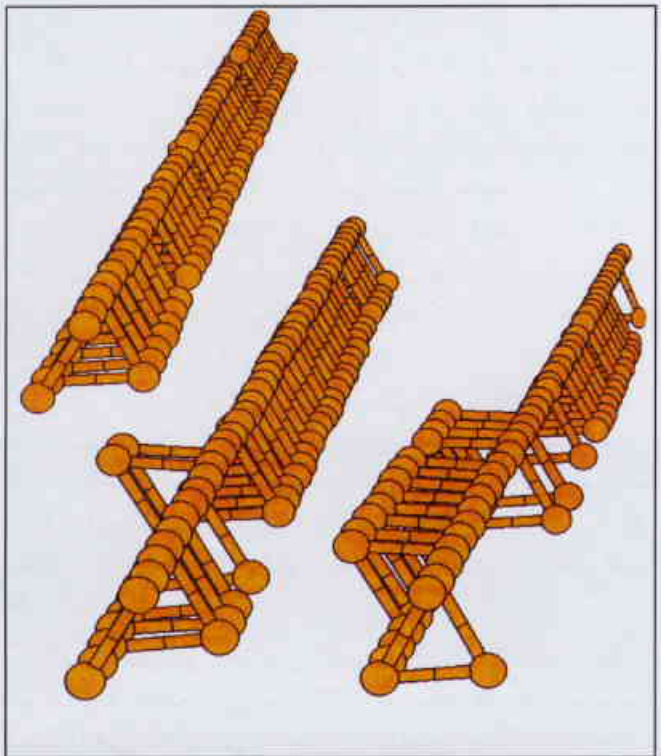
يخضع وعاء المفاعل ومكوناته إلى معاناة شديدة عندما تقذف بوابل من النترونات وتسخن إلى درجات حرارة تفوق أحياناً 340°C! ولكن مع ذلك فإن المتانة الميكانيكية هي التي تحدد سلامة المنشأة ومدة بقائها. ولذلك، ليس من المستغرب أن يراقب المستثمرون عن قرب هرم الفولاذ المصنوعة منه هذه المكونات.

كيف يُنمذج السلوك الميكانيكي على المدى الطويل (البالغ خمسين أو ستين سنة) لأشياء على هذه الدرجة من الأهمية (يبلغ ارتفاع وعاء المفاعل 13 متراً وثخن 20 سنتمتراً أي أكثر من 300 طن من الفولاذ)؟ تُستخدم في الوقت الحالي مفاعلات اختبارية أو نماذج تجريبية يُلجأ فيها إلى إدخال عيّنات من الفولاذ ضمن المفاعل. ويقول باسكال ميالون P. Mialon، رئيس قسم مواد وميكانيك المكونات في مؤسسة الكهرباء الفرنسية EDF: "منذ خمس سنوات، وبفضل وسائل الحساب الجديدة، تمكنّا بالاشتراك مع مفوضية الطاقة الذرّية CEA من إطلاق نمذجات تشعيع الفولاذ في المقياس الذرّي، وعدا عن ذلك، تتيح أدوات تجريب جديدة، مثل المسبر الذرّي للتصوير الطبقي، مقارنة المحاكاة بالتجربة في مقياس الذرّات. فيمكننا أن نرى الشوائب ونتابع إعادة تناسقها في البنية".

والهدف من الآن فصاعداً محاكاة تطور البنية المجهرية في المقياس الذرّي، وبصورة خاصة تطور العيوب الناتجة عن التشعيع. وقد أُطلق مشروع أوربي واسع في كانون الثاني عام 2004 لمدة أربع سنوات اسمه "Perfect" يضم 28 شريكاً تنسق بينهم مؤسسة الكهرباء الفرنسية. وينبغي أن تفضي هذه الجهود إلى إيجاد أرضية تشمل مختلف نماذج المحاكاة الرقمية المتعددة المقاييس. وينبغي بهذا أن يُصاغ محاكيان (أحدهما للوعاء والآخر لبنياته الداخلية).

ويشرح باسكال ميالون قائلاً: "إن الجهد العلمي، والظواهر المتعلقة بالموضوع معقدة". وتؤول محاكاة الرجم النتروني في الواقع إلى لعبة بلياردو نرّي حقيقية: فتحت تأثير النترونات تنتقل الذرّات وتخلق عيوباً (ذرّات ناقصة أو على العكس من ذلك ذرّات زائدة). ويُعاد ترتيب البنية بكاملها بالتدريج وتصبح أقل متانة. ويشرح ميالون فيقول: "نستخدم نماذج من الفيزياء الكمومية مبنية على حسابات تبدأ من البداية ab initio في المقياس الذرّي. والصعوبة الأولى هي ملاءمة هذه الحسابات مع بنية الفولاذ المعني المجهرية بصورة مبسطة ولكنها تمثل الواقع، ومن ثم نطور كودات للديناميك الجزيئي تحاكي التأثرات بين العيوب وتحاكي هجرتها. ويُنمذج تطور البنية المجهرية على المدى الطويل بفضل طرق إحصائية (حركية مونت كارلو). ويسمح لنا ذلك بالحصول على كودات ديناميك الانخلاعات (انتقالية خطوط الانزلاق) وبالتالي الانتقال إلى المقياس الماكروسكوبي ومن ثم إلى البنية الإجمالية بواسطة كوداتنا الخاصة بواسطة العناصر المنتهية". وينبغي أن يُنجَز مثل هذا المحاكي للسلوك الميكانيكي قبل نهاية عام 2007.

ويضيف جان لويس فودسكال J. L. Vaudescal، رئيس قسم SINETICS في مؤسسة الكهرباء الفرنسية قائلاً: "ونحن نحسّن، على التوازي، الطرق الخوارزمية وبرمجتها لكي تشمل التغيرات



قام الباحثون هنا بحساب الحركة النسبية للذرّات تحت تأثير تشوه ما (انخلاع "قوة").

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

الهائلة في المقاييس المكانية والزمانية ذات العلاقة. فعلى سبيل المثال، نحن نطور، بالنسبة إلى المواد المعدنية، طرقاً عددية للحساب من البداية بتغير زمن الحساب فيها خطياً مع عدد الإلكترونات N (فيقال حساب من المرتبة N). أما بالنسبة إلى الطرق الحالية فتتغير أزمنة الحساب متناسبة مع مكعب العدد N (حساب من المرتبة N^3). والتعامل مع المعادن رهيف بشكل خاص لأنها مواد ناقلة ولأن ذرّاتها تتأثر على مسافة طويلة. وبالإمكان، باستخدام الحواسيب الحالية، إجراء حسابات من المرتبة N على آلاف الذرّات من مواد عازلة أو نصف ناقلة (بإهمال هذا التأثر). أما بالنسبة إلى المعادن فتبقى هذه الطرق مقتصرة على نحو مئة ذرّة فقط. لكن الهدف، باستخدام هذه الحسابات التي تبدأ من البداية، هو محاكاة مجموعات مؤلفة من نحو 10000 ذرّة. وهذا هدف سيصبح يوماً ما في متناولنا بفضل هذا التطور للطرق العددية، وبفضل الزيادة المستمرة في استطاعة الحساب والطرق الموازية التي يعمل عليها الباحثون أيضاً.

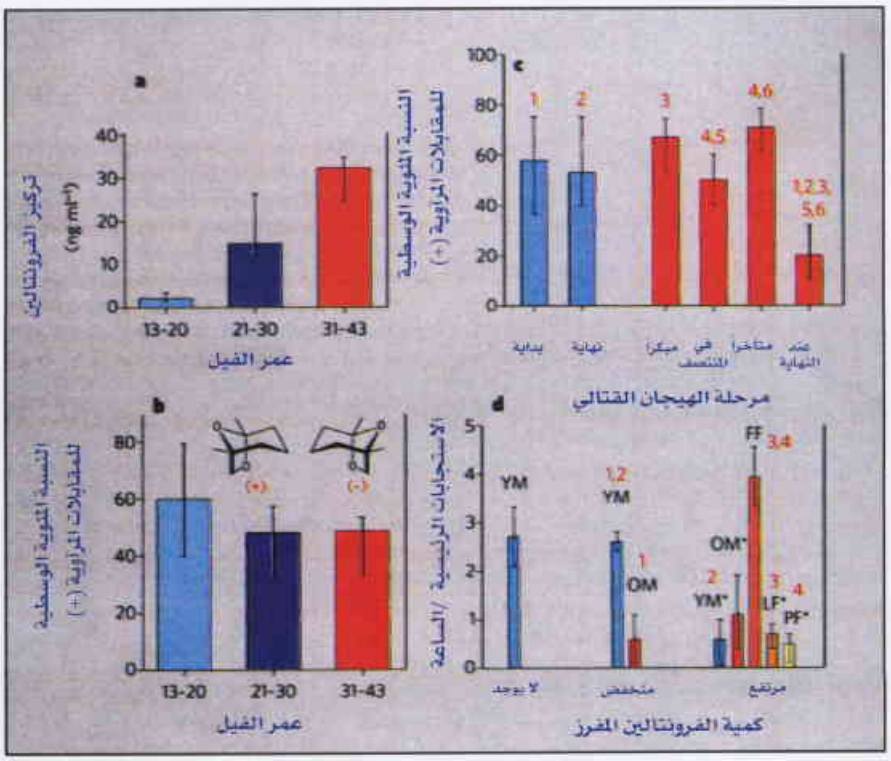
نُشر هذا الخبر في مجلة La Recherche, Janvier , N: 393, 2006

الكيرالية في فيرومونات الفيل

القتالية النزوية Musth لدى ذكور الفيلة هي فترة سنوية من نشاط جنسي وعدواني بارز يرتبط بالنضج الجسدي والجنسي والاجتماعي لديها. ويتسبّب في هذا الهيجان القتالي إطلاق إشارات كيميائية مثل فيرومون الفرونتالين frontalin الموجود بشكلين كيراليين اثنين (بمعنى عدم التناظر المرآتي الجزئي).

ونبيّن هنا أن الفيلة الآسيوية تُطلق مقابلات مرآتية من الفرونتالين بنسب نوعية محددة تعتمد على عمر الحيوان ومستوى هيجانه القتالي، وأن استجابات مختلفة تستثار في الأتراب الذكور والإناث من النوع الواحد حينما تتغير هذه النسبة. ويُقدِّم لنا هذا التحكم الدقيق في التخاطب عبر الكيرالية الجزيئية نظرة استبصار فيما يخصّ التأثرات الاجتماعية لدى الفيلة، وربما يكون نافعاً في تنفيذ بروتوكولات جديدة لحفظ الأنواع conservation.

يتمّ إطلاق الفرونتالين (1.5 ديمتيل– 6.8 ديوكسابيسكلو [3.2.1] أوكتان) أثناء فترة الهيجان القتالي لدى ذكور الفيلة الآسيوية (Elephas maximus) من الغدّة الصدغية في الوجه. وقد قمنا بتحليل أكثر من مئة عيّنة إفراز جرى أخذها من ستة ذكور، ووجدنا أن هذا الفيرومون اكتُشف لأول مرة لدى أواخر السنوات العشر من أعمارهم، وأن الكمية المفرزة تزايدت بمقدار 15 ضعفاً في المدى



إفراز فيرومون الفرونتالين لدى فيلة آسيوية في حالة هيجان قتالي. a، التراكيز الوسطية للفرونتالين من فيلة في ثلاث مجموعات عمرية (كان عدد الفيلة في كل مجموعة 37، 14، 41. على التوالي؛ وكانت الفروق ذات المغزى الإحصائي بين المجموعات $P < 0.05$). b، تغيُّر النسب الوسطية للمقابلات المرآوية للفرونتالين (+) و (-) بازدياد عمر الذكر (الأعداد في كل مجموعة عمرية هي 31، 48، 16 على التوالي والمغزى الإحصائي $P < 0.05$). c، تغيُّرات النسبة الوسطية للمقابل المرآوي (+) أثناء تقدُّم الهيجان القتالي عند الفيلة الذكور اليافعة (اللون الأزرق) والمسنّة (اللون الأحمر): المغزى الإحصائي $P<0.05$). d، استجابات عادية من قبل الأتراب المتجانسة تجاه تراكيز مختلفة من الفرونتالين (s.s.d ؛ (P= 0.001) (t-tset). YM، تعني ذكور يافعة: OM، الذكور المسنّة: FF، إناث جُريبيّة: LF، إناث أصفرية: PF، إناث حوامل؛ النجمات، تعني تجنب ذكر هائج: بدون نجمة، يعني الانجذاب إلى ذكر هائج. لم تُسبّب المفرزات الخالية من الفرونتالين استجابة لدى الفيلة المسنّة في حين سبّبت استجابة متدنية جداً عند الإناث؛ ونشير هنا إلى أنه لم يجر اختبار الإناث تجاه تراكيز منخفضة من الفرونتالين.

وضعية هيجان قتالي: تُفرز الفيلة الآسيوية الناضجة مادة كيميائية كيرالية بنسبة تكون جذابة للإناث بشكل خاص.

العمري البالغ 25 سنة وما فوق (الشكل 1a). وكان الشكلان المرآويان كلاهما (المشار إليهما بإشارة الزائد والناقص + و- ؛ في الشكل 1b الدخيل) حاضرين وتمّ تحديد كمياتهما.

لقد أفرزت الذكور الصغيرة السن، كميات من الفرونتالين (+) تفوق (-) بقدر ملموس، ولكن تراكيزها تغدو متساوية تقريباً (1:1، كمزيج راسيمي) كلما نضج الفيل عمراً (الشكل 1b) وقد أكّدت عيّنات متسلسلة تمّ جمعها طيلة وقائع الهيجان القتالي لذكرين يافعَين وذكرين بالغين، أن هذا التغير في النسبة مرتبط وبشكل ملحوظ بالفئات العمرية للفيلة.

تطول فترات الهيجان القتالي كلما زاد عمر الذكور. ويتغير تركيب المقابلين المرآويين للفرونتالين المُفرَز بشكل ملحوظ في فترات الهيجان القتالي الطويلة بالنسبة للذكور الأكبر سناً، ولكن تتساوى نسبة المقابلين (المُيامن والمُياسر)، فتصبح راسيمية racemic في أواسط فترة الهيجان القتالي – أي فترة التأشير الرئيسية prime signalling (الشكل 1c، يميناً). ونشير في هذا الصدد إلى أن التقلبات الكبيرة في نسب المقابلين المرآويين للفرونتالين عمّا هي عليه لدى الذكور الصغيرة (الشكل 1c، يساراً) تكون مشابهة للتغيُّرات في أندروجينات المصل التي تحدث أثناء تقدم الحالة النزوية لذكور الفيلة.

ولاختبار ما إذا كان تركيب التقابل المرآوي للفرونتالين يُؤثر في فعاليته كفيرومون متعدد الأغراض (من جذب وطرد وردع وتعزيز للهيمنة)، استقصينا التأثيرات على خمس فئات من الأتراب المتجانسة تتمثل في : إناث جُريبيَّة follicular، أو إناث الطور الأصفر luteal-phase أو إناث حوامل؛ أو ذكور يافعة أو ذكور مُسنّة.

وجرى تحديد التراكيز الإجمالية للفرونتالين وكذلك نسب المقابلات المرآوية للفرونتالين في عيّنات من مفرزات الغدة الصدغية لذكورٍ في أوسط الهيجان القتالي لتشكيلة من الأعمار؛ كما جرى لاحقاً تسجيل الاستجابات الأخرى للأتراب المتجانسة لهذه العيّنات (مثل الاشتمام sniffing والزجر checking اللذين يشيران إلى الانجذاب، ومثل الفرار والاستدارة اللذين يشيران إلى النفور).

أما الفيلة الأخرى فلم تكترث على العموم بالمفرزات التي لا تحتوي على فرونتالين، وذلك فضلاً عن الذكور الصغيرة (الشكل 1d، يساراً).

ونشير إلى أن المفرزات ذات التراكيز المنخفضة من الفرونتالين وبالدرجة الأولى المقابل المرآتي (+) قد أثارت اهتمام الذكور اليافعة وكانت متواضعة الإثارة بالنسبة للذكور الأكبر سناً (الشكل 1d، في الوسط). أما المفرزات الحاوية على تراكيز عالية من الفرونتالين بنسب راسيمية فقد صدّت الذكور من جميع الأعمار بشكل فعّال، وكذلك صدّت إناث الطور الأصفر والإناث الحوامل، في حين جذبت إناث الطور الجريبي follicular-phase (الشكل 1d، يميناً).

تشير نتائجنا إلى أن نسبة المقابلات المرآوية الفرونتالينية تُمكِّن الفيلة الأخرى من تمييز نضج كلٍّ من ذكور الفيلة أثناء الهيجان القتالي وذكور الفيلة التي هي في طور الهيجان القتالي. وبذلك تؤيد هذه النتائج معطيات سابقة بأن الفرونتالين الراسيمي الاصطناعي synthetic يمكن أن يُثير استجابات سلوكية مختلفة لدى الفيلة الأتراب المتجانسة، وذلك حسب جنسها، وعمرها ووضعها الإنجابي.

يزداد طول فترة الهيجان القتالي كلما نضجت الذكور، ويكون أنسب طول هو الذي يدعم طور هيجان قتالي وسطي طويل ويُطلق نسبة مثلى من المقابلات المرآوية الفرونتالينية، وبذلك يتحسَّن موقفها وتنعم بوصول أسهل إلى الإناث؛ ويكاد أن ينحصر التقاط انبعاثات الهيجان القتالي هذه بالإناث التي تكون في مرحلة الإباضة. ونشير في هذا الصدد إلى أن مزجاً كمِّياً مشابهاً من المقابلات المرآوية للفرونتالين ضروري أيضاً لإثارة استجابة بيولوجية تامة لدى الخنافس من الجنس (Dendroctonus). إن اكتشافنا لرسالة ذات حبكة نوعية التجسيم stereospecifically لدى الثدييات ينبغي أن يساعد في تمييز تأثرات الفيرومونات مع البروتينات المستقبلة الخاصة بتلك الفيرومونات، والتي يجب أن تكون هي أيضاً كيرالية (بمعنى عديمة التناظر المرآتي).

نشر هذا البحث في مجلة Nature 29 December 2005

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

من أجل سلامة صحتك

يقول برايانت:

"إنك لن تريد مكروبات من الفضلات في مياه شُربك. أليس كذلك؟ فكر مرةً أخرى".

لقد كان من المفترض أن تقضي مياه الشرب الفائقة النظافة على كثير من الأمراض، ولكن الاحتمال وارد بأن تجعل منا مرضى.

لقد حلَّ دفء الربيع متأخراً في وسكونسون Wisconsin في العام 1993. ومن ثم بحلول نهاية شهر آذار/ مارس، حينما كانت مستويات الماء في بحيرة ميتشيغن آخذة بالارتفاع، تعطّلت محطة معالجة مياه الشرب في ميلووكي Milwaukee، وخلّفت تبعات مأساوية. لقد سقط أكثر من 400,000 شخص ضحية داء خفيات الأبواغ cryptosporidiosis، وهي هجمة إسهال موهنة يمكن أن تدوم عدة أيام ويسببها حيوان أوّلي protozoan دقيق وبغيض يدعى خفية الأبواغ cryptosporidium. وبلغت الحصيلة النهائية للوفيات 54 حالة.

لقد كان حدث ميلووكي الطارئ صاعقاً على الأخص بالنسبة لبلد غني كهذا، ولكنه ليس حدثاً منعزلاً على الإطلاق. ففي العقود الأخيرة، تمَّ تسجيل عدة جائحات (outbreaks) لداء خفيات الأبواغ في أماكن أخرى من الولايات المتحدة وكندا وأستراليا وأوربا. وفي واقع الأمر، فهذا المرض يعد بشكل واسع مرضاً طارئاً في كثير من بقاع العالم المتقدم. وهو في ذلك ليس الأوحد. إذ توجد كائنات ممرضة pathogens أخرى محمولة بالماء (مثل الجيارديا Giardia والسلالات الوبيلة من E.coli) تبدو آخذة بالتعاظم. فمنذ قرنٍ مضى، كانت الأمراض التي تسببها مثل هذه المكروبات فتاكة رئيسية على امتداد العالم، وما تزال مياه الشرب الملوَّثة تقتل مليوني شخص سنوياً في البلدان النامية. أما في العالم الصناعي، حيث يعتبر الإنتاج بالجملة للماء النقي واحداً من الإنجازات الهندسية العظيمة في القرن العشرين، فقد ظننّا أن هذه الأمراض قد امّحت ويبدو أننا كنا مخطئين.

ولا تعد هذه القضية قضية صحة عامة فحسب، بل هي قضيةٌ ماليةٌ أيضاً. فقد رفعت جائحة ميلووكي فاتورة التكاليف الطبية بمقدار 32 مليون دولار وبمقدار 65 مليون دولار إضافية في خسائر الإنتاجية، وذلك وفقاً لمراكز مراقبة ودرء الأوبئة في الولايات المتحدة. لقد قدرت التكاليف السنوية لأمراض طفيليات الماء في أنحاء الولايات المتحدة بـ 22 بليون دولار. لا عجب إذاً أن تحرص سلطات الصحة

العامة على امتداد العالم المتقدِّم على منع تلك الأمراض. والسبيل إلى ذلك، حسبما يرونه، يتمثّل في إدخال مقاييس لنقاء الماء متزايدة الصرامة. وتمارس إدارة الحماية البيئية الأميركية (EPA)، على سبيل المثال، سياسةَ "انعدام الجرثومة zero-germ" ضد عامل خفية الأبواغ من خلال إجبار شركات المياه على استثمار ما يناهز 60 مليون دولار في منشآت التصفية (الفلترة) المكروية microfiltration والتي تستطيع الحيلولة دون وصول هذا العامل الممرض إلى صنابير السكان. ولكن هل يمكن أن يكونوا عن غير قصد يجعلون الأمور أسوأ حالاً؟

بالنسبة للعديد من الناس، يتمثل المنطق السديد في استطاعتك التزام المزيد من النظافة – بمعنى أننا إذا لم نعط الفرصة أبداً لأنظمتنا المناعية أن تتعامل حتى مع عدوى الأمراض الطفيفة، فإننا لن نحصل على أي دفاع ضد العلّة الحقيقية حين تقع. وتقتنع مجموعة قليلةٌ من العلماء في الوقت الحالي بأن السعي وراء ماء شرب فائق النقاء قد يكون وصفةً للهلاك، وهم يجمعون المزيد من الأدلة لتدعيم حجتهم. ويتمثل الجزء الأصعب في إقناع السلطات باتخاذ مبادرة.

ويعدُّ فلويد فروست أحد المناصرين الصريحين لهذا الرأي، وهو عالم أمراض في معهد لفلاس للأبحاث التنفسية في البوكويرك Albuquerque في نيو مكسيكو. إنه يرفض الفكرة القائلة بأن أمراض الكائنات المحمولة في الماء (مثل داء خفيات الأبواغ cryptosporidium) هي أمراض طارئة حديثاً، وعوضاً عن ذلك، فإنه يجادل بأن ما تغير هو حدة العدوى، وأن ذلك قد يكون أثراً جانبياً شاذّاً لمساعي تنظيف مياهنا. ويوضح فروست:"إن التنقية المكروية Microfiltration قد تنقل الناس إلى داخل فقاعة خالية من العوامل المرضية"، ويتابع قائلاً "وبدون المناعة الواقية من مياه الشرب الملوثة بشكل طفيف، سيكون المرض الناجم عن التلوث الدوري أو عن مصادر أمراض أخرى كخضار السلطة الملوثة، أكبر حدَّة بكثير". ويشير إلى أنه قبل حدوث جائحة ميلووكي، كانت شركة مياه المدينة وغيرها في أنحاء الولايات المتحدة قد بذلت جهوداً جبارةً لتقليل العامل المسبِّب لداء خفية الأبواغ (كربتوسبوريديوم) في مياه الشرب. ويتنبأ فروست بأن "مشكلةَ جائحات هذا الداء لن تشتدّ إلاّ مع ارتقاء عمليات المعالجة المثلى لتحسين جودة مياه الشرب...).

ولم يكن فروست العالم الأول الذي طرح هذه الفكرة. فقد ناقش آخرون هذه المسألة ولا سيما باحثان بريطانيان هما بول هنتر P. Hunter وهو من جامعة إيست أنجليا East Anglia و ديفيد كيسمور D. Casemore من جامعة ويلز University of Wales، آبيرستويث Aberstwyth. يعتقد هنتر بأن تاريخ الطب حافلٌ بأمثلة لأمراض مثل شلل الأطفال Polio تغدو أشد وطأة حين تتضاءَل المناعة الوقائية. فهو يقول: "عندما كان مرض شلل الأطفال منتشراً بكثرة، لم نكن نرى حالات الشلل paralysis بشكل كبير. أما عندما تحسنت العادات الصحية، بدأنا نرى جائحات من شلل الأطفال". وقد وجد أيضاً أن تناول الخضار النيئة وأصناف السلطة يبدو أنها تقي من السلالات الحيوانية لخفية الأبواغ كريبتوسبروسيديوم، ولكنها لا تقي من السلالات البشرية. وهذا يدعم فكرة المناعة الوقائية وكذلك يوحي بأن خضار السلطة مشوبة بشكل روتيني ببراز من المواشي.

ما لا يقتلك

وعلى نحو مماثل يشير فروست إلى أنه حيث تُستجرُّ المياه من المصادر السطحية (كالأنهار أو البحيرات) التي تكون معرضةً لتلوث منخفض المستوى بالكريبتوسبوريديوم ناجم عن براز المواشي عن طريق الماء الجاري السطحي، فإنّ احتمال تعرُّض الناس لداء خفيات الأبواغ بشكل جائحة (في حال أصبح إمداد المياه مشوباً بشكل جدي) يكون أقل من احتمال تعرُّضهم له في الأماكن التي يتم فيها شرب المياه الجوفية، والتي تميل لعدم احتوائها ذلك العامل المسبب للمرض). فحينما قارن فروست وزملاؤه الاستجابات المناعية تجاه بعض مستضدّات الكريبتوسبوريديوم الملقبة بـ "المجموعات المستضدّية 15/17" في المجتمعات التي تشرب المياه الجوفية مع مثيلاتها في مجتمعات ذات منظومات مياه سطحية، فقد وجدوا أن 19% فقط من شاربي المياه الجوفية امتلكوا استجابةً مناعيةً قويةً، في حين أن 65% من شاربي المياه السطحية امتلكوا هكذا استجابة. وبكلمات أخرى، يقول فروست، بأنه نظراً لكون المذكورين أخيراً هم الأكثر احتمالاً لأن يكونوا قد صادفوا العامل المُمْرض بمستويات منخفضة، فإن أجهزتهم المناعية قد أعدت للتصدي لنزال أكثر جديةً.

وللتأكيد على أنه يمكن لاستجابة مناعية قوية بالفعل أن تقي ضد الأمراض الإسهالية، فقد انضمّ فروست في أوائل هذا العام إلى ريبيكا كالديرون R. Calderon (وهي عالمة أحياء دقيقة تعمل مع الـ EPA) وجنثر كرون G. Craun من نقابات Gunther Craun في ستاونتون Staunton بولاية فيرجينيا، وباحثين في جامعة نيومكسيكو في البوكويرك Albuquerque، لإجراء دراسة عن استجابات 326 فرداً من ثلاثة مجتمعات بالولايات المتحدة تجاه مستضدات antigens في عيِّناتهم الدموية، وقد اكتشفوا، مثلما تنبؤوا، أن الاستجابات القوية للمستضدات تلازمت مع خطر أقل من داء خفيات الأبواغ cryptosporidiosis. ويقول هنتر في هذا الصدد: "أعتقد بأن هؤلاء قد توصلوا إلى معلومات تجريبية واضحة تدل على أن هذه القضايا ليست مجرد أمور نظرية".

ولكن ليس الجميع مقتنعين بأننا يجب أن نقلق بشأن المناعة الوقائية حينما نضع معايير نقاء المياه. إذ إن أحد المشككين، وهو جو إيشينبرغ J. Eisenberg ، وهو عالم أوبئة في جامعة كاليفورنيا، بيريكلي Berkeley يقول: "صحيح أنها دراسةٌ مثيرةٌ للتفكير، ولكنها بعيدةٌ عن كونها قاطعة". فما خفية الأبواغ هذه إلاّ واحدة من العديد من كائنات ممرضة محمولة بالماء ينبغي أن تقلقنا. وهل يمكن تعميم نتائج فروست على العدد الضخم من الفيروسات والحيوانات الأوالي

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

مشكلة تحت الطلب

ليست المناعة الناقصة هي الثمن الوحيد الذي يمكن أن ندفعه ثمناً للمياه النظيفة. ففي حالات كثيرة، يتم درء الخطر الآني للخمج infection بأخطار أخرى، غالباً ما تكون بعيدة المدى.

إن المشكلة ليست في خط الدفاع الأول ضد البكتيريا والفيروسات المتمثل في الترشيح الرملي sand filtering. ففي هذه العملية، تضاف أملاح الألمنيوم إلى الماء لجعل الجسيمات الكبيرة التي تتعلق بها البكتيريا تتجمع بعضها مع بعض. يجري احتجاز هذه التكتلات عن طريق ضخ الماء عبر طبقات من الرمل الناعم. كما أن المشكلة ليست كذلك في الخطوة الأخيرة، حيث إن "الزبائن" الخشنة مثل الكريبتوسبوريديوم يتم إزالتها بواسطة التنقية المكروية microfiltration.

بل تأتي الخطورة مع إضافة المطهرات الكيميائية (مثل ثاني أكسيد الكلور، وهيبو كلوريت الصوديوم والكلورامين) التي تخلف نواتج تطهير ثانوية في الماء.

صحيح أنه تم التعرف على أكثر من 500 ناتج تطهير ثانوي. ولكن دراسة تأثيراتها مخادعة لأن الكمية والنوعية تختلفان باختلاف الكيماويات المستخدمة وكذلك تبعاً لكيميائية الماء من مصدره. ومع ذلك، فقد اكتشفت مجموعة دراسات وبائية وجود علاقات بين الاستهلاك الطويل الأمد لمياه محتوية على نسب مرتفعة من نواتج التطهير الثانوية وبين احتمالية الإصابة بأشكال شرسة من السرطان، كسرطان المثانة، على سبيل المثال. وكذلك جرى الربط بين نواتج التطهير الثانوية وبين الإجهاض التلقائي والعيوب الولادية.

يبدو ذلك أمراً مخيفاً. ولكن ريبيكا كالديرون R. Calderon من EPA تناقش الأمر بهدف وضعه في نصابه الصحيح. فهي تقول: "إن القلق حول نواتج التطهير الثانوية لا يعدو كونه ترفاً. فنحن في الولايات المتحدة ذوو خصوصية رفاهية. لقد عملنا كل الأشياء الصحيحة. وبسبب احتراسنا هذا لا تعدو الأمراض المحمولة بالماء أن تكون مشاكل ثانوية نسبياً. فلا يموت من الناس إلا بضعة آلاف فقط بسبب أمراض الإسهال في كل عام".

ويذكر آخرون أنه قد يكون ضرباً من الجنون تخفيف معايير التطهير فيما يخص الفيروسات والبكتيريا المحمولة بالمياه وبالذات تلك التي نعلم أنها قد تسببت في موت الناس - نتيجة لخطورة نظرية الإصابة بالسرطان. وبما أنه لا يوجد إلا القليل من البدائل الممكنة للتطهير الكيميائي، فإن الخيار الواقعي الوحيد يبدو في الحد من كمية الكيماويات المستخدمة بقدر المستطاع.

الأخرى في مياهنا؟" يرد فروست بالمقابل بأنه إنما يقترح فقط إعادة النظر في استخدام التصفية المجهرية microfiltration التي تزيل تماماً التعرض إلى بعض الحيوانات الأوالي مثل خفية الأبواغ. أما فيما يخص العوامل المرضة الفيروسية والبكتيرية الأكثر خطورةً، فإن الهدف يجب أن يبقى متمثلاً في الإفناء الكامل لها من مخزون الإمداد المائي.

ومع ذلك، لم يقنع أيزنبرغ، فهو يقول: "لا توجد قطعاً أي طريقة تستطيع بها أن تجمع أدلة كافية لتبرير تغيير السياسة". وعلى شاكلة آخرين عديدين، فهو قلق كذلك بشأن ما سيفعله الناس من ذوي أجهزة المناعة الضعيفة، ومن ضمنهم كبار السن والمصابون بمرض الإيدز إذا تسهّلت معايير النقاوة. وبالفعل، فإن من المعلوم أن من بين الخمسة والأربعين شخصاً الذين ماتوا بداء خفيات الأبواغ أثناء جائحة ميلووكي كان ثمانية فقط غير مصابين بالإيدز. ويبدو أن EPA تتبنى خطّ إيزنبرغ. ففي العام الماضي حينما قامت بمراجعة الأدلة المتعلقة بالمناعة الوقائية، لم توجّه الدعوة إلى فروست لتقديم بحثه، مع أن هذه الوكالة هي من قامت بتمويل ذلك البحث، بل قامت بدعوة هنتر للحديث حول هذه النظرية. ولكن في نهاية المطاف، قررت EPA أن أفضل طريقة لحماية السكان المعرضين للمرض بداء خفية الأبواغ تتمثل في التحمل الصفري zero tolerance.

لا يتفق معهم فروست في الرأي، فهو يعتقد أنه حتى السكان الحساسين لهذا الداء قد يستفيدون من المناعة الوقائية. وهو يقول: "بالنسبة لكبار السن، يخطئ الخبراء تماماً. فخطورة الإصابة بهذا الداء تميل إلى الانخفاض مع تقدم العمر". وهو يشير بذلك إلى بحث قام به منذ عقد مضى جاك كولفورد وزملاؤه في جامعة كاليفورنيا، بيركلي. ومع أن بحوثاً أخرى تبيّن أن كبار السن من الناس يحتمل أنهم أكثر استسلاماً لداء خفية الأبواغ، فقد وجدت هذه الدراسة أن ذلك الداء كان أقل شيوعاً بين مرضى الإيدز المسنين. بل قد يكون هذا التفكير باعثاً للأمل. وحسبما ينوه كولفورد فإن هذه الدراسة تناولت أفراداً تراوحت أعمارهم من 30 إلى 42 فقط.

وبدون تحفّظ، كان فروست يتطلع إلى أدلة تخصّه بأن المجموعات الأكثر تأثراً من الناحية الصحية قد يستفيدون من التعرض الطفيف لعامل داء خفية الأبواغ. وبالعمل مع كريستسن

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

إذا تلوث مورد مائي ما، فإن الناس الذين اعتادوا شرب المياه الجوفية النظيفة يحتمل أن يصابوا بالمرض أكثر من أولئك الذين يشربون المياه السطحية.

تكلّف النفقات الطبية ونقص الإنتاجية بما تجلبانه من الأمراض المحمولة في الماء عبر الولايات المتحدة مصروفات سنوية تصل إلى 22 ملياراً من الدولارات الأمريكية.

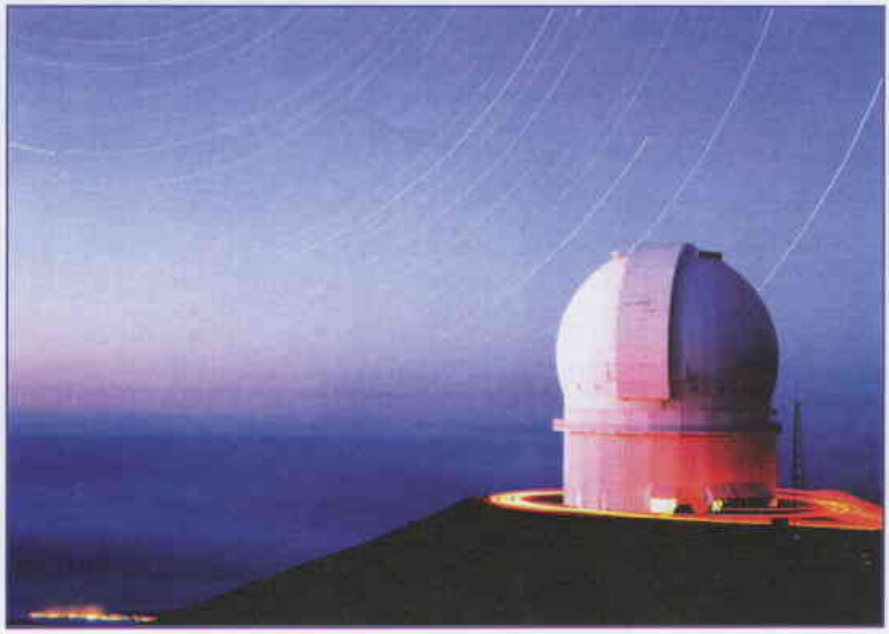
توليسترب K. Tollestrup من جامعة نيومكسيكوز وكذلك مع آخرين، أجرى تحليلاً لمعطيات من دراسة سابقة منفصلة على 294 ذكراً حاملاً لفيروس نقص المناعة المكتسبة HIV وذلك في ملبورن بأستراليا. في شهر آب/ أغسطس من العام 2005 ذكر هذا الفريق أن الأشخاص ذوي الاستجابة القوية لأحد مستضدات خفيات الأبواغ يدعى 27 (ولكن ليس 15/17 الأوسع انتشاراً بين السكان) كانوا أقل تعرضاً لخطورة الإصابة بوقائع الإسهال غير المصحوبة بنقص الوزن من نظرائهم المرضى الذين كانت استجاباتهم المستضدية ضعيفةً أو غير موجودة. وعلى كل حال، فالنتائج كانت غير قاطعة. إذ إن الاستجابة المستضدية لم تكن وقائية ضد أمراض الإسهال المصحوبة بفقدان الوزن، على سبيل المثال.

ويعي فروست جيداً أن الأمر يحتاج إلى المزيد من البحث. ولكنه يعتقد بأن إعادة التفكير بجديةٍ في سياسات (الصفر الجرثومي Zero Germ) يجب أن تحدث الآن، وليس لاحقاً. فالتغير المناخي العالمي قد يجلب بالفعل اجتياحات أكثر تكراراً للأمراض المحمولة بالماء طالما أن الأمطار المتزايدة في الأقاليم الشمالية تتخطّى منظومات صرف ومجارير العواصف. لقد ذكر باحثون من مركز الوقاية وكبح الأمراض المعدية للحكومة الكندية في أونتاريو في العام المنصرم أنّ أكثر من نصف مثل هذه الجائحات في الولايات المتحدة خلال الخمسين سنةً الماضية قد تلت هطل أمطار بالغة الشدة، وحذّروا من أن الاحترار العالمي يمكن أن يجلب معه موجةً من جائحات الأمراض في كندا.

يقول فروست: "نحن بحاجة لأن نبدأ الحديث حول ذلك. صحيح أنني في غاية الإحباط من الاستجابات السيئة التي تلقيتها من إل EAP، و لكنني سوف أتابع نشر اكتشافاتي. فمفتاح الوصول إلى تحكم ناجح بالمرض لا يكمن في الإدانات الجامدة بل في المعطيات الصلبة".

نُشر هذا الخبر في مجلة *Newscientist, 3 December 2005*

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



جميع العيون تتجه نحو الطاقة الخفية، بما في ذلك المرصد مونا كيا

هل كان أينشتاين محقاً دائماً؟

يتم الآن توجيه أضخم التلسكوبات في العالم نحو المستعرات الفائقة البعيدة من أجل التوصل إلى الطاقة الخفية التي هي الشيء الغامض والتي يُظن أنها تباعد بين أجزاء الكون. وحتى الآن، ترى النتائج أن الطاقة الخفية تشبه "الثابت الكوني" الذي اقترحه أينشتاين حتى قبل أن يعرف أحد أن الكون كان يتوسع.

في البداية، اكتشف علماء الفلك الطاقة الخفية في التسعينيات عند دراسة المستعرات الفائقة من نوع 1a، وهي النجوم المتفجرة التي تعمل كمؤشرات تفيد عن الزمن والمسافة في الكون. ومن المعروف أن هذه المستعرات الفائقة تشع دائماً بنفس ذروة السطوع تقريباً. وبعملية قياس سطوع أحدها من الأرض يمكن تحديد مدى بعده وكم انقضى من الوقت منذ انفجار هذا النجم.

ولأن ضوء المستعر الفائق قد مرَّ عبر الكون المتوسع، فإن طول موجته قد امتد وانزاح نحو النهاية الحمراء من الطيف – فكلما كان الانزياح نحو الأحمر أضخم، كان التوسع أكبر منذ انفجار المستعر الفائق. وبوضع أعمار المستعرات الفائقة المختلفة مع انزياحها نحو الأحمر يمكن معرفة مقدار تغير معدل توسع الكون عبر الزمن.

ومن عمليات رصد عشرات المستعرات الفائقة من النوع 1a استنتج علماء الفلك عام 1998 أن توسع الكون يتسارع وأطلقوا على السبب غير المعروف اسم الطاقة الخفية. أما ماهية هذه الطاقة وكيف تعمل فهو لغز كامل، لكن توجد بعض النظريات المتنافسة حول ذلك.

"تُظهر الاكتشافات أن نسبة توسع الكون تتغير مع مرور الزمن كما لو كان هناك ثابت كوني"

ومن أجل التقريب بين هذه النظريات يأمل فريق مسح تاريخ المستعرات الفائقة Supernova Legacy Survey (SNLS) بدراسة مئات المستعرات الفائقة من النوع 1a واستخدامها لتحديد تاريخ توسع الكون بشكل دقيق قدر الإمكان. ويستخدم الفريق الدولي تلسكوب كندا–فرنسا–هاواي CFHT البالغ قطره 3.6 متر على قمة جبل مونا كيا في هاواي والذي يبلغ ارتفاعه 4200 متر من أجل مراقبة مساحات ضخمة في السماء في الوقت نفسه. وكما يقول إيزوبل هوك I. Hook، أحد أعضاء الفريق الذي يعمل في جامعة أكسفورد، فقد راقب هذا المسح 200 مستعر فائق تقريباً.

وفور التقاط مستعر فائق من قبل التلسكوب CFHT وقياس سطوعه يبدأ تلسكوب أضخم بالعمل لتسجيل الانزياح نحو الأحمر للمستعر الفائق الباهت. ويستخدم هذا المشروع معظم أضخم التلسكوبات في العالم – التجهيزات الأربعة من طراز 8.2 متر التابعة للتلسكوب الكبير جداً Very Larg Telescope الموجود في تشيلي وتلسكوبين جميني Gemini من طراز 8.1 متر الموجودين في هاواي وتشيلي وتلسكوبي Keck من طراز 10 متر في هاواي.

وبناءً على تحليل 70 مستعراً فائقاً، يتوافق الاستنتاج الأولي للفريق مع النظرية الأكثر تحفظاً للطاقة الخفية التي تفيد بأن للفضاء ذاته طاقة متأصلة فيه. وقد أظهر أينشتاين أنه إذا كانت لفراغ الفضاء طاقة ثابتة (التي سماها الثابت الكوني) فلا بد لهذه الطاقة من أن تنتج قوة تعاكس الثقالة. وتُظهر آخر اكتشافات الفريق SNLS أن نسبة توسع الكون تتغير مع الوقت بالطريقة نفسها التي يمكن توقعها فيما لو كان هناك ثابت كوني. وبشكل أدق، تُظهر الأرصاد أن

قوة التنافر للطاقة الخفية لم تتغير بأكثر من 20% منذ 8 بلايين سنة مضت عندما كان الكون بنصف حجمه الحالي.

يبدو أن هذا الاكتشاف سيلغي بعض النظريات البديلة. فعلى سبيل المثال، هناك فكرة تفيد بأن التنافر يأتي من كسور في بنية الزمكان space-time الذي تشكل أثناء تبرُّد الكون بعد الانفجار العظيم. وهناك فكرة أخرى تنشأ من أحد أشكال الثقالة الفائقة، التي هي بمثابة محاولة لوصف الثقالة كقوة كمومية محمولة بواسطة جسيمات تُعرف بالغرافيتونات والغرافيتينوهات. ووفقاً لكلتا هاتين النظريتين، فإن كثافة الطاقة الخفية لابد أن تكون قد تلاشت مع الوقت بشكل أسرع مما تقترحه الأرصاد الجديدة.

لكن ليس الجميع مقتنعين بأن اكتشافات الفريق SNLS تحدد طبيعة الطاقة الخفية بشكل أفضل من المشاريع الأخرى المنجزة حتى الآن. ويقول عالم الفلك آدم رايس A. Riess، الذي يعمل في معهد علم تلسكوب الفضاء في بالتيمور بماريلاند: "تقدمهم في الاكتشاف أسرع من تقدم أي أحد آخر، لكن يمكنني الإشارة إلى نصف دزينة من الأوراق العلمية التي تتضمن التحديد نفسه".

على أية حال، فإن الدراسات التي يشير إليها اعتمدت على جمع مجموعات مختلفة من المعطيات. أما معطيات الفريق SNLS فهي موحدة. وكما يقول سول بيرلمتر S. Perlmutter، أحد أعضاء الفريق SNLS وهو يعمل في مخبر لورنس بيركلي في كاليفورنيا، فإن هذا: "يعطينا ثقة أكبر بالنتائج".

Newscientist 3 December 2005 نشر هذا الخبر في مجلة

تذكر ذلك الفوتون

إن خزن فوتونات مفردة في ذواكر ذرية، ثم إطلاقها في وقت لاحق، خطوة مطلوبة على طريق الوصول إلى مكررات كمومية quantum repeaters وشبكات تعمية كمومية تعمل على مسافات بعيدة. يمكننا القول بأن هذه الخطوة قد اتخذت الآن.

يمكن تكويد (ترميز) الوحدة الأساسية للمعلومة الكمومية، التي هي البتّة الكمومية أو qubit، بمقادير فيزيائية متنوعة، كحالات استقطاب الفوتونات، أو الحالات السبينية للنّوى الذرية. ولجعل البتات الكمومية مفيدة عملياً، ينبغي تجنب أو تصحيح قرنها العشوائي مع العالم الخارجي مهما يكن الثمن – وهو مفعول يعرف باسم زوال الترابط decoherence. إن هذا يجعل الفوتونات (كمّات الضوء) بشكل خاص ملائمة لإرسال البتات الكمومية qubit transmission، لأنها تستطيع أن تنتقل (أي الفوتونات) مسافات طويلة جداً ولا تعاني إلا القليل جداً من زوال الترابط. فبالنسبة لخزن البتات الكمومية، تصبح المكوِّدات (المرمِّزات) encoders كالذرات مثلاً مفيدة جداً، حيث يمكن إبقاؤها في "المصائد" فترات طويلة، من دون حدوث آثار زوال الترابط الضارة من الخارج مرة أخرى.

وفي التجارب المتعلقة بهذا المجال تفصيلات جاءت في ورقتين [1, 2] تمكن ناشراهما (تشانيليه Chaneli'ere وآخرون في الأولى، وآيزامان Eisaman وآخرون في الثانية) من الجمع بين مظهرين حاسمين للنقل والتخزين؛ حيث يولدون فوتوناً واحداً حسب الطلب، فيُمْسِكون به ويخزنونه في ذاكرة ذرية بعيدة، ثم يطلقونه في وقت لاحق. إن التحسُّن عالي المغزى من حيث الإمكانية بالنسبة لحقل علم التعمية الكمومية، ويعرف أيضاً باسم توزع المفاتيح الكمومية (QKD) quantum key distribution. هذه التقانة الصاعدة تعد بإرسال أمن بصورة مطلقة لمرمِّزات المفاتيح التي تعدّ أساسية لفك التعمية من أي رسالة معمّاة (المؤطر 1).

إن التحسينات السابقة في توزع المفاتيح الكمومية مدينة بالكثير إلى كون الفوتونات التي تستعمل لترميز المفاتيح هي حوامل بتات كمومية جيدة جداً: وبمعزل عن احتفاظها بحالة كمومية متينة خلال الإرسال، فإنه من الممكن كشفها بكفاءة وبسويات ضجيج منخفضة. لكن الإشارات الضوئية لا تستطيع الانتشار مسافات لانهائية في الألياف الضوئية، سواء من وجهة النظر التقليدية أو من وجهة نظر الميكانيك الكمومي. فهي في الحقيقة تتضاءل أسياً مع المسافة: يبلغ عامل تضاؤلها 2 على مدى 15 كيلومتراً، ويصل هذا العامل إلى مئة على مدى 100 كيلومتر. تُحل هذه المشكلة

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

في الاتصالات الضوئية التقليدية باستخدام نبائط بسيطة ومتوفرة بسهولة تعرف باسم مكررات repeaters، تستطيع أن تضخم وتعيد تشكيل الإشارة المرسلة. لكن لا يستفاد من المكررة التقليدية الجيدة في النظام الكمومي: فهي كثيرة الضجيج، وتخلق أخطاء عديدة حيث إن أي مفتاح كمومي يجري إرساله لن يكتب له البقاء. لوضع المسألة في إطار يعتمد أكثر على عبارات ميكانيك الكم، نقول إن المكرر التقليدي يخرق التشابك الكمومي. ترافق هذه الظاهرة المرهفة مع تعالقات غير تقليدية قوية بين حالتي بتّتين كموميتين متباعدتين جداً، وهي عنصر حاسم في كل مخططات الاتصالات الكمومية: وفي الواقع، هي تسمح لأي بتة كمومية مفيدة أن "تُنْقَل من بعد" مباشرة إلى مصيرها، مع تجنب ضياعات الإرسال [3].

وهكذا ينبغي على الاتصال الكمومي أن يعيد توظيف مفهوم المكررة، باستخدام البرمجيات الكمومية التي تحمي الترابط. هذا معقول من حيث المبدأ [4]: فالمكررة الكمومية ليست أكثر من معالج كمومي صغير. إن العدد الدقيق للبتّات الكمومية التي سيتم اختزانها ومعالجتها في هذه المكررة لتأمين اتصال كمومي عالي الدقة على مدى آلاف الكيلومترات هو مسألة مفتوحة. لكنه من المستحسن أن يكون عدد البتات الكمومية في مجال العشرات أو المئات–أي أقل كثيراً من العدد اللازم من أجل حاسوب كمومي مكتمل. إن الاقتراح الذي طرح في عام 2001 بشأن ما يسمى بروتوكول المعلومات الكمومية DLCZ [5]، الذي تقوم فيه مجموعة مؤلفة من ذرات عديدة باختزان بتة كمومية واحدة فقط، كان خطوة هامة نحو مكررة كمومية فعالة. يَستخدم هذا البروتوكول عملية تدعى تبعثر رامان التلقائي، وفيه يتبعثر فوتون وارد تبعثراً لامرناً (أي مع تغير في تواتره) بين حالتين كموميتين أساسيتين.

يستغل تشانيليه وآخرون [1] وآيزامان وآخرون [2] البروتوكول DLCZ لإنشاء منبع فوتون وحيد قابل للتحكم به من أجل القيام بأعمال تجريبية أخرى. بعد البدء بتحضير كل الذرات من مجموعة في حالة أساسية واحدة، تستخدم نبضة ليزر ضعيفة (تحتوي مع ذلك على العديد من الفوتونات) لتحريض انتقال رامان لذرة واحدة فقط من ضمن المجموعة. ونتيجة لذلك، يتبعثر فوتون رامان واحد تلقائياً، ويعلن كشفه عن خلق إثارة جماعية غير متموضعة لكل ذرة من المجموعة. يمكن خزن هذه الإثارة إلى أن تحافظ كل المستويات الذرية في العينة على علاقة طورية ثابتة (وهي فترة زمنية تسمى زمن ترابط المجموعة). يمكن أن تحوَّل هذه الإثارة ثانية إلى حقل ضوئي لفوتون وحيد يمكن التحكم في جهته وشدته وتواتره باستخدام نبضة ضخ أخرى (انظر المرجع 6 الذي فيه عمل تجريبي حديث في هذا المجال).

وبمجرد أن يكون قد تولد فوتون واحد، فالمرحلة الثانية هي الإمساك به، ومن ثم إطلاقه ثانية، في مجموعة ذرات نائية ثانية. والحيلة هنا أن نستعمل مجموعة ذرات ثانية تكون عاتمة بالنسبة للفوتون– أي أنها ماصة للفوتون وليست منفذة له– ولا يمكن جعلها شفافة إلا باستعمال حزمة ليزر إضافية. تنشأ هذه الشفافية من خلال ظاهرة تداخل دقيقة ومدروسة بالتفصيل، فهي شفافية محرضة كهرمغنطيسياً (EIT) electromagnetically induced transparency. إذا أطفئت حزمة ليزر EIT (الشفافية المحرضة كهرمغنطيسياً)، أصبح الوسط عاتماً مرة أخرى، ويؤسر أي فوتون في

المؤطر 1 - كودات المفاتيح: التعمية التقليدية مقابل الكمومية

إن الهدف من توزع المفاتيح الكمومية هو المشاركة بمفتاح سرّي بين المستخدمين الشرعيين تسمح لهم، ولهم فقط، بفك كودات الرسائل. بعض أنواع المفاتيح التي تتيح فك تعمية الرسالة ضرورية لكل أنواع الترميز. يمكن للخطط التقليدية المعروفة المستخدمة في التجارة الإلكترونية أن تضع مفتاحاً اعتماداً على مسائل صعبة حسابياً مثل تفريق عدد كبير جداً إلى عاملين هما عددان أوليان وهي قابلة في الحقيقة للكسر إذا توفر صبر غير محدود وقدرة حسابية غير محدودة.

ومنظومة التعمية التقليدية الوحيدة الآمنة تماماً هي "one-time pad" التي تستخدم مفتاحاً طوله بقدر طول الرسالة نفسها والذي يمكن استخدامه مرة واحدة فقط. وهذا الحل يقود إلى ما يعرف بمسألة توزع المفاتيح: بما أن المفتاح يجب أن يرسل من المرسل إلى المرسل إليه فهو نفسه معرّض لأن يختلسه مسترق السمع. ففي العالم التقليدي يمكن لأحد ما أن يتنصت لمثل هذه الإشارة بصورة سلبية دون أن يغير البتات المؤلفة لهذه الإشارة، ولذلك لا يعرف المرسل أو المرسل إليه أن أحداً ما اعترض اتصالهما.

لكن الأمر مختلف في عالم الاتصالات الكمومية. إذ ليس للبتات الكمومية قيم محدودة مثل قيمتي 0 و 1 للبتات التقليدية، بل هي تمثل ما يسمى بالانضمام المترابط للحالات الفيزيائية مثل حالات استقطاب الفوتون. ومن الصفات الأساسية لميكانيك الكم هو أن مجرد عملية رصد مثل هذا الانضمام يسبب "انهياره" إلى حالة محدودة. وهذا يعني أن أية محاولة يقوم بها مسترق السمع لاعتراض مفتاح مصنوع من البتات الكمومية يمكن كشفه بسهولة من قبل المرسل والمرسل إليه أو بفضل معرفة هذا. وطالما أن الأخطاء التي يُحدثها مسترق السمع (أو أي اضطراب آخر) ليست كبيرة جداً، ينبغي أن يكون بالإمكان بناء مفتاح خال من الأخطاء وآمن بصورة كاملة.

داخله، فينقلب إلى إثارة ذرية أخرى (تعرف باسم بولاريتون الحالة المظلمة dark-state polariton). يمكن إعادة توليد الفوتون في أي وقت ضمن زمن ترابط المجموعة، وذلك بإشعال حزمة ليزر EIT ثانية.

يتضح من خلال هذه السلسلة من الأحداث أن من الضروري التحقق من أن الفوتون يحافظ على خصائصه الجسيمية الكمومية. ومن الطرق لعمل ذلك أن نضع شاطر حزمة في طريق الفوتون، ونتحقق من أن عَدَّات الفوتونات على المسارين بعد شاطر الحزمة متتامة. تشير العدات المتعالقة بأن الحزمة الواردة تنشطر إلى اثنتين، وهي إشارة واضحة إلى سلوك تقليدي موجي. يمكن أن تتميز درجة انشطار الفوتونات بصورة تقليدية [7] بوسيط α، فمن أجل فوتون واحد مثالي (أي يبدي سلوكاً كمومياً خالصاً) يكون α =0، ومن أجل منبع تقليدي يكون α > 1. وعليه فإن قيمة α الواقعة بين 0 و1 تقابل حزمة ضوئية تبدي مزيجاً من سلوكين كمومي وتقليدي، وبعبارة أخرى تقابل فوتوناً وحيداً غير تام. حصل تشانيليه وزملاؤه [1] على قيمة α تساوي 0.36 بعد زمن تخزين بلغ 500 نانوثانية، بينما وجد أيزامان [2] قيمة تساوي 0.51 تحت شروط EIT ولكن بدون تخزين (لقد شاهدوا أيضاً تخزيناً، ولكن بدون وجود دليل على أن قيمة α أقل من الواحد).

ومن البديهي أن "الذواكر الكمومية" (وهي القدرة على "إعادة "توليد فوتون مخزَّن في مجموعة بعد تأخير) الموصوفة في هاتين الورقتين [2،1] ليست هي نهاية القصة. فأولاً، إن ما كان قد خزِّن ثم أُطلق ليس فوتوناً، لكنه بتة كمومية- وهي معلومة كمومية مُكَوَّدة (مرمزة) على فوتون. في سياق الاقتراح DLCZ، إن كيفية خزن وإطلاق بتة كمومية أمر معروف من حيث المبدأ، وقد تم الحصول على النتائج الأولية [8]. هناك مسألة حاسمة أخرى وهي أنه ينبغي أن يكون من الممكن خلق بعض التشابك بين مجموعات ذرية بعيدة [9]، كما درسها تشو وآخرون Chou et al أيضاً [10]. الخطوة الرئيسية التالية ستكون زيادة التشابك تدريجياً بين الذاكرتين المتباعدتين - عملية "تقطير التشابك entanglement distillation"، التي ستكون الواجب الرئيسي لمكررة كمومية [4،3] وهذا هدف بعيد المدى، نظراً لأن هناك العديد من الصفات ينبغي تحسينها، ومنها: سرعات العد (إذ إنها منخفضة جداً في الوقت الراهن)، وأزمنة التخزين (إذ إنها قصيرة جداً في الوقت الراهن)، ودقة وأمانة عمليات التحويل المتلاحقة في المجموعات. ورغم أن هذا يبدو أشبه بتسلق جبل من القيادة على طريق عام، فإن هناك طرقاً جديدة للصعود تبقى مفتوحة، كما يبين البحث الحاضر [2،1]. قد تبدو القمة بعيدة لكن بلوغها ليس مستحيلاً.

نُشر هذا الخبر في مجلة *Nature*, 8 December 2005

References

[1] Chanelière, T. et al. Nature 438, 833-836 (2005).

[2] Eisaman, M. D. et al. Nature 438, 837-841 (2005).

[3] Bennett, C. H. et al. Phys. Rev. Lett. 70, 1895 (1993).

[4] Briegel, H. –J., Dür, W., Cirac, J. I. & Zoller, P. Phys. Rev. Lett. 81, 5932-5935 (1998).

[5] Duan, L. –M., Lukin, M., Cirac, J. I. &Zoller, P. Nature 414, 413-418 (2001).

[6] Felinto, D. et al. Phys. Rev. A 72, 053809 (2005).

[7] Grangier, P., Roger, G. & Aspect, A. Europhys. Lett. 1, 173-179 (1986).

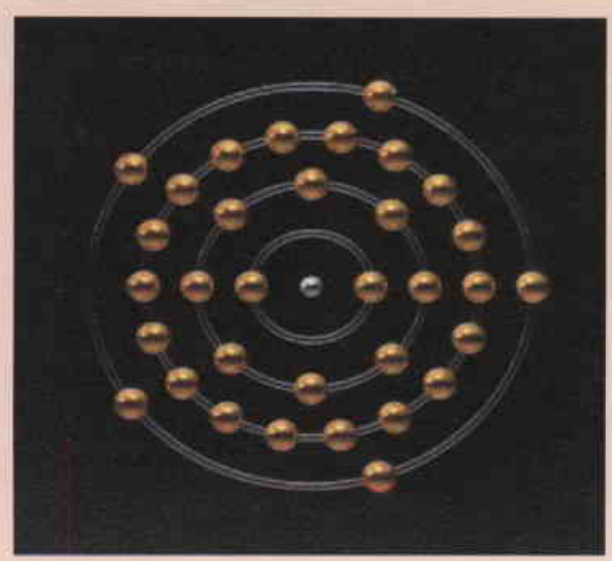
[8] Matsukevich, D. N. et al. Phys. Rev. Lett. 95, 040405 (2005).

[9] Matsukevich, D. N. et al. preprint available at www. arxiv.org/quant-ph/0511012 (2005).

[10] Chou, C. W. et al. Nature 438, 828-832 (2005).

الزرنيخ

الرمز:	AS
العدد الذرّي: (عدد البروتونات في النواة)	33
الوزن الذرّي:	75



ماهيته

يوجد كلٌّ من الزرنيخ العضوي واللاعضوي بشكل طبيعي في البيئة، ويُعدُّ الزرنيخ اللاعضوي الأكثر توافراً. ويرافق الزرنيخ اللاعضوي المعادن الأخرى في الصخور النارية والرسوبية، وهو يوجد متحداً مع عناصر عديدة أخرى، وبخاصة مع الأكسجين والكلور والكبريت. أما الزرنيخ العضوي فيحتوي على الكربون والهدروجين. يوجد كلٌّ من الزرنيخ العضوي والزرنيخ اللاعضوي بالشكل الطبيعي في التُّرب والنباتات والحيوانات والبشر. وتكون أغلب مركّبات الزرنيخ اللاعضوي النقية بشكل مساحيقٍ بيضاء أو عديمة اللون وبدون أية رائحة أو طعم مميزين. ونظراً لكونه عنصراً، فإنه لا يتدرّك degrade ولا يتخرّب.

استخداماته

لقد عُرف الزرنيخ منذ قديم الزمان بسميته، كان يجري استخدامه في قرون ماضية في معالجة مرض الزهري. ويُستخدم الزرنيخ بشكل أساسي كمكوِّنٍ ingredient فعّال في مبيدات الهوام (رغم أنه أقل استخداماً في الوقت الحاضر منه في عقودٍ سالفة)، وكمادة حافظة للأخشاب، وفي تطبيقات تعدينية. وهو يستخدم أيضاً في مواد زراعية، مثل المضادات الحيوية والإضافات الغذائية.

وجوده في البيئة

يوجد الزرنيخ في كلِّ مكان في البيئة. وتُعدُّ عوامل تعرية الصخور المصدر الرئيسي الطبيعي للزرنيخ اللاعضوي. كما أنه يتحرّر بواسطة الأنشطة الإنسانية. فعلى سبيل المثال، ينبعث الزرنيخ على هيئة غبارٍ ناعم حينما يجري تسخين الخامات المحتوية على الزرنيخ في أفران الصهر لغرض معالجة النحاس أو الرصاص. ويتراوح تركيز الزرنيخ في القشرة الأرضية ما بين 2 إلى 5 ملّي غرامٍ لكل كيلو غرام. ويبلغ متوسط تركيزه الطبيعي في التربة 6 ملّي غرام/كيلو غرام، متراوحاً ما بين 0.1 إلى 40 ملّي غرام/كيلو غرام. وتُعدُّ مركّبات الأرسنايت arsenites (ثلاثية التكافؤ، As III) والأرسينيت arsenates (خماسية التكافؤ AsV) الذوّابة في الماء هي الأكثر شيوعاً في البيئة. يمكن أن يكون الزرنيخ (وخاصةً مجموعة الأرسينايت) سيّاراً، مع ارتباط التركيز النموذجي بدقائق التربة وبقدر يفوق بحوالي 10 إلى 200 مرة مما هو عليه في المياه الخلالية interstitial (أي المياه في الفراغات المسامية بين دقائق التربة). وتقوم البكتيريا والفطور وبعض النباتات بميثلة methylate الزرنيخ اللاعضوي مما يحوِّله إلى زرنيخ عضوي. وتكون العديد من الأشكال المميثلة methylated للزرنيخ العضوي طيّارة القوام، مثل مركّب الديميثيلارسين dimethylarsine. ويمكن لبعض المتعضيات الحيّة (لا سيما في المنظومات المائية) أن تكدّس أشكالاً عضوية غير سامة للزرنيخ داخل أجسامها. فعلى سبيل المثال، يكون تركيز مادة أرسينوبيتاين Arsenobetaine في الجمبري مرتفعاً على الأغلب. وعلى أية حال، فإن النسبة النموذجية لتركيز الزرنيخ في النباتات بالقياس مع تركيزه في التربة– تكون منخفضة، وتُقدَّر بـ 0.006 (أو 0.6 %).

سيرورته في الجسم

عند ابتلاع المركّبات الزرنيخية سرعان ما يتم امتصاصها بنسبة (80-90%) عبر القناة المعدية المعوية ليجري توزيعها في الدم وصولاً إلى الكبد و الكلية والرئة والطحال والشريان الأبهر والجلد. ويتم إرجاع الزرنيخ الخماسي التكافؤ إلى

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

الزرنيخ الثلاثي التكافؤ (وهو الأقل سمّية) في الجسم. وبعدئذ تجري ميثلة هذا الأخير في الكبد لينشأ الحمض الأقل سمّيةً والذي يُدعى حمض الزرنيخ الميثيلي، والذي يسهل طرحه. ويتم التخلص من أغلب الزرنيخ خلال أسبوع بنسبة (57-09% حسب نوع المركّب)، ولاسيما من الكبد والكلية والطحال، في حين يبقى ما يوجد منه في الجلد والدماغ والهيكل العظمي لمدة زمنية أطول إلى حدٍّ ما. وعندما تُستنشق دقائق الزرنيخ كالغبار وتترسب في الرئتين، يجري امتصاص أغلبها إلى مجرى الدم وتوزيعها كذلك في أنحاء الجسم كما أسلفنا سابقاً. ولا يخترق الزرنيخ الموجود في التربة (أو حتى الذائب في الماء) الجلد بسهولة. لذلك، فإن وقائع التعرّض الجلدي للزرنيخ لا تكون مقلقة من الناحية النمطية.

آثاره الصحية الأساسية

يكون الزرنيخ إما نافعاً أو بالغ السمّية تبعاً للكمية المبتلعة منه. إذ إن العديد من الدراسات على الحيوانات توحي بأن وجود مستويات قليلة من الزرنيخ ضمن الغذاء هو أمر أساسي، ولكن يمكن للجرعات الكبيرة جداً أن تسبِّب قصور قلب احتقاني وتشنجات. وعلى أية حال، فإن الإلمام العريض بسمّية الزرنيخ يجعل أمر التسمُّم به نادر الحدوث جداً في أيامنا هذه. وتتضمن أعراض تسمُّم الإنسان بالزرنيخ كلاً من الغثيان والإقياء والإسهال. وتنشأ عن ابتلاع كميات صغيرة منه مع مرور الزمن آثار مزمنة مثل اسمرار الجلد وتشكّل التقرّنات وتلف الأعصاب المحيطية، وآثار في الجهاز الوعائي الدموي القلبي، وفقد للشعر وللشهية واضطرابات عقلية. كما يمكن للزرنيخ أيضاً أن يسبِّب تأثيرات تناسلية بما فيها الإجهاضات التلقائية ونقصان أوزان المواليد. وتشير دراسات علمية وبائية إلى ارتباط بين تراكيز الزرنيخ في مياه الشرب والحالات المتزايدة من سرطانات الجلد والكبد والمثانة والجهاز التنفسي والقناة المعدية المعوية. ويمكن للزرنيخ المستنشق أن يتلف الأغشية المخاطية وأن يسبِّب التهابات الأنف والبلعوم والحنجرة وربما الانثقاب الأنفي. وتوضح الأبحاث القائمة على التعرُّضات المهنية وجود ارتباط بين التعرُّض للزرنيخ وسرطان الرئة. وبدافع من كمّ المعلومات هذه، فقد صنفت وكالة حماية البيئة (EPA) في الولايات المتحدة الزرنيخ اللاعضوي كمادةٍ مسرطنة مثبتةٍ بالنسبة للإنسان.

خطورته

لقد وضعت EPA قيماً للسمّية (انظر المؤطر) بهدف تقدير خطورة الإصابة بالسرطان أو التأثيرات الصحية المضادة الأخرى كنتيجة لاستنشاق أو ابتلاع الزرنيخ اللاعضوي. وتُدعى القيمة السمّية لتقدير خطورة الإصابة بالسرطان باسم عامل الانحدار slope (SF) factor، وتُدعى القيمة المتعلّقة بالتأثير اللاسرطاني باسم الجرعة المرجعية reference dose (RfD). ويمثّل العامل (SF) تقديراً لاحتمالية أن يُصاب شخص – تعرَّض للمادة الكيميائية– بالسرطان لدى

قيم السمية الكيميائية		
خطر الإصابة بالسرطان		التأثير اللاسرطاني
عامل الانحدار الاستنشاقي (SF)	عامل الانحدار الفموي (SF)	الجرعة المرجعية الفموية (RFD)
15 لكل ملغرام / كيلو غرام - يوم	1.5 لكل ملغرام / كيلو غرام - يوم	0.0003 لكل ملغرام / كيلو غرام - يوم

تناوله لـ 1 ملّي غرام لكل 1 كيلوغرام من وزن الجسم يومياً (mg/kg–اليوم) خلال مدة حياته. أما RfD فتمثّل تقديراً لأعلى جرعة يمكن تناولها يومياً بدون أن تسبِّب تأثيراً لاسرطانياً مضاداً. إن هذه القيم السمّية وُضعت بالاستناد إلى دراسات على عمّال تعرّضوا للزرنيخ بحكم عملهم في مهام مهنية، وعلى عمّال يستخدمون مبيدات الهوام الزرنيخية (الحاوية للزرنيخ)، وعلى جماعات بشرية تستهلك مياه الشرب المحتوية على تراكيز مرتفعة من الزرنيخ.

ولتوضيح كيفية تطبيق الجرعة المرجعية RfD، يمكن لشخص ما وزنه 150 باوندا (ليبرا) أن يبتلع بشكل مأمون ما مقداره 0.02 ملّي غرام من الزرنيخ يومياً بدون توقع أي تأثيرات مضادة (2.2 ليبرا= 1 كغم، أو 1000 غرام، أو 1 مليون ملي غرام). وعلى النقيض من الجرعة المرجعية RfD، والتي تمثّل "جرعة يومية مأمونة" (وهي تقارن بالمقدار الذي يتناوله شخص ما، على شكل نسبة)، يجري ضرب قيمة عامل الانحدار (SF) بالكمية الداخلة إلى الجسم وذلك لتقدير مدى خطورة الإصابة بالسرطان. وباستخدام عامل الانحدار (SF)، تقدر وكالة حماية البيئة EPA بأنه يمكن لشخص ما أن يحظى بفرصة تصل إلى 1 من مليون للإصابة بالسرطان وذلك إذا ما تعرَّض لمياه شرب تحتوي على 0.02 ملّي غرام/لتر من الزرنيخ، أو لهواء يحتوي على 0.0002 مكروغرام لكل متر مكعب ($\mu g/m^3$) من الزرنيخ يومياً وخلال مدة حياته. لقد حدّدت وكالة حماية البيئة وحدة خطورة تبلغ 4.3 لكل ملّي غرام /م^3 بالنسبة للزرنيخ في الهواء.

الحدود الحالية لانبعاثاته البيئية وللتعرُّض البشري

لتسهيل تعقب انبعاثات المنشآت من الزرنيخ في البيئة، تطالب تعديلات الصندوق الأعلى التي تخصّ تخطيط الطوارئ وحقوق المجتمع بالتبليغ عن انبعاثات كيميائية معيّنة إلى الجو أو الماء أو اليابسة ليتم تسجيلها ضمن جرد عالمي للانبعاثات السامّة. وفيما يخصّ جميع المركّبات الزرنيخية، فإن الكميات المسجلة هي 1 باوند (454 غرام) للانبعاثات المبلّغ عنها بشكل فوري. أما بالنسبة لمياه الشرب، فقد أقرّت EPA مستوى أقصى للزرنيخ يبلغ 0.05 ملّي غرام/ليتر. وقد أقرّت إدارة السلامة والصحة المهنية (OSHA) مستويات وقائية تبلغ 0.01 ملّي غرام من الزرنيخ اللاعضوي ومركّبات الزرنيخ العضوي لكل متر مكعب من الهواء (ملّي غرام/م^3).

نشر هذا الخبر في مجلة ANL July 2002

التحليل الطويل الأمد لتطور الطلب على الطاقة والكهرباء في سورية باستخدام منهجية الاستهلاك النهائي

ملخص

نظراً للدور الحيوي الذي يلعبه قطاعا الطاقة والكهرباء في عملية التنمية كونه أحد أهم مكونات البنية التحتية وأكثرها حساسيةً فقد تم إنجاز تحليل متكامل لهذا القطاع تضمن سبراً عميقاً ومكثفاً سمح بإسقاط بعيد المدى للتطورات المتوقع أن يشهدها نمو الطلب النهائي على أشكال الطاقة المختلفة بما فيها الكهرباء خلال الفترة الممتدة بين عامي 1999-2030. وقد استخدمت لهذا الغرض برمجية *MAED (model for analysis of energy demand)* المطورة من قبل الوكالة الدولية للطاقة الذرية (IAEA)، والمرتكزة على منهجية الاستهلاك النهائي لتقدير الطلب المستقبلي على الطاقة النهائية بما فيها الكهرباء لمختلف قطاعات الاستهلاك النهائية وفقاً لعدة سيناريوهات ترتكز على التطور الاقتصادي والاجتماعي والتقني المتوقعة خلال العقود الثلاثة القادمة. وتجدر الإشارة إلى أن هذه البرمجية استخدمت بنجاح وبشكل واسع من قبل عدد من الدول النامية ذات البنية الاقتصادية المشابهة للاقتصاد السوري من حيث اعتماد نظام الحماية والدعم لبعض القطاعات الاقتصادية.

وانطلاقاً من الاستهلاك النهائي للسنة الأساس موزعاً حسب نمط الوقود وقطاعات الاستهلاك، جرى تحليل التطور المستقبلي للطلب على الطاقة والكهرباء وفقاً لثلاثة سيناريوهات تعكس التحولات الديموغرافية والاجتماعية والاقتصادية والتقنية المتوقع أن يشهدها التطور التنموي في سورية خلال العقود الثلاثة القادمة. يمثل السيناريو الأول الحالة المرجعية التي تعكس النمو الاقتصادي المرتفع *(HS: high economy scenario)* والذي افترض فيه أن ينمو الناتج المحلي الإجمالي (GDP) بنسبة وسطية تقارب الـ 6%، كما تعكس تحسناً مقبولاً لمختلف التقنيات المستخدمة في قطاعات الاستهلاك نتيجة لخطط التطوير والتحديث التي يتوقع أن تشهدها هذه القطاعات والتوسع في الفعاليات الإنتاجية التي لا تتطلب كثافة طاقية كبيرة ومن ثم تنتج قيمة مضافة عالية والتي بدورها تشكل قوة دافعة لهذا النمو المرتفع. أما السيناريو الثاني أو ما يسمى بسيناريو ترشيد الاستهلاك *(ES: efficiency scenario)* فقد افترض أن يسير بشكل موافق للسيناريو الأول من حيث التوقعات في نسبة النمو الاقتصادي والمعايير الأخرى، إلا أنه يعكس وجهة نظر أكثر تفاؤلاً من حيث نجاح سياسات ترشيد وحفظ استهلاك الطاقة التي بُدئ رسمياً بتبنيها وتطويرها. وهو يأخذ بعين الاعتبار عدة معايير وإجراءات من المتوقع أن تتخذها الحكومة في مجال حفظ الطاقة وترشيد استهلاكها إلى جانب الاستخدام العقلاني لمصادرها وإتاحة دور واقعي للطاقات المتجددة في مجال الاستخدامات الحرارية وخاصةً الطاقة الشمسية. بالمقابل افترض أن يعكس السيناريو الثالث الذي يمثل النمو الاقتصادي المتدني *(LS: low economy Scenario)* وجهة نظر أقل تفاؤلاً بخصوص نمو الاقتصاد وتطوراً منخفضاً في القطاع الصناعي، حيث يتوقع أن تكون نسبة النمو السنوي للناتج المحلي الإجمالي بحدود 3.5% بالتلازم مع نظرة أقل تفاؤلاً بخصوص عملية تحديث قطاعات الاستهلاك ورفدها بالتقنيات الحديثة مما يعني بالضرورة تحسناً طفيفاً في المردود وفعالية قليلة لإجراءات ترشيد استهلاك الطاقة.

تشير نتائج التحليل إلى أن الطلب على الطاقة النهائية سينمو بنسب سنوية متوسطة تبلغ 5% و 4.5% و 3% لكل من السيناريوهات الثلاثة (المرجعي وترشيد الطاقة والمنخفض على التوالي) انطلاقاً من 10.5 مليون طن مكافئ نفطي في سنة الأساس، ومن المتوقع أن تؤدي إجراءات ترشيد الاستهلاك والتحسن في التقنيات واستخدام أجهزة ذات مردود عالٍ وفق سيناريو ترشيد الاستهلاك إلى توفير ما يعادل 0.8 مليون طن مكافئ نفطي في عام 2010، و 2.3 مليون في عام 2020، و 5.7 مليون في عام 2030 مقارنةً مع السيناريو المرجعي. أما بالنسبة للطلب النهائي على الكهرباء فسينمو تدريجياً وبنسبة سنوية وسطية تبلغ 5.5% و 5% و 3.4% انطلاقاً من الاستهلاك النهائي للكهرباء في السنة الأساس البالغ 16.7 تيرا . و.س، وذلك في السيناريو المرجعي وحفظ الطاقة والمنخفض على التوالي.

وباستقراء سريع لتطور نصيب الفرد من الكهرباء النهائية نلاحظ أنه سي زداد خلال فترة الدراسة من حوالي 1000 ك.و.س في السنة الأساس إلى 2800 ك.و.س للسيناريو المتفائل و 2500 ك.و.س لسيناريو حفظ الطاقة و 1500 ك.و.س للسيناريو المتشائم عند نهاية الدراسة. أما بالنسبة للكثافة الطاقية [1] النهائية (الطاقة النهائية المستهلكة لإنتاج واحدة نقدية من الناتج المحلي الإجمالي) للسيناريوهات الثلاثة، فيلاحظ أنها ستتراجع في السيناريو المتفائل من قيمتها الأولية البالغة 730 كغ نفط مكافئ لكل ألف دولار من الناتج المحلي الإجمالي إلى حوالي 486 كغ/ألف دولار [2] عند نهاية الدراسة (أي ما يعادل تراجعاً نسبياً بمقدار 33% خلال فترة الدراسة) وإلى 420 كغ/ألف دولار، و 670 كغ/ألف دولار بالنسبة لسيناريو ترشيد الاستهلاك والسيناريو المنخفض على التوالي؛ ومع ذلك تبقى هذه القيم مرتفعة إذا ما قورنت بنظيرتها في الدول النامية وهي تشير إلى استخدام عالٍ وغير محكم للطاقة.

الكلمات المفتاحية:

منهجية الاستهلاك النهائي، البرنامج *MAED*، سيناريوهات تطور الطلب، الكثافة الطاقية، ترشيد الاستهلاك.

1- تمثل الطاقة النهائية المستهلكة، معبراً عنها بالكيلو غرام النفطي المكافئ، اللازمة لتوليد وحدة نقدية واحدة من الناتج المحلي الإجمالي.

2- القيم النقدية معطاة بقيمة الدولار الثابتة لعام 1995.

مقدمة

تشير دراسات تطور الطلب على الطاقة والكهرباء إلى أنه من المتوقع أن يشهد هذا القطاع في سورية نمواً كبيراً خلال العقود الثلاثة القادمة مدفوعاً بمجموعة من العوامل الاقتصادية والديموغرافية والتقنية المتمثلة بنسبة النمو السريعة للسكان والتغيرات الديموغرافية المرافقة للتحولات التي يمكن أن يحققها الاقتصاد السوري بما قد يتضمنه ذلك من تطور تقنيٍّ واعد ونمو مطّرد خاصةً في القطاع الصناعي. بناءً على ذلك، وإدراكاً منهاً لأهمية هذا المجال وحيويته فقد قامت مجموعة تخطيط الطاقة في هيئة الطاقة الذرية بإعداد دراسة شاملة عُنيت بالتحليل والتخطيط الطويل الأجل لقطاع الطاقة (إلى جانب الطلب والتزود).

إن التحليل والتخطيط للطلب على الطاقة يعني التخطيط الطويل والمفصل للطلب على الطاقة النهائية والكهرباء وفقاً لعدة فرضيات وسيناريوهات تراعي اتجاهات التطور الاجتماعي والاقتصادي والتقني والكمون الذي تحمله، حيث إن إنجاز مثل هذه الدراسات يتطلب منهجيات علميةً موثوقة تسمح بإسقاط بعيد المدى لهذه التطورات وانعكاسها على نمو الطلب على الطاقة والكهرباء. من هنا جاء اعتماد منهجية الاستهلاك النهائي التي ترتكز عليها برمجية MAED المعتمدة لدى الوكالة الدولية للطاقة الذرية [1]. تعتمد هذه المنهجية في مقاربتها ونمذجتها للطلب على الطاقة على تمثيل العوامل الاقتصادية العضوية التي تحرك هذا الطلب وتقوده وفي مقدمتها الناتج المحلي الإجماليGDP، والأسعار، والتغيرات التقنية، إلخ. بمعنى آخر تحاول هذه التقنية أن تعكس التغيرات البنيوية السكانية والاجتماعية والتقنية الفنية خلال المدى المتوسط والطويل والتي تؤثر مباشرةً في تغير الطلب على الطاقة، دون أن تغفل الاحتياجات والاعتبارات الخاصة بكل قطاع من قطاعات الاستهلاك من قبيل نمط حياة السكان والحركية وتغلغل أجهزة التكييف والمساحة المأهولة بالإضافة إلى السياسات الوطنية وتوجهاتها فيما يخص بنية الناتج المحلي وإدخال المكننة الحديثة وسياسات النقل والإسكان والخدمات. بالإضافة لكون هذه المنهجية تراعي الاتجاهات التسويقية الكامنة لكل شكل من أشكال الطاقة كالكهرباء والنفط والغاز والطاقات المتجددة كالطاقة الشمسية، التي تعتبر ذات أهمية خاصة فيما يتعلق بدراسة الحالة السورية.

أما بالنسبة لقطاع التزويد بالطاقة فيجري تحليله وفق منحيين، اعتمد الأول على معيار التكلفة الأقل لإيجاد خطة التوسع الأمثل لنظام التوليد الكهربائي فقط من أجل مجابهة تطور الطلب على الكهرباء مع تحديد خيارات التوليد الأمثل وحصص التوليد لكل خيار. في حين يجري وفق الاتجاه الآخر تحليل متكامل لخيارات التزود الطاقية التي يمكن أن تلبي الطلب المستقبلي على مجمل أشكال الطاقة بشكل أمثل، بهدف الإجابة على سؤال مفاده: هل تكفي مصادر الطاقة الوطنية (التي يمثل النفط والغاز معظمها) لتلبية الطلب المستقبلي على الطاقة أم أن هناك حاجة إلى استيراد كميات معينة منها في المستقبل؟ بمعنى أن دراسة تطور الطلب على الكهرباء كانت جزءاً من دراسة أشمل لتطور الطلب على مصادر الطاقة الأخرى.

الشكل 1: البنية العامة لتحليل الطلب على الطاقة والكهرباء وفق البرنامج MAED

وبما أن مثل هذه الدراسات تتطلب جهداً مكثفاً في مجال جمع وتنظيم المعطيات وبهدف تفعيل الدراسة وتقويتها وإعطائها أبعادها الوطنية قامت الهيئة بتشكيل مجموعة وطنية لتخطيط الطاقة، تعاونت فيها مع مختلف الوزارات والهيئات الحكومية ذات الصلة، حيث ضمت ممثلين عن وزارة الكهرباء، ووزارة النفط والثروة المعدنية، والمكتب المركزي للإحصاء، وهيئة تخطيط الدولة.

منهجية العمل

جرت دراسة تطور الطلب المستقبلي على الطاقة والكهرباء باستخدام برنامج MAED الذي يتبنى نظرية الاستهلاك النهائي، والذي صمم وطور في معهد IEJE في جامعة غرونوبل وعرف باسم MEDEE-2، ثم تبنته الوكالة الدولية للطاقة الذرية وأدخلت عليه تعديلات جذرية خاصة فيما يتعلق بمعطيات الدخل المطلوبة، والعلاقات الرياضية المتعلقة بتطور الطلب على الطاقة في بعض القطاعات الاستهلاكية، إضافة لإدخال طريقة جديدة لبناء منحني الحمل الساعي التراكمي السنوي انطلاقاً من منحنيات الحمل القطاعية وأطلقت عليه اسم MAED. ويبين (الشكل 1) منهجية عمل البرنامج MAED التي تتحقق وفق الخطوات التالية:

- تقسيم استهلاك الطاقة النهائية للنظام إلى قطاعات مختلفة باستخدام منهجية الاستهلاك النهائي وفق قطاعات الاستهلاك وأنماط الوقود وأشكال الطاقة (الشكل 2).
- تحديد وتعريف العوامل الاقتصادية والاجتماعية والتقنية التي تؤثر في كل قطاع استهلاكي وتحديد العلاقات بين استهلاك الطاقة والعوامل التي تتحكم بهذا الاستهلاك.
- إعادة حساب استهلاك الطاقة النهائية للسنة الأساس (اعتبرت السنة المالية 1999 هي السنة الأساس للدراسة) انطلاقاً من المعطيات الإحصائية السكانية والاجتماعية والاقتصادية والتقنية.
- بناء سيناريوهات التطور المستقبلية وفقاً لتوقعات التطور

الشكل 2: تقسيم استهلاك الطاقة النهائية للنظام إلى قطاعات مختلفة باستخدام منهجية الاستهلاك النهائي MAED وفق قطاعات الاستهلاك وأنماط الوقود وأشكال الطاقة.

السكانية والاقتصادية والاجتماعية والمؤثرات التقنية التي تتحكم بالطلب على الطاقة وتؤثر فيها.

- تقدير الطلب على الطاقة النهائية بما فيها الكهرباء وفقاً لكل سيناريو خلال فترة الدراسة.
- حساب منحنيات الحمل الساعي لقطاعات الاستهلاك المختلفة (صناعي وخدمي ومنزلي ونقل) اعتماداً على مستهلكين نموذجيين ومن ثم بناء منحني استمرار الحمل (LDC: Load Duration Curve) وحساب معاملاته السنوية للسنة الأساس وللسنوات المفصلية في الدراسة.

بناء السنة الأساس

يعتمد تحليل تطور الطلب على الطاقة والكهرباء في هذا العمل على منهجية الاستهلاك النهائي للطاقة المتبناة في برنامج التحليل MAED-d، المطور من قبل الوكالة الدولية للطاقة الذرية [1]. وتنطلق منهجية هذا البرنامج من اختيار سنة أساس تمثل نقطة البدء التي تبني عليها سيناريوهات التطور في رسم الآفاق التي يمكن أن تتطور وفقها بنية الطلب على الطاقة تحت تأثير المتغيرات السكانية والاجتماعية والاقتصادية المتوقعة خلال سنوات الدراسة. وتجري نمذجة السنة الأساس بمحاكاة توزع استهلاك الطاقة على فعاليات الاستهلاك النهائية المتمثلة بالصناعة والزراعة، والنقل والخدمات والقطاع المنزلي. كما يجري تحديد المؤشرات السكانية والاجتماعية للقطاعين المنزلي والخدمي، والمؤشرات الحركية لقطاع النقل وتوزع الناتج المحلي الإجمالي وقيم الكثافة الطاقية للقطاعات الإنتاجية المتمثلة بالفعاليات الصناعة والخدمية.

ويجري اختيار السنة الأساس بحيث تكون قريبة من تاريخ بدء الدراسة، وتعبر بشكل واقعي عن أنماط استهلاك الطاقة والمؤثرات الاجتماعية والاقتصادية ذات العلاقة (أي أنها لا تمثل حالة طارئة مر بها المجتمع)، وأن يضمن اختيارها تأمين معلومات تفصيلية موثوقة وكافية لتوصيف كافة الجوانب المتعلقة بالاستهلاك النهائي للطاقة حسب القطاعات وأنماط الوقود. وقد تبين لدى إعداد الدراسة التي بُدئ بها سنة 2001 أن السنة 1999 هي المناسبة لتحقيق الشروط المذكورة آنفاً.

لقد جرى توفير الجزء الأساسي من المعطيات المطلوبة اعتماداً على المجموعة الإحصائية الصادرة عن المكتب المركزي للإحصاء [2] وتقرير التنمية البشرية الصادر عن برنامج التنمية التابع للأمم المتحدة [3]، وميزان الطاقة الصادر عن وزارة النفط [4] وأرشيف وزارة الكهرباء وبعض التقارير الصادرة عنها [5]. وقد استعين بثلاثة استبيانات إحصائية محدودة العينة ولأهداف توجيهية شملت القطاع المنزلي والصناعي وقطاع النقل بغية الحصول على بعض المؤشرات المتعلقة بالاستهلاك في هذه القطاعات والضرورية لتحضير ملفات الدخل في الـMAED [6]، بالإضافة إلى بعض التقارير والدراسات الصادرة عن مجلس الطاقة العالمي [7] وآخرين [8]، [9]، [10]، [11]. كما اعتمدت أثناء ذلك مجموعة من التقريبات والافتراضات الموضوعية التي تساعد في تخطي نقص بعض المعطيات الإحصائية لاسيما ما يتعلق منها بحركية قطاع النقل وتوزع استهلاك بعض أنماط الوقود بين هذا القطاع والقطاع المنزلي والخدمي، إضافةً إلى بعض المؤشرات الاقتصادية المتعلقة بالقيمة المضافة والكثافة الطاقية للقطاعات الصناعية [6].

الناتج المحلي الإجمالي والمعطيات الديموغرافية

يبين الجدول 1 حصص القطاعات الاقتصادية من الناتج المحلي الإجمالي والقيمة المضافة التي يحققها كل منها في السنة المرجعية مقدرة بالأسعار الثابتة لعام 1995 [4] حيث تقدر حصة الزراعة بما نسبته 27%، مقابل 19% للصناعة والتعدين، في حين تبلغ نسبة مشاركة قطاعي البناء والخدمات 4% و 50% على التوالي وهو ما يشير إلى أن الاقتصاد السوري هو اقتصاد خدمات بالدرجة الأولى.

أما الجدول 2 فيتضمن معلومات عن عدد السكان وأنماط الحياة والتحضر، حيث يشير إلى أن عدد سكان القطر في عام 1999 بلغ 15.9 مليون نسمة خمسون بالمئة منهم يسكنون المدن. أما بالنسبة للقوة العاملة الكامنة فتقدر بـ 52% من المجموع الكلي للسكان وهذه النسب طبيعية وتنسجم مع حقيقة كون المجتمع السوري مجتمعاً فتياً.

القطاع	الزراعة	البناء	الاستخراج	التصنيع	الخدمات	الطاقة
الحصة (%)	27.35	4.06	6.03	10.97	50.06	1.53
القيمة المضافة (مليار ل.س)	181.52	26.95	40.02	72.80	332.24	10.15

الجدول 1: توزع الناتج المحلي الإجمالي عام 1999 بالأسعار الثابتة لعام 1995 (مليار ل.س ◁).

◁ الدولار الأمريكي يساوي 46 ل.س.

المعامل	الواحدة	القيمة
مجمل عدد السكان	مليون	15.891
عدد سكان المناطق الحضرية	مليون	7.95
قوة العمل الكامنة	مليون	8.3
قوة العمل الفعلية	مليون	4.3
القوة العاملة في القطاع الخدمي	مليون	1.8
مجمل عدد البيوت	مليون	2.38
متوسط عدد الأفراد في المنزل	شخص/المنزل	6.68
مجمل المساحة المشغولة للقطاع الخدمي	مليون م^2	39.97
متوسط المساحة الخدمية للعامل	عامل/م^2	22
معدل امتلاك السيارة الخاصة (السياحية)	شخص/السيارة	43
المسافة المقطوعة داخل الحضر	كم/الشخص/السنة	10.7
المسافة المقطوعة بين المدن للشخص	كم/الشخص/السنة	2812
المسافة المقطوعة بين المدن للسيارة (السياحية)	كم/السيارة/السنة	7500

الجدول 2: لائحة بأهم المعطيات السكانية والاجتماعية لعام 1999.

ميزات الطاقة النهائية

تتطلب منهجية الاستهلاك النهائي المعتمدة في دراسة الطلب على الطاقة النهائية تحديد شكل استهلاك حوامل الطاقة النهائية لكل قطاع من قطاعات الاستهلاك. لذا، فقد بوِّبت هذه القطاعات حسب المنهجية المستخدمة في البرنامج MAED وفقاً لأربع فعاليات رئيسية: القطاع المنزلي، قطاع الخدمات، قطاع النقل، قطاع الصناعة. حيث يعالج قطاعا الخدمات والمنزلي بطريقة متشابهة، كما أن القطاع الصناعي يجري تقسيمه إلى أربعة قطاعات جزئية هي: الزراعة والبناء والمناجم (صناعة استخراجية) بالإضافة إلى التصنيع، وكل قطاع جزئي يمكن أن يتألف من عدة قطاعات أيضاً.

بالنسبة لأشكال الوقود والطاقة المستهلكة عند المستوى النهائي للاستهلاك فهي مبوبة كما يلي:

الوقود الأحفوري للاستخدامات الحرارية، وقود المحركات، الكهرباء، الطاقة الشمسية، مصادر الطاقة التقليدية كالخشب مثلاً والمواد اللقيمة (feed stock) في الاستخدامات اللاطاقية.

أما فيما يخص توزع الطاقة النهائية لعام 1999 (التي بلغت ما يعادل 10.5 مليون طن نفط مكافئ ◄ تقريباً) حسب قطاعات الاستهلاك ونمط الوقود فهو موضح في الجدول 3.

توزعت أشكال الاستهلاك للطاقة النهائية بحسب الجدول 3 كما يلي: 14% للكهرباء، 34% لوقود المحركات، 2% للاستخدامات اللاطاقية و50% للاستخدامات الحرارية. يستهلك منها ما نسبته 86% (أي ما يعادل 9.088 مليون طن نفط مكافئ) كوقود أحفوري و14% كطاقة كهربائية. وتوزعت مصادر الوقود الأحفوري بدورها بنسبة 87.6% للمشتقات النفطية و 10.6% للغاز الطبيعي وقد ألحقت حصة الوقود التقليدي والتي هي أخشاب ونفايات صناعة الزيتون [12] والبالغة حوالي 1.8% بالوقود الأحفوري نظراً لضآلتها. أما الطاقة الكهربائية المستهلكة فقد كان مصدرها بنسبة 90% أحفورياً (غازاً ومشتقات نفطية) و10% كهرومائياً. وقد توزعت حصص قطاعات الاستهلاك من الطاقة النهائية كما يلي: 41% في الصناعة و34% في القطاع المنزلي والخدمات أما قطاع النقل فقد استهلك مانسبته 25%.

بالنسبة للزراعة، يعتمد هذا القطاع بشكل أساسي على المازوت والكهرباء كمصدرين أساسيين للطاقة، وتبلغ حصته من مجمل استهلاك الطاقة النهائية مايعادل 8.52% تتوزع كما يلي: 67.47% وقود محركات، 23.57% كوقود أحفوري (استخدام حراري) و 8.96% كهرباء.

أما فيما يخص قطاع البناء والتشييد فهو يعتمد بشكل أساسي على المازوت كوقود أحفوري ويستهلك ما نسبته 1.77% من مجمل الطاقة النهائية، يشكل وقود المحركات 95.34% منها والباقي 4.66% يستهلك على شكل كهرباء.

في حين أن قطاع المناجم والصناعات الاستخراجية يستهلك مانسبته 2.14% من الطاقة النهائية تتوزع كما يلي: 32.23% وقود محركات و21.16% استخداماً حرارياً والباقي 46.62% كهرباء. أما التصنيع فيمثل أهم وأكبر الفروع الجزئية لقطاع الصناعة في سورية ويستأثر بنسبة تعادل 69.5% من الطاقة المستهلكة في القطاع الصناعي ككل و 28.35% من إجمالي الطاقة النهائية المستهلكة. تتوزع استخدامات هذا الاستهلاك على وقود المحركات والاستخدام الحراري والكهرباء بالإضافة إلى المواد اللقيمة بنسبة 75.45%، 4.2%، 10.97%، 9.38% على التوالي.

يتكون هذا القطاع من القطاعات الجزئية التالية:

- الصناعات الأساسية.
- صناعة التجهيزات والأدوات.
- الصناعات الاستهلاكية.
- قطاعات استهلاك جزئية متنوعة.

يستهلك قطاع الصناعات الأساسية ما نسبته 18.41% من الطاقة النهائية المستهلكة، تذهب 76.83% منها للاستخدامات الحرارية و 2.1% كوقود محركات و 14.44% مواد لقيمة بالإضافة إلى 9.38% تستهلك على شكل كهرباء. أما صناعة التجهيزات والأدوات فلم تشكل نسبة استهلاكها في سنة الأساس إلا ما نسبته 1.04% من الطاقة الكلية المستهلكة، أي ما يعادل 3.68% من استهلاك قطاع التصنيع، توزعت إلى 73.12% للاستخدامات الحرارية و19.96% كهرباء أما النسبة الباقية والتي تعادل 6.92% فذهبت لوقود المحركات. حيث إن التوجه العام للصناعة في العقود الماضية كان نحو الصناعات الاستهلاكية ذات المردود المضمون والدورة القصيرة لرأس المال، فقد كان من الطبيعي أن يشكل أهم وأكبر الفروع الصناعية في سورية وهو يتضمن الصناعات الغذائية والنسيجية والمشروبات والتبغ والأثاث والصناعات اليدوية.... إلخ. وتتوزع فعالية هذه الصناعة على القطاعين العام والخاص علماً أن حوالي 80% من صناعات القطاع الخاص تقع ضمن هذا الفرع

◄ طن النفط المكافئ يساوي تقريباً 42E9 جول.

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

قطاع الاستهلاك	الوقود الاحفوري				الكهرباء	الطاقة الشمسية	المجموع	الوقود التقليدي	المجموع الكلي
	استهلاك حراري	وقود المحركات	مواد أولية	مجمل الاحفوري					
1- الزراعة	211.495	605.469	0.000	816.964	80.410	0	897.374		897.374
2- البناء	0.000	178.154		178.154	8.712	0	186.866		186.866
3- الاستخراج	47.56	72.45		120.010	104.791	0	224.800		224.801
4- التصنيع	2252.27	125.261	279.9	2657.405	327.557	0	2984.963		2984.963
- الأساسية	1489.11	40.633	279.9	1809.619	128.426	0	1938.045		1938.045
- الآلات	80.427	7.609	0	88.037	21.948	0	109.984		109.984
- الاستهلاكية	655.757	76.773	0	732.530	170.499	0	903.029		903.029
- متنوعة	26.974	0.246	0	27.220	6.684	0	33.904		33.904
مجمل الصناعة	2511.33	981.334	279.9	3772.533	521.470	0	4294.003		4294.004
5- النقل	0.000	2648.59		2648.583	13.674	0	2662.257		2662.257
6- الخدمات	432.434	0.000		432.434	225.324	0	657.758		657.758
7- المنزلي	2068.90	0.000		2068.900	680.948	0.370	2750.218	165.	2915.218
المنزلي + الخدمي	2501.33	0.000	0.000	2501.334	906.272	0.370	3407.977	165.	3572.976
المجموع الكلي	5012.66	3629.92	279.9	8922.451	1441.42	0.370	10364.24	165.	10529.24

الجدول 1: توزع الطاقة النهائية لعام 1999 حسب قطاعات الاستهلاك ونمط الوقود [ktoe].

الصناعي. ويشتمل القطاع العام بشكل أساسي على مؤسسة الصناعات الغذائية، والمؤسسة العامة للسكر، ومؤسسة طحن الحبوب، والمخابز، والمؤسسة النسيجية، وصناعة التبغ. يستأثر هذا القطاع بـ 8.6% من أجمالي الطاقة النهائية المستهلكة و 30% من الطاقة النهائية المستهلكة في قطاع التصنيع، ويتوزع هذا الاستهلاك على الاستخدامات الحرارية ووقود المحركات والكهرباء بنسبة 72.62%، 8.5%، 18.88% على التوالي. بالإضافة إلى وجود قطاعات استهلاك جزئية متنوعة تستهلك ما نسبته 0.32% فقط.

بالانتقال إلى قطاع النقل نلاحظ أن الطاقة النهائية المستهلكة فيه تقتصر على وقود المحركات في ظل غياب كامل لاستخدام الكهرباء، ويتوزع هذا الاستهلاك بنسبة 25% للنقل داخل المدينة الواحدة، 23% لنقل الركاب بين المدن و20% لشحن البضائع أما النسبة المتبقية التي تقارب الـ 20% فتستهلك في عدة أشكال تشمل النقل الدولي والعسكري.

أما قطاعا الخدمات والمنزلي فيستهلكان مجتمعين 34% من إجمالي الطاقة النهائية، يذهب منها 28% إلى القطاع المنزلي والباقي 6% لقطاع الخدمات. ويشير الجدول 3 إلى أن 71% من الطاقة النهائية المستهلكة في القطاع المنزلي تستهلك كوقود أحفوري للاستخدام الحراري (58% منها للتدفئة و 19% لتسخين المياه والنسبة الباقية 23% لأغراض الطبخ)، في حين تشكل حصة الكهرباء ما نسبته 23% تتوزع بين الاستخدامات النوعية (67%) والاستخدام الحراري (30%) والتكييف(3%)، أما الـ6% الباقية فتكون لاستخدامات غير تجارية.

بالنسبة للقطاع الخدمي تتوزع أشكال الاستخدام كما يلي: 60% للاستخدامات النوعية و 10% للتكييف و 30% للاستخدامات الحرارية. ويمكن الإشارة هنا إلى وجود تقسيم آخر لاستهلاك الطاقة النهائية في القطاع المنزلي والخدمات يعتمد على الشكل النهائي للاستهلاك من قبيل تسخين المياه والتدفئة والتكييف والإضاءة،... إلخ.

وهكذا نكون قد أتممنا بناء وإعداد معطيات الدخل للبرنامج MAED للسنة الأساس (1999) بالاعتماد على بيانات ومعلومات إحصائية واقعية تعكس القوى المحركة الفعلية التي تتحكم باستهلاك الطاقة (العوامل الاقتصادية والاجتماعية والبشرية ومعامل الحركية بالإضافة إلى العوامل الفنية والتقنية...) تمهيداً لإعادة بناء الشكل العام لنظام الطاقة النهائية المستهلكة وتوزيعها على قطاعات الاستهلاك وفقاً لنمط الوقود.

إن إعادة تشغيل البرنامج وإدخال معطيات جديدة تأخذ بعين الاعتبار القيم الإحصائية الدقيقة التي تعكس الواقع الفعلي لاستهلاك أنماط الوقود وقطاعات الاستهلاك التي ستتوفر مستقبلاً ستكون ضرورية للتحقق من نتائج البرنامج ومقارنتها مع القيم الحقيقية لاستهلاك القطاعات المختلفة ولمختلف أنماط الوقود [6]، مع العلم أن النتائج الحالية التي حصلنا عليها كانت قريبة من البيانات المتوفرة وبانحراف لا يتجاوز 0.1%.

بناء سيناريوهات التطور الاقتصادية-الاجتماعية

جرى في هذه الدراسة -كما ذكر سابقاً- تحليل التطور

حالات تحليل تطور الطلب على الطاقة النهائية والكهرباء
1- سيناريو النمو المرتفع (السيناريو المرجعي):
- اقتصادياً : معدل نمو مرتفع لـ (GDP) بحدود 7%◄ مع التركيز على قطاعي الصناعة والخدمات .
- سكانياً : انخفاض في معدل التزايد السكاني من 2.7% الى 2.0% خلال فترة الدراسة .
- نمط الحياة : زيادة كبيرة في عدد المنازل والحركية ، واستخدام التجهيزات الكهربائية ، وملكية السيارات . . . الخ .
- تقنياً : تحسن مقبول في مردود الآلات ، واستخدام الطاقة الشمسية للأغراض الحرارية .
2- سيناريو ضغط الطاقة :
- اقتصادياً : كما في السيناريو المرجعي .
- سكانياً : كما في السيناريو المرجعي .
- نمط الحياة : كما في السيناريو المرجعي .
- تقنياً : يلحظ هذا السيناريو ادخال تحسينات على كفاءة استخدام الطاقة وترشيد استهلاكها ، بما في ذلك إجراءات العزل ،واستخدام الطاقة الشمسية بشكل متزايد للأغراض الحرارية .
3- سيناريو النمو المنخفض :
- اقتصادياً : معدل نمو منخفض لـ(GDP) بحدود 3.5% مع تحسن بطيء في نمو القطاع الصناعي .
- سكانياً : كما في السيناريو المرجعي .
- نمط الحياة : معدلات التحسن والزيادة اقل حدة مثيلاتها في السيناريو المرجعي .
- تقنياً : يلحظ هذا السيناريو ادخال تحسينات محدودة على كفاءة استخدام الطاقة وعلى مقاييس العزل ، وحصة صغيرة لاستخدام الطاقة الشمسية لأغراض التدفئة .
حالات التوسع الأمثل لنظام التوليد الكهربائي
تتضمن قائمة المحطات الكهربائية المرشحة للدخول في نظام التوليد الكهربائي المستقبلي : محطات بخارية تعمل على الغاز ، محطات بخارية تعمل على الفيول ، محطات غازية تعمل على الغاز ، محطات دارة مركبة ، محطات نووية متوسطة وكبيرة الاستطاعة ، محطات ادخارية (pumped storage) .
1- السيناريو المرجعي للتوسع (يعتمد السيناريو المرجعي للطلب على الكهرباء):
- الحالة الأولى (الحالة الأساسية) : تشتمل على زيادة في اسعار الغاز الى المستوى العالمي في الفترة بين (1999-2005) وبعد ذلك تزايد بنسبة 2% سنوياً مع عدم وجود حدود على كميات الغاز المستهلكة .
- الحالة الثانية : كما في الحالة الأولى مع تقييد كمية الغاز المتاحة محلياً .
- الحالة الثالثة : كما في الحالة الأولى مع إدخال محطات ادخار مائية .
دراسة الحساسية ، وتشمل المعاملات التالية :
• تكاليف انشاء المحطات النووية (overnight cost) .
• كمية انتاج الغاز الوطني .
• معدل الحسم على تمويل المحطات .
2- سيناريو ضغط الطاقة :
كما في الحالة الأولى للسيناريو المرجعي ولكن بالاستناد الى معطيات سيناريو ضغط الطاقة بالنسبة للطلب على الكهرباء .
3- السيناريو المتشائم :
كما في الحالة الأولى للسيناريو المرجعي ولكن بالاستناد الى معطيات السيناريو المتشائم بالنسبة للطلب على الكهرباء .

الجدول 1: لمحة عن طريقة التحليل المنهجية المعتمدة لحساب الطاقة النهائية ومخطط التوسع الأمثل لنظام التوليد الكهربائي وسمات السيناريوهات المعتمدة.

المستقبلي للطلب على الطاقة النهائية بما فيها الكهرباء في سورية خلال العقود الثلاثة القادمة اعتماداً على التطورات الديموغرافية والاقتصادية والاجتماعية والتقنية المتوقعة خلال هذه الفترة. وترتكز منهجية العمل المعتمدة في البرنامج MAED على تحليل العوامل الاقتصادية والاجتماعية والسكانية والتقنية المتحكمة في كمية وأنماط استهلاك الطاقة النهائية، من خلال صياغتها في جملة من المعادلات والمحددات الكمية القابلة للتعديل كل خمس سنوات انطلاقاً من السنة المرجعية 1999◄. ونظراً للدور المحوري الذي تلعبه المؤثرات الاقتصادية في هذه المنهجية وعدم إمكانية حصر هذا التطور في اتجاه واحد فقد اعتمد في تحديد المعدلات، المتوقع أن ينمو الاقتصاد السوري وفقها خلال العقود الثلاثة القادمة، على توجهين، يفترض الأول نمو الناتج المحلي الإجمالي (GDP) بشكل مطرد ويفترض الثاني تعرض الاقتصاد لمعوقات تحول دون نموه مع ما يترتب على كلا التوجهين من مؤثرات اجتماعية وارتباطات

◄ للحصول على المزيد من البيانات التفصيلية لمعطيات دخل البرنامج MAED للسنة الأساس والسيناريوهات المختلفة يمكن العودة للمرجع [16] .

◄ اعتبرت الفترة الأولى من الدراسة (1999-2005) مرحلة انتقالية في الاقتصاد السوري من المتوقع أن تكون فيها نسبة نمو الناتج المحلي الإجمالي بحدود 4.5% فقط.

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

عكسية في تطور الطلب على الطاقة. وقد روعي في سيناريو رديف تأثير ترشيد الاستهلاك في القطاعات المختلفة على الطلب المتوقع في حال اعتماد النمو الاقتصادي المتفائل. ويلخص الجدول 4 حالات وسمات الدراسة المختلفة لكل سيناريو بالنظر للتطور المستقبلي لنمو الطلب على الطاقة النهائية وللتوسع الأمثل لنظام التوليد الكهربائي. ويحتوي التقرير [16] على معلومات أكثر تفصيلاً بهذا الخصوص.

يمثل الاتجاه الأول الذي اعتبر الحالة المرجعية وسمي بسيناريو النمو الاقتصادي المرتفع (HS: high economy scenario) نمواً اقتصادياً كبيراً بنسبة 7% خلال جميع مراحل الدراسة باستثناء الفترة الأولى الممتدة من عام 1999 إلى عام 2005 والتي اعتبرت مرحلة انتقالية للاقتصاد السوري من المتوقع أن تتأرجح فيها نسبة نمو الناتج المحلي الإجمالي عند حدود 4.5% فقط. ويشكل معدل النمو المرتفع لقطاع التصنيع والذي يصل في بعض المراحل إلى 13% سنوياً قوة الدفع الأساسية في النمو المتوقع للناتج المحلي الإجمالي وهو ما يعكس التوجه الرسمي للحكومة نحو تطوير وتفعيل هذا القطاع وخاصة صناعة الآليات والأدوات وتلك الفعاليات الإنتاجية التي لا تتطلب كثافة طاقية كبيرة وتنتج في الوقت نفسه قيمة مضافة عالية. وقد روعي في هذا السيناريو التحديث الذي يمكن أن تشهده مجمل القطاعات الصناعية وقطاع النقل بشكل خاص وما يمكن أن ينتج عنها من وفر طاقي نتيجة تحسن المردود.

وباعتماد التوقعات نفسها في نسبة النمو الاقتصادي والمعايير الأخرى وضع سيناريو ثانٍ مرافق سمي بسيناريو ترشيد الاستهلاك (ES: efficiency scenario) يشابه السيناريو الأول في معظم المعاملات الرئيسية إلا أنه يختلف عنه بالمعاملات المتعلقة بتحسن المردود وإجراءات ترشيد الاستهلاك على مستوى الاستهلاك النهائي. ويعكس هذا السيناريو وجهة نظر متفائلة من حيث نجاح سياسات ترشيد وحفظ استهلاك الطاقة التي بُدئ رسمياً بتبنيها وتطويرها. وهو يأخذ بعين الاعتبار عدة معايير وإجراءات من المتوقع أن تتخذها الحكومة في مجال حفظ الطاقة وترشيد استهلاكها مع الاستخدام العقلاني لمصادرها وإتاحة دور واقعي للطاقات المتجددة وخاصة الشمسية في مجال الاستخدامات الحرارية.

أما السيناريو الثالث فيمثل سيناريو النمو المتدني (LS: low economy scenario) ويعبّر عن وجهة نظر أقل تفاؤلاً بخصوص نمو الاقتصاد كما يمثل تطوراً منخفضاً في القطاع الصناعي، حيث افترض أن نسبة النمو السنوي للناتج المحلي الإجمالي لن تتجاوز 3.5%. كما لم يراع هذا السيناريو أي تحسن في مردود الآلات والتجهيزات ولم يلحظ دوراً لإجراءات ترشيد الاستهلاك لعدم توفر الإمكانيات التمويلية الضرورية لتحقيقها.

التطورات السكانية

فيما يتعلق بالنمو السكاني فقد اعتمدت نسبة النمو السنوية نفسها لكافة السيناريوهات نظراً لعدم وجود تفاوت كبير في التوقعات الرسمية للنمو السكاني. وبناءً على التوجهات الرسمية فقد افترض أنها سوف تتناقص تدريجياً من قيمتها الحالية البالغة 2.7% إلى 2% خلال فترة الدراسة (30 سنة) وفقاً للتقديرات والدراسات الرسمية الصادرة عن المكتب المركزي للإحصاء. ومن العوامل الأخرى التي تعتبر ذات تأثير مهم في رسم التصور المستقبلي للتطور السكاني ما يسمى بالاتجاه نحو التمدن والذي ينتج من حقيقة مفادها أن القرى الصغيرة في توسع مستمر وسوف تتحول إلى مدن صغيرة، في حين ستتناقص نسبة التجمعات السكانية المحاذية للمدن الكبيرة نتيجة اتساع الأخيرة لتشملها مما سيؤدي لازدياد عدد سكان هذه المدن. بالإضافة إلى أن تطور وارتفاع مستوى المعيشة سوف يفرز أنماطاً جديدة للسلوك وتغيراً في العادات الاجتماعية، فمن المتوقع أن ينخفض عدد الأطفال في العائلة الواحدة (انخفاض معدل الإنجاب ونسبة المواليد) مما سيؤدي إلى انخفاض عدد الأفراد في المنزل الواحد تدريجياً من قيمته الحالية الواقعة بحدود 6.68 إلى 5.0 (فرد /منزل) بحلول العام 2030، وهو ما سيؤثر بدوره على عدد المنازل الذي سوف يزداد من 2.38 مليون منزل إلى 6.17 مليون منزل خلال الفترة نفسها.

التطورات الاقتصادية

إن تطور الاقتصاد وبنيته المستقبلية يمثل القوة الدافعة لتطور الطلب على الطاقة والكهرباء، حيث تعتبر الطاقة عصب الاقتصاد وعجلاته. لذلك فقد تمت دراسة وتحليل التطور الاقتصادي المتوقع للقطر وفقاً لنظريتين مختلفتين لمعدل النمو، تتجسد الأولى في السيناريو المرجعي (HS) الذي يفترض حدوث نمو اقتصادي كبير يتجلى بنسبة عالية لنمو الناتج المحلي الإجمالي GDP تصل إلى 7% (باستثناء الفترة الأولى بين 1999-2005 والتي تعتبر حالة عابرة ينمو فيها بنسبة 4.5% وهي تعكس نمواً بطيئاً في الاقتصاد)، يمثل التوسع في عمليات التصنيع والتطور الصناعي -مدفوعة بتوجه حكومي لدعم الصناعات ذات الكثافة الطاقية المنخفضة والقيمة المضافة العالية- قاطرة الجر لهذا النمو.

إن افتراض هذه النسبة المرتفعة له العديد من الاعتبارات التي تبرره، أولها أن القراءة التاريخية لتطور الاقتصاد السوري تظهر نمواً في الـ GDP بنسبة وسطية تصل إلى 5.6% خلال العقود الثلاثة الماضية بالرغم من كل الصعوبات والمعوقات التي واجهها هذا الاقتصاد وعلى كافة الأصعدة البشرية والسياسية والاجتماعية، مما يعني أن هذا الاقتصاد يملك قوى كامنة كافية لتحقيق هذه النسبة. الأمر الثاني هو التوجهات الرسمية المعلنة والخطط الاقتصادية التي تتبناها الحكومة بإعطاء القطاع الخاص فرصاً أكبر، وإعادة صياغة التشريعات والقوانين التي تسمح بالتوجه نحو تحرير الاقتصاد وتطويره وصولاً إلى اقتصاد السوق، أما السبب الثالث فهو اتفاق الشراكة الموقع مع الاتحاد الأوربي والذي سيسمح لسورية بتأمين المزيد من الدعم الاقتصادي وتدفق الاستثمارات إلى قطاعي الصناعة والخدمات بشكل خاص. بالإضافة إلى ما سبق، فإن تحقيق معدل نمو مرتفع في الناتج المحلي (أكثر من

5% سنوياً) يبدو ضرورة ملحة من أجل تحقيق التنمية الاقتصادية والاجتماعية إذا ما علمنا أن نسبة النمو السكاني في سورية قريبة من الـ 2.7% وهي من النسب العالية عالمياً.

اعتماداً على هذه النسبة المرتفعة نفسها في نمو الناتج المحلي تم بناء سيناريو آخر سمي سيناريو حفظ الطاقة (ES) روعي فيه التأكيد على تطبيق سياسات إدارة الطلب على الطاقة والمصادر الطاقية والترشيد في استهلاك الطاقة بما ينسجم مع التوجهات الحكومية، وبيان انعكاس نتائج هذه الإجراءات على النمو الاقتصادي وتطور الطلب على الطاقة والكهرباء (الفاتورة الطاقية).

أما النظرة الثانية فتتجسد في السيناريو المنخفض (LS) الذي لا تتجاوز فيه نسبة النمو السنوية في الناتج المحلي الإجمالي قيمة الـ3.5% مما يعني إدخال القليل من التطوير والتحسين في كافة قطاعات الاقتصاد.

ويوضح الجدول 4 بعض السمات والفرضيات المعتمدة في بناء السيناريوهات الثلاثة.

الحركية ونمط الحياة

هناك العديد من العوامل والقوى التي تتحكم بالحركية ونمط الحياة لعل أهمها مايسمى بمعامل الملكية أو معامل اقتناء السيارة السياحية (CO) (نسبة عدد السكان إلى عدد السيارات)، والذي يملك حالياً قيمة مرتفعة جداً إذا ما قورنت بدول الجوار والكثير من الدول النامية تقارب الـ 43 شخص/سيارة ومن المتوقع وفقاً لمعطيات الدراسة أن ينخفض هذا الرقم في السيناريو المرتفع خلال العقود الثلاثة المقبلة ليصبح 22.8 عام 2030 وهي قيمة غير مرضية بالمقاييس الحالية، وبالنتيجة فإن الزيادة السنوية للمسافة التي يقطعها الشخص بالسيارة في السنة خارج المدينة (DIC) سوف تقارب الـ1.5%، أما متوسط المسافة التي يقطعها الفرد في السنة (DI) فسوف تزداد بنسبة 1.4%.

من المفيد هنا الإشارة إلى وجود ارتباط وثيق بين الحركية ومتوسط دخل الفرد والذي من المفترض أن يزداد سنوياً بمعدل 4.6% في السيناريو المرجعي حتى يتم تحقيق التحسن الذي ذكر سابقاً في معاملات الحركية ونمط الحياة. هذه الزيادة في الدخل سوف تنعكس على رفاهية السكان وبالتالي استهلاكهم للطاقة والكهرباء نتيجة لاقتنائهم للتجهيزات الكهربائية وأجهزة التكييف الحديثة وبالنتيجة سيرتفع معدل استهلاك المنزل الواحد من الطاقة الكهربائية (EL/DW) ونسبة المنازل المزودة بأجهزة التكييف (DWAC) والتي تساوي حالياً مانسبته 7.3% (هذه القيمة مقدرة من بعض التقييمات الإحصائية للسنوات الثلاث السابقة) ومن المتوقع أن ترتفع إلى 8.2% خلال السنوات الخمس المقبلة ثم تنخفض تدريجياً لتصبح بحدود 2.5% في نهاية فترة الدراسة (الجدول 5).

الكثافة الطاقية النوعية في الصناعة

يعتمد تطور الطلب على الطاقة في القطاعات الجزئية المكونة للقطاع الصناعي بشكل رئيسي على تطور الكثافة الطاقية في

المعامل	العام						
	1999	2005	2010	2015	2020	2025	2030
عدد السكان (مليون)	15.89	18.54	20.87	23.27	25.82	28.50	31.47
CO (شخص/سيارة)	43	38.7	34.8	31.3	28.2	25.4	22.8
عدد السيارات (مليون)	0.369	0.479	0.599	0.743	0.915	1.122	1.380
DIC [km/Car/Y]	7500	8000	8600	9300	10010	11000	12000
DI [km/Pers/Y]	2812	3023	3250	3495	3755	4037	4340
EL/DW [kWh/Y] ◁	3332	3825	3955	4056	4160	4260	4354
DWAC [%]	7.3	11.1	13.1	15.0	17.0	19.0	21.0

الجدول 5: قيم بعض المعاملات التي تؤثر في الحركية ونمط الحياة وفقاً للسيناريو المرجعي

استخدامات هذه الطاقة سواء كان هذا الاستخدام حرارياً أم وقود محركات أم استخداماً نوعياً للكهرباء. بالاستناد إلى القيم المضافة المبينة في الجدول 1 وتوزيع استهلاك الطاقة النهائية لسنة الأساس (الجدول 3) يمكن حساب قيم الكثافات الطاقية لوقود المحركات والاستخدام الحراري والاستخدام النوعي للكهرباء في القطاعات الجزئية المكونة للقطاع الصناعي (الزراعة، البناء والتشييد، المناجم، التصنيع) في سنة الأساس.

يبين الجدول 6 قيم الكثافة الطاقية المقدرة في السنوات المفصلية وفي كل القطاعات الجزئية المكونة لقطاع الصناعة ولمختلف أشكال الطاقة انطلاقاً من السنة المرجعية وذلك وفقاً لمعطيات السيناريو المرتفع (المرجعي). ويستند هذا التقدير إلى التطور التقني – الاقتصادي المتوقع في مختلف الفعاليات الاقتصادية والذي يرتكز على الاعتبارات التالية:

- إعادة هيكلة القطاعات الصناعية المختلفة ودمجها وأتمتة العمل فيها اعتباراً من عام 2005 مما سينعكس إيجاباً على انخفاض الكثافة الطاقية.
- تحديث وتطوير الآلات والتجهيزات المستخدمة في هذا القطاع وتحسين أساليب إدارة الإنتاج، خاصة في الصناعات الأساسية، الأمر الذي سيساهم في زيادة المردود والحد من هدر الطاقة والضياعات خصوصاً أثناء العمليات الحرارية.
- الحد من نسبة الغاز المحترق على الشعلة خلال عملية إنتاج النفط.

كما أن هذه الافتراضات لتطور الكثافة الطاقية استنتجت بالانسجام مع عدة تقديرات وتقارير منها:

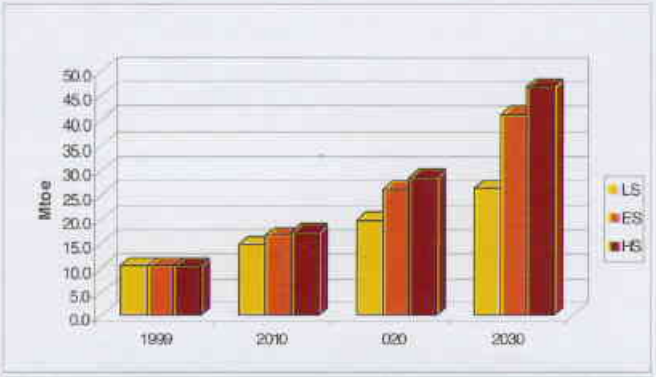
- القيم الفعلية المقدرة في البلدان المتطورة [13].
- القيم الموجودة في بعض الدول التي تمتلك صناعات متطورة مثل ماليزيا وأندونيسيا والباكستان وتركيا [14]، [15].

◁ تتضمن القيم الاستجرار غير المشروع للكهرباء.

القطاع	السنة						
	1999	2005	2010	2015	2020	2025	2030
الزراعة							
كثافة الطاقة النهائية الكلية (ك. و. س/دولار)	2.6496	2.5806	2.5254	2.4794	2.4288	2.3828	2.3322
كثافة الطاقة النهائية الكلية (ك. و. س/ ل.س)	0.0576	0.0561	0.0549	0.0539	0.0528	0.0518	0.0507
- وقود محركات	0.0388	0.0375	0.0364	0.0353	0.0342	0.0331	0.0320
- استخدام نوعي للكهرباء	0.0052	0.0053	0.0053	0.0054	0.0055	0.0056	0.0057
- استخدام حراري (غاز)	0.0136	0.0133	0.0132	0.0132	0.0131	0.0131	0.0130
استخدام حراري (فحم)	0.0095	0.0095	0.0095	0.0095	0.0095	0.0095	0.0095
البناء والتشييد							
كثافة الطاقة النهائية الكلية (ك. و. س/دولار)	3.7119	3.8724	4.0060	4.1397	4.2734	4.4071	4.5408
كثافة الطاقة النهائية الكلية (ك. و. س/ ل.س)	0.0807	0.0842	0.0871	0.0900	0.0929	0.0958	0.0987
- وقود محركات	0.0769	0.0802	0.0830	0.0857	0.0885	0.0913	0.0940
- استخدام نوعي للكهرباء	0.0038	0.0039	0.0041	0.0042	0.0044	0.0046	0.0047
- استخدام حراري (غاز)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
استخدام حراري (فحم)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
التصنيع							
كثافة الطاقة النهائية الكلية (ك. و. س/دولار)	3.013	3.013	3.0176	3.0314	3.036	3.0406	3.0544
كثافة الطاقة النهائية الكلية (ك. و. س/ ل.س)	0.0655	0.0655	0.0656	0.0659	0.066	0.0661	0.0664
- وقود محركات	0.0211	0.0211	0.0211	0.0211	0.0211	0.0211	0.0211
- استخدام نوعي للكهرباء	0.0305	0.0308	0.0310	0.0313	0.0315	0.0317	0.0320
- استخدام حراري (غاز)	0.0139	0.0136	0.0135	0.0135	0.0134	0.0133	0.0133
استخدام حراري (فحم)	0.0097	0.0097	0.0097	0.0097	0.0097	0.0097	0.0097
التصنيع الكلي							
كثافة الطاقة النهائية الكلية (ك. و. س/دولار) ◄	19.9456	19.4166	17.7468	16.0954	14.4762	12.9628	11.5092
كثافة الطاقة النهائية الكلية (ك. و. س/ ل.س) ◄	0.4336	0.4221	0.3858	0.3499	0.3147	0.2818	0.2502
- وقود محركات	0.0200	0.0196	0.0175	0.0154	0.0132	0.0110	0.0088
- استخدام نوعي للكهرباء	0.0496	0.0504	0.0494	0.0483	0.0471	0.0458	0.0445
- استخدام حراري (غاز)	0.3640	0.3521	0.3189	0.2862	0.2544	0.2250	0.1969
- استخدام حراري (فحم)	0.2307	0.2234	0.2079	0.1915	0.1745	0.1579	0.1412

الجدول 2: تطور كثافة الطاقة النهائية في قطاع الصناعة وفقاً للسيناريو المرجعي (ك. و. س/ ل.س) ◄

- المؤشرات النوعية في السياسة السورية الرسمية فيما يتعلق بالخطط الاقتصادية للمرحلة الانتقالية التي يمر بها الاقتصاد السوري حالياً والقدرات الكامنة في هذا الاقتصاد.



الشكل 3: نتائج تطور الطلب المستقبلي على الطاقة النهائية في السيناريوهات الثلاثة.

النتائج الرئيسية

وفقاً للسيناريوهات الاقتصادية الموضوعة فقد تشكلت لدينا ثلاثة اتجاهات يمكن أن تعكس التطور المستقبلي للطلب على الطاقة والكهرباء وفيما يلي نورد أهم النتائج التي حصلنا عليها والمتعلقة بالطلب على الطاقة النهائية والكهرباء ونصيب الفرد منها، والطلب على الطاقة النهائية موزعاً على القطاعات وأشكال الطاقة، ومعاملات المرونة الداخلية والكثافة الطاقية بالإضافة إلى مقارنة بين نتائج السيناريوهات الثلاثة.

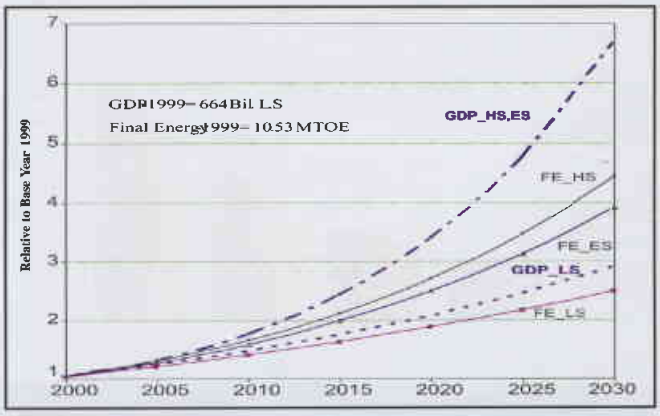
الطلب المتوقع على الطاقة النهائية

يبين الشكل 3 القيم التقديرية للطلب على الطاقة النهائية خلال العقود الثلاثة القادمة وفقاً لمعطيات السنة الأساس وسيناريوهات التطور الاجتماعية–الاقتصادية والتقنية الثلاثة التي نوقشت سابقاً.

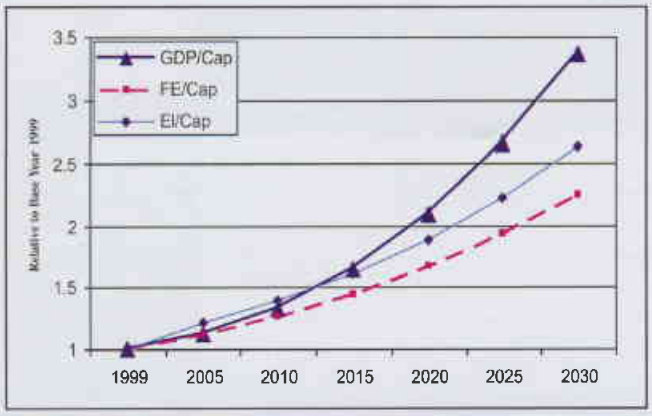
انطلاقاً من الطاقة النهائية المستهلكة في السنة الأساس والبالغة حوالي 10.5 مليون طن مكافئ سينمو الطلب بنسبة سنوية وسطية تقرب من 5%، 94.6% و3% وصولاً إلى 46.8 مليون طن، 41.2 مليون طن و 26.4 مليون طن عام 2030 للسيناريو المتفائل وسيناريو حفظ الطاقة والسيناريو المتشائم على التوالي، وبإجراء مقارنة بين السيناريو المنخفض والسيناريو المرجعي يُستقرأ أن تحقيق نسبة نمو منخفضة وتطور محدود في نمط الحياة (سمات السيناريو المنخفض) انعكسا بانخفاض واضح في الطلب على الطاقة النهائية بنسبة 15%، 30%، 44% في الأعوام 2010، 2020، 2030 على التوالي مقارنةً بنظيراتها في السيناريو المرجعي الأمر الذي يؤكد قوة الترابط بين النمو الاقتصادي ونمو الطلب المستقبلي على الطاقة. من جهة أخرى يلاحظ أن كمية الطاقة النهائية المطلوبة في سيناريو حفظ الطاقة ستكون أقل بحوالي 13% منها في السيناريو المتفائل. ويمكن أن نتخيل مدى تأثير تحسن المردود وإجراءات ترشيد الاستهلاك على معدل نمو الطلب المستقبلي إذا علمنا أنه يمكن توفير 5.7، 2.3، 0.8 مليون طن نفط مكافئ في الأعوام 2010، 2020، 2030 على التوالي وهو ما يعادل 7% و22%

◄ الدولار الأمريكي يساوي 46 ليرة سورية.
◄ القيم المالية الواردة مقدرة بالأسعار الثابتة لعام 1995.

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



الشكل 4: تطور الـGDP والطلب على الطاقة النهائية خلال الدراسة بالنسبة لسنة الأساس.



الشكل 5: تطور نصيب الفرد من الناتج المحلي والطاقة النهائية والكهرباء نسبة لسنة الأساس.

و55% من الطلب على الطاقة النهائية في سنة الأساس وفقاً لمقارنة نتائج السيناريو المرجعي مع سيناريو حفظ الطاقة.

ويبين الشكل 4 التطور النسبي للناتج المحلي الإجمالي GDP والطلب على الطاقة النهائية مقارنة مع سنة الأساس. وتؤكد المنحنيات البيانية الموضحة العلاقة بين نمو الـGDP ونمو الطاقة النهائية، كما أنها تشير إلى أن نسب نمو الـGDP في السيناريوهات كافة أعلى من نسب نمو الطلب على الطاقة النهائية مما يدل على تطور إيجابي في معامل المرونة الدخلية للطلب على الطاقة النهائية ◄.

وفقاً لذلك يبدي سيناريو حفظ الطاقة التطور الأفضل لمعامل المرونة بتراجع كبير من 0.9 إلى 0.75 خلال الفترة 2005-2010 ويستمر بالانخفاض إلى أن يستقر عند قيمة 0.66 وهي قريبة من قيم بعض الدول المتطورة (الجدول 7). كما يظهر السيناريو المتفائل توجهاً مشابهاً لكن عند قيم أعلى بحوالي 10% مقارنةً مع سيناريو حفظ الطاقة. أما السيناريو المتشائم فلا يظهر تراجعاً كبيراً في معامل المرونة خلال فترة الدراسة حيث سيتراجع من 0.9 في المرحلة الأولى إلى 0.83 في المرحلة الأخيرة للدراسة. وبشكل عام تظهر السيناريوهات الثلاثة أن معامل المرونة سيتطور لقيم أقل من الواحد بعد فترة النمو الانتقالية 1999-2005، وستكون القيم في نهاية فترة الدراسة مساوية لـ 0.65، 0.72، 0.83 في السيناريو المتشائم و المتفائل وسيناريو حفظ الطاقة على التوالي.

تطور نصيب الفرد من الطاقة النهائية والكهرباء

بلغ نصيب الفرد من الناتج المحلي ◁ في سنة الأساس ما يعادل 900 دولار أمريكي ◄، أما حصته من الطاقة النهائية فكانت حوالي 663 كغ نفط مكافئ و1055 ك. و. س من الكهرباء كطاقة نهائية. أما في نهاية فترة الدراسة فستكون هذه الحصص كما يلي: 3000 دولار أمريكي، 1490 كغ نفط مكافئ، 2780 ك. و. س في السيناريو المرجعي مقابل 3000 دولار أمريكي، 1300 كغ نفط مكافئ، 2475 ك. و. س في سيناريو حفظ الطاقة، أما في السيناريو المنخفض فستبلغ 1330 دولار أمريكي، 840 كغ نفط مكافئ، 1500 ك. و. س.

وتبين المقارنة أن نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي في السيناريو المتفائل وسيناريو حفظ الطاقة سينمو بنسبة تزيد عن 4% سنوياً لتصل عام 2030 إلى ثلاثة أضعاف ما كانت عليه في السنة الأساس (حوالي 3000 دولار أمريكي)، أما حصته من الطاقة النهائية والكهرباء فتتزايد بنسب سنوية تساوي 3%، 3.75% على التوالي وهو أمر إيجابي ويدعو للتفاؤل. يلاحظ من الشكل 5 أن النمو النسبي لحصته من الناتج المحلي سوف يفوق نمو الطاقة النهائية والكهرباء بدءاً من عام 2010 و2020 على التوالي، في حين يحافظ النمو في حصته من الكهرباء على قيم أعلى من نصيب الطاقة النهائية طوال فترة الدراسة، الأمر الذي يعتبر نتيجة مباشرة لعمليات الأتمتة الصناعية وتحسن المردود إضافةً إلى التوجه نحو التصنيع والتقليل من الفعاليات الاقتصادية ذات الكثافة الطاقية العالية. أما في السيناريو المتشائم فلن تبلغ القيم المقابلة نصف هذه المعدلات حيث سيبقى دخل الفرد المتوقع بحدود 1330 دولاراً عند نهاية الدراسة.

توزع الطلب على الطاقة بحسب قطاعات الاستهلاك

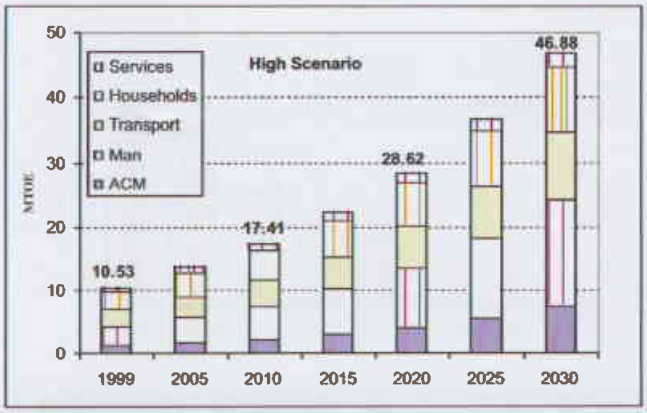
سيقتصر فيما يلي على عرض نتائج السيناريو المرجعي (HS)، حيث يبين الشكل 6 قيم الطلب على الطاقة النهائية موزعةً بحسب قطاعات الاستهلاك. لقد جرت الإشارة في الفقرة السابقة إلى أن الطلب على الطاقة النهائية الكلية سينمو خلال فترة الدراسة بنسبة وسطية تبلغ 5% في السيناريو المتفائل، حيث يسجل الطلب على الطاقة في القطاع الصناعي نسبة نمو تساوي 5.75% وتعتبر الأعلى بين القطاعات

الفترة / السيناريو	1999-2005	2005-2010	2010-2015	2015-2020	2020-2025	2025-2030
HS	1.01	0.81	0.74	0.73	0.72	0.72
ES	0.90	0.75	0.68	0.67	0.66	0.65
LS	0.90	0.89	0.85	0.85	0.83	0.83

الجدول 7: تطور معامل المرونة للطاقة النهائية وفقاً للسيناريوهات الثلاثة.

◄ يمثل معامل المرونة الدخلية (Income Elasticity) النسبة بين معدل النمو السنوي للطلب على الطاقة ومعدل نمو الناتج المحلي الإجمالي خلال فترة معينة وكلما صغر هذا المعامل دل ذلك على نمو أكثر رعبة وتوازناً وهو ما يعني في النهاية تكاليف طاقية أقل.
◁ قيمة توجيهية تنتج من توزيع الناتج المحلي الإجمالي على عدد السكان.
◄ بالسعر الثابت للدولار عام 1995.

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



الشكل 6: تطور الطلب القطاعي على الطاقة النهائية وفقاً للسيناريو المرجعي (HS)
(القطاع الصناعي: البناء والتشييد، قطاع المناجم والصناعات الاستخراجية والزراعة (ACM) بالإضافة إلى التصنيع MAN)

الاقتصادية، في المقابل ينخفض نمو الطلب في القطاع المنزلي من 4.58% في عام 2005 ليصل إلى 3.75% عام 2030 نتيجةً لحالة الإشباع التي سيشهدها هذا القطاع مع مرور الزمن وارتفاع كفاءة تدابير العزل والمردود في التجهيزات والأدوات المستهلكة للطاقة مع ارتفاع مستوى المعيشة. أما بالنسبة لقطاع الخدمات فمن المتوقع أن يحقق نسبة نمو وسطية في الطلب على الطاقة تقارب الـ3.81% وهي أقل من نسبة النمو التي من المتوقع أن يحققها قطاع النقل والتي ستستقر عند حدود الـ 4.5% خلال الثلاثين سنة المقبلة.

بالنسبة للاستهلاك القطاعي للطاقة النهائية في السنة الأساس فإنه سيتوزع وفقاً للنسب التقريبية التالية: 41% للصناعة (القطاع الصناعي يتكون من قطاع البناء والتشييد، قطاع المناجم والصناعات الاستخراجية، قطاعي الزراعة والتصنيع) و25% للنقل و34% للقطاع المنزلي–الخدمي، وسينزاح هذا التوزع عند نهاية الدراسة لصالح الصناعة نتيجة النمو الاقتصادي المتوقع في هذا القطاع على حساب المنزلي–الخدمي بشكل رئيسي ليصبح في عام 2030 مساوياً لـ52% للصناعة، 22% للنقل، 26% للمنزلي–الخدمي وذلك يعود إلى أن هذا السيناريو يفترض حدوث توسع في القطاع الصناعي وتطبيق إجراءات تسمح بالحد من استهلاك الطاقة في قطاع النقل نتيجةً لتحديث الآليات والسيارات القديمة واستبدالها بأخرى حديثة.

السيناريو	نمط الوقود	معدل النمو الوسطي [%]	الكمية (MTOE)		الحصة [%]	
		2030-1999	1999	2030	1999	2030
السيناريو المرجعي (HS)	المجموع	4.94	10.53	46.88	100	100
	الوقود الأحفوري	4.888	5.012	22.007	%47.60	%46.95
	وقود المحركات	4.875	3.630	15.873	%34.47	%33.86
	الكهرباء	5.473	1.442	7.522	%13.70	%16.05
	اشكال أخرى	3.938	0.445	1.474	%4.23	%3.14

الجدول 18: تطور الطلب على الطاقة النهائية حسب نمط الوقود وفقاً للسيناريو المرجعي (HS)

توزع الطلب على الطاقة النهائية بحسب أشكال الطاقة

يبيّن الجدولان 8 و 9 تطور الطلب على الطاقة النهائية في السيناريو المرجعي موزعاً بحسب أنماط الاستهلاك (نمط الوقود المستهلك) ويتضمن الوقود المستهلك الوقود الأحفوري للتطبيقات الحرارية (ديزل وفيول وغاز) ووقود المحركات (ديزل وبنزين) والطاقة الكهربائية للاستخدامات النوعية الخاصة والأنماط الأخرى المتمثلة بالطاقة الشمسية والوقود التقليدي والوقود المستخدم للأغراض اللاطاقية وتمثل جميعها حصة بسيطة من مجمل الاستهلاك لا تزيد عن 4%.

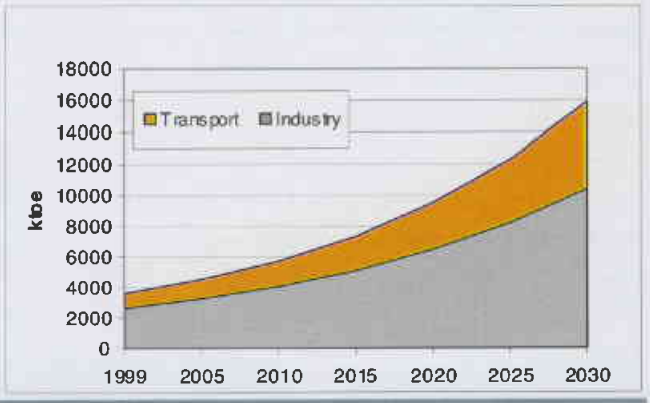
ويشير توزع الحصص في سنة الأساس إلى أن الاستخدام الحراري للوقود الأحفوري (عدا وقود المحركات) يمثل الحصة الكبرى من مجموع الاستهلاك ومن المتوقع له أن يستمر بالاستئثار بالنصيب الأكبر من الطلب على الطاقة النهائية في المستقبل، حيث إنها لن تنخفض طوال فترة الدراسة إلا بمقدار بسيط (حيث نما هذا النوع من 5 ملايين طن (47.6%) في السنة الأساس إلى 22 مليون طن (47%)عام 2030 وفقاً للسيناريو المتفائل) وتُعزى هذه النسبة العالية بشكل أساسي إلى الصناعة والصناعات الأساسية منها بشكل خاص والتي تعتبر صناعات مستنزفة للطاقة (ذات كثافة طاقية عالية). بالإضافة إلى أن الاستخدامات الحرارية في القطاع المنزلي والخدمي (تبريد وتكييف، تسخين مياه، طبخ... إلخ) ستزيد بسبب ارتفاع مستوى المعيشة وزيادة الاعتماد على التجهيزات والأدوات الترفيهية.

أما الطلب على وقود المحركات (كما يظهر من الشكل 6) فهو يتوزع بنسب ثابتة تقريباً بين قطاعي النقل والصناعة طوال فترة الدراسة تساوي 73% و 27% على التوالي، إلا أن نسبته من كامل الطاقة النهائية المستهلكة تنخفض من 34.5% إلى 32.9% خلال الفترة ما بين 1999 و2010 بسبب عمليات الاستبدال المتوقعة للسيارات القديمة بأخرى حديثة، ثم ترتفع قليلاً خلال العقد الذي يليه لتصل إلى 33.2% بحلول عام 2020، وتشهد خلال العقد الأخير من الدراسة ارتفاعاً بسيطاً يفرضه الارتفاع المتوقع في عدد السيارات ومعامل الحركية لتصل إلى 33.9%.

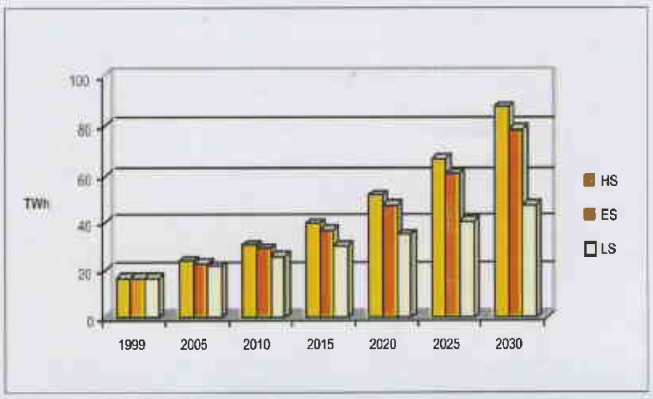
أما ما سمي بأشكال الوقود الأخرى فيضم الوقود التقليدي والطاقة الشمسية لتسخين المياه والغاز المستخدم في صناعة الأسمدة والبتروكيماويات والذي يمثل الحصة الكبرى من هذا

	1999-2005	2005-2010	2010-2015	2015-2020	2020-2025	2025-2030
الصناعة [%]	5.70	6.72	7.36	7.44	7.33	7.27
القطاع المنزلي [%]	5.81	3.93	3.59	3.53	3.45	3.45
الخدمات [%]	7.62	5.22	4.59	4.34	3.85	3.75
النقل والشحن [%]	2.92	3.50	2.91	2.74	2.61	2.98
المجموع [%]	6.04	5.17	5.26	5.37	5.38	5.50

الجدول 19: توزع تطور نسب نمو الطلب على الكهرباء للسيناريو المرجعي حسب قطاعات الاستهلاك



الشكل 7: تطور الطلب القطاعي على وقود المحركات وفقاً للسيناريو المتفائل (HS).



الشكل 8: مقارنة الطلب المقدر على الكهرباء بين السيناريوهات الثلاثة.

النمط يليه الوقود الأحفوري ولا تتعدى حصته 4.2% من مجموع استهلاك الطاقة النهائية في سنة الأساس وستتراجع إلى 3% خلال فترة الدراسة نظراً لكون معدلات نموها (التي تساوي 3.35%) أدنى من معدل النمو الوسطي للطلب على الطاقة النهائية. وبلغت حصة الغاز اللقيم في السنة الأساس 2.7% من مجمل الطاقة النهائية والوقود التقليدي 1.3% (استخدامات حرارية منزلية) في حين لم تلعب الطاقة الشمسية دوراً يذكر. وفي السنوات اللاحقة ستتراجع حصة الغاز اللقيم وصولاً إلى 1.6% في حين ستنمو حصة الطاقة الشمسية لتصل عند نهاية الدراسة إلى 0.75% في السيناريو المتفائل وذلك يعود بشكل أساسي إلى التوسع المفترض في استخدام الطاقة الشمسية لتسخين المياه في القطاع المنزلي وتعتبر هذه النسبة منخفضة جداً بالرغم من النمو الكبير الذي سيشهده الطلب على هذا النمط خلال فترة الدراسة وخاصة في العقد الأخير منها حيث من المتوقع أن تدعم الحكومة عملية تزويد المنازل بالمجمعات الشمسية (ذات التكلفة العالية حالياً) ابتداءً من العقد الثاني من الدراسة ثم لا يلبث أن ينخفض ثمن هذه المجمعات في العقد الأخير ويصبح في متناول شريحة واسعة من المجتمع لاسيما إذا ترافق ذلك مع ازدياد أسعار النفط والغاز.

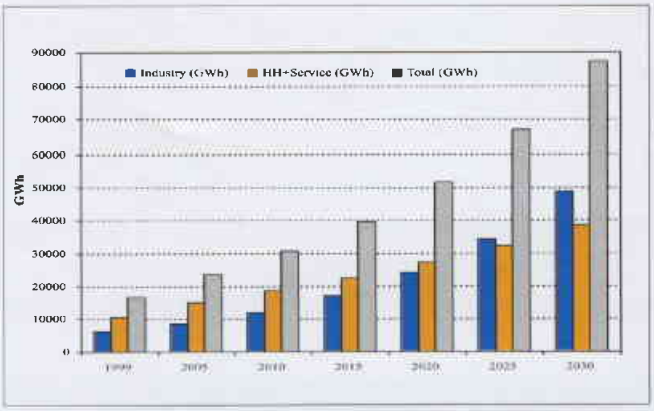
وتملك الطاقة الشمسية مستقبلاً واعداً في سورية كبديل عن الوقود الأحفوري لأغراض التسخين بشكل خاص، وقد روعي هذا الدور بشكل أكبر في سيناريو حفظ الطاقة. أما بالنسبة للوقود غير التجاري (non-commercial fuel) والذي تشكل الفضلات الناجمة عن عصر الزيتون الجزء الأكبر منه [8]، فإن الطلب عليه سينمو بنسبة وسطية تصل إلى 2.4% إلا أن حصته من الطاقة الكلية ستنخفض خلال الدراسة من 1.6% إلى قيمة مهملة لا تتجاوز 0.73%.

تحليل الطلب المتوقع على الكهرباء

تشير الدراسة إلى أن الكهرباء ستسجل معدل النمو الأعلى من بين أشكال الوقود النهائي بنسبة وسطية خلال الدراسة تبلغ 5.5%، 4.56% و 3.4% للسيناريو المتفائل وحفظ الطاقة والمتشائم على التوالي، مما سيقود إلى زيادة حصتها الفعلية من مجمل حوامل الطاقة النهائية بدءاً من 14% في سنة الأساس وصولاً إلى 16% في عام 2030 للسيناريو المرجعي وسيناريو حفظ الطاقة و15.4% في السيناريو المتشائم. وفقاً لذلك سينمو الطلب النهائي على الكهرباء من 16.8 تيرا واط ساعي في السنة الأساس إلى حوالي 87.5 و 78 و 47 تيرا واط ساعي عام 2030 (الشكل 8).

ويلاحظ أن نمو الطلب على الكهرباء يتباين بشكل واضح بين السيناريوهات الثلاثة حيث ستزيد كمية الكهرباء في السيناريو المتفائل عند نهاية الدراسة بنسبة 12% عن سيناريو الحفظ وبنسبة 80% عن السيناريو المتشائم. وهذا التطور النسبي بين السيناريوهات (المتفائل والمتشائم) يعكس من جهة مدى تأثير النمو في القطاع الصناعي وتحسن دخل الفرد على استهلاك الكهرباء كما يظهر لدى المقارنة مع سيناريو حفظ الطاقة مدى جدوى إجراءات الترشيد على مجمل استهلاك الكهرباء والتي ستوفر عند نهاية الدراسة حوالي 10 تيرا واط ساعي. ويبيّن الشكل 9 والجدول 10 توزع تطور الطلب على الكهرباء للسيناريو المرجعي حسب قطاعات الاستهلاك ونسب النمو المقابلة له. من الواضح للعيان أن قطاع الصناعة يشهد النمو الأكبر في الطلب على الكهرباء بنسبة تصل إلى 5.6% في الفترة الأولى و 6.7% في الثانية و 7.3% للسنوات التالية نظراً لعمليات الأتمتة التي يشهدها هذا القطاع. في حين يشهد القطاع المنزلي وقطاع الخدمات اتجاهاً معاكساً يتجلى في انخفاض نسبة نمو الطلب على الكهرباء من 5.8% إلى 3.5% للأول و 7.6% إلى 3.8% للثاني، وبالتالي سيفوق الطلب على الكهرباء في القطاع الصناعي نظيره في القطاع المنزلي-الخدمي بعد عام 2020.

بالعودة إلى حصص القطاعات من الطاقة الكهربائية المستهلكة في سنة الأساس نجد أنها توزعت كما يلي: 37% للصناعة، 63% للقطاع المنزلي والخدمي، وقد بيّنت الدراسة أن هذا التوزع سوف ينزاح لصالح القطاع الصناعي بشكل كبير خلال العقود الثلاثة القادمة بحيث إننا بحلول عام 2025 سنحصل على حالة توازن وتساوٍ في النسب ثم تتجاوز حصة الصناعة نسبة الـ 50% لتصل إلى 55.8% في عام 2030 والنسبة الباقية (44.2%) للقطاع المنزلي والخدمات. ويُعزى هذا الانزياح في السيناريو المرجعي إلى النمو



الشكل 9: تقييم تطور الطلب على الكهرباء موزعاً حسب القطاعات وفقاً للسيناريو المرجعي.

الاقتصادي الكبير المفترض فيه والذي يعتبر التوجه نحو تطوير الصناعة وتوسيعها من أهم سماته. كما يلاحظ وجود زيادة بسيطة (شبه مهملة) في نسبة النمو السنوية لاستهلاك الكهرباء في القطاع المنزلي في العقد الأخير من الدراسة بفعل التشبع الذي سيطرأ على هذا القطاع مع استكمال دخول الأدوات الكهربائية الحديثة العالية المردود إلى غالبية المنازل.

النتائج والتوصيات

لقد تناولت هذه الدراسة تحليلاً طويل الأمد لتطور الطلب على الطاقة والكهرباء في سورية باستخدام منهجية الاستهلاك النهائي وفقاً لمجموعة من السيناريوهات التي تعكس التطور السكاني والاجتماعي والاقتصادي والتقني المتوقع خلال العقود الثلاثة القادمة. وقد بينت نتائج الحسابات أن الطلب على الطاقة النهائية سينمو سنوياً بمعدل وسطي يبلغ 5%، و 4.5% و 3% للسيناريو المرجعي وسيناريو حفظ الطاقة وسيناريو النمو المقيد على التوالي انطلاقاً من الطاقة النهائية للسنة الأساس البالغة 10.5 مليون طن مكافئ نفطي. وسيفوق نمو الطلب السنوي على الكهرباء معدلات نمو الطاقة النهائية بحيث سيبلغ وسطياً 5.5%، و 5% و 3.4% للسيناريوهات الثلاثة على التوالي انطلاقاً من الطاقة الكهربائية النهائية المستهلكة في السنة الأساس والبالغة 16.77 تيرا واط ساعي. كما أن نسبة نمو الطلب على الكهرباء ستفوق نسبة نمو الطلب على الطاقة النهائية طوال فترة الدراسة كنتيجة طبيعية للتوجه العام نحو زيادة أتمتة القطاع الصناعي وارتفاع مستوى المعيشة واستخدام الأدوات الكهربائية بشكل واسع في القطاع المنزلي والخدمي. أما معدل نمو الناتج المحلي الإجمالي GDP فسيكون أعلى من معدل نمو الطلب النهائي على الكهرباء والطاقة الأمر الذي يعتبر إيجابياً فيما يخص معامل مرونة الدخل وتناقص الكثافة الطاقية.

بمقارنة نتائج السيناريو المتفائل (HS) مع سيناريو حفظ الطاقة (ES) المشابه له في المعاملات الاقتصادية والسكانية يتبيّن عند نهاية الدراسة أن هناك وفراً يبلغ حوالي 14% (حوالي 5.7 مليون طن نفط مكافئ) للطاقة النهائية و12% للكهرباء (حوالي 0.5 مليون طن نفط مكافئ) وهو ما يؤكد مدى تأثير إجراءات ترشيد الاستهلاك وتحسين المردود في تخفيض الطلب المستقبلي مع الحفاظ على معدلات النمو الاقتصادية الضرورية، ويرسم من ثم صورةً مستقبلية مشجعة لمدى تأثير وفاعلية القرارات والإجراءات الحكومية الموجهة لإدخال تقنيات حديثة موفرة للطاقة واستبدال القديم منها لاسيما في قطاعي النقل والصناعة.

بالنسبة لنصيب الفرد من الناتج المحلي والطاقة النهائية والكهرباء فقد كان في سنة الأساس 900 دولار أمريكي، 663 كيلو نفط مكافئ، 1055 ك.و.س على التوالي، وتشير نتائج الدراسة إلى أن هذه القيم ستصبح في عام 2030 كما يلي: 3000 دولار، 1490 كيلو نفط مكافئ، 2780 ك.و.س في السيناريو المتفائل (HS) و 3000 دولار، 1300 كيلو نفط مكافئ، 2475 ك. و. س في سيناريو حفظ الطاقة، و 1330 دولاراً، 840 كيلو نفط مكافئ، 1500 ك.و.س في السيناريو المنخفض (LS) على التوالي. مما يشير إلى تطور إيجابي وخاصة في السيناريو المرجعي حيث كانت نسب النمو لنصيب الفرد من الناتج المحلي ما يعادل 4% أما نمو نصيبه من استهلاك الطاقة والكهرباء فقد كان 3% و 3.75% على التوالي.

بما أن الغاية من هذا التحليل كانت موجهة نحو تقدير الطلب على الطاقة وتوليد الكهرباء، فإن هذا يفرض المزيد من التركيز والاهتمام بجوانب الإمداد بالطاقة على المستوى الوطني والإقليمي. توخياً لهذا الهدف ولتحديد معالم نظام التزود الطاقي الأمثل الكفيل بمجابهة التطور المتوقع على أشكال الطاقة، يجري إعداد دراسة متكاملة لأمثلة نظام الطاقة في سورية باستخدام منهجية MESSAGE [17]. وتتضمن هذه الدراسة تحليلاً مفصلاً لنظام الطاقة السوري يشمل أنماط الطاقة عند كل مستوى من مستويات السلسلة الطاقية بما في ذلك تكنولوجيات التحول والمصادر الطاقية. إضافةً إلى ذلك، تجري مراعاة تأثير الاستيراد والتصدير (على المستوى الثانوي والأولي) على النظام الوطني، وهو ما يسمح بشكل خاص بدراسة تأثير شبكة الربط الإقليمية (الكهرباء والغاز) مع الدول المجاورة. تتيح برمجية MESSAGE صياغة وتقييم استراتيجيات التزود المثلى تبعاً للقيود والمحددات التي تفرض على النظام من قبل المستثمر (كالقيود على كمية الوقود المتاح – حجم الاستثمارات الممكنة في مجال ما – قيود بيئية...). ويتحقق ذلك بإعادة نمذجة كامل سلسلة التحول الطاقية بدءاً من المصادر ومروراً بالطاقة الأولية فالثانوية وصولاً إلى النهائية وتلحظ من ثم المراحل الوسيطة كالنقل والتوليد والتكرير والاستخراج. وتستطيع هذه المنهجية باعتماد مبادئ الأمثلة الرياضية صياغة وتقييم استراتيجيات بديلة للتزود الطاقي والمفاضلة بينها وفق محددات تفرضها القيود على إمكانات الاستثمار الجديدة، وكميات الوقود المتاحة وإمكانيات تسويقها، والقيود البيئية، إضافةً إلى نسبة تغلغل التقانات الجديدة ذات الكفاءة الطاقية العليا. ويمكن في هذه المنهجية حساب الانبعاثات البيئية للتقانات المختلفة وتقييد معدلات

إصدارها عند مختلف مراحل التحولات الطاقية وهو ما يساعد على تقييم دور القيود البيئية وتأثيرها على تطور النظام الطاقي.

نظراً للطبيعة الخاصة للكهرباء من حيث كونها سلعة غير قابلة للتخزين فإن دراسة وتحليل استراتيجية التزود بالكهرباء تتطلب، بالإضافة إلى تقدير الطلب السنوي الكلي على الكهرباء، تحديد التوزع الزمني لنمطية الاستهلاك، أي تعريف ما يسمى بمنحني الحمل السنوي. إن تحديد الاستطاعة الكهربائية المركبة المطلوبة وترتيب تحميل المحطات لمواجهة الطلب الساعي على الكهرباء خلال العام بالإضافة إلى تحديد احتياطي النظام يتطلب بناء منحنيات الحمولة مع تتبع دقيق لنقطة حمل الذروة وزمن استمرارها. تحقيقاً لذلك، يجري تنفيذ دراسة لتحليل وتقدير الطاقة الكهربائية الثانوية (مع الأخذ بعين الاعتبار مفقودات النقل والتوزيع) ومن ثم بناء منحنيات استمرار الحمولة للسنوات المستقبلية بعد تصنيف المستهلكين الكهربائيين حسب القطاعات، من خلال التمييز بين المستهلكين ضمن كل قطاع وفق نماذج نمطية للسلوك الاستهلاكي، بغية حساب معامل الحمل لمختلف قطاعات الاستهلاك وتقدير حمل الذروة، ليصار بعد ذلك إلى وضع خطة التوسع الأمثل لنظام التوليد الكهربائي باستخدام منهجية WASP-IV [18]. وتشير النتائج الأولية لهذا التحليل إلى أن هناك حاجة إلى استثمارات سنوية تعادل 200 مليون دولار (بالأسعار الثابتة لعام 1995) في قطاع توليد الكهرباء ابتداءً من عام 2006 وفقاً للسيناريو المرجعي. علماً أن هذه الاستثمارات لا يمكن تأمينها إلا بتحقيق معدل نمو اقتصادي مرتفع، وفقاً لما هو مفترض في السيناريو المرجعي، إضافة إلى تبني توجه رسمي لتشجيع القطاع الخاص على الاستثمار في بناء محطات التوليد الكهربائية الجديدة.

د. علي حيدون. محمد خضر سيف الدين. السموءل المصطفى.

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

- نشرت ورقة البحث هذه في مجلة *Energy Policy, 2005*. نتيجة عمل منجز في قسم الهندسة النووية.

المراجع References

[1] MAED: model for analysis of energy demand, user manual, IAEA, 2002.

[2] Statistical Abstract: Office of the Prime Minister, Central Bureau of Statistics, Damascus, 1981, 1999, 2000.

[3] HDR: Human Development Report: United Nation Development Program, New York, 2000.

[4] EBS: Energy Balance of Syria, Ministry of Oil and Mineral Resources, 1998, 1999, 2000.

[5] TSR: Technical Statistical Report, Ministry of Electricity, 1998, 1999, 2000.

[6] Hainoun, A., Seif Aldin, M., Alkhatib, A., Almustafa, S.: Analysis of socio-economic characteristics related to the end energy consumption of Syria for the base year-98, AECS-PH/RSS 443, 2002.

[7] WEC: World Energy Council, (Available on: http://www.worldenergy.org/wec-geis), 1999.

[8] Schuberth, R.: Technology Energie, Handwerk und Technik, Hamburg, 2000.

[9] Smidt, D.: Energiesysteme 1.Teil, Universitaet Karlsruhe (1988).

[10] Alkazaz, A.: Staatliche finanzwirtschaft und Budgetpolitik in den arabischen laendern: Syrien als fallstudie fuer die mittlere einkommensgruppe, ORIENT 38, 1997 (in German).

[11] FES: Feasibility study on the rehabilitation project of Damascus and Damascus rural distribution network, Final Report (1999).

[12] Mulki, M.: Resources of biomass and their application potential in Syria, project of sustainable energy in the Arab world, Damascus, 1999.

[13] IEO: International Energy Outlook: Energy Information Administration, Office of Integrated Analysis and Forecasting, US department of Energy, 2001.

[14] Pakistan: energy and nuclear power planning study covering the period 1995-2025, IAEA- TECDOC, 1997.

[15] Conzelmann, G., Koritarov, V.: Turkey energy and environmental review, Task 7: energy sector modelling, final Report, (CEEESA), Argonne National Laboratory (ANL), 2002.

[16] Hainoun, A., Seif Aldin, M., Alkhatib, A., Almustafa, S: Analysis of energy and electricity demand projection and identifying the optimal expansion strategy of electric generation system in Syria (covering the period 1999-2030), AECS, 2004.

[17] MESSAGE: Model for energy supply strategy alternatives and their general environmental impacts, user manual, IAEA, 2002.

[18] WASP, 2000.WASP: Wien Automatic System Planning, a computer code for power generating system expansion planning, Version WASP-IV, user's manual, IAEA 2000.

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

الأثر الواقي الإشعاعي للسيلينيوم عند الجرذان

ملخص

هدفت هذه الدراسة إلى تقييم التأثيرات المحتملة الواقية من الإشعاع لتراكيز مختلفة من السيلينيوم (30 ،15 ،08 ،4 ppm) لدى الجرذان. جرى إعطاء أربع مجموعات من الجرذان بعمر الفطام التراكيز السابقة من السيلينيوم في مياه الشرب لمدة ثلاثين يوماً قبل تشعيعها اعتباراً من مرحلة الفطام التي اعتبرت اليوم 0. أظهرت النتائج أن التركيزين 4 و 8 ملغ/ل من سيلينايت الصوديوم زادا من النسبة المئوية للبقيا عند الجرذان المشعة بجرعة قدرها 7 غراي باستعمال منبع كوبالت 60 وبمعدل جرعة 1غراي/دقيقة لكامل الجسم بالمقارنة مع المجموعة الشاهدة خلال 30 يوماً من المراقبة. بلغ متوسط احتمالية البقيا عند الجرذان 6 ± 69% (متوسط ± الخطأ المعياري) و 6 ± 77% في كل من المجموعتين اللتين أعطيتا 4 و 8 ملغ/ل من سيلينايت الصوديوم على التوالي، في حين كان 9 ± 42% بالنسبة للمجموعة الشاهدة ($P<0.001$). كما أشارت النتائج أيضاً إلى أن التركيزين 15 و 30 ملغ/ل من سيلينايت الصوديوم لم يظهرا نقصاناً في معدل النفوق عند الجرذان المعالجة بهذين التركيزين حيث كان متوسط احتمالية البقيا ($P=0.39$) 12 ± 50% و($P=0.04$) 14 ± 49% على التوالي. لوحظت الآثار السمية للسيلينيوم عند الجرذان عند استخدام التركيزين 15 و30 ملغ/ل، حيث كانت النسبة المئوية للبقيا 76% و 46% في المجموعتين على التوالي بعد إعطاء السيلينيوم لمدة ثلاثين يوماً.

نستنتج من ذلك أن للتركيزين 4 و 8 ملغ/ل تأثيراً واقياً من الإشعاع عند الجرذان على عكس التركيزين 15 و 30 ملغ/ل اللذين لم يبديا أية آثار مماثلة وذلك قد يعود إلى تضافر التأثيرات السمية مع التأثيرات الإشعاعية في الجرذان المعالجة بهذين التركيزين.

الكلمات المفتاحية:

أثر واقٍ من الإشعاع، عناصر أثر، سيلينيوم

مقدمة

رافق التطور في الوسائل والتقنيات، التي تهدف إلى الاستفادة من الطاقة النووية للأغراض السلمية في جميع ميادين الحياة، اهتماماً متزايداً في البحث عن بروتوكولات وعناصر ومركّبات يمكن أن تلعب دوراً في الوقاية من آثار الأشعة المؤينة بكافة أنواعها وتخفيف حدة الأذية الإشعاعية أو تأخيرها، وخصوصاً في المعالجة الإشعاعية radiotherapy والوقاية الفردية في حالات التلوث الإشعاعي الداخلي والخارجي خلال الحوادث الإشعاعية. لهذا الغرض قامت مخابر ومراكز بحث عديدة في العالم، ومنذ أكثر من ثلاثة عقود، بتصنيع واختبار عدد كبير من العقاقير والمركّبات الكيميائية ذات الخصائص الواقية من تأثيرات الأشعة المؤينة. قادت هذه الدراسات إلى تطوير واقيات إشعاعية فعالة تقلل بشكل كبير الأذيات الإشعاعية في المتعضيات الحية. وتعتبر سلسلة مركّبات الأمينوثيولات aminothiols ومشتقاتها [1] مثل WR-1065 , WR-2721 638 من الواقيات الإشعاعية الأكثر فعالية حالياً. استُخدمت بعض هذه المركّبات بنجاح في منع مضاعفات المعالجة الإشعاعية لمرضى السرطان بهدف وقاية النسج السليمة دون الورم واعتبرت واقيات إشعاعية جيدة من أخطار الأشعة التي يتعرض لها الطيارون في الفضاء، كما استُخدمت خلال حوادث

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

التعرض الإشعاعي بالإضافة إلى استخدامها السريري [5.4.3.2]. اعتقد أن الوقاية الإشعاعية التي تؤمنها الـ WR-1065 أو مستقلباتها metabolites ناتجة ولو جزئياً عن قدرتها على الإمداد بمتعددات الأمين الطبيعية natural polyamines[6]. كما تمارس الـ WR-2721 أيضاً تأثيراتها الوقائية المختلفة للنسج السليمة ولبعض الأنماط من الأورام السليمة solid tumors على الأقل [7]. لكن ولسوء الحظ، فإن السمية العالية لهذه المركّبات قد حدَّت كثيراً من استخدامها في التطبيقات الطبية. لذلك، فقد بحث العلماء عن طرائق مختلفة من أجل التقليل من سميتها.

وفي إطار البحث عن واقيات إشعاعية أقل سمية فقد وجد Floersheim [8] أن الـ Diltiazem، وهي من حاصرات الكالسيوم مع مركّب benzothiazepine، تحمي الفئران من الجرعة المميتة لأشعة غاما بحيث تصل النسبة المئوية للبقيا إلى 93%. يمكن أن يُعزى الدور الواقي الإشعاعي لحاصرات الكالسيوم إلى إمكانية تدخلها عند حصول اضطراب في التدفق الخلوي للكالسيوم نتيجة الأذيات في الغشاء الخلوي التي تحدثها الأشعة عن طريق تشكيل الجذور الحرة [9].

دلَّت الدراسات التي تناولت عوامل الوقاية الإشعاعية خلال العقود الماضية على أن خصائص السيلينيوم المضادة للأكسدة توفر الوقاية من أضرار الجذور الحرة الناتجة عن الأشعة المؤينة. ويمكن لمضادات الأكسدة الطبيعية مثل فيتامين E والسيلينيوم أن تؤمن الوقاية من التعرضات المميتة والتأثيرات الأخرى عند التعرض لجرعات منخفضة [10]. دلَّت الدراسات التي أُجريت على الحيوانات على أن استنزاف السيلينيوم يخفض الجرعة الإشعاعية المميتة [11].

تتمثل الآثار الضارة للأشعة المؤينة من خلال تشكل الجذور الحرة. فعندما تتعرض النسج لأشعة ذات طاقة عالية، فإن معظم الطاقة يُمتص من قبل الماء الخلوي. تؤدي هذه الأشعة إلى تفكك الروابط التكافئية بين الهدروجين والأوكسجين المشكلين للماء مؤدية إلى تشكل جذور حرة من الهدروجين والهدروكسيل. يمكن لهذه الجذور أن تسبب بسهولة أضراراً في الـ DNA. يُعتقد أن الأنزيم المعتمد على السيلينيوم وهو غلوتاتيون بيروكسيداز gluta-thione peroxidase (GSH-PX) الكائن الداخلي المنشأ endogenous scavenger لهذه الجذور الحرة [12]. يتطور نظام الدفاع المضاد للأكسدة داخلي المنشأ (AODS) في الخلايا النشطة بوجود الأوكسجين (aerobic cell)، وبالتالي فهو يلعب دوراً في الوقاية من الأضرار الناتجة عن الجذور الحرة للأوكسجين. ويعتبر السيلينيوم جزءاً مهماً من هذا النظام. دلّت نتائج Jozanov-Stankov [13] ورفاقه على أن السيلينيوم يقلل من التبدلات في الـ AODS، وهذا ما يساعد المتعضية في التغلب على التأثيرات الضارة للأشعة المؤينة. كما وجد أن إعطاء الخميرة الغنية بالسيلينيوم للجرذان المعرضة للأشعة المؤينة يمكن أن يزيد النسبة المئوية للبقيا لديها [14].

يُعدُّ السيلينيوم أحد عناصر الأثر trace element المهمة للإنسان والحيوانات. حيث يبلغ محتوى جسم الإنسان الكلي من السيلينيوم حوالي 2-10 ملغ، ويوجد أعلى تركيز للسيلينيوم في الكبد والكليتين [15]. يوجد السيلينيوم في النسج الحيوانية مرتبطاً بشكل جزئي ضمن بعض البروتينات والأنزيمات، ومن الأنزيمات الهامة التي لوحظ وجود السيلينيوم فيها أنزيم غلوتاتيون بيروكسيداز gluta-thione peroxidase الذي يُعدّ الشكل الوظيفي الأساسي للسيلينيوم [16]، حيث يلعب هذا الأنزيم دوراً وظيفياً مهماً يتمثل في إزالة الجذور الحرة من الخلايا الحية، وبالتالي حماية البروتينات والشحوم المفسفرة غير المشبعة من الآثار المؤذية التي تسببها هذه الجذور [17]. تشبه الوظائف المضادة للأكسدة للسيلينيوم، إلى حدٍّ ما، وظائف فيتامين E في منع حصول فوق أكسدة للشحوم التي تتكون منها أغشية الخلايا وعضياتها الخلوية organelles [81] .

تمَّ البحث في هذه الدراسة عن الأثر الواقي الإشعاعي المحتمل للسيلينيوم عند الجرذان من خلال تحسينه البقيا عند الجرذان المشعة بجرعات مميتة كنتيجة لإعطائها السيلينيوم في مياه الشرب بتراكيز مختلفة وتحديد التركيز الأمثل للسيلينيوم الذي يحقق الوقاية الإشعاعية المرجوة.

المواد والطرائق

الجرذان

استخدمت في هذه الدراسة جرذان Wistar ذكور وإناث بعمر 5-6 أسابيع (85-100 غ) تمَّ الحصول عليها من الحظيرة التابعة لهيئة الطاقة الذرّية السورية بعد فطامها. حيث وضعت الحيوانات في أقفاص (5-7 جرذ/قفص). أُجريت التجربة على 239 جرذاً. وزِّع 189 جرذاً على أربع مجموعات، أُعطيت تراكيز مختلفة من السيلينيوم في ماء الشرب لمدة ثلاثين يوماً قبل تشعيعها بحيث أعطي 30.15.8.4 ppm لكلٍّ من المجموعات الأربع التالية: المجموعة I (45 جرذاً) والمجموعة II (52 جرذاً) والمجموعة III (46 جرذاً) والمجموعة IV (46 جرذاً) على التوالي. بالإضافة إلى المجموعة الشاهدة (V) المكونة من 50 جرذاً التي لم تعطَ سيلينيوم. قُدِّرت هذه التراكيز بحيث تتلقى الجرذان 0.03 و0.06 و0.112 و0.223 ملغ/يوم لكل جرذ في المجموعات I , II, III, IV على التوالي، وذلك اعتماداً

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

على استهلاكها اليومي من الماء والذي يقدر بـ 16.3 مل/يوم لكل جرذ. جرت مراقبة الجرذان (ذكور وإناث) مرتين في اليوم بفاصل 6 ساعات (قبل الساعة العاشرة صباحاً وبعد الساعة الثانية بعد الظهر بما في ذلك أيام العطلة والأعياد) من أجل تسجيل أعداد الحيوانات النافقة.

تقدير معدل الاستهلاك الوسطي اليومي من الماء للجرذ الواحد

جرى تقدير معدل الاستهلاك اليومي الوسطي من الماء في مجموعة من الجرذان Wistar (10 جرذان ذكور و10 جرذان إناث)، أعمارها 5-6 أسابيع (85-100غ) لمدة 10 أيام. حيث وجد أن معدل استهلاك الجرذ الواحد من الماء هو 16.3 مل/يوم.

تشعيع الحيوانات

وضعت الحيوانات ضمن علب من زجاج مرن ثم جرى تشعيعها بجرعة قدرها 7 غراي لكامل الجسم بأشعة غاما الصادرة عن منبع الكوبالت -60 (بمعدل 1 غراي/دقيقة)، في محطة التشعيع من طراز ROBO-Russian design صناعة روسية، حيث استعمل هذا المنبع في كل مراحل التشعيع.

تحضير تراكيز سيلينايت الصوديوم

استُخدم في هذه الدراسة سيلينايت الصوديوم sodium selenite (Na_2SeO_3) (شركة PROLABO الفرنسية). كما استُخدم الماء المنزوع الشوارد في تحضير أربعة تراكيز مختلفة من سيلينايت الصوديوم وهي 30.15.8.4ppm.

التحليل الإحصائي

جرى تقدير النسب المئوية للبقيا باستخدام برنامج STATISTICA 6, Survival analysis (comparing two samples). واستُخدم اختبار log-rank لمقارنة منحنيات البقيا. اعتُبرت القيمة P<0.05 هي الأساس من أجل اعتبار الفروق الإحصائية ذات معنى إحصائي.

النتائج والمناقشة

أُعطيت الحيوانات في المجموعات I , II, III, IV أربعة تراكيز مختلفة من سيلينايت الصوديوم في مياه الشرب وهي 30,15,8,30ppm على التوالي لمدة ثلاثين يوماً قبل تعريضها لأشعة غاما بجرعة وحيدة قدرها 7 غراي باستعمال منبع كوبالت -60 وبمعدل جرعة 1 غراي/دقيقة لكامل الجسم.

جرت مراقبة الحيوانات لمدة ثلاثين يوماً بعد التشعيع. لوحظ أن جميع الجرذان، في المجموعة الشاهدة (لم تعطَ سيلينيوم)، نفقت خلال 14 يوماً من تشعيعها. كان متوسط احتمالية البقيا عند الجرذان في هذه المجموعة 9±42% (متوسط ± الخطأ المعياري) في حين كان 6 ±69% و 6 ± 77% في المجموعتين I و II على التوالي. لوحظ أن التركيزين 4 و8 ملغ/ل سيلينايت الصوديوم قد أنقصا معدل نفوق الجرذان المشععة وزادا النسبة المئوية للبقيا بشكل مهم، وكانت ذات معنى إحصائي (P<0.0001). حيث كان متوسط معدل النسبة المئوية للبقيا، في كلٍّ من المجموعتين I وII على التوالي، أكبر بـ 1.6 و1.8 منه في المجموعة الشاهدة. كانت النسبة المئوية للبقيا عند الجرذان بعد ثلاثين يوماً من التشعيع 13% و 15% عندما أُعطيت الجرذان 4 و 8 ppm سيلينايت الصوديوم على التوالي مقابل 0% في المجموعة الشاهدة بعد 14 يوماً فقط من التشعيع (الجدول 1، شكل 1 و 2). أظهرت نتائجنا أن الجرذان التي أُعطيت 4 و8 ppm سيلينايت الصوديوم (0.03 و 0.06 ملغ سيلينيوم/يوم على التوالي) قد أنقصت معدلات النفوق بشكل مهم بالمقارنة مع المجموعة الشاهدة.

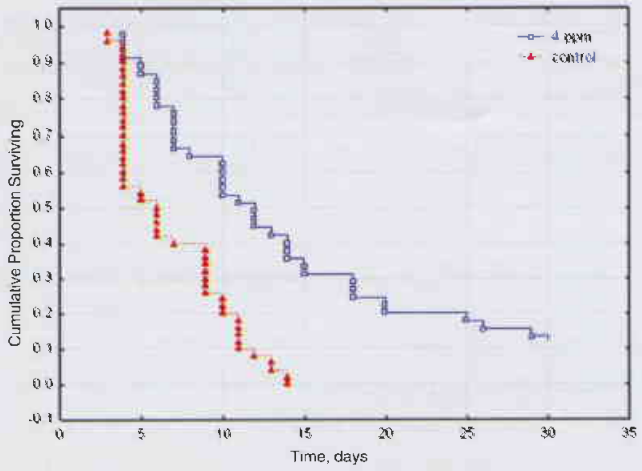
تتفق هذه النتائج مع نتائج أبحاث أخرى بيّنت أن السيلينيوم أحدث زيادة في النسبة المئوية للبقيا عندما أُعطي عن طريق الفم في ماء الشرب بتركيز (4 ppm)، وإن كانت هذه الزيادة طفيفة لكنها ذات معنى إحصائي [19]. كما وجد Weiss ورفاقه [20] أن سيلينايت الصوديوم زادت من النسبة المئوية للبقيا عند الفئران المشععة بـ 9 غراي خلال ثلاثين يوماً عندما أُعطيت بتركيز 0.8 ملغ سيلينيوم/كغ وذلك عندما حُقنت داخل الصفاق peritoneum سواء قبل التشعيع بـ 24 ساعة أو 1 ساعة أو بعد التشعيع بقليل (15 دقيقة). وفي دراسة أخرى أجراها O'Dell ورفاقه [21]، تبيّن أن إعطاء السيلينيوم (4 ملغ/ل سيلينايت الصوديوم في ماء الشرب) يحسِّن بشكل مهم النسبة المئوية للبقيا عند الـ murine lupus، حيث بلغ متوسط البقيا 4.6±55 أسبوعاً (متوسط ± الخطأ المعياري) بالنسبة للفئران المعالجة بالسيلينيوم مقابل 1.9±36.1 أسبوعاً بالنسبة للفئران في المجموعة الشاهدة (P<0.04). أما Knizhnikov ورفاقه [22] فقد أجروا التجربة على حيوانات أُخضعت لتأثير عوامل خارجية مماثلة لتلك التي تعرض لها سكان المقاطعات نتيجة التلوث الإشعاعي الحاصل بفعل كارثة تشرنوبيل Chernobyl، فوجدوا أن معدلات النفوق في مجموعة الحيوانات التي أُعطيت 0.03 ملغ من السيلينيوم/اليوم كانت أقل بأربع مرات من تلك الملاحظة في المجموعة التي لم تُعطَ سيلينيوم (المجموعة الشاهدة). وفي دراسة أخرى امتدت لفترة طويلة وشملت 400 جرذ تمَّ تعريضها

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

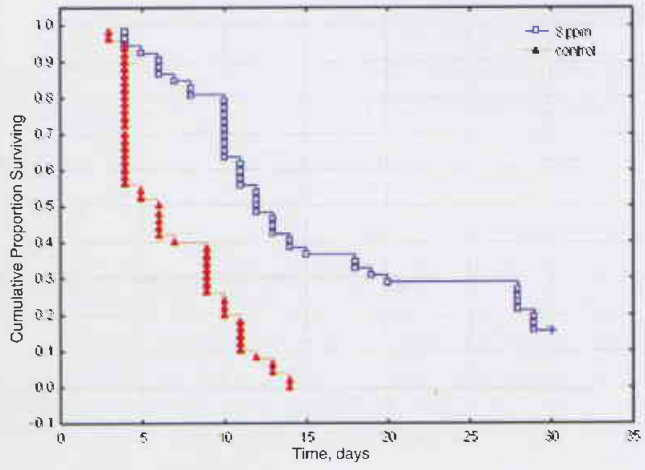
لأنماط من الأشعة مشابهة لتلك التي نتجت عن حادثة تشرنوبيل، أظهرت النتائج أن إعطاء هذه الحيوانات، بعد تعريضها للأشعة، حمية غنية بالسيلينيوم يؤدي إلى زيادة معدل البقيا. وقد كانت تراكيز السيلينيوم في الحمية المستخدمة في التجربة أعلى من تلك المقبولة فيزيولوجياً ولكنها كانت أقل بكثير من التراكيز السامة (10، 30، 100 مكرو غرام سيلينيوم/يوم) [23]. ومما يثير الاهتمام أنه لم تُلاحَظ الآثار السمية لسيلينايت الصوديوم في كل من المجموعتين I و II، حيث كانت النسبة المئوية للبقيا 100% بعد ثلاثين يوماً من إعطاء السيلينيوم، وهذا يتفق مع النتائج المسجلة من قبل البرنامج الوطني لعلم السموم National Toxicology Program (NTP) والتي أشارت إلى أن تركيز السيلينيوم البالغ 0.4 ملغ/كغ لا يؤدي إلى أي تأثير ضار عند الجرذان، وذلك بالاعتماد على معدل النفوق وانخفاض الوزن وانخفاض الاستهلاك من الماء والأذيات الحليمية الكلوية الملاحظة لدى هذه الجرذان [24].

المجموعات المدروسة	الأيام بعد التشعيع	متوسط احتمالية البقيا ± SE	عدد البقيا
المجموعة الشاهدة A	8	65 ± 10	20
	11	53 ± 10	5
	14	42 ± 9	0
المجموعة I	8	85 ± 5	29
	11	77 ± 6	23
	14	69 ± 6	16
	30	43 ± 5	6
المجموعة II	8	93 ± 3	42
	11	86 ± 4	33
	14	77 ± 6	19
	30	51 ± 5	8
المجموعة III	8	66 ± 12	4
	11	50 ± 12	2
المجموعة IV	8	49 ± 14	1

الجدول 1: متوسط احتمالية البقيا للجرذان (في المجموعات I، II، III، IV) التي أعطيت تراكيز مختلفة من سيلينايت الصوديوم (4ppm، 8، 15، 30) بالإضافة إلى المجموعة الشاهدة V.



الشكل 1: متوسط احتمالية البقيا عند الجرذان بعد التشعيع: المجموعة I (أعطيت 4ppm سيلينايت الصوديوم) مقابل المجموعة الشاهدة



الشكل 2: متوسط احتمالية البقيا عند الجرذان بعد التشعيع: المجموعة 2 (أعطيت 8ppm سيلينايت الصوديوم) مقابل المجموعة الشاهدة

أما بالنسبة للمجموعة III، فقد جرت مراقبة الجرذان فيها لمدة 11 يوماً بعد التشعيع، حيث تمَّ نفوق 95% تقريباً من الجرذان. وبلغ متوسط احتمالية البقيا في هذه المجموعة 12±50% (متوسط ± الخطأ المعياري) مقابل 10±53% في المجموعة الشاهدة. أظهرت البيانات أن الجرذان التي أُعطيت 15ppm سيلينايت الصوديوم لم تبدِ نقصاناً ذا معنى إحصائي في معدل النفوق، حيث إن 95% من الجرذان في هذه المجموعة نفقت بعد 11 يوماً من التشعيع، مقابل 90% في المجموعة الشاهدة. كان متوسط معدل النفوق في هذه المجموعة أكبر بـ 1.1 منه في المجموعة الشاهدة. كما لم يُلاحظ وجود فروق ذات معنى إحصائي في النسبة المئوية للبقيا للجرذان في هذه المجموعة مع الجرذان في المجموعة الشاهدة (P=0.39) (الشكل 3). لوحظت الآثار السمية لسيلينايت الصوديوم عند

	التكلفة		التكلفة
راتب العامل الشهري	200 $	تكاليف تبديل الأغشية	0.017 $/m³
رواتب العمال	0.06 $/m³	نظام الغسيل	300 $ per a
قطع التبديل	0.02 $/m³	التكاليف السنوية للتشغيل والصيانة متضمنة تبديل الأغشية	11132.5 $
المواد الكيميائية المستخدمة في المعالجة الأولية والنهائية	0.20 $/m³	استهلاك الطاقة	1.3 kWh/m³
المعدل السنوي لتبديل الأغشية	14 %	كلفة الطاقة	0.04 $/kWh
سعر العنصر الغشائي	800 $	تكلفة الطاقة للمتر المكعب	0.052 $/m³
أسعار تبديل الأغشية	19200 $	الكلفة السنوية للطاقة	1898 $

الجدول (4) تكاليف محطة التناضح العكسي لإنتاج الماء.

وتحسب C_{To} كما يلي:

$$C_{TO} = (C_{VO} + C_O).(1 + IDC) \qquad (9)$$

حيث C_{VO} هي تكلفة البائع المباشرة، C_o هي تكلفة الشاري، IDC معامل الفائدة أثناء عملية البناء والتي تعطى كما يلي:

$$IDC = (1+i_{cs})^{\frac{i_{cs}}{2}} - 1 \qquad (10)$$

حيث ics: معدل الفائدة أثناء عملية البناء، من أجل ics= 7% تكون IDC = 0.0024

وقد تمَّ إستخدام الأسعار المحلية لكل من العناصر والأيدي العاملة وأسعار القطع الأجنبية ومنهجية الحساب المذكورة سابقاً لحساب تكاليف التشغيل والصيانة وتكاليف المحطة من ثم تكلفة إنتاج المتر المكعب من الماء كما هو مبين في الجدولين 4 و5.

خاتمة

نستنتج من هذا العمل أن العديد من قرى ريف دمشق يستخدمون حالياً مياه آبار مالحة كمياه الشرب والتي لا تعتبر صالحة من الناحية الصحية. فتكون محطة تناضح عكسي كالمقترحة في هذا العمل ملائمة لتزويد العديد من هذه القرى "كالتي تتوضع في القسم الشرقي من دمشق "بمياه صالحة للشرب وبسعر مقبول لا يتجاوز 0.55 دولار للمتر المكعب وهو سعر يستطيع دفعه الكثير من السكان حيث أنهم يستخدمون حالياً مياه صالحة للشرب تجلب لهم عن طريق صهاريج من أماكن بعيدة وبكلفة لاتقل عن 4 دولارات للمتر المكعب الواحد. هذا يعني أن الماء المنتج عن طريق محطة التحلية أرخص بحوالي ثماني مرات. بالإضافة إلى أن استخدام محطة التحلية في هذا البلد له العديد من المزايا خصوصاً من ناحية نقل تقانة تحلية المياه. كون تحلية المياه تعتبر أحد أهم الحلول المثالية في المستقبل.

المراجع

References

[1] The Ninth Scientific Engineering Week, Engineering society, Damascus, 1998.

[2] The Water Status in Syria, International Water Day Meeting, April 2002

[3] Statistical Abstract, General Bureau of Statistics, vol 53, year 2000

[4] Statistical Abstract, General Bureau of Statistics year 1980 -1999

[5] Water Treatment, Training Program, A.E.S, phase 1, vol. 1, section 2, KSA, 2003

[6] Demineralization by Ion Exchange, Applebaum, Academic Press, 1968

[7] Coagulants and Flocculants, Theory and Practice, Kim Tall, Oaks Publishing,1995

[8] A.K. Chatterjee, Water Supply, Waste Disposal, Khanna Publishers 1998.

[9] FilmTec, Membrane Elements, Technical Manual, April 1995

[10] ROSA 5.3 RO design software, by FilmTec, 1998

[11] IAEA-TECDOC-942 Vienna 1997.

[12] Filmtec internet list of prices 1998.

* إعداد د. خليل سليمان، فادي كروما، جاك موجبل، قسم الهندسة النووية – هيئة الطاقة الذرية السورية.

* نشرت ورقة البحث هذه في مجلة Desalination 173 (2005) 185-196

REFERENCES

[1] Grachev, S. A., Sverdlov, A. G., Glen, I. (1997). (Ed.), Reeves, Armed Forces Radiobiology Research Institute, Bethesda, Maryland, USA.

[2] Bacq, Z. (1964). Moscow: Atomizdat, p 264.

[3] Mozzhukhin, A. S., Rachinskii, F. U. (1979). Moscow: Atomizdat, p 188.

[4] Monig, H. (1990). Radiation Exposure and Occupational Risks. Berlin: Springer-Verlag, pp 98-143.

[5] Thompson, J. (1964). Moscow: Atomizdat, p 179.

[6] Mitchell, J. L. A., Rupert, J., Leyser, A. and Judo, G. G. (1998). Biochem.J., 335, 329-334.

[7] Yuhas, J. M. and Storer, J. B. (1969). JNCI, 42, 331-335.

[8] Floersheim, G. L. (1992). Calcium antagonist protect mice against lethal doses of ionizing radiation. Br. J. Radiol., 65: 1025-1029.

[9] Floersheim, G. L. (1993). Radioprotective effects of calcium antagonist used alone or with other types of radioprotectors. Radiat. Res. 135,pp: 80-87.

[10] Weiss, J. F and Landauer, M. R. (2000). Ann. N. Y. Acad. Sci. 899: 44-60.

[11] Myers, C. Katki, A. and Travis, E. (1982). Ann. N.Y. Acad. Sci. 393:419-425.

[12] Foegh, M. L. et al., (1990). J. Parenteral Enteral Nutr. 5, 218.

[13] Jozanov-Stankov, O., Djujic, I., Demajo, M., Mandic, M. and Prijovic, Z. (1996). International Congress on radiation protection, April 14-19, Vienna, Austria.

[14] Djujic, I., Jozanov-Stankov, O. and Demajo, M. (1996). International Congress on radiation protection, April 14-19, Vienna, Austria.

[15] Shenkin, A. and Fell, G. S. (1986). In: Biochemistry of Hospital Nutrition, A. M. J. Woolfson (Ed.), Edinburgh, Churchill, Livingstone, 83-122.

[16] Levander, O. A. (1986). In: Trace Elements in Human and Animal Nutrition. W. Mertz (Ed.), 5th ed. V.2. Orlando: Academic Press, 209-79.

[17] Huttunen, J. K. (1986). Acta Pharmacol Toxicol,; 59 suppl. 7 311-316.

[18] Solomons, N. W. (1984). In: Clinical Nutrition, Vol. 2: Parenteral feeding, Rombeau, J. L., Caldwell, M. D., Eds. Philadelphia: W.B. Saunders Company, 169-197.

[19] Neta, R. Pharmacol. Ther. 39 (1988): 261-266.

[20] Wies, J. F., Srnivasan, V., Kumar K. S. and Landauer. M. R. Adv. Space Res. (1992), 12(2-3):223-231.

[21] O'Dell, J. R., McGivern, J. P., Kay, H. D. and Klassen, L. W. Clin. Exp. Immunol, (1988), 73(2):322-327.

[22] Knizhnikov, V. A., Komleva, V. A., Tutel'ian, V. A., Novoselova, G. P., Golubkina, N. A., Trushina, E. N., Kumpuainen, I. and Edelman, K. Vopr. Pitan. (1991) 4: 52-55.

[23] Knizhnikov, V. A., Shandala, N. K., Komleva, V. A., Knyzhev, V. A. and Tutel'ian, V. A. Nutrition Research (United States), (1996) 16: 505-516.

[24] National Toxicology Program (NTP) Report. Toxicity Studies of Sodium Selenate and Sodium Selenite . July, 1994.

[25] World Health Organization. Selenium, Environmental Health Criteria 58, WHO, Geneva (1987).

د. محمد عادل باكير، علي محمد

قسم الطب الإشعاعي، هيئة الطاقة الذرية، ص. ب 6091، دمشق، سورية.

د. غسان عليا، رائد آزروني، فادية قصيص

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

دراسة ميزات الحزمة الإشعاعية لجهاز المعالجة بالأشعة السينية العميقة

أسامة أنجق - د . محمد حسان خريطة

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

ملخص

تتضمن هذه الدراسة تعيين ميزات الحزم الإشعاعية لجهاز المعالجة بالأشعة السينية العميقة "Therapax DXT300" المركّب في مركز الطب النووي بدمشق وذلك من خلال تحديد كل من نوعية الحزمة الإشعاعية والتجانس بتحديد قيمة الطبقة النصفية الأولى والثانية (First HVL & Second HVL)، كما جرى تعيين معدل الجرعة الإشعاعية المتصة والنسبة المئوية للجرعة بالعمق (Percentage depth dose PDD) لعدد من مخاريط تحديد الحزمة، وكذلك دراسة خطية الجهاز، وتتضمن أيضاً مقارنة لهذه النتائج مع دراسات سابقة. وتدل النتائج على أنه يمكن استخدام الجهاز في المعالجة وأن أداء الجهاز وميزات الحزمة الإشعاعية تتوافق مع المعايير المطلوبة لمثل هذا النوع من الأجهزة.

الكلمات المفتاحية: أشعة–X، المعالجة الإشعاعية بالأشعة السينية العميقة، المجراعية.

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

بناء نظام عنقودي لمخدمات الشبكة المحايدة ذي إتاحية جيدة

يوسف عباس - محمد قضماني - د . علي المحمد

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

ملخص

تمَّ في هذا العمل بناء نظام عنقودي – ذي إتاحية جيدة – وفق المراحل التالية:

1- إعداد الكيان الصلب للمخدمات لتتلاءم مع النظام الجديد.

2- تحديد المحددات البرمجية والشبكية للمخدمات.

3- تنصيب البرنامج الخاص لتشغيل الخدمات على النظام العنقودي.

4- تنصيب البرنامج الخاص بإدارة تزامن المعلومات بين المخدمات.

الكلمات المفتاحية: نظام عنقودي، خدمات، شبكة.

● تقرير مختصر عن عمل تقني أنجز في قسم الخدمات العلمية – هيئة الطاقة الذرّية السورية.

معامل انتقال السيزيوم-137 والسترونسيوم-85 من ترب سورية مختلفة إلى نباتي السبانخ والملوخية

هيام مخللاتي - د. محمد العودات

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

ملخص

عُيِّنت قيم معاملات انتقال السيزيوم-137 والسترونسيوم-85، من الترب السورية الملوثة (الرمادية الصحراوية والحمراء تيرا روزا والبنية كروموزول والتربة الملحية) إلى نباتي الملوخية والسبانخ. أوضحت النتائج اختلافات بيّنة في قيم معاملات الانتقال تبعاً للمحاصيل والترب المدروسة، وكانت قيم معاملات الانتقال في الأجزاء المأكولة، عند الحصاد: 0.17 و0.04 في التربة الرمادية الصحراوية (القيم الأعلى)، و0.15 و0.03 في التربة الحمراء، و0.07 و0.026 في التربة البنية، و0.05 و0.028 في التربة الملحية (القيم الأدنى)، وذلك للملوخية والسبانخ على التتالي. كانت قيم معاملات انتقال السترونسيوم-85 أعلى بكثير من قيم معاملات انتقال السيزيوم-137، وذلك لكلا المحصولين وفي الترب المدروسة كافة، وتراوحت، عند الحصاد، بين 2.07 و 3.02 للملوخية، وبين 0.42 و 1.015 للسبانخ. انخفضت قيم معاملات انتقال السيزيوم خلال مراحل النمو وكانت على النحو الآتي: البادرات، النباتات الفتية، النباتات الناضجة. وهذا يعود إلى جملة عمليات:

- التثبيت المترقي للعناصر المشعة في التربة (تأثير التقادم).
- تغلغل الجذور الفعّالة في التربة بعيداً عن الطبقة الملوثة.

تأثير التمديد بفعل نمو النباتات.

كانت أعلى قيم لمعاملات انتقال السيزيوم-137 والسترونسيوم-85 في التربة الصحراوية، تلتها التربة الحمراء تيرا روزا، فالتربة البنية، فالتربة الملحية.

الكلمات المفتاحية: معاملات الانتقال، السيزيوم-137، السترونسيوم-85، الترب السورية، الملوخية والسبانخ.

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

خطة معالجة المناطق الملوثة بالمواد المشعة الطبيعية في حقول النفط التابعة للشركة السورية للنفط (حقول الجبسة والرميلان)

د. رياض شويكاني، د. محمد سعيد المصري، إبراهيم عواد

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

ملخص

جرى في التقرير الحالي عرض خطة مفصلة لمعالجة المناطق الملوثة بالمواد المشعة الطبيعية في حقول النفط التابعة للشركة السورية للنفط. شملت الخطة وصفاً لواقع المناطق الملوثة والإجراءات التي ستتبع قبل الشروع بتنفيذ أعمال المعالجة وأثناء المعالجة والمسوحات الإشعاعية النهائية وفق المعايير السورية. بالإضافة إلى ذلك، جرى تحديد مسؤوليات القائمين على تنفيذ أعمال الإزالة إضافة إلى برامج مراقبة المناطق المعالجة المستقبلية.

الكلمات المفتاحية: مناطق ملوثة، الشركة السورية للنفط، المواد المشعة الطبيعية، خطة إزالة التلوث.

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

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

الإجراءات العملية للدراسات القلبية باستعمال الغاما كاميرا (الجزء الأول)

ملخص

تمَّ وضع هذه الدراسة للتذكير بالتطورات الكبيرة التي طرأت في مجال الطب النووي على: الأجهزة والبرمجيات والأساليب والنظائر المشعة حتى يومنا هذا. ومهمة هذه الدراسة هي تحديد التطبيقات والبروتوكولات الرئيسية المُثبتة من قِبل الخبراء في هذا المجال بغية نشر هذه البروتوكولات للعاملين في مجال الطب النووي القلبي. وقد صُمِّمت هذه الدراسة لتقديم إرشادات للتصوير للأطباء والفنيين المؤهلين للعمل في هذا المجال من الطب النووي.

د. مازن صافي - فاطمة الشيخ

قسم الطب الإشعاعي – دائرة الطب النووي

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

الكلمات المفتاحية: الاكتساب، بروتوكولات المعالجة (التصوير)، ومضان العضلة القلبية، نهاية زمن الانبساط، تصحيح التوهين.

● تقرير مختصر عن دراسة علمية مخبرية أُنجزت في قسم الطب الإشعاعي – هيئة الطاقة الذرية السورية.

تأثير إضافة معدلات مختلفة من الفسفوجيبسوم في نمو وكفاءة تثبيت الآزوت الجوي لنبات السيسبان باستعمال تقنية التمديد بالنظير N^{15}

ملخص

أظهرت نتائج الدراسة أن إنتاج المادة الجافة لنبات السورغوم قد تضاعف نتيجة لإضافة 5 طن/هـ فسفوجيبسوم إلى التربة. أما في نبات السيسبان فقد انحصر التأثير المعنوي لإضافة الفسفوجيبسوم عند استعمال معدل مقداره 40 طن/هـ فقط. أبدى كلا النوعين استجابة واضحة من حيث كميات الفسفور المتراكمة، وخاصة في العقد الجذرية. أدَّت إضافة 10 طن فسفوجيبسوم/هـ إلى زيادة الكفاءة التثبيتية للآزوت الجوي، حيث بلغت 67%، في حين بلغت في الشاهد 35% فقط. وترافق ذلك مع مضاعفة كميات الآزوت المثبتة. ومن حيث تركيز الفلور، فإن محتوى أوراق نباتي السيسبان ونرة السورغوم من عنصر الفلور لم يتجاوز الحد الحرج. لذلك تُعدُّ إضافة الفسفوجيبسوم بمعدل 10 طن/هـ وسيلة ناجعة لتحسين كفاءة تشكل العقد الجذرية وتثبيت الآزوت الجوي في نبات السيسبان ولخفض معدل امتصاص آزوت التربة ولزيادة إتاحة الفسفور للنبات.

د. فواز كرد علي - محمد الشماع

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

الكلمات المفتاحية: السيسبان، نرة السورغوم، تثبيت الآزوت الجوي، فسفوجيبسوم، N^{15}.

● تقرير مختصر عن دراسة علمية مخبرية أُنجزت في قسم الزراعة – هيئة الطاقة الذرية السورية.

تعيين تراكيز الرصاص في دم تلاميذ المرحلة الابتدائية في دمشق – ريف دمشق

د. رفعت المرعي – د. مصباح الغالي – د. سوزان مرتضى

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

ملخص

نظراً لكون الرصاص من المعادن المنتشرة بكثرة في الطبيعة ولكونه من أكثر الملوثات الكيماوية تماساً مع الإنسان، ولاسيما بتواجده في هواء المدن المكتظة بوسائل النقل والتي تستخدم البنزين المرصص، وبما له من تأثيرات صحية سلبية متنوعة على الناس كافة، وبالأخص على الأطفال، فقد كانت هناك ضرورة ملحة لسبر الواقع الصحي المتعلق بالتعرض للرصاص في مدينة دمشق كونها العاصمة والكثافة السكانية فيها كبيرة، بالإضافة إلى وجود عدد كبير من السيارات التي تستخدم البنزين.

وقد أُجريت هذه الدراسة الميدانية لتحقيق هذا الهدف، حيث تمَّت دراسة تراكيز الرصاص في دم تلاميذ المرحلة الابتدائية في المدارس التابعة لمديرية تربية محافظة دمشق وبعض المدارس التابعة لمديرية تربية ريف دمشق، وقد بلغ عدد الاستمارات التي تمَّت دراستها 840 استمارة، أما عدد عينات الدم المفحوصة فقد كان 546 عينة في مدينة دمشق و183 عينة في ريف دمشق. حيث رُسمت منطقتان في ريف دمشق روعي في اختيارهما الاختلاف الكامل من حيث الموقع الجغرافي والكثافة السكانية وبعض العوامل المناخية مثل اتجاه الرياح وقوتها ودرجات الحرارة، كما أُخذت العوامل الاجتماعية بعين الاعتبار بما فيها الحركة السياحية.

وقد ركّزت الدراسة على مجموعة من المعلومات البيئية والسلوكية والاجتماعية الخاصة بالطلاب والمدارس والمنازل وذلك في محاولة للربط بينها وبين تراكيز الرصاص في دم التلاميذ.

وقد أشارت النتائج الى أن 76.3% تقريباً من العينات المدروسة كان تركيز الرصاص في الدم لديها أكثر من 10 مكروغرام/100 ملّي لتر. واعتماداً على المصادر العلمية، فإن التأثيرات الصحية السلبية ولاسيما في مرحلة الطفولة تبدأ من هذا التركيز، ومن هذه التأثيرات:

- انخفاض خضاب الدم وفيتامين د.
- تأثيرات على الجهاز العصبي المركزي.
- تراجع مؤشرات النمو
- انخفاض علامات (IQ) عامل الذكاء.
- اعتلالات كلوية.

ولم تُلحظ أية حالة في العينة تجاوز تركيز الرصاص لديها 80 مكروغرام/100 ملّي لتر دم، أي المستوى الذي تُلحظ فيه تأثيرات وخيمة قد تؤدي إلى الموت.

الكلمات المفتاحية: عنصر الرصاص، مستوى التعرض، التأثير على الصحة، دم، تلاميذ المدارس.

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

إكثار بعض أصناف الزيتون المحلية بالزجاج

د. طريف شربجي - زهير أيوبي - انتصار قره جولي

قسم البيولوجيا الجزيئية والتقانة الحيوية
هيئة الطاقة الذرّية – ص.ب 6091 – دمشق – سورية.

ملخص

جرى استزراع ستة أصناف محلية من الزيتون (دان وصوراني وتدمري وتفاحي وزيتي وقيسي) نسيجياً في الزجاج In vitro على بيئات مختلفة (MS وMS معدلة و Rugini وDSD1). أظهرت النتائج أن الصنف (قيسي) لم يستجب للإكثار بالأنسجة وكان لبيئة MS معدلة تأثير إيجابي على الأصناف دان وزيتي وصوراني، في حين اختصت بيئة Rugini بالتأثير نفسه على الصنف تفاحي، أما في الصنف (تدمري) فلم يظهر أي اختلاف في النمو لكلا البيئتين. كانت أعلى نسبة مئوية للتجذير وللأصناف كافة عند التركيز 5 مغ/ل IBA.

الكلمات المفتاحية: زيتون، زراعة أنسجة، بيئة MS، بيئة Rugini، IBA .

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

تأثير معاملة غراس الزيتون بطبقة رقيقة من طين الكاولين و المحرض الحيوي على المواصفات الشكلية وإنتاج المادة الجافة

د. جورج سعور

قسم البيولوجيا الجزيئية والتقانة الحيوية
هيئة الطاقة الذرّية – ص.ب 6091 – دمشق – سورية.

ملخص

استخدمت السمات الشكلية لتقييم مواصفات النمو عند صنفين من غراس أشجار الزيتون (جلط ودان) المزروعة ضمن أصص. استجابت غراس الزيتون بشكل إيجابي للمعاملات المختلفة لكل من طين الكاولين والمحرض الحيوي. تفوقت غراس الزيتون المعاملة سواء بطين الكاولين بالتركيز نصف القياسي (3% مواد صلبة) أو طين الكاولين بالتركيز القياسي (6% مواد صلبة)، أو بالمحرض الحيوي على نظيراتها غير المعاملة بما يتعلق بأطوال أو أقطار سوق الغراس (على ارتفاع 1 سم من سطح التربة)، ومسطح الورقة، وأعداد الأوراق والفروع، ومحتوى الأوراق من الكلوروفيل.

الكلمات المفتاحية: طين الكاولين، محرض حيوي، غراس الزيتون، مواصفات شكلية.

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

تحسين تحمل البطاطا للملوحة باستخدام تقانات الزراعة النسيجية والتشعيع مع الانتخاب في الزجاج

د. بسام الصفدي - د. محمد عماد الدين عرابي

قسم البيولوجيا الجزيئية والتقانة الحيوية
هيئة الطاقة الذرّية – ص.ب 6091 – دمشق – سورية.

ملخص

أُجري برنامج تربية طفرات لتحسين تحمل البطاطا Solanum tuberosum للملوحة. فقد شُعِّعت ازدراعات مزروعة في الزجاج من أصناف دراجا وسبونتا وديامونت بجرعات 25 و30 و35 غراي. جرى عزل الطفرات للتخلص من الأنسجة الكايميرية في المادة النباتية ثم جرى إكثار النباتات بهدف تطبيق ضغط الانتخاب في الزجاج وفي الأصص.. تمَّ الحصول على أكبر عدد من النباتات المتحملة للملوحة من الصنف سبونتا وعددها 4، في حين جرى الحصول على نبات واحد متحمل من الصنف ديامونت.

الكلمات المفتاحية: بطاطا، ملوحة، طفرة، في الزجاج.

● تقرير مختصر عن بحث علمي أُنجز في قسم البيولوجيا الجزيئية والتقانة الحيوية – هيئة الطاقة الذرّية السورية.

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

أحد عظماء الفيزياء

هويغنز: رجل وراء مبدأ

Huygens: The Man Behind the Principle

تاليف : سي . دي . أندرييس
عرض وتحليل : أوين جنجرتش

لو أن إسحاق نيوتن لم يعش أبداً، لكان كريستيان هويغنز قد حظي بمنزلة أيقونية في توصيف علم الفيزياء في النصف الثاني من القرن السابع عشر. وعلى غرار نيوتن، قدّم هويغنز إسهامات عديدة في الرياضيات وعلم الميكانيك وعلم البصريات. وقد سبق نيوتن في إيجاد صيغة للتسارع في حالة الحركة الدورانية واستخدمها بشكل رائع في تحديد قيمة ثابت التسارع التثاقلي (g). كما اخترع ساعة الرقاص وأوجد تأويلاً صحيحاً لحلقات كوكب زحل وتوصل إلى صيغة منحني السلسلة الذي تسلكه سلسلة مثبّتة من طرفيها وبيّن المبدأ الأساسي لحركة الموجة الضوئية.

ولد هويغنز في هولندا في العام 1629 وكان الولد الثاني لأب مستبد (كونستانتين) كان شاعراً ودبلوماسيّاً حكوميّاً. وأما الشقيق الأكبر لكريستيان، الذي كان يحمل اسم كونستانتين أيضاً، فقد أصبح ضابطاً في الجيش وقد عمل كلاهما بشكل مستقل وبشكل متعاون مع شقيقه الأصغر في تصنيع عدسات التلسكوب. وفي العام 1666 ذهب كريستيان، بعد أن حظيَ بسمعة جيدة كعالم في الرياضيات، إلى باريس للقيام بدور رائد في تشكيل أكاديمية لويس الرابع عشر الجديدة للعلوم. لكنه في العام 1681 بعد موت الوزير جان – بابتيست كولبيرت، الذي كانت رعايته تعطي دفعاً للأكاديمية، لم يعد يلقى الترحيب في فرنسا حين انقلبت هذه الأخيرة ضد البروتستانت.

زار هويغنز لندن في العام 1661 واجتمع بروبرت بويل وروبرت هوك حيث لاحظ مروراً لكوكب عطارد عبر وجه الشمس. وفي العام 1689، زار لندن للمرة الثانية، وذلك تقريباً زمن تتويج ويليام أوف أورنج ملكاً لإنكلترا، وحينها قابل نيوتن وإدموند هالي أثناء اجتماع للجمعية الملكية. بيد أنه كان هناك ودٌّ مفقودٌ بين نيوتن وهويغنز.

وعلى عكس نيوتن الذي كُتب عنه الكثير من السير الشخصية الهامة، هناك القليل من البيانات باللغة الإنكليزية عن حياة وأعمال هويغنز وهي غير دقيقة. أما هذه السيرة التي نحن بصددها بقلم C. D. Andriesse الذي يعمل كفيزيائي في جامعة يوترخت بهولندا فإنها تتضمن ثروة من المعلومات المترجمة حديثاً، مما يجعلها أغنى مصدر للمعلومات باللغة الإنكليزية عن علوم القرن السابع عشر الهولندية المتعددة الجوانب. ويستفيد هذا الكتاب بشكل واسع من مراسلات هويغنز المتبقية ومذكراته ومفكراته ومن مجلداته المنشورة. لقد كان هويغنز ناشراً غريباً، إذ إنه احتفظ في الكثير من الأحيان بأعمال لم ينشرها لسنوات عديدة (مما أفقدها الأسبقية). ولذلك فإن الوصول إلى المخطوطات كان جزءاً أساسياً من هذا المشروع.

يُعتبر كتاب أندرييس بياناً رائعاً ولكنه ليس سهل القراءة في حالٍ من الأحوال. فمن وقت لآخر ينقطع الانسياب بمداخلات فنية تشرح، على سبيل المثال، أعمال هويغنز مع الأمزجة الموسيقية أو إنتاج نوّاس ثابت الزمن. وهذه الأمور تتطلب من القارئ أن يكون على دراية بمصطلحات مثل "مقوّي tonic" أو "تطوُّري evolute". على أية حال، يستطيع القارئ غير الصبور على هذه الشطحات الرياضية التوضيحية أن يتخطى مثل هذه المقاطع.

والأكثر إشكالية في الكتاب هو سيل أسماء الأشخاص والمواقع الجغرافية. ولا تشكل هذه الأمور أية مشكلة بالنسبة لشخص على دراية بتاريخ وجغرافية هولندا، لكن كان يمكن لهذا التقرير أن يكون أكثر انتشاراً لو تضمن خرائط موضوعة بشكل استراتيجي ومسرداً

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

لشرح أسماء الأشخاص. فعلى سبيل المثال، ينتهي الفصل الأول الذي يحمل عنوان "Titan- عظيم" بفقرة تتعلق باكتشاف هويغنز لأهم قمر لكوكب زحل الذي أعطاه اسم تيتان Titan. ويختم أندرييس بملاحظة تفيد بأن تيتان Titan يُمثِّل صورة ملائمة لموضوعه واقتبس بيتين من الشعر باللغة اللاتينية كتبهما هويغنز وتمَّت ترجمتهما كالتالي:

دعهم يبقون علامات عن حصافتي ولتكن أسماؤهم

التي أكتبها عبر السماوات صدى لشهرتي

وبعد ذلك كثيراً ما يعمد أندرييس إلى وصف هويغنز (وبشكل مشوّش) على أنه تيتان.

إنّ ما يجعل من هذا الكتاب قراءة شاطحة يتمثّل في المقاطع الطويلة من الرسائل أو المفكرات المليئة بتوافه الأمور (رغم حيويتها) والتلميحات (المتعلقة بسيدات فاتنات، قد يكون أو لا يكون هويغنز، قد اصطحبهن إلى الفراش)، وكلها مبذورة بتفاصيل عن إنجازاته الرياضية والعلمية. أما انطباعي المتأني فهو أن هذا الكتاب غير سهل إلى حد بعيد وربما يكون من المزعج أن توصى قراءته بحماس.

وبانطباع أكثر عمقاً، أتبين أن هذا الكتاب يعكس شخصية هويغنز ونفسيته. فقد كان هويغنز محاطاً بوقائع مؤلمة من السوداوية melancholy عندما كانت تمر عليه شهور عديدة دون أن ينجز أي شيء ثم تتبعها هبّات عظيمة من الجنون المبدع. ونشير في هذا الصدد إلى أن تطوير نظرية الموجة الضوئية التي قادت إلى المبدأ الذي يشكل العنوان الحاذق لهذا الكتاب قد حدث بعد نوبة سوداوية مدمرة بشكل خاص. ويتابع أندرييس على هذا النحو إلى حد قول أن: "الفضل في حصولنا على عمل هويغنز الرائع عن الضوء إنما يعود إلى هذه الأزمة". وكل ذلك يوحي لي أنه يمكن أن يكون هويغنز قد عانى من اضطراب ذي اتجاهين يتمثل في العلة الهوسية الاكتئابية mainc-depressive illness.

ولم يكن هويغنز أبداً مهتماً بالفلسفة مثل معاصريه نيوتن وليبنيتز، لكنه مع ذلك دبَّر عندما كان في الستينيات من عمره كتابة نظرة أكثر عمومية حول الكون في مؤلفه: "Cosmotheoros" وهنا أشرقت للمرة الثانية عبقريته العلمية والابتكارية. فقد صمَّم طريقة تستطيع بشكل كمّي أن تخفِّض تألق ضوء الشمس إلى تألق ضوء نجم الشعرى اليمانية Sirius، وبذلك أمكن تحديد المسافة إلى نجم نمطيٍّ قريب بشكل قياسي ضوئي. وقد تعجَّب قائلاً: "أيُّ حدود للعدد يجب علينا وضعها إذا أردنا أن ندرس قدرة الله اللانهائية، وفي الحقيقة، عندما كنت أفكر هكذا في نفسي، خامرتني فكرة كون كل علم الحساب لدينا لا يعادل شيئاً وأننا نلمُّ فقط في البداءات العددية فحسب". وكان هذا آخر أعماله العظيمة. ومع بداية عملية الطباعة تدهورت صحته بشكل متواصل، ربما بسبب السرطان، وتوفي في العام 1695 قبل نشر الكتاب.

أوين جنجرتش هو مؤرخ في علم الفلك ويعمل في مركز هارفرد-سميثونيان للفيزياء الفلكية وهو مؤلف الكتاب .

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

إنجازات ضئيلة

الاكتشافات: الإنجازات العظيمة في علوم القرن العشرين بما في ذلك البحوث الأصلية

THE DISCOVERIES:
great breakthroughs in 20th century science including the orignal papers

تأليف : آلان لايتمان
عرض وتحليل : غراهام فارميلو

تُعدُّ التاباز Tapas إحدى أعظم المتع في إسبانيا. فهذه الوجبات الخفيفة اللذيذة والمقبلات تشكّل أحد الأركان الأساسية في تقاليد المطبخ في هذا البلد. وتبدو الكتب ذات الأسلوب التابازي Tapas-style آخذة في الشيوع أيضاً، وذلك لأن المعدل الوسطي لمدى اهتمام القرّاء الحديثين آخذٌ في الانخفاض سنوياً. ولدينا هنا كتابٌ علميٌّ واعدٌ من هذا القبيل بعنوان: The Discoveries، وهو يمثل مجموعة من الكتابات القصيرة حول أفضل 25 ورقة بحوثٍ لعلوم القرن العشرين.

إنها فكرة جذّابة، ولعل الأكثر جذباً في هذه الحالة يتمثّل في أنها أُعدَّت على يد الكاتب القدير بحق، أي آلان لايتمان A. Lightman، وهو فيزيائي وبروفسور مساعد في العلوم الإنسانية في معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا. وباعتباره مؤلفاً لثلاث روايات عالية الحرفية في الكتابة، ولبضعة كتب علمية مبسَّطة ومقالات مكتوبة بشكلٍ ممتاز، فإنه مؤهلٌ جيداً لتحقيق هدفه الطموح في تقديم نظرة شاملةً بصيرة حول العلوم الحديثة.

في مقدمته، يقول لايتمان إنه قد سعى للعثور على نماذج للاكتشافات، ولمقارنة مكتشفيها وأساليب العمل والتفكير المختلفة بين العلماء الروّاد. فقد قضى ستة شهور يجري فيها استشاراتٍ موسَّعة قبل أن يقرِّر اصطفاءه الأخير للمكتشفات. وفي وصفه عند نهاية تلك العملية، يبدو مكشوفاً بطريقة ساحرة في شغفه بالعلوم، إذ يقول: "لقد حملت كدسة من 25 بحثاً بذراعي، تضم الفكر العلمي لقرنٍ من الزمان. لقد امتلأت عيناي بالدموع".

ولا بد أن يرتبط أي اصطفاء للأعمال العلمية العظمى بقدر من الخلافية. ولكن يبدو لي أن اختيار لايتمان هو اختيارٌ منطقي إذا انحاز نوعاً ما إلى الفيزياء. فهو يدرج أوراقاً علميةً حول النظرية الكمومية، ونظرية أينشتاين النسبية الخاصة (وليست العامة)، والفيزياء النووية، وعلم الكون، وورقة لينس بولنغ L. Pauling العلمية الرائدة حول الرابطة الكيميائية، واكتشاف ألكسندر فليمنغ A. Fleming للبنسيلين، وجينات باربرة ماكلينتوك القافزة B. McClintock، وبُنى الدنا DNA والهيموغلوبين، وأول عرض توضيحي للهندسة الوراثية. ولعل أكثر ما يثير الدهشة هو افتقاد دراسة عن تكتونية الصفيحة الأرضية، والتي تُعدُّ واحدة من إحدى الثوراتٍ الحقيقية في العلم الحديث.

وما يمثل التحدي الأعظم بالنسبة للايتمان هو إضفاء المضمون لادعائه المتمثل بأن: "التقارير الأولى عن المكتشفات العظيمة للعلم تمثل أعمالاً من الفن"، وهو زعمٌ لطالما تمّ التصريح به ولكن قلما تمّت برهنته. ويجعل لايتمان الأمر عسيراً بالنسبة إليه بشكلٍ خاص، لكونه بدل أن يعطي نظرة شاملة عن سمات الأعمال الأدبية، فإنه يقدّم كل ورقة علمية (أو كل ورقتين أحياناً) بشكلٍ منفصل. والنتيجة هي أن الكتاب يضمّ سلسلة من 22 مقالة، ويُلحق بكل مقالة منها الورقة أو الأوراق العلمية التي ناقشها. إنه يستنسل بعضها بشكل تام، ولكنه يقلم الباقي منها بشكل ملموس – بحيث ينال التقليم ما مقداره الثلثان في القليل منها وما مقداره الخمس فقط في ما تبقى منها. ونشير إلى أن جميع أوراق البحوث كتبت باللغة الإنكليزية، وأن لايتمان وجد ترجماتٍ جزلة للأبحاث السبعة التي اصطفاها والتي كانت في الأصل قد كُتبت باللغة الألمانية.

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

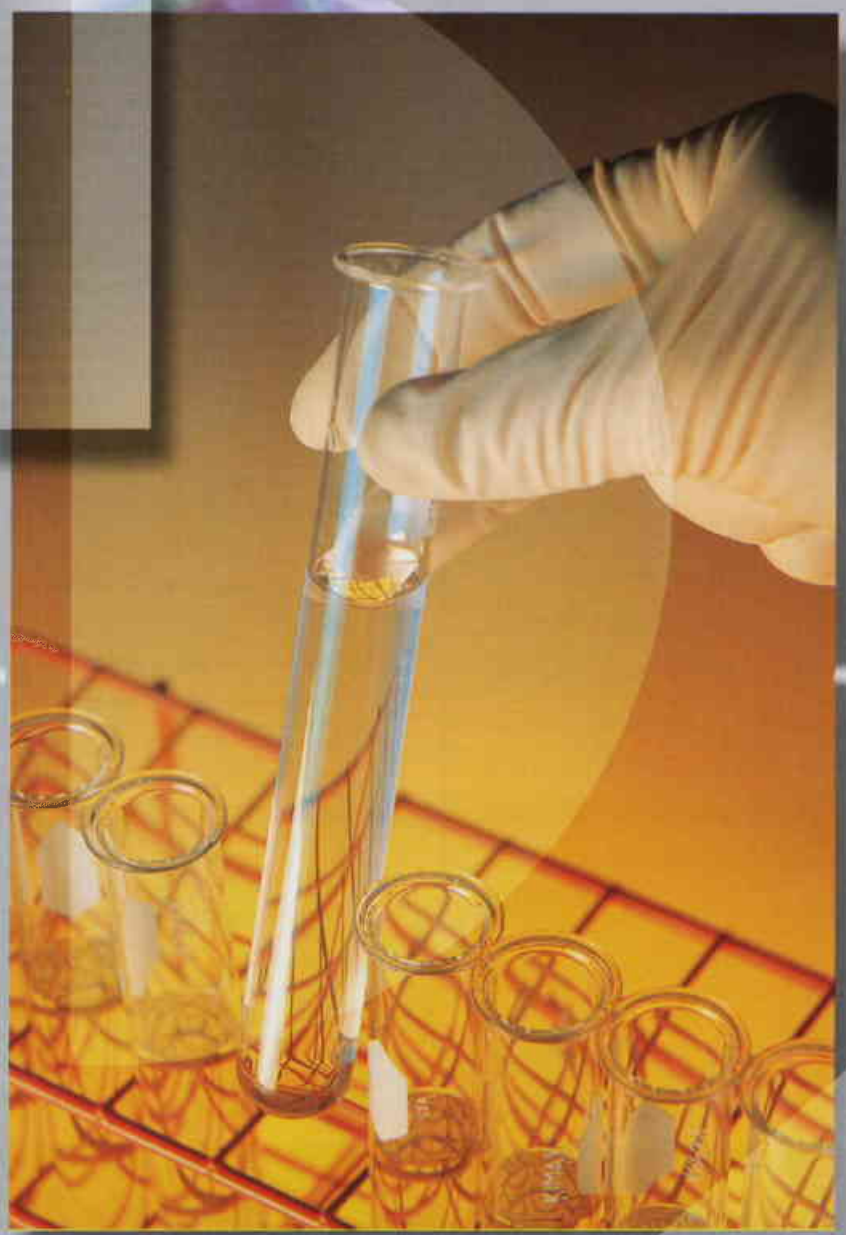
أما الفصول المتعلقة بالفيزياء، فتُعدُّ- كما يستشفّ- أكثر الفصول استيفاءً. وما يعتبر الأفضل بينها جميعاً مقالته حول قانون هبل Hubble's Law، والذي قاد إلى إدراك حقيقة أن الكون آخذٌ بالاتساع. فهي تفتتح كرواية حدثت في أمسية باردة في أواخر العشرينيات من القرن الماضي، والسماء تبدو صافية مرصعة بالنجوم. ويصوِّر لايتمان بعدئذ لوحة مفعمة بالحيوية لإدوين هبل، ويشرح لماذا أحدث هذا الاكتشاف مثل هذا الواقع. وتكمن المشكلة في أنه يفعل الشيء ذاته إلى حدٍّ كبير بالنسبة لبقية المواضيع أيضاً، وبذلك يبدو الكتاب نوعاً ما صياغيّاً وتكرارياً.

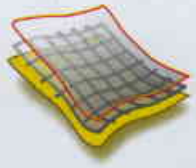
وحسبما يمكن أن يتوقع المرء من هذا الكاتب، فإن الكتابة واضحة بدون ركاكة، ولكنها تفتقر - بشكلٍ مؤسف - إلى أسلوبه الرفيع والراقي المعتاد. حيث تفتقد أغلب شروحه وهجها بشكلٍ مفاجئ وهي أفضل بقليل من الإيضاحات التي تقدَّم بشكلٍ تقليدي في أماكن أخرى. وكذلك لم يكن الأسلوب باعثاً على الرضا بشكلٍ خاص: فعلى سبيل المثال، ما كنت لأتوقع بتاتاً أن هذا الكاتب العلمي - وهو الأكثر ألقاً بين من كتب في العلوم - يقدِّم أفكار ماكس بلانك حول التكميم quantization لجمهورٍ من العامة، وذلك عبر وصفها بأنها "مجاوبات عنصرية مهتزة" elemental vibrating resonators.

لقد كنت آمل أن لايتمان ربما يقنعني بأن الأوراق العلمية الفضلى تكون في الغالب فناً جليلاً. ولكن هذا ما لم يحدث للأسف. لقد وجدت نفسي- مع شعورٍ بالذنب - أقلّب صفحات تلك الأوراق العلمية التي كانت خارج نطاق اختصاصي في الفيزياء، وأنا مفتقرٌ للأناة وسعة الصدر بالنسبة للتفاصيل التقنية. لقد كانت مقدمات لايتمان نادراً ما تعطيني الرغبة في تذوقٍ طعام غير مألوف: إذ إن قضمة واحدة أو اثنتين كانت تكفي تماماً. وأنا أشتبه في أن غير الفيزيائيين سيشعرون بالمثل عندما يصادفون الصيغة الأساسية ذات الخطوط الثلاثة في لب النظرية الكهرمغنطيسية المتكاملة لستيفن وينبيرغ. كما أنني أخشى أنهم لن يكونوا مشحونين بقدرٍ من التحفّز يجعلهم يلتزمون بتعليق لايتمان: "حتى بدون معرفة أيٍّ من الرموز أو معانيها، لا بد للمرء أن يعجب باقتصادية الصيغة ومقدرتها". وذلك ما يأمله البعض.

لقد كنت على الدوام معجباً بلايتمان، وكنت أتوقع أن يكون كتاب Discoveries مقدمةً أنيقة ومستساغة للعلم الحديث. لكنه، وللأسف، جاء كمادة قراءة غير سلسة ومملة إلى درجة أنني أعتقد أنها لن تلقى إلا إقبالاً محدوداً. فقد برهن أحد أكبر "طهاة" الكتابة العلمية إبداعاً أن التابل ليست موطن قوة.

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





Higher percentage % of in vitro plant rooting was obtained with 5 $mg.l^{-1}$ of IBA.

Key Words:
olive, tissue culture, MS, Rugini media. IBA.

EFFECT OF KAOLIN PARTICLE FILM AND BIOSTIMULANT APPLICATIONS ON MORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS AND DRY MATTER PRODUCTION OF OLIVE AND CITRUS NURSERY SEEDLINGS.

Dr. G. SAOUR
Department of Molecular Biology & Biotechnology, Atomic Energy Commission, P. O. Box 6091, Damascus, Syria.

Morphological features have been used to evaluate growth characteristics of two olive (Olea europea L., Oleaceae) cultivars (Djilt and Dan) seedlings grown in container. Olive seedlings of both cultivars responded positively to different applications of kaolin particle film or biostimulant. Seedlings treated with kaolin particle film applied at half the rate (3% solids) or at the standard rate (6% solids), and biostimulant significantly outperformed their untreated counterparts in terms of diameter, height, leaf area, numbers of leaves and branches, and chlorophyll content.

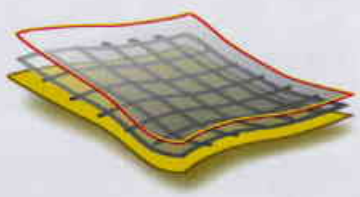
Key Words: kaolin particle film, biostimulant, growth enhancer, olive seedling.

IMPROVEMENT OF POTATO TOLERANCE TO SALINITY USING TISSUE CULTURE TECHNIQUES AND IRRADIATION WITH IN VITRO SELECTION

Dr. B. Al- SAFADI, Dr. M. I. E. ARABI
Department of Molcular Biology& Biotechnology, Atomic Energy Commission, P. O. Box 6091, Damascus, Syria.

A mutation breeding program was conducted to improve potato (Solanum tuberosum) tolerance to salinity. In vitro cultured explants from potato cvs. Draga, Diamant, Spunta were irradiated with gamma ray doses 25, 30, and 35 Gy. Mutants were isolated to get rid of chimeral tissues and subsequently propagated for in vitro and pot selection pressure. Cultivar Sponta produced the highest number of tolerant plants (4) and only one plant was obtained from Diamant.

Key Words: potato, salinity, mutation, in vitro.



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

in sesbania's nodules. The highest value of $\%N_2$-fixation (67%) was obtained following the addition of 10 T of PG/ha; whereas, it was only 35% in the control treatment (PG0). Moreover, the amount of N_2 fixed was doubled when soil was supplied with PG, particularly in the PG10 treatment. Concentrations of fluorine in shoots of both plant species were less than 10 mg/kg which remained less than the allowable level. Soil supply with PG, particularly 10T/ha, can be considered as an effective way for improving nodulation, N_2 fixation and P availability in Sesbania aculeata with minimal soil N uptake.

Key Words: Sesbania aculeate, Sorghum bicolor, N_2 fixation, phosphogypsum, ^{15}N.

DETERMINING LEAD CONCENTRATION IN THE BLOOD OF PRIMARY SCHOOL CHILDREN IN DAMASCUS CITY AND SUBURBS

Dr. R. AL-MRIE, Dr. M. AL-GHALI, Dr. S. MURTADA
Department of Chemistry, Atomic Energy Commission, P. O. Box 6091, Damascus, Syria.

Due to the fact that lead is a relatively common element in nature and one of the most pollutant elements which man kind is exposed to in densely populated cities that have a large number of vehicles using leaded petrol which has bad effects on human health particularly for children, it is found necessary to scan the health situation related to lead exposure in Damascus.

The present work focuses on determining the concentration of lead in the blood of primary school children in Damascus City and some schools in the suburbs of Damascus. 546 blood samples were collected from school children in Damascus city and 183 blood samples from school children in the suburbs of Damascus. Parameters such as student,s environmental, social and behavioral information were taken into consideration and correlate with lead concentration in students blood samples. Results showed that 76.3% of the samples have more than 10 µg/100 ml of lead in the blood.

Which has led to the following health effects: - decrease in hemoglobin and vitamin-D, - effects on central nervous system, - deterioration in children growth, - decreasing in IQ, - kidney failure.

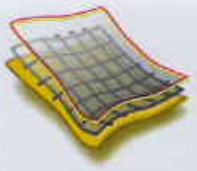
Key Words: lead element, exposure, health effect, blood, school children.

IN VITRO MICROPROPAGATION OF SOME LOCAL OLIVE VARIETIES

Dr. T. CHABAJI, Z. AYYOUBI, I. KARAJOLI
Department Molecular Biology & Biotechnology, Atomic Energy Commission, P. O. Box 6091, Damascus, Syria.

Six local varieties of olive (Dan, Sorani, Tadmury, Tifahi, Zeiti and Kaisi) were micropropagated on modified MS, Rugini and DSD1 media. Kaisi variety did not grow in the mentioned media, while growth of Dan, Sorani and Zeiti varieties increased in modified MS. Similar results were observed on Tifahi variety in Rugini media. MS and Rugini media had positive effects on Tadmury growth.

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



Cs^{137} and Sr^{85} of both species were always higher in the Aridisol, followed by Entisol, Inceptisol and Saline soil.

Key Words: transfer factor of Cs^{137}, Sr^{85}, Syrian soils, spinach and jews mallow.

REMEDIATION PLAN FOR CONTAMINATED AREAS BY NATURALLY OCCURRING RADIOACTIVITY MATERIALS IN SYRIAN PETROLEUM COPANY OILFIELDS

Dr. R. SHWEIKANI, M. S. AL-MASRI, I. AWAD
Department of Protection and Safety, Atomic Energy Commission of Syria, Damascus P.O.Box 6091, Syria

The present report contains a detailed plan for remediation of areas contaminated with naturally occurring radioactive materials in the Syrian Petroleum Company Oilfields. This plan includes a description of the contaminated areas and the procedures that will be followed before and during the execution of the project in addition to the final radiation surveys according to the Syrian regulations. In addition, responsibilities of the main personnel who will carry out the work have been defined and the future monitoring program of the remediated areas was determined.

Key Words: contaminated areas, Syrian Petroluem Company, NORM, remediation plan.

PRACTICAL PROCEDURES OF MYOCARDIAL STUDIES USING GAMMA-CAMERA (FIRST PART).

Dr. M. SAFI, F. AL-SHEIKH
Department of Radiation Medicine, Nuclear Medicine Service, Atomic Energy Commission, P. O. Box 6091, Damascus, Syria.

This study has been developed to face the significant advancement in instrumentation, computer software methodology, and radiopharmaceuticals. The task of this study is to document state-of-the-art applications and protocols approved by experts in the field and distribute these protocols to the nuclear cardiology physicians. This study is designed to provide imaging guidelines for those physicians and technologists who are qualified in the practice of nuclear cardiology.

Key Words: acquisition, processing protocols, myocardial scintigraphy, end diastolic, attenuation correction.

GROWTH, NODULATION AND N_2 FIXATION IN SESBANIA ACULEATA GROWN IN SOIL SUPPLIED WITH DIFFERENT RATES OF PPHOSPHOGYPSUM USING AN ^{15}N ISO DILUTION TECHNIQUE

Dr. F. KURDALI, M. AL-SHAMMA'A
Department oF Agriculture, Atomic Energy Commission, P.O. Box 6091, Damascus, Syria,

Dry matter of sorghum was doubled when soil was supplied with the lowest rate of phosphogypsum PG (5 T/ha). In sesbania, the highest rate of PG (40 T ha-1) was found to have a significant effect on dry matter yield. PG had a beneficial effect on P accumulation on both plant species, particularly

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

REPORTS

BEAM CHARACTERISTICS OF THERAPAX DXT 300 X-RAY SYSTEM

O. ANJAK, M. H. KHARITA
Department of Protection and Safety, PO Box 6091, Damascus, Syria

This report includes detailed study for beam characteristics [first and second half value layer (HVL), beam homogeneity and percentage depth dose (PDD%)] of deep x-ray therapy unit type "Therapax DXT 300 X-ray System" in The Nuclear Medicine Center in Damascus. Beam characteristics have been determined for different type of filters and applicators. Also, the linearity of dosimetry system has been tested in this study. The result of this study has been compared with other data. It was found that the Therapax DXT 300 X-ray System can be used for radiotherapy and the beam data are compatible with the standard of deep x-ray system used in this field.

Key Words: Deep X-Ray, Radiotherapy, Dosimetry.

SETTING UP HIGH AVAILABILITY CLUSTER SYSTEM FOR DEMILITARIZED ZONE SERVERS

Dr. A.AL-MPHMMAD, Y. ABASS - M. KUDMANI
Department of Scientific Services, Atomic Energy Commission, P. O. Box 6091, Damascus, Syria.

In this work a high availability cluster was built as below:

1. Setting up the hardware to be suitable for new system.
2. Specifying the programmable and networking parameters for servers.
3. Setting up the program which runs the services on the cluster.
4. Setting up the data synchronization management program on the servers.

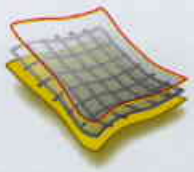
Key Words: cluster – services – network.

TRANSFER FACTOR OF Cs^{37} AND Sr^{85} FROM DIFFERNT SYRIAN SOILS TO SPINACH AND JEWS MALLOW

H. MUKHALALLATI, Dr. M. AL-OUDAT
Department of Protection and Safety, Atomic Energy Commission of Syria, P.O. Box 6091, Damascus, Syria.

The transfer factor of Cs^{137} and Sr^{85} from contaminated Syrian soils (Aridisol, Entisol, Inceptisol and Saline soil) to Jews mallow (Circhorus olitorius L.) and Spinach (Spinacia oleracea L.) was investigated. The results show that there were large variations in the transfer factor values among the crops and between the soils. The transfer factor values in edible parts of Cs^{137} at harvest were :0.17 and 0.04 in Aridisol (the highest), 015 and 0.03 in Entisol, and .0.07 to 0.026 in Inceptisol, and 0.05 to 0.028 (the lowest) in saline soil, for Jews mallow and Spinach respectively. The transfer factor values of Sr^{85} were much higher than that of Cs^{137} for both species and all studied soils ranged at harvest between 2.07 and 3.02 for Jews mallow, and between 0.42 and 1.015 for Spinach. Taking into account the growing stage a decrease in Cs^{137} transfer factor values was found in the following order: seedling >young plants> mature plants. This can be explained by different processes: I) The progressive immobilization of radionuclide in the soil (ageing effect); II) The root growth of the active parts of root absorption away from the soil contaminated layers, and III) The dilution effect due to plant growth. The transfer factor values of

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



toxicity and radiation effects.

Key Words: Radio-protective effects, trace elements, selenium

ANALYSIS OF THE SYRIAN LONG-TERM ENERGY AND ELECTRICITY DEMAND PROJECTION USING THE END-USE METHODOLOGY

A. HAINOUN, M. K. SEIF-ELDIN, S. ALMOUSTAFA
Reactor Safety Division/Energy planning Group, Nuclear Engineering Department, AECS, P.O. Box 6091, Damascus, Syria

A comprehensive analysis of the possible future long-term development of Syrian energy and electricity demand covering the period 1999-2030 is presented. The analysis was conducted using the IAEA's model MAED, which relies upon the end-use approach. This model has been validated during the last two decades through the successful application in many developing countries, even those having partial market economy and energy subsidy.

Starting from the base year final energy consumption distributed by energy forms and consumption sectors, the future energy and electricity demand has been projected according to three different scenarios reflecting the possible future demographic, socio-economic and technological development of the country. These scenarios are constructed to cover a plausible range, in which future evolution factors affecting energy demand are expected to lie. The first is a high economy scenario (HS) representing the reference case, which is characterized by high (gross domestic product) GDP growth rate (average annual value is about 6%) and moderate improved technologies in the various consumption sectors. The second is an energy efficiency scenario (ES), which is identical to HS in all main parameters except these relating to the efficiency improvement and conservation measures. Here high technology improvement and more effective conservation measures in all consumption sectors are proposed and the role of solar to substitute fossil energy for heating purposes is considered effectively. The third is a low economy scenario (LS) with low GDP growth rate (average annual about 3.5%) and less technology improvement in the consumption sectors. As a consequence, the improvement in the energy efficiency is low and the influence of conservation measures is less effective.

Starting from about 10.5 mtoe final energy in the base year, the analysis shows that the projected energy demand will grow annually at average rates of 5%, 4.5% and 3% for the HS, ES and LS respectively. Comparing to the HS, the conservation measures and technology improvement in the ES would save. 0.8 mtoe in 2010, 2.3 mtoe in 2020 and 5.7 mtoe in 2030. The final electricity demand of about 16.7 TWh in the base year will grow annually at average rates of 5.5%, 5% and 3.4% for the HS, ES and LS respectively. During the study period 1999-2030 the annual electricity per capita will increase from about 1000 kWh to 2800, 2500 and 1500 kWh for the HS, ES and LS respectively. The final energy intensity will decrease continuously from about 0.73 kgoe/US$ in the base year to 0.48 kgoe/US$, 0.42 kgoe/US$ and 0.67 kgoe/US$ for the HS, ES and LS respectively in the year 2030. These values indicate intensive final energy consumption in Syria compared to developing countries.

Key Words: End-use methodology, the model MAED, development scenarios, energy intensity, energy conservation.

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

Abstract

ARTICLES

ROLE OF CHOLESTEROL AND LIPID ORGANIZATION IN DISEASE

F. R. MAXFIELD
Department of Biochemistry, Weill Medical College of Cornell University, New York, USA.

I. TABAS
Departments Medicine, Cell Biology & Physiology & Cellular Biophysics, Columbia University College of Physicians, Surgeons, New York. NY, USA.

Membrane lipids are essential for biological functions from membrane trafficking to signal transduction. The composition of lipid membranes influences their organization and properties, so it is not surprising that disorders in lipid metabolism and transport have a role in human disease. Significant recent progress has enhanced our understanding of the molecular and cellular basis of lipid-associated disorders such as Tangier disease, Niemann-Pick disease type C and atherosclerosis. These insights have also led to improved understanding of normal physiology.

Key Words: Atherosclerosis, pathophysiology, cellular membrane, human disease, atherogenesis

A HALL OF SPIN

V. SIH, Y. KATO, D. AWSCHALOM
Department of Physics, University of California, Santa Barbara, US.

The experimental observation of the spin Hall effect could open up a new era in spintronics.

Key Words: Spintronics, magnetic fields, electrical currents, spin, microelectronic devices.

PAPERS

RADIO-PROTECTIVE EFFECTS OF SELENIUM IN RATS

M.A. BAKIR, A. MOHAMMAD
Radiation Medicine Department, Atomic Energy Commission, P.O. Box 6091, Damascus, Syria

G. ALYA, R. AZEOONY, F. KASIES
Molecular Biology and Biotechnology Department, Atomic Energy Commission, P.O. Box 6091, Damascus, Syria

The aim of this study was to evaluate the potential radio-protective effects of different selenium supplement concentrations of 4, 8, 15 and 30 ppm in rats. Four groups of rats were administered different concentrations of selenium in drinking water before irradiation starting from the ablactation which considered as day 0. The results showed that the sodium selenite of 4 ppm and 8 ppm enhance the 30-day survival of irradiated rats at 7 Gy (^{60}Co source whole body irradiation dose rate of 1 Gy min^{-1}) compared to the control group. The mean cumulated probability of survival of rats was 69%±6 (means±S.E.) and 77%±6 in 4 and 8 ppm groups, respectively, versus 42%±9 for control group ($P>0.001$). Our data also indicated that sodium selenite with concentrations of 15 and 30 ppm had no significant reduction in mortality. The mean cumulated probability of survival of rats was 50%±12 ($P=0.39$) and 49%±14 ($P=0.04$), respectively. The toxic effects of selenium were observed at 15 ppm and 30 ppm, survivals after 30 days of selenium intake were 76% and 46% respectively. We conclude that 4 and 8 ppm sodium selenite have a radio-protective effect 15 and 30 ppm sodium selenite had no radio- protective effects in rats, this may be due to a synergism of

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

39 WAS EINSTEIN RIGHT ALL ALONG?

40 REMEMBER THAT PHOTON

Storing single photons in atomic memories, and releasing them at a later time, is a required step on the way to quantum repeaters and long-distance quantum cryptography networks. This step has now been taken.

43 ARSENIC

PAPERS

45 ANALYSIS OF THE SYRIAN LONG-TERM ENERGY AND ELECTRICITY DEMAND PROJECTION USING THE END-USE METHODOLOGY

59 RADIO-PROTECTIVE EFFECTS OF SELENIUM IN RATS

REPORTS

65 BEAM CHARACHTERISTICS OF THERAPAX DXT 300 X-RAY SYSTEM

65 SETTING UP HIGH AVAILABILITY CLUSTER SYSTEM FOR DEMILITARIZED ZONE SERVERS

66 TRANSFER FACTOR OF Cs^{137} AND Sr^{85} FROM DIFFERNT SYRIAN SOILS TO SPINACH AND JEWS MALLOW

66 REMEDIATION PLAN FOR CONTAMINATED AREAS BY NATURALLY OCCURRING RADIOACTIVITY MATERIALS IN SYRIAN PETROLEUM COMPANY OILFIELDS

67 PRACTICAL PROCEDURES OF MYOCARDIAL STUDIES USING GAMMA-CAMERA (FIRST PART)

67 GROWTH, NODULATION AND N_2 FIXATION IN SESBANIA ACULEATA GROWN IN SOIL SUPPLIED WITH DIFFERENT RATES OF PHOSPHOGYPSUM USING AN ^{15}N ISOTOPIC DILUTION TECHNIQUE

68 DETERMINING LEAD CONCENTRATION IN THE BLOOD OF PRIMARY SCHOOL CHILDREN IN DAMASCUS CITY AND SUBURBS

69 IN VITRO MICROPROPAGATION OF SOME LOCAL OLIVE VARIETIES

69 EFFECT OF KAOLIN PARTICLE FILM AND BIOSTIMULANT APPLICATIONS ON MORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS AND DRY MATTER PRODUCTION OF OLIVE AND CITRUS NURSERY SEEDLINGS

70 IMPROVEMENT OF POTATO TOLERANCE TO SALINITY USING TISSUE CULTURE TECHNIQUES AND IRRADIATION WITH IN VITRO SELECTION

NEW BOOKS

71 A TITAN OF PHYSICS

HUYGENS: THE MAN BEHIND THE PRINCIPLE

BY: C. D. ANDRIESSE

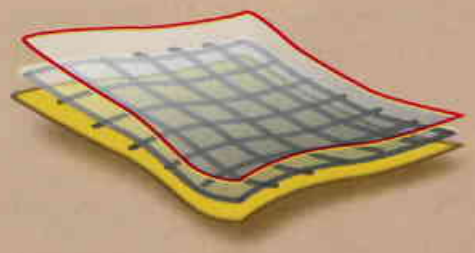
OVERVIEW & ANALYSIS: O. GINGERICH

73 BITESIZE BREAKTHROUGHS

THE DISCOVERIES: GREAT BREAKTHROUGHS IN 20TH CENTURY SCIENCE INCLUDING THE ORIGINAL PAPERS

BY: A. LIGHTMAN

OVERVIEW & ANALYSIS: G. FARMELO



81 ABSTRACTS OF THE ITEMS PUBLISHED IN THIS ISSUE IN ENGLISH

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

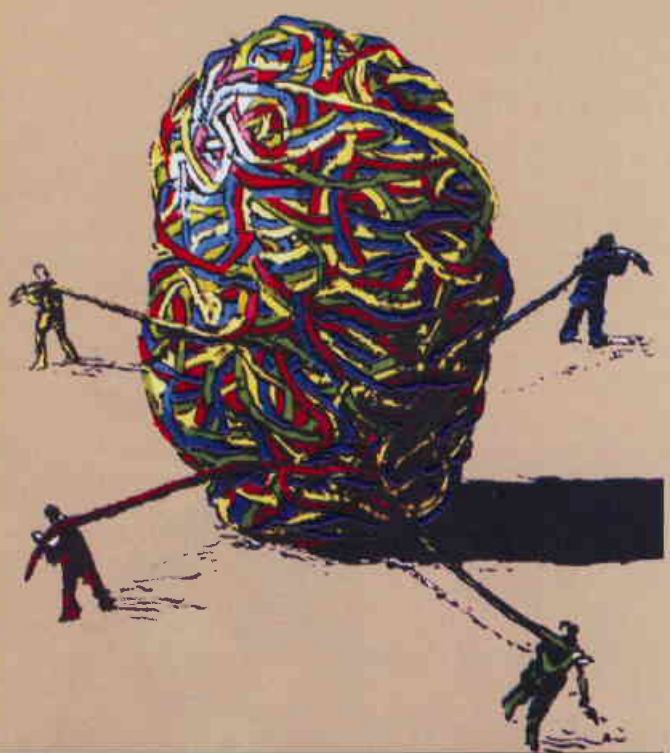
CONTENTS

ARTICLES

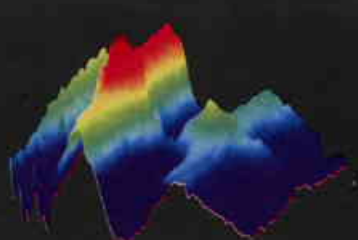
5 WHY METATHESIS WON THE NOBEL PRIZE

The products derived from petroleum allow fabrication of a wide variety of compounds that range from plastic materials to medicaments. Yves Chauvin who recently won Nobel Prize, tells how he found an essential mechanism for the transformation of hydrocarbons and what are the stakes.

Y. CHAUVIN



9 A HALL OF SPIN



The experimental observation of the spin Hall effect could open up a new era in spintronics.

V. SIH, Y. KATO, D. AWSCHALOM

14 ROLE OF CHOLESTEROL AND LIPID ORGANIZATION IN DISEASE

Membrane lipids are essential for biological functions from membrane trafficking to signal transduction. The composition of lipid membranes influences their organization and properties, so it is not surprising that disorders in lipid metabolism and transport have a role in human disease.

F. R. MAXFIELD, I. TABAS

NEWS

29 ▮ UNRAVELLING STRING THEORY

String theory may provide the best clues yet about how to obtain a unified theory that describes all the laws of nature, but do we even understand what string theory is?

30 ▮ THE MESSAGE OF THE QUANTUM

Einstein challenged physics to describe "the real factual situation". But an understanding of the very concepts that he criticized a century ago may provide the best clues yet about reality 'out there'.

32 ▮ DES ACIERS IRRADIÉS VIEILLIS ARTIFICIELLEMENT

33 ▮ CHIRALITY IN ELEPHANT PHEROMONES

35 ▮ TO YOUR GOOD HEALTH!

You wouldn't want microbes from faeces in your drinking water, would you? Think again, says Bryant Furlow.

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

AALAM AL-THARRA

JOURNAL OF THE ATOMIC ENERGY COMMISSION OF SYRIA

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

Managing Editor

Dr.Ibrahim Othman

Dirctor General of A.E.C.S

Editorial Board

Dr. Adel Harfoush

Dr. Ziad Qutob

NO.103