



عالم الذرة

الماء وقود المستقبل

الطرائق النووية في تأريخ القطع
والمواقع الأثرية

تقنيات التحليل بالحزم الأيونية
مميزاتها وأفاق تطبيقاتها

المصابيح الكهربائية: أنواعها
وآلية عملها



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. ناديا حيدر

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

55

أخبار علمية

الفائز بجائزة نوبل
الليزر يمكن أن يدمر النفايات النووية

55

كبح ناجح للبعوض باستعمال
تقنية الذكور العقيمة

56

الباحثون يتمكنون، أخيراً،
من التعديل الوراثي لدنا الميتوكوندريا كوسيلة
لضمان التنوع الوراثي للمحاصيل

57

لماذا الألعاب النارية الزرقاء
نادرة جداً؟

58

ما هو مصادم هادرون الكبير
(LHC)؟

59

نافذة على عناصر الجدول الدوري:

الباريوم 60

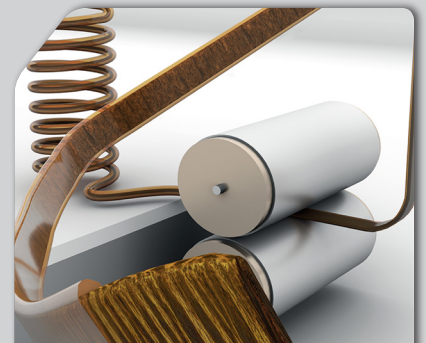
65

ورقات علمية

74

تقارير علمية

مقالات



قواعد النشر في مجلة عالم الذرة

شروط النشر

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

شروط الإعداد

- أ يفضل أن يكون عنوان المقال مقتضباً ومعبراً عن المضمون.
- أ يلي ذلك ملخص، لا يتجاوز مئة وخمسين كلمة، باللغة العربية وملخص باللغة الإنجليزية، على صفتين منفصلتين.
- أ 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.
- أ الجدول: يكتب عنوان الجدول فوق الجدول ويعطى رقماً متسلسلاً. تشرح الرموز الواردة في الجدول إذا لم يرد ذلك في متن النص.
- أ 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.
- أ يُشار إلى الحواشي، إن وجدت، بإشارات دالة (*، *، *...) في الصفحة ذاتها.
- أ المراجع: توضع المراجع إذا كانت موجودة آخر النص. ويتم إعدادها في قائمة على النحو التالي:

الأوراق العلمية:

- ▶ Lodhi MA, Ye GN, Weeden NF et al. (1994). A simple and efficient method for DNA extraction from grapevine cultivars and Vitis species. Plant Molecular Biology Reporter 12(1): 6-13.

الكتب:

- ▶ Feldman M (1976). Wheats. In: Simmonds NW (ed.) Evolution of Crop Plants. Longman, London.
- ▶ Haider N (2011). Identification of plant species using traditional and molecular-based methods, pp. 162-. In: Wild Plants: Identification, Uses and Conservation (ed. Davis RE), Nova Science Publishers, Inc., New York, USA.

أطروحات:

- ▶ Haider N (2003). Development and Use of Universal Primers in Plants. PhD thesis. The University of Reading, Reading, UK.

مراجع الانترنت:

- ▶ Beauchamp FJC (2016). The history and origin of coffee. Available at: www.fjcollao.com/documents/HistoryOfCoffee.pdf (accessed 25 June 2019).

- أ تراعى في كتابة النص على الحاسوب إرشادات التنضيد حول علامات الترقيم والحالات الأخرى الواردة في المجلة والموجودة على موقع مجلة عالم الذرة.
- أ يذكر مرة واحدة في المقال، المقابل الأجنبي للمصطلح العربي.
- أ تستخدم وحدات قياس الجملة الدولية (SI) في القياس.
- أ 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 29.7×21 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. و تلتزم 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 بالعاملين في أقسام الهيئة ودوائرها ومكاتبها المختلفة التقيّد 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 الفرن 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 وتوخيّاً منّا للإخراج المتناسق والموحد فإننا نأمل التقيّد بالملاحظات التالية المتعلقة بقواعد كتابة العلامات المدرجة أدناه:

البند الأول

علامات الترقيم: النقطة (.)، الفاصلة (،)، الفاصلة المنقوطة (:)، النقطتان (:)، علامة الاستفهام (?)، علامة التعجب (!)، النقاط المتتالية (...)، علامة الاعتراض (...-)، علامة الاقتباس ("...")، الواصلة الصغيرة (-)، الأقواس ({}، []، ()، الشرطه 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 رضاء 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 (:): توضعان 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 الألم 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 داخلة بين شيئين متلازمين من الجملة كالفعل والفاعل أو الفعل والمفعول به، أو المبتدأ والخبر، أو المتعاطفين.

- مثال: إن المؤتمر الدولي -الجيل الرابع من المفاعات- 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 أجب) 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.

الشَّرْطَةُ المائِلة (/): 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:

superconductivity، Syria). 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: حُدِّدَت 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.

الماء وقود المستقبل

حقائق عن غاز براون وغاز الأوكسي هيدروجين وغاز الهيدروجين

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

يُعدّ الماء (الشكل أ) أساس وجود الحياة واستمرارها على كوكب الأرض، ودون الماء لا حضارة ولا تقدّم ولا ازدهار. كما يعد الماء ناقلاً مهماً للطاقة؛ فهو القوة المحركة الطبيعية لعنفات توليد الطاقة الكهربائية في معظم بلاد العالم (الطاقة المائية والسدود). ويمكن فصل الماء إلى أنواع مختلفة التركيب من الوقود الغازي أهمها من حيث الجدوى الاقتصادية والبيئية: غاز براون *Brow gas*، وغاز الأوكسي هيدروجين *HHO*، وغاز الهيدروجين H_2 . أستعرض في هذا المقال طرائق إنتاج الوقود من الماء ومزايا الخليط الغازي الناتج وتطبيقاته الواعدة بديلاً نظيفاً لطاقة لا تنضب.





الشكل 1. جزيئة الماء.

مقدمة

وفقاً للهيئة الحكومية الدولية المعنية بالتغيرات المناخية 2007، IPCC فإن القلق العالمي في تزايد كبير حول ارتفاع مستويات انبعاث غاز ثنائي أكسيد الكربون وتأثيره السلبي على البيئة. ولعل السبب الرئيسي في هذا الارتفاع هو ازدياد الطلب العالمي على الطاقة، فعلى سبيل المثال في عام 1973 بلغ الطلب العالمي للطاقة 6128 مليون طن من النفط، وتضاعف الطلب إلى 11435 مليون طن في عام 2005، ومن المتوقع أن يبلغ الطلب العالمي ذروته في عام 2030 حوالي 17100 مليون طن حسب إحصائيات وكالة الطاقة العالمية IEA (2015). وفي العام 2016، تسببت وسائل النقل بأكثر من ربع انبعاثات غازات الاحتباس الحراري في الولايات المتحدة الأمريكية؛ وفقاً لوكالة حماية البيئة. لقد جعل ذلك الاستعمالات المحتملة للطاقة الهيدروجينية كوقود للمركبات الهدف الأساسي لكثير من الأبحاث، لأن تخفيض انبعاثات غازات الاحتباس الحراري من السيارات والحافلات والشاحنات سيؤدي إلى تراجع كبير في الانبعاثات الكلية. ومع ذلك فإن الحصول على الطاقة من مصادر متجددة أمر لا بد منه، فالعالم في استهلاك متزايد للطاقات المخزونة في باطن الأرض والتي ستنتهي أو على الأقل لن تسد الحاجة العالمية في وقت ليس ببعيد. ولعل ازدياد أسعار المشتقات البترولية دليل واضح على صحة هذه المخاوف العالمية.

الهيدروجين

اكتشف غاز الهيدروجين (الشكل 2) عام 1761 أثناء قيام العالم روبرت بويل بإجراء تفاعلات بين الحديد والحموض المعدنية، وسمي بالهيدروجين من قبل الكيميائي أنطوان لافوازييه. ويعد الهيدروجين من أبسط العناصر التي عرفها الإنسان حيث يتكون من إلكترون واحد وبروتون واحد، ويمثل 30% من كتلة الشمس و 90% من مكونات الكون، ويوجد في ماء المحيطات والأنهار والبحيرات، كما يوجد في أنسجة النباتات والحيوانات. حديثاً، اكتشف العلماء بعض أنواع الطحالب والبكتيريا التي تقوم بإنتاج الهيدروجين إنتاجاً طبيعياً، وتجري الأبحاث حول حث تلك الطحالب على إنتاج كميات أكبر من الهيدروجين. ويحتل الهيدروجين الترتيب الثالث من بين أكثر العناصر وفرة على سطح الأرض، ولكنه لا يوجد إلا على شكل مركبات، فهو يرتبط بالكربون ليكون مركبات أخرى مثل البترول والميثان، ويرتبط بالأكسجين فيكون الماء.



الشكل 2. الرمز الكيميائي للهيدروجين في الجدول الدوري.

الهيدروجين طاقة المستقبل

يعد استعمال الهيدروجين واعداداً كمصدر لطاقة نظيفة، إذ ينتج عن احتراقه بخار الماء، لذا فهو غير ملوث للبيئة على الإطلاق. فضلاً عن أنه أكثر كفاءة من الوقود الأحفوري، حيث إن الطاقة التي ينتجها كيلو غرام واحد من الوقود الهيدروجيني النظيف تساوي الطاقة الناتجة عن 2.8 كيلو غرام من وقود الغازولين الأحفوري الملوث للبيئة. ولكن لا بد من تخفيض انبعاث غاز ثنائي أكسيد الكربون عند إنتاج الهيدروجين، وذلك بالبحث عن مصادر نظيفة لإنتاجه. بلغ الإنتاج العالمي من الهيدروجين في عام 2004 حوالي 50 مليون طن ويعادل ذلك حوالي 170 مليون طن من النفط. ويزداد الإنتاج العالمي للهيدروجين بنسبة 10% سنوياً، وبلغت قيمة الإنتاج في عام 2005 حوالي 150 بليون دولار. لا تعد محاولات إنتاج الوقود الهيدروجيني أمراً جديداً، وكان من المفترض أن تكون خلايا الوقود الهيدروجيني أهم اختراع في العصر الحديث. وقد بلغ الحديث عنها ذروته خلال أزمة الغاز في سبعينيات القرن الماضي لتكون مصدراً للطاقة النظيفة لتشغيل السيارات والمحطات الكهربائية، لكننا لم نصل إلى هذه المرحلة لأن إنتاج الهيدروجين مكلف جداً. ونتيجة لذلك، اقتصر الوقود الهيدروجيني غالباً على المختبرات، مع محاولات لاستعماله في مركبات ومولدات احتياطية تعمل بالطاقة الهيدروجينية. لذا ما انفك الباحثون يتطلعون إلى وقود الهيدروجين لعقود، ولكنهم ببساطة لم يجدوا طريقة لإنتاجه بكفاءة وفعالية عالية. تعود صعوبة إنتاج الهيدروجين إلى ندرة وجوده وحده في الطبيعة، مما يخلق الحاجة لعزله من خلال تفكيك المركبات المحتوية عليه. ويعتمد توليد الهيدروجين على التحليل الحراري لعدة مصادر منها الغاز الطبيعي وينتج عنه 48% من الهيدروجين عالمياً، والنفط الذي يسهم بـ 30%، والفحم بـ 18%. كما يسهم التحليل الكهربائي للماء بـ 4% من الإنتاج العالمي للهيدروجين. تعاني الطرائق السابقة من ارتفاع تكلفتها فضلاً عن انبعاث غاز ثنائي أكسيد الكربون عند التحليل الحراري للغاز والنفط واعتمادها على مصادر غير متجددة.

غاز براون وغاز الأكسي هيدروجين

تعود الدراسات المتعلقة بالتحليل الكهربائي للماء وفصله إلى الهيدروجين والأكسجين إلى القرن التاسع عشر. وحديثاً تركزت الجهود البحثية لفصل الماء إلى خليط من غازي الهيدروجين والأكسجين، حيث بدأت هذه الدراسات من قبل الباحث يول براون Y. Brown عام 1977 بواسطة جهاز يعرف عموماً بالمحلل الكهربائي electrolyzer، ويعرف الغاز الناتج بـ غاز براون Brown gas. ووفقاً لبراءات الاختراع المسجلة والأدبيات العلمية الكثيرة في هذا المجال، يمكن تعريف غاز براون بأنه غاز قابل للاحتراق مؤلف من غازي الهيدروجين والأكسجين بنسبة ستوكيومترية $\frac{2}{3}$ (66.66% حجماً) من الهيدروجين و $\frac{1}{3}$ (33.33% حجماً) من الأكسجين. وفي عام 2006 قام الفيزيائي سانتيلى R.M. Santilli بعرض نتائجه البحثية حول القياسات المستقلة والمتعددة لخليط جديد من الهيدروجين والأكسجين سماه الباحث بـ غاز الأكسي هيدروجين HHO، وقد سجلت النتائج ببراءة اختراع لشركة تطبيقات تكنولوجيا الهيدروجين الأمريكية. يمكن إنتاج الغاز الجديد HHO بنوع جديد من المحلات الكهربائية، ولكن تكوينه الكيميائي مختلف اختلافاً واضحاً عن غاز براون على الرغم من اشتراك كل من الغازين ببعض الخواص العامة؛ فكلاهما عديم اللون والرائحة وأخف من الهواء وقابل للاحتراق. أما الفروقات الجوهرية بين الغازين فتتلخص بما يلي:

- 1 كفاءة المحلل الكهربائي لإنتاج الغاز: تعرف الكفاءة هنا بأنها النسبة بين حجم الغاز المتولد والطاقة بالواط اللازمة لإنتاجه. يقوم المحلل الكهربائي بسرعة بتحويل الماء إلى 1.56 متر مكعب من غاز HHO عند ضغط 2.38 جو بتوظيف 5 كيلو واط. وهذه الكفاءة في الحقيقة هي على الأقل عشرة أضعاف الكفاءة الموافقة لتبخير الماء، مما يسمح بتكلفة إنتاج منخفضة.
- 2 لا يتبع غاز HHO القانون العام للغازات الذي يربط الضغط والحجم والحرارة للغازات ذات التركيب الجزيئي التقليدي، حيث أن هذا الغاز يستعيد الحصول على حالة الماء السائل تحت ضغط من مرتبة 10.2 جو، في حين تكتسب الغازات التقليدية الحالة السائلة عند ضغوط أكبر بشكل ملحوظ. ويشير ذلك إلى أن هذا الغاز لا يمتلك البنية الجزيئية التقليدية، وهي البنية التي تكون فيها الرابطة من النوع التشاركي بشكل كامل.
- 3 التصاقه الشاذ بالغازات والسوائل والمواد الصلبة، كما أثبت تجريبياً، مما يجعل استعماله فعالاً خصوصاً بوصفه مادة مضافة لتحسين النوعية البيئية لأنواع الوقود الأخرى أو غيرها من التطبيقات. تعد هذه الميزة مستحيلة بشكل واضح للغازات التقليدية

مثل الهيدروجين والأكسجين، مما يؤكد مرة أخرى على التركيب الكيميائي الجديد لغاز HHO.

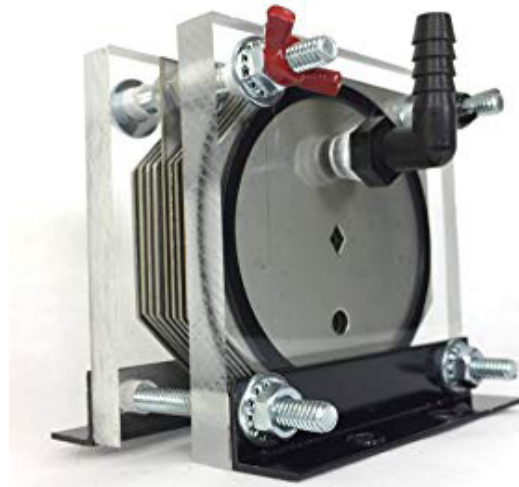
4 يظهر غاز HHO محتوى حرارياً متفاوتاً على نطاق واسع، بدءاً من لهب بارد نسبياً في الهواء الطلق عند حوالي الدرجة 150 سلزيوس، إلى إطلاقات كبيرة من الطاقة الحرارية تبعاً للمادة التي يتم تطبيق الشعلة عليها، مثل الذوبان اللحظي للطوب الذي يتطلب حتى الدرجة 9000 سلزيوس.

5 إن غاز الأكسي هيدروجين سريع الاشتعال والانفجار على سطح الأرض بمجرد وجود أي شرارة كهربائية أو لهب أو أي ارتفاع في درجات الحرارة الجوية. ولكن لا ينفجر غاز الأكسي هيدروجين تحت سطح الماء لذلك يمكن تخزينه بكميات قليلة رغم عدم قابليته للضغط والتخزين في أسطوانات لأن أي ارتفاع في تراكيزه يؤدي إلى انفجاره فوراً. أما غاز براون فهو غاز قابل للتخزين والضغط في أسطوانات على الرغم من عدم الحاجة لتخزينه كونه غازاً ينتج من وقود وافر لا ينضب ألا وهو «الماء» بحيث يتم إنتاجه كلما اقتضت الحاجة إليه.

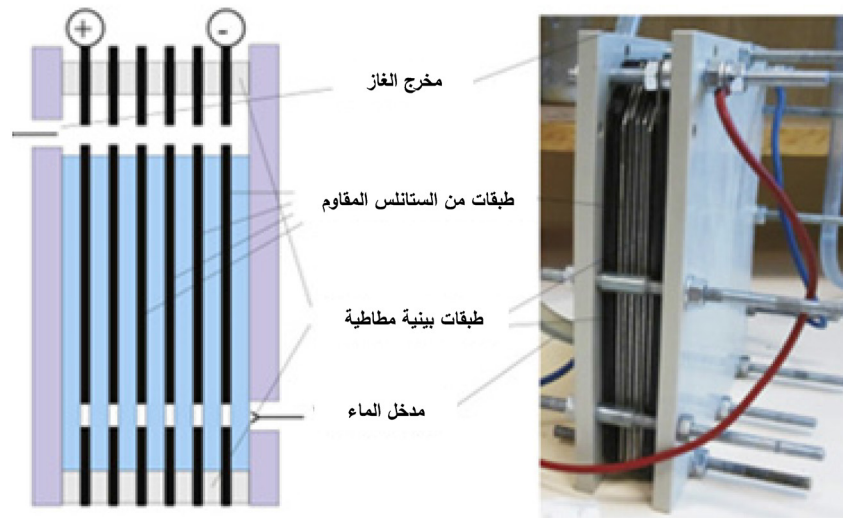
لعل الميزة الأهم في كل من غاز براون وغاز الأكسي هيدروجين هي الإنتاج حسب الطلب، لذا لا حاجة لتخزينهما مثل وقود الهيدروجين، ويمكن استعمالهما في المواقع التي يحظر فيها استعمال الغاز المعبأ بعبوات، ويختلف هذان الغازان عن أنواع الوقود الأحفوري بعدم تطلب احتراقهما لوجود الأكسجين لأنهما يحتويان عليه أساساً، في حين تتطلب أنواع الوقود الأخرى (الهيدروجين والوقود الأحفوري) الأكسجين الجوي لعملية الاحتراق، ومن ثم تتسبب بمشكلة بيئية حقيقية تعرف باستنفاد الأكسجين oxygen depletion. وعليه فإن قابلية غازي HHO وبراون للاحتراق دون أي استنفاد للأكسجين فضلاً عن التكلفة المنخفضة للإنتاج تجعل منهما غازين هامين لاسيما على الصعيد البيئي.

خلايا إنتاج الأكسي هيدروجين

يوجد نوعان من خلايا الأكسي هيدروجين «خلايا جافة وخلايا مائية»، وتعد الخلايا الجافة أكثر النوعين كفاءة، انظر الشكل 3. تتكون الخلية أساساً من عدد معين من طبقات التحليل المصنوعة من مادة الستانلستيل المقاوم للتآكل 316L، وجوانات مطاطية بسمك محدد، وأقطاب كهربائية ناقلة مصنوعة من الستانلستيل المقاوم للتآكل 316L، وطبقات نهائية مصنوعة من مادة البلكسيغلاس وظيفتها العزل وربط بعض طبقات الخلية مع بعضٍ بإحكام، كما في الشكل 4.



الشكل 3. خلية تجارية من النوع الجاف لإنتاج غاز الأكسي هيدروجين.



الشكل 4. مكونات خلية إنتاج غاز الأكسجين هيدروجين.

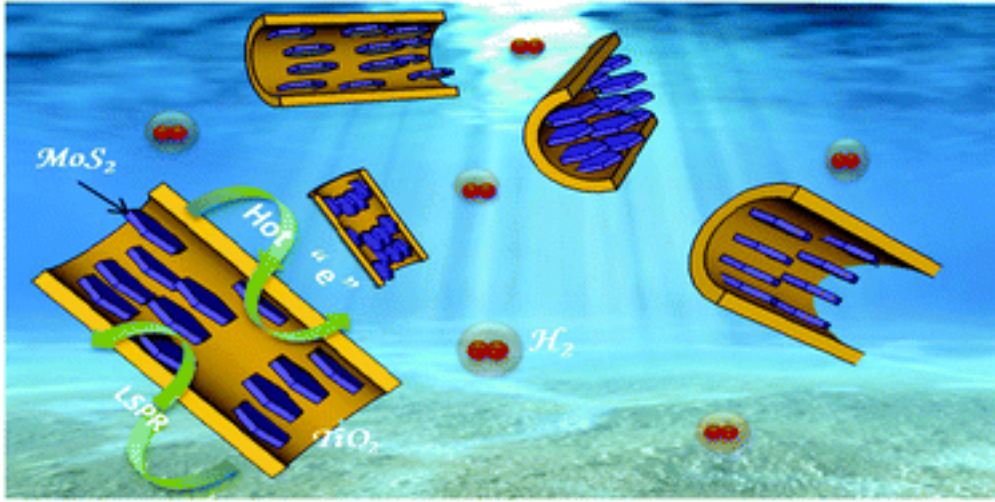
هل يمكن أن يعوض «الهيدروجين» الوقود الأحفوري مستقبلاً؟ التحديات والحلول!

تكمّن مشكلة الهيدروجين في أنه لا يوجد وجوداً طبيعياً على كوكبنا في صورة غاز منفرد، لذا فإن التحدي الأساسي أمام استعماله وقوداً يتمثل في كيفية استخلاصه من تلك المركبات التي يوجد بها، كما تتسم الطرائق الحالية لاستخلاصه بعدم جدواها الاقتصادية والبيئية أيضاً؛ إذ يُستخلص من المركبات الهيدروكربونية -على رأسها الغاز الطبيعي- عبر طريقة تسمى «إعادة التشكيل»، كما يُستخلص من الماء باستعمال «التحليل الكهربائي»، وهو ما يستهلك كميات كبيرة للغاية من الطاقة الكهربائية حيث تسهم الكهرباء بـ 80% من تكلفة إنتاج الهيدروجين، مما يقلل من جدوى هذه الطرق. وتتلخص أهم الحلول المقترحة لمشكلة إنتاج الهيدروجين كما يلي:

وقود الهيدروجين من مصادر متجددة

يمكن استخلاص الهيدروجين من ماء البحر باستعمال «عامل حفاز ضوئي» قام بتطويره «يانج يانج» - الأستاذ المساعد بمركز تكنولوجيا علم النانو وقسم علوم وهندسة المواد بجامعة فلوريدا الوسطى - وفريقه البحثي، كما هو موضح في الشكل 5. إن معظم العوامل الحفازة الضوئية التي جرى تطويرها من قبل يمكنها عمل ذلك باستعمال الماء النقي فقط. مما جعل تطبيق تلك التقنيات على أرض الواقع محدوداً للغاية؛ إذ إن عملية تنقية المياه لتهيئتها لتوليد الوقود الهيدروجيني أمر مكلف اقتصادياً. لكن العامل الحفاز النانوي الجديد يستطيع تحمّل الظروف القاسية من ملوحة الماء، أو حتى وجود كائنات حية دقيقة بالماء الذي يجري استخلاص الهيدروجين منه.

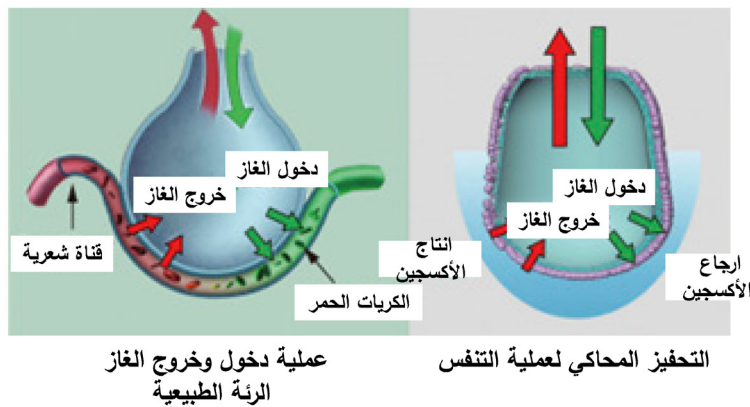
يقول يانج في تصريحات «للعلم»: «إن كلاً من مياه البحر وضوء الشمس متوافر مجاناً، كما أن العامل الحفاز الجديد يستطيع استغلال الطاقة الضوئية استغلالاً أكثر كفاءة وفعالية؛ إذ يمكنه توليد الطاقة من مدى واسع من ضوء الشمس يضم الأشعة فوق البنفسجية والضوء المرئي والأشعة تحت الحمراء». وهذا يجعل تلك التقنية بمثابة طفرة ثورية في الطاقة المتجددة، مقارنةً بالتقنية الموجودة حالياً لاستخلاص الهيدروجين من المياه؛ فهي توفر حلاً مستداماً لإنتاج الوقود الهيدروجيني، وبتكلفة أقل بسبب توافر ماء البحر وعدم الحاجة إلى معالجته وتنقيته لاستخلاص غاز الهيدروجين منه. ويسعى الفريق البحثي بجامعة فلوريدا الوسطى إلى تحويل اكتشافهم «الثوري» إلى منتج تجاري لتوليد الوقود الهيدروجيني من مياه البحر.



الشكل 5. الحفاز الضوئي لإنتاج الهيدروجين من ماء البحر.

رئة اصطناعية تحول الماء إلى وقود هيدروجين

طور باحثون في جامعة ستانفورد رئة تقوم بتحويل الماء الذي يدخل إليها إلى غاز الهيدروجين؛ مصدر الطاقة النظيف الذي يمكنه يوماً ما أن يُشغّل كل شيء بدءاً من السيارات إلى الهواتف النقالة. وللرئة الجديدة، انظر الشكل 6، شكل حقيبية مصنوعة من غشاء بلاستيكي سميك، تغطي سطحها الخارجي مسام صغيرة صادة للماء، في حين تصطف على سطحها الداخلي جسيمات نانوية من الذهب والبلاتين. تمكن الباحثون بوضع الحقيبية في الماء وتطبيق جهد كهربائي من إنتاج طاقة بكفاءة أعلى بنسبة 32% مما لو استعصنا عن الحقيبية بغشاء مسطح. ويرجع الباحثون السبب في ذلك إلى الأداء الأفضل للجهاز الشبيه بالرئة مقارنة بالتصميمات الأخرى لخلايا الوقود، إذ قلل ذلك من الفقاعات التي تتشكل أثناء عملية إنتاج الطاقة وزادت الكفاءة. وسيركز الفريق الآن على توسيع نطاق تصميمهم وإيجاد طريقة لجعله يتحمل درجات حرارة أعلى، فهو لا يعمل حالياً في درجة حرارة تزيد عن الدرجة 100 سلسيوس، ما قد يكون مشكلة للتطبيقات التجارية.



الشكل 6. الرئة الاصطناعية لتحويل الماء إلى هيدروجين.

تكمن المشكلة الثانية في طريق استعمال الهيدروجين وقوداً صديقاً للبيئة في تخزينه ونقله، ويعود ذلك لانخفاض كثافته. ويعد تخزين الهيدروجين على شكل غاز مضغوط من أهم التقنيات المتوافرة وأنسبها من حيث التخزين وإعادة تعبئة الخزان. كما يفضل تخزين الهيدروجين على شكل سائل، انظر الشكل 7، لتوفيره في الوزن والحجم في وحدة الطاقة مقارنة مع الغاز المضغوط. يعيق تبخر الهيدروجين والطاقة العالية اللازمة لتحويله إلى سائل والتكلفة المرتفعة للخزان استعمال هذه التقنية. وتجري الأبحاث لتخزين الهيدروجين باستعمال هيدريدات المعادن وهيدريدات المركبات العضوية، ويمكن تخزين حتى 7.3% من وزن هذه المواد بالهيدروجين، إلا أن العائق الوحيد أمام

تطبيق هذه التقنية على المستوى التجاري هو التكلفة العالية للطاقة والأجهزة اللازمة في إنتاجها. حديثاً، جرى تقصي استعمال كل من الكربون النانوي والسيليكا النانوية، ويزداد الاهتمام بهذه المواد لاستعمالها تجارياً لأمانها ومقاومتها العالية للشوائب المرافقة للهدروجين.



الشكل 7. تخزين الهيدروجين بعد إنتاجه وإسالته في محطة كندي الفضائية.

تقول جاكى بيردسا، أهم مهندسي شركة تويوتا، أن «أكبر العقبات التي تواجه صناعة خلايا الوقود الهيدروجيني في الوقت الحاضر هي بناء بنية تحتية للتزود به، فلدينا بالفعل تقنية جاهزة للوقود الهيدروجيني والبنية التحتية لإنتاج الهيدروجين ونقله، والتحدي المائل أمامنا اليوم هو بناء محطات لتعبئة هذا الوقود في السيارات». بدأت شركة تويوتا في العام 2015 بإنتاج سيارة تويوتا ميراي، انظر الشكل 8، وهي أول سيارة هيدروجينية تنتج على نطاق واسع، ولا ينبعث منها سوى بخار الماء، وتستطيع السفر لمسافة 502 كم بخزان واحد من الهيدروجين المضغوط ويمكن إعادة تعبئة الخزان خلال 5 دقائق فقط. إلا أن تلك السيارة لم تنتشر في العالم حتى الآن، إذ تعاني من قلة محطات التزود بالوقود الهيدروجيني فضلاً عن وجود مشكلات أخرى تتمثل في مصدر الكهرباء الذي سينتج الهيدروجين، وتأثير الطقس، وكفاءة وسائل النقل المشغلة بالوقود الهيدروجيني في الأماكن الحارة جداً مثل صحراء موهافي، أو الباردة جداً مثل داكوتا الشمالية، والعمر الخدمي لهذه السيارات الصديقة للبيئة.

تكلف سيارة ميراي التي تعمل على خلايا الوقود الهيدروجيني 50 ألف دولار، إلا أن هذا ليس سعرها الحقيقي، بل يعكس قيمتها بعد إضافة الدعم الحكومي لها بمبلغ 20 ألف دولار؛ أي أن الحكومة اليابانية تدفع 20 ألف دولار من سعرها الحقيقي، ومع هذا فإنها أغلى قليلاً من السيارات التقليدية، لكنها أقل تكلفةً من خلايا الوقود الهيدروجينية المستعملة فيها. نقل موقع إن بي آر عن بيرتيلشميت، الموظف التنفيذي السابق في قطاع إعلانات صناعة السيارات، قوله: «يدرك مصنعو السيارات اليوم أن قوانين الانبعاثات ستصبح أكثر صرامة، فما تسنه الحكومات الآن وحتى عام 2020 في أوروبا هو مجرد بداية لما سيكون قوانين إلزامية في هذا المجال بعد خمسة أو عشر أعوام».



الشكل 8. تزويد سيارة تويوتا ميراي بالوقود من محطة هيدروجين.

ويقدم غاز الأكسجين هيدروجين حلاً عملياً لمشكلة التخزين والنقل التي تسهم في تأخر الانتقال إلى مستقبل الوقود الهيدروجيني، لذا سيكون له دور مهم في خدمة عملية التطوير والتنمية في مجالات عدة منها: توفير مصدر متجدد من مصادر الطاقة النظيفة وبتكلفة منخفضة، واستبدال أنواع الوقود الأحفوري استبدالاً جزئياً أو كلياً في بعض التطبيقات الصناعية مثل إنتاج الطاقة الكهربائية والسيارات واللحام والحراقات والتطبيقات المنزلية مثل التدفئة والطهي وتشغيل المولدات الكهربائية. وقد ظهر الكثير من الشركات في أماكن مختلفة من العالم تقوم بالترويج لاستعمال غاز الأكسجين هيدروجين في منتجات كثيرة كاللحام وكوقود نظيف لتشغيل الأجهزة المختلفة.

المراجع

1. Guo L, Yang Z, Marcus K, Li Z, Luo B, Zhou L, Wang X, Du Y, Yang Y. 2018. MoS₂/TiO₂ hetero-structures as nonmetal plasmonic photo-catalysts for highly efficient hydrogen evolution. Energy and Environmental Science 11(1): 106-114.
2. Li J, Zhu Y, Chen W, Lu Z, Xu J, Pei A, Peng Y, Zheng X, Zhang Z, Chu S, Cui Y. 2019. Breathing-Mimicking electrocatalysis for oxygen evolution and reduction. Joule 3(2): 1-13.
3. Liu S, Wang Z, Li XX, Zhao Y, Li RN. 2016. Effects on emissions of a diesel engine with premixed HHO. RSC Advances 6(28): 23383-23389.
4. Santilli RM. 2006. A new gaseous and combustible form of water. International Journal of Hydrogen Energy 31(9): 1113-1128.

الطرائق النووية في تأريخ القطع والمواقع الأثرية مثال الكربون-14

إعداد: د. الياس حنا بكرجي، هيئة الطاقة الذرية السورية.

من المهم جداً أن يعرف عالم الآثار التواريخ بدقة وهناك تواريخ صحيحة ومؤكدة لأنها مكتوبة ومسجلة، وتواريخ غير مسجلة أو غير مؤرشفة على الجيولوجي أو الفيزيائي أو الكيميائي أن يستنبطها من التنقيب في المواقع الأثرية.

لقد تطور مع مرور الوقت العديد من الطرائق والتقنيات لمعرفة عمر العينة وتقسم هذه التقنيات إلى قسمين: تقنيات نسبية *relative techniques* وتقنيات مطلقة *absolute techniques*.

من أهم التقنيات النسبية:

- 1 علم طبقات الأرض *stratigraphy and seriation*.
- 2 التصنيف وفق الشكل الخارجي *typology*.
- 3 استخدام الفلور *fluorine*.
- 4 الرطوبة في الزجاج البركاني *obsidian hydration*.
- 5 تحليل حبوب اللقاح *pollen analyses*.

ومن أهم التقنيات المطلقة:

- 1 التأريخ بالكربون المشع *radio carbon dating*.
- 2 التأريخ بطريقة البوتاسيوم أرجون *potassium argon dating*.
- 3 التأريخ بالتألق الحراري *thermoluminescence*.
- 4 رنين السبين الإلكتروني *electron spin resonance*.
- 5 التأريخ بواسطة حلقات الشجيرات *dendrochronology*.

سأتناول في هذه المقالة إحدى أهم الطرق وأكثرها شهرة وشيوعاً وهي طريقة التأريخ بواسطة الكربون-14 والتي كان اكتشافها حدثاً بارزاً في علوم الآثار.

استخدم العالم الفيزيائي ويلار ليبى وزملاؤه الكربون-14 عام 1949 للمرة الأولى لمعرفة عمر عينات أثرية قديمة، وفي عام 1960، حصل على جائزة نوبل في الكيمياء تقديراً لجهوده في تطوير طريقة التأريخ بالكربون المشع.

ما هو الكربون-14 (C-14)؟

توجد للكربون ثلاثة نظائر هي الكربون-12، الكربون-13 والكربون-14 وتختلف نسبة كل منها حيث تتوزع في الهواء على النحو التالي: 99% منها كربون-12، و 1% كربون-13، وأثار من الكربون-14، أي نحو 1/تريليون (0.000000001%).

كما نعلم لا تختلف الخواص الكيميائية للنظائر المختلفة للكربون رغم أن النظيرين C-12 و C-13 هما نظيران مستقران أي لا يتفككان، أما النظير C-14 فهو نظير مشع، وبما أنه نظير مشع فهذا يعني أنه يتفكك مع الزمن، فإذا أخذنا كمية أو عدداً من الذرات من هذا النظير وعزلناها فإن عددها سيتناقص مع مرور الوقت.

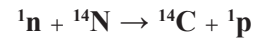
يتميز كل عنصر مشع، كما هو معلوم، بما يسمى عمر النصف والذي يعرف على النحو التالي:

"عمر النصف هو الزمن الذي بانقضائه يتناقص عدد ذرات أو كمية المادة المشعة لنظير معين إلى النصف". ويبلغ عمر النصف للكربون-14 (40 ± 5730) سنة. فإذا بدأنا من كمية تساوي X من ذرات C-14 سيبقى لدينا X/2 من هذه الكمية من ذرات C-14 بعد مرور 5730 سنة.

إنّ كون الكربون-14 مشعاً وغير مستقر هو ما سنستفيد منه لتحديد عمر عينة ما، وسنبين ذلك بالتفصيل ولكن دعونا نتعرف أكثر على الكربون-14.

من أين يأتي C-14؟

إن مصدر وجود الكربون-14 في الغلاف الجوي هو الأشعة الكونية وذلك نتيجة تفاعل هذه الأشعة مع ذرات الأزوت في الجو. والأشعة الكونية موجودة باستمرار وتصيب كل الأحياء على الأرض، فهي في صحبتنا دائماً، ويقدر أن ملايين الأشعة الكونية تصطدم بجسم الإنسان كل ساعة، كما تصطدم الأشعة الكونية بذرات الغلاف الجوي مما ينتج عنه أشعة كونية ثانوية في شكل نيوترون تحمل طاقة حركة، وتقل هذه الأشعة عند اختراقها لطبقات الأرض حيث تمتصها الأرض والصخور حتى تختفي عند أعماق تحت الأرض تقدر بنحو 1000 متر. إنّ نحو 90% من الأشعة الكونية هو عبارة عن بروتونات، ونحو 9% منها هو عبارة عن جسيمات ألفا (أي نوى ذرات هيليوم) ونحو 1% جسيمات بيتا (إلكترونات)، وتصطدم هذه النيوترونات بذرات الأزوت-14 المكون من سبعة بروتونات وسبعة نيوترونات، وينتج عن هذا التصادم ذرة الكربون-14 المكونة من ستة بروتونات وثمانية نيوترونات ويتحرر بروتون واحد فقط وفق التفاعل التالي:

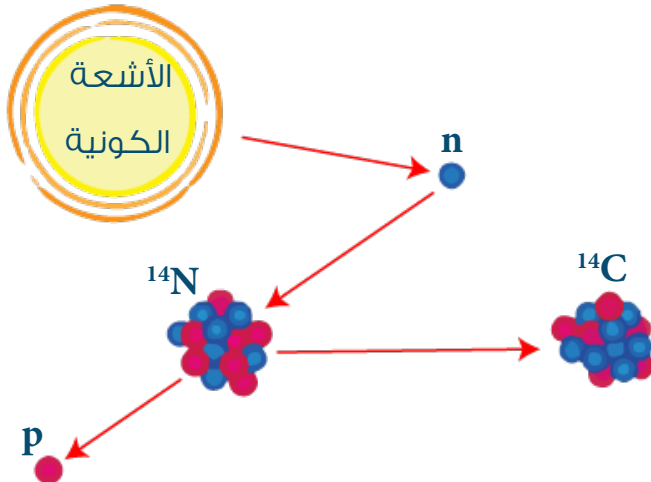


حيث تمثل n النيوترونات و ${}^{14}_7N$ ذرات الأزوت و ${}^{14}_6C$ ذرات الكربون وp البروتونات (يوضح الشكل 1 هذه العملية).

فور إنتاج الكربون-14 فإنه يتحد بسرعة مع الأكسجين في الغلاف الجوي لتشكيل ثنائي أكسيد الكربون (CO_2)، وثنائي أكسيد الكربون المنتج من هذه العملية ينتشر في الغلاف الجوي ويذوب في المحيط، وكذلك يتم تناولها من قبل النباتات من خلال عملية التمثيل الضوئي. وتقوم الحيوانات بدورها بأكل النباتات، وبالتالي يتوزع الكربون المشع في جميع أنحاء المحيط الحيوي.

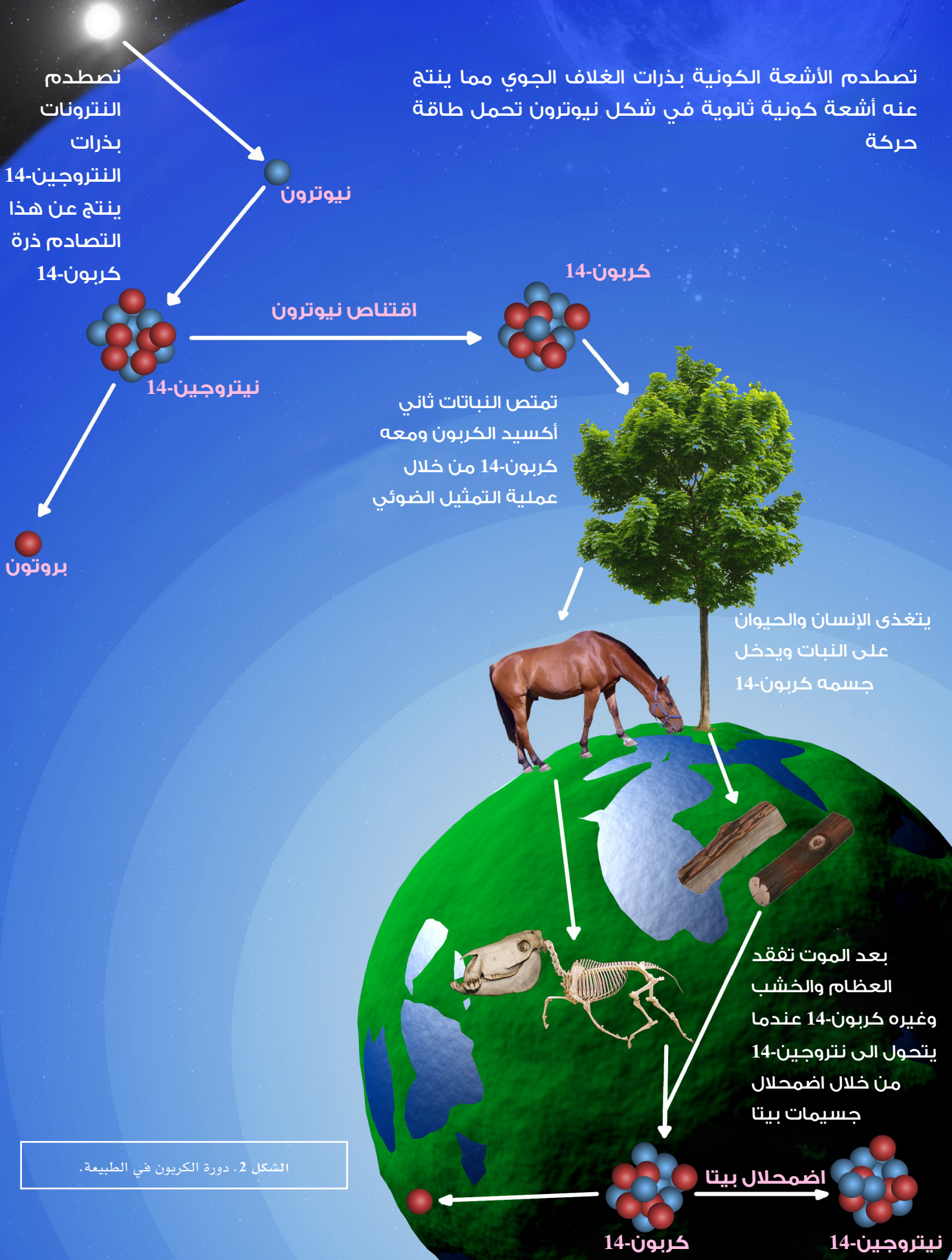
وتسمى هذه العملية بدورة الكربون. وستكون نسبة C-14 إلى C-12 في الطبيعة 1.5 جزء من C-14 إلى 1012 جزء من C-12 في حال بقي تدفق الأشعة الكونية

"يعتبر تطبيق طريقة C-14 للمواد الأثرية بشكل عام حدثاً فاصلاً في تاريخ علم الآثار، وعلى وجه الخصوص، في دراسات ما قبل التاريخ"
ر.ي. تايلور R. E. Tylor



الشكل 1. تكون الكربون-14 في الجو.

أشعة كونية



ثابتاً على مدى المئة ألف سنة الماضية، فالكربون-14 أُنتج بمعدل ثابت، وستتفكك بمعدل ثابت، وعلى ذلك تكون نسبة الكربون المشع إلى غير المشع ثابتة. يوضح الشكل 2 دورة الكربون في الطبيعة.

كما هو واضح من الشكل 2 فإن الكربون-14 يدخل إلى داخل الأنسجة الحية للكائن الحي (حيوان ونبات وإنسان) وتكون نسبة الكربون-14 إلى الكربون-12 مساوية لما هو في الجو المحيط الخارجي، غير أن هذه النسبة تتناقص مع الزمن إذا انقطع التبادل الحيوي في المادة النباتية حيث لا يتم تعويض الكربون-14 المتفكك؛ فكمية الكربون-14 ستبدأ بالتناقص نتيجة التفكك الإشعاعي وستصبح نسبة الكربون-14 أقل من نسبته في الجو المحيط، ومن هنا ومن هذه الخاصية وخاصة أن لكل عنصر مشع عمر نصف يميزه، فإننا وبحساب كمية الكربون-14 المتبقية يمكننا معرفة الكمية التي تفككت وبالتالي معرفة الزمن الذي انقضى قبل الوصول لهذه النسبة، أي الزمن الذي انقضى ما بين موت الكائن الحي (العينة) ولحظة التحليل. وهذا ما نسميه تأريخ العينة أي حساب الوقت أو الزمن الذي مضى على دفنها أو موتها.

كيف يحسب العمر؟

يتفكك الكربون-14 إلى أزوت مستقر عن طريق التفكك بيتا حيث يصدر الكربون-14 إلكترونات من النواة ومضاد نترينو الإلكترون وفق المعادلة التالية:



يحسب عدد الذرات المتبقية من الكربون-14 وفق المعادلة التالية:

$$N_f = N_0 * e^{0.693t/T}$$

حيث:

N_0 عدد ذرات الكربون-14 في العينة الأصلية في الوقت $t = 0$ أي لحظة توقف تبادل الكربون-14 مع المحيط الخارجي.

N_f عدد ذرات الكربون-14 الباقية بعد مرور t من الوقت.

T عمر النصف للكربون-14 وهو 5730 سنة.

وبترتيب المعادلة بشكل آخر يمكن كتابة المعادلة السابقة على النحو التالي:

$$t = [\ln (N_f/N_0)/(-0.693)] * T$$

لذا، إذا كان لديك عينة عضوية أثرية من التنقيب تحتوي على 10% من الكربون-14 مقارنة بعينة حية، فسيكون عمر الحفريّة:

$$t = [\ln (0.10)/(-0.693)] * 5,700 \quad \text{سنة}$$

$$t = [(-2.303)/(-0.693)] * 5,700 \quad \text{سنة}$$

$$t = [3.323] * 5,700 \quad \text{سنة}$$

$$t = 18,940 \quad \text{(عمر العينة) سنة}$$

ولتحديد العمر بالكربون-14 في الطريقة التقليدية، يتم حرق قطعة من العينة لتتحول إلى غاز ثاني أكسيد الكربون ومن ثم يبقى غاز ثاني أكسيد الكربون، وتقاس كمية الكربون المشع في ثاني أكسيد الكربون النقي بعددات الإشعاع، وتكتشف هذه الأجهزة الإلكترونيات التي تطلقها ذرات الكربون المشع، وتتحوّل ثانية إلى ذرات أزوت ويشير عدد الإلكترونيات المنبعثة إلى المحتوى من الكربون المشع. نحتاج في هذه الطريقة إلى كمية كبيرة من العينة تصل في بعض الأحيان إلى مئات الغرامات.

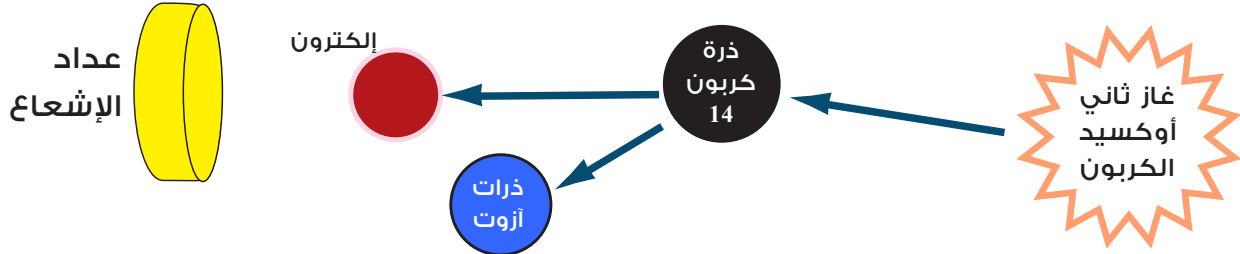
أما في الطريقة الأكثر تطوراً ودقة فيتم الاستعانة بالمسرعات الأيونية حيث يتم الكشف المباشر عن ذرات الكربون المشع المفردة وعدها في جزء صغير جداً من المادة لا يتجاوز الميكروغرامات.

وبعد أن يتم قياس كمية المادة من الكربون المشع، تجرى مقارنتها مع الكربون المشع بحلقات جذع شجرة أعمارها معروفة، وتساعد

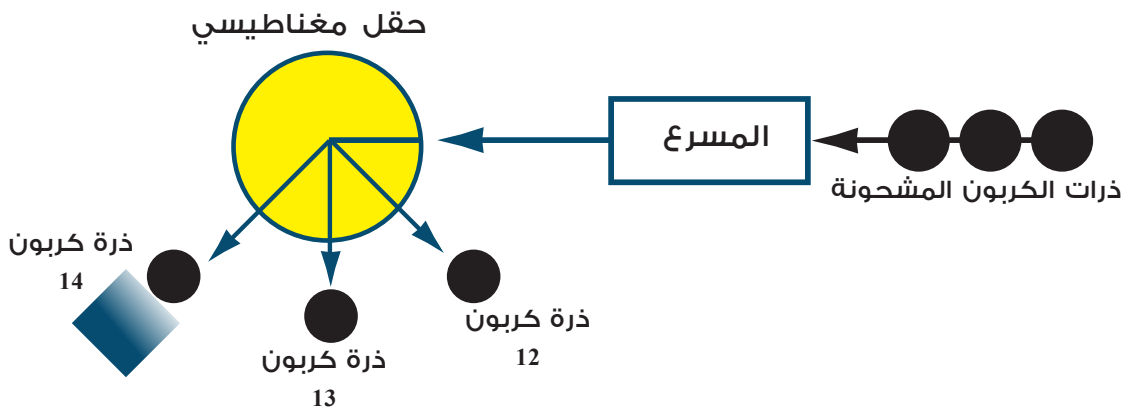
"لا يمكن استخدام
التأريخ بالكربون-14
إلا في حالة المواد
العضوية"

هذه التقنية على التعويض عن التغيرات الصغيرة في محتوى الجو من الكربون المشع في مراحل مختلفة في الماضي. بعد ذلك، يحسب عمر الكربون المشع في المادة إلى تاريخ أكثر دقة.

يبين الشكلان 3 و4 الطريقة التقليدية والطريقة الحديثة في حساب الكربون-14 في العينة المحللة.



الشكل 3. الطريقة التقليدية: تحرق قطعة من الجسم المراد معرفة عمره لتحويله إلى غاز ثاني أكسيد الكربون. تطلق ذرات الكربون المشع (الكربون-14-) في الغاز الإلكترونيات، في حين يتحول الكربون المشع إلى أزوت-14. وتكشف عدادات الإشعاع عدد الإلكترونات المنطلقة والتي تحدد محتوى الكربون المشع في الجسم المراد معرفة عمره.



الشكل 4. الطريقة الحديثة: يطلق مسرع الجسيمات ذرات الكربون المشحونة التي تنطلق أساساً من قطعة من الجسم المراد معرفة عمره إلى حقل مغناطيسي، ويسبب الحقل انحراف ذرات الكربون المختلفة وفصلها حسب وزنها، ومن ثم يرصد كاشف عدد ذرات الكربون-14 بشكل فردي لتحديد محتوى الكربون المشع في الجسم.

حدود التأريخ بالكربون-14

أولاً: حجم العينة الأثرية مهم؛ فالعينات الكبرى هي الأفضل، لأن التنقية تؤدي إلى إزالة بعض المواد. على الرغم من تطوير تقنيات جديدة للعمل مع عينات صغيرة جداً، مثل التأريخ بواسطة المسرعات، إلا أن هذه التقنيات مكلفة جداً ولا تزال تجريبية إلى حد ما.

ثانياً: التأريخ باستخدام الكربون يُعطي فقط قراءات آلاف السنين.

ثالثاً: يجب توخي الحذر الشديد في جمع العينات وتعبئتها لتجنب التلوث بواسطة كربون أحدث. كما ينبغي استخدام مسجات نظيفة لكل عينة، لتجنب التلوث المتبادل بين العينات.

رابعاً: بما أن معدل التفكك هو معدل لوغاريتمي، فإن التأريخ بالكربون المشع له حدود عليا ودنيا. لذا فإن هذه الطريقة ليست دقيقة للغاية إلى حد ما بالنسبة للتوضعات الحديثة. وإن طاقة المجال المغناطيسي الأرضي في تناقص مستمر، ولهذا يتم إنتاج كمية أكبر من C-14 الآن مما كانت عليه في الماضي. وهذا سيجعل الأشياء القديمة تبدو أقدم مما هي عليه بالفعل.

1. Libby WF. 1961. Radiocarbon dating. A nobel lecture. Science 133.
2. Bowman S. 1990. Radiocarbon Dating: Interpreting the Past. University of California.
3. Schiffer MB. 1986. Radiocarbon dating and the 'old wood' problem: The case of the hohokam chronology. Journal of Archaeological Science 13.
4. Taylor RE, Bar-Yosef O. 2014. Radiocarbon Dating: An archaeological Perspective, 2nd ed. (Walnut Creek, CA: Left Coast Press).
5. Godwin H. 1962. Half-life of radiocarbon. Nature 195.
6. Muller RA. 1977. Radioisotope dating with a cyclotron. Science 196.
7. Taylor RE, Suchey JM, Payen LA, Slota PJ. 1989. The use of radiocarbon (¹⁴C) to identify human skeletal materials of forensic science interest. Journal of Forensic Science 34.
8. Possnert G. 1990. Radiocarbon dating by the accelerator technique. Norwegian Archaeological Review 23.
9. Petchey F, Higham T. 2000. Bone diagenesis and radiocarbon dating of fish bones at the Shag River Mouth site, New Zealand. Journal of Archaeological Science 27.
10. Taylor RE, Bar-Yosef O. 2016. Radiocarbon Dating: An Archaeological Perspective. Routledge.
11. Sellstedt H, Engstrand L, Gejvall N-G. 1966. New application of radiocarbon dating to collagen residue in bones. Nature 212.
12. Cook SF, Heizer RF. 1953. Archaeological dating by chemical analysis of bone. Southwestern Journal of Anthropology 9.

تقنيات التحليل بالحزم الأيونية

ميزاتها وآفاق تطبيقاتها

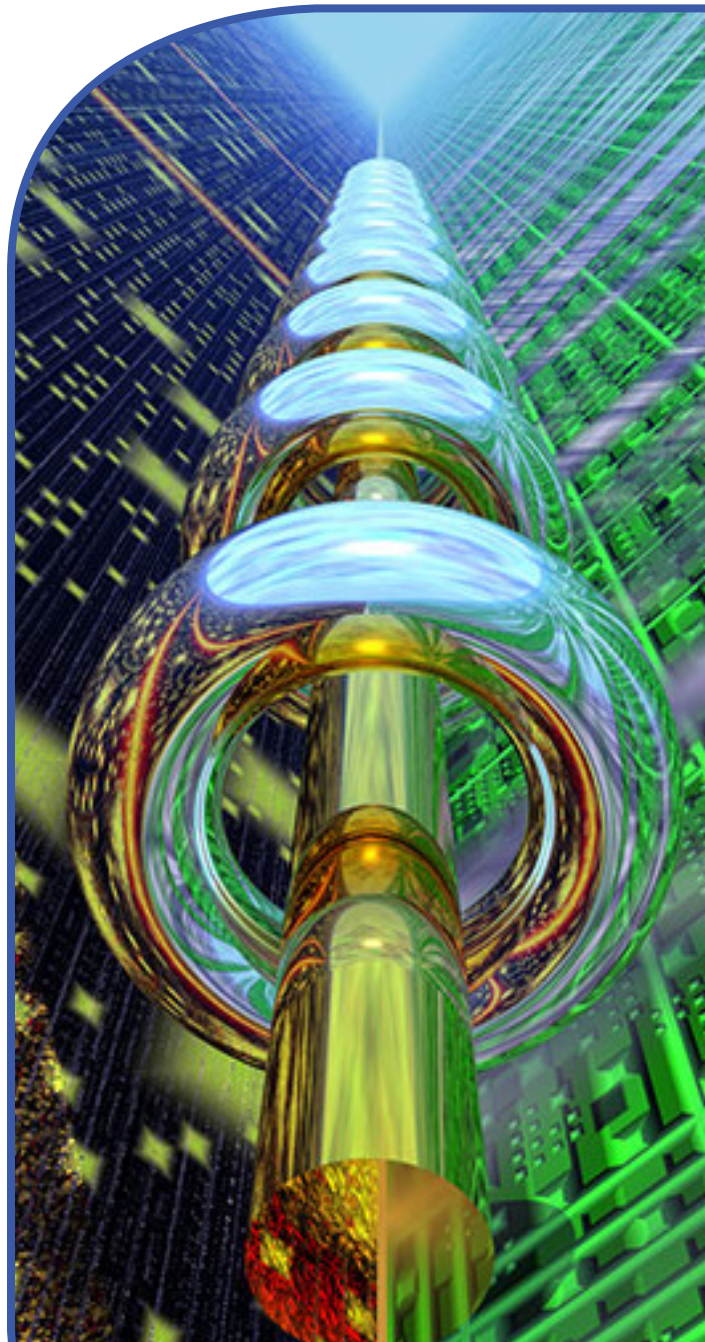
◀ إعداد: د. محمد صلاح ربحاوي، هيئة الطاقة الذرية السورية.

مدخل إلى المسرعات الأيونية

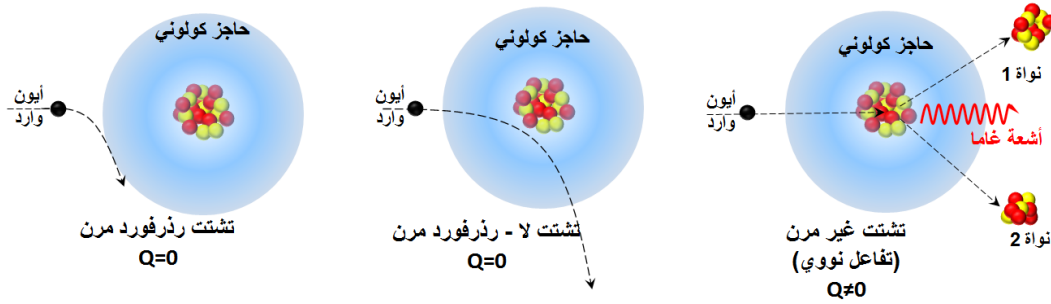
ساعد تطور المسرعات الأيونية ion beam accelerators في فهم طبيعة المادة بشكل كبير، وفي دراسة البنى والقوى والتفاعلات النووية. يعرف المسرع الأيوني بأبسط أشكاله بأنه جهاز يقوم بزيادة الطاقة الحركية للجسيمات المشحونة كهربائياً، وقد تكون هذه الجسيمات نوى العناصر الخفيفة مثل البروتونات والديتروونات وجسيمات ألفا أو نوى العناصر الأثقل. تشترك معظم المسرعات الأيونية في مبدأ عملها انطلاقاً من منبع أيوني يقوم بتوليد الأيونات المراد تسريعها. كما تخضع الأيونات الناتجة لجملة من الحقول المغناطيسية المتلاحقة التي تعمل على توجيه حركتها ضمن أنابيب التسريع. تستعمل في الوقت نفسه حقول كهربائية ذات شدة عالية موازية لاتجاه حركة الأيونات، حيث تعمل على منحها طاقة حركية كبيرة، ومن ثم تسريعها إلى الطاقة المطلوبة. وقد تختلف طرق تسريع الأيونات تبعاً للغاية التي يراد منها التسريع، وهذا يؤدي إلى تغيير طاقة وشدة الأيونات المسرعة الناتجة في كل حالة.

تفاعل الأيونات المسرعة مع المادة

تعد دراسة التأثير المتبادل للأيونات المسرعة مع المادة من الأمور الأساسية، كونها تعطي فهماً عميقاً للتفاعلات المختلفة التي تحدث والتأثيرات اللاحقة الناتجة. يمكن أن يلخص التأثير المتبادل للأيونات المسرعة مع المادة تبعاً لنوع التأثير المتبادل بينها وبين الإلكترونات أو النوى. ففي حال حدوث التأثير مع الإلكترونات، قد



تخضع الذرة لمفعول التأين حيث تكون الطاقة التي يمتلكها الأيون كافية لاقتلاع الإلكترونات. في حال كانت هذه الإلكترونات من مدارات داخلية، فسيتوافق ذلك مع إعادة ترتيب إلكترونات الذرة بحيث تملأ هذه المدارات من إلكترونات خارجية مما يؤدي بالنتيجة لإصدار أشعة سينية مميزة للذرة. تسهم الإلكترونات المقتلعة من الذرات (في حال كانت طاقتها كافية) في إحداث تأيّنات لاحقة لذرات مجاورة ومن ثمّ الحصول على إلكترونات ثانوية أخرى. قد تخضع الذرة من جهة أخرى إلى مفعول الإثارة في حال كانت طاقة الأيونات الواردة أقل من طاقة ارتباط الإلكترون، ولكنها كافية لإحداث تغييرات ضمن السويات الطاقية للذرة، وعندما نقول أن الذرة قد تهيجت، وتعاود الرجوع للحالة الأرضية مصدرة أطيفاً مميزة للذرة. وعند حدوث التأثير المتبادل للأيونات المسرعة مع النواة فإنها تخضع إما لعمليات التشتت المرن أو غير المرن (انظر الشكل 1). يخضع الأيون المسرع في التشتت المرن إلى الحقل الكولوني للنواة وينحرف عن مساره، وتدعو هذا النوع من التشتت بتشتت رذرفورد المرن Rutherford elastic scattering. وعندما تكون طاقة الأيون كافية بحيث تخترق الحاجز الكولوني للنواة وتتشتت عنها بشكل مرن أيضاً فإننا ندعو هذا التشتت اصطلاحاً بتشتت لا - رذرفورد المرن non-Rutherford elastic scattering أو اختصاراً بالتشتت المرن elastic scattering. في حالة التشتت غير المرن، تكون طاقة الأيون الواردة كبيرة بشكل كافٍ بحيث تستطيع اختراق الحاجز الكولوني للنواة، وتحدث إثارة ضمنها أو تغييرات في بنيتها، بحيث يمكن أن نحصل على نواتج جديدة لتفاعل نووي (جسيمات مشحونة جديدة و/أو أشعة غاما و/أو نوترونات).



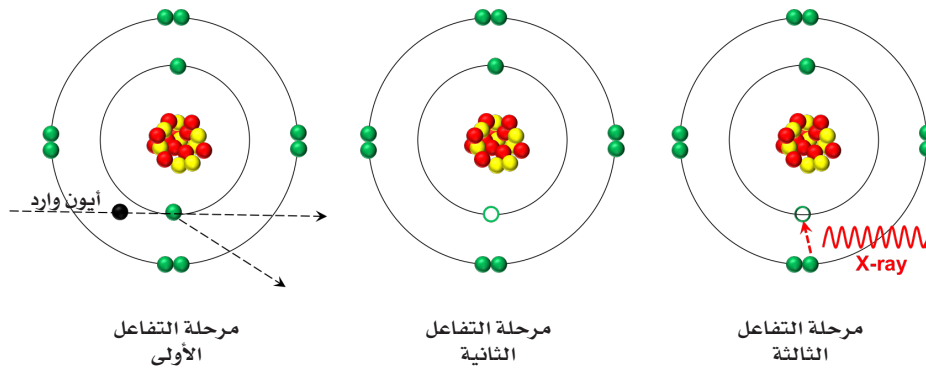
الشكل 1. مخطط يوضح احتمالات عمليات تشتت جسيم وارد عن نواة عنصر هدف.

تقنيات التحليل بالحزم الأيونية

يتطلب إجراء تقنيات التحليل بالحزم الأيونية وجود حزمة أيونية مسرعة عن مسرع أيوني، حيث تتفاعل هذه الأيونات مع المادة المراد تحليلها لتنتج طيفاً واسعاً لأشعة مختلفة الطبيعة (جسيمات مشحونة وفوتونات ونيوترونات)، ويمكن الاستفادة منها للأغراض التحليلية بوجود الكواشف الإشعاعية المناسبة. لا بد من الإشارة إلى أن المسرعات المستعملة لأغراض التحليل بالحزم الأيونية هي مسرعات تكون طاقة الأيونات المنتجة فيها من رتبة بضعة MeV. لقد أعطت قواعد البيانات الهائلة (المقاطع العرضية لطيف واسع من التفاعلات الذرية والنوية وبيانات قدرة الإيقاف للأيونات ضمن المادة وغيرها) التي نتجت من دراسات الفيزياء الأساسية للتفاعلات بين الأيونات المسرعة والمادة، والتي استمرت لعقود، تقنيات التحليل بالحزم الأيونية دفعا قويا جداً باتجاه استثمارها بالشكل الأمثل. سنناقش فيما يلي المبدأ العام لبعض التقنيات الرئيسية للتحليل بالحزم الأيونية.

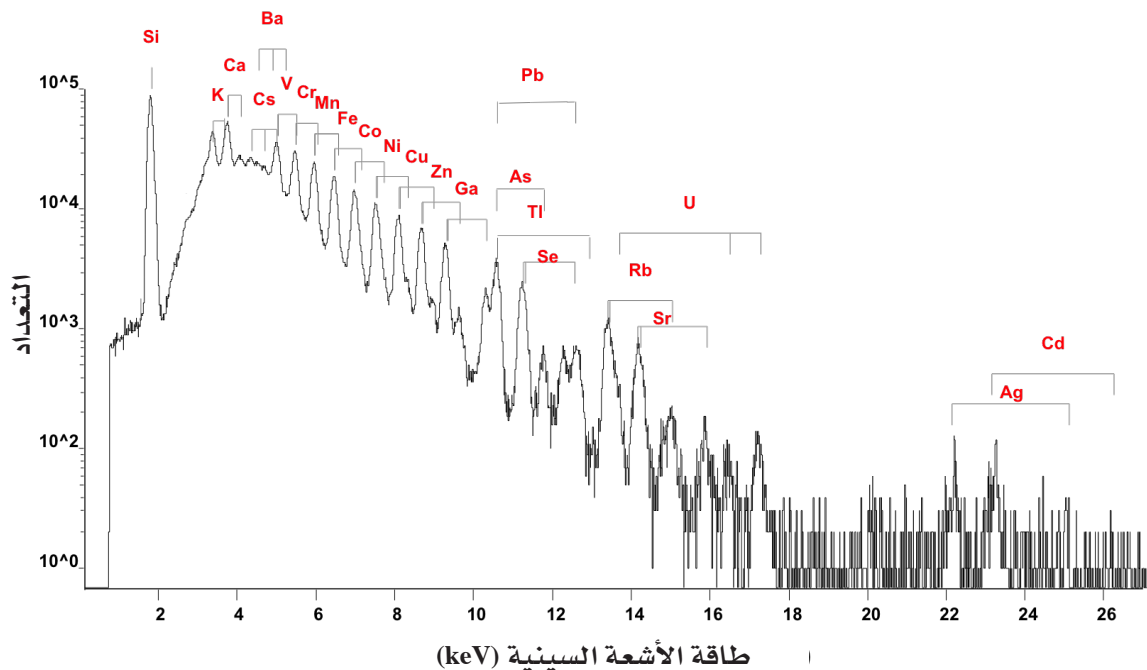
التحليل بتقنية الأشعة السينية المتحرضة بالجسيمات PIXE

يوضح الشكل 2 مخططاً لمبدأ تقنية التحليل بالأشعة السينية المتحرضة بالجسيمات (PIXE) particle induced X-ray emission. كما تخضع الذرة التي تسقط عليها حزمة أيونية (غالباً ما تكون بروتونات أو جسيمات ألفا) إلى إثارة هذه الذرة من خلال نزع إلكترون من طبقة إلكترونية داخلية، مما يؤدي إلى حدوث فراغ في هذه الطبقة. وبما أن الذرات في الطبيعة تميل إلى الاستقرار، يقوم أحد الإلكترونات من الطبقات الأعلى بملء هذا الفراغ، ويصدر نتيجة لذلك فوتون أشعة سينية ذو طاقة محددة ومميز للذرة ويعادل الفرق في الطاقة بين السويتين. قد تستعمل الطاقة الناتجة عن الانتقال بين السويتين في اقتلاع إلكترون من مداره (بدلاً من إصدار أشعة سينية مميزة)، وتدعى هذه الظاهرة مفعول أوجيه Auger، ويسمى الإلكترون الصادر بالإلكترون أوجيه. جدير بالذكر أن مفعول أوجيه هو منافس لإصدار الأشعة السينية المتحرضة بجسيمات مشحونة.



الشكل 2. مراحل تفاعل الأيون الوارد مع إلكترون للحصول على الأشعة السينية بتقنية PIXE.

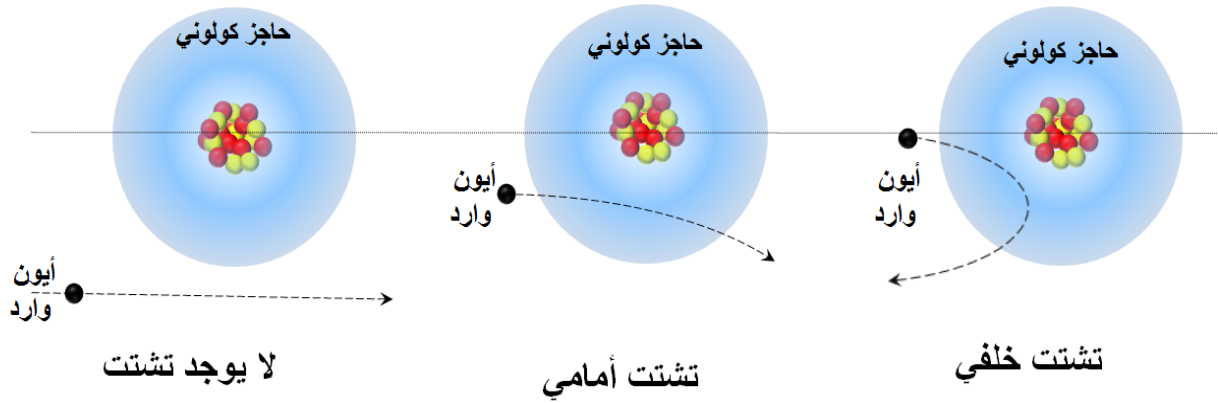
تتميز تقنية PIXE بطيفها الطاقوي الواسع على شكل قمم مميزة ذات طاقات محددة يجري من خلالها التحليل الكيفي للعناصر، ويعبر ارتفاع هذه القمم عن كمية العناصر المكشوفة، وتجري عمليات المعايرة الدورية باستعمال عينات مرجعية، والاعتماد على برمجيات متطورة حديثة من أجل تحويل مساحات هذه القمم في الطيف إلى تراكيز مطلقة. يعرض الشكل 3 طيف أشعة سينية لعينة محلول معياري يحتوي على عدد كبير من العناصر المختلفة بتراكيز صغيرة مرسبة على ركازة سليكون. يلخص هذا الطيف مزايا تقنية PIXE كتقنية تحليلية متعددة كشف العناصر وتصل لحدود كشف متدنية (من مرتبة $\mu\text{g/g}$) وذات حساسية عالية. ينشأ طيف الخلفية background في طيف PIXE بشكل رئيسي نتيجة لمفعولي الكبح للأيونات الواردة والإلكترونات الثانوية الناتجة ضمن العينة، بالإضافة إلى مفعول كومبتون الناتج عن تشتت أشعة غاما التي يمكن أن تتولد ضمن العينة. كذلك يسهم مفعول الشحن الأيوني الموجب على سطوح العينات العازلة السميكة في طيف خلفية PIXE في الخلاء. فعندما تصدم الجسيمات المشحونة الموجبة سطحاً عازلاً في الخلاء، تنشأ عملية تراكم الشحنة في موضع الصدم، مما ينجم عنه ازدياد محلي للكومن الكهربائي الموجب (بضعة كيلو فولط). يحفز هذا الكومن الموجب العالي حركية الإلكترونات على سطح العينة بحيث تتسارع باتجاهه مولدة أشعة كبح عالية تسهم في إحداث ضجيج هائل في طيف PIXE، وتتسبب بحدوث انقراض على سطح العينة، ولا بد من التخلص من هذا المفعول من خلال طلي سطح العينات بطبقة رقيقة من مادة ناقلة للتيار الكهربائي مثل الكربون. يسبب مفعول الشحن الأيوني الموجب على سطوح العينات العازلة السميكة طيف خلفية هائلاً في طيف PIXE، ولا بد من التخلص من هذا المفعول من خلال طلي سطح العينات بطبقة رقيقة من الكربون. إن عملية فصل التداخلات بين قمم الأشعة السينية المميزة ضمن طيف PIXE للعناصر المختلفة هي عملية مهمة، وخاصة في ضوء تشكل قمم الجمع sum peaks و قمم الهروب escape peaks، وتقوم البرمجيات الحديثة بهذه المهمة بكفاءة. تستثمر تقنية PIXE في عدد كبير من التطبيقات التحليلية العنصرية، وخاصة تلك المتعلقة بالعينات الحيوية والبيئية والطبية وفي تحليل الأثار والتلوث الجوي.



الشكل 3. طيف PIXE نموذجي لعينة محلول معياري يحوي عناصر عدة، مرسبة على ركازة سليكون.

التقنيات التحليلية بالحزم الأيونية المتعلقة بكشف جسيمات مشحونة

في عام 1911، قام إرنست رذرفورد بتجربته الشهيرة في تشتت جسيمات ألفا. تعتمد طريقة تشتت رذرفورد RS على التشتت المرن للأيونات الواردة ذات الطاقة العالية على نوى العينة الهدف نتيجة القوى الكولونية الصرفة لها، كما ذكرنا سابقاً. يمكن الكشف عن هذه الأيونات المتشتتة باستعمال كاشف جسيمات مشحونة متصل مع منظومة مطيافية طاقة مناسبة. يعرض الشكل 4 احتمالات التشتت المرن المختلفة التي يمكن أن يخضع لها أيون وارد بحسب بعد حامل مساره عن الحقل الكولوني للنواة.



الشكل 4. احتمالات التشتت المرن المختلفة التي يمكن أن يخضع لها أيون وارد حسب بعد حامل مساره عن الحقل الكولوني للنواة.

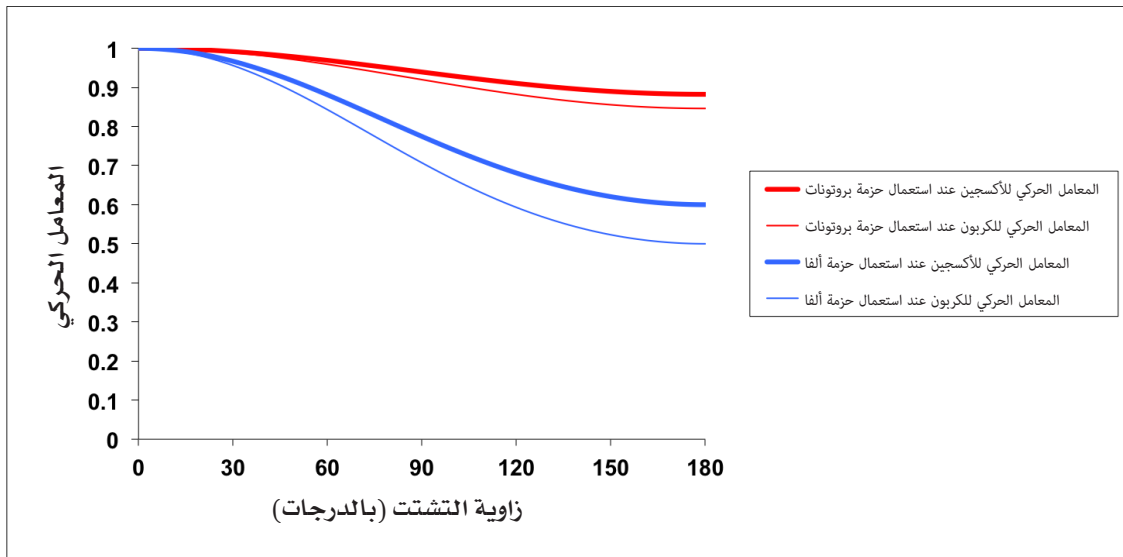
من أجل إجراء الدراسة الحركية في هذه التقنية، استعملت قوانين الميكانيك الكلاسيكية في الصدم المرن (انحفاظ الطاقة الحركية والدفع قبل الصدم وبعده)، وبافتراض أن الأيون الوارد والنواة الهدف هما شحنتان نقطيتان تحققان قانون كولون (قوى كولونية فقط). عندما يتشتت جسيم وارد ذو طاقة $E_{incident}$ وذو كتلة M_1 بشكل مرن عن نواة الهدف M_2 ، وضمن زاوية تشتت θ ، فيمكن التعبير عن طاقته بعد التشتت $E_{scattered}$ عن طريق ما يدعى بالعامل الحركي kinematic factor، وهو النسبة بين طاقة الجسيم الوارد قبل التشتت وبعده، ويعطى بالعلاقة:

$$K = \frac{E_{scattered}}{E_{incident}} = \left[\frac{[1 - (M_1/M_2)^2 \sin^2 \theta]^{1/2} + (M_1/M_2) \cos \theta}{1 + (M_1/M_2)} \right]^2$$

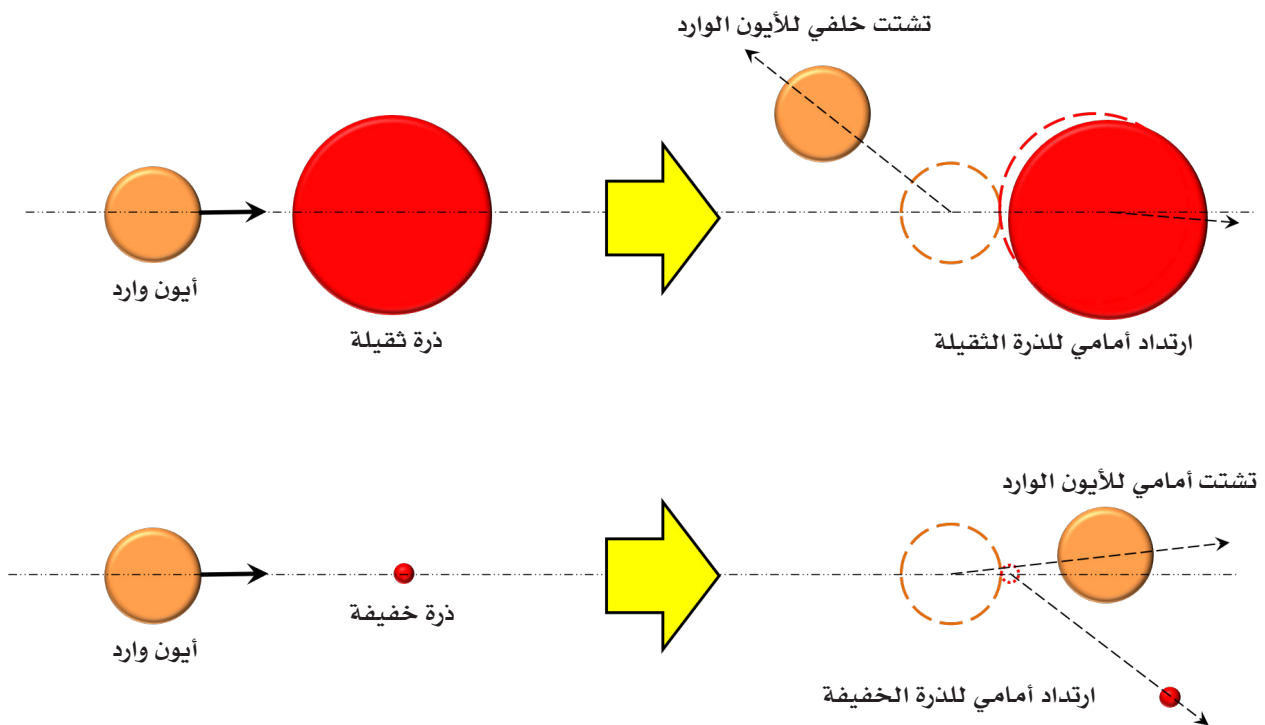
يساعد مفهوم العامل الحركي K في فهم آليات التشتت للأيونات عن نوى العناصر ضمن العينة المدروسة. كما يمكن توظيف تقنية التشتت المرن في التحديد الكيفي للعناصر (تحديد M_2) ضمن العينة من خلال معرفة نوع الأيون الوارد (M_1) وطاقته ($E_{incident}$) وزاوية تشتته (θ)، ومن خلال القيم المجدولة الموافقة للعامل الحركي السابق K . وقد أدى إدخال مفهوم العامل الحركي إلى فهم قدرة الفصل الكتلي mass resolution لعينة تحوي أكثر من عنصر. لتوضيح ذلك، يمكن رسم تحولات K بدلالة زاوية التشتت θ لعنصرين مختارين (انظر الشكل 5) كالربون والأكسجين، على سبيل المثال، باستعمال حزمتين: الأولى بروتون والثانية ألفا، على التوالي. يتضح من الرسم البياني أن الفرق بين العامل الحركي للعنصرين المختارين (والمتعلق بفرق الطاقة بين الجسيمات المتشتتة عن الكربون والأكسجين) أكبر عند زوايا تشتت كبيرة. يؤدي ذلك إلى تعزيز عملية الفصل الطاقوي، ومن ثم التحليل الكيفي للعناصر الموجودة.

إن الأداء السابق الملفت للنظر عند زوايا التشتت الخلفية قد أدى إلى ولادة مفهوم مطيافية التشتت المرن الخلفي elastic backscattering spectrometry (EBS). يبين الرسم البياني السابق نفسه أن دقة الفصل الطاقوي للعناصر تزداد بازدياد كتلة الأيون الوارد. كذلك تخبرنا معادلة العامل الحركي السابقة بأن قدرة الفصل الطاقوي تصبح أفضل من أجل العناصر الثقيلة.

تشتت الأيونات الواردة بشكل خلفي عن نوى العناصر الأثقل منها فقط، وتخضع نوى العناصر الثقيلة إلى أثر ارتداد أمامي مهم. وفي الحالة المعاكسة التي يكون فيها الأيون الوارد هو أثقل من نوى العناصر الهدف، فإن هذه النوى الخفيفة تخضع لعملية ارتداد أمامي forward recoiling، وتخضع الأيونات الواردة بدورها لتشتت أمامي (انظر الشكل 6). ويقودنا ذلك إلى تعريف تقنية جديدة تسمى التحليل بكشف الارتداد المرن elastic recoil detection analysis (ERDA)، وهي تقنية رديفة لتقنية EBS الألفة الذكر.

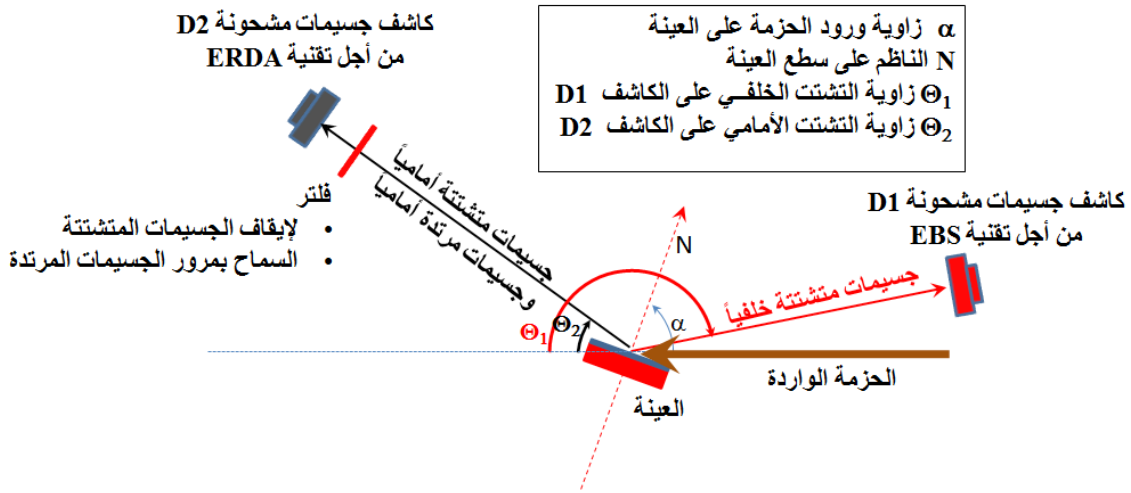


الشكل 5. دراسة تأثير زاوية الكشف عن الجسيمات المتشتتة على العامل الحركي ومن ثم قدرة الفصل الطاقى للعناصر ضمن الطيف الطاقى للتشتت.



الشكل 6. مخطط لعمليات تشتت الأيونات الواردة وارتداد النوى عنها بنوعها الأثقل والأخف من الأيون الوارد.

يمكن الاستفادة من كشف هذه النوى المرتدة الخفيفة في الحصول على معلومات عنصرية قيمة عنها باستعمال كاشف جسيمات مشحونة موضوع في زاوية كشف أمامي، بشكل متزامن مع وجود كاشف جسيمات مشحونة آخر موضوع باتجاه كشف خلفي. وتجري عادة إمالة العينة ضمن الحجرة التحليلية وإسقاط الحزمة الواردة عليها ضمن زاوية ورود α ، ووضع كاشفي جسيمات مشحونة بالترتيب الهندسي الذي يوضحه الشكل 7. وتجري إضافة فلتر مناسب أمام كاشف الجسيمات المشحونة D2 من أجل كبح الجسيمات المتشتتة والسماح فقط بمرور الجسيمات المرتدة أمامياً، وبالتالي الحصول على طيف ERDA صافٍ. تجدر الإشارة هنا إلى أن الكاشف الأول D1 يقوم بتجميع الأيونات المتشتتة خلفياً للحصول على طيف التشتت الخلفي EBS بشكل متزامن مع الكاشف D2.



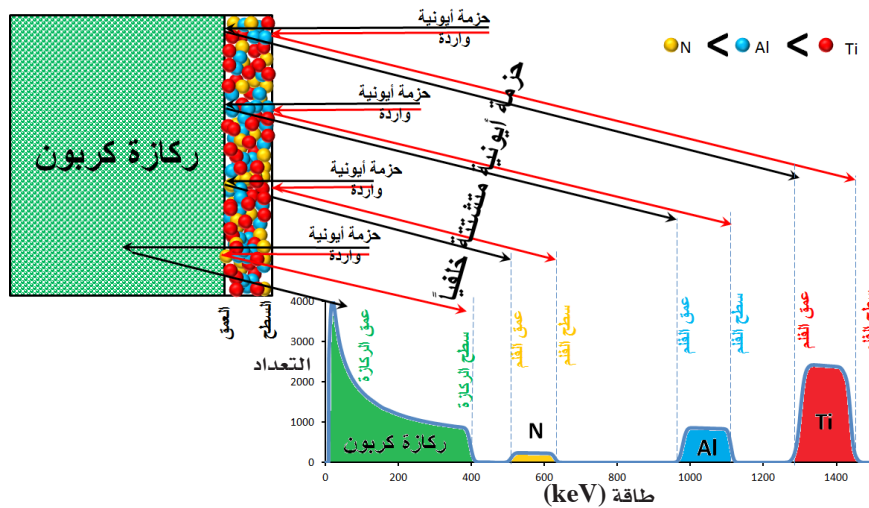
الشكل 7. مخطط للموضع الهندسي لكواشف الجسيمات المشحونة ضمن الحجرة التحليلية لتجميع أطيايف EBS وERDA بشكل متزامن.

لا بد من التذكير أن التفاعلات السابقة التي أشير إليها هي تفاعلات صدم مرن. عندما تكون طاقة الأيونات الواردة كبيرة بشكل كاف لتجتاز حاجز النواة الكولوني وتتفاعل معها، فإن الصدم يوصف بأنه غير مرن، وينتج عن هذا التفاعل نواتج تفاعل جديدة تتضمن نوى جديدة وجسيمات مشحونة جديدة وأشعة غاما ونيوترونات، بالإضافة إلى انتشار أو امتصاص كمية حرارة Q. إن كشف هذه النواتج هي في صلب تقنيات التحليل بالحزم الأيونية وتعطي معلومات كمية ونوعية مهمة عن العناصر الموجودة ضمن العينة فيما يسمى تقنية تحليل التفاعل النووي nuclear reaction analysis (NRA) للجسيمات المشحونة الناتجة. وتجدر الإشارة إلى أن تقنية NRA هي أكثر حساسية من EBS بالنسبة للعناصر الخفيفة حيث إن المقاطع العرضية للتشتت صغيرة عليها مقارنة بالمقاطع العرضية الكبيرة للتفاعلات النووية نتيجة صغر الحاجز الكولوني للنواها. يشار إلى أن تقنية NRA هي تقنية مكملة لتقنيتي EBS وERDA الأنفتي الذكر، ويجري تجميع أطيايفها جميعاً بشكل متزامن.

تمتلك تقنيات EBS/NRA/ERDA ميزة فريدة وهي إمكانية الحصول على معلومات السبر العنصري depth profiling في الأفلام الرقيقة. ويوضح الشكل 8 كيف يمكن لتقنية EBS تحديد مدى عمق ذرات عناصر معينة وتركيزها ضمن فلم رقيق متوضع على ركازة. عندما تنتقل الأيونات الواردة عبر العينة من السطح إلى العمق فإنها تفقد طاقتها. وتُترجم هذه المعلومات في طيف EBS على النحو التالي: تتوافق الحافة الطويلة اليمنى في كل قمة في الأطيايف مع الأيونات المتشحونة عن السطح، وتفقد الأيونات التي تخترق العمق المزيد من الطاقة، وتكون طاقتها نتيجة التشتت أقل وتميل إلى اليسار في الطيف باتجاه الطاقات الأقل. وبالتالي فإن مقياس الطاقة في أطيايف RBS (المحور الأفقي) هو مقياس لعمق الذرات في العينة في حين يقابل مقياس التعداد (المحور العمودي) كمية هذه الذرات في ذلك العمق.

التحليل بتقنية أشعة غاما المتحرضة بالجسيمات PIGE

يمكن أن تؤدي التفاعلات النووية إلى ظهور نواتج تفاعل جديدة، كما أشير إلى ذلك سابقاً، بما في ذلك إنتاج جسيمات مشحونة وأشعة غاما (و/أو نيوترونات). وينبغي الأخذ بالحسبان معايير السلامة الإشعاعية لدى التعامل مع أي تفاعل نووي. ولكن من ناحية أخرى، وبالنظر للجانب الإيجابي، يمكن كشف نواتج التفاعل هذه باستعمال كواشف أشعة مناسبة لإعطاء معلومات عنصرية قيمة، كون جميع نواتج التفاعل ناتجة عن تفاعلات مميزة بين الأيون الوارد ونوى ذرات العناصر الموجودة في العينة، وهي ذات طاقات محددة ومعروفة مسبقاً. يمكن كشف أشعة غاما المتحرضة بالأيونات الواردة، ومقارنة أطيايفها الطاقية مع أطيايف أشعة غاما للمواد المرجعية المختارة من إجراء تحليل كمي للحصول على تركيز العناصر «الخفيفة تحديداً» في العينة. تسمى هذه التقنية تحليل أشعة غاما المتحرضة بالجسيمات (PIGE) particle induced gamma-ray emission. على سبيل المثال، يعدّ استخدام التفاعل النووي $^{16}O(p,\alpha)^{13}C$ أحد التطبيقات الرئيسية لهذه التقنية في الكشف عن الفلور في الأسنان.

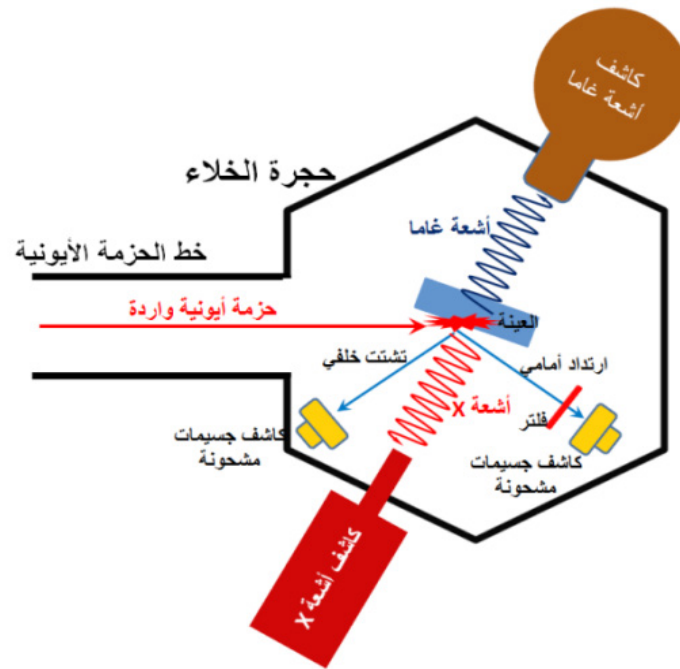


الشكل 8. توصيف طيف التشتت الخلفي EBS للحصول على معلومات سبر العمق العنصري.

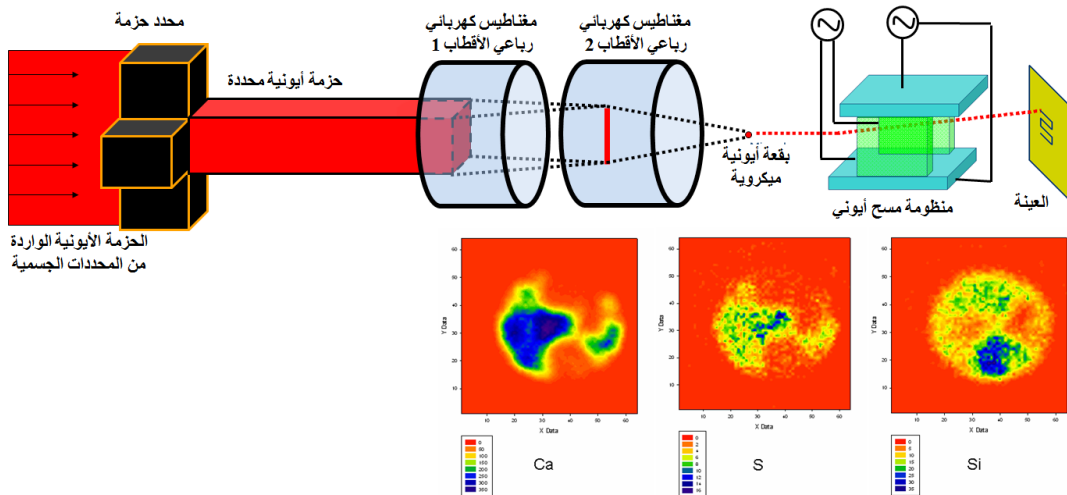
مميزات تقنيات التحليل بالحزم الأيونية ومحدودياتها

تتميز تقنيات التحليل بالحزم الأيونية بمزايا فريدة تجعل منها منافساً قوياً للتقنيات التحليلية العنصرية الأخرى، وأهم هذه المزايا:

- هي تقنيات لا تخریبية للعينة في أغلب الحالات.
- تمتاز بشكل عام بسهولة تحضير العينات، بل يمكن إجراء القياسات على العينات كما هي دون أي إجراءات تحضير معقدة، ويمكن هذا من إجراء تحليل لعدد كبير من العينات خلال وقت قصير نسبياً.
- تتمتع بحدود كشف متدنية حتى رتبة الـ $\mu\text{g/g}$ مع إمكانية الوصول إلى تراكيز أقل بكثير عن طريق التحكم بتحضير العينات.
- متعددة كشف العناصر multielemental، ويمكن إشراك بعضها مع بعض بشكل متزامن لكشف أكبر عدد ممكن من العناصر. يمكن، من حيث المبدأ، أن يتم الكشف عن عناصر الجدول الدوري جميعها في حال تكاملت بعض تقنيات التحليل بالحزم الأيونية مع بعضها الآخر. منح ذلك هذه التقنيات ميزة فريدة لا توجد في الكثير من التقنيات التحليلية الأخرى. ويعرض الشكل 9 مخططاً لمقطع علوي لحجرة خلاء نموذجية يظهر فيها التموضع الهندسي لعينة ضمنها، مع طيف واسع من كواشف الأشعة المختلفة التي يمكن من خلالها إجراء تقنيات التحليل بالحزم الأيونية بشكل متزامن لكشف أكبر عدد ممكن من العناصر.
- إمكانية تبئير الحزم الأيونية إلى أبعاد ميكروية، بل حتى أبعاد نانوية، باستعمال منظومات التبئير الحديثة (انظر الشكل 10) التي تعتمد على المغناط الكهربائي رباعية الأقطاب quadruple magnets. يمكن بعد ذلك إجراء مسح أيوني أفقي وشاقولي، باستعمال منظومة مناسبة، على سطح العينة المدروسة للحصول على خرائط عنصرية elemental maps لها، وبالتالي الحصول على التوزيع العنصري ضمن العينة بدقة فراغية spatial resolution عالية من خلال المسح الأيوني الميكروي عليها.



الشكل 9. مخطط لمقطع علوي لحجرة خلاء نموذجية يظهر فيها التموضع الهندسي لعينة ضمنها، مع طيف واسع من كواشف الأشعة المختلفة التي تمكن من إجراء تقنيات التحليل بالحزم الأيونية بشكل متزامن.



الشكل 10. مخطط لمنظومة تبيير ميكروي لحزمة أيونية، ومنظومة مسح أيوني أفقي وشاقولي للحزمة الأيونية الميكروية على سطح العينة، مع خرائط عنصرية ناتجة.

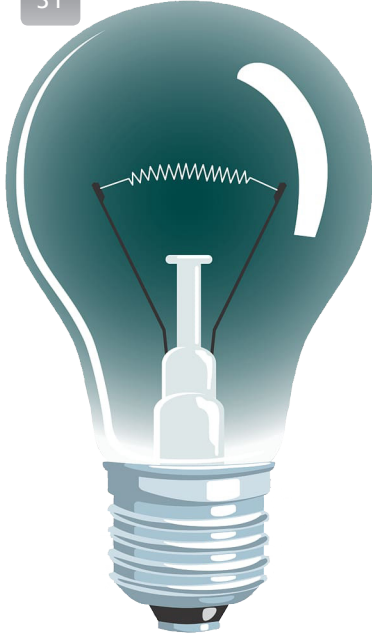
- إمكانية استعمال الحزم الأيونية في الهواء لتمكين إجراء قياسات تحليلية لعينات كبيرة (لوحات فنية وعينات خرسانية وقطع أثرية)، أو لعينات غير قابلة للوضع ضمن الخلاء (أنسجة بيولوجية وعينات سائلة)، أو حتى في إجراء قياسات بالزمن الحقيقي (real-time measurements) لتغيرات عنصرية تحدث ضمن العينة مع الزمن.
- سرعة تجميع الأطياف في معظم الحالات (أزمنة تجميع الأطياف هي من رتبة الدقائق)، مع سرعة إجراء التحاليل وإعطاء النتائج، باستعمال برمجيات متقدمة.
- لا يستدعي الوصول للنتائج التحليلية بالضرورة وجود عينات عيارية مرجعية standardless، عن طريق الضبط الدقيق للشروط التجريبية، وإجراء معايرة لمنظومات الكشف، والاعتماد على برمجيات متقدمة حديثة.

لا تخلو تقنيات التحليل بالحزم الأيونية من بعض المحدوديات والعيوب، ويمكن إجمال أهمها كما يلي:

- تتطلب هذه التقنيات وجود مسرع أيوني، وهو منظومة ضخمة ومكلفة، فضلاً عن كلفة التشغيل العالية. ولكن مع ذلك فإن موضوع الجدوى الاقتصادية لهذه التقنيات هو نسبي إذا ما أخذ بالحسبان سهولة التحضير وسرعة تجميع الأطياف وسرعة التحليل وإعطاء النتائج، فضلاً عن الكم الهائل من المعلومات العنصرية التي توفرها.
- لا تعطي معلومات جزيئية عن المركبات ضمن العينة، ولا معلومات عن الروابط الكيميائية بين العناصر في العينة المدروسة، وإنما فقط التركيز الكلي للعناصر.
- الأثر الحراري للحزمة الأيونية على بعض العينات (وخاصة البيولوجية)، ولا بد عندها من أخذ الاحتياطات اللازمة للحفاظ على العينة من خلال تبريدها والتحكم بتيار الحزمة الواردة واختيار الطاقة المناسبة له.
- نتائج تحليل العينات السميكة هي سطحية (بضعة ميكرومترات حسب طاقة الحزمة الواردة ونوع المادة المحللة)، ولا بد من التحقق من تجانس العينة السميكة المدروسة لضمان أن يكون التحليل السطحي معبراً عن التركيز الكلي.

المراجع

1. Brundle CR, Evans CA, Wilson S. 1992. Encyclopedia of Materials Characterization Surfaces, Interfaces, Thin Films. Greenwich: Butxetworch-Heinemann, a division of Reed Publishing (USA) Inc.
2. Campbell JL, Johansson SAE. 1988. PIXE - A Novel Technique for Elemental Analysis. New York: John Wiley & Sons.
3. Campbell JL, Johansson SAE, Malmqvist KG. 1995. Particle-Induced X-Ray Emission Spectrometry (PIXE). New York: Wiley-Interscience.
4. Chu WK, Mayer JW, Nicolet MA. 1978. Backscattering Spectrometry. New York: Academic Press.
5. Cookson JA, Grime GW, Watt F. 1987. Principles and Applications of High-Energy Ion Microbeams. Bristol: Hilger.
6. Mandò PA, Przybyłowicz WJ. 2009. Particle-Induced X-Ray Emission (PIXE). In: Encyclopedia of Analytical Chemistry. Meyers RA (ed). New York: John Wiley & Sons.
7. Mayer JW, Nastasi M, Wang Y. 2015. Ion Beam Analysis: Fundamentals and Applications. London. New York: Taylor & Francis Group.
8. Nastasi M, Wang Y (eds). 2009. Handbook of Modern Ion Beam Materials Analysis. 2nd ed. Pittsburgh. Materials Research Society.



المصابيح الكهربائية: أنواعها وآلية عملها والاختيار الأمثل لها

◀ إعداد: د. سامي الشيخ سلو، هيئة الطاقة الذرية السورية.

تعدّ المصابيح الكهربائية أداة مهمة في حياتنا اليومية، لما لها من أهمية كبيرة في الإنارة داخل المنزل وخارجه. وقد تطورت هذه المصابيح منذ اختراعها حتى يومنا هذا، وجرى العديد من الدراسات والأبحاث لتحسين عملها، وتتمحور هذه الأبحاث حول تقديم أقل قدر ممكن من الطاقة الكهربائية للحصول على أعلى طاقة ضوئية، مما يوفر في التكاليف ويطيل عمل المصباح، ويمكن اختيار المصباح المناسب لاستعماله داخل المنزل أو في الأماكن العامة من خلال فهم آلية عمل كل مصباح كهربائي ومحاسنه ومساوئه، للحصول على المصباح الكهربائي الأمثل الذي يمتلك أطول ساعات عمل وأكثر إضاءة ضوئية وأقل استهلاكاً للطاقة الكهربائية. تقدم هذه المقالة فكرة عامة عن أنواع المصابيح، بدءاً من مصابيح التسخين الحراري مروراً بمصابيح الانفراغ الكهربائي ووصولاً إلى مصابيح أنصاف النواقل LED، وتشرح آلية عمل كل مصباح كهربائي ومحاسنه ومساوئه، وتمكّن القارئ من اختيار المصباح المناسب لكل حالة.

مقدمة

تعدّ ظاهرة البرق والنار هي أولى الظواهر الطبيعية المنتجة للضوء، ثمّ سعى الإنسان القديم إلى حرق الحطب لإيجاد مصدر دائم للضوء خلال الليل؛ حيث أشعل عيدان الخشب وغمسها بمواد شحمية أو زيتية ذات مصدر حيواني أو نباتي لإطالة مدة احتراقها واستخدامها لإنارة كهفه ليلاً.

ثمّ ابتكر الإنسان الشموع والسراج والفانوس والكان، واستخدم فيها فتيلاً قطنياً مغموساً بالزيت السائل، وللحفاظ على الفتيل مشتعلاً أُحيط بزجاج واق، وقد تطورت أشكال السراج والفوانيس وتنوعت وزادت كفاءتها، كما تنوع شكل الفتيل، فكلما ازداد سُمكه أو عرضه زادت شدة الإضاءة وزاد استهلاك الزيت، وقد استمر استخدام السراج والفوانيس والشموع في معظم الدول حتى منتصف القرن التاسع عشر، وتعداه إلى منتصف القرن العشرين في بعض البلاد، واستخدمت في إنارة الشوارع، وخصص لها عامل يصونها ويشعلها ويطفئها عُرف باسم «الدومري».

ومع اكتشاف النفط وتطور الحياة ظهر مصباح الكاز العادي الذي أعطى شدة إضاءة تعادل عشر مرّات أو أكثر من إضاءة المصباح العامل على الزيوت والشحوم، ويُعرف محلياً باسم اللوكس؛ وهو عبارة عن أسطوانة معدنية تُملأ بالكاز وتحقن بالهواء، وبعد تسخين مجموعة الأنابيب الخارجة من الأسطوانة يتبخّر سائل الكاز المضغوط ويشتعل بخاره (أو غازه) ضمن قميص حريري، فيتوهج ويصدر ضوءاً ساطعاً، ويحاط القميص عادة بواقٍ من الزجاج لوقايته من تيارات الهواء أو الصدمات، وقد استخدم اللوكس في الإنارة المنزلية وإنارة الشوارع.

وفي عام 1879 م اخترع أول مصباح كهربائي متوهج على يد العالم أديسون، حيث استخدم سلكاً رفيعاً ملفوفاً من الكربون، مرّ فيه تياراً كهربائياً، فتوهج السلك واحمرّ، ووضع في حباب زجاجية مفرغة من الهواء لمنع تأكسده وتلفه، وكانت شدة الإنارة عندئذ تكافئ 3 لومن/واط. وفي عام 1905 م استخدم سلك معدني معالج بالهدروكربون لتشكيل طبقة من الفحم على سطحه وكان هذا تطوراً في صناعة المصابيح الكهربائية. أمّا في عام 1907 م استخدمت معادن التنتانيوم والتغستين في صناعة سلك المصباح. وفي عام 1910 م ظهرت مصابيح التغستين ذات الحوجلة المفرغة من الهواء التي أعطت ضوءاً أبيض ووصلت حرارة الفتيل فيها إلى 2200 C° وأعطت شدة إنارة بحدود 8 لومن/واط.

في عام 1913 حققت الحبابة الزجاجية ولأول مرة بغازات خاملة أعطت نتائج اقتصادية جيدة من حيث الاستهلاك وشدة الإضاءة، وكانت أدنى استطاعة لمثل هذه الأجهزة لا تقل عن 40 واط.

ومع اكتشاف البلازما عام 1933 طرأ تطور كبير على صناعة المصابيح الكهربائية حيث أُستخدم بخار الزئبق في أنبوبة زجاجية طويلة تحت ضغط منخفض ثم تحت ضغط مرتفع، وأُنيرت الشوارع والساحات بهذا النوع من المصابيح. استخدم بعد ذلك كبريت الصوديوم ضمن حبابة زجاجية كبيرة نوعاً ما تحت ضغط منخفض مما أعطى شدة إضاءة وصلت إلى 14 لومن/واط. وفي منتصف القرن الماضي ظهرت مصابيح الفلورسنت التي تعتمد على مبدأ الانفراج الغازي وتطورت حالياً لتأخذ أشكالاً واستطاعات عديدة. وعُرفت هذه المصابيح باسم مصابيح الانفراج الكهربائي.

وحديثاً اخترعت مصابيح أكثر اقتصادية من مصابيح الفلورسنت ومن مصابيح التوهج الحراري المتوهجة وهي مصابيح LED (ليد)، وتعدّ هذه المصابيح الأفضل الآن من حيث استهلاك الطاقة الكهربائية وإنتاج الضوء وشدة الإضاءة وشفاء اللون.

وفيما يلي مقارنة بين استهلاك هذه المصابيح للطاقة الكهربائية ونسبة التحويل إلى ضوء:

- تحوّل مصابيح التوهج الحراري 20% من الكهرباء إلى الضوء و 80% إلى الحرارة.
- في حين تحوّل مصابيح فلورسنت نحو 60% من الكهرباء إلى الضوء و 40% إلى الحرارة.
- أما مصابيح LED فهي تحول 80% إلى 90% من الكهرباء إلى الضوء و 10% إلى 20% فقط إلى الحرارة، فهي الأفضل، بالإضافة إلى الكفاءة العالية لمصابيح الليد بحيث يمكن أن تستبدل مصباحاً متوهجاً بقوة 45 واط بمصباح ليد 6 واط فقط وتحصل على شدة الإضاءة نفسها، كما هو واضح في الشكل 1.



الشكل 1. مقارنة بين أنواع المصابيح الكهربائية من حيث الاستهلاك والكفاءة الضوئية.

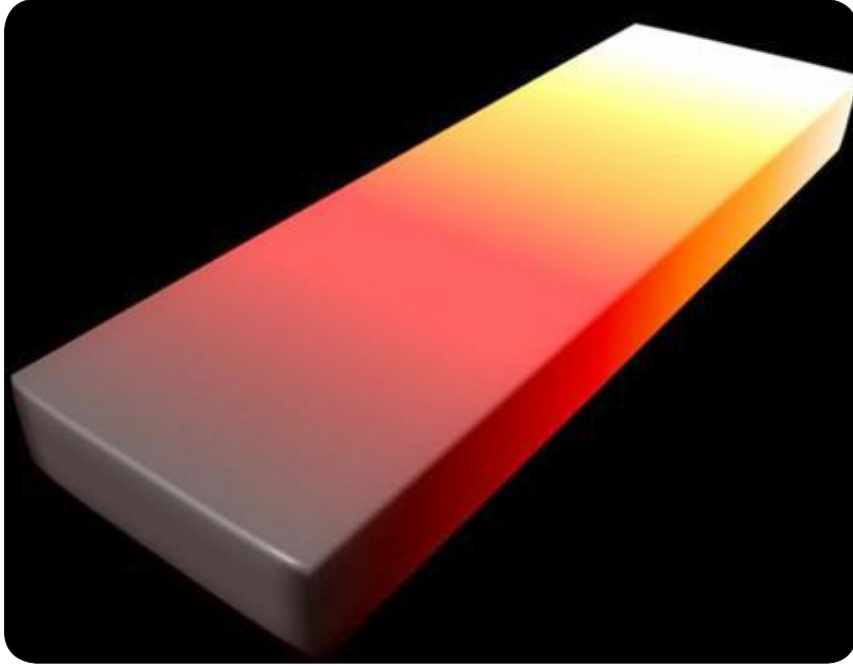
تمثل الكهرباء في كافة أنواع المصابيح الكهربائية المصدر الأساسي لإنتاج الضوء؛ حيث يتم تحويل الطاقة الكهربائية عبر كافة أنواع المصابيح إلى ضوء. وتقسّم هذه المصابيح إلى ثلاثة أنواع رئيسية وهي:

- 1- مصابيح التوهج الحراري.
- 2- مصابيح الانفراج الكهربائي.
- 3- مصابيح أنصاف النواقل أو الليد.

تتناول هذه المقالة جميع أنواع المصابيح الكهربائية، من حيث آلية عمل كل نوع من أنواع هذه المصابيح ومحاسنها ومساوئها مما يتيح لنا في النهاية كيفية الاختيار الأمثل للمصباح المناسب لاستخداماتنا اليومية.

1- مصابيح التوهج الحراري incandescent lamps

إنّ ظاهرة التوهج الحراري معروفة لدينا من خلال الواقع التجريبي الذي نلمسه؛ فلو أخذنا قطعة من الحديد وبدأنا بتسخينها نلاحظ أنّ لونها يأخذ في البداية اللون الأحمر الداكن عند درجة الحرارة 600 درجة مئوية ومع زيادة درجة تسخين قطعة الحديد يتغير لونها لتأخذ اللون الأحمر ثمّ اللون الأصفر وعند درجات حرارة مرتفعة جداً تعطي اللون الأبيض، وتعرف هذه الظاهرة بالتوهج الحراري بالتسخين، ويوضح الشكل 2 هذه الظاهرة.



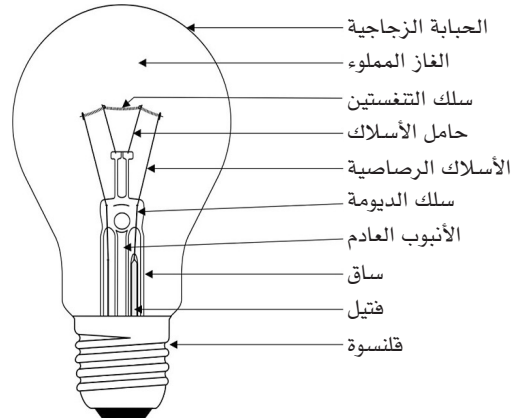
الشكل 2. ظاهرة التوهج الحراري بالتسخين لقطعة من الحديد.

وتحدث هذه الظاهرة في مصابيح التوهج الحراري عندما يتم تسخين سلك من التنغستين ذي المقاومة الكبيرة إلى درجات حرارة مرتفعة وذلك نتيجة لمرور التيار الكهربائي في سلك التنغستين.

1-1- مصباح التوهج الحراري التقليدي

يتم في مصباح التوهج الحراري التقليدي إنتاج الضوء كما ذكرنا قبل قليل عن طريق تسخين سلك معدني رفيع مثل التنغستين الموجود داخل حباب زجاجية مفرغة من الهواء العادي ومملوءة بغاز خامل، وذلك بمرور تيار كهربائي خلال سلك التنغستين حيث ترتفع درجة حرارته إلى درجة التوهج. وسلك التنغستين هذا له مقاومة كهربائية عالية ويتم تسخينه إلى درجة حرارة من 2700 إلى 3200 درجة مئوية ليصبح مضيئاً.

يؤدي وجود الأكسجين داخل الحباب الزجاجية إلى تفاعله مع السلك المعدني مسبباً تلفه وتخریب هذا المصباح لذا يتم إخراج الهواء (الأكسجين) وإدخال غاز خامل (الأرغون على الأغلب) لأنه لا يتفاعل مع فتيلة المصباح عند ارتفاع درجة حرارتها مما يسمح بالحصول على ضوء أبيض، كما يقلل من تبخر معدن الفتيلة، ومن ثم يطيل من عمر المصباح كما أنه يقلل من ظاهرة السواد الذي يغطي المصباح من الداخل نتيجة التبخر. ويبين الشكل 3 أجزاء مصباح التوهج الحراري التقليدي.



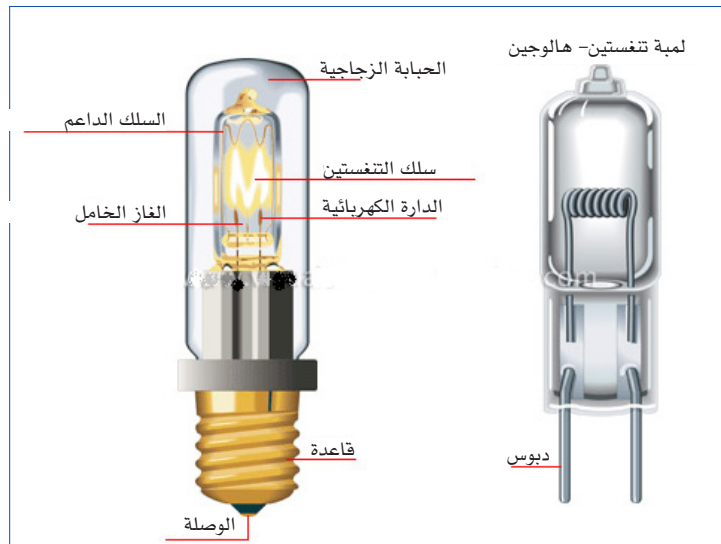
الشكل 3. مصباح التوهج الحراري مع أجزائه الرئيسية.

من أهم محاسن هذه المصابيح: أنها سهلة الاستخدام حيث لا تحتاج إلى تجهيزات إضافية لتشغيلها كما أنها رخيصة الثمن وسهلة التصنيع. ولا تسبب أي مشاكل أو أضرار صحية، واشتغالها آني، وصديقة للبيئة يمكن التخلص منها مع النفايات المنزلية، وتحتمل الإشعال/الإطفاء المتكرر.

تعد ظاهرة «التسويد» من أهم عيوب هذه المصابيح وهي عبارة عن تكوين غشاء منتظم عاتم على السطح الداخلي للحبابة الزجاجية نتيجة تبخر ذرات سلك التنغستين وانتقالها نحو الجدار الداخلي لحبابة مصباح التنغستين وترسبها عليه، ويزداد هذا الأسوداد مع استخدام المصباح مما يؤدي إلى انخفاض قدرته الضوئية. ومن مساوئ هذه المصابيح أيضاً أن مدة حياتها حوالي 1000 ساعة عمل وهي فترة حياة قصيرة، كما أن الفعالية الضوئية لهذه المصابيح كانت قليلة نسبياً بحدود 10 لومن/واط محدودة بدرجة انصهار سلك التسخين. وهي تحتاج إلى استهلاك كبير للطاقة الكهربائية ولونها غير مقبول نسبياً في بعض المصابيح.

1-2- مصباح التوهج الحراري الهالوجيني

جرى التغلب على ظاهرة التسويد في بعض مصابيح التوهج الحراري عن طريق إنتاج مصباح التوهج الحراري الهالوجيني halogen lamp المبين بالشكل 4.



الشكل 4. مصباح التوهج الحراري الهالوجيني مع أجزائه.

يتم إنتاج الضوء أيضاً عن طريق التسخين الحراري لسلك التنغستين ولكن مع وجود غازات هالوجينية (اليود أو البروم أو الفلور) تحت ضغط مرتفع داخل الحبابة الزجاجية المصنوعة من الكوارتز المتحملة لدرجات حرارة مرتفعة؛ حيث إن الضغط المرتفع يخفض معدل التبخر ويطيل عمر المصباح. إن هذه التقنية تمنع حالة التصعد لسلك التنغستين، إذ بوجود الغازات الهالوجينية يبرّد سلك التنغستين ويمنع حدوث ظاهرة التصعد.

تسمح هذه الآلية لسلك التنغستين بالعمل في درجات حرارة مرتفعة بحدود 3000 كلفن عوضاً عن 2700 كلفن، وارتفاع درجة الحرارة يعطي ضوءاً قريباً من ضوء الشمس مع مدة حياة تبلغ حوالي 2000 ساعة عمل. ويعني هذا تحسناً في مردودية الفعالية الضوئية بحدود 30% عن المصابيح التقليدية التي تصل إلى 21 لومن/واط. لكن هذه المصابيح تستهلك الكثير من الطاقة الكهربائية التي قد تصل من 150 إلى 300 واط وفي بعض المصابيح تصل إلى 500 واط.

2- مصابيح الانفراغ الكهربائي discharge lamps

تنتج مصابيح الانفراغ الكهربائي الضوء عن طريق ظاهرة الانفراغ الكهربائي عند مرور تيار كهربائي عبر الغاز تحت الضغط، وذلك عوضاً عن توهج الفتيلة كما هو الحال في مصابيح التوهج الحراري. وتسمى هذه المصابيح المنتجة للضوء أحياناً بمصابيح الانفراغ الكهربائي. والفكرة العامة لهذه المصابيح كافة هي حدوث انفراغ كهربائي خلال غاز ما إما تحت ضغط منخفض أو ضغط مرتفع. وأغلب هذه المصابيح تحتوي على غازين الأول هو غاز حامل عادة والغاز الثاني هو المنتج للضوء؛ حيث إن الغاز الأول وهو الغاز الخامل سريع التأين ويسمى غاز القدرح،

ويحتاج هذا الغاز لجهد عالٍ لحدوث عملية القذح عند بدء عمل المصباح، أما الغاز الثاني فتستثار ذراته باصطدام الإلكترونات المنبعثة من أقطاب المصباح (التي تصنع غالباً من التنغستين) ويرافق ذلك إصدار خطوط طيفية خاص بذرات غاز العنصر المستخدم، ولذا ستختلف الألوان الصادرة من هذه المصابيح حسب الغاز الثاني الموجود بداخلها، وعادة ما تُسمى هذه المصابيح باسم الغاز المستخدم (الزئبق أو النيون أو الصوديوم).

تعدّ مصابيح الانفراغ الكهربائي أول تطبيق لإنتاج البلازما الفيزيائية. إذ تميز نوعين من هذه المصابيح: مصابيح الضغوط المنخفضة والتي يصل فيها الضغط الداخلي إلى أقل من 1 تور. وأما مصابيح الضغوط المرتفعة فيصل الضغط فيها إلى مرتبة الضغط الجوي أي 760 تور.

وتقسم هذه المصابيح ذات الانفراغ الكهربائي إلى مجموعتين أساسيتين: المجموعة الأولى المصابيح الكهربائية ذات الضغط المنخفض وتشمل المصابيح الفلورية ومصابيح النيون ومصابيح الصوديوم ذات الضغط المنخفض، والمجموعة الثانية هي المصابيح ذات الضغط المرتفع وتشمل على مصابيح الصوديوم عالية الضغط ومصابيح بخار الزئبق عالية الضغط أيضاً.

لا يتمكن التيار الكهربائي من المرور عبر الغاز في الشروط العادية، ولكن عند وضع أقطاب في طرفي أنبوب زجاجي وتطبيق حقل كهربائي خارجي مرتفع نسبياً يمكن لبعض الإلكترونات أن تنطلق من المهبط وتتجه نحو المصعد وتصطدم بذرات الغاز الموجود ضمن الحبابة الزجاجية فنتهيح أو تتأين مكونات الغاز المحصور ضمن الحبابة الزجاجية، وعندها يمكن للتيار الكهربائي أن يمرّ عبر هذا الغاز، وتظهر حزمة ضوء أحمر ضعيف في الأنبوب تنتقل من القطب الموجب إلى القطب السالب، ويمكن تحسين شدة الإضاءة بإضافة بعض الأبخرة المعدنية، مثل أبخرة الصوديوم أو الزئبق.

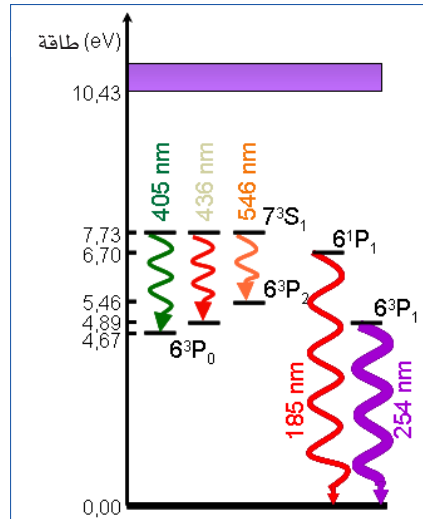
1-2- مصابيح الانفراغ الكهربائي ذات الضغط المنخفض

1-1-2- مصابيح الضغط المنخفض - مصابيح الفلورسنت fluorescent lamps

إنّ العنصر الأساسي في أنبوبة مصباح الفلورسنت هي الأنبوبة الزجاجية المفرّغة من الهواء، والمحتوية على ذرات الزئبق والغاز الخامل (والذي هو على الغالب الأرجون) عند ضغط منخفض. وتغطي سطح الأنبوبة الداخلي طبقة من مادة فوسفورية، ويوجد على طرفي الأنبوبة أقطاب كهربائية، وفي داخل أنبوبة الفلورسنت تتصل الأقطاب بفتيلة حرارية من سلك التنغستين تقوم بإصدار الإلكترونات عند تسخينه، وهو ما يعرف بإصدار الإلكترون الحراري. تُسرّع هذه الإلكترونات الصادرة تحت تأثير فرق الجهد الكهربائي المطبق على طرفي الأنبوبة والذي يبلغ عادة 240 فولط، وتتصادم هذه الإلكترونات المسرّعة بذرات غاز الأرجون فتعمل على إثارتها وتأيئها (أي انتزاع إلكترونات من ذرات الأرجون وتركها على شكل أيون موجب)، تحت تأثير فرق الجهد المطبق على طرفي الأقطاب فإنّ الإلكترونات السالبة الشحنة تتسارع في اتجاه القطب الموجب بينما الأيونات الموجبة الشحنة تتسارع في اتجاه القطب السالب، وهذا ما يشكل دائرة كهربائية يمرّ فيها التيار الكهربائي من خلال غاز الأرجون المتأين، وهذا العمل يقوم به المشغل الابتدائي starter.

عندما تصطدم الإلكترونات والأيونات المسرّعة ببخار غاز الزئبق الموجود داخل الأنبوبة الزجاجية المفرّغة من الهواء تُثار ذرات الزئبق حيث تنتقل إلكترونات ذرة الزئبق إلى مدارات طاقة أعلى، ولكن سرعان ما تعود هذه الإلكترونات إلى مداراتها الأدنى المستقرّة مطلقة فوتونات ضوئية. يحتوي عادة طيف إصدار الزئبق على فوتونات تقع في المجال فوق البنفسجي وخاصة الفوتونات التي لها طولان موجيان هما 253,7 نانومتر و 185 نانومتر يتم فيهما الانتقال من سوية طاقة عليا مثارة إلى السوية الأساسية وندعو مثل هذا الانتقال بالانتقال الطيني، ويعدّ حد الانتقال ذو الطول الموجي 253,7 نانومتر الأكثر شدة والأكثر أهمية في هذا الانفراغ الكهربائي لأنّه يمثل السوية المصدرة للأشعة فوق البنفسجية، التي يرمز لها $Hg(6^3p_1)$. ويبين الشكل 5 البناء الذري لبعض سويات ذرة الزئبق.

إلا أنّ الفوتونات الصادرة في مركز مصباح الانفراغ الكهربائي - نتيجة الانتقال السابق بين سويتي الطاقة - لا يمكنها الخروج بسهولة والوصول إلى جدران الأنبوبة؛ لأنّها سوف تدخل في تصادمات مع ذرات الزئبق الموجودة في حالتها الأساسية مما يؤدي إلى امتصاصها وفقدانها لطاقتها. ويمكن أن تحدث هذه الآلية مرات عدة قبل أن يخرج الفوتون من مركز الانفراغ الكهربائي ويصل إلى جدران الأنبوبة الكهربائية لإعطاء الضوء. وتسمى هذه الظاهرة بانحباس الأشعة. ويمكن فقط للفوتونات ذات الطول الموجي 253,7 نانومتر الوصول إلى جدران الأنبوبة، وتصطدم فوتونات الأشعة فوق البنفسجية ذات الطول الموجي 253,7 نانومتر الصادر عن ذرات الزئبق بجدران الأنبوب الزجاجي المطلي بالمادة الفسفورية، ممّا يؤدي إلى فلورة المادة الفسفورية المطلية على جدران أنبوب المصباح مصدرة اللون الأبيض

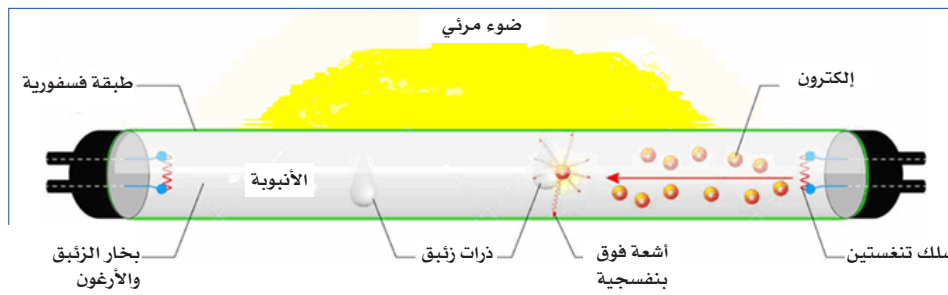


الشكل 5. البناء الذري لسويات الزئبق المنتجة للأشعة فوق البنفسجية.

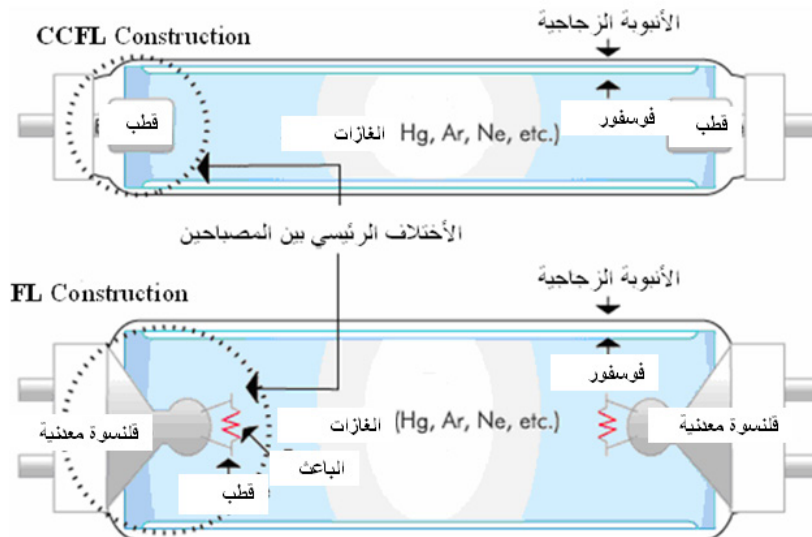
كما هو موضح في الشكلين 6 و7.

تسمى ظاهرة امتصاص الطيف فوق البنفسجي وانبعث الطيف المرئي بواسطة المواد الفسفورية بالفلورسنت، ومن هنا أطلقت على هذه المصابيح اسم مصابيح الفلورسنت.

وعند إزالة الزئبق والطبقة الفسفورية من هذا النوع من المصابيح وإضافة فقط غازات خاملة تحت ضغط منخفض نحصل على مصابيح تعطي ألواناً مختلفة بحسب الغاز الخامل المستعمل وهذا ما يبينه الشكل 8. ويستعمل هذا النوع من المصابيح عادة للدعاية في واجهة المحلات والمطاعم.

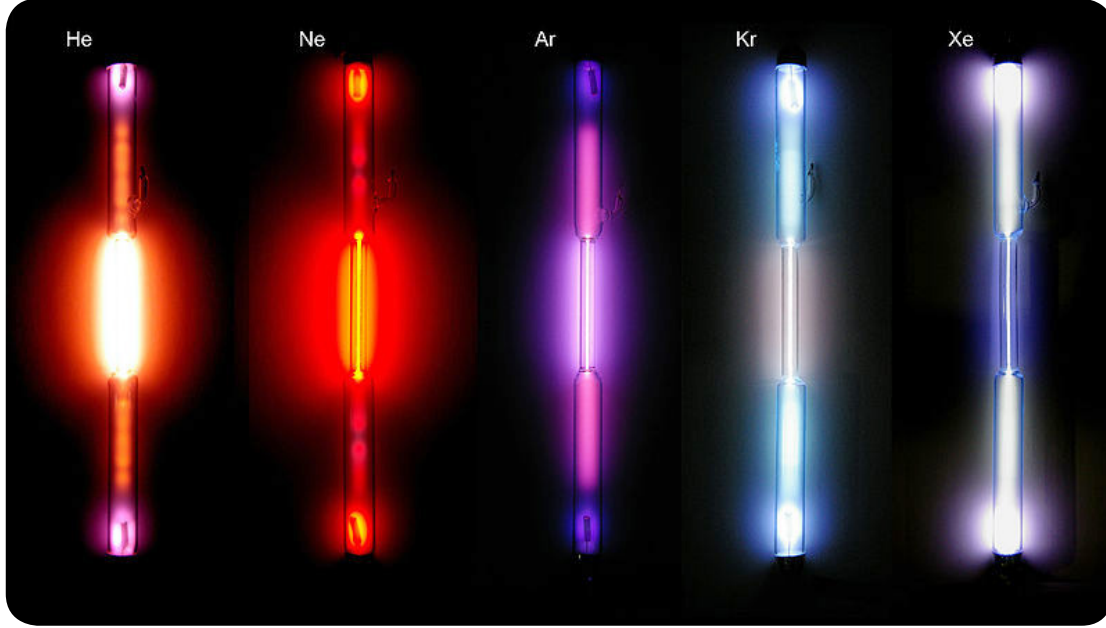


الشكل 6. التفريغ الكهربائي المتولد داخل غاز محصور بأنبوبة زجاجية.



الشكل 7. أجزاء مصباح الفلورسنت.

جاءت مصابيح الانفراغ ذات الضغط المنخفض بديلاً عن مصابيح التوهج الحراري، بسبب مجموعة من الميزات أهمها: (1) مردود ضوئي جيد يصل إلى 60-70 لومن/واط؛ فالمصباح المتألق ذو استطاعة 11 واط يعطي إضاءة تعادل تلك التي يعطيها مصباح تقليدي استطاعته 40 واط و (2) مدة حياة طويلة تصل إلى 8000 ساعة عمل أي ما يقارب 6 سنوات من الاستعمال بمعدل 4 ساعات عمل في اليوم؛ لذا فهي أكثر اقتصادية في استهلاك الطاقة الكهربائية مقارنة مع مصابيح التوهج الحراري، وهذه المصابيح أكثر أماناً لأنها لا تولد حرارة كبيرة.



الشكل 8. مصابيح كهربائية محتوية على غازات خاملة فقط.

ومن سلبياتها: احتوائها على بخار الزئبق الذي يعدّ ملوثاً للبيئة، كما أنّها غير قابلة للتدوير بنسبة 93%، عدم تحملها التشغيل/الإطفاء المتكرر لأنّ ذلك يقلل من مدة حياتها، وقد تصدر أشعة فوق بنفسجية ضارة تسبب عمى العيون والسرطان إذا لم يكن الزجاج المستخدم مطابقاً لشروط امتصاص الأشعة فوق البنفسجية كافة. كما تحتاج لتجهيزات خاصة لاستعمالها مما يرفع من سعرها ويجعلها غالية الثمن، وهذه المصابيح لا تعمل إذا انخفض الجهد عن 75%، إذ يتأثر الضوء بعد فترة من الزمن نتيجة الاستعمال بسبب ظاهرة الإسوداد الناتجة عن تبخر أسلاك الأقطاب المصنوعة عادة من التنغستين، كما يتأثر الضوء الصادر عن هذه المصابيح بحرارة الوسط، ولا يمكن استخدامها في الساحات العامة والطرق بسبب متوسط مردودية الفعالية الضوئية.

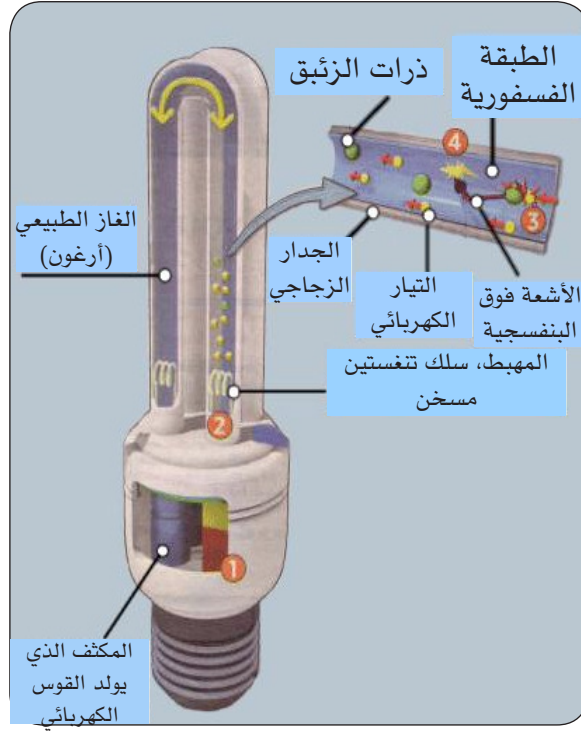
2-1-2- المصباح الفلوري المدمج compact fluorescent lamp

يتم تصميم المصباح الفلوري المدمج من أنبوب ملتوي أو منحني وذلك للتمكن من استخدام المصباح في نفس المكان المخصص لاستيعاب المصباح التوهجي، وبالإضافة إلى هذا الأنبوب، فإن المصباح الفلوري المدمج يحتوي على محول إلكتروني في قاعدة المصباح.

إن مبدأ عمل المصابيح الفلورية المدمجة مشابه لعمل مصابيح الفلورسنت السابقة؛ إذ يعمل المصعد على إصدار الإلكترونات من السلك المبيّن في الشكل 9 فيؤدي حدوث الانفراغ داخل الأنبوبة إلى تدفق الإلكترونات التي بدورها تصطدم مع ذرات الزئبق الموجود داخل أنبوبة الانفراغ الكهربائي، ويؤدي هذا التصادم إلى تهيج ذرات الزئبق، وعند عودة هذه الذرات إلى حالتها الطبيعية تؤدي إلى إصدار الأشعة فوق البنفسجية، وتصطدم هذه الأشعة بطبقة من مادة مفلورة (مكونة من مادة الفسفور فقط) موجودة على الطبقة الداخلية للأنبوبة التي بدورها تتفولر وتعطي الضوء الأبيض المرئي.

بالمقارنة مع المصابيح التوهجية ذات الاستخدام العام التي تعطي شدة الضوء المرئي نفسها، فإن المصابيح الفلورية المدمجة تستهلك خمس إلى ثلث الطاقة الكهربائية التي تستخدمها المصابيح التوهجية، كما أنّها تدوم لفترة أطول بحوالي 8 إلى 15 مرة. من جهة أخرى، فإن سعر الشراء للمصابيح الفلورية المدمجة أعلى من سعر الشراء للمصابيح التوهجية. في المقابل، فإن المصابيح الفلورية

الدمجة يمكن أن توفر أكثر من خمس أضعاف سعرها من خلال التقليل من تكلفة الكهرباء طول فترة التشغيل والتي هي أطول من فترة التشغيل للمصابيح التوهجية.



الشكل 9. أجزاء المصباح الفلوري المدمج.

تحتوي المصابيح الفلورية المدمجة، مثل بقية مصابيح الفلورسنت، على الزئبق السام والذي يؤدي إلى تعقيد عملية التخلص من هذه المصابيح عند تلفها، وقد اتخذت العديد من الدول مخططات وأنظمة لإعادة تدوير مثل هذه المصابيح. وتصنع هذه المصابيح بأشكال وأحجام متنوعة وذلك للتقليل من طول هذه المصابيح مما يسهل استعمالها في بعض الأماكن الضيقة. يبين الشكل 10 بعض أنواع هذه المصابيح.



الشكل 10. بعض أشكال المصابيح المدمجة.

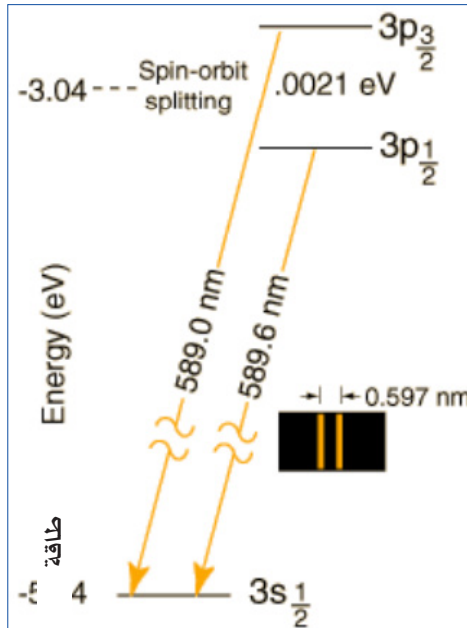
تتميز هذه المصابيح باستهلاك منخفض للطاقة الكهربائية، حسب حجمها وطولها، فهي أقل استهلاكاً بـ 75% من مصباح التوهج الحراري، وهي ذات عمر يتراوح من 6000 إلى 12000 ساعة عمل.

يعطي مصباح الفلور المدمج ذو الاستطاعة 25 واط الشدة الضوئية نفسها للمصباح العادي ذي استهلاك من 80 إلى 100 واط وذلك حسب حجمه. الجدير ذكره أن زيادة طول المصابيح السابقة تتطلب تطبيق جهد أكبر.

3-1-2- مصباح الصوديوم ذو الضغط المنخفض low pressure sodium lamp

إن مبدأ عمل مصباح الصوديوم ذو الضغط المنخفض مشابه لمبدأ عمل المصباح الفلوري المدمج السابق مع فارق جوهري هو أنه لا يحتاج إلى مادة فسفورية لإنتاج الضوء، حيث ينتج الضوء مباشرة عن طريق الانفراج الغازي الذي يتم في وسط ذي ضغط منخفض مكون من غاز الصوديوم مع غازات خاملة كغاز النيون بنسبة 99% مع غاز الأرغون بنسبة 1% تحت ضغط منخفض وذلك لتسهيل عملية القذح وتسخين الصوديوم حتى الدرجة 260 درجة مئوية. ويقع الإشعاع الناشئ عن التفريغ الغازي في مجال اللون الأصفر فقط لذلك فهو وحيد اللون ولا يحتاج لمادة فلورية مثل مصابيح الزئبق.

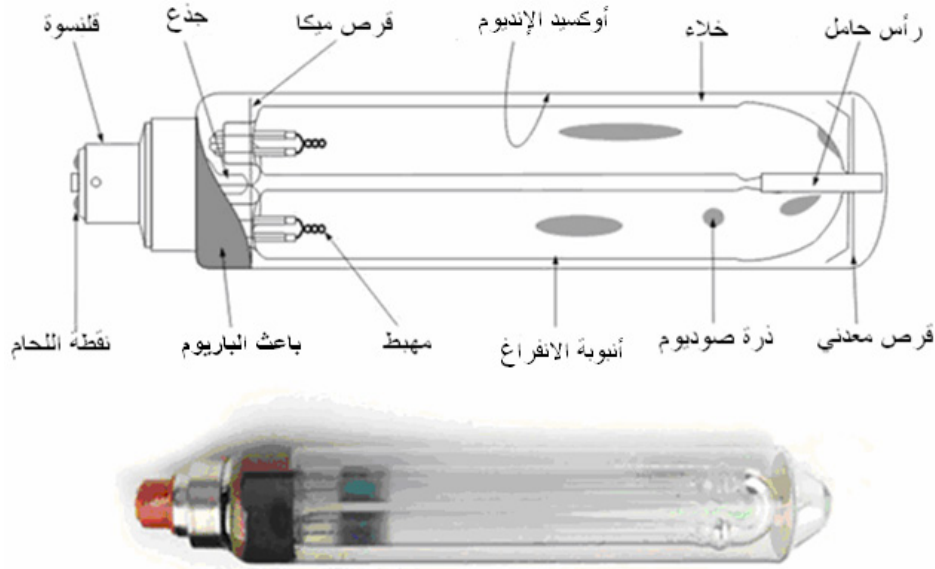
يتميز طيف إصدار ذرة الصوديوم كما هو موضح في الشكل 11 بإصداره للون الأصفر وذلك عند إثارته، حيث يمتلك طيفه خط إصدار طوله الموجي 589.3 نانومتر ويرمز له بـ D ويؤدي التزواج المغزلي المداري إلى انفصال الخط D إلى خطين D_1 و D_2 قريبين جداً من بعضهما البعض.



الشكل 11. سويات إصدار اللون الأصفر لعنصر الصوديوم.

وتكون أنبوبة التفريغ الداخلية في هذه المصابيح عادة على شكل حرف U كما في الشكل 12، ومزودة عند كل طرف بفتيلة مكنسية بمادة إصدارية، وعند التسخين يبدأ التفريغ الكهربائي بالظهور أولاً بلون أحمر برتقالي حتى ترتفع درجة الحرارة فيبدأ الصوديوم في عملية التفريغ ويتحول الضوء إلى الأصفر. وبالتالي فإن الضوء الصادر عن مصباح بخار الصوديوم ذو لون أصفر الشكل 13.

تبلغ الاستطاعة الضوئية 200 لومن/واط مع مدة حياة تصل إلى 8000 ساعة عمل، جهد إقلاع من 400 إلى 600 واط. ومن أهم عيوب هذا المصباح أنه يحتاج إلى حوالي 10 دقائق لوصول الضوء إلى أقصى شدة له، ويعد أسوأ المصابيح من حيث أمانة نقل الألوان 23% حيث لا يمكن تمييز الألوان على ضوءه لذلك يستخدم في الإضاءة الخارجية فقط كما في الشوارع والمطارات.



الشكل 12. مصباح الصوديوم ذو الضغط المنخفض وأقسامه الرئيسية.

2-2- مصابيح الانفراغ الكهربائي ذات الضغط المرتفع

يعتمد مبدأ عمل مصابيح الانفراغ الكهربائي عالية الضغط على مبدأ انفراغ الأقواس الكهربائية في إنتاج الضوء.

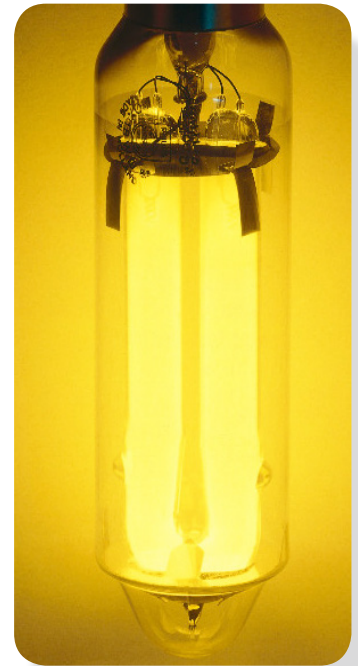
2-2-1- مصباح بخار الزئبق ذو الضغط المرتفع HPML

يتكون مصباح بخار الزئبق من أنبوتين زجاجيتين إحداهما داخلية وهي أنبوب الانفراغ الذي يحدث فيه القوس الكهربائي، والأخرى خارجية تحفظ أنبوبة القوس من تغيرات درجة الحرارة وفي بعض الأحيان تعمل كفلتر لإبعاد بعض أطوال الموجات الصادرة من إشعاعات القوس الكهربائي كالأشعة فوق البنفسجية. وقد تحتوي بعض مصابيح بخار الزئبق عالية الضغط على طبقة فسفورية تغطي الجدار الداخلي للأنبوبة الثانية وتعرف هذه المصابيح أيضاً بمصابيح الزئبق الفلورسنتية عالية الضغط.

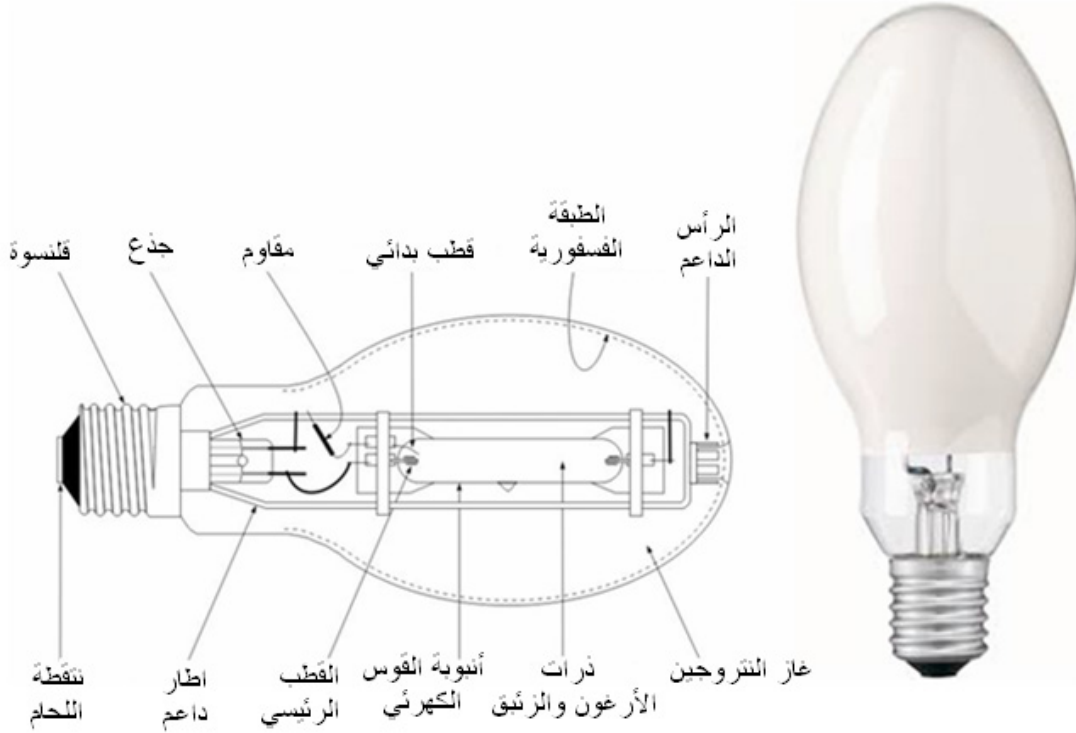
وأنبوب الانفراغ الداخلي مصنوع من الكوارتز لأنه يتحمل أكثر من 700 درجة مئوية كما يتحمل التغيرات المفاجئة في الحرارة ولا يمتص الضوء المرئي، ويوضع بداخله عنصري الزئبق وغاز الأرغون، ويوجد عند نهايتي هذا الأنبوب قطبان أساسيان بالإضافة إلى قطب آخر هو قطب البدء الذي يوضع قريباً من أحد القطبين الأساسيين وهو متصل كهربائياً بالآخر عن طريق مقاومة بدء. وتوضع المجموعة كلها داخل أنبوب زجاج عادي خارجي بينهما غاز حامل (الشكل 14).

وعند تطبيق جهد كهربائي عالٍ على الأقطاب الداخلية يحدث توهج بين أحد الأقطاب وقطب البدء، فيتأين غاز الأرغون سريعاً حتى يصل الانفراغ إلى القطب الثاني فيسخن القطبان الأساسيان وتبعث الإلكترونات ويحدث ما يسمى بالانفراغ الكهربائي، يحدث الانفراغ الكهربائي في البداية تحت ضغط منخفض حيث يتميز باللون الأزرق، لكنه سرعان ما يتبخر الزئبق بسبب الحرارة ويزيد ضغطه ليصل إلى 15 ضغط جوي، فيزداد النضوع ويظهر اللون الأبيض المشرب بالزرقة. وتقع هذه الإشعاعات الصادرة من هذه المصابيح في مدى الأشعة فوق البنفسجية غير المرئية؛ لذا تحتاج هذه المصابيح لمادة فلورية لتحويل الأشعة غير المرئية إلى ضوء مرئي.

عندما يعمل المصباح ويعطي كامل قدرته الضوئية يكون الضغط داخله مرتفعاً جداً بحيث يغدو جهد العمل كبيراً جداً أكبر من جهد التغذية، لذا عند فصل المصباح عن التغذية فجأة لا يمكن أن يعمل إلا بعد مرور دقائق عدة يبرد خلالها المصباح ويرافقه انخفاض في الضغط.



الشكل 13. اللون الصادر عن مصباح الصوديوم ذو الضغط المنخفض.



الشكل 14. مصباح بخار الزئبق ذو الضغط العالي مع أقسامه الرئيسية.

تعمل هذه المصابيح على مبدأ الانفراغات الكهربائية ضمن قوس كهربائي تحت ضغط مرتفع يبلغ 1 ضغط جوي أو أكثر، وتتكون من مشعل على شكل أنبوبة صغيرة من الكوارتز أو الزجاج الصلب وهناك قطبان رئيسيان على شكل قضيبين، ويحدث الانفراغ الكهربائي لبخار الزئبق بين هذين القطبين.

ومن ميزات هذا النوع من المصابيح: ارتفاع الكفاءة الضوئية لمصابيح بخار الزئبق ذي الضغط المرتفع؛ إذ تبلغ 30 - 40 لومن/واط ويبلغ عمر هذه اللبة حوالي 5000 ساعة. وتبلغ الفعالية الضوئية في بعضها ما بين 40 إلى 60 لومن/واط مع فعالية ضوئية متوسطة وعمر 10000 ساعة عمل وإقلاع سهل.

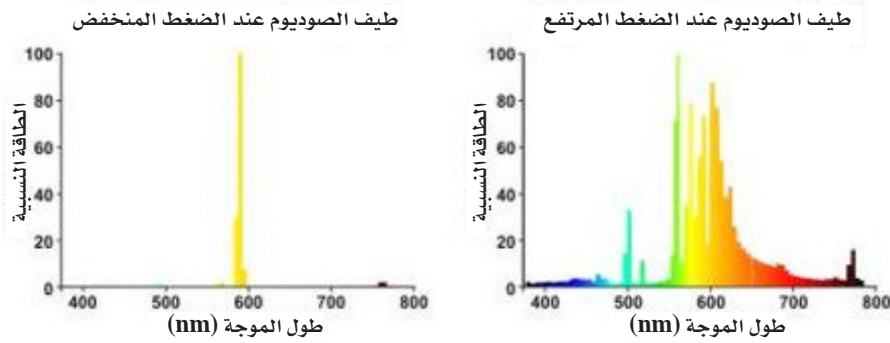
يزيد ارتفاع الضغط داخل الأنبوبة الصغيرة لهذه المصابيح من الفعالية الضوئية زيادة كبيرة مما يعطيها ميزة في استخدامها في إضاءة الشوارع والمساحات الكبيرة بعكس مصابيح بخار الزئبق ذات الضغط المنخفض والتي لها فعالية ضوئية متوسطة تسمح لنا باستخدامها في إنارة البيوت والمكاتب.

ومن أهم عيوب هذا النوع من المصابيح أنه يحتاج إلى حوالي 10 دقائق لوصول الضوء إلى أقصى شدة، ويعدّ أسوأ المصابيح من حيث أمانة نقل الألوان 23%، ولا يمكن تمييز الألوان على ضوءه لذلك يستخدم في الإضاءة الخارجية فقط كما في الشوارع والمطارات والمساحات العامة.

2-2-2- مصباح بخار الصوديوم ذو الضغط المرتفع high pressure sodium HPSL

تعدّ مصابيح الصوديوم ذات الضغط المنخفض من المصادر الضوئية الكهربائية عالية الكفاءة، إلا أن لونها الأصفر الطافي يقلل من تطبيقاتها المنزلية والمكتبية ويحد من تطبيقات خارجية مثل إنارة الشوارع. أما مصابيح بخار الصوديوم ذات الضغط المرتفع فهي تصدر طيفاً أوسع من طيف نظيرتها ذات الضغط المنخفض، إلا أن القيمة المنخفضة لأداء المصباح حسب مقياس التجسيد اللوني تحد من استخدامه بالمقارنة مع المصابيح الأخرى (الشكل 15).

تحتوي مصابيح بخار الصوديوم ذات الضغط المرتفع على أنبوبة ضيقة عبارة عن قوس كهربائي يحدث ضمنه الانفراغ الكهربائي، وتُحمل هذه الأنبوبة الضيقة على إطار معدني داخل الحبابة الزجاجية الكبيرة، وتوجد عادة ضمن الأنبوبة الضيقة غازات خاملة مع كمية قليلة من



الشكل 15. مقارنة بين طيفي الإصدار لمصباحي صوديوم عند الضغط المنخفض والضغط المرتفع.

الصوديوم الذي يتبخّر ويتحوّل إلى بخار نتيجة تسخين القوس الكهربائي للصوديوم، ونتيجة لذلك يصبح الضغط مرتفعاً داخل الأنبوبة الصغيرة من أجل زيادة الفعاليّة الضوئية. ويتم إنتاج الضوء عندما يحدث انقراض كهربائي بين المصعد والمهبط للوسط المحتوي على بخار الصوديوم الذي يُثار إلى مستويات طاقة عالية وعند عودة الذرات المثارة إلى سويتها الطاقية تطلق فوتونات ذات طول موجي يبلغ 589 نانومتر ويقع ضمن المجال المرئي ويعطي اللون الأصفر المميز لمصابيح الصوديوم.

ويتكون القوس الكهربائي الموجود داخل الأنبوبة الضيقة من سيراميكية توجد فيها أقطاب من أكسيد الألمنيوم المقاوم لتأثيرات العناصر القلوية كالصوديوم. ويوجد الصوديوم والغازات الخاملة ضمن أنبوبة الانقراض الكهربائي الضيقة. ويبين الشكل 16 الأجزاء الرئيسية لهذا المصباح. وما أنّ يطبق جهد كهربائي عالٍ من مرتبة الكيلوفولت بين المصعد والمهبط حتى يحدث الانقراض الكهربائي ويتكون قوس كهربائي يمتد على طول محور أنبوبة القوس الكهربائي الضيقة، ويسهل وجود الغازات الخاملة كغاز الإكزينون عملية قرح المصباح في بداية عمله.

عادة ما تستغرق عملية التبخير بضع ثوانٍ أو دقائق عدة حتى يتم تبخير كامل الصوديوم فيعطي بذلك بخار الصوديوم كامل قدرته الضوئية.



الشكل 16. مصباح بخار الصوديوم ذو الضغط المرتفع مع أقسامه الرئيسية.

تتميز هذه المصابيح بمرود ضوئي عالٍ بالنسبة لمصابيح التوهج الحراري ومصابيح الانفراغ الكهربائي منخفضة الضغط؛ حيث تبلغ الاستطاعة الضوئية حوالي 200 لومن/واط مع مدة حياة تصل إلى 8000 ساعة في بعض المصابيح وكمون إقلاع من 400 إلى 600 واط. ولا تصلح هذه المصابيح إلا لإنارة الشوارع والميادين ومنشآت السكك الحديدية وساحات المصانع والحدائق العامة والترسانات البحرية وغيرها، خاصة عند وجود الضباب حيث يمكن تمييز الضوء الأصفر لمسافات أكبر عن باقي الأجسام الأخرى، وتجعل هذه الميزة استخدامها غير محبب في المنازل والمكاتب.

3-2-2- مصباح الانفراغ الهاليد المعدني IODE discharge lamp

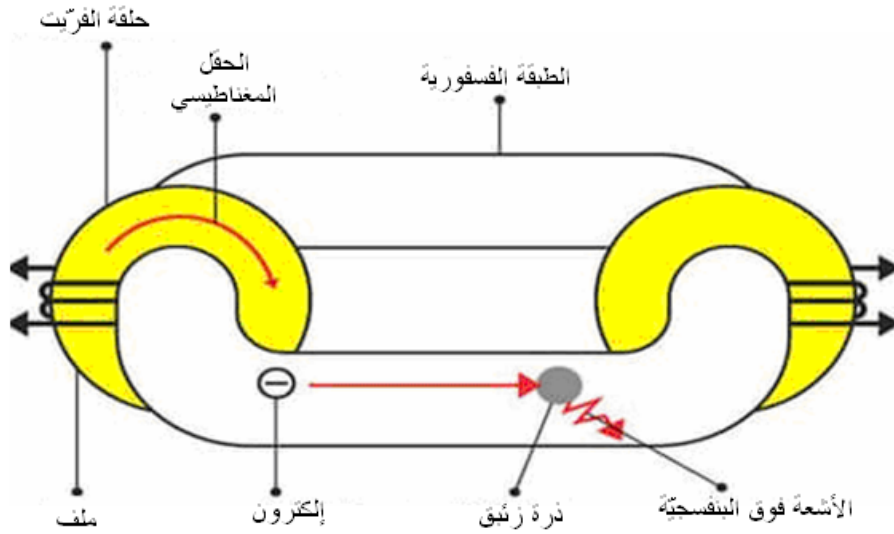
تعمل هذه المصابيح على مبدأ الانفراغ الكهربائي لمركب أملاح اليوديد iodide الذي يتحول على شكل بخار تحت ضغط مرتفع. يولد مصباح يوديد التنغستن أطوالاً موجية ضمن المجال المرئي، ويصدر هذا المصباح لوناً أبيض، ويستعمل في إنارة الملاعب والأبنية والأماكن العامة. ويبين الشكل 17 شكل هذا المصباح. تمتاز هذه المصابيح بالفعالية الضوئية المرتفعة، ومدة حياة طويلة واختيار نوع الضوء الإضافي، وهي بذلك تسمح بتحقيق إضاءة حادة.



الشكل 17. مصباح الانفراغ الهاليد المعدني.

3-2-3- مصابيح الانفراغ عديمة الأقطاب أو الإضاءة بالحث electrodeless lamp

كانت جميع المصابيح السابقة (التوهج الحراري ومصابيح الانفراغ الكهربائي) تعاني من مشكلة تآكل الأقطاب (أسلاك التنغستن) مع الزمن نتيجة الاستخدام، ولحل هذه المشكلة اقترح الباحثون إلغاء الأقطاب من هذه المصابيح لتطويل عمر المصباح. إن عمل مصباح الانفراغ عديم الأقطاب مشابه لعمل مصباح الانفراغ الكهربائي إلا أنه لا توجد أقطاب داخل هذا المصباح، لذا يُسمى هذا المصباح بالمصباح الداخلي عديم الأقطاب electrodeless lamp أو الإضاءة بالحث induction light. ويعمل هذا المصباح على مبدأ الانفراغ الكهربائي داخل الغاز ولكن يتم نقل الطاقة اللازمة لتوليد الضوء من خارج الأنبوبة الزجاجية للمصباح إلى الغاز الموجود بالداخل عن طريق حقل كهربائي أو حقل كهرومغناطيسي، وهو على عكس مصابيح الانفراغ الكهربائي التقليدية التي تستخدم الأقطاب الكهربائية الداخلية المتصلة بمصدر الطاقة عن طريق أسلاك تمر عبر الحبابة أو أنبوبة المصباح، ويبين الشكل 18 آلية عمل هذا النوع من المصابيح.

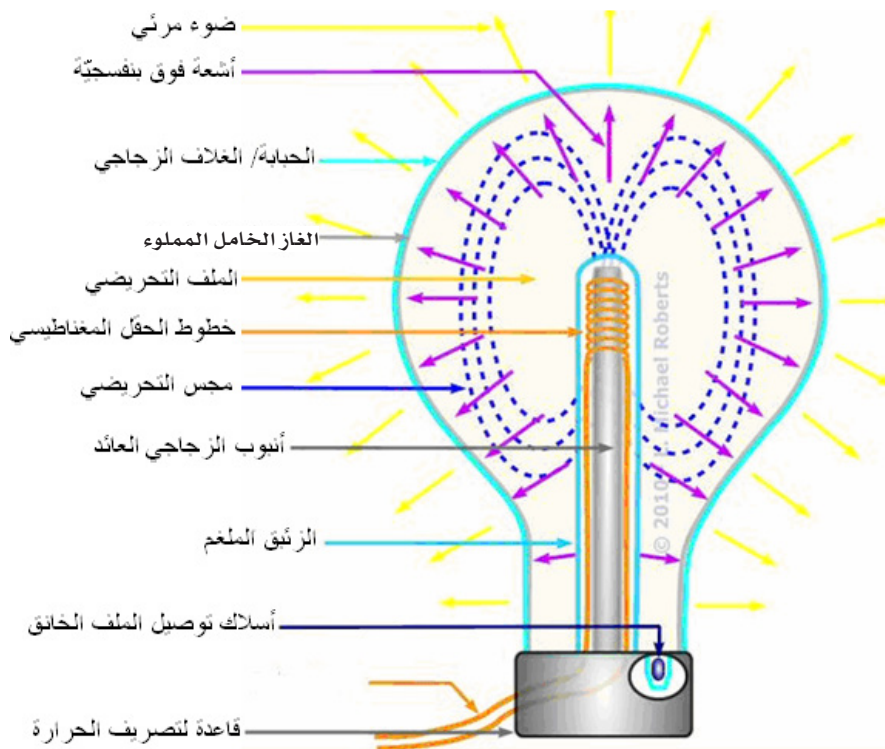


الشكل 18. آلية عمل مصباح الانفراج عديم الأقطاب ذي التواتر المنخفض.

حيث يقوم الحقل المغناطيسي الخارجي المطبق على الأنبوية الزجاجية المحتوية على الزئبق بتسريع الإلكترونات الحرّة الموجودة داخل الأنبوية وهذه الإلكترونات المتحرّكة تصطدم بدورها بذرات الزئبق فتثيرها إلى مستويات طاقة أعلى وعند عودة الذرات المثارة إلى سويتها الأساسية تطلق فوتونات في المجال فوق البنفسجي بطول موجي يبلغ 254 نانومتر، وهذه الفوتونات المنطلقة من ذرات الزئبق تمتص من قبل المادة الفسفورية الموجودة على السطح الداخلي لأنبوية المصباح فتتألق لتعطي الضوء الأبيض، ويبين الشكل 19 الأجزاء الرئيسية لهذا المصباح.

ومن ميزات هذه المصابيح:

- العمر الطويل بسبب عدم وجود أقطاب والذي يبلغ ما بين 25.000 و100.000 ساعة طراز المصباح وجودة المواد الإلكترونية

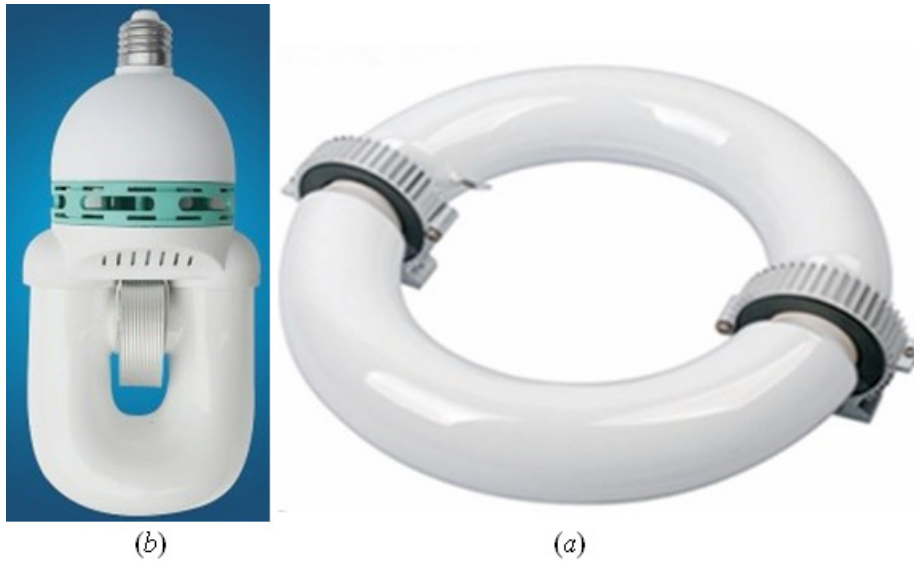


الشكل 19. أجزاء مصباح عديم الأقطاب ذي التواتر العالي مع آلية عمله.

المستخدمة.

- الكفاءة العالية جداً في الحفاظ على الطاقة والتي تقدّر بحوالي 62 - 90 لومن/واط؛ إذ إن المصابيح ذات الجهد الأعلى تكون أكثر توفيراً للطاقة.
 - معامل الطاقة العالي بسبب الخسارة المنخفضة للكوابح الإلكترونية عالية التردد والتي عادة ما تكون بكفاءة تتراوح بين 95-98%.
 - الخفض الأدنى للومن وهو يقلل الضوء الناتج مع تقدم عمر المصباح مقارنة بأنواع المصابيح الأخرى حيث لا يحدث تبخر أو استهلاك للأقطاب.
 - التشغيل الفوري السريع على عكس مصابيح الانفراغ الكهربائي التقليدية ذات الضغط العالي مثل مصباح بخار الزئبق عالي الضغط ومصباح بخار الصوديوم عالي الضغط ومصباح الهاليد الفلزي.
 - تعدّ صديقة للبيئة حيث إن مصابيح الحث تستخدم طاقة أقل، وزئبقاً أقل لكل ساعة تشغيل بالمقارنة مع الإضاءة التقليدية نظراً لطول عمرها. ويكون الزئبق في صورة صلبة ويمكن إعادته بسهولة إذا انكسر المصباح، أو يمكن إعادة تدويره عند انتهاء عمر المصباح. توفر هذه الفوائد ما بين 35 و55% من تكلفة الطاقة والصيانة بالنسبة لمصابيح الانفراغ الكهربائي عديمة الأقطاب مقارنة بالأنواع الأخرى من المصابيح التجارية والصناعية التي تحل محلها.
- وأما العيوب فهي:

- يمكن أن تنتج بعض أشكال مصابيح الانفراغ الكهربائي عديمة الأقطاب التي تستخدم كوابح عالية التردد أمواجاً راديوية تتداخل مع الأمواج الراديوية المستخدمة في الاتصالات الراديوية في المنطقة.
 - مصابيح الانفراغ الكهربائي عديمة الأقطاب كبيرة جداً، خاصة في الأشكال عالية الجهد، لذا لا يمكن استخدامها في بعض الأماكن كالبيوت مثلاً، فهي عادة غير مناسبة للاستخدامات التي يستلزم فيها مصدر إضاءة مدمج.
 - بعض أنواع مصابيح الانفراغ الكهربائي عديمة الأقطاب تحتوي على زئبق، وهو مادة عالية السمية إذا ما تسربت للبيئة.
- يبين الشكل 20 نوعين من هذه المصابيح: الأول (a) مصباح الانفراغ عديم الأقطاب ذي التواتر المنخفض، و(b) مصباح الانفراغ عديم الأقطاب ذي التواتر العالي.



الشكل 20. بعض أنواع مصابيح الانفراغ عديم الأقطاب الموجودة في الأسواق.

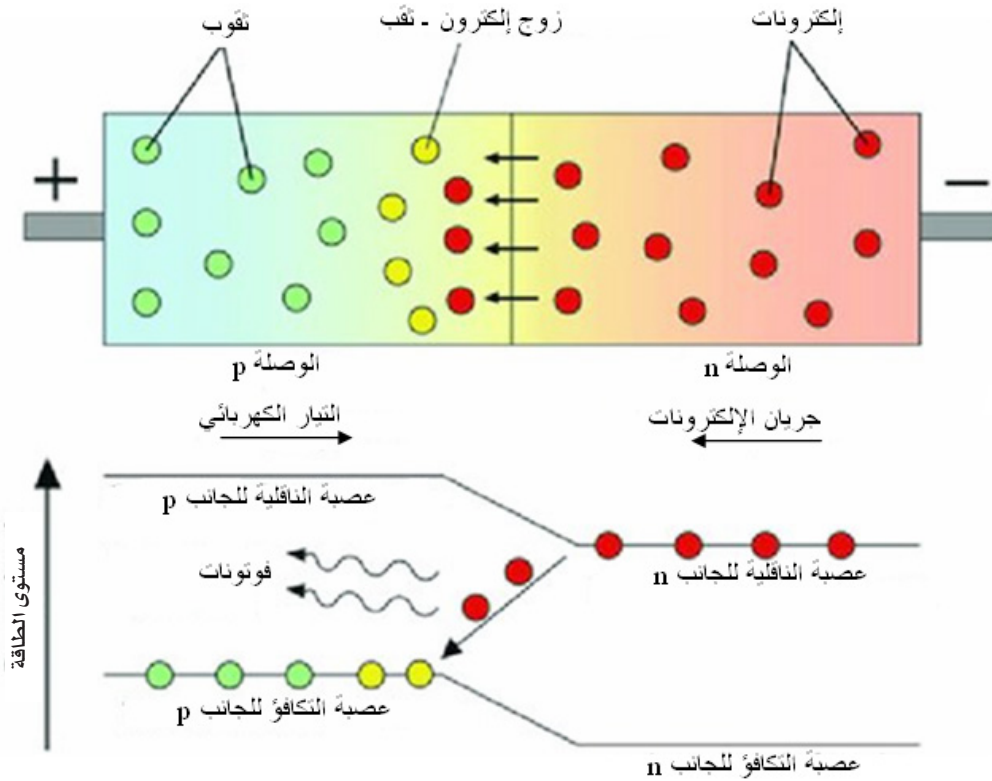
3- مصابيح أنصاف النواقل semi-conductor lamps

إن مصدر الضوء في هذا النوع من المصابيح هو عادة مادة صلبة مصنوعة من مواد نصف ناقلة تتكون من وصليتين: الوصلة الأولى من النوع n والوصلة الثانية من النوع p، حيث إن الوصلة p-n junction تبعث الضوء حينما يمر تيار كهربائي من خلالها. وطريقة عمل هذا المصباح هي نفسها طريقة عمل الديود المكون من الوصلة p-n. ويضم هذا النوع من المصابيح:

1-3- مصباح الثنائي الباعث LD diode lamp

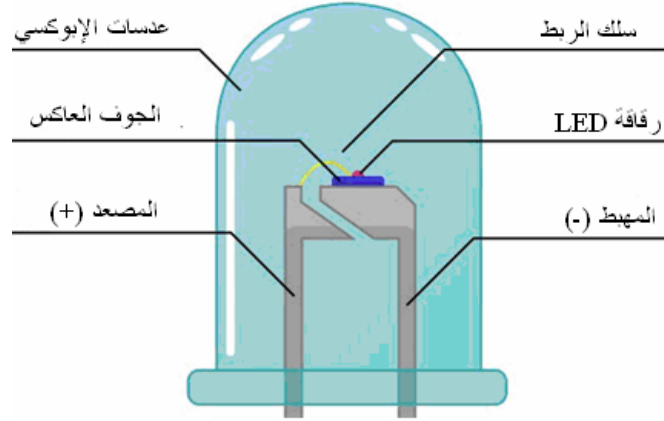
إن الجزء المسؤول عن إنتاج الضوء في هذا النوع من المصابيح هو الديود (الثنائي الباعث) الذي يتألف من نصفي ناقلين مختلفين يتوضعان جنباً إلى جنب ليشكلا الوصلة p-n.

يحتوي نصف الناقل من النوع n على فائض من الشحنات السالبة (إلكترونات حرّة الحركة)، في حين يحتوي نصف ناقل من النوع p على الثقوب الشرهة لالتقاط الإلكترونات، ويبين الشكل 21 الوصلة p-n مع طريقة التحيز لهذه الوصلة في الدارة الكهربائية.



الشكل 21. بنية الوصلة p-n.

تتصل الوصلة p-n بمصعد ومهبط لتوصيل التيار الكهربائي يكونان منفصلين عن بعضهما. وعند تطبيق حقل كهربائي خارجي (جهد الانحياز الأمامي) على الوصلة نصف الناقل n و p يتم إجبار الشحنات السالبة (الإلكترونات) والشحنات الموجبة (الثقوب) على التحرك باتجاه منطقة التقاء نصفي الناقلين والتي تُسمى p-n junction. وعند اقتراب إلكترون حرّ من ثقب يندمجان مع بعضهما ويحدث إعادة الاتحاد بينهما، ولأن الثقب يمتلك مستوى طاقي أقل من مستوى الإلكترون يجب على الإلكترون فقدان جزء من طاقته لتتم عملية الاندماج بنجاح وتتحرّر هذه الطاقة الفائضة على شكل فوتونات، وتحدّد طاقة الفوتون المحرّر تردد الضوء الصادر (لون الضوء). وبما أن الفوتونات المنبعثة من الوصلة لا تستطيع لوحدها إعطاء القدر الكافي من الإضاءة المطلوبة، يتم تشكيل غلاف بلاستيكي عاكس للفوتونات التي يتم إطلاقها من الوصلة بعيداً عن طبقة القاعدة الأساسية التي يتم تثبيت الثنائي عليها، فتتجمع الفوتونات في التحبب الموجود أعلى الثنائي والذي يؤدي دور العدسة التي تقوم بتركيز الأشعة، وهذا ما يفسر إضاءة الثنائي الباعث للضوء بشكل كبير عند مقدمته. كما تمتلك جميع الثنائيات الباعثة للضوء مهبطاً cathode يتميّز بوجود شق صغير عليه أو انضغاط مسطح لتمييزه، ومصعداً anode يكون عادة أطول من المهبط. يبين الشكل 22 الأجزاء الرئيسة للثنائي الباعث للضوء.



الشكل 22. أجزاء مصباح الثنائي الباعث.

تُسمّى هذه الثنائيات الباعثة بجيل الإنارة الباردة، وذلك لأنه لا يرافق إشعاعها للضوء إطلاق حرارة على عكس مصابيح الإنارة التقليدية ومصابيح الفلورسنت. وهذا يزيد من فعالية هذه الثنائيات وحفاظها على الطاقة لعدم إهدارها على شكل حراري وإنما تحويل القسم الأكبر منها إلى ضوء، كما تمتاز بحياة أطول من حياة المصابيح التقليدية.

تختلف الثنائيات الباعثة للضوء عن الديودات العادية التي تصنع من أجل الكشف أو تعديل الطاقة من نصف ناقل واحد كالجرمانيوم أو السليكون، في حين تصنع الثنائيات الباعثة للضوء من خليط من أنصاف النواقل ترتبط معاً ضمن نسب مختلفة مشكلة مركبات جديدة مثل: الغاليوم أرسينيد GaAs، الغاليوم فوسفور GaP، الغاليوم أرسينيد فوسفور GaAsP، سليكون الكريد SiC، الغاليوم إنديوم نتريد GaInN. يبين الجدول 1 أن لون الضوء المنبعث يتعلق بطول الموجة التي تختلف بحسب المواد نصف الناقلة المشكلة للوصلة p-n في الباعث للضوء.

الجدول 1. الألوان الصادرة عن خلائط أنصاف النواقل.

جهد التحيز الأمامي $V_F @ 20mA$	اللون	طول الموجة	مادة نصف الناقل
1.2v	Infra-Red	850-940nm	GaAs
1.8v	Red	630-660nm	GaAsP
2.0v	Amber	605-620nm	GaAsP
2.2v	Yellow	585-595nm	GaAsP:N
3.5v	Green	550-570nm	AlGaP
3.6v	Blue	430-505nm	SiC
4.0v	White	450nm	GaN

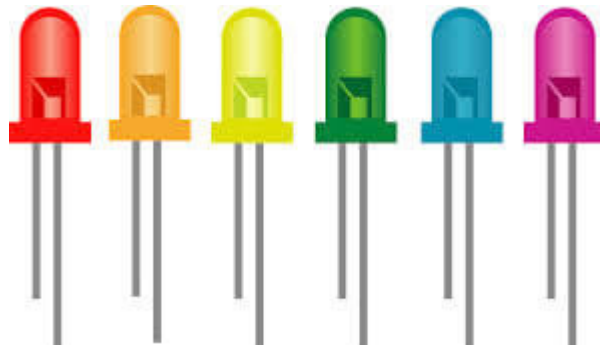
وبصناعة خلائط أخرى لبعض أنصاف النواقل نستطيع الحصول على ألوان مختلفة لبعض الثنائيات الباعثة للضوء وهذا ما يبيّنه الجدول 2.

وباختيار مادة الثنائي الباعث يمكن الحصول على لون الضوء الصادر المطلوب، وهذا يتعلق باختيار المادة نصف الناقلة المناسبة التي بدورها تحدد مستويي الطاقة الذريين اللذين يقفز إليكترون من أحدهما إلى الآخر المنخفض ويطلق الفوتونات. يحدد الفارق بين

الجدول 2. بعض الخلائط لأنصاف النواقل واللون الناتج عن هذه الخلائط.

اللون	نصف الناقل	
أشعة تحت حمراء	Gallium Arsenide GaAs	الغاليوم أرسينيد
أشعة تحت حمراء، أحمر، برتقالي	Gallium Arsenide Phosphide GaAsP	الغاليوم أرسينيد فوسفور
أحمر شديد السطوع، أحمر برتقالي، برتقالي، أصفر	Aluminium Gallium Arsenide Phosphide AlGaAsP	ألومينيوم غاليوم أرسينيد فوسفور
أحمر، أصفر، أخضر	Gallium Phosphide GaP	غاليوم فوسفور
أخضر	Aluminium Gallium Phosphide AlGaP	ألومينيوم غاليوم فوسفور
الأخضر، الأخضر، الزمردى	Gallium Nitride GaN	غاليوم نتريد
قريب من الأشعة فوق البنفسجية، أخضر مزرق، أزرق	Gallium Indium Nitride GalnN	غاليوم إنديوم نتريد
الأزرق	Silicon Carbide SiC	سيلكون كربيد
الأزرق	Zinc Selenide ZnSe	زنك السيلينيد
أشعة فوق بنفسجية	Aluminium Gallium Nitride AlGaN	ألومينيوم غاليوم نتريد

المستويين الطاقيين طاقة الفوتون المنبعث من ثم طول موجته الذي يحدد اللون الصادر المطلوب. يبين الشكل 23 بعض أنواع أضواء الثنائيات الباعثة للضوء.



الشكل 23. بعض أنواع الضوء الصادر عن مصابيح الديودات الباعثة للضوء.

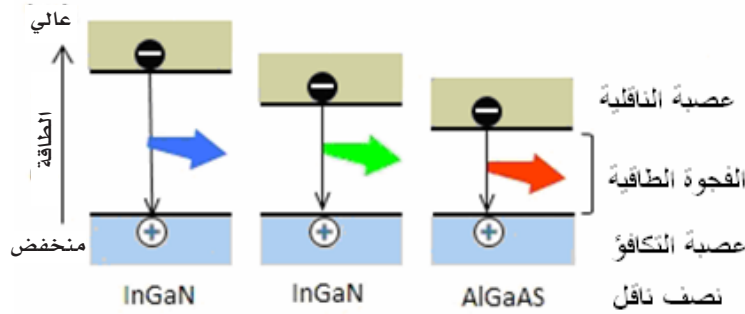
يعود سبب اختلاف أطوال الموجات الضوئية الصادرة عن مصباح الثنائي الباعث للضوء في المواد أنصاف النواقل (الضوء الأحمر، الأصفر، الأزرق،...) إلى أنه خلال عملية إعادة الاتحاد بين الثقوب والإلكترونات في الوصلة p-n سوف تهبط الإلكترونات من عتبة الناقلية إلى عتبة التكافؤ E_g . وعندما يكون فرق الطاقة أو الفجوة الطاقية بين سويتي الناقلية والتكافؤ كبيراً فإن طاقة الفوتونات الصادرة سوف تكون كبيرة أيضاً، وهذا يعني أن طول موجة الضوء المنبعث قصيرة.

$$E_g = h.v = \frac{h.c}{\lambda} \quad (1)$$

حيث إن h, c هما سرعة الضوء في الخلاء وثابت بلانك. ومن خلال التحكم بالبعد بين سويتي الناقلية والتكافؤ نحصل على طول الضوء المطلوب.

$$\lambda = \frac{h.c}{E_g} \quad (2)$$

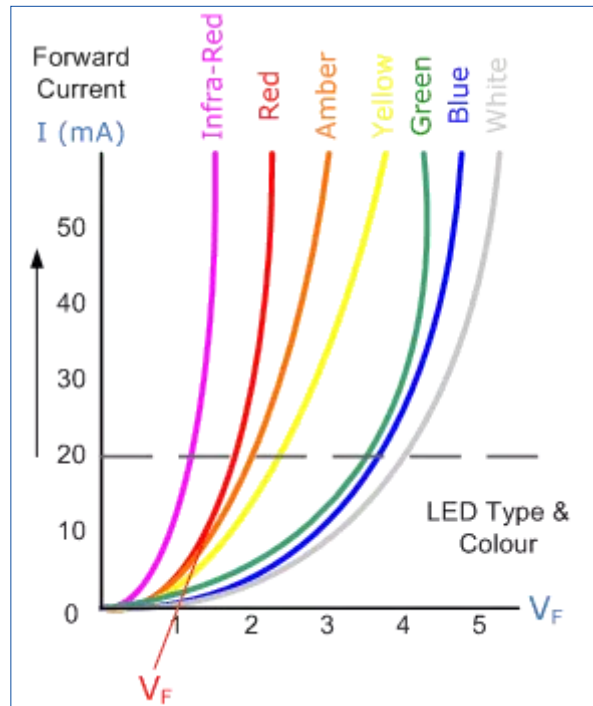
تبين لنا العلاقة (2) أن قيمة الفجوة الطاقية بين عصبي الناقلية والتكافؤ تحدد لنا طول موجة الفوتونات الصادرة أي طول موجة الضوء الصادر، وهذا ما يوضحه الشكل 24.



الشكل 24. التحكم بلون الضوء الصادر من الديود الباعث للضوء من خلال التحكم بالبعد بين سويتي الناقلية والتكافؤ E_g .

وباعتبار أن فرق الطاقة بين سويتي الناقلية والتكافؤ E_g يعتمد على نوعية المادة نصف الناقلية المستخدمة في الثنائي الباعث للضوء، لذا يتم اختيار الديود الباعث على أساس الفجوة الطاقية بين السويتين E_g التي تلي طول موجة الضوء المطلوب.

بالإضافة إلى نوع نصف الناقل المستخدم، يحتاج الثنائي الباعث لجهد انحياز أمامي V_F لينبعث الضوء بشكل صحيح، وهذا الجهد يتراوح بين 1.2 فولت للثنائي الباعث للضوء الأحمر و3.6 فولت للثنائي الباعث للضوء الأزرق، ويبين الشكل 25 ميزة تيار الجهد المطبق على الثنائي الباعث للضوء للحصول على اللون المطلوب.



الشكل 25. الحصول على اللون المطلوب من خلال تطبيق جهد مناسب على الديود الباعث للضوء.

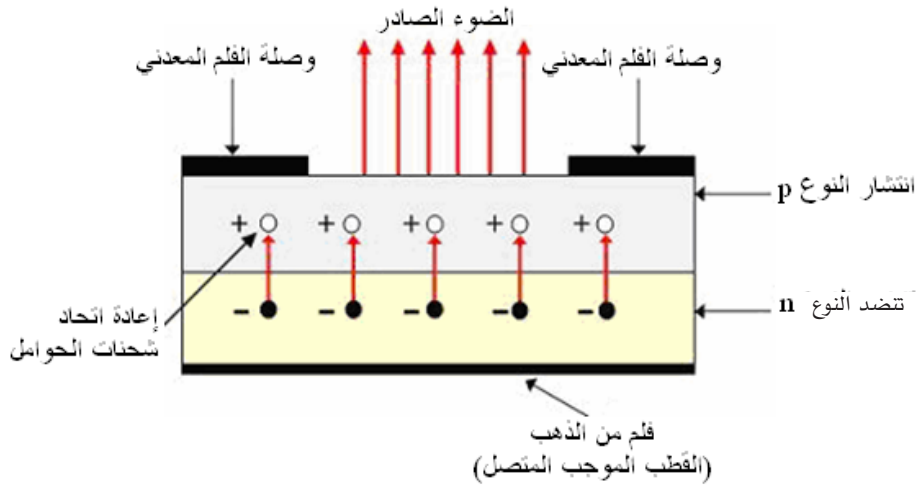
ولكن ليس جميع الثنائيات الباعثة للضوء تقوم بإنتاج الضوء المرئي بل هناك أنواع منها تنتج الأشعة تحت الحمراء وهذه الثنائيات موجودة في أجهزة تحكم التلفاز والفيديو وغيرها.

يحتاج الثنائي الباعث للضوء قبل العمل إلى مرور تيار كهربائي عبره، وعادة ما تتعلق شدة الإضاءة بشدة تيار الانحياز الأمامي المار في الثنائي. ولكن عند توصيل الثنائي الباعث للضوء في دائرة يجب وصل مقاومة معه على التسلسل لضبط التيار المار في الدارة، لأن مقاومة الثنائي في حالة الانحياز الأمامي صغيرة جداً مما يؤدي إلى تلف الثنائي ما لم تربط مقاومة على التسلسل. وتعد أفضل قيمة لتيار الانحياز الأمامي هي 20 ملي أمبير لجميع الأنواع.

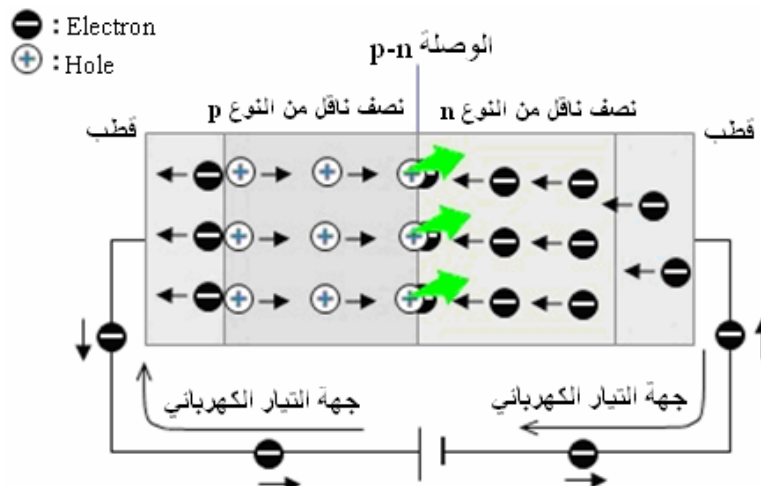
يتمتع هذا النوع من المصابيح بميزات كثيرة يتفوق بها على الوسائل المعتادة للإضاءة؛ فاستهلاكه للطاقة الكهربائية قليل، إذ يمكن تشغيله ببطارية صغيرة، وعمره طويل، ويتحمل الصدمات، وصغير الحجم فهو لا يزيد عن 5 مليمتراً في مقاييسه، إلا أنه لا يزال باهظ الثمن نسبياً، كما أنه يحتاج إلى مصدر كهربائي ذي تيار ثابت وأنظمة لتشتيت الحرارة المنبعثة منه.

2-3- مصباح الليد LED light emitting diode

إن مبدأ عمل مصباح الليد يشابه تماماً مبدأ عمل الديود الباعث للضوء في الوصلة p-n، فهو يحتوي على نصف ناقل من النوع n ووصلة نصف ناقلة من النوع p بينهما طبقة من الياقوت، ويطبق فرق في الجهد على الوصلة p-n من خلال قطبين كهربائيين. وعند تطبيق الجهد الأمامي، تتحد الإلكترونات مع الثقوب عند تقاطع p-n وتخترق على شكل فوتونات. وفي الوقت نفسه، ينتقل الإلكترون من حالة طاقة أعلى إلى حالة منخفضة ويتم إطلاق الطاقة الزائدة على شكل ضوء. يبين الشكل 26 تركيب مصباح الليد، ويبين الشكل 27 آلية عمل مصباح الليد.



الشكل 26. تركيب مصباح الليد.



الشكل 27. آلية عمل مصباح الليد.

وتعطي هذه المصابيح جميع الألوان في الديودات الباعثة للضوء. وأما الحصول على الضوء الأبيض فيتم من خلال طريقتين:
1- مزج بين مصباح الليد الأزرق + الفسفور الأصفر:

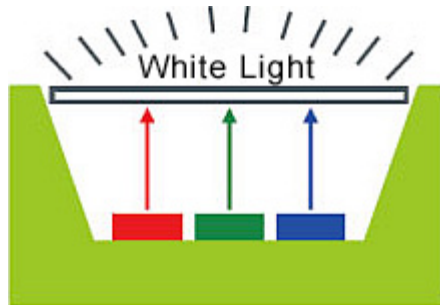
تعطي عملية المزج بين الضوء الأزرق الصادر عن مصباح الليد مع الفسفور الأصفر الذي يغطي مصباح الليد اللون الأبيض؛ حيث يعمل الضوء الأزرق على إثارة الفسفور ويجعله يضيء باللونين الأحمر والأخضر وعندما تجتمع هذه الألوان معاً تعطي الضوء الأبيض. تعدّ هذه الطريقة ذات كفاءة عالية وأسهل الطرائق الأخرى، مما يجعلها أكثر الخيارات شعبية في السوق، ويبين الشكل 28 هذه الطريقة في إنتاج الضوء الأبيض.



الشكل 28. طريقة الحصول على الضوء الأبيض من مزج الضوء الأزرق الصادر عن مصباح الليد مع طبقة الفسفور الأصفر المحيطة به.

2- طريقة الجمع بين ثلاثة ليّدات: الليد الأحمر والليد الأخضر والليد الأزرق:

سوف تعطي عملية المزج بين الألوان الأساسية الثلاثة (الأحمر+الأخضر+الأزرق) اللون الأبيض. وتتم هذه الطريقة في إنتاج الضوء الأبيض عن طريق وضع ثلاثة ليّدات بجانب بعضها لتعطي الألوان الأساسية التي بدورها تعطي اللون الأبيض نتيجة الانطباع الشبكي في العين. وعموماً لا تستخدم هذه الطريقة في مصابيح الليدات. ويبين الشكل 29 طريقة الحصول على اللون الأبيض بوضع ثلاثة ليّدات بجانب بعضها لتعطي اللون الأبيض.



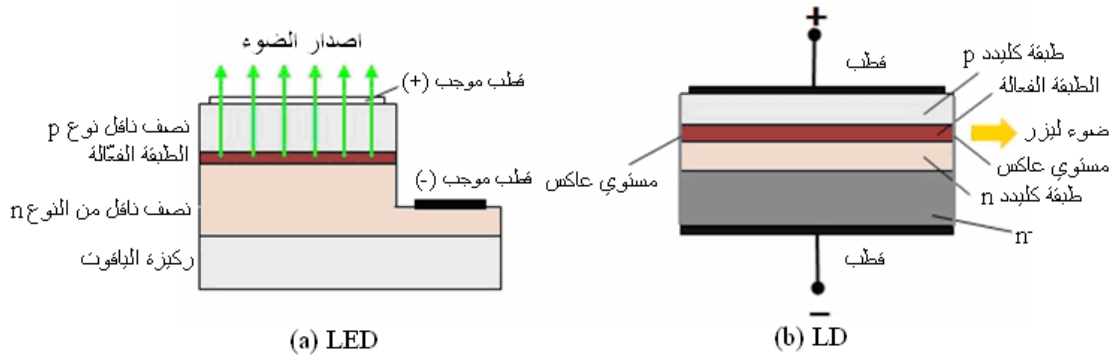
الشكل 29. الحصول على اللون الأبيض من خلال مزج الألوان الأساسية الصادرة عن ثلاثة ليّدات موضوعة بالقرب من بعضها.

تنتشر الليّدات بأشكال وأحجام متنوعة في الأسواق، ويبين الشكل 30 بعض أنواع مصابيح الليّدات المنتشرة في الأسواق.



الشكل 30. مصباح الليد الشريطي المنتشر في الأسواق.

مع أن آلية عمل مصباح الليد تشابه آلية عمل الثنائي الباعث للضوء إلا أن هناك اختلافاً بينهما، ويعود هذا الاختلاف إلى الاختلاف في تركيب أو بناء كلا المصباحين. يبين الشكل 31 الاختلاف الرئيسي بين تركيبية مصباح الليد (a) ومصباح الثنائي الباعث للضوء LD (b).



الشكل 31. الاختلاف الرئيسي بين تركيبية مصباح الليد (a) ومصباح الثنائي الباعث للضوء (b).

يؤثر الاختلاف في التركيب بين المصباحين على خواص الضوء الصادر عن كلا المصباحين؛ من ناحية أولى يتميز إصدار الضوء في الليد بوجود عشوائية في فرق طور بين الأشعة الصادرة بشكل مشابه للأشعة الصادرة عن المصابيح الكهربائية، أما الضوء الصادر عن الثنائي الباعث للضوء فهو يتميز بامتلاك فرق طور محدد بين الأشعة الصادرة عنه، وبالتالي فإن انتشاره موحد بحيث لا يمتلك تباعداً بين الأشعة الصادرة عنه، وهو بذلك يشبه انتشار أشعة الليزر مع فارق وحيد عنه هو عدم وجود مجاوب في الضوء الصادر عن الثنائي الباعث.

يعد مصباح الليد أوفر المصابيح الكهربائية من جهة استهلاكه للكهرباء؛ فمثلاً إذا كانت قوة مصباح عادي يعمل بفتيل التنغستين قدرته 25 واط فإن مصباح الليد يعوضها بقدرة 4-5 واط فقط، مع أن كل واحد منهما ينتج شدة إضاءة تبلغ 190 لومن.

وهناك ميزات أخرى لهذا النوع من المصابيح:

- تعدّ مصابيح الليد اقتصادية، فهي تعمل على الجهد المنخفض، لذا تستهلك القليل من الطاقة الكهربائية مقارنة بمصادر الإضاءة التقليدية، ويتم تحويل كل الطاقة تقريباً إلى ضوء. وهذا يقلل من استهلاك الطاقة بنسبة 75% (انظر إلى الشكل 32).

من حيث استهلاك الطاقة



الشكل 32. مقارنة بين مصباح الليد والمصباح الفلوري المدمج من ناحية الاستهلاك.

- الحياة الطويلة لهذا النوع من المصابيح، إذ تصل نظرياً إلى 100 ألف ساعة عمل، أي ما يعادل عملاً بمعدل 8 ساعات في اليوم لمدة 35 عاماً مقارنة مع مصباح هالوجين تقليدي يعمل باستطاعة 10 واط تستمر 2000 ساعة فقط.

- أمانة لا تسبب الاشتعال.

- لا تنفجر وبعضها لا ينكسر.

- لا تحتوي على فتيلة داخلها يمكن أن تنقطع لتطفئ اللبنة كما يحدث في اللبنة العادية مما يطيل من عمرها.

- لا تحتوي على أي كمية من الزئبق فهي صديقة للبيئة، ولا تطلق أشعة فوق بنفسجية.

- توفر أكثر من 85% من الطاقة الكهربائية مقارنة بلمبات الفتيلة العادية.

- يصل عمر تشغيلها إلى 10 سنوات أو أكثر وهي تمثل عشرين ضعفاً من عمر لمبات الفتيلة؛ أي عمر تشغيلها يكافئ 25 من عمر تشغيل المصباح العادي.

- كفاءتها عالية جداً وتبلغ عشرة أضعاف كفاءة المصباح العادي (انظر إلى الشكل 33).



الشكل 33، مقارنة بين الشدة الصادرة عن مصباح الليد مع مصباحي الفلوري المدمج.

- إضاعتها مركزة في مساحة محددة مما يوفر في الأشعة الضائعة.

- تميز الألوان بدرجة جيدة.

أما مساوئها فهي:

- غالية الثمن.

- تحتاج إلى تجهيزات خاصة لتوضع في الخدمة، حيث إنَّها تحتاج إلى مصدر كهربائي ذي جهد ثابت وأنظمة لتشتيت الحرارة المنبعثة منه.

- صناعتها صعبة نوعاً ما.

- من المعروف أنَّ مصابيح الليد أقل انبعاثاً للحرارة من مصابيح التوهج الحراري، ولكن هذا لا يعني أنَّها لا تنتج أي حرارة، ولكن تتوزع الحرارة في الهواء وتبقى مصابيح الليد محتفظة بدرجة برودتها. ومن أجل الحفاظ على مصباح الليد أطول فترة زمنية ممكنة يجب استخدام مشتمت حراري مناسب لتبريد الشرائح، فإذا كان هذا المشتمت غير مطابق لشروط تبريد الشرائح بشكل جيد فهناك إمكانية عطب الشرائح بعد فترة زمنية قصيرة من استخدامها بسبب ارتفاع درجة حرارتها وبالتالي يقل عمر هذه المصابيح.

ويبين الشكل 34 مقارنة بين أنواع المصابيح الكهربائية التي تعرّفنا عليها من خلال استهلاك الطاقة الكهربائية وعمر كل مصباح والفعالية الضوئية لكل منها وأخيراً ثمن المصباح.

النوع	مصباح تقليدي Incandescent	هالوجين Halogen	فلوريسنت fluorescent CFL	ليد LED
القدرة	100 watts	77 watts	23 watts	20 watts
الاستهلاك	INPUT OUTPUT			
الأضاءة	1,600 lumens	1,600 lumens	1,600 lumens	1,600 lumens
الشكل				
عمر المصباح	LIFE SPAN: 750 hours	1,000 hours	10,000 hours	20,000 hours
ثمن المصباح	PRICE: \$0.37 per bulb	\$1.59 per bulb	\$2.23 per bulb	\$45 per bulb

الشكل 34، مقارنة بين أنواع المصابيح التي تعرّفنا عليها.

المراجع

1. Waymouth JF (1971). Electric Discharge lamps, Cambridge Massachusetts and London, England.
2. Boris MS with the editorial of Reiss HR (2001). Physics of Ionized Gases, United Kingdom.
3. Alsheikh Salo S (2004). Etude de décharges destinées à la production de rayonnement ultra violet dans des mélanges mercure gaz rare à basse pression. PhD thesis The University of Paul Sabatier, Toulouse, France.
4. Charrada K (1995). Etude hydrodynamique d'un plasma de decharge mercure haute pression. Analyse de l'influence des transports de masse. Generalisation a un systeme a deux fluides. PhD thesis. The University of Paul Sabatier, Toulouse, France.
5. Gas-discharge lamps. Available at: https://en.wikipedia.org/wiki/Gas-discharge_lamp (accessed 2 Feb 2018).
6. Arab Encyclopedia. Available at: <http://arab-ency.com/detail/9932> (accessed 8 Jan 2018).

الفائز بجائزة نوبل: الليزر يمكن أن يدمر النفايات النووية

أياً كان ما يفكر فيه المرء حول الطاقة النووية؛ فإنها تؤدي إلى أطنان من النفايات السامة المشعة التي لا يعرف أحد ماذا يفعل للتخلص من أضرارها. نتيجة لذلك، جرى دفنها بأمان قدر الإمكان في مناطق التخزين تحت الأرض حيث من المفترض أن تبقى وقتاً طويلاً. ولعل أسوأها اليورانيوم-235 والبلوتونيوم-239 حيث يبلغ عمر النصف لهما 24000 عام. وقد ظهر أمل جديد في أوروبا عندما أشار الفيزيائي جيرار مورو إلى أن الليزر يمكن أن يخفض عمر النفايات النووية من مليون سنة إلى 30 دقيقة، كما صرح في مقابلة مع الكونزرفيشن. قام مورو مع شريكه دونا ستريكلاند بتطوير تضخيم النبضة المُرَقَّعة CPA chirped pulse amplification في جامعة روتشستر. تنتج CPA نبضات ضوئية عالية الكثافة وقصيرة للغاية تحزم كمية هائلة من الطاقة. وقد اتضح أن النبضات الأتوثانية attosecond (واحد كوينتليون من الثانية أي ما يعادل واحداً إلى 31.71 مليار سنة أو ضعف عمر الكون) الخاصة بها سريعة جداً لدرجة أنها تسلط الضوء على الأحداث الفائقة السرعة التي لا يمكن ملاحظتها، مثل تلك التي تحدث داخل الذرات الفردية وفي التفاعلات الكيميائية.



مستودع لتخزين النفايات النووية في جبل يوفا في نيفادا.

يوضح مورو قائلاً: «خذ نواة الذرة، إنها مكونة من البروتونات والنيوترونات. إذا أضفنا أو سلبنا نيوتروناً، فسيغير كل شيء تماماً.

لم تعد الذرة نفسها، وستتغير خصائصها تماماً. سيتغير عمر النفايات النووية بشكل جذري، ويمكننا خفض هذا العمر من مليون سنة إلى 30 دقيقة! نحن بالفعل قادرون على تشجيع كميات كبيرة من المواد دفعة واحدة باستعمال ليزر عالي الطاقة، وبالتالي فإن هذه التقنية قابلة للتطبيق تماماً، ومن الناحية النظرية، لا يوجد ما يمنعنا من الارتقاء بها إلى مستوى صناعي. هذا هو المشروع الذي أطلقه بالشراكة مع هيئة الطاقة البديلة والطاقة الذرية أو CEA في فرنسا. ونعتقد أنه في غضون 10 أو 15 عاماً، سنتمكن من عرض نتائجنا على المستوى الصناعي. وهذا هو ما يسمح لي حقاً بالتفكير في جميع التطبيقات المستقبلية لاختراعنا».

مع أن 15 عاماً قد تبدو وقتاً طويلاً، إلا أنها غمضة عين عندما تتعامل مع نصف عمر النفايات النووية.

النفايات النووية في أوروبا

تبنت العديد من الدول الأوروبية الطاقة النووية كمصدراً مقبولاً للطاقة، وتحتل فرنسا موقع الصدارة فيما بينها، حيث تعتمد على الطاقة النووية بنسبة 71% من احتياجاتها، وتعد أوكرانيا الدولة الثانية الأكثر اعتماداً عليها، حيث تحصل على 56% من طاقتها، وتليها سلوفاكيا، ثم بلجيكا والمجر والسويد وسلوفينيا وجمهورية التشيك، وفقاً لموقع «بلومبرج». ولا يوجد لدى أي من هذه الدول خطة جيدة للتخلص الآمن من النفايات النووية، بخلاف تخزينها في مكان ما على أمل التوصل إلى حل نهائي في وقت لاحق. وتقدر منظمة السلام الأخضر وجود حوالي 250.000 طن من النفايات النووية في 14 دولة حول العالم، منها حوالي 22000 متر مكعب تعد خطرة. تبلغ تكلفة تخزين كل شيء، وفقاً لشركة GE-Hitachi، أكثر من 100 مليار دولار (بدون اعتبار كل من الصين وروسيا والهند). تسمى العملية التي يتقاصها فيها مورو «التحويل». وقال أمام جمهور نوبل: «ربما تكون الطاقة النووية أفضل مرشح للمستقبل، لكننا ما زلنا نترك الكثير من النفايات الخطرة، والفكرة هي تحويل هذه النفايات النووية إلى أشكال جديدة من الذرات التي ليس لديها مشكلة النشاط الإشعاعي. ما عليك فعله هو تغيير تركيب النواة». بعد كلمته، عبّر عن خطته الخاصة بأشعة الليزر وتوظيفها بشكل أكثر وضوحاً: «إنها مثل الكاراتيه - أنت تقدم قوة كبيرة جداً في لحظة قصيرة جداً». ويأمل مورو أن يكون قادراً على تقليص المسافة التي يتعين على شعاع الضوء أن يسافرها لنقل الذرات بمقدار 10.000 مرة أخرى. يقول مورو: «أفكر فيما قد يعنيه ذلك طوال الوقت». «لا أتجاهل الصعوبات التي تنتظرنا. أحلم بالفكرة، لكن علينا أن ننتظر ونرى ما سيحدث في السنوات القادمة».



كبح ناجح للبعوض باستعمال تقنية الذكور العقيمة

نجحت جامعتي ولاية ميتشيغان وسن يات - سين بالشراكة معشركة "ولباكو للتقانة الحيوية" والقسم المشترك لمنظمة الزراعة الدولية والوكالة الدولية للطاقة الذرية FAO/IAEA وآخرون في كبح مجتمع بعوض عائل في مقاطعة "غوانغزهو"، الصين كجزء من جهود ترمي إلى استعمال تقنية جديدة في السيطرة على الحشرة التي تنشر مرض دينغيو dengue وزيكا zika وأمراض أخرى.

نُشرت نتائج هذه التجربة الدليل (المُرشد) في العدد الحالي من مجلة نيتشر وتُظهر أنه أمكن من خلال الجمع بين تقنيتي الحشرات المتنافرة incompatible insect technique (IIT) والحشرات العقيمة sterile insect technique (SIT) الوصول إلى ما يقرب من التخلص الكامل من مجتمع حشرة البعوض *Aedes albopictus*، ويطلق عليها اسم بعوض النمر الآسيوي، وهي أكثر أنواع البعوض قدرة على الاجتياح، من جزيرتين معزولتين تقريباً في نهر بيرل، بالقرب من "غوانغزهو" في الصين وذلك على مدى عامين من تطبيق التقنية.

تقنية الحشرات العقيمة هي شكل من أشكال الحد من نسل الحشرة، تعتمد إطلاق أعداد كبيرة (تفوق الأعداد الموجودة في الحقل بأضعاف مضاعفة) من الذكور العقيمة التي تتنافس مع الذكور الطبيعية في التزاوج مع إناث الحشرة الطبيعية، ولكون الذكور المطلقة عقيمة فإن الإناث الملقحة لن تعطي نسلًا جديدًا، وبذلك، ومع مرور الوقت تبدأ أعداد مجتمع الحشرة بالتناقص.

أطلق خلال عامين 200 مليون من ذكور الحشرات الكاملة المرباة لهذا الهدف. أعدت هذه الذكور قبل إطلاقها بـبكتيريا "ولباخيا Wolbachia" وذلك لإكسابها صفة التنافر السيتوبلازمي مع الإناث الطبيعية التي ستتزاوج معها في الحقل. تلا ذلك تعريض هذه الذكور المُعداة بالبكتيريا إلى جرعة محددة من أشعة غاما من أجل تعقيمها جنسياً. لقد ساعد إكساب صفة التنافر السيتوبلازمي لهذه الذكور في تخفيض الجرعة المعطاة لها من أشعة غاما، وهذا بدوره ساهم في المحافظة على حيوية الذكور وقدرتها على منافسة الذكور الطبيعية الموجودة في الحقل.

تتنبأ الدراسة أن الكلفة الكلية للتدخل الفعلي لضبط أعداد الحشرة باستعمال هذه الطريقة الصديقة للبيئة هي 108 دولاراً لكل هكتار من الأرض في العام الواحد. تخطط الصين لاختبار هذه التقنية على مساحات أكبر في المدن باستعمال ذكور عقيمة من هذه البعوضة مُرباة في وحدة التربية التي تديرها شركة "ولباكي".

نجم عن نجاح التجربة الحقلية في "غوانغزهو" تعاون دولي موسع مع الدول التي تستوطن فيها أمراض تنقلها هذه الحشرة مثل سنغافورة والمكسيك. حصل مدير هذا المشروع البرفسور "كزي Xi" على دعم من "يو إس إيد USAID" من أجل إنشاء مصنع آخر لإنتاج البعوض العقيم في "مريدا" بالمكسيك لتطوير هذه الطريقة هناك من أجل السيطرة على نوع آخر من البعوض، *Aedes aegypti*. كما أنه على تعاون مع باحث من هاواي بغية تطوير هذه الطريقة لتطبيقها على نوع آخر من البعوض، *Culex quinquefasciatus*، بهدف حماية أنواع الطيور المستوطنة هناك من ملاريا الطيور. أعطت هذه التجربة مثلاً عن أهمية التعاون الدولي في المساعدة على تطور العلم وحفظ حياة البشر من خلال نقل البحث العلمي من المخبر إلى الحقل.

الباحثون يتمكنون، أخيراً، من التعديل الوراثي لدنا الميتوكوندريا كوسيلة لضمان التنوع الوراثي للمحاصيل

جرى تعديل الدنا النووي للمرة الأولى في بداية سبعينيات القرن العشرين وجرى تعديل دنا الصانعات الخضراء للمرة الأولى عام 1988، أما دنا الميتوكوندريا الحيواني فقد جرى تعديله في العام 2008. ومع ذلك، لم تنجح سابقاً أي وسيلة لتعديل دنا الميتوكوندريا. استعمل الباحثون اليابانيون تقنياتهم الخاصة في الحصول على أربع سلالات جديدة من الرز وثلاثة سلالات من اللفت الزيتي.

يقول البروفيسور أريمورا (الأخصائي بوراثية النبات الجزيئية في جامعة طوكيو) "عرفنا أننا قد نجحنا عندما شاهدنا نباتات الرز وقد حنت رؤوسها" مما يدل على ثقل وزن السنابل. يأمل الباحثون باستعمال هذه التقنية في معالجة النقص الراهن في التنوع الوراثي لميتوكوندريا المحاصيل والذي يشكل نقطة ضعف كبيرة في إمداداتنا الغذائية.

اجتاحت حقول الذرة في ولاية تكساس في الولايات المتحدة الأمريكية في سبعينيات القرن الماضي إصابة فطرية وأدت إلى تدمير 15% من محصول الذرة الأمريكي. تبين للباحثين حينها أن مورثة ميتوكوندريا في نبات الذرة أدت إلى تفاقم الإصابة وأن كافة نباتات الذرة في تلك الحقول حملت ذات المورثة. ومنذ ذلك الوقت لم تزرع نباتات ذرة حاملة لتلك المورثة.

يقول الباحث أريمورا أننا لا نزال في خطر كبير لأنه جرى استعمال عدداً محدوداً للغاية من مورثات ميتوكوندريا النباتات عالمياً وأننا نرغب بالاستفادة من تقنياتنا في تعديل دنا الميتوكوندريا لزيادة التنوع الوراثي.

يقول أريمورا أنه على الرغم من دور الصانعات الخضراء في توليد الطاقة في النباتات فإن ذلك الدور كان مبالغاً به حيث أن جزءاً كبيراً من الطاقة المولدة في النباتات (وخاصة في الأجزاء التي لا تحتوي أوراقاً) يجري في الميتوكوندريا إضافة إلى أن كافة الخلايا الحيوانية تحصل على طاقتها من الميتوكوندريا.

من أجل إيجاد طريقة لتعديل (manipulate) جينوم ميتوكوندريا النبات المعقد، قام فريق أريمورا بتطبيق تقنية استعملت سابقاً في تعديل جينوم ميتوكوندريا الحيوانات تدعى الحذف الموجه لدنا الميتوكوندريا الطافر (targeted elimination of mutant mitochondrial DNA (mitoTALENs)). يستعمل في هذه التقنية بروتين واحد لتحديد مكان جينوم الميتوكوندريا وقطع الدنا عند المورثة المستهدفة وحذفها. يقول أريمورا أنه على الرغم من أن حذف معظم المورثات يؤدي إلى مشاكل إلا أن حذف بعض المورثات مثل مورثة العقم الذكري السيتوبلازمي (CMS) سوف يؤدي إلى جعل النباتات خصبة مجدداً.

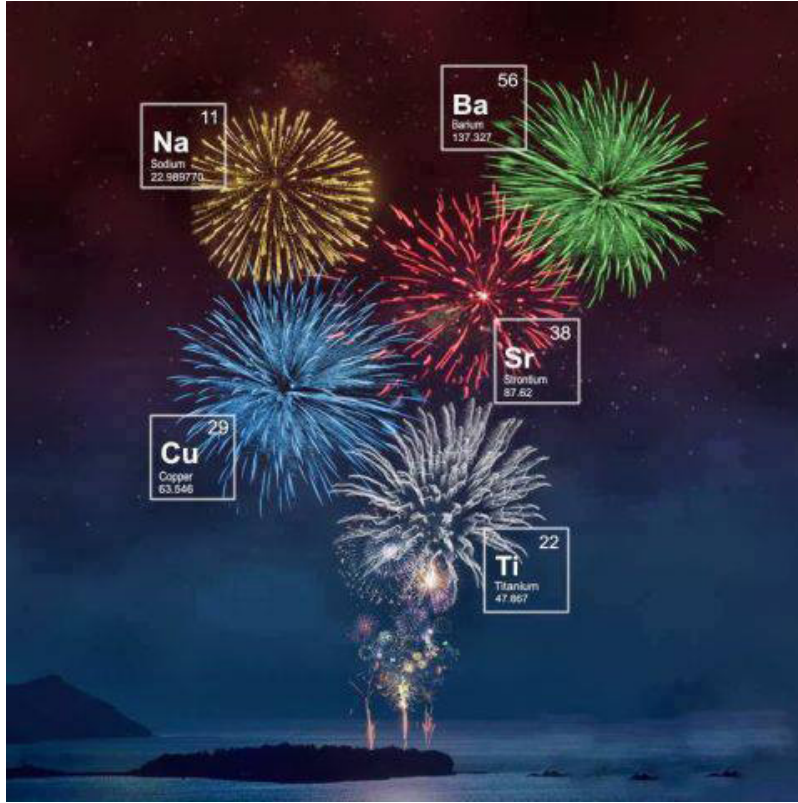
إن الحصول على أربع سلالات خصبة جديدة من الرز وثلاث من اللفت الزيتي يؤكد على نجاعة استعمال نظام mitoTALENs في التعديل حتى في جينوم ميتوكوندريا النبات المعقد.

سوف يدرس الباحثون مورثات الميتوكوندريا المسؤولة عن العقم الذكري النباتي بتفاصيل أكثر لتحديد الطفرات المحتملة التي يمكن أن تضيف تنوعاً نحن في أمس الحاجة له.

ترجمة: د. بسام الصفدي، هيئة الطاقة الذرية السورية. Science Daily, 8 July, 2019.



لماذا الألعاب النارية الزرقاء نادرة جداً؟

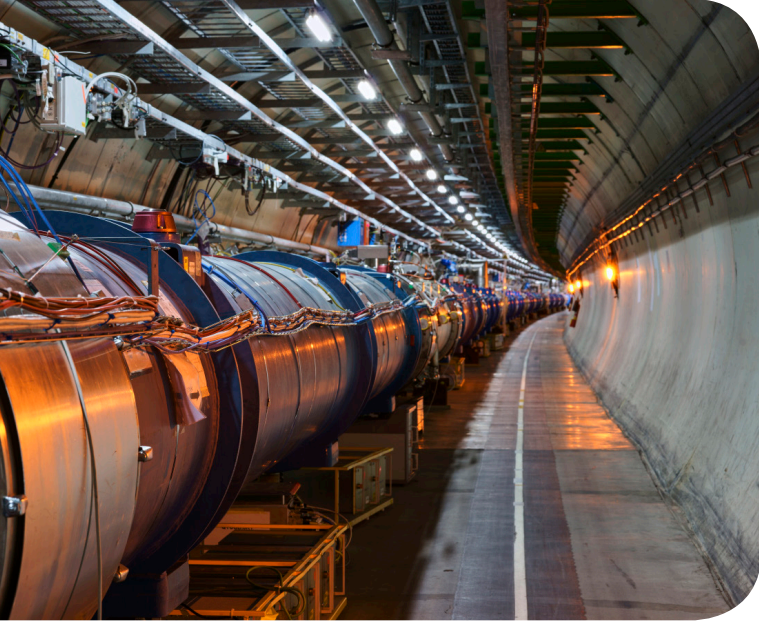


يوضح الشكل كيف تحصل الألعاب النارية على ألوانها .

اخترعت الألعاب النارية أول مرة من قبل الصينيين في عام 200 قبل الميلاد، وجرى تطويرها في عام 800 للميلاد، وكانت معظم الألعاب النارية المبكرة هذه عبارة عن اختلاطات مشرقة وصاخبة ومصممة لطرد الأرواح الشريرة، وليست كالانفجارات الملونة التي نراها اليوم والتي نستطيع التحكم بها. وبعد أعوام طويلة اكتشف الإيطاليون كيفية إضافة الألوان وذلك بإدخال عناصر مختلفة إلى المزيج القابل للاشتعال، فمثلاً عند إضافة عنصر السترونتيوم للمزيج سينتج لهباً أحمر، وعند إضافة عنصر النحاس سينتج اللون الأزرق، كما سينتج الباريوم اللون الأخضر، فضلاً عن الصوديوم الذي ينتج اللون الأصفر. وينتج عن إشعال الألعاب النارية طاقة كافية لإثارة الإلكترونات التي تعطي ألواناً مختلفة من الضوء عند عودتها لسويتها الأساسية. وتتوفر الآن مجموعة واسعة من أشكال وألوان اللهب مثل الأحمر والأخضر والأزرق والأصفر والأرجواني. ولكن ليس من السهل إنشاء جميع ألوان الألعاب النارية، بحيث يتفق الكثير من العاملين في مجال البحث والتطوير في الألعاب النارية على أن اللون الأزرق هو أكثر الألوان صعوبة في الإنتاج، وذلك لأن السماء في الليل ما هي إلا ظلال زرقاء، لذا فإن معظم اللون الأزرق لا يظهر بوضوح. فإذا حاولنا جعل اللون الأزرق أكثر إشراقاً، فمن الممكن أن تبدو الخلفية باهتة. ومن خلال التوازن الصحيح للنحاس والمواد الكيميائية الأخرى في تفاعل اللهب أو الاحتراق سينتج أفضل لهب أزرق اللون في الألعاب النارية. ثمة صعوبة أخرى في إنشاء اللون الأزرق المكتف تتمحور في أن الكيمياء الخاصة بالألعاب النارية ليست بسيطة، حيث يتطلب ذلك مزج العديد من المواد الكيميائية وعنصر النحاس. فعندما يشتعل النحاس، فإن الإلكترونات المحيطة بذرات النحاس تنتشج وتنشط في اللهب، وعندما تحرر الإلكترونات هذه الطاقة، يظهر للمراقبين الضوء الأزرق. يعمل كل لون بالطريقة نفسها، وعندما تشتعل عناصر مختلفة، فإنها تطلق أطوالاً موجية مختلفة من الضوء تترجم إلى ألوان مختلفة، لذلك عندما ترى نقاطاً من اللون الأزرق تخلق نمطاً في سماء الليل، فإنك ترى إلكترونات متحمساً يحرر الطاقة كضوء أزرق.

ما هو مصادم هادرون الكبير (LHC)؟!

مصادم هادرون الكبير LHC: هو أعجوبة فيزياء الجسيمات الحديثة التي مكّنت الباحثين من الوصول إلى أعماق الواقع. تمتد أصوله إلى عام 1977، عندما اقترح السيد جون آدمز، المدير السابق للمنظمة الأوروبية للأبحاث النووية CERN، بناء نفق تحت الأرض يمكن أن يستوعب مسرع جسيمات قادر على الوصول إلى طاقات عالية بشكل غير عادي. وقد تمت الموافقة على المشروع رسمياً بعد عشرين عاماً، أي في عام 1997، وبدأ الإنشاء على شكل حلقة طولها 16.5 ميلاً (27 كيلومتر) مرت تحت الحدود الفرنسية السويسرية. هذه الحلقة قادرة على تسريع الجسيمات حتى 99.99% من سرعة الضوء، وتحطيمها معاً. داخل الحلقة، يوجه 9300 مغناطيس مجموعات من الجسيمات المشحونة في اتجاهين متعاكسين بمعدل 11245 مرة في الثانية، بحيث تتصادم معاً بشكل مباشر. يستطيع هذا المصادم خلق حوالي 600 مليون تصادم في كل ثانية، ومن ثم تتولد كميات هائلة من الطاقة، وجسيم ثقيل لم يسبق له مثيل. يعمل LHC بطاقات أعلى بـ 6.5 أضعاف من مسرع الجسيمات السابق الذي يحتفظ بسجلات قياسية، وهو Tevatron الذي أوقف تشغيله Fermilab في الولايات المتحدة. قدرت تكلفة بناء LHC حوالي 8 مليارات دولار، وأسهمت الولايات المتحدة لوحدها بمبلغ 531 مليون دولار. ويتعاون أكثر من 8000 عالم من 60 دولة مختلفة في تجاربه. جرى تشغيل المسرع لأول مرة في 10 أيلول 2008؛ بمعدل تصادم للجسيمات يساوي 10 بالمليون فقط من قدرة التصميم الأصلية.



المصادم الأكبر للجسيمات في العالم

البحوث الرائدة

على مدار السنوات العشر الماضية، حطم LHC الذرات معاً بتجربتين رئيسيتين، CMS و ATLAS، اللتين تعملان بشكل منفصل. وقد أنتج المصادم أكثر من 2000 ورقة علمية نشرت في العديد من مجالات فيزياء الجسيمات الأساسية. في 4 تموز 2012، راقب العالم العلمي أنفاساً مؤلمة، حيث أعلن باحثون في LHC عن اكتشاف بوزون هيغز Higgs (نسبة إلى الفيزيائي البريطاني بيتر هيغز الذي توقع وجوده عام 1964)، قطعة اللغز النهائية في نظرية عمرها خمسة عقود تسمى النموذج القياسي للفيزياء. يحاول النموذج القياسي حساب جميع الجسيمات والقوى المعروفة (باستثناء الجاذبية) وتفاعلاتها. إن Higgs في الواقع حقل يتخلل كل المساحة ويسحب كل جسيم يتحرك فيه. وحتى مع وجود هيغز في متناول اليد، لا يستطيع الفيزيائيون الراحة لأن النموذج القياسي لا يزال لديه بعض العيوب، وأحدها أنه لا يتعامل مع الجاذبية التي غالباً ما تكون مغطاة بنظريات النسبية لأينشتاين، كما أنه لا يفسر سبب تكوين الكون من المادة وليس من المادة المضادة، اللتين كان ينبغي تشكيلهما بكميات متساوية تقريباً في بداية الوقت، وهو صامت تماماً بشأن المادة المظلمة والطاقة المظلمة، اللتين لم يتم اكتشافهما بعد. قبل تشغيل LHC، كان قد قال العديد من الباحثين أن النظرية العظيمة التالية هي النظرية المعروفة باسم التناظر الفائق التي تضيف شريكين توأمين متشابهين لكن أكثر ضخامة من كل الجسيمات المعروفة، وقد يكون واحد أو أكثر من هذين الشريكين الثقيلين مرشحاً مثالياً للجسيمات التي تشكل المادة المظلمة. ويبدأ التناظر الفائق في التمسك بالجاذبية، موضحاً لماذا تكون أقل شدة بكثير من القوى الأساسية الثلاث الأخرى. قبل اكتشاف هيغز، كان بعض العلماء يأملون في أن ينتهي الأمر إلى أن يكون البوزون مختلفاً قليلاً عما تنبأ به النموذج القياسي، ملمحاً إلى فيزياء جديدة، ولكن عندما ظهر هيغز، كان الأمر طبيعياً بشكل لا يصدق، تماماً في مجال الكتلة الذي يتوقعه النموذج القياسي. في حين أن هذا الأمر يعد إنجازاً كبيراً للنموذج القياسي، فقد ترك الفيزيائيين دون أي دلائل جيدة للاستمرار. حيث بدأ البعض في الحديث عن العقود الضائعة التي تطارد النظريات التي بدت جيدة على الورق ولكن يبدو أنها لا تتوافق مع الملاحظات الفعلية. ويأمل الكثيرون أن تساعد عمليات أخذ البيانات التالية في LHC على توضيح بعض هذه الفوضى. أُغلق LHC في كانون الأول 2018 لعامين من أجل الترتيبات والصيانة. وعندما يعود للعمل، سيتمكن من تحطيم الذرات مع زيادة طفيفة في الطاقة ولكن بمعدل ضعف عدد الاصطدامات في الثانية. وربما سيثبت ما هو تخمين لأحد العلماء. وهناك بالفعل حديث عن مسرع جسيمات أقوى حتى يحل محله ويقع في المنطقة نفسها ولكن يبلغ حجمه أربعة أضعاف حجم LHC. وقد يستغرق بناء البديل الهائل 20 عاماً وتبلغ كلفته 27 مليار دولار.

نافذة على عناصر الجدول الدوري

56 137.328
Ba
 Barium
 [Xe] 6s²
 Alkaline Earth Metal

الباريوم Barium

Ba	رمزه
56	عدده الذري
137.327	كثافته الذرية النسبية
3.51 g·cm ⁻³	كثافته وهو سائل
727 °C	درجة الانصهار
1845 °C	درجة الغليان
2+	حالات الأكسدة

الباريوم عنصر كيميائي رمزه Ba وعدده الذري 56. يقع الباريوم في المجموعة الثانية (العناصر القلوية الترابية) في الجدول الدوري، وبسبب نشاطه الكيميائي الكبير، لا يوجد الباريوم بشكله الحر في الطبيعة. عرف الباريوم في مرحلة ما قبل التاريخ الحديث باسم بارييتا (Baryta) (هيدروكسيد الباريوم)، وهذه المادة لا توجد بصفاتها فلزاً، إنما يمكن تحضيرها من خلال تسخين كربونات الباريوم.

تُعدُّ كبريتات الباريوم (الباريت BaSO₄) وكربونات الباريوم (ويذيريت BaCO₃) من أكثر فلزاته شيوعاً في الطبيعة، وكلاهما غير منحل في الماء. يعود اسم الباريوم إلى مصطلح الكيميائيين القدامى بارييتا baryta، الذي جاء هو نفسه من المعنى اليوناني بارييس barys، الذي يعني «ثقيل». جرى التعرف على الباريوم بصفته عنصراً جديداً في العام 1774، لكن الحصول عليه كمعدن لم يتحقق إلا في العام 1808، بعد جهوزية تقنيات العزل بالتحلل الكهربائي.

يتمتع الباريوم بتطبيقات صناعية قليلة، فاستعمل قديماً لكنس الهواء في أنابيب التخلية. وهو أحد مكونات YBCO (نواقل فائقة عالية درجة الحرارة) والسيراميك الكهربائي، كما أنه يضاف إلى الفولاذ والحديد الزهر لتقليل حجم حبوب الكربون داخل البنية المجهرية للمنتج. وتضاف مركبات الباريوم إلى مواد الألعاب النارية للحصول على اللون الأخضر. وتستعمل كبريتات الباريوم في سوائل حفر آبار النفط بصفقتها مضافاً ثقيلًا غير منحل، وتضاف بحالة أنقى، بصفقتها معاملات التمايز الإشعاعي للأشعة السينية عند تصوير الجهاز الهضمي لدى الإنسان. وتعود سمية مركبات الباريوم المنحلة إلى تحرر أيون الباريوم المنحل، وهكذا جرى استعماله بصفته مبيداً للقوارض.

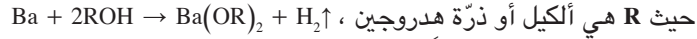
خصائصه الفيزيائية

الباريوم هو معدن لين وأبيض فضي، مع ميلان للون الذهب إذا كان فائق النقاوة، ويختفي اللون الأبيض الفضي للمعدن بسرعة عند تعرضه للهواء وتتشكل طبقة من الأكسيد رمادية داكنة. يتمتع الباريوم بوزن نوعي وسطي وموصلية كهربائية جيدة. ليس من السهل تحضير الباريوم بنقاوة فائقة، لذا لم يجر بعد قياس دقيق للعديد من خصائص الباريوم. يتمتع الباريوم ببنية مكعبية مركزية الجسم في الشروط الطبيعية من الضغط ودرجة الحرارة، وتبلغ المسافة بين ذرات الباريوم 503 بيكومتر، وبارتفاع درجة الحرارة تتباعد ذراته عن بعضها تقريباً بمعدل 1.8×10^{-5} بيكومتر لكل درجة سيلسيوز. تتوسط درجة انصهار الباريوم (730 °C) كلاً من درجة انصهار السترونشيوم (780 °C) ودرجة انصهار الراديوم (700 °C)، ومع ذلك، تزيد درجة غليانه (1,900 °C) عن درجة غليان السترونشيوم (1,382 °C). كما أن كثافته (3.62 g·cm^{-3}) تتوسط كثافة السترونشيوم (2.36 g·cm^{-3}) وكثافة الراديوم (5 g·cm^{-3}).

فعاليتته الكيميائية

تتشابه الفعالية الكيميائية للباريوم مع فعالية كل من المغنيزيوم والكالسيوم والسترونشيوم، بل إنه أكثر فعالية منها. ويخضع دائماً

حالة الأكسدة +2. تكون تفاعلاته مع مجموعة الأكسجين في الجدول الدوري ناشرة للحرارة، ويحدث تفاعله مع الأكسجين أو الهواء في درجة الحرارة العادية، لذا يحفظ الباريوم في وسط من النفط أو الغاز الخامل. تكون تفاعلاته مع اللامعادن، مثل الكربون والنتروجين والفسفور والسليكون والهيدروجين ناشرة للحرارة أيضاً، وتحدث بالتسخين. كما أن تفاعلاته مع الماء والكحول ناشرة للحرارة بشكل كبير ويتحرر معها غاز الهيدروجين.



حيث R هي ألكيل أو ذرة هيدروجين، وإضافة إلى ذلك، يتفاعل الباريوم مع النشادر مشكلاً معقدات مثل $\text{Ba}(\text{NH}_3)_6$. يُهَاجَم الباريوم بسهولة من قبل الأحماض، في حين يشكل حمض الكبريت استثناءً ملحوظاً، إذ يتوقف هذا التفاعل بسبب تشكل سلفات الباريوم غير المنحلة. ويرتبط الباريوم مع معادن عديدة، بما في ذلك الألمنيوم والزنك والرصاص والقصدير، مشكلاً أطواراً وسيطة وخطأً.

مركباته

تكون أملاح الباريوم عادة بيضاء في الحالة الصلبة وعديمة اللون عندما تتحلل، لأن أيونات الباريوم لا تعطي لوناً معيناً، كما تكون أكثر من مثيلاتها في حالة السترونسيوم والكالسيوم، باستثناء أملاحه الهالوجينية. عُرف هيدروكسيد الباريوم (باريتا) من قبل الكيميائيين القدامى الذين أنتجوه عند تسخين كربونات الباريوم. وبشكل مغاير لهيدروكسيد الكالسيوم، فهو يمتص كميات ضئيلة من ثنائي أكسيد الكربون في المحاليل المائية، أي أنه غير حساس للتحويلات المناخية، وتستغل هذه الخاصية لمعايرة مقاييس الحموضة. تشتعل مركبات الباريوم الطيارة معطية شعلة ذات لون أخضر فاتح، ويُعد ذلك اختباراً فعالاً للكشف عن مركبات الباريوم. ينتج اللون من الخطوط الطيفية ذات الأطوال الموجية 455.4 و493.4 و553.6 و611.1 نانومتر. تشكل مركبات الباريوم العضوية فصيلاً متنامياً من المركبات، فعلى سبيل المثال، عرف منها ثنائيات ألكيلات الباريوم وكذلك ثنائيات ألكيلات هالوجينات الباريوم.

نظائره

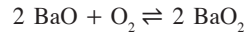
يوجد الباريوم على الأرض بشكله الطبيعي بوصفه خليطاً من سبع نويات بدائية، الباريوم-130 والباريوم-132 والباريوم-134 وحتى الباريوم-138. ويُعتقد أن الاثنى الأولين نشيطان إشعاعياً؛ إذ يتفكك الباريوم-130 معطياً الكزنيون-130 عبر تفكك بيتا مضاعف، ويتفكك الباريوم-132 بشكل مماثل مولداً الكزنيون-132، ويزيد عمر النصف المقابل لكل منهما بما لا يقل عن عمر الكون بالآلاف المرات، ووفرتهما تساوي تقريباً 0.1% مقارنة مع وفرة الباريوم الطبيعي. يُعدُّ نشاطهما الإشعاعي ضعيفاً لدرجة أنه لا يفرض خطورة على الحياة. ومن النظائر المستقرة، يشكل الباريوم-138 حوالي 71.7% من الباريوم الإجمالي، وكلما خف النظير، ضعفت وفرته. وبشكل إجمالي، عرف حوالي 50 نظيراً للباريوم، تقع كتلتها بين 114 و153. إن أكثر هذه النظائر استقراراً هو الباريوم-133، حيث يقارب عمر نصفه 10.51 سنة، وخمسة نظائر إضافية يكون عمر نصف كل منها أكبر من يوم واحد. كما يخضع الباريوم أيضاً لعشر حالات شبه مستقرة، حيث إن أكثرها استقراراً هو الباريوم- $^{133\text{m}}\text{Ba}$ ، وعمر نصفه حوالي 93 ساعة.

قصته

تعرّف الكيميائيون القدامى في بدايات العصور الوسطى إلى بعض فلزات الباريوم، إذ وجدت حجارة مكورة ناعمة من فلز الباريت في بولونيا وإيطاليا، وجذبت حجارة بولونيا Bologna stones إليها السحرة والكيميائيين لأن تعرضها للضوء يجعلها متوهجة لسنوات وسنوات. قام كازيورولوس عام 1602 بتوصيف خصائص الفلسفة للباريت المسخن مع المواد العضوية. وأكد كارل شيل Carl Scheele عام 1774 احتواء الباريت على عنصر جديد، لكنه لم يستطع عزل الباريوم، وقام آنذاك بعزل أكسيد الباريوم فقط. كما قام جون غوتليب جان Johan Gottlieb Gahn بعد سنتين بعزل أكسيد الباريوم عبر دراسات مشابهة. سمي الباريوم المؤكسد بداية باروت Barote، من قبل غيوتون دو مورفو Guyton de Morveau، وهو اسم جرى تغييره من قبل أنطوان لافوازييه Antoine Lavoisier ليصبح باريتا Baryta. وفي القرن الثامن عشر، أشار عالم الفلزات الإنكليزي وليم ويدرينغ William Withering إلى وجود عنصر ثقيل في مناجم الرصاص. وعزل الباريوم أول مرة بالتحلل الكهربائي من قبل هيمفري دافي Humphry Davy في العام 1808، وذلك بدءاً من أملاح الباريوم المنصهرة. وحصل روبرت بنزن Robert Bunsen وأوغستوس ماتيسن Augustus Matthiessen على الباريوم النقي بالتحلل الكهربائي لخليط منصهر من كلوريد الباريوم وكلوريد النشادر.

كان إنتاج الأكسجين النقي تطبيقاً صناعياً لفوق أكسيد الباريوم في ثمانينيات القرن الثامن عشر، وذلك قبل أن يستبدل هذا التطبيق

بالتحلل الكهربائي والتقطير الجزئاً للهواء السائل في مطلع القرن العشرين؛ وفي تلك الطريقة كان أكسيد الباريوم يتفاعل في مجال درجات الحرارة °C 500-600 مع الهواء ليتشكل فوق أكسيد الباريوم، الذي يتفكك بعد درجة الحرارة °C 700 مطلقاً الأكسجين.



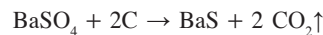
وفي العام 1908، جرى استخدام كبريتات الباريوم لأول مرة بصفتها معامل تمييز إشعاعي في التصوير بالأشعة السينية لجهاز الهضم.

وجوده وإنتاجه

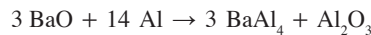
تبلغ وفرة الباريوم 0.0425% في القشرة الأرضية و13 ميكروغرام/لتر في مياه البحر. والمصدر التجاري الرئيس للباريوم هو الباريت barite (الذي يسمى أيضاً barites أو السارية الثقيلة heavy spar)، وهو عبارة عن فلز كبريتات الباريوم. تنتشر ترسبات الباريوم في جميع أنحاء العالم. والمصدر التجاري الآخر الوحيد والأقل أهمية بكثير من الباريت هو فلز كربونات الباريوم، وتقع ترسباته الرئيسية في إنكلترا ورومانيا وفي الاتحاد السوفييتي السابق.

تقدر احتياطات الباريت بين 0.7 و2 بليون طن، وجرى الإنتاج الأعظمي عام 1981، بقيمة وصلت إلى 8.3 مليون طن، واستعمل منها بين 7 و8% فقط في إنتاج الباريوم أو مركباته. تزايد إنتاج الباريت منذ بداية النصف الثاني لتسعينيات القرن الماضي؛ من 5.6 مليون طن في العام 1996 إلى 7.6 في العام 2005 وإلى 7.8 في العام 2011. وفي نفس العام بلغت حصة الصين أكثر من 50% من الإنتاج، تلتها الهند 14%، ومن ثم المغرب 8.2% وتركيا 2.5%، و2.6% لكل من إيران وكازاخستان.

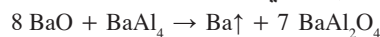
يغسل الفلز المنجمي ويسحق ويصنف ويعزل عن الكوارتز. وإذا تغلغل الكوارتز بشكل عميق في الفلز، أو إذا ارتفع محتوى الفلز بشكل غير طبيعي من الحديد أو الزنك أو الرصاص، يتم تطبيق طرائق تعويم الزبد. يجب ألا ينخفض المردود عن 95%، مع كميات دنيا من الحديد وثنائي أكسيد السليكون، وعندما لا يتحقق ذلك، يجب إرجاع المنتج بواسطة الكربون لتحويله إلى كبريت الباريوم.



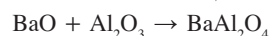
يكون كبريت الباريوم المنحل بالماء نقطة الانطلاق للحصول على مركبات أخرى؛ إذ يعطي تفاعل كبريت الباريوم مع الأكسجين مركب هيدروكسيد الباريوم، ومع حمض الأزوت يعطي نترات الباريوم، ومع ثنائي أكسيد الكربون يعطي كربونات الباريوم، وهكذا دواليك. يمكن تفكيك نترات الباريوم حرارياً للحصول على أكسيد الباريوم. يتم الحصول على معدن الباريوم عبر الإرجاع بواسطة الألمنيوم في الدرجة °C 1,100، حيث يجري إنتاج مركب معدني وسيط، BaAl_4 ، أولاً:



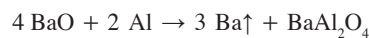
ويتفاعل هذا المركب الوسيط مع أكسيد الباريوم ليعطي المعدن، غير أن إرجاع الباريوم لا يحصل بكامله.



ويتفاعل ما تبقى من أكسيد الباريوم مع أكسيد الألمنيوم المتشكل:



فيكون التفاعل الإجمالي:



يجري تجميع بخار الباريوم الناتج في حيز مُبرّد ومن ثم يعبأ في قوالب تحت جو من الأرجون. تستعمل هذه الطريقة تجارياً ويمكن أن تؤدي إلى الحصول على الباريوم النقي. تكون نقاوة الباريوم الصلب التجاري حوالي 99%، وتكون الشوائب الرئيسية من السترونشيوم والكالسيوم 0.8% و0.25%، على التوالي وشوائب أخرى تساهم بأقل من 0.1%.

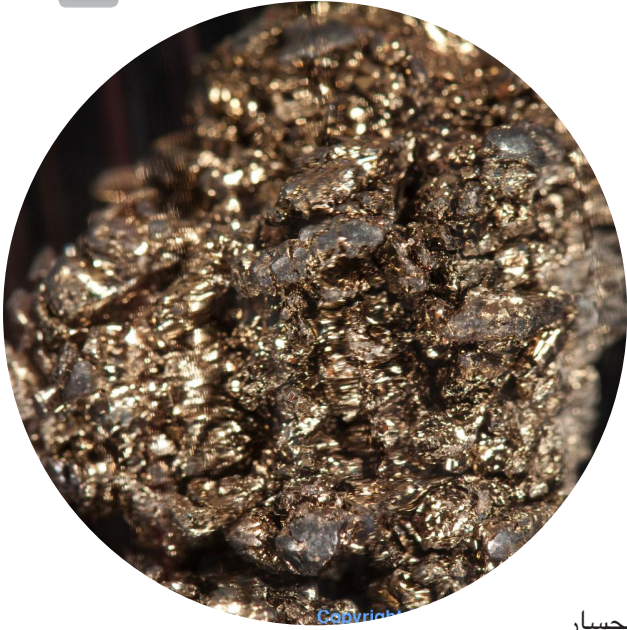
تطبيقاته

معدن الباريوم وخصائصه

يستعمل الباريوم، كمعدن أو عندما يدخل بخلطة مع الألمنيوم، لإزالة الغازات غير المرغوب فيها من أنابيب التخليقة، مثل أنابيب الصورة في التلفزيون. يستحسن استعمال الباريوم لمثل هذه الغاية بسبب انخفاض ضغط بخاره وفعاليتها تجاه الأكسجين والنيتروجين وثنائي أكسيد الكربون والماء، ويمكنه إزاحة الغازات النبيلة عبر حلها في الشبكة البلورية. يعود اختفاء هذا التطبيق تدريجياً إلى ضعف أهمية استعمال تلك الأنابيب.

توجد استعمالات ثانوية للباريوم العنصري منها إضافته إلى خليطة الألمنيوم والسليكون، حيث يحسن من بنيتها، إضافة إلى أنه:

- يقسي خليطة الرصاص - قصدير.
- يخلط مع النيكل لإحداث شمعات الاحتراق.



- يضاف للفولاذ والحديد لتحسين مواصفاتها.
- يخلط مع الكالسيوم والمنغنيز والسليكون والألنيوم للحصول على فولاذ غير قابل للتأكسد.

كبريتات الباريوم

تُعدُّ كبريتات الباريوم (فلز الباريوم، $BaSO_4$) مهمة من أجل الصناعة النفطية. فعلى سبيل المثال، تستعمل بحالتها السائلة في حفر آبار النفط والغاز. وتستعمل راسب المركب في صناعة الدهانات والورنيش وفي الأحبار والبلاستيك والمطاط، ويمكنها تحسين المواصفات الفيزيائية لبعض البوليميرات عندما تكون على شكل حبيبات نانوية. ويتمتع الباريوم بسمية ضعيفة وكثافته عالية نسبياً حيث تبلغ $4.5 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$.

مركبات أخرى للباريوم

إلى جانب كبريتات الباريوم، هناك بعض التطبيقات المتخصصة. ويعود انحصار تطبيقاته بسبب سمية أيونات Ba^{2+} (فكربونات الباريوم تستعمل بصفقتها سماً للفئران)، وهذه ليست مشكلة كبريتات الباريوم غير القابلة للانحلال.

- يستعمل أكسيد الباريوم بطلاء إلكترونيات مصابيح الفسفرة، إذ إنه يسهل انبعاث الإلكترونات.
- تستعمل كربونات الباريوم في صناعة الزجاج، فهو يزيد من قرينة انكسار الزجاج ومن بريقه لأنه عنصر ثقيل.
- يضاف الباريوم، وتحديدًا نترات الباريوم، لمواد الألعاب النارية لمنحها اللون الأخضر. والنوع المسؤول عن البريق الأخضر هو الباريوم وحيد الكلور، وفي غياب الكلور يعطي لون التفاح الأخضر المصفر بدلاً من اللون الأخضر.
- يمكن استعمال فوق أكسيد الباريوم بصفته محفزاً لبدء تفاعل ناشر للحرارة عندما يستعمل الألنيوم كعامل إرجاع في حالة وصل قطع السكك الحديدية بعضها مع البعض الآخر.
- تُعدُّ تيتانات الباريوم مركباً واعداً في مجال صناعة السيراميك الكهربائي.
- يستعمل فلوريد الباريوم في البصريات لتطبيقات الضوء تحت الأحمر بسبب سعة مجال الشفافية الممتدة بين 0.15 و12 ميكرومتر.
- كان المركب YBCO أول مركب فائق الناقلية يمكن تبريده بالآزوت السائل، لأن درجة حرارته الانتقالية -180.2°C تفوق درجة حرارة غليان الآزوت -196.2°C .

مخاطره الحيوية والتحذيرات

حصرت الفعالية الكيميائية العالية لهذا العنصر معطيات السمية الحيوية بمركباته فقط. تكون مركبات الباريوم المنحلة بالماء سامة، وفي حالة الجرعات المنخفضة، تقوم أيونات الباريوم بدور محرض للعضلات، في حين تؤثر الجرعات العالية على الجهاز العصبي، مسببة عدم انتظام في وظيفة القلب واهتزازاً وضعفاً وقلقاً وضيقاً في التنفس وشللاً. قد يعود ذلك إلى قدرة أيونات Ba^{2+} على سد مسالك أيون البوتاسيوم، التي تُعدُّ حساسة لسلامة وظيفة الجهاز العصبي. وهناك مناطق عضوية أخرى تستهدفها مركبات الباريوم المنحلة بالماء (أي أيونات الباريوم) مثل العيون والجهاز المناعي والقلب والجهاز التنفسي والجلد، وهذه الأيونات تؤثر بقوة على الجسم، مسببة، على سبيل المثال، العمى وزيادة الحساسية.

لا يُعدُّ الباريوم مسرطناً، كما أنه غير قابل للتراكم الحيوي. مع ذلك، إن استنشاق غبار حاو على مركبات الباريوم غير المنحلة يمكن أن يؤدي إلى تراكمها في الرئتين، مما يسبب نشوء حالة تدعى سحار باريتي baritosis. وعلى سبيل المقارنة مع المواد السامة المنحلة، تُعدُّ سلفات الباريوم غير المنحلة عديمة السمية لذا لا تصنف على أنها مادة خطيرة.

ولتجنب تفاعل كيميائي عنيف، يحفظ معدن الباريوم في جو من الأرغون أو في زيوت معدنية. إن تماسه مع الهواء خطير جداً، لأنه يمكن أن يحدث اشتعالاً، فيجب تجنب تعرضه للرطوبة والاحتكاك والحرارة والشرارات والصدمات والكهرباء الساكنة والتفاعل مع المؤكسيدات والأحماض، ويجب تأريض كل شيء يمكن أن يلامس الباريوم، كما يجب على العاملين مع الباريوم استعمال أحذية غير قابلة لإحداث شرر، واستعمال ألبسة مطاطية مقاومة للشعلة، وقفازات مطاطية ومريلة ونظارات واقية وقناع للغاز، ولا يسمح لهم بالتدخين في منطقة العمل، ويجب غسل أنفسهم بعد التعامل مع الباريوم.

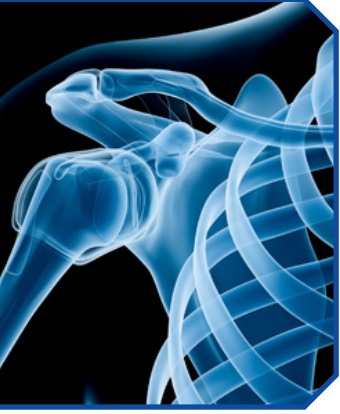
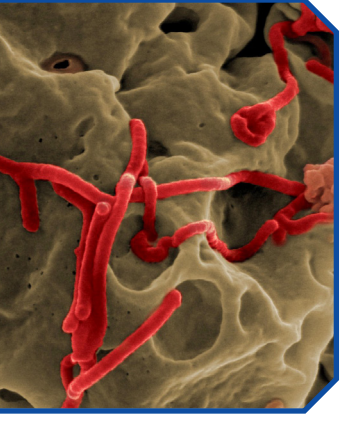
مركبات الباريوم

$Ba(BO_2)_2$, $BaBr_2$, $Ba(CH_3CO_2)_2$, $Ba(C_2H_3O_2)_2$, $Ba(ClO)_2$, $Ba(ClO_2)_2$, $BaCO_3$, BaC_2O_4 , $Ba(ClO_3)_2$, $Ba(ClO_4)_2$, $Ba(CN)_2$, $BaCl_2$, $BaCrO_4$, BaF_2 , $BaFeO_4$, $BaFe_2O_4$, BaI_2 , $Ba(IO_3)_2$, $Ba(Mn_2O_8)$, $Ba(N_3)_2$, $Ba(NO_3)_2$, BaO , BaO_2 , $Ba(OH)_2$, BaS , $BaSO_3$, $BaSO_4$, $BaTiO_3$, Ba_2TiO_4 .

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		الفلزيات			الأكتينيدات			المعادن الانتقالية			معادن أخرى		أشباه المعادن		لامعادن أخرى		الهالوجينات		الغازات النبيلة										

إعداد: د. عادل حرفوش، هيئة الطاقة الذرية السورية.



ورقات علمية

عن تجارب ودراسات وبحوث منجزة في الهيئة

2017

Control of natural microorganisms in chamomile (*Chamomilla recutita* L.) by gamma ray and electron beam irradiation

Al-Bachir M

Department of Radiation Technology

Abstract

Microbial contamination levels and corresponding sensitivities to gamma rays (GR) and electron beam (EB) irradiation were tested in chamomile (*Chamomile recutita* L.). Chamomile powders were treated with 10 and 20 kGy by GR and EB, respectively. Microbiological and chemical analyses were performed on controls and treated samples immediately after irradiation, and after 12 months of storage. The control samples of chamomile exhibited rather high microbiological contamination, exceeding the levels of $4 \log_{10}$ CFU g⁻¹ (CFU – colony forming units) reported by national and international authorities as the maximum permissible total count level. Irradiation with GR and EB was found to cause a reduction in microbial contamination proportionate to the dose delivered. The sterilizing effect of EB on microorganisms was higher than the GR one. A dose of 10 kGy of GR and EB significantly ($p < 0.05$) reduced the total bacterial, total coliform and total fungal contamination. A dose of 20 kGy of GR significantly ($p < 0.05$) reduced the total bacterial and total fungal contamination, while a 20 kGy dose of EB reduced the initial bacterial, total coliform and total fungal contamination to below detection level when the analysis was carried out immediately after irradiation treatment or after 12 months of storage. The comparative study demonstrated that electron beam was more effective for decontamination of chamomile powder than gamma irradiation.

Key words: chamomile, decontamination, electron beam, gamma ray, moisture storage.

الورقة منشورة في مجلة: *Acta Scientiarum Polonorum, Technologia Alimentaria*

Effect of Glutathione S-transferase mu 1 (*GSTM1*) gene polymorphism on chronic myeloid leukemia risk and Imatinib treatment response

Al-Achkar W, Moassass F, Aroutiounian R, Harutyunyan T, Liehr T, Wafa A

Department of Molecular Biology and Biotechnology

Abstract

Glutathione S-transferases (GSTs) gene polymorphisms were demonstrated to be associated with inter-individual variability of Imatinib mesylate (IM) response for chronic myeloid leukemia (CML) patients in a few studies; however, the results have been inconclusive. The aim of this study was to assess the role of such GSTs gene polymorphisms (*GSTT1* and *GSTM1*) in relation to IM treatment outcome in 96 Syrian CML in chronic phase (CP) patients. Screening of *GSTM1* and *GSTT1* genotypes (null or present of these genes) was determined by multiplex polymerase chain reaction. Our results revealed that a *GSTM1* null genotype frequency was significantly higher in CML patients than control (reference group) (OR = 2.12, 95% CI: 1.24–3.7; $p = 0.007$) while the *GSTT1* null had no significant effect on CML development (OR = 1.54, 95% CI: 0.83–2.9; $p = 0.19$). Dual *GSTM1* and *GSTT1* null were associated with the risk of CML development (OR = 3.6, 95% CI: 1.37–9.3; $p = 0.01$). The *GSTM1* null significantly increased the risk of minimal cytogenetic response ($p = 0.001$). The similar trend was observed in patients with *GSTT1* present/*GSTM1* null genotypes ($p = 0.009$). The highest number of patients with minimal cytogenetic response was in the group treated with 400 mg of IM, while 600 and 800 mg of IM significantly decreased this frequency. Our results highlight the significance of *GSTM1* null alone, or in combination with the *GSTT1* gene null, significantly increased the likelihood of IM failure in the CML patients studied. Especially patients with minimal cytogenetic response and *GSTM1* null suffered from IM treatment failure in case of low dosage IM.

Keywords: Chronic myeloid leukemia, Imatinib, *GSTT1*, *GSTM1*, polymorphisms, drug resistance.

Monitoring phthalates leaching into polyethylene terephthalate sterilized bottled water by ionizing radiation

Abboudi M, Aljoumaa K, Odeh A, Alkaid A, Koulsi Y

Department of Radiation Technology

Abstract

Water from a single natural spring filled in PET has been used to examine the sterilization effect of Gamma and E-Beam irradiation on the chemical and microbial quality of water through 6 months of storage under real consumer conditions. Two strategies were adapted in this work; the first was the sterilization of PET empty bottles at 20 kGy dose which were then filled by UV sterilized water. The second was the sterilization of the PET bottled water at the recommended microbial decontamination dose of 5 kGy. Dibutyl phthalate, diethyl phthalate, and dimethyl phthalate concentrations increased significantly during storage under sunlight exposure in comparison with a dark laboratory storage. Nitrite was only presented in PET bottled water that was sterilized by Gamma irradiation and stored in the dark. 5 kGy dose could be considered good for microbial sterilization of PET bottled water and has less impact on leaching of phthalates compounds than 20 kGy dose. Moreover, it could be an emergent method for water decontamination at an industrial level and consequently improve the public health.

Key words: PET-bottled water, gamma irradiation, electron-beam irradiation, phthalates leaching.

الورقة منشورة في مجلة Food Measure

Effect of several rhizobacteria strains on barley resistance against *Pyrenophora graminea* under field conditions

Adam A, Arabi MIE, Idris I, Al-Shehadah E

Department of Molecular Biology and Biotechnology

Abstract

The effect of *Pseudomonas putida* BTP1, *Bacillus subtilis* Bs2500, Bs2504, and Bs2508

strains on the incidence (I) and severity (S) of barley leaf stripe disease caused by *Pyrenophora graminea* was evaluated under field conditions. Three barley cultivars varying in resistance level were used. The resistance achieved in our study was long-lasting. *P. putida* BTP1 and Bs2508 were in general the most effective strains in reducing significantly both I and S of barley leaf stripe disease vis-a-vis three cultivars in two growing seasons 2013/2014. The disease was reduced up to 66% in Arabi Abiad treated with *P. putida* BTP1. The susceptible landrace cultivar Arabi Abiad exhibited a significant induction of resistance by Bs2508 and BTP1. However, the resistant cultivar Banteng did not exhibit significant further increase in resistance by these bacterial strains. The grain yield of bacterized plants artificially inoculated with *P. graminea* was not affected, except that of the cultivar Arabi Abiad treated with Bs2508 and Bs2504. Triggering of resistance by treating seeds with the bacterial strains would be of great value in agriculture, especially in case of barley infection by *P. graminea* at an early stage of plant development.

Keywords: *Bacillus subtilis* Bs2500, Bs2504, Bs2508, barley leaf stripe, *Pseudomonas putida* BTP1.

.Hellenic Plant Protection Journal الورقة منشورة في مجلة

Seismicity assessment in and around Syria based on instrumental data: application of Gumbel distributions and Gutenberg-Richter relationship

Asfahani J, Darawcheh R

Department of Geology

Abstract

An instrumental earthquake catalog covering the time span between 1903 and 2007 and for the area bounded by 32°N 38°N and 35°E 43°E has been compiled in this research. The catalog has a magnitude of completeness (M_c) with 3.5. Least squares and statistical probability Gumbel's techniques with different approaches have been applied on the instrumental events in order to assess the average recurrence time periods for different earthquake magnitudes. The constants a and b of Gutenberg-Richter and the average recurrence times have been computed firstly for the study area and secondly for the central and northern parts of Dead Sea fault system. The different statistical computations using Knopoff and Kagan formalism are generally in agreement and

suggest an average recurrence time of 203 years for an earthquake of magnitude 7 for the region. The occurrence of large well-documented historical earthquakes in Lebanon and western Syria, the existence of active fault segments, the absence of large earthquakes during the study period, the increasing number of the low-magnitude earthquakes, and the continued accumulation of the strain since 1900 indicate therefore the probability of an earthquake occurrence of a large magnitude. This should be permanently taken into consideration in seismic hazard assessment on the local and regional scales.

Keywords: *seismicity, statistical seismology, transform, faults, Syria, Arabian plate.*

الورقة منشورة في مجلة *Arabian Journal of Geosciences* ■

Fractal theory modeling for interpreting nuclear and electrical well logging data and establishing lithological cross section in basaltic environment (case study from Southern Syria)

Asfahani J

Department of Geology

Abstract

Fractal theory modeling technique is newly proposed in this research for interpreting the combination of nuclear well logging, including natural gamma ray, density and neutron-porosity, and the electrical well logging of long and short normal, for establishing the lithological cross section in basaltic environments. The logging data of Kodana well, localized in Southern Syria are used for testing and applying the proposed technique. The established cross section clearly shows the distribution and the identification of four kinds of basalt which are hard massive basalt, hard basalt, pyroclastic basalt and the alteration basalt products, clay. The concentration-Number (C-N) fractal modeling technique is successfully applied on the Kodana well logging data in southern Syria, and can be used efficiently when several wells with much well logging data with a high number of variables are required to be interpreted.

Keywords: *Fractal modeling technique, nuclear well, logging, electrical well logging, basalt, Syria.*

الورقة منشورة في مجلة *Applied Radiation and Isotopes* ■

Determination of polyphenol component
fractions and integral antioxidant capacity
of Syrian aniseed and fennel seed
extracts using GC–MS, HPLC analysis
and photochemiluminescence assay

Odeh A, Allaf AW

Department of Chemistry

Abstract

The chemical components of both Syrian aniseed and fennel seeds collected from Idlib and Aleppo regions were identified using GC/MS spectrometry. Thirty-four component fractions representing an average of 98.5% of anise seed extract were characterized. The major average components were (E)-Anethole, Estragole, Limonene, Fenchone, Linalool, para-Anisaldehyde, (Z)-Anethole, and methyl chavicol. Also, thirty-one component fractions representing an average of 99.46% of fennel seed extract were identified. The major components were α -Pinene, α -Phellandrene, Fenchone, Methyl chavicol, Estragole, (Z)-Anethole, Limonene, 1,8-Cineole, Anisole-p-allyl, E, E-Farnesene, Estragole, (E)-Anethole, Anisaldehyde, and Carvacrol. The extract of aniseed was characterized by higher amounts of trans-anethole (52.2%) than fennel extract (38.3%). The integral antioxidant capacity (IAC) of two different extracts from both aniseed and fennel seeds have been determined using photochemiluminescence assay (PCL). The sum of antioxidant capacity (IAC) of hydrophilic and hydrophobic components in both aniseed and fennel seeds was determined, as a total equivalent per gram of dry material (nmolTE/gDM) at 166.69 ± 0.42 and 363.28 ± 1.11 nmol for hydrophilic and hydrophobic components, respectively. Eight major phenolic compounds known as possible antioxidant sources with their concentrations have been identified in both aniseed and fennel seeds by HPLC and GC–MS analysis.

Keywords: Aniseed, antioxidant capacity, fennel, photochemiluminescence.

Prevalence of obesity, central obesity, and associated socio-demographic variables in Syrian women using different anthropometric indicators

Bakir MA, Hammad K, Mohammad L

Department of Radiation Medicine

Abstract

The prevalence of overweight and obesity is increasing globally in both developing and developed countries, especially, those with rapid cultural and social changes. The aims of current study were twofold: (a) to examine, for the first time in Syria, the prevalence of overweight, obesity and central obesity in Syrian women and obesity-related socio-demographic determinants, and (b) to establish a base line data about obesity related determinants needed to develop appropriate treatment and prevention strategies. Cross-sectional study with a randomly representative sample of 923 women aged 18–60 years was conducted. Waist (WC) and hip circumference (HC) were measured, and body mass index (BMI) waist-to-hip ratio (WHR) were calculated. Socio-demographic data were collected with a designed questionnaire. The overall prevalence of overweight and obesity in Syrian women as defined by BMI were 31% and 43%, respectively. The overall central obesity as defined by WC and WHR were 53% and 33%, respectively. The prevalence of obesity and central obesity were increased with age WC and HC were strongly correlated with BMI. The mean BMIs and other anthropometric measurements were significantly higher in married, house wife, less educated, high parity, and low physical activity women. The results of this study indicate an increased rates of overweight, overall, and central obesity in Syrian women. Also, central obesity as defined by WC is higher than BMI derived obesity. In conclusion, WC is more appropriate to be used for obesity assessment, where, BMI underestimates the obesity prevalence among middle-age women. Development of appropriate treatment and prevention strategies are urgently needed to combat with increasing rate of obesity among Syrian women.

Keywords: *Body mass index, waist circumference, waist-to-hip ratio, socio-demographic data.*

Assessment of intake according to IDEAS guidance: case study

Bitar A, Maghrabi M

Department of Protection and Safety

Abstract

Estimation of radiation intake and internal dose can be carried out through direct or indirect measurements during routine or special monitoring program. In case of Iodine-131 contamination, direct measurements, such as thyroid counting, are fast and efficient to give quick results. Generally, the calculation method implements suitable values for known parameters whereas default values are used if no information is available. However, in view to avoid significant discrepancies, IDEAS guidelines put in route a comprehensive method to evaluate the monitoring data for one and different types of monitoring. This paper deals with a case of internal contamination of a worker who inhaled aerosols containing ^{131}I during the production of radiopharmaceuticals. The interpretation of data obtained was done by following IDEAS guidelines.

Keywords: *Internal dosimetry, occupational exposure, IDEAS guidance.*

الورقة منشورة في مجلة *Radiation Protection Dosimetry* ■

Metal organic framework MIL-101 for radioiodine capture and storage

Assaad T, Assfour B

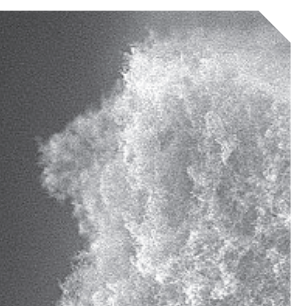
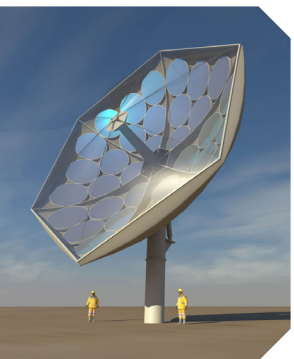
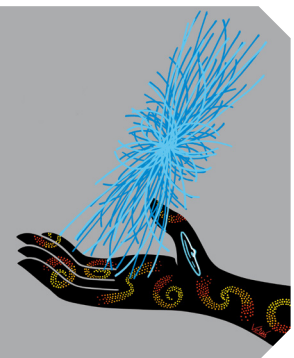
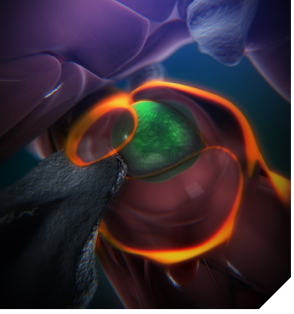
Department of Radioisotopes

Abstract

We report on the use of metal organic frameworks (MOFs) for radioiodine recovery and storage. One MOF (namely MIL-101) was prepared and investigated in detail to demonstrate the iodine removal efficiency and capacity of MOFs. The typical sorption kinetics and uptake isotherms were measured using radioactive iodine (^{131}I) for the first time. Our measurements indicate that MOFs can capture and store radioiodine in very high efficiency and fast kinetics.

Keywords: *radioisotopes, adsorption, metal organic framework (MOF), SEM, EDX, XPS.*

الورقة منشورة في مجلة *Journal of Nuclear Materials* ■



تقارير علمية

عن تجارب ودراسات وبحوث منجزة في الهيئة

2017

الصفات النوعية لنطف العواس المضافة إلى المحاليل المستخدمة في التلقيح الصناعي

د. مازن العمر، د. معتز زرقاوي، محي الدين الزعبي

قسم الزراعة

ملخص

دُرست الصفات النوعية لنطف العواس السوري المضافة للمحاليل المستخدمة في التلقيح الصناعي. إذ استعملت عشرة كباش بالغة للحصول على القذفات المنوية حيث قُسمت ومُدت النطف في محلولي تريس صفار البيض EYT والمحلول تريود ألبومين لاكتات بيروفات (TALP)). وحُلَّت في التجريبتين 1 و2 تأثيرات خمسة مستويات من الضغط الإحلولي 100، 200، 300، 400، 500 مليمي أزموس/كغ ودرجات pH 5، 6، 7، 8، 9 وثلاث درجات من الحرارة 4، 20، 37 مئوية بمعايير حركة النطف في المحلولين، ودرس في التجربة الثالثة تأثير ثلاث درجات للحرارة 4، 20، 37 مئوية بحيوية النطف خلال ثلاث ساعات من التحضين في المحلولين. وجرت في التجارب الرابعة والخامسة والسادسة دراسة تأثيرات إضافة فوق أكسيد الهيدروجين H_2O_2 ونيكوتيناميد أدينين دينكلوتيد NADPH والفنيل ألانين؛ وهما ركيذتان خاصتان بالأكسيداز بحركة النطف المحضنة في المحلولين. حُلَّت حركة النطف باستعمال النظام CASA لتحليل السائل المنوي حاسوبياً وحددت حيوية النطف باستعمال مجهر الفلورة. أظهرت النتائج أن للضغط الإحلولي ودرجة pH ودرجة الحرارة تأثيراً معنوياً ($P<0.05$) بالنسبة المئوية لنطف المتحركة %MOT ونسبة النطف التي تظهر الحركة التقدمية %PMOT. باستثناء معيار حركة الرأس الجانبية، تأثرت أيضاً جميع معايير الحركة المحللة بالنظام CASA بشكل معنوي. كانت النطف المحضنة في المحلول EYT قابلة لتحمل حدٍ من الضغوط الإحلولية ما بين 200 و400 مليمي أزموس/كغ وذلك للمعيار %MOT. كان لدرجة القلوية عند pH 9 تأثير سلبي أعلى من درجة الحمضية عند pH 5. بالمقارنة مع كل من درجة الحرارة 20 و37 مئوية، أثرت الدرجة 4 مئوية سلباً بالمعيارين %MOT و%PMOT وكان هذا أكثر وضوحاً في المحلول TALP بالمقارنة مع الشاهد، ولاحقاً لتحضين النطف مع 100 ميكرومول من فوق أكسيد الهيدروجين خلال فترات زمنية مختلفة، لم يلاحظ تغيرات معنوية ($P<0.05$) بالنسبة المئوية للنطف المتحركة %MOT والنطف التي تظهر الحركة التقدمية %PMOT والسرعة المتوسطة للمسار VAP. أدى التحضين مع 1 مليمي مول من H_2O_2 إلى انخفاض معنوي بجميع معايير حركة النطف. كانت قيم سرعة النطف أعلى ($P<0.05$) عند إضافة 1 مليمي مول من الفينيل ألانين وNADPH في المحلولين وذلك للمعيار %PMOT والمعيار VAP. أظهرت النتائج التأثيرات المعنوية للضغوط الإحلولية ودرجات pH والحرارة بنطف العواس المحضنة في كل من المحلولين TALP وEYT والحاجة للاختيار الصحيح لدرجة الحرارة التي يمكن عندها التعامل مع النطف خلال التلقيح الصناعي وتجارب الإخصاب بالزجاج. تستطيع نطف كباش العواس الطازجة تحمل مستويات معينة من فوق أكسيد الهيدروجين في كل من المحلولين TAL وEYT وهذا يمكن أن يعكس قدرة مضادة للأكسدة عند النطف. إن إضافة ركائز الأكسيداز بتركيز 1 مليمي مول إلى نطف الكباش قد تكون مفيدة كإضافات محرضة لحركة نطف الكباش.

الكلمات المفتاحية: نطف، كباش العواس، درجة الحرارة، أنواع الأكسجين التفاعلي.

دراسة تأثير الفطريات الميكوريزية المعزولة من بعض الترب الزراعية السورية في نمو نبات القطن وتحمله للإجهاد المائي

د. مازن إبراهيم

قسم الزراعة

ملخص

تم إجراء تجربة أصص بهدف تقييم تأثير الفطريات الجذرية الشجيرية المحلية AMF والتأزر بين هذه الفطريات وسماد الأغنام في نمو القطن وامتصاصه للأزوت والفوسفور. كانت الفطريات الجذرية الشجيرية خليطاً من ثلاثة أنواع *Glomus mosseae* و *Glomus viscosum* و *Glomus intraradices* معزولة من حقل قطن سوري. لقد تم ترتيب المعاملات في هذه التجربة في تصميم تام عشوائي مع أربعة مكررات. أدت AMF بالاشتراك مع السماد إلى تحسين خواص التربة الكيميائية، وخاصة زيادة تركيز التربة من N و P المتاح. كانت نسبة الميكوريزا، معبراً عنها كنسبة مئوية لطول الجذور الممكزة، 51% و 69% على التوالي في النباتات المعاملة بـ AMF والنباتات المعاملة بـ AMF والسماد. ازدادت الكتلة الحيوية الجافة بشكل معنوي بوجود AMF المحلية وكانت أعلى معنوياً في النباتات المعاملة بـ AMF مع السماد مقارنة مع الشاهد. أظهرت نباتات القطن اعتماداً معنوياً على AMF المحلية، وازداد الاعتماد بانخفاض السماد المضاف إلى التربة. كان الاعتماد الميكوريزي 52 و 34% في النباتات الممكزة والنباتات الممكزة مع السماد، على التوالي. أدى التلقيح بـ AMF المحلية إلى زيادة ارتفاع النبات وقطر الساق. أنتجت معاملة AMF مع السماد قيمة أعلى فيما يتعلق بالوزن الرطب، وارتفاع النبات وقطر الساق. كانت تراكيز النبات من N و P أعلى عموماً في النباتات الممكزة مقارنة بالنباتات غير الممكزة. أشارت البيانات إلى أن الحد الأقصى لامتصاص النبات لـ N و P وجد في معاملة AMF مع السماد. احتوت نباتات القطن الملقحة بـ AMF على تركيز مرتفع من Zn, Cu, Fe, Mn, Ca, K مقارنة بالنباتات غير الممكزة. ازدادت تراكيز الجزء الهوائي من هذه العناصر بشكل معنوي عند إضافة السماد للنباتات الممكزة. وكانت القيم الأعلى من Mn, Fe, Cu, Zn على التوالي 159.3، 987.7، 5.2، 20.7 ميكروغرام/غ حيث سجلت تلك القيم في معاملة AMF مع السماد. حسنت AMF بالاشتراك مع السماد امتصاص العناصر المغذية بشكل معنوي. أشارت البيانات إلى أن الحد الأقصى لامتصاص العناصر الصغرى وجد في معاملة التلقيح بـ AMF مع السماد. بلغ الحد الأقصى لامتصاص Mn, Fe, Cu, Zn 18.3، 113، 0.59 و 2.37 مغ/النبات، على التوالي، حيث ارتفع بشكل معنوي بـ 457%، 282%، 272% و 295% على التوالي مقارنة بالشاهد. كانت AMF المحلية ناجحة في استعمار جذور القطن وأدى دمجها مع السماد إلى تحسين نمو النبات وامتصاص العناصر المغذية.

الكلمات المفتاحية: فطريات جذرية شجيرية AMF، محلية المنشأ، سماد الأغنام، القطن، عناصر مغذية.

تقييم تغذوي لبعض النباتات الرعوية المحلية بإجراء تقدير، في الزجاج، للأزوت الميكروبي الكرشي ولحركية التخمر باستعمال تقنيتي الوسم بالنظير ^{15}N وإنتاج الغاز

د. محمد راتب المصري

قسم الزراعة

ملخص

جرى التقييم الغذائي لبعض الأنجم الرعوية المستوطنة المعمرة المتحملة للجفاف (الشيخ العشبي الأبيض *A. herba-alba* والصر أو شوك الحنش *N. mucronata* وخزام *L. officialis* وشداد كداد *A. spinosus* والقبار الشوكي *C. spinosa*) النامية طبيعياً في المنطقة شبه الصحراوية الشرقية-الجنوبية من سورية بتقدير الأزوت الميكروبي MN والكتلة الحيوية الميكروبية MBM المنتجين في العينات النباتية بعد تحضينها مع سائل الكرش ووسمها بالنظير ^{15}N لمدة 96 ساعة بوجود أو غياب مركب بولي إيثيلين غليغول PEG, 6000. وجرى تقييم الخصائص التخمرية (الغاز البدئي المنتج من الجزء الذواب a، والغاز الناتج خلال التحضين والمنتج من الجزء غير الذواب ولكنه متخمر b، والغاز المحتمل إنتاجه a+b، والمعدل التجزئي للغاز المنتج بالساعة c) باستخدام تقنية التحضين في الزجاج مع سائل الكرش. وجرى أيضاً تقدير معامل الهدم الفعال ED والمعامل التجزئي PF والأحماض الدهنية القصيرة السلسلة SCFA وكمية المادة العلفية الممكن استهلاكها من قبل الحيوان يومياً Y للأنواع النباتية المختبرة. كانت قيم a+b (مل/غ مادة جافة) أعلاها ($P < 0.05$) في القبار الشوكي (250) وأدناها في الشيخ العشبي الأبيض (149) ومتوسطة في الصر وخزام وشداد كداد (186). كان المعدل التجزئي للغاز المنتج (0.088/ ساعة) مرتفعاً ($P < 0.05$) في نباتات الخزام وشداد كداد مقارنةً مع الأنواع الأخرى (0.075/ ساعة). وسجلت أعلى نسبة للغاز المنتج خلال 48 ساعة من الحضان. وجد ارتباط إيجابي بين تراكيز SCFA وقيم c و a+b. كانت نسب كل من MN و MBM إلى الركازة المتهدمة الفعالة وقيم MN و MBM و SCFA و ED مرتفعة بشكل معنوي ($P < 0.05$) في القبار الشوكي مقارنةً مع الأنواع الأخرى. وارتبطت قيم الأزوت الميكروبي و MBM المنتجين إيجابياً مع قيم a+b و ED و SCFA. لم تؤد إضافة مستحضر PEG إلى العينات النباتية التي جرى تحضينها مع سائل الكرش بنسبة 2 PEG إلى 1 ركيزة إلى رفع قيم الغاز المنتج وخصائص التخمر وقيم كل من MN و MBM و SCFA و ED. بلغت القيم المتوسطة للمعامل التجزئي 1.31 و لقيم Y 81 غ مادة جافة/كغ وزن استقلابي لجسم الحيوان. واعتماداً على المعايير التغذوية المدروسة، فقد كانت الأنواع المختبرة ملائمةً تغذوياً وبشكل جيد لاستخدامها كمتومات علفية للحيوانات المجترة في المناطق الجافة.

الكلمات المفتاحية: قابلية التهدم، إنتاج غاز، كتلة ميكروبية، بولي إيثيلين غليغول.

نقطة التعكر لمحاليل مختلطة من خافضات التوتر السطحي أيونية-لاأيونية بوجود الأملاح اللاعضوية

د. موسى الإبراهيم

قسم الكيمياء

ملخص

درست التأثيرات على النقطة العكرة لخافض التوتر السطحي اللاأيوني الخطي تيرجيتول 15-S-7 بإضافة أملاح مختلفة لاعضوية وخافضات توتر سطحي لأيونية وأيونية. تكون النقطة العكرة لخافض التوتر السطحي هذا تابعةً لتركيزه وتركيز المضاف. تقع نقاط العكارة لخلائط من خافضات التوتر السطحي اللاأيوني بين نقاط العكارة لمكونات خافضات التوتر السطحي المنفردة. يؤدي وجود خافض توتر سطحي أيونيين من صوديوم دوديسيل سلفات SDS وسيتيل تري ميثيل أمونيوم برومايد CTA في المنظومة إلى زيادة كبيرة في النقطة العكرة لمحلول ميسيلي 1 wt % تيرجيتول 15-S-7. تخفض الأملاح اللاعضوية ($M < 0.1$) نقطة العكارة بعض الشيء. ومع ذلك، تنخفض نقطة العكارة بشكل كبير، عندما تضاف الأملاح اللاعضوية إلى محلول تيرجيتول 15-S-7 بوجود SDS أو CTAB من أجل محاليل ميسيلية مختلطة من SDS - تيرجيتول 15-S-7، تكون الكاتيونات المتعددة التكافؤ للأملاح اللاعضوية المضافة أكثر فعالية من الكاتيون الأحادي التكافؤ ويكون ترتيب انخفاض التأثير $LaCl_3 > MgCl_2 > KCl$ ؛ في حين، من أجل محاليل ميسيلية مختلطة من CTAB - تيرجيتول 15-S-7، تكون الأنيونات المتعددة التكافؤ للأملاح اللاعضوية المضافة أكثر فعالية من الأنيون الأحادي التكافؤ ويكون ترتيب انخفاض التأثير على النحو $Na_3PO_4 > Na_2SO_4 > NaNO_3$.

الكلمات المفتاحية: النقطة العكرة، تيرجيتول 15-S-7، خافضات توتر سطحي أيونية، أملاح لاعضوية.

تحديد العوامل المؤثرة في تعيين تركيز الليثيوم في عينات بيولوجية (دم) باستخدام تقنية الامتصاص الذري

د. رفعت المرعي، رولانة بوظو، عمر الشياح، نهلة وهبة

قسم الكيمياء

ملخص

ليس من الشائع أن «الليثيوم هذا العنصر القلوي الخفيف» له ذلك التأثير المهم على صحة الإنسان، فهو يؤدي دوراً أساسياً في معالجة الأمراض النفسية وفي الوقت نفسه يسبب تسمم الإنسان لأن جرعة المعالجة قريبة جداً من جرعة التسمم لذلك يجب مراقبة المريض مراقبة دقيقة خلال فترة المعالجة كما يجب الاعتماد على طرائق تحليلية حساسة ودقيقة من أجل تحديد جرعة المعالجة وتعيين تركيز الليثيوم في الدم. ركز هذا العمل على اختبار طرائق عدة لتحضير عينات الدم من أجل اعتماد طريقة تحضير مناسبة وعلى ضبط البرنامج التحليلي بتقنية الامتصاص الذري-الفرن الغرافيتي كونها أكثر التقنيات ملائمة لتعيين تراكيز منخفضة من الليثيوم في عينات الدم وكذلك دراسة التداخلات الناتجة من العناصر الموجودة في عينة الدم. بين العمل أن كلاً من طريقتي التهضيم بالأوعية التفلونية المغلقة تحت الضغط والأمواج المكروية هما أفضل طرائق التهضيم المفتوحة، كما أن إضافة كل من ثلاثي كلور حمض الخل وحمض الكبريت/حمض الفوسفور ونواتر البالاديوم ونواتر المغنيزيوم كمحلول معدّل تعطي نتائج مستقرة ودقيقة. استخدمت في هذه الدراسة ثلاثة أنواع من العينات، عينات دم أطفال من مدارس مدينة دمشق وعينات دم من أشخاص عادييين وعينات دم من أشخاص يعتقد أنهم تعرضوا لجرعات عالية من الليثيوم.

الكلمات المفتاحية: ليثيوم، عينات دم، أوعية تهضيم تفلونية تحت الضغط، تقنية التهضيم بالأمواج المكروية،

تقنية الامتصاص الذري الفرن الغرافيتي.

تحضير وتوصيف سوائل أيونية جديدة أساسها N^+, N^- الكيلين ثنائي بيريدينيوم واستخدامها في بعض التفاعلات العضوية

د. عاطف عرفان، د. محمود القطيفاني، دلال الناعمة

قسم الكيمياء

ملخص

تؤدي السوائل الأيونية دور محل صديق للبيئة ووسيط لبعض التفاعلات العضوية المهمة، وتطبيق هذه السوائل في الاصطناع العضوي سيسمح بتقليل استخدام المحلات في الاصطناع العضوي التي تعدّ من أكبر المشاكل المؤدية إلى تلويث الجو والمصادر المائية.

الكلمات المفتاحية: السوائل الأيونية، المحلات، N^+, N^- الكيلين ثنائي بيريدينيوم.

مراجعة علمية للعوامل البيئية والحيوية المؤثرة في فراشة ثمار العنب الأوروبية، *Lobesia botrana* وطرائق مكافحتها

د. محمد منصور، جلال العطار

قسم الزراعة

ملخص

تعد فراشة ثمار العنب، (*Lobesia botrana* (Denis & Schiffermueller)، من أهم الحشرات التي تصيب محصول العنب في العالم القديم، وقد تزايدت التقارير عن ازدياد ضررها الاقتصادي منذ مطلع القرن العشرين، وتعدّ الآن أهم الحشرات التي تهاجم كروم العنب في أوروبا ومنطقة الشرق الأوسط ومن ضمنها سورية. يتطلب مكافحة هذه الحشرة وضع خطط علمية دقيقة تناسب ظروف كل منطقة من مناطق وجودها، مما يستدعي الاستفادة من الأبحاث العلمية التي أجريت عليها والتي تناولت العوامل الحيوية والبيئية المؤثرة على حياتها ونشاطها الوبائي، وكذلك العمل على تطوير طرق المكافحة وتكاملها بما يؤدي للوصول إلى النتيجة المثلى في المكافحة. كما تبين هذه الدراسة تأثير الظروف البيئية المختلفة على نمو الحشرة وتطورها في مراحلها المختلفة، والظروف المثلى لنموها وتكاثرها عند تربيتها مخبرياً.

الكلمات المفتاحية: فراشة ثمار العنب، العوامل البيئية، العوامل البيولوجية، المكافحة.

الإدارة المثلى لطريقة الري الناقص لصنفين من الشعير المزروع في منطقة جافة

د. إبراهيم مبارك، د. مصدق جانات

قسم الزراعة

ملخص

تمت دراسة استجابة صنفين محسنين من الشعير العربي الأبيض (عرطة) والأسود (زنقة)، لطيف واسع من الإجهاد المائي تحت ظروف بيئية جافة. نفذت التجربة على مدى موسمي نمو 2013/14 و2014/15 على تربة لومية غضارية. اختبرت سيناريوهات مختلفة من الري الناقص من خلال تعريض المحصول لإجهاد مائي خلال مراحل النمو، إضافة إلى معاملة الزراعة البعلية ومعاملة الري الكامل. لم تؤكد النتائج تفوق أحد الصنفين على الآخر. بالمقابل بينت أهمية ري الإنبات للحصول على إنتاج أفضل مقارنةً بالزراعة البعلية. كما أظهرت النتائج أن التفاوت في إنتاج المادة الجافة أو الغلة الحبية يرتبط بمواعيد إضافة مياه الري تبعاً لمرحلة نمو المحصول. كما أظهرت النتائج أن أفضلية أحد السيناريوهات المختبرة من الري الناقص تحت ظروف البيئة الجافة، تعتمد على الهدف المنشود من الزراعة، كالحصول على إنتاج وفير من المادة الجافة أو من الحبوب في واحدة المساحة ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)، أو الحصول على إنتاجية مائية عالية ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$).

الكلمات المفتاحية: الري الناقص، الإنتاجية المائية، تربة لومية غضارية.

التغيرات المناخية في منطقة دوبايا خلال الفترة 2003-2015

د. بسام الصفدي، رنا زكريا

قسم البيولوجيا الجزيئية والتقانة الحيوية

ملخص

أجريت دراسة إحصائية للمعطيات المناخية المسجلة في محطة الرصد الجوي في دوبايا التابعة لهيئة الطاقة الذرية خلال الفترة 2003-2015. بينت الدراسة أن قيمة أعلى معدل ضغط جوي يومي 1039 ملي بار وقد سجلت بتاريخ 14 كانون الثاني 2009 وهو شهر اتصف عموماً بالجفاف حيث سجل هطول 8 مم فقط خلال الشهر. في حين سجلت قيمة أخفض معدل ضغط جوي يومي 988 ملي بار بتاريخ 26 آذار 2003 حيث هطل 135 مم من المطر في ذلك اليوم وهي أعلى كمية هطول تسجل في دوبايا خلال فترة الدراسة وكان منها 75 مم خلال 3 ساعات فقط حيث انخفض الضغط الجوي خلالها إلى 987 ملي بار وبلغ معدل سرعة الرياح 54 كم/ساعة. وكان أعلى هطول مطري في شهر واحد 253 مم في شهر شباط 2003 وأعلى هطول مطري سنوي 986 مم في عام 2003. سجل هطول

مطري خلال أشهر الصيف حزيران وتموز وأب في الفترة 2005-2009 وخاصة عامي 2008 و2009 وصلت أكثر من 50 مم في حزيران 2008 و2009 . سجلت أعلى درجة حرارة وهي 41 درجة مئوية بتاريخ 12 تموز 2010 كما سجلت أدنى درجة حرارة 7 درجة مئوية تحت الصفر بيومي 17 كانون الأول 2004 و2 كانون الثاني 2009. يتبين من الدراسة أن هذه المنطقة قد تعرضت خلال الفترة 2003-2015 إلى فترة جفاف قاسية وخاصة خلال السنوات الأخيرة حيث تراجع معدل الأمطار السنوي من 532 مم خلال الفترة بين العامين 2003 و2009 إلى حوالي 257 مم فقط خلال الفترة بين العامين 2010 و2015 مما يعكس انحداراً كبيراً في كميات الأمطار الهائلة. كما لم يلاحظ وجود منحى لتزايد أو تناقص الحرارة خلال الفترة المدروسة.

الكلمات المفتاحية: إشعاع شمسي، حرارة، دوبايا، رطوبة، طقس، مطر.

بناء منظومة ليزرية صباغية لإثارة ذرات الإيتريوم

د. محمد بهاء الصوص، خير المتعب

قسم الفيزياء

ملخص

يعرض هذا التقرير وصفاً لتصميم وبناء 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 0.03cm^{-1} . جرى بناء الليزر الصباغي وفق ترتيب مجاوب-مضخم، مع مرحلة تضخيم واحدة. كما جرت دراسة أجزاء الليزر الصباغي وتوصيف الحزمة الليزرية.

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



براءات الاختراع المسجلة في سورية

- ▣ Mohamad F, Oukar A, Mansour M. 2004. Automatic Laboratory Apparatus for Insect Collection. Pub. No. 298.
- ▣ Haider N, Wilkinson MJ. 2008. Development of primers that amplify across a wide taxonomic range of land plant species and generate sufficient variation to allow species diagnosis. Pub. No. 2712.
- ▣ Haider N, Nabulsi I, Al-Safadi B. 2011. Identification of meat species based on mitochondrial DNA. Pub. No. 2375.
- ▣ Jarjour R, Elias R, Al-Safadi B. 2011. Designing DNA primers for identifying different genotypes of Familial Mediterranean Fever (FMF) using DHPLC technique. Pub. No. 1434.
- ▣ Haider N, Wilkinson MJ. 2012. Chloroplast DNA-Specific Universal Primers for Grasses (Poaceae) identification (British Grasses as a Model). Pub. No. 500.