عالم الذرّة

مجلة هيئة الطاقة الذرية السورية

مجلة دورية تصدر ستّ مرّات 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.

العدد الثاني والثمانون السنة السابعة عشرة تشرين الثاني–كانون الأول 2002

المدير المسؤول

الدكتور إبراهيم عثمان

المدير العام لهيئة الطاقة الذرّية

هيئة التحرير

الدكتور توفيق قسّام (رئيس هيئة التحرير)

الدكتور محمد قعقع **الدكتور فؤاد العجل**

الدكتور أحمد الحاج سعيد **الدكتور محمد فؤاد الربّاط**

شروط الترجمة والتأليف للنشر في مجلة عالم الذرة

1- ترسل 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 ورقةٍ مستقلة عنوان مادة النشر واسم الكاتب وصفته العلمية وعنوانه مع ملخصين لها أحدهما بالعربية والآخر باللغة الإنكليزية حصراً، في حدود عشرة اسطر لكل منهما، ويطلب من كل من المؤلف والمترجم 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 عشر عبارات باللغتين العربية والإنكليزية.

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 مجمّعة من مصادر عدّة، يذكر الكاتب ذلك تحت العنوان مباشرة كأن يقول «تأليف، جمع، إعداد، مراجعة...» ويرفق المادة بقائمة مرقمة للمراجع التي استقاها منها.

6- إذا تضمنت المادة صوراً وأشكالاً، ترسل الصورة الأصلية وكذلك الأشكال مخططة بالحبر الأسود على أوراق مستقلة، إلاّ إذا كانت موجودة في المادة المطبوعة بلغة أجنبية (كما جاء في الفقرة «4»)، مرقمة حسب أماكن ورودها.

7- يرسل مع المادة قائمة بالمصطلحات العلمية العربية المستخدمة فيها مع مقابلاتها الأجنبية إذا لم تكن واردة في معجم الهيئة للمصطلحات العلمية والتقنية في الطاقة الذرية، الذي تم نشره في أعداد المجلة (2-18).

8- تكتب المصطلحات وكذلك أسماء الأعلام باللغتين العربية والأجنبية عند ورودها في النص أول مرة ومن ثم يُكتفى بإيراد المقابل العربي وحده سواء أكان هذا المقابل كاملاً أم مختزلاً. وتستعمل في النص المؤلَّف أو المترجَم الأرقام العربية 3, 2, 1 أينما وردت مع مراعاة كتابتها بالترتيب العربي من اليمين إلى اليسار. وإذا ورد في نص معادلةٍ أو قانون أحرف أجنبية وأرقام فتكتب المعادلة أو القانون كما في الأصل الأجنبي.

9- يُشار إلى الحواشي، إن وجدت، بإشارات دالّة (★ , + , x , o...) في الصفحة ذاتها، كما يشار في المتن إلى أرقام المصادر والمراجع المدرجة في الصفحة الأخيرة، وذلك بوضعها ضمن قوسين متوسطين [ ].

10- تُرقم 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 تُرد إلى أصحابها نشرت أم لم تنشر.

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

14- توجه المراسلات باسم رئيس هيئة التحرير إلى العنوان التالي:

الجمهورية العربية السورية – هيئة الطاقة الذرّية – مكتب الترجمة والتأليف والنشر – مجلة عالم الذرّة – دمشق – ص. ب 6091

رسوم الاشتراك

الاشتراك السنوي للطلاب (200) ل.س – الاشتراك السنوي للأفراد (300) ل.س – الاشتراك السنوي للمؤسسات (1000) ل.س

الاشتراك السنوي للأفراد من خارج القطر العربي السوري (30) دولاراً أمريكياً. وللمؤسسات (60) دولاراً أمريكياً – تتضمن الاشتراكات أجور البريد

بالنسبة للمشتركين من خارج القطر يُرسل رسم الاشتراك إلى العنوان التالي:

المصرف التجاري السوري فرع رقم 13
مزة – جبل – ص.ب 16005
رقم الحساب 2/3012

أو بشيك باسم هيئة الطاقة الذرّية السورية

يمكن للمقيمين داخل القطر دفع قيمة الاشتراك بحوالة بريدية على العنوان التالي:

مجلة عالم الذرّة – مكتب الترجمة والتأليف والنشر – هيئة الطاقة الذرّية السورية – دمشق – ص. ب 6091

مع بيان يوضح عنوان المراسلة المفضل

أو تدفع مباشرة إلى مكتب الترجمة والتأليف والنشر في الهيئة – دمشق – شارع 17 نيسان

سعر العدد الواحد

سورية 50 ل.س / لبنان 3000 ل.ل / الأردن 2 دينار / مصر 3 جنيه / الجزائر 100 دينار / السعودية 10 ريال و6 دولارات في البلدان الأخرى.

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 الكتابة إلينا على العنوان التالي:
هيئة الطاقة الذرّية السورية – مكتب الترجمة والتأليف والنشر
دمشق ص.ب 6091 – الجمهورية العربية السورية
أو الاتصال على رقم الهاتف6111926/7 – فاكس 6112289

ISSN 1607-985X

في هذا العدد

المقالات

☐ حدود جديدة في مجال الناقلية الفائقة . . . . . ف. جاميسون 7
ترجمة هيئة التحرير

☐ ثنائي بوريد المغنيزيوم: بعد سنة من اكتشاف ناقليته الفائقة . . . . . بول س. كانفيلد، سرجي ل. بدكو 9
ترجمة هيئة التحرير

☐ النواقل الفائقة تتجه نحو المواد العضوية . . . . . ج. سنغلْتون، ت. مايلك 16
ترجمة هيئة التحرير

☐ النواقل الفائقة المغنطيسيّة الحديديّة . . . . . ج. فلوكيه، أ. بوزدين 22
ترجمة هيئة التحرير

أخبار علمية

☐ البلورات السائلة 30
☐ الكيوبتات فائقة الناقلية – عقبة رئيسة، هل تم تذليلها؟ 33
☐ النسبيّة – معالجة خاصة 35
☐ طبقة الغلاف الأيوني العالية فوق الأرض 36
☐ ضمان سرّية الاتصالات 38
☐ المغنطيسيّة تحت المجهر 39
☐ المكتشف الحقيقي لقانون الانكسار في الضوء "ابن سهل" 40

ورقات البحوث (أعمال باحثي الهيئة المنشورة في المجلات العالمية)

☐ تقنية البرمجة غير الخطيّة لتفسير شذوذات الكمون الذاتي . . . . . د. جمال أصفهاني، د. محمد طلاس. 45
☐ تركيز العناصر في المياه الجوفية للمنطقة الفسفاتية الشرقية وللمنطقة البركانية الجنوبية في سورية . . . . . د. أسامة حسنية، د. محمد غفر، د. عبد الرحمن عبد الهادي 50
☐ أداء محصول القطن المزروع تحت ظروف الري السطحي والري التسميدي بالتنقيط: I. إنتاج القطن المحبحب، والمادة الجافة والمواصفات التكنولوجية لألياف القطن . . . . . د. مصدق جانات، د. جورج صومي 57
☐ أداء محصول القطن المزروع تحت ظروف الري السطحي والري التسميدي بالتنقيط: II. الكفاءة الحقلية لمياه الري وتوزيع المادة الجافة . . . . . د. مصدق جانات، د. جورج صومي 63
☐ استخدام المقايسة المناعية الإشعاعية لقياس مستويات هرمون البروجسترون خلال مراحل مختلفة عند إناث الماعز الشامي . . . . . د. معتز زرقاوي، محمد راتب المصري 69
☐ ملاحظات هامة حول التحديد الأمثل لثخانات الجدران المتبقية للأنابيب المعزولة بالتصوير الشعاعي المماسي . . . . . د. وفيق حرارة 72

☐ التعيين المباشر لليورانيوم في الطور العضوي. . . . . د. جمال سطاس، د. رفعت المرعي 76
D2EHPA-TOPO بتقانة أشعة-X المتفلورة جهاد الدين قرجو

التقارير العلمية (أعمال باحثي الهيئة غير المنشورة)

☐ تأثير إسهام السويات الطاقية العليا على مميزات. . . . . د. بشار عبد الغني، مصطفى حمادي 83
نبضة الخرج في ليزر CO_2
☐ دراسة التعرية الانتقائية لليورانيوم من المذيب المشحون . . . . . د. جمال سطاس، حبيب شلويط، 84
0.3 M D2EHPA + 0.075 M TOPO/ kerosene عجاج دحدوح، د. سعد الدين خرفان
في الدورة الثانية للاستخلاص
☐ تحديد الاهتراءات والترسبات في الأنابيب بالتصوير الشعاعي . . . . . د. وفيق حرارة 85
☐ تأثير أشعة غاما على قابلية تخزين الجوز السوري. . . . . د. محفوظ البشير 87
☐ تأثير العوامل البيئية على حيوية فراشة ثمار التفاح . . . . . فاطر محمد، د. محمد منصور 89
(L.) Cydia pomonella المعقمة باستعمال أشعة غاما
☐ دراسةالصيغة الصبغية للكريات الحمر المنوّاة لحديثي الولادة . . . . . محمد راتب شيبان، 91
سهير الميداني، د.وليد الأشقر
☐ استخدام المعطيات الهدروكيميائية والنظائر البيئية في دراسة . . . . . د. عبد الرحمن قاسم 92
الحوامل المائية الكارستية في المنطقة الساحلية (سورية)

كتب حديثة مختارة

☐ تكاثف بوز - آينشتاين للإكسيتونات والإكسيتونات . . . . . (تأليف: س. أ. موسكالنكو، د. و. سنوك) . . . 96
الثنائية والبصريات اللاخطية المترابطة ذات الإكسيتونات (عرض وتحليل: ك. برنيت)
☐ علم الضوء: الفيزياء والفنون البصرية . . . . . (تأليف: ت. د. روسينغ - س. ج. شيفارينا) . . 97
(عرض وتحليل: هـ. ستروك)

ملخصات باللغة الإنكليزية عن الموضوعات المنشورة في هذا العدد. 108

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

المقالات

حدود جديدة في مجال الناقلية الفائقة*

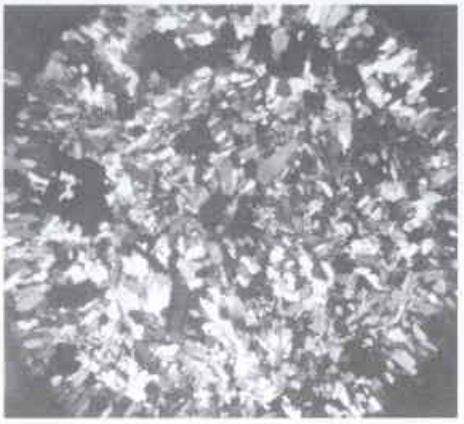
ف. جاميسون
فيزيائي – ناقلية فائقة

ملخص

تقود بحوث أساسية في الخواص الكهربائية والحرارية لمواد معدنية ومغنطيسية وعضوية إلى اكتشاف نواقل فائقة جديدة.

الكلمات المفتاحية: ناقليّة فائقة، ثنائي بوريد المغنيزيوم، نواقل فائقة بين – معدنية.

تنعم –حالياً– البحوث في مجال الناقلية الفائقة بنوع من الانبعاث. فخلال السنتين الماضيتين، اكتشف الفيزيائيون أنواعاً عدة من المواد التي تفقد مقاومتها الكهربائية عند درجات حرارة منخفضة – كالحديد، والبلّورات الأحادية للكربون 60، وحتى الدنا DNA. وفي الوقت الراهن، لجؤوا، في مدينة دتروبت Detroit، إلى تركيب كبلات القدرة الكهربائية المصنّعة من أشرطة نواقل فائقة عالية درجة الحرارة؛ وهنالك خطط مماثلة لتركيب الكبلات ذاتها في مدينة لوس أنجلوس Los Angeles.



وآخر مرة شعر فيها باحثو الناقلية الفائقة بموجة الإثارة ذاتها كانت في عام 1986 عندما اكتشف الباحثان جورج بدنورز G. Bednorz وأليكس مولّر A. Müller أنَّ لانتانوم أُكسيد النحاس المطعّم بالباريوم يغدو ناقلاً فائقاً عند درجة حرارة 36K، أي بزيادة تبلغ حوالي 12K عن أعلى حدٍّ أمكن تسجيله لدرجة الحرارة. وبعد ذلك بفترة وجيزة، جرى اكتشاف فيض من المواد الجديدة. ومع انهيار الأرقام القياسية، أخذت درجة حرارة الانتقال إلى النقل الفائق، T_c، بالصعود فوق درجة حرارة النتروجين السائل (77K)، الأمر الذي فتح المجال أمام إمكانية إيجاد استخدامات جديدة. وفي الوقت الراهن، إنَّ أعلى درجة حرارة انتقال معروفة أمكن التوصل إليها هي 130 K لنحاسيات بأساس من الزئبق علماً أنه، حتى تاريخه، لاتوجد نظرية متفق عليها تستطيع تفسير الناقلية الفائقة لمثل هذه المواد (انظر المقال "شرح للنواقل الفائقة العالية T_c" في مجلة Physics World كانون الأول 1999).

تقدم مفاجيء للمعرفة في مجال المركّبات المعدنية

بينما أخذت درجات حرارة الانتقال في النحاسيات بالارتفاع إلى مستويات مذهلة، تعثّرت وتوقفت الناقلية الفائقة في السبائك والمركّبات عند حوالي 20 K. لكن الحالة المذكورة تغيّرت بشكل مثير في كانون الثاني الماضي مع اكتشاف أن ثنائي بوريد المغنيزيوم يعمل كناقل فائق عند 40 K (وذلك حسبما أفاد به الباحثان بول كانفيلد P. Canfield وسيرجي بدكر S. Bud'ko في الصفحة (9) من هذا العدد). وقد حثّت هذه الأخبار سباقاً عالمياً لكشف النقاب عن الخواص الأساسية للمسحوق الأسود المتواضع المذكور آنفاً والذي ظلَّ قابعاً على الرف لعدة عقود. ولاشك بأن هذا المركّب سيجد لنفسه تطبيقات جمّة، حيث تبيّن، في نهاية المطاف، أنه ناقل فائق سهل التصنيع ويمكن تبريده، في الوقت نفسه، بواسطة البرّادات الكهربائية البسيطة بدلاً من القرّيات المعقّدة الشديدة التبريد.

ولكن، كيف فشل الفيزيائيون وظلّوا فترة طويلة كهذه بدون اكتشاف الناقلية الفائقة في ثنائي بوريد المغنيزيوم؟ لقد كان التفتيش عن نواقل فائقة بين – معدنية موجهاً إلى حدٍّ كبير بالنظرية التي ظهرت قبل أربعين سنة والتي وضعها الباحثون الثلاثة: جون باردين J. Bardeen وليون كوبر L.Cooper وروبرت شريفر R. Schrieffer، والتي عُرفت فيما بعد بنظرية BCS. وإن التوقعات من نظرية BCS، إضافة إلى تحيّز الفيزيائيين أنفسهم، هي التي أعاقت إلى حدٍّ كبير عملية البحث عن نواقل فائقة بين – معدنية ضمن مركّبات تحتوي على عناصر خفيفة ومعادن انتقالية.

افترض العديد من الفيزيائيين أن آلية ضمنية غريبة كانت هي المسؤولة عن الناقلية الفائقة في ثنائي بوريد المغنيزيوم؛ لكن وفرة التجارب التي أعقبت ذلك أثبتت أن أولئك الفيزيائيين كانوا على خطأ – فثنائي بوريد المغنيزيوم هو مثال متطرّف لناقل فائق مألوف.

وقد قامت عدّة فرق بتصنيع أسلاك من ثنائي بوريد المغنيزيوم، ومن المحتمل أن يغدو ممكناً، خلال فترة وجيزة، بناء مغانط خفيفة الوزن وفائقة الناقلية صالحة للفصل المغنطيسي ولمنظومات التصوير بالتجاوب المغنطيسي في المشافي. وهذا بحدّ ذاته يُعدّ أمراً مقبولاً بل جيداً بالنسبة لمادة لم يمضِ سوى عام واحد على تسليط الأضواء عليها.

* نشرت هذه المقدمة في مجلة *Physics World*, January 2002. ترجمة هيئة التحرير – هيئة الطاقة الذرّية السورية.

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

التحدي النظري

يُنظر عادةً إلى المغنطيسية والناقلية الفائقة على أنهما شيئان متعارضان – فبينما تطرد النواقل الفائقة أي حقل مغنطيسي داخلي متبقٍ، يستطيع الحقل المغنطيسي العالي بدرجة كافية أن يحطم الناقلية الفائقة. وحسب نظرية BCS، يُتوقع من الحقل المغنطيسي داخل مغانط حديدية أن يشطر الأزواج الإلكترونية المسؤولة عن الناقلية الفائقة. من ناحية أخرى، قام الباحثان جاك فلوكيه J. Flouquet وألكسندر بوزدين A. Buzdin، كما هو مبيّن في الصفحة (22) من هذا العدد، بتوصيف اكتشاف حديث لثلاثة نواقل فائقة مغنطيسية حديدية.

ولأنها ذات درجة حرارة انتقال أقل من 1K، لايحتمل للمواد المذكورة آنفاً أن تقود إلى تطبيقات مباشرة. من جهة ثانية، أظهرت هذه المواد وجود معضلات فيما يتوفر حالياً من نظريات بشأن المغنطيسية الحديدية والناقلية الفائقة قد تُبقي الباحثين منشغلين في حلّها ردحاً من الزمن.

كذلك، تُعدّ المواد العضوية المتبلورة مرتعاً خصباً لأشكال غريبة من الناقلية الفائقة، كما أفاد بذلك الباحثان جون سنغليتون J. Singleton وتشارلز مايلك C. Mielke في الصفحة (16) من هذا العدد. وفي الواقع، تستطيع هذه المواد الكيميائية المعقّدة إعطاء معلومات حول الناقلية الفائقة والمغنطيسية أكثر مما تستطيع أن تعطيه تلك المفترض أنها مواد بسيطة. وبالفعل، تخطّى عدد الأوراق البحثية المنشورة في مجال المعادن العضوية المتبلورة عدد مثيلاتها المنشورة في مجال النحاسيات العالية درجة الحرارة خلال الأعوام الثلاثة الماضية؛ ولاتزال الفجوة مستمرة في الاتساع.

لقد أدّى التقدم السريع في الإنجازات الأخيرة إلى بعث حياة جديدة في حقل كان في الأصل نشطاً. ويمكن، مع تطور ونمو إدراكنا للناقلية الفائقة، أن نتوقع لها مزيداً من الاختراقات والاستخدامات في مجال الصناعة؛ وربما نستطيع أيضاً إيجاد تفسير للناقلية الفائقة ذات T_c العالية.■

☆ ★ ☆

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

ثنائي بوريد المغنيزيوم: بعد سنة من اكتشاف ناقليته الفائقة*

بول س. كانفيلد، سرجي ل.بدكو
مختبرات Ames – أيوا – الولايات المتحدة الأمريكية

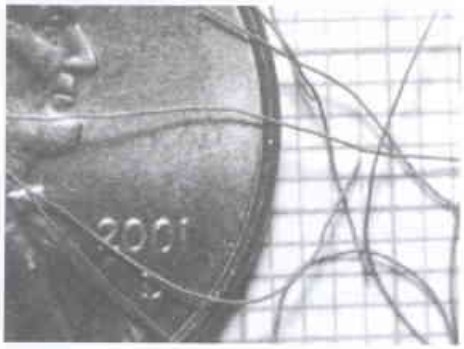
ملخص

في شهر كانون الثاني الماضي، اكتشف الفيزيائيون أن المركّب الحميد، الذي ظلّ لعدة عقود قابعاً على الرفّ، هو في واقع الحال، ناقل فائق بين معدني يحطم رقماً قياسياً في مجال ناقليته.

الكلمات المفتاحية: ثنائي بوريد المغنيزيوم، درجة حرارة الانتقال، حقل مغنطيسي، اقتران إلكتروني – فونوني، كثافة التيار الحرجة، ناقلية فائقة، مركّبات بين – معدنية، نظرية BCS، حقل اللاعكوسية.

في نهاية عام 2000، كان يبدو أن الناقلية الفائقة للسبائك والمركّبات المعدنية ستبقى حبيسة في فخ سقفه من زجاج. وخلال السنوات العشر السابقة، كانت درجة الحرارة، التي عندها تفقد بعض المركّبات ذات الأكاسيد – مثل أكسيد النحاس والبزموت والسترونسيوم والكالسيوم، وأكسيد النحاس والزئبق والباريوم والكالسيوم – مقاومتها للتيار كهربائي، تحوم عند سوية أعلى بكثير من 100 K. في غضون ذلك، كانت درجة حرارة الانتقال T_c، لمواد تعتمد على الكربون – والتي تشمل مركّبات الكربون –60 المطعَّمة بالقلوي – في صعود إلى سوية تقارب نقطة غليان النتروجين السائل (77 K). لكنه، وخلال الفترة ذاتها، بقيت درجة حرارة الانتقال إلى النقل الفائق للمركّبات بين – المعدنية (مواد مصنَّعة كلّيّة من معادن وعناصر شبه معدنية) قريبة من 20 K، أي كما كانت عليه الحال منذ منتصف الستينيات من القرن الماضي.

ومع حلول شهر شباط من عام 2001 تغيّر كل شيء تماماً؛ وكان الوضع أشبه بمفرقعة نارية تفجّرت داخل "بيت النمل الصغير المرتب" الخاص بأبحاث الناقلية الفائقة. فخلال الأشهر الأولى من ذلك العام، أخذت المجموعات البحثية في مختلف أنحاء العالم تتسابق من أجل فهم خواص نواقل فائقة بين – معدنية جديدة. وكان المركّب الذي تَدَافَعَ كل فرد لشرائه أو صنعه والذي أدّى إلى هذه الثورة العظيمة هو ثنائي بوريد المغنيزيوم (MgB_2). وكما يبدو، فإن هذا المركّب الثنائي الحميد، الذي بقي قابعاً في العديد من المختبرات لأكثر من نصف قرن، يعمل كناقل فائق مباشرة عند درجة حرارة أدنى قليلاً من 40 K.



قطع لأسلاك MgB_2 جرى اصطناعها بتعريض شعيرة بورون لبخار المغنيزيوم. تُشاهَد الأسلاك في الصورة بجوار بنس أمريكي (أصغر قطعة نقدية معدنية أمريكية) كدلالة على سلّم القياس.

ماذا بعد يا تُرى؟

قبل الخوض في الخواص التفصيلية لثنائي بوريد المغنيزيوم، وقبل عرض تاريخي موجز لما نفهمه عن الناقلية الفائقة، وقبل أن نبحث الأسباب وراء انقضاء فترة طويلة كهذه دون اكتشاف الناقلية الفائقة في مركّب ثنائي بوريد المغنيزيوم، نجد أننا ملزمون بالإجابة على السؤال: "ماذا بعد يا تُرى؟"

ليست النواقل الفائقة مجرد مركّبات غريبة يتلاعب بها الفيزيائيون بل إنها مواد فائقة الناقلية مناسبة بشكل مثالي لتوليد الحقول المغنطيسية العالية التي تتطلبها عادة مختبرات الأبحاث وآلات التصوير بالتجاوب المغنطيسي (MRI) التي أضحت حالياً شيئاً مألوفاً جداً في المشافي. والسبب هو أن الوشيعة المصنَّعة من سلك فائق الناقلية تستطيع حمل تيارات ضخمة وبالتالي يمكنها توليد حقول مغنطيسية ضخمة دون أي تبديد (أي دون حدوث أي تسخين مقاوميّ).

إضافة لما سبق، تستطيع كبلات القدرة الفائقة الناقلية أن تحمل أضعاف المرات من كثافة التيار الذي تحمله الكبلات العادية. هذا يعني أنه أضحى ممكناً تحقيق زيادة مثيرة في سعة القدرة الكهربائية لمدينة ما إذا ما تمّ، ببساطة، استبدال الكبلات فائقة الناقلية بالكبلات النحاسية وذلك عوضاً عن عمليات حفر الطرق لتمديد كبلات جديدة. وفي الآونة الأخيرة، تمّ فعلاً تمديد طول اختباري لكبل قدرة فائق الناقلية – مصنَّع من أشرطة أكسيد ذي T_c عالية ومكسو بالفضة – تحت مدينة دترويت Detroit، كما يجري التخطيط حالياً لتركيب طول اختباري ثانٍ لهذا النوع من الكبلات في مدينة لوس أنجلس.

ومهما يكن من أمر، لا بد من تبريد النواقل الفائقة إلى درجة حرارة أدنى بكثير من درجة حرارة الانتقال – إلى ما يعادل نصف T_c تقريباً – من أجل استخدامها في تطبيقات من هذا النوع. وعلى نحوٍ نموذجي، يجري تشغيل نواقل فائقة بين – معدنية داخل حمّام من الهليوم السائل (أي عند درجة حرارة تقارب 4 K)، في

* نشر هذا المقال في مجلة *Physics World*, January 2002. ترجمة هيئة التحرير – هيئة الطاقة الذرّية السورية.

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

حين يجري تبريد الكبلات المصنّعة من أكاسيد ذات T_c عالية بواسطة النتروجين السائل.

طرأ، خلال السنوات العشرين الماضية، تحسين مثير على البرّادات ذات الدورة المغلقة التي تشابه البرّدات المنزلية من حيث المبدأ. وبالفعل، يُعدّ، في الوقت الراهن، أمراً سهلاً تماماً تبريد أشياء إلى 20 K دون استعمال مواد قرّية سائلة. وهكذا، أصبحت جاذبيات الناقل الفائق الجديد بدرجة حرارة انتقال قدرها 40 K أمراً واضحاً ومفروغاً منه بالنسبة للفيزيائيين. والمادة التي يمكن تبريدها باستخدام برّاد ذي دورة مغلقة ستجد لنفسها العديد من التطبيقات شريطة أن تتمتع بخواص مواد وناقلية فائقة جيدة. ولقد شكّلت هذه الاعتبارات، إضافة إلى حماس الفيزيائيين تجاه حلّ كل لغز جديد، القوى الدافعة وراء الاهتياج الذي حصل في العام الماضي. وإن كثيراً من المجموعات البحثية في أنحاء العالم هي الآن بصدد تسجيل براءات اختراع؛ لكن أياً من هذه البراءات التي يثبت أن لها قيمة مفيدة سيعتمد في نهاية المطاف على خواص المركّب MgB_2.

أفكار أساسية ومعادلة واحدة

اكتُشفت الناقلية الفائقة في عام 1911 من قِبَل الفيزيائي الهولندي هايك كامرلنغ أونيس H.K. Onnes؛ وقبل ذلك بثلاث سنوات اكتشف أونيس ورفاقه كيفية إسالة الهليوم الذي استخدموه فيما بعد لتبريد الزئبق إلى درجة دون 4.2 K؛ وعند هذه الدرجة وجدوا أن الزئبق يفقد مقاومته الكهربائية.

أما فهمنا الأساسي لآلية الناقلية الفائقة فقد أتى بعد ذلك بأربعين سنة، والفضل في ذلك يعود إلى نظرية ابتكرها جون باردين J. Bardeen، وليون كوبر L. Cooper، وروبرت شريفر R. Schrieffer. وهذه النظرية، التي عُرفت فيما بعد باسم نظرية BCS، تفسر كيف أن الإلكترونات تشكل أزواجاً تُسمى أزواج كوبر Cooper pairs والتي تقوم مقام كتالات البناء لحالة الناقلية الفائقة. ويحدث هذا التزاوج عبر وسيط هو الاهتزاز الشبيكي lattice vibration الذي يُعرف باسم "فونون phonon".

وما كان يبدو في البداية أنه جذب مستحيل بين جسمين (أي إلكترونين) متماثلي الشحنة يمكن إلى حدٍ ما من خلال تشابهات غير صحيحة جزئياً إلا أنها مفيدة. تصوّر أن شخصين يقفزان فوق فراش أو فوق منصة القفز trampoline؛ فرغم عدم وجود جذب بين هذين الشخصين على الأرض إلاّ أن الانخفاض الذي يتركه أحدهما على منصة القفز سيمكّن من اجتذاب الشخص الآخر إلى وضع أقرب له. وكمثال مجهري على ما سبق ذكره، إلكترون يتحرك عبر شبيكة بلّورية مجتذباً إليه أيونات ذات شحنة موجبة؛ وهذا التشوه سوف يجذب، بشحنته الموجبة التي تعزّزت بعض الشيء، إلكتروناً ثانياً. والمثال الأخير بالذات هو إلى حدٍ ما صورة سكونية لما يمثل في واقع الحال عملية دينامية لكنه يعطي الصورة الأساسية.

إن لنظرية BCS أساسياً، ثلاثة بارامترات، كما يُلاحظ في معادلة درجة حرارة الانتقال إلى الناقلية الفائقة المبيّنة أدناه:

$$k_B T_c = 1.13 \hbar \omega_D e^{-1/VN(E_F)}$$

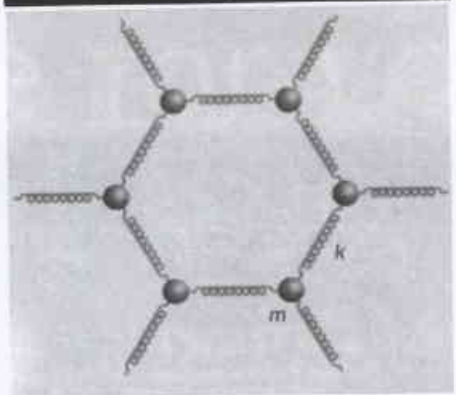
حيث يمثل k_B ثابت بولتزمان Boltzmann، و$\hbar$ ثابت بلانك Planck مقسوماً على 2π، و ω_D تواتر دياي Debye، وV قوة الاقتران بين الإلكترونات والفونونات، و $N(E_F)$ كثافة الحالات عند سوية فرمي Fermi.

وتواتر دياي هو التواتر المميز للاهتزازات الشبيكية الذي يعمل على اقتران الإلكترونات في حالة النقل الفائق. ومع اعتبار أن الاهتزازات الشبيكية تتوسط أزواج كوبر، لن يكون مدهشاً أن تتناسب T_c طرداً مع هذا التواتر الاهتزازي المميز. والآن، دعنا نستشهد بنموذج ميكانيكي مبسط عموماً لبلّورة ما تعتبر الذرّات كتلاً مقترنة مع بعضها بنوابض صغيرة (انظر الشكل 1). إن التواتر المميز للمنظومة المذكورة آنفاً هو $\omega = \sqrt{K/m}$، حيث تمثل k ثابت النابض، وm كتلة الذرّة. نستطيع من خلال هذا التبسيط ملاحظة أن قيمة T_c لا بد أن تزداد مع تناقص الكتلة، وهذا بدوره سيولّد حكماً سبقياً مفاده أن المركّبات المحتوية على عناصر أخف وزناً سيكون لها قيم لـ T_c أعلى من تلك التي تتألف من عناصر أثقل وزناً.

أما البارامتر الآخر فهو V، وهو قوة الاقتران بين الإلكترونات والفونونات. ومن الممكن تحقيق قيمة عالية لـ T_c في حال وجود اقترانات كبيرة وطالما أن البلّورة لا تتشوه أو تفقد استقرارها. لكن عندما يصبح الاقتران الإلكتروني – الفونوني قوياً جداً قد تتشوه بنية البلّورة لتشكل ما يدعى بموجة كثافة الشحنة charge - density wave عند درجات حرارة منخفضة. أما من أجل قيم V الكبيرة جداً، فقد تزول بنية بلّورية محددة لتحل محلها بنية مختلفة. وفي أي من الحالتين المذكورتين آنفاً، تميل البنية الجديدة أو المشوهة إلى أن لا تكون ناقلاً فائقاً لأنها في الحالة العامة تمتلك عدداً أقل من الإلكترونات المتاحة لتشارك في الحالة الأساسية للنقل الفائق. ولهذا السبب شُعِرَ أن درجات حرارة انتقال أعلى ستُصادَف قرب انتقالات الطور البنيوي. وهنا، يكون الاقتران بأقصى قوة ممكنة بينما يُحتفظ في الوقت ذاته ببنية بلّورية مناسبة.

والحدّ الأخير في معادلة BCS هو $N(E_F)$، الذي يعبّر عن كثافة الحالات عند سطح فرمي. وبيساطة، يمكن القول بأن $N(E_F)$ هو مقياس لعدد الإلكترونات التي يمكن لها أن تساهم في الحالة الأساسية للنقل الفائق. وعموماً، إن للمركّبات المحتوية على معادن انتقالية – أي عناصر ذات طبقة (d) ممتلئة جزئياً – كثافة

1 ناقل فائق نموذجي



نموذج شبيكة سداسية استخدمت فيه كرات ونوابض. تقريب الأطياف الاهتزازية لشبيكة ذرّة البورون بمنظومة كتلة – نابض مفرد حيث الكتلة m وثابت النابض k – إنه بالأحرى تبسيط كبير، لكنه يمثل الفيزياء الأساسية ولكيفية تعلّق درجة الحرارة الحرجة بكتلة الذرّات، وبصورة أدق بالتأثير النظيري.

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

حالات أعظم عند سطح فرمي، ولهذا فإنها تتمتع بدرجة حرارة انتقال أعلى من تلك التي تتمتع بها مركّبات المعادن غير الانتقالية. فقبل عام 2001، كانت المركبات: جرمانيد النيوبيوم، وسليسيد الفاناديوم، ونتريد النيوبيوم، وكذلك مركّبات معادن – انتقالية أخرى، هي الملوك المسيطرة على النواقل الفائقة بين – المعدنية؛ وهذا ما دفع العديد من الفيزيائيين إلى الاعتقاد بأن القيمة العالية لـ T_c يمكن تحقيقها فقط في مركّبات تتضمن معادن انتقالية تستطيع تعزيز كثافة الحالات.

وعبر العقود الماضية، ساعدت معادلة BCS، كما ساعدت إلى حدٍ ما الأحكام السبقية المذكورة آنفاً، على تحديد أسلوب البحث عن نواقل فائقة جديدة. وفي حين توصّل الفيزيائيون والكيميائيون إلى فكرة تقريبية بشأن كيفية التحكم بتواتر ديباي وبكثافة الحالات، بقي الاقتران الإلكتروني – الفونوني واحداً من البارامترات المحيرة. لذلك، نرى أن قدراً كبيراً من الجهد المبذول في التفتيش عن نواقل فائقة بين – معدنية جديدة قد تركّز على مركّبات تحوي عناصر خفيفة و /أو مركّبات تتضمن معادن انتقالية.

على أية حال، يبقى الحدّ من أجل الاقتران الإلكتروني – الفونوني على قدرٍ من الأهمية؛ ومن خلال الإشارة إلى أن الرصاص يمتلك إحدى أعلى درجات حرارة الانتقال إلى النقل الفائق من بين جميع العناصر (7.2 K) – رغم كونه ثقيلاً جداً وليس من المعادن الانتقالية – فإننا مجبرون على الإقرار بأن الاقتران الإلكتروني – الفونوني يلعب دوراً هاماً. وكما سنلاحظ فيما بعد، سوف تتوضح أهمية هذا الاقتران حتى بشكلٍ أعظم بوساطة المركّب MgB_2.

زهو وإجحاف

عند تلخيصنا لجميع الأحكام السبقية المستمدة من رحلتنا العاصفة في أرجاء نظرية BCS فإننا نتوصل إلى مايلي: حتى نتمكن من إيجاد مركّب بين – معدني يفقد مقاومته عند درجات حرارة عالية نسبياً لا بد لنا، بشكل واضح ومؤكد، أن نبحث عن شيء يتركّب من عناصر خفيفة، ومن الأفضل أن يحوي معدناً انتقالياً، وأن يكون له اقتران فونوني قوي. وقد حاول العديد من الأفراد والمجموعات البحثية، عبر عدة عقود، البحث والتفتيش عن مثل هذه المركّبات، وحققوا في محاولاتهم هذه نجاحات مختلفة.

وتضمنت محاولة حديثة لإيجاد نواقل فائقة بين – معدنية خليطاً من التيتانيوم والمغنيزيوم والبورون. وحيث عرف الفيزيائيون القليل نسبياً حول هذه المنظومة الثلاثية لذلك توقعوا أنها ستكون مكاناً جيداً لاصطياد نواقل فائقة جديدة. فمعروف أن ذرّات المغنيزيوم والبورون هي ذرّات خفيفة؛ وفي حين أن ذرّة التيتانيوم ليست ثقيلة جداً لكنها توفر أيضاً إلكترونات الطبقة d لمعدن انتقالي والتي تُعدّ أمراً حيوياً من أجل التوصل إلى كثافة حالات كبيرة، وبالتالي التوصل إلى درجة حرارة انتقال عالية. إنها قصة لطيفة ذات حبكة جيدة، لكن الحقيقة، في هذه الحالة، أضحت أغرب من أن تكون قصة أو رواية.

عندما قامت مجموعة جون أكاميتسو J. Akamitsu في جامعة Aoyama-Gakuin في طوكيو بدراسة المنظومة الثلاثية المذكورة آنفاً،لاحظت إشارات صغيرة لناقلية فائقة بالقرب من 40 K. وبعد إجرائهم مزيداً من الأبحاث وقيامهم ببعض التحرّيات اكتشفوا أن المركّب الثنائي، MgB_2، هو الذي أصبح بالفعل ناقلاً فائقاً [1]. وفي الأسبوع الثاني من شهر كانون الثاني من عام 2001، وأثناء اجتماع بمدينة سنداي Sendai في اليابان، تمّ الإعلان جهاراً عن وجود ناقلية فائقة في مركّب ثنائي بوريد المغنيزيوم، وهنا بدأت الساعة تتك.

وبدأت الإشاعة الإلكترونية تحمل في طياتها تلميحات مثيرة ولكن دون إعطاء أية تفاصيل. وبعد انقضاء قرابة أسبوع على مؤتمر سنداي، سمع فريقنا بالخبر دون أن تتوفر له معلومات بشأنه. ولدى سماع نبأ اكتشاف ناقلٍ فائق بدرجة حرارة انتقال قريبة من 40 K، استنتج كثير من النظريين والتجريبيين فوراً أن آلية غريبة (غير مفهومة تماماً) ومغايرة لآلية الاقتران الإلكتروني – الفونوني هي المسؤولة عن هذا العمل. وبالفعل، اعتقد هؤلاء أن فيزياء هذه الناقلية الفائقة ربما تكون مشابهة لتلك الخاصة بالنواقل الفائقة الأكسيدية العالية T_c والتي لا تزال تفتقر إلى نظرية متفق عليها لتفسير آلية عملها. من جهة ثانية، شعر الباحثون ممن ألفوا النواقل الفائقة بين – المعدنية أن المركّب MgB_2 ربما كان مثالاً متطرفاً لناقلية فائقة مألوفة عتيقة الطراز. على أية حال، بدت الناقلية الفائقة عند 40 K في مركّب MgB_2 أشبه بعرض مثير.

ولإعطاء قياس لدرجة الإثارة التي حلّت ببعض الأفراد والمجموعات، نفيد أن فريقنا استطاع أن يعلن على شبكة الإنترنت أول ورقة بحثية له في نهاية شهر كانون الثاني، وما إن حلّ منتصف شهر آذار حتى تمكّن من نشر ثلاث أوراق بحثية في مجلة Physical Review Letters حول المركّب MgB_2. وفي اجتماع الجمعية الفيزيائية الأمريكية الذي عُقد في شهر آذار في مدينة سياتل Seattle، تجمّع أيضاً ما يناهز الألف من الفيزيائيين ، في وقت متأخر من الليل، ليستمعوا إلى ثمانين عرضاً – مدة كل منها دقيقتان – حول آخر ما توصلت إليه الأبحاث بشأن المركّب MgB_2.

الشكل والحجم

ما إن سمعنا بالتقرير الذي صدر عن اجتماع سنداي حتى قرّرنا تصنيع مركّب ثنائي بوريد المغنيزيوم،لاختبار درجة حرارة الانتقال إلى النقل الفائق، كذلك يحدونا الأمل في أن نجيب على بعض الأسئلة حول ما يتعلق بالآلية الضمنية المسؤولة عن هذا النوع من الناقلية الفائقة. لقد أفرغنا جميع أفراننا، وبدأنا نحاول تصنيع المركّب – لكن تصنيع MgB_2 يُعدّ عملاً دقيقاً يتطلب شيئاً من البراعة. وأبسط طريقة لتصنيع مركّبات بين – معدنية – بمجرد صهر العناصر مع بعضها – لم تكن الخيار المتاح لنا بسبب درجة حرارة تفكك MgB_2 العالية وضغط البخار العالي للمغنيزيوم. بعبارة أخرى، سوف يتبخر المغنيزيوم تماماً قبل أن يتمكن المركّب من التشكل.

على أية حال، أدركنا أنه عندما نضع النسب المواتية تماماً من المغنيزيوم والبورون داخل وعاء التنتاليوم الحامل محكم الإغلاق، ثم نجري التفاعل عند درجة حرارة عالية بكفاية (950°C)، عندئذ، سيكون ممكناً تصنيع حبيبات متعددة البلّورات من MgB_2 خلال فترة من الزمن لا تزيد عن

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

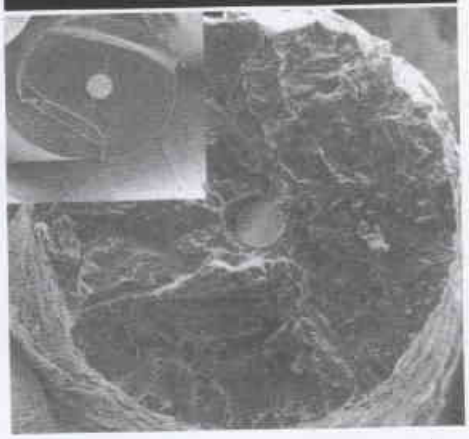
ساعتين. وبينما كنا نستخدم هذه الطريقة داخل المختبر لتصنيع عيّنات من ثنائي بوريد المغنيزيوم تزن ما بين 5 و 10 غ، استخدمت شركات موردة صناعية – مثل Accumet Materials – تقنية مماثلة لتصنيع كميات من المركّب تزن ما بين 10 و 100 كغ.

وفي غضون ثلاثة أيام من سماع الإشاعات، كنّا قد انتهينا من تصنيع حبيبات عالية النقاوة من ثنائي بوريد المغنيزيوم وتمكنّا من تأكيد ناقلية فائقة بالقرب من 40 K. ورغم إمكانية قياس درجة حرارة الانتقال في حبيبات ملبّدة من النوع المذكور آنفاً، إلاّ أن العديد من القياسات الأخرى والتطبيقات تتطلب وجود ناقل فائق بشكل أعظم كثافة بهندسة أفضل تحديداً. وبعد ذلك، اتضح لنا فجأة أننا نستطيع تشكيل أسلاك من MgB_2 بمجرد تعريض شعيرات البورون إلى بخار المغنيزيوم.

والسبب الذي جعلنا نعتقد بنجاح الطريقة المذكورة آنفاً يعود إلى أن المركّب MgB_2 يتألف من عنصرين فقط وأن المغنيزيوم يتمتع بضغط بخار عالٍ نسبياً (أي أنه يتحول بسرعة إلى غاز). في الواقع، يوجد ثلث ضغط جوي لبخار المغنيزيوم في توازن مع المعدن السائل عند درجة حرارة 950°C. وبسرعة، وضعنا هذه الفكرة البسيطة موضع الاختبار، وبعد فترة وجيزة وجدنا أننا نستطيع أن نصنع، من أطوال لشعيرة البورون، قطعاً من سلك MgB_2 بقطر يصل لغاية 0.4 مم (انظر الشكل 2 والمرجع [2]). تُصادَف شعيرات البورون هذه في عدد متنوع من المواد التركيبة – يتراوح ما بين ليف في الثياب العسكرية وتجهيزات رياضية عالية الأداء. إضافة لما سبق، يمكن أيضاً لهذه الشعيرات أن تصل في الطول إلى عدة كيلومترات مما يُبشّر خيراً في تطبيقات مستقبلية. كذلك، وُظّفت التقنية ذاتها من قِبَل فريقنا ومجموعات أخرى، بما في ذلك مجموعة هانز كريستن H. Christen ورفاقه العاملة لدى مختبر "أوك ريدج الوطني Oak Ridge National Laboratory"، وذلك من أجل تحويل أفلام البورون إلى أفلام ثنائي بوريد المغنيزيوم.

والابتداء من شعيرة البورون يُعدّ إحدى الطرائق الأنيقة وبخاصة من أجل تصنيع عيّنات أشبه بالأسلاك، لكن هنالك طريقة أخرى مجرّبة وموثوقة لتصنيع أسلاك النواقل الفائقة من عدد واسع ومتنوع من المواد؛ ألا وهي طريقة "مسحوق – في – أنبوب powder - in - a - tube". وفي هذه الطريقة، يجري صب مسحوق ثنائي بوريد المغنيزيوم داخل أنبوب يُصنّع بعد ذلك ليصبح مُرقّقاً وأعظم طولاً. وقد استخدمت هذه الطريقة مجموعات بحثية متنوعة في أنحاء العالم، بما في ذلك مجموعة سنغهو جين Sungho Jin ورفاقه العاملة لدى Lucent Technologies في الولايات المتحدة، ومجموعة إدوارد كولنغز E. Collings العاملة لدى جامعة ولاية أوهايو [3].

2 تشكل الأسلاك



مقاطع عرضية لشعيرة بورون بقطر يقارب الـ 100 مكرون، وقطع سلكية من MgB_2 صُنّعت منها. تتمدد شعيرة البورون ليصل قطرها إلى 150 مكرون مع انتشار بخار المغنيزيوم إلى داخل البورون لصنع MgB_2.

وإن أسلاكاً من ثنائي بوريد المغنيزيوم يتراوح طولها ما بين 10 – 100 متر قد تمّ تصنيعها فعلاً، أو هي قيد التصنيع حالياً. وفي هذه المرحلة ليس واضحاً أي طريقة سيقع عليها الاختيار لتعطي في نهاية المطاف أفضل النتائج، ولو أنه في الوقت الراهن أصبح من المسلّم به أن تُصنّع أسلاك MgB_2 وأن يُستفاد منها في المستقبل المنظور؛ لكن هذا يُعدّ بمثابة وضع العربة أمام الحصان... فمن المنطقي أن نراجع أولاً بعض الخواص الأساسية لمركّب MgB_2 ثم بعد ذلك نعود إلى مراجعة تطبيقاته.

ما الذي يجعله يتك؟

بناءً عليه، هل يُعدّ ثنائي بوريد المغنيزيوم ناقلاً فائقاً من الطراز العتيق القابل تفسيره بنظرية BCS؟ أم أنه أكثر غرابة؟ لقد بيّن باردين وكوبر وشريفر أن درجة حرارة الانتقال لناقل فائق تتناسب مع تواتر اهتزازات الشبيكة. كذلك بيّنا في موضع سابق من هذا المقال أن نموذجاً بسيطاً للشبيكة يتنبأ بإمكانية تحقيق درجات حرارة انتقال أعلى في المركّبات ذات الذرّات الخفيفة. لكن، كيف نتمكن من تغيير كتلة الذرّات بدون تغيير المركّب ذاته؟ الجواب هو باستخدام النظائر!

وهكذا بدأنا الآن نستوعب مدى أهمية العناصر الخفيفة. فلعنصر البورون نظيران مستقران طبيعياً، ألا وهما: البورون –10، والبورون – 11. وبالإمكان اختبار النبوءتين البسيطتين لنموذج BCS من خلال تصنيع عيّنتين من MgB_2 تحوي كل واحدة منهما على أحد نظيري البورون بحالة نقية. وبالفعل، تتنبأ النظرية المذكورة بحدوث اختلاف في قيمة T_c قدره 0.85 K بين المركّبين المختلفين. ومع الحبيبات الملبّدة الأولى التي قمنا بتصنيعها من مركّب ثنائي بوريد المغنيزيوم، اكتشفنا انزياحاً قدره 1 K في قياسات المقاومية، والتمغنط، والحرارة النوعية (انظر الشكل 3 والمرجع [4]).

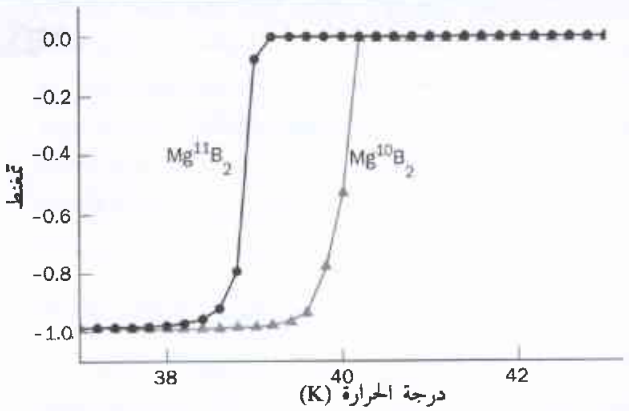
وقد أدّت القياسات المذكورة آنفاً إلى تغيّر فوري في طبيعة المناقشات المتعلقة بمركّب ثنائي بوريد المغنيزيوم. ولقد أظهرت أن هذا المركّب يمثل على الأرجح مثالاً متطرفاً على ناقل فائق تقليدي يتمتع بكثافة حالات ضعيفة، وبتواتر ديباي عالٍ، واقتران إلكتروني – فونوني كبير، إضافة إلى قيمة عالية جداً لـ T_c. وقد كان ذلك بمثابة أخبار جيدة إلى أبعد الحدود. فمن السهل جداً التعامل مع نواقل فائقة بين – معدنية مألوفة قادرة على تشكيل أسلاك مفيدة بطريقة أسهل كثيراً من تلك الخاصة بالنواقل الفائقة الأكسيدية العالية درجة الحرارة.

خواص أساسية

بعد أن عالجنا (إلى حدٍ ما على الأقل) الآلية المسؤولة عن الناقلية الفائقة في مركّب MgB_2، وبعد أن استنبطنا طريقة لتصنيع عيّنات من هذا المركّب بأشكال و أحجام

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

3 سمات تقليدية لناقل فائق مألوف



تمغنط $Mg^{11}B_2$ (أزرق) و $Mg^{10}B_2$ (أحمر) كتابع لدرجة الحرارة. إن التغير المفاجىء في التمغنط (وكذلك في المقاومية والحرارة النوعية)، الذي يوعز بإشارة بدء الناقلية الفائقة، يحدث عند درجة حرارة أعلى بمقدار 1 K في المركّب الأخف وزناً [5]. وجاءت بيانات لاحقة، صادرة عن فريق دافيد هنكز D. Hinks لدى مختبر آرغون الوطني، لتؤكد هذه النتائج ولتبيّن أيضاً أنه لا يوجد فعلياً انزياح مترافق مع نظائر المغنيزيوم [6]. وتُعدّ النتائج المتحصل عليها منسجمة مع الفكرة بأن اهتزازات البورون هي المفتاح نحو الناقلية الفائقة في مركّب MgB_2.

متنوعة، بدأ الفيزيائيون في التوجه نحو الخواص الأساسية لمركّب MgB_2. ومع حلول منتصف شهر كانون الثاني تمكنّا من معرفة أن مركّب ثنائي بوريد المغنيزيوم يفقد مقاومته عند درجة حرارة أدنى من 40 K. لكن السؤال الملح هو: إلى أي مدى من درجات الحرارة ومن الحقول المغنطيسية المطبّقة يمكن لهذا المركّب أن يعمل كناقل فائق؟ ولعل السؤال الأكثر أهمية من أجل التطبيقات هو: تحت أية ظروف يصبح عندها هذا المركّب ناقلاً فائقاً مفيداً؟

عند هذه النقطة، قد يكون من الحكمة أن نراجع بعض السمات المميزة للنواقل الفائقة. فهنالك نوعان أساسيان من النواقل الفائقة، ألا وهما: النوع - I، والنوع - II؛ والفرق بينهما بالتعابير الشعرية هو أساساً ديبلوماسي ويُعزى إلى الطريقة التي تستجيب فيها حالة النقل الفائق مع حقل مغنطيسي مطبّق.

ويمكن القول ببساطة إن النواقل الفائقة من النوع - I هي تلك التي ترفض القبول بتسوية مع الحقل المغنطيسي المطبّق، بأي طريقة أو حالة أوشكل، ولا تعمل كناقل فائق إلاّ في حقول مغنطيسية شدتها أدنى من قيمة حرجة محددة (H_c)؛ وفوق هذا الحقل الحرج، تتخرب الناقلية الفائقة وتعود العيّنة إلى حالتها الطبيعية.

تكون الحالة مختلفة تماماً بالنسبة للنواقل الفائقة من النوع - II التي تظل قادرة على النقل بدون مقاومة ضمن حقول مغنطيسية مطبّقة كبيرة نسبياً. وفي هذه الحالة، يوجد مقاسان اثنان هامان للحقول المغنطيسية: حقل حرج أدنى (H_{c1}) والذي دونه تسلك المادة سلوكاً مشابهاً تماماً للنواقل الفائقة من النوع - I، وحقل حرج أعلى (H_{c2}) والذي فوقه تصبح العيّنة ناقلاً طبيعياً. وبالنسبة للحقول الواقعة بين H_{c1} و H_{c2}، فإن خطوط الحقل المغنطيسي، التي تُعرف باسم الدوّامات، تخترق العيّنة لتُحدِث "حالة مختلطة mixed state" تظل قادرة على العمل كناقل فائق. وعند موضع اللب من هذه الدوّامات، ترجع المادة إلى حالة ناقليتها الطبيعية - عند H_{c1} تكون الدوّامات قليلة العدد وبعيدة عن بعضها، بينما عند H_{c2} تتداخل هذه الدوّامات إلى الحدّ الذي تصبح عنده العيّنة بكاملها طبيعية.

ومن مزايا النواقل الفائقة من النوع - II أن يرتبط H_{c2} و H_{c1} مع بعضهما بعلاقة عكسية، حيث $H_{c2} \sim H_c^2/H_{c1}$، وأن يكون H_{c1} صغيراً جداً. (في النواقل الفائقة من النوع - II تمثل H_c^2 سُلّم طاقة متناسباً مع طاقة الارتباط لأزواج كوبر). وكنتيجة، يمكن للحقل الحرج العلوي، في غالبية الحالات، أن يزيد بشكل معنوي عن 10 تسلا (T). وحقل علوي حرج كبير يُعدّ أمراً أساسياً في العديد من التطبيقات؛ ففي المغانط مثلاً هو الذي يُحدّد، أعظم حقل يمكن توليده بواسطة وشيعة فائقة الناقلية.

لكنه، وتماشياً مع روح اللهجة الأمريكية القديمة التي تقول: "لا وجود لشيء كهذا يُدعى أنه دعوة غداء مجّانية" لا بد من وجود ثمن مترافق مع القيم العالية لـ H_{c2}. وسوف يكون للعيّنة فقط مقاومة صفر في الحالة المختلطة إذا ثُبّتت دوّامات التدفق المغنطيسي في موضعها أو قُيّدت من الحركة . ويُعدّ التثبيت في الموضع تأثيراً لا ذاتياً، كما تُعدّ أمثلة التثبيت بدون حدوث تدهور شديد لخواص النقل الفائق إحدى الفنون الغامضة في حقل الناقلية الفائقة التطبيقية. وكأمثلة لمواضع تثبيت نذكر حدود الحبيبات وتجمعات الشوائب المسماة رواسب. وبأبسط صورة معبّرة، تعمل هذه المواقع على خفض الطاقة اللازمة لدفع العيّنة نحو الحالة الطبيعية مما يؤدي بدوره إلى تثبيت لب الدوّامة.

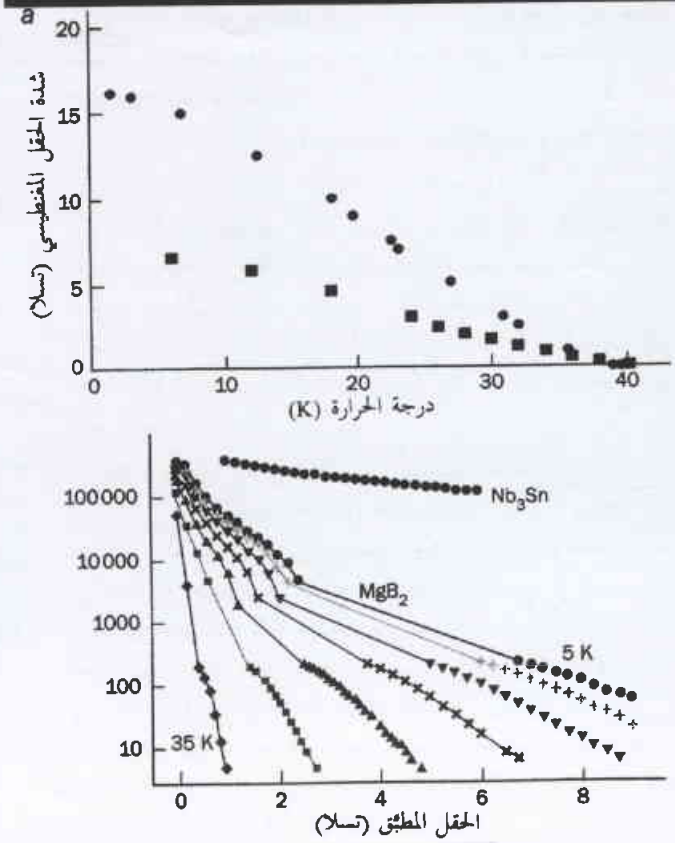
وهنالك كمّيتان بسيطتان معروفتان بـ: حقل اللاعكوسية irreversibility field (H_{irr})، وكثافة التيار الحرجة critical current density (J_c) تقيسان مدى كفاءة تثبيت الدوّامات. تبدأ الدوّامات بالحركة وتنشأ مقاومة محدودة لحقول فوق H_{irr} أو تيارات فوق J_c. لذلك، فإن حقل اللاعكوسية والكثافة الحرجة للتيار هما اللذان يضعان الحدود العليا العملية لتطبيقات المغنطيس أو توزع القدرة. ونحن، في هذين التطبيقين، جشعون ونرغب في أعظم كثافة تيار أو حقل يمكن الوصول إليهما.

إذن، ما هو موقع ثنائي بوريد المغنيزيوم بالنسبة للخواص الأساسية المذكورة آنفاً؟ لقد قام فريقنا بقياس استجابة MgB_2 كتابع لدرجة الحرارة وفي حقول مغنطيسية مختلفة (انظر الشكل 4) [4,5,6]. وقد وجدنا، عند درجات حرارة منخفضة، أن الحقل الحرج العلوي لقطع سلكية سيصل إلى حوالي 16 T، في حين يكون حقل اللاعكوسية قريباً من 7 T. وبأخذ قيمة أقل قليلاً من H_{irr} كحقل تشغيل آمن، توقعنا أنه بإمكاننا تصنيع مغنطيس بشدة 3 T من سلك MgB_2 جرى تبريده إلى 20 K.

كذلك قارنّا كثافة التيار الحرجة في ثنائي بوريد المغنيزيوم مع تلك التي في مركّب قصدير النيوبيوم (Nb_3Sn)، والذي يُعدّ أحد أبرز وأهم المركبات السائدة ضمن مجموعة النواقل الفائقة بين - المعدنية. ورغم أنه من الممكن، في مركّب قصدير النيوبيوم، تحقيق كثافات تيار حرجة أعلى كثيراً إلاّ أنه من الضروري تبريده إلى درجات حرارة أخفض كثيراً قبل أن يفقد مقاومته. وبالفعل، نجد أن قصدير النيوبيوم يكون، عند 20 K، في

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

4 خواص حرجة



(a) الحقل الحرج العلوي (أزرق) وحقل اللاعكوسية (أحمر) لمركّب MgB_2 كتابع لدرجة الحرارة.(b) كثافة التيار الحرجة للنقل الفائق (J_c) لمركّب MgB_2 كتابع لحقل مغنطيسي مطبّق عند درجات حرارة مختلفة. وبهدف المقارنة، جرى تبيان كثافة التيار الحرجة لمركّب قصدير النيوبيوم (أسود) عند 4.2 K.

حالة ناقليته الطبيعية. وإذا تذكرت أن النواقل الفائقة تغدو مفيدة عند درجات حرارة أدنى من $1/2\ T_c$ – أي أدنى من حوالي 20 K لمركّب MgB_2 – وأنه يمكن بسهولة الوصول إلى درجات حرارة كهذه باستخدام برّاد ذي دورة مغلقة، فعندئذ يصبح فجأة ثنائي بوريد المغنيزيوم ناقلاً فائقاً أعظم كثيراً من حيث الأهمية والفائدة.

وعلى رأس جميع ما سبق ذكره فإن لمركّب MgB_2 مقاومية الحالة العادية منخفضة جداً، وهذا أمر هام لأن مغانط النقل الفائق يمكن أن تصبح أحياناً، وبشكل فجائي، نواقل عادية عندما يحدث تجاوز للتيار الحرج أو لحقل اللاعكوسية، أو عندما يجري صدم أو تشويش المغنطيس عند الحقول العالية. وعند هذه النقطة يمكن لما كانت تستخدم كوشيعة بمقاومة صفر أن تصبح فجأة أشبه بمحمصة كهربائية للخبز. يُطلق على هذا الحدث المثير اسم "الإطفاء quenching".

يُعدّ الإطفاء عملية هروب يحدث فيها تسخين لمنطقة صغيرة ذات ناقلية عادية ويتحوّل جزء كبيرمن المغنطيس إلى ناقل عادي؛ وهو يحدث، بشكل رئيس، لأن الكثير من مواد النقل الفائق يتمتع بمقاومية في الحالة العادية فعلاً. وللحماية ضد تسخين هذه الحالة العادية، يُلجأ إلى إكساء غالبية أسلاك النواقل الفائقة بوضعها ضمن أغلفة عالية النقل. وعلى نقيض ما سبق ذكره، تكون مقاومية ثنائي بوريد المغنيزيوم، عند 42 K، أصغر بما يزيد عن عشرين مرّة من تلك الخاصة بمركّب قصدير النيوبيوم في حالته العادية، وهي أكبر قليلاً فقط من مقاومية سلك النحاس. هذا يعني أن مركّب MgB_2 سيكون قادراً على معاملة الإطفاء بسهولة وسرعة تزيد كثيراً عمّا هي عليه في المتوفّر حالياً من مواد النواقل الفائقة؛ ولهذا السبب سيتطلب هذا المركّب قدراً أقل من التغليف الواقي.

أسلاك وأفلام ومستقبل

وبالتالي، ما الذي يمكن فعله بناقل فائق له جميع الخواص التي يتمتع بها مركّب ثنائي بوريد المغنيزيوم؟ إذا أمكن تصنيع أطوال اختيارية من أسلاك MgB_2 لها الخواص المبيّنة في الشكل 4، عندئذ، سيكون لها تطبيقات فورية في مغانط من أجل استخدامات طبية وصناعية وبحثية. ومثل هذه المغانط ستكون، بشكل خاص، مغرية في تطبيقات التصوير بالتجاوب المغنطيسي لأنها ستكون خفيفة الوزن بسبب الكثافة المنخفضة لمركّب MgB_2 والحاجة المتناقصة إلى التغليف cladding كوسيلة حماية ضد الإطفاء – كما سيكون بالإمكان تبريدها بواسطة وحدة تبريد مغلقة الدورة. كذلك، يمكن لمغنطيس مماثل بحقل تبلغ شدته 2 – 3 تسلا عند 20 K أن يغطي المتطلبات الصناعية الخاصة بالفصل المغنطيسي.

وقد تشمل استخدامات أخرى مغانط لدى مختبرات جامعية وأوساط بحثية أخرى، وكذلك تلك المغانط الضخمة حقاً التي تلزم لتبئير وحرف حزم الجسيمات في المسرّعات. وعقب استماعنا مؤخراً لندوة علمية حول مركّب MgB_2، أفاد بيتر ليمون Peter Limon، رئيس القسم التقني في مؤسسة Fermilab، بما يلي: "إن ما يبشر بنجاح مركّب MgB_2 هو احتمال كونه ناقلاً فائقاً رخيص الثمن وقادراً على العمل عند درجات حرارة عالية، الأمر الذي أدّى بالتالي إلى تبسيط منظومات تبريد معقّدة ومكلفة؛ وهذا يقود بدوره إلى تحقيق وفر في رأس المال ونفقات التشغيل الخاصة بالمصادمات الضخمة والمسرّعات الأخرى؛ وربما يكون الأمر الأكثر أهمية أنه يقود أيضاً إلى قدرٍ أعظم من الوثوقية والإتاحية". ويمكن لمثل هذه العوامل أن تسمح أيضاً ببناء الجيل القادم من المسرّعات.

ومن الواضح أن أي تحسين في كثافة التيار الحرجة أو حقل اللاعكوسية سيؤدي فقط إلى زيادة الانجذاب نحو مركّب MgB_2 كناقل فائق مفيد. وفي حين قد يكون هذا الأمر مدعاة للابتهاج ويمثل، إلى حدٍ ما، مقولة تفاؤلية؛ إلاّ أنه يشير، في واقع الحال، إلى منحى البحث الذي تتبنّاه في الوقت الراهن مجموعات بحثية عديدة.

ويُعدّ تثبيت الدوّامات تأثيراً لا ذاتياً، أي غالباً ما يمكن زيادته بإضافة "النوع المناسب" من الشائبة أو العيب. كذلك، يمكن إجراء تغيير مثير في نسبة H_{c2}/H_{c1}، – وفي بعض الحالات زيادة النسبة الأخيرة إلى حدٍ بعيد – من خلال إضافة حكيمة للعيوب. (وعلى نقيض ذلك، يميل الحقل الحرج الترموديناميي (H_c) إلى عدم التغيّر بالقدر ذاته). وفي

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

الحقيقة، تشير النتائج الأولية على الأفلام الرقيقة لمركّب MgB_2، والتي حصل عليها تشانغ - يوم إيوم C. B. Eom ودافيد لاربليستاير D. Larbalestier ورفاقهما العاملين لدى جامعة ويسكونسن في مدينة ماديسون، إلى أن بعض الأفلام التي تبدو ملوثة - على الأرجح بأكسيد المغنيزيوم - تتمتع تقريباً بضعف قيمة حقل اللاعكوسية، وكثافة التيار الحرجة؛ والحقل الحرج العلوي مقارنة بعيّنات نظيفة. لذلك، كان من الواجب التعامل مع القيم التي يمكن استخلاصها من العيّنات النظيفة على أنها تمثل حدوداً أدنى مما يمكن الحصول عليه (الشكل 4). ومع مزيد من البحث في مجال آليات التثبيت، سيغدو ممكناً زيادة حقل اللاعكوسية، وكثافة التيار الحرجة، والحقل الحرج العلوي، من أجل العيّنات الجرمية والسلكية على حدٍّ سواء [7].

وقبل ختام هذ المقال يجدر التنويه إلى أن هنالك أسئلة مثيرة جداً في مجال الفيزياء الأساسية ذات علاقة بمركّب MgB_2، ولا تزال بحاجة إلى إجابة. فإذا ثبت أن هذا المركّب ليس إلاّ مثالاً متطرفاً لما يُدعى بالناقلية الفائقة بوساطة الفونون وحسب نظرية BCS، فهل يمكن - عندئذ - اعتبار أي من الخواص المنسوبة إليه جديدة؟ لقد ظهر حتى تاريخه عدد من السمات الهامة لهذا المركّب؛ ويبدو - حالياً - أن لـ MgB_2 حقلاً حرجاً ذا قدرٍ عالٍ من اللاتناحي (بدلاً من أن يكون متناحياً) وقادراً على التغيّر بعامل خمسة تقريباً حسب توجه الحقل المطبّق فيما يتعلق بالحبات المفردة. وبالفعل، تشير القياسات التي جرت على أولى البلّورات الدقيقة المفردة لمركّب MgB_2 إلى أنه يملك لا تناحيات كبيرة مشابهة.

ومن الإمكانيات الأخرى المشوّقة لمركّب MgB_2 امتلاكه فرجتين للنقل الفائق عوضاً عن واحدة مترافقتين مع حالته الأساسية للنقل الفائق. وتُعدّ فرجة النقل الفائق مقياساً لمدى قوة تقييد الإلكترونات داخل أزواج كوبر. ولا تزال التفاصيل والمضامين الكلّية لهذه السمات موضع اختبار، وهي بالتأكيد تخرج عن أهداف هذا المقال.

والسؤال الآخر هو فيما إذا كنّا نتوقع اكتشاف المزيد من النواقل الفائقة "المذهلة" المماثلة لمركّب MgB_2. في الواقع، يُعدّ MgB_2 مثالاً بارزاً لناقل فائق بين - معدني يتمتع بقيمة T_c عالية وخيالية، كما يتمتع في الوقت ذاته بكثافة حالات صغيرة. ووجود مثل هذه المادة الرائعة سيقود بحوثاً جديدة لنواقل فائقة ذات قيم لـ T_c مماثلة أو حتى أعلى. ولا بدّ للفيزيائيين أن يفتشوا عن مركّبات تتمتع بتواترات مميزة كبيرة وباقترانات إلكترونية - فونونية قوية بدون أن يهتموا كثيراً بشأن كثافة الحالات عند سطح فرمي. وسنرى ما تسفر عنه هذه الجهود خلال السنوات القليلة القادمة.

أفضل الكلام عن مركّب MgB_2

يتمتع مركّب MgB_2 بكل شيء مما تمنّاه الباحثون في ناقل فائق بين - معدني. فللمركّب المذكور درجة حرارة حرجة عالية بشكلٍ ملفت للنظر؛ وله مقاومية الحالة العادية منخفضة، وهو خفيف الوزن، ويمكن تصنيعه من عناصر متوفرة بغزارة في الطبيعة. ومن وجهة نظر الفيزياء الأساسية، يبدو ممكناً اعتبار MgB_2 مثالاً لناقلية فائقة بوساطة فونون خاضعة لنظرية BCS؛ وهو ما يتفق مع حقيقة أنه من السهل نسبياً تصنيع نماذج أولية من أسلاك MgB_2 تُظهر كثافات تيار حرجة وحقولاً لاعكوسية ممتازة. وتشمل الاستخدامات المحتملة لمركّب MgB_2 مغانط النقل الفائق، وربما تشمل أيضاً كبلات لنقل القدرة الكهربائية. ولا يزال السؤال مطروحاً حول ما إذا كانت ستنجم فوائد تطبيقية عن الأفلام الرقيقة المصنّعة من مركّب MgB_2؛ ويبدو أن الإجابة على هذا السؤال ممكنة أيضاً في ضوء قيم T_c العالية وسهولة تصنيع هذه الأفلام.

على أية حال، لا بدّ أن نحافظ في ذاكرتنا على نقطة واحدة. فرغم أننا تمكنّا من معرفة قدر مذهل من المعلومات حول مركّب MgB_2 إلاّ أن عمر معرفتنا بالناقلية الفائقة داخل هذا المركّب لا يتعدّى عاماً واحداً فقط؛ ولهذا لا تزال هنالك إمكانية حقيقية لتحسين خواصه الحرجة. ومن منطلق مشابه لما سبق، من المؤكد تقريباً أن فهمنا لهذا المثال المتطرف عن الناقلية الفائقة بين - المعدنية سيتعزز إلى حدٍ بعيد خلال السنوات القليلة القادمة، وربما يؤدي أيضاً إلى اكتشاف نواقل فائقة متطرفة أخرى.

المراجع REFERENCES

[1] J. Nagamatsu et al., 2001 Superconductivity at 39 K in magnesium diboride Nature 410 63.

[2] P. C. Canfield et al., 2001 Superconductivity in dense MgB_2 wires Phys.Rev. Lett.86 2423.

[3] S.Jin et al., 2001 High critical currents in iron-clad superconducting MgB_2 wires Nature 411 563.

[4] D. K. Finnemore et al., 2001 Thermodynamic and transport properties of superconducting $Mg^{10}B_2$ Phys. Rev. Lett. 86 2420.

[5] S.L Bud'ko et al., 2001 Boron isotope effect in superconducting MgB_2 Phys. Rev. Lett. 86 1877.

[6] S.L Bud'ko et al., 2001 Magnetoresistivity and $H_{c2}(T)$ in MgB_2 Phys. Rev. B 63 220503.

[7] C.B. Eom et al., 2001 High critical current density and enhanced irreversibility field in superconducting MgB_2 thin films Nature 411 558.■

☆ ★ ☆

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

النواقل الفائقة تتجه نحو المواد العضوية*

جون سينغلتون
مختبر كلارندون - جامعة أكسفورد - المملكة المتحدة.
تشارلز مايلك
المختبر الوطني - لوس ألاموس - نيومكسيكو - الولايات المتحدة الأمريكية.

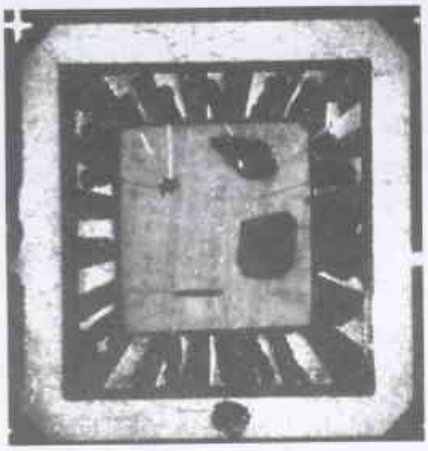
ملخص

تتكشف النواقل الفائقة المصنوعة من جزيئات عضوية عن فيزياء جديدة ساحرة وبإمكانها أن تقدم إمكانات تقانية هائلة كذلك.

الكلمات المفتاحية: ناقل فائق عضوي، جزيئات (BEDT - TTF)، نموذج فرجة الموجة d، متشانٍ – ديمير، الحالة FFLO، ناقلية فائقة محرّضة بالحقل المغنطيسي، انهيار مغنطيسي، تأثرالتزاوج.

إن فيزيائيي الحالة الصلبة أناس بسطاء، فهم يعتقدون بأن أفضل طريقة هي إجراء البحث الأساسي على مواد بسيطة كيميائياً. و قد ركزوا اهتماماتهم، حسبما هو متعارف عليه، على العناصر اللاعضوية، والسبائك ومركّبات مباشرة أخرى. لقد قدّمت هذه الطريقة بعض النجاحات الملحوظة. وعلى سبيل المثال، سيتذكر أي فيزيائي تجاوز سن الـ 35 الاهتياج الكبير الذي أحاط اكتشاف النواقل الفائقة من النحاسات cuprate عند درجات حرارة عالية في عام 1986 والذي أوصل إلى لقاء "Woodstock of physics" الشائن في العام التالي.وقبيل أن تُكتشف النحاسات كانت هناك وجهة نظر بديلة على وشك الظهور. فقد كان المختصون بالكيمياء الفيزيائية أمثال كلاوس بيتشغارد K. Bechgaard وبيتر دِي P. Day، وغَنْزي سيتو G. Saito، وفيكتور شيكوليف V. Schegolev وجاك ويليامز J. Williams يقترحون أن فرضية "المواد البسيطة هي الأفضل" ليست في محلها. وكانوا يحاولون أن يبرهنوا بأن بعضاً من الدراسات الأكثر إثارة في فيزياء الحالة الصلبة يمكن – وينبغي – أن تمارس على مواد عضوية متبلورة. وعلى الرغم من كون هذه المواد معقدة كيميائياً، فإنها بسيطة بشكل جميل من نواحٍ أخرى، ويمكنها أن تقدم – على سبيل المثال – معلومات حول ظواهر أساسية كالناقلية الفائقة والمغنطيسية أكثر بكثير مما تعطيه مواد يُفترض أن تكون بسيطة.

تقبّل الفيزيائيون هذه المواد بحماس، وتجاوز عددُ الأوراق العلمية حول المعادن البلّورية عدد الأوراق التي كانت تتناول موضوع النواقل الفائقة من النحاسات في درجات حرارة عالية منذ ثلاث سنوات. ولقد اتسعت الهوة بينهما أكثر منذ ذلك الحين.



بلّورات أحادية لنواقل فائقة عضوية جاهزة للعمل. إن البلورات k-(BEDT-TTF)$_2$Cu(NCS)$_2$، و α-(BEDT-TTF)$_2$KHg(SCN)$_4$ وذات الشكل الإبري λ-(BETS)$_2$GaCl$_4$ الموجودة في الأسفل تُنمّى عادة باستخدام التبلور الكهربائي. ورغم أنها صغيرة إلا أنها ذات نوعية عالية على نحو استثنائي.

إن أضخم صنف من المعادن العضوية البلّورية هو ما يدعى بالأملاح المنتقلة الشحنة شبه ثنائية البعد quasi - two - dimensional charge - transfer salts. إن العديد من هذه الأملاح نواقل فائقة، وهي تشارك النحاسات العالية درجة الحرارة بخصائص عديدة. فهي، على سبيل المثال، ذات بنية طباقية layered structure، وهي ذات صلة وثيقة بين الناقلية الفائقة والمغنطيسية الحديدية المضادة، كما أنها ذات تأثرات قوية من نوع إلكترون – إلكترون و إلكترون – فونون، وهي نمط خاص من الناقلية الفائقة يدعى "الموجة d" d- wave.

والنواقل الفائقة العضوية – على عكس النحاسات – هي منظومات "نظيفة" جداً. لذا فقد تمكن الفيزيائيون من إجراء العديد من القياسات التفصيلية لخواصها الإلكترونية والتي كانت تعد مستحيلة في نواقل فائقة أخرى عالية درجة الحرارة. وبالإضافة إلى ذلك، فقد انبثقت هذه المواد العضوية كمفارش اختبار تجريبية لأفكار تتعلق بأشكال من الناقلية الفائقة أكثر غرابة. وعلى وجه الخصوص، اكتشف باحثون مؤخراً بأن الناقلية الفائقة في جزيئات عضوية يمكن أن تُحرَّض – بدلاً من أن تخرَّب – بواسطة حقول مغنطيسية عالية.

أسماء طويلة و أسلوب بناء بسيط

تستطيع النواقل الفائقة العضوية أن تَظهر للعين غير المدرَّبة على أنها منظومات شديدة التعقيد. فهي، بدايةً، تقوم على

* نشر هذا المقال في مجلة *Physics World*. January, 2002. ترجمة هيئة التحرير – هيئة الطاقة الذرّية السورية.

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

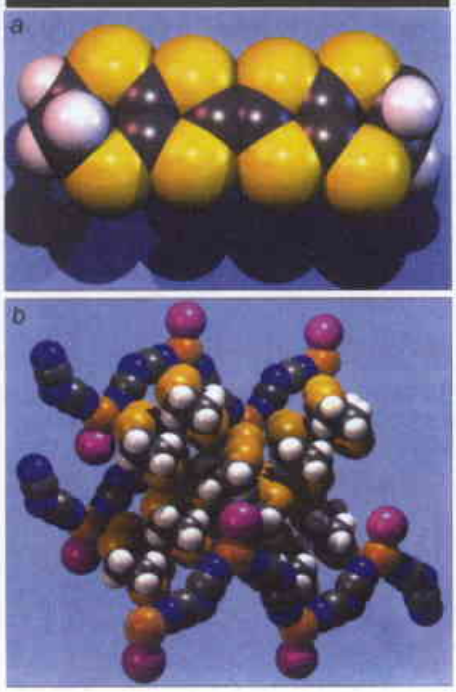
جزيئـات ذات أسماء مثبّطة مرعبة مثل bis (ethylenedithio) tetrathiofulvalene أو اختصاراً BEDT - TTF (انظر الشكل 1 a). ولكن بدلاً من التركيز على تعقيدها الكيميائي، فمن الأفضل أن نعتبر الجزيئات أمثال BEDT - TTF كوحدات بسيطة يمكن استخدامها لبناء أجسام صلبة ناقلة كهربائياً. وعلى سبيل المثال، فإن معظم هذه الجزيئات مسطحة تقريباً، وهذا يعني أنها يمكن أن تكدّس في ترتيبات عديدة عندما تشكل جسماً صلباً.

لقلب هذه الجزيئات إلى ناقل فائق، ينبغي أن تُكدّس الواحدة تلوَ الأخرى، بحيث تتراكب "مداراتها الجزيئية" الكثيرة الملتفّة. ويمكن تفسير ذلك بصورة تقريبية بقولنا: إن الإلكترونات تستطيع أن تقفز من جزيء إلى جزيء، جاعلة المادة ناقلة كهربائياً. وفي الواقع يتم إنجاز هذا التكديس عادة بصنع "ملح ذي انتقال للشحنة". وفي حالة BEDT - TTF، يكون هذا الملح من الشكل X_j(BEDT-TTF)، حيث X جزيء آخر (أو مجموعة جزيئات)، و j عدد صحيح . يُعطي المركب الجديد اسم ملح لأن جزيئات BEDT - TTF تعطي بالمشاركة إلكتروناً إلى الجزيء X. وإن انتقال الشحنة هذا يربط الملح إلى بعضه - كما في الربط الأيوني إلى حدٍ ما - ويلعب دور طُعْم لأنه يخلّف وراءه ثقباً تتشارك فيه جزيئات BEDT - TTF. والمادة، كما في النحاسات العالية درجة الحرارة، تنقل عبر حركة الثقوب.

إن مظهر الأملاح المنتقلة الشحنة مثل k-(BEDT - TTF)$_2$ Cu [N(CN)$_2$] Br هو أن تكون الجزيئات BEDT - TTF مُكدّسة في طبقات ذات مستويات من أنيونات Cu [N(CN)$_2$] Br واقعة بينها (الشكل 1 b). وفي داخل طبقات BEDT - TTF، تكون أزواج من الجزيئات - هي متثانيات (ديميرات) - قريبة من بعضها، وهذا يعني أن بإمكان الإلكترونات أو الثقوب أن تقفز من جزيء إلى جزيء آخر بسهولة نسبياً. ومن جهة أخرى، فإن المتثانيات في الاتجاه العمودي على الطبقات تكون متباعدة بعضها عن بعض، لذا فإن احتمال قفز الإلكترونات أو الثقوب يكون ضعيفاً في هذا الاتجاه.

وعليه فإن البنية الأساسية تتألف من طبقات من "نواقل" (هي الجزيئات BEDT - TTF) تفصل بينها طبقات من "الحشوة" packing (هي الأنيونات) التي لا تساهم في الناقلية الكهربائية. إن هذه البنية المستوية هي التي جعلت الخواص الإلكترونية للنواقل الفائقة العضوية تأخذ التسمية ثنائية البعد أو شبه ثنائية البعد.

1 نواقل فائقة ذات رزم مسطّحة



(a) تشكل Bis (ethylenedithio) tetrathiofulvalene (BEDT-TTF) لَبِنَةً رئيسية نموذجية للنواقل الفائقة العضوية. ذرات الكربون باللون الأسود، والكبريت بالأصفر والهدروجين بالأبيض.

(b) الناقل الفائق k-(BEDT-TTF)$_2$ Cu [N(CN)$_2$] Br، الذي يفقد كل مقاومة كهربائية تحت الدرجة 11K. ذرات النحاس باللون البرتقالي، والبروم بالفوشين (ماجنتا، وهو لون أحمر مزرق) والنتروجين بالأزرق. تُرزم جزيئات BEDT-TTF في مستويات تفصلها طبقات من الأنيونات Cu [N(CN)$_2$] Br أصغر. لاحظ بأن الجزيئات BEDT - TTF تُرزم أزواجاً أزواجاً وتدعى متثانيات أو ديميرات. إن المتثانيات متراصّة مما يسمح للمدارات بأن تتراكب بقوة.

وبفضل الخواص المنظّمة ذاتياً للجزيئات العضوية الصغيرة، يستطيع الفيزيائيون أن يتلاعبوا بعصائب الطاقة الإلكترونية للأملاح ذات الشحنة المتنقلة. فاختيار أنيون أقصر، على سبيل المثال، يدفع الجزيئات BEDT - TTF كي تقترب من بعضها أكثر فأكثر، وهذا يزيد الناقلية الكهربائية بتمكين الثقوب من القفز بسهولة أكبر من أحد الجزيئات إلى الذي يليه. وعلى نقيض ذلك، يسحب الأنيونُ الأطول الجزيئات ويبعدها عن بعضها فيقلل الناقلية الكهربائية. وفي النهاية قد تجد الثقوب أن القفز صعب بحيث تصبح المادة "عازل موتّ" Mott insulator.

يمكن تغيير خواص النواقل الفائقة العضوية بسحقها. ونظراً لكونها "ليّنة" نسبياً بالمقارنة مع نواقل فائقة أكثر تقليدية، فإن الضغط العالي يستطيع أن يغير خواص النواقل الفائقة العضوية تغييراً جذرياً وذلك لدى اقتراب الجزيئات من بعضها أكثر فأكثر (الشكل 2). وعلى سبيل المثال، من الممكن أن تُحدث الانتقالات عازل - ناقل فائق - معدن، أو أن تقلب العينة من ناقل فائق إلى منظومة مرتّبة مغنطيسياً.

تتضمن الطرق الأخرى المستخدمة في تغيير بنية النواقل الفائقة العضوية استخدام أنيونات مختلفة كلياً أو تغيير الطريقة التي تُنمّى فيها العينة. وتستطيع كل من هاتين الطريقتين أن تجبر الجزيئات BEDT - TTF على أن توضّب نفسها وفق ترتيبات مختلفة. وفي الحقيقة، لما كانت الجزيئات BEDT - TTF طويلة ومسطحة، فإن الخواص الإلكترونية الناتجة تعتمد بشدة على ترتيبها النسبي. ويمكن للمرء، على سبيل المثال، أن يصنع مواد تتمتع بناقلية لامتناحية ضمن الطبقة الواحدة.

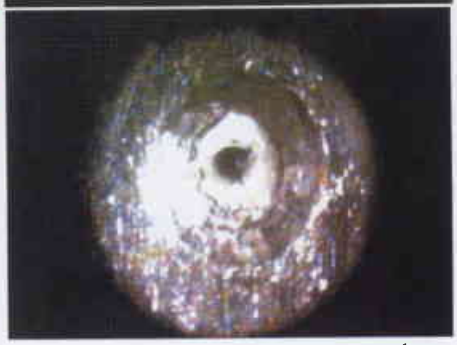
وهنـاك خيـار آخر هو أن نغيّر لبنات البناء الجزيئية الأخرى. فعلى سبيل المثال عندما تستبدل ذرات السيلينيوم بذرات الكبريت الأربع العميقة في BEDT - TTF، نحصل على (bis (ethylenedithio) tetraselenafulvalene - أو اختصاراً BETS. يمكن استعمال ذلك للحصول على نواقل فائقة عضوية أمثال λ - (BETS)$_2$ Ga Cl$_4$ و λ - (BETS)$_2$ Fe Cl$_4$ - يفقد الأخير مقاومته لدى تطبيق حقل مغنطيسي.

هزهزات وافرة: قياسات عصابات الطاقة

النواقل الفائقة العضوية منظومات "نظيفة" جداً. ففي درجات الحرارة المنخفضة تستطيع ثقوبها أن تنتقل مسافات تقدر بمئات النانومتر قبل أن

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

2 تطبيق الضغط



بلّورة أحادية من k-(BEDT-TTF)$_2$ Cu (NCS)$_2$ في خلية السندان الماسي، بعد أن أزيل الماس الأعلى. المنطقة البيضاء حول العينة السوداء في مركز الخلية عبارة عن ملح لبّن ينقل الضغط من الماس. لقد استعملت هذه العينة للقياسات الضوئية التي سبرت كيفية تغيّر تأثرات إلكترون - إلكترون مع الضغط. كانت الفكرة هي أن نفهم لماذا تُكبح الناقلية الفائقة من جرّاء ضغوطات صغيرة نسبياً.

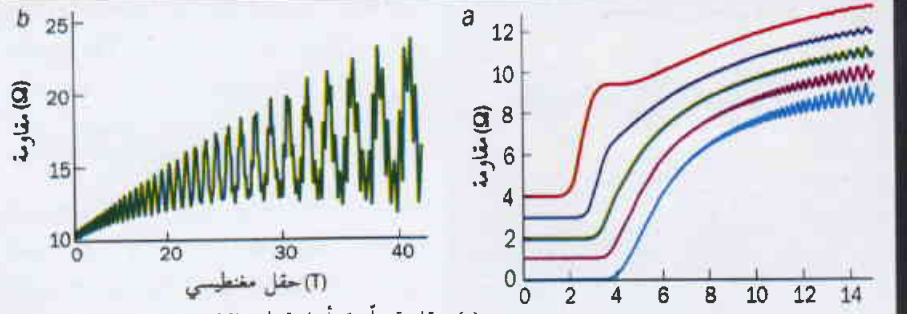
تتبعثر بالشوائب أو العيوب. ولذا فإنه من السهل أن نقيس عصائب الطاقة المسؤولة عن النقل الكهربائي. والشيء الباعث للأهمية هو أن التجارب التي أجريت على المقاومة والتمغنط في هذه المواد تظهر بعض الظواهر الاهتزازية المثيرة، (انظر الشكل 3).

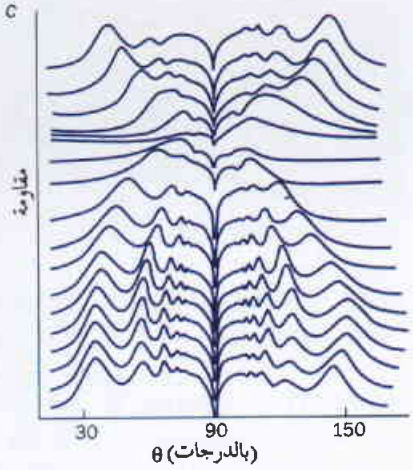
عندما يطبق حقل مغنطيسي عمودي على طبقات (BEDT - TTF) تبدأ الثقوب بالحركة في مدار دائري بتواتر محدد تماماً. وحسب ميكانيك الكم، فإن الحقل المغنطيسي يكمّم طاقة الثقوب في سويات متميزة (منفصلة) هي "سويات لانداو" Landau levels، تتناسب طاقاتها مع شدّة الحقل. إن وجود سويات لانداو يجعل مقاومة العينة تهتز بأسلوب يمكن التنبؤ به. وهذه الاهتزازات هي النتيجة التي تنجم عن مرور سويات لانداو عبر طاقة فرمي بصورة متعاقبة (طاقة فرمي هي طاقة أعلى حالة مشغولة). ولدى مرور كل سوية من سويات لانداو عبر طاقة فرمي فإن إسكانها يقل، وهذا يؤدي إلى تغيير الخواص الكهربائية والمغنطيسية للمادة.

تزول الاهتزازات عند درجات حرارة عالية بسبب التشوه الحراري thermal smearing. يمكن الاستفادة من تبعية سعات الاهتزازة لدرجة الحرارة من استخراج "الكتلة الفعّالة" للثقوب - وهي وسيط ذو أهمية يصف كيفية استجابة الثقوب في عصابة الطاقة للقوى الخارجية.

ولو أصبحت الحقول المغنطيسية المطبقة أعلى، لرأينا مجموعة إضافية من الاهتزازات ذات التواترات الأعلى (الشكل 3 b). وهذه الاهتزازات عائدة لعملية عبور نفقي ساحرة يمليها ميكانيك الكم تعرف باسم "انهيار مغنطيسي" magnetic breakdown، وهي التي تمكّن الثقوب من العبور من عصابة طاقة إلى أخرى عبوراً نفقياً. يمكن الحصول على معلومات عن كلتا العصابتين من الاهتزازات.

3 اهتزازات جامحة





(a) مقاومة بلّورة أحادية لـ k-(BEDT-TTF)$_2$Cu (NCS)$_2$ كتابع للحقل المغنطيسي المطبق عمودياً على الطبقات. المادة تنقل نقلاً فائقاً عند حقول منخفضة، أي إنها تفقد كل مقاومتها الكهربائية. أما عند حقول عالية فالمقاومة تتذبذب بشدة نظراً لاستكمام حركة الثقوب الناقلة. إن كل المنحنيات، ما عدا الأخفض منها، قد عُدّلت بمقدار 1Ω من أجل الوضوح. (b) عند حقول تزيد على 20 T تظهر مجموعة إضافية من الاهتزازات. وترجع هذه الاهتزازات المفرطة إلى عملية تعرف باسم "الانهيار المغنطيسي"، الذي يدع الثقوب تعبر عبوراً نفقياً، بموجب متطلبات ميكانيك الكم، من عصابة طاقة إلى أخرى. (c) مقاومة بلّورة أحادية من B-(BEDT-TTF)$_2$ SF_5 CH_2 CF_2 SO_3 لدى تغير الزاوية بين الناظم على طبقات العينة وبين الحقل المغنطيسي. (عندما تكون $\theta = 90°$ يكون الحقل المغنطيسي موازياً للطبقات.) يمثل كل منحنٍ زاوية سمتية مختلفة، تعرّف مستوي دوران العينة في الحقل المغنطيسي. أخذت المعطيات بموافقة - جين سيمنغتون J. Symington وبول غودارد P. Goddard من جامعة أكسفورد.

يشاهد نوع آخر من الظواهر الاهتزازية عندما تقاس مقاومة العينة أثناء دورانها في حقل مغنطيسي. يمكن لاهتزازات المقاومة المثيرة أن تعطي معلومات تتعلق بطبولوجيا ثلاثية الأبعاد لعصابات الطاقة التي تسكنها الثقوب.

وبفضل تجارب كهذه التجارب تمّ توصيف عصابات الطاقة في نواقل فائقة العضوية بدقة أكبر بكثير من الدقة التي وصّفت بها عصابات الطاقة في نواقل فائقة من النحاسات عالية درجة الحرارة. ولما كان بالإمكان وصف العديد من عصابات الطاقة بواسطة صيغ تحليلية ذات دقة عالية، فإن النواقل الفائقة العضوية تعد قاعدة اختبار مثالية من أجل النمذجة النظرية.

الناقلية الفائقة غير التقليدية

تحدث الناقلية الفائقة عادة عندما يصبح إلكترونان أو ثقبان لهما اندفاعان متساويان ومتعاكسان ذا ربط ضعيف في "زوج كوبر". إن الذي يحدث هو أن الإلكترونات أو الثقوب تتبادل بعض أنواع الإثارة الافتراضية virtual excitation ففي نظرية باردين - كوبر - شريفر (BCS) في الناقلية الفائقة التقليدية المنخفضة درجة الحرارة، تكون هذه الإثارة عبارة عن فونون - أي اهتزاز للشبيكة البلورية. يؤدي تشكل أزواج كوبر إلى فرجة طاقة قدرها $2\Delta_0$ عند طاقة على حالة إلكترونية مشغولة

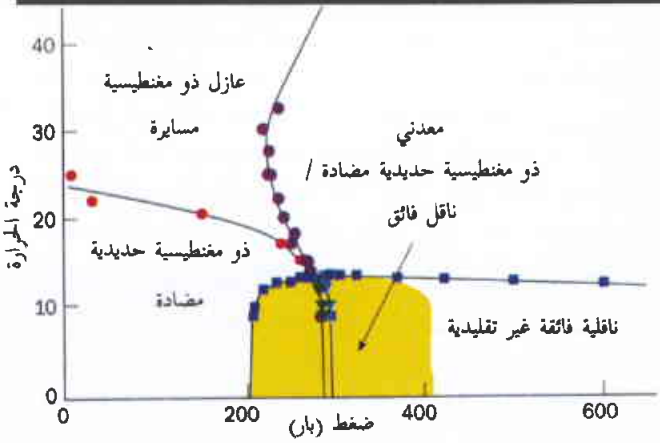
هيئة الطاقة الذرية السورية مكتب نظم المعلومات http://serversmiso.aecs.sy

(سوية فرمي)، فهي بذلك تفصل أزواج النقل الفائق عن أي من الإلكترونات العادية التي تبقى عند طاقات أعلى.

وعلى كل حال فإن هذه الفرجة الطاقية الفائقة النقل في النواقل الفائقة العضوية ليست متجانسة. فعندما نظر كويتشي إيتشيمورا K. Ichimura والعاملون معه في جامعة هوكايدو Hokkaido في اليابان إلى بلّورة أحادية من $k-(BEDT-TTF)_2Cu(NCS)_2$ عند درجات حرارة منخفضة بواسطة مجهر نفقي ماسح، وجدوا مناطق واتجاهات سعت فيها فرجة الطاقة إلى الصفر. يوحي هذا العمل بقوة أن الناقلية الفائقة في جزيئات عضوية هي غير تقليدية. كما عمل إيتشيمورا والعاملون معه على ملاءمة المعطيات مع ما يسمى نموذج فرجة الموجة d - wave gap model، مستخرجين قيماً عظمى لفرجة الطاقة تبلغ $2\Delta_0 \sim 6.7 k_B T_c$، حيث k_B هو ثابت بولتزمان و T_c هي درجة الحرارة التي تصبح المادة تحتها ناقلاً فائقاً. إن هذه القيمة أكبر بكثير من القيمة المتوقعة من نظرية BCS والبالغة $2\Delta_0 \sim 3.5\ k_B T_c$، وهذا مؤشر آخر على أن الناقلية الفائقة في الجزيئات العضوية هي غير تقليدية و لا تتضمن فونونات.

إن الطبيعة غير العادية للنواقل الفائقة العضوية قد ظهرت أيضاً باستخدام التجاوب المغنطيسي النووي (NMR). وعلى سبيل المثال، فإن سيلفي لوفيفر S. Lefebvre والعاملين معها في جامعة Paris Sud، وجامعة كاليفورنية في لوس أنجلز وجامعة شيربروك في كندا استخدموا هذه التقنية لدراسة سلوك البلورات الأحادية $k-(BEDT-TTF)_2 Cu[N(CN)_2] Cl$ على مدى مجال من درجات الحرارة والضغوط. أظهر مخطط الأطوار الناتج بأن المادة عند ضغط منخفض هي عازل ذو

4 تغير الحالات



مخطط طوري $k-(BEDT-TTF)_2 Cu[N(CN)_2]Br$ استُنتج باستخدام التجاوب المغنطيسي النووي وقياسات الطواعية بالتيار المتناوب. فعند درجات حرارة منخفضة وضغوط منخفضة تكون المادة عازلاً، وتبدي نظاماً ذا مغنطيسية حديدية مضادة. ومع ارتفاع درجة الحرارة، يختفي النظام المغنطيسي وتكون المنظومة عازلاً ذا مغنطيسية مسايرة. أما عند درجات حرارة عالية وضغوط مرتفعة فتصبح المادة معدنية، بينما تبدي المادة ناقلية فائقة غير مألوفة عند ضغط مرتفع / درجة حرارة منخفضة. كما يوجد طور غير متجانس في المنطقة (الصفراء)، في حين تتواجد الناقلية الفائقة مع مناطق المغنطيسية الحديدية المضادة.

مغنطيسية حديدية مضادة تحت الدرجة 25 K تقريباً (الشكل 4). وفي هذه الحالة فإن كل مثنانٍ (دبيير) يكون مشغولاً بثقب واحد متموضع؛ وإن الاندفاعات الزاوية الذاتية أو "السبينات" الخاصة بالثقوب على المثنانيات المتجاورة تتجه في اتجاهات متعاكسة.

ومع ازدياد درجة الحرارة، يختفي الانتظام المغنطيسي وتصبح المنظومة "عازلاً ذا مغنطيسية مسايرة" – تبقى الثقوب متموضعة، لكن عزومها المغنطيسية تكون موجهة توجهات عشوائية الآن. وعند درجات حرارة وضغوط عالية تصبح المادة معدنية وتكون الثقوب الآن حرة الحركة في البلّورة ناقلةً الكهرباء. وأخيراً، وعند درجات حرارة منخفضة وضغوط عالية تبدي المادة ناقلية فائقة غير تقليدية. تثير هذه المعطيات ومعطيات NMR المماثلة التي حصلت عليها مجموعات أخرى إلى أنه لا يمكن اعتبار آلية الإلكترون – فونون التابعة لـ BCS مصدراً للناقلية الفائقة بل إنها تؤيد حالة تزاوج غير تقليدي بدلاً من ذلك.

إن ما يثير الاهتمام بمخططات طورية كهذه هو أنها مشابهة كثيراً لمخططات النحاسات الفائقة النقل العالية درجة الحرارة، ولهذا تدعى المركّبات ذات الفرميونات الثقيلة. وبعبارة أخرى، إن منطقة النقل الفائق من المخطط الطوري تكون دائماً قريبة من منطقة المغنطيسية الحديدية المضادة، و هذا يشير إلى أن ترجحات المغنطيسية الحديدية المضادة – وهي إثارات قصيرة العمر لترتيبات الثقب – السبين – مهمة في آلية النقل الفائق. وفي الواقع، اقترح عدد كبير من العلماء بأن ترجحات المغنطيسية الحديدية المضادة، وليس الفونونات، هي التي قد تحمل تآثر التزاوج في النواقل الفائقة العضوية.

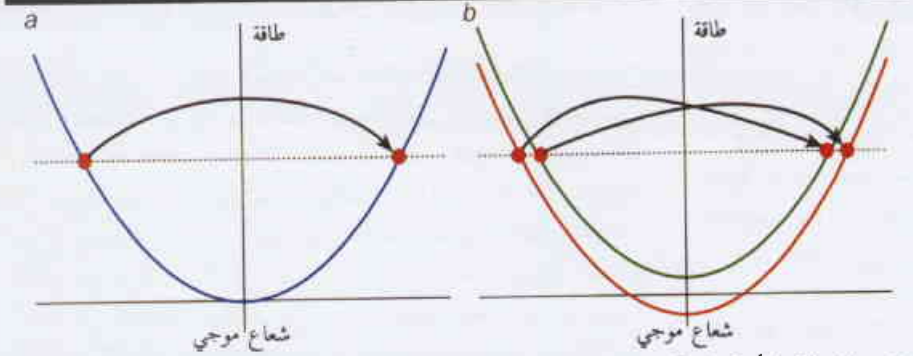
ومما يثير الاهتمام أيضاً كون الحالة المعدنية وحالة المغنطيسية الحديدية المضادة منفصلتين في المخطط الطوري. ويبين هذا الفصل – على عكس المعادن المغنطيسية التقليدية – أن الثقوب اللامتموضعة والتي تساعد على نقل الكهرباء ليست مسؤولة عن الترتيب المغنطيسي البعيد المدى والذي يؤدي إلى المغنطيسية الحديدية المضادة. وهكذا فإن الترتيب المغنطيسي في النواقل الفائقة العضوية يمكن فهمه كلياً بدلالة السبينات الثابتة على المثنانيات.

هناك العديد من القياسات الأخرى – بما فيها استرخاء ميون – سبين، ودراسات عمق التوغل penetration depth، وتجارب الناقلية الحرارية قد أيّدت أيضاً الناقلية الفائقة غير التقليدية للجزيئات العضوية مثل BEDT - TTF. وعلى كل حال، فإن هايكو إيلزنجر H. Elsinger وسفين وانكا S. Wanka والعاملين معهما في جامعة كارلسروه في ألمانيا، قد حصلوا مؤخراً على معطيات سعة حرارية والتي تزعم جدلاً نقاطاً ترجع إلى آلية BCS العادية. لقد أدت وجهة نظرهم إلى مناقشات وجدالات واسعة وحادة بين جماعة العلماء. لقد تطرقت الشكوك إلى مدلول قياساتهم وإلى الطريقة التي كانوا يؤوّلون فيها معطياتهم. أما لماذا ينبغي أن تبقى معطيات السعة الحرارية مختلفة هكذا، فستبقى مسألة غير محلولة.

كما درست النواقل الفائقة العضوية دراسة مكثّفة باستخدام الطرائق الضوئية مثل الانعكاسية الضوئية وتبعثر رامان. وتشير النتائج الوافرة إلى أن التآثرات إلكترون – فونون، وترجحات المغنطيسية الحديدية المضادة –

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

5 الناقلية الفائقة في حقل مغنطيسي



(a) عصابة طاقة (الأزرق) للإلكترونات (نقاط حمراء) في ناقل فائق تقليدي. الإلكترونات القريبة من أعلى سوية طاقة مشغولة (الخط المنقّط) تتأثر لتشكل أزواج كوبر. لا يكون التأثر (السهم) قوياً إلا من أجل الإلكترونات المتساوية والمتعاكسة الشعاع الموجي (أي الاندفاع). لذا فإن لأزواج كوبر اندفاعاً يساوي الصفر.(b) عندما يُطبّق حقل مغنطيسي كبير داخل طبقات ناقل فائق عضوي شبه ثنائي البعد، تنشطر العصابة الإلكترونية إلى عصابتين، إحداهما بسبين للأعلى وأخرى بسبين للأسفل. تحدث حالة النقل الفائق FFLO (اختصاراً لـ فولد – فريل – لاركين – أو فتشينيكوف) الغريبة عندما تجمع التأثرات (الأسهم) الإلكترونات الموجودة في أحد جانبي العصابة ذات السبين للأعلى مع الإلكترونات الموجودة في الجانب المقابل للعصابة ذات السبين للأسفل والعكس بالعكس. لم يعد للإلكترونات اندفاعات متساوية ومتعاكسة، وهذا يعني أن لأزواج كوبر اندفاعاً محدداً الآن.

ولربما أنواعاً أخرى من تآثرات إلكترون – إلكترون تبدو مهمة (أو داخلة) في آلية الناقلية الفائقة. أجرى جون إلدريدج J. Eldridge والعاملون معه في جامعة كولومبيا البريطانية في كندا تجربة رائعة بشكل متميز، حيث بردوا ناقلاً فائقاً عضوياً إلى درجة الحرارة التي تبدأ عندها ترجّحات المغنطيسية الحديدية المضادة، وهي المرحلة التي تسبق الناقلية الفائقة. عندما وصلت العينة إلى هذه الدرجة من الحرارة، شوهدت أنماط الفونونات تتحرك نحو تواترات أخفض، مشيرة إلى أن كلاً من الفونونات وترجحات المغنطيسية الحديدية المضادة قد تلعب دوراً في الناقلية الفائقة.

وأخيراً، فإن العمل النظري الجاري على النواقل الفائقة العضوية على وشك أن يكشف عن الميّزة الواضحة التي تتمتع بها هذه النواقل الفائقة كملعب للأشكال الغريبة للناقلية الفائقة. وهذه هي أن عصاباتها الإلكترونية قد قيست بدقة متناهية ويمكن نمذجتها في معظم الأحيان. ولقد قام كل من كازوهيكو كوروكي K. Kuroki من جامعة الاتصالات الإلكترونية في طوكيو، وجورج شماليان J. Schmalian من جامعة إيوا الحكومية، وآخرون بترتيبات ليعيدوا إنتاج (توليد) شكل فرجة الطاقة التي اقترحتها تجارب العبور النفقي، وليأخذوا بالحسبان كثيراً من معطيات NMR.

الناقلية الفائقة المحرَّضة بالحقل المغنطيسي

إن من أفضل "الحقائق" المعروفة عن الناقلية الفائقة هي أنها تتخرب بواسطة حقل مغنطيسي عالٍ بما فيه الكفاية . لكن ثلاثة أفرقة منفصلة من الباحثين وجدت مؤخراً أن هذا ليس صحيحاً دائماً. فقد اكتشفوا أن بعض المواد العضوية تصبح نواقل فائقة فقط عند حقول مغنطيسية عالية. وكان بين الباحثين الذين حققوا هذا الاكتشاف جين سيمنغتون J. Symington و مون – صَن نام Moon - Sun Nam والعاملون معهما في جامعة أكسفورد، وهم الذين لاحظوا السنة الماضية حالة نقل غريبة في k-(BEDT-TTF)$_2$Cu(NCS)$_2$. في هذه الحالة المسماة فولد – فريل – لاركين – أوفتشينيكوف Fuld - Ferrel (FFLO) Larkin - Ovchinnikov، كما هو معروف، يكون لأزواج كوبر اندفاع محدود بالمقارنة مع الاندفاع المعدوم في النواقل الفائقة.

كيف يمكن لهذه الحالة المتميزة أن توجد؟ تحدث الناقلية الفائقة عادةً عندما يصبح إلكترونان أو ثقبان ذوا اندفاعين متساويين ومتعاكسين ضعيفَي الربط في زوج كوبر مع اندفاع وسبين معدومَين. يحدث التزاوج عندما تتآثر إلكترونات أو ثقوب كائنة عند أعلى سوية طاقة مشغولة مع نظائرها الموجودة على الجانب الآخر من عصابة الطاقة (الشكل 5a).

عندما يطبّق حقل مغنطيسي كبير، تنشطر العصابة إلى عصابتين ذواتي طاقتين مختلفتين اختلافاً ضئيلاً – إحداهما لحالات السّبين فوق spin - up، والأخرى لحالات السبين تحت spin - down. في الحالة FFLO يتزاوج إلكترون أو ثقب على أحد جانبي عصابة السبين فوق مع رفيق له على الجانب المقابل من عصابة السبين تحت. ولما لم يعد لكلا العضوين اندفاعان متساويان ومتعاكسان فإن لزوج كوبر الآن اندفاعاً محدوداً.

ولكن لماذا لم يخرب الحقل المغنطيسي الحالة FFLO الفائقة النقل في k - (BEDT - TTF)$_2$ Cu (NCS)$_2$ ؟ إن الناقلية الفائقة تتخرب عادةً في الحقل المغنطيسي عندما تجعل قوة لورنتز إلكترونات أو ثقوب النقل تقوم برسم مدارات سيكلوترونية في مستوٍ عمودي على الحقل. وفي النهاية فإن تأثيرات هذه الحركة المدارية تجعل أزواج كوبر تتحطم. إن بإمكان ناقل عضوي شبه ثنائي البعد مثل k-(BEDT-TTF)$_2$ Cu (NCS)$_2$ أن يتجنب هذه المشكلة إذا طُبّق الحقل المغنطيسي في مستوي الطبقات تماماً. وبعدئذ يصبح من المستحيل على حاملات الشحنة أن تدور في المستوي متعامدة مع الحقل المطبّق لأنها تكون محصورة بين الطبقات. إن التآثرات المدارية التي تطغى على الناقلية الفائقة من نواح أخرى تكون بناءً على ذلك مخمَّدة.

المشاهدة الثانية للناقلية الفائقة المحرّضة بالحقول المغنطيسية قام بها شينيا يوجي Sh. Uji والعاملون معه في معهد الأبحاث الوطني للمعادن في تسوكوبا في اليابان على "λ-(BETS)$_2$ Fe Cl$_4$" لقد وجدوا أن حقلاً خرّب الترتيب الطويل المدى لأيونات Fe^{3+}، جاعلاً المادة تقوم بالنقل الفائق عند 16T.

وأخيراً، لاحظ نيل هاريسون N. Harrison وزملاؤه في مختبر لوس ألاموس الوطني في الولايات المتحدة تواقيع (بصمات) لما يمكن أن يكون ناقلية فائقة محرَّضة بالحقل (أوشيئاً أغرب من ذلك) في α(BEDT-TTF)$_2$ KHg(SCN)$_4$. ولاتكون المادة ناقلاً فائقاً عند حقول مغنطيسية منخفضة، بل منظومة "موجة كثافة الشحنة"

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

charge - density wave. وهذا يعني أن إلكترونات النقل أو ثقوب النقل تنظّم نفسها بصورة دورية خلال البلّورة - أي إن كثافة الشحنة تُعدَّل مكانياً في أسلوب شبيه بالموجة

وفي منظومات كهذه تكون المادة عازلاً في العادة لأن فرجة الطاقة تنفتح عند طاقة فرمي وتصبح موجة كثافة الشحنة مثبتة "pinned" على أي قذارة أو عيوب تكون موجودة في البلّورة. وعلى كل حال فإن موجة كثافة الشحنة لـ α - $(BEDT\text{-}TTF)_2KHg(SCN)_4$ تقوم ببعض الأشياء الغريبة عندما يزداد الحقل المغنطيسي زيادة ملحوظة فوق 20 T. يحتفظ المركّب ببعض خواص موجة كثافة الشحنة، لكن مقاوميته تهبط بحدّة وفق أسلوب من مميزات ناقل فائق غير مرتب لدى انخفاض درجة الحرارة. كما أنه يُظهر ما يبدو على أنه تيارات دائمة ذات عمر طويل، وهي عادة سمة مميزة للناقلية الفائقة.

وأين بعد ؟

إن مستقبل النواقل الفائقة العضوية مستقبل مشرق. فقابليتها لأن تكون متعددة الاستخدامات بصورة مجردة تعني أنها ستبقى ألعوبة بأيدي الفيزيائيين الذين يريدون دراسة تشكل البنى العصابية. وبفضل الخواص الذاتية التنظيم لجزيئات عضوية صغيرة، يستطيع المرء أن يطلق لرغباته العنان في "أسلوب بناء جزيئي" يُعدلّ بنية الملح المنتقل الشحنة للحصول على خصائص مثلى معينة. إن معظم المحاولات الخيالية في هذا المجال قد استخدمت جزيئات تُدخل خاصة إضافية تعدّل السلوك الإلكتروني مثل "اللاانطباقية" chirality أو اليدوانية handedness للجزيئات أو أنها قد أدخلت وجود أيونات مغنطيسية.

إن النواقل الفائقة العضوية ستبقى أيضاً مفيدة جداً لدراسة آثار الأجسام العديدة كالتآثر بين الإلكترون و الإلكترون والتآثر بين الإلكترون والفونون. والسبب هو أن النواقل الفائقة العضوية تحتوي على كثافة إلكترونات وكثافة ثقوب في كل طبقة أكبر بمرتبتين في القيمة من الكثافة الموجودة في طبقات ثنائية البعد نصف ناقلة. وعليه فإن التأثرات إلكترون - إلكترون و إلكترون - فونون ليست هي الاضطرابات الصغيرة التي في أنصاف النواقل بل إنها تأثيرات كبيرة وأساسية في تعيين الحالة الدنيا (الأساسية) الملاحظة.

كما أن الفيزيائيين حريصون على دراسة نواقل فائقة حتى عند حقول مغنطيسية أعلى. وإن أحد الأهداف المحددة هو "حد فوق كمومي" ultra - quantum limit، الذي تكون فيه سوية لانداو مكمّمة واحدة فقط هي المشغولة. ولقد تُنُبِّيء بحدوث أنواع عديدة من الناقلية الفائقة المحرَّضة بالحقل بمجرد حصول مثل هذا الشرط. كما أن هناك العديد من الأسئلة التي لم تعط أجوبتها حول الدور الذي تلعبه سوائل فرمي اللاانطباقية - وهي حالات معدنية ذات بعد واحد تدور حول بلّورة في اتجاه واحد فقط - في مثل هذه الحقول. يُتوقع من هذه السوائل أن يكون لها مقاومة كهربائية منخفضة جداً لأن التبعثر الراجع، وهو مقوّم مهم في المقاومة المعدنية، يختفي.

من المجالات الأخرى التي تثير الاهتمام نذكر مشاهدة الانهيار المغنطيسي. فعند حقول تتجاوز 50 تسلا تبدأ الطاقة المغنطيسية للثقوب في النواقل الفائقة العضوية لتشكل جزءاً جوهرياً من طاقتها الكلية. بدأ المرء تدريجياً بالوصول إلى نقطة مشهورة تعرف باسم حد "فراشة" هوفستادتر Hofstadter "butterfly" limit والتي يصبح فيها الكمون الدوري العائد للجزيئات اضطراباً بالمقارنة مع أثر الحقل المغنطيسي.

تطبيقات تقانية للنواقل الفائقة العضوية

قد يبدو البحث في النواقل الفائقة العضوية ساحراً، لكن هل لهذه المواد أي تطبيقات عملية؟ لقد طور هِنْدريك سكون H. Schön وكريستيان كلوك Ch. Klock وبِرْترام باتلوغ B. Batlogg من مختبرات بِل في الولايات المتحدة ترانزستورات أثر الحقل FETs مبنية على بلّورات عضوية مماثلة للمواد التي طرحت في هذا المقال.

تبلغ درجة حرارة الانتقال إلى النقل الفائق في نبائطهم 100 K، وقد أبدت ظواهر - مثل أثر هول الكمومي الكسري - لم تكن تُرى سابقاً إلا في بنى أنصاف نواقل ذات نوعية عالية جداً. وفي الحقيقة، مضى وقت في العام الماضي كان من النادر فيه أن تفتح عدداً من مجلة Science من دون أن ترى فيه مقالاً واحداً على الأقل معتمداً على ترانزستورات أثر الحقل (FET_s) العضوية. وعلى كل حال، مع أن هذه البنى هي بالفعل نبائط عضوية بلّورية - وهي منظومات ساحرة في حقوقها الخاصة - لكنها قد تكون طريقاً تطورياً غير نافذ . فهي في جوهرها نسخ عضوية لنبائط مصنوعة مسبقاً من السليكون وزرنيخيد الغاليوم ومواد تقليدية أخرى.

تتركز في اليابان الآن الجهود المكثفة في أبحاث النواقل الفائقة العضوية. ويعتقد المحلّلون هناك أنه من المرجح أن تستخدم جزيئات عضوية صغيرة كمركبات خاصة أو نبائط. ومع ذلك فإن وجود إلكترون إضافي وحيد على جزيء عضوي صغير يستطيع أن يسبب في شحن الجزيء إلى حوالي 1 فولط. وعليه يمكن استخدام مثل هذه الجزيئات كقواطع (مفاتيح) إلكترون واحد single electron switches عند درجة حرارة الغرفة، وبخاصة لأن الترجحات الحرارية في هذه الشروط لا تكافىء سوى 0.025 V فقط.

كما أن صفات الجزيئات العضوية الصغيرة المرتّبة ذاتياً ستسمح ببناء صفيفات ثلاثية الأبعاد من هذه النبائط. وعلى عكس الجذاذات السليكونية silicon chips، التي تكون مسطّحة بشكل أساسي، الأمر الذي يجعل تدفق المعلومات مأسوراً في اختناقات، فإن صفيفاً من النبائط ثلاثي الأبعاد سيسمح بجريان المعلومات عبر اتجاهات متعددة ونماذج معقدة. ولا حاجة للقول بأن صفيفات نبائط من هذا القبيل لن تدخل السوق قبل عشر سنوات على الأقل. تشمل التحديات الأساسية التقاناتِ المستخدمةَ لصنع تماسات كهربائية مع جزيئات منفردة، وتكرار نبائط بسيطة كالثنائيات (الديودات) في جزيئات قطبية وحيدة.

ومن البدهي أننا بصنع منظومات عضوية ثلاثية البعد كهذه نكون فقط مقلدين وناسخين لمنظومات حيوية مثل الدماغ البشري. لكن الذين يعملون في هذا المجال استبشروا خيراً من حقيقة أن الله و عبر بليون سنة من التطور قد صنع معالجاً قائماً على صفيفات من الجزيئات ثلاثية الأبعاد بدلاً من جذاذات السليكون أو زرنيخيد الغاليوم.■

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

النواقل الفائقة المغنطيسيَّة الحديديَّة★

جاك فلوكيه
مفوضية الطاقة الذرّية – غرونوبل – فرنسا
ألكسندر بوزدين
جامعة بوردو – فرنسا.

ملخص

أنهى الاكتشاف الجديد لمواد مغنطيسية، وهي في الوقت ذاته نواقل فائقة، الخلاف بين ظاهرتين فيزيائيتين كان يُعتقد في السابق أنهما متعارضتان.

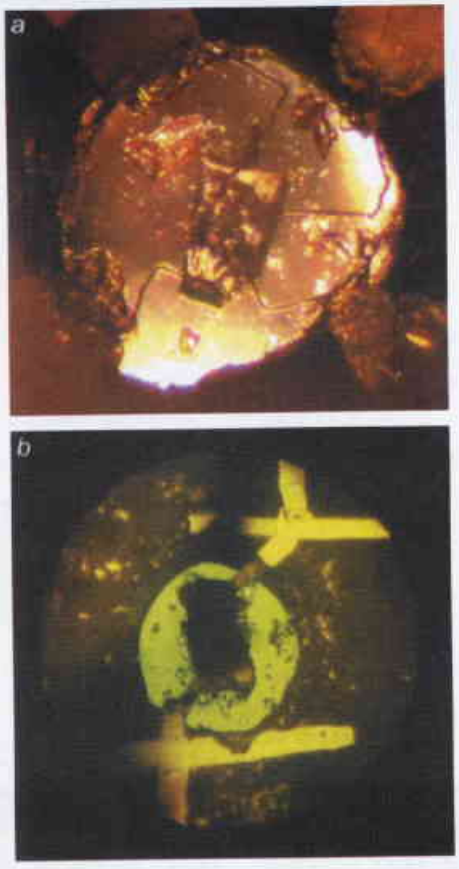
الكلمات المفتاحية: نقل، شبيهة بالمناطقية، فرجة طاقية، مغنطيسية حديدية، مقاومية، نقل فائق، انتقال.

تمَّ الكشف عن الانتقال المباغت لمعدن إلى حالة النقل الفائق بالاختفاء التام للمقاومية الكهربائية في الدرجات المنخفضة من الحرارة. وبالفعل، فإن التيار في دارة نقل فائق مغلقة يستطيع أن يدور باستمرار بدون تخميد. واكتُشفت خاصَّة أساسية أخرى لحالة النقل الفائق عام 1933 عندما أثبت والتر مايسنر W. Meissner وروبرت أوكسنفيلد R. Ochsenfeld أنَّ النواقل الفائقة تطرد أيَّ حقل مغنطيسي متبقٍّ. وبصورة مماثلة يمكن أن تتحطم الناقلية الفائقة بتطبيق حقل مغنطيسي تتجاوز شدته قيمة حرجة ما H_c.

تحاول كلٌّ من الناقلية الفائقة والمغنطيسية عادةً تجنّب كل منهما الآخر، ويمكن أن تُعتبر هذه الميزة مثلاً لجعل مغنطيس يرتفع سابحاً في الهواء فوق الناقل الفائق. ومن أجل هذا فإن الاكتشاف الحديث للمركّبات، التي هي ذات مغنطيسية حديديَّة وذات نقل فائق في الوقت نفسه، بدا وكأنه مفاجأة لكثير من الفيزيائيين.

الناقلية الفائقة الأحادية والثلاثية

ابتدع كل من جون باردين J. Bardeen وليون كوبر L. Cooper وروبرت شريفر R. Schrieffer النظرية المجهرية للناقليَّة الفائقة عام 1957. ووفْقَ هذه النظرية التي يطلق عليها اسم نظرية BCS تنتظم الإلكترونات لتشكّل أزواجاً تعرف باسم أزواج كوبر Cooper Pairs نتيجة للتآثرات مع الشبيكة البلّورية في درجات الحرارة المنخفضة. لهذه الإلكترونات في أزواج كوبر قيمٌ متعاكسة من الاندفاع، مما يعني بأن للأزواج نفسها بصورة عامة اندفاعاً زاوياً مدارياً يساوي الصفر. يقود تشكّل أزواج كوبر أيضاً إلى توليد فرجة طاقية ذات ناقلية فائقة، مما يعني بأن الإلكترونات المفردة لاتستطيع شغل حالات قريبة من سطح فِرمي Fermi. إن مثل هذه الفرجات الطاقية – التي تساوي بصورة أساسيَّة الطاقة اللازمة لتحطيم أزواج كوبر – تبدو بوضوح كتناقص أسّي للحرارة النوعية والناقلية الحرارية عند درجة حرارة تعرف بالدرجة الحرجة T_c.



أتاح التطور في تقانة الضغط العالي الفرصة أمام دراسات مفصلة عن التفاعل بين الناقلية الفائقة والمغنطيسية. (a) يستطيع السندان الماسي المستعمل في تجربات الفيزيون في جنيف وغرونوبل أن ينتج ضغوطاً حتى 10 GPa. (b) وفي الوقت نفسه، تمّت دراسة السلوك المغنطيسي للحديد حتى 100 GPa في أوزاكا. وفي كلتا الحالتين أجريت قياسات المقاوميَّة بمساعدة توصيلات من أسلاك الذهب الدقيقة.

نجحت نظرية BCS تماماً في تفسير معظم النواقل الفائقة. ولكن الاكتشاف، الذي تمَّ عام 1986 لصنف جديد من المواد التي تنقل نقلاً فائقاً في درجات عالية من الحرارة، يبقى تحدّياً للنظريين، ولايوجد هنالك حتى الآن تفسير نظريٌّ لا لبسَ فيه لهذه الظاهرة.

إنَّ مشاهدة الناقلية الفائقة في النواقل العضوية ومنظومات الفِرميونات الثقيلة والروثينات والنواقل الفائقة المغنطيسية الحديدية الجديدة والأكثر حداثة تقدم حججاً قوية لوجود أنواع من الناقلية الفائقة أكثر غرابة. وبالفعل، فإن الناقلية الفائقة في المغانط الحديدية يجب أن تنتج من نوع مختلف لآلية التزاوج الإلكتروني. ففي هذه المواد تتجمع الإلكترونات، التي سبيناتها تتجه في الاتجاه نفسه، بعضها مع بعض

★ نشر هذا المقال في مجلة *Physics World*, January 2002. ترجمة هيئة التحرير – هيئة الطاقة الذرّية السورية.

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

لتشكيل أزواج كوبر ذات واحدة السبين والتي تفضي إلى ما يسمى بالناقلية الفائقة الثلاثية. وبالمقابل، تحصل الناقلية الفائقة العادية – والتي يطلق عليها اسم الناقلية الفائقة الأحادية – عندما ترتبط الإلكترونات ذات السبينات المتعاكسة مع بعضها لتشكيل أزواج كوبر لها اندفاع وسبين مساويان للصفر.

يستطيع الحقل المغنطيسي أن يحطّم الناقلية الفائقة الأحادية بطريقتين يطلق على الأولى اسم المفعول المداري وهي بكل بساطة مظهر لقوة لورنتس Lorentz. ولما كانت الإلكترونات في أزواج كوبر لها اندفاعات متعاكسة، فإن قوة لورنتس تعمل في اتجاهات متعاكسة وتحطّم الأزواج. وتحصل الظاهرة الثانية التي تُدعى بمفعول المغنطيسية المسايرة عندما يحاول حقل مغنطيسي قوي أن يرصف سبينيّ الإلكترونين على منحى اتجاه الحقل.

تتحطّم الناقلية الفائقة الأحادية بالحقول التي هي أكبر من $H_p \sim 1.8\ H_c$ لكن مثل هذه الحقول لاتحطم الناقلية الفائقة الثلاثية لأنّه من الممكن لسبينيّ الإلكترونين أن يتجها في اتجاه الحقل نفسه. ويعني هذا أنّه من الممكن تحطيم الناقلية الفائقة فقط بالمفعول المداري.

أنواع مختلفة للترتيب المغنطيسي والناقلية الفائقة

تنشأ المغنطيسية الحديدية عندما يقوم عدد كبير من الذرّات أو الإلكترونات برصف سبيناتها في الاتجاه نفسه. هنالك في الحقيقة مصدران من المغنطيسية في المعادن وهما العزوم المغنطيسية المتموضعة و "بحر" إلكترونات النقل. تحصل المغنطيسية الموضعية في المعادن الترابية النادرة (مثل الغادولينيوم) والأكتنيدات (مثل النبتونيوم) نتيجةً لعدم امتلاء الطبقات الذرّية الداخلية بالإلكترونات بشكل كامل. وبالتالي يقود هذا إلى عزم مغنطيسي محدّد تماماً في كل موقع ذرّي ثابت، الذي يُنتج بدوره اقتراناً مغنطيسياً طويل المدى نتيجة لتبادل إلكترونات النقل.

ينشأ النوع الثاني من المغنطيسية – والمعروف باسم المغنطيسية العُصابية – من العزوم المغنطيسية لإلكترونات النقل نفسها. تكون الإلكترونات في المعادن "متجوّلة" أي أنها حرّة في التحرّك من موقع ذرّي إلى آخر، وتميل لأن ترصف عزومها المغنطيسية في اتجاه حقل مطبق. يحصل هذا أيضاً في سبائك اليورانيوم والجرمانيوم $URhGe_2$ و UGe_2، الناقلين الفائقين المغنطيسيين الحديديين اللذين اكتُشِفا حديثاً من قِبَل فريق لدى جامعة كمبردج في المملكة المتحدة وفي مختبرات مفوضية الطاقة الذرّية الفرنسية (CEA) في غرونوبل.

تملك المغانط الحديدية فقط عزماً مغنطيسياً صافياً في الدرجات المنخفضة من الحرارة. ويظهر الحقل المغنطيسي الداخلي بشكل تلقائي عند ما يسمى بدرجة حرارة كوري Curie، التي تقع بشكل نموذجي في المجال من 10 إلى 1000 درجة كلفن. لكن في الدرجات الأعلى من الحرارة، تغيّر العزوم المغنطيسية للذرّات بصورة مستمرة اتجاهها مما يجعل العزم النهائي مساوياً للصفر. يحصل انتقال مغنطيسي مشابه في المغانط الحديدية المضادة – وهي مواد تكون فيها سبينات الذرّات المتجاورة متوجّهة في اتجاهين متعاكسين – ويتمّ هذا الانتقال عند درجة حرارة نيل Neel ويؤدي إلى اختفاء الحقل المغنطيسي الداخلي.

وبالرغم من أن الناقلية الفائقة والمغنطيسية تبدوان ظاهرتين متضادتين، لكن هل توجدان معاً في المركّب نفسه؟ إن أول من طرح هذا السؤال هو الفيزيائي النظري الروسي فيتالي غينسبرغ V. Ginzburg عام 1957، لكن التجارب السابقة التي قام بها بيرند ماتثياس B. Matthias في عام 1959، في لوس ألاموس آنذاك أثبتت أن تركيزاً ضئيلاً جداً من شوائب مغنطيسية من العناصر الترابية النادرة – ولو بنسبة قليلة في المئة – كافٍ أن يحطّم الناقلية الفائقة كلياً عند وجود الترتيب المغنطيسي الحديدي.

إن أصل هذه الظاهرة الهدّامة هو التآثر الكمومي بين سبينات الإلكترونات والعزوم المغنطيسيّة الذرّية. يحاول هذا "التآثر التبادلي" تحت درجة حرارة الانتقال إلى الناقلية الفائقة أن يرصف أزواج كوبر، ولهذا فإن تآثرات التبادل تضع حدوداً ضيّقة على وجود الناقلية الفائقة.

ومع ذلك، يمكن لبلّورات النقل الفائق التي تملك شبيكة تحتية مغنيطسية حديدية مضادّة من الذرّات الترابية النادرة أن توجد بشكل أكيد. اكتُشِفت أولى هذه المواد – مركبات ثلاثية من العناصر الترابية النادرة (RE) وكبريتيد الموليبدينوم ($REMo_6S_8$) – عام 1975 من قِبَل فريق أويشتاين فيشر Ø. Fischer في جامعة جنيف، وبعد ذلك بسنتين، وجد ماتثياس في مختبرات بيل في نيوجيرسي ومعانوه السلوك نفسه في سلسلة سبائك بوريد الروديوم ($RERh_4B_4$). تكون معظم هذه المركّبات ذات نقل فائق تحت درجة حرارة حرجة بين 2K و 10K. وتخضع إلى انتقال طوري مغنطيسي في المجال 0.5-4K [1].

أثبتت تجارب التبعثر النتروني أن طور النقل الفائق لجميع هذه المواد من الناحية العملية له ترتيب مغنطيسية حديدية مضادة طويل المدى. وبالفعل، يمكن للناقلية الفائقة والمغنطيسية الحديدية المضادة أن توجدا معاً بشكل مريح لأن العزوم المغنطيسية في هذه المركّبات ليس لها، في المتوسط، غالباً أيّ تأثير على أزواج كوبر، ونعني بأن تآثر التبادل يساوي صفراً.

التعارضات الداخلية

ولكن هل يمكن للناقلية الفائقة والمغنطيسية الحديدية أن توجدا معاً؟ إن الإجابة على هذا السؤال أكثر إثارة بكثير. يمكن أن توجد بعض المعلومات المفتاحية في بوريد الروديوم والإربيوم ($ErRh_4B_4$) وكبريتيد الموليبدينوم والهولميوم ($HoMo_6S_8$) – تتحطم الناقلية الفائقة في كل من هاتين المادتين عند بدء تطبيق انتقال طوري مغنطيسي حديدي من المرتبة الأولى.

يكون $ErRh_4B_4$ مثلاً، ناقلاً فائقاً تحت الدرجة 8.7 كلفن. وعند تبريده إلى درجة حرارة كوري، وهي الدرجة 1 كلفن، تظهر بنية مغنطيسية "معدّلة" بدلاً من ترتيب مغنطيسي حديدي (الشكل1). ويعني هذا بأن العزوم المغنطيسية المتجاورة تصطفّ في الاتجاه نفسه، بالرغم من أن سعة التمغنط تتغير جيبياً في المكان. ولكن $ErRH_4B_4$ يبقى ناقلاً فائقاً عند هذه الدرجة من الحرارة. وعلى وجه الدقة، فإن المادة ليست مغنطيسية حديدية لأنها تحتوي على بُنى "شبيهة بالمناطقية" مع عزوم مغنطيسية متناوبة. لقد كُشفت هذه البنية بتجارب التبعثر النتروني، وتبيّن من قياس دورها أنه يبلغ حوالي 10 نانومتر.

وعلاوة على ذلك، وفي عام 1983 أنجز سونيل ك سينها S.K. Sinha وجورج كرابتري G. Crabtree ومعاونوه في المختبر الوطني في آرغون في

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

فترة متزامنة تجربة التبعثر النتروني والمقاومية على $ErRh_4B_4$. ويتبوا أن زيادة التبريد إلى الدرجة 0.8 كلفن يؤدي إلى انتقال طوري من المرتبة الأولى إلى الطور المغنطيسي الحديدي وتختفي الناقلية الفائقة. يعتبر $ErRh_4B_4$ مثالاً نادراً جداً لمركّب تتحطم خواصه في الناقلية الفائقة في درجات الحرارة المنخفضة جداً.

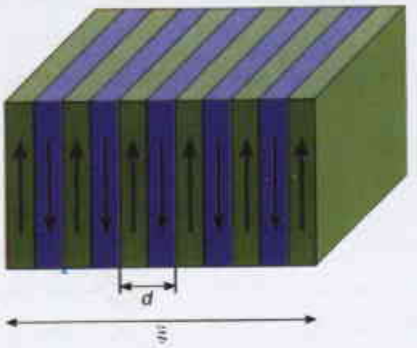
ما هو أصل مثل هذا السلوك، وما هي طبيعة طور التواجد معاً في مجال من درجات الحرارة يتراوح ما بين 0.8 و 1 كلفن؟. في الحالة المغنطيسية، يؤثر وجود العزم المغنطيسي الذرّي المتموضع على توزيع سبينات الإلكترونات المتجاورة بسبب التأثر التبادلي. ويتأثر سبين الإلكترون "المحرّض" بدروه مع العزوم المغنطيسية للذرّات الأخرى والذي يدعى تأثر رودیرمان- كيتيل - كاسويا - يوسيدا - Ruderman - Kittel - Kasuya- Yosida. وتزيد الطاقة المكتسبة بالذرّات، بسبب الانتقال المغنطيسي، بشكل أكبر بكثير عن الطاقة المكتسبة بالإلكترونات عندما تُشكل أزواج كوبر عند الانتقال إلى النقل الفائق. وهكذا فإن المغنطيسية ظاهرة أكثر قوة ونشاطاً بالمقارنة مع الناقلية الفائقة. وكنتيجة لذلك فإن الناقلية الفائقة لاتستطيع أن تمنع الانتقال المغنطيسي، إنها تَقْدِرُ فقط أن تُعدّله.

يظهر الطور المغنطيسي الحديدي المعدل عندما يُبرّد $ErRh_4B_4$ و $HoMo_6S_8$ إلى درجة حرارة أقل من درجة حرارة كوري الخاصة بهما. أشار فيل أندرسون Ph. Anderson و هاري سوهل H. Suhl عام 1959 إلى أن دور مثل هذه البُنى المغنطيسية الجيبية، d، أكبر من المسافة الذرّية، a، ولكنها أصغر من قدّ أزواج كوبر، ξ (الذي يُسمى طول ترابط النقل الفائق). وباختصار، فإن هذه البنية المغنطيسية تشبه، من وجهة النظر الواسعة للناقلية الفائقة، مغنطيساً حديدياً مضاداً لأنّ المناطق المجاورة تتوجه في اتجاهات متعاكسة، ولكنها تشبه من وجهة النظر المجهرية للمغنطيسية مغنطيساً حديدياً لأنّ العزوم المغنطيسية للذرّات المجاورة تتوجه في الاتجاه نفسه [1].

وعلى كلٍّ، فإن خلق جدران مناطقية يحتاج إلى طاقة، ولهذا فإن من الملائم طاقياً عند الدرجات المنخفضة من الحرارة أن تتوجه جميع العزوم المغنطيسية في الاتجاه نفسه. ولهذا فإن $ErRh_4B_4$ ينقلب إلى مغنطيس حديدي حقيقي تحت الدرجة 0.8 كلفن وتتحطم الناقلية الفائقة.

وعلى وجه الدقة، لاتوجد أمثلة عن مواد توجد فيها الناقلية الفائقة الأحادية والمغنطيسية الحديدية معاً. ففي جميع النواقل الفائقة المغنطيسية الحديديّة الأحادية مثل $ErRh_4B_4$ و $HoMo_6S_8$ يظهر طور مغنطيسي غير منتظم في حالة النقل الفائق بدلاً من طور المغنطيسية الحديدية. وبصورة مشابهة فإنّه ليس من المحتمل إطلاقاً أن تظهر الناقلية الفائقة الأحادية في حالة المغنطيسية الحديدية لأنّ تأثر التبادل يمنع تشكّل أزواج كوبر. ويبدو أنّه من المقدّر للناقلية الفائقة وللمغنطيسية الحديدية أن تبقيا بعيدتين عن بعضهما البعض.

1 المناطق والتيارات الفائقة



يمكن أن توجد الناقلية الفائقة الأحادية في النواقل الفائقة المغنطيسية الحديدية مثل بوريد الإربيوم والرودیوم ($ErRh_4B_4$) بفضل تشكّل بنية شبيهة بالمناطقية يكون $ErRh_4B_4$ ناقلاً فائقاً تحت الدرجة 8.7 كلفن، ولكن عند تبريده إلى حوالي الدرجة 1 كلفن فإن البنية المغنطيسية المعدّلة هذه تظهر بدور d. يكون هذا الدور أصغر من قدّ أزواج كوبر ξ. تتجه جميع العزوم المغنطيسية في كل منطقة إلى الاتجاه نفسه، ولكن سبينات المناطق المتجاورة تتناوب. وعلى وجه الدقة، لا يكون $ErRh_4B_4$ مغنطيساً حديدياً حتى يُبرّد إلى ما تحت الدرجة 0.8 كلفن. وتحت درجة الحرارة هذه تُحطّم الجدران المناطقية، وتتجه جميع السبينات نحو الاتجاه نفسه وتندمر الناقلية الفائقة.

الناقلية الفائقة تتحول إلى شيء غريب

لم نأخذ بعين الاعتبار حتى الآن إلاّ الناقلية الفائقة الحاصلة من الإلكترونات المتوضعة على الموقع الذرّي نفسه والمتجمعة لتشكّل أزواج كوبر التي مجموع سبيناتها يساوي الصفر. وعلى كل حال، يمكن أن يتمّ تشكيل أزواج أخرى - وبشكل بارز - عندما يوجد دفع كولوني موضعي قوي. يلعب هذا الدفع أيضاً دوراً حاسماً في ظهور المغنطيسية، مساعداً بذلك على تأسيس ترتيب طويل المدى أو ارتباطات مغنطيسية تأرجحية بطيئة.

يحصل غالباً إقتران بين التزاوج الإلكتروني غير التقليدي مع المغنطيسية، ويعتبر فهم التفاعل بين الظاهرتين أحد الأسئلة المفتاحية في فيزياء المادة الكثيفة. تستطيع التأثرات المغنطيسية أيضاً أن تلعب دوراً مهماً في جذب الإلكترونات بعضها إلى بعض. حيث تؤدي الارتباطات المغنطيسية الحديدية المضادة إلى التزاوج الأحادي (السبين يساوي الصفر)، بينما تفضل الارتباطات المغنطيسية الحديدية التزاوج الثلاثي (مع وحدة واحدة من السبين).

هنالك منظومة فيزيائية أخرى يحصل فيها تزاوج ثلاثي هي الهليوم-3 المائع الفائق، ويبدو أن التقليد الطويل الأمد في مقارنة الميوعة الفائقة والناقلية الفائقة يبقى مستمراً. توحي دراسات الهليوم -3 أن الناقلية الفائقة غير التقليدية لامتناحية إلى حدٍّ كبير، أي أنها ستعتمد اعتماداً كبيراً على طاقة واندفاع الإلكترونات. ويعني ذلك بأنّ أيّ تبعثر بالشوائب في المادة يكون قابلاً لتحطيم أزواج كوبر. (وبالمقارنة، فإن الناقلية الفائقة الأحادية ذات الموجة -s تكون أكبر قوة ويمكن أن تتحطم فقط بالشوائب المغنطيسية التي تقلب سبينات حاملات الشحنة). وكنتيجة لذلك، فإن الناقلية الفائقة غير التقليدية يمكن أن تظهر فقط في المواد ذات النقاوة العالية جداً.

الناقلية الفائقة والمغنطيسية المتجولة عند الضغط الحرج

يُعَدُّ الحديد والكوبالت والنيكل من أفضل المغانط المعدنية المعروفة، وتتحكّم بخواصها المغنطيسية إلكترونات النقل التي تتحرك بحرية في أنحاء المعدن. تشغل هذه الإلكترونات غير المتموضعة عُصابةً طاقية مملوءة حتى سوية فِرمي Fermi، وتنشأ عنها مغنطيسية متجولة. ويتحكّم نوع العصابة نفسها في السلوك المغنطيسي للنواقل الفائقة المغنطيسية الحديدية المكتشفة حديثاً وهي الزركونيوم زنك ($ZrZn_2$) ومركّبات اليورانيوم UGe_2 و $URhGe_2$. وفي جميع هذه المواد تحيط بالإلكترونات الواقعة

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

عند سوية فِرمي سحابةٌ من حوامل شحنة أخرى مما تعطيها كتلة فعّالة ضخمة (تزيد عن كتلة الإلكترون الحرّ بـ 100 مرّة) مما يجعلها تتحرك ببطء. ولكن إذا أصبحت كثافة الحالات عند سوية فِرمي عالية جداً، فيحصل عدم استقرار مغنطيسي يؤدي إلى انشطار العصابة الطاقية إلى شطرين، الأول من أجل الإلكترونات التي سبيناتها إلى الأعلى والثاني من أجل الإلكترونات التي سبيناتها إلى الأسفل.

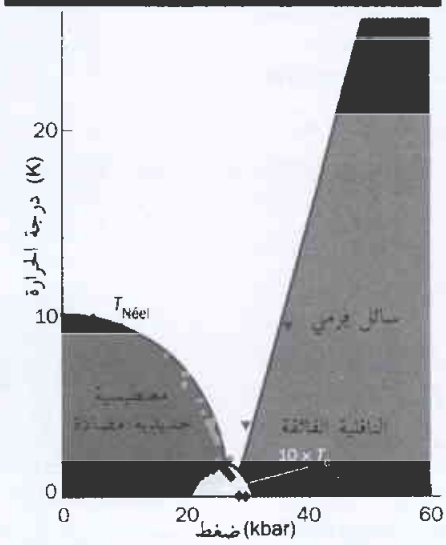
تمّ تطوير النظرية المغنطيسية المتجولة عبر العقود القليلة الماضية، ونشأ أسلوب متماسك أُطلق عليه اسم نظرية "الترجح السبيني". يصف هذا الأسلوب كيفية تأثر الإلكترونات بالحقول المتولّدة من إلكترونات أخرى في بحر فِرمي. وبالإضافة إلى ذلك فإن نظرية الترجح السبيني ملائمة تماماً لوصف "النقطة الحرجة الكمومية" حيث يحطم التغيّر الصغير في الضغط الترتيب المغنطيسي للذرّات في المعدن الصلب وتختفي درجة حرارة كوري. تُدفع هذه الانتقالات بصورة منعزلة بالترجحات الكمومية أكثر منها بالتأثيرات الحرارية، وتُميّز بالضغط الحرج، P_c [2].

لقد لفتت النقاط الحرجة الكمومية مؤخّراً كثيراً من الاهتمام لأن الترجحات السبينية البطيئة جداً، التي تحصل قريباً من الضغط الحرج، تلعب دوراً مهماً في تشكيل وتحطيم أزواج كوبر. وبالإضافة إلى ذلك، يستطيع التجريبيون تطبيق مجال من الضغوط على المادة باستخدام خلية سندانية من الماس للبحث عن تغيرات قاسية في الخواص حول P_c.

إن منظومات الفِرميونات الثقيلة، بما فيها سبيكة السيريوم والإنديوم $CeIn_3$ حساسة جداً للضغوط فتغيّرٌ صغير جداً في الكثافة يُعدّل خواص درجات الحرارة المنخفضة إلى حدٍّ كبير (الشكل 2). درست عِدّة مجموعات النقطة الحرجة الكمومية ذات المغنطيسية الحديدية المضادة بالتفصيل في منظومات الفِرميونات الثقيلة متّبعة بذلك العمل الرائد الذي قام به ديديار جاكارد D. Jaccard من جامعة جنيف في سويسرا حول جرمانات النحاس والسيريوم ($CeCu_2Ge_2$) منذ عقد مضى. وحديثاً، اكتشفت مجموعة جيل لونساريتش G. Lonzarich من جامعة كمبردج نقاط حرجة كمومية ذات مغنطيسية حديدية مضادة في سيريوم إنديوم ($CeIn_3$) وسيريوم بلاّديوم سليكون $CePd_2Si_2$. وفي جميع هذه الأمثلة، يدعم وجودُ الناقلية الفائقة المحيطة بالنقطة الحرجة الكمومية بشدة نظريةَ الترجح السبيني.

في العام الماضي شكّل سكسينا Saxena ومعاونوه في جامعة كمبردج فريقاً مع أندرو هكسلي A. Huxley ومعاونيه في غرونوبل بهدف دراسة النقطة الحرجة الكمومية المغنطيسية الحديدية في عيّنة متعددة البلّورات من

2 قرب الحراجة الكمومية



مخطط الطور ضغط - درجة الحرارة التقليدي للمغنطيس الحديدي المضاد للفِرميون الثقيل. تمّت دراسة الإنديوم والسيريوم ($CeIn_3$) بشكل مُفصّل في كمبردج وغرونوبل وأوزاكا. تكون المادة تحت الضغط ودرجة الحرارة المنخفضين ذات مغنطيسية حديدية مضادة (أزرق). بينما تسلك تحت الضغط العالي سلوكاً مثل سائل فِرمي (أرجواني). وبشكل مثير للاهتمام، يكون لـ $CeIn_3$ نقطة حرجة كمومية عند حوالي kbar 28، يختفي هنا الترتيب المغنطيسي الحديدي المضاد ودرجة نيل Neel ويصبح $CeIn_3$ ناقلاً فائقاً (أصفر) فوق مجال ضغط ضيق يقع على كلٍّ من جانبي الضغط الحرج.

الجرمانيوم واليورانيوم (UGe_2). جاكويز فلوغويت أحد مؤلفَيّ هذا المقال راغب جداً في تحرّي UGe_2 مرة ثانية كما درسها من قبل زميلنا الياباني بشكل واسع. ومن أجل ذلك دُهِش المؤلف نفسه عندما اكتشف بأن UGe_2 أصبح ناقلاً فائقاً في الطور المغنطيسي الحديدي (انظر الشكل 3 وسكسينا وزملاءه [3]).

أثبتت النتائج جزئياً تنبؤ أسلوب الترجح السبيني الذي نشأ في العشرين عاماً الماضية. ووفق هذه النظرية، فإن منطقة النقل الفائق الثلاثي يجب أن توجد على جانبي الضغط الحرج. وعلى أي حال، بيّنت التجارب أن هذه المنطقة ظهرت فقط على الجانب المغنطيسي الحديدي.

وجد داي أوكي D. Aoki وهكسلي بعد ذلك أن لليورانيوم والجرمانيوم الخواص نفسها، بينما كشفت مجموعة كريستيان بفلايديرر C. Pfleiderer في جامعة كارلسروه في ألمانية السلوك نفسه في سبيكة زركونيوم - زنك $Zr+Zn_2$. وقد أخبر في بداية هذا العام كاتسوا شيميزو K. Shimizu من جامعة أوساكا في اليابان ومعاونوه عن الناقلية الفائقة في الطُّور العالي الضغط للحديد. يمثّل هذا الاختراق الأخير حجر الزاوية في بحوث الناقلية الفائقة، حيث أن أحد الأهداف الأساسية هو اكتشاف الظاهرة في العناصر البسيطة. على كل حال، وكما سنوضح ذلك لاحقاً فإن الطور السداسي المتراص العالي الضغط للحديد ليس ناقلاً فائقاً حديدي المغنطيسية.

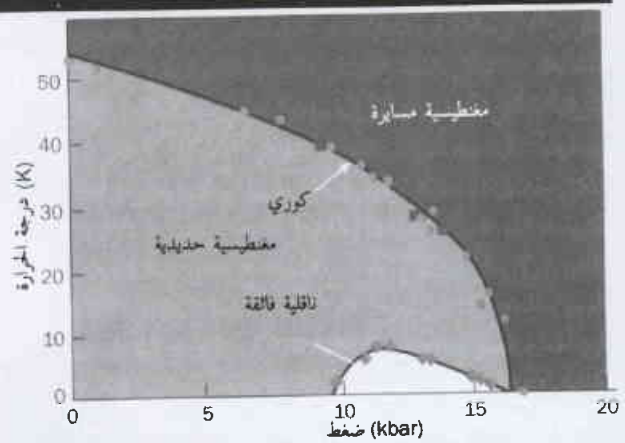
المغانط الحديدية لليورانيوم تتجه نحو النقل الفائق

اعتقد الفيزيائيون بأن UGe_2 كان مثالاً جيداً على ما يسمى المغنطيس الحديدي آيزنغ Ising. وعند الضغط الجوي المحيط، تصطفّ جميع العزوم المغنطيسية تحت الدرجة 53 كلفن. وعلى كلٍّ، فإن تطبيق ضغطٍ متزايد على المغنطيس الحديدي يؤدي إلى تناقص درجة حرارة كوري بسرعة إلى أن تتلاشى في نهاية الأمر عند الضغط 17 كيلوبار بسبب وجود النقطة الحرجة الكمومية (الشكل 3). وفوق الضغط الحرج يكون UGe_2 مغنطيسياً مسايراً وتصطف العزوم المغنطيسية فقط عند وجود حقل مغنطيسي.

إن اكتشاف الناقلية الفائقة لمتعدّد البلّورات UGe_2 من قِبَل سكسينا و هكسلي ومعاونيهما لم يكن إلاّ جزءاً من الحقيقة. لقد وجدوا أيضاً أن طور النقل الفائق وطور المغنطيسية الحديدية يتواجدان حتى الدرجة 30 كلفن. ولمّا كانت حوامل الشحنة تعاني حقلاً مغنطيسياً فعّالاً كبيراً

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

3 تشارك في مركبات اليورانيوم



يكشف مخطط الطور لـ UGe_2 أنه يمكن للناقلية الفائقة (الأصفر) والمغنطيسية الحديدية (الأخضر) أن تتواجدا معاً في مجال ضغط محدود. لاتلاحظ ناقلية فائقة تحت 10 kbar مما يشير إلى أن القرب من الضغط الحرج – الضغط الذي يتلاشى فيه الترتيب المغنطيسي ودرجة حرارة كوري – يكون حرجاً من أجل تزاوج كوبر.

ناجماً عن اصطفاف السبينات، فإن التزاوج الثلاثي يشكّل فرضية حصيفة.

وفي الوقت نفسه، أثبتت دراسات البلّورة الأحادية التي تمّت في غرونوبل أن UGe_2 يلعب أيضاً دور مفعول مايسنر Meissner، الذي هو أحد السمات المميزة للناقل الفائق. وقد أثبتت تجارب الانعراج النتروني المجهري بعد ذلك ترافق وجود الناقلية الفائقة والمغنطيسية الحديدية معاً في UGe_2. وهنالك اقتراح بأنّه من الممكن للناقلية الفائقة أن تكون خاصة جرمية للمغانط الحديدية اليورانيومية.

تمّ الحصول على البرهان الحقيقي للناقلية الفائقة الجرمية في السنة الماضية من قِبَل نيويوكي تاتايوا N. Tateiwa ومعاونيه في أوساكا. فقد لاحظوا شذوذاً في الحرارة النوعية عند الدرجة الحرجة، وهذا ما يُعتبر مؤشراً تقليدياً على فرجةٍ طاقية للنقل الفائق. يشير الشذوذ إلى أن أقل من 15% من العيّنة ينقل بصورة فائقة ويوحي بأن الآلية الأساسية تعود كلياً إلى تزاوج الإلكترونات التي سبيناتها تتجه إلى "أعلى".

اكتشفت مجموعة غرونوبل حديثاً أن المركب يورانيوم روديوم جرمانيوم (URhGe) هو ناقل فائق مغنطيسي حديدي عند الضغط الجوي المحيط. إنه يمتلك خواصاً مشابهة لـ UGe_2 تحت الضغط العالي – إنه يفقد مقاومته تحت الدرجة 9.5 كلفن، كما يُبدي مفعول مايسنر وفيه شذوذ الحرارة النوعية عند الدرجة الحرجة للنقل الفائق.

وخلافاً لـ UGe_2، وعلى أيّ حال، لم يتم الحصول على بلّورات URhGe العالية النوعية حتى الآن. وحالما يتم تجاوز هذه الصعوبة، فإن مشاهدة الناقل الفائق المغنطيسي الحديدي عند الضغط الجوي المحيط ستفتح الباب أمام مجال التجارب المتنوعة نفسها التي جرى إجراؤها على النواقل الفائقة الفرميونية الثقيلة والروثينات والنواقل الفائقة العالية درجة الحرارة. وعلاوة على ذلك، يُتوقع ظهور تأثيرات جديدة عندما يتم تعديل البنية المناطقية المغنطيسية الحديدية بفعل الحقول المغنطيسية أو بتغيير شكل العيّنة. ونستطيع بتغيير البنية المجهرية أن نولّد رابطات ضعيفة بين مناطق المغنطيسية الحديدية التي ستقود إلى شبكات إلكترونية جديدة ومفيدة.

$ZrZn_2$: حالة واعدة

لقد استرعت المواد، التي تُظهر مغنطيسية متجولة بدون مغنطيسية موضعية، في الفترة الأخيرة قدراً كبيراً من الاهتمام نظراً لأنّ تشكّل البنية العصابيّة الإلكترونية سهل وبسيط. وقام في بداية هذا العام كريستيان بفلايدير C. Pfleiderer ومعاونوه في كارلسروة بإجراء قياسات في درجات حرارة منخفضة على عيّنات من $ZrZn_2$ المغنطيسي الحديدي الضعيف والذي تمّ تحضيره منذ عشر سنوات من قِبَل ستيفن هايدن S. Hayden الذي كان آنذاك في كمبردج. بيّنت النتائج أن $ZrZn_2$ ينقل نقلاً فائقاً فقط عندما يكون مغنطيساً حديدياً (أي تحت الضغط الحرج) وليس عندما يكون مغنطيساً مسايراً (أي فوق P_c).

$ZrZn_2$، هو مغنطيس حديدي متاح أضعف بكثير من UGe_2 و URhGe. وهذا يعني بأن الأمواج السبينيّة المترابطة تظهر تحت درجة الحرارة التي يستقر عندها الترتيب المغنطيسي، بينما توجد المركّبة اللامترابطة العرضانية فوق هذه الدرجة. وبالمقابل، فإن الأنماط الطولانية فقط هي التي ستكون مشمولة في UGe_2. كانت المفاجأة الكبرى هي أن وجود الناقلية الفائقة على ما يبدو سيتم حتى 22 كيلوبار وتعتمد هذه الناقلية بشكل قليل على الضغط، أو على الأقل على الضغوط المنخفضة. ومرة ثانية لايوجد هنالك أثر للناقلية الفائقة في طور المغنطيسية المسايرة.

ومما يلفت النظر والغرابة هو أن المقاومة الكهربائية لـ $ZrZn_2$ تحت الانتقال إلى النقل الفائق تبقى محدودة بدلاً من تلاشيها تماماً (الشكل 4). وبالإضافة إلى ذلك، لاتوجد هنالك أي إشارة عن شذوذ الحرارة النوعية عند T_c. تشير كل من هاتين الميّزتين بشكلٍ قوي إلى أن الناقلية الفائقة في $ZrZn_2$ غير متجانسة، وتوجد فقط في عناقيد منتشرة في المادة.

يجادل بعض النظريين بأن اختفاء درجة حرارة كوري والدرجة الحرجة للنقل الفائق عند النقطة الحرجة الكمومية يُشكّل مبرراً معقولاً للظاهرة، وقد يكون ذلك هو الحالة. ولكن يجب توضيح أصل المقاومة المتبقية، وبالتالي الناقلية الفائقة الناقصة. وبأي من الطريقتين، فإن $ZrZn_2$ مثال واعد للناقل الفائق المغنطيسي الحديدي، وسيتم الكشف عن طبيعته الحقّة بإجراء تجارب جديدة على البلّورات التي تمّ تحسين نقاوتها.

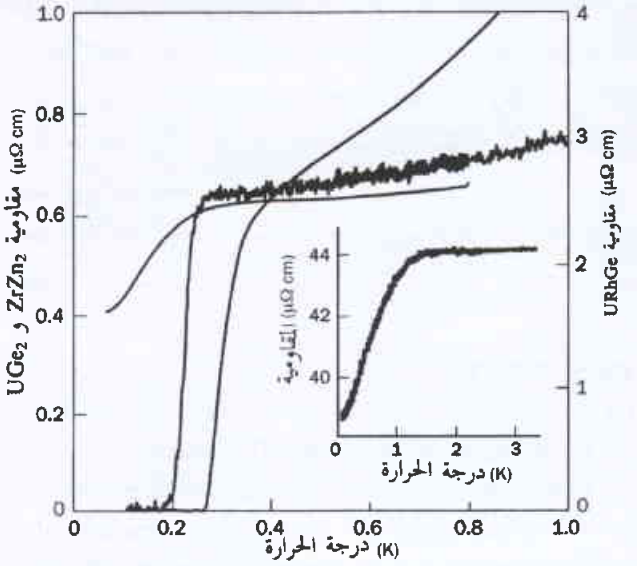
الحديد تحت الضغط

يستطيع الضغط أن يُحرض تغيراتٍ في بنية البلّورة، والحديد لايشذ عن ذلك. وبالفعل، فإن وفرة العنصر العالية، والضغوط العالية جداً في عمق لبّ الأرض يُقنيان بأن بنية الحديد تشكّل اهتماماً خاصاً للجيوفيزيائيين. إن التغير في بنية البلّورة يُعدّل بشكل كبير الخواص المغنطيسية للحديد (الشكل 5).

يمكن تمثيل تفاعل البُنى البلّورية الثلاث – التي دُعيت بالأطوار α، ε، γ وخواصها الإلكترونية والمغنطيسية على مخطط الطور ضغط – درجة الحرارة (تقابل الأطوار α، ε و γ البنية البلّورية المكعبة المركزية الجسم والبنية البلّورية السداسية المتراصّة والبنية البلّورية المكعبة المركزية الوجوه

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

4 مواد مثيرة للاهتمام



المقاومية، ρ، مقابل درجة الحرارة كما قيست في UGe_2 تحت الضغط العالي (أزرق)، $ZrZn_2$ (أحمر) وURhGe (أخضر). والبنية السداسية المتراصة للحديد عند 25GPa (الشكل الداخلي). تبقى المقاومية في $ZrZn_2$ والحديد محدودة بدلاً من أن تنخفض كلياً إلى الصفر. ورغم أنّ هذا السلوك يبقى مفهوماً في الحديد (راجع النص) إلاّ أنّه يبقى لغزاً غامضاً في $ZrZn_2$. وبصورة تبعث على الدهشة لاتوجد هنالك إشارات عن شذوذ الحرارة النوعية في $ZrZn_2$ عند درجة الحرارة الحرجة.

بالترتيب). وبالإضافة إلى ذلك، فإن انتقالات الأطوار جميعها التي تحصل هي من المرتبة الأولى، وقد دُرِس الانتقال بين الطورين α و ε سابقاً بالتفصيل مع مفعول موسباور Mössbauer.

من المعروف أن الحديد يكون عند الضغوط المنخفضة وفي درجات الحرارة المنخفضة مغنطيساً حديدياً ذا بنية مكعبة مركزية الجسم. وبازدياد الضغط باتجاه النقطة الحرجة الكمومية عند 40 GPa تتغير البنية البلّورية إلى الشكل السداسي المتراص، وتبيّن القياسات المغنطيسية أنّ الحديد يصبح مغنطيسياً مسايراً، يشبه نوعاً ما بعض مركّبات الفرميونات الثقيلة. يشير هذا إلى أن الترجحات السبينية يمكن أن تحدث نوعاً ما مع طاقة مميزة منخفضة. وطبقاً لما أفاد به سكسينا وليتل وود Littlewood من كمبردج، يُحتمل أن يكون هذا الطور ε للحديد محكوماً بتأثرات مغنطيسية حديدية مضادة، وهذا لايشبه البُنى المماثلة في الكوبالت.

بيّنت تجارب المقاومية، التي جرت حديثاً من قِبَل شيميزو shimizu ومعاونيه في أوزاكا، بوضوح أن الطور ε للحديد يَنقل نقلاً فائقاً في مجال كبير من الضغط (الشكل 5). كما بيّنت هذه المجموعة أن مقاومته تنخفض بحوالي 10% عند الدرجة الحرجة وله مفعول مايسنر يمكن مقارنته بعيّنة شاهدة للإنديوم الفائق النقل عند الدرجة 3.2 كلفن (انظر الشكل 4). يمكن هنا فهم المقاومة المحدودة تحت الدرجة T_c لأن الحديد يفشل بالتحوّل إلى البنية السداسية المتراصة النقية نتيجة للصعوبات التجريبية، ونتيجة لأن القياسات تتم بسلكين من الذهب (انظر القسم السفلي من الصورة الأولى).

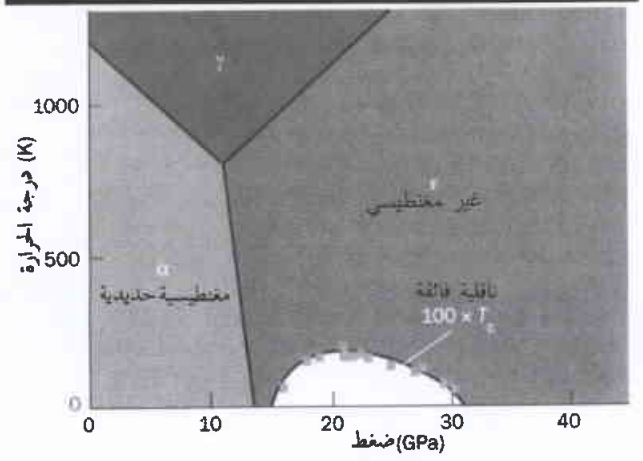
وكما أكّد سكسينا وليتل وود في مقال في مجلة Nature حول أعمال شيميزو، بأن أهمية الخواص الكهربائية والمغنطيسية للحديد السداسي المتراص تكمن في الدور المفتاحي الذي يلعبه الحديد في اللّب الداخلي للأرض وفي استقرار الحقل المغنطيسي للكوكب. وسيكون لنتائج شيميزو تأثير كبير عندما تندفع المجموعات التجريبية بتوصيف التقلبات المغنطيسية في الطور ε. ستكون الخطوة الأولى بإجراء قياسات المقاومية على عيّنة نقية من حديد ε ثمّ جمع هذه النتائج مع نتائج موسباور. يمكن أن يكون أصل الناقلية الفائقة في الحديد العالي الضغط هو المغنطيسية الحديدية المضادة بدلاً من المغنطيسية الحديدية. بيد أن الأمر ليس معروفاً بالتأكيد لأي إنسان ويبقى أصل آلية التزاوج لغزاً.

التجارب مقابل النظرية

بدأ النقاش النظري حول النواقل الفائقة المغنطيسية الحديدية المتجولة مع فكرة الترجحات السبينية المغنطيسية الحديدية وتوقع ظهور طور فائق النقل على كلٍّ من جانبي النقطة الحرجة الكمومية. ولكن التجارب الحديثة كشفت أن الناقلية الفائقة تحصل فقط على جانب واحد. اقترح كراستان بالغويف K. Balgoev من جامعة بوسطن ومعاونوه أن التزاوج الأحادي يكون منحصراً بطور المغنطيسية الحديدية، ولكن نقاشهم لسوء الحظ اقتصر على إثارات الطاقة المنخفضة. وفي الوقت نفسه، كان تيد كيركباتريك T. Kirkpatrick من جامعة ماريلاند يقترح بأن الناقلية الفائقة في المغانط الحديدية الضعيفة (مثل $ZrZn_2$) تنشأ نتيجة لاقتران الترجحات الطولانية مع الأمواج السبينية العرضانية.

اقترح كازومازا ميياك K. Miyake وشينجي واتاناب S. Watanabe من أوزاكا من أجل المواد العالية اللاتناحي مثل UGe_2 أنّه من الممكن

5 الحديد يحدث فيزياء ثريّة



يبدو أن جميع تعقيدات المغنطيسية والناقلية الفائقة ستظهر حتى بالنسبة لعنصر بسيط مثل الحديد. إن الطور α ذا بنية المكعب المركزي الجسم هو المغنطيس الحديدي المعروف جيداً (أخضر). لكن إذا كان الطور γ (أزرق) في الضغط العالي وفي درجة الحرارة العالية ثابتاً في الدرجات المنخفضة فإنه يجب أن يشّكل مغنطيساً حديدياً مضاداً عند الدرجة 100 كلفن وعند الضغط الجوي المحيط. إن الطور ε السداسي المتراص لامغنطيسي ويصبح ناقلاً فائقاً (أصفر) في الدرجات المنخفضة من الحرارة. يبقى أصل الناقلية الفائقة في الطور ε وفي آلية اقتران الشحنة غامضاً ومصدراً للمناقشات المكثفة.

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

لغالبية الإلكترونات المتجهة سبيناتها إلى أعلى أن تفي بالشروط الأخرى التي تقود إلى الشحنة أو إلى أمواج الكثافة السبينية مع آليات الاقتران الخاصة بهما. وأخيراً، فإن الاقتران إلكترون – فونون التقليدي يُحتمل أن يوجد أيضاً في هذه المواد المعقّدة نظراً لأن الإلكترونات الموجودة فقط على جزء صغير من سطح فِرمي يمكن أن تتزاوج إلى المغنطيسية الحديدية.

أهداف من أجل المستقبل

كان الاعتقاد السائد لوقت طويل أن الناقلية الفائقة والمغنطيسية متعارضتان. وقد وُجِد الآن العديد من الأمثلة بفضل التحسينات التي طرأت على نوعية العيّنات الممكن إنتاجها. تتركز الأهداف في البحث عن أمثلة جديدة وصياغة نظرية تستطيع أن توضح آلية الاقتران التي تخضع لها. ومتى تظهر المعطيات التجريبية الجديدة تكون الاستجابة النظرية لها سريعة وتؤدي إلى عددٍ من التنبؤات المختلفة والنظريات. وعلى كل حال، فإن ما هو واضح الآن هو أن كلتا المجموعتين النظرية والتجريبية قد تمّ حثهما وإثارتهما بفعل الثروة الفيزيائية التي قدمتها هذه المواد. يدور السباق الآن على إيجاد مثال واضح عن التزاوج الثلاثي في الناقل الفائق المغنطيسي الحديدي.

المراجع

REFERENCES

[1] Ø. Fischer 1990 Magnetic superconductors in *Ferromagnetic Materials*, K. H. J. Budchow, and E. P. Wohlfahrth (ed) (Science Publishers BV, Amsterdam). T. R. Kirkpatrick et al. 2001 Strong enhancement of superconducting T_c in ferromagnetic phases *Phys. Rev. Lett.* 87 127003.

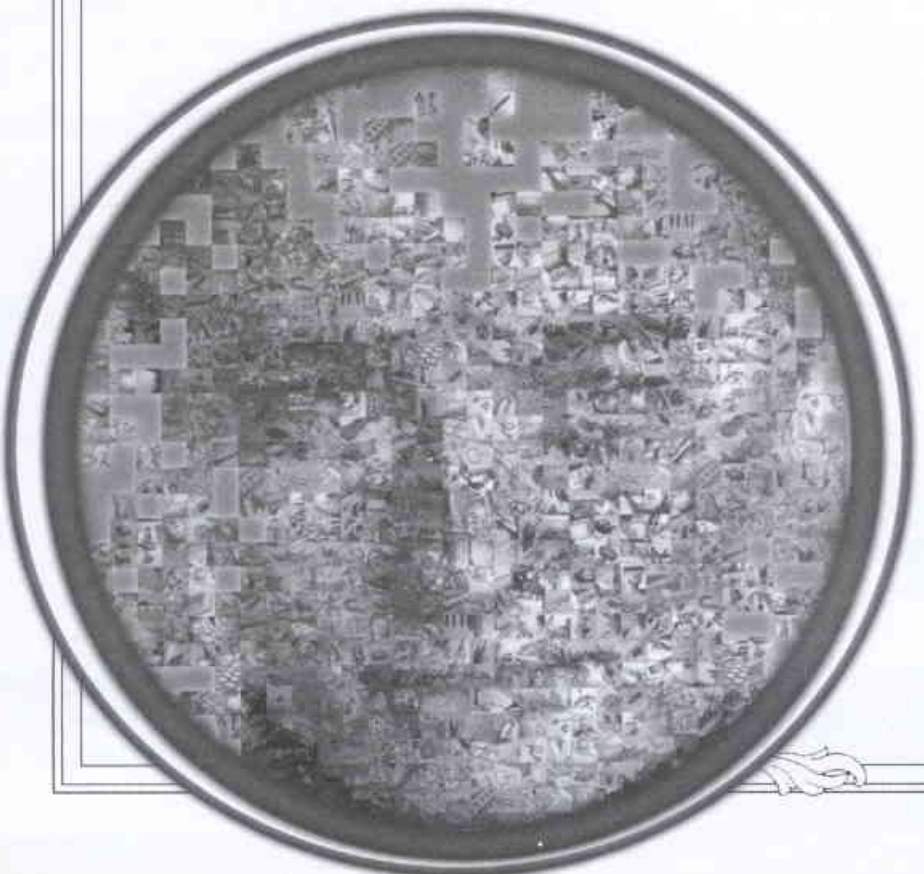
[2] S. Sachdev 1999 Quantum phase transitions *Physics World* April pp33–38.

[3] S.S. Saxena et al. 2000 Superconductivity at the border of itinerant electron ferromagnetism in UGe_2, *Nature* 406 587-592.■

☆ ★ ☆

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

أخبار علميّة



1- البلّورات السائلة*

اكتشفت البلّورات السائلة منذ ما يزيد قليلاً عن قرن من الزمن، وتوجد هذه المواد باسم متناقض في بيئتنا، ليس فقط في شاشات ساعاتنا وحواسيبنا المسطّحة ولكن أيضاً في العملات الورقية وحتى في أجسامنا الخاصة.

من أين أتت هذه التسمية؟

أشرع بيطء، عنفٌ لطيف، صمتٌ معبّر، مجهولٌ مشهور، بلّورات سائلة... كل هذه الألفاظ لها سمةٌ مشتركة: فهي تجمع بين لفظين متناقضين oxymorons. انتقد عالم البلّورات الفرنسي جورج فرايدل G. Friedel بشدّة في عام 1922 أولئك الذين قبلوا ونشروا مصطلح "البلّورات السائلة" قبل أن تُسنح لهم الفرصة لرؤيتها بأنفسهم وأولئك الذين قاموا برؤيتها ولم يكن لديهم في موضوع البلّورة والمادة المتبلورة إلاّ أفكارٌ غامضةٌ [1]! فما هي الشروط التاريخية التي أكسبت البلّورات السائلة هذه التسمية التي يصعب تحمّلها؟ درس عالم النبات النمساوي راينتزر Rienitzer في عام 1888 في براغ بلورات بنزوات الكولسترول المستخلصة من الحصيّات الصفراوية التي لم تكن تسلك سلوك البلّورات العادية فقد كانت تنصهر في الدرجة 145.5 °C متحوّلة إلى مائع حليبي ليصبح المائع بعد ذلك سائلاً صافياً تماماً في الدرجة 178.5 °C. وهكذا فقد كتب راينتزر إلى لهمان Lehman في إكس - لا - شابل Aix-la Chapel، وهو أحد علماء البلّورات الأكثر خبرة في ذلك الزمن، ليُعلِمُه عن ملاحظاته المدهشة. وكان لهمان قد ركّب على مجهره صفيحة تسخين تتيح له متابعة التغيّرات الضوئية للبلّورة مباشرةً عندما تتغيّر درجة الحرارة. فقد استخدمها ليتابع تحت المجهر التغيّرات التي تطرأ على حالة بنزوات الكولسترول ومواد أخرى مركّبة أو مستخلصة من نباتات مختلفة. تتمتّع كل هذه المنتجات بالمظهر المميّز للبلّورة عندما كانت تُضاء بالضوء المستقطب**، ولكنها كانت تسيل أيضاً مثل السوائل العادية. لقد أوحى الجمع بين هاتين الخاصّتين إلى لهمان المتردّد بتسميات متعددة متتالية: "بلورات سيالة" عام 1988 و "سوائل بلّورية liquids cristllins" عام 1890 و"بلّورات سائلة cristaux liquides" عام 1900 [2].

ماذا تشبه جزيئات البلّورة السائلة؟

من ناحية الشكل تظهر جزيئات البلّورة السائلة على الأغلب كعُصيّات طولها بضعة نانومترات ومقطعها بضعة أعشار النانومتر. غير أنّ بعضها يتخذ شكل الأقراص أو الأهرام.

أما من ناحية بنيتها الكيميائية، فتتكوّن معظم البلّورات السائلة من جزيئات عضوية (أساسها الكربون) تتألف على الأقل من جزأين مختلفين ببنيتهما (جزء جسيء وآخر مرن) وبخواصهما (جزء محب للماء وآخر كاره له)، وبخلط المجموعتين المشاركتين (مجموعة هدروكربونية وأخرى فلوروكربونية)، فإننا نجد في ذلك، بحسب اسمهما، المظهر المزدوج للبلّورات السائلة الذي يُوفق بين كيانين كان ينبغي على العديد من المعايير أن يفصل بينهما.

توجد أيضاً أشياء معدنية جسيئة على شكل إبر أو شرائط أو صفيحات تُظهر بتبعثرها في مُذيب أطوارَ بلورةٍ سائلة. إنّ دراسة البلّورات السائلة المعدنية، التي أُهملت بعد عِدّة ملاحظات بدائية في عام 1925 عادت فتنشّطت ثانية في التسعينيات من القرن العشرين [2].

ما هي البلورة وما هو السائل؟

نميّز عادةً في التعليم المدرسي ثلاث حالات من المادة اعتماداً على ترتيب الجزيئات: صلب متبلور وسائل وغاز. وهذا التصنيف مفيد كمقاربة أولى ولكن توجد حالات أخرى متعدّدة تخلط الحدود: مستحلبات وهلاميات وبوليميرات ورغوات... أو بلّورات سائلة وكلها أعضاء في فصيلة كبيرة من المادة الرّخوة بحسب التعبير الذي أشاعه بيير - جيل دو جين Pierre- Gilles de Gennes.***

في عام 1905 وبمساعدة الكيميائي الفيزيائي شينك Schenck توصّل لهمان بعد جدل طويل إلى إقناع زملائه بأن حالة البلّورة السائلة هي حالة من المادة مستقلة تماماً عندما أظهر بوضوح انقطاعات في انتقالات الطور. فالبلّورة هي ترتيب منظم ودوري للذرّات أو للجزيئات. وفي المتوسط، يكون الترتيب كاملاً من أجل موقع الجزيئات وتوجيهها. وهذا الترتيب يضيع كلياً في السائل. ففي بلّورة سائلة نموذجية يكون الوضع متوسطاً (عند ذلك نقول أطوار متوسطة mésophases من الإغريقية mesos، تعني متوسط): تترتب الجزيئات العصوية أينما كان ولكنها تبقى بالمتوسط متوازية فيما بينها عندما ينزاح بعضها بالنسبة للبعض الآخر بسبب التهيج الحراري. وعلى السلّم الجهري ليس من الضروري أن تكون البلّورة السائلة في حالة سائلة! وهذا الاسم يرتبط فقط بهذا الترتيب الجزئي في تنظيم الجزيئات. وهكذا يمكن للبلّورات السائلة، دون التعدّي على اسمها، أن تكتسي مظاهر مختلفة جداً: صلبة أو مطاطية أو هلامية أو عجينيّة.

هل يمكن ترتيب البلّورات السائلة في فصائل؟

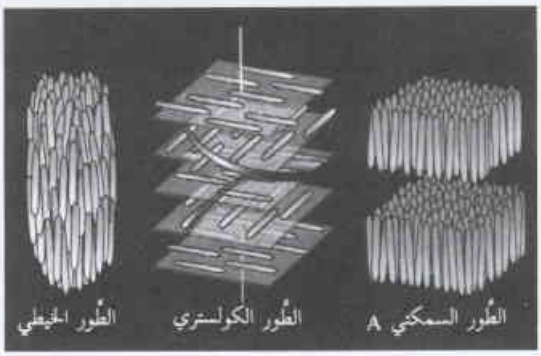
في عام 1957 حدّد براون G.H.Brown وشو W.G. Show، استناداً إلى أعمال فرايدل G.Friedel ولورانس A.S.Laurence وجلي E.E.Jelly، تصنيفاً يستند إلى شروط تجريبية تتيح ملاحظة أطوار البلّورة السائلة [3]. ولقد ميّزا بين الانتحاءات بالحرارة thermotropes من أجل البلّورات السائلة التي تُكشَف أطوارها المتوسطة عند تسخين أو تبريد المادة، وبين الانتحاءات بالانحلال lyotropes التي تكتشف أطوارها المتوسطة عند انحلال أحد مركباتها في مذيب. أمّا الانتحاءات بالاثنين

* نشر هذا الخبر في مجلة *La Recherche*, 352 Avril 2002. ترجمة هيئة التحرير - هيئة الطاقة الذرّية السورية.

** استقطاب الضوء هو التوجيه الخاص للحقل الكهربائي للموجة المرافقة له بالنسبة إلى جهة انتشارها.

*** بيير - جيل دو جين فيزيائي فرنسي ولد عام 1932 وحاز على جائزة نوبل في الفيزياء عام 1991 من أجل أعماله على البلّورات السائلة والبوليميرات بصورة خاصة.

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



الشكل 1– تكون الجزيئات العصوية للبلّورات السائلة متوازية فيما بينها دون أي ترتيب آخر من أجل الطّور الخيطي، وتكون في مستويات من أجل الطّور الكولستري مع دوران لولبي للاتجاه التفضيلي، وتكون في طبقات من أجل الطور السمكتي A.

معاً أي بالحرارة والانحلال amphotropes فتُكشَف أطوارها المتوسطة عند جمع العمليتين في المادة نفسها.

أما فرايدل فقد وضع، من جهته، تصنيفاً يستند إلى معايير الانتظام والتناظر في الترتيبات الجزيئية. فقد سمّى، عندما كان يلعب بعد ظهر أحد الأيام مع ابنتيه اللّتين كانتا تتقنان اللغة اليونانية، الصنوف الثلاثة الكبرى من البلّورات السائلة بأسماء: خيطية nematique وكولسترية cholesterique وهدبية smectique (الشكل 1). والطّور الخيطي هو الأقل ترتيباً حيث تميل الجزيئات ببساطة إلى التراصف بصورة متوازية بعضها مع بعض. يبدي هذا الطّور غالباً عندما يلاحظ تحت المجهر بالضوء المستقطب عيوباً تشابه الخيوط (تعني كلمة nematos اليونانية الخيوط).

أما الطّور الكولستري فيرجع اسمه إلى اكتشافه في مشتقات الكولسترول. إنه مكوّن من ترتيب لولبي لجزيئات كيرالية* chirales، يمكن وصفها بأنها تكديس مستمر لمستويات يسيطر في كل منها ترتيب خيطي. فعندما ننتقل على طول محور عمودي على المستويات يدور توجه الجزيئات بصورة منتظمة. يستحق هذا البناء من الطّور الكولستري اسماً آخر وهو "الطّور الخيطي الكيرالي"، وهذا بالاولى يُبرّر خصوصاً وأن الطّور يوجد في مواد غريبة عن الكولسترول. لقد قدّم فرايدل بصورة أنيقة الطّور الكولستري "كحالة خاصة من الطّور الخيطي".

وأخيراً سُمّي الطّور الهدبي هكذا بسبب الخواص الميكانيكية القريبة من خواص فلم صابوني (تعني الكلمة اليونانية smectos الصابون). في الواقع توجد فصيلات فرعية متعددة من الهدبيات. وأبسط حالة هي الحالة الهدبية A حيث تكون الجزيئات فيها متراصفة بصورة متوازية الواحدة مع الأخرى كما في الخيطيات، غير أنها تكون متجمعة في طبقات متوازية متباعدة بصورة منتظمة. وفي كل طبقة تكون الجزيئات مترتبة بصورة عشوائية.

كيف تستجيب البلّورات السائلة للتوتّر الكهربائي؟

إنّنا سنجيب على هذا السؤال من أجل أكثر هذه الحالات بدائية وهي حالة الخيطيات المكوّنة من جُزيئات عصويّة. تتألف معظم البلّورات السائلة من جزيئات معتدلة. ومع هذا وبحسب طبيعة الذرّات التي تتألف منها البلّورات يمكن أن تكون مشحونة بشحنة موجبة في إحدى نهايتيها وبشحنة سالبة في النهاية الأخرى. وهذا الفصل في الشحنة الكهربائية يتيح تشبيه الجزيئة العصوية بثنائي قطب كهربائي** دائم [4]. تكون ثنائيات القطب موجّهة بصورة عشوائية، ومن أجل كل جزيئة موجّهة في أحد الاتجاهات نجد في مقابلها جزيئة أخرى موجّهة في الاتجاه المعاكس. وبوجود حقل كهربائي، يتعرّض الجزءان المشحونان لإحدى الجزيئات، إلى قوتين متعاكستين متناسبتين مع شحنتهما ومع الحقل مما يؤدي إلى دوران الجزيئة حتى يتراصف ثنائي القطب مع الحقل. أمّا بالنسبة إلى الجزيئات التي لا تُظهر في البداية أي فصلٍ للشحنات فإنّ وجود حقل كهربائي يُحدث، على كل حال، قوىً على شحنات الذرّات وهذا ما يفضي إلى إزاحة الشحنات الموجبة في اتجاه الحقل الكهربائي والشحنات السالبة في الاتجاه المعاكس. مما يحرّض نشوء ثنائي قطب كهربائي وينتهي الأمر بالشيء نفسه حيث تتوجّه الجزيئات في الحقل الكهربائي وفق اتجاهٍ محدد.

هل تعكس البلّورات السائلة الضوء؟

تتمتّع البلّورات السائلة بأساليب تأثر متعدّدة مع الضوء: فهي تكسر الضوء وتعكس جزءاً منه وتنثره في كل اتجاهات الفضاء أو تعدّل استقطابه [1]. وتنفرد البلّورات السائلة الكولسترية بعكسها للضوء بطريقة انتقائية. لنفترض أنّ لدينا ضوءاً وارداً يتألّف من أطوال موجات متعدّدة غير مستقطبة، ثمّ لنضع عينة من بلّورة سائلة كولسترية بين سطحين مستويين من الزجاج بشكل يكون فيه محور اللّولب عمودياً على السطحين، تُرجع البلّورة الكولسترية ضوءاً مستقطباً بطول موجي واحد متناسباً مع جداء خطوة اللّولب في تجيّب الزاوية التي تشكلها الحزمة الواردة مع الناظم على سطح العينة. وبتعبير آخر يعتمد لون البلّورة الكولسترية على خطوة اللّولب وعلى الزاوية التي نرى فيها البلّورة. وينعكس هذا الضوء بعرض طيفي قدره خمسون نانومتر عندما يقع الطول الموجي المتوسط في المجال المرئي. إن كل الحزم الضوئية التي تكون أطوال موجاتها خارج هذه العُصَابَة تخترق البلّورة الكولسترية دون أي إجراء آخر إذا لم يكن هناك قليل من الامتصاص. وبالإضافة إلى ذلك يكون الضوء المنعكس نفسه مستقطباً استقطاباً دائرياً وتوجد علاقة بين اتجاه استقطابه واتجاه اللّولب (يساري أو يميني) بحسب توافقه الخاص مع البلّورات الكولسترية. في الواقع تعكس مرآة عادية موجة مستقطبة دائرياً بقلبها الاتجاه، بينما تنعكس موجة دائرية يمينية بلولب كولستري يميني (وتنتقل بلولب يساري) محتفظة باتجاهها.

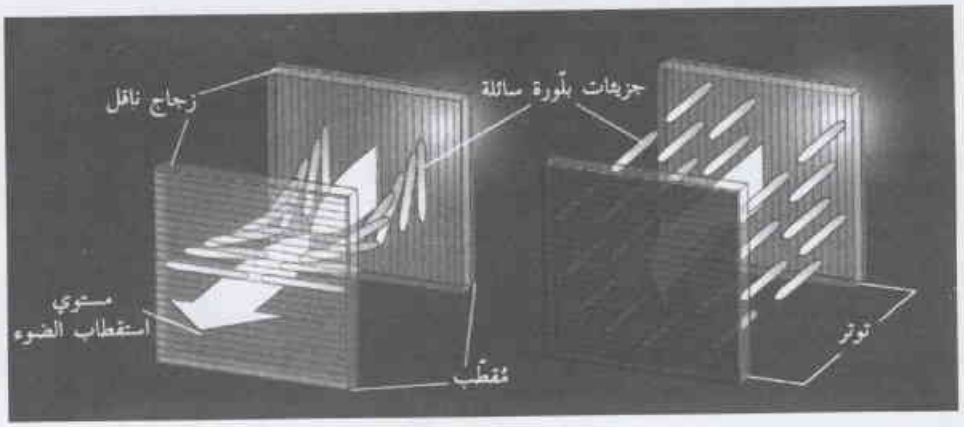
كيف نصنع شاشات البلّورات السائلة؟

الشاشة المسطّحة ذات البلّورات السائلة هي عبارة عن فسيفساء من نقاط أولية، عنصورات pixels، حيث تسمح حالتها المنارة أو المنطفئة بكتابة رقم أو حرف أو إشارة. تتكون كل عنصورة من خليّة يبلغ ثخنها بضعة مكرومترات محددة بإلكترودين من الزجاج مستويين وشفافين وتحوي بلّورات خيطية (الشكل 2). عُولج الزجاج ونظف بالفرشاة لكي

★ الجزيء الكيرالي هو الجزيء الذي لا يتماثل مع خياله بالمرآة.

★★ يتألف ثنائي القطب الكهربائي من شحنتين نقطيتين متساويتين وبإشارتين مختلفتين.

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



الشكل 2 – لا يخرج الضوء، الذي يخترق شاشةً ذات بلّورات سائلة ويحمل وجهاها مرشحين مقطّبين، إلا إذا أتاح ترتيب الجزيئات العمودية بربع اللولب دوران مستوى استقطابه (إلى اليسار). يخرب تطبيق توتر (إلى اليمين) هذا الترتيب ويطفىء الشاشة.

تتوجه جزيئات البلّورة السائلة بصورة موازية للإلكترودين وبالقرب منهما، وكلّها في اتجاه محدد. ويتوجه الإلكترودان بحيث ينزاح هذا الاتجاه بمقدار 90° بين وجهي الخليّة ويضبط ثخن الخليّة بحيث تتبنى البلّورة الخيطية فيه بنية بربع لولب. والقطعة الأخيرة الضرورية للتركيب هي أن نلصق على الوجه الخارجي لكل إلكترود مقطّباً يكون اتجاهه موازياً للاتجاه الذي تبنّته الجزيئات على الإلكترود. وعندئذ يُشكّل اتجاها المقطبين زاوية 90°.

عندما تصل حزمة ضوئية بيضاء غير مستقطبة إلى الوجه الأمامي للخليّة تخرج موجة واحدة فقط مستقطبة استقطاباً مستقيماً من الجهة الأخرى. وبمقدار ما تتقدم هذه الموجة في الخليّة يدور اتجاه استقطابها متبعاً اتجاهاً يربع لولب البلّورة الخيطية الملتفّة لولبيّاً. تقوم البلّورة السائلة بدور دليل الموجة. وأخيراً تصل الموجة مستقطبة بصورة موازية لاتجاه المقطّب الثاني الذي يسمح لها بالخروج بصورة حرّة من الخليّة. ولكن إذا تمّ انتقاء البلّورة السائلة بشكل جيد، وعندما يطبق بين الإلكترودين توتر تتجاوز قيمته عتبة معينة، تتراصف الجزيئات بصورة عمودية عليهما (وفق اتجاه الحقل الكهربائي): وبعد ذلك تختفي بنية ربع اللّولب ولا يدور اتجاه استقطاب الضوء الذي يخترق الخليّة. ويُحتجز الضوء بمقطّب الخروج الذي يمتصّه. ومثل هذه الشاشة يمكن إنارتها بالضوء المحيط السائد (توضع حينئذ مرآة على الوجه الخلفي للشاشة) أو بمنبع ضوئيّ خلفي. هناك إمكانية ثالثة: مرآة بشكل قطع مكافىء مرتبطة بمصباح تسمح بتأدية هذين النمطين من العمل. نتحكم إذن بإنارة وإطفاء العنصورة بالتوتر الكهربائي. لنلاحظ أنه لا يخترق العنصورات أي تيار كهربائي. (لأن مروره يؤدي إلى إتلاف المادة).

كيف نصنع الشاشات الملوّنة؟

نستعمل من أجل التلفزيونات المسطّحة أنواعاً أخرى من البلّورات السائلة حيث تتكيّف فيها سرعة الاستجابة لتحريض كهربائي مع متطلبات إيقاع الفيديو والتي تسمح أيضاً عن طريق التوتر بتعديل الضوء الذي يخترق الخليّة. ويتمّ الحصول على الألوان الأساسية الأحمر والأخضر والأزرق بإضافة مرشحات ملونة على عنصورات البلّورات السائلة. تتطلب هذه الشاشات إلكترونيات تحكم متقنة وباهظة الثمن، فكل عنصورة مجهزة بترانزيستور. ويجب لإعداد شاشة قياسها القطري متر واحد بين مئة ألف ومليون عنصورة.

ماذا نصنع أيضاً بالبلّورات السائلة؟

في الاتصالات، تقدم الصمّامات الضوئية التي تستعمل البلّورات السائلة إمكانية تعديل سريع جداً (بمقياس المِكروثانية) لشدة الموجة الضوئية أو لطورها أو لاستقطابها. وقد تمت الاستفادة أيضاً من تغير لون البلّورات الكولسترية مع درجة الحرارة أو الضغط المطبق على الجسم في المكاشيف.

تكمن قوة بوليميرات البلّورات السائلة في جمع الخواص النوعية للبلّورات السائلة، مهما كانت ميكانيكية أم ضوئية، مع الشكل الصلب أو القابل للطرق للمادة. فالمادة كفلر kevler هي بوليمير خيطي يجمع بين القوة والخفة في الخُوَذ والألواح ذات الأشرعة والسُّترات المضادّة للرصاص. تستعمل إحدى شركات صناعة السيارات بوليمير كولستري لإعطاء هياكل سياراتها ألواناً جميلةً قزحيةً. وتبقى خاصّية تغير اللون حسب زاوية النظر خياراً مستحباً.....

غير أن القطاع الصناعي الذي يستعمل أكثر البلّورات السائلة يبقى قطاع الصناعات التجميلية والصيدلانية. ويقدم الطّور الكولستري بريقه المتلألىء للكثير من مراهم تجميل محيط العيون. ومن أجل بعض المنتجات فإن ثبات المستحلبات والمبدأ الأساس لمزيل المساحيق أو أيضاً ذوبان الفيتامينات في هلام مائي تقدمها بنية البلّورة السائلة للمنتج إضافة إلى تركيبه الكيميائي: إذ أن البنية الصفائحية من النمط السمكتي هي فقط التي تقدم الأداءات المطلوبة حيث تكون مفقودة أو ضعيفة في الحالة غير المنظمة للهلام.

وهناك تطبيقات أخرى تتعلّق بمجالات التغذية والعدسات اللاصقة العينية والفنون الزخرفية وحماية وأمان الأوراق النقدية من التزييف وحتى في مجالات الأبنية. وهناك تزجيجات ذات عتامة متغيرة صنعت بمتضمنات من البلّورات الخيطية في فلم من البوليمير تنتقل من حالة معتمة إلى حالة شفافة بتطبيق توتر، متاحة وجاهزة لتحلّ محل الستائر. والشيء الأكثر طموحاً أنّه، باللجوء إلى بلّورات كولسترية لخاصة انعكاس الضوء فيها، يمكن أن نتصوّر تزجيجاً قادراً أيضاً على ترشيح عصابة من أطوال موجية عرضها كما هو الحال في الطيف الشمسي، قابلة للتعديل عن طريق التوتر الكهربائي. وبتنظيم التدفقات الحرارية هكذا سنقتصد في الطاقة. يتطلب هذا الاتجاه في البحث التوصل إلى توسيع عصابة الانعكاس للبلّورات الكولسترية بعامل عشرة [4].

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

ما هي البلّورات السائلة البيولوجية؟

كما رأينا، كانت البلّورة السائلة الأولى المُكتشَفة مستخلصاً بيولوجياً. وفي الواقع توجد البلّورات السائلة في كل مكان من النسج الحية. وتُمضي الخلايا جزءاً كبيراً من وقتها في تبادل المواد مع محيطها. ولذلك يجب أن تكون بنيتها مائعة بدرجة كافية حتى تتيح انتشار الجزيئات والأيونات مع الحفاظ على درجة ترتيب كافية من أجل انتقاء، مثلاً، تلك الجزيئات والأيونات التي ستعبر أو التي سوف لا تعبر الغشاء الخلوي [ii]. وهذا المتطلب المزدوج تلبيه البلّورات السائلة حيث يكون المذيب هو الماء. وهكذا فإن الطبقة المزدوجة الدهنية للغشاء الخلوي يتمتع بترتيب صفائحي. وبصورةٍ أعم، توجد البلّورات السائلة البيولوجية بمستويات مختلفة وتقوم بوظائف مختلفة. يكون للألياف الطويلة المؤلّفة من البروتينات، والتي تكوّن العضلات، ترتيبٌ خيطي أو سمكتي [5]. وعند تحليل ترتيب لُيِّفات درع العديد من مفصليات الأرجل مثل حشرة الستون (الزيز) cetoine لدى فصيلة الجعليات (الخنافس)، نجد غالباً ترتيبات كولسترية. ويُبدي الدنا DNA في الزجاج كما في الحي، في حالته الكثيفة أو في حالة المحلول تنوعاً كبيراً من الأطوار المتوسطة مكوناً نماذج جيدة لفهم الترتيب الذي يحدث تلقائياً بين الجزيئات [6]. تفتح المعرفة الأفضل لهذه الترتيبات فوق الجزيئية آفاقاً جديدة حول تنظيم نشاط جزيء الدنا.

هناك أيضاً علاقاتٌ أُقيمت بين ظهور بعض الأمراض وبين التغيرات في ترتيب البلّورة السائلة المحلية. ففي حالة السرطان مثلاً نجد أن إحدى الإشارات الأولى التي تعطيها الخلية الخبيثة هي فقدان التماسك مع الخلايا المجاورة، وهذا ما يُسهِّل فيما بعد الهجرة غير المرغوبة للخلايا التي لا تتنقل في الشروط العادية. تحدث هذه الآليات تغيراً في تركيب الغشاء الخلوي وتركيب بنيته المتوسطة الشكل أيضاً [7]. ترتكز الوظيفة العادية للبنيات البيولوجية على الاتفاق الذي تقوم به الطبيعة بين الترتيب وعدم الترتيب، هذا الاتفاق الذي هو الخلاصة نفسها لحالة بلّورة سائلة.

المراجع REFERENCES

[1] G. Friedel, Annales de physique, série 9, 18,273, 1922.

[2] H. Zocher, Z. Anorg. Allg. Chem. 147,91,1925; J.-C. Gabriel et P. Davidson, Advanced Materials, 12,9,2000.

[3] G. H. Brown et W. G. Show, Chemical Reviews. 57,1020, 1957.

[4] M. Mitov, A. Boudet et P. Sopéna, European Physical Journal B, 8,327, 1999.

[5] Y. Bouligand, Solid State Physics, suppl. 14,259, 1978.

[6] F. Livolant et A. Leforestier, Prigress in Polymer Science,21,1115, 1992.

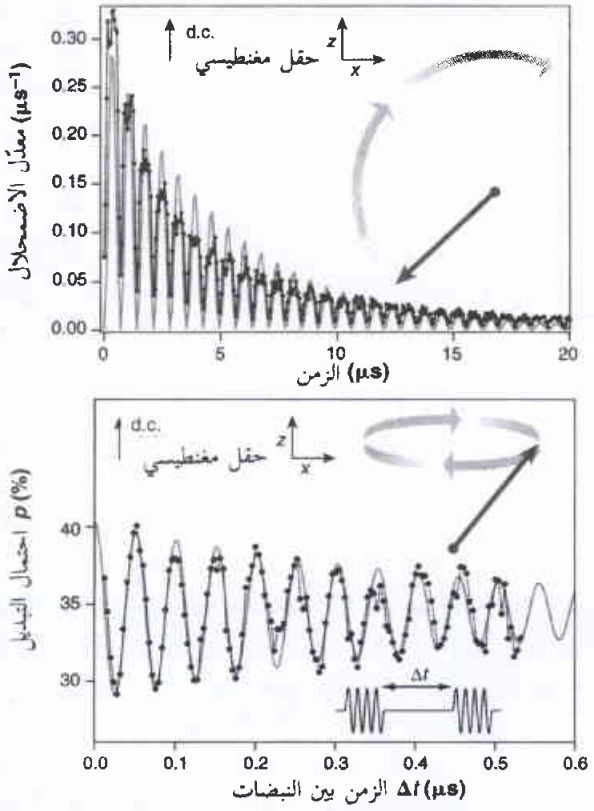
[7] P. J. Collings, Liquid Crystals: Nature's PHASE of Matter, Adam Hilger, 1990.

[i] M. Mashaal et C. Cohen-Tannoudji "La lumiére' La Recherche, avril 1996.

[ii] M. H. Grosbras et A. Adoutte, "La cellule" La Rechrche, juin 1996.■

2- الكيوبتات فائقة الناقلية – عقبة رئيسة، هل تم تذليلها؟*

في أثناء التسابق لإنجاز حاسب كمومي حقيقي، ماتزال المنظومات المعتمدة على دارات كهربائية جهرية متضمنة وصلات جوزفسون تعدّ حتى الآن من قبيل الشيء مجهول القدرات. ومثل هذه المنظومات يمكن أن تكون قابلةً للتدرج إلى أدنى عددٍ ممكن من الكيوبتات qubits التي قد تجعل الحاسب الكمومي الحقيقي ناجعاً. بالإضافة إلى ذلك، يمكن عنونةُ كل كيوبتة بشكل مستقلٍ بتقنيات الهندسة الكهربائية التقليدية. على أيّ حال، من خلال ظاهرة فكّ الترابط [1]، فإن أيَّ تأثر لاعكوس لمنظومة كمومية مع بيئتها يخرّب العلاقات الطّورية بين مختلف فروع تابعها الموجي. وتوجد هذه العلاقات الطّورية في صميم الافتراضات المتعلّقة بالحوسبة الكمومية [2]، وكان يُعتقَد أن فكّ الترابط يشكّل عائقاً خطيراً. وبهذا الصدد بيّنت دراستان أجراهما Yu وزملاؤه [3]، و Vion وزملاؤه [4]، أن هذه الرأي ربما يثير التشاؤم إلى حدٍّ كبير.



سبر الترابط في منظومات جهرية. في تجربة اهتزازة – رابي (في الأعلى) تعرض المركّبة z "للسبين" السلوك الجيبي المتخامد المتوقع. وفي تجربة هدب – رامسي (في الأسفل) تعرض المركّبة z، التي طالما تمّ سبرها عند تواتر Ω_p، الاهتزازات الجيبية المتخامدة عند تواتر الخفقان $\Omega_p - \Omega_L$) Ω_L = تواتر لارمور).

* نشر هذا الخبر في مجلة *Science*, Vol.296 3 May 2002. ترجمة مكتب الترجمة والتأليف والنشر – هيئة الطاقة الذرّية السورية.

يمكن تشكيل الكيوبتة – التي تمثّل العنصر الأساسي في حاسب كمومي – بوساطة أي منظومة فيزيائية تقتصر حركتها بصورة فعّالة على فضاء هلبرت ثنائي البعد (أي التي تقتصر حالتها على كونها تمثل تراكباً عشوائياً لحالتي "أساس"). وغالباً ما يكون من الملائم تمثيل منظومة كهذه "بجسيم" ذي سبين 1/2، خاضع "لحقل مغنطيسي" وهمي نتخذ اتجاهه بشكل مناسب لتحديد المحور z، ومع ذلك، في بعض الحالات تتحول الكمية القابلة للملاحظة بصورة أسهل ما يمكن لتصبح المركبة x للسبين، S_x. وفي كل الأحوال، إن مدى الحفاظ على العلاقة الطّورية بين مركبتي "السبين المتجه للأعلى" و"السبين المتجه للأسفل" للتابع الموجي ينطوي على أهمية قصوى في مجال الحوسبة الكمومية. وهذا ما يصبح بالنهاية مكافئاً لمدى بقاء اتجاه المركبة في المستوي – xy لشعاع السبين محدداً بشكل جيد. إن تأثير فكّ الترابط في جعل الطّور النسبي، وبالتالي هذا الاتجاه، عشوائياً يُحدّد مقداره عادةً بمقلوب "زمن استرتخاء الطّور" T_2 في لغة NMR التقليدية) أو بشكل مكافىء من خلال الكمية Q_φ، التي تشكل نصف جداء T_φ وتواتر مبادرةلارمور (الزاوي) (أي أن Q_φ تقارب عدد الدورات التي يبقى من أجلها اتجاه المركبة xy للسبين محدداً بشكل جيد). وبصورة عامة يُعتقد أن الحوسبة الكمومية الناجحة تستلزم كحدٍّ أدنى أن يكون Q_φ على الأقل من مرتبة 10^4. يمكن الحصول على معلومات عن Q_φ من تجارب اهتزازات – رابي، التي تُشغّل فيها المنظومة بوساطة حقل ذي تواتر راديوي rf قريب من تواتر لارمور Larmor frequency، وتُراقب قيمة المركّبة z المتوقعة للسبين (بشكل كافٍ وبصورة غير مؤذية) كتابع للزمن وبصورة مباشرة أكثر من تجارب "هدب – رامسي Ramse_fringe" (المبادرة الحرة) التي تقيس على نحوٍ فعليّ القيمة المتوقعة للمركبة x كتابع للزمن الذي استمرت من أجله المبادرة. وبالإضافة إلى T_φ، من المجدي أحياناً تحديد زمن الاسترتخاء "الطولي" أو "الطاقي" T_1، وعملياً، فإن T_1 دائماً هي الأطول تقريباً من T_φ. فالافتراضات التي تقوم على استخدام منظومات جوزفسون ككيوبتات ركّزت [5] على الأغلب حتى الآن على وسيلتين خاصّتين، "علبة زوج – كوبر Cooper-pair box" ("كيوبتة الشحنة") و"حلقة سكويد rf SQUID ring rf" ("كيوبتة التدفق"). في الحالة الأولى، توصَل حبة صغيرة فائقة الناقلية مع خزّان فائق الناقلية بوصلة جوزفسون. تقابل الحالات الذاتية (الخاصة) لـ S_x حالات ذات N و N+1 زوج كوبر ("أشباه جزيئات" إلكترونية) على الحبّة. (وهنالك حالات أخرى ممكنة ذات طاقات أعلى بكثير ويمكن تجاهلها). وعند فولطية انحياز ملائمة على الحبّة بالنسبة إلى الخزّان، تتردّى هذه الحالات في غياب عبور جوزفسون النفقي، لكنّ مثل هذا العبور النفقي يشطرها. إن استخدام مضاهاة "السبين" يزوّد حقلاً مغنطيسياً في الاتجاه z. وفي هذه المنظومة يُعتقد أن أخطر مصدر لفكّ الترابط هو التذبذبات في فولطية الانحياز ("ضجيج الشحنة")، ورغم ذلك كان ناكامورا Nakamura وزملاؤه [6] قادرين على إجراء تجارب مبادرة حرّة لاحظوا فيها بالفعل Q_φ من مرتبة 50. في الوسيلة الثانية، "كيوبتة التدفق"، تمثل المنظومة عروة فائقة الناقلية، يكون حجمها نموذجياً من مرتبة بضعة مكرومترات، وتخضع إلى تدفق مغنطيسي خارجي مناسب، وفي هذه الحالة تقابل الحالات الذاتية لـ S_x القيم المختلفة للتيار الدائر وبالتالي مع قيم التدفق الإجمالية، ويُزوَّد "الحقل المغنطيسي" بعبورٍ نفقيٍّ جماعيٍّ بين هاتين الحالتين. تعدّ تذبذبات التدفق الخارجي ("ضجيج التدفق") مصدراً رئيساً لفكّ الترابط، والتجارب وحدها [7، 8] التي تقدم الدليل على التراكب الكمومي في هذه المنظومة هي التجارب غير المباشرة (الطيفية)، والتي تشير إلى أن Q_φ المنظومات الخاصة التي تمّت دراستها صغيرة جداً بحيث من الصعب أن تكون ناجعة.

لم تكن المنظومات في أيّ تجربة ذكرت في هذا العدد "كيوبتة شحنة" على وجه الدقة أو "كيوبتة تدفق" كما تمّ تحديدها آنفاً. ففي تجربة بو وزملائه تتمثّل بوصلة جوزفسون ذات التيار الانحيازي (التي يمكن ملاحظتها على أنها منظومة تتشكّل من تحطيم حلقة كيوبتة التدفق بشكل منفصل وتمرير تيار خارجي ثابت عبر النهايتين). وبصورة تنطوي على أهمية أكبر، فإن حالتي الطاقة الذاتيتين (S_z) تمثلان الحالة الأساسية والحالة المثارة الأولى التي تقابل تذبذبات صغيرة من تشكيل زوج كوبر (الذي يرتبط في هندسة كيوبتة التدفق مع التدفق) حول قيمة توازنه العابر شبه المستقر. ومن الجدير بالذكر أن مشكلة ضجيج التدفق (أو مثيله) لابدَّ من أن تكون أقل خطورة بالنسبة لهذه المنظومة. وتعدُّ التجربة من نوع اهتزازة– رابي (انظر الشكل) مع احتمال إشغال الحالة الذاتية ذات الطاقة العليا المقيسة بتفككها السريع نسبياً خارج البئر شبه المستقر. تستمر اهتزازات – رابي أزمان من مرتبة 5 µs، وبالتالي تضع حداً أدنى لـ T_1، ومن خلال الافتراضات التي تمّ طرحها في البحث، فإن هذا يضع الحد ذاته على T_φ، وطالما أن تواتر لارمور يساوي 16 جيغاهرتز فهذا يضع حداً أدنى على Q_φ الذي قيمته تقارب 2×10^5. ومع ذلك فالتجربة لاتقيس Q_φ مباشرة.

تمثّل منظومة فيون وزملائه التجريبية كيوبتة ذات شحنة تدفق "هجينة" صُمّمت بصورة ذكية بحيث تكون في فترات المبادرة الحرّة غير حساسة لضجيج الشحنة وضجيج التدفق، بينما في مرحلة القراءة فإن بارامترات التحكم تتغير بحيث تعمل بشكل كبير على زيادة حساسية التدفق. في الواقع، هنالك كيوبتة "شحنة" صرفة أثناء المبادرة الحرة وكيوبتة "تدفق" أثناء القراءة. وقد أُجريت تجربة اهتزازة – رابي وتجربة هدب – رامسي كلاهما على هذه المنظومة. وأعطت هذه الأخيرة بشكل واضح Q_φ قيمة تساوي على الأقل 2.5×10^4. ولابدَّ من ملاحظة أن النسبة الصغيرة لفكّ الترابط تطبّق عندما – وربما بسبب أنه – لايمكن تمييز الحالتين المتراكبتين من خلال قيمة أي متغير جهري. وعند تحولهما من خلال تعديل بارامترات التحكّم إلى حالات ذات تدفق مختلف يمكن تقديره، فإنَّ المعدَّل يزداد بشكلٍ مذهلٍ (حتى في "أسوأ" حالة لو بقيت Q_φ من مرتبة 50).

إن أهم نتيجة يمكن استخلاصها من هذه التجارب هي أنه مهما كانت الصعوبات التي يمكن مواجهتها في محاولة بناء حاسب كمومي بدارات جوزفسون، فإن المشكلة التي يُخشى منها أكثر مايمكن – معدل فكّ الترابط الذي لايمكن تحمّله ويتعذر اجتنابه – ليست بالضرورة من بين هذه الصعوبات. بالإضافة إلى ذلك، إن حقيقة تجربة فيون وزملائه، والتي مفادها أن عامل Q_φ يكون كبيراً حتى عندما تختلف الحالات المتراكبة بشكل واضح في قيمة التدفق، توحي بأن الاختبار الأساسي لميكانيك

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

الكم مقابل فئة بديلة من النظريات المفترضة في [9] يمكن أن يكون ذا جدوى في المستقبل القريب.

المراجع REFERENCES

[1] W.H. Zurek, Phys. Today 44, 36 (1991).

[2] M. A. Nielsen, I. L. Chuang, Quantum Computation and Quantum Information (Cambridge Univ. Press, Cambridge, 2000).

[3] Y.Yu, S.Han, X. Chu, S.I. Chu, Z. Wang, Science 296, 889 (2002).

[4] D. Vion et al., Science 296, 886 (2002).

[5] Y. Makhlin, G. Schoen, A. Shnirman, Rev.Mod. Phys. 73, 357 (2001).

[6] Y. Nakamura, Yu. A. Pashkin, J. S. Tsai, Nature 398, 786 (1999).

[7] J. R. Friedman et al., Nature 406, 43 (2000).

[8] C. Van der Wal et al., Science 290, 773 (2000).

[9] A. J. Leggett, A. Garg, Phys. Rev. Lett. 54, 857 (1985).■

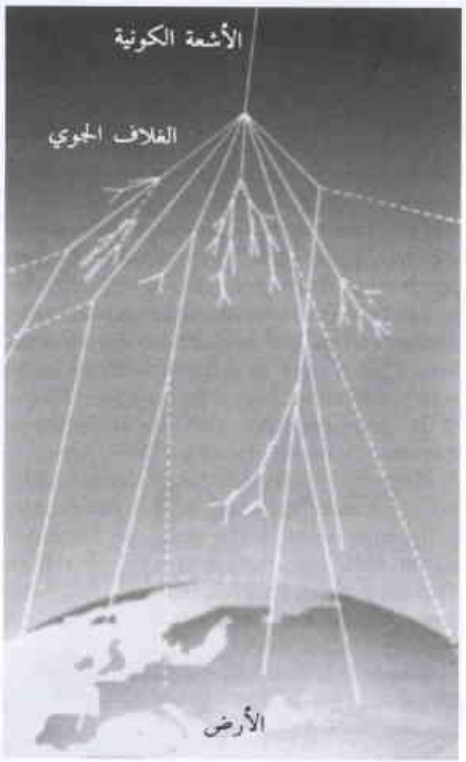
3- النسبيّة - معالجة خاصة*

إن كشف الأشعّة الكونية بطاقات عالية غير متوقعة قد أعاد التفكير في النظرية النسبية الخاصة لآينشتاين. ويمكن أن يكون الجواب على ذلك وضع صيغة جديدة تدعى "النسبيّة الخاصّة المضاعفة".

في بداية القرن العشرين تمّ التخلّي عن نظرية المكان والزمان التي ابتكرها غاليليو Galileo و نيوتن Newton - فقد كانت متعارضة مع البنية الرياضياتيّة لمعادلات ماكسويل Maxwell في الكهرطيسيّة وكانت في تضارب مع النتائج التجريبية لـ مايكلسون - مورلي Michelson - Morley التي دحضت وجود الأثير. لقد حلّت نظرية آينشتاين للنسبيّة الخاصّة محلّ نظرية غاليليو - نيوتن، ولكن بعد قرن من النجاح، أصبحت هي أيضاً محلّ تساؤل.

يبدو أن رصد الأشعة الكونيّة ذات الطاقة العالية جداً [1] متضاربٌ مع التنبؤ المفتاحي للنسبيّة الخاصّة، ويبدو أن بعض المقاربات لبناء "الثقالة الكمومية" - وهي النظرية التي ستوحّد بين الميكانيك الكمومي والنسبيّة العامّة - تتطلب تقديم سلّم مطلق جديد في نظرية النسبيّة الخاصّة [2]. يقترح ماجويجو Magueijo وسمولين Smolin [3] في مقالهم في مجلة Physical Review Letters مخططاً لتعديل النسبيّة الخاصّة يضع السلّم المطلق الجديد فيه الطاقة العظمى والاندفاع الأعظمي للجسيمات الأساسية بصورة متواقتة.

في النسبيّة الخاصّة سلّم مطلق واحد ينص على أنَّ سرعة الضوء هي نفسها من أجل جميع المراقبين في جميع جمل الاحداثيات، ومن أجل الجسيمات ذات الكتلة تكون سرعة الضوء هي السرعة العظمى التي يمكن الوصول إليها. اقترحت في السنة الماضية [2] بأن إدخال سلّم مطلق ثان، مغيّراً بذلك مسلّمات النسبيّة الخاصّة، سيلائم حاجات بعض مقاربات الثقالة الكمومية وسيؤثر على تحليل الأشعة الكونية. يطلق على النظريات النسبوية المتطابقة اسم "الخاص المضاعف" لتؤكد على تضاعف عدد السلالم المطلقة. وبدا منذ حوالي عام تقريباً أنَّ الدراسات التي تَبِعت ذلك [4] تشير إلى أن النظرية النسبيّة الخاصّة المضاعفة المتماسكة من الناحية الرياضياتية فقط هي التي استخدمتها [2] لتوضيح الفكرة. ومن سوء الحظ لم تُقدِّم تلك النظرية تفسيراً كافياً من أجل رصد الأشعة الكونية ذات الطاقة العالية جداً. نجح ماجويجو وسمولين حالياً في الحصول على مثال آخر للنظرية الخاصّة المضاعفة. وبالإضافة إلى السمة الجذّابة للسلّم المطلق الثاني كحدٍ أعظمي لـ الطاقة - اندفاع، فيمكن لتحليل ماجويجو



الشكل 1- وابل من الأشعة الكونية. تصطدم الجسيمات ذات الطاقة العالية القادمة من المجرّات البعيدة بجو الأرض مولّدةً وابلاً من الجسيمات الثانوية تتضمّن إلكترونات وبروتونات وميونات ونوترينوات. ويكشف هذه الجسيمات الثانوية يمكن إعادة بناء طاقة الأشعة الكونية الأصلية - ولكن يبدو أن طاقة بعض الأشعة الكونية أعلى من الطاقة المسموح بها نظرياً [1]. ويمكن بتعديل نظرية آينشتاين للنسبيّة الخاصّة أن يُفسّر هذا الشذوذ. قدّم ماجويجو وسمولين [3] نظرية جديدة قائمة على فكرة [2] النسبيّة الخاصّة المضاعفة حيث أدخل سلّم طاقة بلانك كسلّم مطلق ثانٍ إلى جانب سرعة الضوء.

* نشر هذا الخبر في مجلة *Nature*, 4 July 2002. ترجمة هيئة التحرير - هيئة الطاقة الذرّية السورية.

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

وسمولين أن يؤدي إلى توضيح نتائج الرصد المربكة للأشعة الكونية ذات الطاقة العالية جداً.

يُطلق على مظهر رصد الأشعة الكونية التي هي الأكثر صلة بموضوع النسبيّة الخاصّة اسم حد غرايزن - زاتسبين - كومين Greisen - Zatsepin - Kuzmin (GZK).

تتألّف الأشعة الكونية من جسيمات ذات طاقة عالية تتولد في المجرات البعيدة ويتم اكتشافها على الأرض من خلال عمليات شلال جسيمات تتأجّج في الجو (الشكل 1). ولكنّ الأشعة الكونية التي تتجاوز طاقتها قيمة عتبة معينة - وهي الحد GZK - يجب أن لا تصل إلى الأرض، إذ بدلاً عن ذلك تتأثر مع إشعاع الخلفية للأمواج المكروية الكونية (ما تبقى من إشعاع الانفجار العظيم). في إطار النسبيّة الخاصّة يكون الحد GZK حوالي 5×10^{19} إلكترون فولط (eV)، مع أنه تمّ كشف عدة أشعة كونية طاقتها أعلى من هذه القيمة [1]. طبعاً، هنالك دائماً احتمال وارد لإساءة تفسير المعطيات التجريبيّة، ولكن إذا كان وصف GZK موائماً، فإن هذه الأرصاد أو المشاهدات تشجع على إعادة التفكير في النسبيّة الخاصّة.

هنالك أيضاً احتمال لإعادة التفكير في الجانب النظري. إن لسلّم الطاقة/ الاندفاع المعروف بِسلّم بلانك، والمعادل لـ 10^{28} إلكترون فولط، بصورة طبيعيّة دوراً في محاولات توحيد الميكانيك الكمومي والنسبيّة العامّة في الثقالة الكمومية [5]، باعتبار أن هذا السلّم هو اتّحاد ثابت بلانك الكمومي وثابت التثاقل وثابت سرعة الضوء. ومن المرجّح للثقالة الكمومية أن تتطلّب صورة كمومية جديدة للمكان والزمان من أجل الجسيمات التي طاقاتها واندفاعاتها أعلى من سلّم بلانك [2، 3، 5] بالرغم من بقاء الصورة الكلاسيكيّة للجسيمات التي تحت سلّم بلانك صالحة. ولكن هذا يطرح مسألة نسبوية وهي :أن النسبيّة الخاصّة تتنبأ بأنّ على الجسيم نفسه أن تكون طاقته أعلى من سلّم بلانك بالنسبة إلى بعض المراقبين، وتكون أقل من سلّم بلانك بالنسبة إلى مراقبين آخرين. وستكون هنالك مفارقة إذا لم يوافق مراقبون مختلفون عمّا إذا كانت تأثيرات المكان - الزمان داخلةً في العملية. تستطيع النسبيّة الخاصّة المضاعفة أن تحلّ هذا اللغز [2]. إن النظرية التي اقترحها ماجويجو وسمولين تتنبأ بأن جميع المراقبين يتفقون فيما إذا كان الجسيم يملك أو لا يملك طاقة واندفاعاً أصغر من سلّم بلانك.

إنّ إدخال سلّم بلانك كسلّم نسبوي مطلق يُعدّل أيضاً حدّ GZK. وكما أن سلّم السرعة المطلقة لآينشتاين تَطلّب قانوناً جديداً من أجل جمع السرع (وبالتالي فإن سرعة المنبع لا تؤثر على سرعة الضوء)، فإن وجود سلّم الطاقة / الاندفاع المطلق سيؤثر على القوانين من أجل جمع الطاقات والاندفاعات. وستؤثر هذه القوانين بدورها على حدّ GZK من خلال انحفاظ الطاقة/ الاندفاع في التآثرات بين الأشعة الكونية وإشعاع الخلفية للأمواج المكرويّة الكونيّة. وهكذا فإن تعديل ماجويجو وسمولين لإدخال سلّم الطاقة/ الاندفاع يعني بأن الحدّ GZK قد عُدّل أيضاً. هنالك آلية مشابهة قيد الإنجاز في المثال السابق عن النسبية الخاصة المضاعفة التي أسستها [2]، ولكن هنالك يضع سلّم بلانك فقط قيم الاندفاع الأعظمي (تبقى الطاقات غير مرتبطة). حتى أن الدور الأكثر انتشاراً لثابت بلانك في نظرية ماجويجو - سمولين يمكن أن لا يكون كافياً [9] لحلّ الصفة المتناقضة ظاهرياً للأشعة الكونية تماماً. ولكن إدراك أن مقدار التأثيرات المقدّمة من قبل النسبيّة الخاصّة المضاعفة يعتمد بشكل كبير على الطريقة التي يُدخل بها السلّم المطلق الثاني قد ولّد اهتماماً جديراً بالاعتبار [7، 9]. ومن الحصافة الآن الأمل في أن تفسيراً نسبوياً مُرضياً لظاهرة الأشعة الكونية قد أصبح على مقربة.

هنالك حاجة لأعمال نظرية تجريبيّة أكثر لترسيخ فيما إذا كانت هنالك فعلاً ثورة نسبيّة أخرى أمامنا. تؤثر النسبيّة الخاصّة المضاعفة على قوانين انتشار الجسيمات، والتجارب الموضوعة على متن التلسكوب GLAST، الذي سيُشغّل عام 2006، وستكون النسبيّة الخاصّة المضاعفة حساسة لمثل هذه التأثيرات [10]. وعندها سنعرف فيما إذا كانت النسبيّة الخاصّة المضاعفة مجرد ألعوبة الفيزيائيين النظريين أم أنها ستحلّ محل نظرية النسبيّة الخاصّة لآينشتاين.

المراجع REFERENCES

[1] Bird, D. J. et al., Astrophys. J. 441, 144-150 (1995).

[2] Amelino-Camelia, G. Phys. Lett. B 510, 255-263 (2001).

[3] Magueijo, J. & Smolin, L. Phys. Lett 88, 190-403 (2002).

[4] kowalski-Glikman, J. Mod. Phys. Lett. A 17, 1-12 (2002).

[5] Carlip, S. Rep. Prog. Phys. 64, 885-942 (2001).

[6] Amelino-Camelia, G. Benedetti. D.& D Andrea, F. Preprint hep-th/0201245 (2002); http://xxx. lanl.gov

[7] Kowalski-Glikman, J. & Nowak, S. Preprint hep-th/ 0203040 (2002); http://xxx. lanl. gov

[8] Lukierski, J. & Nowicki, A. Preprint hep-th/0203065 (2002); http://xxx. lanl. gov

[9] Judes, S. & Visser, M. Preprint gr-qc/0205067 (2002); http: //xxx. lanl. gov

[10] Amelino-Camelia, G., Ellis, J., Mavromatos, N. E., Nanopoulos, D. V. & Sarkar, S. Nature 393, 763-765 (1998).■

4- طبقة الغلاف الأيوني العالية فوق الأرض*

الغلاف الأيوني

لقد حيرّ السلوك الغريب والمتقلّب لهذه "المرآة في السماء" العلماءَ وأغاظ مستخدمي الاتصالات الراديوية مدّة قرن من الزمن.

* نشر هذا الخبر في مجلة *Nature*, 4 July 2002. ترجمة هيئة التحرير - هيئة الطاقة الذرّية السورية.

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

نعود بعيداً إلى المئة عام الماضية عندما قدّم أوليفر لودج Oliver Lodge أول تفسيرٍ فيزيائيٍّ عن سبب استطاعة ماركوني Marconi إرسالَ أمواج راديويةٍ حول الأرض المنحنية. أدرك لودج باستخدامه المعرفة الجديدة عن الإلكترونات والتأيّن أن الإشعاع فوق البنفسجي الشمسي ينتج طبقةً ناقلةً تعكس أمواج الراديو. نطلق على هذه الطبقة اسم الغلاف الأيوني، وهو مصطلح صاغه روبرت واتسون - واط R.W. Watt عام 1926 ليحلّ محلّ اسمه السابق وهو طبقة هيفيسايد (نسبة إلى الفيزيائي أوليفر هيفيسايد O. Heaviside). وحسب المصطلحات الحديثة فإنّ الغلاف الأيوني عبارة عن بلازما ضعيفة التأيّن أو غاز من الأيونات والإلكترونات مطمور في الغلاف الحراري - المنطقة الساخنة الرقيقة الواقعة على ارتفاع 80 كيلو متر والتي تشكل بضعة أجزاء من المليون جزء من كتلة الغلاف الجوي - نقترب حالياً من المرحلة التي نستطيع فيها أن نربط نماذجنا للغلاف الحراري والغلاف الأيوني مع نماذج الجو الأدنى.

يستخدم الغلاف الأيوني منذ قرن في الاتصالات، ولكنه بأي حال "مرآة ثابتة في السماء". وبالرغم من أن طبقته E (100-120 كم فوق سطح الأرض) وطبقته F1 (170 - 200 كم) تسلكان عادة سلوكاً منتظماً ومنضبطاً شمسياً، إلا أن الطبقة F2 (250 - 350 كم) ليست كذلك. إنها الطبقة F2، المحتوية على الكثافة الأكبر من الإلكترونات الحرّة، والتي لها من حيث الكفاءة والقدرة الفعّالية الأكبر كعاكس للأمواج الراديوية. إلاّ أن متغيراتها في العلو والكثافة، وسلوكها الغريب النهاري/ الليلي والفصلي، واستجابتها المعقّدة مع الاضطرابات المغنطيسية الأرضية قد حيرت العلماء طويلاً و أغاظت مستخدمي الاتصالات الراديوية. إن هذا الأمر جدير بالاهتمام لأن الغلاف الأيوني لا يزال يُستعمل كثيراً في الاتصالات الراديوية، وعلاوةً على ذلك، يستطيع الغلاف الأيوني أن يؤثر بشدّة على إرسالات السواتل التي تمر من خلاله. محدِثةً بذلك أخطاءً في نظام المحطات الأرضية مثلاً. تستطيع اضطرابات

الغلاف الأيوني أيضاً أن تولّد تيارات كهربائية شديدة في الطبقة E يمكنها أن تحدث انقطاعاً في الاتصالات السلكيّة ومنظومات القدرة الكهربائية الأرضية.

مكّنتنا الصورواريخ والسواتل والرادارات من بناء صورة شاملة للغلاف الجوي العلوي. تُستخدم بلازما الغلاف الأيوني - كونها الأسهل بكثير للكشف وللقياس من الذرّات المعتدلة والجزيئات - كـ "مقتفٍ أو واسم"، وتعمل قياسات الغلاف الأيوني كـ "مشخّصات" لتركيب الهواء المعتدل الغالب ودرجة حرارته وديناميته.

ومثل ما هو الحال في طبقة الغلاف الجوي الأخفض، يعتبر الغلاف الحراري محرّكاً حرارياً على سلّم الكرة الأرضية مَسوقاً بالإشعاع من الشمس. فبينما يكون المحرّك الجوي الأخفض مسوقاً بالإشعاع فوق الأحمر والإشعاع المرئي، يكون الغلاف الحراري مسوقاً بالإشعاع فوق البنفسجي القصير طول الموجة وإشعاع X الذي يسخّن ويفكك ويؤيّن الهواء. وهو مسوقٌ أيضاً بالطاقة المدخَلة من تيار الجسيمات المعروف باسم الرياح الشمسية التي تشكّل وتتحكم بالغلاف المغنطيسي للأرض والتي توضّع الحرارة في مناطق الشفق التي تحيط بالقطبين المغنطيسيين للأرض.

لقد نمذجنا أعمال هذ" المحرّك" مستخدمين "نماذج الجريان العالمي" المحوسبة. ولتوليد مثل هذه النماذج يجب على المعادلات التي تجسّد مبادىء انحفاظ الكتلة والاندفاع والطاقة للإلكترونات وجميع أنواع الأيونات والجسيمات المعتدلة أن تُحَلّ على شبكة من خطوط العرض والطول والارتفاع في كل دقيقة من اليوم، ويجب أن تُؤيَّد النتائج وتدعم بعدّة قياسات وهذا عمل تعوزه البراعة! وكما هو الحال في ما يشبه ذلك في الرصد الجوي في الطبقة الأخفض، فإن هذه النماذج لا غنى عنها من أجل الوصف والتفسير والتنبؤ النهائي بسلوك هذا النظام المعقّد.

إن الصورة التي تظهر من كل ذلك هي أن الأيونات في الطبقة F2 مكونة غالباً من الأكسجين الذري (O^+)، ويتضمن إعادة اتّحادها مع الإلكترونات تفاعلات مع جزيئات معتدلة (O_2 أو N_2). ومن أجل ذلك تعتمد تراكيز الأيونات والإلكترونات على النسبة الذرّية/ الجزيئية لهواء الغلاف الحراري. وتتعدّل هذه النسبة، التي يتحكم فيها بصورة رئيسة الإشعاعُ الشمسيُّ، فصليّاً بالرياح الشاقولية والأفقية، للجريان العالمي. يبيّن الشكل تدفق الهواء في الغلاف الحراري من الصيف إلى الشتاء. وأيضاً التدفقات المسوقة بالتسخين الشفقي (لا تظهر في الصورة التدفقات المرتدّة عند الارتفاعات الأخفض وخلال الجانب الليلي). يتشوّهُ الجريان أثناء الاضطرابات المغنطيسية الأرضية عندما تصبح المناطق الشفقية أكثر نشاطاً ويتحرك نحو خطوط العرض الأقرب لخط الاستواء.

ساعدتنا هذه الأفكار على حلّ ألغازٍ طال الزمن عليها، مثل سبب وصول الكثافة الإلكترونية في الطبقة F2 فوق أوروبة وأمريكة الشمالية وآسيا الجنوبية إلى ذروتها في فصل الشتاء، ولكن في الاعتدالين الربيعي أو الخريفي تكون عند المناطق القريبة من خطّ الاستواء وجنوب المحيط الأطلسي. وهناك سؤال دقيق آخر وهو لماذا تنخفض الكثافةالإلكترونية انخفاضاًعنيفاً عادةً (بينما تزداد أحياناً) أثناء العواصف المغنطيسية الأرضية. إن التحرّي عن هذه المسائل يساعد في إثبات صحة النماذج ويجعل لتقلبات الانتشار الراديوي معنىً.

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

لا نستطيع أن نضع مسؤولية جميع متغيرات الغلاف الأيوني على الاضطرابات الشمسية أو المغنطيسية الأرضية. فيمكن أن ينشأ البعض منها من الأسفل (الجو الأرضي الأخفض) بسبب الأمواج وحركات المد والجزر المنقولة عالياً إلى الغلاف الأيوني. وهكذا هل الجو الأرضي الأخفض "الطقس" يؤثر على الغلاف الأيوني، أو بالعكس؟ إن نماذجنا للجريان المترابط التي تشمل الغلاف الحراري والغلاف الجوي الأخفض، تتضمّن تبادل الاندفاع والطاقة المحمولة بالإشعاع والرياح والأمواج.

إن الجائزة الكبرى التي نسعى إليها في النهاية هو نموذج تنبؤي شامل للغلاف الجوي المحيط بالأرض من أعلاه إلى أسفله وهذا النموذج يدمج معرفتنا المتقدمة بسرعة عن العلاقات الشمسية - الأرضية والغلاف المغنطيسي. وبتطبيق نموذج كهذا على السلالم الزمنية للأيام والساعات أو حتى للدقائق سيجعلنا قادرين على التنبؤ بشكل أفضل عن "طقس الفضاء" الذي يؤثر على السفن الفضائية والاتّصالات. وستزوّدنا النماذج، اعتماداً على السلالم الزمنية للسنوات والعقود، بفهم أفضل للتأثيرات الشمسية وتأثيرات الغلاف العلوي للأرض على التغيرات المناخية والعالمية. هنالك العديد من الأسئلة الجانبية مثل ما إذا وكيف يتأثر الغلاف الأيوني بالعواصف الاستوائية وبالنشاطات البركانية أو بالزلازل؟ يمكن أن تبدو جميع هذه الأشياء خيالية، لكن لودج، خيالي زمانه، كان سيوافق على ذلك.■

5- ضمان سرّية الاتصالات*

و أخيراً تمكّن بوب وأليس من تبادل الرسائل بدون إزعاج من المتنصّتين

إن التسليك الكمومي جعل الأمر أخيراً خارج المختبر وأدخله مرحلة المنتج الاقتصادي. وثمة مؤسّسة تجاريّة سويسريّة أصبحت أول شركة عالمية في بيع منظومة تعمية كمومية تمّ تصميمها لضمان سرية الرسائل المرسلة عبر الألياف الضوئية العيارية.

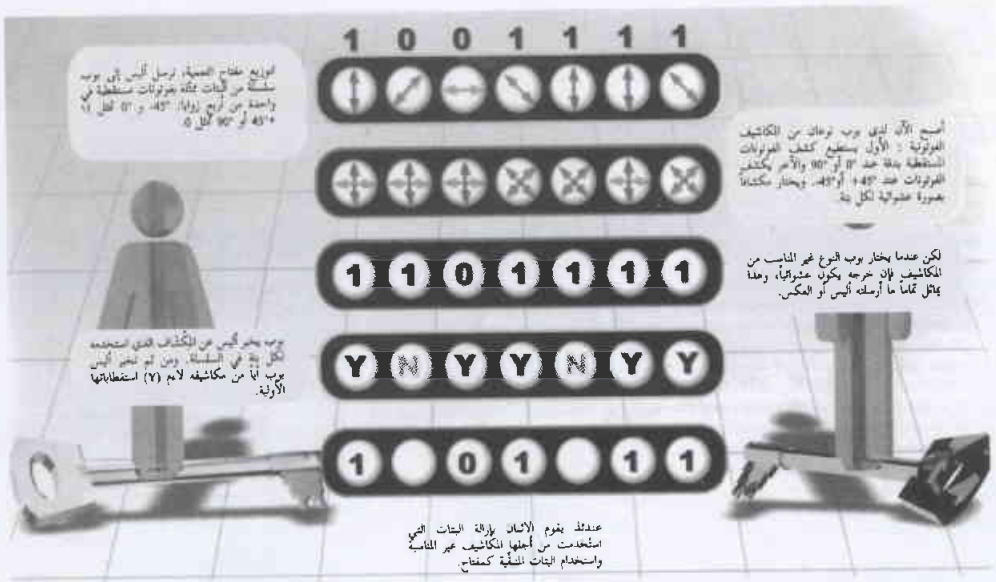
تعمل شركة id Quantique على الاستفادة من التقانة المطوّرة في جامعة جنيف التي تعدّ إحدى الجامعات الرائدة في العالم في مجال أبحاث التعمية الكمومية. ويأمل غريغوار ريوردي Grégoire Ribordy وهو فيزيائيّ في الجامعة المذكورة ويدير الشركة، بتطور صناعة تستحق البلايين. تمّ التفكير الجدي بالتعمية الكمومية في عام 1984 من قبل شارل بينت Charle Bennett في مركز أبحاث توماس ج. واطسون Thomas J. Watson Research Center التابع لـ IBM في نيويورك وجيلز براسارد Gills Brassard في جامعة مونتريال. تتمثّل الفكرة في استخدام التأثيرات الكمومية لنقل "مفتاح" - وهو تسلسل الأرقام التي تسمح بحلّ كود رسالة مشوَّشة- بأمانٍ من حاسب إلى آخر. تعتمد هذه التقانة على القدرة على إيجاد فوتونات ضوئية منفردة ومنابلتها وكشفها.

حتى الآن لم يحاول أحد تتجير هذه الفكرة لأن المكاشيف الفوتونية اللازمة لتشغيلها كانت تعتمد على منظومة كبيرة للتبريد لم تكن في الواقع معروفة إلا في المختبر. أما الآن فقد حلّت شركة id Quantique هذه المشكلة من خلال تطوير منظومة التبريد الخاص بها اعتماداً على "مفعول بيلتييه Peltier effect" الذي يتمّ فيه امتصاص الحرارة عند نقاط توصيل بين معدنين عندما يمر تيارٌ عبرهما. ويدخل المبرّد الجديد في صندوق بحجم الحاسب الشخصي.

يمكن إدخال نظام التعمية الجديد، بعد تحريره من المبرّد القديم غير الملائم، في صندوقين مرتبطين في نهايتيهما بكبل مصنوع من ليف ضوئي. يحوي كل صندوق ليزراً لتوليد فوتونات منفردة، وهذه النبيطة تهدف إلى تكويد (ترميز) المعلومات على كل فوتون كما يهدف مكشاف بيلتييه المبرّد إلى تحسّس الفوتونات لدى وصولها.

يحقق النظام سوّيته من الأمان من خلال الاستفادة من حقيقة أن أيّ قياس للخواص الكمومية للجزيء يبدّل هذه الخواص (انظر المخطط). وهذا يعني أن المتنصّت لايستطيع تحاشي تبديل رسالة كان قد اخترقها. إن تحديد مكان المتنصّت ببساطة هو مسألة تتعلّق بمراقبة الأخطاء في النقل.

يُستخدم مفتاح الأمان في تعمية (تمويه) رسالة بالطريقة التقليدية. وطالما أن المفتاح يبقى سرّيًّا، فالرسالة تبقى كذلك أيضاً. وحتى أقوى



★ نشر هذا الخبر في مجلة *New Scientist*, 25 May 2002. ترجمة مكتب الترجمة والتأليف والنشر - هيئة الطاقة الذرّية السورية.

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

النظم التقليدية للتعمية يمكن، من الناحية النظرية على الأقل، اختراقها في المستقبل مما يفسّر سبب حرص الحكومات والهيئات التجارية والعسكرية في العالم على إيجاد البديل. وتضمن التعمية الكمومية أن المفتاح لن يتم التقاطه.

جرّب بينت التقانة الكمومية لأول مرة في عام 1989. وبعد ذلك في عام 1995 غدا فريق جنيف بقيادة شركة id Quantique الأول في تجريب هذه الفكرة خارج المختبر. والآن يمكن للمرمّز الكمومي ومحلّل الترميز الجديدين " القابس والمشغل" الخاصّين بالشّركة بثّ رسائل عبر ليفٍ ضوئيٍّ عياريٍّ خاصٍّ بالاتصالات عن بعد وذلك على مسافات تتعدّى 60 كيلومترٍ.

ويشير ريبوردي إلى أن الاهتمام الأوّليّ بالنظام المذكور كان بسبب الصناعة المصرفية وصناعة التأمين اللّتين كانتا تقدمان بيانات حسّاسة للحواسيب خارج الموقع بنهاية كل يوم. ويُعتقد أن ذلك يمكن أن يصبح مجالاً مزدهراً في أعقاب أحداث الحادي عشر من أيلول التي دفعت إلى الحاجة إلى اتصالات آمنة.

وفي غضون ذلك تقوم الشركة بالاستفادة من النبائط الكمومية التي طوّرتها جامعة جنيف. وهي تقوم مؤخراً ببيع مكاشيفها وحيدة الفوتون لِفرَقٍ بحثٍ أخرى كانت قد اشتركت في الضوئيات الكمومية في العالم، ومولدات أرقامها العشوائية الكمومية لشركات الأمان الخاصة بالشبكة العالمية.

تعدُّ الأرقام العشوائية ضروريةً من أجل أمان خطوط المداولات الآمنة ولكن يصعب توليدها باستخدام لوغارتمات حاسوبية تقليديّة لأن الحواسيب يمكن تقدير دقتها بالأساس. تولد نبيطة id Quantique أرقامها العشوائية بتحليل المسارات التي تتخذها الفوتونات بعد أن تصطدم بمرآةٍ نصف شفافة- أي سواء أتمّ انعكاسها أم بثّها (إصدارها). وبما أن الفيزياء الكمومية هي عشوائية بالأصل فهذه المسارات تعدّ كذلك أيضاً.■

6- المغنطيسيّة تحت المجهر★

تنبّأ مستكشفُ الخيالِ العلمي، ديك تراسي Dick Tracy، في عام 1935 بأن "الدولة التي تتحكم بالمغنطيسية سوف تتحكم بالعالم". واستناداً إلى هذه العبارة التنبؤية فقد تعرّض مجال المغنطيسية إلى توسّع لايصدَّق في الأبحاث التطبيقية والأساسية على مدى خمس عشرة سنة مضت. وقد أثير قدرٌ كبير من هذا الاهتمام بفعل العديد من العوامل: كالحاجة الملحّة والمتزايدة إلى النمنمة، والقدرة على إيجاد سمات على مقياس نانومتري، والرغبة في الحصول على مواد جديدة تبدي خواصاً لم تواجَه بصورة طبيعية، ومن خلال بعض التطبيقات كالمحسّات المغنطيسية والذواكر ورؤوس التسجيل.

وتتمتّع المواد التي تنحصر فيها الذرّات في بُعدٍ واحد أو بعدين بمجموعة من الخواص الفيزيائية المثيرة للاهتمام والتطبيقات، لاسيّما عندما تكون على تماس مباشر مع مواد أخرى. ولفهم المواد المغنطيسية المعقّدة بالتفصيل لابدَّ من معرفة سلوك السطوح والسطوح البينية كتابع لخواصها الكهربائية والمغنطيسية.

ومن أبرز القضايا المتعلّقة بالبنية المغنطيسية عند هذه السطوح التأثيرات التي لايمكن أن تتفادى الخشونة البنيوية والكيميائية، والتغيرات في الخواص المغنطيسية عندما تنحصر الذرّات في بُعدٍ واحدٍ أو بعدين. كما أنه لابدَّ من فهم وجود مايسمى بآثار الجوار proximity effects الناجمة عن ملامسة الطبقة المغنطيسية لمواد أخرى، والظواهر المنافسة كالناقلية الفائقة.

حالياً قام فريقان بتطوير تقنيات مستقلة لتصوير البنية المغنطيسية للسطوح والسطوح البينيّة بتفصيل كبير. ويُؤمل من الطرائق المستخدمة أن تُطَوَّر فهمنا للمغنطيسية على مقياس نانومتري إلى حدٍّ كبير.

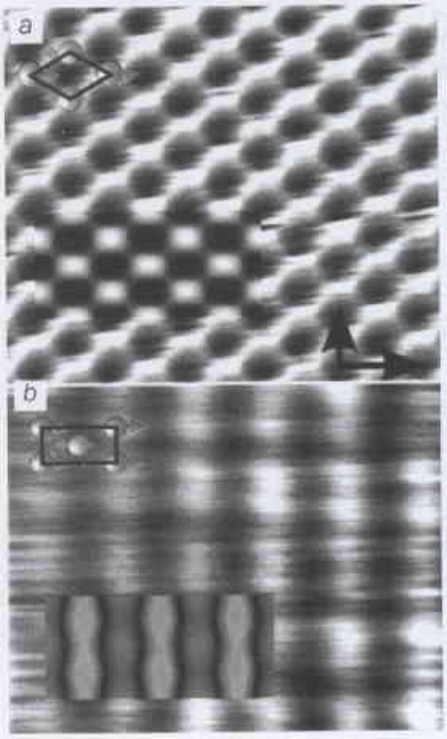
ببساطة ربما يُعتقد بأنَّ الحقل المغنطيسي المجاور لسطح مادة مصنوعة من ذرّات مغنطيسية يمكن استنباطه من بنيته الفيزيائية والكيميائية باستخدام نظريات معروفة. على أي حال، ليس هذا هو المهم فهنالك العديد من المفاجآت الجديرة بالذكر. فقد اكُتشف على سبيل المثال منذ خمسة عشرَ عاماً أن تغيّرات الحقل المغنطيسي على طول سطح بينيّ مغنطيسي - غير مغنطيسي أقل بكثير من التغيّرات المتوقّعة من بروفيل هذا السطح البيني.

مثالياً، نريد أن نتمكّن في الوقت ذاته من تحديد الخواص الفيزيائية والكيميائية والمغنطيسية على المستوى الذرّي أو على مستوى المقياس النانوي. على أي حال، تكمن المشكلة الأساسية المتعلّقة بتحقيق هذه المهمة في كون المغانط ذات البنية النانوية لها حجوم صغيرة بالأصل، مما يعني بأنه لابد من الحاجة إلى مسابر حساسة جداً.

وثمّة ظاهرة مثيرة بصورة خاصة لاتزال غير مفهومة بشكل كامل، حتى لو تمّت دراستها بشكل شامل في الطبقات الثنائية المغنطيسية، وهي المسماة بالانحياز التبادلي exchange bias. تتركب بُنى الطبقة المزدوجة من مادتين تبديان خواصاً مغنطيسية مختلفة مثل المغنطيسية الحديدية والمغنطيسية الحديدية المضادّة. ففي مغنطيسٍ حديديٍّ تصطفُّ سبينات جميع الذرّات المنفردة في الاتجاه ذاته، بينما تتوجه سبينات الذرّات المجاورة في مغنطيس حديدي مضاد في اتجاهين متعاكسين.

في المغنطيس الحديدي تكون دورة البِطاء hysteresis loop - وهي عبارة عن منحني بياني للمغنطة مقابلِ للحقل المغنطيسي المطبّق عندما يزداد الحقل ويتناقص - متناظرة حول الخط الحقلي الصفري. على أيّ حال، عندما توضع المادة ذاتها على تماسٍ مع مغنطيس حديدي مضاد، فإن دورة البِطاء تنزاح مبتعدةً عن الصفر. ولم يتم حالياً فهم منشأ هذا الانحياز التبادلي واعتماده على الخواص بما فيها التوجيه السبيني وخشونة السطح. كذلك لم يُعرَف ما إذا كانت هنالك آلية واحدة في العمل أو أكثر.

★ نشر هذا الخبر في مجلة *Physics World*, August 2000. ترجمة مكتب الترجمة والتأليف والنشر - هيئة الطاقة الذرّية السورية.



الشكل (a) – هذه الصورة للذرّات من المغنيز المغنطيسي الحديدي المضاد مأخوذة بمجهر مسبر المسح وباستخدام رأس مستدقة من التنغستين اللامغنطيسي، توضّح مواقع الذرات. الشكل (b) – تمّ تحديد البنية المغنطيسية باستخدام رأس مطليّ بالحديد. وفي كلا الحالين تتوافق النتائج مع البنى النظرية الموضّحة في الصور المُدرجة. تبلغ أبعاد الصور 2.7 nm × 2.2 nm.

لقد تمّ تطوير العديد من النماذج النظرية لفهم هذه الظاهرة، ويستطيع الكثير منها تفسير بعض الملامح المكتشفة تجريبيّاً. ومع ذلك، يفترض جميعها أن البنية المغنطيسية للسطح البيني هي ذاتها بالنسبة للمادة الحجمية. وبشكل واضح، يعدّ التحديد التجريبي الواضح للبنية المغنطيسية ضرورياً لتطوير النظرية أكثر.

هنالك بالضرورة ثلاث طرائق أساسية لتصوير المواد المغنطيسية على المستوى الذرّي: التبعثر النتروني والإلكتروني، والتصوير المباشر باستخدام مجهريّة مسبار المسح scanning probe microscopy، والتأثرات مع الإشعاع الكهرطيسي المستقطب. ومع أن التبعثر الإلكتروني يكون مثالياً فيما يتعلق بهذا الغرض، إلاّ أنّه استُخدم فقط بشكل متقطع بسبب الحاجة إلى مساحات كبيرة من المادة من أجل القياسات. وقد استخدمت الدراستان الحديثتان التقنيات التكميلية الأخرى لتحديد بنية مساحة أصغر بكثير لسطح مغنطيس حديدي مضاد، والتوجيه النسبي للسبينات على السطح البيني بين المغنطيس الحديدي والمغنطيس الحديدي المضاد.

استخدم ماثياس بود Matthias Bode وزملاؤه في جامعة هامبورغ ومعهد أبحاث الحالة الصلبة في ألمانية مجهرية مسبار المسح لتصوير البنية الفيزيائية والمغنطيسية لطبقة واحدة من ذرات المنغنيز المتموضعة على ركازة من التنغستين. في البداية نقلوا (حرّكوا) رأساً حاداً من التنغستين اللامغنطيسي عبر سطح المنغنيز الحديدي المغنطيسي المضاد. عبرت الإلكترونات نفقياً من الرأس الحاد وإلى السطح لإظهار موضع الذرّات. ومن ثمّ كرّروا التجربة باستخدام رأس مطليّ بالحديد، مما يسمح لهم بتصوير البنية المغنطيسية للسطح (انظر الشكل). وأظهرت النتائج أن للبنية المغنطيسية دورية periodicity تعادل ضعف دورية البنية الفيزيائية، وهذه النتيجة تتوافق مع التنبؤات النظرية الأولى.

في الدراسة الثانية استخدم فريزوف نولتنغ Frithjof Nolting من مختبر لورانس بيركلي الوطني وزملاؤه من الولايات المتحدة وسويسرة أشعة X المستقطَبة لدراسة السبينات على سطح بيني مغنطيسي. تتأثر أشعة X مع العزم المغنطيسي للذرّات وبالتالي يمكن استخدامها لتصوير المناطق المغنطيسية. وإذا أمكن توليف أشعة X كما هو الحال في السنكروترون، فإن الإشعاع يمكن استخدامه أيضاً لتصوير عنصر واحد انتقائياً. استخدم الفريق السويسري- الأمريكي هذه المجموعة (التركيبة) من التقنيات، التي تُعرف باسم المجهرية الطيفية اللونانية المغنطيسية بأشعة X، لتصوير التوجيه المغنطيسي انتقائياً لطبقة من الكوبالت المغنطيسي الحديدي فوق فلم مغنطيسي حديدي مضاد من أكسيد حديد لانثانيوم.

ومن أجل 20 نانومترٍ يكون الميز المكاني قصيراً بما يكفي لحلّ التوجيه النسبي للمناطق المغنطيسية الحديدية والمغنطيسية الحديدية المضادة. تبيّن النتائج أن سبينات الذرّات المغنطيسية الحديدية تكون مصطفّة على التوازي أو على التضاد مع سبينات الذرّات المغنطيسية الحديدية المضادة. وهذا التوجيه النسبي يؤدي مع ذلك إلى انحياز تبادليّ موضعي حتى لو لم يكن هنالك مثل هذا الانحياز بالنسبة للمادة ككل في غياب حقل مغنطيسي.

تبيّن آخر الأبحاث أن عدداً من التقنيات التكميلية يمكن استخدامها الآن في تصوير البنية المغنطيسية لمواد مهمة على مقاييس نانومترية. ولن يمضي وقت طويل قبل أن يكون بإمكاننا إجراء قياسات تجريبية مفصّلة تقيّد النماذج النظرية. النظريون يحترسون.■

7- المكتشف الحقيقي لقانون الانكسار في الضوء "ابن سهل"*

عندما تفتح أي كتاب مدرسي في الفيزياء فسوف يعترضك عاجلاً ما يعزوه الفيزيائيون الناطقون باللغة الانكليزية بـ "قانون سنيل Snell"، أطلق عليه اسم مبدأ الانكسار – وهو القانون المألوف لكل من له هواية في الضوئيات، وضعه العالم الهولندي ويليبرورد سنيل W. Snell (1591 – 1626)، الذي كان أول من عرضه في النسخة المخطوطة عام 1621. على كل حال، غالباً ما يطلق على القانون نفسه إسم "قانون ديكارت"، لأن رينيه ديكارت - R. Descartes (1595 - 1650) كان أول من أخضع القانون للتداول بشكل واسع في "مقاله عن الطريقة" الذي طُبع عام 1637.

* نشر هذا الخبر في مجلة *Physics World*, April 2002. ترجمة هيئةالتحرير – هيئة الطاقة الذرّية السورية.

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

الحقيقة أن ديكارت لم يعرض القانون فقط، ولكنه أيضاً فسّره واستنتجه آخذاً بعين الاعتبار كيف يجب أن يسلك الضوء إذا كان مشكّلاً من جسيمات. وحتى أنه استخدم القانون لاشتقاق شكل القطع الزائد للعدسات المثالية التي تستطيع أن تُبئّر الأشعة المتوازية الواردة في نقطة وحيدة. لقد أتمّ، ديكارت بهذا الاشتقاق أبحاث ألفي سنة من أجل عدسات التبئير المثالية أو "الزجاج الحارق" – والمعروفة بشكل آخر بـ "فوق الرضيخي anaclastic".

بيد أنه غدا من الممكن إرجاع أصل هذا البحث إلى اليونانيين القدامى، الذين كانوا أول من استخدم العدسات لإيقاد النار. ففي "الخيال in the clouds" مثلاً، يشير أرسطوفانيس Aristophanes إلى أنه يمكن تبئير الأشعة الشمسية بالعدسة لمحو سجلات الديون المالية المسجلة على لوحات من الشمع. وفي غضون ذلك، كانت عذراوات فيستا الرومانيات، يستخدمن النظارات الحارقة بشكل شعائري لإعادة إضرام نارهم المقدّسة بلهب نقيّ مأخوذ من الشمس؛ غير ملطّخ بخبث الأرض. يمكن تبئير أشعة الشمس أيضاً بالمرايا المقعّرة، التي أصبحت تُعرف باسم "المرايا المحرقة" speculi ustori – بسبب قابليتها لإشعال المحارق الجنائزية من أجل الحياة، كما قيل من أن أرخميدس (287 – 212 قبل الميلاد) قد قام بإثبات ذلك أمام الجنود الرومانيين المحاصرين للمستعمرة اليونانية في سيراكوز.

وما يدعو إلى الدهشة، على أي حال، أن النقطة التي تتقارب فيها الأشعة وتحرق لم يُسمّها الرومانيون مع أن من المؤكد أنهم لاحظوها. وندين في تسميتنا لهذه "النقطة الحارقة" إلى جوهانز كبلر J. Kepler (1571 - 1630) الذي قام بإجراء أبحاث مكثفة على السطوح العاكسة والسطوح الكاسرة قبل عدة عقود من سنيل وديكارت. أطلق كبلر على النقطة الحارقة اسم "المستوقَد" وهو الذي يعطينا في اللاتينية كلمة "محرق".

كان عمل كبلر على النظارات الحارقة، على أي حال، معتدل النجاح فقط، ومفتقراً، كما قدّمه إلى القانون الجيبي للانكسار الضروري لتحديد شكل السطوح الكاسرة. ومن المؤكد أن كبلر كان قد جرّب الحصول على القانون بعد أن زلّت لسان الرياضياتي والفلكي الإنكليزي توماس هاريوت T. Harriot (1560 - 1621) بأنه على علم به. والحقيقة أن هاريوت عرف القانون مبكراً منذ عام 1602 قبل كلٍّ من سنيل وديكارت بكثير. ولكن عندما سأل كبلر عن القانون، أرسل هاريوت له بعض لوائح البيانات المحسوبة بدّقة راثياً لحاله بأن سوء صحته قد منعته من وضعها بشكل جليّ يسمح لها بأن تكون صالحة للنشر.

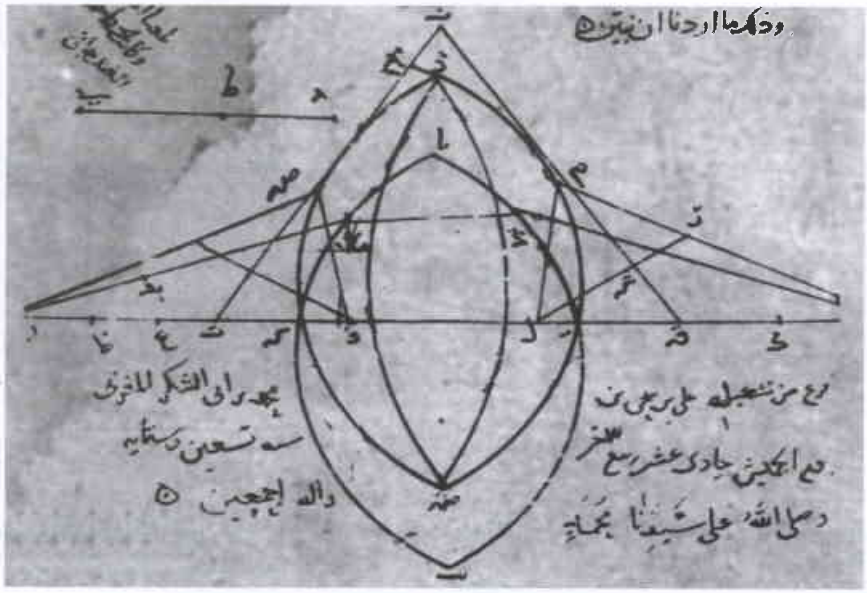
وكما تراجعت صحة هاريوت، تدانى صبر كبلر. وبدون انتظار أطول ارتجلَ كبلر القانون. لقد لاحظ كبلر أنه عندما تكون أشعة الضوء قريبة من محور العدسة تكون زاوية الورود وزاوية الانكسار (وليس جيوب الزوايا) متناسبة كل منهما مع الأخرى بمضاعِف يعتمد على الوسط بينهما الذي يمر فيه الضوء. وبتطبيق هذا التقريب على العدسات أولاً ثم على الأدوات القائمة على العدسات استنتج كبلر مقاربة نظرية فعّالة إلى حد أن طريقته ومخططاته قد أعيد نسخها، بدون تغيير غالباً، في الكتب المدرسية الضوئية الحالية.

وبالرغم من أنّ معالجة كبلر قد نجحت في وصف انكسار الأشعة القريبة من المحور الضوئي، إلا أنها لم تكن إلاّ تقريبية – وهكذا لم تستطع أن تقوده إلى فوق الرضيخي المحيّر الذي بحث عنه العلم طويلاً. وما هو مهم، على أية حال، هو أن كبلر قد كتب من قبل نصاً عن الضوئيات الفلكية مفصّلاً بذلك لكتاب الباحث البولندي ويتلو Witelo (1250 - 1275) الذي سبقه بحوالي أربعة قرون. كان متن ويتلو مجلداً مع النسخة المطبوعة للموسوعة الضوئية – وهي ترجمته للكتاب المدرسي في الضوء للباحث الإسلامي أبي علي الحسن بن الهيثم (965 – 1040)، والمعروف بشكل شائع بالاسم اللاتيني الحازن.

كان لابن الهيثم أثر كبيرٌ في أوروبة لعدة قرون، فمن حيث المبدأ فإن جميع الضوئيات الأوروبية بدءاً من العصور الوسطى حتى عصر النهضة مبنيّة على عمله. أحد الأعمال التي ترجمها كانت "الضوئيات" لبطليموس Ptolemy الاسكندراني (c 150) التي تحتوي على دراسات بطليموس للانكسار في السطوح الحدودية بين الهواء – الزجاج وبين الهواء – الماء. على أي حال، فإن نتائج بطليموس قد تمّ الحصول عليها ليس بالقياس – كما قدمها هو – ولكن بالحساب وباستخدام القانون التربيعي للانكسار غير الصحيح.

ليس هنالك من شك في أن ابن سهل قد فهم القانون الجيبي للانكسار.

ولكن لمّا كان ابن الهيثم قد قبل هذا الجزء من الكتاب، فإن خطأ بطليموس قد دام 600 عام آخر. والأكثر سوءاً هو حقيقة أن ابن الهيثم



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

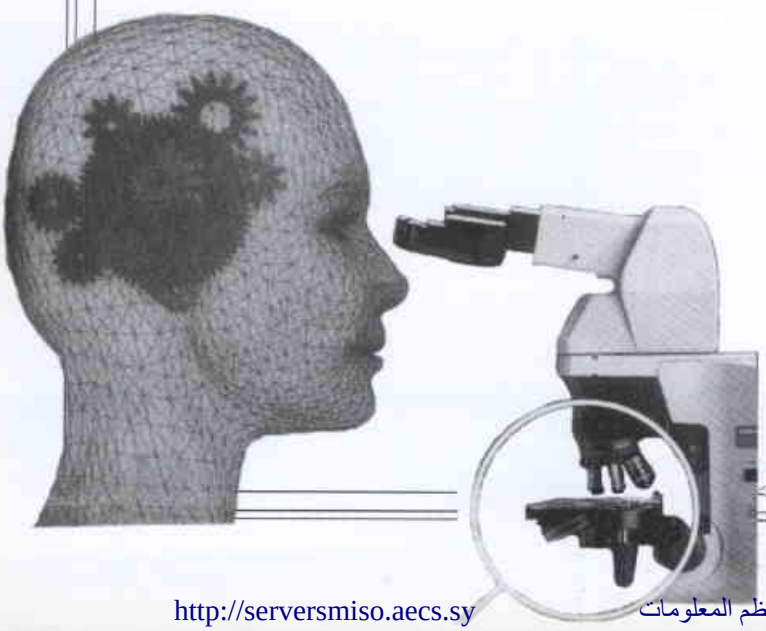
قد رأى فعلاً القانون الجيبي للانكسار الصحيح عندما ترجم كتاباً بعنوان "حول الأدوات الحارقة" الذي كُتب حوالي عام 984 من قبل الرياضياتي أبي سعيد العلا بن سهل. يبين هذا الأخير بشكل واضح الإسناد العائد إلى ضوئيات بطليموس، ويرفض فيه قانون الانكسار الخاطىء الموجود في ذلك المكان، ويعرض القانون الحالي (المتفق إلى حد كبير مع تعبيرات هاريوت) ويتابع بعد ذلك بمفاهيم نظرية دقيقة، فوق الرضيخيات التي يعتقد ديكارت أنها له.

بالاستناد إلى التحليل الحالي لعمل بن سهل من قبل الباحث الفرنسي رشدي الراشد R. Rashed فإنه لا مجال للشك بأن ابن سهل قد فهم بشكل صحيح القانون الجيبي للانكسار ويجب الاعتراف بأنه هو الأصل في إيجاده. ومن المؤسف من وجهة نظر الفيزياء الحديثة، أن مساهماته قد فُقدت طيلة هذا الوقت، ولكن هذا بالتأكيد ليس هو الانتصار التاريخي للزيف على النظرية الصحيحة تماماً. ولربما يكون السؤال التالي هو لماذا يتمُّ في العلم أحياناً مثل هذه الخيارات الانكفائية.■

☆ ★ ☆

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

ورقات البحوث



تقنية البرمجة غير الخطيّة لتفسير شذوذات الكمون الذاتي*

د. جمال أصفهاني
قسم الجيولوجيا - هيئة الطاقة الذرّية - ص.ب 6091 - دمشق - سورية
د. محمد طلاس
قسم الخدمات العلمية- هيئة الطاقة الذرّية - ص.ب 6091 - دمشق - سورية

ملخص

تمّ في هذا العمل تطوير طريقة جديدة تعتمد على البرمجة غير الخطيّة وعلى خوارزمية فرانك Frank و ولف Wolfe بهدف تقدير الثابت الهندسي الذي يتعلق بشكل الجسم المستقطب والمدفون من خلال الشذوذ المتبقي للكمون الذاتي. وأكثر من ذلك، تمّ اشتقاق كل من العمق والزاوية الاستقطابية وعزم ثنائي القطب الكهربائي المتعلق بهذا الجسم. تتمتع خوارزمية فرانك وولف بقوتها وسرعتها، وبالتالي يسمح تطبيقها على معطيات الكمون الذاتي (SP) بتقارب سريع نحو التقدير الأمثل للوسائط. تمّ اختبار الطريقة المطوّرة من خلال دراسة نماذج نظرية مع و بدون أخطاء. وكنتيجة لذلك تمّ الحصول على توافق ممتاز بين كل من النموذج النظري المفروض والنموذج الذي تمّ تقديره للثابت الهندسي. كما تمّ اختبار صلاحية الطريقة المقترحة على مثال تجريبي مأخوذ من مناجم النحاس في تركيا. لقد بيّنا تفوق الطريقة المقترحة باستخدام تقنية البرمجة غير الخطيّة على طرائق أخرى اقتُرحت مؤخراً.

الكلمات المفتاحية: شذوذات الكمون الذاتي، بُنى مستقطبة، تفسير الكمون الذاتي، البرمجة الرياضية.

مقدمة

ترتكز طريقة الكمون الذاتي على قياس فرق الكمون الطبيعي داخل الأرض والذي ينشأ بشكلٍ أساسي من مصادر كهركيميائية، وكهرحركية، وكهرحرارية. تتمتع طريقة الكمون الذاتي بتطبيقات واسعة في مجال المشاكل الهندسية، والتحرّي عن المياه الجوفية، وتحديد توزع درجة الحرارة تحت السطحية، والتحرّيات المعدنية المرتبطة بالكباريت والغرافيت. يمكن تمثيل العلاقة التي تصف شذوذ الكمون الذاتي الناتج عن بعض البنى المستقطبة بتابع هندسي مستمر، يعتمد على متحولات ترتبط بالثابت الهندسي الذي يحدّد شكل البنية، والعمق، والزاوية الاستقطابية، وكذلك بعزم ثنائي القطب الكهربائي.

وقد طوّر العديد من الباحثين طرائق كمية متعددة لتفسير شذوذات الكمون الذاتي مثل [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12]. ومع ذلك يتطلب أغلب هذه الطرائق التفسيرية معرفة الشكل الهندسي للجسم المسبِّب للشذوذات، أي فيما إذا كان هذا الجسم كرة أو أسطوانة. تمّ في هذه الورقة العلمية تطوير طريقة تعتمد على تطبيقات البرمجة غير الخطيّة وعلى خوارزمية فرانك وولف بهدف تقدير الثابت الهندسي للجسم المسبِّب لشذوذات الكمون الذاتي. تعتمد دقة النتائج التي يتم الحصول عليها من خلال الطريقة المقترحة على كل من الدقة التي يتم من خلالها فصل الشذوذ المتبقي من معطيات الكمون الذاتي المقيسة وعلى صلاحية النموذج للبنية المستقطبة. تمّ اختبار صلاحية هذه الطريقة التفسيرية على أمثلة نظرية وعلى مثال تجريبي مأخوذ من مناجم النحاس في تركيا.

خوارزمية فرانك وولف في تقنية البرمجة غير الخطيّة وتطبيقها في حلّ المسألة العكسية لمعطيات الكمون الذاتي

تُستخدم هذه الخوارزمية بشكلٍ واسع لحلّ النماذج الرياضية غير الخطيّة [13]، وفي هذه الورقة تمّ استخدام هذه الخوارزمية لحلّ المسألة العكسية لقياسات الكمون الذاتي.

ليكن التابع العددي $f(x)$ حيث المتجهة $x \in R^n$ والمطلوب أمثلة (تصغير) ذلك التابع العددي على مجموعة محدّبة وكثيفة $A \subseteq R^n$. يمكن أن نكتب هذا النموذج الرياضي على الشكل التالي:

$$Minimize\ f(x)$$

$$x \in A$$

يمكننا كتابة خوارزمية فرانك وولف لحلّ البرنامج الرياضي السابق على النحو التالي:

- نبدأ بنقطة $x^0 \in A$ و $k=0$
- التكرار k

(I) من أجل تحديد متجهة التزايد يجب حلّ البرنامج الرياضي الخطيّ التالي:

$$Maximize\ [\nabla f(x^k)]^T x$$

$$x \in A$$

حيث ∇f تدرج التابع f و T المنقول.

ليكن x^* الحلّ المثالي لتلك المسألة، عندئذ نعرّف متجهة التزايد كما يلي:

---

* نشرت ورقة البحث هذه في مجلة *Pure & Applied Geophysics*, Vol. 159, 2002.

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

$$d^k = y^k - x^k$$

(II) نُوجِد طول خطوة التحسين بحل البرنامج الرياضي التالي:

$$Minimize\ f(x^k - \lambda d^k)$$

$$0 \leq \lambda \leq 1$$

حيث λ^k ترمز إلى الحلّ المثالي للمسألة السابقة.

نضع $x^{k+1} = x^k - \lambda^k d^k$

(III) ينتهي عمل الخوارزمية عندما يتحقق أحد معايير التوقف وإلاّ يتم وضع $k = k+1$ والعودة إلى المرحلة (I).

معايير توقف الخوارزمية

يمكن أن تتوقف الخوارزمية إذا تحققت إحدى المعايير التالية:

1- إذا $\left|f(x^{k+1}) - f(x^k)\right| < \varepsilon$ حيث ε عدد حقيقي موجب وصغير قريب من الصفر

2- إذا $\left\|x^{k+1} - x^k\right\| < \varepsilon$

3- إذا $\left\|\nabla f(x^k)\right\| < \varepsilon$

ملاحظات على الخوارزمية

تمّ اختيار هذه الخوارزمية لما تتمتع به من قوة وسرعة وتقارب سريع نحو الحلّ الأمثل.

1- إذا كان التابع f(x) محدّباً على المجموعة $A \subseteq R^n$، عندئذ نعتبر الحلّ الأمثل الذي تمّ إيجاده بواسطة هذه الخوارزمية حلاً شاملاً (global).

2- عندما لاتتحقق فرضية التحدّب (convexity) للتابع المؤمثل، فيجب عندها تكرار الخوارزمية عدة مرات مبتدئين بعددٍ متنوع من الحلول البدئية. إن أفضل حلٍّ مثالي موضعي يعطي قيمة أصغرية للتابع المؤمثل يعتبر حلاً شاملاً للمسألة المدروسة.

3- تمّ في هذه الورقة اعتبار شذوذات الكمون الذاتي من أجل ثلاث بنى معدنية والتي غالباً ماتُستخدم في تفسير شذوذات الكمون الذاتي. وهذه البنى هي الأسطوانة العمودية، والأسطوانة الأفقية، والكرة.

تشكيل المسألة رياضياً

إن المعادلة العامة التي تصف الكمون الذاتي V المقيس في النقطة x على سطح الأرض والناتج عن بنية مستقطبة مطمورة تحت سطح الأرض (الشكل 1)، و بحسب [6]، تُعطى على الشكل التالي:

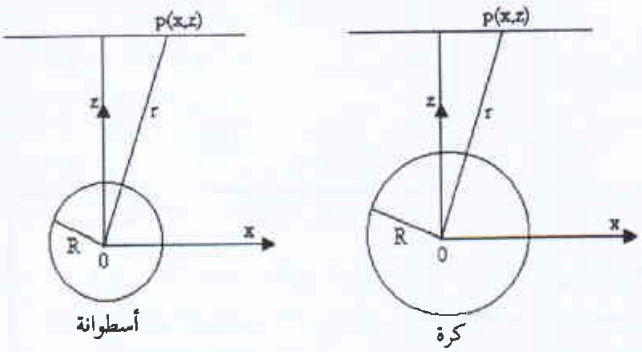
$$V(x_i, z, \theta, q) = -k \frac{x_i \cos\theta + z \sin\theta}{(x_i^2 + z^2)^q} \qquad (i = 1,2,\ldots,n) \qquad (1)$$

حيث z: عمق مركز البنية المطمورة

θ: الزاوية الاستقطابية

x: إحداثية النقطة التي يقاس فيها الكمون الذاتي على السطح

k: عزم ثنائي القطب الكهربائي



الشكل 1- مقطع عرضي للبنية المستقطبة الأسطوانية والكروية.

q: ثابت هندسي يتعلق بشكل البنية المطمورة، وهو يساوي 0.5 من أجل الأسطوانة العمودية و 1 من أجل الأسطوانة الأفقية و 1.5 من أجل الكرة.

إن معرفة وضع x_0 و V(0) ضرورية جداً من أجل التفسير الكمّي لمعطيات الكمون الذاتي باستخدام طريقة [12]. يمكن تحديد كل من x_0 و V(0) رياضياً كما يلي:

- بوضع $V(x_1) = 0$ في المعادلة (1) نحصل على المعادلة التالية:

$$x_0 = -z\,tg\theta$$

- بوضع $x_1 = 0$ في المعادلة (1) نحصل على المعادلة التالية:

$$V(0) = -\frac{k \sin\theta}{z^{2q-1}}$$

يتم تحديد الوسطاء (z,θ,k,q) في هذه المعادلات باستخدام الطريقة المطوّرة في هذا البحث باستخدام تقنية البرمجة غير الخطيّة.

يُظهر الشكل 2 مثالاً نموذجياً لشذوذ الكمون الذاتي فوق أسطوانة عمودية وأسطوانة أفقية وكرة من أجل:

$$z = 2 \text{ units},\ \theta = 15°,\ k = 1000 \text{ mV}$$

كما يشير الشكل ذاته إلى موقع كل من x_0 و V(0).

إن تحديد الثابت الهندسي (q) للجسم المدفون هو الهدف الرئيس لدراستنا. يمكن أيضاً تحديد الوسطاء الأخرى للجسم من خلال تطبيق الخوارزمية، التي أُشير إليها سابقاً، على المسألة الرياضية التالية غير الخطيّة والخاضعة إلى قيود رياضية:

$$\min f(z,\theta,k,q) = \sum_{i=1}^{i=n} \left[I(x_i) - V(x_i, z, \theta, k, q)\right]^2$$

$$z \leq z_{max}$$

$$\theta \leq \theta_{max}$$

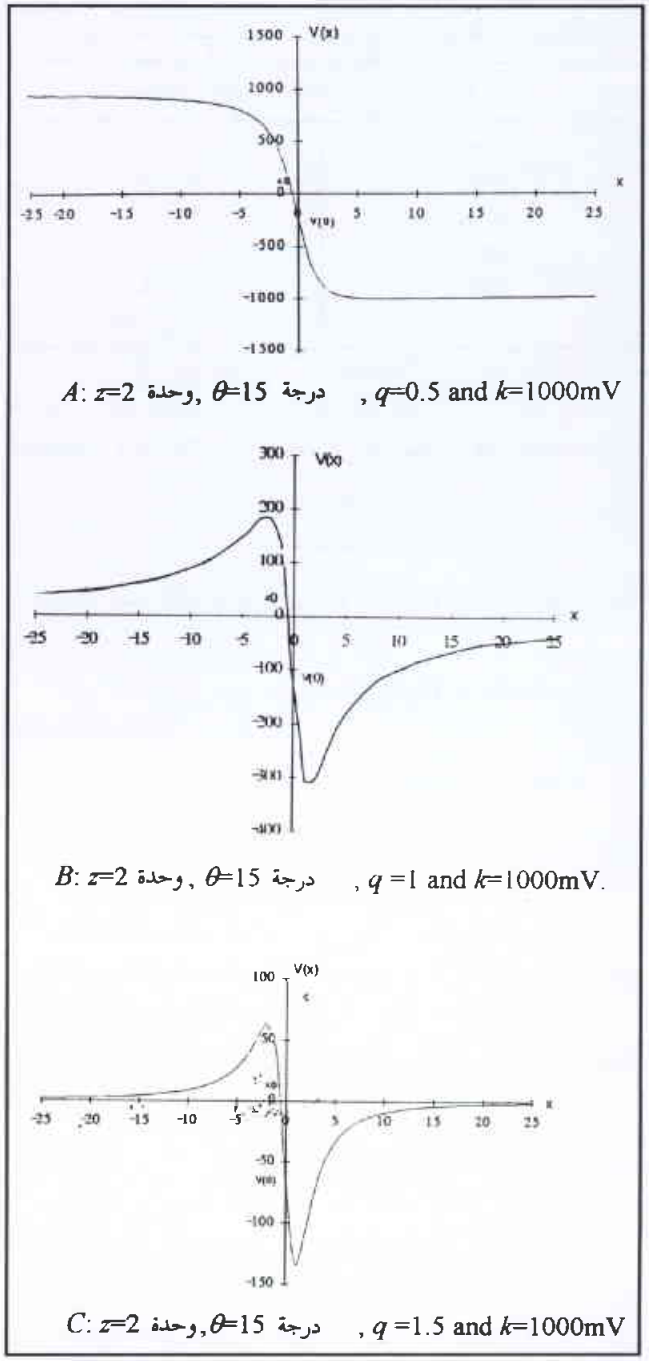
$$k \leq k_{max}$$

$$q \leq q_{max}$$

$$z, \theta, k, q \geq 0 \qquad (2)$$

حيث $I(x_i),\ (i = 1,..,n)$ هي قيم الكمون الذاتي المقيسة في النقاط $x_i,\ (i = 1,..,n)$. إن مجموعة القيود المعرّفة بالشكل التالي :

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



A: z=2 وحدة, θ=15 درجة , q=0.5 and k=1000mV

B: z=2 وحدة, θ=15 درجة , q =1 and k=1000mV.

C: z=2 وحدة, θ=15 درجة , q =1.5 and k=1000mV

الشكل 2– شذوذ الكمون الذاتي فوق (A) أسطوانة عمودية (q=0.5)، و(B) أسطوانة أفقية (q=1) و(C) كرة (q=1.5).

$$A=\{(z,\vartheta,k,q)\in R^4 \setminus z\le z_{max},\theta\le\vartheta_{max},$$

$$k\le k_{max}, q\le q_{max} \text{ and } z,\theta,k,q\ge 0\}$$

هي مجموعة محدّبة وكثيفة في الفضاء الحقيقي المألوف R^4. إن كلّ الشروط الضرورية لتطبيق خوارزمية فرانك وولف محقّقة، والحلّ الناتج بتطبيق تلك الخوارزمية هو حلٌ مثالي للمسألة (2). بتعويض المعادلة (1) في المعادلة (2)، يتم الحصول على البرنامج غير الخطي المكافىء التالي:

$$\min f(z,\theta,k,q)=\sum_{i=1}^{i=n}\left[I(x_i)+k\frac{x_i\cos\theta+z\sin\theta}{\left(x_i^2+z^2\right)^q}\right]^2$$

$$z\le z_{max}$$
$$\theta\le\theta_{max}$$
$$k\le k_{max}$$
$$q\le q_{max}$$
$$z,\theta,k,q\ge 0 \qquad (3)$$

تمّ تطبيق الخوارزمية المذكورة آنفاً في المسألة العكسية لمعطيات الكمون الذاتي حيث تكون قيم z_{max} وθ_{max} وk_{max} وq_{max} هي 200 متر و 360 درجة و10^6 مِلّي فولط و 2 على التوالي. إن هذا الاختيار للقيم العظمى للوسطاء المدروسة هو اختيار تلقائي، ولا تتأثر نتائج الحلول بهذا الاختيار

أمثلة عددية

يتجلى الهدف الرئيس في هذه الورقة بتقدير الثابت الهندسي (q). كما تمّ أيضاً تحديد الوسطاء الأخرى (z,θ,k) المعروضة في المعادلة (1) وذلك من خلال تطبيق هذه التقنية على معطيات نظرية ومعطيات تجريبية حقلية، وعرضنا مثالاً تجريبياً واحداً مأخوذاً من تركيا.

أمثلة نظرية صنعية

يشير الجدول 1 إلى نتائج عددية لعدة حالات اختيارية تتضمن نماذج كل من الأسطوانة العمودية (q=0.5)، والأسطوانة الأفقية (q=1)، والكرة (q=1.5). تمّت دراسة وتحليل هذه المعطيات الصنعية لتلك النماذج مع وبدون نسبة خطأ، والتي اختيرت بحيث تكون 2%.

إن وسطاء النموذج المدروس في هذه الدراسة هي التالية: z=4 units، θ=30° و k=1000 mV من أجل مقطع طوله الافتراضي 256 متراً وخطوة نقل على طول هذا المقطع تساوي واحد متر. وفي هذه الحالات المدروسة ، فإن الأخطاء العظمى في تحديد قيم وسطاء النموذج هي 2.2%، 2.7%، 4.03%، 11.95% من أجل q، z، θ، k على التوالي. تبرهن المقارنة بين قيم الوسطاء النظرية وقيم الوسطاء المقدّرة على التوافق الجيد بينهما، وهذا مايبرهن بحدّ ذاته على مستوى الدقة العالي للبرمجة غير الخطيّة وخوارزمية فرانك وولف وتطبيقاتها في المسألة العكسية لمعطيات الكمون الذاتي.

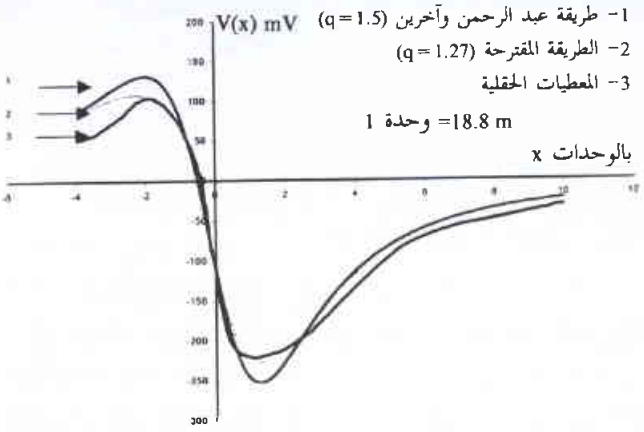
الجدول 1– نتائج الأمثلة النظرية الصنعية من أجل مقطع طوله 256 متراً وخطوة نقل على طول هذا المقطع تساوي واحد متر، ومن أجل الوسطاء التالية للنموذج النظري q=0.5, 1, 1.5، z=4 units، θ=30°، k=1000 mV.

باستخدام أمثلة صنعية			باستخدام معطيات بدون نسبة خطأ					
الثابت الهندسي (q)	(q) المقدرة	نسبة الخطأ في (q)	العمق (z)	نسبة الخطأ في (z)	الزاوية الاستقطابية (θ)	نسبة الخطأ في (θ)	العزم الكهربائي (k)	نسبة الخطأ في (k)
0.5	0.501	0.2	4.001	0.025	29.999	-0.003	999.999	-0.0001
1	1.001	0.1	3.999	-0.025	30.002	0.0067	1000.000	0
1.5	1.5	0	4.001	0.025	29.999	-0.003	1000.007	0.0007
باستخدام معطيات بنسبة خطأ 2%								
0.5	0.489	-2.2	3.969	-0.78	29.604	-1.32	925.728	-7.4
1	1.012	1.2	3.950	-1.25	31.211	4.03	1119.52	11.95
1.5	1.513	0.87	4.109	2.7	29.308	-2.31	1102.505	10.20

مثال تجريبي

يُظهر الشكل 3 شذوذ الكمون الذاتي المقيس حقلياً فوق مناجم النحاس في تركيا، في موقع يبعد 65 km إلى الجنوب الشرقي من مدينة العزيز Elaziz شرق تركيا. تمّ تفسير معطيات هذا المثال التجريبي مسبقاً من قِبَل [1,6] لتقدير عمق الجسم المدفون من خلال تبنّي نموذج كروي لهذا الجسم. تمّ ترقيم شذوذ الكمون الذاتي المدروس على طول 262 متراً بحيث تكون وحدة النقل مساوية لـ 18.8 متراً، وأُخضعت هذه المعطيات للتفسير بواسطة التقنية المقترحة. يُظهر الجدول 2 وسطاء النموذج (z,θ, k, q) التي تمّ الحصول عليها باستخدام طريقتنا التفسيرية. تبلغ قيمة الثابت الهندسي (q) التي تمّ الحصول عليها في هذا البحث 1.27 ، مؤكدين بذلك أن الجسم المسبّب لشذوذ الكمون الذاتي على السطح يمكن تقريبه بكرة أو بجسم نصف كروي ثلاثي الأبعاد مطمور تحت سطح الأرض على عمق 39.292 متراً.

وباستخدام الوسطاء النظرية التالية التي تمّ الحصول عليها من خلال المعالجة وهي 1.27 ، 2.095 وحدة قياس مسافة ، 16.844 درجة،



الشكل 3- شذوذ الكمون الذاتي فوق خام النحاس المستقطب في إيرغاني Ergani - تركيا. يُظهر الشكل المنحنيات النظرية من أجل طريقتنا (q = 1.27) ومن أجل (q = 1.5) [12]

1208.785 مِلّي فولط من أجل q، z، θ، k على التوالي، قمنا بتوليد المنحنى النظري الموافق لهذه الوسطاء، كما هو موضّح في الشكل 3. تشير هذه المقارنة إلى التوافق الممتاز بين الشذوذات النظرية والمقيسة. تتوافق النتائج التي تمّ الحصول عليها في هذه الورقة مع تلك النتائج التي حصل عليها كل من [1,6,12] ، كما هو موضّح في الجدول 3.

دراسة مقارنة بين الطريقة المقترحة والطريقة المقترحة من قِبَل عبد الرحمن وشرف الدين

تمّ في الورقة المنشورة من قِبَل [12] تحويل المسألة المعروضة في المعادلة (1) إلى مسألة إيجاد حلّ لمعادلة غير خطيّة من الشكل z = f(z). يمكن حلّ هذا النوع من المعادلات بالاعتماد على وسائل التحليل العددي [14,15].

يمكن تحديد الزاوية الاستقطابية θ من خلال معرفة العمق حسب المعادلة . ومن خلال معرفة θ وقيمة q، التي من أجلها تمّ

الجدول 2- نتائج تحليل شذوذ الكمون الذاتي فوق خام النحاس في تركيا.

الوسائط المقدرة بالوحدات، 1 وحدة = 18.8 متر	
q	1.269
z بالوحدات	2.095
θ بالدرجات	16.844
k بالمِلّي فولط	1208.785
x_0 بالوحدات	-0.62
V(0) بالمِلّي فولط	112.30957

حساب وسطاء النموذج (0.5,1,1.5) (لأن قيمة q في طريقة [12] هي قيمة ثابتة)، يمكن لثنائي العزم الكهربائي أن يُحسب وفق المعادلة التالية:

$$k = \frac{V(0) z^{2q-1}}{\sin\theta}$$

وبالتالي فمن الضروري وفق هذه الطريقة معرفة قيم x_0 و V(0) مسبقاً.

تتجلى الأصالة في بحثنا المعروض في هذه الورقة بالمقارنة مع طريقة [12] بالنقاط التالية:

1- إن معرفة قيم x_0 وV(0) ليست ضرورية في هذا العمل.

2- إن q متحولة وليست ثابتة.

3- يتم تحديد الوسطاء الأربعة (z, θ, q, k) في الوقت نفسه عن طريق إيجاد الحلّ الأمثل.

4- من خلال تحديد الوسطاء الأربعة (z, θ, q, k) يصبح من السهل تحديد كل من x_0 وV(0).

تمّ البرهان على تفوّق طريقتنا المقترحة من خلال دراسة تابع الخطأ التالي:

$$E = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{i=n}[L_i - V(x_i, z, \theta, k)]^2$$

حيث n عدد النقاط المدروسة و $V(x_i, z, \theta, k)$, $L_i (i = 1,..,n)$ هي منحنيات الكمون الذاتي الملاحظة والمحسوبة على التوالي. تمّ تطبيق تابع الخطأ هذا من أجل طريقتنا المقترحة والطريقة الأخرى [12] من أجل شذوذ الكمون الذاتي نفسه المأخوذ من تركيا.

الجدول 3- تفسير مقطع الكمون الذاتي فوق خام النحاس (المقطع مأخوذ من [1])، وكذلك يبيّن الجدول نتائج مقارنة مع الطرائق [1,6,12].

الوسائط المقدرة	Yungul (1950) [1]	Bhattacharya & Roy(1981) [6]	Abdelrahman & Sharafeldin(1997) [12]	الطريقة المقترحة
q	1.5	1.5	1.5	1.269
z (متر)	38.8	40	42	39.386
θ (درجة)	21	15	13	16.844
k (مِلّي فولط)	-	-	2458	1208.785

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

بلغت قيمة تابع الخطأ من أجل طريقة [12] 441.657 (ومن أجل q=1.5)، في حين بلغت قيمة هذا التابع من أجل طريقتنا 249.7 (ومن أجل q=1.27) وذلك من أجل n=262 نقطة. يشير هذا الاختلاف في قيمة تابع الخطأ بالنسبة للطريقتين إلى تفوّق وفعالية الطريقة المقترحة، كما هو مبيّن في الشكل 3.

مناقشة وخلاصة

برهنّا في هذه الورقة على فعالية البرمجة غير الخطيّة وخوارزمية فرانك وولف في تفسير شذوذات الكمون الذاتي. تمّ اختبار الطريقة المقترحة بشكلٍ جيد على معطيات نظرية صنعية مع وبدون نسبة خطأ. نتج عن تطبيق هذه الطريقة التفسيرية التوافق الجيد مابين الشذوذات المقيسة والتقدير الأمثل الذي تمّ الحصول عليه. تسمح طريقتنا التفسيرية في إطار البرمجة غير الخطيّة بالحصول على معلومات جيدة من معطيات الكمون الذاتي تتعلق بالطبيعة الجيولوجية للجسم الخام. حيث يشير المثال التجريبي إلى واحدٍ من أهم ميّزات تقنية البرمجة غير الخطيّة وهي الحصول على شكل الجسم المسبّب لشذوذ الكمون الذاتي، وذلك بالاعتماد على بعض النقاط المعزولة والمحددة بمسافات على المنحنى الذي يتم تفسيره. وكخلاصة، يمكن لهذه التقنية أن تُستخدم من أجل التفسير الروتيني لمعطيات الكمون الذاتي لتحديد الوسطاء بسهولة ودقة.

REFERENCES المراجع

[1] Yungul, S., 1950, Interpretation of spontaneous polarization anomalies caused by spherical ore bodies, Geophysics, 15, 237-246.

[2] Roy, A., and Chowdhury, D.K., 1959, Interpretation of self-potential data for tabular bodies, J.Sci.Engng Res, 3, 35-54.

[3] Paul, M.K., 1965, Direct interpretation of self -potential anomalies caused by inclined sheets of infinite extension, Geophysics. 30, 418-423.

[4] Paul,M.K., Datta,S., and Banerjee,B., 1965, Interpretation of self-potential anomalies due to localized causative bodies, Pure and Appl.Geophys. 61,95-100.

[5] Banerjee, B., 1971, Quantitative interpretation of self-potential anomalies of some specific geometric bodies, Pure and Appl. Geophys, 90,138-152.

[6] Bhattacharya, B.B., and Roy, N., 1981, A note on use of a Nomogram for self-potential anomalies, Geophys. Prosp., 29, 102-107

[7] Atchuta Rao, D., and Ram Babu, H. V., 1983, Quantitative interpretation of SP anomalies due to two-dimensional sheet-like bodies, Geophysics, 48, 1659-1664.

[8] Meiser, P., 1962, A method of quantitative interpretation of self- potential measurements, Geophys. Prosp., 10, 203-218.

[9] Rao, B.S.R., Murthy, I.V.R., and Reddy, S.J., 1970, Interpretation of self-potential anomalies of some simple geometric bodies, Pageoph,78, 66-77.

[10] Sundararajan, N., Srinivasa Rao, P., and Sunitha,V, 1998, An analytical method to interpret self-potential anomalies caused by 2-D inclined sheets, Geophysics, 63, 5, 1551-1555.

[11] Shalivahan, Bhattacharya, B.B., and Mrinal, K.Sen., 1998, Interpretation of self-potential anomaly by nonlinear inversion, Jour. of Geophysics, Vol. XIX no.4, 219-224.

[12] Abdelrahman, E.S.M., and Sharafeldin, S.M., 1997, A least-squares approach to depth determination from self-potential anomalies caused by horizontal cylinders and spheres, Geophysics, 62, 44-48.

[13] Steuer, R., 1986, Multiple criteria optimization: theory, computation, and application, John Wiley & Sons.

[14] Demidovich.B.P,and Maron.I.A, Computational mathematics (Mir publication 1973).

[15] Press,W.H., Flannesy,B.P.,Teukolsky.S.A., and Vettering,W.T., Numerical recipes.The art of scientific computing (Cambridge univ. press, Cambridge 1986).■

☆ ★ ☆

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

تركيز العناصر في المياه الجوفية للمنطقة الفسفاتية الشرقية وللمنطقة البركانية الجنوبية في سورية★

د. أسامة الحسنية، د. محمد غفر، د. عبد الرحمن عبد الهادي
قسم الكيمياء – هيئة الطاقة الذرّية – ص.ب 6091 – دمشق – سورية

ملخص

تم تحديد تركيز العناصر التالية: K، Ca، Mg، Na، Sr، Al، As، Ba، Br، Ce، Cr، Fe، Nb، Rb، Se، Sm، V، Zn، Co، Cs، U، Sb، Sc، Th، Eu و Hf في العينات المأخوذة من المياه الجوفية لمنطقة فسفات الشرقية وللمنطقة البركانية الجنوبية في سورية، و ذلك باستخدام التحليل الآلي بالتنشيط النتروني ومطيافية غاما. بالنسبة لعناصر المجموعتين الأولى والثانية، فقد تبيَّن أن تركيز هذه العناصر يكون أعلى في منطقة الفسفات بالمقارنة مع المنطقة البركانية. وفيما يتعلَّق بالعناصر: Fe، Co، Cr، Sc، Eu و Sm، فقد كانت تراكيزها أعلى في بعض العينات المأخوذة من المنطقة البركانية الجنوبية. ويمكن أن يُعزى ذلك إلى وفرة هذه العناصر في الصخور المحيطة وإلى انحلالية مركباتها. قُورنت النتائج مع الحدود الدوليّة لتركيز العناصر في مياه الشرب في العديد من البلدان.

الكلمات المفتاحية: المياه الجوفية، التحليل بالتنشيط النتروني، مطيافية غاما، تركيز العناصر، المنطقة الفسفاتية، المنطقة البركانية، الحدود الدولية لتركيز العناصر في مياه الشرب.

مقدمة

يمكن للدراسات المتعلّقة بالمياه الجوفية أن تُقدم معلومات مفيدة عن العمليات الجيوكيميائية للطبيعة، مثل: معلومات عن هجرة العناصر و العوامل المؤثرة على حركية العناصر و الظروف الجيوكيميائية للمنظومات مياه – صخر، والتي من خلالها تهاجر العناصر [1, 2, 3]. يُضاف إلى ذلك، أن المياه الجوفية تستخدم كمياهٍ للشرب، مما يمنح الموضوع جوانباً ذات صلة بالصِّحة.

استُخْدِمت تقانات مختلفة لتعيين تركيز العناصر في العينات البيئية، منها: مطيافية الانعراج الكلّي لتفلور الأشعة السينية (TXRF) [4, 5]، مقياس الفولطية بالانتزاع التفاضلي النَّبضي الأنودي (DPASV) [4]، مطيافية الكتلة ذات البلازما المقرونة بالتحريض (ICP MS) [6, 7]، مطيافية الكتلة ذات البلازما المقرونة بالتحريض التجاوبي العالي (HR-ICP-MS) [4]، الكروموتوغرافيا الأيونية (IC) [4]، مطيافية الامتصاص الذرّي (AAS) [8]، المطيافية الضوئية (SPEC) [4]، التحليل بالتنشيط النتروني المقرون بالفصل الكيميائي الإشعاعي (RNAA) [8] والتحليل الآلي بالتنشيط النتروني (INAA) [4, 8].

من مزايا التحليل بالتنشيط النتروني أنه تحليل متعدد العناصر ويمكن لكمية العينة أن تكون صغيرة جداً و هو يتمتع بحدود كشف منخفضة جداً و في أغلب الحالات، ليس هناك حاجة لمعالجة العينة. ومن عوائق هذا التحليل الحاجة لوجود مفاعل نوويّ.

يهدف هذا العمل لتعيين تركيز العناصر في المياه الجوفية لمنطقة فسفات الشرقية وللمنطقة البركانية الجنوبية في سورية. حُفرت أغلب الآبار المعنية في السنوات الأخيرة، إلا أنَّه لم يتم مسبقاً تحليلٌ لمياهها. قُورنت نتائج هذا العمل مع المعايير الدولية الخاصَّة بمياه الشرب، لأنه وكما نعلم، فإن مياه الينابيع والآبار، تستخدم في الرّي وكمياه صالحة للشرب. كما أنَّ معرفة تركيز العناصر في هذه المنطقة، سيكون نافعاً جداً في الدراسات المتعلّقة بتوزع العناصر في المنظومات ذات الطورين: المياه الجوفية والصخور المحيطة [9]، لأنه سبق لهذه المنطقة أن اقترحت كموقع لخزن النفايات المشعة [10].

الجزء التجريبي

جُمعت عينات المياه الجوفية من آبار وينابيع مستخدمة للري والشرب وذلك من منطقتين مختلفتين من سورية. يُظهر الشكل 1 موقع هاتين المنطقتين على خريطة سورية. جُمعت العينات 1–12 من آبار وينابيع موجودة في المنطقة البركانية الجنوبية التّابعة لمحافظة السويداء (والتي تبلغ مساحتها حوالي 200 كم^2). في حين جُمعت عينات المنطقة الشرقية (العينات 12–20) من منطقة تبلغ مساحتها حوالي 100 كم^2، تلك المنطقة المحيطة بمنجم الشرقية للفسفات. وفي الجدول 1، نجد توصيفاً للعينات التي تمَّ جمعها.

استخدمت عبوات من البولي إتيلين، حيث أنه وقبل أخذ العينات، غُسلت هذه العبوات وعلى التوالي بالماء المقطر، حمض الآزوت الممدَّد،

★ نشرت ورقة البحث هذه في مجلة *Water Qual. Res. J. Canada*, Volume 36, No 4, 835 - 849, 2001.

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

الجدول 1– توصيف العينات ووزن الراسب الناتج عن تبخير 5 لتر

المنطقة الجنوبية												
العينة	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
العمق (م)	170	نبع	نبع	90	نبع	150	110	140	140	380	100	نبع
وزن الراسب (غ)	2.25	1.00	0.63	1.13	2.48	1.66	1.42	0.61	2.64	0.69	0.86	1.36

المنطقة الشرقية							
العينة	13	14	15	16	17	18	19	20
العمق (م)	70	80	35	75	85	10	70	35
وزن الراسب (غ)	10.62	5.16	6.2	5.6	5.85	2.7	5.2	3.45

الأسيتون، حمض ممدد ومن ثم بالماء المقطر. أُخذت من كل موقع عينتان أو ثلاث عينات بحجم 5 لتر، ومن ثمَّ أُضيف حمض الآزوت إلى العينات. غُسلت العبوات بحمض الآزوت الممدَّد ورُشحت المحاليل قبل التبخير. أُنجزت عملية الترشيح بعد مضي 2–4 ساعاتٍ على جمع العينات. أظهر ريمان وآخرون [11]، وبوضوح، التأثير الطفيف جداً لعملية الترشيح على نوعية عينات كهذه. حتى أن العناصر شديدة الليثوفيلية، كعناصر نادرة، أبدت ارتباطاً جيداً بين ترشيح وعدم ترشيح العينات [12]. أُنجز التبخير عند درجات حرارة تتراوح بين 40 إلى 60 درجة مئوية. وبما أن لعملية التبخير تأثيراً على الزرنيخ، لم تؤخذ بعين الاعتبار النتائج المتعلِّقة بهذا العنصر. من جهةٍ ثانية، لا يوجد أي تأثير لعملية التبخير على تركيز العناصر الأخرى المدروسة. بعد التبخير، استخدمت مطيافية غاما لتعيين النشاطية الإشعاعية الطبيعية (Ge-Li Detector, 10% Eff, FWHM = 0.998 at 122 keV and 1.88 at 1332 keV, Canberra MCA 35 plus). شُعّ 0.5 غرام من الراسب المتبقي في المفاعل السوري MNSR، ولفترات زمنية مختلفة، ومن ثم تمَّ العدُّ باستخدام مطيافية غاما (HPGe-Detector, 25% Eff, FWHM = 0.99 at 122 keV and 1.8 at 1332 keV connected to a PCAIII MCA)، وفي الوقت نفسه، شُعّت مع العينات عينة عيارية متعددة العناصر [13]. وعُين تركيز الأيونات باستخدام HPLC.

النتائج والمناقشة:

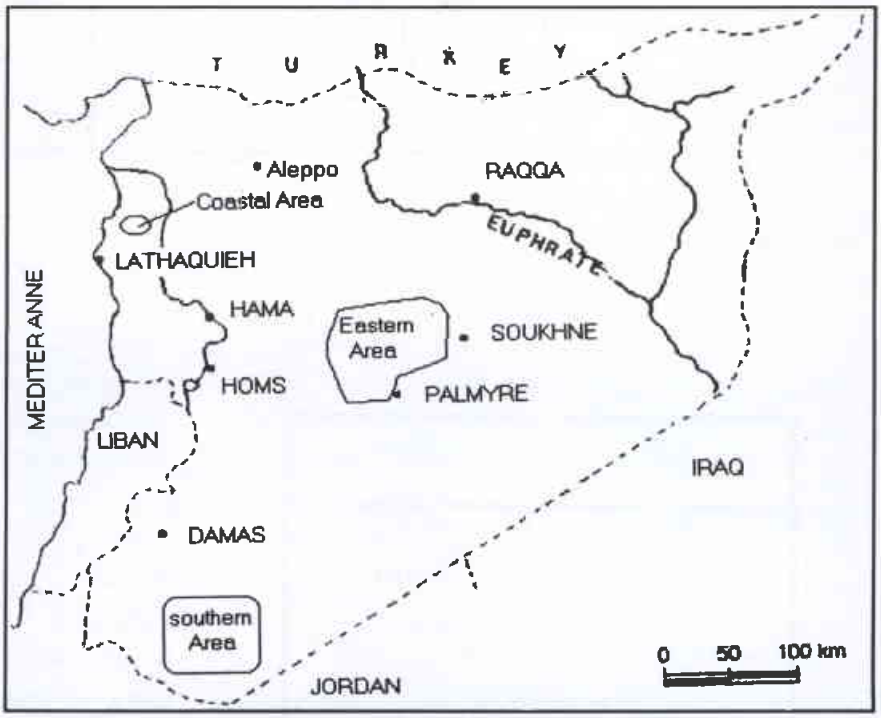
يمكن أن تُقسم عناصر العينات المدروسة إلى ثلاث مجموعات: تحتوي المجموعة الأولى على عناصر بتركيز يُقدر بـ mg/l، وهي: K، Ca، Mg، Na، Al، Sr، وتحتوي المجموعة الثانية على عناصر يُقدر تركيزها بـ µg/l، وهي: As، Ba، Br، Ce، Cr، U، Fe، Nb، Rb، Se، Sm، V، Zn، في حين تحتوي المجموعة الثالثة على عناصر يُقدر تركيزها بـ ng/l، وهي: Co، Cs، Sb، Sc، Th، Eu، Hf. يُظهر الجدول 2 القيم الوسطية والانحراف المعياري وكذلك تركيز العناصر في العينات المدروسة والمقارنة مع الحدود الدولية. ومن الملاحظ، وباستثناء قيمة واحدة للحديد وقيمة واحدة للصوديوم، أن كل التراكيز الأخرى أدنى من الحدود الدولية الخاصَّة بمياه الشرب [5, 6, 14, 16, 17, 18, 19].

يتأثر تركيز العناصر في المياه الجوفية بالعديد من العوامل:

1– وجود العناصر في الصخور المحيطة،

2– انحلالية المركَّبات،

3– حالات الأكسدة والإرجاع،



الشكل 1– خريطة سورية مع الإشارة إلى مواقع أخذ العينات

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

الجدول 2- القيم الوسطيّة و الانحرافات المعياريّة و مجالات التراكيز للعناصر المدروسة بالمقارنة مع الحدود الدولية لمياه الشرب

	المنطقة الجنوبية				المنطقة الشرقية				الحدود الدولية
	Mean	Std	ax	in	Mean	Std	Max	in	
Ca (mg/L	15.70	12.01	45.70	0.65	76.46	27.29	151.00	30.33	100^{1} mg/l [14]
Mg (mg/L	5.08	3.50	14.30	0.28	21.74	7.32	41.60	9.24	50^{2}-30^{1} mg/l [14]
Na (mg/L	23.31	17.12	85.10	0.22	85.72	29.00	175.00	12.39	150^{2}-20^{1} mg/l [14]
Sr (mg/L)	0.29	0.18	1.02	0.04	6.74	3.55	20.00	0.59	--
K (mg/L)	8.65	5.31	13.6	0.73	17.44	0.37	53.3	0.58	--
Al (µg/L	110.3	40.29	72.40	43.20	77.29	30.83	171.70	49.60	0.2^{2}-0.05^{1} mg/l [14]
As (µg/L)	1.37	1.23	3.22	0.36	0.78	0.00	0.78	0.78	10 µg/l [6]
Ba (µg/L)	9.75	9.49	57.20	1.93	51.91	16.73	89.60	7.79	100 µg/l [6]
Br (µg/L)	6.23	3.73	16.20	1.20	14.76	6.09	36.30	8.50	200 µg/l [15]
Ce (µg/L)	2.24	3.52	16.30	0.05	2.55	2.65	11.70	0.09	--
Cr (µg/L)	7.54	8.78	51.00	0.76	2.74	1.40	7.29	1.35	50 µg/l [16]
Fe (µg/L)	50.31	14.47	76.00	17.70	75.03	18.91	97.90	37.20	--
Nb (µg/L	0.56	0.58	2.86	0.06	17.29	28.67	146.30	0.16	3 µg/l [15]
Rb (µg/L)	2.74	1.63	7.19	0.65	3.88	1.32	6.79	1.39	--
Se (µg/L)	0.13	0.10	0.39	0.02	1.02	0.44	2.03	0.05	10 µg/l [6]
Sm (µg/L	1.00	1.40	5.40	0.01	0.62	0.68	3.31	0.03	--
U (µg/L)	0.46	0.28	1.10	0.17	3.37	1.46	6.62	0.28	20-100-200 µg/l [17][18][19]
V (µg/L)	10.58	4.47	19.50	3.96	22.60	10.80	40.70	1.91	100 µg/l [15]
Zn (µg/L)	27.97	11.98	40.20	12.60	69.93	37.38	115.80	14.90	300 µg/l [6]
Co (ng/L)	41.77	22.54	99.20	11.00	66.57	18.70	93.40	41.40	100 µg/l [19]
Cs (ng/L)	15.02	6.37	31.70	7.56	39.13	16.10	73.80	15.20	--
Sb (ng/L)	30.78	14.36	62.00	6.43	67.70	20.74	120.30	30.20	10 µg/l [6]
Sc (ng/L)	7.37	3.47	13.90	1.12	9.14	2.83	12.70	3.50	--
Th (ng/L)	20.88	15.19	49.40	5.52	17.95	4.15	22.10	13.80	--
Eu (ng/L)	2.85	1.56	7.14	0.75	7.12	2.31	12.90	4.00	--
Hf (ng/L)	9.23	6.86	27.10	0.98	7.93	3.04	13.10	4.20	--

القيمة المسموح بها: 2 و القيمة المنصوح بها:1

4- pH،

5- درجة الحرارة،

6- عمليات الهجرة وكذلك تفاعلات الامتصاص / الانتزاز.

قِيسَتْ درجة حموضة العينات و تبيَّن أنّها قريبة من درجة الحموضة المعتدلة (pH = 6.2 - 7.7). اقترح كلٌّ من Cowart و Osmond [20, 21] تصنيفاً للمياه مبنيّاً على أساس معاملين اثنين، وهما تركيز اليورانيوم و نسبة النشاطية $^{234}U/^{238}U$. يمكن أن تُعزى نسب النشاطية العالية (2<) إلى نسب أعلى من الحدود الطبيعية لليورانيوم المغسول في الطبقات الصخرية المائية أو في اليورانينيت غير المتبلور، مما يؤدي إلى تعزيز ارتداد ألفا. وتتطلب نسبة النشاطية الأدنى من الواحد تذويباً شديداً. وعليه، تعكس مستويات تركيز اليورانيوم كلاً من حالات الأكسدة والإرجاع وكذلك تركيز اليورانيوم في الصخور المحيطة. في أوساطٍ مؤكسدة، تكون انحلالية اليورانيوم عالية جداً، كما هو حال معقدات اليورانيوم السداسي وبخاصة الكربوناتية منها. أما في أوساطٍ مرجعة، فإن اليورانيوم لا ينحلّ، وهذا هو حال أكاسيد اليورانيوم الرباعي. وعليه، فإن تصنيف المياه وفقاً لهذه الطريقة (الشكل 2)، والمعتمد على تركيز اليورانيوم وعلى النسبة النشاطية $^{234}U/^{238}U$، يُظهر أن عيناتنا هي في حالتي أكسدة وإرجاع طبيعيتين ($^{234}U/^{238}U$ = 0.5 - 2.5, Cu = 0.02 - 6.5 µg/l) [22].

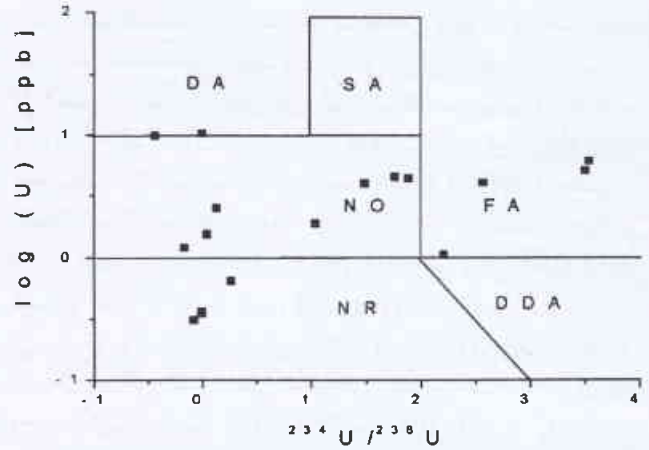
يُظهر الجدول 3 الأنيونات الرئيسة في العينات المدروسة، ويُلاحظ أن تركيز الأنيونات المعقدة (كالفسفات مثلاً) منخفض جداً. هذا يعني، وفي حالاتٍ كهذه (pH قريبة من المعتدلة، حالتي أكسدة وإرجاع طبيعيتين وغياب للأنيونات المعقدة)، أن مواضيع المناقشة ستقتصر على وجود العناصر في الصخور المحيطة وعلى انحلاليّة المركبات.

حُدِّدَ سابقاً تركيز العناصر التالية: Sr، Ba، Cu، V، U، Th، Zn، Co و Sc في منطقة فسفات الشرقية [17]، و ستقارن النتائج مع تركيز تلك العناصر في المياه آخذين بعين الاعتبار انحلالية المركّبات (كفلزات وليس كتركيب كيميائي) وصولاً إلى مناقشة تركيز العناصر في المقطع التالي.

الجدول 3- تركيز الأنيونات في العينات المدروسة

الأنيون	التركيز [mg/l]
NO_3^-	5.64±0.13
Cl^-	154.9±0.7
SO_4^{--}	128.4±1.75
PO_4^{---}	<0.25
F^-	1.06±0.25

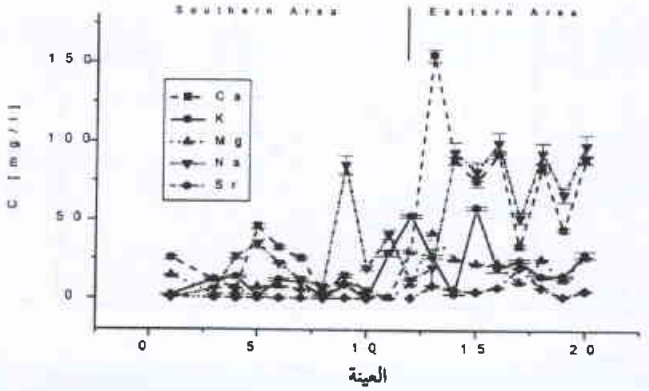
هيئة الطاقة الذرية السورية مكتب نظم المعلومات http://serversmiso.aecs.sy



الشكل 2– تصنيف المياه الجوفية وفقاً لرسم بيانيّ يمثل تركيز اليورانيوم بتابعية نسبة النشاطية $^{234}U/^{238}U$ حيث يرمز كلٌّ من الاختزال SA إلى التراكم المستقر، NO إلى وسط مؤكسد عادي، NR إلى وسط مرجع عادي، FA إلى التراكم المستقر، و DAA إلى تراكم متزلق.

العناصر الرئيسة:

يقع تركيز العناصر الرئيسة (Ca، Mg، Na، K، Sr، Al) (الشكل 3) في المجال mg/l. وبصورة عامة، فإن تركيز هذه العناصر في المنطقة الفسفاتية أعلى من تركيزها في المنطقة البركانية، ويعود ذلك إلى أنَّ تربة المنطقة الفسفاتية غنيّة بالفلزات الحاوية لهذه العناصر (فسفات، سيليكات وكربونات). وهذا يؤدي إلى أوزان عالية للمتبقي من تبخير عينات المنطقة الشرقية (الجدول 1). في الطبيعة، يوجد الكالسيوم على شكل كربونات، سيليكات، كبريتات، فسفات (أباتيت وفسفوريت) وفلورايد [24]. وبصورة عامة، فإن انحلاليّة مركّباته (باستثناء الجبسوم) منخفضة، ولكن تركيز CaO في المنطقة الفسفاتية هو بحدود 50%، وهذا يفسّر تركيزه العالي في هذه المنطقة (بقيمة وسطية تبلغ 76.46 mg/l). وتُعتبر كربونات الكالسيوم الهدروجينية الأكثر انحلالية [25]. أما فيما يتعلق بالمغنيزيوم، فإنه يوجد في الطبيعة على شكل كربونات، كبريتات، سيليكات وكلورايد [24]. وتُعتبر كربونات وكبريتات وكلورايد المغنيزيوم منحلّة في الماء [25]. وكان أعلى تركيز له في العينات المدروسة 41.6 mg/l. في حين كان تركيزه في المياه الجوفية للمنطقة البركانية أقل من 14 mg/l.



الشكل 3– تركيز العناصر الرئيسة في العينات المدروسة

يوجد الصوديوم في الطبيعة على شكل ألبيت ($Na[AlSi_3O_8]$)، كلور الصوديوم، نترات، كربونات وكبريتات [24]. وأغلب مركباته منحلّة جيداً في الماء. وسُجِّلَ أعلى تركيز له 175 mg/l في عينة واحدة من عينات المنطقة الفسفاتية. أيضاً، يوجد البوتاسيوم في الطبيعة على شكل ألبيت ($K[AlSi_3O_8]$)، موسكوفيت ($KAl_2(OH,F)[AlSi_3O_{10}]$) كلور البوتاسيوم، نترات وكبريتات [24]. وأغلب مركّباته منحلّة في الماء [25]. هذا وقد حُدِّدَ البوتاسيوم باستخدام مطيافية غاما وذلك بالاعتماد على الخط 1462 keV لـ ^{40}K. وبلغ أعلى تركيز له 53 mg/l في العينة رقم 12 المأخوذة من المنطقة الفسفاتية. يوجد السترانسيوم في الطبيعة على شكل كربونات وكبريتات [24]. وتبلغ انحلالية هذه المركبات ما يُقارب 0.01 g/l [25]. وبلغ أعلى تركيز له 20 mg/l، في حين كانت القيمة الوسطية لتركيزه 0.29 mg/l في المنطقة الجنوبية و 6.74 mg/l في المنطقة الشرقية. وتتراوح تركيزه في الفسفات نفسها بين 612 ppm و 1572.9 ppm [20]. ويُذكر هنا، أن السترانسيوم المشع ($^{90,89}Sr$) الناتج عن الانشطار وعن الاختبارات النووية العسكرية، يمكن أن يتكدّس في العظام مؤدياً إلى إصابات سرطانيّة [26]. يوجد الألمنيوم في الطبيعة على شكل خليط من السيليكات والصوديوم والكالسيوم والبوتاسيوم (المنطقة الفسفاتية)، وعلى شكل خليط من السيليكات مع الحديد والمغنيزيوم (المنطقة البركانية)، كما أنه يوجد على شكل أوكسيد أو هدروكسيد [24]. غير أن مركباته غير منحلة في الماء ذي درجة الحموضة pH القريبة من المعتدلة. يشرح وجوده في كلتا المنطقتين تركيزه في المياه الجوفية لكلتا المنطقتين. وفي كلتا المنطقتين، تُشير نتائجنا إلى أن تركيزه يقع في المجال من 30 µg/l إلى 170 µg/l.

العناصر المشعّة:

يُعتبر اليورانيوم عنصراً ذا حركية عالية، وهو منحل في الماء خاصةً عندما يكون بدرجة أكسدة سداسية. وكان تركيزه في المنطقة البركانية الجنوبية أقل من 1.20 µg/l. في حين سُجلت أعلى قيمة له في المنطقة الفسفاتية وبلغت 6.7 µg/l. ويتراوح تركيز اليورانيوم في الفسفات نفسها بين 36 ppm و 168 ppm [27]. إلى حدٍّ ما، يمتلك اليورانيوم ذو المنشأ الطبيعي نشاطية إشعاعية نوعية منخفضة. وتتجاوز حسب Milvy و Cothern [28]، السمية الكيميائية لليورانيوم سميته الإشعاعية. يُبدي الثوريوم نفس التوزُّع الليثولوجي والجيولوجي لليورانيوم، إلا أنه، وعلى النقيض من اليورانيوم، طفيف الانحلال غالباً عند حالتي الأكسدة والإرجاع ودرجات الحموضة. وَوُجِدَ فقط في عشر عينات من أصل عشرين عينة. وبلغ تركيزه الوسطي في المنطقة الجنوبية 20.88 ng/l، في حين بلغ تركيزه الوسطي في المنطقة الشرقية 17.95 ng/l. أما عن تركيزه في الفسفات نفسها، فإنه يتراوح بين 1 ppm و 5 ppm. وفيما يتعلق بمياه الشرب، فإنه لا توجد حدود معروفة خاصّة بالثوريوم، كما أنه لا يُعرف إلا القليل عن تأثيراته الصحية ضمن هذا المجال من التراكيز.

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

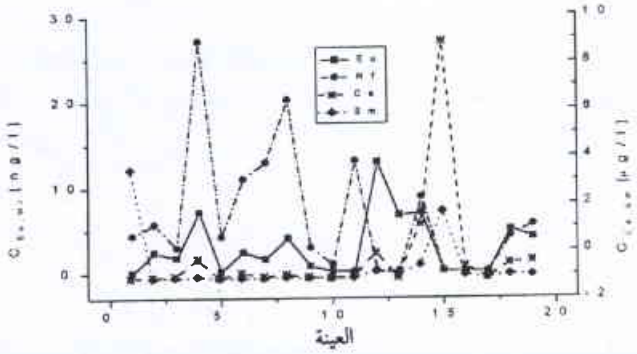
اللانثانيدات:

يوجد السيريوم في الطبيعة على شكل باستنيزيت ((Ce,La,Dy)CO_3F)) وعلى شكل مونازيت ((Ce,Th)[(P,Si)O_4]) وكان أعلى تركيز له، والذي بلغ 16.30 µg/l، في العينة رقم 2 المأخوذة من المنطقة البركانية. وقد أُخِذَت هذه العينة من نبع ضعيف يقع على قمة فوهة بركانية. وتُبدي هذه العينة اختلافاً كبيراً بالمقارنة مع كل العينات الأخرى في محتواها من: Ce، Nb، Al، As، Sm، Cr، Fe، Co، Cs، و Sc.

يوجد السماريوم في الطبيعة مرتبطاً مع لانثانيدات أخرى على شكل سيريت ومونازيت [24]، وهذا يؤدي إلى وجود علاقة ارتباط بين السماريوم والسيريوم (الشكل 4). وسُجِّل أعلى تركيز له، وكان 5.41 µg/l في العينة رقم 2، ولا تُعرف أية تأثيرات صحيّة له. وفيما يتعلق بالسكانديوم، فإن وجوده الجيولوجي الأساسي يرتبط مع الإيتيريوم على شكل ثورتفيتيت ([Y,Sc)[SiO_7])). ولهذا المركب انحلاليّة منخفضة في الماء. يرتبط وجود الأورورييوم مع لانثانيدات أخرى على شكل سيريت ومونازيت [24]. ويتراوح تركيز السكانديوم في الصخور الفسفاتية بين 1.35 ppm و 2.7 ppm [23]. وباستثناء العينة رقم 2، فإن التراكيز العظمى لكل من السكانديوم، الأورورييوم والهافنيوم هي على التوالي: 15 ng/l، 12.90 ng/l و 27.10 ng/l. واستناداً إلى ذلك، هناك علاقة بين الهافنيوم والأورورييوم في أغلب العينات. ولا يوجد لهذه العناصر الخمسة أية تأثيرات صحية ذات دلالة.

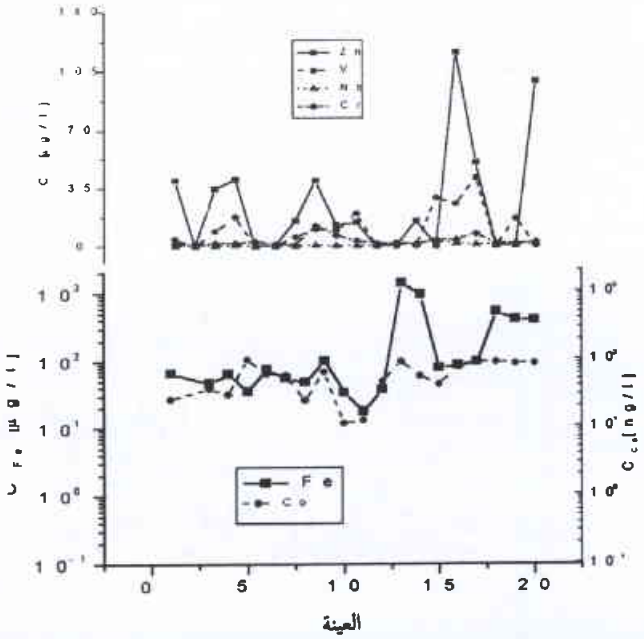
المعادن الانتقالية:

يوجد الحديد في الطبيعة، وبشكل رئيسي، على شكل Fe_3O_4 (هيماتيت)، $FeCO_3$ (في الماغنيتيت FeO-Fe_2O_3 ومع الكروم FeO-Cr_2O_3)، $FeCO_3$ (سيديريت) و FeS2 [24]. إن السيدريت بتركيز 0.067 g/l و FeS بتركيز 0.0049 g/l ينحلان في الماء [25]. ونُشير هنا، إلى أن محتوى العينة رقم 2 من الحديد بلغ 20.791 mg/l، ولهذا لم تؤخذ هذه العينة بعين الاعتبار عند حساب القيمة الوسطية في المنطقة الجنوبية (50.31 µg/l)، وبلغت القيمة الوسطية في المنطقة الشرقية 75.03 µg/l، في حين بلغت القيمة العظمى 97.90 µg/l (الشكل 5). جيولوجياً، يوجد النيوبيوم على شكل نيوبيت ((Fe,Mn)(NbO_3)$_2$) [24]. وبصورة عامة، فإن مركباته ضعيفة الانحلال في الماء. وكانت



الشكل 4– تركيز اللانثانيدات في العينات المدروسة (باستثناء العينة 2)

جميع القيم المسجّلة في المنطقة الجنوبية أقل من 3 µg/l، في حين كانت جميع القيم المسجّلة في المنطقة الشرقية أقل من 46 µg/l. يوجد الكوبالت في الطبيعة مترافقاً مع النيكل على شكل سمالتيت $CoAs_{2-3}$، كوبالتيت CoAsS و لينيت Co_3S_4. وجميع هذه المركبات غير منحلّة [24]. وبلغت القيمة الوسطية المسجّلة في المنطقة الجنوبية 41.77 ng/l وبلغت في المنطقة الشرقية 123 ng/l. وتبيّن وجود علاقة بين الكوبالت والحديد في أغلب العينات المدروسة (الشكل 5). ويتراوح تركيز الكوبالت في الصخور الفسفاتية ما بين 1.8 ppm و 8.8 ppm [23]. ويتراوح تركيزه في مياه شرب دمشق ما بين 0.5 µg/l و 2.6 g/l [5]. يوجد الكروم في الطبيعة، وبشكل رئيسي، على شكل كروميت ($FeCrO_4$:FeO.Cr_2O_3) وعلى شكل كروكيوت ($PbCrO_4$.PbO.CrO_3) [24]. إن Cr_2O_3 غير منحل في الماء، في حين تبلغ انحلالية CrO_3، 61.7 g/l، وهذه انحلالية جيدة [25]. وباستثناء العينة رقم 2 (51 µg/l)، فإن التركيز في جميع العينات الأخرى أقل من 11.7 µg/l. ويتراوح تركيز الكروم في الصخور الفسفاتية بين 104 ppm و 178 ppm [23]. يوجد الفاناديوم في الطبيعة على شكل VS_4، كما أنه يرتبط مع الأباتيت في الفسفات على شكل فانادينيت، ويرتبط مع اليورانيوم على شكل كارنوتيت [24]. وعليه، نجد أن تركيزه في منطقة فسفات الشرقية، المحتوية على اليورانيوم، أعلى من تركيزه في المنطقة البركانية. وبلغت القيمة العظمى المسجلة 40.70 µg/l، ويتراوح تركيز الفاناديوم في الصخور الفسفاتية بين 71.5 ppm و 125.38 ppm [23]. وبلغت القيمة الوسطية في المياه الجوفية لهذه المنطقة 22.60 µg/l. أما بالنسبة للتوتياء، فإن وجوده في الطبيعة يكون على شكل أوكسيد، كبريتات وكربونات [24]، وانحلالية هذه المركبات في الماء هي على التوالي: 0.0016 g/l، 0.0069 g/l و 0.1 g/l [25]. كما أنه يوجد على شكل سيليكات غير منحلّة. وبلغت القيمة العظمى المسجّلة في المنطقة الشرقية 115 µg/l. ويتراوح تركيز التوتياء في الصخور



الشكل 5– تركيز المعادن الانتقالية في العينات المدروسة.

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

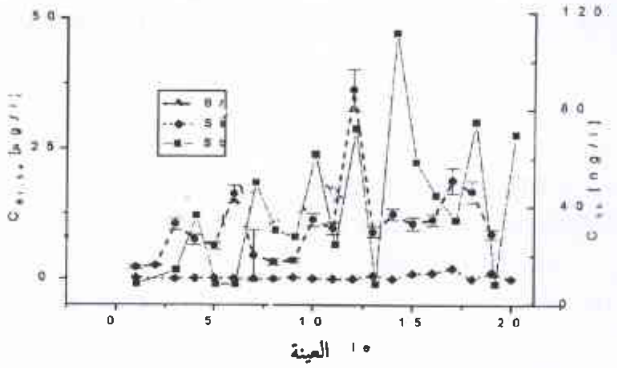
الفسفاتية بين 115 ppm و 144.29 ppm [23]. وبلغت القيمة الوسطية في المنطقة الجنوبية 27.92 µg/l. ونُشير هنا، إلى أن تركيز التوتياء في مياه شرب دمشق يتراوح بين 23 µg/l و 380 µg/l [5].

العناصر الأخرى:

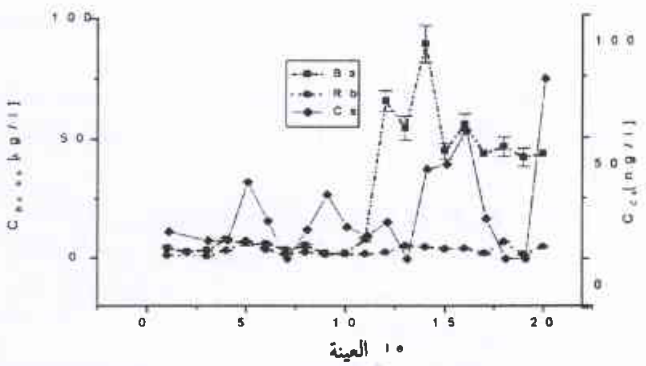
جيولوجياً، يوجد الباريوم على شكل باريت ($BaSO_4$) وعلى شكل ويزيريت ($BaCO_3$) [24]. وتبلغ انحلالية مركّباته الكبريتية 0.002 g/l، في حين تبلغ انحلالية مركّباته الكربوناتية 0.02 g/l [25]. وكانت القيمة الوسطية المسجّلة في المنطقة الجنوبية 9.75 µg/l، في حين بلغت 51 µg/l في المنطقة الشرقية (الشكل 6). ويتراوح تركيز الباريوم في الصخور الفسفاتية بين 117 ppm و 521 ppm [23]. أما بالنسبة للروبيديوم والسيزيوم، فإن وجودهما الجيولوجي مرتبط بالبوتاسيوم والصوديوم، ويتمتعان بانحلالية جيدة في الماء [24, 25]. وتركيزهما أقل من 6.8 µg/l و 74 ng/l على التوالي. ولا تُعرف أية تأثيرات صحيّة لهما. يرتبط وجود البروم في الطبيعة مع الكلور (في كلور الصوديوم)، كما أنه يوجد على شكل AgBr غير المنحل [24]. وبصورة عامة، فإن القيمة العظمى المسجّلة، والتي تبلغ 36.30 µg/l، تُعتبر منخفضة. جيولوجياً، يوجد السيلينيوم (الشكل 7) مرتبطاً مع الفلزات الكبريتية (Fe,Cu,Zn,Ag,Au,S_x) [24]. وكل القيم المسجلة هي أقل من 2 µg/l. إن التعرّض المستديم للسيلينيوم، يمكن أن يؤدي إلى توضّعه على الشعر وفي الكبد [6, 28]. أما عن تركيزه في مياه شرب دمشق، فإنّه أقل من 0.16 µg/l [5]. أيضاً، يرتبط الزرنيخ جيولوجياً مع الفلزات الكبريتية ومع بعض الفلسبارات ومع الأباتيت [24]. وتم تحديده فقط في أربع عينات، وبلغ التركيز الوسطي المسجّل في المنطقة الجنوبية 1.37 µg/l ، في حين بلغ هذا التركيز الوسطي في المنطقة الشرقية 0.78 µg/l.ويمكن استخدام هذه النتيجة كدلالة على تركيزه، لأنّ للتبخير تأثيراً كبيراً على تركيز الزرنيخ. تُشير وثيقة Edmunds و Smedly إلى تسميم حاد للمياه الجوفية بالزرنيخ في كل من تايوان، أمريكا الجنوبية، الهند وتايلاند، حيث تشكل الاعتلالات الجلدية (المتضمنة الأضرار والسرطانات) أغلب الأعراض النموذجية [22]. يوجد القصدير في الطبيعة بصورة مشابهة لوجود الزرنيخ، أي على شكل كبريتات وأوكسيد وفلز الأنتيمونيت [24]. وانحلالية هذه المركبات في الماء ضعيفة. والقيم المسجلة أقل من 120 ng/l.

الخلاصة:

تمّ تعيين تركيز خمسة وعشرين عنصراً في عينات المياه الجوفية المأخوذة من منطقتين في سورية. وكان تركيز جميع العناصر أقل من القيم العظمى المسموح بها في العديد من البلدان. ووجدنا أن تركيز العناصر الرئيسة: Ca، Mg، Na، K و Sr يكون أعلى في منطقة الفسفات بالمقارنة مع المنطقة البركانية، في حين كانت القيم الوسطية لتركيز العناصر: Fe، Al، Ce، Cr، Sm، Hf و Th أعلى في المنطقة البركانية. يعكس هذا السلوك وفرة هذه العناصر في الصخور المحيطة وكذلك انحلالية مركباتها.



الشكل 6– تركيز السيزيوم و الباريوم و النيوبيوم في العينات المدروسة.



الشكل 7– تركيز الأنتيموان و البروم و السيلينيوم في العينات المدروسة.

المراجع REFERENCES

[1] Riemann C., De Caritat P., Chemical elements in environment, Spriger Verlag, 1998.

[2] Gascoyne M., The use of U-series disequilibrium for site characterization and analogue for actinide migration, C.E.C Report EUR 11037 EN, 28-30 April (1987).

[3] Smeille, J.A.T., Rosholt, J.N., Radioactive disequilibria in mineralized fracture samples from uranium occurrences in northern Sweden, Lithos 17, 215-225 (1984).

[4] Quevauviller Ph., Andersen K., Merry J., Vander Jagt H., Interlaboratory study to improve the quality of trace element determinations in groundwater,Analyst, May 1998, 123 (955-957).

[5] Bakarji E.H., Karajo J., Determination of heavy metals in Damascus drinking water using total reflection X-ray Fluorescence, Water Qual. J. Canada, 34, No. 2, 1999.

[6] Frengstad B., Skrede A.K.M., Banks D., Krog J.R., Siewers U., The distribution of trace elements in 476 crystalline bedrock groundwater, as analyzed by ICP-MS techniques, Science of Total Environment 246 (2000) 21-40.

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

[7] Leiterer,-M., MuenchU., Determination of heavy metals in groundwater samples - ICP-MS analysis and evaluation, Fresenius-Journal-of-Analytical-Chemistry. (Oct 1994). v. 350(4-5). p. 204-209.

[8] Vertacnik,-A.; Biscan,-J. , Behavior of some macro-elements, trace elements and RE in the water-sediment system, Journal-of-Radioanalytical-and-Nuclear-Chemistry. (3 May 1993). v. 175(5). p. 401.

[9] Ghafar M., Abdul-Hadi A., Alhassanieh O., Study of distribution coefficient of some actinides and fission products in a two phase system, phosphate and groundwater, final report on scientific research, Atomic Energy Commission of Syria (2000), in preparation.

[10] Abaas M., Moussa A., Al-awdat, Ali A., Khito, M, Aba A., Criteria and assessment of radioactive waste and preliminary study to the eventual repositories - sites for and intermediate -level radioactive wastes, AECS (1995) G-PR/RSS 118.

[11] Riemann C., Siewrs U., Skarphagen H., Banks D., Influence on concentrations and correlation of 62 elements analyzed bye ICP-MS technique, Science of Total Environment, 1999.

[12] Banks D, Hall G., Riemann C., Siewers U., Distribution of rare earth elements in crystalline bedrock groundwater, Appl. Geochem. (1999) 14, 27-39.

[13] Certified reference material, IAEA/Soil-7, International Atomic Energy Commission, 1984, Vienna.

[14] Use of nuclear reactors for seawater desalination, IAEA-TECDOC-574 (1990).

[15] Kirjukhin V.A., Korotkov A.N., Shavatsev S.L., Girrogeohiija [Hydrogeochemistry- in Russian], Moscow: Nerda, (1993) 383.

[16] Guidelines for drinking water quality, World Health Organization (1993) Vol. 1

[17] Fetter C.W., Applied Hydrogeology, 3.ed. Macmillan (1994) 691.

[18] Health Canada, Guidelines for Canadian drinking water quality, 6th ed. Authority of the Minister of Health, 96-EHD-196 (1996) 90.

[19] Edmunds W.M., Smedley P.L., Groundwater chemistry and health: an overview. Environmental geochemistry and health, vol 113, Geophysical society publication (1996) 91-105.

[20] Cowart J.B., Osmon J.K., The relationship of uranium isotopes to oxidation/reduction in the Edwards carbonate aquifer of Texas, Earth and planetary science - Netherlands, 48(2), 277-283 (1980).

[21] Osmon J.K., Cowart J.B., Uranium disequilibrium in ground waters as indicator of anomalies, J. Appl. Rad. And Isotopes, 34,283 (1983).

[22] Abdul-Hadi A., Alhassanieh O., Ghafar M., Disequilibrium of Uranium Isotopes in Syrian Groundwater, Appl. Rad. and Isotopes 55,109-113 (2001).

[23] Asfahani J., Abdul-Hadi, Determination of relationship between measured radioactive intensities of natural gamma and uranium content in drilled boreholles in south Al-Abter region-Syria, AECS-G\RSS (1999) 269.

[24] A.F. Holleman and E. Wiberg, Lehrbuch der anorganischen Chemie, Walter de Gruyter, Berlin-New York , 1985.

[25] Waet R.C., Lide D.R., Eds, Handbook of Chemistry and Physics, 70th Edition 1989-1990, CRC Press, Boca Raton, Florida.

[26] Walther K., Ph.D. Theses, Mainz (Germany), 1998.

[27] Takriti S., Abdul-Hadi A., Determination of $^{234}U/^{238}U$ activity ratios in Syrian phosphates, J. Radioanal. And Nucl. Chem., 230,299-301 (1998).

[28] Milvy P., Cothern C.R., Scientific background for the development of regulations for radionuclides in drinking waters. In: Cothern C.R., Rebers P., editors, Radon, Radium and Uranium in drinking water, Chesela, Michigan: Lewis Publishers (1990) 1-16.■

☆ ★ ☆

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

أداء محصول القطن المزروع تحت ظروف الري السطحي والري التسميدي بالتنقيط

I. إنتاج القطن المحبب، والمادة الجافة والمواصفات التكنولوجية لألياف القطن ★

د. مصدق جانات
قسم الزراعة - هيئة الطاقة الذرّية - ص.ب 6091 - دمشق - سورية.
د. جورج صومي
وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي - مديرية الري واستعمالات المياه - دمشق - سورية.

ملخص

يُعدّ السماد الآزوتي وطرائق الري عاملين أساسيين لزيادة الإنتاج وتحسين مواصفات المنتج، وبالإدارة الجيدة لهذين العاملين يمكن الوصول في الوقت نفسه إلى إنتاج عالٍ وحماية للبيئة.

أجريت تجربة حقلية في محطة بحوث الري في حماة لمدة أربع سنوات متتالية (1995 – 1998)، على محصول القطن (Gossypium hirsutum L) من الصنف حلب 33، والذي زُرع بعد محصول الذرة الصفراء غير المسمَّدة في الوحدات التجريبية نفسها. تألفت المعاملات المدروسة من طريقتين للري التسميدي بالتنقيط مع خمسة معاملات سمادية (0، 60، 120، 180، 240 كغ N/هـ)؛ والري السطحي مع معاملة سمادية واحدة (180 كغ N/هـ) وهي المعتمدة من قِبَل وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي لهذه المنطقة.

تمّت مراقبة رطوبة التربة طوال مراحل سير التجربة باستخدام مسبر نتروني ومن ثمّ جدولة الري وفقاً لمعطيات رطوبة التربة.

استُخدم لتنفيذ هذه التجربة تصميم القطاعات العشوائية الكاملة (RBD) بستة مكرّرات. أظهرت النتائج المتحصل عليها تحت الظروف السائدة أن تقنية الري التسميدي لمحصول القطن أدّت إلى زيادة المردود وإنتاج المادة الجافة ونسبة التبكير، وفي بعض الحالات تحسن المواصفات التكنولوجية للألياف. وزيادة على ذلك، حصل وفر في مياه الري مابين 55 % - 35 نتيجة إدخال تقنية الري التسميدي بالتنقيط مقارنةً مع طريقة الري السطحي تحت الظروف نفسها. إذ ازداد إنتاج القطن المحبب لمحصول القطن المروي بطريقة الري التسميدي بمعدّل تجاوز الـ 50% في بعض الحالات مقارنةً بإنتاج محصول القطن المروي بطريقة الري السطحي، كما ازداد إنتاج المادة الجافة لمحصول القطن المروي بطريقة الري التسميدي بشكلٍ ملحوظ مقارنةً مع محصول القطن المروي بطريقة الري السطحي، وقد تجاوزت الزيادة في بعض الحالات الضعفين.

الكلمات المفتاحية: الري التسميدي، إنتاج القطن المحبب، إنتاج المادة الجافة، مواصفات الألياف.

مقدمة

يُعدّ القطن محصولاً اقتصادياً هاماً والأكثر ريعية اقتصادية للمزارعين في سورية. إلاّ أنّ التوسع في زراعة القطن سيكون محدوداً في السنوات القادمة بسبب العجز المائي وزيادة أسعار المواد اللازمة للعملية الزراعية وبخاصة المياه والسماد. فعلى الرغم من زيادة المردود في وحدة المساحة في السنوات الأخيرة، والذي وصل بالمتوسط إلى 3200 كغ N/هـ، إلاّ أنّ العائدية الاقتصادية للمزارعين لم تزداد بسبب ازدياد كلفة العملية الإنتاجية، وخاصة ضخ المياه الجوفية العميقة. وبما أنّ الري والأسمدة الآزوتية هما العاملان الأكثر أهمية لتحسين المردود وفي الوقت نفسه يشكلان الجزء الأكبر من الرأسمال الموظف لإنتاج القطن، لذلك يجب ترشيد هذين العاملين بشكلٍ متوازن للوصول إلى أقصى زيادة ممكنة للمردود مع أقل تكلفة ممكنة، ويتم ذلك عن طريق إدارة وتحسين كفاءة استخدام المياه والأسمدة الذين يشكلان حلاً منطقياً لإنتاج أفضل بأقل تكلفة ممكنة. بيّنت نتائج الأبحاث [1] زيادة كفاءة استعمال الماء نتيجة إضافة كمية متزايدة من الأسمدة الآزوتية، في حين أظهرت نتائج أخرى [2] أنّ تحسين إدارة الري يؤدي إلى الإقلال من فَقْد الآزوت نتيجة انخفاض نسبة النترات NO_3 الراشحة إلى ما بعد منطقة انتشار الجذور. إنّ حقن الأسمدة ضمن منظومة الري (الري التسميدي) يحقق ترشيداً لكلا العاملين، كفاءة استخدام المياه والأسمدة [3].

★ نشرت ورقة البحث هذه في مجلة *Commun. Soil Sci. Plant Anal*, 2001.

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

وخلال العقدين السابقين أُدخلت تطبيقات الري التسميدي وبالتنقيط بشكلٍ مكثف على محصول القطن بهدف زيادة الإنتاج، ونوعية المنتج، وزيادة كفاءة استخدام المياه والأسمدة [4، 5، 6، 7]. وبناءً على ذلك، يُعدّ إدخال تقنية الري التسميدي طريقة فعّالة لترشيد المياه والأسمدة مع زيادة الإنتاج كمّاً ونوعاً.

يهدف هذا البحث إلى تقييم إنتاج محصول القطن وإنتاج المادة الجافة والمواصفات التكنولوجية لألياف محصول القطن المروي بطريقة الري التسميدي مع مستويات مختلفة من السماد الآزوتي والمروي بطريقة الري السطحي ضمن المعادلة السمادية المعتمدة.

المواد والطرائق

نُفذت تجارب حقلية على مدى أربعة أعوام (1998 – 1995) متتالية في محطة بحوث الري (حماة – تيزين). وقد أُجريت التجربة في الموقع نفسه مباشرة بعد محصول (ذرة صفراء غير مسمّدة)، زُرعت بهدف استنزاف أكبر قدر ممكن من الآزوت المتبقي في التربة. جُمعت عيّنات ترابية قبل الزراعة حتى عمق 100 سم، بفواصل قدرها 25 سم وأُجريت عليها التحاليل التالية: تفاعل التربة pH، EC، السعة التبادلية للكاتيونات CEC، الكاتيونات المتبادلة والمادة العضوية. كذلك تمّ إجراء التحاليل اللازمة لتحديد الفسفور المتاح قبل الزراعة من أجل تحديد احتياجات القطن من السماد الفسفاتي [9] والآزوت الكلّي بطريقة الهضم الرطب [8].

تربة التجربة غير مصنّفة، وغالباً تكون Calci Xerollic Xerochrept طينية خلال قطاع التربة. والجدول 1 يبيّن بعض الخواص الفيزيائية والكيميائية للتربة.

زُرع صنف القطن حلب 33 بمعدّل 80 كغ/هـ، في موعد الزراعة نفسه في 10 نيسان للأعوام (98–95) على خطوط بمسافة قدرها 75 سم بين الخطوط و 18 سم بين النباتات، وكثافة نباتية بمعدّل 70 000 حفرة/هـ. فُرِدت النباتات بعد اكتمال النمو إلى نباتين في الحفرة.

تألفت معاملات السماد الآزوتي لطريقة الري التسميدي من: $0(N_0)$، $60(N_1)$، $120(N_2)$، $180(N_3)$، $240(N_4)$ كغ N/هـ، أمّا القطن المروي بالطريقة السطحية فقد تمّ اختيار مستوى سمادي واحد (180 كغ N/هـ) المعتمد من قِبَل وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي. أُضيف السماد على شكل يوريا 46% على ثلاث دفعات (30% قبل الزراعة، 50% عند التفريد، و 20% قبل الإزهار). ومن ناحية أخرى، تمّ حقن الأسمدة الآزوتية لمحلول اليوريا 46% ضمن منظومة الري بالتنقيط كلّ ثالث سقاية لمعاملات الري التسميدي وبمعدّل ثماني دفعات متساوية لكل معاملة سمادية بوساطة حاقنة تناسبية من نوع Dosatron.

أُضيف السماد الفسفاتي وفقاً لمحتوى التربة من الفسفور المتاح، بحيث أضيف (80, 19, 19, 56, kg P_2O_5) لمواسم النمو 1995 – 1998 على التتالي.

تمّ تركيب منظومة الري التسميدي بعد إجراء كافة العمليات الزراعية، وزُرعت أنابيب قياس الرطوبة بمعدّل أنبوبين في كل وحدة تجريبية على بعد 25 و 12.5 سم من النقّاطات، وقد حُدِّد موعد الري عند استنزاف 20% من الماء المتاح في التربة أو عند 80% من السعة الحقلية.

بلغت مساحة الوحدة التجريبية لمعاملات الري التسميدي والسطحي 75 م^2، في كلّ وحدة 5 خطوط بطول 20 م وعرض 0.75 م، وقد بلغ العدد الكلّي للوحدات التجريبية 36 وحدة، وبلغ عدد النقّاطات على كلّ خط من خطوط الري التسميدي 50 نقّاطة، بمسافة قدرها 40 سم بين النقّاطة والأخرى وبتدفق قدره 4 ل/ سا.

أُضيفت مياه الري بشكلٍ متجانس، وقد سُجّلت كمّية مياه الري بوساطة عدّادين موصولين على خطوط الري، وكانت كمّية مياه الري المقدّمة لمعاملات الري التسميدي خلال مواسم النمو الأربعة 1995، 1996، 1997، 1998 كما يلي: 7.578، 4.768، 5.111، 5.445 م^3/هـ على التتالي.

تمّ حساب إنتاج المادة الجافة الكلّي (DM) عند مرحلة النضج الفيزيولوجي على أساس وزن المجموع الخضري فوق سطح التربة (إنتاج القطن المحبحب لم يدخل في إنتاج DM كونه حُسِب بشكلٍ منفصل)، وقد حُدِّد إنتاج القطن المحبحب من وحدات الإنتاج الثانوية لكلّ معاملة على حدة عند مرحلة الحصاد. قُطف القطن على دفعتين؛ الأولى في 17، 16، 22، 16 أيلول لمواسم نمو 1998، 1997، 1996، 1995 على التتالي، والثانية بعد 15 يوماً من الأولى. حُدِّد عدد الجوزات الكلّية، والمتفتحة ضمن وحدة مساحتها 1 م^2، ولجميع المعاملات المدروسة. كما حُدِّدت المواصفات التكنولوجية للألياف من خلال عيّنة عشوائية ممثلة لعشرين

الجدول 1– بعض الخواص الفيزيائية والكيميائية لتربة موقع التجربة.

العمق	pH	EC*	الفوسفور المتاح	كربونات الكالسيوم	OM**	السعة التبادلية للكاتيونات	الكاتيونات المتبادلة				قوام التربة
سم	1 :2.5	dS m^{-1}	جزئ بالمليون	%	%	ميلي مول/كغ	Mg^{++}	Ca^{++}	K^+	Na^+	
0 - 25	8	0.36	13.8	7.4	1.1	35.5	1.3	21.0	1.8	0.07	طيني
25 – 50	8	0.22	7.3	7.1	0.79	35.8	1.2	21.1	1.6	0.04	طيني
50 – 75	7.9	0.20	5.8	6.2	0.56	36.0	1.3	22.7	2.0	0.04	طيني
75 – 100	7.9	0.22	6.3	4.8	0.42	37.0	1.3	22.7	1.1	0.05	طيني

*: الناقلية الكهربائية. **: المادة العضوية.

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

جوزة متفتحة جُمعت من الوحدات التجريبية، وتمّ إجراء الاختبارات المناسبة عليها في مختبرات التيلة بمكتب القطن بحلب.

استُخدم تصميم القطاعات العشوائية الكاملة بستة مكرّرات، وقد خضعت مؤشرات إنتاج القطن المحبحب، وإنتاج المادة الجافة، المواصفات التكنولوجية للتيلة، ونسبة التبكير لاختبار تحليل التباين ANOVA، وفُصلت المتوسطات وفقاً لاختبار دنكن المتعدد المجالات عند مستوى ثقة 5% باستخدام برنامج Costat [10]. كما دُرس معامل الارتباط بين إنتاج القطن المحبحب والعدد الكلّي للجوزات والجوزات المتفتحة عند القطفة الأولى.

النتائج والمناقشة

يبيّن الجدول 2 تأثير التسميد الآزوتي وطرائق الري على إنتاج القطن المحبحب ونسبة التبكير لجميع مواسم النمو. يلاحظ من الجدول زيادة ملحوظة في إنتاج القطن المحبحب نتيجة زيادة كمّية السماد الآزوتي المضاف ضمن معاملات الري التسميدي. إذ بيّنت النتائج بوضوح وجود منحى نحو زيادة الإنتاج مع زيادة كمّية السماد الآزوتي المضاف لمواسم النمو الأربعة لمعاملة الري التسميدي بالتنقيط. وكان أعلى إنتاج للقطن المحبحب لمعاملات الري التسميدي لموسم نمو 1995 وأقلّها لموسم نمو 1996 وما بينهما لمواسم نمو 1997، 1998. وقد لوحظ المنحى نفسه لمعاملة الري السطحي. بلغ إنتاج القطن المحبحب لمعاملات الري التسميدي ما بين 4810 - 6058 لموسم نمو 1995، وما بين 4095 - 5561 لموسم نمو 1996، وما بين 4439 - 5364 لموسم نمو 1997 وما بين 4559 - 5389 كغ/هـ لموسم نمو 1998.

أظهرت نتائج تحليل التباين تفوّق إنتاج القطن المحبحب لمعاملات الري التسميدي على معاملة الري السطحي، حيث ازداد إنتاج القطن المحبحب لموسم نمو 1995 بنسبة 27, 47, 54, 60% للمعاملات N_1, N_2, N_3, N_4 على الترتيب مقارنةً مع معاملة الري بالتنقيط الشاهد (N_0)، أمّا في موسم 1996 فقد بلغت الزيادة في الإنتاج 25, 45, 54, 69% لمعاملات الري التسميدي المذكورة آنفاً مقارنةً مع الشاهد (N_0). ورغم أن إنتاج موسم 1997 اتّبع المنحى نفسه لكن نسبة الزيادة كانت أقل بسبب ارتفاع إنتاج المعاملة الشاهد (N_0) لهذا الموسم مقارنةً بالمواسم السابقة، وقد بلغت الزيادة 9, 32, 27, 29% نسبة للمعاملة الشاهد. وبمقارنة إنتاج معاملات الري التسميدي مع معاملة الري السطحي، فقد لوحظ أيضاً المنحى السابق نفسه، إذ بلغت نسبة الزيادة في إنتاج القطن المحبحب لموسم نمو 1995 39% 10, 27, 34, للمعاملات N_1, N_2, N_3, N_4 مقارنةً مع معاملة الري السطحي، في حين بلغت نسبة الزيادة في الإنتاج 24, 45, 54, 69% مقارنةً مع معاملة الري السطحي لموسم نمو1996. أمّا في موسم نمو 1997 فقد بلغت الزيادة 5, 27, 22, 23% للمعاملات N_1, N_2, N_3, N_4 على التالي مقارنةً بمعاملة الري السطحي. وفي موسم نمو 1998 بلغت نسبة الزيادة مقارنةً مع معاملة الري السطحي 15, 30, 23, 36% للمعاملات N_1, N_2, N_3, N_4. ومن خلال هذه النتائج نلاحظ الأثر الواضح لمواعيد إضافة السماد الآزوتي وطريقة إضافته وطرائق الري على إنتاج محصول القطن.

نسبة التبكير

حُسبت هذه النسبة على أساس وزن القطفة الأولى منسوباً إلى الإنتاج الكلّي للقطن المحبحب [11]، والجدول 2 يلخص نتائج نسبة التبكير لمواسم النمو الأربعة. يُلاحظ في موسم نمو 1995 أن المعاملة الشاهد (N_0) والمعاملة (N_1) وصلتا تقريباً إلى 85% من مرحلة النضج وبفارق معنوي

الجدول 2– استجابة القطن لمستويات التسميد الآزوتي وطرائق الري. إنتاج القطن المحبحب والتبكير

الري السطحي ←			الري التسميدي →			معدل إضافة السماد الآزوتي كغ/هـ	
LSD*	180	240	180	120	60	0	المؤشر المدروس
			1995				
195.7	3109 d	4712 a	4510 b	4358 b	4053 c	3228 d	القطفة الأولى
36.9	1253 b	1345 a	1326 a	1198 c	757 d	652 e	القطفة الثانية
1.2	72 c	78 b	78 b	79 b	84 a	85 a	نسبة التبكير
187.6	4362 e	6058 a	5837 b	5556 c	4810 d	3880 f	الإنتاج الكلي
			1996				
228	2505 e	4269 a	3873 b	3546 c	3278 d	2509 e	القطعة الأولى
137	786 b	1292 a	1186 a	1228 a	817 b	774 b	القطعة الثانية
3.3	76 b	77 ab	77 ab	74 b	80 a	77 ab	نسبة التبكير
175	3291 e	5561 a	5056 b	4774 c	4095 d	3283 e	الإنتاج الكلي
			1997				
307	3082 c	3943 a	3991 a	3993 a	3694 ab	3444 b	القطفة الأولى
235	1151 a	1280 a	1182 a	1730 a	746 b	615 b	القطفة الثانية
6	73 b	76 b	77 b	75 b	83 a	85 a	نسبة التبكير
200	4233 c	5223 a	5173 a	5364 a	4439 b	4059 c	الإنتاج الكلي
			1998				
370	3599 d	4740 a	4231 bc	4529 ab	4122 c	3572 d	القطفة الأولى
68	359 a	649 a	637 a	627 a	437 b	255 d	القطفة الثانية
1.6	91 b	88 c	87 c	88 c	91 b	93 a	نسبة التبكير
370	3958 d	5369 bc	4869 bc	5157 ab	4559 c	3827 d	الإنتاج الكلي

لا توجد فروقات معنوية بين المتوسطات المرفقة بالحرف نفسه ضمن الخط وفقاً لاختبار دنكن المتعدد المجالات عند مستوى ثقة 5%.

* = أقل فرق معنوي.

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

عن بقية معاملات الري التسميدي؛ في حين لم تُسجل أية فروقات معنوية بالنسبة لمؤشر التبكير بين المعاملات N_4، N_3، N_2، أمّا معاملة الري السطحي فقد تأثرت بشكلٍ واضح في نسبة التبكير وكان الفارق بينها وبين بقية معاملات الري التسميدي معنوياً عند درجة ثقة 5%. أمّا في موسم نمو 1996 فقد سلكت نسبة التبكير منحىً مغايراً، إذ لم تُسجل أية فروقات معنوية مابين معاملات الري التسميدي ومعاملة الري السطحي باستثناء المعاملة N_1 التي تفوّقت على معاملة الري التسميدي N_2 والري السطحي.

ويُعزى التغيّر في نسبة التبكير لهذا الموسم إلى إدارة الري، إذ تمّ تعديل عمق الجذور الفعّالة لهذا الموسم من 45 إلى 30 سم من الزراعة وحتى الإزهار، ومن 75 إلى 60 سم حتى نهاية الموسم، وهذا بالطبع أدّى إلى خفض كمّية مياه الري المضافة وخاصة لمعاملات الري التسميدي، وبالتالي حدّ من الفروقات في نسبة التبكير بين المعاملات.

أمّا في موسم نمو 1997 فتفوقت المعاملات N_0، N_1 على بقية معاملات الري التسميدي N_2، N_3، N_4 و السطحي (S)، في حين لم تُسجل أية فروقات معنوية ما بين المعاملات N_2، N_3، N_4 من جهة مع معاملة الري السطحي (S)من جهة ثانية ولكن لوحظ وجود فروقات ظاهرية ما بين جميع معاملات الري التسميدي مع معاملة الري السطحي، إذ أظهرت هذه المعاملة تأخراً بالنضج مقارنةً مع بقية معاملات الري التسميدي. هذا المنحى لم يُلاحظ في موسم نمو 1998، إذ تفوّقت معاملة الري السطحي والمعاملتان N_0، N_1 معنوياً على معاملات الري التسميدي N_2، N_3، N_4، كما أنه لم تُسجل أية فروقات معنوية بين هذه المعاملات الثلاث. وقد عُزي السبب في تغيّر منحى نسبة التبكير إلى الصيف الحار الذي سرّع من نضج محصول القطن مقارنةً بالمواسم السابقة وبالتالي أخفى الفروقات بين معاملات الري التسميدي والسطحي، وهذا ما تؤكده النتائج في الجدول 2. الشيء المهم في هذه النتائج أن طريقة الري التسميدي لم تسبب تأخر نضج محصول القطن بل أعطت في معظم الحالات نتائج أفضل من حيث نسبة التبكير بالمقارنة مع طريقة الري السطحي.

أمّا بالنسبة لإنتاج القطن المحبحب كتابع للعدد الكلّي للجوز/ م^2 وللجوزات المتفتحة/ م^2 على مدى مواسم النمو الأربعة، فقد بيّنت النتائج أن معامل الارتباط كان معنوياً وعالياً ما بين إنتاج القطن المحبحب طن/ هـ والعدد الكلّي للجوز والجوزات المتفتحة/م^2. وهذه النتائج كانت متوافقة مع نتائج سابقة للموضوع نفسه [12]، وقد تراوح معامل الارتباط ما بين 0.95 - 0.76 للعدد الكلّي للجوزات و 0.93 - 0.74 للجوزات المتفتحة (الجدول 3).

كما أظهرت نتائج تحليل التباين للعدد الكلّي للجوزات/ م^2، من وجهة نظر طرائق الري ومستويات التسميد الآزوتي ضمن معاملات الري التسميدي، فروقاً معنوية من حيث عدد الجوز/ م^2 مقارنةً بطريقة الري السطحي (الجدول 4). إذ ازداد عدد الجوز في وحدة المساحة بشكلٍ واضح مع زيادة معدّل إضافة السماد الآزوتي تحت ظروف الري التسميدي، كما أظهرت معاملات الري التسميدي زيادة معنوية في عدد الجوز في وحدة المساحة بالمقارنة مع طريقة الري السطحي ومن خلال هذه النتائج يمكن اقتراح النسبة ما بين 36 - 48 كغ لكلّ 1000 م^3 مياه ري/هـ للمحافظة على أعلى إنتاج لمحصول القطن تحت مثل هذه الظروف.

المادة الجافة

ازداد إنتاج المادة الجافة لموسم نمو 1995 مع زيادة معدّل إضافة السماد الآزوتي لمعاملات الري التسميدي مقارنةً بالمعاملة الشاهد (N_0). إذ بلغ إنتاج المادة الجافة 10.828, 16.517, 17.936, 20.885, 25.939 كغ/هـ للمعاملات N_0, N_1, N_2, N_3, N_4 على التتالي. إضافة إلى ذلك، فقد كان إنتاج جميع معاملات الري التسميدي أعلى من إنتاج معاملة الري السطحي (S) والتي حصلت على كمّية السماد الآزوتي نفسها وكمّية أكبر من مياه الري.

لم يسلك إنتاج المادة الجافة لموسم نمو 1996 المنحى نفسه كما في موسم 1995، وكان الإنتاج بشكلٍ عام أدنى من الموسم السابق. كما أن إنتاج المعاملة (N_2) كان أقل من إنتاج المعاملة (N_1) والذي عُزي إلى تأخر نضج هذه المعاملة بالذات لأسباب غير معروفة. أمّا في موسم نمو 1997 فقد سلك إنتاج المادة الجافة المنحى نفسه تقريباً لموسم نمو 1995، ولكن الفروقات بين جميع المعاملات - باستثناء المعاملة الشاهد (N_0) - كانت قليلة ولم تكن معنوية وفقاً لاختبار دنكن المتعدد المجالات. كذلك سجّلت

الجدول 3- معامل الارتباط لإنتاج القطن المحبحب، العدد الكلّي للجوزات والجوزات المتفتحة

موسم النمو	1995		1996		1997		1998	
	الجوزات الكلية/م^2	جوزات متفتحة/م^2	الجوزات الكلية/م^2	جوزات متفتحة/م^2	الجوزات الكلية/م^2	جوزات متفتحة/م^2	الجوزات الكلية/م^2	جوزات متفتحة/م^2
	معاملات الارتباط							
القطن المحبحب (كغ/هـ)	0.938	0.928	0.949	0.902	0.865	0.729	0.764	0.735
التقاطع	2732	2763	989.6	1038	3141.2	3352.5	2693.3	2802
الميل	19.5	22.6	28.4	34.1	13.3	14.7	16.5	18.9

الجدول 4- ملخص عن التحليل الإحصائي للعدد الكلّي للجوزات في وحدة المساحة (م2) منسوباً إلى طريقة الري ومعدّلات التسميد الآزوتي.

المعاملات	كغ N/هـ						
	0	60	120	180	240	(S) 180	LSD*
1995	64 e	114 c	135 b	146 b	177 a	82 d	15
1996	77 e	109 c	140 b	142 b	153 a	88 d	8
1997	75 d	109 c	148 ab	144 b	162 a	86 d	15
1998	74 e	100 c	137 b	146 b	156 a	90 d	10

لا توجد فروقات معنوية بين المتوسطات المرفقة بالحرف نفسه وفقاً لاختبار دنكن المتعدد المجالات عند مستوى ثقة 5%.
* = أقل فرق معنوي.

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

الجدول 5– استجابة القطن لمستويات التسميد الآزوتي وطرائق الري. إنتاج المادة الجافة.

معدل إضافة السماد الآزوتي كغ/هـ						
← الري التسميدي بالتنقيط						الري السطحي →
موسم النمو	0	60	120	180	240	180
1995	10828 c	16517 bc	17936 bc	20885 ab	25939 a	15817 bc
1996	7163 d	14486 b	12062 bc	19357 a	19045 a	8901 cd
1997	9405 b	19135 a	19832 a	18714 a	19848 a	16281 a
1998	10671 c	15944 ab	19748 a	18704 a	17845 ab	13954 bc
المتوسط	9517	16521	17395	19415	20669	13738

لا توجد فروقات معنوية ما بين المتوسطات المتبوعة بالحرف نفسه وفقاً لاختبار دنكن المتعدد المجالات عند مستوى ثقة 5%.

معاملات الري التسميدي تفوقاً معنوياً وظاهرياً على معاملة الري السطحي لموسم نمو 1998 مع ملاحظة انخفاض إنتاج المعاملتين N_3، N_4، ومع ذلك بقي الاتجاه العام نحو زيادة إنتاج المادة الجافة نتيجة إدخال تقنية الري التسميدي مقارنةً بالري السطحي.

المواصفات التكنولوجية للألياف

يبيّن الجدول 6 تأثير معدّلات التسميد الآزوتي وطرائق الري على المواصفات التكنولوجية للألياف لمواسم النمو الأربعة المدروسة. أظهرت النتائج عدم تأثر المواصفات التكنولوجية للألياف سلباً بمعدّلات التسميد وطرائق الري. وفي بعض الحالات لوحظت استجابة إيجابية نحو تحسّن المواصفات التكنولوجية نتيجة إدخال تقنية الري التسميدي، ولم تتأثر في الواقع أيٌّ من المواصفات المذكورة نتيجة إضافة مستويات عالية نسبياً من السماد الآزوتي كما اقتُرح سابقاً [13].

النتيجة الهامة في هذا الموضوع أن تقنية الري التسميدي أثّرت بشكل إيجابي في معظم الحالات على المواصفات التكنولوجية للألياف ولم يكن لها أي وقع سلبي على أية مواصفة من مواصفات الألياف بالمقارنة مع طريقة الري السطحي. كذلك لوحظ وجود بعض الاختلافات ما بين مواسم النمو، وهذا بالطبع مردّه إلى الاختلافات الموسمية.

الاستنتاجات

أعطت نتائج هذا البحث معلومات داعمة لتبنّي تقنية الري التسميدي في مثل هذه المنطقة حيث ندرة وغلاء المياه. إذ بيّنت النتائج المتحصل عليها من خلال هذا العمل أن طريقة الري التسميدي تؤدي إلى الاستخدام الأمثل للموارد الطبيعية المتاحة لزيادة إنتاج محصول القطن والمادة الجافة وتحسين بعض المواصفات التكنولوجية للألياف، إضافة إلى الوفر في مياه الري. ونتائج هذا البحث تشير إلى أنه يمكن زيادة إنتاج القطن المحبب حتى أكثر من 50%، كما في المعاملة N_4، وفي معظم الأحيان ما بين 39% - 25 مقارنةً مع الري السطحي خلال مواسم النمو المدروسة. كما لوحظت زيادة كبيرة في إنتاج المادة الجافة تجاوزت في بعض الحالات 100% من إنتاج المادة الجافة لمحصول القطن المروي بطريقة الري السطحي، ومثال على ذلك نتائج عام 1996 ما بين معاملة الري التسميدي N_3 والري السطحي. إضافة إلى ذلك، أدّت تقنية الري التسميدي إلى وفر في مياه الري تجاوز في بعض الحالات 50%.

الجدول 6– العلاقة ما بين معدّلات التسميد الآزوتي وطرائق الري مع المواصفات التكنولوجية لألياف القطن.

معدل إضافة السماد الآزوتي كغ/هـ							
← الري التسميدي بالتنقيط						الري السطحي →	
المعاملة	0	60	120	180	240	180	LSD*
1995							
نسبة الخليج	41.2 ab	42.2 a	39.6 b	39.3 b	39.6 b	39.3 b	2.2
الطول	1138 a	1144 a	1170 a	1165 a	1129 a	1133 a	43
نسبة التماثل	56.4 a	56.3 a	55.0 a	56.8 a	56.9 a	56.0 a	2.75
المتانة (برسلي)	9.1 a	9.2 a	9.4 a	9.0 a	9.4 a	9.1 a	0.61
المتانة (سنتيموتر)	24.6 ab	24.6 ab	25.6 ab	24.9 ab	26.3 a	24.1 b	1.57
الاستطالة	5.0 a	5.2 a	4.9 a	5.1 a	4.7 a	4.9 a	0.61
النعومة	4.3 a	4.4 a	4.3 a	4.5 a	4.6 a	4.3 a	0.33
نسبة النضج	71.0 a	72.9 a	70.3 a	73.4 a	73.9 a	72.8 a	4.5
1996							
نسبة الخليج	41.8 a	40.6 a	41.0 a	40.6 a	40.5 a	40.5 a	1.6
الطول	1197 a	1152 b	1159 b	1156 b	1145 b	1145 b	25.1
نسبة التماثل	59.0 a	58.8 a	58.9 a	59.8 a	60.1 a	59.3 a	1.44
المتانة (برسلي)	9.7 a	10.0 a	9.8 a	9.9 a	9.8 a	10.0 a	0.31
المتانة (سنتيموتر)	25.9 abc	25.3 bc	24.8 c	27.7 abc	26.6 a	26.0 ab	1.06
الاستطالة	5.4 a	5.0 b	5.0 b	5.1 b	5.1 b	5.0 b	0.20
النعومة	4.3 b	4.3 b	4.5 ab	4.6 ab	4.8 a	4.8 a	0.32
نسبة النضج	78.3 b	81.8 a	81.0 a	81.5 a	81.4 a	83.2 a	2.3
1997							
نسبة الخليج	41.4 a	41.1 a	41.0 a	40.5 a	41.6 a	40.8 a	1.6
الطول	1187 a	1183 a	1184 a	1191 a	1161 a	1155 a	32.5
نسبة التماثل	54.4 a	59.3 a	58.4 a	59.4 a	58.3 a	58.7 a	4.8
المتانة (برسلي)	10.0 a	10.0 a	9.8 a	10.0 a	9.3 a	9.8 a	0.68
المتانة (سنتيموتر)	26.0 c	26.1 bc	26.5 abc	27.7 ab	26.3 bc	28.0 a	1.5
الاستطالة	5.5 a	5.6 a	6.1 a	6.0 a	5.4 a	5.8 a	0.83
النعومة	4.7 a	4.6 a	4.8 a	4.7 a	4.8 a	4.8 a	0.17
نسبة النضج	92.0 a	88.0 a	91.0 a	89.0 a	89.0 a	93.0 a	7.4
1998							
نسبة الخليج	37.6 a	40.2 a	39.0 a	38.4 a	37.7 a	38.3 a	2.4
الطول	1166 ab	1164 ab	1176 a	1147 ab	1160 ab	1117 b	47.0
نسبة التماثل	57.0 a	56.0 a	57.9 a	58.0 a	57.1 a	56.8 a	2.0
المتانة (برسلي)	10.4 a	10.0 a	10.4 a	10.2 a	10.5 a	10.1 a	0.90
المتانة (سنتيموتر)	26.7 a	27.3 a	29.2 a	27.2 a	27.5 a	28.5 a	2.80
الاستطالة	4.6 a	5.1 ab	5.0 ab	5.2 b	5.0 ab	4.9 ab	0.50
النعومة	4.1 a	4.6 a	4.7 a	4.7 a	4.7 a	4.7 a	0.31
نسبة النضج	86.0 a	88.0 a	87.0 a	86.0 a	83.0 a	86.0 a	8.10

لا توجد فروقات معنوية ما بين المتوسطات المتبوعة بالحرف نفسه وفقاً لاختبار دنكن المتعدد المجالات عند مستوى ثقة 5%.
* = أقل فرق معنوي.

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

REFERENCES المراجع

[1] Grimes, D. W.; Yamada, H.; Dickens, W. L. Functions for Cotton (Gossypium hirsutum L.) Production from Irrigation and Nitrogen Fertilization Variables: I. Yield and Evapotranspiration . Agron. J. 1969, 61, 769-773.

[2] Miller, G.D.; Anderson, J.C.; Farmers Incentives to Reduce Groundwater Nitrates, July 21-23 ASCE Conference Proceedings: Park City, UT, 1993, 707-714.

[3] Papadopoulos, I. Phosphorus Fertigation of Trickle-Irrigated potato. Fert. Res. 1992, 31 (1), 9-13.

[4] Mauney, J.R.; Henderix, D.L. Responses of Glasshouse-Grown to Irrigation with CO_2-Saturated Water. Crop. Sci. 1988, 28 (5) , 835-838.

[5] Smith, R .B.; Oster, J. D.; Phene, J.C. Subsurface Drip Irrigation Produced Highest Net Return in Wasteland Area Study. Calif. Agric. 1991, 45 (2), 8-10.

[6] Radin, J.W.; Reaves, L.L.; Mauney, J. R.; French, O. F. Yield Enhancement in Cotton by Frequent Irrigation During Fruiting. Agron. J. 1992, 84 (4), 551-557.

[7] Ibrahim, M. A. M.; El Sirafy, Z. M.; El Gohary, S. A.; Willardson, L. S. Interactive Effect of Irrigation and Nitrogen Fertilization on Cotton, Soil, and Groundwater Nitrogen. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 1997, 28 (1&2), 173-187.

[8] Bremner, J. M.; Mulvaney, C.S. Nitrogen Total. Methods of Soil Analysis, Part 2; Soil Science Society of America: Madison, WI, 1982, 595-624.

[9] Olsen, S. R.; Sommers, L. E. Phosphorus. Methods of Soil Analysis, Part 2; Soil Science Society of America: Madison, WI, 1982, 403-430.

[10] CoStat. CoHort Software; WordStar International, Inc.: Minneapolis, MN, 1995.

[11] Richmond, T. R.; Radwan, S. R. Comparative Study of Seven Methods of Measuring Earliness of Crop Maturity in Cotton. Crop Sci. 1962, 2, 397-400.

[12] Morrow, R. M.; Krieg, D. R. Cotton Management Strategies for Short Growing Season Environment: Water - nitrogen Considerations. Agron. J. 1990, 82 (1), 52 - 56.

[13] Tisdale, S.L.; Nelson, W.L.; Beaton, J.D. Elements Required in Plant Nutrition. Soil Fertility and Fertilizers, 4th Ed.; Collier Macmillan. London, 1985, 59-61.■

☆ ★ ☆

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

أداء محصول القطن المزروع تحت ظروف الري السطحي والري التسميدي بالتنقيط

II. الكفاءة الحقلية لمياه الري وتوزع المادة الجافة★

د. مصدق جانات
قسم الزراعة - هيئة الطاقة الذرية - ص.ب 6091 - دمشق - سورية.
د. جورج صومي
وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي - مديرية الري واستعمالات المياه - دمشق - سورية.

ملخص

تُعدّ طريقة الري التسميدي بالتنقيط العامل الأساسي في الزراعات المروية الحديثة، حيث أن مياه الري والأسمدة هما من أكثر دخول (inputs) طريقة الري التسميدي تكلفة. أُجريت تجارب اختبار طريقة الري التسميدي على محصول القطن (Gossypium hirsutum L) في حماة (محطة بحوث الري – تيزين) لمدة أربع سنوات متتالية (1995-1998). زُرع الصنف المعتمد في المنطقة (حلب 33) بعد ذرة صفراء غير مسمّدة بهدف استنزاف أكبر قدر ممكن من السماد الآزوتي المتبقي والإقلال ما أمكن من التغيرات الحقلية وذلك في الوحدات التجريبية وفقاً للمعاملات المختبرة، وتمّ الري بعد الزراعة مباشرة. تألفت المعاملات المدروسة من طريقتين للري، الري التسميدي بالتنقيط والري السطحي إضافة إلى خمسة مستويات تسميد آزوتي لطريقة الري التسميدي (N0=0، N1=60، N2=120، N3=180، N4=240كغN/هـ)، في حين اختُبرت معاملة سماد آزوتي واحدة لطريقة الري السطحي 180 كغN/هـ وفقاً لتوصيات وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي. صُمّمت التجربة وفقاً لتصميم القطاعات العشوائية الكاملة بستة مكرّرات.

الكلمات المفتاحية: محصول القطن، الري السطحي، الري التسميدي بالتنقيط، وفر في المياه، الكفاءة الحقلية لمياه الري.

أظهرت تقنية الري التسميدي وفراً كبيراً في مياه الري وتحسّناً في الكفاءة الحقلية لمياه الري. علاوة على ذلك، إنّ زيادة معدّل السماد الآزوتي تحت ظروف الري التسميدي نجم عنها زيادة ملحوظة في إنتاج المادة الجافة. كانت الفائدة الأساسية من تطبيق تقنية الري التسميدي هي الزيادة في الكفاءة الحقلية لمياه الري المنسوبة إلى إنتاج المادة الجافة والقطن المحبحب والتي ازدادت بمعدّل تجاوز الثلاثة أمثال في بعض الحالات مقارنة بطريقة الري السطحي. وكانت أعلى كفاءة لإضافة ماء الري لطريقة الري التسميدي لمعاملات السماد الآزوتي 240 و 180 كغN/هـ في موسم نمو 1995 و 1996 وللمعاملة 120 كغN/هـ في موسم نمو 1997 و 1998. اختلف إنتاج المادة الجافة وتوزعها على الأنسجة النباتية مع اختلاف معدّلات إضافة السماد الآزوتي وطريقة الري. وبشكلٍ عام، توزعت المادة الجافة المنتَجة على الأنسجة النباتية المختلفة لمعاملات الري التسميدي كما يلي: 20.3-21.3% في الفروع، و26.3-28.7% في الأوراق و 50-53.2% في المكوّنات الثمرية. توزعت المادة الجافة المنتَجة لمعاملة الري السطحي كما يلي: 23.1% في الفروع، و28.3% في الأوراق و48.6% في المكوّنات الثمرية. انخفضت نسبة الأنسجة الثمرية إلى الخضرية مع زيادة معدّل إضافة السماد الآزوتي لطريقة الري التسميدي، في حين تجاوز الوفر في مياه الري ما نسبته 35% نتيجة إدخال تقنية الري التسميدي بالتنقيط مقارنة بطريقة الري السطحي لمحصول القطن المزروع ضمن الظروف نفسها.

مقدمة

نتيجة الازدياد في عدد السكان والنقص الكبير في مصادر المياه في سورية [1]، أصبح لزاماً علينا إعادة النظر في آلية توزيع حصص المياه ما بين القطاعات المستفيدة، حيث من المتوقع أن تزداد المنافسة بشكلٍ حاد مابين هذه القطاعات. وبما أن حصة القطاع الزراعي من المياه هي الأكبر، فمن الضروري اتخاذ تدابير إضافية ضمن هذا القطاع لترشيد استخدام مياه الري والمحافظة على المصادر المائية وزيادة كفاءة استخدام المياه. ويكمن الحلّ الوحيد القابل للتطبيق لزيادة كفاءة مياه الري وبالمحصلة ترشيد استخدام المياه، في إدخال تقنيات الري الحديث بعد التأكد من العائدية الاقتصادية والدليل العلمي [2]. كما أن أي منظومة زراعية لا تأخذ بعين الاعتبار التكامل ما بين طرائق الري والأسمدة الآزوتية المضافة سوف تنتهي حتماً بمردود منخفض من حيث كفاءة استخدام المياه والأسمدة الآزوتية. هذا التكامل تحققه بشكلٍ جيد طريقة الري التسميدي التي أُدخلت حديثاً إلى سورية، ومن المتوقع أن تكون طريقة واعدة لترشيد استخدام مياه الري والأسمدة بالنسبة للمحاصيل الاقتصادية مثل: القطن،

★ نُشرت ورقة البحث هذه في مجلة *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 32 (2001).

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

البطاطا، البندورة وبعض محاصيل الخضار ضمن الزراعات المحمية. ومن مزايا الري التسميدي: الحدّ من فَقْد المياه والمغذيات النباتية [3،4،5] الإقلال من استخدام التربة كمخزن لمياه الري والعناصر الغذائية [6]، زيادة الإنتاج وكفاءة استخدام المياه [7]. وعلى ما يبدو، إنَّ تقنية الري التسميدي هي من أفضل التقنيات المتاحة والتي تأخذ بعين الاعتبار التوازن ما بين الماء والعناصر الغذائية للوصول إلى أفضل مردود لمحصول القطن في سورية. تبلغ المساحة المزروعة بالقطن في سورية حوالي 275.000 هكتار كلّها مروية بطريقة الري السطحي [8]. إنَّ إدخال تقنية للري، مثل الري التسميدي، سوف يساعد كثيراً على استدامة زراعة محصول القطن الاستراتيجي إضافة إلى الحفاظ على المصادر المائية.

انصبت الاهتمامات على إنتاج المادة الجافة وتوزعها على الأنسجة النباتية المختلفة لمحصول القطن المروي بطريقة الري السطحي [9،10،11،12]. ولكن حتى الآن لم تجر أية محاولة لتقييم إنتاج المادة الجافة وتوزعها على الأنسجة النباتية المختلفة لمحصول القطن المروي بطريقة الري التسميدي بالتنقيط. و وفقاً لـ [10]، فإنَّ توزع إنتاج المادة الجافة لمحصول القطن المروي بالطريقة التقليدية على الأنسجة النباتية المختلفة كان كما يلي: 23.1% في الفروع، و17.4% في الأوراق و 59.5% في المكوّنات الثمرية، في حين بيّنت نتائج [11] توزعاً مختلفاً، حيث توزع 35% على الفروع، 18.5% على الأوراق و 46.5% على المكوّنات الثمرية.

هدف هذا البحث أساساً إلى:

(1) دراسة الكفاءة الحقلية لمياه الري تحت ظروف الري السطحي والري التسميدي بالتنقيط.

(2) وصف توزع إنتاج المادة الجافة لمحصول القطن على الأجزاء الرئيسية للنبات عند مرحلة النضج الفيزيولوجي.

المواد والطرائق

أُجريت هذه الدراسة لمدة أربع سنوات في محطة بحوث الري في تيزين التابعة لوزارة الزراعة والإصلاح الزراعي (مديرية الري) بالقرب من مدينة حماة (36.45 E, 35.8 N) في مواسم نمو 1995-1998. ويبيّن الجدول 1 مثالاً عن جدولة الري والتسميد.

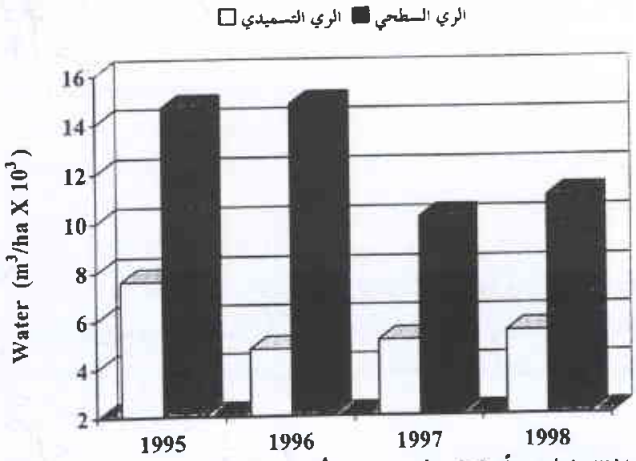
جُمعت عيّنات نباتية للقسم الخضري الموجود فوق سطح التربة (4 نباتات لكلّ عيّنة) من جميع القطع التجريبية عند مرحلة النضج الفيزيولوجي في كلّ موسم من مواسم النمو الأربعة وذلك بقطع النبات من الفرع الرئيسي تحت عقدة النمو الأولى. فُصلت العيّنات النباتية مباشرة إلى مكوّناتها الرئيسية: فروع، وأوراق، ومكوّنات ثمرية (براعم زهرية، أزهار متفتحة، جوزات غير ناضجة وجوزات ناضجة، غلاف الجوزة، ألياف وبذور). وزنت الجوزات الناضجة مع بقية المكوّنات الثمرية. وقد تمّ استعمال معطيات المادة الجافة من القسم I [13] لاشتقاق المعطيات المتعلقة بتوزع المادة الجافة في هذه النشرة.

حُسب إنتاج المادة الجافة الكلّية من مجموع إنتاج الأجزاء النباتية ومن ثمّ تمّ حساب نسبة الأجزاء الثمرية إلى الأجزاء الخضرية. وقد خضعت جميع النتائج إلى اختبار تحليل التباين وفصل المتوسطات باستخدام نظام الـ Costat [14]. الكفاءة الحقلية لمياه الري E_f منسوبة إلى مياه الري الكلّية (الإنتاج منسوباً إلى مياه الري الكلّية). هذا المؤشر في الواقع يعكس خصائص طرائق الري المستخدمة في هذه الدراسة، إذ يُعدّ مؤشراً هاماً جداً يشير إلى الأداء النسبي لطرائق الري ومعدّلات التسميد الآزوتي المختلفة كما في هذه الدراسة. إضافة إلى ذلك، تمّ حساب الكفاءة الحقلية لمياه الري منسوبة إلى إنتاج القطن المحبحب (E_{fy}) والمادة الجافة (المجموع الخضري - القطن المحبحب) E_{fd} والسبب في ذلك هو الأهمية البالغة للمادة الجافة لهذا المحصول، إذ تُشكّل أيضاً مؤشراً هاماً لأداء محصول القطن وعاملاً أساسياً كعلف حيواني لدى مزارعي القطن. حيث أن مخلّفات محصول القطن بعد الحصاد هي المادة العلفية الخضراء الوحيدة المتوفرة للحيوانات في هذا الوقت من العام، وتُشكّل دخلاً إضافياً سريعاً للمزارعين. وبناءً على ذلك فإنَّ أية زيادة في إنتاج المادة الجافة مع المحافظة على كمّية مياه الري المضافة نفسها ستؤدي إلى زيادة الكفاءة الحقلية لمياه الري E_{fd} وستنعكس إيجابياً في زيادة الدخل. لمزيد من المعلومات عن الموقع ومنهجية العمل يرجى مراجعة القسم الأول [13].

النتائج والمناقشة

مياه الري

يبيّن الشكل 1 الكمّيات الكلّية لمياه الري المضافة لمحصول القطن خلال مرحلة هذه الدراسة. اختلفت الكمّية الكلّية لمياه الري المضافة من موسم لآخر، وكانت أكبر كمّية مياه ري (14,739 م^3/هـ) في موسم نمو 1996 وأقلّها (10,124 م^3/هـ) في موسم نمو 1997 لمحصول القطن المروي بطريقة الري السطحي. في حين بلغت أكبر كمّية مياه ري أضيفت لمحصول القطن المروي بطريقة الري التسميدي 7.578 م^3/هـ في موسم نمو



• غلّة المادة الجافة طن/هـ (غلّة القطن المحبحب غير مأخوذة بالاعتبار).

موسم النمو	1995	1996	1997	1998
طريقة الري	كمية مياه الري المضافة م^3/ هـ			
الري التسميدي	7578	4768	5111	5445
الري السطحي	14630	14739	10124	10944

الشكل 1- الكمّية الكلّية لمياه الري المضافة لمحصول القطن المروي بطريقة الري التسميدي و السطحي.

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

الجدول 1- جدول إضافة مياه الري و السماد،1995

التاريخ	كمية الماء المضاف م^3/هـ	الري السطحي	موعد إضافة السماد	كمية الماء المضاف م^3/هـ	الري بالتنقيط	موعد إضافة السماد
10/4/95	981	✓	✓	195	✓	
17/4/95	490	✓				
27/4/95				142	✓	✓
7/5/95				142	✓	
9/5/95	514	✓				
16/5/95				142	✓	✓
18/5/95	515	✓				
23/5/95				144	✓	
27/5/95	499	✓	✓	145	✓	
3/6/95				143	✓	✓
5/6/95	485	✓				
10/6/95				141	✓	
13/6/95	603	✓				
16/6/95				147	✓	
21/6/95	493	✓		140	✓	✓
27/6/95	485	✓	✓	144	✓	
3/7/95				510	✓	
4/7/95	870	✓				
8/7/95				496	✓	✓
10/7/95	867	✓				
14/7/95				487	✓	
17/7/95	874	✓				
20/7/95				493	✓	
23/7/95	853	✓				
26/7/95				495	✓	✓
31/7/95	856	✓				
1/8/95				498	✓	
8/8/95	880	✓		495	✓	
13/8/95				495	✓	✓
14/8/95	864	✓				
19/8/95				505	✓	
20/8/95	878	✓				
24/8/95				489	✓	✓
26/8/95	878	✓				
29/8/95				498	✓	
31/8/95	877	✓				
5/9/95				492	✓	
7/9/95	869	✓				
المجموع	14630	20	3	7578	23	8

1995 وأقلّها (4.768 م^3/هـ) في موسم نمو 1996، والجدول 1 يبيّن مثالاً على جدولة الري والتسميد. يبدو أن محصول القطن المروي بطريقة الري السطحي قد استهلك تقريباً ضعف كمّية مياه الري التي استهلكها محصول القطن المروي بطريقة الري التسميدي خلال مواسم النمو الأربعة، وهذا يشير إلى وجود هدر كبير في مياه الري نتيجة استخدام طريقة الري السطحي. في حين أدّى استخدام طريقة الري التسميدي إلى وفر في مياه الري وصل إلى 7.502، 9.971، 5.013، 5.499 م^3/هـ لمواسم نمو 1995، 1996، 1997، 1998 على التالي مقارنة بطريقة الري السطحي لمواسم النمو نفسها.

الكفاءة الحقلية لمياه الري

رغم أن الظروف المناخية صيفاً في حماة متجانسة نسبياً، إلاّ أنّ الاحتياجات المائية الكلّية عبر مواسم النمو مختلفة تماماً، وهذا يتبيّن بوضوح من خلال كمّية مياه الري المضافة خلال مواسم النمو أثناء فترة الدراسة. يبيّن الجدول 2 متوسط قيم الكفاءة الحقلية لجميع المعاملات المدروسة خلال فترة الدراسة. بلغت الكفاءة الحقلية لمياه الري محسوبة على أساس المادة الجافة E_{fd} لمعاملات الري التسميدي للقطن خلال مواسم النمو الأربعة ما بين 3.42-2.18 لموسم نمو 1995، وما بين 4.06-3.04 لموسم نمو 1996، في حين بلغت قيم هذا المؤشر ما بين 3.90-3.74 في موسم نمو 1997، أمّا في موسم نمو 1998 فقد تمحورت قيم هذا المؤشر ما بين 3.63-2.93 كغ/م^3. ومقارنة مع القطن المروي بالطريقة السطحية فإنّ قيمة مؤشر الكفاءة الحقلية لمياه الري تراوحت على مدى أربعة مواسم نمو ما بين 1.61-0.60 كغ/م^3. يبدو بوضوح من خلال هذه النتائج ($\sigma=0.05$) وجود فروقات معنوية ما بين الكفاءة الحقلية لمياه الري على مدى السنوات الأربع نتيجة طرائق الري المختبرة. إذ بلغت أعلى قيمة لـ E_{fd}(4.06) لمعاملة الري التسميدي لمحصول القطن في موسم نمو 1996، في حين لم تتجاوز قيمة E_{fd} للموسم نفسه لمحصول القطن المروي بالطريقة السطحية 0.60 كغ/م^3.

أضف على ذلك أنّ جميع معاملات الري التسميدي أظهرت تفوقاً بدلالة معنوية في الكفاءة الحقلية لمياه الري E_{fd} وفي جميع مواسم النمو مقارنة مع معاملة الري السطحي، التي استهلكت بالمقابل كمّيات أكبر من مياه الري، مما يشير إلى فَقْد قسم من مياه الري نتيجة ممارسة طريقة الري السطحي. وفي الوقت نفسه أظهرت طريقة الري التسميدي بالتنقيط أداءً أفضل وإنتاجاً أعلى. كذلك يُلاحَظ من النتائج أن حقن الأسمدة الآزوتية مع مياه الري أدّى إلى زيادة الكفاءة الحقلية لمياه الري، وهذا يعكس الأثر المشترك لطريقة الري وحقن الأسمدة الآزوتية على قيمة هذا المؤشر مما يدعو للاستنتاج أنه لتحسين الكفاءة الحقلية لمياه الري لا بُدَّ من إدارة جيدة تعمل على ترشيد استخدام مياه الري والأسمدة معاً. كذلك يُلاحَظ من الجدول 2 قيم الكفاءة الحقلية لمياه الري E_{fd} محسوبة على أساس إنتاج القطن المحبب (كغ/م^3). يُلاحَظ أن طريقة الري التسميدي بالتنقيط كان لها أثرٌ واضحٌ على زيادة قيمة كفاءة إضافة مياه الري لمعاملة الري التسميدي N_4(1.17) في موسم نمو 1996، في حين قابلها 0.22 كغ/م^3 لمعاملة الري السطحي في موسم النمو نفسه. تراوحت قيم الكفاءة الحقلية E_{fy} خلال مرحلة الدراسة لمعاملات الري التسميدي لمحصول القطن ما بين 0.64 - 0.80 لموسم النمو 1995، وقد لوحظ المنحى نفسه خلال مواسم نمو 1996، 1997، 1998. ومقارنة بطريقة الري السطحي، لم تتجاوز الكفاءة الحقلية 0.42 وتراوحت ما بين 0.22 - 0.42 كغ/م^3. علاوة على ذلك، لوحظ في معظم الحالات تحسّن واضح في قيمة مؤشر الكفاءة الحقلية لمياه الري (E_{fy}) مع زيادة كمّية السماد الآزوتي المضاف لمعاملات الري التسميدي وكانت الكفاءة الحقلية E_{fy} أعلى

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

الجدول 2- الكفاءات الحقلية لاستخدام مياه الري كتابع لإنتاج القطن المحبحب والمادة الجافة.

فصل النمو	1995		1996		1997		1998	
N/kg/ha	E_{fd}* kg/m³	DM** t /ha	E_{fd} kg/m³	DM t /ha	E_{fd} kg/m³	DM t /ha	E_{fd} kg/m³	DM t /ha
0	1.43 cd	10.8 c	1.50 c	7.2 d	1.84 b	9.4 b	1.96 b	10.7c
60	2.18 bc	16.5 bc	3.04 b	14.5 b	3.74 a	19.1 a	2.93 a	15.9ab
120	2.37 bc	17.9 bc	2.53 b	12.1 bc	3.90 a	19.8 a	3.63 a	19.8a
180	2.76 ab	20.9ab	4.06 a	19.4 a	3.70 a	18.7 a	3.44 a	18.7a
240	3.42 a	25.9 a	4.00 a	19.1 a	3.90 a	19.9 a	3.28 a	17.9ab
S (180)	1.08 d	15.8 bc	0.60 d	8.9 cd	1.61 b	16.3 a	1.28 b	14.0bc
لا يوجد فروقات معنوية ما بين المتوسطات المتبوعة بنفس الحرف وفقاً لاختبار دنكن متعدد المجالات عند مستوى ثقة 5%.								
N/kg/ha	Efy*** kg / m3	Seed cotton t /ha	Efy kg / m3	Seed cotton t /ha	Efy kg / m3	Seed cotton t /ha	Efy kg / m3	Seed cotton t /ha
0	0.50 e	3.8 f	0.69 e	3.3 e	0.79 c	4.1 c	0.70 d	3.8 d
60	0.64 d	4.8 d	0.86 d	4.1 d	0.87 b	4.4 b	0.84 c	4.6 c
120	0.73 c	5.6 c	1.00 c	4.8 c	1.05 a	5.4 a	0.95 ab	5.2 ab
180	0.77 b	5.8 b	1.06 b	5.1 b	1.01 a	5.2 a	0.90 bc	4.9 bc
240	0.80 a	6.1 a	1.17 a	5.6 a	1.02 a	5.2 a	0.99 a	5.4 a
S (180)	0.30 f	4.4 e	0.22 f	3.3 e	0.42 d	4.2 c	0.36 e	4 d

لا توجد فروق معنوية ما بين المتوسطات المتبوعة بالحرف نفسه وفقاً لاختبار دنكن كتعدد المجالات عند مستوى ثقة 5%.

* الكفاءة الحقلية لإضافة مياه الري على أساس المادة الجافة (الإنتاج/الكمية الكلّية لمياه الري)، من أجل غلّة المادة الجافة، إنتاج المادة الحية فوق سطح التربة - القطن المحبحب.

** إنتاج المادة الجافة طن/هـ (لا تشمل إنتاج القطن المحبحب).

*** الكفاءة الحقلية لمياه الري للقطن المحبحب.

بالنسبة لمعاملات الري التسميدي مقارنة مع الري السطحي. وقد عُزي السبب في الزيادة الكبيرة في كفاءة مياه الري E_{fd} و E_{fy} لمعاملات الري التسميدي إلى جدولة وإدارة أفضل للري والمياه، إضافة إلى تحسين كفاءة الأسمدة الآزوتية المضافة.

إنتاج المادة الجافة وتوزعها

يبيّن الجدول 3 المتوسط الكلّي لإنتاج المادة الجافة للأجزاء الثمرية والخضرية عند مرحلة النضج الفيزيولوجي لمواسم النمو الأربعة، إضافة إلى متوسط إنتاج المادة الجافة وتوزعها على الأجزاء النباتية المختلفة لكل موسم نمو على حدة لمعاملات الري التسميدي و الري السطحي (الجدول 4).

الجدول 3- متوسط السنوات الأربع لإنتاج المادة الجافة وتوزعها على الأنسجة النباتية المختلفة لنبات القطن.

كغ N/ هـ	0	60	120	180	240	S (180)
*DM طن/هـ	9.5	16.5	17.4	19.7	20.7	13.8
سوق %	19.4	20.5	20.3	21.3	21.3	23.1
أوراق %	29.2	26.3	27.3	28.2	28.7	28.3
مكونات ثمرية %	51.4	53.2	52.4	50.5	50.0	48.6

تراوح متوسط إنتاج المادة الجافة لمعاملات الري التسميدي ما بين 16.5 طن/هـ للمعاملة N_1 و 20.7 طن/هـ لمعاملة الري التسميدي N_4، توزعت على الأجزاء النباتية المختلفة كما يلي: الفروع ما بين 20.3% للمعاملة N_2 و21.3% للمعاملتين N_3 و N_4، الأوراق ما بين 26.3% للمعاملة N_3 و 28.7% للمعاملة N_4، المكوّنات الثمرية ما بين 50% للمعاملة N_4 و 53.2% للمعاملة N_1. وبالمقارنة مع نتائج توزع المادة الجافة على الأنسجة النباتية المختلفة لمحصول القطن المروي بطريقة الري السطحي نلاحظ أن متوسط إنتاج المادة الجافة بلغ 13.8 طن/هـ توزعت على الشكل التالي: الفروع 23.1% ، الأوراق 28.3%، المكوّنات الثمرية 48.6%، في حين كان متوسط إنتاج المادة الجافة لمعاملة الري بالتنقيط الشاهد (N_0) 9.5 طن/هـ توزعت كما يلي: الفروع 19.4%، الأوراق 29.2%، المكوّنات الثمرية 51.4%. هذه النتائج جاءت متوافقة مع نتائج سابقة حصل عليها [10] ولكنها إلى حدٍّ ما مغايرة لنتائج الموضوع نفسه (ذَكَرَها) [11].

النتيجة غير المتوقعة في هذه الدراسة، كانت الفرق الكبير في إنتاج المادة الجافة (20.7-16.5 طن/هـ) مقارنة بنتائج أبحاث سابقة أجريت على أصناف مختلفة لمحصول القطن. ووفقاً لـ [10]، فقد بلغ إنتاج المادة الجافة لمحصول القطن المدروس ما بين 6.9 - 8.9 طن/هـ في حين وصل متوسط إنتاج المادة الجافة لأربعة أصناف مختلفة من القطن إلى 7.9 طن/هـ [11]. كذلك بلغ متوسط إنتاج محصول القطن من الصنف Upland 15.0 طن/هـ و من الصنف Pima 11.5 طن/هـ [12]. وتُعزى الفروق الكبيرة نسبياً في إنتاج القطن المحلي (حلب 33) والأصناف العالمية الأخرى المذكورة أعلاه إلى عدة أسباب أهمها:

(I) مرحلة النمو: إذ جُمعت العيّنات في مرحلة النضج الفيزيولوجي قبل توقف النمو وتأثر نمو المحصول سلباً بالعوامل البيئية المحيطة.

(II) ميّزات الصنف: فالصنف حلب 33 صنف جديد ويتميز بفترة نمو طويلة وبالتالي بزيادة في إنتاج المادة الجافة.

(III) جمع العيّنات النباتية في مرحلة النضج الفيزيولوجي يؤدي إلى الإقلال قدر الإمكان من فَقْد المادة الجافة نتيجة تساقط الأوراق.

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

الجدول 4– متوسط إنتاج المادة الجافة وتوزعها على الأنسجة النباتية المختلفة لمحصول القطن خلال مواسم النمو الأربعة.

كغ N / هـ	0	60	120	180	240	S (180)
1995						
المادة الجافة الكلية (طن/هـ)	10.8	16.5	17.9	20.9	25.9	15.8
الفروع %	17.7	21.3	21.0	23.0	22.5	21.1
الأوراق%	30.6	24.0	25.3	27.0	25.9	27.5
مكونات ثمرية%	51.7	54.7	53.7	50.0	51.6	51.4
1996						
المادة الجافة الكلية (طن/هـ)	7.2	14.5	12.1	19.4	19.1	8.9
الفروع %	22.6	23.2	21.0	25.8	23.4	31.1
الأوراق%	33.1	30.2	32.0	27.6	31.0	36.4
مكونات ثمرية%	44.3	46.6	47.0	46.6	45.6	32.5
1997						
المادة الجافة الكلية (طن/هـ)	9.4	19.1	19.8	18.7	19.9	16.3
الفروع %	20.0	19.1	18.8	19.3	19.0	19.3
الأوراق%	29.4	26.1	27.7	28.6	30.0	23.8
مكونات ثمرية%	50.6	54.8	53.5	52.1	51.0	56.9
1998						
المادة الجافة الكلية (طن/هـ)	10.7	15.9	19.8	19.7	17.9	14.0
الفروع %	17.3	18.2	20.3	17.1	20.2	20.9
الأوراق%	23.9	25.1	24.3	29.5	28.2	25.4
مكونات ثمرية%	58.8	56.7	55.4	53.4	51.6	53.7

* غلّة المادة الجافة طن/هـ (غلّة القطن المحبحب غير مأخوذة بالاعتبار).

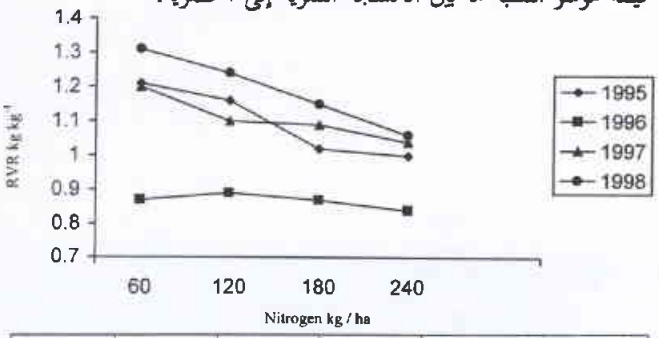
نسبة المادة الجافة للأجزاء الثمرية إلى الخضرية (RVR)

لمزيد من الإيضاح وتحديد تأثير المستويات المختلفة من السماد الآزوتي ضمن طريقة الري التسميدي بالتنقيط على إنتاج المادة الجافة وتوزعها على الأنسجة النباتية المختلفة، فقد تمّ اختبار مؤشر نسبة الأنسجة الثمرية R (البراعم الزهرية، الأزهار المتفتحة، الجوزات الناضجة وغير الناضجة، أغلفة الجوزات، الألياف والبذور) إلى الأنسجة الخضرية V (أعناق أوراق، أنصال أوراق، الفروع)، ومن ثم حُدِّدت العلاقة ما بين هذا المؤشر ومستويات السماد الآزوتي المختلفة (الشكل 2).

بيّنت النتائج المتحصل عليها أنه في معظم الحالات أدّت زيادة السماد الآزوتي المضاف إلى زيادة في إنتاج المادة الجافة الكلّية ولكن أدّت في الوقت نفسه إلى انخفاض مؤشر نسبة الأنسجة الثمرية إلى الخضرية (RVR). هذا الانخفاض في مؤشر RVR يبيّن بالفعل منحى تأثير السماد الآزوتي المضاف، إذ بيّنت النتائج أن زيادة معدّل إضافة الأسمدة الآزوتية سوف تؤدي فعلاً إلى زيادة إنتاج الأنسجة الخضرية على حساب الأنسجة الثمرية. تُعدّ هذه النتيجة اكتشافاً مثيراً من وجهة نظر مربي النبات. إذ أبدت الأنسجة الخضرية استجابة إيجابية نحو مستويات متزايدة من السماد الآزوتي نسبة إلى الأنسجة الثمرية، وبالتالي فإن أي تحوّل نحو زيادة المادة الجافة المنتجة ودفعها باتجاه النموات الثمرية بدلاً من الخضرية سيؤدي إلى زيادة مؤشر نسبة الأنسجة الثمرية إلى الخضرية وبالتالي زيادة ملموسة في إنتاج القطن المحبحب. إضافة إلى ذلك، بيّنت النتائج نقطة هامة تجلّت في كون الفروق في إنتاج المادة الجافة وتوزعها على الأنسجة النباتية المختلفة لمعاملات الري التسميدي في حدودها الدنيا، مما يشير إلى وجود الإمكانية في تحسين صنف القطن المدروس والمسمّد بالمعاملة السمادية الأدنى نحو ترشيد إنتاج المادة الجافة وذلك من خلال زيادة حصة الأنسجة الثمرية على حساب الخضرية.

الاستنتاجات

أدّى إدخال تقنية الري التسميدي بالتنقيط إلى تحسّن ملحوظ بدلالة إحصائية في الكفاءة الحقلية لمياه الري بالمقارنة مع طريقة الري السطحي. وقد وجد أن كلا المؤشرين المختبرين E_{fd} و E_{fy} ازدادا بشكلٍ ثابت بمعدّل تجاوز المثلين لمعاملات الري التسميدي، وهذا ما يبرهن على أهمية هذه التقنية كوسيلة لزيادة الإنتاج وترشيد استخدام مياه الري. كذلك أشارت النتائج إلى أن إمكانية زيادة الكفاءة الحقلية لمياه الري المتحصل عليها لا تزال قائمة. كما يمكن الاستنتاج أيضاً أن محصول القطن المروي بالطريقة التقليدية يحتاج إلى كمّيات أكبر من مياه الري التي يذهب منها حوالي 50% هدراً، لذلك لابدَّ من اتخاذ بعض الإجراءات لحث مزارعي القطن إلى الانتقال السريع من طريقة الري التقليدية إلى طريقة الري التسميدي بالتنقيط المدخلة حديثاً إلى سورية. ازداد الإنتاج الكلّي للمادة الجافة بشكل ملحوظ تحت نظام الري التسميدي بالتنقيط، مبدياً بذلك تفاعلاً إيجابياً لطرائق الري ومستويات التسميد الآزوتي. توزع إنتاج المادة الجافة على الأنسجة النباتية لمحصول القطن المروي بطريقة الري التسميدي كما يلي: الفروع من 20.3% إلى 21.3%، الأوراق من 26.3% إلى 28.7%، المكوّنات الثمرية من 50.0% إلى 53.2%. في حين توزع إنتاج المادة الجافة للقطن المروي بطريقة الري السطحي كما يلي: الفروع 23.1%، الأوراق 28.3%، المكوّنات الثمرية 48.6% . كذلك لوحظ أن زيادة معدّل إضافة السماد الآزوتي أدّت إلى زيادة إنتاج المادة الجافة بشكلٍ عام و في الوقت نفسه إلى انخفاض في قيمة مؤشر النسبة ما بين الأنسجة الثمرية إلى الخضرية.



معدل الآزوت كغ N / هـ	60	120	180	240
موسم النمو	RVR			
1995	1.21	1.16	1.02	1.0
1996	0.87	0.89	0.87	0.84
1997	1.2	1.1	1.09	1.04
1998	1.31	1.24	1.15	1.06

الشكل 2– العلاقات ما بين مستويات السماد الآزوتي ونسبة الأنسجة الثمرية إلى الخضرية.

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

REFERENCES المراجع

[1] ACSAD, Water Resources in the Arab World and Its Use. Water Resources and Its Use in the Arab World; March 8-10 Second Arab Symposium: Kuwait, 1997, 25-121.

[2] Kirda, C.; Kanber, R. Water, No Longer a Plentiful Resource, Should Be Used Sparingly in Irrigated Agriculture. Crop Yield Response to Deficit Irrigation; Kluwer Academic: Dordrecht, The Netherlands, 1999, 1 - 20.

[3] Papadopoulos, I. Constant Feeding of Field-Grown Tomatoes Irrigated with Sulfate Water. Plant Soil 1985, 88 (2), 213-236.

[4] Bresler, E. Trickle-Drip Irrigation: Principles and Application to Soil Water Management. Adv. Argon. 1977, 29, 343 -393.

[5] Janat, M.; Stroehlein, J.L. Response of Drip Irrigated Cotton to Phosphorus Fertilizer. Fert. Issues J. 1986, 3 (4), 124-128.

[6] Phene, C.J.; Beale, D.W. High-Frequency Irrigation for Water Nutrient Management in Humid Regions. Soil Sci. Am. J. 1976, 40 (3), 430-436.

[7] Radin, J.W.; Reaves, L.L.; Mauney, J.R.; French, O.F. Yield Enhancement in Cotton by Frequent Irrigation During Fruiting. Agronomy. J. 1992, 48 (4), 551-557.

[8] Cotton Bureau Report. The Status of Cotton Cultivation in Syria for the 1999 Growing Season. In 30th Cotton Conference: Aleppo, Syria, Dec. 12-13, 1999; Cotton Bureau Publication, 1999: No. 30, 42-54.

[9]. Abbott, J.L.; McGeorge, W.T.; Breazeale, E.L. Nutrient Requirements of Arizona Cotton: Report of Tissue Analyses from Cotton Fertilizer Experiments; No. 117 Univ. Arizona Agric. Exp. Station: Tucson, AZ, 1955, 1-31.

[10] Bassett, D.M.; Anderson, W.D.; Werkhoven, C.H.E. Dry Matter Production and Nutrient Uptake in Irrigated Cotton (Gossypium hirsutum) Agron. J. 1970, 62, 299-303.

[11] Mullins, G.L.; Burmester, C.H. Dry Matter Nitrogen, Phosphorus, and Potassium Accumulation by Four Cotton Varieties. Agron. J. 1990, 82 (4), 729-736.

[12] Unruh, B.L.; Silvertooth, J.C. Comparisons Between an Upland and a Pima Cotton Cultivar. I: Growth and Yield. Agron. J. 1996, 88 (4), 583-589.

[13] Janat, M.; Somi, G. Performance of Cotton Crop Grown Under Surface Irrigation and Drip Fertigation. I: Seed Cotton Yield, Dry Matter Production, and Lint Properties. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 2001, 32 (19-20), 3045-3061.

[14] CoStat. CoHort Software; WordStar International, Inc.: Minneapolis, MN, 1995.■

☆ ★ ☆

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

استخدام المقايسة المناعية الإشعاعية لقياس مستويات هرمون البروجستيرون خلال مراحل مختلفة عند إناث الماعز الشامي*

د. معتز زرقاوي – د. محمد راتب المصري
قسم الزراعة – هيئة الطاقة الذرّية – ص. ب. 6091 – دمشق – سورية

ملخص

قيست تراكيز هرمون البروجستيرون في مصل الدم عند إناث الماعز الشامي بوساطة المقايسة المناعية الإشعاعية (RIA) خلال مراحل ما قبل البلوغ الجنسي، البلوغ الجنسي والولادة، لِتَتَبُّع الأداء التناسلي عندهم. تراوح العمر عند مرحلة البلوغ الجنسي بين 266–653 يوماً بمتوسط بلغ 475 يوماً، بينما بلغ متوسط الوزن عند مرحلة البلوغ الجنسي 35.6 كغ. ارتفع تركيز هرمون البروجستيرون من نحو صفر نانو غرام/مل عند مرحلة ما قبل البلوغ الجنسي إلى 2.14 نانو غرام/مل عند بداية مرحلة البلوغ الجنسي وتراوح من 1.12 إلى 5.38 نانو غرام/مل. بلغ أعلى تركيز لهرمون البروجستيرون خلال فترة الحمل بالمتوسط 13.84 نانو غرام/مل، حدث في اليوم الخامس عشر بعد المئة من التلقيح، وانخفض بشكل حاد إلى 0.29 نانو غرام/مل بُعَيْدَ الولادة. بلغ المتوسط الإجمالي لطول فترة الحمل 149 يوماً. بلغت دقة تشخيص الحمل في اليوم الواحد والعشرين من التلقيح بوساطة المقايسة المناعية الإشعاعية 100%. أشارت النتائج أيضاً إلى أن الفصل التناسلي عند الماعز الشامي بدأ في شهر أيلول. وبذلك يمكن الاستنتاج بأن تقدير تراكيز هرمون البروجستيرون في مصل الدم يُعدُّ أداة هامة في تَتَبُّعِ الأداء التناسلي لعرق الماعز الشامي المحلي.

الكلمات المفتاحية: عرق، ماعز، تشخيص حمل، بروجستيرون، مقايسة مناعية إشعاعية، تناسل، الفصل التناسلي.

المقدمة

تتواجد الماعز في مناطق جافة وشبه جافة عدَّة وتستخدم هذه الحيوانات لأغراض متعددة كإنتاج الحليب، اللحم، الشعر والجلد. إن أعداد حيوانات الماعز في العالم في تزايد، إذ يعد لحم وحليب الماعز من الأصناف المفضلة في بلدان عدة [1]، وتعد حيوانات الماعز هامة اقتصادياً في بعض أنحاء العالم لإنتاج الألياف الناعمة [2].

يعد الماعز الشامي عرقاً محلياً في سورية، وأدخل إلى عدد من البلدان الأخرى، وهُجِّن مع عروق محلية أخرى من الماعز. على أي حال، لقي هذا العرق اهتماماً قليلاً في سورية وجرت محاولات قليلة جداً لدراسة الأداء التناسلي عنده.

يستخدم تركيز هرمون البروجستيرون كأداةٍ لدراسةِ فيزيولوجيةِ التناسلِ لحيوانات مختلفة، ومنها بعض عروق الماعز، مثل Nubian [3]، Dutch White [4]، Boer [5]، Angora [6]، Saanen [7]، و Murciana-Granadina [8]، ويستخدم أيضاً في تشخيص الحمل [9].

كانت أهداف الدراسة الحالية رصد الأداء التناسلي عند إناث الماعز الشامي ضمن الظروف الطبيعية السورية اعتباراً من مرحلة ما قبل البلوغ الجنسي حتى الولادة وكشف الحمل المبكر باستخدام مجموعات تحليل البروجستيرون بوساطة المقايسة المناعية الإشعاعية.

المواد والطرائق

مكان التنفيذ وحيوانات التجربة

نُفِّذَتْ التجربة في دائرة الإنتاج الحيواني في منطقة دير الحجر، والتي تبعد نحو 33 كم جنوب شرق مدينة دمشق. تمتاز هذه المنطقة بجفافها وبمعدل سنوي للأمطار يبلغ نحو 100 مم، يحدث بشكل رئيس خلال شهري كانون الأول وكانون الثاني.

استخدمت عشر سخلات من عرق الماعز الشامي ولدت بين 10 كانون الثاني 1995 و 12 آذار 1995) بعمر 7–8 أشهر وبمتوسط وزن حي (متوسط انحراف معياري) 30.2 ± 3.1 كغ (المدى 23–34 كغ).

إيواء وتغذية الحيوانات

وُضِعَتْ السخلات داخل الحظيرة بالليل ومعظم أوقات النهار. في الصباح كانت تخرج نحو الساعتين بدون أن ترعى أو يقدم لها أية أعلاف، من أجل تنظيف الحظيرة. عند بداية الدراسة، قدم للحيوانات عليقة تعتمد على مركز علفي، تبن القمح ودريس الفصة، بحيث تؤمن 75 غ بروتين مهضوم و 8.4 ميغا جول طاقة استقلابية للحيوان الواحد باليوم. زيدت هذه المقننات بعد شهر إلى 100 غ بروتين مهضوم و 10.6 ميغا جول طاقة استقلابية للحيوان الواحد باليوم . أما الماء فقد توافر بشكل حر.

* نشرت ورقة البحث هذه في مجلة *Tropical Animal Health and Production*, 34, 2002.

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

جمع عينات الدم وتحليل هرمون البروجستيرون

جُمعت عينات الدم (10 مل) من العرق الوداجي مرتين بالأسبوع ابتداءً من أواخر شهر أيلول واستمر جمع العينات خلال فترة التلقيح وطيلة فترة الحمل وتوقف بُعَيْدَ الولادة. كما سُحِبَتْ عينة دم إضافية، من أجل التشخيص المبكر للحمل، في اليوم الواحد والعشرين من التلقيح من العنزات التي لم تظهر شياعاً. في شهر آب ، عندما كان عمر الحيوانات 29–30 شهراً، جمعت عينات الدم أيضاً بشكل يومي لمدة شهرين لتحديد بداية الفصل التناسلي. حُضِّرت الأمصال عن طريق تثفيل عينات الدم على 1750 غ مدة 20 دقيقة وحفظت على درجة حرارة - 20 مئوية لحين تحليلها.

استخدمت مجموعات تحليل البروجستيرون الموسوم باليود 125 بالطور الصلب بوساطة المقايسة المناعية الإشعاعية - التي ينتجها القسم المشترك للوكالة الدولية للطاقة الذرّية IAEA ومنظمة الأغذية والزراعة العالمية FAO، والتي طُوِّرت بالتعاون مع شركة المنتجات التشخيصية في لوس أنجلوس - الولايات المتحدة الأمريكية. بلغ معامل الاختلاف ضمن الطريقة 7.2% وبين الطرائق 7.4% .

حُدِّدَت بداية مرحلة البلوغ الجنسي بأول مرة يكون فيها تركيز هرمون البروجستيرون في الدم يساوي أو يزيد عن 1.0 نانو غرام / مل، حيث يعد التركيز المذكور مؤشراً للوظيفة الطبيعية للجسم الأصفر [10].

كشف الشياع والتلقيح

أُطْلِقَ ذكر خصب من عرق الماعز الشامي بين الإناث كافة عندما بلغت من العمر 17–18 شهراً لكشف الشياع ولُقِّحَتْ الحيوانات التي أظهرت سلوك الشياع بشكل طبيعي.

التحليل الإحصائي

اعتبرت المؤشرات التناسلية التالية:

العمر والوزن عند مرحلة البلوغ الجنسي، الوزن عند التلقيح، طول فترة الحمل، دقّة التشخيص المبكر للحمل، وزن المواليد ونوع الولادة وبداية الفصل التناسلي. حُلِّلت المعطيات بتحليل التباين (ANOVA) باستخدام البرنامج Statview-II على مستوى ثقة 95%.

النتائج

العمر والوزن عند مرحلة البلوغ الجنسي

كان متوسط تركيز هرمون البروجستيرون بعمر 7–8 أشهر قريباً من الصفر (المدى 0.00–0.07 نانو غرام / مل).

وُجِدت اختلافات بين السخلات في زمن الوصول إلى مرحلة البلوغ الجنسي. تراوح العمر عند مرحلة البلوغ الجنسي من 266 يوماً إلى 653 يوماً بمتوسط 475±153 يوماً. بلغ متوسط الوزن عند مرحلة البلوغ الجنسي 35.6±6.7 كغ (المدى 23–44 كغ). ارتفع تركيز هرمون البروجستيرون في مصل الدم من ما يقارب الصفر (المدى 0.00–0.07 نانو غرام / مل) قبل مرحلة البلوغ الجنسي إلى 2.14±1.59 نانو غرام / مل (المدى 1.12–5.38 نانو غرام / مل) عند بداية مرحلة البلوغ الجنسي.

الوزن عند التلقيح، مستويات هرمون البروجستيرون في مصل الدم، طول فترة الحمل والتشخيص المبكر للحمل

بلغ متوسط الوزن عند التلقيح 41.6±3.9 كغ (المدى 36–49 كغ).

ارتفعت تراكيز هرمون البروجستيرون من المستويات القاعدية عند التلقيح (المدى 0.00–0.44 نانو غرام / مل) وبقيت مرتفعة خلال فترة الحمل، مع أعلى تركيز وصل إلى 13.84±3.77 نانو غرام / مل (المدى 8.84–21.64 نانو غرام / مل) في اليوم 115.4±23.4 من التلقيح (المدى 73–140 يوماً). انخفض التركيز بشكل حادٍّ بعد الولادة إلى متوسط بلغ 0.29 ± 0.25 نانو غرام / مل (المدى 0.02–0.75 نانو غرام / مل).

لم توجد فروقات مؤكدة إحصائياً في طول فترة الحمل بين العنزات سواء تلك الحامل مفرداً وتلك الحامل توأماً، أو بين جنس المواليد. بلغ المتوسط العام لطول فترة الحمل 149.0±3.6 يوماً.

بلغ متوسط تركيز هرمون البروجستيرون في العينات التي جمعت في اليوم الواحد والعشرين من التلقيح 2.80 ± 7.24 نانو غرام / مل، تراوح من 2.08 إلى 11.57 نانو غرام / مل. وجرى التثبُّت من وجود الحمل بالولادة.

نوع الولادات ووزن المواليد

ولدت ست عنزات ولادات فردية و أربع عنزات ولادات توأمية (معدل المواليد 140%). كان وزن المواليد الفردية أعلى بشكل معنوي ($P < 0.05$) من وزن المواليد التوأمية، حيث بلغت 4.4±0.8 و 3.2±0.7 كغ، على التوالي.

بداية الفصل التناسلي

وُجِدَتْ فترة سكون جنسي في شهر آب بدلالة التراكيز المنخفضة لهرمون البروجستيرون بشكل مستمر دون 0.31 نانو غرام / مل، والتي ارتفعت إلى متوسط مقداره 1.69 نانو غرام / مل (المدى 1.19-4.94 نانو غرام / مل) في شهر أيلول.

المناقشة

وضَّح هذا العمل بعض المؤشرات التناسلية عند الماعز الشامي بتتبع تراكيز هرمون البروجستيرون خلال مراحل تناسلية مختلفة.

للوصول إلى مرحلة البلوغ الجنسي، يجب تحقيق عتبتي كل من العمر والوزن الحي، حيث يلزم كلاهما في تنشيط المولد النبضي للهرمون المحرر للهرمونات الجنسية في الدماغ والذي يطلق البلوغ الجنسي. يمكن أن يؤدي الفشل في الوصول إلى كلتا العتبتين قبل نهاية الفصل التناسلي الأول إلى تأخير إطلاق البلوغ الجنسي على الأقل حتى الفصل التناسلي التالي [2]. في الدراسة الحالية، وُجِدَت اختلافات كبيرة بين الحيوانات في العمر والوزن عند مرحلة البلوغ الجنسي. كان متوسط الوزن الحي للسخلات عند بداية مرحلة البلوغ الجنسي أعلى من تلك العائدة لعرق Saanen في الصين والبالغة بالمتوسط 10.2 كغ [11] عند نفس المرحلة. أُخْبِرَ عن اختلافات مشابهة في العمر عند بداية مرحلة البلوغ الجنسي عند الماعز [1]، والأغنام [12]. تؤثر العوامل الوراثية بالإضافة إلى العوامل البيئية، وتداخل هذه العوامل، على بداية إطلاق البلوغ الجنسي [12].

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

نتيجة لنشاط الجسم الأصفر، ارتفعت تراكيز هرمون البروجستيرون في مصل الدم من المستوى القاعدي وبقيت مرتفعة طوال فترة الحمل، لكنها انخفضت بشدة إلى المستويات القاعدية بعد الولادة. أخبر [13] عن نتائج مشابهة استنتجت من الماعز في زيمبابوي.

يعد تشخيص الحمل المبكر ذا أهمية خاصة، عند الحيوانات الفصليّة التناسل، مثل الماعز الشامي، لتجنب أي تأخير غير ضروري في إعادة التلقيح مؤدياً إلى انخفاض دخل المزارعين نتيجة فقدان الحليب والمواليد. إن استخدام مجموعات تحليل هرمون البروجستيرون كمؤشر مبكر للحمل أصبح شائعاً بشكل متزايد [14]. في الدراسة الحالية، بلغت دقّة تشخيص الحمل حوالي اليوم 21 100%. بتحليل تركيز هرمون البروجستيرون باستخدام المقايسة المناعية الإشعاعية في اليوم الخامس والعشرين من التلقيح كمؤشر حمل في الماعز، أخبر [15] عن دقة بلغت 83.3%، والتي ارتفعت إلى 92% في اليوم العشرين من التلقيح [16].

أظهرت حيوانات التجربة فترة سكون جنسي خلال شهر آب، كما دلّت على ذلك التراكيز المنخفضة جداً لهرمون البروجستيرون في مصل الدم، تلاها ارتفاع حاد في التراكيز. وأخيراً استُنتِجَ بأن الفصل التناسلي لحيوانات الماعز الشامي التي استخدمت في التجربة بدأ في شهر أيلول. وقد أُخبر عن نتيجة مماثلة من قبل [17] عند الماعز الشامي المتواجد في قبرص.

REFERENCES المراجع

[1] Jindal, S.K, 1984. Goat production. A Falcon Book, Cosmo Publications, New Delhi, India, 232pp.

[2] Rhind, S.M., 1992. Nutrition: its effects on reproductive performance and its hormonal control in female sheep and goats. In: A.W. Speedy (ed), Progress in Sheep and Goat Research. C.A.B. International, U.K., 25-51.

[3] Fleming, S.A., Van Camp, S.D. and Chapin, H.M., 1990. Serum progesterone determination as an aid for pregnancy diagnosis in goats bred out of season. Can. Vet. J, 31, 104-107.

[4] Van De Wiel, D.F.M., Koops, W., Vos. E., Shah, S.N.H., Barrios, V., Vendrig, A.A.A. and Van Adrichem Boogarert, D.H., 1991. Use of enzymeimmunoassay (EIA) to measure progesterone and oestrone sulphate in milk and/or plasma for monitoring of fertility in goats. In: Isotope Aided studies on Goat and Sheep Production in the Tropics. Proceedings of Final Research Co-ordinated Meeting, IAEA, 107-124.

[5] Greyling, J.P.C., and Van Niekerk, C.H., 1991. Different synchronization techniques in Boer goat does outside the normal breeding season. Small Rum. Res., 5, 233-243.

[6] Özsar, S., Gueven, B., Celebi, M., Sungar, H. and Goncaguel, T., 1991. Observations on induced breeding activity of post-partum Angora goats. In: Isotope and Related Techniques in Animal Production and Health. Proceedings of a Symposium. IAEA, 480-481.

[7] DeCastro, T., Rubianes, E., Mechaca, A. and Rivero, A., 1999. Ovarian dynamics, serum estradiol and progesterone concentrations during the interovuilatory interval in goats. Theriogenology, 52, 399-411.

[8] DeBulnes, S.G., Moreno, J.S., GomezBrunet, A., Inskeep, E.K., Townsend, E.C. and LopezSebastian, A., 1999. Follicular dynamics during the oestrous cycle in dairy goats. Anim. Sci., 68, 547-554.

[9] Ishwar, A.K., 1995. Pregnancy diagnosis in sheep and goats: a review. Small Rum. Res., 17, 37-44.

[10] Zarkawi, M., 1997. Monitoring the Reproductive Performance in Awassi Ewes using Progesterone Radioimmunoassay. Small Rum. Res., 26, 291-294.

[11] Jianchen, W., Enkui, D., Quanshan, H., Zhming, H. and Hao, W., 1991. Reproductive performance of the Saanen goat in China. In: Final Research Co-ordination Meeting on Improving Sheep and Goat Productivity with the Aid of Nuclear Techniques. IAEA, 165-176.

[12] Dyrmundsson, O.R., 1981. Natural factors affecting puberty and reproductive performance in ewe lambs: A review. Livestock Prod. Sci., 8, 55-65.

[13] Kadzere, C.T., Liewelyn, C.A. and Chivandi, E., 1997. Plasma progesterone, calcium, magnesium and zinc concentrations from oestrus synchronization to weaning in indigenous goats in Zimbabwe. Small Rum. Res., 24, 21-26.

[14] Dionysius, D.A., 1991. Pregnancy diagnosis in dairy goats and cows using progesterone assay kits. Aust. Vet. J., 68, 14-16.

[15] Deshpande, S.B. and Mehta, V.M., 1992. Efficacy of RIA of blood for early pregnancy diagnosis in goats. Ind. Vet. J.l, 69, 1159-1160.

[16] Engeland, I.V., Ropstad, E., Andersen, O. and Eik, L.O., 1997. Pregnancy diagnosis in dairy goats using progesterone assay kits and oestrous observation. Anim. Reprod. Sci., 47, 237-243.

[17] Mavrogenis, A.P., 1988. Control of the reproductive performance of Chios sheep and Damascus goats: studies using hormone radioimmunoassays. In: Isotope Aided Studies on Livestock Productivity in Mediterranean and North African Countries. IAEA, 151-172.■

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

ملاحظات هامة حول التحديد الأمثل لثخانات الجدران المتبقية للأنابيب المعزولة بالتصوير الشعاعي المماسي*

د. وفيق حرارة
قسم الخدمات العلمية - هيئة الطاقة الذرّية - ص.ب 6091 - دمشق - سورية

ملخص

تتضمن هذه الورقة بعض القواعد والبارامترات التي يتوجّب تطبيقها أثناء تنفيذ التصوير الشعاعي المماسي لكشف وتقييم الاهتراءات الداخلية والخارجية المتشكّلة في الأنابيب المعزولة وقياس الثخانات المتبقية لجدرانها وذلك خلال فترات الصيانة المبرمجة أو خلال الاختبارات أثناء الخدمة. لقد أظهر تطبيق القواعد والمحدّدات المذكورة، على أنبوب من الفولاذ المعزول حرارياً يحتوي على عيوب صنعية، دقة قياس مقدارها 98% في تحديد ثخانة جدار الأنبوب و96% في تحديد الثخانات المتبقية لجداره في مواضع العيوب.

الكلمات المفتاحية: تآكل، اهتراء، التصوير الشعاعي المماسي، غبش، الثخانة المتبقية للجدار.

مقدمة

تتأثر وثوقية وأمان التجهيزات الصناعية في محطات الطاقة الكهربائية ومنشآت الصناعات البترولية والبتروكيميائية بما يطرأ على أنابيبها من تآكل واهتراءات وترسبات وانسدادات والتي قد تؤدي إلى حدوث حرائق وتسرّبات وانخفاض في الإنتاجية وتوقفات غير مبرمجة ينجم عنها في الكثير من الأحيان خسائر فادحة.

تتشكّل الاهتراءات على الجدران الخارجية والداخلية للأنابيب المعزولة وتؤدي إلى فَقْد في ثخانة جدرانها. ويُعدّ تحديد مقدار الاهتراء والترسبات ومعدّل ازدياد كل منهما عاملاً حاسماً في تحديد عمر المنشآت وأمان تشغيلها [1، 2، 3].

من الضروري معرفة القيمة الدنيا لثخانة الجدران المتبقية للأنابيب ومواضعها كي تُتخذ إجراءات الصيانة الملائمة.

يتم بشكلٍ دوري تنفيذ اختبارات بالأمواج فوق الصوتية لتحديد ثخانة جدران الأنابيب في أغلب المنشآت الصناعية وتحديد مواضع الاهتراءات ومعدّل ازديادها. ومع ذلك فإن قصور هذه الطريقة يكمن في عدم إمكانية الحصول على نتائج قياس صحيحة لثخانات الأنابيب المتضرّرة بالحرارة، حيث يكون معدّل الاهتراء عالياً، وكذلك يتطلب تطبيق هذه الطريقة إزالة طبقات العزل الباهظة الكلفة. تكون إزالة طبقات العزل، بالإضافة إلى كلفتها المرتفعة، ضارّة بالإنسان عندما تكون المواد المستخدمة في العزل مصنوعة من الصوف الصخري (الأسبستوس). يمكن تجاوز قصور طريقة الاختبار بالأمواج فوق الصوتية وكذلك كلفة إزالة طبقات العزل الحراري عن الأنابيب بتطبيق طريقة التصوير الشعاعي المماسي.

تضمّن عدد من المقالات العلمية شرح تطبيق طريقة التصوير الشعاعي المماسي في الكشف عن الاهتراء في الأنابيب وقياس الثخانات المتبقية لجدرانها بالاستناد إلى الحساب العددي أو باستخدام كتالات معايرة أو بالاستناد إلى الأقطار الخارجية للأنابيب [4، 5، 6].

إلّا أن المقالات المذكورة لم تتضمن أي معطيات عن قيم البارامترات المثلى الواجب تطبيقها عند تنفيذ اختبارات التصوير، كالمسافة ما بين المنبع المشع وفِلم التصوير، وثخانة الجدار المكافئ للتعريض، والكثافة الضوئية للفِلم، ونوع الأفلام اللازم استخدامها، وحساسية التصوير، ونوع وطاقة المنبع المشع الذي يجب استخدامه عند التصوير.

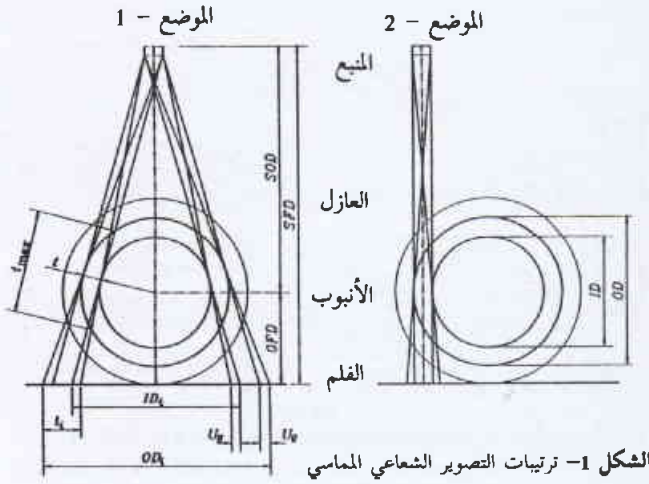
وصف طريقة الاختبار

تُعدّ طريقة التصوير الشعاعي المماسي طريقة هامة في الكشف عن الاهتراءات والترسّبات في الأنابيب وتقييمها. تنتج عن التصوير الشعاعي المماسي صور شعاعية مبيَّن عليها المقطع العرضي وثخانة جدار الأنبوب المختبر مما يسمح بالقياس المباشر للثخانة المتبقية لجدار الأنبوب. يمكن الحصول على الصور الشعاعية المذكورة بتنفيذ التصوير الشعاعي وفق الوضعية (1) أو الوضعية (2)، المبيّنتين في الشكل 1، وذلك وفقاً للمسافة بين المنبع المشع وفِلم التصوير SFD و لإمكانية الوصول إلى المنطقة المراد تصويرها. ويمكن وفقاً لمتطلبات التصوير استخدام فِلمين في آنٍ واحد.

يتوجب قبل التصوير الشعاعي المماسي حساب الثخانة المكافئة للتعريض، وهذه الثخانة تزداد مع ازدياد قطر الأنبوب مما يتطلب زيادة في زمن التعريض، ويكون هذا الزمن أطول من الزمن المطبّق في التصوير الشعاعي التقليدي المطبّق في اختبارات الوصلات اللحامية المنفذة على الأنابيب. يمكن حساب ثخانة الاختراق العظمى للأشعة بالعلاقة التالية:

* نشرت ورقة البحث هذه في مجلة *Insight*, Vol. 43, No.10, Oct. 2001. مراجعة هيئة التحرير.

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



الشكل 1– ترتيبات التصوير الشعاعي المماسي

$$t_{max} = \sqrt{OD^2 - ID^2} \qquad (1)$$

حيث:

t_{max} = ثخانة الاختراق العظمى للأشعة.

OD = القطر الخارجي للأنبوب.

ID = القطر الداخلي للأنبوب.

إن خيال المقطع العرضي للأنبوب يساوي تقريباً الجزء من الأنبوب العمودي على مركز الوتر المار من نقطة تماس الأشعة مع القطر الداخلي للأنبوب، و بما أن خيال المقطع العرضي للأنبوب قد تمَّ إسقاطه على الفِلم فقد أدّى ذلك إلى تكبير مقطع الخيال وبما يتناسب مع المسافة ما بين المنبع المشع والفِلم والمسافة ما بين المنبع المشع والأنبوب، وبالتالي يمكن حساب الثخانة الحقيقية المتبقية لجدار الأنبوب بتطبيق العلاقة التالية:

$$t = \frac{t_i(SFD - 0.5OD')}{SFD} \qquad (2)$$

حيث:

t = الثخانة المتبقية لجدار الأنبوب.

t_i = ثخانة خيال جدار الأنبوب على الصورة الشعاعية.

SFD = المسافة ما بين المنبع المشع وفِلم التصوير .

$OD' = OD + 2d$

OD = القطر الخارجي للأنبوب.

d = ثخانة المادة العازلة المتوضعة على الأنبوب.

إن خيال حافة المقطع العرضي للأنبوب على الصورة الشعاعية لا يكون حاداً و إنما يترافق مع وجود غبش وذلك لأن المنبع المشع ليس نقطياً، ويكون عرض الغبش الكلّي الناتج مساوياً لمحصلة مجموع الغبش الناتج عن البارامترات الهندسية والغبش الناتج عن الفِلم والغبش الناتج عن الاهتزاز [10, 9].

يمكن في اختبارات تحديد الاهتراء إهمال الغبش الناتج عن الفِلم والغبش الناتج عن الاهتزاز وذلك لصغر قيمتهما، وبالتالي يمكن اعتبار محصلة عرض الغبش مساويةً عرض الغبش الناتج عن البارامترات الهندسية فقط.

يرتبط عرض الغبش بمقدار عرض البؤرة المحرقية للمنبع المشع (f) وبالمسافة ما بين المنبع المشع وفِلم التصوير وبالمسافة ما بين المنبع المشع والأنبوب، وبالتالي يمكن تصحيح قيمة الثخانة المتبقية لجدار الأنبوب وفقاً لقيمة الغبش (Ug) التي تُحسب من العلاقة التالية:

$$U_g = \frac{0.5f \times OD'}{SFD - 0.5OD'} \qquad (3)$$

حيث:

Ug = عرض الغبش على الصورة الشعاعية.

f = عرض البؤرة المحرقية للمنبع المشع.

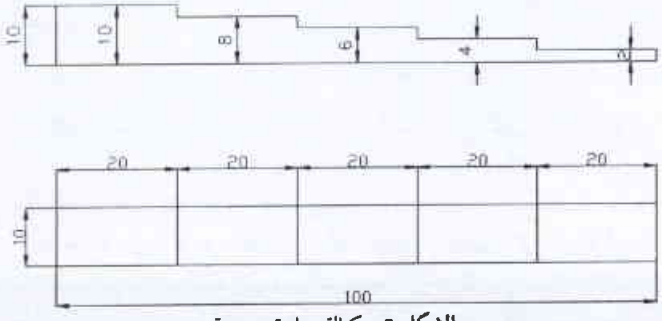
يمكن بالخبرة العملية تمييز خيال الغبش من خيال المقطع العرضي الحقيقي للأنبوب وبالتالي إهمال حسابه عند القيام بقياس خيال المقطع العرضي الحقيقي للأنبوب. يمكن عند اللزوم تطبيق تقنية جدارين وخيالين (DW/DI) وتقنية قياس الثخانة بدلالة الكثافة الضوئية للصورة الشعاعية كتقنيتين مساعدتين في تحديد الثخانة المتبقية لجدار الأنبوب في مناطق الحفر، حيث يمكن تحديد الاهتراء بقياس الكثافة الضوئية عند منطقة الحفرة ومقارنة الكثافة الناتجة بمنحنى معياري يحدِّد الكثافة الضوئية الناتجة عن كتالة معايرة متغيرة الثخانة ذات ثخانة تغطي ضعف ثخانة جدار الأنبوب. ويبيّن الشكل 2 مسقطين لكتالة معايرة مرجعية.

يمكن تصوير كتالة المعايرة المرجعية على فِلم مستقل وبتطبيق بارامترات التصوير ذاتها التي تمَّ تطبيقها عند اختبار الأنبوب أو تصويره على الفِلم نفسه الذي يتم عليه تصوير الأنبوب، وبحيث يكون خيال الكتالة بجوار خيال المقطع العرضي للأنبوب.

إجراءات الاختبار

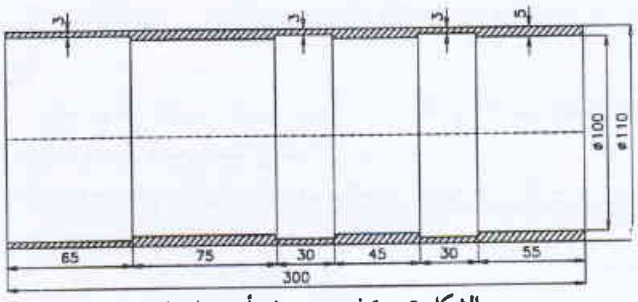
تمَّ إعداد أنبوب اختبار من الفولاذ يبلغ قطره الخارجي 110 mm وطوله 300 mm وثخانة جداره 5 mm يحتوي على ثلاثة مجار داخلية لمحاكاة الاهتراءات المنتظمة، كما هو مبيَّن في الشكل 3.

قبل البدء بتصوير الأنبوب مماسياً تمَّ قياس قطره الخارجي OD وقطره الداخلي ID وثخانة جدرانه المتبقية عند المجاري وذلك بالوسائل الميكانيكية وبطريقة الأمواج فوق الصوتية. ولمحاكاة الأنابيب المعزولة، تمّت تغطية الأنبوب بطبقتين من الليف الزجاجي بثخانة قدرها 50 mm وبطبقة



الشكل 2– كتالة معايرة مرجعية

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



الشكل 3- مقطع عرضي في أنبوب اختبار

حماية خارجية من الألمنيوم. تمّ تصوير الأنبوب مماسياً عند قيم عديدة للمسافة ما بين فِلم التصوير المنبع المشع وابتداءً من 40 cm وحتى 140 cm بخطوة 10 cm.

تمّ التقاط صورتين شعاعيتين لكل قيمة من قيم المسافة ما بين المنبع المشع والفِلم، حيث التُقطت الصورة الأولى باستخدام أنبوبة توليد أشعة X من طراز Gilardoni 208D ذات بؤرة محرقية بأبعاد 2.3 mm x 2.3 mm، ونُفِّذت الصورة الثانية بأشعة غاما باستخدام منبع ايريديوم (Ir-192) ذي نشاط 47 Ci وأبعاد 2 mm x 2.1 mm. تمّ التصوير باستخدام أفلام متوسطة السرعة من نوع Kodak AX وصفائح رصاصية أمامية وخلفية ذات ثخانة تبلغ 0.125 mm. للحصول على الحساسية العظمى تمّ لصق المغلف الحامل لمجموعة الفِلم والصفائح الرصاصية مع سطح الأنبوب المعزول حرارياً.

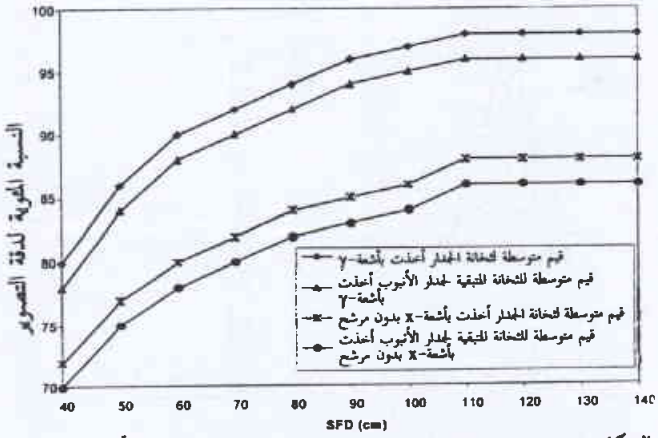
تمّ تعريض الأفلام للحصول على كثافة ضوئية مقدارها 2.0، وحُسبت أزمنة التعريض على أساس ثخانة المعدن المساوي لنصف طول الوتر المار من نقطة تماس الأشعة مع القطر الداخلي للأنبوب ووفقاً للمسافة ما بين المنبع المشع والفِلم. بعد التعريض تمّت معالجة الأفلام كيميائياً وجُفِّفت وفقاً لتعليمات الشركة المصنِّعة للأفلام.

النتائج والمناقشة

تمّت قراءة الصور الشعاعية، صورتان لكل قيمة من قيم SFD، باستخدام قارئ أفلام ذي شدة إضاءة عالية، وقيس خيال ثخانة جدار الأنبوب وخيال ثخانات جداره المتبقية عند المجاري باستخدام مسطرة ذات دقة قدرها 0.1 mm ومن ثم حُسبت قيمها الحقيقية بتطبيق العلاقة (2)، ورُسمت على أساس هذه النتائج منحنيات الشكل 4 الذي يبيّن النسبة المئوية لدقة التصوير في إيجاد قيمة ثخانة جدار الأنبوب وثخانة جداره عند مواضع الاهتراءات بدلالة المسافة ما بين المنبع المشع وفِلم التصوير.

يمكن أن نستنتج من المنحنيات المبينة أعلاه ما يلي:

يمكن التعويل على التصوير الشعاعي المماسي في تحديد ثخانة جدار الأنابيب المعزولة حرارياً وتحديد ثخاناتها المتبقية في منطقة الاهتراءات. وللحصول على دقة قياس عالية يجب أن يتم التصوير باستخدام منابع أشعة غاما، حيث تؤدي الفوتونات ذات الطاقة المنخفضة في حزمة أشعة X- إلى رفع كثافة الفِلم إلى قيم كبيرة جداً واحتراقه في المنطقة المجاورة لحافة القطر الخارجي للأنبوب مما يؤدي إلى انخفاض دقة تحديد خيال



الشكل 4- النسبة المئوية لدقة طريقة التصوير في إيجاد قيم ثخانة جدار الأنبوب والثخانة المتبقية عند المجاري بدلالة المسافة بين المنبع المشع وفِلم التصوير.

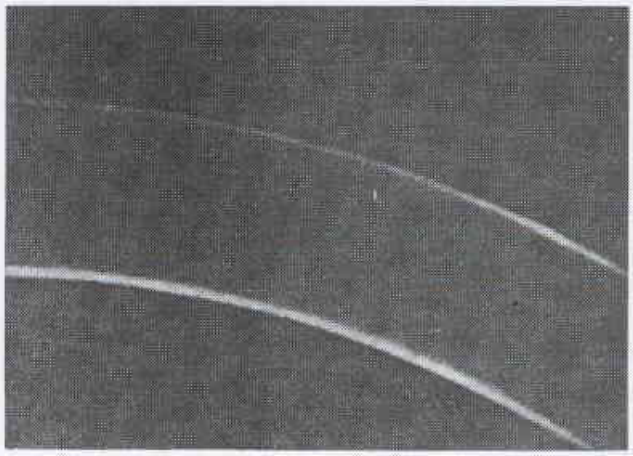
حواف الأنبوب على الصورة الشعاعية وبالتالي انخفاض دقة القياس. ومع ذلك، يمكن عند تنفيذ التصوير الشعاعي بأشعة X تحسين دقة تحديد خيال حواف الأنبوب على الصورة الشعاعية وزيادة دقة القياس بحذف الفوتونات ذات الطاقة المنخفضة بواسطة وضع مرشحات مناسبة على خرج أنبوبة توليد أشعة X.

تزداد دقة القياس بزيادة المسافة ما بين المنبع المشع وفِلم التصوير. ويكفي للحصول على صورة شعاعية جيدة تنفيذ التصوير الشعاعي عند مسافة، ما بين المنبع المشع وفِلم التصوير، مساوية إلى عشرة أضعاف القطر الخارجي للأنبوب. وكذلك تزداد دقة القياس قليلاً بزيادة ثخانة جدار الأنبوب، حيث تكون صورة الطبقة الرقيقة الخارجية من جدار الأنبوب عالية الكثافة مما يجعل من الصعب تحديد أطراف الحواف الخارجية الحقيقية للجدار بشكلٍ دقيق وبالتالي فَقْد جزء من دقة القياس.

بيّنت التجارب العملية عدم ارتباط دقة تحديد قيمة الثخانة المتبقية لجدار الأنبوب بمقدار الحساسية المسجّلة على الصورة الشعاعية وفقاً لمؤشر جودة الخيال المستخدم. ونظراً لعدم الضرورة، في التصوير الشعاعي المماسي، للحصول على قيم عالية للتباين من المفيد استخدام أفلام تصوير سريعة وخاصة عند تصوير الأنابيب ذات طبقات العزل الثخينة و تتطلب إنقاص زمن التعريض. أما فيما يتعلق بثخانة المعدن التي يتوجب أخذها بالاعتبار عند التعريض، فقد تبيّن أنه من الأفضل أن تساوي إلى نصف ثخانة الوتر المار من نقطة تماس الأشعة مع القطر الداخلي للأنبوب.

إن نتائج تطبيقات تقنية التصوير الشعاعي المماسي على أنابيب ذات أقطار واقعة بين 150 mm - 20 تحتوي على اهتراءات حقيقية حُصل عليها من محطة توليد الكهرباء بالهامةأظهرت وسطياً دقة قياس مقدارها 96% في تحديد الثخانات المتبقية لجدرانها وذلك باستخدام منبع مشع من الإيريديوم -192، وطُبِّقت مسافات SFD مساوية إلى عشرة أضعاف القطر الخارجي للأنبوب. وقد تمّ التأكد من قيمة الدقة المذكورة بمقارنة نتائج التصوير الشعاعي المماسي مع نتائج القياسات الميكانيكية والقياسات بالأمواج فوق الصوتية للأنابيب ذاتها، و يبيّن الشكل 5 والشكل 6 الصورتين الشعاعيتين لأنبوبين من هذه الأنابيب. وفيما يتعلق بعمق الحفر الناتجة عن الاهتراءات والتآكلات، فقد بيّنت نتائج التصوير الشعاعي

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

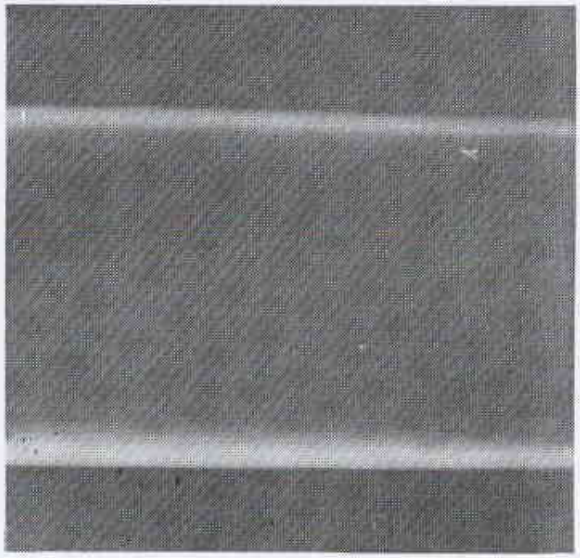


الشكل 5– صورة شعاعية تبيّن خيال ثخانة الجدار المتبقي لأنبوب معزول حراريا ذي قطر يبلغ 78 mm باستخدام أفلام كوداك AX

المماسي للأنابيب صعوبة التحديد الدقيق لهذه الحفر ما لم يتم توجيه حزمة الأشعة بشكلٍ مماسي على منطقة تواجدها.

الخلاصة

يمكن تطبيق التصوير الشعاعي المماسي بنجاح في قياس الثخانات المتبقية لجدران الأنابيب المعزولة حرارياً بدون الحاجة إلى إزالة طبقات العزل و كذلك استخدامه في تحديد المناطق الأكثر تضرراً بالاهتراء في الأنابيب. و تقتصر عملية القياس وفقاً لهذه الطريقة على منطقة تماس الأشعة مع الأنبوب، وبالتالي يتطلب الاختبار في بعض الحالات إجراء تعريضات عديدة للكشف عن الأجزاء المختلفة من الأنبوب، ويمكن تجنب هذه الحالات باستخدام منحنيات العلاقة ما بين كثافة الصور الشعاعية



الشكل 6– صورة شعاعية تبيّن خيال الجدار المتبقي لأنبوب معزول حرارياً ذي قطر يبلغ 115 mm يحتوي على حفر باستخدام أفلام كوداك AX

وثخانات المعدن. للحصول على نتائج مُثلى عند تطبيق التصوير الشعاعي المماسي يجب استخدام منابع أشعة غاما وتطبيق مسافة ما بين المنبع المشع وفلم التصوير لا تقل عن عشرة أضعاف القطر الخارجي للأنبوب المختبر. وقد تبيَّن بالإضافة إلى ذلك عدم وجود علاقة ما بين دقة قياس الثخانات المتبقية للأنابيب المختبرة وحساسية التصوير الشعاعي المماسي وإمكانية الحصول على نتائج قياس جيدة باستخدام أفلام سريعة من النوع الثالث (Type III films)، وخاصة عندما تكون الأنابيب محاطة بمواد عزل ذات ثخانة كبيرة أو عند الحاجة إلى خفض زمن التعريض.

المراجع REFERENCES

[1] Herbert H.Uhlig, R. Wincton Revie, Corrosion and Corrosion Control, 3ed edition John Wiley & Sons, Inc, N.Y., 1985, pp 165-186.

[2] Marsg. Fontana, Corrosion Engineering, 3rd edition, McGraw-Hill, Inc., N.Y., 1986, pp220-256.

[3] R. Griffiths, Over View of Oil Refinery Corrosion Monitoring, Non-Destructive Testing, Australia Vol.26, No.1, 1989.

[4] J.Kenneth Billeaudeaux, Tangential Radiography Using a Radiation Gage, Materials Evaluation, February 1992.

[5] R. P. Krolicki, Internal Corrosion Examination and Wall Thickness Measurement of Pipe by Radiographic Method, Materials Evaluation, February 1977.

[6] W.Harara Corrosion Evaluation and Wall Thickness Measurement of Insulated Pipes by Tangential Radiography Using there Outer Diameters, Russian Journal of Non-Destructive Testing No.7, 1999 pp.88-93.

[7] P.Willems, B.Vaessen, Applicability of CR for Corrosion and Wall Thickness Measurement, 7th European Conference on Non-Destructive Testing, Copenhagen, 26-29 May 1998.

[8] W.S.Burkle, Application of the Tangential Radiographic Technique for Evaluating Pipe System Erosion / Corrosion, Materials Evaluation, October 1989.

[9] Industrial radiography, Agfa- Gevaert N.V. 1986 pp. 67-72.

[10] Non - Destructive Testing hand book, eds. Robert C. McMaster, Vol.1. pp.1915-1916.■

☆ ★ ☆

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

التعيين المباشر لليورانيوم في الطور العضوي D2EHPA-TOPO بتقانة أشعة-X المتفلورة*

د. جمال سطاس، د. رفعت المرعي، جهاد الدين قرجو
قسم الكيمياء - هيئة الطاقة الذرّية - ص.ب 6091 - دمشق - سورية

ملخص

دُرس تحديد اليورانيوم في العينات السائلة بتقانة أشعة-X المتفلورة، وحُلّل الطور العضوي (D2EHPA-TOPO / kerosene) الناتج من الدورة الأولى والثانية لاستخلاص اليورانيوم من حمض الفسفور التجاري مباشرة باستخدام ^{109}Cd كمنبع إثارة أولي، كما استخدم النحاس كمعيار داخلي، مما أدى إلى الحصول على علاقة خطية بين الشدة النسبية لليورانيوم وتركيزه. وأنشئت ثلاثة منحنيات معيارية ($\mu g.ml^{-1}$ 0-100)، ($\mu g.ml^{-1}$ 100-1000)، ($\mu g.ml^{-1}$ 1000-6500)، تتوافق مع تركيز اليورانيوم في العينات المدروسة.

دُرس تأثير مولية لكل من D2EHPA والـ TOPO. كان الحد الأدنى للكشف، بالإضافة إلى دقة الطريقة وصحتها $1.1\ \mu g.ml^{-1}$ و3% و1.4% بالتالي. قُورنت النتائج مع عدة تقانات أخرى مثل مطيافية غاما، المطيافية الضوئية والطريقة الحجمية.

الكلمات المفتاحية: تعيين، اليورانيوم، D2EHPA-TOPO، أشعة - X المتفلورة.

مقدمة

يستخدم المزيج ثنائي (2-إيتيل هكسيل) حمض الفسفور (D2EHPA) وأكسيد ثلاثي أوكتيل الفسفين (TOPO) بشكل واسع لاستخلاص اليورانيوم من حمض الفسفور المصنّع بالطريقة الرطبة [1-6].

كما تستخدم الطرائق المطيافية بشكل واسع في تعيين اليورانيوم في الوسط (D2EHPA/TOPO/kerosene) [7-12] .

تستخدم تقانة أشعة -X المتفلورة بشكل واسع لإجراء تحليل متعدد العناصر بنفس الوقت للعينات البيئية الدوائية والجيولوجية والصناعية، وذلك لتمتعها بميزات عديدة بالمقارنة مع الطرائق الفيزيائية والكيميائية الأخرى (طريقة لاإتلافية، تعيين العديد من العناصر بنفس الوقت، المجال الواسع للتركيز المدروس من 1ppm حتى 100%، بالإضافة إلى كون تحضير العينة سهلاً وسريعاً).

نادراً ما تستخدم تقانة أشعة -X المتفلورة للتحاليل المباشرة للمحاليل السائلة وذلك بسبب عدم توفر حساسية كافية لإجراء تعيين مباشر للعناصر في العينات السائلة. في مثل هذه الحالات يتم الأخذ بعين الاعتبار إجراء تركيز مسبق وذلك عن طريق: التبخير، الترسيب، استخدام تقنية التبادل على الراتنج واستخدام فلاتر لجمع الأيونات، الامتزاز على الكربون المنشط، تشكيل معقدات بتقانة الاستخلاص بالمذيبات [13-18]. أما بالنسبة إلى تعيين اليورانيوم في وسط حمض الفسفور بتقانة أشعة - X المتفلورة فيتم بعد تحويله إلى شكل صلب [19، 20].

ركز هذا العمل على استخدام تقانة أشعة - X المتفلورة للتعيين المباشر لتراكيز اليورانيوم في الطور العضوي (D2EHPA + TOPO)/kerosene الناتج عن استخلاصه من حمض الفسفور التجاري السوري .

الخلفية النظرية

يمكن في التحليل الكمي تحويل أشعة - X المتفلورة المقيسة لعنصر مدروس في عينة ما إلى تركيزه الوزني . تعطى العلاقة البسيطة التي تربط الشدة بالتركيز على الشكل التالي:

$$I_i = G_i \times C_i \qquad (1)$$

I_i: الشدة المميزة الصافية للعنصر i

G_i: معامل الحساسية للعنصر i ($count/s/\mu g.ml^{-1}$)

C_i: تركيز العنصر ($\mu g.ml^{-1}$)

يُفترض أن يكون معامل الحساسية G_i للعنصر i ثابتاً من أجل جهاز معين وطبيعة ثابتة للعينات. استخدمت طريقة المعيار الداخلي لإزالة تأثير المادة الحاملة (matrix) للعينات المراد تحليلها. ويكون العنصر المضاف مشابهاً للعنصر المراد تحليله من وجهة نظر أشعة - X، وخصائص زيادة شدة الأشعة الممتصة (enhancement)، بحيث تتأثر بهذه التغيرات شدة عنصر المعيار الداخلي وشدة العنصر المحلل بنفس السوية تقريباً. وأن لا

* نشرت ورقة البحث هذه في مجلة *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, Vol.250, No.3 (2001).

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

تكون الخطوط الطيفية لهذا العنصر متداخلة مع الخطوط الطيفية للعناصر الأخرى الموجودة في العينة.

$$I_s = G_s \times C_s \qquad (2)$$

I_s: الشدة المميزة الصافية للمعيار الداخلي

G_s: معامل الحساسية للمعيار الداخلي ($count/s/\mu g.ml^{-1}$)

C_s : تركيز المعيار الداخلي ($\mu g.ml^{-1}$)

بتقسيم المعادلة (1) على (2) نجد:

$$I_i/I_s = K \times C_i$$

حيث $K = (G_i/G_s) \times C_s$

G_i و G_s غير ثابتين ويتعلقان بمكونات عناصر المادة الحاملة للعينة المجهولة والعينة العيارية. وعلى أية حال فإن كلاً من G_i و G_s تتغيران بشكل متشابه مع مكونات المادة الحاملة. وهكذا فإن النسبة G_i/G_s هي أقل حساسية للتغيرات للمادة الحاملة وبالتالي يمكننا من الناحية العملية اعتبار النسبة G_i/G_s ثابتة [13].

القسم العملي

جهاز القياس

أجريت قياسات أشعة X – المتفلورة لليورانيوم في الطور العضوي (D2EHPA + TOPO)/ kerosene الناتج من استخلاص اليورانيوم من حمض الفسفور التجاري باستخدام المنبع المشع ^{109}Cd. إن جهاز أشعة X – المتفلورة مزود بكاشف $Si(L_i)$ ذي مقدرة فصل 180 eV عند الطاقة 5.9 keV ومضخم إشارة سريع Tennelec TC 245، ومحلل متعدد الأقنية Nucleus PCAII.

عولجت المعطيات بحاسوب IBM-AT باستخدام مجموعة البرامج AXIL-QXAS المزودة من قبل الوكالة الدولية للطاقة الذرية.

استخدمت في هذه الدراسة القمة العائدة لليورانيوم والتي هي Lα(13.6 keV).

لتأمين العمل مع العينات اللزجة تم وضع 10 ml من العينة في كأس بلاستيكي مصنع من البولي إيتيلين قطره (2.5 cm) مغلق من الأسفل بورقة من المايلر ثخانتها (3.6 µm). شُععت العينات بمنبع ^{109}Cd، أما زمن العدّ فكان 500 ثانية لأغلب العينات، بينما استخدم زمن العدّ 1000 ثانية من أجل العينات العيارية ذات تركيز يورانيوم ($\mu g.ml^{-1}$ 5 & 10).

تحضير المحاليل العيارية

حُضِّر محلولا أم لليورانيوم بتركيز $\mu g.ml^{-1}$ 10 000 باستخدام نترات اليورانيل $UO_2(NO_3)_2.6H_2O$ في (0.5 M D2EHPA + 0.125 M TOPO) و (0.3 M D2EHPA + 0.075 M TOPO) في الكيروسين. حضرت المحاليل العيارية بالتمديد باستخدام المحاليل الممددة . وبنفس الطريقة حُضِّر محلول بتركيز $\mu g.ml^{-1}$ 10 000 من النحاس كمحلول معياري داخلي باستخدام $Cu(NO_3)_2.3H_2O$. كما حُضِّر محلول عياري من الحديد بتركيز $\mu g.ml^{-1}$ 10 000 بحل $Fe(NO_3)_3.6H_2O$ في الأوساط العضوية المذكورة أعلاه.

النتائج والمناقشة

تعيين اليورانيوم في وسط (0.5 M D2EHPA + 0.125 M TOPO)/ kerosene.

استخدم المزيج (0.5 M D2EHPA + 0.125 M TOPO)/ kerosene في الدارة الأولى لاستخلاص اليورانيوم من حمض الفسفور التجاري السوري. يصل تركيز اليورانيوم المُستخلَص في هذه الدارة إلى حوالي ($200\ \mu g.ml^{-1}$).

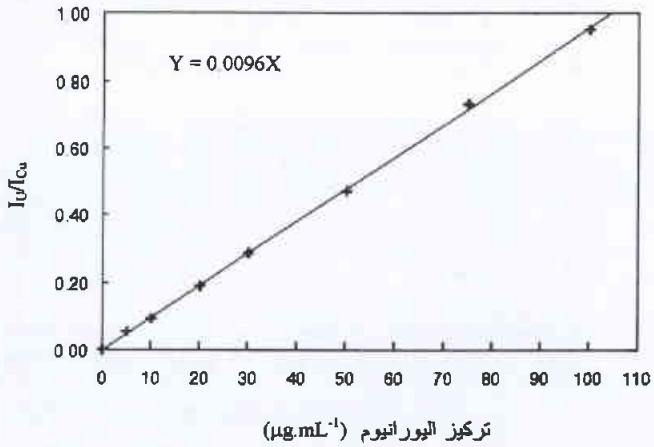
يتم عادة تعرية اليورانيوم المُستخلَص في الدارة الأولى من أجل استخدامه في الدارة الثانية للاستخلاص .

حُضِّرت مجموعتان من المحاليل العيارية (0, 5, 10, 20, 30, 50, 75, 100 $\mu g.ml^{-1}$) و(100, 200, 300, 500, 750, 1000 $\mu g.ml^{-1}$) والحاوية على 500 $\mu g.ml^{-1}$ من النحاس كمعيار داخلي لتعيين اليورانيوم في الطور العضوي المذكور أعلاه . أعطت المنحنيات العيارية بين الشدة النسبية I_U/I_{Cu} وتركيز اليورانيوم خطين مستقيمين مع معاملي ارتداد خطين 0.99953 و 0.99969 بالتتالي (الشكلان 1 و2). تبين لنا أنه لا بد من عمل مُنحني معايرة لتقليل الارتياب ولتحسين الدقة في تعيين اليورانيوم ذي التركيز المنخفض والمتوسط في الطور العضوي للطريقة المقترحة .

تعيين اليورانيوم في وسط (0.3 M D2EHPA + 0.075 M TOPO/ kerosene)

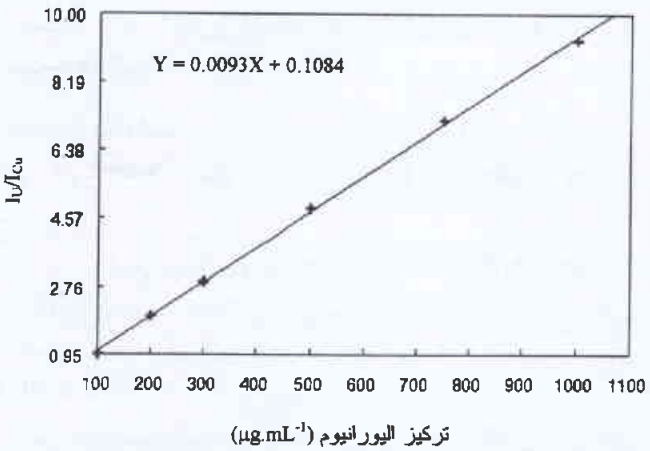
من المعلوم أن تركيز اليورانيوم في مزيج الاستخلاص (0.3 M D2EHPA + 0.075 M TOPO/ kerosene) الناتج عن الدورة الثانية لاستخلاص اليورانيوم من حمض الفسفور التجاري يكون أعلى من $5000\ \mu g.ml^{-1}$.

حُضِّرت محاليل عيارية لليورانيوم (1000, 2000, 3000, 4000, 4500, 5500, 6500) $\mu g.ml^{-1}$ والحاوية على 500 $\mu g.ml^{-1}$ نحاس كمعيار داخلي



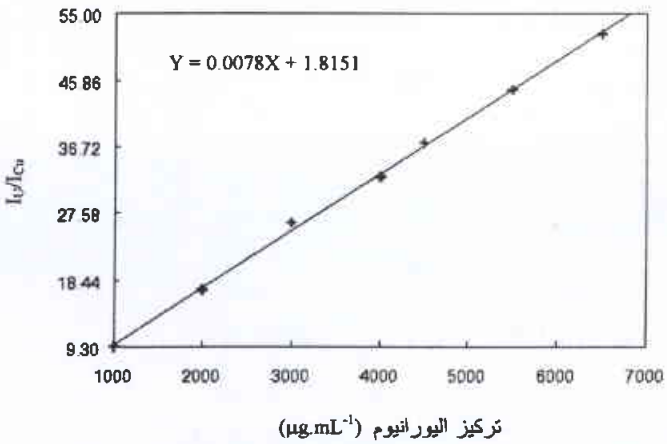
الشكل 1- تغير الشدة النسبية I_U/I_{Cu} كتابع لتركيز اليورانيوم ضمن المجال (0 - 100 $\mu g.ml^{-1}$) في الطور العضوي (0.5 M D2EHPA + 0.125 TOPO)/ kerosene.

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



الشكل 2- تغير الشدة النسبية I_U/I_{Cu} كتابع لتركيز اليورانيوم ضمن المجال (100 - 1000 $\mu g.ml^{-1}$) في الطور العضوي /(0.5 M D2EHPA + 0.125 TOPO) kerosene.

في المزيج المذكور أعلاه. عُين تركيز اليورانيوم في هذه المحاليل باستخدام نفس بارامترات أشعة - X المتفلورة، وكان المنحني العياري خطياً من 1000 إلى 6500 $\mu g.ml^{-1}$ مع معامل ارتداد خطي 0.9986 (الشكل 3). بما أن الخطية في هذه الطريقة تصل حتى تركيز يورانيوم 6500 $\mu g.ml^{-1}$ فقد وجدنا من الناحية التطبيقية، أنه من أجل تركيز يورانيوم أكبر من 1000 $\mu g.ml^{-1}$ فإن الخطأ مهما كان صغيراً فإنه يؤثر بشكل قوي على تعيين التراكيز المنخفضة والمتوسطة من اليورانيوم أقل من (1000 $\mu g.ml^{-1}$). يجب تمديد المحلول بالمزيج المخلّص من أجل العينات الحاوية على تركيز يورانيوم أعلى من (6500 $\mu g.ml^{-1}$). يمكن تعيين اليورانيوم المتبقي في الطور العضوي (0.3 M D2EHPA + 0.075 M TOPO/ kerosene) بعد التعرية باستخدام منحني المعايرة (2) لعدم تأثير موليـة الـ D2EHPA + TOPO على تعيين اليورانيوم.



الشكل 3- تغير الشدة النسبية I_U/I_{Cu} كتابع لتركيز اليورانيوم ضمن المجال (1000 - 6500 $\mu g.ml^{-1}$) في الطور العضوي /(0.5 M D2EHPA + 0.125 TOPO) kerosene.

تأثير موليات الـ D2EHPA/ TOPO على تعيين اليورانيوم

يستخلص اليورانيوم من حمض الفسفور التجاري السوري خلال دورتين باستخدام المزائج المخلّصة D2EHPA/ TOPO. المولیات المستخدمة في الدورة الأولى هي 0.5 M D2EHPA و 0.125 M TOPO، أما في الدورة الثانية فهي: 0.3 M D2EHPA و 0.075 M TOPO مع المحافظة على النسبة الثابتة 4 = [D2EHPA]/ [TOPO].

حُضّرت مجموعة من المحاليل العيارية الحاوية على 50 $\mu g.ml^{-1}$ يورانيوم و 500 $\mu g.ml^{-1}$ نحاس كمعيار داخلي في مجالات مولية مختلفة من الـ D2EHPA (0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6) مع المولیات المناسبة من الـ TOPO (0.05, 0.075, 0.1, 0.125, 0.15) مع المحافظة على نسبة مولية ثابتة 4 = [D2EHPA]/ [TOPO].

قيست الشدات النسبية $I_U(L\alpha)$ و $I_{Cu}(K\alpha)$ لليورانيوم والنحاس وحسبت معاملات الحساسية $G_U(L\alpha)$ و $G_{Cu}(K\alpha)$ من المعادلتين 1 و 2.

يمكن اعتبار النسبة G_U/G_{Cu} ثابتة مع قيمة تساوي 0.486 في مجال تركيز الـ D2EHPA (0.2 - 0.6 M) (الجدول 1).

الجدول 1 – تأثر مولیات (D2EHPA + TOPO) على معاملات الحساسية لليورانيوم والنحاس ونسبتهما.

معاملات الحساسية	مولیات (D2EHPA + TOPO)				
	0.2M+0.05M	0.3M+0.075M	0.4M+0.1M	0.5M+0.125M	0.6M+0.15M
G_U (count / s / $\mu g.mL^{-1}$)	12.0	11.4	10.8	10.4	9.8
G_{Cu} (count / s / $\mu g.mL^{-1}$)	24.9	23.9	22.3	21.5	19.5
G_U/G_{Cu}	0.482	0.477	0.484	0.484	0.502

تأثير الحديد على تعيين اليورانيوم

بالإضافة إلى وجود الحديد بتركيز عال (~1000 $\mu g.ml^{-1}$) في حمض الفسفور التجاري، فإنه يستخدم عادة كعامل مرجع عند تعرية اليورانيوم في الدورة الأولى للاستخلاص، وبالتالي فإنه يمكن أن يستخلص بشكل مشترك مع اليورانيوم في الدورة الثانية.

حُضّرت سلسلة من المحاليل العيارية في المزيج (0.5 M D2EHPA + 0.125 M TOPO/ kerosene) حاوية على 50 $\mu g.ml^{-1}$ من اليورانيوم و 500 $\mu g.ml^{-1}$ من النحاس وكمية معلومة من الحديد تصل حتى 500 $\mu g.ml^{-1}$.

عُيّن تركيز اليورانيوم في هذه المحاليل باستخدام منحني المعايرة (2).

يبين الجدول 2 أن هناك تأثيراً بسيطاً للحديد على تعيين اليورانيوم في الطور العضوي، وهذا التأثير هو ضمن المجال (3-6%).

الخصائص التحليلية

عُيّن الحد الأدنى للكشف باستخدام المعادلة التالية:

$$DL = 3/G \times \sqrt{R_b/T}$$

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

الجدول 2 – تأثير الحديد على تعيين اليورانيوم

تركيز اليورانيوم المقيس U_{found} $\mu g.mL^{-1}$	تركيز الحديد المضاف Fe_{Added} $\mu g.mL^{-1}$	تركيز اليورانيوم المحضّر U_{Taken} $\mu g.mL^{-1}$
50.9 ± 0.8	0	50
52.9 ± 0.3	100	
51.5 ± 1.8	200	
52.9 ± 1.4	300	
51.8 ± 2.0	500	

حيث:

G : هو معامل الحساسية للعنصر المراد تعيينه ($count/s/\mu g.ml^{-1}$)

R_b: الشدة الأرضية

$T=2t$ ، حيث t زمن العدّ.

ووجد أنه يساوي $1.1\ \mu g.ml^{-1}$. حسبت الدقة والصحة من الانحراف المعياري لعشرة قياسات لمحلول يحوي $50\ \mu g.ml^{-1}$ يورانيوم و $500\ \mu g.ml^{-1}$ نحاس وتبيّن أنها تساوي 3%، 1.4% بالترتيب. لاختبار ثباتية العملية، قيست العينة العيارية ذاتها بشكل يومي لعشرة أيام متتالية، فأظهرت النتائج بأن الاختلاف هو أقل من 5% مما يعني أن هذه العملية يمكن اعتبارها ثابتة مع الزمن.

تعيين اليورانيوم في العينات المجهولة

حُلّلت عينات حقيقية من (D2EHPA + TOPO)/ kerosene حاوية على اليورانيوم الناتج من وحدة استخلاص مصغرة (لاستخلاص اليورانيوم من حمض الفسفور التجاري السوري) بتقنية أشعة – X المتفلورة، وقورنت النتائج بمطيافية غاما، والمطيافية الضوئية والطريقة الحجمية، النتائج مبينة في الجدول 3.

النتائج

يمكن من هذا العمل استنتاج النقاط التالية:

– اعتبار EDXRF تقنية لتعيين تراكيز من اليورانيوم في الطور العضوي (D2EHPA + TOPO)/ kerosene بشكل مباشر.

– لم تؤثر التراكيز المختلفة من الطور العضوي المذكور على تعيين اليورانيوم ضمن مجال تركيز الـ D2EHPA (0.2 - 0.6 M).

– استخدام النحاس كمعيار داخلي لإزالة تأثير المادة الحاملة على العنصر المدروس .

– يمكن أن تغطي هذه الطريقة مجالاً واسعاً من التراكيز يصل حتى $6500\ \mu g.ml^{-1}$.

– الطريقة مستقرة مع الزمن.

– تعتبر هذه الطريقة مباشرة واقتصادية وسريعة، كما أنها لا تتطلب عملية تحضير للعينة.

– هذه الطريقة صالحة لتعيين اليورانيوم المستخلص من حمض الفسفور التجاري على مستوى وحدة رائدة باستخدام المزيج D2EHPA + TOPO خلال وقت قصير.

الجدول 3– مقارنة تقنية EDXRF مع تقنيات أخرى لتعيين اليورانيوم في (D2EHPA + TOPO)/ kerosene.

العينة Sample		مطيافية أشعة-X EDXRF	المطيافية الضوئية UV Spectrometry	مطيافية غاما γ Spectroscopy	معايرة حجمية Volumetric Titration
		تركيز اليورانيوم $\mu g.mL^{-1}$			
الدورة الأولى 1st. cycle	مشحون Loaded	180±5	182±10	192±10	196±10
	معرّى Stripped	2.3±0.4	2.3	5	-
الدورة الثانية 2nd cycle	مشحون Loaded	9447±355	9650±193	9800±196	9730±195
	معرّى Stripped	333±7	332±17	360±18	345±17
	محلول عياري ($250\ \mu g.mL^{-1}$)	245±7	260±13	-	245±12

المراجع

REFERENCES

[1] F. J. Hurst, D. J. Crouse and K. B. Brown, Ind. Eng. Chem. Process Des, Develop., 11 (1972) 122.

[2] F. J. Hurst and D. J. Crouse, Australian patent N° 29312 (1971).

[3] F. J. Hurst and D. J. Crouse, U.S patent N° 3711591 (1973).

[4] F. T. Bunus, V. C. Domocos, and P. Dumitrescu, J. Inorg. Nucl. Chem. 40 (1978) 117.

[5] T. K. Wiewiorowsky and W. L. Thornsberry Jr., South African patent N° 770, 983 (1974), and U.S patent N° 4.105-741 (1978).

[6] IAEA- TECDOC-533, the recovery of uranium from phosphoric acid, Report of an advisory group meeting organized by the International Atomic Energy Agency, Vienna.

[7] T. Kojima, Y. Shigetomi, H. Kamba, H. Iwashiro, T. Sakamoto and A. Doi, Analyst, 107 (1982) 519.

[8] X. Xu, J. Liao and Y. Yang, Fenxi, Huaxue, 16 (1988) 354.

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

[9] F. T. Awadalla, and F. Habashi, Z. Fresenius, Anal. Chem. 324 (1986) 33.

[10] Z. Ilic and S. Milonjic, J. Radioanal. Nucl. Chem. 99 (1986) 279.

[11] I. Brcic, E. Polla and M. Radosevic, Analyst. 110 (1985) 1249.

[12] H. Gorecka and H. Gorecki, Talanta, 31 (1984) 459.

[13] E. Van Grieken and A. Markowicz, Handbook of X-Ray Spectrometry, Volume 14(1992), Marcel Dekker, INC., New York, (1992) 309.

[14] H. Robberecht and R. Van Grieken, Anal. Chim. Acta, 147 (1983) 113.

[15] N. Q. Liu, S. Galassini, G. Moschini, M. Nagj, J. Injuk and V.Valkovic, J. Radioanal. Nucl. Chem. Articles, 130 (1989) 39.

[16] M. Nagj, J. Injuk and V.Valkovic, J. Radioanal. Nucl. Chem., Letters 127 (1988) 243.

[17] N. Barrio, O. Morel, M. Zlosilo and W. Schlein, X-Ray-Spectrom. 7 (1978) 31.

[18] S. Ducos-Fonfrede, F. Clanet and G. Malingre, Analysis. 23 (1995) 125.

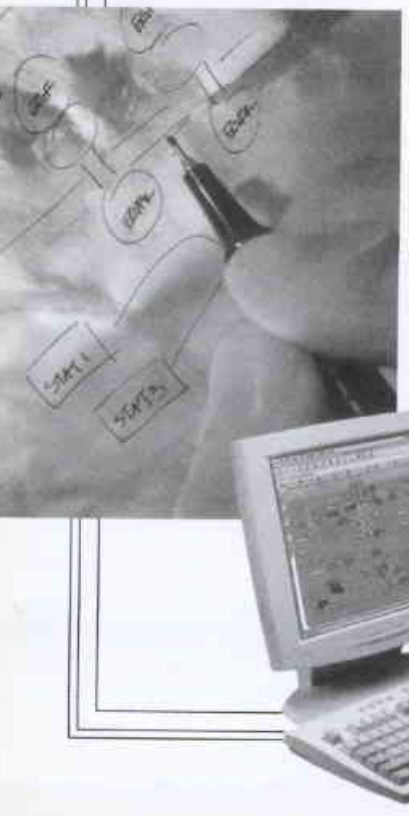
[19] A. Khuder, J. Radioanal. Nucl. Chem. 224 (1997) 49.

[20] J. C. Magalhaes and W. F. Neves, Ceara State, Brazil, tenth conference (1995) 529.■

☆ ★ ☆

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

التقارير العلمية



تأثير إسهام السويات الطاقية العليا على مميزات نبضة الخرج في ليزر CO_2 ★

د. بشار عبد الغني – مصطفى حمادي
قسم الخدمات العلمية – هيئة الطاقة الذرّية – ص.ب 6091 – دمشق – سورية

ملخص

تمَّ اعتماد نموذج تيلر – لانداو المعدّل لدرجات الحرارة الست الذي يصف ديناميكية إصدار النمط الوحيد لليزر CO_2 TEA النبضي. استخدم هذا النموذج أيضاً لوصف إسهام السوية الليزرية العليا 002.

بالإضافة إلى ذلك، نوقشت وبشكل نوعي الحلول العددية لجملة معادلات المعدّل غير الخطية للنموذج المقترح. تصف هذه الحلول شدة الحقل الإشعاعي، الانقلاب الإسكاني وعمليات انتقال الطاقة. بلغت نسبة إسهام السوية 002 4% من الإصدار الليزري الكلي.

الكلمات المفتاحية: النمذجة، ليزر CO_2، إسهام، السوية العليا.

مقدمة

لتحديد درجة إسهام السويتين الليزريتين 002، 003، ... في عملية الانقلاب الإسكاني في حالة التشغيل الفعّال لليزر CO_2 النبضي، من الضروري دراسة احتمالية تفاعلات إلكترونات الانفراغ ذات الطاقات المختلفة مع جزيئات المزيج الغازي.

إن المقاطع العرضية لإثارة السويات الذرّية العليا مهملة باستثناء قيمها العظمى عند العتبة، في حين أن للمقاطع العرضية للسويتين الأساسيتين ذيلاً طاقياً يمتد حتى طاقة 2 eV لإلكترونات الضخ، أي أن عملية إسكان هاتين السويتين تتم بالتبعثر المرن وذلك لأن قيم معدلات الإثارة الكلية للسويتين المذكورتين لا تختلف كثيراً بعضها عن بعض. وعندما تصبح طاقة الإلكترونات أكبر من 3 eV تؤدي الإثارات إلى عملية تفكك جزئية لـ CO_2 إلى CO والتي تبلغ 80-90% وبالتالي تضبح العملية غير مستقرة. من جهة أخرى، تبدأ بشكل فعّال عملية إثارة السويات الليزرية الأعلى بالإلكترونات ذات الطاقة الأكبر من 3 eV ولكن باحتمال أقل حيث تكون قيم المقاطع العرضية عظمى عند العتبة.

نتائج الحسابات والمناقشة

تمَّ في هذا العمل إجراء نمذجة رياضياتية لآلية عمل ليزر CO_2 النبضي وذلك بهدف تحديد درجة إسهام أول سوية ليزرية عليا 002 في الفعل الليزري لكون إسهام السويات الأعلى صغيراً جداً بالنسبة للفعل الليزري الأساسي. استخدم نموذج تيلر – لانداو (نموذج درجات الحرارة الست) وذلك بعد تعديله ليصف إسهام السوية 002 المشاركة في الفعل الليزري.

تمَّ إعداد برنامج بلغة الفورتران لحل جملة معادلات تفاضلية لا خطية من المرتبة الأولى وذلك باستخدام طريقة رونغ – كوتا من المرتبة الرابعة. تصف حلول جملة المعادلات المذكورة السلوك الزمني لكثافة الفوتونات والانقلاب الإسكاني المعكوس وعمليات انتقال الطاقة. دُرِس الفعل الليزري عند خط الإصدار الدوراني P(J=18) وطول الموجة 10.6 µm من أجل معامل تفكك 1-f=0.8 (أي أن 80% من جزيئات CO_2 تتفكك إلى جزيئات CO.

اعتمدت الوسائط الهندسية والفيزيائية التالية:

- طول الوسط الفعّال 120 cm
- طول المجاوب الليزري 200 cm
- معامل الامتلاء 0.6
- سطح مقطع النمط 0.5 cm
- انعكاسية مرآة الخرج 0.65
- الجهد المطبق 40 kV

كما اعتُمِدت المعايير والشروط الفيزيائية التالية:

1 – تمت عملية الإثارة في مجال الهزّاز التوافقي

2 – تم تحقيق التوازن الحراري بين الأنماط الاهتزازية المختلفة.

3 –القيمة العظمى لشدة النبضة الليزرية تقابل القيمة التي تكون من أجلها قيمة معامل التضخيم مساوية لقيمة معامل الضياع.

أظهرت الحسابات النظرية في هذا العمل أن نسبة إسهام السوية الليزرية العليا 002 هي بحدود 4% بالنسبة للفعل الليزري الأساسي، حيث أعطت الحسابات قيمة عظمى لطاقة نبضة الخرج 173 mJ، في حين أنها بلغت 166 mJ في حال عدم اعتبار إسهام السوية وفقاً للوسائط الهندسية المفترضة. تبقى هذه النسبة صحيحة من أجل أي وسائط هندسية وفيزيائية لليزر.

المراجع

REFERENCES

[1] Pellegrini C. Developments in high power laser and their applications, (1981).

[2] Evenson K. M. Che Chong Chou, b. w, Bach and Bach K. L. New CW CO_2 Laser Lines; The 9-µm Hot Band. IEEE J.Quan. Elect. 1994; 30 (5); 1187-1188.

[3] Smith K., Thomson R. M. Computer modeling of gas laser, N. Y. Plenum Press.

[4] Soukieh M., Abdul Ghani B., and Hammadi M. Mathematical Modeling of CO_2 TEA Laser Optics & Laser Technology 1998; 30:451-457.■

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

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

دراسة التعرية الانتقائية لليورانيوم من المذيب المشحون 0.3 M D2EHPA + 0.075 M TOPO/ kerosene في الدورة الثانية للاستخلاص★

د. جمال سطاس، حبيب شلويط، عجاج دحدوح، د. سعد الدين خرفان
قسم الكيمياء - هيئة الطاقة الذرّية - ص.ب. 6091 - دمشق - سورية

ملخص

دُرست تعرية اليورانيوم والحديد من الطور العضوي 0.3 M D2EHPA + 0.075 M TOPO/kerosene المحمّل بـ 0.0252 مول/ لتر يورانيوم و 0.0064 مول/ لتر حديد باستخدام تراكيز مختلفة من بعض الأوساط القلوية والحمضية مثل: كربونات الصوديوم، وكربونات الأمونيوم، وبيكربونات الأمونيوم، وحمض الفسفور، وحمض الكبريت، وحمض كلور الماء، وحمض الآزوت وحمض فوق الكلور.

وقد وُجد أن مردود التعرية لليورانيوم باستخدام المحاليل القلوية المذكورة أعلاه يزداد مع ازدياد تركيز الطور المعرّي، أما شدة التعرية فتتبع الترتيب التالي: $Na_2CO_3 > (NH_4)_2CO_3 > NH_4HCO_3$

وكذلك الأمر بالنسبة لمردود الحديد، غير أن مردود التعرية للحديد بواسطة بيكربونات الأمونيوم كان منخفضاً. أما الانتقائية لليورانيوم بالنسبة للحديد فقد وجد أنها تتناقص على عكس المردود. كما لوحظ بأن لدرجة الحرارة في المجال 25 - 55 °C تأثيراً إيجابياً على التعرية القلوية.

بيّن استخدام كل من حمض فوق الكلور وحمض الآزوت بأنهما غير فعّالين في عملية التعرية سواء لليورانيوم أو للحديد، بينما أظهر كل من حمض كلور الماء وحمض الكبريت مقدرة ضعيفة في عملية التعرية. وتزداد التعرية مع ازدياد تركيزهما. في حين وُجد أن حمض الفسفور هو الأنسب من بين هذه الحموض: فاستخدام 2 مول/ لتر منه يمكننا من استرداد كامل الحديد من الطور العضوي مع استرداد نسبة ضئيلة جداً من اليورانيوم وبذلك يمكن فصل الحديد أولاً ومن ثم إجراء تعرية للطور العضوي بأحد المركبات القلوية لاسترداد اليورانيوم بشكل نقي.

الكلمات المفتاحية: تعرية، انتقائية، يورانيوم، حديد، ديبا، توبو.

مقدمة

يُعرّى المذيب D2EHPA/TOPO المشحون باليورانيوم في الدورة الثانية للاستخلاص بمحلول قلوي. وتستخدم على الأغلب كربونات الأمونيوم عند درجة حرارة 50 °C. وتتم التعرية بمحلول كربونات الأمونيوم الممدَّد وذلك لمنع ترسب اليورانيوم. وتتم بعد ذلك معالجة محلول التعرية المشبع باليورانيوم بالحمض لخفض قيمة الـ pH وإزاحة CO_2، ثم يرسَّب اليورانيوم بواسطة الأمونيا.

أشارت بعض الدراسات إلى استخدام الأوساط الحمضية لإجراء عملية التعرية، كاستخدام حمض الحماض ثنائي التميُّه ($H_2C_2O_4.2H_2O$) لخفض نسبة الحديد في الكعكة الصفراء، ولكن تعتبر هذه الطريقة مكلفة جداً فهي تحتاج إلى عدد مراحل تعرية من 3 - 5 مراحل وكميات كبيرة من حمض الحماض.

يهدف هذا العمل إلى دراسة تعرية اليورانيوم والحديد من المذيب المؤلف من 0.3 مول/ لتر D_2EHPA + 0.07 مول/ لتر TOPO في الكيروسين بواسطة بعض المحاليل القلوية والحمضية مثل: كربونات الصوديوم، كربونات الأمونيوم، بيكربونات الأمونيوم، حمض الفسفور، حمض الكبريت، حمض كلور الماء، حمض الآزوت وحمض فوق الكلور، وبالتالي إجراء مقارنة بين مردود التعرية لكل من هذه الكواشف، وكذلك انتقائيتها لتعرية اليورانيوم بالنسبة للحديد بغرض الحصول على مردود تعرية جيد وعلى انتقائية عالية تؤمّن الحصول على كعكة صفراء نقية.

النتائج والمناقشة

أجريت تجارب التعرية بخلط الطور العضوي 0.3M D2EHPA + 0.075M TOPO/kerosene مع تراكيز مختلفة من بعض الأوساط الحمضية، في حمام مائي يحتوي على خلاط مغنطيسي، وبزمن تحريك قدره 5 دقائق. أُخذت عينة من الطور العضوي وحللت بطريقة المعايرة الحجمية لمعرفة تركيز اليورانيوم وبطريقة المطيافية الضوئية لمعرفة تركيز الحديد.

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

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

تُحسب تركيز اليورانيوم والحديد في الطور المائي من توازن المادة، وحسب مردود التعرية y_u لليورانيوم ومردود التعرية yFe للحديد كما يلي:

$$y_u\% = ([U]_A.100)/([U]_A + [U]_O)$$

$$y_{Fe}\% = ([Fe]_A.100)/([Fe]_A + [Fe]_O)$$

حيث: $[U]_A$ و $[Fe]_A$ هما تركيزا اليورانيوم والحديد في الطور المائي بعد التعرية، و $[U]_O$ و$[Fe]_O$ هما تركيزا اليورانيوم والحديد المتبقيين في الطور العضوي بعد التعرية.

التعرية القلوية

تعرية المذيب 0.3M D_2EHPA + 0.075M TOPO/ kerosene بواسطة كربونات الأمونيوم وبيكربونات الأمونيوم وكربونات الصوديوم:

تبين أن باستخدام الأوساط القلوية التالية: كربونات الصوديوم وكربونات الأمونيوم وبيكربونات الأمونيوم، أن شدة التعرية بهذه المحاليل القلوية جيدة - وتزداد شدة التعرية مع ازدياد تركيز الطور المعرّي، ولكن تعتبر التعرية بكربونات الأمونيوم وبيكربونات الأمونيوم هي الأفضل لسهولة تطاير الأمونيا بالتحريك والحصول على AUTC ثلاثي كربونات يورانيل الأمونيوم، أما شدة التعرية فتتبع الترتيب التالي:

$$Na_2CO_3 > (NH_4)_2CO_3 > NH_4HCO_3$$

بينت النتائج التجريبية أن كربونات الأمونيوم أفضل من ناحية المردود ولكن انتقائية بيكربونات الأمونيوم لليورانيوم بالمقارنة مع الحديد أفضل من انتقائية كربونات الأمونيوم، لذا في حالة الحاجة إلى كعكة صفراء أنقى فإنه من الأفضل التعرية ببيكربونات الأمونيوم. كما لاحظنا بأن رفع درجة الحرارة يزيد من مردود التعرية وثابت التوزع بالنسبة لليورانيوم والحديد دون أية زيادة في الانتقائية.

التعرية الحمضية

تعرية المذيب 0.3M D_2EHPA + 0.075M TOPO/kerosene ببعض الأوساط الحمضية

يبين استخدام كل من حمض فوق الكلور وحمض الآزوت بأنهما غير فعّالين في عملية التعرية سواء لليورانيوم أو للحديد، بينما أظهر كل من حمض كلور الماء وحمض الكبريت مقدرة ضعيفة في عملية التعرية. وتزداد التعرية مع ازدياد تركيز الحمض، في حين وجد أن حمض الفسفور هو الأنسب من بين هذه الحموض: فاستخدام 2 مول/لتر منه يمكننا تقريباً من استرداد كامل الحديد من الطور العضوي مع استرداد نسبة ضئيلة جداً من اليورانيوم وبذلك يمكن فصل الحديد أولاً ومن ثم إجراء تعرية للطور العضوي بأحد المركبات القلوية لاسترداد اليورانيوم بشكل نقي.

الطريقة المقترحة للتعرية الانتقائية لكل من الحديد واليورانيوم

تعتبر عملية تعرية اليورانيوم من المذيب المحمَّل باليورانيوم خلال المراحل الأخيرة من الدورة الثانية للاستخلاص مرحلة مهمة من مراحل تنقية اليورانيوم، ويعتبر الحديد الملوث الأساسي، وقد بينت النتائج الواردة في المراحل الأولى للبحث أنه لا يمكن فصل الحديد بشكل كامل بطرق التعرية الكلاسيكية المتبعة في الوحدات الرائدة، حيث تستخدم كربونات الأمونيوم لتعرية اليورانيوم، رغم أننا تمكنّا من تحميض نسبة جيدة من الحديد المعرّى بتحديد تركيز الكربونات ودرجة الـ pH لمحلول التعرية.

الطريقة التالية والمقترحة للتعرية النوعية لكل من اليورانيوم والحديد، تعتمد بشكل أساسي على فصل الحديد أولاً وبشكل نوعي، باستخدام معرٍّ نوعي للحديد، وهو محلول 2 مول/ لتر حمض فسفور نقي، ثم يعرّى اليورانيوم بكاشف نوعي له قدرة عالية على التعرية مثل كربونات الأمونيوم.■

تحديد الاهتراءات والترسبات في الأنابيب بالتصوير الشعاعي*

د. وفيق حرارة
قسم الخدمات العلمية - هيئة الطاقة الذرّية . ص.ب. 6091 - دمشق - سورية

ملخص

تتأثر وثوقية عمل وأمان أنظمة الأنابيب العاملة في منشآت الصناعات البترولية والبتروكيميائية ومحطات القوى الكهربائية بما يحدث فيها من تآكل واهتراءات وترسبات وانسدادات التي قد تتسبب في إشعال الحرائق والتسرب والنقص في الإنتاج والتوقف غير المبرمج والمكلف للمنشأة لتنفيذ أعمال الاستبدال والإصلاح، ومما لاشك فيه أن من أهم محددات أنظمة الأنابيب التي يجب مراقبتها وقياسها باستمرار هو مقدار التآكل والاهتراء فيها وقيمة السُّخانة المتبقية لجدرانها. ومن الشائع تحديد معدل ازدياد الاهتراء والتآكل وقياس سُخانة الجدران المتبقية للأنابيب بشكل دوري بطريقة الأمواج فوق الصوتية. إلا أن هذه الطريقة غير مناسبة، وتؤدي إلى نتائج خاطئة عند اختبار أجزاء الأنابيب المتضررة بالحرارة العالية كالأجزاء المجاورة للوصلات اللحامية، التي يكون فيها معدل الاهتراء والتآكل أعلى مما هو عليه في الأجزاء الأخرى، وكذلك عندما يكون المطلوب اختبار الأنابيب المعزولة حرارياً. ويتطلب إجراء الاختبار بطريقة الأمواج فوق الصوتية إزالة طبقات العزل المرتفعة التكلفة. ويمكن تجاوز قصور هذه الطريقة والحصول على نتائج قياسات صحيحة باللجوء إلى طريقة الاختبار

* تقرير مختصر عن بحث علمي أنجز في قسم الخدمات العلمية - هيئة الطاقة الذرّية السورية.

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

بالتصوير الشعاعي.

يتضمن التقرير تطبيق تقنية اختبار التصوير الشعاعي المماسي لتحديد قيمة تآكل واهتراء الجدران الداخلية لمنظومات الأنابيب وقياس الشخانات المتبقية لجدرانها ونتائج تطبيق هذه التقنية في تحديد مقدار التآكل لأنابيب فولاذية مختلفة الأقطار. يمكن تطبيق هذه التقنية في اختبار الأنابيب سواء أكانت في حالة العمل أم مفرغة، وسواء أكانت معزولة حرارياً أم غير معزولة عند درجات الحرارة العادية أو عند درجات الحرارة المرتفعة مما يفيد في رفع جاهزية وأمان ووثوقية عمل المنشآت وبرمجة الفترات المتطلبة للصيانة وحماية البيئة والإنسان من مخاطر الكوارث الصناعية.

الكلمات المفتاحية: تآكل، اهتراء، التصوير الشعاعي المماسي، الشخانات المتبقية.

مقدمة

تستخدم طريقة التصوير بأشعة – X وأشعة غاما في كشف وتحديد قيمة التآكل والاهتراء والترسبات في الأنابيب وذلك للأسباب التالية:

– تظهر الصورة الشعاعية مناطق التآكل في جدران الأنابيب المعدنية وتُقدم معلومات تفيد في الكشف عن نوع وطبيعة ومقدار التآكل والاهتراء.

– تكشف الصورة الشعاعية وجود الترسبات الصلبة وغير الصلبة المرتبطة بظاهرة التآكل.

– ليس من الضروري العمل على إزالة طبقات العزل أو طبقات الدهان عند تقييم التآكل والاهتراء بالتصوير الشعاعي.

إن حساسية التصوير الشعاعي في الكشف عن الأنواع المختلفة للعيوب الناتجة عن التآكل والترسبات هي كما يلي:

1 – الكشف عن الترسبات الداخلية

تبين بأن التصوير الشعاعي هو من الطرائق الفعّالة جداً في الكشف عن مختلف أنواع الترسبات الداخلية ضمن جدران الأنابيب غير المعزولة وفي غالبية الأنابيب المعزولة. ومن المناسب التأكيد على أن الكشف عن احتواء الأنابيب على طبقات مترسبة يزداد سهولة مع ازدياد ثخانة الطبقات المترسبة على الجدران الداخلية للأنابيب وكذلك ازدياد نسبة احتوائها على المواد ذات الوزن الذري المرتفع [1، 2].

2 – الكشف عن الحفر ضمن المعدن

من السهل الكشف عن وجود الحفر داخل جدران الأنابيب أو خارجها، تحت المادة العازلة، باستخدام طريقة الاختبار بالتصوير الشعاعي وذلك بقياس كثافات الصورة الشعاعية في مواضع الحفر وإسقاط قيم هذه الكثافات على منحنيات معيارية تحدد العلاقة ما بين الكثافة وثخانة المعدن ومن أجل قيم محددة لأزمنة التعريض [3، 4، 5].

3 – الكشف عن الضياع في ثخانة الجدران

عند درجات الحرارة العالية تتعرض الأنابيب الموجودة على تماس مع المواد الحاوية على الأملاح وعلى عنصر الكبريت إلى اهتراءات منتظمة ومتساوية في جميع الاتجاهات حتى بلوغ ثخانات جدرانها قيم صغيرة جداً (ثخانة الورق) ويمكن تقييم وتحديد قيمة الثخانة المتبقية للجدران بتقنية قياس كثافة الصورة الشعاعية أو بتقنية التصوير الشعاعي المماسي.

4 – الكشف عن كسور إجهادات التعب الناتجة عن التآكل

تعتبر طريقة التصوير الشعاعي وسيلة فعّالة في الكشف عن كسور إجهادات التعب الناتجة عن التآكل إذ يمكن تحديد هذه الكسور بوضوح على الصورة الشعاعية، ويمكن بعد ذلك تحديد أطراف الكسر وامتداده بدقة كبيرة باستخدام طريقة الاختبار بالدقائق المغنطيسية أو بالسوائل النافذة.

تبين في غالبية الأحيان أن السبب المحفّز لحدوث الكسور هو وجود الحفر التي تضعف مقاومة الشد للمعدن، ووجود الترسبات التي تعمل على عزل المعدن والتسبب في زيادة تسخينه وبالتالي نشوء إجهادات الشد residual tensile stresses التي تؤدي إلى حدوث الكسور.

5 – الكشف عن كسور اجهادات الشد الناتجة عن التآكل

يتم الكشف عن الكسور الناتجة عن إجهادات التعب بسهولة بتطبيق طريقة التصوير الشعاعي وذلك لانتشار الكسر بشكل مستقيم عبر المعدن وبزاوية عمودية على جدار الأنبوب. ويتميز هذا النوع من الكسور بأنه عريض، إلا أن ذلك لا ينطبق بأي حال من الأحوال على الكسور الناتجة عن إجهادات الشد الناتجة عن الاهتراء. لقد بينت الاختبارات أنه من الصعب جداً الكشف عن هذا النوع من الكسور في المراحل الأولى من نشوئها بالتصوير الشعاعي أو بالأمواج فوق الصوتية أو بالتيارات الإعصارية (حيث يختلط الأمر بين الإشارات الناتجة عن الحفر والإشارات الناتجة عن هذه الكسور الدقيقة). وفي المراحل اللاحقة يزداد طول الكسر وينتشر في المعدن حيث يمكن الكشف عنه بالأمواج فوق الصوتية. ويمكن في المراحل الأخيرة فقط لانتشار هذا النوع من الكسور، وبعد ازدياد عرضه، اكتشافه بالتصوير الشعاعي.

على الرغم من المزايا العديدة لاختبار منظومات الأنابيب بالتصوير الشعاعي هناك بعض المساوئ في تطبيق تقنيات الاختبار هذه، من هذه المساوئ ضرورة الاختبار لزمن طويل وضرورة اتخاذ كافة احتياطات الوقاية من الإشعاع وإمكانية الوصول إلى طرفي المادة.

المواد والطرائق

تمّ تحضير ثلاث عيّنات أنبوبية يحتوي بعضها على عيوب طبيعية ناتجة عن الخدمة، ويحتوي بعضها الآخر على عيوب صنعية.

تمّ اختبار العيّنات المذكورة وفقاً للمواصفة الدولية ISO 5579 وذلك بتطبيق تقنية الاختبار بالتصوير الشعاعي المماسي وتقنية الاختبار بتصوير

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

جدارين وخيالين، وتقنية الاختبار بتصوير جدارين وخيال واحد، وتقنية قياس الكثافة، وذلك لتحديد الثخانة المتبقية لجدران الأنابيب وعمق الحفر pits ومواقع العيوب فيها.

تمّ تنفيذ الصور الشعاعية في تقنية التصوير الشعاعي المماسي بتطبيق مسافة ما بين المنبع المشع وفلم التصوير (SFD) مقدارها عشرة أضعاف القطر الخارجي للأنبوب وذلك باستخدام أفلام Kodak AX وصفائح رصاصية أمامية وخلفية ذات ثخانات 0.125 مم. تم تعريض الأفلام لكثافة ضوئية مقدارها 2 وذلك باستخدام منبع مشع من الايريديوم - 192 ذي بقعة محرقية أبعادها (2.5 × 2.5) مم^2 وكذلك أيضاً باستخدام جهاز توليد أشعة - X من نوع Gilardoni يعمل عند فرق جهد واقع ما بين (80 - 200) كيلو فولط، وهو ذو بقعة محرقية أبعادها (2.3 × 2.3) مم^2. وقد تمت معالجة الأفلام كيميائياً بعد التعريض وفقاً لتوصيات شركة كوداك المصنعة للأفلام.

النتائج والمناقشة

بينت نتائج هذا البحث أن تقنية التصوير الشعاعي المماسي هي تقنية يمكن أن يعوَّل عليها في تحديد الثخانات المتبقية للأنابيب ومواضع الترسبات والحفر فيها سواء أكانت هذه الأنابيب معزولة حرارياً أم غير معزولة. ويمكن الاستعانة بتقنية قياس الكثافة الضوئية لتحديد مقدار عمق الحفر في الأنابيب، التي يتطلب تحديد عمقها بتطبيق تقنية التصوير الشعاعي المماسي تنفيذَ المزيد من الصور الشعاعية وذلك لوضع مكان الحفرة المراد تحديد عمقها في نقطة تماس الأشعة مع سطح الأنبوب.

- تبين أن تقنية التصوير الشعاعي المماسي وتقنية قياس الكثافة الضوئية هما تقنيتان تتمم إحداهما الأخرى في تحديد قيمة الثخانات المتبقية للأنابيب غير المعزولة حرارياً.

- يوصى في اختبار الأنابيب المعزولة حرارياً تطبيق طريقة التصوير الشعاعي المماسي فقط وذلك لصعوبة تطبيق تقنية قياس الكثافة الضوئية للخيال على الصورة الشعاعية في العديد من الحالات العملية حيث يتطلب ذلك محاكاة قد تكون صعبة التنفيذ.

- يوصى في تنفيذ التصوير الشعاعي المماسي استخدام أجهزة التصوير بأشعة غاما بدلاً من استخدام أجهزة التصوير بأشعة - X وذلك للحصول على صور شعاعية جيدة الحدود وتجنب الكثافة العالية للأفلام في المواضع المجاورة للسطوح الخارجية للأنابيب من جرّاء الأشعة ذات الترددات المنخفضة. ومن هنا يتوجب، عند استخدام أجهزة التصوير بأشعة - X في تنفيذ التصوير الشعاعي المماسي، تزويد نافذة أنبوبة أشعة - X بمرشح خاص لفوتونات الأشعة ذات الطاقة المنخفضة.

المراجع REFERENCES

[1] R. Griffiths, Over View of Oil Refinery Corrosion Monitoring, Non-Destructive Testing, Australia Vol.26, No.1, 1989.

[2] P.S.Ong, W. L. Anderson, B.D. Cook And R. Subramangan, Transactter X-Ray Technique for The Inspection of Insulated Oil Pipelines, Review of Progress In Quantitative Nondestructive Evaluation, Vol. 12, Plenum Press, New York, 1993.

[3] F. Peters, "Radiography for Corrosion Evaluation", Mater.EV. March 1985 P.P 129- 135.

[4] R. Halmshaw, Industrial Radiography: Theory And Practice, Applied Science Publishers Ltd. London And New Jersey, 1982.

[5] N. K. Gupta, B. G. Isacson, Real Time in Service Inspection of Bare and Insulated Aboveground Pipelines, Material Evaluation, Nov. 1997.■

تأثير أشعة غاما على قابلية تخزين الجوز السوري★

د. محفوظ البشير

قسم تكنولوجيا الإشعاع - هيئة الطاقة الذرّية - ص. ب. 6091- دمشق - سورية

ملخص

يعدّ الجوز من المحاصيل الهامة في القطر العربي السوري، ويستهلك طازجاً أو يستخدم في صناعات غذائية ومنزلية عديدة، ويخزن في مستودعات دون ضبط لدرجات الحرارة أو الرطوبة، حيث تتعرض الثمار للفساد والتلف بسبب تبدلات بيوكيميائية أو إصابات حشرية أو مكروبية، مما يقلل من قيمتها الغذائية، أو يجعلها غير صالحة للاستهلاك البشري. يستخدم تقليدياً لمكافحة مسببات التلف البيولوجية، أو الوقاية منها عدة إجراءات بيولوجية وفيزيائية وكيميائية، ويعتبر التشعيع واحداً من الإجراءات الفيزيائية. وبهدف اختبار تأثير الجرع الإشعاعية المستعملة في مكافحة الحشرات التي تصيب الثمار الجافة خلال التخزين في الحمولة المكروبية والخصائص الكيميائية والحسية للجوز، جرى تعريض ثمار الصنف البلدي من الجوز للجرع 0 و 0.5 و 1.0 و 1.5 و 2.0 كيلو غراي من أشعة غاما الصادرة عن النظير

★ تقرير مختصر عن بحث علمي أنجز في قسم تكنولوجيا الإشعاع - هيئة الطاقة الذرّية السورية.

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

المشع كوبالت 60، وخُزّنت الثمار بعد تشعيعها في مستودع تراوحت درجة حرارته بين 15 و 18 °C، ورطوبته بين 50 و 70%، وجرى بعد التشعيع مباشرة، وكذلك بعد مرور 6 أشهر و 12 شهراً على التخزين، تقدير كل من الحمولة المكروبية (الفطور) والخصائص الكيميائية والحسية لثمار الجوز. بينت نتائج هذه التجارب أن للجرع الإشعاعية المستعملة تأثيراً معنوياً في خفض الحمولة المكروبية لثمار الجوز، دون أن يكون لهذه الجرع أي تأثير يذكر في محتوى الثمار من الرطوبة والبروتين والدهن والرماد. أدت المعالجة الإشعاعية الى زيادة معنوية في الأحماض الدهنية الحرة، وإلى انخفاض معنوي في كل من الرقم اليودي والقواعد الآزوتية الطيارة في الثمار، وذلك بعد التشعيع مباشرة. أما في نهاية فترة التخزين، التي استمرت 12 شهراً، فقد لوحظ انخفاض معنوي في الأحماض الدهنية الحرة ورقم البيروكسيد، وارتفاع معنوي في الرقم اليودي والقواعد الآزوتية الطيارة، وذلك مقارنة بالشاهد. وتشير نتائج هذه التجارب إلى عدم وجود فروق معنوية في الخصائص الحسية (الرائحة والقوام واللون) بين الثمار غير المعالجة والثمار المعالجة بالأشعة وذلك بعد التشعيع مباشرة، في حين كان للجرع المرتفعة من أشعة غاما تأثير سلبي في الخصائص الحسية المقيسة بعد مرور 12 شهراً على تخزينها.

الكلمات المفتاحية: ثمار الجوز، أشعة غاما، قابلية التخزين، خصائص حسية وبيوكيميائية، حمولة مكروبية.

مقدمة

يعتبر الجوز من المحاصيل الهامة في القطر العربي السوري، إذ تبلغ المساحة المزروعة به 4700 هكتار وتنتج سوريا حوالي 16100 طن سنوياً (المجموعة الإحصائية 2000).

اعتُمدت، في السنوات السابقة، المعالجة الكيميائية المتمثلة بالتبخير fumigation، كإجراء مثالي لتخليص المنتجات الغذائية الجافة من حمولتها البيولوجية بشكل عام وحمولتها الحشرية بشكل خاص. إلا أن الآثار الضارة الناتجة عن استخدام هذه الغازات في المكافحة والمتمثلة بالتأثيرات السلبية في النظم البيئية كتخريب طبقة الأوزون ناهيك عن الآثار المتبقية لغازات التبخير في المادة الغذائية المعالجة، دفعت للبحث عن أساليب أخرى أكثر سلامة وأقل إضراراً بالبيئة في حفظ تلك المنتجات.

تستخدم الأشعة المؤينة في معالجة المواد الغذائية بشكل عام، وقد بينت الدراسات والتجارب الأولية إمكانية القضاء على الحشرات والفطور التي تصيب الثمار المجففة والمكسرات، باستخدام جرع إشعاعية لاتزيد عن 1 كيلو غراي، وذلك دون تغير في الخصائص النوعية أوالقيمة الغذائية لهذه المنتجات. ويمكن لهذا المستوى من الجرع أن يكون أسلوباً بديلاً عن استخدام غازات التبخير في القضاء على الحمولات الحشرية. يشير الاستقصاء الحاسوبي المتوفر لدينا، والذي يلخص الأعمال التي نفذت في السنوات الخمس الماضية، إلى قلة الأعمال المنفذة حول إمكانية استخدام الأشعة المؤينة في مجال تخزين الجوز بشكل عام والجوز السوري بشكل خاص.

هدفت تجارب هذا البحث إلى اختبار تأثير بعض الجرع من أشعة غاما المستعملة في تخليص الأغذية الجافة من حمولتها الحشرية في قابلية تخزين الجوز السوري والتبدلات البيوكيميائية والحسية التي يمكن أن تنجم عن هذه الجرع.

النتائج والمناقشة

الحمولة المكروبية

انخفضت الحمولة المكروبية الفطرية لثمار الجوز في العينة الشاهد، من 300 000 مكروب/غ في بداية فترة التخزين، ووصلت إلى 6000 مكروب بعد 12 شهراً من التخزين. وأدت المعالجة الإشعاعية، إلى خفض معنوي للحمولة المكروبية، وذلك لجميع الجرع المستخدمة (0.5 و 1.0 و 1.5 و 2.0 كيلو غراي)، وفي مراحل التخزين المختلفة، وتناسب هذا الخفض طرداً مع زيادة الجرعة الإشعاعية المستخدمة.

التركيب الكيميائي لثمار الجوز

تبين نتائج التحاليل المخبرية أن ثمار الجوز البلدي المستخدم في تجارب هذا البحث تتكون من المركبات التالية: (67.35±2.94% دهن) و (23.58±0.1% بروتين) و (3.48±0.1% رطوبة) و(1.26±0.06% رماد) و (4.32±0.12% مركبات أخرى). وتبين النتائج عدم وجود فروق معنوية في نسب الرطوبة والبروتين والدهن والرماد بين الثمار المعالجة وغير المعالجة بالأشعة.

الأحماض الدهنية الحُرّة

أظهرت النتائج أن الجرع الإشعاعية المستخدمة كافة قد أدت إلى زيادة الأحماض الدهنية الحُرّة في الزيت، وذلك بعد التشعيع مباشرة، أما خلال تخزين الثمار فقد ازدادت الأحماض الدهنية الحُرّة في الزيت المستخلص من الثمار المعالجة وغير المعالجة بالأشعة، إلا أن هذه الزيادة كانت أكثر وضوحاً في الزيت المستخلص من ثمار غير معالجة بالأشعة (شاهد)، وبمقارنة كمية الأحماض الدهنية الحُرّة الموجودة في الزيت المستخلص من ثمار معالجة وغير معالجة، لوحظ انخفاض معنوي في كمية الأحماض الدهنية في الزيت المستخلص من ثمار معالجة بالجرع 1 و 1.5 و 2.0 كيلو غراي وذلك بعد 12 شهراً من تخزين الثمار.

رقم البيروكسيد

لم تُسجّل فروق معنوية في رقم البيروكسيد بين الثمار المعالجة وغير المعالجة بالأشعة وذلك بعد التشعيع مباشرة، أما بعد مرور 6 أشهر على التخزين فقد كان للجرع 1.0 و 1.5 و2.0 كيلو غراي تأثير معنوي في زيادة رقم البيروكسيد. وفي نهاية فترة التخزين، التي استمرت 12 شهراً، كان للجرع 0.5 و 1.0 و1.5 كيلو غراي تأثير معنوي في خفض رقم البيروكسيد، في حين كان للجرعة المرتفعة (2 كيلو غراي) تأثير معنوي في زيادة رقم البيروكسيد.

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

القواعد الآزوتية الطيارة

بينت النتائج انخفاض القواعد الآزوتية الطيارة وبشكل معنوي في الثمار المعالجة بالجرع 1.0 و 1.5 و 2.0 كيلو غراي، مقارنة بالشاهد، وذلك بعد التشعيع مباشرة. أما في نهاية فترة التخزين (بعد 12 شهر) فقد ارتفعت القواعد الآزوتية الطيارة معنوياً في الثمار المعالجة بالجرع 0.5 و0.2 كيلو غراي.

الرقم اليودي

كان للجرع 0.5 و 1.5 و 2.0 كيلو غراي تأثير معنوي في خفض الرقم اليودي للزيت المستخلص من هذه الثمار مقارنة مع الرقم اليودي للزيت المستخلص من الثمار الشاهد، وذلك بعد التشعيع مباشرة، أما بعد مرور 12 شهراً على التخزين كان الرقم اليودي للزيوت المستخلصة من الثمار المعالجة بالجرع 0.5 و1.0 و1.5 و2.0 كيلو غراي، أعلى معنوياً منه في الزيوت المستخلصة من الثمار الشاهد.

لا يوجد في المراجع العلمية بيانات حول تأثير الأشعة المؤينة على الحمولة المكروبية للجوز بشكل عام وللصنف البلدي بشكل خاص، وتشير نتائج الدراسات المنفذة على أنواع أخرى، إلى أن مستوى الجرع المستخدمة في تجاربنا كان له تأثير إيجابي على الحمولة المكروبية عند هذه المنتجات.

تعود زيادة الأحماض الدهنية الحرة في الزيت المستخلص من ثمار الجوز المعالجة، بعد التشعيع مباشرة، إلى دور الأشعة في تكسير بعض سلاسل المركبات الدهنية، وبالتالي تحرير الأحماض الدهنية. ازدادت نسبة الأحماض الدهنية الحرة خلال التخزين، إلا أن هذه الزيادة كانت أبطأ في الثمار المعالجة بالأشعة، وإذا اعتبرنا زيادة الأحماض الدهنية في الزيت الموجود في الثمار تدهوراً للخصائص النوعية لكل من الثمار والزيت ، فيمكن الاستنتاج بأن المعالجة الإشعاعية حسّنت من الخصائص النوعية للثمار المعالجة مقارنةً بتلك غير المعالجة، وذلك بعد مرور 12 شهراً على التخزين. يعود انخفاض الرقم اليودي للزيت المستخلص من الثمار المعالجة بالأشعة، إلى الإشباع الذي نتج عن التشعيع بعد أن تشكلت جذور حرة ناتجة عن التأين، وبشكل خاص الهدروجين، واستطاعت هذه الجذور الارتباط وإشباع بعض الروابط غير المشبعة في الأحماض الدهنية، وخَفْض الرقم اليودي في الزيت المستخلص من ثمار معالجة بالأشعة. أما ارتفاع الرقم اليودي في الزيت المستخلص من ثمار معالجة خلال التخزين، والذي وصل الى سويات تفوق الزيت المستخلص من ثمار الشاهد، فهو دليل على عدم ثبات هذا الإشباع وبالتالي فإن بعض التبدلات الآنية التي تحصل بعد تشعيع الثمار غير ثابتة وتزول بعد مرور فترة زمنية من المعالجة.

تشير النتائج الى عدم تأثير الجرع المستخدمة (0.5 و 1.0 و 1.5 و 2.0 كيلو غراي)، في الخصائص الحسية لثمار الجوز والمتمثلة بالرائحة والقوام واللون وذلك بعد التشعيع مباشرة، في حين كان للجرع المرتفعة (2 كيلو غراي) تأثير معنوي في خفض عدد النقاط المعطاة للقوام وذلك مقارنة بالشاهد. أما في نهاية فترة التخزين، التي استمرت 12 شهراً، فكان للجرع المرتفعة من أشعة غاما (1.5 و 2.0 كيلو غراي) تأثير معنوي في خفض عدد النقاط المعطاة لكل من الرائحة واللون والطعم والقوام لثمار الجوز المشعة مقارنة بالشاهد.■

تأثير العوامل البيئية على حيوية فراشة ثمار التفاح Cydia pomonella (L.) المعقمة باستعمال أشعة غاما*

فاطر محمد، د. محمد منصور
قسم البيولوجيا الجزيئية – هيئة الطاقة الذرّية – ص.ب 6091 – دمشق – سورية.

ملخص

عُرّضت ذكور فراشة ثمار التفاح Cydia pomonella (L.) إلى جرعة 350 غراي من أشعة غاما، وأطلقت وهي مبردة (4±2 °C) في بساتين التفاح بدءاً من الساعة السادسة صباحاً وحتى السادسة مساءً، وبمعدل مرة كل ساعتين، حيث أطلق بعضها تحت أشعة الشمس على سطح تربة خالية من الأعشاب، والبعض الآخر في الظل. درس تأثير العوامل الطبيعية من درجة حرارة الهواء وسطح التربة، ورطوبة الهواء النسبية في حيوية الفراشات، وذلك بعدّ الفراشات الميتة، بعد مرور 20 دقيقة على إطلاقها، ورصد حركة الفراشات القادرة على الطيران بواسطة المصائد الفرمونية وقورنت هذه النتائج مع الشاهد (ذكور غير مشعّعة). بينت النتائج أن نسبة موت الفراشات التي أطلقت تحت أشعة الشمس ازدادت مع ارتفاع درجتي حرارة الهواء وسطح التربة، وانخفاض معدل الرطوبة النسبية للهواء، حيث تبين أن نسبة الموت عند إطلاق الفراشات في درجة 30 °C ورطوبة نسبية 40% قد تراوحت بين 44% للشاهد و 82% للمعامل. أما عندما أطلقت الفراشات في الظل، وفي الشروط السابقة نفسها، فإن نسبة الموت لم تتجاوز 7% في الشاهد و 9% في المعامل.

دلت نتائج المصائد الفرمونية التي استعملت في رصد نشاط الفراشات المدروسة، على أن الذكور بلغت أوج نشاطها واستجابتها للفرمون الجنسي خلال الأسبوع الأول من إطلاقها، مما يدل على أن قدرة تلك الذكور على الحياة في الطبيعة قد لا تتجاوز الأسبوع.

الكلمات المفتاحية: فراشة ثمار التفاح، التشعيع بأشعة γ.

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

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

مقدمة

يعتمد نجاح تقنية الحشرات العقيمة في مكافحة آفة ما على إنتاج أعداد هائلة من ذكور تلك الحشرة، ثم إعقامها وإطلاقها في الحقول بحيث تحقق القدرة على منافسة مثيلاتها من الذكور الطبيعية. وفي حالة فراشة ثمار التفاح، فإن الحشرات العقيمة ينبغي أن تطلق بنسبة تفوق 40 ضعفاً الذكور الطبيعية (تطلق الفراشات العقيمة ذكوراً وإناثاً معاً في حالة الحشرة المدروسة وذلك لعدم توفر طريقة - حتى الآن - لفصلهما كل على حدة).

تطلق فراشة ثمار التفاح العقيمة في الحقول بحالة مبردة بهدف الحفاظ على حيويتها ومنع تطاير الحراشف التي تغطي جسمها، ويتم الإطلاق إما من الجو بواسطة الطائرات، أو أرضياً بواسطة عربات خاصة (motorcycles)، كالتي تستعمل في مشروع استئصال فراشة ثمار التفاح في كندا حيث تسقط على سطح الأرض المغطاة بالمروج الخضراء، وذلك نتيجة لعدم تطبيق نظام الحراثة في بساتين التفاح هناك.

أما في سورية فإن تطبيق نظام الحراثة في بساتين التفاح، الذي يتم بفضله التخلص من الأعشاب، يكون سبباً في جعل الظروف غير مؤاتية لفراشة ثمار التفاح إذا ما أريد تطبيق تقنية الحشرات العقيمة في مكافحتها. إن عدم قدرة التربة العارية على حماية الفراشات من أشعة الشمس المباشرة، وارتفاع درجة حرارة سطحها بفعل تلك الأشعة، يمكن أن يسببا خطورة بالغة للفراشات، خاصة وأن درجة حرارة تلك الفراشات لحظة ملامستها لسطح التربة لا تتجاوز 4 °C، وهذا بدوره يؤدي إلى إحداث خلل جوهري في استعمال شروط نجاح تقنية الحشرات العقيمة، الذي يعتبر فيها عامل القدرة التنافسية للفراشات أحد أهم شروطها الأساسية.

ونظراً للاختلافات الكبيرة في ظروف المناخ الدقيق microclimate، في الطبقة الملامسة لسطح التربة والتي يجري فيها إطلاق الحشرات، فقد قمنا بإجراء هذه الدراسة بهدف تحديد تأثير العوامل البيئية مثل: درجة حرارة طبقة الهواء الملامس لسطح التربة، ودرجة حرارة سطح التربة، والرطوبة النسبية للهواء، في قدرة الحشرات المطلقة على البقاء في الطبيعة، وذلك في حالة إطلاقها تحت أشعة الشمس أو في الظل، وتحديد الأوقات المناسبة لإجراء هذا الإطلاق في الحقول، في حال تطبيق تقنية الحشرات العقيمة في مكافحة تلك الآفة في بلادنا.

المواد والطرائق

عُرّضت فراشات بعمر 1 - 24 ساعة إلى أشعة غاما بجرعة قدرها 350 غراي ثم حفظت مع فراشات مماثلة لها من الشاهد في براد درجة حرارته 5 °C - 3، وفي صباح اليوم التالي نقلت إلى أحد بساتين التفاح في منطقة سرغايا وهي داخل حافظة حرارية تراوحت درجة حرارتها بين 4 °C - 2 وأطلقت في البستان بفواصل زمنية متتالية خلال النهار حيث بدأ الإطلاق الأول في الساعة السادسة صباحاً ثم توالى بمعدل مرة كل ساعتين إلى أن تم الإطلاق الأخير في الساعة السادسة مساءً، وقد كان يجري في كل إطلاق إفراغ محتوى ثلاث عبوات (3 مكررات) (25 ذكر/ مكرر)، من الشاهد، ومثلها من المعامل تحت أشجار التفاح (في الظل)، في حين أفرغت عبوات بنفس العدد ولنفس المعاملات في مكان مجاور تماماً ولكنه تحت أشعة الشمس المباشرة، وبعد مرور 20 دقيقة على عملية الإطلاق كان يجري جمع الفراشات الميتة وعدّها قبيل كل عملية إطلاق جديدة، كما استخدمت أجهزة لقياس درجات حرارة الهواء وسطح التربة والرطوبة النسبية، ورصدت حركة الفراشات التي تمكنت من الطيران بواسطة مصائد فرمونية جنسية خاصة بفراشة ثمار التفاح.

النتائج والمناقشة

بينت نتائج الدراسة بأنه لا يوجد فروق معنوية بين نسب موت فراشات الشاهد ونسب موت الفراشات المعاملة وذلك حين تمت عملية الإطلاق في الظل خلال كافة ساعات الإطلاق، من ناحية ثانية بلغت نسب الموت حدها الأدنى في الشاهد والمعامل عندما أطلقت الفراشات خلال ساعات الصباح والمساء، بينما ارتفعت خلال ساعات الظهيرة ارتفاعاً معنوياً وخاصة في الساعتين 12.00 و 14.00. أما تحت أشعة الشمس فقد ظهرت الاختلافات بين الشاهد والمعامل بشكل واضح، حيث بلغت نسب الموت في المعامل ضعف ما هي عليه في الشاهد خلال ساعات الإطلاق كافة. من ناحية أخرى تبين أن نسب الموت بلغت خلال ساعات الصباح الأولى حدها الأدنى سواء في الشاهد أو المعامل ثم أخذت تتوالى بالارتفاع بشكل معنوي مع تقدم ساعات النهار حتى بلغت أشدها في الساعة 14.00 إذ بلغت في المعامل 96.7%، وقد ظهرت نسب الموت بشكل عام عند الفراشات التي أطلقت في الظل بمعدلات أخفض بكثير مما هي عليه عند إطلاقها تحت أشعة الشمس.

لقد تم التوصل من خلال هذه الدراسة إلى أن عملية إطلاق الفراشات يفضل أن تنفذ خلال ساعات الصباح الباكر، بحيث يتم التوقف عن متابعة إطلاقها في الساعة العاشرة صباحاً، وذلك خشية إصابتها بصدمة حرارية مفاجئة تسبب لها الموت في حال إطلاقها خلال الساعات الحارة من النهار، كما تبين أن للأشعة الشمسية ودرجات الحرارة المرتفعة تأثيراً أكبر في الفراشات المعرضة للأشعة المؤينة (للفراشات المعاملة) مقارنة بالفراشات غير المشعّعة، وذلك بسبب ما قد تحدثه الأشعة المؤينة من أضرار بالجهاز المناعي لها، حيث تصبح أشد حساسية وأقل قدرة على تحمل تلك الأضرار بعد تعرضها للأشعة، مما يستوجب إطلاقها قدر الإمكان بمنأى عن أشعة الشمس المباشرة (تحت الأشجار وفي أماكن الظل).

بينت نتائج رصد حركة الفراشات المحررة بواسطة المصائد الفرمونية، أن الذكور التي تمكنت من الطيران بلغت أوج نشاطها واستجابتها للفرمون الجنسي خلال الأسبوع الأول من إطلاقها، لهذا فإنه من الضروري أن يتم، عند تطبيق تقنية الحشرات العقيمة في مكافحة هذه الحشرة، القيام بإطلاقات متلاحقة، بحيث لا تتجاوز المدة بين الإطلاق والآخر أكثر من 5 - 7 أيام طيلة مدة المكافحة، وذلك ضماناً لتوفر أعداد مناسبة بشكل دائم من الذكور العقيمة في الحقول، وبالتالي تحقيق المحافظة على الحالة التنافسية بين الفراشات المعاملة، والفراشات الطبيعية.■

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

دراسةالصيغة الصبغية للكريات الحمر المنوّاة لحديثي الولادة*

محمد راتب شيان، سهير الميداني، د.وليد الأشقر
قسم البيولوجيا الجزيئية - هيئة الطاقة الذرّية - ص.ب 6091 - دمشق - سورية.

ملخص

يتناول هذا العمل وضع تقانة زراعة خلوية للدم الجنيني الكامل المقطوف من الحبل السرّي قيد الاستثمار في القطر للمساهمة في تأكيد تشخيص العديد من الأمراض الوراثية والتشوهات التي قد تلاحظ عند الأجنة أثناء الحمل أو عند حديثي الولادة. لقد أجرينا الدراسة على 40 عينة دموية جُمعت من الحبل السرّي عند الأطفال إثر الولادة، وحصلنا على الصيغ الصبغية Karyotypes اعتباراً من الكريات الحمر المنوّاة بطريقة التثبيت المباشر للانقسامات العفوية والزراعة الخلوية المتوسطة (18-24h) بدون محرّضات انقسامية، والزراعة الطويلة الأمد (72 h) مع محرّض خاص بالكريات الحمر المنوّاة. وتمّ هذا بوضع العيّنات في وسط زرع F-10 مزود بالسيروم البقري و الصادّات الحيوية المناسبة. وأجرينا عمليات الوسم بعصائب الـ GTG (التعصيب التربسيني) على محضرات الانقسامات ولوّنت بملون جيمزا، وسجّلت الانقسامات على محلل الانقسامات الآلي ودرست لتبيان احتوائها على تبدلات صبغية.

نقدم في هذا التقرير كافة البيانات ومراحل العمل المعتمدة لاستعمال هذه التقانة بشكل روتيني في الكشف السريع عن الأمراض الوراثية إثر الولادة مباشرة.

الكلمات المفتاحية: التشوهات الخلقية، الحبل السري، الدم الجنيني، الصيغ الصبغية (الطابع النووي)، الخلايا الحمر المنواة، انقسامات خلوية.

مقدمة

تترافق التشوهات الخلقية عند الأطفال الحديثي الولادة في معظم الأحيان بشذوذات صبغية تقدر بحوالي 4%، بينما تصل الشذوذات الصبغية في التشوهات التي تُكشَف عند الأجنة في الأشهر الثلاثة الأولى أو الثانية من الحمل إلى (Claussen et al.,1994; Rizzo et al.,1996) 15-17% مما يعطي أهمية للكشف السريع عن هذه الشذوذات ووضع استراتيجية للتدخل السريري المناسب.

لقد لوحظ وجود انقسامات خلوية عند إجراء زراعة خلوية لعيّنة من الدم مأخوذة من الحبل السري بعد حضنها لمدة ساعتين بوجود الكولشيسين وبدون وجود محرضات انقسامية، مما أتاح المجال لإجراء دراسات صبغية مبكرة (Garnham and Sutherland, 1987). ثم أجريت دراسات عديدة أشارت إلى كون هذه الخلايا المنقسمة خلايا حمراء جنينية مُنَوّاة nucleated erythrocytes و تتواجد بكثرة في الدم الجنيني و عند حديثي الولادة (Anderws et al., 1995).

و لوحظ فيما بعد وجود مثل هذه الخلايا الجنينية في دم الأم أثناء الحمل مما يجعل منها طريقة للتشخيص ما قبل الولادة حيث يمكن عزلها ودراستها (Zheng et al.,1995).

تعتبر اللمفاويات والخلايا الحمراء المنوّاة القسومة في دم الجنين أو المولود حديثاً من أفضل المصادر للحصول على الطابع النووي خلال فترة تُقدَّر من لحظة أخذ عينة الدم وحتى 72 ساعة. وهذا يفيد في تقييم الحالة الدموية عند الأجنة وعند حديثي الولادة ممن لديهم بعض التشوهات. كما يعتبر الحبل السري المصدر الرئيسي لاعتيان الدم الجنيني، حيث يتم اللجوء إلى اعتيان الدم الجنيني من الحبل السري لأهداف تشخيصية وعلاجية: percutaneous umbilical blood sampling (PUBS) وذلك عند الاشتباه بوجود تبدلات صبغية، أو استسقاء مجهول السبب أو تأخر شديد في نمو الجنين مجهول السبب، أو بعض الحالات المتعلقة بالتنميط المناعي المتماثل في الدم الجنيني، وحالات النقص المناعي الشديد والإصابات الجنينية الخمجية fetal infection وبعض الأمراض الدموية hematological disorders أمثال تنافر زمرة الـ Rh و الهيموفيليا Haemophilia-A, B، فقر الدم المنجلي sickle cell disease، التالاسيميا (بيتا) β-Thalassaemia. وهذا يخدم عملنا في التشخيص المبكر للعديد من أمراض الوراثة الصبغية والتي قد تجد حظاً أوفر للمعالجة.

لقد حصلنا على الصيغة الصبغية من خمس و عشرين حالة من الحالات البالغ عددها 40 حالة و التي تمت زراعتها وفق الطرائق الثلاث (المباشرة والمتوسطة و المديدة)، و هذا يعادل 70% تقريباً من مجموع الحالات. أما فشل باقي الحالات فيعزى إلى تلوث بعض العيّنات وعدم استجابة البعض الآخر إلى وسط الزرع المستخدم.

لقد صدر أول تقرير حول الاختبارات الصبغية اعتباراً من الكريات الحمر المنواة باستعمال الطريقة المباشرة من قبل Garnham and Sutherland (1987) ثم تبعه Day et al.(1988) و Tipton et al.(1989). وتمّ الحصول من خلاله على نتيجة التشخيص في غضون 2 - 4 ساعات، لكن حضن الزراعات لليلة كاملة يعطي انقسامات ذات

* تقرير مختصر عن تجربة استطلاعية مخبرية أنجزت في قسم البيولوجيا الجزيئية - هيئة الطاقة الذرّية السورية.

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

نوعية أفضل لتحديد الزيوغ الصبغية البنيوية المختلفة وفق Sugandhi A.Tharapel et al.(1997). وما لاحظناه نحن في كلتا الحالتين أنه لم تكن الصبغيات على درجة عالية من الجودة بحيث يمكن تطبيق طرائق التعصيب المختلفة والتهجين المتألق في الموضع عليها، على عكس الانقسامات التي حصلنا عليها من الزراعة المديدة. إلا أنها أكثر دقة من الطريقة المديدة التي يلاحظ فيها أحياناً انقسامات موزاييك (عدة صبغ صبغية)، مما يكسب طرائق الزراعة المباشرة و المتوسطة للخلايا الحمر المنوّاة أهمية كبيرة لتقييم حالة الأطفال المولودين حديثاً بشكل مبكّر وخصوصاً عندما توجد شكوك حول وجود تبدلات وتشوهات صبغية مختلفة والتي قد لا يتم كشفها في الزراعات المديدة. و تعتمد هذه بشكل أساسي على تحريض اللمفاويات على الانقسام بالمحرّضات الانقسامية، مما يعطي نظرة شاملة مسبقة عن الحالة وعن الطرائق العلاجية الممكنة.

لقد تمكنّا من خلال هذا العمل من الحصول على انقسامات اعتباراً من الكريات الحمر المنوّاة باستعمال الكشف المباشر أو زراعة عينات الدم الجنيني لفترة 18 - 24 ساعة بدون محرّضات انقسامية أو زراعات 72 ساعة مع محرض انقسامي خاص بالكريات الحمر المنوّاة. أمكن معها الحصول على محضّرات تسمح بإجراء دراسة للصيغة الصبغية لأهداف تشخيصية في الكشف المبكر والسريع عن التبدلات الصبغية.

في النهاية لا بد من الإشارة إلى حاجة مشافي التوليد والأطفال في القطر لمخابر متخصصة في مجال الوراثة الخلوية تقدم خدماتها بشكل مبكر وفعّال للكشف عن الإعاقة الوراثية المترافقة مع تبدلات صبغية، باستخدام الطرائق الوراثية المختلفة القديمة والمتطورة لتقديم التشخيص المناسب وفق الغاية المرجوة.■

استخدام المعطيات الهدروكيميائية والنظائر البيئية في دراسة الحوامل المائية الكارستية في المنطقة الساحلية (سورية)★

د. عبد الرحمن قاسم
قسم الجيولوجيا - هيئة الطاقة الذرّية - ص.ب 6091 - دمشق - سورية

ملخص

تعتبر الدراسات الهدروجيولوجية هامة في تحديد معالم الأوساط الكارستية، حيث تعتبر الدراسات الهدروكيميائية والنظائرية ذات جدوى علمية كبيرة في تحديد المعالم الهدروجيولوجية والهدروديناميكية للخزانات المائية الكارستية.

هدف البحث إلى تحديد نمط التغذية للمياه الجوفية مع تحديد خصائص المياه ونوعيتها الفيزيائية وصولاً إلى تصنيف الكارستية وفقاً للمعطيات الهدروكيميائية والنظائرية للعينات المائية المختلفة.

ولتحقيق هذا الهدف أجريت دراسة هدروكيميائية ونظيرية قامت على جمع وتحليل 45 عينة مائية ممثلة لأهم المصادر المائية الكارستية في حوض الساحل، حيث تمّ تحليل العناصر الرئيسة (HCO_3, CO_3, SO_4, Cl, K, Na, Mg, Ca و NO_3) المنحلّة في مخبر مؤسسة مياه عين الفيجة، في حين تمّ تحديد محتوى العينات المائية المحلّلة من بعض النظائر الثابتة (^3H, ^2H, ^{18}O) في مخبر النظائر في الأردن (44 عينة مائية جوفية وعينة مائية سطحية واحدة من مياه البحر تمثل 41 موقع). قمت بمعالجة وتقييم المعطيات الهدروجيولوجية للمياه وفق مخططات شولر وبيير مع حساب العديد من المعاملات {dph, pCO_2, IsDol, Mg/Ca) و B.I) وفق برنامجَي Exel و Hydrowin، وبرنامج Solutaq الخاص بدراسة الأنظمة الكارستية} التي تحدد طبيعة الصخور الخازنة وآلية العبور وزمن البقاء أو النقل بين نطاقات التغذية والصرف ووجود تلوث سطحي ما. وتوصلت بالنهاية إلى الدراسة التي حددت من خلالها:

● - تسرب كبير لمياه الأمطار إلى المياه الجوفية (العميقة والضحلة) دون أن يتم اختلاط بينها حيث تراصّت فيما بينها بانتظار لحظة التصريف مع حدوث تسرب مباشر وخلط سريع في مواقع أخرى. وتبدي قيم التريتيوم التي يزيد محتوى مياه بعض الخزانات الجوفية ما تحويه مياه الأمطار الحالية (UT 5-4) وهذا ما يعكس الغنى السابق للغلاف الجوي من النظائر الثابتة.

● - وجود عدة نطاقات من التغذية المباشرة لمياه الأمطار مع حالات تبخر للمياه أو انحلال بعض الأملاح، مقابل ثبات أو زيادة محتواها من الـ ^{18}O، الأمر الذي يؤكد تبايناً في نمط الخزّانات المائية في المنطقة (ليست كلها كارستية).

● - تقسيم الخزّانات المائية المدروسة إلى أربع مجموعات (تبعاً لدرجة الكارستية، نمط التغذية أو عدد أنظمة الصرف):

- خزّانات معقدة عالية الكارستية؛ - خزّانات بسيطة (نظام صرف وحيد) متوسطة إلى عالية الكارستية؛ - خزّانات كربوناتية وبازلتية ضعيفة الكارستية؛ - خزّانات ضحلة (حرة) عديمة الكارستية.

★ تقرير مختصر عن بحث علمي أنجز في قسم الجيولوجيا - هيئة الطاقة الذرّية السورية.

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

– معظم عينات المياه الجوفية ذات خواص كيميائية تعكس طبيعة الصخور الخازنة.

– النوعية الجيدة والنمط البيكربوناتي – الكلسي أو المغنيزي (Mg/Ca>1) للمياه الجوفية المقترنان بالكلسية الدولوميتية من عمر جوراسي – كريتاسي أعلى، الأكثر أهمية في المنطقة وبباقي الخزّانات البازلتية والضحلة غير الملوثة أو المملحة بمياه البحر.

– النوعية المتوسطة والسيئة مع نمط كيميائي كبريتاتي أو كلوري – مغنيزي أو صودي مرتبط بوجود: " – سحنات مارنية (من عمر كريتاسي – باليوسين أكثر انحلالاً وغني بكل من هذه العناصر) في غطاء وقاعدة الخزانات المائية (المجموعة 3)؛" – تلوث منزلي أو صناعي كبير، وتداخل أو تقدم مياه البحر.

– النمط الكلوري الصودي للمياه الجوفية في دمسرخو شمال اللاذقية والحميدية جنوب طرطوس يعكس التملح بمياه البحر وتقدمها بفعل الاستخدام المفرط للمياه الجوفية في الري.

● – عدم التوافق العام في محتوى المياه الجوفية من النظائر الثابتة يتم نتيجة تسرب سريع ومباشر لمياه الأمطار والسيول كما هو الحال في حال إقامة قصيرة للمياه (خزّانات كارستية وحرة).

الكلمات المفتاحية: المنظومات الكارستية، هدرولوجيا النظائر الثابتة، الهدروجيولوجيا، الهدروجيوكيمياء، سورية، الساحل، العاصي.

مقدمة

لقد دُرست المنطقة من قبل العديد من الباحثين العرب والأجانب وحُددت أهم الخزّانات المائية في المنطقة، لكن لم تُحدّد معالم الخزّانات الكارستية من حيث طبيعتها ومدة إقامة المياه أو نمط التغذية والتصريف.

لذلك فقد هدف البحث إلى استخدام المعطيات الهدروكيميائية والنظائر البيئية في معرفة طبيعة الخزّانات المائية تبعاً لخصائص المياه الجوفية العائدة لها وكذلك من خلال تفسير معطيات النظائر البيئية المحلّلة.

إضافة لذلك هدف البحث إلى معرفة آلية التغذية أو الصرف الجوفي مع زمن الإقامة للمياه الجوفية بين نطاقات التغذية والتصريف (آبار، ينابيع).

وأخيراً هدف البحث لتحديد خصائص المياه المحلّلة وسبب تبدل هذه الخصائص بفعل تسرب مخلّفات الفعاليات البشرية أو تقدم مياه البحر إليها (تلوث واختلاط على التتالي).

نتائج ومناقشة عامة

إن منطقة البحث هي المنطقة العائدة لحوض الساحل وللسفوح الشرقية من السلسلة المطلة على حوض العاصي في سهل الغاب (سورية). هذه المنطقة تتمتع بأمطار غزيرة (800–1600 ملم/ سنة) مع مناخ معتدل إلى بارد شتاءً (حسب الارتفاع الطبوغرافي) إلى معتدل صيفاً.

المنطقة ذات نشاط زراعي كبير مع مصادر مائية جوفية وأنهار متعددة دائمة وموسمية (وقد أقيمت فيها عدة سدود).

لقد تمّ تحليل 44 عينة مائية جوفية لـ 39 موقع (آبار وينابيع) وعينة واحدة لمياه البحر، حيث تمّ قياس الناقلية والحرارة والـ pH في الحقل، وحُلّلت الأيونات الرئيسة $(K^+, Na^+, Ca^{++}, Mg^{++}, HCO_3, SO_4, Cl, NO_3)$ مع بعض النظائر البيئية $(^3H, ^2H, ^{18}O)$.

تبين التحاليل النظائرية التسرب السريع لمياه الأمطار (في عموم المواقع) مع خلط محدود وتدرج في إقامة هذه المياه بين نطاقي التغذية والتصريف، حيث يتم دفع المياه القديمة من قبل المياه الحديثة (عملية تراص أو كبس) دون خلط تام (إقامة لأكثر من 10 أعوام)، مع إقامة للمياه الجوفية لأكثر من 10 أعوام في بعض الخزّانات المائية الكربوناتية المشققة والمعقدة (نبع السن..).

إن التبايُن في درجة انحلال بعض العناصر أو زيادة ملوحة المياه مقابل ثبات محتوى الأكسجين 18 فيها يبين الاختلاف في نمط الخزّانات المائية ومحتوى تركيز مياهها من بعض العناصر مثل الكلور الذي ينجم عن انحلال بعض المركبات الصخرية أو تبخر المياه الجوفية (على نطاق أضيق).

لقد أدى استخدام العديد من المخططات والبرامج التحليلية المتعلقة بالدراسات الهدروكيميائية (Hydrowin) و الكارستية (Solutaq...) إلى تحديد نمط ونوعية المياه الكيميائيين وإلى تقسيم الخزانات المائية تبعاً لدرجة الكارستية فيها وحسب خصائصها الليتولوجية والهدروديناميكية (من خلال تحديد زمن إقامة المياه وآلية انتقالها بين نطاقات التغذية والتصريف) مع تحديد تلوث أو تملح المياه المحلّلة بفعل مخلفات الفعاليات البشرية أو تقدم مياه البحر. حيث استخدمت كذلك مخططات شولر وبيير مع معاملات خاصة بالأنظمة الكارستية (B.I, dpH, pCO_2, IsDol, Mg/ Ca...) والمحسوبة من عدة برامج (Chemiprn, Solutaq..)

حددت الدراسة سبب ارتفاع تراكيز بعض الأيونات في المياه الجوفية مقارنة بطبيعة السحنات الجيولوجية للطبقات الخازنة أو الموجودة في نطاقات التغذية والصرف (أغطية وقواعد الخزّانات المائية) مع تأثير الضخ الجائر للمياه الجوفية في الشريط الساحلي على اختلاطها مع المياه البحرية المتقدمة، خاصةً في شمال اللاذقية وجنوب طرطوس. بينت التحاليل ارتفاع تراكيز الكلور، الكبريتات، الصوديوم، المغنزيوم إضافة إلى النترات في بعض المياه الجوفية (ينابيع وآبار) نتيجة التلوث الزراعي والمنزلي أو الصناعي (قرب بانياس).

وبسبب احتواء المياه الجوفية على بعض العناصر والمركبات الكيميائية وقيم المعاملات المتعلقة بطبيعة الحوامل المائية الكارستية، فقد تمّ التفريق بين

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

خزّانات عالية التشقق أو المسامية وأخرى ضعيفة التشقق (حسب زمن الإقامة، سرعة الجريان الجوفي..). وبناءً على معطيات هذا البحث حُدِّدت أربعة أنماط من الخزّانات المائية من عمر جوراسي - كريتاسي أعلى حتى النيوجين - رباعي:

☆ - خزّانات معقدة ذات صخور كربوناتية مشققة وإقامة طويلة للمياه مع سرعة جريان متباينة من جوراسي - كريتاسي أعلى (قد تحوي عدة أنظمة مائية كارستية، فالقية....) مثل خزّانات ينابيع السن، بانياس وأبو قبيس وغيرها؛

☆ - خزّانات بسيطة ذات نظام كارستي وحيد عالي التشقق من صخور كربوناتية كلسية دولوميتية من عمر كمبانيان - تورونيان (كريتاسي أعلى) كما هو حال العديد من ينابيع الغاب ووادي العيون العائدة لخزانات جوفية ذات تغذية مباشرة وإقامة طويلة وتغير سريع في التصريف (نفوذية عالية وسرعة الجريان الجوفي).

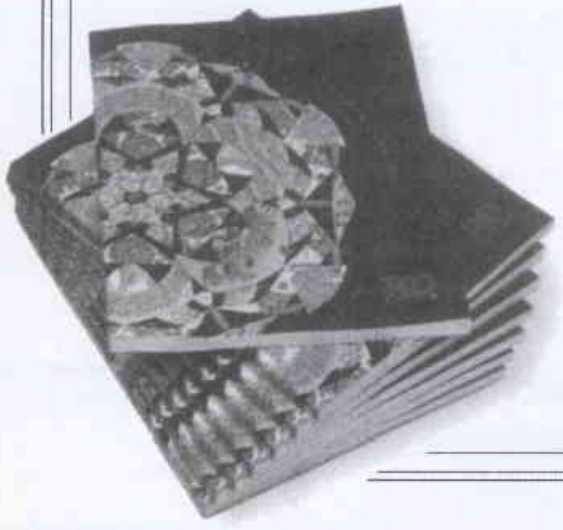
☆ - خزّانات متوسطة الكارستية ذات مياه جوفية متوسطة إلى عالية الملوحة مع إقامة طويلة لمياه بطيئة الجريان في صخور خازنة كلسية حوّارية إلى مارنية من عمر أعلى الكريتاسي - باليوجين: مثل خزّانات بعض الينابيع والآبار في مناطق جنوب مصياف، الدريكيش، الحفة وطرطوس؛

☆ - خزّانات غير كارستية ذات تشقق ضعيف أو كبير ولكن ليس لها نمط جريان وتخزين وحركة للمياه بين نطاقي التغذية والتصريف كما هو حال الينابيع والآبار العائدة للخزّانات البازلتية والرملية من عمر الباليوسين الرباعي.■

☆ ★ ☆

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

كتب حديثة مختارة



1- تكاثف بوز - آينشتاين للإكسيتونات والإكسيتونات الثنائية والبصريات اللاخطية المترابطة ذات الإكسيتونات

Bose-Einstein Condensation of Excitons and Biexcitons and Coherent Nonlinear Optics With Excitons ☆

تأليف: س. أ. موسكالنكو، د. و. سنوك
عرض وتحليل: كيث برنيت**

تُعدّ المطبوعة Bose-Einstein Condensation of Excitons and Biexcitons and Coherent Nonlinear Optics with Excitons" (تكاثف بوز - آينشتاين للإكسيتونات والإكسيتونات الثنائية والبصريات اللاخطية المترابطة ذات الإكسيتونات لمؤلفيها س. أ. موسكالنكو S. A. Moskalenko و د. و. سنوك D. W. Snoke كتاباً مفيداً جداً كان قد وضعه فيزيائيان قدّم كل واحد منهما مساهمات كبيرة في مجال تكاثف بوز - آينشتاين (BEC) مع الإكسيتونات. وهذا الموضوع يجذب اهتماماً متزايداً في الوقت الحاضر. وتعود معرفتي بهذا الموضوع إلى عام 1993 عندما كنتُ أقرأ بحثاً يقدّم دليلاً على BEC في غازٍ إكسيتوني، وقد أثار البحث ضجة كبيرة. كنتُ آنذاك في إجازة، حيث كنتُ أعمل في NIST في غيثرسبورغ Gaithersburg بماريلاند، ولذلك كان لدي الوقت الكافي لقراءته بتمعّن ودقة. كان سنوك مشاركاً في إعداد البحث الذي قدّم وصفاً لتطوّرٍ مهم بصورة واضحة، وقد نشأ نقاش حادّ حول ما تمت ملاحظته وحول الإمكانيات المتوقعة للتجارب المستقبلية.

تُعدّ الإكسيتونات بوزونات مركّبة ومتأثرة بصورة ضعيفة، وهكذا يتعيّن أن يكون المرء قادراً على ملاحظة BEC بشكله الصرف (إذ يُلاحظ BEC بشكله الصرف فقط في المنظومات المتأثرة على نحوٍ ضعيف) باستخدام أحد غازات الإكسيتونات. ومن أجل ذلك، ولأسباب أخرى، تمّ بذل جهود لإنتاج مايكفي من غازٍ إكسيتوني كثيفٍ وباردٍ كي تتم بوساطته ملاحظة BEC.

كان الوقت حينئذٍ محفّزاً للبحث في BEC بشكلٍ عام، وترافق ذلك مع حدوث تقدّم مفاجيء في إنتاج المتكثفات الذرّية على وجه السرعة (وقد ازدهر هذا المجال الوثيق الصلة بسرعة أكبر في السنوات التي تخلّلها). وعُقد أيضاً اجتماع مهم جداً حول BEC في تورنتو بإيطالية عام 1993، حيث نوقشت فيه التحديات والفرص المتعلقة بدراسة الغازات المتردية والمتأثرة على نحوٍ ضعيف. وصرّح موسكالنكو وسنوك في مقدمة كتابهما أنهما التقيا في هذا الاجتماع وقرّرا حينئذٍ إعداد كتاب منهجي حول BEC في الإكسيتونات والإكسيتونات الثنائية. لقد حقّقا نجاحاً بطريقة تدعو للإعجاب، حيث قدما كتاباً رائعاً للطلاب الخرّيجين وللعاملين في هذا المجال.

يتألف الكتاب من مدخلٍ شاملٍ إلى جميع عناصر فيزياء المادة الكثيفة، مع قدرٍ كبيرٍ من النظرية الشكلية اللازمة لفهم مجموعة كبيرة من التجارب. أمّا القرّاء المتوقعون فلا بد، على أي حال، من تزويد أنفسهم بخلفية مقبولة في النظرية العامة للحقل الكمومي لتحقيق الفائدة القصوى من الكتاب. لقد قدّم المؤلفان تقارير عن نظريةٍ أكثر تخصصاً لازمة للإكسيتونات وديناميكيتها بوجود الدفع الليزري والاسترخاء.

إن عمليات الاسترخاء المعقّدة التي تُلاحظ في منظومات الإكسيتونات يتم وصفها بالتفصيل باستخدام صيغة كيلدش Keldysh المتعلقة بمنظومات عدم التوازن. وتُعدّ معرفة صيغة كيلدش ضرورية للعاملين في هذا الحقل، ومع ذلك فهي منتشرة في الأدبيات العلمية. ولهذا لاقى الكتاب الترحيب بصورة خاصة نظراً لكونه يُعدّ مصدراً وحيداً وناجعاً إلى حدٍ كبير لهذه المادة، بالإضافة إلى كونه يقدّم شرحاً محكم السرد للعديد من النقاط المهمة في هذا المجال. يتمتع الكتاب بتوازنٍ جيدٍ قلما يلقى معارضة بين النظرية الشكلية وتحليل الحالات الخاصة التي تكون فيها المعطيات التجريبية متوافرة.

تسلك الإكسيتونات سلوك بوزونات مركّبة فقط عند كثافات منخفضة إلى حدٍّ كافٍ. وعندما تزداد كثافة غازٍ إكسيتوني، تصبح الفيزياء التي تعرفها فيزياء بلازما الإلكترون - الثقب، وهذا موضوعٌ مهمٌّ بحدّ ذاته، ويقدّم الكتاب سرداً جيداً عن هذه العلاقة بالإضافة إلى نظرة شاملة على الأدبيات المتعلقة به، وهذا ما يساعد إلى حدٍّ كبير في وضع الموضوع بشكلٍ صحيح في سياق بحث المادة الكثيفة ككلّ.

ومن أبرز الظواهر التي وصفها الكتاب هو توليد نبضات متماسكة من الإكسيتونات. فالمرء يستطيع دراسة انتشار مثل هذه النبضات والتطلع إلى بصرياتها اللاخطية. ويمكن استخدام التأثر اللاخطي لضغط حقل الإكسيتونات المترابطة، تماماً كضغط حقول الضوء بالتأثرات اللاخطية. وتُعدّ طرائق استخدام مثل هذه الحزم المترابطة من الإكسيتونات في مجالات أخرى من العلوم مسألة دراسة مكثفة في الوقت الحاضر..■

☆ By S. A. Moskalenko and D. W. Snoke.
** كيث برنيت: جامعة أكسفورد - إنكلترة.
- العرض والتحليل عن مجلة *Physics Today*, May 2001. ترجمة هيئة التحرير - هيئة الطاقة الذرّية السورية.

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

2- علم الضوء: الفيزياء والفنون البصرية

Light Science: Physics and The Visual Arts ☆

تأليف: ت. د. روسينغ – س. ج. شيفارينا
عرض وتحليل: هـ. ستروك**

تستمر الجهود الساعية إلى جعل مقرّرات الفيزياء ذات شأن أكبر بالنسبة إلى الأغلبية غير المتخصّصة بالعلوم، وذلك من خلال تقريب المقرّر من خبرة الطلاب بالطبيعة والفن. لقد علّمتُ مقرّرات اختيارية في مجال الضوء واللون والصوت والموسيقى، إضافةً إلى مقرّرٍ "أساسي" ضروري يُدعى "استكشاف اللون". وفيما يتعلق بمقرّرات الضوء، استعنتُ بكتاب "رؤية الضوء Seeing the Light" الذي وضعه دافيد فولك D. Falk، وديتر بريل D. Brill ، ودافيد ستورك D. Stork (Harper & Row)، وهو كتاب ملائم ولكن بدرجة أقل إلى حدٍّ ما للمقرّر الأساسي. ولهذا سُررتُ بمعرفة أن كتاب علم الضوء Light Science، لمؤلفه توماس. د.روسنغ T. D. Rossing، وكرستوفر. ج. شيفارينا C. J. Chiaverina، نُوِّه في مقدمته إلى أنه " مخصّص لطلاب الفنون البصرية وللقرّاء المهتمين بالفن". هذا الكتاب الجديد حول الضوء، على غرار كتاب روسنغ "علم الصوت "The Science of Sound (الطبعة الثانية، Addison Wesley, 1990)، يطوّر ويحدّث الكتب الحالية. أمّا الكتاب الذي يتمحور حول الصوت فيقوم بهذا الدور مع مناقشات حول الموسيقى الإلكترونية والتقنيات الرقمية، في حين نجد ذلك في كتاب الضوء في الفصول التي تتناول التقدم في الهولوغرافيا،والصورالحاسوبية،والتسجيل الضوئي،والاتصالات،وعلم الفوتونات.

تعالج الفصول الثمانية الأولى من الكتاب، الذي يضم 14 فصلاً، الفيزياء الأساسية للضوء واللون التي يمكن أن توجد في الكتب الأخرى بشكلٍ رياضياتي إلى حدٍّ أكبر أو أقل قليلاً. تتشابه بنية الكتاب مع تلك التي في كتاب "علم الصوت" من حيث: الموضوع، والملخص، والمراجع، والمسرد، واستعراض الأسئلة، والتجارب من أجل المنزل، والمختبر، والتجارب الإيضاحية في غرفة الصف. إضافة إلى ذلك، هنالك ملحق يضم 60 صفحة تقريباً حول التجارب المخبرية التي ستكون ذات جدوى فيما لو كان المختبر مرافقاً للمقرّر.

أمّا الصفحة المقابلة لصفحة العنوان من الكتاب فيُشار إليها باسم "ambigram"، وهذه الكلمة لم أجد لها أي معنى في معاجمي، فهي في الحقيقة تمثل صورة ذات تناظر ثنائي دوراني. وهذا ماجعلني أفكر في الصور المقلوبة رأساً على عقب وفي البحث المعنون بـ Turvy Topsy Contest الذي نشره آرثر شاولو A. Schawlow في الدورية the Optical Society of America (أخبار الضوئيات، شباط 1975) وهو يدور حول إنتاج شريحة لايمكن عكسها! (انظر Optical News، كانون الثاني 1976). في الفصل الثالث عشر من كتابهما الجديد، عاد روسنغ وشيفارينا إلى عبارات ambigrams مستشهدين بعبارات موسيقية نظيرة لها مأخوذة من موتسارت. (وهنالك أمثلة أخرى معروفة عن التناظر الموسيقي، على سبيل المثال، في مقطوعة Canticum Sacrum للموسيقي إيغور سترافنسكي I. Stravinsky ومقطوعة Hin und zurück لمؤلفها بول هندميث Paul Hindemith.)

يستخدم الفنّانون نظرية اللون، وعلى الأغلب في أكثر من طريقة بديهية. ففي معرض the Armand Hammer Collection لعام 1979 في متحف الفنون الجميلة في هيوستون، تذكرتُ رؤية السكتشات التي قدّمها بول غوغان Paul Gauguin موضحاً فهمه لاقتفاء الأشعة، والموشور، والمجموعات اللونية، مع ملاحظات مرفقة حول نظرية الفن. يقدّم روسنغ وشيفارينا عدداً من التطبيقات المعروفة، كما هو الحال في الفن التنقيطي، وفن الصور الضوئية المشوَّهة، والفن الضوئي. في بعض الأحيان، يساهم الفنّانون بدورهم في علم الفن أو في تقانته: إذ قام موسيقيان هما ليوبولد جودوفسكي L. Godowsky Jr وليوبولد دامروش مانز L. D. Mannes باختراع عملية Kodachrome. (لكن هذا يمثل نصف الحقيقة: فهما يحوزان شهادات في الفيزياء!). وهنالك مقاطع ممتعة في ملاحق كتاب Light Science حول تحليل المواد الفنية وصيانة الصور الزيتية وترميمها. وهذه الموضوعات لم تُعالج في الكتب الأخرى التي راجعتُها.

نوقشت الهولوغرافيا، التي ابتكرها دينيس غابور D. Gabor، منذ بداية استخدام الليزر في هذا التطبيق من قِبَل إيمت ليث E. Leith وجوري أباتنيك J. Upatnieks، وهولوغرافيا انعكاس الضوء الأبيض التي ابتكرها جورج.و.ستروك G. W. Stroke وأنطوان لابيري A. Labeyrie، وحتى هولوغرافيا التلفاز المتولّدة حاسوبياً. ومع ذلك، لم يتم توضيح الفيزياء الأساسية بشكلٍ كافٍ.

يوجد في الكتاب بعض العبارات غير الدقيقة. ولم يتم قياس سرعة الضوء الذي أجراه أولوس ريمر O. Rømer (1644 – 1710) باستخدام أثر دوبلر، وقد عاش كريستيان دوبلر C. Doppler بين عامي 1803 و 1853. في حين لم يحصل شين شونغ فو Chen-Shiung Wu وإيريك أمبلر E. Ambler على جائزة نوبل.

وفي الوقت الذي أستطيع فيه أن أدرك تماماً أن المؤلفين لايرغبون بتخويف الطلاب بالكمّ الهائل من الرياضيات، فإن إخفاء الصيغ في النص هو أمر تجميلي ويقف حائلاً دون تحقيق الأهداف المرجوة، لاسيما عندما تكون هذه الصيغ ضرورية في "التمارين" (وليس "المسائل"). وتُعرض الصيغ في الكتاب بصورة جزئية فقط. هنالك عدد كبير من الأخطاء، ذات شأن كبير أو قليل، والتي آمل بتصحيحها في الطبعة الثانية. ولابد للطباعة الدقيقة أن تزيل التكرار غير الضروري ومدخل التعابير التي تخلو من التعاريف. ويمكنني أن أفهم سبب تعاسة الطلاب الذين يواجهون مثل هذه العيوب. و رغم هذه الانتقادات، فإن كتاب Light Science سيقدّم الفائدة لقرّائه الخاصين.■

☆ By T. D. Rossing and C. J. Chiaverina.

** هنري ستروك: جامعة نيويورك – نيويورك

– العرض والتحليل عن مجلة *Physics Today*, May 2001. ترجمة هيئة التحرير – هيئة الطاقة الذرّية السورية.

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

تعريف بمنشورات هيئة الطاقة الذرّية المعدَّة للبيع
Publications of the AEC of SYRIA

منشورات عامة	الشكل	السعر (ل.س من داخل القطر) ($ من خارج القطر)
1- النظائر المشعة في الحياة اليومية Isotopes Day Life (ترجمة دائرة الإعلام والترجمة والنشر)	كتيب مطبوع Printed Book	15 ل.س $ 3
2- ما يجب أن يعرفه الطبيب الممارس في معالجة المتعرضين للإشعاع What The General Practitioner (MD) Should Know About Medical Handling of overexposed Individuals (ترجمة قسم الوقاية والأمان)	كتيب مطبوع Printed Book	40 ل.س $ 9
3- مستويات التدخل المقدرة لمواجهة تلوث الطعام بالنظائر المشعة (إرشادات للتطبيق بعد الانتشار الواسع للتلوث الإشعاعي الناتج عن حادث نووي كبير) Derived Intervention Levels for Radionuclides in Food (ترجمة الدكتور إبراهيم عثمان)	كتاب مطبوع Printed Book	80 ل.س $ 7
4- تشعيع الغذاء (تقنية لحفظ الغذاء وتحسين سلامته) Food Irradiation (A technique for Preserving and Imporoving the Safety of Food) (ترجمة الدكتور نجم الدين شرابي)	كتاب مطبوع Printed Book	160 ل.س $ 15
5- نظرية الكم وقصتها الغريبة L'étrange Histoire des Quanta (ترجمة محمد وائل الأتاسي)	كتاب مطبوع Printed Book	250 ل.س $ 25
6- حقائق حول تشعيع الأغذية سلسلة نشرات الحقائق صادرة عن المجموعة الاستشارية الدولية لتشعيع الأغذية Facts about Food Irradiation (ترجمة الدكتور نزار حمد)	كتاب مطبوع Printed Book	160 ل.س $ 8
7- الإشعاع: الجرعات -الآثار -المخاطر Radiation: Doses, Effects, Risks (ترجمة الدكتور: إبراهيم عثمان-المهندسة مها عبد الرحيم)	كتاب مطبوع Printed Book	100 ل.س $ 10
8- دروس من حوادث وقعت في منشآت التشعيع الصناعية Lessons Learned From Accidents In Industrial Irradiation Facilities (ترجمة الدكتور محمد قعقع)	كتيب مطبوع Printed Book	100 ل.س $ 6
9- الاختبارات اللاإتلافية: طريقة التصوير الشعاعي الصناعي Industrial Radiography Method (تأليف الدكتور وفيق حرارة)	كتاب مطبوع Printed Book	200 ل.س $ 10
10- الطاقة الذرّية لأغراض عسكرية Atomic Energy for Military Purposes (ترجمة مكتب الترجمة والتأليف والنشر)	كتاب مطبوع Printed Book	300 ل.س $ 25
11- معجم المصطلحات العلمية والتقنية (إنكليزي-عربي) Dictionary of Technical Terms in the Field of Atomic Energy (طبعة جديدة موسعة)	كتاب مطبوع Printed Book	300 ل.س $ 25
12- التثبيت الحيوي للآزوت الجوي Biological Nitrogen Fixation (تأليف الدكتور فواز كرد علي)	كتاب مطبوع Printed Book	350 ل.س $ 15

ملاحظة: يمكن طلب هذه المنشورات من مكتب الترجمة والتأليف والنشر في هيئة الطاقة الذرّية -دمشق - شارع 17 نيسان -هاتف 6111926/7.

- Complex aquifers with grand karestification;-Simple aquifers with middle to high karestification;-Shallow water without karestification.

*- The determination of type and chemical quality of water sample analysis:

- Most of groundwater samples had chemical properties reflecting the properties of the aquifers rocks.

- The good quality of the hydrocarbonate-calcium-magnesium (Mg/Ca > l) of groundwater, which was related with Limestone's and Dolomites from the age of Jurassic-Cenomaniani/Turonian, the most important in that region. And related also with the rest shallow basalt aquifers contains uncontaminated or salty sea water.

- The bad and intermediate quality water, which has sulfate or chloride-magnesium or sodium chemical type, was related with the existence of:

a- The formations of marl (from the age of Cretaceous-Paleocene which are more soluble and rich with these elements) in the base and the cover of the aquifer (third group),

b- high residential or industrial contamination and interaction or antecedence of sea water.

- Chloride-sodium groundwater types in Dam-Sarkhoh north Lattakia and in Al-Hamidiah south Tartous reflect the salinization by seawater and the overuse of groundwater in irrigation.

-Spatial heterogeneity in stable isotope contents of the groundwater may result from rapid and direct infiltration of rainfall-as in the case of short water residence time.

Key Words

karst-systems, stable iostopes hydrology, hydrogeology, hydrogeochemistry, Syria, Coast, Oronte.

⋆ A short report on a scientific research achieved in the Department of Geology, Atomic Energy Commission of Syria.

☆ ★ ☆

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

KARYOTYPE STUDY OF NEWBORN NUCLEATED ERYTHROCYTES*

M. R. CHAIBAN, S. AL-MIDANI, W. AL-ACHKAR
Department of Molecular Biology, Atomic Energy Commission, P. O. Box 6091, Damascus, Syria.

ABSTARCT

The fetal blood culture obtained from newborns by percutaneous umbilical sampling was done to perform in Syria for rapid heredity diseases diagnosis and congenital malformations which may be observed through pregnancy.

This study was carried out on blood samples from 40 newborns, and the karyotypes were obtained from the nucleated erythrocytes by direct harvests of spontaneous metaphases or after 18-24 h (midi cultures) without mitogens and 72 h (long cultures) in F-10 medium supplemented with fetal calf serum, penicillin & streptomycin and erythrocytes mitogens. GTG banding and giemsa staining were done on metaphases. The metaphases were studied and by using cytogenetic scanning workstation.

This report contains all of technical steps and obtained data to make this procedure as a routine diagnostic methods for chromosomal abnormalities in newborns.

Key Words

congenital malformations, umbilical cord, fetal blood, karyotypes, nucleated erythrocytes, metaphases.

* A short report on exploratory field experiment achieved in the Department of Molecular Biology, Atomic Energy Commission of Syria.

USING HYDROCHEMICAL AND ENVIRONMENTAL ISOTOPES DATA OF WATER FOR THE KARST AQUIFERS IN THE COASTAL AREA (SYRIA)*

A. S. KASSEM
Department of Geology, Atomic Energy commission, P.O. Box 6091, Damascus, Syria.

ABSTARCT

The environmental isotopes and hydrochemical study are very important for limiting karst aquifers.

To realize this object we have analyzed 45 samples covering the most important karst water resources at the Syrian coast basin.

The major dissolved constituents (Ca, Mg, Na, K, -HCO_3, CO_3, SO_4, Cl and NO_3: were analysed at E Fijeh society water Laboratory, and some stable isotopes (^3H, ^2H, ^{18}O) contained analysed water samples were determined at the Isotopes laboratory of Jordan) for 45 samples (44 of groundwater and 1 of sea water).

With the interpretation of hydro-geological data by H. SCHOELLER and PIPER diagrams together with the evaluation of some factors (dph, pCO_2, IsDol, Mg/Ca and B.I), our results were:

*- The rainwater seeped to groundwater (deep and shallow groundwater) without complete mixing with each other.

The direct supplies in addition to evaporation or dissolving some salts in rainwater, together with a stability or increase in their contents of oxygen 18. Which proves the difference in the aquifers in the region.

* - Dividing the studied aquifer in the region into four groups:

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

EFFECT OF GAMMA IRRADIATION ON STORABILITY OF SYRIAN WALNUT*

M. AL-Bachir

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

ABSTARCT

Walnut fruits of Baladi variety were irradiated with 0, 0.5, 1.0, 1.5 and 2.0 kGy of gamma irradiation. The irradiated and unirradiated fruits were stored at room temperature (15 to 18 °C) and at a relative humidity of 50 to 70%. Fungal load, proximate composition, chemical changes and sensory properties of nuts were evaluated immediately after irradiation, 6 and 12 months of storage. The results indicated that gamma irradiation reduced the fungal load. Used doses did not cause any significant change in proximate composition of walnuts. Immediately after irradiation, gamma irradiation increased total acidity and decreased iodine value and the volatile basic nitrogen (VBN). Whereas, after 12 months of storage, gamma irradiation decreased total acidity and peroxide value and increased iodine value and (VBN). Immediately after irradiation no significant differences were observed between irradiated and non-irradiated samples in flavor and aroma. Whereas, after 12 months of storage higher doses (1.5 and 2.0 kGy) had a negative effect on sensory characteristics.

Key Words

walnuts, γ- irradiation, storability, chemical and sensory characteristics, fungal load.

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

THE EFFECT OF ENVIRONMENTAL CONDITIONS VIABILITY OF IRRADIATED CODLING MOTH CYDIA POMONELLA (L.) ADULTS*

F. MOHAMAD, M. MANSOUR

Department of Molecular Biology, Atomic Energy commission, P. O. Box 6091, Damascus, Syria.

ABSTRACT

Cooled (4±2 °C) codling moth, Cydia pomonella (L.) males exposed to dose of 350 Gy were released in apple orchards starting at 6:00 o'clock in the morning until 6:00 in the afternoon at 2h. intervals. Moths were released in shade (under trees) or in the sun (between trees), the number of dead moths after 20 minutes of release were recorded, percentage mortality was calculated and compared with unirradiated controls. The effect of ambient temperature and relative humidity on moth survival and activity was evaluated by counting the number of caught males by pheromone traps.

Results showed that percentage mortality increased with increase in temperature and decrease in relative humidity and reached to 82% at 30 °C and 40% Rh., when irradiated moths were released under direct sunshine. However, when moths were released in the shade under the same conditions, survival rate was as high as 91%. Results also showed that percentage survival in irradiated males was less than that in the control when moths were released under direct sunshine.

Results of monitoring moth activity also showed that pheromone trap continued to catch males for up to 8 days which may suggests that released males lived under field conditions for no less than one week.

Key Words

codling moth, γ - irradiation.

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

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

It was found that, uranium stripping yield increased, when the alkaline stripping agent concentration was increased, and the stripping yield followed the following order:

$$Na_2CO_3 > (NH_4)_2CO_3 > NH_4HCO_3$$

However, the selectivity for uranium against iron followed the reverse order:

$$NH_4HCO_3 > (NH_4)_2CO_3 > Na_2CO_3$$

Moreover temperature in the range of (25 - 55°C) was found to have a positive effect on both uranium and iron stripping.

Stripping by perchloric acid and nitric acid was not efficient. Hydrochloric and sulfuric acid showed a weak stripping yield which increased as their concentrations were increased.

Stripping by phosphoric acid was found to be efficient Moreover, the selectivity of iron stripping by 2 M H_3PO_4 was high as opposite to uranium. Therefore it was found advantageous to carry out stripping in two stages. The first stage by 2 M H_3PO_4 to strip iron and the second stage using one of the alkaline media mentioned previously to strip uranium completely.

Key Words

selective, stripping, uranium, iron, Dehpa, Topo.

⋆ A short report on a scientific field study achieved in the Department of Chemistry, Atomic Energy Commission of Syria.

CORRODSION AND DEPOSIT DETERMINATION IN PIPES BY RADIOGRAPHY⋆

W. HARARA

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

ABSTRACT

The reliability and safety of industrial equipment especially in the petroleum, petrochemical and power plants are substantially influenced by degradation processes such as corrosion, deposits and blocking of pipes which might cause fire, leaks, reduced production, or unpredictable and costly shutdowns due to repair and replacement. One of the most important parameters in a pipe-line to be monitored and measured is the wall thickness.

Ultrasonic wall thickness measurements, for instance, taken periodically in the same areas of pipe provide information on the progress rate of internal corrosion or erosion. The most significant limitation of this technique is the difficulty, if not impossibility, of obtaining a proper, reliable reading in the weld heat affected zone, where the corrosion damage and its rate are usually the highest, and there is necessity in some cases of removing insulation. This limitation can be overcome by application of radiography method.

This report describes Non destructive testing technique by Radiography for determining corrosion of the internal surface of pipes and accurate measuring of their remaining wall thickness and the results obtained by application of this technique on identification and measurement of the corrosion attack and remaining wall thickness in pipes of different diameters.

This technique can be performed while the pipe is in use or empty, insulated or non insulated, cold or at elevated temperature and during the preventive maintenance which averts the environment and the public from excessive risk of industrial disasters.

Key Words

erosion, corrosion, tangential radiography, remaining wall thickness.

⋆ A short report on a scientific field study achieved in the Department of Scientific Services, Atomic Energy Commission of Syria.

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

resulted from first and second cycles of uranium extraction from commercial phosphoric acid, was directly analyzed using ^{109}Cd as a primary excitation source. Copper was used as an internal standard. which led to a linear relation between relative intensity of uranium and its concentration. three calibration curves, 0-100, 100-1000 and 1000-6500 $\mu g.ml^{-1}$, according to uranium concentration in the studied samples, were constructed. The effect of different molarities of D2EHPA and TOPO was considered. The detection limit, precision and accuracy were 1.1 $\mu g.ml^{-1}$, 3% and 1.4%, respectively. The obtained results were compared with other techniques such as γ-ray spectroscopy, UV spectrometry and volumetry.

Key Words

determination of uranium, D2EHPA-TOPO, fluorescent X-ray.

⋆ This paper appeared in *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry.* Vol.250, No.3 (2001).

REPORTS

THE CONTRIBUTION OF HIGH LASER LEVELS ON THE CO2 LASER OUTPUT PULSE CHARACTERISTICS⋆

B. ABDUL GHANI, M. HAMMADI

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

ABSTRACT

A modified Teller-Landau six-temperature model describing the dynamic emission of single mode TEA CO_2 laser has been adapted. This model has been also used to describe the contribution of the higher 002 laser level.

In addition, numerical solution of non-linear rate equation system of the suggested model are quantitatively discussed. The solutions describe the radiation field intensity, the population inversion, and the energy transfer processes.

The estimated contribution of the 002 laser level reaches 4% of the total laser emission.

Key Words

modeling, CO_2 laser, contribution, higher levels.

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

SELECTIVE STRIPPING OF URANIUM FROM 0.3 M D2EHPA + 0.075 M TOPO/KEROSENE IN THE SECOND EXTRACTION CYCLE⋆

J. STAS, H. SHLEWIT, A. DAHDOUH AND S. KHORFAN

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

ABSTRACT

Selective stripping of uranium and iron, from 0.3 M D2EHPA + 0.075 M TOPO/kerosene containing 0.0252 M uranium and 0.0064 M iron was investigated using alkaline and acidic media.

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

ABSTRACT

Jugular serum progesterone concentrations were measured in female Damascus goats using radioimmunoassay (RIA) during prepubertal, puberty, pregnancy and parturition stages, to monitor the reproductive performance. Age at puberty ranged between 266-653 days with an average of 475 days, while average weight at puberty was 35.6 kg. Progesterone level rose from around zero ng/ml at prepubertal stage to 2.14 ng/ml at the onset of puberty ranging from 1.12 to 5.38 ng/ml. Average maximum progesterone concentration during pregnancy was 13.84 ng/ml, occurring on day 115 post-mating, and dropped sharply to 0.29 ng/ml soon after kidding. Average overall duration of pregnancy was 149 days. The accuracy of pregnancy diagnosis on day 21 post-mating using RIA was 100%. The results also indicate that the breeding season of the experimental Damascus goats started in September. It could be concluded that the assessment of progesterone levels in serum is considered to be a vital tool in monitoring the reproductive performance in the indigenous Damascus goat breed.

Key Words

breed; goats; pregnancy diagnosis; progesterone; radioimmunoassay; reproduction; seasonal breeding.

* This paper appeared in *Tropical Animal Health and Production*. 2002.

CRITICAL COMMENTS ON THE OPTIMUM DETERMINATION OF REMAINING WALL THICKNESS IN INSULATED PIPES BY TANGENTIAL RADIOGRAPHY*

W. HARARA

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

ABSTRACT

This paper contains some parameters and rules which can be applied in tangential radiography for detection and evaluation of internal and external corrosion in insulated pipes. In addition, measurement of the remaining wall thickness during maintenance or during in-service inspection can also be carried out.

The application of these parameters and rules, on a specially designed insulated steel pipe with internal machined slots, has provided 98% and 96% accuracies in determining the pipe wall thickness and the pipe remaining wall thicknesses respectively.

Key Words

erosion, corrosion, tangential radiography, unsharpness, remaining wall thickness.

* This paper appeared in *Insight*. Vol. 43, No.10, Oct. 2001.

DIRECT DETERMINATION IN THE D2EHPA-TOPO ORGANIC PHASE USING EDXRF SPECTROMETRY*

J. STAS, R.AL-MEREY, J. KARJOU

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

ABSTRACT

The determination of uranium in liquid samples using energy dispersive X-ray fluorescence was investigated. The organic phase di-(2-ethyl hexyl) phosphoric acid and trioctyl phosphine oxide (D2EHPA-TOPO)/kerosene, which

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

Key Words

fertigation, seed cotton yield, dry matter yield, lint properties.

★ This paper appeared in *Commun. Soil Sci. Plant Anal* (2001).

PERFORMANCE OF COTTON CROP GROWN UNDER SURFACE IRRIGATION AND DRIP FERTIGATION.

II. FIELD WATER-USE EFFICIENCY AND DRY MATTER DISTRIBUTION★

M. JANAT

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

G. Somi

Ministry of Agriculture and Agrarian Reform, Irrigation Directorate, Damascus, Syria

ABSTRACT

Drip fertigation is a key factor in modern irrigated agriculture, where water and fertilizers are the most expensive inputs for this irrigation method. Drip fertigation experiments were carried out at Hama, north of Syria (Tezeen's Irrigation Research Station), for four consecutive years 1995- 1998. Cotton (Gossypium hirsutim L.) variety Aleppo 33/1 was planted after unfertilized maize in order to deplete as much as possible the available N and reduce the field variability on the corresponding experimental units and irrigated thereafter. Treatments consisted of two irrigation methods (surface irrigation and drip fertigation) and five N rates within drip fertigated cotton, including the control ($N_0 = 0$, $N_1 = 60$, $N_2 = 120$, $N_3 = 180$, $N_4 = 240$ kgN ha^{-1}). The N fertilizer treatment for surface irrigated cotton was 180 kg N ha^{-1} in accordance with the recommended rate of Ministry of Agriculture and Agrarian Reform. The experimental design was randomized block design with six replicates.

Fertigation resulted in large water saving, and highly improved field water-use efficiency. Further, increasing N application rates under drip fertigation increased dry matter yield. The principal benefit of drip fertigation was the achievement of higher field water-use efficiencies, which were increased more than three-fold for both dry matter and seed cotton yield, relative to surface irrigation. The highest water-use efficiencies were obtained with the addition of 180 and 240 kg N ha^{-1} in 1995 and 1996 and 120 kg N ha^{-1} in 1997 and 1998. Dry matter production and partitioning among different plant parts at physiological maturity stage varied due to N input and irrigation methods. The overall dry matter distribution among different plant structures for drip fertigated-treatments was: stems, 20.3 -21.3%; leaves, 26.3-28.7%; and fruiting forms, 50-53.2%. For the surface -irrigated treatment, the partitioning was stems, 23.1%; leaves, 28.3%; and fruiting form, 48.6%. The reproductive -vegetative plant parts ratio decreased with increasing N input under drip fertigation. Water saving under drip fertigation exceeded 35% of irrigation water relative to surface irrigation of the cotton crop grown under the same conditions.

Key Words

cotton crop, surface irrigation, drip fertigation, water saving, field water-use efficiency.

★ This paper appeared in *Commun. Soil Sci. Plant Anal* (2001).

USE OF RADIOIMMUNOASSAY TO MEASURE PROGESTERONE LEVELS DURING DIFFERENT REPRODUCTIVE STAGES IN FEMALE DAMASCUS GOATS★

M. ZARKAWI - M. R. AL-MASRI

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

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

ELEMENT CONCENTRATIONS IN GROUNDWATER IN THE EASTERN PHOSPHATE AREA AND SOUTHERN VOLCANIC AREA OF SYRIA*

O. ALHASSANIEH, M. GHAFAR, A.R. ABDUL-HADI

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

ABSTRACT

The concentration of the elements K, Ca, Mg, Na, Sr, Al, As, Ba, Br, Ce, Cr, Fe, Nb, Rb, Sc, Sm, V, Zn, Co, Cs, U, Sb, Se, Th, Eu and Hf in groundwater samples from the eastern phosphate and the southern volcanic area of Syria were investigated using INAA (instrumental neutron activation analysis) and γ-Spectroscopy. The concentrations of first and second group elements are higher in the phosphate area than in the volcanic area. The concentrations of Fe, Co, Cr, Sc, Eu and Sm are high in some samples from the southern volcanic area this can be explained by the occurrence of these elements in surrounding rocks and the solubility of their compounds. The results are compared with drinking water limits from different countries.

Key Words

groundwater, neutron activation analysis, γ-spectroscopy, element concentrations, phosphate area, volcanic area, drinking water limits.

* This paper appeared in *Water Qual. Res. J. Canada* Volume 36, No 4, 835 - 849, 2001.

PERFORMANCE OF COTTON CROP GROWN UNDER SURFACE IRRIGATION AND DRIP FERTIGATION

.I. SEED COTTON YIELD, DRY MATTER PRODUCTION, AND LINT PROPERTIES*

M. JANAT

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

G. SOMI

Ministry of Agriculture and Agrarian Reform, Irrigation Directorate, Damascus, Syria.

ABSTRACT

Nitrogen fertilizer and irrigation methods are the key factors for yield increase and yield quality improvement. With good management of these two factors, both production and protection can be attained simultaneously. Field experiments were carried out at Hama (Tezeen's Irrigation Research Station) for four consecutive years (1995 -1998). Cotton (Gossypium hirsutum L variety Aleppo 33/1) was planted after unfertilized maize on the same experimental units and then irrigated. Treatments consisted of surface irrigation and drip fertigation with five nitrogen rates (0, 60, 120, 180, 240 kg N ha^{-1}) while for the surface-irrigated cotton only one rate was applied (180 kg N ha^{-1}) as recommended by the Ministry of Agriculture and Agrarian Reform. Soil water content was monitored during the course of experiment using a neutron probe, with irrigation scheduling according to the neutron probe feedback data. The experimental design was randomized black design with six replicates. Results revealed that under the prevailing experimental conditions, fertigation of cotton improved seed cotton yield, dry matter yield, earliness and, in some cases, lint properties. Furthermore, under drip fertigation between 35-55 % of irrigation water was saved compared with surface-irrigated cotton grown under the same conditions. Seed cotton yield of the fertigated-cotton increased by more than 50% in some cases compared with that of the surface-irrigated cotton. Dry matter yield of the fertigated-cotton increased significantly over that of the surface irrigated cotton, and such an increase was even more than two-fold in some instances.

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

Key Words

organic superconductor, (BEDT-TTF) molecules, d-wave gap model, dimer, FFLO state, magnetic field induced superconductivity, magnetic breakdown, pairing interaction.

⋆ This article appeared in *Physics World*, January, 2002. It has been translated into Arabic by Editorial Board, Atomic Energy Commission of Syria.

FERROMAGNETIC SUPERCONDUCTORS⋆

J. FLOUQUET
CEA Grenoble, France
A. BUZDIN
Université Bordeaux, France

ABSTRACT

The recent discovery of magnetic materials that are also superconductors has reconciled two physical phenomena that were previously thought to be incompatible.

Key Words

conduction, domain-like, energy gap, ferromagnetic, resistivity, superconducting, transition.

⋆ This article appeared in *Physics World*, January, 2002. It has been translated into Arabic by Editorial Board, Atomic Energy Commission of Syria.

PAPERS

A NONLINEAR PROGRAMMING TECHNIQUE FOR THE INTERPRETATION OF SELF-POTENTIAL ANOMALIES⋆

J. ASFAHANI
Department of Geology, Atomic Energy Commission, P. O. Box 6091, Damascus, Syria
M. TLAS
Department of Scientific Services, Atomic Energy Commission, P. O. Box 6091, Damascus, Syria

ABSTRACT

Using Frank and Wolfs algorithm, a new interesting nonlinear programming technique has been developed in an attempt to estimate the geometric shape factor of a buried polarized body from a residual self-potential anomaly. Furthermore, the depth, the polarization angle and the electrical dipole moment have also been derived. This algorithm is noted to be robust and its application to SP data converges rapidly towards the optimal solution. The developed technique is tested through studying synthetic data with and without random noise. As a result, the near agreement between the model geometric shape factor and the evaluated one is well recognized. The validity of this proposed technique is tested on a field example from the Ergani Copper district, Turkey. The superiority of the nonlinear programming technique over other recently published methods is shown.

Key Words

Self-potential anomalies, polarized structures, SP interpretation, mathematical programming.

⋆ This paper appeared in *Pure & Applied Geophysics*, Vol. 159, 2002.

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

ABSTRACTS OF THE SUBJECTS PUBLISHED IN THIS ISSUE

ARTICLES

NEW FRONTIERS IN SUPERCONDUCTIVITY*

V. JAMIESON
Physicist, superconductivity

ABSTRACT

Basic research into the electrical and thermal properties of metallic, magnetic and organic materials is leading to the discovery of novel superconductors.

Key Words

superconductivity, magnesium diboride, intermetallic superconductors.

*This article appeared in *Physics World*, January 2002. It has been translated into Arabic by Editorial Board, Atomic Energy Commission of Syria.

MAGNESIUM DIBORIDE: ONE YEAR ON*

P. C. CANFIELD
a professor of physics at Iowa State University - Ames Laboratory , Iowa , USA.
S. L. BUD'KO
an associate physicist at the Ames Laboratory, Iowa , USA.

ABSTRACT

Last january physicists discovered that an innocuous compound that had been sitting on the shelf for decades was, in fact, a record-breaking intermetallic superconductor.

Key Words

Magnesium diboride, transition temperature, magnetic field, electron-phonon coupling, critical current density, superconductivity, intermetallic compounds, BCS theory, irriversibility field.

*This article appeared in *Physics World*, January 2002. It has been translated into Arabic by Editorial Board, Atomic Energy Commission of Syria.

SUPERCONDUCTORS GO ORGANIC*

J. SINGLETON
Clarendon Laboratory, Oxford University, Parks Road, Oxford OX1 3PU, UK
C. MIELKE
Los Alamos National Laboratory, Ms-E536, Los Alamos, New Mexico 87545, US

ABSTRACT

Superconductors made from organic molecules are revealing fascinating new physics and could offer huge technological potential well.

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

☐ DIRECT DETERMINATION IN THE D2EHPA-TOPO ORGANIC PHASE USING EDXRF SPECTROMETRY PERFORMANCE OF DAMASCUS DOES . . . . . J. STAS, R.AL-MEREY, J.KARJOU 76

REPORTS (Unpublished works of the Syrian A. E. C. Staff)

☐ THE CONTRIBUTION OF HIGH LASER LEVELS ON THE CO2 LASER OUTPUT PULSE CHARACTERISTICS . . . . . B. ABDUL GHANI, M. HAMMADI 83

☐ SELECTIVE STRIPPING OF URANIUM FROM 0.3 M D2EHPA + 0.075 M TOPO/KEROSENE IN THE SECOND EXTRACTION CYCLE . . . . . J. STAS, H. SHLEWIT, A. DAHDOUH, S. KHORFAN 84

☐ CORROSION AND DEPOSIT DETERMINATION IN PIPES BY RADIOGRAPHY . . . . . W. HARARA 85

☐ EFFECT OF GAMMA IRRADIATION ON STORABILITY OF SYRIAN WALNUT . . . . . M. AL-Bachir 87

☐ THE EFFECT OF ENVIRONMENTAL CONDITIONS VIABILITY OF IRRADIATED CODLING MOTH CYDIA POMONELLA (L.) ADULTS . . . . . F. MOHAMAD, M. MANSOUR 89

☐ KARYOTYPE STUDY OF NEWBORN NUCLEATED ERYTHROCYTES . . . . . M. R. CHAIBAN, S. ALMIDANI, W. AL-ACHKAR 91

☐ USING HYDROCHEMICAL AND ENVIRONMENTAL ISOTOPES DATA OF WATER FOR THE KARST AQUIFERS IN THE COASTAL AREA (SYRIA) . . . . . A. S. KASSEM 92

SELECTED NEW BOOKS (Review and analysis)

☐ BOSE-EINSTEIN CONDENSATION OF EXCITONS AND BIEXCITONS AND COHERENT NONLINEAR OPTICS WITH EXCITONS . . . . . By: S. A. MOSKALENKO & D. W. SNOKE OVERVIEW & ANALYSIS: K. BURNETT 96

☐ LIGHT SCIENCE: PHYSICS AND VISUAL ARTS . . . . BY: T. D. ROSSING & C. J. CHIAVERINA OVERVIEW & ANALYSIS: H. STROKE . . . 97

ABSTRACTS OF THE SUBJECTS PUBLISHED IN THIS ISSUE IN ENGLISH 108

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

CONTENTS

ARTICLES

☐ NEW FRONTIERS IN SUPERCONDUCTIVITY . . . . . V. JAMIESON 7

☐ MAGNESIUM DIBORIDE: ONE YEAR ON. . . . . P. C. CANFIELD, S. L. BUD'KO 9

☐ SUPERCONDUCTORS GO ORGANIC . . . . . J. SINGLETON, C. MIELKE . . 16

☐ FERROMAGNETIC SUPERCONDUCTORS . . . . . J. FLOUQUET, A. BUZDIN . . 22

NEWS

☐ LIQUID CRYSTALS . . . . . *LA RECHERCHE* 30

☐ SUPERCONDUCTING QUBITS A MAJOR. . . . . *SCIENCE* 33
ROADBLOCK DISSOLVED?

☐ RELATIVITY: SPECIAL TREATMENT . . . . . *NATURE* 35

☐ HIGH ABOVE THE EARTH . . . . . *NATURE*. 36

☐ THEIR SECRET'S SAFE . . . . . *NEW SCIENTIST* 38

☐ MAGNETISM UNDER THE MICROSCOPE . . . . . *PHYSICS WORLD* 39

☐ WHO REALLY DISCOVERED SNELL'S LOW? . . . . . *PHYSICS WORLD* 40

PAPERS (Published worldwide by the Syrian A. E. C. Staff)

☐ A NONLINEAR PROGRAMMING TECHNIQUE FOR . . . . . J. ASFAHANI, M. TLAS 45
THE INTERPRETATION OF SELF-POTENTIAL ANOMALIES

☐ ELEMENT CONCENTRATIONS IN GROUNDWATER . . . . . O. AL-HASSANIEH et al. 50
IN THE EASTERN PHOSPHATE AREA AND SOUTHERN VOLCANIC AREA OF SYRIA

☐ PERFORMANCE OF COTTON CROP GROWN . . . . . M. JANAT, G. SOMI 57
UNDER SURFACE IRRIGATION AND DRIP FERTIGATION
I. SEED COTTON YIELD, DRY MATTER PRODUCTION, AND LINT PROPERTIES

☐ PERFORMANCE OF COTTON CROP GROWN UNDER . . . . . M. JANAT, G. SOMI 63
SURFACE IRRIGATION AND DRIP FERTIGATION.
II. FIELD WATER-USE EFFICIENCY AND DRY MATTER DISTRIBUTION

☐ USE OF RADIOIMMUNOASSAY TO MEASURE . . . . . M. ZARKAWI, M. R. AL-MASRI 69
PROGESTERONE LEVELS DURING DIFFERENT
REPRODUCTIVE STAGES IN FEMALE DAMASCUS GOATS

☐ CRITICAL COMMENTS ON THE OPTIMUM . . . . . W. HARARA 72
DETERMINATION OF REMAINING WALL THICKNESS
IN INSULATED PIPES BY TANGENTIAL RADIOGRAPHY

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

Notice: Scientific matters and different inquiries; subscriptions, address changes, advertisements and single copy orders, should be addressed to the journal's address:
Damascus, P.O. Box 6091 Phone 6111926/7, Fax 6112289, Cable; TAKA.

Subscription rates, including first class postage charges: a) Individuals *$ 30 for one year*
b) Establishments *$ 60 for one year*
c) For one issue *$ 6*

It is preferable to transfer the requested amount to:
The Commercial Bank of Syria N-13 P.O. Box 16005 Damascus-Syria account N-3012\2
Cheques may also be sent directly to the journal's address.

The views expressed in any signed article in this journal do not necessarily represent those of the AEC of Syria, and the commission accepts no responsibility for them.

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

AALAM AL-ZARRA

JOURNAL OF THE ATOMIC ENERGY COMMISSION OF SYRIA

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

N° 82 | 17th Year | NOVEMBER/DECEMBER 2002

Managing Editor

Dr. Ibrahim Othman

Director General of A. E. C. S.

Editorial Board

Dr. Tawfik Kassam *(Editor In-Chief)*

Dr. Mohammed Ka'aka ***Dr. Fouad Al-Ijel***

Dr. Ahmad Haj Said ***Dr. M. Fouad Al-Rabbat***

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