



عالم الذرة

أصغر مسعف في العالم

تسحب جزيء الدنا DNA التالف
بعيداً إلى غرفة إسعاف الخلية

الأستفادة من طاقة الاندماج النووي
بحلول ٢٠٣٠

نظام الوقاية الإشعاعية
والاعتبارات خطر/فائدة في برامج
مسح سرطان الثدي
باستخدام التصوير الشعاعي

الزروع الطبية
تصنيفها واستخداماتها ومشاكلها



AECS

عالم الذرة

AECS

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

AECS

المدير المسؤول

أ. د. إبراهيم عثمان

المدير العام لهيئة الطاقة الذرية

AECS

رئيس هيئة التحرير

أ. د. الياس حنا بكرجي

AECS

أعضاء هيئة التحرير

أ. د. فواز كرد علي

أ. د. محفوظ البشير

أ. د. جمال أصفهاني

أ. د. محمد طلاس

أ. د. محمد بهاء الصوص

أ. د. محمد سوقية

أ. د. إياد غانم

د. عبد الغفار اللافي

AECS

AECS

AECS

الإخراج الفني

بشار مسعود

مهند البيضة

أمل قيروط

راما الكاج

التنضيد الضوئي

هنادي كنفاني

غفران ناوروز

التدقيق اللغوي

ريما سنديان

AECS

AECS

المحتويات

34

أخبار علمية

أصغر مسعف في العالم
تسحب جزيء الدنا DNA التالف بعيداً إلى غرفة
إسعاف الخلية

35

اكتشاف نمط جديد من
الاصطناع الضوئي

37

الاستفادة من طاقة الاندماج
النووي بحلول ٢٠٣٠

38

إتباع نهج جديد في الحجب
قد يؤدي إلى جعل الكائنات غير مرئية من أي اتجاه

40

نماذج حاسوبية تساعد في تنبؤ
استجابة النبات لتحدي الحرارة

41

نافذة على عناصر الجدول الدوري:

الروبيديوم 42

46

تقارير علمية

53

ورقات علمية

مقالات



الزرع الطبية

7



نظام الوقاية الإشعاعية

20



بطاريات التدفق أكسدة-إرجاع
بطاريات المستقبل

29

قواعد النشر في مجلة عالم الذرة

شروط النشر

- أَنْ يتوجه المقال لأكبر شريحة علمية ولم يسبق نشره أو إرساله للنشر في مجلة أخرى.
- أَنْ يكتب المقال بمنهجية علمية صحيحة وبلغة سليمة.

شروط الإعداد

- يفضل أَنْ يكون عنوان المقال مقتضباً ومعبراً عن المضمون.
- يلي ذلك ملخص. لا يتجاوز مئة وخمسين كلمة. باللغة العربية وملخص باللغة الإنجليزية. على صفتين منفصلتين. يتضمن كل منهما عنوان المقال. واسم مقدم العمل وصفته العلمية. والمؤسسة العلمية التي يعمل بها وعنوان المراسلة باللغتين العربية والأجنبية. يتبع كل ملخص الكلمات المفتاحية على الصفحة نفسها.
- الجدول: يكتب عنوان الجدول فوق الجدول ويعطى رقماً متسلسلاً. تشرح الرموز الواردة في الجدول إذا لم يرد ذلك في متن النص.
- الأشكال: يكتب عنوان الشكل تحت الشكل ويعطى رقماً متسلسلاً. تشرح الرموز الواردة في الشكل إذا لم يرد ذلك في متن النص. وتوضع الأشكال في ملف منفصل وتوضع التسميات في الشكل باللغة العربية أو توضع تحت الشكل ترجمة باللغة العربية للكلمات في الشكل.
- يُشار إلى الحواشي، إن وجدت، بإشارات دالة (*، x، ...) في الصفحة ذاتها.
- المراجع: توضع المراجع إذا كانت موجودة آخر النص. ويرعى الترتيب التالي عند كتابة المراجع: اسم الباحث. عنوان المقال. المجلة الناشرة. سنة النشر. رقم المجلد. وعند ورود أطروحة ماجستير أو دكتوراه يجب اتباع الترتيب الآتي: اسم الباحث. عنوان الأطروحة. أطروحة ماجستير أو دكتوراه. اسم الجامعة التي قدمت لها. سنة الإنجاز.
- تراعى في كتابة النص على الحاسوب إرشادات التنضيد حول علامات الترقيم والحالات الأخرى الواردة في المجلة والموجودة على موقع مجلة عالم الذرة.
- يذكر مرة واحدة في المقال. المقابل الأجنبي للمصطلح العربي.
- تستخدم وحدات قياس الجملة الدولية (SI) في القياس.
- عدم تأطير الأشكال والخطوط البيانية بأي إطار.
- كتابة الرموز الأجنبية على شكل نص أو إدراج الرموز المعقدة والمعادلات على شكل صورة. وعدم استعمال محرر المعادلات.
- استخراج وتصدير المنحنيات البيانية على شكل صور بدقة عالية (أكبر من 300dpi)
- إرفاق الصور والأشكال البيانية المدرجة في النص بصيغة صورة بدقة عالية (أكبر من 300dpi). كملفات منفصلة إضافة لوجودها في سياق النص.
- اختيار الورق بقياس 21×29.7 سم (A4). واختيار نوع الخط Simplified Arabic وحجم 14 للنص العربي. وخط نوع Times New Roman وحجم 12 للنص الأجنبي. واختيار فراغ مضاعف بين السطور.
- يجب ألا يتجاوز عدد صفحات المقال 20 صفحة.

شروط الإيداع والتحكيم

- تقدم نسخة ورقية من مادة النشر منضدة بالحاسوب ومطبوعة على ورق بقياس A4. يرافق ذلك نسخة إلكترونية بصيغة Word. (ويفضل إرسال نسخة إلكترونية إضافية بصيغة pdf).
- يحق لإدارة المجلة إعادة البحث لتحقيق المنهجية العلمية وشروط النشر.
- تخضع مادة النشر للتحكيم ولا ترد إلى أصحابها نشرت أم لم تنشر. وتلتزم هيئة التحرير بإشعار معد المقال بنتيجة التحكيم و يعطى الباحث مدة شهر كحد أقصى للأخذ بملاحظات المحكمين أو الرد على ما تطلبه رئاسة التحرير وتسليم المقال بشكله النهائي للنشر.

إرشادات منشودة إلى المشاركين في المجلة

حول علامات الترقيم وبعض الحالات الأخرى عند كتابة النصوص باستخدام الحاسوب

بقلم المرحوم أ. د. زياد القطب

تساعد علامات الترقيم الكاتب على تقسيم كلامه وترتيبه وتوضيح مقصوده، كما تساعد القارئ على فهم ما يقرأ ومعرفة أماكن التوقف وأداء النبرة المناسبة.

غير أن المقصود من استعراض علامات الترقيم هنا هو كيفية توظيفها وتلافي الأخطاء عندما نستخدم الحاسوب في كتابة النصوص، الأمر الذي يواجه المنضد لدى التحكم في مكان الفراغات بين الكلمات وعلامات الترقيم، ولطالما انعكس ذلك سلباً على كادر التنضيد في مكتب الترجمة بالهيئة عند عدم مراعاة الإرشادات المدرجة أدناه.

لذا فإننا نهيب بالعالَمين في أقسام الهيئة ودوائرها ومكاتبها المختلفة التقيد بمضمون هذا التعميم تلافياً لكل إشكال قد يواجهه كادر التنضيد. وسنورد في طيه مثلاً عن كل واحدة من علامات الترقيم لبيان القاعدة التي ينبغي اتباعها، ذاكراً في هذا السياق الإشكالية التي قد تحصل في حالة عدم التقيد بالقواعد المدونة أدناه. فمثلاً عندما نترك فراغاً بين القوس والكلمة التي تلي قوس البداية أو تسبق قوس النهاية في المثال التالي: "في الواقع قلبت المعالجة بسلفيد الهدروجين الفئران التي تجري عليها تجاربنا من حيوانات ذات دم حار إلى حيوانات ذات دم بارد [3m]"، يتضح الإرباك الذي قد يقع فيه القارئ نتيجة ترك فراغ مفروض من الحاسوب بين الرقم 3 والقوس النهائي دونما قصد من جانب المنضد. وبهدف تجنب مثل هذه الحالات وتوحيهاً من أجل الإخراج المنتاسق والموحد فإننا نأمل التقيد بالملاحظات التالية المتعلقة بقواعد كتابة العلامات المدرجة أدناه:

البند الأول

علامات الترقيم: النقطة (.)، الفاصلة (،)، الفاصلة المنقوطة (:)، النقطتان (:)، علامة الاستفهام (?)، علامة التعجب (!)، النقط المتتالية (...)، علامة الاعتراض (...-)، علامة الاقتباس ("...")، الواصلة الصغيرة (-)، الأقواس ({}، []، ())، الشرطة المائلة (/).

وذلك مع التنبيه إلى ترك فراغ واحد بعد علامة الترقيم وليس قبلها، كما هو مبين أدناه:

النقطة (.): توضع في نهاية الجملة لتدل على تمام المعنى، وفي نهاية الكلام.

- مثال: صدر اليوم العدد الجديد من مجلة عالم الذرة. نأمل أن يحوز هذا العدد رضا القارئ الكريم.

الفاصلة (،): توضع بين الجمل القصيرة المتعاطفة أو المتصلة المعنى.

- مثال: ولذلك فإن علماء المناعة لديهم اهتمام شديد، ليس فقط باكتشافات ماهية الجزيئات المشتركة في هذه الحوارات، ولكن أيضاً بكيفية تفاعلها لتتمكن من اتخاذ مثل تلك القرارات الحاسمة.

الفاصلة المنقوطة (:): توضع بين الجمل الطويلة المتصلة المعنى، أو بين جملتين تكون إحداهما سبباً في الأخرى.

- مثال: من أهدافنا نشر المعرفة العلمية؛ بمعنى إتاحتها لجميع الراغبين بالمعرفة.

النقطتان (:): توضع بعد كلمة قال أو ما في معناها وعند الشرح والتفسير دون ترك فراغ قبلها.

- مثال: الهدفان المهمان هما: إنتاج عمل مهم وإيصاله إلى القارئ الكريم.

علامة الاستفهام (?): توضع بعد الجملة الاستفهامية مباشرة دون ترك فراغ قبلها.

- مثال: أين ذهبت المادة المضادة بكاملها؟

علامة التعجب (!): توضع بعد التّعجب أو النداء أو ما يدل على الفرح أو الأمل أيضاً دون ترك فراغ قبلها.

- مثال: كيف كان الكون بعد الانفجار العظيم!

النقاط المتتالية (...): تدل على أن الكلام فيه حذف أو أنه لم ينته ويترك فراغ قبلها وبعدها.

- مثال: يرى هولستون وأبادوراي "أن في بعض الأماكن، لا تكون الأمة وسيطاً ناجحاً للمواطنة ... وأن مشروع المجتمع القومي للمواطنين، خاصة الليبرالي ... يبدو، أكثر فأكثر، كأنه استنفد أغراضه وفقد مصداقيته".

- علامة الاعتراض (-...-):** وهي خطآن صغيران توضع بينهما جملة معترضة داخلية بين شيئين متلازمين من الجملة كالفعل والفاعل أو الفعل والمفعول به، أو المبتدأ والخبر، أو المتعاطفين.
- مثال: إن المؤتمر الدولي -الجيل الرابع من المفاعلات- مبادرة مهمة.
- علامة الاقتباس ("..."):** وهي قوسان صغيران يوضع بينهما ما ننقله من كلام بنصه دون تغيير.
- مثال: أنجز الباحث مقالاً بعنوان "سوق اليورانيوم ومصادره" وهو في طريقه إلى النشر.
- الواصلة الصغيرة (-):** توضع في أول الجملة وبأول السطر للدلالة على تغير المتكلم اختصاراً لكلمة (قال أو أجاب) أو للإشارة إلى بند جديد. ونشير هنا إلى ضرورة وضع فراغ بعدها.
- مثال: - المقدمة.
- وتوضع للوصل بين كلمتين أو للوصل بين رقمين وذلك بدون ترك فراغ قبلها أو بعدها.
- مثال: مركبات عضوية-معدنية.
- وكذلك توضع بين رقمين.
- مثال: انظر المراجع 154-161.
- الأقواس {...} [...] (...):** عند كتابة أي من هذه الأقواس يُترك فراغ قبلها وآخر بعدها وليس بينها وبين ما بداخلها.
- مثال على واحد من هذه الأقواس: يجب أن يشمل مفهوم الإنتاجية كلاً من القيمة (الأسعار) والكفاءة.
- الشُرطة المائلة (/): لا يُترك فراغ قبلها ولا بعدها.
- مثال: نيسان/أبريل.

البند الثاني (حالات أخرى):

- الأرقام:** يجب التقيد بكتابة الأرقام العربية (0, 1, 2, ... 9) وليس الهندية (٠, ١, ٢, ... ٩) وعدم ترك فراغ بين الرقم والفاصلة في حين يترك الفراغ بالضرورة بعد الفاصلة والرقم الذي يليها.
- الأرقام التي نكتبها داخل الأقواس لا يترك فراغ قبل الأول منها ولا بعد الأخير منها (مثال: [1, 4, 7]، أما إذا كانت متتابعة فتكتب على النحو التالي [1-5]).
- الكلمات الأجنبية في النص العربي:** داخل النص العربي لا تبدأ الكلمات الأجنبية بحرف كبير إلا إذا كانت اسم علم أو بلد (مثال: Syria. superconductivity). ولطالما خلقت لنا هذه الإشكالية متاعب جمّة.
- الكلمات المفتاحية:** نضع الفاصلة بين الكلمة المفتاحية والتي تليها، وإذا كانت الكلمات المفتاحية مترجمة إلى الإنكليزية أو الفرنسية فنبدؤها بالحروف الصغيرة إلا إذا كانت الكلمة اسم علم أو بلد عندها نكتب الحرف الأول من الكلمة كبيراً (مثال: Alfred).
- حرفا العطف (و) و (أو):** لا يترك فراغ بعد حرف العطف (و)، مثال: إن التنافسية الاقتصادية هي ضرورة للسوق، وهي أساسية لمنظومات الجيل الرابع، أمّا إذا بدأت الكلمة التالية لحرف العطف (و) بحرف الواو أيضاً فإنه يُفضّل ترك فراغ بين الواو والكلمة التي تليه (مثال: تركت أهلي صباح اليوم وودعتهم في المطار).
- أما في حالة الأسماء، نضع حرف الواو (و) منفصلاً بين اسم المؤلف وبين الاسم الذي يليه (مثال: طريف شرجي و زهير أيوبي و فاطر محمد).
- في حالة (أو)، ينبغي ترك فراغ بعدها (مثال: حُدّدت المسائل المتوقع حلّها سواء على المستوى الثقافي أو التنظيمي أو الإداري).
- النسبة المئوية (%):** نجعلها دائماً على يسار الرقم وبدون فراغ بينها وبين الرقم (مثال: 40%).
- الوحدات (ميغاهرتز، سم، كيلوواط، ...):** إذا كانت بالعربية نضعها على يسار الرقم وإذا كانت بالإنكليزية نضعها على يمين الرقم ونترك فراغاً بينها وبين الرقم ونذكر مثلاً: (15 كيلوغراماً (15 kg)).
- أشهر السنة الميلادية:** نكتبها كما يلي دون ترك فراغات بينها وبين الشرطة المائلة:
- كانون الثاني/يناير، شباط/فبراير، آذار/مارس، نيسان/أبريل، أيار/مايو، حزيران/يونيو، تموز/يوليو، آب/أغسطس، أيلول/سبتمبر، تشرين الأول/أكتوبر، تشرين الثاني/نوفمبر، كانون الأول/ديسمبر.

الزرور الطبية

تصنيفها واستخداماتها ومشاكلها

الكلمات المفتاحية: مواد الزرور الطبية، الزرور الطبية، التوافق البيولوجي، مقاومة السطوح للتآكل والاهتراء، معالجات سطحية، انهيار الزرور الطبية.

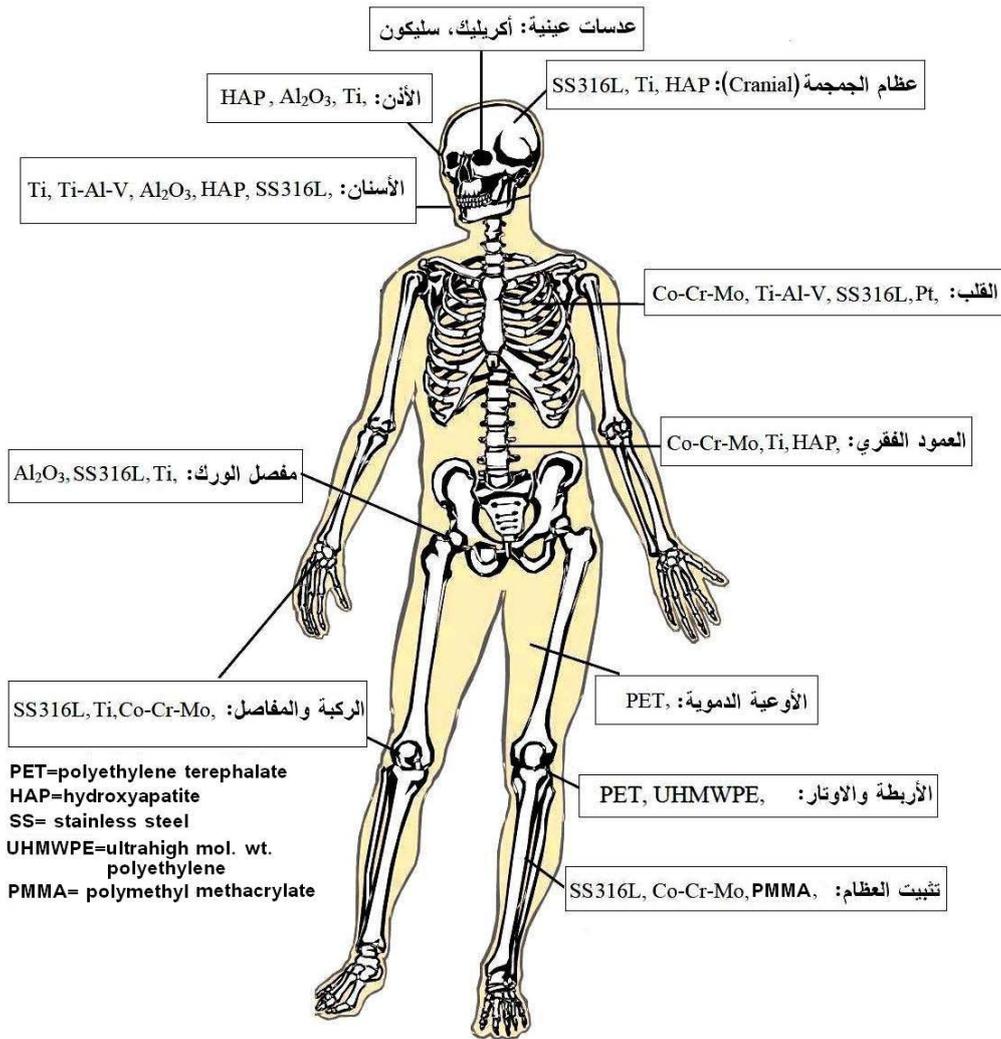
تستخدم الزرور الطبية (Bio-medical Implants) لتثبيت الكسور العظمية أو تقويمها أو المعالجات السنية وغيرها. ويعتمد نجاح استخدامها على عوامل عدة؛ منها: بنية مادة الزرعة وتركيبها وخواصها وسلوكها وتصميمها ودرجة عقامتها ونوع الأنسجة المجاورة لها في الجسم. وليس من السهل إيجاد مادة واحدة تجمع بين جميع الخواص الواجب توافرها في الزرعة الطبية، لذا وضعت معايير كثيرة وصارمة للمساعدة في اختيار التصميم المناسب للزرعة وتركيبها وخواصها وسلوكها ومدة خدمتها. وعلى الرغم من النجاحات الكبيرة المنجزة في العقود الأخيرة في موضوع تصميم الزرور الطبية وتحضيرها واستثمارها في التطبيقات الطبية المختلفة، إلا أنه لا يزال هنالك الكثير من المشاكل التي تعيق استخدامها بشكل آمن في الجسم الحي، مثل عمليات تآكل (Corrosion) سطوحها واهترائها وتوافقها البيولوجي (Bio-compatible) والتي تؤدي إلى قصر مدة خدمتها في الجسم الحي. مما يستدعي تطوير الزرور الطبية من خلال التعمق في فهم العلاقات المتبادلة على المستويين الجهري والمجهري بين بنية سطوح هذه الزرور ومكونات الجسم الحي المختلفة بهدف أمثلة خواصها وسلوكها في الجسم الحي وإطالة مدة خدمتها.

إعداد: أ.د. محمد نافع سوقية، قسم الهندسة النووية، هيئة الطاقة الذرية السورية.



مقدمة

ازداد خلال العقود الأخيرة متوسط عمر الفرد في العالم نتيجةً للتطور الكبير في الخدمات الطبية المقدمة والمواد الطبية (Bio-) materials. ولكن من ناحية أخرى فقد أدت زيادة استخدام وسائل النقل وزيادة حركة المرور اليومية، إلى زيادة هائلة في عدد الحوادث التي يتعرض لها الإنسان. مما دفع إلى استخدام زروع طبية مختلفة لاستبدال الجزء المتضرر من جسم الإنسان مثل: مفصل الورك (Hip) أو الركبة أو الكوع (Elbow) أو لتعويض وظيفة في الجسم أو تثبيت كسور العظام أو تقويمها أو معالجات سننية وغيرها. يبين الشكل (1) أهم الزروع الطبية المستخدمة في جسم الإنسان وأهم موادها.



الشكل (1) أهم الزروع الطبية المستخدمة في جسم الإنسان وموادها.

ومن الضروري جداً ضمان استقرار الزروع المستخدمة في الجسم الحي وعدم تاكلها أو انهيارها خلال مدة خدمتها. وعملياً تتعرض معظم الزروع الطبية خلال استخدامها في الجسم الحي إلى إجهادات ميكانيكية مختلفة، إضافة إلى أنها على تماس مع أنسجة الجسم الحي (مثل: الأوتار والأربطة والجلد والأوعية والعظام وغيرها) ومكوناته عند الدرجة $37 \pm 1 (C^\circ)$ مع درجة حموضة $pH=7.4$. وتعد هذه الأنسجة وسطاً أكالاً (Corrosive) لاحتوائها على شوارد فعالة، مثل: Na^+ , K^+ , Ca^+ , Cl^- ؛ أضف إلى ذلك وجود حموض أمينية وبلازما وماء وأكسجين منحل ومواد أخرى. ويعتمد نجاح استخدام الزرعة الطبية في الجسم الحي على عوامل عدة؛ منها: بنية مادة الزرعة وخواصها وسلوكها ونوع الأنسجة المجاورة لها وقدرة خلايا الجسم على النمو عند سطحها. وليس من السهل إيجاد مادة واحدة تجمع بين جميع الخواص الواجب توافرها في الزرعة الطبية، لذا وُضعت معايير كثيرة وصارمة للمساعدة في اختيار مادة الزرعة؛ من أهمها:

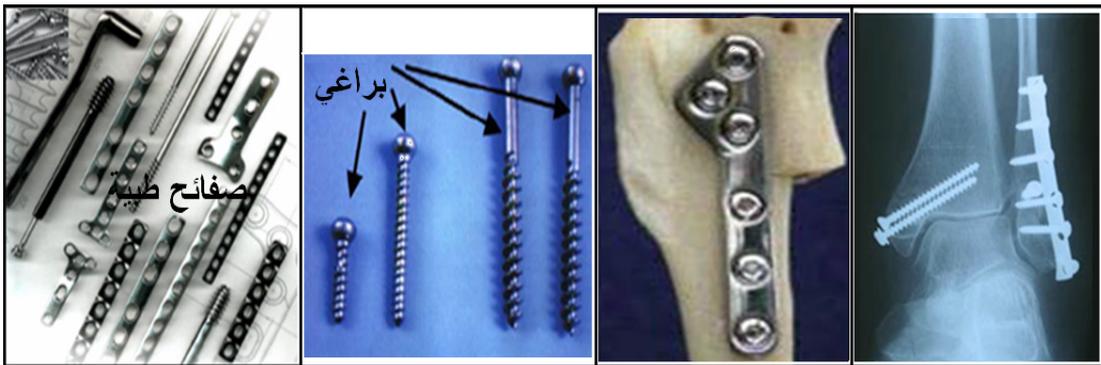
- ◀ أن تتوافق مادة الزرعة بيولوجياً مع أنسجة الجسم ومكوناته بحيث لا تُعرض على أية تأثيرات جانبية في الجسم، مثل: الحساسية (Allergy) أو الالتهاب (Inflammation) أو غير ذلك. وبما أنه لا تتوافر في الطبيعة مادة متوافقة تماماً مع أنسجة الجسم، لهذا تُحضّر الزروع من مواد مختلفة ولوظائف متعددة في الجسم.
- ◀ أن تكون مادة الزرعة مستقرة ترموديناميكياً وخاملة كيميائياً (مقاومة للتآكل) ضمن الجسم الحي. فمثلاً تتميز بعض المعادن ($Au, Rd, Pd, Ir, Pt, \dots$) باستقرار ترموديناميكي ومقاومة عالية للتآكل. في حين معادن أخرى (Ta, Nb, Zr, V, Ti, \dots) غير مستقرة ترموديناميكياً لكن مقاومتها للتآكل جيدة (نظراً لتشكل طبقة أكسيدية واقية عند سطحها).
- ◀ أن تتمتع مادة الزرعة المستخدمة لتثبيت العظام بمقاومة للاهتراء ومتانة كافية لتحمل الإجهادات الميكانيكية التي يمكن أن تتعرض لها، بحيث لا تنهار خلال مدة استثمارها الطويلة (نحو 10 --- 20 عاماً).
- ◀ إمكانية استخدام مادة الزرعة لربط أجزاء من الجسم الحي أو تثبيتها أو استبدال عضو ما جزئياً أو كلياً أو استخدامها كمادة طلاء لسطح الزروع الطبية.
- ◀ إمكانية نمو الخلايا الحية على سطحها.
- ◀ أن تكون مادة الزرعة متوافرة مع سهولة التصنيع المتكرر.

تصنيف الزروع الطبية

يمكن تحضير الزروع الطبية المختلفة من مواد معدنية أو سيراميكية أو بوليميرية أو مركبة:

A- الزروع الطبية المعدنية (Metallic bio-implants): يمكن أن تُحضّر هذه الزروع من معادن أو سبائك معدنية مختلفة، نظراً لمتانتها الميكانيكية العالية ومرونتها ومقاومتها للتآكل وتوافقها البيولوجي مع الجسم الحي وسهولة تصنيعها ومعالجتها وكلفتها المنخفضة.

استخدم الفولاذ المقاوم للتآكل (SS-316L) لتحضير زروع طبية مؤقتة (لتثبيت العظام لحين التئامها)، مثل: الصفائح الطبية والبراغي وغيرها، كما هو مبين في الشكل (2).



الشكل (2) الصفائح والبراغي الفولاذية SS-316L المستخدمة كزروع طبية في تثبيت العظام.

ولكن عندما تعرضت هذه الزروع الفولاذية للتآكل وطرأ انخفاض على متانتها الكلاية (Fatigue) أدى ذلك إلى قصر مدة خدمتها. الأمر الذي يتطلب استبدالها بسبائك أخرى أكثر مقاومة، مثل: $CrFeNiW$ أو $CoNiCrMoWFe$ أو $CoNiCrMo$ أو $CoCrWNi$ أو $CrMoNi$ أو $CrNiW$ أو $CoCr$. ولكن ظهرت أيضاً مشاكل عدة عند استثمار هذه السبائك كزروع طبية، مثل: تحرر شوارد السامة (cixot) (Co, Cr, Ni, \dots)، إلى الأنسجة المحيطة بها، مما أدى إلى ردود فعل بيولوجية كالتسرب والحساسية وغيرها. لذلك تم اقتراح استخدام سبائك خالية من النيكل كاستخدام سبيكة: $Ti-6\%Al-4\%V$ ، نظراً لمتانتها العالية وخفة وزنها ومقاومتها للتآكل (تتشكل طبقة

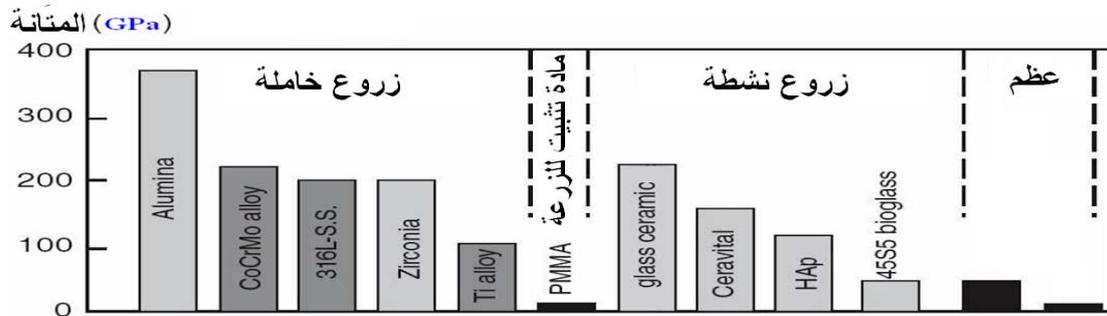
سطحية واقية (TiO_2) وتوافقها البيولوجي الجيد مع نسيج الجسم الحي وغير ذلك. واستخدمت هذه السبيكة لتحضير زروع مختلفة، مثل: زروع الورك، والكثف أو الزروع السننية أو غيرها. لكنه تبين لاحقاً أن تحرر (نض) شوارد V من سطح هذه الزرعة، يؤدي إلى تسمم أنسجة الجسم المجاورة لها وإعاقة نمو النسيج على سطحها. كما يؤدي تحرر شوارد Al^{3+} من سطح هذه الزرعة إلى ظهور اضطرابات عصبية في الجسم، مثل: الزهايمر، كما هو مبين في الجدول [1]. لذا حُضرت زروع طبية معدنية من سبائك Ti خالية من V ، مثل: $Ti-13\%Zr$ أو $Ti-6\%Al-7\%Nb$.

الجدول [1] بعض مشاكل الجسم الحي نتيجةً لتحرر بعض الشوارد من الزروع المعدنية.

الشوارد المتحررة من سطح الزرعة	بعض المشاكل في الجسم الحي
النيكل	التهاب الجلد (Dermatitis)
الكوبالت	الأنيمية (إعاقة امتصاص الحديد في مجرى الدم)
الكروم	القرحة واضطرابات الجملة العصبية المركزية
الألمنيوم	الصرع والخرف (الزهايمر)
الفضاديوم	تسمم الأنسجة

وإن من أشد ما يعترض عملية تحضير الزروع من سبائك Ti : كلفتها العالية وقصافتها (هشاشتها) وضعف مقاومتها للحت والاهتراء وانخفاض استقرار بنية طبقتها السطحية (TiO_2)، بحيث يمكن أن تنهار هذه الطبقة موضعياً ضمن ظروف معينة. لذا يلزم تعديل بنية سطحها لزيادة مقاومتها للتآكل والاهتراء، إضافة إلى ذلك فهي تُعاني من المشكلتين التاليتين:

1- اختلاف كبير بين متانة العظم [~ 10 (GPa)] ومتانة الزرعة [~ 100 (GPa)]، كما هو مبين في الشكل (3)، لذا يلزم العمل على تقليل متانة مادة الزرعة لتتقارب قيمها مع متانة مادة العظم الحي.



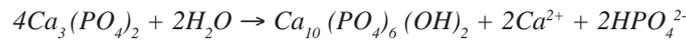
الشكل (3) مقارنة بين متانة العظم ومتانة بعض مكونات الزروع الطبية.

2- عدم إمكانية نمو الخلايا على سطوحها مما يُوجب معالجة سطوحها بطرق معينة لتعزيز نمو الخلايا على سطحها. يبين الجدول [2] أهم التطبيقات الطبية للزروع المعدنية.

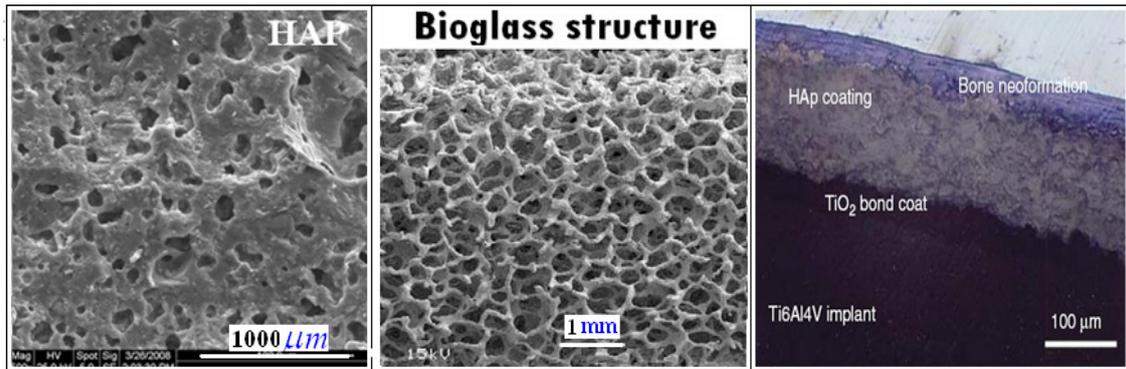
الجدول [2] أهم التطبيقات الطبية للزروع المعدنية.

سبيكة الزرعة	التطبيق
SS-316L	عظام الجمجمة، الزروع السننية، قضبان العمود الفقري، القسطرة، شبكات الشرايين (Stents)...
Co-Cr	الزروع السننية، صمام القلب، قضبان العمود الفقري،...
$Ti-6\%Al-4\%V$, $Ti-6\%Al-7\%Nb$, $Ti-13\%Zr$,.....	عظام الجمجمة، الزروع السننية، شبكات الشرايين،...

B- الزروع الطبية السيراميكية (Ceramic Implants): تُحضّر هذه الزروع السيراميكية بطريقة تعدين المساحيق (Powder-metallurgy)، باستخدام مسحوق الألومينا Al_2O_3 أو ZrO_2 أو الكربون شبه البلوري المتحلل حرارياً (Quasi-crystalline Pyrolytic) carbon أو الزجاج الطبي (Bio-glass) أو هيدروكسيل أباتيت $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$ (HydroxyAPatite (HAP)) وغيرها. وتتميز مادة HAP بتوافقها الجيد مع أنسجة الجسم ونمو العظام المحيطة بها عند سطحها. ولكن مما يؤخذ عليها أنها تفتقر إلى المتانة اللازمة لتحمل الإجهادات الميكانيكية. لذا تستخدم HAP فقط كطلاء للزروع المعدنية (مثل: طلي الزروع الفولاذية SS-316L أو زروع سبيكة $Ti-6\%Al-4\%V$) وهذا يمنع تحرر شواردها ويوفر المسامية الضرورية لنمو العظم على سطحها، كما هو مبين في الشكل (4). ويمكن أن يُحضّر طلاء HAP بطرق مختلفة؛ مثل: الطلي الكهروكيميائي أو الطلي المدعوم بحزمة أيونية أو ليزيرية أو غيرها. ومن ثم تُطلى بطبقة من ZnO لزيادة مقاومتها للاهتراء. كما يمكن ترسيب طبقة HAP كيميائياً من تفاعل فوسفات الكالسيوم مع الماء عند الدرجة $37(C^\circ)$ وفق التفاعل الآتي:



وتستخدم الألومينا أو ZrO_2 لتحضير الزروع السنية، إلا أنها قصيفة ومنخفضة المقاومة لإجهادات الشد، لذلك فهي تستخدم لطلي سطوح الزروع المعدنية بثخانة نحو: $1-100(\mu m)$.



الشكل (4) مقطع صورة مجهرية للبنية المسامية لطبقة الزجاج الطبي و HAP المرسبة على $Ti-6\%Al-4\%V$.

C- الزروع الطبية البوليميرية (Polymeric Implants): تستخدم مجموعة كبيرة من المواد الطبيعية (مثل: المطاط الطبيعي) أو المواد الصناعية (مثل: البولي إيثيلين (PE) أو البولي البروبيلين (PP) أو البولي إيثيلين تيرفتالات (PET) أو Polyethyleneterephthalate (أو غيرها)، لتحضير الزروع الطبية البوليميرية، مثل: الزروع السنية أو العظمية أو القلبية أو الأوعية وغيرها، كما هو مبين في الجدول [3].

الجدول [3] بعض التطبيقات الطبية للزروع البوليميرية.

البوليمر	التطبيق
البولي إيثيلين (PE)	القسطرة، كأس زرعة الورك،...
البولي البروبيلين (PP)	خيوط الجراحة،...
Polyvinyl chloride (PVC) كلورالبولي فينيل	أكياس تخزين الدم،...
البولي إيثيلين تيرفتالات (PET)	زروع القلب والأوعية،...
البولي ميثيل ميثاكريليت (PMMA)	العدسات اللاصقة، تقويم العظام،...
حمض البولي أكريل Polyacryl acid	الزروع السنية،...
البولي ديميثيل سيلوكسان (PDMS) Polydimethylsiloxane	صمام القلب، زروع الصدر، القسطرة،...

يساعد التشابه بين الزروع البوليميرية الطبيعية ومكونات أنسجة الجسم الحي على تقليل خطر الالتهاب والتسمم عند زرعها

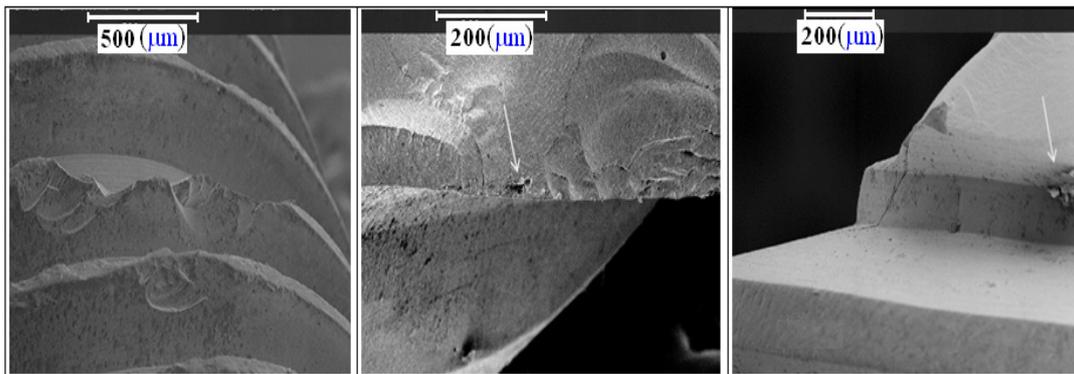
في الجسم الحي. ومع ذلك، فيمكن أن تتحلل هذه الزروع بتأثير العوامل الكيميائية الحيوية في الجسم (مثل: وجود شوارد OH^-)، مما يؤدي إلى تهيج أنسجة الجسم وانخفاض الخواص الميكانيكية للزرعة. وعملياً، تستخدم هذه البوليميرات لطلي الزروع المعدنية بهدف تحسين خواصها. فمثلاً يمكن تحسين مقاومة الزروع المعدنية للاهتراء عند طليها بطبقة من الكربون المشابه للألماس $Diamond\ like\ carbon\ (DLC)$ أو الألومينا بثخانة نحو $2\ (\mu m)$. كما يستخدم PE المسامي لتثبيت الزروع الطبية. وحالياً تُعد طبقة الطلاء من النوع $CxNy$ من الأتلية المرشحة لطلي الزروع الطبية المعدنية.

D- الزروع الطبية المُركَّبة (Composite Implants): تُحضَّر المادة المُركَّبة من جمع مكونين (أو أكثر) للاستفادة من سمات كل مكون فيها؛ مثل: البوليميرات المُقوَّاة بالألياف (Fibre-Reinforced Polymers (FRP)) أو الفايبر الزجاجي وغيرها. وعملياً يستخدم عدد قليل من المواد المُركَّبة، مثل: $Al_2O_3/PTFE$ بنجاح لتحضير الزروع الطبية المُركَّبة.

مشاكل الزروع الطبية

نلخص فيما يلي أهم العوامل المؤثرة على سلوك الزروع الطبية:

○ **التصميم الهندسي للزرع:** يجب أن تكون الزروع جيدة التصميم وخالية من عيوب التصنيع التي قد تؤدي إلى انهيارها خلال مدة استثمارها، مثل احتواء سطح الزرعة على أسنان حلزون تثبت حادة الشكل وقابلة للانهيار، كما هو مبين في الشكل (5).



الشكل (5) انهيار جزء من سطح زرعة تحتوي على أسنان حلزون تثبت حادة الشكل وقابلة للانهيار.

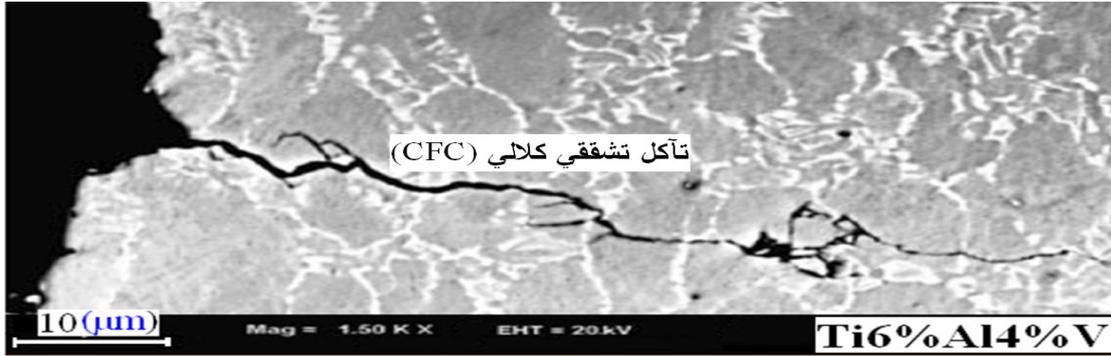
○ **الإجهادات المؤثرة على الزروع الطبية:** تتعرض الزروع الطبية خلال استثمارها في الجسم الحي إلى حمولات ساكنة وديناميكية وذلك وفقاً لنشاط المريض ونوع الزرعة. ويلزم أن تكون الزروع، المستخدمة لتثبيت كسور العظام مثلاً، ذات مَنانة كافية.

○ **تآكل الزروع واهترائها:** تؤدي التفاعلات بين سطح الزرعة والجسم الحي إلى تآكل سطحها واهترائها مع تحرير نواتج سامة داخل الجسم، من ثم رفضها من قبل الجسم الحي. في الحقيقة لا توجد زروع طبية معدنية مقاومة كلياً للتآكل والاهتراء في الجسم الحي، لذلك كان من الضروري جعل سطحها خاملاً. وقد أظهرت نتائج دراسة حالات انهيار 50 زرعة فولاذية SS-316L بعد زرعها لنحو 4 سنوات أن: 42% من حالات الانهيار كانت بسبب الكسر ونحو 24% بسبب التآكل ونحو 14% بسبب ردود فعل الأنسجة ونحو 6% بسبب انحناء الزرعة دون كسرها ونحو 6% بسبب اهتراء الزرعة ونحو 8% بسبب تشققها دون كسرها. كما بلغت نسبة الانهيار في زروع الورك المعدنية بنحو 74% ونحو 8% في زروع الركبة ونحو 4% في زروع الساق ونحو 2% في زروع العضد ونحو 6% في زروع الزند. وقد يرفض الجسم الحي الزرعة الطبية لأسباب مختلفة، مثل: الشفاء غير التام للجرح بجوارها أو انزياح الزرعة من موقعها أو انهيارها (نتيجة لعدم تحملها للإجهادات الميكانيكية) أو تحرر شواردها إلى الوسط المحيط بها. كما يوجد تعقيد طبي آخر لاستخدام الزروع الطبية وهو إمكانية تشكل نسيج ليفي حول سطحها. وتعتمد ثخانة النسيج الليفي المُتشكل على نوع مادة الزرعة وأبعادها وشكلها ونوع النسيج الحي المحيط بها. يبين الشكل (6) تدهور زرعة ركبة بوليميرية وتآكل زرعة ورك معدنية بعد استثمارهما في جسم حي قريباً من ثلاثة عشر عاماً.



الشكل (6) تدهور زرعة ركببة بوليميرية وتآكل زرعة ورك معدنية بعد استئثارهما في جسم لنحو 13 عاماً.

يعرض الشكل (7) بنية زرعة ($Ti-6\%Al-4\%V$) بعد استخدامها لتثبيت عظم مدة 6 أشهر. ويلاحظ من هذا الشكل حدوث تآكل تشققي كلاسي (Galvanic) والتآكل في ما بين الحبيبات (Intergranular) إلى 90% من انهيار الزروع الفولاذية (SS-316L).



الشكل (7) صورة مجهرية لبنية زرعة معدنية $Ti-6\%Al-4\%V$ مع تآكل تشققي كلاسي (CFC).

وتتخذ إجراءات وقائية قبل عملية الزرع وذلك للحد من هذه الانهيارات من أهمها:

- دراسة مدى توافق مادة الزرعة وخواصها مع الجسم إذ إن ذلك يعد من أكثر الأسباب الشائعة للانهايار.
- الحالة الصحية للجسم الحي المتلقي للزرعة وعمره.
- كما يمكن أن يؤدي التعقيم غير التام للزرعة أو سوء تغليفها إلى انهيارها.

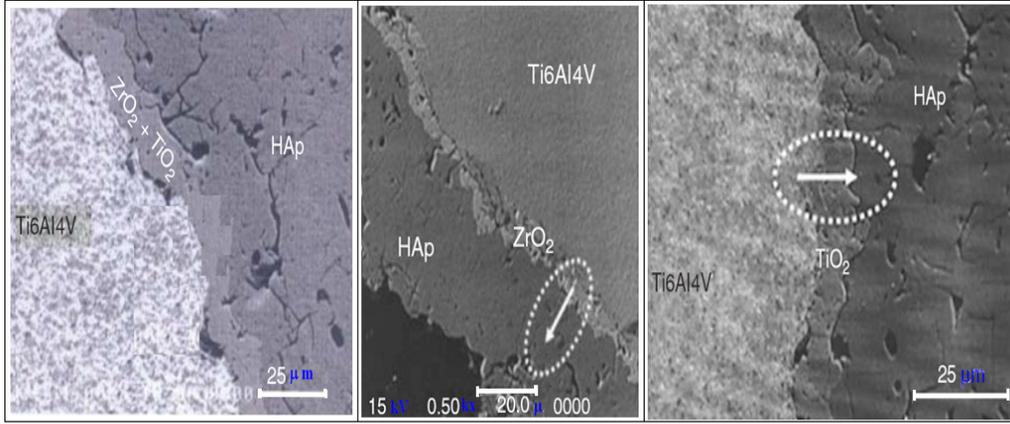
بعض المعالجات السطحية المستخدمة لحل مشاكل الزروع الطبية

أظهرت دراسة الكثير من حالات انهيار الزروع الطبية أن سبب ذلك ليس عمليات التآكل فحسب وإنما عمليات اهتراء طبقاتها السطحية. وللحد من هذه الحالات، يلزم أن تتمتع طبقاتها السطحية بمقاومة عالية للتآكل والاحت والاهتراء وأن تكون ذات بنية مستقرة وغير مسامية (بحيث لا تسمح بتحرر الذرات والشوارد عبرها إلى أنسجة الجسم الحي). فيما يلي أهم المعالجات السطحية المستخدمة لحل مشاكل سطوح الزروع الطبية المختلفة:

○ معالجة سطوح شبكات الشرايين المعدنية الطبية المُحضّرة من الفولاذ SS-316L أو Ni-Ti: يؤدي تحرر شوارد النيكل (نتيجةً لعمليات التآكل) من زروع هذه الشبكات، إلى موت الخلايا المجاورة لها. ويمكن تحسين مقاومة سطوح هذه الشبكات للتآكل عن طريق معالجتها بالأكسدة السطحية (تشكيل طبقة واقية) أو طليها بطبقة من النوع: DLC (إن طبقة DLC متوافقة

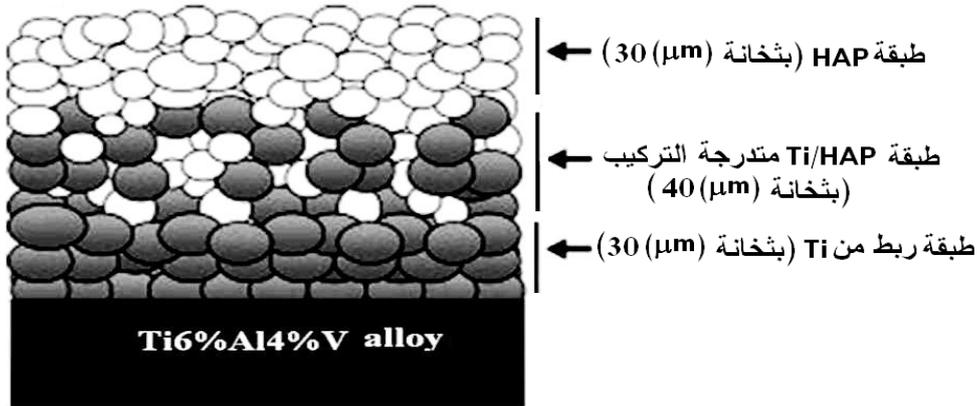
بيولوجياً مع مكونات الجسم شريطة عدم وجود تماس بين طبقة DLC والدم).

○ معالجة سطوح الزروع المُحضّرة من السبيكة $Ti-6\%Al-4\%V$: تُطلى سطوح هذه الزروع بطبقة من HAP لتحسين مقاومتها للتآكل والاهتراء. ولتحسين ارتباط طبقة HAP مع سطح هذه السبيكة تُرسب طبقة بينية من النوع: TiO_2 (أو ZrO_2 أو TiO_2/ZrO_2)، كما هو مبين في الشكل (8).



الشكل (8) صور مجهرية لبنية سبيكة $Ti-6\%Al-4\%V$ المطلية بطبقة TiO_2 (أو ZrO_2 أو TiO_2/ZrO_2) ومن ثم بطبقة HAP.

كما يمكن معالجة سطوح هذه الزروع بترسيب طبقة Ti على سطحها بثخانة $30(\mu m)$ ، كما هو مبين في الشكل (9) بطريقة الرش الحراري (Thermal spraying). ومن ثم تُرسب طبقة متدرجة (graded) التركيب من النوع: HAP/Ti . وأخيراً تُرسب طبقة من HAP بثخانة $30(\mu m)$. يضمن هذا الطلاء تغيراً تدريجياً في تركيب الطلاء وبنيته عند المناطق البينية مع التصاق جيد بين الطلاء والركيزة.

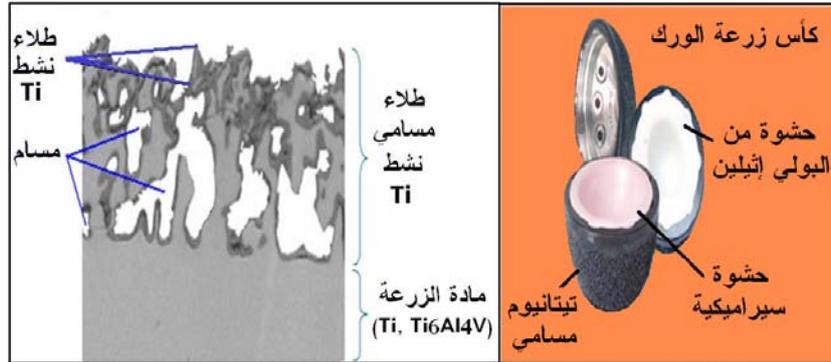


الشكل (9) مخطط طلاء متدرج التركيب لطبقات من: HAP و Ti على سطح السبيكة $Ti-6\%Al-4\%V$.

○ معالجة سطوح الزروع المعدنية المحضّرة من Ti المسامي: تبين بعد تجارب انخفاض حد متانة زروع Ti وتقارب خواصها الميكانيكية مع الخواص الميكانيكية للعظم الحي من ثم نمو النسيج الحي على سطحها المسامي، وذلك عندما تكون نسبة المسامية 33% في سطح زرع Ti . كما تساعد المسامية في التقليل من استخدام مواد لتثبيت الزرع مع العظم. ويمكن تحضير سطح Ti مسامي البنية في الزروع الطبية وفق ثلاثة أشكال:

- زروع مطلية جزئياً (أو كلياً) بطبقة من Ti المسامي.
- زروع ذات بنية مسامية، مثل كأس زرع الورك، كما هو مبين في الشكل (10).

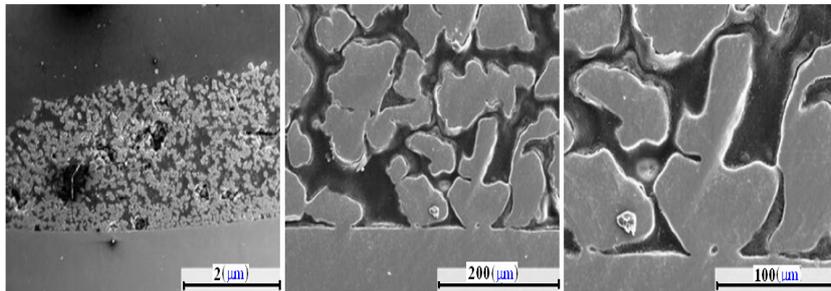
● جزء من الزرعة مسامي متصل بجزء غير مسامي.



الشكل (10) زرع تيتانيوم ذات بنية مسامية، مثل كأس زرعة الورك.

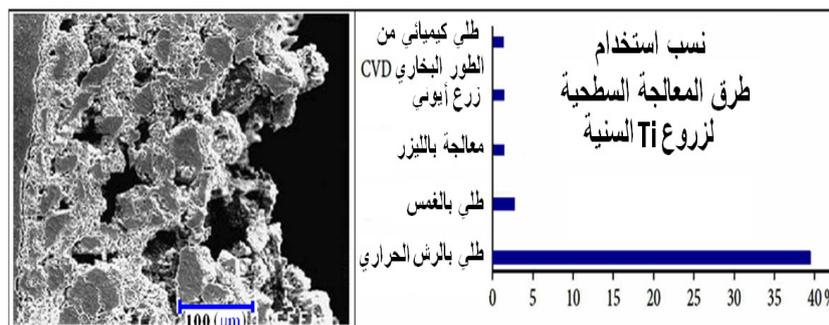
من أهم طرق تحضير التيتانيوم المسامي:

① طريقة تعدين المساحيق: وتتم بكبس مسحوق Ti ($\Phi=150(\mu m)$) مع مسحوق TiH_2 ($\Phi=50\text{---}70(\mu m)$) بتطبيق ضغط في المجال: 70---100(MPa) ومن ثم يُكبد (Sintered) في المجال: (800---1200(°C)) بمعدل تسخين $5^\circ C/min$ لساعتين. يبين الشكل (11) البنية المجهرية للتيتانيوم المسامي المُحضّر بهذه الطريقة، حيث تبلغ نسبة المسام الداخلية نحو 33---49vol.% والمسام المفتوحة نحو 16 vol.%.



الشكل (11) صورة مجهرية لبنية التيتانيوم المسامي المُحضّر بطريقة تعدين المساحيق.

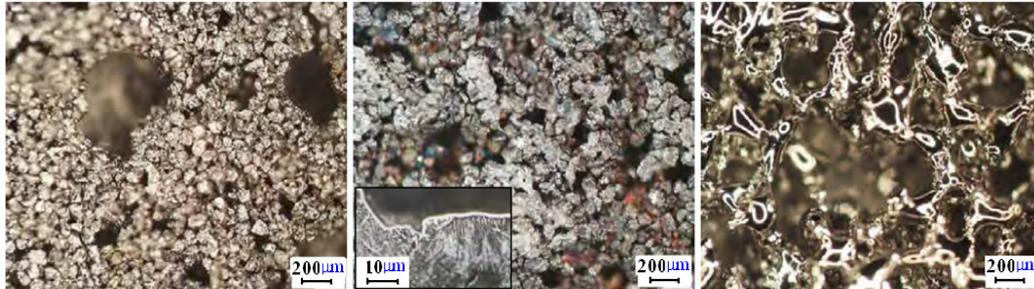
② الطلي بالرش الحراري: يستخدم في هذه الحالة مسحوق TiH_2 (أو $Ti-6\%Al-4\%V$)، ويمكن الوصول بهذه الطريقة إلى طبقة طلاء من التيتانيوم المسامي بثخانة نحو 900(μm)، مع توزع عشوائي للمسام في بنية الطلاء، كذلك تستخدم هذه الطريقة بشكل واسع في معالجة الزرع السنية، كما هو مبين في الشكل (12).



الشكل (12) نسبة استخدام طريقة الطلي بالرش الحراري في معالجة الزرع السنية وصورة مجهرية لبنية المنطقة البينية «ركيزة- طبقة تيتانيوم مسامي».

3 المعالجة بالحزم الليزرية (LAMP): (Laser assisted material processing)

يمكن تحضير سطح Ti مسامي بمعالجته بحزمة ليزيرية CO_2 بكثافة: $1-10 (W/mm^2)$ مع إضافة مسحوق $Ti (\Phi=20(\mu m))$ ، في جو من الأكسجين أو في جو خال من الأكسجين، كما هو مبين الشكل (13).



طبقة مسامية شاهدة

في جو من الأكسجين

في جو خال من الأكسجين

الشكل (13) صور مجهرية لبنية تيتانيوم مسامي مُحضَّر بالمعالجة بليزر $CO_2 (3(W/mm^2))$.

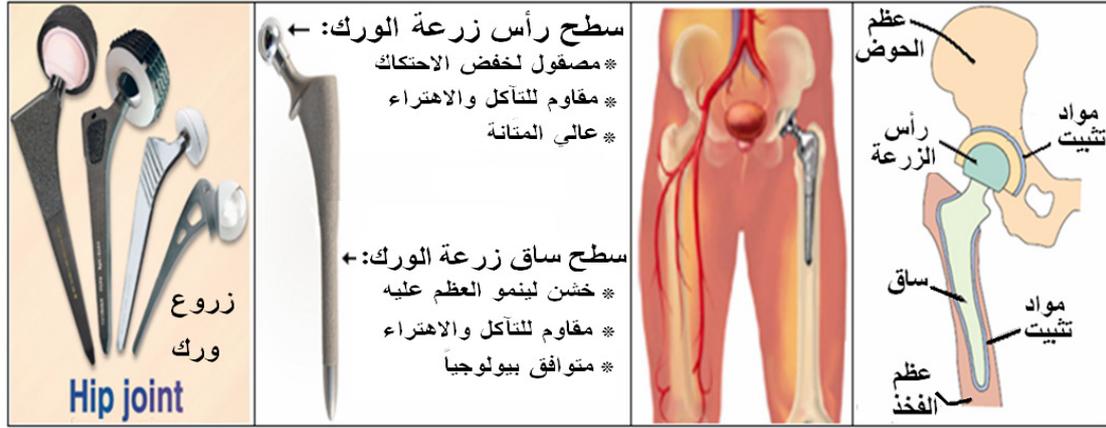
بعض استخدامات الزروع الطبية

يبين الشكل (14) الأقسام الرئيسية لزراعة ورك. يُلاحظ في الشكل (14) أن زراعة الورك تتكون من أربعة أجزاء هي:

- 1- ساق زراعة الورك (Femoral stem): ويُصنع ساق الزراعة من سبيكة $Ti-6\%Al-4\%V$ المطلية بطبقة من TiO_2 لتحسين توافقه البيولوجي، كما هو مبين في الشكل (15).
- 2- رأس الزراعة (Femoral head): يُحضَّر من سبيكة Eurocone12/14 (أو $TiNbZrTa$).
- 3- جزء كروي (Ball): مجوف يُثبت على ساق زراعة الورك؛ ويُصنع من مواد، مثل: سبيكة Eurocone12/14 أو مادة سيراميكية أو من مادة بوليميرية، كما هو مبين في الشكل (10) ومطلي بطبقة من TiO_2 المسامية لتحسين توافقه البيولوجي.
- 4- كأس محلزن (Acetabular cup): مطلي بطبقة من TiO_2 المسامية ويتوضع داخله رأس الزراعة القابل للحركة، ويُحضَّر من بوليمير من النوع: (UHMWPE) ويُثبت مع عظم الحوض بمواد خاصة.

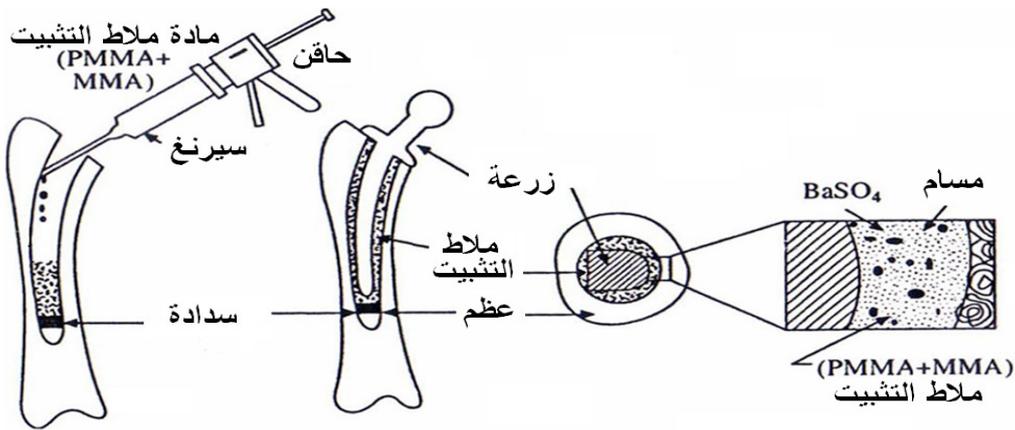


الشكل (14) الأقسام الرئيسية لزراعة ورك.



الشكل (15) أجزاء زرعة الورك.

5- مواد تثبيت لهذه المكونات مع العظم (Bone cement): يُحقن مُلاط أكرليكي (Acrylic cement) بوليميري (من النوع: Mmethyl Mmethacrylate (MMA أو PMMA) في جوف العظم قبل إدخال الزرعة حيث يتبلر بعد إدخاله ويرتبط جيداً مع سطح الزرعة والعظم، كما هو مبين في الشكل (16).



الشكل (16) مخطط تثبيت زرعة الورك مع العظم باستخدام مُلاط أكرليكي.

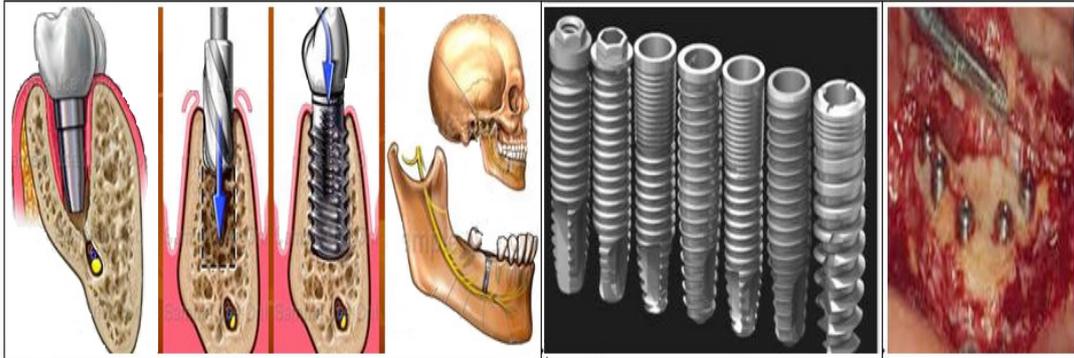
يبين الشكل (17) الحالات المختلفة للجزء الكروي وكأس زرعة الورك ومعدلات اهترائها.

Metal-polymer friction pair	Ceramics-ceramics friction pair	Ceramics-polymer friction pair
معدل اهتراء «سيراميك-معادن» (mm/yr) 0.02---0.05 وتخدم في الجسم لنحو 7 (سنوات)	معدل اهتراء «سيراميك- سيراميك» 0.001---0.002 (mm/yr) وتخدم في الجسم لنحو 12 (سنة)	معدل اهتراء «سيراميك- بوليمير» 0.035 (mm/yr) وتخدم في الجسم لنحو 10 (سنوات)

الشكل (17) الأشكال المختلفة للجزء الكروي وكأس زرعة الورك مع معدلات اهترائها.

يبين الشكل (18) مخطط بعض الزروع السنية المعدنية المستخدمة عملياً. تُحضّر الزروع السنية من سبائك مثل: $Ni-Cr$ أو $Co-Cr$ أو $Ag-Pd$ أو Pt أو Au أو من سبائك Ti (ذات سطح مسامي) أو من سبائك معدنية مطلية بالبورسلان (تزجج الفلدسبار (Feldspar) مع أكسيد معدني) نظراً لمقاومتها العالية للتآكل والاهتراء، مع ذلك يحدث تآكل في مثل هذه الزروع نتيجة لتأثرها بعدة عوامل، مثل: حموضة

الفم (pH=5.2---7.8) والترسبات (Plaque) وسوائل الفم والطعام ودرجة الحرارة وغيرها. ومن الناحية العملية يُزرع في عظم الفك وتد من سبيكة *Ti* ومن ثم تُثبت عليه الزرعة السنية (المصنوعة من HAP أو من الزجاج الطبي). كما يوضح الشكل (19) مخطط بعض الزروع المعدنية المستخدمة في جراحة المفاصل. ويعرض الشكل (20) شكل أهم الزروعات الطبية والأدوات المستخدمة في الجراحة.



الشكل (18) مخطط بعض الزروع السنية المعدنية المستخدمة.



الشكل (19) مخطط بعض الزروعات المعدنية المستخدمة في جراحة المفاصل.



الشكل (20) أهم الزروعات الطبية والأدوات المستخدمة في الجراحة.

1. Bio-materials science, An Introduction to Materials in Medicine, Edit. by: Ratner B. D., Hoffman A. S., Frederick J. S. and Jack E. L., Elsevier Acad. Press, 2004.
2. Manivasagam G., Dhinasekaran D. and Rajamanickam A., Bio-medical Implants: Corrosion and its Prevention – A Review, Corrosion Science, 2, p.40 -54, 2010.
3. Simon J. P. and Fabry G., A review of implant materials, Acta Orthopaedica Belgica, Vol: 57, 1, 1991.
4. Elias C. N., Lima J. H. C., Valiev R. and Meyers M. A., Bio-medical Applications of Titanium and its Alloys, 2008.
5. Hansen D. C., Metal Corrosion in the Human Body, the Ultimate Bio-Corrosion Scenario, the Electrochemical Society Interface, summer 2008.
6. Soumya N. and Banerjee R., Fundamentals of Medical Implant Materials, ASM Handbook, Vol.23, 2012.
7. Asmatulu R., Bio-materials Course Development for Undergraduate Engineering Education, Class Notes, Wichita State Univ., 2008.
8. Fuchs E., Mandel K., Bouazza S., Rosin A. and Weiss E., Willert -Porada M., Surface Modification of Porous Titanium Composites Obtained by Different Processing Methods, Fuchs, Mandel, Bouazza et al. 17th Plansee Seminar, Vol. 4, 2009.
9. Garrett R., Pandit A., and Panagiotis D. A., Fabrication methods of porous metals for use in orthopaedic applications, Bio-materials, 27, p.26512006 ,2670-.
10. Nakamoto T., Shirakawa N., Kishida K., Tanaka K. and Inui H., Synthesis of Porous Titanium with Directional Pores by Selective Laser melting, Int. J. of Automation Technology, Vol.6, No.5, 2012.
11. Wisutmethangoon S., Prathumrat N., Sikong L. and Plookphol T., Synthesis and characterization of Porous titanium, Songklanakarin J. Sci. Technol. 30 (4), p.509513-, Jul-Aug. 2008.
12. Ralf J. K., Wael A., Bachile M., Ceramic abutments and ceramic oral implants. An update, Period ontology, Vol. 47, p.224 -243, 2008.
13. Johnna S. T. and Antonios G., Bio-materials, the Intersection of Biology and Materials Science. Prentice Hall, 2008.
14. Joon B. P. and Roderic S. L., Bio-materials, An Introduction, 2nd Edition, Plenum Press, 1992.
15. /http://www.altimed.by/en
16. Wong J. Y., and Joseph D., Bio-materials, CRC Press, 2007.
17. Surface Coating and Modification of Metallic Bio-materials, Edit. by: Wen C., Elsevier Ltd, 2015.
18. Biological and Bio-medical coatings handbook, Processing and Characterization, Edit. by: Zhang S., Taylor and Francis Group, LLC, 2011.
19. Thin Calcium Phosphate Coatings for Medical Implants, Edit. by: Leon B., Jansen. A., Springer Science Business Media, LLC, 2009.
20. Heimann R. B. and Lehmann H. D., Bio-ceramic Coatings for Medical Implants, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co., 2015.
21. Sakaguchi R. L. and Powers J. M., Craig's restorative dental materials, 3ed edition, Elsevier, 2012.
22. Chen Ch. Ch., Huang T., Kao Ch., Ding Sh., Characterization of Functionally Graded HAP/Titanium Composite Coatings Plasma-Sprayed on Ti Alloys, Journal of Bio-medical Materials Research Part B: Applied Bio-materials 2005.

نظام الوقاية الإشعاعية

والاعتبارات خطر/فائدة في برامج مسح سرطان الثدي باستخدام التصوير الشعاعي

إعداد: د. غسان عليا، هيئة الطاقة الذرية السورية.

يتعرض الإنسان كبقية الكائنات الحية بشكل مستمر ودائم للإشعاع المؤين المنبعث من المصادر الطبيعية للإشعاع، وبالإضافة إلى ذلك، هناك تعرضات إشعاعية إضافية تنتج عن الممارسات والأنشطة البشرية والتطبيقات الطبية وغيرها. وتصنف أنواع الإشعاع عموماً، وفقاً لطبيعة المصدر الإشعاعي، ونميز بشكل رئيسي، بين المصادر الطبيعية للإشعاع، والمصادر الصناعية، ويعود أكثر من 90% من التعرض الإشعاعي للإنسان، إلى المصادر الطبيعية، مثل الأشعة الكونية *Cosmic-rays*، ومصادر الإشعاع الأرضية، التي تأتي من النظائر المشعة الموجودة في القشرة الأرضية، والهواء، والغذاء، والماء، أو حتى في جسم الإنسان نفسه.

ينجم التعرض الإشعاعي الصناعي (من صنع الإنسان)، الذي يصيب عموم الناس، بشكل رئيسي عن الاستخدامات الطبية للأشعة، واستخدام النظائر المشعة في الرعاية الصحية أو من مصادر إشعاع متعلقة بالمهنة، كما في محطات توليد الكهرباء بواسطة مفاعلات الطاقة النووية على اختلاف أنواعها، والاستخدامات الصناعية للتقنيات النووية أيضاً، وقديماً من الاختبارات والتجارب النووية. وقد انتشر استخدام الأشعة المؤينة في التشخيص الطبي والمعالجة بشكل كبير، ويزداد بشكل مستمر، بسبب التطبيقات العلاجية الصحية الحديثة والمفيدة. وهناك اتفاق عام حالياً، على أنه يمكن إنقاص التعرضات الإشعاعية التشخيصية إلى حد كبير، من خلال اتخاذ إجراءات الوقاية والأمان الملائمة، وتحسين بروتوكولات المعالجات الإشعاعية، وصولاً إلى الشروط المثالية، وأمثلة طرائق



التطبيقات والممارسات المختلفة التي لها أساس نووي.

أخذين بعين الاعتبار التأثيرات التي يمكن أن يفوق إليها التعرض الإشعاعي، هناك حاجة واضحة لجملة تدابير تؤمن سويات وقاية إشعاعية ملائمة، عندما توجد أو تستخدم الأشعة، وهناك الكثير من الإرشادات حول متطلبات الوقاية الإشعاعية، شاركت بوضعها ثلاث جهات رقابية دولية مهمة، الأولى هي لجنة الأمم المتحدة العلمية لتأثيرات الإشعاعات الذرية (UNSCEAR) United Nation Scientific Committee on the Effect of Atomic Radiations التي تراقب عن كثب تطور الأبحاث الإشعاعية، وتنتشر الدراسات المرجعية الرسمية والنقدية والشاملة، خلال فترات زمنية منتظمة، وذلك حول المصادر المشعة، ومستويات التعرض الإشعاعي الإجمالي، وأيضاً حول التأثيرات البيولوجية للأشعة المؤينة. والجهة الثانية هي الهيئة الدولية للوقاية الإشعاعية (ICRP) International Commission on Radiological Protection وهي مؤسسة مستقلة يكون ريعها وتوصياتها عن الوقاية الإشعاعية، مبنية بشكل أولي على القواعد العلمية، التي تقدمها تقارير لجنة الأمم المتحدة العلمية لتأثيرات الإشعاعات الذرية UNSCEAR. وتكون إرشادات ونصائح الهيئة الدولية للوقاية الإشعاعية ICRP، موجهة بشكل رئيسي للسلطات الحكومية الرسمية، وللأفراد الذين يشرفون على الوقاية الإشعاعية (ضباط الارتباط)، ولكن لا تقدم أي نصوص تنظيمية، وتطور ICRP السياسات المعتمدة بشكل جوهري. وأخيراً الوكالة الدولية للطاقة الذرية (IAEA) International Atomic Energy Agency وهي عضو في المنظمات التابعة للأمم المتحدة UN، وتستخدم توصيات الهيئة الدولية للوقاية الإشعاعية، كأساس في تطوير احتياجات الأسلوب المنظم في الوقاية الإشعاعية، وتضم معايير الأمان في الوكالة الدولية للطاقة الذرية، أساسيات الأمان النووي، وقواعد الأمان واحتياجاته، وتقدم أسس تنظيم الوقاية الإشعاعية في بلدان عديدة عبر العالم وخصوصاً في الدول النامية، وتساعد الوكالة الدولية أعضائها من الدول في تطبيق معايير الأمان هذه.

في توصيات الهيئة الدولية للوقاية من الإشعاع عام 2007، تم التعرض لثلاثة أنماط من حالات التعرض الإشعاعي، وذلك لتغطية كل الحالات والظروف الممكن تخيلها:

- ◀ حالات التعرض الإشعاعي المخطط Planned exposure situation.
- ◀ حالات التعرض الإشعاعي الطارئة Emergency exposure situation.
- ◀ حالات التعرض الإشعاعي الموجودة Existing exposure situation.

بخصوص حالات التعرض الإشعاعي المخطط، فهي الحالات التي تتضمن الإدخال المدروس وتشغيل المصادر الإشعاعية المتعمد، ويمكن أن تتسبب بزيادة كل من التعرضات المتوقعة الحدوث (التعرضات الطبيعية)، إضافة إلى التعرضات غير متوقعة الحدوث (التعرضات المحتملة والكامنة). أما حالات التعرض الإشعاعي الطارئة، فهي الحالات التي يمكن أن تحصل خلال عمليات التشعيع (تشعيع المرضى، وتشعيع العينات، والتشعيع التجاري بغرض التعقيم)، والعمل على المصادر المشعة، مثلاً كما في حالات التعرض الإشعاعي المخطط، أو من خلال أي عمل تخريبي، يقصد به الأذى، أو من خلال أي حالة غير متوقعة ولا توضع بالحسبان، وتتطلب تدخل سريع لتجنب العواقب غير المرغوبة أو التخفيف منها ما أمكن. أما حالات التعرض الإشعاعي الموجود، فتشمل كل حالات التعرض الإشعاعي المستمر والموجود، عندما يؤخذ قرار بالضبط، الذي يتضمن حالات التعرض المديد (طويل الأجل) بعد حالات الطوارئ. وميزت الهيئة الدولية للوقاية الإشعاعية ICRP بين ثلاثة أصناف من التعرض الإشعاعي:

◀ التعرض الإشعاعي المهني الذي يتعرض له العمال خلال فترات العمل.

◀ التعرض الإشعاعي الطبي الذي يمكن أن يتعرض له المرضى، سواء أثناء التشخيص الإشعاعي، أو العلاج الإشعاعي.

◀ التعرض الإشعاعي الشعبي الذي يتعرض له عموم الناس من أي مصدر من التعرضات الإشعاعية المخططة والموجودة، أو في حالات الطوارئ.

تحتاج الوقاية الإشعاعية لمعالجة كل حالات التعرض الإشعاعي وأصناف التعرض، ومنذ فترة طويلة، زاوجت الهيئة الدولية للوقاية

من الإشعاع، بين ثلاثة مبادئ في الوقاية الإشعاعية، وهي مبدأ التبرير Justification، ومبدأ الأمثلة Optimization، ومبدأ تطبيق محدودية الجرعة Dose limits. ويهدف مبدأ التبرير، للتأكد من أن أي إجراء أو قرار يبذل حالة التعرض الإشعاعي، يجب أن يكون مفيداً، أكثر من أن يكون مؤذياً وضاراً، أما مبدأ أمثلة الوقاية، فهو أن احتمالية التعرض القوية، وعدد الأشخاص المعرضين، وأهمية الجرعات الفردية، يجب أن تبقى في أدنى المستويات ما أمكن، وتنفيذ ذلك مع الأخذ بالحسبان، العوامل الاقتصادية والاجتماعية. وينطبق هذان المبدأن على كل حالات التعرض المخطط والموجود والطارئ. في حين ينطبق المبدأ الثالث لتطبيق محدودية الجرعة، على حالات التعرض الإشعاعي المخطط فقط، وهو في الواقع شبكة أمان، مطبقة على المبدأين الأول والثاني. ويعني تحديد الجرعة (تقييد الجرعة Dose limitation) ألا تتجاوز الجرعة الكلية التي يتلقاها أي شخص، من جميع حالات التعرض الإشعاعي المبرمج - غير التعرض الطبي للمرضى - حدود الجرعات المحددة من قبل الهيئة الدولية للوقاية من الإشعاع ICRP.

يمكن للتعرض الإشعاعي كما ذكرنا، أن يفقد لتأثيرات ضارة عديدة على الصحة، وقد صنفت هذه التأثيرات من قبل الهيئة الدولية للوقاية من الإشعاع عام 1990، إلى تأثيرات عشوائية Stochastic، وتأثيرات حتمية Deterministic، وأخذ كلا النمطين من التأثيرات بالاعتبار من قبل الهيئة الدولية ICRP، عند وضع حدود الجرعة في التوصيات، وتهدف الوقاية الإشعاعية للحيلولة ما أمكن، دون حصول الآثار القطعية وتجنبها، (تسمى أيضاً «تفاعلات النسيج» في توصيات الهيئة عام 2007)، وذلك بوضع حدود جرعة تحت العتبة التي تحصل عندها التأثيرات. أما التأثيرات العشوائية (تدعى أيضاً التأثيرات الوراثية/السرطان في توصيات ICRP الجديدة)، فهناك اعتقاد أنها تحصل حتى في مجال جرعات منخفضة جداً، ولذلك يجب أن تؤخذ بالحسبان مهما كانت الجرعة الإشعاعية. وبهذه الطريقة والاستنتاج فإن حدود الجرعة (تقييد حدود الجرعة)، لا يمنع مثل هذه التأثيرات العشوائية، ولكن يهدف بدلاً من ذلك، لتقليل احتماليتها ما أمكن، إلى السويات المنخفضة المقبولة، والمصطلح أدى أو ضرر، كان قد أدخل من قبل ICRP، كقياس للتأثيرات الضارة على الصحة، للأفراد المعرضين أو ذريتهم، التي يمكن أن تحصل كنتيجة للتعرض الإشعاعي بجرعات منخفضة، وبشكل عام يمكن تعريف الضرر الذي يصيب مجموعة بشرية بالاستثناء الرياضي Mathematical expectation، لتحريض السرطان، والأذيات الوراثية التي يسببها التعرض الإشعاعي. والضرر هو مفهوم معقد يجمع بين الاحتمالية، والشدة، ووقت التعبير عن الأذى الإشعاعي.

يمكن تقييم الضرر بحساب الجرعة الفعلية، الذي يأخذ بالحسبان، الخطر الإجمالي العائد لتعرض كل الأنسجة للإشعاع، وكما أسلفنا سابقاً، فإن الجرعة الممتصة هي الكمية الأساسية لمعايرة الجرعة في الوقاية الإشعاعية، ولا يعتمد الضرر على الجرعة الممتصة فحسب، بل أيضاً على نمط الأشعة، وطاقتها، التي تتجسم فيها الجرعة، وبالأخص نقل الطاقة الخطي للأشعة LET وتؤخذ هذه المعايير بالحسبان بتثقيف Weighting الجرعة الممتصة، بمعامل له علاقة بنوع الأشعة. ويتم اختيار عامل التثقيف الإشعاعي لنمط وطاقة سقوط الإشعاعات الخارجية على الجسم، وأيضاً في حالة انبعاث الأشعة ضمن الجسم، من المصادر الإشعاعية المزروعة في/أو بجوار الأورام، وبالأخص بحالة المعالجة الموضعية. وعامل تثقيف الجرعة الممتصة، هو ناتج متوسط الجرعة الممتصة على النسيج أو العضو الخاص، المسمى أيضاً «الجرعة المكافئة»، وهي مشتقة من تثقيف الجرعات المكافئة للنسيج والأعضاء المختلفة، بعامل يمثل حساسية هذه النسيج والأعضاء للتأثيرات العشوائية. وبشكل أولي السرطان المحرض بالإشعاع. وهكذا يتم التعبير عن الضرر لكل أنماط التشيع، بالجرعة الفعالة (E) Effective dose، التي تقاس بالسيفرت (Sv) وتم اختيار قيمة عوامل التثقيف الإشعاعية، لنمط محدد وطاقة محددة من الأشعة، لتكون ممثلة لقيمة الفعالية البيولوجية النسبية (RBE)، بتحريض التأثيرات العشوائية بجرع إشعاعية منخفضة.

أعدت عوامل التثقيف النسيجي بشكل يضمن، أن الجرعة المكافئة للنسيج المثقل سينتج عنها الدرجة نفسها من الضرر، بغض النظر عن النسيج أو العضو المتورط، وهي قيم ممثلة محسوبة وسطياً على العمر، ووقت التعرض، والجنس، بالإضافة إلى خطر السرطان المميت في الأعضاء المحددة، وهذا يمكن أن ينقص فترة الحياة، وذلك بخصوص الموت الناجم عن تحريض تشكل سرطانات غير مميتة، وخطر أمراض وراثية خطيرة في أول جيلين لذرية الأشخاص المعرضين للإشعاع. ومن جهة أخرى لا تدخل بحساب عوامل التثقيف النسيجي أي أذية صحية ممكنة، تنشأ عن الضرر أثناء التطور الجنيني في الرحم، خلال الحمل in-utero، كالتخلف العقلي مثلاً.

لم تمتد فترة مراقبة الأشخاص المعرضين في أي من الدراسات الوبائية الرئيسية، على كل فترة حياة الأشخاص المعنيين، وعليه فإنه من الضروري إسقاط احتمالية تحريض السرطان أو الموت، من فترة المراقبة إلى كامل فترة حياة الأشخاص المعرضين للإشعاع، وتم التحقق من ذلك بالاعتماد على نمودجي إسقاط بدليين:

نموذج الخطر التراكمي أو الجمعي Additive، أو المطلق، الذي ينبئ عن أن زيادة مطردة للسرطانات المحرّضة خلال فترة حياة المتعرضين، ليس لها علاقة بمعدل السرطانات العفوية (غير المحرّضة).

النموذج النسبي أو التضاعفي Multiplicative، الذي ينبئ عن أن الزيادات في السرطانات المحرّضة، كثابت متعدد لمعدلات السرطانات العفوية المرتبطة بالعمر.

وبأخذ متوسط نتائج ارتباط الخطر بالعمر والجنس، فإن نموذج الإسقاط، وتأثيراته على خطر الخط القاعدي لتواتر السرطانات، في مجموعات بشرية مختلفة، مثل التي باليابان، والولايات المتحدة الأمريكية، والمملكة المتحدة، والصين، تم حساب الاحتمالات النسبية لحدوث السرطانات بعد التشعيع لمجموعة سكانية محددة من كل الأعمار، وهي تشكل الأساس لعوامل التثقيل النسيجي آخذين بالاعتبار أيضاً، العدد المتوقع لسنوات الحياة الضائعة، بسبب أنماط السرطانات الممكنة بالمعرضة بالتشعيع، والتي تكون أعلى بالنسبة لسرطان الدم اللوكيميا، وسرطان الثدي (حيث يتمثل كلاهما بموت عالٍ، وحدث مبكر)، في حين يكون لسرطان الرئة والمعدة والقولون، قيماً منخفضة، بسبب تأخر حدوثها خلال حياة الإنسان، بالرغم من أن لها القدرة نفسها على الموت.

أعدت الهيئة الدولية للوقاية من الإشعاع ICRP عام 2007 حسابات الخطر، آخذة بعين الاعتبار وبشكل خاص، التطورات الحديثة في تقديرات الخطر الوراثي، ونتائج بيانات تواتر حدوث السرطان من دراسة مدى العمر LSS اليابانية، وزمن معاملات القيم الوسطية للخطر، التي حسبت وعدلت فيما يخص الموت ونوعية الحياة. وبناءً على هذه الحسابات اقترحت ICRP معاملات خطر محددة لخطر السرطان المعدل للضرر، كقيمة 5.5% لكل سيفرت، بالنسبة لعموم الناس، و 4.1% لكل سيفرت، بالنسبة للعمال الشباب. وفيما يتعلق بالتأثيرات الوراثية كان خطر الضرر المحدد المعدل في المجموعة السكانية، مقدراً عند 2% لكل سيفرت، و 0.1% لكل سيفرت عند العمال الشباب، وقد أكدت الهيئة الدولية ICRP بناءً على هذه القيم، أن معامل الخطر المميت الإجمالي السابق 5% لكل سيفرت، لا يمكن أن يبقى ملائماً لأغراض الوقاية الإشعاعية، في حين لم يتغير معامل الخطر المميت الإجمالي بالمقارنة مع عام 1990.

تحصل عند حدود جرعات أقل من 100 ملي سيفرت بالسنة (100 mSv/year) زيادة تواتر التأثيرات العشوائية، كما هو مفترض من قبل الهيئة الدولية ICRP، باحتمالية ضعيفة، وبشكل متناسب مع زيادة جرعة الإشعاع فوق جرعة الخلفية الطبيعية، ويعتبر استخدام النموذج الخطي بلا عتبة (اللاعتبوي) (LNT)، من قبل الهيئة ICRP المقاربة العملية المثلى، لتدبير خطر التعرض الإشعاعي والقاعدة المنطقية للوقاية الإشعاعية. ويجب أن تستخدم الجرعة الفعلية وعوامل التثقيل النسيجي، في التقييم المستقبلي للجرعة من أجل التعرض المخطط، وأمثلة الوقاية للعموم من الناس أو مجموع السكان العاملين، ولكن ليس من أجل حساب الأخطار للأفراد، أو مجموعات خاصة محددة كالنساء اليافعات. وكما قرر في المادة 157 من ICRP 2007: «يقصد بالجرعة الفعلية للاستخدام في الوقاية الكمية على أساس قيم مرجعية، وعليه فلا يوصى باستخدامها في التقديرات الويائية، ولا تستخدم للدراسات الراجعة النوعية المفصلة للتعرض البشري والخطر، وهي مهمة خاصة في حالات تتجاوز الجرعات الفردية فيها حدود الجرعة».

حدود الجرعة

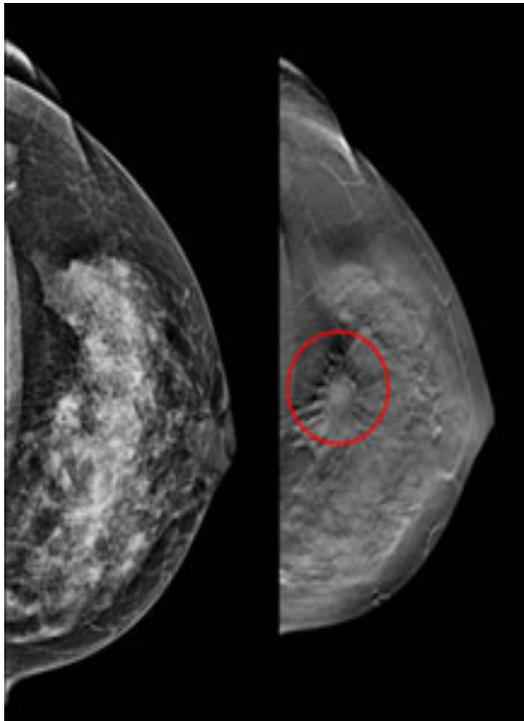
يتطلب تطبيق مبدأ الهيئة الدولية للوقاية من الإشعاع ICRP، لاستعمال حدود الجرعة لحالات التعرض المخطط (باستثناء التعرض الطبي)، وضع قيم لحدود الجرعة، وكما ذكرنا سابقاً يجب أن تضمن قيم حدود الجرعة تجنب التأثيرات القطعية، أو تخفيض خطر الآثار العشوائية لسويات مقبولة مناسبة، وعلى الرغم من أن التغييرات في معاملات الخطر المحددة، تدعم حدود الجرعة، فإن القيم المعطاة في المادة 103 من توصيات الهيئة الدولية للوقاية من الإشعاع ICRP هي نفسها المعطاة في التوصيات السابقة في المادة 60، ويجب ملاحظة وجود بيانات جديدة عن الحساسية الإشعاعية للعين، من المتوقع أن تكون متاحة، وهذه القيم ستتم مراجعتها من قبل الهيئة الدولية للوقاية من الإشعاع ICRP، على أساس أي تغييرات مطلوبة لحدود الجرعة لعدسة العين، في حين يتم التعبير عن حدود الجرعة على أساس كميات الجرعة كجزء من جملة الوقاية الإشعاعية. ومن أجل التعرض المهني أو تعرض العموم الناجم عن حالات التعرض الإشعاعي المخطط، فإن الفرد يمكن أن يتعرض لمصادر إشعاع عديدة، ولذلك كان هناك محاولات لتقييم التعرض الكلي تضمنت كل المصادر التي تسبب التعرض الفردي، وقورنت جرعة التعرض للمصادر الإشعاعية الكلي، مع حدود الجرعة الملائمة.

الاعتبارات خطر/ فائدة في برامج مسح سرطان الثدي باستخدام التصوير الشعاعي:

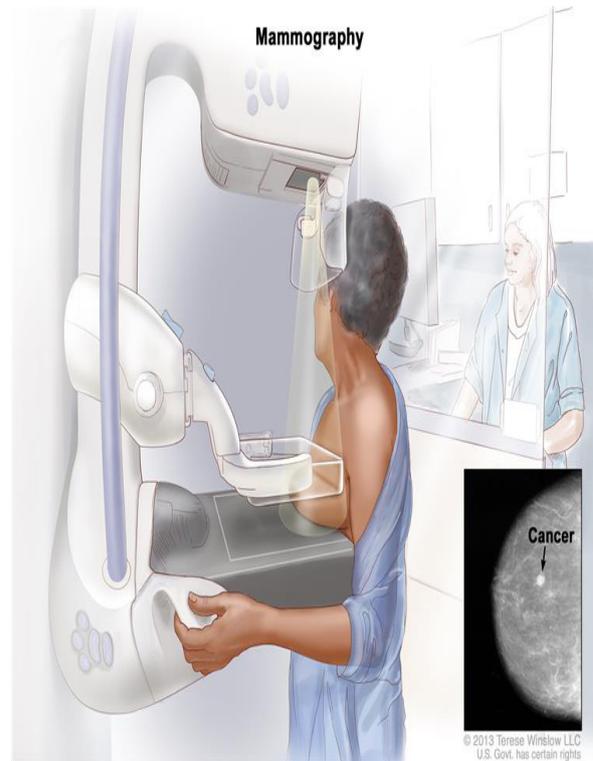
بدايةً لابد من الإشارة لمصطلح سرطان الثدي الذي يشير للورم الخبيث الذي يتطور في خلايا متنوعة في الثدي، وبشكل خاص في خلايا الفصيصات المنتجة للحليب أو في القنوات الناقلة للحليب من الفصيصات لحلمة الثدي، وبشكل أقل بكثير في خلايا النسيج الضامة والداعمة في الثدي. ومع الزمن يمكن أن تهجر الخلايا السرطانية للنسيج السليمة المجاورة وتسلك طريقها للعقد اللمفاوية تحت إبطية التي لها وظيفة مراقبة وفلترة الأجسام الغريبة في الدوران اللمفي، وتستطيع الخلايا السرطانية بشكل متفاوت السرعة الانتقال لأعضاء أخرى من الجسم. ويعتمد تحديد مرحلة السرطان على معيار سرعة الانتقالات بعيداً عن منطقة تشكل الورم الأولي، ويساعد تحديد مرحلة السرطان بالتكهن بتطور المرض، وتحديد أفضل الخيارات العلاجية (تحدد مراحل سرطان الثدي بالأرقام من المرحلة 0 إلى المرحلة الرابعة IV، حيث في المرحلة 0 يكون الورم صغيراً جداً وغير متنقل ومحصوراً بمنطقة نشوئه ويمكن كشفه فقط بالتصوير الشعاعي للثدي Mammography، في حين يكون الورم بالمرحلة الرابعة منتقلاً بشكل أكيد لأعضاء أخرى من الجسم).

في الاستخدامات الطبية للأشعة، يجب أن تكون كل التعرضات الإشعاعية ناجمة عن الدواعي الطبية لتشخيص المريض أو معالجته، وهذا يعني أن كلاً من الخطر والمنفعة ينطبقان على الشخص نفسه. ومع ذلك تكون أخطار التعرض الإشعاعي عادةً مهمة، بالمقارنة مع الفائدة والمنفعة للمريض (للفرد). وعلى أية حال، تكون الوقاية الإشعاعية للمريض مؤمنة، من خلال تطبيق مبادئ التبرير والأمثلة.

وتصبح الحالة مختلفة كثيراً في برامج المسح الإشعاعية، للتشخيص المبكر لبعض الأمراض النوعية مثل السرطان، ففي أي برنامج مسح، ولكل شخص يتم تحديده بتعرض إشعاعي أثناء المسح في مراحل مبكرة من المرض، والذي ربما يتغير علاجه بناءً عليه، فهناك مئات الآلاف من الناس الأصحاء، يتعرضون للأشعة وهم غير مرضى، ولا يستفيدون بشكل مباشر من التعرض الإشعاعي، والمثال الأكثر أهمية هو برنامج مسح تصوير الثدي للتشخيص المبكر لسرطان الثدي الذي يكون حجمه صغيراً جداً، ولا يمكن كشفه بالفحص



(B): تحديد منطقة وحجم السرطان بالفصيصات



(A): شكل تخطيطي لتصوير الثدي بالأشعة X.

السريري بالمرحل المبكرة (المرحلة 0). ويعدّ سرطان الثدي السبب الرئيسي الثاني، في وفيات السرطان عند مجموع النساء، والسبب الرئيسي لوفيات النساء بأعمار بين 30 - 55 سنة، وهو العمر النموذجي لمعدلات تطور سرطان الثدي، الذي يختلف بشكل كبير بين الدول المختلفة. فقد لوحظت أخفض معدلات سرطان ثدي في الصين واليابان (20 - 35 حالة/100.000 امرأة)، وأعلى معدلات سرطان عند

النساء الأمريكيات البيض وبعض النساء الأوربيات (بين 75 - 100 حالة/100.000 امرأة)، وتعتمد احتمالية الشفاء والمعالجة سريرياً، على خطر السرطان الأولي، المنتشر للعقد اللمفاوية ولنقاط متباعدة أخرى، ترتبط أيضاً مباشرةً بحجم سرطان الثدي الأولي. فإذا كان هذا السرطان الأولي بحجم أقل من 1 سم، فإن خطر الانتقالات لمسافات بعيدة تقلص فرص العلاج لأقل من 10%، في حين إذا كان الورم الأولي المشخص بحجم أكبر من 4 سم، فإن خطورة الانتقالات البعيدة تكون أكبر من 50%. وعليه كلما كان حجم الورم صغيراً أثناء الكشف، كانت فرص الشفاء أكبر. ولا يعول على الطرق السريرية كالتلمس أو الجس اليدوي كثيراً، في الكشف عن أورام بأحجام صغيرة أقل من 1 سم، في حين يكون تصوير الثدي بالأشعة، قادراً بشكل كبير على الكشف عن الأورام. وبناءً عليه فالمتوقع أن تكشف دراسة الثدي بالتصوير الإشعاعي بشكل منتظم، عن سرطانات بأحجام صغيرة جداً، وبشكل أفضل بكثير من الجس الدوري باليد، وهذا ما يمكن أن يزيد من فرص العلاج، ويؤدي لتناقص خطر الموت المبكر بسرطان الثدي. ومع ذلك يتعرض الثدي بكل دراسة تصوير إشعاعي، لجرعة إشعاعية تقارب 4 ملي غراي، والتي تتنوع كثيراً بين النساء بشكل مرتبط بحجم الثدي. وبما أن الثدي من أكثر الأعضاء حساسية إشعاعية، وباعتبار أن التشعيع يحرض أيضاً تشكيل سرطانات، فالجرع الإشعاعية من التصوير الإشعاعي للثدي يجب أن تكون ضعيفة، بما يتناسب مع الدراسة والتشخيص، وتبرر الجرعة التشخيصية، بأنها تؤدي لتناقص الوفيات بسرطان الثدي، وتم إيضاح ارتفاع خطر سرطان الثدي بعد التعرض الإشعاعي، في كل من دراسة مدى الحياة على الناجيات من تفجيرات القنبلة الذرية، ودراسة مجموعة النساء المتعرضات طبيياً أيضاً.

من بين 29.700 امرأة، من الناجيات من تفجيرات القنبلة الذرية درس على مدى الحياة، واللواتي تعرضن لجرعة إشعاعية أكبر من 5 ملي غراي للثدي، ماتت 173 امرأة بسرطان الثدي لغاية عام 1999. وقدم تحليل ارتباط الجرعة بالخطر، دليلاً قوياً لعلاقة جرعة - أثر خطية، وارتباطاً وثيقاً مع العمر وقت التعرض، مع تناقص في الخطر بزيادة العمر، ويصبح الخطر مهملاً إذا حصل التعرض الإشعاعي بعمر أكبر من 50 سنة. وتطابقت البيانات بشكل جيد ومتساوي في كل من نموذج الخطر النسبي، ونموذج الخطر المطلق.

وبكلتا الطريقتين، كانت 24% من الحالات (137 حالة) تعزى إلى التعرض الإشعاعي، وكانت الزيادة النسبية للخطر لكل 1 غراي حوالي 0.79 (من 0.29 إلى 1.5 مع 90% من حدود الثقة) وكانت زيادة الخطر المطلق 1.6 لكل 100.000 شخص/سنة. وتأتي البيانات الوبائية الأكثر أهمية من التعرض الطبي للثدي، من دراسة مرضى السل (Tuberculosis (TB)، المعالجين بالاسترواح الصدري Pneumothorax، تحت المراقبة بمنظار الفلوروسكوب، الذي يعمل بأشعة X، ومن دراسة نساء خضعن للمعالجة الإشعاعية للتهابات البكتيرية في الثدي بعد الولادة (التهابات ثدي إرضاعي). حيث كان هناك في أكبر دراسة على مرضى السل 349 حالة وفاة بسرطان الثدي، من بين 13.078 امرأة في الدراسة (مقارنة مع 237 حالة وفاة متوقعة) وفي أشهر دراسة للتهاب الثدي، كان هناك 210 حالة سرطان ثدي بين 3.034 امرأة مشمولة بالدراسة، وأظهر التحليل التجميعي لهذه الدراسات وغيرها، الفروق بين الدراسات، ومع ذلك فقد أكدت كل هذه الدراسات أن سرطان الثدي المحرض بالأشعة، يحصل في أعمار مماثلة لحالات سرطان الثدي التي تشاهد بغياب الأشعة والتشعيع، ويزداد الخطر بشكل خطي مع زيادة جرعة الإشعاع، وأن للعمر وقت التشعيع، والعمر الذي تصله المريضة، أثراً كبيراً على خطر سرطان الثدي المحرض بالأشعة. ومع ذلك هناك أيضاً أخطار أخرى للمسح بتصوير الثدي شعاعياً، يمكن أن تكون أكثر أهمية من سرطان الثدي المحرض بالأشعة مثل:

- ① الصور الشعاعية للثدي الخاطئة السلبية الكاذبة False Negative، التي يمكن أن تولد شعوراً مقلقاً وغير مريح، ويمكن حتى أن تؤجل تشخيص سرطان الثدي وعلاجه. ولغاية 25% من سرطانات الثدي الشرسة (الغازية Invasive)، لا يمكن كشفها بتصوير الثدي إشعاعياً، عند النساء بعمر 40-49 سنة، بالمقارنة مع نسبة 10% فقط عند النساء بعمر أكبر من 60 سنة.
- ② تتسبب الصور الشعاعية للثدي الخاطئة الإيجابية الكاذبة False Positive، وهي أكثر شيوعاً عند النساء الفتيات صغيرات العمر، بالمداخلات الرضاة غير الضرورية مثل أخذ الخزعة، وما يتبعه من قلق وتوتر نفسي.
- ③ فرط العلاج، مثل علاج الورم الطليمي داخل القنوات في الموضع *in-situ*، والذي غالباً ما يتم تشخيصه بتصوير الثدي الشعاعي، وبشكل خاص عند النساء اليافعات صغيرات السن، مع العلم أن بعض السرطانات الحليمية القنوية لا تتطور إلى سرطان غاز، وبما أن أخطار سرطان الثدي المحرض بالتشعيع، تكون أخفض بعد عمر 50 سنة، ويتناقص معدل الصور الخاطئة السالبة،

وأيضاً الصور الموجبة، عند النساء بأعمار متقدمة بشكل خاص، وبما أن تواتر حدوث السرطان عند النساء بأعمار متقدمة فوق 50 سنة يكون أعلى بكثير منه عند النساء اليافعات صغيرات السن، لذلك يوصى بإجراء مسح التصوير الشعاعي لتقصي سرطان الثدي، عند النساء بأعمار متقدمة فقط (50 سنة وما فوق).

وأخيراً، لوحظ في الدراسات الوبائية العديدة، التي أجريت على نطاق واسع، وخصوصاً في السويد، انخفاض واضح في الوفيات بسرطان الثدي، يمكن أن يعزى إلى برامج مسح سرطان الثدي لأكثر من 20% من السرطانات التي تم تحديدها، واعتماداً على تقديرات الأخطار الإشعاعية، وتحسين النتيجة العلاجية، وتواتر سرطان الثدي، فقد تم حساب تناسبات مختلفة للفائدة مقابل الخطر، ولكن فقط من أجل نساء بعمر فوق 50 سنة، وكانت هذه النتائج الأساس في برامج المسح الإشعاعي لسرطان الثدي على المستوى الوطني في دول متعددة.

المراجع

- البيولوجيا الإشعاعية. كتاب الطالب والمدرس، ترجمة: أ. د. إبراهيم عثمان، د. غسان عليا (2015). منشورات هيئة الطاقة الذرية السورية - الوكالة الدولية للطاقة الذرية 2015.

- Radiation Biology: A Handbook for Teachers and Students. Training Course Series No.42 International Atomic Energy Agency. VIENNA, 2010.
- 1. ICRP, 1991b. 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 60. Ann. ICRP 21 (1-3).
- 2. ICRP, 2002. Basic anatomical and physiological data for use in radiological protection. ICRP Publication 89. Ann. ICRP 32 (3/4).
- 3. ICRP, 2006a. Assessing dose of the representative person for the purpose of radiation protection of the Public and The optimization of radiological protection: Broadening the process. ICRP Publication 101. Ann. ICRP 36(3).
- 4. Darby, S., Hill, D., Auvinen, A., 2005. Radon in homes and risk of lung cancer: collaborative analysis of individual data from 13 European case-control studies. Br. Med. J.330, 223-227.
- 5. Darby, S., Hill, D., Deo, H., 2006. Residential radon and lung cancer -detailed results of a collaborative analysis of individual data on 7148 persons with lung cancer and 14,208 persons without lung cancer from 13 epidemiological studies in Europe. Scand. J. Work Environ. Health 32 (Suppl. 1), 1-84. ICRP, 1997.
- 6. Radiation Protection in Uranium and Other Mines. ICRP Publication 24, Ann. ICRP 1(1). ICRP, 1993.
- 7. Protection Against Radon-222 at Home and at Work. ICRP Publication 65, Ann. ICRP 23(2). ICRP, 2007.
- 8. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103, Ann. ICRP 37(2-4). ICRP, 2010.
- 9. Lung Cancer Risk from Radon and Progeny & Statement on Radon. ICRP Publication 115, Ann. ICRP 40(1). ICRP, 2014.
- 10. Radiological Protection against Radon Exposure. ICRP Publication 126, Ann. ICRP 43(3). ICRP, 2017.
- 11. Occupational Intakes of Radionuclides: Part 3. ICRP Publication 137, Ann. ICRP 46(3-4).
- 12. INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION: Low dose extrapolation of radiation-related cancer risk, ICRP publication 99, Ann. ICRP 35(4) (2006).
- 13. PRESTON, D.L., RON, E., TOKUOKA, S., , "Solid cancer incidence in atomic bomb survivors 1958-1998", Radiat. Res, (2007), 168 1-64.

14. SANKARANARAYANAN, K., "Estimation of the genetic risks of exposure to ionising radiation in humans: current status and emerging perspectives", *J. Radiat. Res.* (2006), 47,suppl. B57-B66.
15. TROTT, K.R., KAMPRAD, F., Estimation of cancer risks from radiotherapy of benign Diseases. *Strahlenther. Onkol.* (2006), 182, 431-436.
16. TUBIANA, M., AURENGO, A., AVERBECK, D., Dose-effect relationships and estimation of the carcinogenic effects of low doses of ionising radiation, Académie des Sciences – Académie Nationale de Médecine, Paris (2005).
17. UNITED NATIONS SCIENTIFIC COMMITTEE ON THE EFFECTS OF ATOMIC RADIATIONS (UNSCEAR) 2006 Report "Effects of ionizing radiation": Volume 1.
18. COURT-BROWN, W.M., DOLL, R., "Leukaemia and aplastic anaemia in patients irradiated for ankylosing spondylitis", *J. Radiol. Prot.* (2007), 27 (4B) B15-B154.
19. INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION: Biological effects after prenatal irradiation (embryo and foetus). ICRP publication 90, *Ann. ICRP* 33 (2003).
20. INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION: Low dose extrapolation of radiation-related cancer risk, ICRP publication 99, *Ann. ICRP* 35(4) (2006).
21. PRESTON, D.L., RON, E., TOKUOKA, S., et al., "Solid cancer incidence in atomic bomb survivors 1958-1998", *Radiat. Res.* (2007), 168 1-64.
22. SANKARANARAYANAN, K., "Estimation of the genetic risks of exposure to ionising radiation in humans: current status and emerging perspectives". *J. Radiat. Res.* (2006), 47,suppl. B57-B66.
23. TROTT, K.R., KAMPRAD, F., "Estimation of cancer risks from radiotherapy of benign diseases", *Strahlenther Onkol.* (2006), 182, 431-436.
24. TUBIANA, M., AURENGO, A., AVERBECK, D. et al., Dose-effect relationships and estimation of the carcinogenic effects of low doses of ionising radiation, Académie des Sciences - Académie Nationale de Médecine, Paris (2005).
25. UNITED NATIONS SCIENTIFIC COMMITTEE ON THE EFFECTS OF ATOMIC RADIATIONS (UNSCEAR) 2006 Report "Effects of ionizing radiation": Volume 1: Epidemiological studies of radiation and cancer; Epidemiological evaluation of cardiovascular disease and other non-cancer diseases following radiation exposure Volume 2: Non-targeted and delayed effects of exposure to ionizing radiation; Effects of ionizing radiation on the immune system; Sources-to-effects assessment for radon in homes and workplaces (2009).
26. UNITED NATIONS SCIENTIFIC COMMITTEE ON THE EFFECTS OF ATOMIC RADIATIONS UNSCEAR: Sources and effects of ionizing radiation, United Nations, New York (2000).
27. UNITED NATIONS SCIENTIFIC COMMITTEE ON THE EFFECTS OF ATOMIC RADIATIONS UNSCEAR, Hereditary effects of ionizing radiation. United Nations, New York (2001).
28. WORLD HEALTH ORGANIZATION: Health effects of the Chernobyl accident and special health care programmes. Eds: B. BENNETT, M. REPACHOLI, WHO, Geneva (2006).
29. Fan L, Strasser-Weippl K, Li JJ, et al. Breast cancer in China. *Lancet Oncol* 2014; 15:doi:10.1016/s1470-2045(13)70567-9.
30. Reed WM, Lee WB, Cawson JN, et al. Malignancy detection in digital mammograms: important reader characteristics and required case numbers. *Acad Radiol* 2010; 17:1409-1413.

31. Tabar L, Dean PB. Thirty years of experience with mammography screening :a new approach to the diagnosis and treatment of breast cancer. *Breast Cancer Res* 2008; 10(suppl 4):S3. doi:10.1186/bcr2163; Pub Med PMID: MC2614855.
32. Tabar L, Yen AM, Wu WY, et al. Insights from the breast cancer screening trials: how screening affects the natural history of breast cancer and implications for evaluating service screening programs. *Breast J* 2015;21:13–20.
33. Moss SM, Wale C, Smith R, et al. Effect of mammographic screening from age 40 years on breast cancer mortality in the UK Age trial at 17years' follow-up: a randomised controlled trial. *Lancet Oncol* 2015;16:1123–1132.
34. Morrell S, Taylor R, Roder D. Mammography service screening and breast cancer mortality in New Zealand: a National Cohort Study 1999-2011. *Br J Cancer* 2017; 116:828-839.
35. Bhoo-Pathy N, Yip CH, Hartman M, et al. Breast cancer research in Asia: adopt or adapt Western knowledge? *Eur J Cancer* 2013; 49:703-709.
36. Li J, Shao Z. Mammography screening in less developed countries. *Springerplus* 2015; 4:1–12.
37. Sankaranarayanan R, Ramadas K, Thara S, et al. Clinical breast examination: preliminary results from a cluster randomized controlled trial in India. *J Natl Cancer Inst* 2011; 103:1476-1480.
38. Mitra I, Mishra GA, Singh S, et al. A cluster randomized, controlled trial of breast and cervix cancer screening in Mumbai, India: methodology and interim results after three rounds of screening. *Int J Cancer* 2010;126:976-984.
39. Tabar L, Dean PB, Kaufman CS, et al. A new era in the diagnosis of breast cancer. *Surg Oncol Clin N Am* 2000; 9:233-277.
40. Giess CS, Frost EP, Birdwell RL. Difficulties and errors in diagnosis of breast neoplasms. *Semin Ultrasound CT MR* 2012; 33:288-299.
41. Kim YW, Mansfield LT. Fool me twice: delayed diagnoses in radiology with emphasis on perpetuated errors. *AJR Am J Roentgenol* 2014;202:465-470.
42. Brady AP. Error and discrepancy in radiology: inevitable or avoidable? *Insights Imaging* 2017; 8:171-182.
43. Demchig D, Mello-Thoms C, Khurelsukh K, et al. Early detection of breast cancer: what is the impact of a screening program on radiologists' performance? *Journal of Medical Imaging and Radiation Oncology*.8:145-160.
44. AIHW. Breast screening Australia, monitoring report, 2011-2012. Australian Institute of Health and Welfare; 2014.
45. Kundel HL, Nodine CF, Conant EF, Holistic component of image perception in mammogram interpretation: gaze-tracking study. *Radiology* 2007; 242:396-402.
46. Kan L, Olivotto IA, Warren Burhenne LJ, Standardized abnormal interpretation and cancer detection ratios to assess reading volume and reader performance in a breast screening program. *Radiology* 2000;215:563-567.
47. Rawashdeh MA, Lee WB, Bourne RM, et al. Markers of good performance in mammography depend on number of annual readings. *Radiology* 2013; 269:61-67.
48. Rehani B, Zhang YC, Rehani MM, et al. Radiology education in Europe :analysis of results from European countries. *World J Radiol* 2017; 9:55-62.



بطاريات التدفق أكسدة-إرجاع بطاريات المستقبل

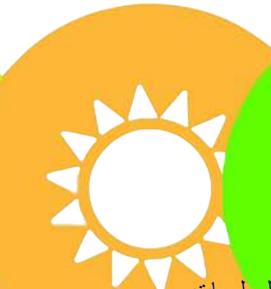
في ظل الطلب العالمي المتزايد على الطاقة، واستنفاد معظم مصادر الوقود الأحفوري، باتت الطاقة المتجددة مستقبل البشرية كطاقة بديلة لسد الحاجة، وصديقة للبيئة. وتوجهت الأنظار إلى الشمس والرياح، وتركزت الجهود على استثمارهما وإيجاد الحلول الكفيلة بتنظيم مخرجاتهما كونهما مصدرا طاقة متقطعة. وقد أثمرت الجهود البحثية عن ابتكار وتطوير ما يعرف اليوم ببطاريات التدفق أكسدة-إرجاع (Redox Flow Batteries) كواحدة من أكثر أجهزة تخزين الطاقة الواعدة على نطاق واسع. نستعرض في هذه المقالة المعلومات الأساسية المتعلقة ببطاريات التدفق، من حيث مبدأ عملها، ومكوناتها، وميزاتها، وتطبيقاتها المختلفة.

مصادرها مما يؤدي إلى تحسين أمن الإمدادات بالطاقة. وقد أعلنت وكالة الأمم المتحدة عن إضافة ما يقارب 138.5 غيغا واط من الطاقة المولدة من مصادر متجددة عام 2016 في أنحاء العالم كافة، مما يشكل استثماراً يصل إلى 242 مليون دولار، بحيث تشكل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح القسم الأكبر منها.

ولعل أبرز ما يمنع معظم الدول من الاستفادة الكاملة من مصادر الطاقة المتجددة كونها متقطعة، ولها خرج لا يمكن التنبؤ به على مدى الأيام، وكذلك فضلاً عن غياب تكنولوجيا رخيصة وذات كفاءة عالية لتخزين الطاقة، وخاصة عند إنتاجها بكمية فائضة عن الحاجة. يسمح إيجاد طريقة مناسبة لتخزين الطاقة بالاستفادة العظمى من الطاقة المتجددة وتوفيرها بشكل متواصل، مما سيمكن من الانتقال التدريجي من محطات الطاقة المشغلة بالوقود الأحفوري إلى تلك المعتمدة على طاقة الشمس والرياح.

يشهد العالم استهلاكاً متزايداً للوقود الأحفوري، مثل الفحم، والغاز الطبيعي، والنفط، المستخرج من مصادر محدودة. وقد أدى الاعتماد الحالي الكبير على هذه المصادر في إنتاج الطاقة الكهربائية، وفي وسائل المواصلات إلى تسريع نفاذ هذه المصادر الغالية، فضلاً عن الزيادة المتواصل في إنتاج الملوثات التي تهدد الصحة العامة، وتسهم في ظاهرة الدفينة.

تعد مصادر الطاقة المتجددة، وخاصة الشمس والرياح منافساً جيداً لإنتاج الطاقة الكهربائية على المدى الطويل كونها لا تنتضب، ويرافقها مستوى انبعاث منخفض جداً للتلوث طيلة فترة خدمتها. وقد ازداد الاعتماد على هذه المصادر في الكثير من الدول كمكمل لمحطات الطاقة الكهربائية المشغلة بالوقود الأحفوري، كونها مصادر منخفضة التلوث، وللحفاظ على المصادر غير المتجددة، وأيضاً لتعزيز الاكتفاء الذاتي على مستوى الطاقة وتنويع



تتميز هذه البطاريات بإمكانية التحكم بسعتها التخزينية وذلك عبر التحكم في حجم الخزانات الخارجية، فضلاً عن إمكانية التحكم باستطاعتها الاسمية وذلك بالتحكم بحجم كدسة الخلايا، وتؤدي زيادة حجم الخزانات إلى زيادة السعة التخزينية للبطارية، في حين تؤدي زيادة حجم كدسة الخلايا إلى زيادة استطاعة البطارية. وتتميز هذه البطاريات بأعمار طويلة جداً مع نظام مستقر جداً، ولكنها بحاجة لمضخة لتدوير محلول الاستقطاب في صهريج التخزين، مما يجعلها ثابتة. إن هذه البطاريات أقل تعرضاً لارتفاع درجة الحرارة والاحتراق، لأن الطاقة تخزن في خزانات معزولة عن مكان توليد الطاقة الكهروكيميائية.

بطاريات التدفق المشغلة بالمعادن

تعد بطاريات الفاناديوم واحدة من أكثر تكنولوجيا بطاريات التدفق نجاحاً. اخترعت هذه التكنولوجيا في الثمانينات من القرن العشرين من قبل مجموعة بحثية ترأسها الباحثة سكيلاس كازاكوس في جامعة جنوب ويلز، وبعدها تطورت هذه التكنولوجيا بسرعة بسبب مزاياها الفريدة، وخاصة اعتمادها على نوع واحد من العناصر الفعالة كهربائياً وهو عنصر الفاناديوم. وحديثاً، صرحت اليابان عن بطارية فاناديوم ذات فترة خدمة طويلة وصلت لأكثر من 200 ألف دورة وأكثر من عشر سنوات.

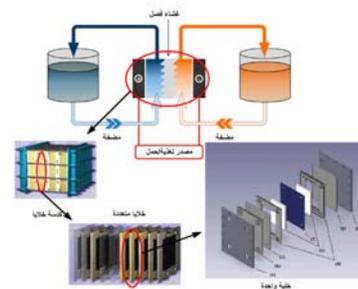
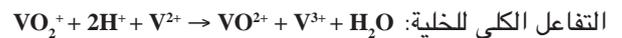
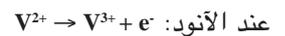
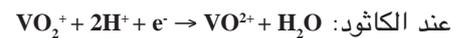
إن الطلب العالمي على بطاريات التدفق ملح، ولكن لا تزال عملية التسويق تعاني بشدة من التكلفة العالية نسبياً لمكونات هذه البطاريات، وخصوصاً أملاح الفاناديوم، وأغشية تبادل البروتون البوليميرية. إن كثافة الطاقة في بطاريات الفاناديوم منخفضة انخفاضاً واضحاً، حيث تصل لـ 60-20 كيلو واط ساعي لكل لتر، ويعود ذلك بشكل رئيسي إلى انخفاض ذوبان أملاح الفاناديوم في محلول الاستقطاب. وفي الوقت الحاضر، إن أغشية النافيون هي أكثر الأغشية استعمالاً، ولكن تكلفتها المرتفعة للغاية تعيق عملية تسويق بطاريات التدفق.

لقد طور عالم المواد كنج وانغ (Qing Wang) وزملاؤه، نوعاً جديداً من بطاريات التدفق يحتوي خزان الكاثود فيها على حبيبات من ليثيوم فوسفات الحديد (lithium-iron-phosphate) ويحتوي خزان الأنود على حبيبات من أكسيد التيتانيوم (titanium dioxide). فإثناء شحن البطارية، تتحلل وسطاء الأكسدة في الإلكتروليت الذي يتم ضخه للخزائين. وتحت تأثير فرق الجهد، يؤكسد أحد الوسطاء الليثيوم في الخزان ناقلاً بذلك أيونات الليثيوم إلى وعاء التفاعل المفصول بغشاء نفوذ يسمح لأيونات الليثيوم بالمرور، ولا يفعل الشيء نفسه لوسطاء الأكسدة. ويتم في جهة الأنود دمج وسطاء الأكسدة الأخرى مع أيونات الليثيوم. ثم تضخ نحو أكسيد التيتانيوم، حيث تتحول أيونات الليثيوم إلى معدن الليثيوم، الذي يدخل في طبقات أكسيد التيتانيوم. وأثناء تفريغ البطارية، يعمل

وقد جرى تقصي الكثير من طرائق تخزين الطاقة في بطاريات كبيرة قابلة للشحن، مثل بطاريات الرصاص الحمضية (lead-acid) التقليدية، وبطاريات ليثيوم-أيون. ولكنها تفقد جزءاً كبيراً من سعتها التخزينية بعد عدد محدود من دورات الشحن/التفريغ، فضلاً عن السعة التخزينية المحدودة لبطاريات الرصاص الحمضية، وارتفاع درجة الحرارة المرافق لتشغيل بطاريات الليثيوم-أيون، ما يجعلها غير ملائمة للمنشآت الضخمة.

ما هي بطاريات التدفق أكسدة-إرجاع؟

بطاريات التدفق هي نوع من البطاريات القابلة لإعادة الشحن، تتكون من صهريجين مليئين بمحلول استقطاب يفصل بينهما غشاء تبادل بروتوني (proton exchange membrane)، يسمح بتدفق أيونات الهيدروجين، ولكنه يحد من اختلاط محلول الاستقطاب في صهريج التخزين. تعتمد البطارية على تفاعلات الأكسدة والإرجاع لتخزين الطاقة أثناء الشحن أو التفريغ، حيث يدور السائل الأول حول الأنود (anode)، ويدور السائل الآخر حول الكاثود (cathode) بمضختين. عندما يقوم مصدر الطاقة (الشمس أو الرياح) بشحن البطارية تتحرر الإلكترونات من السائل الموجب عبر تفاعل أكسدة وتُدفع باتجاه السائل السالب مسببة تفاعل إرجاع، وعند تشغيل البطارية تتحرك الإلكترونات بالاتجاه المعاكس مولدة تياراً كهربائياً. في بطارية الفاناديوم التقليدية، يفصل محلول الكاثود (VO_2^+/VO^{2+}) عن محلول الأنود (V^{2+}/V^{3+}) بغشاء من النافيون (Nafion)، ويمكن التعبير عن التفاعلات الجارية بما يلي:



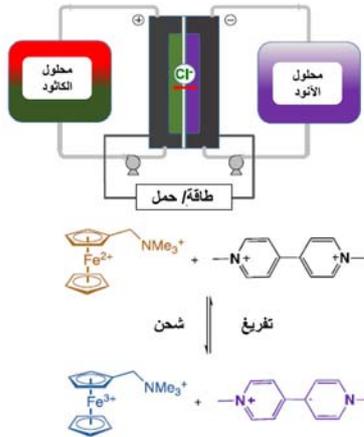
مخطط توضيحي لبطارية التدفق ومكوناتها

(a) صفيحة من الفولاذ، (b) صفيحة عازلة، (c) إلكتروليت تدفق من الغرافيت، (d) قالب تدفق، (e) لباد من الغرافيت، (f) غشاء فصل، (g) إلكتروليت من الغرافيت، (h) صفيحة من الفولاذ

ولحل هذه المشكلة، جرى اعتماد الوسط القاعدي في البطارية، واستعمال مركب هيدروكسي الأنتراكينون الذي يذوب بشكل كبير في هذا الوسط، وبذلك استطاع الباحثون استبدال البرومين بمركبات غير سامة، وغير قابلة للاشتعال، ومتوافرة، مثل أيون الفريسيانيد.

لا بد من استعمال الوسط الحمضي أو القاعدي في هذه البطاريات، للحد من تحلل الماء، ولكن تسبب هذه الأوساط تآكل مكونات البطارية، مما يوجب استعمال مكونات خاصة مقاومة للتآكل، الأمر الذي سيؤدي إلى زيادة تكلفة البطارية.

وفي سعيهم المتواصل نحو بطاريات أقل تكلفة، قام الباحثون بتطوير محلول استقطاب معتدل درجة الحموضة من ملح كلوريد الصوديوم، واستعمال الفيولوجين (viologen) في المحلول السالب، والفيروسين (ferrocene) في المحلول الموجب. وقد نشرت مجلة رسائل الطاقة مميزات البطارية الناتجة، وأهمها أن مكوناتها غير سامة، وغير مسببة للتآكل، وعمرها الخدمي طويل مما يوفر كثيراً في تكاليف الإنتاج. ولعل الميزة الأبرز في هذه البطارية هي أنها تفقد فقط 1% من قدرتها لكل 1000 دورة شحن/تفريغ، وتستطيع العمل لمدة عشر سنوات بمتطلبات صيانة قليلة.



مخطط ترسيمي لبطارية التدفق العضوية في الوسط الملحي المعتدل، وتفاعلات الخلية

يقول أحد القائمين على البحث: «يؤدي استعمال محلول استقطاب معتدل إلى إنتاج بطارية طويلة الأمد يمكن وضعها بأمان في قبو المنزل، وبما أن الوسيط ليس مادة أكالة، فيمكن استعمال مواد أقل تكلفة لبناء مكونات البطارية مثل الخزانات والمضخات. ومع وجود الماء المالح بشكل رئيسي على جانبي الغشاء فيمكن استبدال البوليميرات غالية الثمن بالكربوهدرات الرخيصة».

عندها التفاعل بشكل عكسي، مرجعاً الليثيوم للكاثود. وبما أن الليثيوم مخزن بشكله الصلب في حالتي الشحن والتفريغ، تصل كثافة بطاريات التدفق هذه تقريباً إلى 500 كيلو واط ساعي لكل لتر، ما يعادل تقريباً عشرة أضعاف بطاريات التدفق المشغلة بالفاناديوم. استعمل وانغ وزملاؤه أغشية النافيون المدمجة مع البوليمير PVDF (بولي فينيليدين فلورايد)، الذي أوقف اختلاط حفازات الأكسدة، إلا أن هذا الغشاء الجديد منع مرور حاملات الشحنة (أيونات الليثيوم)، وقلل من معدل شحن البطارية وإعادة شحنها. وهناك حالياً جهود ضخمة لتطوير بدائل للأملاح الفاناديوم، وغشاء الفصل من مواد أقل تكلفة مع المحافظة على الأداء الممتاز، وذلك من أجل تخفيض التكلفة الكلية لبطاريات التدفق.

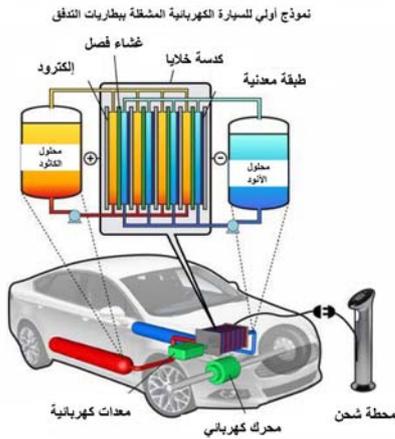
بطاريات تدفق بمكونات عضوية

يعد تطبيق المواد العضوية في بطاريات التدفق واحداً من الحلول المقترحة للتغلب على التحديات التي تواجهها بطاريات التدفق اللاعضوية، وخاصة التكلفة المرتفعة، وكثافة الطاقة المنخفضة. يتضمن توظيف المواد العضوية مزايا أهمها: التكلفة المنخفضة، والتنوع الكبير للمركبات، والقدرة العالية على تحسين بنيتها الكيميائية. تأتي المواد العضوية من مصادر طبيعية مثل الطعام والنباتات، وهي متوافرة مما سيخفض تكلفة بطاريات التدفق. وعلى سبيل المثال، فإن تكلفة أكسيد الفاناديوم V_2O_5 الذي يعد المادة الأولية في بطاريات التدفق المشغلة بالفاناديوم، هي 10-12 دولاراً لكل كيلو غرام، بالمقارنة مع 6 دولارات لكل كيلو غرام من الكينون المستعمل في بطاريات التدفق العضوية. كما تتمتع المواد العضوية بقابلية تعديل بنيتها الكيميائية، مما يسمح بالحصول على مجال واسع لكمون الأكسدة والإرجاع لهذه المواد. فمثلاً يمكن زيادة كمن الأكسدة-إرجاع للجزيئات العضوية بإضافة مجموعات ساحبة للإلكترونات مثل الكيتون، والهيدروكسيل، والكربوكسيل. كما يمكن خفضه بإضافة مجموعات مانحة للإلكترونات مثل الجذور الإلكيلية، والإلكوكسيلية، والأمينات الثانوية.

يقدم تطوير بطاريات التدفق العضوية المائية اتجاهاً جديداً وواعدة لتكنولوجيا تخزين منخفضة التكلفة. إلا أن هذه التكنولوجيا لاتزال في مراحلها الأولية، ولتحسين هذه البطاريات من أجل التطبيقات الثابتة ووسائل النقل، لا بد من التغلب على التحديات التي تواجهها.

في المراحل الأولى لتطوير بطاريات التدفق العضوية، استعمل مركب الأنتراكينون في الجانب السالب للبطارية الحمضية، واستعمل البرومين في الجانب الآخر. لقد أدى ذلك إلى انخفاض ملحوظ في التكلفة الكلية للبطارية، إلا أن استعمال البرومين السام منع استعمال البطارية في المنازل.

بطارية تدفق محاكية لعملية التركيب الضوئي



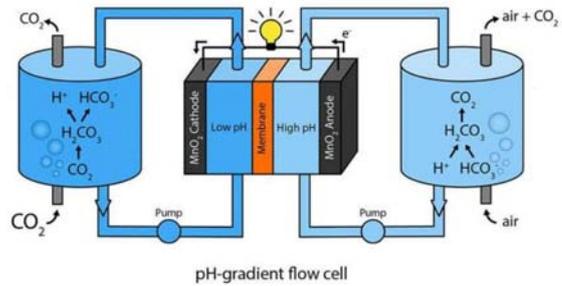
نموذج أولي للسيارة الكهربائية المشغلة ببطاريات التدفق

تعد البطاريات الجيدة عنصراً مهماً في إظهار إمكانيات الطاقة المتجددة، وظهر ذلك جلياً في افتتاح العديد من محطات الطاقة المعتمدة على هذه التكنولوجيا في كثير من دول العالم. لعل أولها محطة باور باك في كاليفورنيا، حيث ساعدت ميزات البطاريات في تخفيف عبء الطلب على الشبكة الرئيسية في أوقات الذروة. ونذكر هنا مشروع جزيرة الملك في أستراليا الذي انطلق في عام 2003 كإضافة لمحطة الرياح، ويضم بطارية فاناديوم بطاقة 800 كيلو واط ساعي، وسعة تخزين 200 كيلو واط في خزانات من البلاستيك تصل سعتها لـ 68000 لتر. فضلاً عن مشروع المحطة الريحية لونج يان الذي انطلق نهاية عام 2012، ويضم بطارية فاناديوم بطاقة 10 ميغا واط ساعي، وسعة تخزين 5 ميغا واط، وغيرها من المحطات حول العالم. وبشكل عام، يقود أي تحسين في قدرة البطاريات إلى تقليل استعمال الوقود الأحفوري، ويخفف من اعتمادنا على مصادر الطاقة المسببة لتلوث البيئة.



أحد أنظمة تخزين الطاقة باستعمال بطاريات التدفق لشركة سوميتومو

يجري العمل في جامعة ولاية بنسلفانيا على تطوير بطارية تدفق تحول غاز ثنائي أكسيد الكربون إلى طاقة. ويرتكز مبدأ عمل البطارية الجديدة على إضافة بيكربونات الصوديوم ومحلول مائي في أحد الخزانين، وإذابة غاز ثنائي أكسيد الكربون بين إلكترونات أكسيد المنغنيز في الوعاء الآخر. يؤدي ذلك إلى زيادة تركيز أيونات الهيدروجين في الوعاء الثاني، وينتج التيار الكهربائي عن اختلاف درجة الحموضة (تركيز أيونات الهيدروجين) بين طرفي غشاء الفصل. ويكفي لإعادة شحن البطارية مجرد تبديل تدفق المحلول بين الخزانين. أظهرت الاختبارات إمكانية شحن/تفريغ البطارية لخمسين مرة، وبناتج مستمرة، إلا أن كثافة الطاقة منخفضة، وتحتاج إلى المزيد من الدراسة والبحث لتوفير طريقة مفيدة لتحويل غاز ثنائي أكسيد الكربون إلى طاقة.



بطارية تدفق تدرج درجة الحموضة

إن مثل هذه البطاريات مرشحة للاستعمال ضمن محطات الوقود الأحفوري لتوليد الطاقة وإعادة تدوير غاز ثنائي أكسيد الكربون الصادر عنها، فضلاً عن أنها تساعد في تخفيف مستويات غاز ثنائي أكسيد الكربون في الجو، وتقلل من تأثير البشر على التغير المناخي.

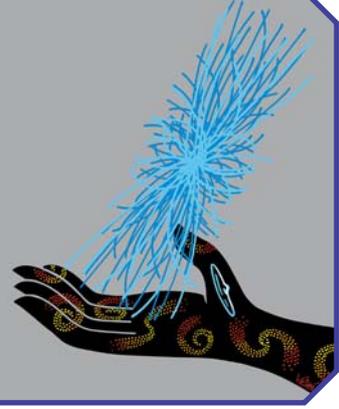
مستقبل بطاريات التدفق

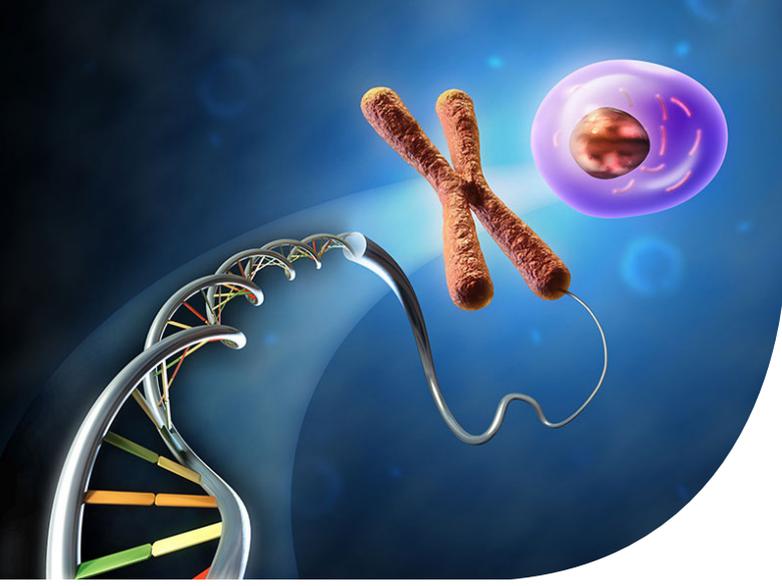
تساعد الابتكارات الجديدة في مجال تخزين الطاقة على التبني المتزايد لمصادر الطاقة المتجددة كخيار استراتيجي. وحسب وزارة الطاقة الأمريكية، فإن تصميم بطاريات بسعر أقل من 100 دولار لكل كيلو واط ساعي، سيزيد من فرص منافسة مصادر الطاقة الصديقة للبيئة كالشمس والرياح لمحطات الطاقة التقليدية. ومن المقترح أن تدخل هذه البطاريات في وسائل النقل، ويجري العمل حالياً على الوصول لتصميم يمكن السيارة من السير لمسافة 300 كم بدون الحاجة لإعادة الشحن.

1. Hongning Chen, Guangtao Cong, Yi-Chun Lu, Recent progress in organic redox flow batteries: active materials, electrolytes and membranes, *Journal of Energy Chemistry*, in Press, 2018. doi:10.1016/j.jechem.2018.02.009
2. Huamin Zhang, Xianfeng Li and Jiujun Zhang (Editors), *Redox Flow Batteries: Fundamental and Applications*, CRC Press, New York, 2018.
3. Álvaro Cunha, Jorge Martins, Nuno Rodrigues and F. P. Brito, Vanadium redox flow batteries: a technology review, *International Journal of Energy Research*, 2014, doi: 10.1002/er.3260.
4. X. Wei, W. Pan, W. Duan, A. Hollas, Z. Yang, B. Li, Z. Nie, J. Liu, D. Reed, W. Wang, *Materials and Systems for Organic Redox Flow Batteries: Status and Challenges ACS Energy Letters*, 2, 2017, 2187-2204. doi: 10.1021/acseenergylett.7b00650
5. J. Winsberg, T. Hagemann, T. Janoschka, M.D. Hager, U.S. Schubert, *Redox-Flow Batteries: From Metals to Organic Redox-Active Materials*, *Angewandte Chemie International Edition*, 56, 2017, 686-711. doi: 10.1002/anie.201604925.
6. Bo Hu, Christopher Seefeldt, Camden DeBruler and T. Leo Liu, Boosting the energy efficiency and power performance of neutral aqueous organic redox flow batteries, *Journal of Materials Chemistry A*, 2017,5, 22137-22145. doi: 10.1039/C7TA06573F.

أعداد : د. عبد الغفار اللافي، هيئة الطاقة الذرية السورية.

أخبار علمية 2018





أصغر مسعف في العالم

جزيئات قادرة على المشي تسحب جزيء الدنا DNA التالف بعيداً إلى غرفة إسعاف الخلية

تمثيل فني للآلية المسؤولة عن إعادة تموضع مواقع إصلاح الكروماتيدات المتغيرة خلال عملية التأسيس المتجانس. يمشي بروتينالميسين النووي على خيط (سلك) من بروتين الأكتين حاملاً معه الدنا DNA المعطوب من أجل إصلاحه

تظهر دراسة جديدة أجريت في جامعة جنوب كارولينا - دورنسايف أن الخلايا لديها فريق وغرفة الإسعاف الخاصين بها للمساعدة في إصلاح الدنا DNA المعطوب.

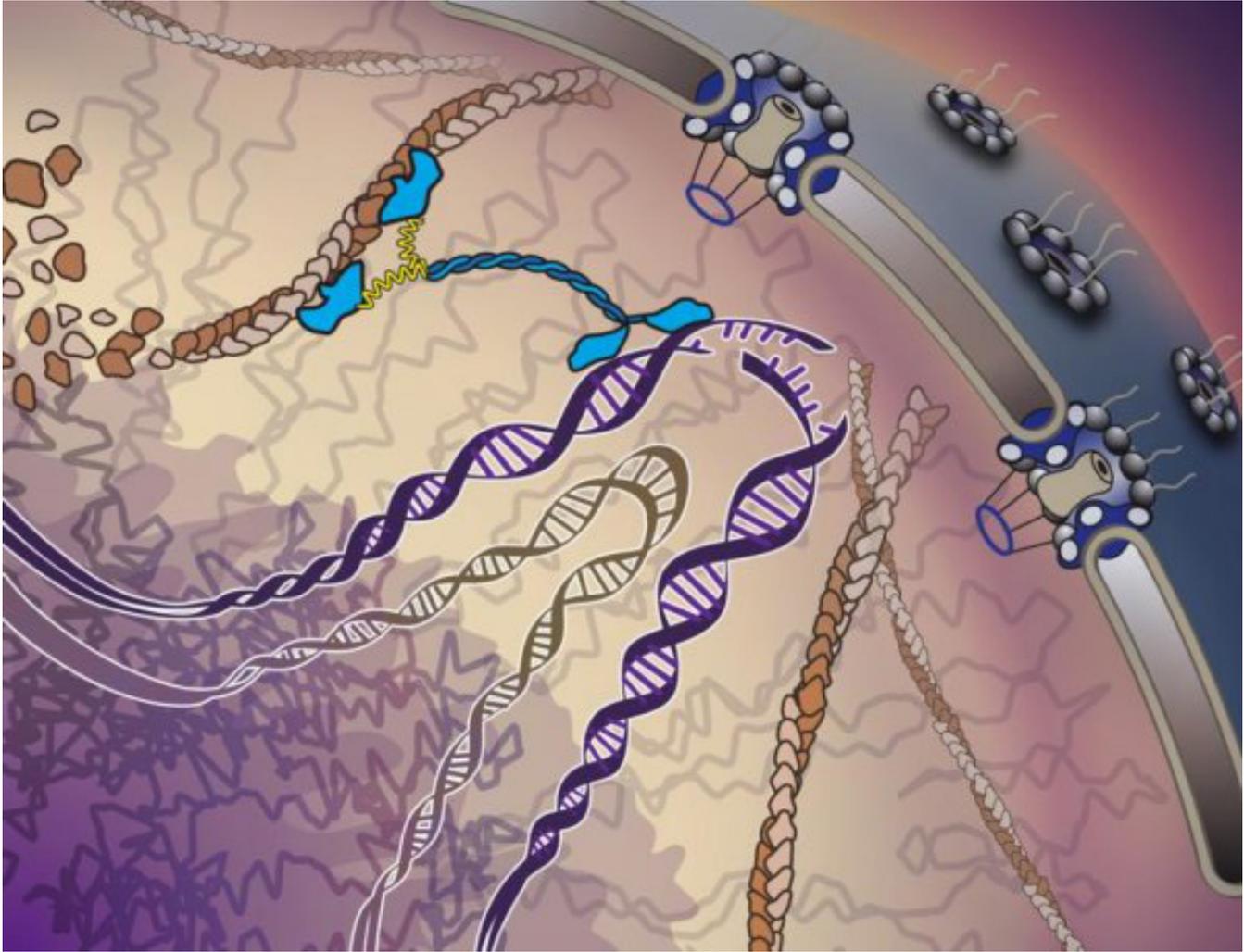
«جاء هذا الكشف في وقت مناسب، إذ أن العلماء كانوا قد تعرفوا على تقانة تحرير الدنا DNA editing بواسطة أنزيم كريسبر- كاس 9 CRISPR-Cas 9 ودوره في علاج الأمراض أو في تطوير المعرفة العلمية في الإنسان، النبات، الحيوانات وامتعضيات أخرى قبل أن يدرسوا بعمق أهمية وتأثير تلف (عطب) الدنا وإصلاحه في عملية التقدم في العمر وحدوث الأمراض، كمرض السرطان مثلاً، تقول آيرين تشيولو غابيلان البروفسور المساعد في العلوم البيولوجية في كلية دورنسايف، جامعة كالورينا الجنوبية والتي سلطت أبحاثها الضوء على هذا الجانب.

في الدراسة التي نشرت في نيتشر Nature تتبع الباحثون الأحداث التي تلي عطب الدنا DNA في خلايا ذبابة الفاكهة وخلايا الفأر وذلك باستعمال معلمات متألقة. لقد شاهدوا كيف تلجأ الخلايا إلى تفعيل استجابة طوارئ من أجل إصلاح جداول الدنا المتكسرة الموجودة ضمن طراز من الدنا شديد التراص يدعى الكروماتين المتغير Heterochromatin.

يشار إلى الكروماتين المتغير heterochromatin بأنه المادة السوداء في الجينوم، وذلك لندرة معرفة الباحثين به، ولكن يبدو أن تخرب الدنا ضمن الكروماتين المتغير يشكل قوة محركة أساسية في تشكل السرطان.

لقد اكتسبت تسلسلات الدنا DNA المتكررة لقب «الدنا الخردة» منذ عشرين سنة. وقد أطلق الباحثون الذين عملوا على فك شيفرة الدنا هذه التسمية على هذه التسلسلات لأنهم ركزوا في البداية على فهم وظائف الجينات كل على حدة.

بعدئذ، أظهرت الدراسات أن تسلسلات الدنا المتكررة هي في الحقيقة ضرورية لفعاليات عديدة تجري داخل نواة الخلية، كما تبين وجود ارتباط بين عمليات إصلاحها غير السوية وبين ظهور علائم الشيخوخة والأمراض. والكروماتين المتغير heterochromatin يتكون في غالبه من تسلسلات دنا متكررة، كما أن محتواها المنخفض من الجينات يشكل جزءاً من السبب الذي جعل هذه التسلسلات أقل توصيفاً. ولكن، تؤدي الطفرات غير القابلة للإصلاح في الكروماتين المتغير heterochromatin، في الحقيقة، إلى إعادة ترتيب ضخمة في الكروموزومات تؤثر في الجينوم برمته.



وجد العلماء أنه بعد تكسر جزيئات الدنا DNA، تُحْتُ الخاليا سلسلة من الخيوط، خيوط بروتين الأكتين actin، على التجمع وتشكيل ما يشبه الطريق المؤقت الذي يصل إلى حافة النواة. بعد ذلك يحضر المسعفون - بروتينات تعرف باسم الميوزينات myosins، تنتقل الميوزينات على شكل جزيئات تمشي وذلك لأنها تمتلك اثنتان من الأرجل. تثبتت واحدة من هذه الأرجل في حين تتحرك الثانية. إنها تشبه آلة جزيئية تمشي على خيوط بروتين الأكتين»

تلتقط بروتينات الميوزين الدنا DNA الذي تعرض للأذى، ثم تمشي على طول الطريق المتشكل من خيوط بروتين الأكتين لتصل إلى غرفة الإسعاف، وهي عبارة عن ثقب في محيط النواة

«نحن نعلم من دراستنا السابقة أنه توجد لدى الخلية غرفة إسعاف - وهي الثقب في نواة الخلية حيث تصلح الخلية جداول الدنا المتكسرة. اكتشفنا، الآن، كيف ينتقل الدنا التالف إلى غرفة الإسعاف» قالت تشيولو. «ما نعتقد أنه حاصل هنا هو أن التلف الواقع على الدنا يحرض آلية دفاعية تقوم بسرعة ببناء الطريق، المتشكل من خيوط بروتين الأكتين، وفي نفس الوقت تشغل سيارة الإسعاف، وهي جزيئات الميوزين.»

يخطط الباحثون لإجراء المزيد من الدراسات للبحث في عمليات إصلاح الدنا ضمن الكروماتينات المتغيرة heterochromatin لدى الإنسان، وكذلك عند النباتات والتي تمتلك هيماوكروماتينات متغيرة heterochromatin بهدف تحديد كيفية التي تعمل بها آلية إصلاح معقدة كهذه وكيف تتطور مع مرور الزمن، وما هي جوانب هذه الآليات التي يمكن تبنيها من قبل المتعضيات لتنفيذ وظائف أخرى.

اكتشاف نمط جديد من الاصطناع الضوئي

جرى مؤخراً توثيق اكتشاف لنمط جديد من الاصطناع الضوئوسيجير هذا الاكتشاف من الفهم الحالي للآلية الأساسية التي يقوم عليها الاصطناع الضوئي كما أنه سيوفر أفكاراً جديدة حول هندسة محاصيل أكثر فعالية تستثمر بدورها الأمواج الضوئية الطويلة. قام بهذا الاكتشاف فريق بحثي من جامعة الكلية الملكية في لندن بدعم من الـ BBSRC ومجموعات بحثية من الـ ANU في كانبيرا والـ CNRS في باريس والـ CNR في ميلانو.

تستخدم معظم مجاميع الحياة على الأرض الضوء الأحمر المرئي في عملية الاصطناع الضوئي، إلا أن النمط الجديد المكتشف يستخدم الأشعة الضوئية تحت الحمراء القريبة. لقد تم الكشف عن هذا النمط الجديد عند طيف واسع من الـ cyanobacteria (الطحالب الزرقاء-الخضراء) وذلك خلال نموها تحت ظروف إضاءة تحت-حمراء قريبة ضمن بيئات مظلمة مثل الحوائير البكتيرية (bacterial mats) في الحديقة الوطنية في Yellowstone في الولايات المتحدة الأمريكية وشاطئ الصخرة في أستراليا.

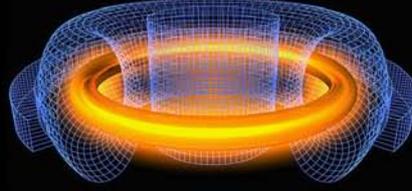
يستخدم النمط الأساسي من الاصطناع الضوئي الصبغة الخضراء، كلوروفيل a، بهدف جمع الضوء واستخدام طاقته لإنتاج الأوكسجين ومركبات بيوكيميائية ضرورية، وبالتالي فإن هذه الصبغة تقوم باستخدام طاقة الضوء الأحمر في عملية الاصطناع الضوئي. هذا وقد تم اعتبار الطاقة الآتية من الضوء الأحمر بمثابة

مستعمرة من الخلايا المشابهة لـ *Chroococciopsis* بحيث تظهر الخلايا التي يتم فيها الاصطناع الضوئي عبر الكلوروفيل a باللون الأرجواني وعبر الكلوروفيل f باللون الأصفر. مصدر الصورة: دينيس نيورينبيرغ لـ *ScienceDaily*.

«الحد الأحمر» لعملية الاصطناع الضوئي، أي أنها الحد الأدنى من الطاقة الضرورية لتنفيذ العمليات الكيميائية الملحة لإنتاج الأوكسجين. ويستخدم الحد الأحمر في بيولوجيا الفضاء للتأكد من احتمال وجود حياة معقدة تتطورت على كواكب في مجموعات شمسية أخرى. إلا أنه عندما تنمو بعض أنواع الـ cyanobacteria تحت أشعة الضوء تحت الحمراء القريبة، يتم إغلاق الأنظمة التي تعمل وفق الصبغة كلوروفيل a ويتم تنشيط أنظمة أخرى تحتوي على الكلوروفيل f. لقد أظهرت دراسات سابقة أن الكلوروفيل f يقوم بحصاد الضوء فقط، إلا أن هذه الدراسة الحديثة بينت أن الكلوروفيل f يلعب دوراً هاماً في الاصطناع الضوئي في الأماكن المظلمة وذلك باستخدام الأشعة الضوئية تحت الحمراء ذات الطاقة المنخفضة لتنفيذ هذه العملية الكيميائية المعقدة، وهو ما يصطلح عليه بالاصطناع الضوئي «ماوراء الحد الأحمر».

يمثل الاصطناع الضوئي المعتمد على صبغة الكلوروفيل f نوعاً ثالثاً من عمليات الاصطناع الضوئي، إلا أنه يستخدم فقط في ظروف مظلمة غنية بالأشعة الضوئية تحت الحمراء. وتُثبت الدراسة الجديدة أن الضرر الضوئي ما بعد الحد الأحمر لا يشكل مشكلة ضمن بيئات مظلمة مستقرة. ويمكن أن تُخدم هذه المفاهيم الجديدة الباحثين العاملين على هندسة المحاصيل وراثياً بهدف الحصول على أداء أكثر فعالية للاصطناع الضوئي من خلال استخدام طيف أوسع من الضوء.

الأستفادة من طاقة الاندماج النووي بحلول ٢٠٣٠



قامت شركة خاصة في مجال الاندماج النووي ولأول مرة بتسخين بلازما من الهيدروجين إلى الدرجة 27 مليون فهرنهايت (15 مليون درجة سلزية، وهي أكثر حرارة من قلب الشمس) في مفاعل جديد. تقول شركة توكاما إنرجي «Tokamak Energy» في المملكة المتحدة إن اختبار البلازما هو علامة فارقة في سعيها لتكون أول شركة في العالم تنتج الكهرباء بشكل تجاري من الطاقة الاندماجية، ربما بحلول عام 2030. وقد أعلنت الشركة، التي سُميت باسم غرفة التفريغ التي تحتوي على تفاعل الاندماج داخل حقول مغناطيسية قوية، عن إنشاء البلازما فائقة التسخين داخل مفاعلها التجريبي ST40 في أوائل حزيران. يعني الاختبار الناجح، وأعلى درجة حرارة للبلازما جرى الوصول إليها حتى الآن من قبل شركة توكاما إنرجي، أنه سيتم الآن إعداد المفاعل في العام القادم لاختبار بلازما أكثر حرارة من 180 مليون درجة فهرنهايت (100 مليون درجة سلزية). سيضع ذلك المفاعل ST40 ضمن درجات حرارة التشغيل اللازمة للاندماج النووي المراقب. كما تخطط الشركة لبناء مفاعل آخر بحلول عام 2025، والذي سيُنتج عدة ميغاواط من الطاقة الاندماجية.

وقال ديفيد كينغهام، المؤسس المشارك لشركة توكاما إنرجي، لموقع لايف ساينس «Live Science»: «لقد كان الأمر مثيراً حقاً. كان من الجيد أن نرى البيانات تأتي، ونستطيع الحصول على البلازما عالية الحرارة - ربما يتجاوز ذلك ما كنا نأمل فيه.»

تعد شركة توكاما إنرجي واحدة من العديد من الشركات الممولة من القطاع الخاص، والتي تتسابق لإنشاء مفاعل اندماجي يعمل على توفير الكهرباء للشبكة، ربما قبل سنوات من العام 2040، الذي يتوقع فيه أن يحقق مشروع مفاعل الاندماج ITER في فرنسا «أول بلازما». وقد يستغرق الأمر عقداً آخرًا بعد ذلك قبل أن يصبح المفاعل التجريبي ITER جاهزاً للاندماج النووي المستدام، وحتى ذلك الحين، لن يُستعمل التفاعل لتوليد أي كهرباء.

نجمة فيجرة

إن الاندماج النووي للهيدروجين لتشكيل عنصر الهليوم الأثقل هو التفاعل النووي الرئيس الذي يحافظ على شمسنا ونجوم أخرى تحترق لبلايين السنين، وهذا هو السبب في أن مفاعل الاندماج يشبه أحياناً «نجم في جرة». يحدث الاندماج النووي أيضاً داخل أسلحة نووية حرارية قوية، تعرف أيضاً باسم القنابل الهيدروجينية، حيث يُسخن الهيدروجين إلى درجات حرارة الاندماج بأجهزة انشطارات البلوتونيوم، مما يؤدي إلى انفجار أقوى بمئات أو آلاف المرات من القنبلة النووية الانشطارية. كما ستمدج مشاريع الاندماج المراقبة على الأرض مثل ITER ومفاعلات توكاما إنرجي وقود الهيدروجين، ولكن عند درجات حرارة أعلى بكثير وضغط أقل من الموجود داخل الشمس.

يقول مؤيدو مفاعل الاندماج النووي أنه يمكن أن يجعل العديد من الطرائق الأخرى لتوليد الكهرباء قديمة، من خلال إنتاج كميات كبيرة من الكهرباء من كميات صغيرة نسبياً من نظائر الهيدروجين الثقيلة كالديوتريوم والتريتيوم، والتي تكون وفيرة نسبياً في مياه البحر العادية. وقال كينغهام: «إن 50 كيلوغراماً [110 رطلاً] من التريتيوم و 33 كيلوغراماً [73 رطلاً] من الديوتريوم يمكن أن تنتج غيغاوات من الكهرباء لمدة عام» في حين أن كمية وقود الهيدروجين الثقيل في المفاعل في أي وقت من الأوقات ستكون قليلة، فقط عدة غرامات. إن هذه الطاقة كافية وسطياً لتزويد أكثر من 700.000 منزلاً أمريكياً، وفقاً لأرقام إدارة معلومات الطاقة الأمريكية.

تعمل محطات الانشطار النووي الحالية على توليد الكهرباء دون انبعاث غازات الدفيئة، ولكن تغذيها العناصر الثقيلة المشعة مثل اليورانيوم والبلوتونيوم، وتخلق نفايات مشعة للغاية يتوجب معالجتها وتخزينها بعناية. من الناحية النظرية، يمكن لمفاعلات الاندماج أن تنتج نفايات مشعة أقل بكثير من مفاعلات الانشطار، كما أن احتياجات الوقود الصغيرة نسبياً تعني أن الانصهار النووي الانهياي، مثل كارثة تشيرنوبيل أو حادثة فوكوشيما سيكون مستحيلاً، وفقاً لمشروع ITER. وعلى الرغم من ذلك، فقد حذر دانيال جاسبي، الباحث المخضرم في دراسات الاندماج، والذي كان فيزيائياً في مختبر برينستون لفيزياء البلازما، من أن مفاعل ITER وغيره من مفاعلات الاندماج المقترحة سيخلق كميات كبيرة من النفايات المشعة.

الطريق إلى الاندماج النووي

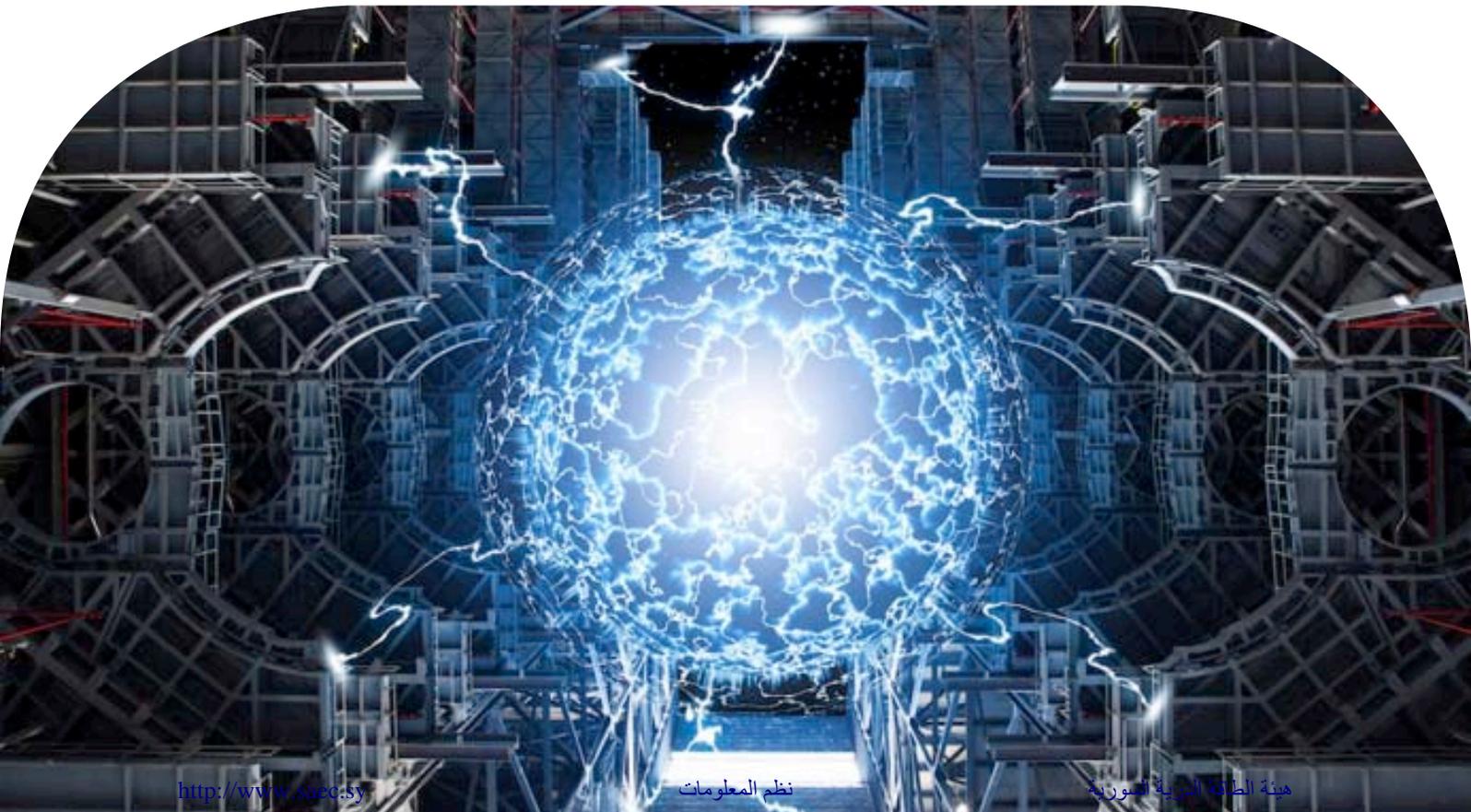
يستعمل المفاعل ST40 والمفاعلات المستقبلية التي تخطط لها توكاماك إرجي تصميم توكاماك كروي مدمج، مع غرفة تفريغ مستديرة تقريباً بدلاً من شكل الدونات الواسع المستعمل في مفاعل ITER، على حد قول كينغهام. وقال أيضاً: إن التقدم الأكثر أهمية كان استعمال مغناطيس فائق التوصيل عالي الحرارة لإنشاء حقول مغناطيسية قوية ضرورية لمنع البلازما فائقة التسخين من إتلاف جدران المفاعل.

تُبرد الكهرومغناطيسات التي يبلغ طولها 7 أقدام (2.1 متر) حول مفاعل توكاماك إرجي بالهليوم السائل للعمل عند الدرجة -423.67 فهرنهايت (-253.15 درجة سلزية). وقال كينغهام إن استعمال المواد المغناطيسية المتطورة أعطى مفاعل توكاماك إرجي ميزة كبيرة على تصميم مفاعل ITER، والذي سيستعمل مغناط كهربائية متعطشة للطاقة، ومبردة إلى بضع درجات فوق الصفر المطلق.

وتشمل الاستثمارات الممولة الأخرى للاندماج على المفاعلات التي يجري تطويرها في شركة جنرال فيوجن General Fusion، ومقرها في كولومبيا البريطانية، وشركة تي إي إي إي Technologies TAE، ومقرها في كاليفورنيا. كما أفادت شركة «أجني إنرجي» Agni Energy، ومقرها واشنطن، عن نجاح تجريبي مبكر مع نهج مختلف للاندماج النووي الخاضع للرقابة، والذي يطلق عليه «الاندماج المستهدف بالحزم»، حسبما أفادت «لايف ساينس» في وقت سابق من شهر حزيران 2018.

ويعد مفاعل الاندماج المتراص compact fusion reactor الذي طوره شركة لوكهيد مارتن Lockheed Martin، الشركة العملاقة في مجال الدفاع والفضاء في الولايات المتحدة، في قسم الهندسة سكونك وركس Skunk Works في كاليفورنيا، أحد مشروعات الاندماج الأكثر تقدماً بتمويل خاص. وتقول الشركة إن مفاعل اندماج بقوة 100 ميغاوات، قادر على تشغيل 100 ألف منزل، يمكن أن يكون صغيراً بما يكفي لوضعه في شاحنة مقطورة، ويتم تحريكه إلى أي مكان يحتاج إليه.

ترجمة: د.عبد الغفار الالافي، هيئة الطاقة الذرية السورية. LIVESCIENCE, June 28, 2018.



إتباع نهج جديد في الحجب قد يؤدي إلى جعل الكائنات غير مرئية من أي اتجاه



نشر باحثون من المعهد الوطني للبحوث العلمية فيمونتريال (INRS) في مجلة أوبتيكا دراسة تشرح بالتفصيل نهجاً جديداً للاختفاء. يطلق على جهازهم عباءة الاختفاء الطيفية، وهو أول جهاز يعالج لون (أو تردد) موجات الضوء التي تتفاعل مع شيء ما، مما يجعله غير مرئي. وقال مؤلف الدراسة خوسيه أزانو في نشرة صحفية «إن عملنا يمثل طفرة في البحث عن طريقة فعالة للاختفاء».

يتألف الطيف الكهرومغناطيسي، كما هو معروف، من جميع الترددات المختلفة للإشعاع الكهرومغناطيسي، الذي يمثل نوع معين من الطاقة. وتشكل الأشعة السينية وأشعة غاما وترددات الرادار مجالات معينة من هذا الطيف. بينما لا يمكننا رؤية الأشعة السينية، تستطيع أعيننا رؤية نطاق صغير من ترددات الطيف الكهرومغناطيسي، نسميه الضوء المرئي، وهو مجال يمكن فصله إلى ما نعتبره ألواناً، من البنفسجي في أحد الطرفين إلى الأحمر في الطرف الآخر. تحتوي بعض مصادر الضوء على أكثر من تردد محدد، ولذلك نطلق عليها المصادر ذات النطاق العريض، كضوء الشمس.

وعندما «نرى» شيئاً معيناً، فما نراه حقاً تفاعلات هذه الترددات الضوئية مع ذلك الشيء. وعندما يسقط ضوء الشمس على سيارة زرقاء، تعكس السيارة تردد الضوء الأزرق، وتمتص جميع ترددات الألوان الأخرى. وترى أعيننا الضوء الأزرق المنعكس، ما يسمح لنا برؤية السيارة الزرقاء.

ويستفيد جهاز الإخفاء الذي طوره الباحثون من هذه الظاهرة، حيث يضعون جسماً يعكس الضوء الأخضر فحسب، ولجعله غير مرئي للعين البشرية، يستعمل الباحثون مرشحاً خاصاً لإزاحة تردد الضوء الأخضر في الطيف العريض الذي يضيء الجسم بشكل مؤقت إلى اللون الأزرق، ثم يستعملون مرشحاً آخرًا لإعادة تلك الترددات إلى اللون الأخضر على الجانب الآخر للجسم، وهكذا لا تستطيع العين البشرية رؤيته.

خطوة أخرى إلى الأمام

يعمل جهاز الإخفاء اليوم من اتجاه واحد فقط، إذ يجب أن يتبع نظر المشاهدين مسار الضوء بالنظر إلى الجسم عبر المرشح الأول. لكن يدعي خوسيه أزانو أن الطريقة يمكنها نظرياً جعل جسم معين غير مرئي من الاتجاهات كلها. في الوقت الحالي، يمكن أن يساعد الجهاز في تأمين الاتصالات التي تستعمل الموجات عريضة النطاق لنقل البيانات. ويمكن لشركات الاتصالات جعل بعض الترددات على طول شبكات أليافها البصرية غير مرئية، ما يمنع الأطراف الخارجية من استعمال ضوء النطاق العريض للتجسس عليها.

ولذلك في حين لا يزال أمامنا طريقتنا قبل أن نتمكن جميعاً من التكيّف مع الرجل الخفي «الحقيقي»، لكننا سنستفيد من هذه التقنية المعقدة في حماية بياناتنا من الاختراق.

ترجمة: د.عبد الغفار اللافي، هيئة الطاقة الذرية السورية. Dubai Future Foundation, June 28, 2018.



نماذج حاسوبية تساعد في تنبؤ استجابة النبات لتحدي الحرارة

يعمل باحثون استراليون على فهم كيفية تأثير موجات الحرارة على القمح حيث يمزجون بيانات المراقبة مع تقنيات حاسوبية. وهذا سوف يسمح بوضع نماذج لفهم كيفية استجابة القمح لظروف معينة.

تؤثر الحرارة في النباتات كما تؤثر في التربة والماء والأحياء الدقيقة المحيطة بها بعدة طرائق. إن معرفة كيف تؤثر كافة هذه العوامل في المحاصيل يمكن أن يساعد المزارعين في حماية نباتاتهم ضد تأثيرات موجات الحرارة.



يمكن أن تؤدي موجات الحرارة بشكل كبير إلى خفض مساحة القمح في المناطق التي يزرع بها ولهذا فإن النمذجة الحاسوبية يمكن أن تساعد في إيجاد استراتيجيات للحد من تأثير الطقس الشديد والتغير المناخي. وهذا يخدم بشكل خاص في الفترات الحساسة أثناء ازهار المحصول وطول امتلاء الحبوب.

القمح محصول عالمي هام حيث وصل إنتاجه إلى 729 مليون طن في العام 2014 ويعد مصدراً رئيساً لتغذية البشر. ويقول الباحثون الاستراليون أن المحافظة على إنتاج مستقر في المستقبل يتطلب إيجاد طرائق لخفض تأثيرات الإجهاد الحراري على النباتات.

أجرى الفريق الاسترالي ثلاثة تجارب. فقد حاولوا الحصول على صورة كاملة للخصائص المختلفة للإجهاد الحراري، مثل التوقيت، والشدة، والمدة الزمنية. حيث اختبروا كيفية استجابة النباتات لموجة حرارية تستمر عدة أيام وفيما إذا أثرت أكثر على النباتات خلال طور الإزهار أم طور امتلاء الحبوب. بينت النتائج أن الحرارة العالية لخمس أيام قبيل ازهار القمح قد خفضت عدد الحبوب على نبات القمح. كذلك أثرت الحرارة العالية خلال فترة نمو الحبوب على حجمها.

وضعت النتائج فيما بعد في برنامج محاكاة حاسوبي. وهذا سمح للباحثين تنبؤ كيف ستتأثر نباتات القمح، خارج نباتات التجربة، بموجات الحرارة. ويقول رئيس الفريق البحثي أن نمذجة المحاصيل سوف تسمح باختبار الاستجابة للبيئة أو المعاملات الزراعية وكيف تتفاعل هذه العوامل مع بعضها. ويتابع رئيس الفريق أن مثلاً جيداً على ذلك يكمن في دراسات التغير المناخي حيث يهتم العلماء باستجابة النبات لمستويات ثاني أكسيد الفحم والحرارة والهطول المطري. حيث تسمح نمذجة المحصول في اختبار توليفة من هذه العوامل على النمو والإنتاج.

وسوف تكون الخطوة التالية، وفقاً لرئيس الفريق، هي اختبار هذه النماذج باستخدام حقول القمح بدلاً من عينات صغيرة من النباتات. والهدف النهائي سيكون تضمين عملهم في نماذج محاصيل أكبر من أجل تحسينهم.

ترجمة : د. بسام الصفدي، هيئة الطاقة الذرية السورية. ScienceDaily, June 20, 2018.



الروبيديوم Rubidium

رمزه	Rb
عدد الذري	37
كتلته الذرية النسبية	85.4678(3)
كثافته	1.532 g·cm ⁻³
درجة الانصهار	39.30 °C
درجة الغليان	688 °C
حالة الأكسدة	1+

الروبيديوم عنصر كيميائي رمزه Rb وعدده الذري 37، وهو عنصر أبيض فضي لامع من مجموعة المعادن القلوية، وكتلته الذرية 85.4678. يكون المعدن العنصري شديد الفعالية، وخصائصه مشابهة لخصائص المعادن القلوية الأخرى، مثل الأكسدة السريعة في الهواء. يكون الروبيديوم الطبيعي على هيئة نظيرين: الروبيديوم-85، وهو الوحيد المستقر، مشكلاً 72% من المعدن، والنظير الثاني، الروبيديوم-87، يشكل 28% من المعدن، وهو مشعٌ قليلاً بعمر نصف قدره 49 مليون سنة، أي أطول من العمر المقدر للكون بأكثر من ثلاث مرات.

أبلغ عن اشتعال الروبيديوم تلقائياً عند تعرضه للهواء. يحتاج الروبيديوم إلى طاقة تأين ضعيفة جداً، أي فقط حوالي 460 كيلو جول لكل جزيء غرامي. يظهر الروبيديوم والبوتاسيوم لونا أرجوانيا متشابهاً جداً في اختبار اللهب، مما يتطلب ضرورة استعمال طرائق المطيافية للتفريق بين العنصرين.

ربما يكون كلوريد الروبيديوم (RbCl) أكثر المركبات استعمالاً، فهو يستعمل في الكيمياء الحيوية لبحث الخلايا على تناول الـ DNA. وبصفته علامة حيوية لسهولة حوله محل البوتاسيوم، فهو يوجد بكميات قليلة فقط في المادة الحية. وهناك مركبات شائعة أخرى للروبيديوم منها هيدروكسيد الروبيديوم (RbOH) المسبب للتآكل، ويشكل مادة الانطلاق لمعظم المركبات الكيميائية الأساسية للروبيديوم، مثل كربونات الروبيديوم (RbCO₃)، المستعملة في العدسات البصرية، وكبريتات النحاس والروبيديوم (Rb₂SO₄·CuSO₄·6H₂O). يتمتع يوديد فضة الروبيديوم (RbAg₂I₃) بأعلى ناقلية بين البلورات المعروفة في درجة الحرارة العادية، وهي خاصة مستثمرة في بطاريات الأفلام الرقيقة وتطبيقات أخرى.

يوجد أكاسيد عديدة للروبيديوم، بما في ذلك أحادي أكسيد الروبيديوم (Rb₂O) و Rb₂O₂ و Rb₃O₂، التي تتشكل عند تعرض الروبيديوم المعدني للهواء، وبوجود كميات زائدة من الأكسجين يعطي الروبيديوم فوق الأكسيد RbO₂.

يشكل الروبيديوم أملاحاً مع الهالوجينات، معطياً كلور الروبيديوم وبروم الروبيديوم ويود الروبيديوم.

اكتشف الكيميائيان روبرت بنزن Robert Bunsen وغوستاف كيرشوف Gustav Kirchhoff عنصر الروبيديوم في العام 1861 بواسطة طريقة مطيافية اللهب المطورة حديثاً آنذاك.

تتمتع مركبات الروبيديوم بتطبيقات كيميائية وإلكترونية متنوعة. يتبخّر معدن الروبيديوم بسهولة، ويتمتع بمجال امتصاص طيفي مريح، مما يجعله هدفاً دائماً في تعامل الليزر مع الذرات.

لا يُعرف الروبيديوم بأنه ضروري لأي من الكائنات الحية. ومع ذلك، يتم التعامل مع أيونات الروبيديوم من قبل الكائنات الحية بطريقة مماثلة لتعاملها مع أيونات البوتاسيوم، حيث تستعمله بنشاط كل من النباتات والخلايا الحيوانية.

خصائصه:

الروبيديوم معدن لين ولدن جداً، ولونه أبيض فضي. يحتل الروبيديوم المرتبة الكهرجائية الثانية بين المعادن القلوية غير المشعة وينصهر في درجة الحرارة العادية. يتفاعل معدن الروبيديوم بعنف مع الماء، شأنه في ذلك شأن المعادن القلوية الأخرى، ويشكل حشوات مع الزئبق وخليط مع الذهب والحديد والسيزيوم والصوديوم والبوتاسيوم، ولكن ليس مع الليثيوم (مع أنهما يقعان في المجموعة نفسها).

وكما هو الحال مع البوتاسيوم (الأقل نشاطاً بقليل) والسيزيوم (الأكثر نشاطاً بقليل)، يكون تفاعل الروبيديوم مع الماء قوياً بما يكفي لإشعال غاز الهيدروجين الذي يحرره، كما

نظائره:

المصدران المتميزان للروبيديوم هما الرسوبيات الغنية بالبلوسيت في كندا والروبيكلين (rubikline) $(Rb,K)AlSi_3O_8$ الموجودة بصفتها ملوثات للبلوسيت في جزيرة ألبا الإيطالية، مع محتوى يساوي 17.5% من الروبيديوم. وكلا هذين الفلزين يشكلان مصدرا للسيريزيوم أيضاً.

إنتاجه

بالرغم من الوفرة الزائدة للروبيديوم في القشرة الأرضية مقارنة مع وفرة السيزيوم، إلا أن التطبيقات المحدودة ونقص الفلز الغني بالروبيديوم يحدان من إنتاج مركبات الروبيديوم إلى ما يصل بين 2 و4 أطنان في السنة. هناك طرائق عديدة لفصل كل من البوتاسيوم والروبيديوم والسيريزيوم. تقود البلورة المجزأة لشب الروبيديوم والسيريزيوم $(Cs,Rb)Al(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ بعد 30 خطوة متعاقبة إلى الحصول على الروبيديوم النقي.

خلال سنوات عدة بين خمسينيات وستينيات القرن الماضي، شكّل إنتاج البوتاسيوم، بوصفه مادة ثانوية لما يسمى الكارب، مصدراً للروبيديوم. يحتوي الكارب على 21% روبيديوم، في حين أن ما تبقى هو من البوتاسيوم وجزء ضعيف من السيزيوم.

قصته

اكتشف الروبيديوم في العام 1861 من قبل بنزن وكيرشوف في ألمانيا، ضمن الفلز ليبيدوليت عبر استعمال المجهر. وبفضل الخطوط الحمراء الساطعة في طيف الإصدار، اختاروا اسماً مشتقاً من الكلمة اللاتينية rubidus، التي تعني الأحمر الغامق.

يوجد الروبيديوم بتركيز أصغري في الـ «ليبيدوليت». عالج هذان المكتشفان كمية 150 كغ من الليبيدوليت الحاوي

0.24% فقط من أكسيد الروبيديوم (Rb_2O) .

يشكل أي من البوتاسيوم والروبيديوم ملحا

غير منحل مع حمض كلور البلاتين، لكن

هذين الملحين يظهران اختلافاً بسيطاً في

الانحلالية في الماء الساخن. وبالتالي،

يمكن الحصول على سداسي كلور بلاتين

الروبيدوسوم (Rb_2PtCl_6) ، الأقل ذوباناً،

عن طريق البلورة المجزأة. وبعد إرجاع

Rb_2PtCl_6 بالهدروجين، أنتجت هذه العملية

0.15 غرام من كلور الروبيديوم لمتابعة الدراسات.

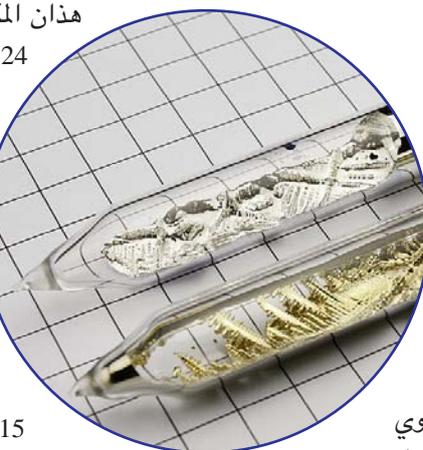
قام المكتشفان بفصل أولى الكميات الكبيرة لمركبات

الروبيديوم والسيريزيوم انطلاقاً من 44000 لتراً من ماء معدني،

فحصوا على 7.3 غرام من كلور السيزيوم و 9.2 غرام من كلور

الروبيديوم. اكتشف الروبيديوم بعد فترة قصيرة من اكتشاف

السيريزيوم بواسطة المطيافية، أي بعد عام فقط من ابتكار هذين



العالمين للمجهر.

على الرغم من النظير الوحيد للروبيديوم، فهو مكون في الطبيعة من نظيرين: النظير المستقر ^{85}Rb بنسبة 72.2% والنظير المشع ^{87}Rb بنسبة 27.8%. يتمتع نظير الروبيديوم الطبيعي المشع بفعالية تقارب 670 بكريل/غرام، وهي كافية لتظهير فيلم تصويري في 110 أيام. وإلى جانب هذين النظيرين، يعرف 24 نظيراً صناعياً للروبيديوم، بأعمار نصف أقل من 3 أشهر، ومعظم هذه النظائر عالية الفعالية الإشعاعية ولها استعمالات قليلة.

يتمتع الروبيديوم-87 بعمر نصف مدته 48.8×10^9 سنة، أي أكبر بثلاث مرات من عمر الكون، مما يجعله نكليداً بدائياً. يحل هذا النظير بسهولة محل البوتاسيوم في الفلزات، وبالتالي فهو واسع الانتشار إلى حد ما. استعمل الروبيديوم بشكل واسع في تأريخ الصخور، ويضمحل ^{87}Rb ليتحول إلى ^{87}Sr عبر إصدار جسيم بيتا سلبي. وخلال بلورة جزئية، يميل Sr ليصبح مركزاً في فلزات متحولة، تاركاً Rb في الطور السائل. وبالتالي فإن نسبة الروبيديوم إلى السترونسيوم في الماغما يمكن أن تزيد مع الزمن. فإذا عرفت كمية السترونسيوم البدئية أو أمكن استقرارها، لا بد من إمكانية تحديد عمر الماغما بواسطة قياس تراكيز الروبيديوم والسترونسيوم من خلال قياس نسبة تركيز ^{87}Sr إلى ^{86}Sr . تحدد المعطيات العمر الحقيقي للفلزات إلا إذا لم يجر تغيير الصخور في وقت لاحق.

يُعدُّ الروبيديوم-82 نظيراً غير طبيعي للعنصر، ويحدث نتيجة اضمحلال بالأسِر الإلكتروني للسترونسيوم-82 بعمر نصف قدره 25.36 يوماً. ويحصل الاضمحلال اللاحق للروبيديوم-82 بعمر نصف 76 ثانية مؤدياً إلى تشكل الكريبتون-82 المستقر بواسطة الإصدار البوزتروني.

وجوده:

يقع الروبيديوم في المرتبة الثالثة والعشرين بين أكثر العناصر وفرة في القشرة الأرضية، ويقرب من وفرة الزنك بل هو أكثر شيوعاً من النحاس. يوجد الروبيديوم في فلزات متعددة (لوسيت leucite وبوليسيت pollucite و كاناليت carnallite وزنوالديت zennwaldite) تحتوي حتى 1% من أكسيده. تحوي بعض فلزات البوتاسيوم وكلور البوتاسيوم هذا العنصر بتراكيز تجارية.

تحتوي مياه البحر على قيمة وسطية للروبيديوم مقدارها 125 ميكروغرام/لتر بالمقارنة مع القيمة العليا للبوتاسيوم (408 ميكروغرام/لتر) ومع القيمة الدنيا للسيريزيوم (0.3 ميكروغرام/لتر).

الحصول على ضوء ليزر ثنائي الصمام رخيص عند الطول الموجي المعني، وتشمل أيضاً درجات الحرارة المعتدلة المطلوبة للحصول على ضغط بخار كبير.

وقد استعمل الروبيديوم لإحداث استقطاب ^3He ، فولد حجوماً من غاز ^3He الممغنط، مع انحياز السبينات النووية للتوجه بمنحى محدد في الفضاء، بدلاً من التوجه العشوائي.

يتم ضخ بخار الروبيديوم بصرياً بواسطة الليزر فيتشكل الروبيديوم المستقطب ^3He من خلال فعل متبادل فائق الدقة. وبعدها أصبحت ذرات ^3He السبينية المستقطبة هذه شائعة في قياسات الاستقطاب النتروني وفي إنتاج حزم نترونية مستقطبة لأغراض أخرى.

يُعدُّ استعمال البنى الفائقة الدقة للسويات الطاقية للروبيديوم شيئاً مدياً في الساعات الذرية، مما يجعل الروبيديوم عنصراً مهماً في التوقيت العالي الدقة، كما يستعمل باعتباره العنصر الرئيس في معايير التواتر الثانوية لتأمين استمرار دقة التواتر في أجهزة إرسال موقع الخلية وأجهزة الإرسال الإلكترونية والشبكات الأخرى ومعدات الاختبار. وغالباً ما تستعمل معايير الروبيديوم هذه في نظام تحديد المواقع لإنتاج معيار تواتر أولي متمتع بدقة أكبر وأقل تكلفة من معايير السيزيوم. وغالباً ما تنتج معايير الروبيديوم هذه بكميات ضخمة لاستعمالها في صناعة الاتصالات السلكية واللاسلكية.

وتشمل الاستعمالات الأخرى المحتملة أو الحالية للروبيديوم وسائل العمل في توربينات البخار، باعتبارها لاقطة في أنابيب التفريغ ومُكوِّنة من العناصر الضوئية. يستعمل الروبيديوم أيضاً بصفته مُكوِّناً في أنواع خاصة من الزجاج، وفي إنتاج فوق الأكسيد عند حرقه بوجود الأكسجين، وفي دراسة قنوات أيون البوتاسيوم في علم الأحياء، وعلى هيئة بخار لتصنيع مقاييس مغناطيسية ذرية. وعلى وجه الخصوص، يستعمل ^{87}Rb حالياً، مع الفلزات القلوية الأخرى، في تطوير مقاييس مغناطيسية خالية من الاسترخاء والتبدل السبيني.

يستعمل الروبيديوم-82 في التصوير الطبقي بالإصدار البوزتروني. الروبيديوم عنصر مشابه جداً للبوتاسيوم لذا سيتراكم الروبيديوم المشع في الأنسجة ذات المحتوى العالي من البوتاسيوم. ويُعدُّ استعماله في تصوير ضخ عضلة القلب أحد الاستعمالات الرئيسية. إن عمر النصف القصير البالغ 76 ثانية يجعله ضرورياً لإنتاج الروبيديوم-82 من اضمحلال السترونسيوم-82 بالقرب من المريض. ونتيجة لتغيرات في حاجز الدماغ الدموي في أورام المخ، يتجمع الروبيديوم في أورام الدماغ أكثر من تجمعه في نسيج الدماغ



استعمل العالمان كلور الروبيديوم فور تصنيعه من أجل تقدير الوزن الذري للعنصر الجديد وصرحاً على أنه 85.36. حاولا توليد الروبيديوم العنصري عن طريق التحلل الكهربائي لكلور الروبيديوم المنصهر، ولكنهما، بدلاً من المعدن، حصلوا على مادة زرقاء متجانسة غير متمتعة بأي مظهر لمادة معدنية، سواء عن طريق الرؤية المجردة أم عن طريق المجهر. فاقترحا بأنها كلور الروبيديوم (Rb_2Cl)، ومع ذلك، ربما كانت المادة عبارة عن خليط غروي من المعدن وكلور الروبيديوم. وفي المحاولة الثانية لإنتاج الروبيديوم المعدني، تمكن بزن من إرجاع الروبيديوم عن طريق تفحيم طرطرات الروبيديوم.

مع أن الروبيديوم المقطر كان تلقائي الاشتعال، كان من الممكن تحديد كثافته ودرجة انصهاره. وبمقارنة نتائج الأبحاث التي أجريت في ستينيات القرن الماضي، يتضح أن الفرق في الكثافة أقل من 1 غ/سم³، وفي نقطة الانصهار أقل من درجة مئوية عن القيم المقبولة في الوقت الحاضر.

تم اكتشاف النشاط الإشعاعي الطفيف للروبيديوم في عام 1908، غير أن ذلك كان قبل تأسيس نظرية النظائر بين العامين 1910 و 1920، كما أن انخفاض النشاط العائد لعمر النصف الطويل الزائد عن 10¹⁰ سنة جعل التفسير معقداً. والاضمحلال عن طريق بيتا المؤكد الآن الذي يحول ^{87}Rb إلى ^{87}Sr مستقر كان لا يزال قيد المناقشة في أواخر أربعينيات القرن الماضي.

لم يتمتع الروبيديوم بأي قيمة صناعية قبل عشرينيات القرن الماضي. ومنذ ذلك الحين، كان الاستعمال الأهم للروبيديوم في مجال الأبحاث والتطوير، وبخاصة في تطبيقات كيميائية وإلكترونية. وفي العام 1995، استعمل الروبيديوم-87 لإنتاج مكثفة بوز-أينشتاين Bose-Einstein condensate، والتي بسببها حصل المكتشفون إريك ألان كورنل Eric Allin Cornell وكارل إدفن ويمنان Carl Edwin Wieman وولفغانغ كيتزل Wolfgang Ketterle على جائزة نوبل للفيزياء في العام 2001.

تطبيقاته

تستعمل مركبات الروبيديوم أحياناً في الألعاب النارية لعرض اللون الأرجواني. كما نظر في استعماله في مولد الكهرباء الحرارية عبر مبدأ الديناميك الهيدروليكي المغناطيسي، حيث تتشكل أيونات الروبيديوم بالحرارة عند درجة عالية وتمر خلال الحقل المغناطيسي. هذا السلوك الكهربائي وفعله المشابه لغلغاف محرك يؤديان لتوليد التيار الكهربائي. يُعدُّ الروبيديوم، وبخاصة ^{87}Rb المتبخر، واحداً من أكثر الاستعمالات شيوعاً للأنواع الذرية المستعملة في تبريد الليزر وتكثيفه بوزة-أينشتاين. تتضمن معالمة المرغوب فيها لهذا التطبيق سهولة

العادية، مما يتيح استعمال نظير الروبيديوم-82 المشع في الطب النووي لتحديد أورام الدماغ وتصويرها.

جرى اختبار تأثير الروبيديوم على الاكتئاب الهوسي والاكتئاب. إذ يظهر مرضى الغسل الكلوي الذين يعانون من الاكتئاب استنزافاً للروبيديوم لذا قد تساعد إضافات منه في تحسين حالة الاكتئاب.

التحذيرات والآثار البيولوجية

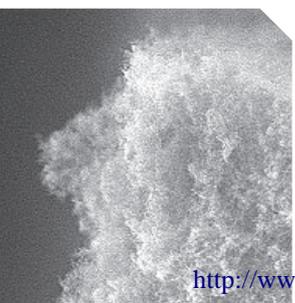
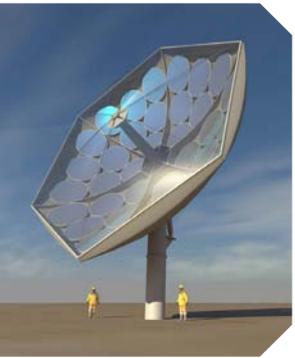
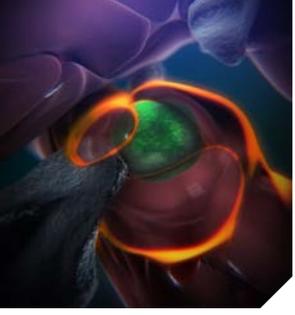
يتفاعل الروبيديوم بعنف مع الماء ويمكن أن يسبب الحرائق. ولضمان نقائه والأمان في استعماله، يحفظ هذا المعدن عادة مغموراً في زيوت معدنية جافة أو في قوارير زجاجية في جو خامل. يشكل الروبيديوم فوق الأكاسيد عند تعرضه حتى لكمية صغيرة من الهواء المنتشرة في الزيت المعدني. لذا فهو يخضع لتحذيرات فوق الأكاسيد مماثلة لحالة تخزين البوتاسيوم المعدني.

مثله مثل البوتاسيوم والصوديوم، يخضع الروبيديوم دائماً لحالة الأكسدة +1 عندما يذوب في الماء، بما في ذلك وجوده في المنظومات الحيوية كافة. يميل جسم الإنسان للتعامل مع أيونات الروبيديوم كما لو كانت أيونات بوتاسيوم، وبذلك يتركز الروبيديوم في السوائل داخل الخلايا في الجسم. لا تُعدُّ أيوناته سامة على وجه الخصوص، فالمحتوى الوسطي لإنسان وزنه 70 كغ هو بحدود 0.36 غرام من الروبيديوم، وإن زيادة بمقدار 50 إلى 100 ضعف لا تظهر آثاراً سلبية لدى الأشخاص الخاضعين للاختبار. يبلغ عمر النصف الحيوي للروبيديوم في الجسم البشري بين 31 و46 يوماً. وعلى الرغم من إمكانية تبديل جزئي للبوتاسيوم بالروبيديوم، فإن الفئران الخاضعة لاستبدال البوتاسيوم بنسبة تتجاوز 50% تتعرض لهلاك العضلات.

موقعه في الجدول الدوري

H																	He														
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne														
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar														
K	Ca	Sc											Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr				
Rb	Sr	Y											Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe				
Cs	Ba	La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra	Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Uut	Uuq	Uup	Uuh	Uus	Uuo
المعادن القلوية		المعادن القلوية الترابية			الفلزات الانتقالية			المعادن الانتقالية			معادن أخرى		أشباه المعادن		لامعادن أخرى		الهالوجينات		الغازات النبيلة												

إعداد: أ.د. عادل حرفوش. دائرة الترجمة والتأليف والنشر.



تقارير علمية

2018

دراسة تأثير البناء النانوي للسطح في الخصائص البنيوية والكهروضوئية لأفلام رقيقة من أكسيد الزنك (ZnO) الموضوعة على زرنيخيد الغاليوم

د. معين سعد، د. منذر ندّاف
قسم الفيزياء، هيئة الطاقة الذرية السورية

ملخص

شُكِّلَ GaAs المسامي عبر التنميش المصعدي لرقائق مصقولةً صقلاً مرّاتياً من GaAs من النوع n في محلولٍ من $\text{HF}:\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}:\text{HCl}:\text{H}_2\text{O}_2:\text{H}_2\text{O}$. جرى توضع أفلام رقيقة من أكسيد التوتياء المطعم بالألمنيوم (AZO) عند درجة حرارة الغرفة على كل من سطح GaAs غير المنمّش (المسطح) والمنمّش بطريقة الرشاشة ببلازما الأمواج الراديوية، وحُدِّت السماكة الاسمية للفلم عند $t = 100 \text{ nm}$. تم توصيف الخصائص البنيوية للأفلام الموضوعة باستعمال انعراج الأشعة السينية (XRD) ومطيافية الإلكترونات الضوئية للأشعة السينية (XPS) ومطيافية التألق الفوتوني (PL)، ومجهر SEM ومطيافية رامان الميكروية، كما جرى توصيف الخصائص الكهربائية عبر قياس وتحليل مميزات التيار-الجهد للبنية تبعاً لشدة الضوء المسقط عليها.

الكلمات المفتاحية: زرنيخيد غاليوم مسامي، فلم أكسيد توتياء، خواص ضوئية، خواص بنيوية، خواص كهربائية.

تحليل الإجهادات الميكانيكية في جدران أبواب الضغط العالي باستخدام طريقة العناصر المنتهية

د. محمد سوقية م. فايز الهابط
قسم الهندسة النووية، هيئة الطاقة الذرية السورية

ملخص

جرى في هذه الدراسة تقدير عددي لتوزيع الانفعالات والإزاحات في جدران تركيبة فولاذية (مكونة من أنبوبين مع كوع قائم) عند تأثر نهايتها بقوة شاقولية مع الأخذ بالحسبان أبعادها الهندسية ولاخطية مادتها وذلك بطريقة FEA-shell باستخدام الكود ALGOR. أظهرت مقارنة نتائج هذا العمل مع نتائج محاكاة سلوك هذه التركيبية باستخدام الكودين ANSYS و ABQUS وجود تطابق جيد بينها.

الكلمات المفتاحية: انفعال، إزاحة، فولاذ، نمذجة، العناصر المنتهية، الكود ALGOR.

طاقة تناظر النواة في مقارنة توماس - فيرمي النسبوية مع وسائط متعلقة بالكثافة

د. سامي حداد
قسم الفيزياء، هيئة الطاقة الذرية السورية

ملخص

تحدد طاقة تناظر النواة بتطبيق تقريب الكثافة الموضعية والتكامل على تابع توزع كثافة النواة المحسوب باستخدام مقارنة توماس - فيرمي النسبوية والمتعلقة بالكثافة. تنخفض طاقة تناظر النواة مع ازدياد التفوق النتروني في النواة، وتؤدي قناة ارتباط متجه الأيزو إلى انخفاض ملحوظ في طاقة تناظر النواة بشكل عام، وينمو مقدار هذا الانخفاض مع ازدياد التفوق النتروني في النواة. تؤدي قناة ارتباط متجه الأيزو إلى ازدياد تكامل طاقة التناظر في النواة ^{40}Ca وانخفاضه في النواة ^{48}Ca ، ويفسر التبادل بين القناتين سلمية الأيزو ومتجهة الأيزو للقوة النووية هذا التباين.

الكلمات المفتاحية: طاقة تناظر النواة، قناة ارتباط متجه الأيزو، تقريب توماس - فيرمي النسبوي، نظائر الرصاص، متساويات النترون $N = 126$ ، نظيري الكالسيوم 40 و 48.

دراسة الخصائص الضوئية اللاخطية

للصباغ العضوي Disperse Blue وحساب طواعيته البصرية اللاخطية

من المرتبة الثالثة باستخدام تقنية المسح وفق المحور Z

د. بسام عباس و د. محمد الشيخ خليل
قسم الفيزياء، هيئة الطاقة الذرية السورية

ملخص

قمنا في هذا البحث بتصميم وتنفيذ تقنية المسح وفق المحور Z لدراسة بعض الخصائص البصرية اللاخطية لمحاليل Disperse Blue1/ Dioxan العضوية ذات التراكيز المختلفة. استخدمت التراكيز المولية التالية: 3.70×10^{-5} ، 7.46×10^{-5} ، 1.12×10^{-4} ، 1.49×10^{-4} ، 1.86×10^{-4} ، 3.73×10^{-4} ، 7.46×10^{-4} . أظهرت النتائج أن معاملي الامتصاص اللاخطي وقرينة الانكسار اللاخطية يزدادان بازدياد التركيز وفق سلوك أسي، ويبلغان حالة من الإشباع في التراكيز العالية. كذلك استنبطت طريقة تجريبية ونظرية جديدة لقياس قرينة انكسار السوائل والعينات الصلبة الشفافة؛ وهي تركز على مقياس مايكلسون التداخلي بنسخة معدلة. أتاحت هذه الطريقة قياس قرينة انكسار السوائل (أو العينات الشفافة) بشكل صحيح وبدقة عالية.

الكلمات المفتاحية: المسح وفق المحور Z، الخفض الضوئي، Disperse Blue 1، الامتصاص اللاخطي، قرينة الانكسار اللاخطية.

دراسة تأثير بلازما الانفراغ تحت الضغط الجوي في مكافحة الآفات الزراعية

د. شريف الحواط، د. جورج سعور، د. أيمن المري
قسم الفيزياء، قسم البيولوجيا الجزيئية والتقانة الحيوية
هيئة الطاقة الذرية السورية

ملخص

جرى تصنيع جهاز البلازما وتركيبه مع ملحقاته، وهو من نوع جهاز بلازما انفراغ الحاجز العازل DBD - Dielectric Barrier Discharge، وفيه تتولد البلازما بين إلكترودين معدنيين مستويين متوازيين ومغطيين بمادة عازلة من نوع Garolyte-7 تحت الضغط الجوي في جو من الهليوم بنسبة 97-99% ومبردين بالماء الجاري من وحدة تبريد خاصة (شيلر)، من أجل بعد بين الإلكترودين قدره 3.6 cm و 1.8 cm بتطبيق جهد عال سعة موجته حوالي 6 kV وتواتره 5 kHz في نظام جريان الغاز المقدر بـ 20 sccm أي 20 سنتيمتر مكعب بالدقيقة. وقيست الجهود المولدة للانفراغ والتيار المار فيه عند نفس الشروط بوساطة مسابر مناسبة، ورأسمة تخزين رقمية من نوع Tektronix (TDS 3054C). وجرى تسجيل طيف الانفراغ باستخدام منظومة مطيافية الإصدار الضوئي FHR 1000، ولقد وجد أن الطيف يقع ضمن مجال الأشعة فوق البنفسجية. تم تعريض سلالتين من الفطور (*Candida albicans* و *Aspergillus niger*)، إضافةً إلى بعض السلالات البكتيرية سالبة الغرام (*Escherichia coli* و *Salmonella typhi* و *Pseudomonas aerogenosa* و *Proteus vulgaris* و *Brucella melitensis*)، وموجبة الغرام (*Staphylococcus aureus* و *Listeria monocytogenes* و *Enterococcus fecalis* و *Streptococcus Hansen*) وأبواغ العسوية الشمعية *Bacillus ceruse* إلى بلازما انفراغ الحاجز العازل DBD لفترة زمنية تتراوح بين 5 دقائق و60 دقيقة عند الشروط المشار إليها. وعرضت أيضاً فراشة حشرة درنات البطاطا وبيوضها وعدادى هذه الفراشة لبلازما انفراغ الحاجز العازل في الهليوم لمدد زمنية تراوحت ما بين 15 دقيقة و 60 دقيقة. وكانت النتائج متفاوتة في كلتا الحالتين حسب نسبة الهليوم والبعد بين القطبين 1.8 cm أو 3.8 cm. و لوحظ وجود تأثير فعال على الكائنات المدروسة، تفاوت حسب طبيعتها (ممانعتها للتأثير المطبق عليها) ومدة التعريض ونسبة الهليوم والبعد بين القطبين.

الكلمات المفتاحية: انفراغ الحاجز العازل، بلازما تحت الضغط الجوي، بلازما غير متوازنة وغير حرارية.

إدارة جودة نظم الحماية المادية الخاصة بالمواد والمنشآت النووية

الدكتور المهندس كمال سكيكر
قسم الخدمات الفنية - هيئة الطاقة الذرية السورية

ملخص

يمثل هذا العمل استعراضاً لمنهجية نمطية لتصميم نظام حماية مادية لمنشأة نووية وما تحتويه من مواد نووية، حيث تتضمن هذه المنهجية تعيين أهداف نظام الحماية، والتصميم الأولي لهذا النظام، وتطويره إذا اقتضت الحاجة. فيتم تعيين أهداف نظام الحماية المادية بجمع المعلومات الخاصة بالمنشأة المراد حمايتها وموقعها من جهة، والفعاليت التي تتم فيها (وصف شامل للمنشأة - حالات التشغيل -

متطلبات الحماية) من جهة ثانية. ثم يوصف الخصم من حيث تصنيفه ومقدرته، والتكتيك الذي سوف يتبعه لتنفيذ مأربه. بعدها، يتم تحديد مواضع الأهداف المراد حمايتها وما قد تتعرض له من تهديدات. ومن الجدير بالذكر أن تحديد كون المواد أهدافاً جذابة للخصم أم لا، يعتمد بشكل رئيس على أهمية هذه المواد وسهولة أو صعوبة الحصول عليها. وبنتيجة إنجاز هذه المرحلة تتضح الرؤية لدى المصمم «ماذا يحمي وضد من يحمي» وبعبارة أخرى «التهديد المتحوط له في التصميم». أما الخطوة التالية فهي تصميم نظام الحماية، ويتم ذلك بتحديد العناصر الرئيسية (أجهزة الاستشعار الخارجية - أجهزة الاستشعار الداخلية - أجهزة الاستشعار في بوابات الدخول - أجهزة التحقق من وجود الخصم والإنذار - وسائل الإعاقة - عناصر التصدي)، ودراسة كيفية ربط هذه العناصر بعضها ببعض بالشكل الأمثل للحصول على نظام قادر على تحقيق وظائفه المطلوبة.

الكلمات المفتاحية: الحماية المادية؛ المنشآت النووية؛ المواد النووية؛ إدارة الجودة.

انتشار الأمواج الضوئية المترابطة في وسط دوري لديه لاختية من الدرجة الثالثة

د. محمد الشيخ خليل، د. بسام عباس

قسم الفيزياء، هيئة الطاقة الذرية السورية

ملخص

درست في هذا البحث بلورات $\text{CaF}_2/\text{TiO}_2$ الفوتونية أحادية البعد (1D-PhCs). استخدم فلورايد الكالسيوم CaF_2 كمادة ذات قرينة انكسار منخفضة، كما استخدم أكسيد التيتانيوم TiO_2 كمادة ذات قرينة انكسار مرتفعة. درس أثر ثخن الطبقات وزاوية الورد وعدد الأدوار على الانعكاسية الطيفية، وذلك باستخدام طريقة تحليل الانتقال المصفوفي (Transfer Matrix Method, TMM). وُجد أنه في مجال واسع للأطوال الموجية، تُظهر الفرجة الطاقية الفوتونية انعكاساً مرتفعاً، والذي يمكن استغلاله في نبائط متنوعة كالمجاوبات البصرية، والمرايا .. الخ. كذلك درس أثر التوزع الغوسي للخطأ في ثخن الطبقات، كما درست البلورة الفوتونية أحادية البعد بعيب لا خطي من المرتبة الثالثة بطريقة الفروق المحدودة، بالإضافة إلى دراسة أمثلة تجويف في البنية البلورية ثنائية البعد من النمط L_3 وذلك باستخدام السليسيوم ذو الثخن $0.55a$ وبأقطار للثقوب قدره $0.25a$. جرى أمثلة هذه البنية باستخدام طريقة الفروق المحدودة FDTD وذلك بتغيير أنصاف أقطار مجموعتين من الثقوب المجاورة للعب L_3 . تم الحصول على أفضل قيمة لمعامل الكفاءة $Q_t = 3.53 \times 10^5$ وذلك من أجل قيم أقطار المجموعة الأولى $R_1 = 0.19a$ وأقطار المجموعة الثانية $R_2 = 0.23a$.

الكلمات المفتاحية: البلورة الفوتونية، البنية متعددة الطبقات، طريقة مصفوفة النقل، البلورة الفوتونية L_3 ، أثر كير.

دراسة الميز الزمني للأطياف الغلغانية الضوئية لبلازما غاز النيون في المجال المرئي

عبدالقادر جزماتي و قتيبة الناعمة و محمد بهاء الصوص
قسم الفيزياء، هيئة الطاقة الذرية السورية

ملخص

دُرس الميز الزمني للإشارات الغلغانية الضوئية للانتقالين $1s_3-2p_7$ ، $1s_4-2p_8$ لذرة النيون ضمن بلازما الانفراغ المستمر. استخدم نموذج معادلات المعدل المكون من أربعة حدود لإجراء الموازنة العددية للإشارات لإيضاح مساهمة كل من السويات $1s_1$ الأربع. قدر عددياً قيم معدل اضمحلال السويات $1s_1$ الأربع. ووجد أن قيمة زمن الحياة الفعال للسوية $1s_2$ تساوي 2 ميكروثانية وتقع ضمن المجال 25-40 ميكرو ثانية للسويات $1s_{3,4,5}$ لكلا الانتقالين حيث تلعب السوية $1s_4$ دور سوية شبه مستقرة في الانفراغ.

الكلمات المفتاحية: غلغاني ضوئي، زمن الحياة الفعال، النيون، خواص البلازما.

بناء منظومة ليزرية صباغية لإثارة ذرات الإيتربيوم

محمد بهاء الصوص و ف. خير المتعب
قسم الفيزياء، هيئة الطاقة الذرية السورية

ملخص

يُعرض هذا التقرير وصفاً لتصميم و بناء ليزر صباغي نبضي مضخوخ بالتوافقية الثانية لليزر Nd:YAG عند طول الموجة 532 nm ليستخدم في مشروع فصل النظائر المستقرة بالليزر. يمكن توليف طول موجة نبضات خرج الليزر الصباغي من 570 nm إلى 585 nm وبدقة طيفية قدرها 0.03 cm^{-1} . جرى بناء الليزر الصباغي وفق ترتيب مجاوب-مضخم، مع مرحلة تضخيم واحدة. جرى دراسة أجزاء الليزر الصباغي وتوصيف الحزمة الليزرية.

الكلمات المفتاحية: ليزر صباغي، مجاوب ليزري، مخطط مجاوب-مضخم.

قابلية الكشف عن الإنقطاعات الدقيقة في وصلات اللحام المنفذة على صفائح من الفولاذ بالتصوير الشعاعي الصناعي وبالتصوير بالأمواج فوق الصوتية ذات الحزم الموجهة

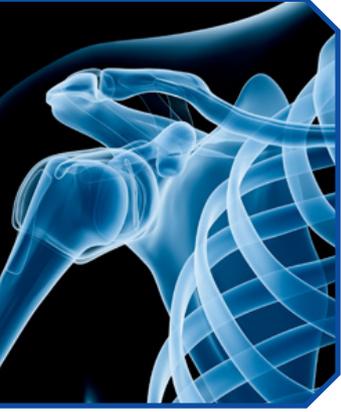
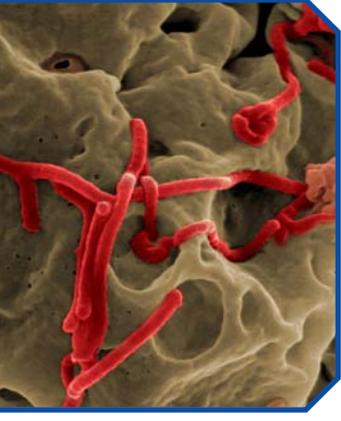
د. وفيق حرارة، م. أحمد الطحان
دائرة الاختبارات اللاإتلافية، قسم الخدمات العلمية

ملخص

أجري البحث لبيان إمكانية تطبيق طريقة الإختبار بالتصوير بالأمواج فوق الصوتية ذات الحزم الموجهة Phased array ultrasonic testing (PAUT) بدلاً عن الإختبار بالتصوير الشعاعي بالأشعة السينية (RT) X-ray radiography testing المطلوبة من قبل العديد من كودات تشييد المنشآت في إختبار الوصلات للحامية المنفذة على صفائح من الفولاذ الكربوني كالكود الأمريكي الخاص في تشييد الجسور ولحامها واختبارها AWS D1.5 Bridge welding code، حيث يؤدي استبدال التصوير الشعاعي بالتصوير بالأمواج فوق الصوتية في الكودات المذكورة إلى تحقيق وفر كبير في كلفة أختبار الوصلات للحامية دون أن يؤدي ذلك إلى خفض في أمان هذه المنشآت.

جرى تطبيق طريقتي التصوير المذكورتين في إختبار أربعة وصلات لحامية منفذة على صفائح من الفولاذ الكربوني وبخانات واقعة في المجال ما بين [mm] (6-35) أدخل في كل منها عيوب صناعية أثناء تنفيذها باللحام بالقوس الكهربائي المحجوب بالكتروود معدني (SMAW). أظهرت عملية المقارنة ما بين الصور الشعاعية الناتجة عن تصوير الوصلات للحامية بالأشعة السينية وباستخدام أفلام تصوير متوسطة السرعة من نوع Kodak AA400 وفقاً لسوية التصوير (A) والمحولة إلى صور رقمية وبين الصور الناتجة عن إختبار العينات نفسها بالأمواج فوق الصوتية ذات الحزم الموجهة. إن التصوير بالأمواج فوق الصوتية ذات الحزم الموجهة قد زاد من المقدرة على كشف العيوب وتحديد مواضعها وأبعادها مما يسمح لهذه التقنية الحديثة في إختبار الوصلات للحامية أن تطبق كبديل عن التصوير الشعاعي بالأشعة السينية في تصوير الوصلات للحامية المنفذة على الفولاذ الكربوني فيما إذا جرى تطبيق بروسيجر إختبار مناسب ينص على مسح جانبي الوصلات للحامية بآن واحد وباستخدام زاحف يقود مسابر المسح المقطعي ذات عناصر فعالة عديدة بالإضافة إلى تطبيق مسح يدوي في إختبار حواف الوصلات للحامية.

الكلمات المفتاحية: تصوير شعاعي، تصوير بالأمواج فوق الصوتية، مسابر مسح مقطعي، مسابر مسح خطي، وصلات لحامية.



ورقات علمية 2018



للحصول على أي مقالة يرجى مراسلة هيئة الطاقة الذرية على العنوان البريدي

Atomic Energy Commission, P.O.Box: 6091, Damascus, Syria

أو على البريد الإلكتروني

Scientific@aec.org.sy

Radiation and annealing effects on integrated bipolar Operational Amplifier

J. A. Assaf

Abstract

Integrated bipolar Operational Amplifier (op-amp) type $\mu\text{A} 741$ was irradiated with neutrons and gamma rays. The radiation on gain factors, slew rate, and power supply current have been evaluated. The experimental results show a decrease of these parameter values after exposing to the radiation. The advantage of the increasing of the voltage power supplies and the thermal annealing treatment on the damaged parameters was also explored. The relationship among different frequency response parameters is also studied leading to an analytical formula for the degraded parameters.

Keywords: Radiation effect, Operational Amplifier, Frequency Response, Thermal annealing.

◀ الورقة منشورة في مجلة: Radiation Physics and Chemistry, 2016

Nonlinear optical investigation of the Tris (2',2'-bipyridyl) iron (II) tetrafluoroborate using z-scan technique

M. D. Zidan , M. M. Al-Ktaifani, A. Allahham

Abstract

Z-scan measurements were performed with a CW diode laser at 635 nm to investigate the nonlinear optical properties of Tris (2',2'-bipyridyl) iron (II) tetrafluoroborate in ethanol at two concentrations. Theoretical fit was carried out to evaluate the nonlinear absorption coefficient (β) and the negative nonlinear refractive index (n_2) for the studied complex. Furthermore, the ground-state absorption cross sections (σ_g), the excited-state absorption cross sections (σ_{ex}) and thermo-optic coefficient were also estimated. The investigations show large NLO response, which is predominantly associated with substantial conjugation between the aromatic ring π -electron system and d-electron set metal center. The obtained results give a strong indication

that tris (2',2-bipyridyl) iron (II) tetrafluoroborate have a potential application in optical domain.

Keywords: *Organometallic complex, Tris(2',2-bipyridyl)iron(II) tetrafluoroborate, z-scan technique.*

◀ الورقة منشورة في مجلة: *Optics & laser technology 90 (2017)*

Optical nonlinearity investigation of the novel organic-inorganic hybrid salt: 1,1'-methylenedipyridinium pentacynidonitroso ferrate (II) pentahydrate using Z-Scan system

M. D. Zidan , M. M. Al-Ktaifani, A. Allahham

Abstract

The organic-inorganic hybrid salt: 1,1'-methylenedipyridinium pentacynidonitrosoferrate (II) pentahydrate is synthesized and characterized by multinuclear NMR, IR and UV-vis spectroscopies and elemental analysis. The third order nonlinear optical properties of the new complex in an aqueous solution have been studied using *z*-scan technique. Measurements were performed for input intensities (I_0) of 437 and 241 W/cm² for the two concentrations with a CW Diode laser at 635 nm wavelength. The nonlinear optical absorption coefficient (β) and nonlinear refraction (n_2) are found at 1.28×10^{-3} cm/W and 10.17×10^{-9} cm²/W, respectively. The overall results suggested that better nonlinearity was observed at a higher concentration of sample. Our results suggest that this material is considered as a promising candidate for future optical device applications.

Keywords: *1,1'-methylenedipyridinium pentacynidonitrosoferrate complex, organic-inorganic hybrid salt, Z-scan technique.*

◀ الورقة منشورة في مجلة: *Acta Physica Polonica (2017)*

Tectonic and geologic influences on soil gas radon emission along the western extension of Damascus fault, Syria

Mohamed Al-hilal and Mohamad K. Abdul-Wahed

Abstract

The main purpose of this work is to demonstrate the possibility of using soil gas radon survey as a promising technique for locating the trend of western extension of Damascus fault, where it is hidden under a cover of Pliocene unconsolidated deposits. The normal level of radon background was established in a stationary area away from the tectonic influence of the fault zone. The sites of radon measurements were chosen according to the accessibility and suitability of the area, besides some indicative geologic and tectonic evidences. A total of 81 radon sampling points were performed and the results revealed some reasonable spatial increases, with peak values of 2–3 times higher than the background level, trending in accordance with what is believed to be the general direction of the fault in the bedrock. However, permeability properties rather than geotectonic activities seemed to be the main causes controlling the variations of radon concentration over the concerned fault zone. Yet, the moderate level of the observed radon values could be attributed to the nature of the prevailing rock types, as well the probable effect of locked tectonic structure due to the action of high regional compressive regime which typically originates such reverse faulting. Further, the accumulation of fill materials due to rock alteration along the plane of such dormant fault, through long geologic time, possibly led to increase the ratio of clay minerals which may affect soil gas mobility through the medium.

Keywords: *Soil gas radon measurements, buried tectonic structure, Damascus fault, Syria.*

◀ الورقة منشورة في مجلة: *Environmental Earth Sciences*

Physical characteristic Changes of Syrian olive (*Olea europaea*) oils during irradiation and storage time

Mahfouz Al-Bachir

Abstract

There is no information available in the literature on the effect of gamma irradiation on the physical properties of olive oils. Therefore, the objective of this study was to determine the effect of γ -irradiation treatment (0, 1, 2 and 3 kGy), storage time of olives (0, 30 and 45 days), and storage time of extracted oils (0, 6 and 12 months) on physical properties of Syrian Kaissy cv olive oil (SKOO). Refractive index (RI), viscosity and color of olive oils were determined, immediately after extraction and after 6 and 12 months of storage. Results showed that the RI (1.4659 ± 0.0002), viscosity (151.67 ± 1.53 mPa s⁻¹), and color parameters (lightness (L*) (71.51 ± 2.06), redness (a*) (14.65 ± 0.91), yellowness (b*) (56.85 ± 3.27) and overall color difference (ΔE) (53.74 ± 3.97) values of olive oil was significantly ($p < 0.05$) changed by γ -irradiation and storage time. In general, the RI of SKOO was significantly ($p < 0.05$) increased by γ -irradiation and decreased by extended storage time. The viscosity values of SKOO were significantly ($p < 0.05$) decreased by γ -irradiation and storage time. Irradiation treatment and storage time increased significantly ($p < 0.05$) the a* and ΔE values, and decreased significantly ($p < 0.05$) the b* of olive oils. The analytical parameters studied of oil extracted from irradiated and non-irradiated fruits were within the limits established by the International Olive Council (IOC, 2015).

Keywords: Olive oil, viscosity, refractive index, color, γ -irradiation.

◀ الورقة منشورة في مجلة: Journal of Food Chemistry & Nanotechnology, Volume 3, 1, 2017

Comparison of fruit characteristics, oil properties and fatty acid composition of local Syrian Kaissy cv olive (*Olea europaea*)

Al-Bachir, M

Abstract

In the present study, the variability caused by gamma rays in chemical and physical proper-

ties of olive oils extracted from whole and flesh of olive (*Olea europaea*) fruits produced in Syria and stored for 12 months at ambient temperature were investigated. Olive fruits were treated with 0, 2 and 3 kGy. The results of the present study indicated that the acid value (AV) (as oleic acid%) of samples ranged from 0.32 to 1.78%, the peroxide value (PV) ranged from 4.79 to 21.19 mEq O₂ kg⁻¹ oil, iodine value (IV) ranged from 81.73 to 91.25 g I₂ 100 g⁻¹ oil, saponification value (SV) ranged from 185.93 to 197.71 mg KOH g⁻¹ oil, thiobarbituric acid (TBA) value ranged from 0.028 to 0.057 mg MDA kg⁻¹ oil, refractive index ranged 1.4642 to 1.4691 nD at 25 °C, viscosity ranged from 126.33 to 162.00 mPa.s⁻¹, and total phenolic ranged from 42.73 to 339.52 mg gallic acid kg⁻¹ oil. The present study demonstrated that the effect of gamma irradiation on the quality properties of Syrian olive oil (SOO) was minimized. The results showed gradual loss of quality during storage in oil extracted from irradiated and non-irradiated olive fruits.

Keywords: Olive oil; Syria, Kaissy cultivar, Chemical properties, Physical properties.

◀ الورقة منشورة في مجلة: *Food Measurements and Characterization*, (2017).

Optical nonlinearities of tetracarbonyl-chromium triphenyl phosphine complex

M. D. Zidan , A.W. Allaaf, A. Allahham, A. Alzir

Abstract

Organometallic compounds have been attracted several research groups due to their large 3rd susceptibility. The results have encouraged the researchers to use the organometallic in optical devices, such as human eyes and optical sensors protection from high power laser pulses. In organometallic compounds, the d electrons of the transition metal would interact with the organic ligand (π -electron). In such metal- ligand system, electrons are free to move and the nonlinear optical (NLO) phenomena come from the interaction between high intensity light and electrons within the molecular units, getting large nonlinear optical effects. The z-scan technique was employed to resolve the contribution of both refractive and absorptive parts of the nonlinearity of different materials, such as: the chalcones, hydroxyquinolinium derivatives, fullerenes, carbon nanotubes, polyaniline, benzodifuran, alkynyl-ruthenium complexes, TiO₂ / polymorphs

and TiO_2 / silica glass.

The present paper reports on the synthesis, characterizations and 3rd nonlinear optical study of the tetra carbonyl chromium-triphenylphosphine $[\text{Cr}(\text{CO})_4(\text{PPh}_3)_2]$ in dichloromethane. It should be mention that the $\text{Cr}(\text{CO})_4(\text{PPh}_3)_2$ has not been investigated before.

Keywords: *Tetra carbonyl- chromium triphenyl phosphine, Z-scan technique, nonlinear optical materials.*

◀ الورقة منشورة في مجلة: *Chin. Phys. B Vol. 26, No. 4 (2017) 044205*

Revealing the role of the native oxide and the surface roughness in the visible luminescence of Ge epitaxial films

M.A. Alzir, S. Saloum, B. Al-khaled, S. Abou Shaker

Abstract

We report here the first observation of a visible luminescence from planar, relaxed germanium films epitaxially grown on silicon (001) wafers. Even the as-grown films exhibit a bright blue-green (2.4 eV) emission at room temperature. The Ge surface was subsequently etched in RF SF_6 remote plasma in order to form Ge nanodots. The photoluminescence measurements of the etched surface reveal an additional emission at 2.8 eV. We combine morphological characterizations with photoluminescence (PL) and X-ray photoelectron spectroscopy (XPS) analysis to explain the origin of the observed visible luminescence. The measured emissions did not show an excitonic behavior expected for quantum confined carriers in the nanostructures. It is found that the defects in the GeO_2 layer natively formed on the Ge surface are responsible for the blue-green emission of the films before and after the etching process. For the etched surface, the role of the interface Ge/ GeO_2 defects in the blue emission (2.8 eV) will also be discussed.

Keywords: *Germanium, Epitaxial growth, SF6 Plasma etching, defects-related photoluminescence*

◀ الورقة منشورة في مجلة: *Surface Science, V. 659, p. 5-8 (2017)*

MAA Kit

For the preparation
of ^{99m}Tc -MAA injection



Description:

The kit comprises of five vials; each contains a lyophilized sterile, pyrogen-free inactive preparation sealed under pure nitrogen gas.

Indications and Usage:

^{99m}Tc -MAA kit is useful in pulmonary perfusion studies for:

- Pulmonary embolism and infarction.
- Chronic obstructive pulmonary disease.
- Regional ventilation defects.
- Emphysema.

من منتجات هيئة الطاقة الذرية السورية