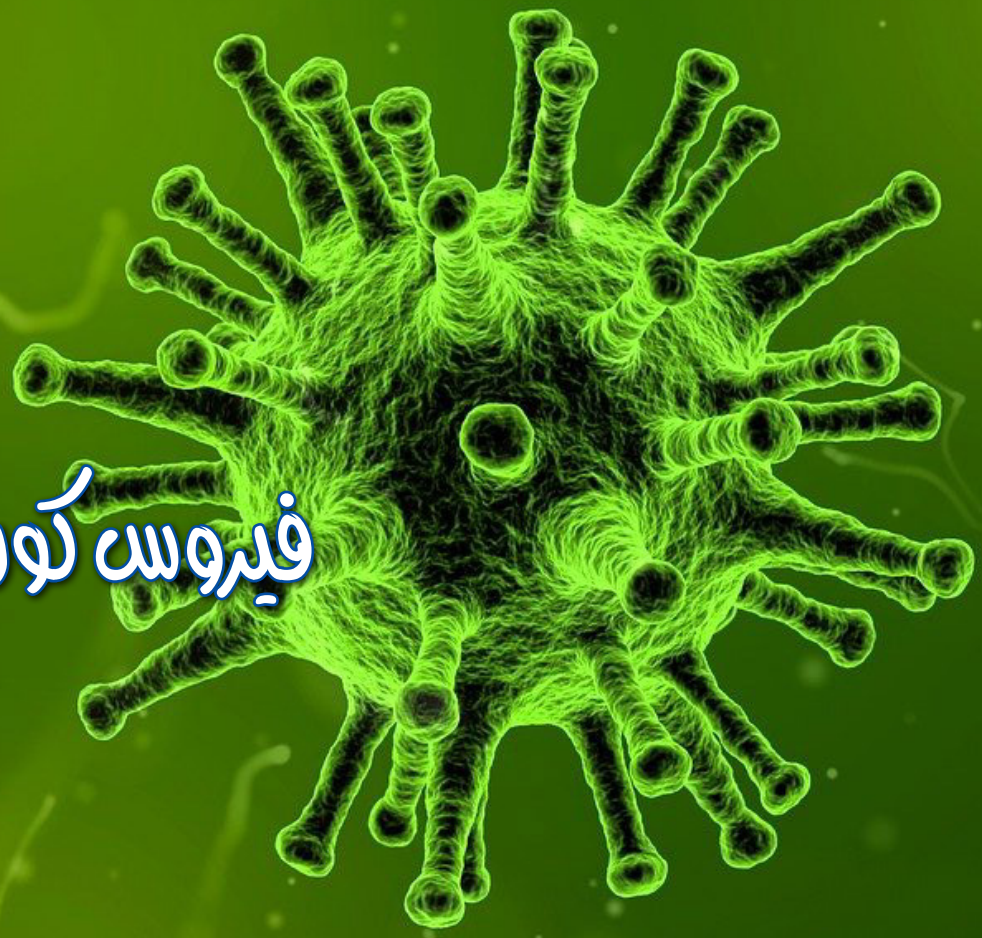
153

مجلة هيئة الطاقة الذرّية السورية
2020

عالم الذرّة

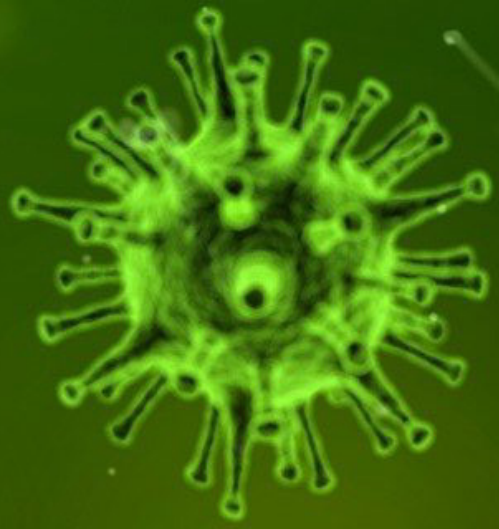


فيروس كورونا

نظرية الانفجار العظيم
بين الحقيقة والخيال

الطاقة الحركية الدورانية للأرض -هل
هي قابلة للاستعمال؟

مبتكرو خلايا الليثيوم أيون
يظفرون بجائزة نوبل في
الكيمياء



www.aec.org.sy

عـالـم الـذرّة

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

المديـر المسـؤول

أ. د. إبراهيم عثمان

المدير العام لهيئة الطاقة الذرّية

رئيس هيئـة التحرير

أ. د. ناديا حيدر

أعضاء هيئـة التحرير

أ. د. فواز كرد علي

أ. د. محفوظ البشير

أ. د. عادل باكير

أ. د. عبد الحميد الريس

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

د. سامي حداد

التنضيد الضوئي

هنادي كنفاني

غفران ناوروز

التدقيق اللغوي

ريما سنديان

الإخـراج الفنـي

بشار مسعود

مهند البيضه

أمل قيروط

راما الكاج

المحتويات

مقـــالات

نظرية الانفجار العظيم بين الحقيقة والخيال 8

تأثير أنواع الأشعة المختلفة على الخواص الخشبية 23

مبتكرو خلايا الليثيوم أيون يظفرون بجائزة نوبل في الكيمياء 29

النظام الدولي للمعلومات النووية "إينيس" 37

الطاقة الحركية الدورانية للأرض -هل هي قابلة للاستعمال؟ 50

أخبار علمية 58

طريقة جديدة لصناعة الكيماويات السامة 58
عن طريق نسخ الخِدَع التي تقوم بها الطبيعة

الصين على وشك إطلاق «شمسها الاصطناعية» 59
للحصول على الطاقة الاندماجية

الذكاء الاصطناعي وتسريع تكنولوجيا الخلايا الشمسية التي تعمل بالرش 60

فيروس كورونا 61

نافذة على عناصر الجدول الدوري:

البزموت 63

قواعد النشر في مجلة عالم الذرّة

شروط النشر

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

شروط الإعداد

- يفضل أن يكون عنوان المقال مقتضباً ومعبّراً عن المضمون.
- يلي ذلك ملخص، لا يتجاوز مئة وخمسين كلمة، باللغة العربية وملخص باللغة الإنجليزية، على صفحتين منفصلتين، يتضمن كل منهما عنوان المقال، واسم مقدم العمل وصفته العلمية، والمؤسسة العلمية التي يعمل بها وعنوان المراسلة باللغتين العربية والأجنبية **tapo@aec.org.sy**. يتبع كل ملخص الكلمات المفتاحية على الصفحة نفسها.
- الجداول: يكتب عنوان الجدول فوق الجدول ويعطى رقماً متسلسلاً. تشرح الرموز الواردة في الجدول إذا لم يرد ذلك في متن النص.
- الأشكال: يكتب عنوان الشكل تحت الشكل ويعطى رقماً متسلسلاً. تشرح الرموز الواردة في الشكل إذا لم يرد ذلك في متن النص. وتوضع الأشكال في ملف منفصل وتوضع التسميات في الشكل باللغة العربية أو توضع تحت الشكل ترجمة باللغة العربية للكلمات في الشكل.
- يُشار إلى الحواشي، إن وجدت، بإشارات دالة (*، +، x، ..) في الصفحة ذاتها.
- المراجع: توضع المراجع إذا كانت موجودة آخر النص وترتب أبجدياً. 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.

فصول في كتب:

- 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).

- تراعى في كتابة النص على الحاسوب إرشادات التنضيد حول علامات الترقيم والحالات الأخرى الواردة في المجلة والموجودة على موقع مجلة عالم الذرة.
- يذكر مرة واحدة في المقال، المقابل الأجنبي للمصطلح العربي.
- تستخدم وحدات قياس الجملة الدولية (SI) في القياس.
- عدم تأطير الأشكال والخطوط البيانية بأي إطار.

- كتابة الرموز الأجنبية على شكل نص أو إدراج الرموز المعقدة والمعادلات على شكل صورة، وعدم استعمال محرر المعادلات.
- استخراج وتصدير المنحنيات البيانية على شكل صور بدقة عالية (أكبر من 300dpi).
- إرفاق الصور والأشكال البيانية المدرجة في النص بصيغة صورة بدقة عالية (أكبر من 300dpi)، كملفات منفصلة إضافة لوجودها في سياق النص.
- اختيار الورق بقياس 21×29.7 سم (A4)، واختيار نوع الخط Simplified Arabic وحجم 14 للنص العربي، وخط نوع Times New Roman وحجم 12 للنص الأجنبي، واختيار فراغ مضاعف بين السطور.
- يجب ألا يتجاوز عدد صفحات المقال 20 صفحة.

شروط الإيداع والتحكيم

- تقدم نسخة ورقية من مادة النشر منضدة بالحاسوب ومطبوعة على ورق بقياس A4. يرافق ذلك نسخة إلكترونية بصيغة Word، (ويفضل إرسال نسخة إلكترونية إضافية بصيغة pdf).
- يحق لإدارة المجلة إعادة البحث لتحقيق المنهجية العلمية وشروط النشر.
- تخضع مادة النشر للتحكيم ولا ترد إلى أصحابها نشرت أم لم تنشر، 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 أماكنِ 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 المنضّد 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 يواجه كادر التنضيد. وسنورد في طيّه مثالاً عن كل واحدة من علامات الترقيم لبيان القاعدة التي ينبغي اتباعها، ذاكرين في هذا السياق الإشكالية التي قد تحصل في حالة عدم التقيد بالقواعد المدونة أدناه. فمثلاً عندما نترك فراغاً بين القوس والكلمة التي تلي قوس البداية أو تسبق قوس النهاية في المثال التالي: "في الواقع قلبت المعالجة بسلفيد الهدروجين الفئران التي نجري عليها تجاربنا من حيوانات ذات دم حار إلى حيوانات ذات دم بارد [3_m]"، 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 وتوخّياً منّا للإخراج المتناسق والموحّد 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 ({}، []، ())، الشرطة المائلة (/).

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

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

– مثال: صدر اليوم العدد الجديد من مجلة عالم الذرّة. نأمل أن يحوز هذا العدد رضاء القارئ الكريم.

الفاصلة (،): توضع بين الجمل القصيرة المتعاطفة أو المتّصلة 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 المتّصلة 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 الشّرح والتفسير دون ترك فراغ قبلهما.

– 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 التَّعجب أو النداء أو ما يدلُّ على الفرح أو الألم أيضاً دون ترك فراغ قبلها.

– مثال: كيف كان الكون بعد الانفجار العظيم!

النقاط المتتالية (...): تدلُّ على أنَّ الكلام فيه حذف أو أنَّه 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 خطّان 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 –للجيل الرابع من المفاعلات– مبادرة مهمة.

علامة الاقتباس ("..."): وهي قوسان صغيران يوضع بينهما ما ننقله من كلام بنصِّه دون تغيير.

- مثال: أنجز الباحث مقالاً بعنوان "سوق اليورانيوم ومصادره" وهو في طريقه إلى النشر.

الواصلة الصغيرة (-): توضع في أوَّل الجملة وبأوَّل السَّطر للدَّلالة على تغير المتكلِّم اختصاراً لكلمة (قال أو أجاب) أو للإشارة إلى بند جديد. ونشير هنا إلى ضرورة وضع فراغ بعدها.

- مثال: - المقدمة.

وتوضع للوصل بين كلمتين أو للوصل بين رقمين وذلك بدون ترك فراغ قبلها أو بعدها.

- مثال: مركبات عضوية–معدنية.

وكذلك توضع بين رقمين.

- مثال: انظر المراجع 154-161.

الأقواس {...} [...] (...): عند كتابة أي من هذه الأقواس يُترَك 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.

الشَّرطَةُ المائلة (/): لا يُترَك فراغ قبلها ولا بعدها.

- مثال: نيسان/أبريل.

البند الثاني (حالات أخرى):

الأرقام: يجب التقيد بكتابة الأرقام العربية (0، 1، 2، .... 9) وليس الهندية (٠، ١، ٢، ..... ٩) وعدم ترك فراغ بين الرقم والفاصلة في حين يترك الفراغ بالضرورة بعد الفاصلة والرقم الذي يليها.

الأرقام التي نكتبها داخل الأقواس لا يترك فراغ قبل الأول منها ولا بعد الأخير منها (مثال: [1، 4، 7]، أما إذا كانت متتابعة فتكتب على النحو التالي [1-5]).

الكلمات الأجنبية في النص العربي: داخل النص العربي لا تبدأ الكلمات الأجنبية بحرف كبير إلا إذا كانت اسم علم أو بلد (مثال: Syria ،superconductivity). ولطالما خلقت لنا هذه الإشكالية متاعب جمّة.

الكلمات المفتاحية: نضع الفاصلة بين الكلمة المفتاحية والتي تليها، وإذا كانت الكلمات المفتاحية مترجمة إلى الإنكليزية أو الفرنسية فنبدؤها بالحروف الصغيرة إلاّ 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 و ودّعتهم في المطار).

أما في حالة الأسماء، نضع حرف الواو (و) منفصلاً بين اسم المؤلف وبين الاسم الذي يليه (مثال: طريف شربجي و زهير أيوبي و فاطر محمد).

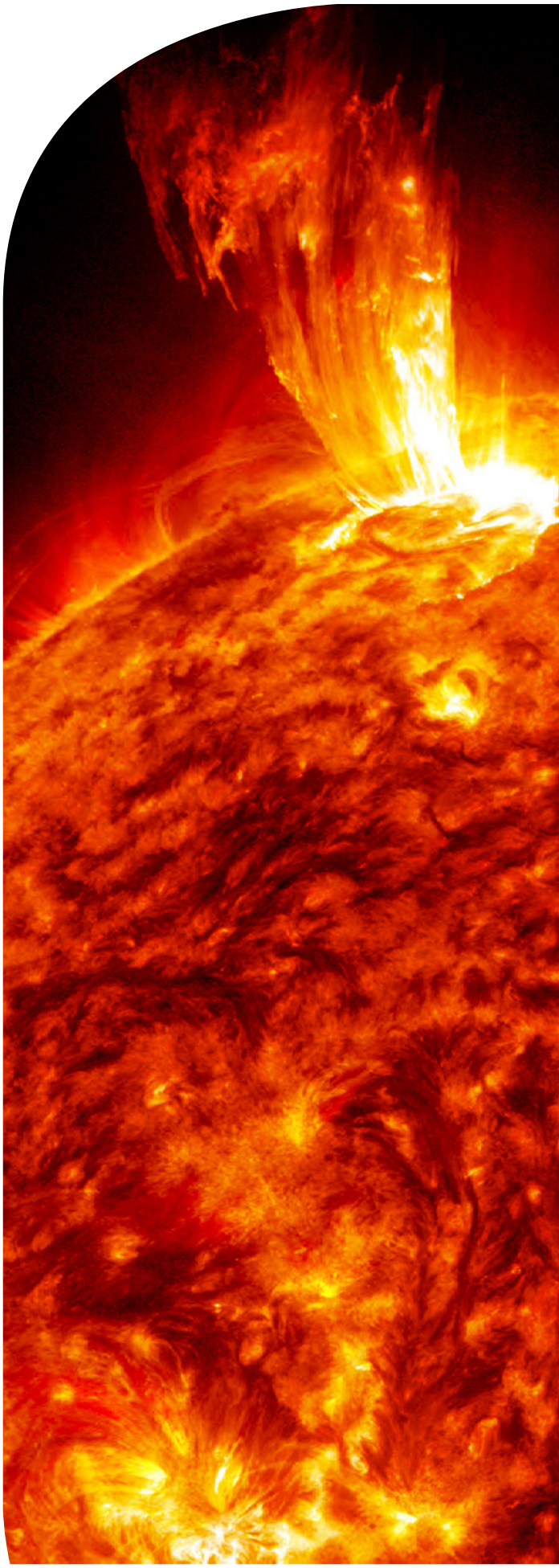
في حالة (أو)، ينبغي ترك فراغ بعدها (مثال: حُدِّدت المسائل المتوقع حلّها سواء على المستوى الثقافي أو التنظيمي أو الإداري).

النسبة المئوية (%): نجعلها دائماً على يسار الرقم وبدون فراغ بينها وبين الرقم (مثال: 40%).

الواحدات (ميغاهرتز، سم، كيلوواط، ...): إذا كانت بالعربية نضعها على يسار الرقم وإذا كانت بالإنكليزية نضعها على يمين الرقم ونترك فراغاً بينها وبين الرقم ونذكر مثالاً: (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.



نظرية الانفجار العظيم
بين الحقيقة والخيال

منذ أنّ وجد الإنسان على سطح الأرض وهو يتساءل عن أصل الأشياء وأسباب مكوناتها وآلية وكيفية تكونها، ومن التساؤلات المهمة والقديمة التي شغلت الأذهان هو السؤال المتعلق بأصل الكون والحياة. وقد ظهر العديد من الأفكار والنظريات التي تحاول الإجابة عن هذا التساؤل. لكن من أكثر النظريات في العصر الحديث التي تحاول تفسير أصل الكون والتي لاقت رواجاً بين العلماء هي نظرية الانفجار الكبير. حيث دُعّمت نظرية الانفجار بالعديد من البراهين والأدلة التي تدل على صحتها ولكنها لم تجب على العديد من التساؤلات لدى العلماء لذا بقيت هذه النظرية حتى الآن بين الحقائق العلمية والخيال العلمي.

نظرية الانفجار العظيم

كثيراً ما كان يشغل تفكير الإنسان هو أصل ومنشأ الكون؟ وإلى أين يسير؟ وقد وضع العديد من العلماء نظريات وافتراضات عدّة حول نشأة الكون، ولكن كان يفتقد أكثرها إلى الموضوعية والمنطق والدليل العلمي على إثباتها إلى أن ظهرت النظرية النسبيّة العامة حول الجاذبية ووضع العالم أينشتاين معادلات حقول الجاذبية. استطاع العالم الروسي ألكسندر فريدمان Alexander Friedmann حل معادلات النظريّة النسبيّة وفي سنة 1922 استنتج منها فكرة تمدّد الكون، التي استند عليها الكاهن الكاثوليكي والعالم البلجيكي جورج لومتر Georges Lemaître سنة 1927. وفي سنة 1929، دعم عالم الفلك الأميركي إدوين هابل فكرة لوماتر حول تمدد الكون، حين أكّد وجود مجرّات أخرى تتباعد بسرعة متناسبة مع المسافة الفاصلة بيننا وبينها. وهو أول أساس بُنيت عليه نظرية فريدمان لوماتر التي أطلق عليها فيما بعد نظرية الانفجار العظيم big bang theory. وقدم لوماتر سنة 1931 فكرة ثانية وهي أنّ الكون كان في بدايته منكمشاً في نقطة واحدة، وأنّ انفجاراً حصل في اللحظة الأولى جعل الكون يبدأ في التمّدد. وقد أطلق على نظريته الجديدة اسم "الذّرة البدائية" وكانت هذه أول مرّة تطرح فيها فرضية أنّ للكون بداية، وأنّ الكون قد ظهر بعد انفجار عظيم قد حدث لتلك الذرّة البدائية. ظلت هذه النظرية على حالها لغاية سنة 1948 عندما نجح أحد طلبة فريدمان، وهو جورج غامو، في تفسير كيفية حصول التخليق النووي الابتدائي في اللحظات الأولى للكون وتكوّن نوى العناصر الكيميائية كالهليوم والليثيوم. وأضاف غامو عنصراً إضافياً في نموذج لوماتر وهو الحرارة؛ فالكون لم يكن بارداً عند لحظة الانفجار كما خمّن لوماتر ولا يحوي المادة التي نعرفها بل كان عبارة عن حساء بدائي– لا تعرف مكوناته –يسبح في حرارة عالية جداً، لكن عجز غامو عن تفسير تشكل العناصر الأثقل من الليثيوم. ولكن في سنة 1950، أطلق العالم الإنكليزي هويل –وهو من أبرز المشككين في نظرية لوماتر وغامو وأحد مؤسسي نظرية أخرى للكون تسمى نظرية الحالة– في تصريح إذاعي اسم بيغ بانغ أو الانفجار العظيم استهزاءً بها، وهو الاسم الذي اشتهرت به فيما بعد. لكن واصل غامو بناء النظرية بوضع فرضيّة أخرى مفادها أنّه مع تمدّد الكون وهبوط درجة الحرارة نجحت الفوتونات في التحرّر من المادة عندما كان عمرها ثلاثمئة ألف سنة. وافترض غامو أنّ هذا الإشعاع، والذي سُمّي فيما بعد إشعاع الخلفية الكونيّة المكروي، ما زال يتردد في أرجاء الكون ويمكن رصده. وهو ما تم بالفعل صدفة سنة 1965؛ وبذلك وضع غامو الأساس الثالث لنظرية الانفجار العظيم.

تعد نظرية الانفجار العظيم –في علم الكون الفيزيائي– النظرية السائدة حول نشأة الكون والتي تقول: إنّ الكون نشأ قبل حوالي 13.8 مليار سنة، وقبل حدوث ذلك الانفجار كان الكون عبارة عن نقطة منفردة صغيرة جداً جداً هي الذرّة البدائيّة التي هي أصغر بكثير من الذرّة نفسها، وكانت في حالة شديدة الحرارة وكثافة هائلة من الطاقة؛ حيث كانت المادة كلها في الكون مضغوطة في تلك النقطة المتناهية الصغر، فالكون كان عبارة عن طاقة خالصة. ولم يكن هناك لا زمن ولا أبعاد لهذه النقطة ذات الكثافة العالية جدّاً من المادة والحرارة، وهي ظروف لا تنطبق فيها قوانين الفيزياء؛ ويعود ذلك إلى أنّ القوى الأساسية الأربع المعروفة –وهي قوى الجاذبية والكهرومغنطيسية والنوويّة القويّة والضعيفة– كانت متحدة ضمن قوة أساسية واحدة، وأنّه قبل 13.8 مليار سنة وقع انفجار عظيم وهائل لهذه النقطة تبعه تضخّم وتمدد سريع، وأثناء هذا التمدّد والتضخّم بدأ الكون يبرد تدريجياً، وبدأت تتشكل الجسيمات الأوليّة التي أدت إلى ظهور نوى الذرّات ثمّ الذرّات التي شكلت الغبار الكونيّ، وهذا الغبار، وبفعل قوة التجاذب الثقالي، شكّل النجوم والمجرّات، ومازال الكون مستمراً في التوسّع إلى يومنا هذا؛ فالكون بكل ما فيه من مادة وطاقة انبثق من حالة بدائية ذات كثافة وحرارة عاليتين شبيهة بالمتفرّدات الثقاليّة التي تنبّأت بها النسبية العامة.

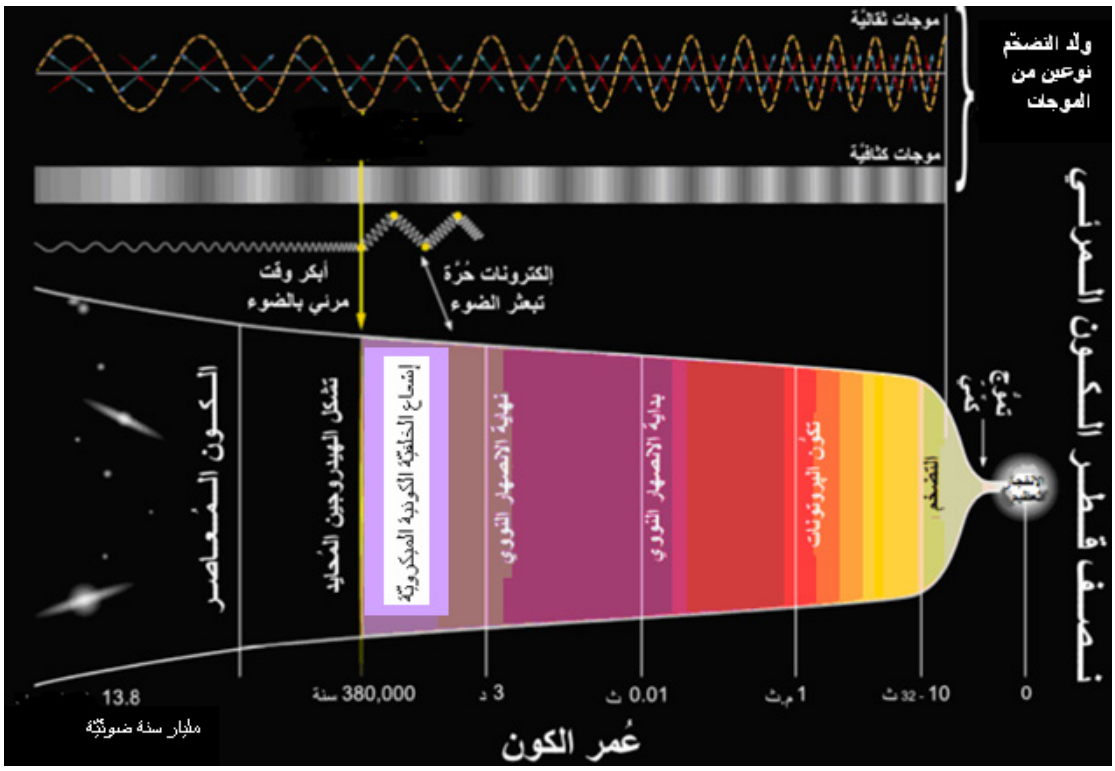
التسلسل الزمني للانفجار العظيم

إنَّ جميع الأفكار المتعلقة بتكوين الكون في لحظاته الأولى إنما تنبع من الظن؛ وذلك بسبب عدم معرفتنا بخواص الجسيمات الأولية ذات الطاقة العالية جداً المتكونة في البدء، والتي تفوق طاقتها ما نقوم بدراسته اليوم في المسرّعات الخاصة للجسيمات، وتختلف وجهات نظر الباحثين والعلماء في هذا المضمار اختلافاً كبيراً، فتوجد تصورات ونماذج منوعة مثل الحالة الأولية طبقاً لهارتل–هوكينغ. كما اقترحت نماذج التضاريس الوترية ونموذج الانتفاخ الكوني وتصور الغاز الوتري وغيرها. تتلاقى بعض تلك التصورات مع أخرى، ومنها ما لا يتفق مع تصور آخر.

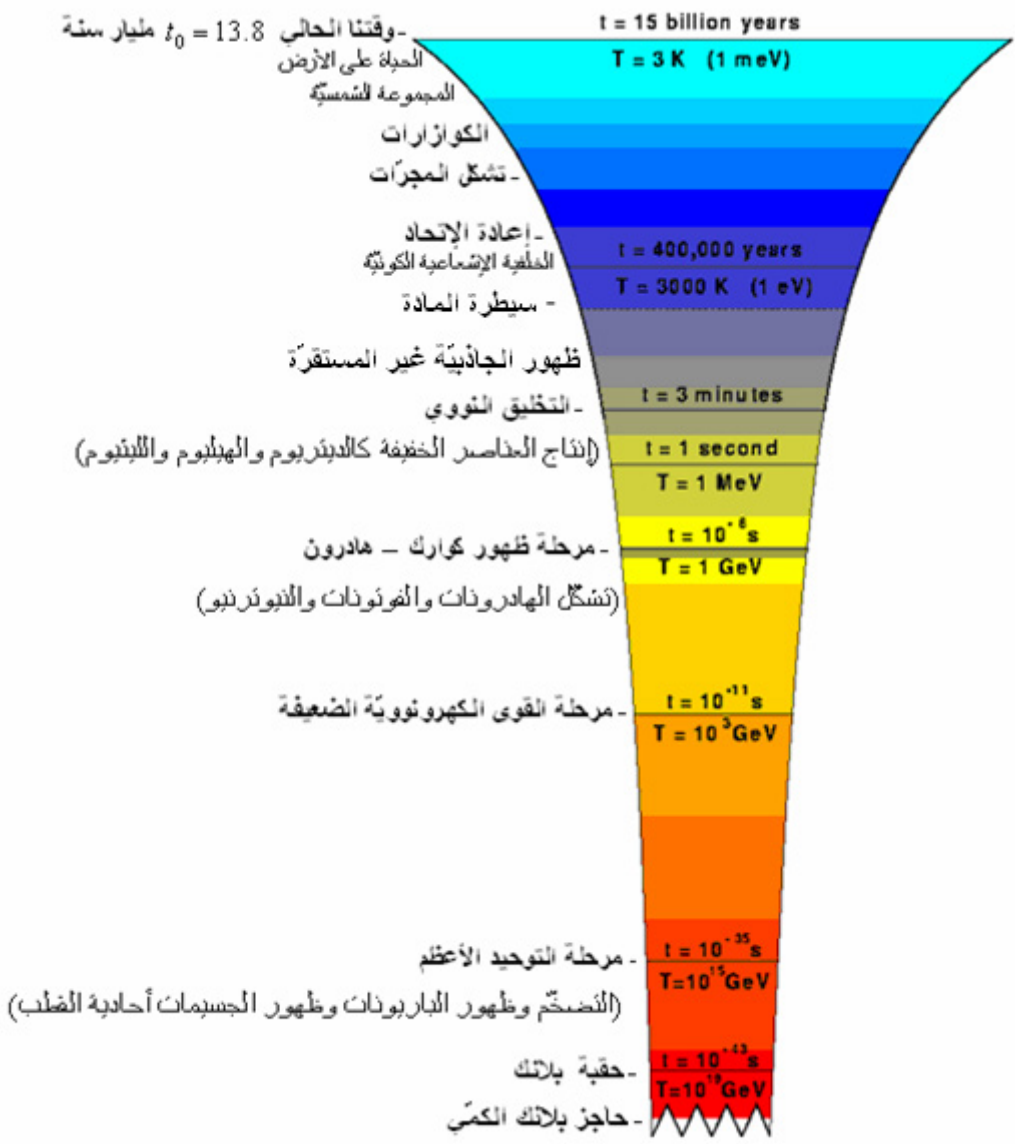
يصف الخط الزمني أو التسلسل الزمني للانفجار العظيم الأحداث طبقاً لأكثر النظريات قبولاً من قبل الفيزيائيين بشأن الانفجار العظيم، ويبدو طبقاً للمشاهدات العملية أنّ الكون بدأ التكون منذ 13.7 مليار سنة. ومنذ ذلك الوقت يعتقد أن الكون مر بثلاث مراحل في تكوينه، والجزء الغامض من هذه المراحل الذي يعد مبهماً هو جزء من الثانية الأولى بعد الانفجار، وهي الفترة التي كان فيها الكون شديد الحرارة بحيث كانت الجسميات الأوليّة ذات طاقات عاليّة جداً تفوق ما وصلت إليه مسرّعات الجسيمات التي لدينا اليوم. وبناء على ذلك، فإن النتائج الأساسية التي وصلنا إليها اليوم عن الانفجار العظيم إنّما هي مبنية على الظن والافتراض إلى جانب مشاهداتنا العملية للكون.

وبعد مرور ذلك الجزء من الثانية الأولى، بدأ الكون يتشكل ويتطور طبقاً لمعرفتنا في إطار فيزياء الطاقة العالية. وتمثل هذه المرحلة الفترة التي تكوّن فيها أول البروتونات والإلكترونات والنيوترونات وتكوين هذه الجسيمات لنوىً وذرّات، وبتكوّن الهدروجين المتعادل كهربائيّاً ظهر إشعاع الخلفية الميكروني الذي نستطيع اليوم قياسه بأجهزتنا الحديثة، وبعد تكوّن الهدروجين، بدأ الأخير يتجمع مكوناً نجوماً ومجرّات وكوزارات وعناقيد من المجرات وعناقيد مجرّات هائلة.

ويقصد بالزمن الكوني عمر الكون الآن البالغ 13.8 مليار سنة، ويستخدم الزمن الكوني في بعض المسائل المتعلقة بتعيين بُعد المجرّات والأجرام السماوية عنا، ويستخدم الزمن الكوني في قياس الانزياح الأحمر في طيف المجرّة أو الجرم السماوي المراد تعيين بُعده. نرمز في تلك المعادلات للزمن الكوني بالرمز $t_0 = 13.8$ مليار سنة (الآن). ويوضح الشكل 1 تقدير عمر الكون وفق نظرية الانفجار العظيم. ويبين الشكل 2 المخطط الزمني لمراحل تشكل الكون والمادة وانفصال القوى الأساسية المسيطرة على الكون.



الشكل **1.** تقدير عمر الكون من لحظة الانفجار العظيم.



الشكل **2**. التسلسل الزمني لنشوء الكون من لحظة الانفجار العظيم حتى وقتنا الحالي.

❶ حقبة بلانك planck epoch (10^{-43} s - 0s)

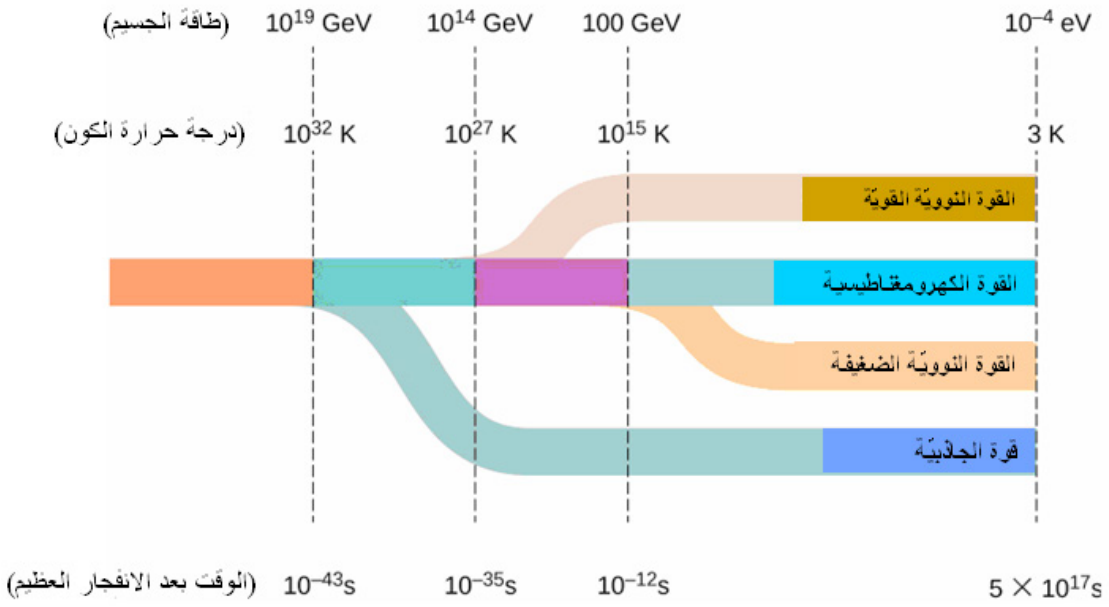
يعد زمن بلانك أقدم فترة من عمر الكون تمكّن العلماء فيها من التعرّف إلى ما جرى عن تطور حياة الكون خلال تشكله، وأمّا حقبة بلانك فهي المرحلة من عمر الكون التي تمتد من لحظة الانفجار العظيم حتى اللحظة 10^{-43} s، وفي هذه المرحلة تقف الفيزياء بعظمتها وقوانينها عاجزة عن فهم ما حدث خلال هذه المرحلة من عمر الكون.

وزمن بلانك planck time (t_p) هو وحدة قياس زمن في الوحدات الطبيعية وهو الوقت الذي يستغرقه الفوتون لينتقل بسرعة الضوء مسافة في الفراغ تعادل طول بلانك، ويعتقد أنّها أقصر فترة زمنيّة يمكن قياسها استناداً إلى الميكانيكا الكميّة، ويعطى زمن بلانك بالعلاقة التالية:

$$t_P = \sqrt{\frac{\hbar . G}{c^5}} \approx 5.39121.10^{-44}\ s$$

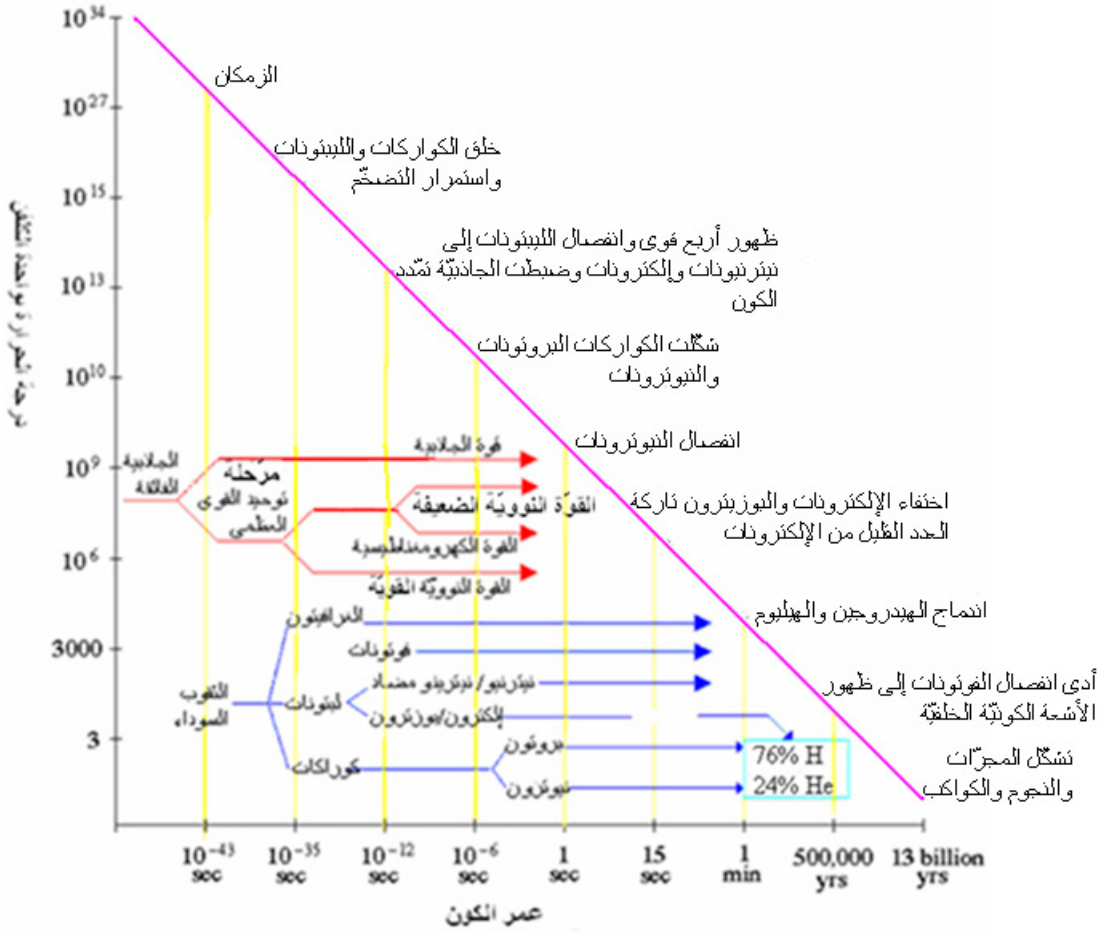
حيث إنّ $\hbar = h/2\pi$ ثابت بلانك المنخفض و G: ثابت الجاذبيّة و c: سرعة الضوء في الفراغ.

إن التفاعلات بين مكونات الكون كانت تحكمها قوة واحدة هي قوة الجاذبية الفائقة super gravity أو التفرّد الثقالي gravitational sin-gularity كقوة وحيدة مهيمنة على الكون؛ حيث إنّ القوى الأساسية الأربع التي نعرفها اليوم كانت مندمجة في قوة واحدة فقط هي قوة الجاذبية الفائقة، وهذا ما يبينه الشكل 3.



الشكل **3**. مراحل انفصال القوى الأربعة الأساسية نتيجة الانفجار العظيم.

كما يظهر لنا الشكل 4 تطور كل نوع من أنواع المادة وظهورها وكذلك انفصال القوى الأساسية الأربع التي تحكم كوننا.



الشكل **4**. مراحل تطور عمر الكون وانفصال القوى وظهور المادة.

❷ مرحلة التوحيد الأعظم grand unification epoch ($10^{-36}\ s$ - $10^{-43}\ s$)

تمتد مرحلة التوحيد الأعظم من عمر الكون من اللحظة التي كان فيها عمر الكون 10^{-43} ثانية إلى أنْ أصبح عمر الكون 10^{-36} ثانية. بدأ الكون يتمدّد في هذه الفترة وبدأت درجة حرارة الكون بالانخفاض نتيجة التمدد إلى ما دون 10^{28} كلفن حتى وصلت إلى ما دون الدرجة 10^{27} كلفن؛ مما أدى إلى انفصال قوّة الجاذبيّة عن القوى الأساسيّة الأخرى التي توحّدت معاً مشكّلة قوّة كهرونوويّة، وتسمّى النظريّة التي تصف تلك المرحلة نظريّة التوحيد العظمى GUT grand unification theory.

في هذه المرحلة برزت المادّة والمادّة المضادة إلى الوجود للمرّة الأولى على شكل مركب معقّد أطلق عليه اسم مادّة التوحيد العظمى التي تنشأ من الفراغ وتندثر بسرعة. كما أصبح بإمكان الفيزياء في هذه المرحلة أن تقدم تفسيراً للأحداث المتعاقبة التي تلت لحظة الصفر بالاعتماد على النظرية النسبيّة العامة بالنسبة للجاذبيّة، وعلى الفيزياء الكميّة لبقية القوى التي ما زالت متحدة في هذه المرحلة.

❸ مرحلة التضخّم الكوني inflationary epoch وتشكّل الجسيمات الأوليّة (10^{-32} - $10^{-36}\ s$)

إن مرحلة التضخّم الكوني وتشكّل الجسيمات الأوليّة هي المرحلة التي كان فيها عمر الكون $10^{-36}\ s$ وحتى الفترة $10^{-32}\ s$ جزء من الثانية، وقد انطلقت هذه المرحلة بفعل انفصال القوى النوويّة الشديدة عن القوى الأساسية التي ارتبطت بها سابقاً، وازداد حجم الكون أثناء هذه المرحلة التي لا تتجاوز أجزاء صغيرة جدّاً من الثانية حتى أصبح الكون أكبر بنحو 10^{26} ضعفاً ليصل إلى حوالي 10 سنتيمترات، وتنتشر على مستوى بسيط في الكون بلازما كثيفة شديدة الحرارة من الجسيمات الأوليّة (كوارك–غلوون) التي تشكّلت أثناء مرحلة التوحيد الأعظم فيما يُسمّى حساء الكواركات.

ومع انخفاض درجة الحرارة في هذه الفترة بدأت المادة بالظهور على شكل مركّب معقّد أطلق على هذا المركّب المادة الخام، وهذه المادة الخام أدت مع انخفاض درجة الحرارة إلى ظهور الجسيمات الأوليّة من الفوتونات والكواركات والليبتونات والإلكترونات، وكذلك تشكّلت خلال هذه الفترة الجسيمات وجسيماتها المضادة أيضاً.

❹ مرحلة القوى الكهرونوويّة الضعيفة electroweak epoch (10^{-12} - $10^{-32}\ s$)

تمتد مرحلة القوى الكهرونوويّة الضعيفة من الفترة $10^{-32}\ s$ إلى الفترة $10^{-12}\ s$؛ حيث تابع الكون تمدده ولكن بشكل أبطأ واستمرّت درجة الحرارة بالانخفاض حتى وصلت الدرجة إلى 10^{15} كلفن، انفصلت القوى النووية الشديدة عن القوى الكهرونوويّة الضعيفة، فحدثت تفاعلات بين الجسيمات نتج عنها مجموعة من الجسيمات الغريبة ومنها: بوزونات النّمط (Z^0) والنّمط ($W^{\pm}$) وبوزونات هيغز.

الجدير بالذكر أنّ حقل هيغز ساعد على إبطاء حركة الجسيمات ممّا أدى لحصول الجسيمات على كتل خاصّة بها مفسحاً المجال للكون الإشعاعي بدعم الأجسام ذات الكتلة.

❺ مرحلة الكواركات quark epoch وانفصال القوة النووية الضعيفة (10^{-6} - $10^{-12}\ s$)

تمتد مرحلة الكواركات وانفصال القوة النووية الضعيفة من $10^{-12}\ s$ وحتّى الفترة $10^{-6}\ s$؛ إذ برد الكون في هذه المرحلة لتصل درجة الحرارة إلى أقل من 10^{15} كلفن، واتخذت كلّ من القوى الأساسيّة شكلها الذي نعرفه اليوم، وتشكّلت الكواركات والإلكترونات وجسيمات النيترنيو بأعداد كبيرة، ثم بدأت الكواركات والكواركات المضادة بفناء بعضها بعضاً فور التقائها في عمليّة خلق الباريونات baryogenesis. ولحسن الحظ، تمكّن كوارك من بين كلّ مليار كوارك تقريباً من النجاة ليتّحد مع الكواركات الناجية الأخرى لتشكيل المادّة لاحقاً، إلا أنّ درجة حرارة الكون مازالت عالية جداً بحيث لا يمكن للكواركات الاتحاد مع بعضها مكونة الهادرونات.

❻ مرحلة الهادرونات hadrons epoch ($1s$ - $10^{-6}\ s$)

تمتد هذه المرحلة من الزمن 10^{-6} ثانية وحتّى الثانية الأولى من عمر الكون؛ حيث انخفضت حرارة الكون في هذه المرحلة لتصبح

10^{12} درجة مئويّة، وهي درجة حرارة مناسبة لاتّحاد الكواركات لتشكيل الهادرونات (كالبروتونات والنيوترونات)؛ إذ تتّحد الإلكترونات والبروتونات في ظل ظروف هذه المرحلة القاسية لتشكّل النيوترونات محرّرةً جسيمات النيترينو عديمة الكتلة والتي لا تزال تسافر بحريّة في الفضاء حتى اليوم بسرعة تقترب أو تماثل سرعة الضوء. تتّحد أيضاً بعض النيوترونات وجسيمات النيترينو مشكّلة أزواجاً جديدة من البروتونات والإلكترونات، حيث القاعدة الوحيدة السائدة هي الالتحام ومن ثمّ الالتحام مجدّداً.

يمكن لبلازما الكواركات والغلوونات الاتحاد وتكوين هادرونات (مجموعة الجسيمات الأولية الأكبر كتلة من الإلكترون والميون بما فيها باريونات مثل بروتونات والنيوترونات)، وبعد مرور ثانية واحدة من الانفجار العظيم يمكن للنيوتريونات الانفصال عن بعضها ويبدأ كل منها يتحرك بحرية خلال الفضاء، وهذه الخلفية من النيوترينوات الكونية –مع عدم احتمال إمكانية قياسها– تعادل إشعاع الخلفية الميكروية الكوني التي سوف تظهر في زمن لاحق.

❼ مرحلة الليبتونات lepton epoch (225s - 1s)

تبدأ مرحلة الليبتونات من الثانية الأولى من عمر الكون وحتّى الدقيقة الثالثة؛ فبعد أنّ تُفني معظم الهادرونات والهادرونات المضادّة بعضها بعضاً في نهاية مرحلة الهادرونات تُشكّل الليبتونات (كالإلكترونات) والليبتونات المضادة (كالبوزيترونات) معظم كتلة الكون، ومع اتّحاد الإلكترونات والبوزيترونات ليلغي كلّ منها الآخر تتحرّر طاقةً على شكل فوتونات تتّحد بدورها مشكّلةً أزواجاً جديدة من الإلكترونات والبوزيترونات.

كانت درجة حرارة الكون بين الثانية الأولى والدقيقة الثالثة أكثر من 10 بلايين درجة مئوية، ويمكن الوصول إلى هذه الدرجة في انفجارات القنابل النتروجينية، وفي هذه المرحلة كان الكون مؤلفاً من فوتونات وإلكترونات، والجزيئات الذرية الفرعية مثل النيوترون والبروتونات، ومع استمرار الانخفاض في درجة الحرارة فإن البروتونات أصبحت أكثر شيوعاً حتى وصلت نسبتها حوالي سبعة أضعاف النيوترونات. اتحد كل نيوترون مع بروتون ليشكلا زوجاً يدعى بالدوتيريوم deuterium، وتجمعت هذه الأزواج لتكون نوى عنصر الهليوم، واستمرت هذه العملية حتى اندمجت كل النيوترونات مع البروتونات لتكوين الهليوم، أي اختفت جميع النيوترونات من الكون؛ وهذا يعني أن الهليوم يشكل تقريباً ربع مكونات الكون.

❽ مرحلة التخليق النووي nucleosynthesis (20min - 3min)

تمتد مرحلة التخليق النووي من الدقيقة الثالثة وحتى الدقيقة العشرين من عمر الكون؛ إذ انخفضت درجة حرارة الكون لتصبح نحو مليار درجة مئويّة، ممّا أفسح المجال لحدوث اندماجات نوويّة بين البروتونات والنيوترونات لتشكيل نوى ذرّات العناصر الخفيفة البسيطة مثل الهدروجين والهليوم والليثيوم، وبعد نحو عشرين دقيقة انخفضت درجة حرارة الكون وكثافته لدرجة تمنع استمرار حدوث الاندماجات النوويّة.

بدأ التخليق النووي (الاندماج النووي) عندما انخفضت درجة حرارة الانفجار العظيم إلى درجة 10^9 كلفن، ومن المفترض أن يكون ذلك بعد الدقيقة الأولى من الانفجار العظيم، وقد كانت درجة الحرارة قبل ذلك خلال الدقيقة الأولى 10^{10} كلفن. وهذا ما يبينه الشكل 5.

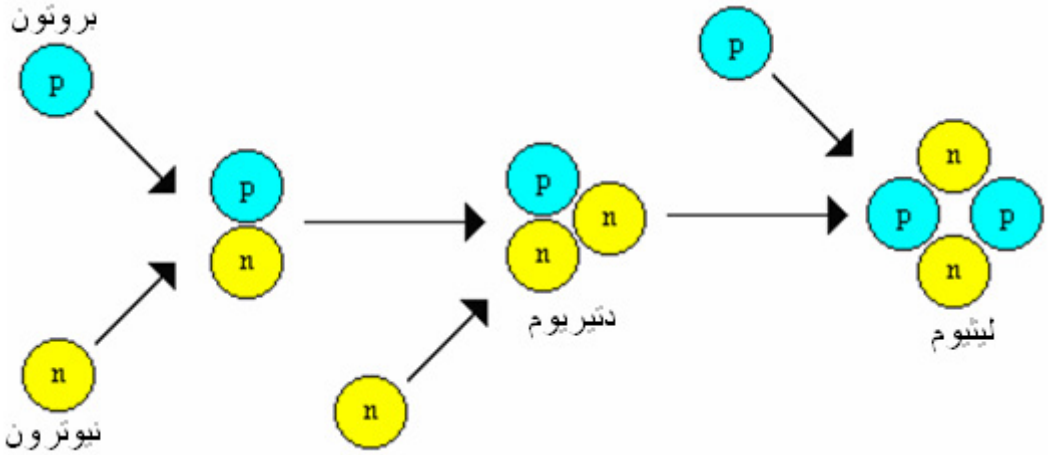
وكانت الفوتونات والنيوترنوات ونقيض النيوترنوات والباريونات والنيوترونات والبروتونات وكذلك الإلكترونات والبوزيترونات في حالة توازن تبعاً للتفاعلات التالية:

$$ {}^{1}_{0}n + \nu_e \leftrightarrow {}^{1}_{1}p + {}^{0}_{-1}e $$

$$ {}^{1}_{0}n + {}^{0}_{+1}e \leftrightarrow {}^{1}_{1}p + \nu_e $$

$$ {}^{1}_{0}n \leftrightarrow {}^{1}_{1}p + {}^{0}_{-1}e + \bar{\nu}_e $$

وانفصلت النيوترينوات عند درجة حرارة 10^{10} كلفن، وكذلك اختفى نقيض النيوترينوات واختل التوازن، وباختلال التوازن أصبحت



الشكل **5.** تشكل أنويات الذرّات الخفيفة عندما برد الكون واصبحت درجة حرارته 10^{10}.

النسبة بين عدد البروتونات إلى عدد النيوترونات (n_p / n_n) تساوي 6 (أي نيوترون واحد لكل 6 بروتونات)، ثمّ تغيّرت تلك النسبة بتحلل بيتا للنيوترون حيث يصدر إلكتروناً (β) ويصبح بروتوناً.

$$ {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{1}_{1}p + {}^{0}_{-1}e + \nu_e $$

وبتحلّل النيوترون بعمر النصف الذي مقداره 889.1 ثانيّة، وعند درجة حرارة 10^9 كلفن بسبب تمدد الكون ذي النشوء السريع واتساعه، بدأت تتكوّن نوى الديوتريوم طبقاً للتفاعل:

$$ {}^{1}_{0}n + {}^{1}_{1}p \rightarrow {}^{1}_{1}H + {}^{0}_{0}\gamma $$

وكان البعض منها يتحلّل ثانيةً بفعل الفوتونات ذات الطاقة العالية، ولم تستقر تلك النوى إلا عند انخفاض درجة الحرارة إلى 10^9 كلفن، وأصبحت النسبة بين البروتونات إلى النيوترونات $(n_p / n_n \approx 7)$، وبدأ تخليق النوى الخفيفة طبقاً للتفاعلات النوويّة التالية:

بعد مرور زمن يقارب 1000 ثانية وبسبب الانتفاخ السريع للكون، انخفضت درجة الحرارة وكذلك نسبة الكثافة إلى درجة ضعيفة لا تسمح باستمرار الاندماج النووي لتوليد عناصر خفيفة أخرى وانتهى التخليق. وقد أُمكن فيما بعد وبزيادة حجم الكون وانخفاض درجة حرارته بعد مرور 380000 سنة بعد الانفجار العظيم أن يتجمّع جزء من المادة المخلّقة سابقاً مكوناً مجرّات ونجوماً، وبدأ الكون يتخذ شكلاً نهائيّاً، وفي هذا الوقت بدأت النجوم الأولى بتصنيع العناصر الثقيلة من الهدروجين والهليوم بواسطة تفاعلات الاندماج النووي.

❾ مرحلة الفوتونات أو مرحلة الهيمنة الإشعاعية photon epoch

تُسمّى هذه المرحلة أيضاً باسم مرحلة الهيمنة الإشعاعيّة، واستمرّت من الدقائق الثّلاث الأولى من عمر الكون وحتى 240000 سنة، وقد كان الكون خلال هذه المرحلة الطويلة من التّبريد التدريجيّ غنيّاً ببلازما شديدة الحرارة من النوى والإلكترونات، وبعد أن ألغت معظم الليبتونات والليبتونات المضادة بعضها بعضاً في نهاية المرحلة الليبتونيّة هيمنت الفوتونات على طاقة الكون فتأثّرت وأثّرت بشكل كبيرٍ في الإلكترونات والبروتونات ونوى الذّرات.

❿ مرحلة إعادة التركيب وفك الارتباط (تشكيل الذرّات) recombination/decoupling

بدأت مرحلة إعادة التركيب وفك الارتباط عندما كان عمر الكون 240000 سنة واستمرت حتّى أصبح عمره 300000 سنة، وتنخفض حرارة الكون الوليد في هذه المرحلة لتصبح نحو 3000 درجة مئوية (درجة حرارة سطح الشمس حالياً)، وتبرد البلازما الساخنة المؤلّفة من الإلكترونات والنوى الخفيفة لدرجة كافية تسمح بتشكيل الذرّات المعتدلة، فتبدأ نوى الهدروجين والهليوم الموجبة الشّحنة للمرّة الأولى بالتقاط الإلكترونات في عمليّة تُدعى إعادة التركيب لتعادل الشحنة الكهربائية لكل منها، وتسمح هذه العمليّة بفك الارتباط بين المادّة والإشعاع (الفوتونات)، وهذا ما يُسمّى فك الارتباط، إذ تتوقّف الفوتونات بسبب انخفاض درجة حرارة الكون عن الارتباط المتكرّر

بالبروتونات والإلكترونات، ممّا يسمح للفوتونات بالسفر بحريّة عبر الكون مشكّلاً الفوتونات ذاتها التي نراها في الإشعاع الميكرويّ الخلفي للكون، ويصبح الكون في نهاية المرحلة عبارةً عن سديم ضبابيّ يتألّف من الهدروجين بنسبة 75% والهليوم بنسبة 24% وآثار بسيطة لعنصر الليثيوم وعناصر أخرى بنسبة أقل من 1%.

11 عصر الظلام (المادة المظلمة) dark epoch – الطاقة المظلمة energy matter

أدرك الفلكيون خلال الأربعين عاماً الماضية أنّ جميع ما نراه من نجوم ومجرّات يُشكّل ما لا يزيد على 5% من الكون برمّته، فقد أدرك العلماء أنّ هناك فجوتين واسعتين في فهمنا للكون، أطلق العلماء على إحداهما اسم المادّة المظلمة وعلى الأخرى الطّاقة المظلمة، وتمتد هذه الفترة بين العام 300000 من عمر الكون وحتّى بلوغه 150 مليون سنة، ومع توافر الفوتونات بكثرة في هذه المرحلة إلا أنّ الكون يبدو مظلماً تماماً بلا نجوم، ومع انتشار المادة ضمن مساحة الكون الواسعة جدّاً يتراجع النشاط الكوني بشكلٍ كبيرٍ وتصبح مستويات الطاقة منخفضة بشكل كبير لفترة زمنيّة طويلة.

إن المادة المظلمة أو المادة المعتمة أو المادة السوداء في علم الكون هي مادة افترضت لتفسير جزء كبير من مجموع كتلة الكون، ولا يمكن رؤية المادة المظلمة بواسطة التلسكوب لأنّها لا تصدر الضوء أو باقي الأشعة الكهرومغنطيسية ولا تمتصها؛ لذلك سُمّيت مادة مظلمة، كما أنّها ليست مادة مضادة لأنّها لا تصدر أشعة غاما كالتي تصدرها المادة المضادة عند اتحادها مع المادة. عوضاً عن ذلك، يستدل على وجود المادة المظلمة وعلى خصائصها من آثار جاذبيتها الهائلة التي تمارسها على المادة المرئية (النجوم والمجرّات) والإشعاع والبنية الكبيرة للكون. أمّا الطّاقة المظلمة فهي كما يُشير اسمها أيضاً شيء غامض يؤدي إلى توسّع الكون بسرعة متزايدة لذا فهي المسؤولة عن تمدد الكون. ولا نعلم إن كانت المادّة المظلمة والطّاقة المظلمة مرتبطتين أم لا، ولكن من المرجّح أنّهما ظاهرتان مختلفتان تماماً، دعيت كل منهما بالمظلمة لعدم قدرتنا على رؤيتهما.

أمّا تركيب المادة المظلمة فهو غير معروف لدى العلماء، فعلى الأغلب تتكون من صنف جديد من الجسيمات أو عائلة من الجسيمات الجديدة التي لم يُسبق اكتشافها من قبل، فهي لغز كوني كبير.

وتتميّز الطاقة المظلمة بما يلي:

- الطاقة المظلمة تؤثّر على الكون برمّته فهي منتشرة في الكون.
- تسلك الطاقة المظلمة سلوكاً يكافئ جاذبية سالبة فهي تُبعد بعض المجرّات عن بعضها.
- لم تظهر الطاقة المظلمة للوجود إلا قبل بضعة مليارات من السنين.

12 مرحلة إعادة التأين reionzation – تشكّل الكوزارات Quasars

تبدأ مرحلة إعادة التأين – تشكّل الكوزارات من 150 مليون سنة وحتّى مليار سنة من عمر الكون؛ إذ تشكّلت الكوازارت الأولى خلال هذه الفترة في المساحات التي تنتشر فيها المادّة بشكل كثيف بفعل عمليّة التّجاذب الثقالي، وأدّت الإشعاعات الكثيفة الناتجة عن تشكيل الكوازارات إلى تأيين الكون المحيط، ممّا أدّى إلى إعادة تأيّن غاز الهدروجين للمرّة الثانية، وقد كانت المرّة الأولى في مرحلة إعادة التّركيب. وقد انتقل الكون من هذه اللحظة من مرحلة الاعتدال لينتشر فيه غاز متأيّن يتألّف من الأيونات والإلكترونات الحرّة: أي البلازما مجدّداً.

يعتقد العديد من الفلكيين بأنّ الكوازارات هي أبعد الأجرام السماويّة المكتشفة حتى الآن، وذلك للمعانها الشديد، وعلى الرغم من لمعانها فإنّنا لا نستطيع رؤيتها بالعين المجرّدة وذلك لبعدها عن الأرض.

هناك نوع من الإجماع العلمي أن الكوزارات تستمد طاقتها من ظهور مادة عند ثقوب سوداء فائقة الكتلة في نواة مجرات بعيدة، خالقة

لهذه الأنماط اللماعة من الأجسام، تعرف هذه المجرات باسم المجرّات الفعّالة، ولا تعرف أي آلية أخرى فعلياً لتفسير هذا الناتج الكبير من الناتج الطاقي مع التغير السريع فيه.

13 عصر تشكّل النجوم والمجرّات star and galaxy formation

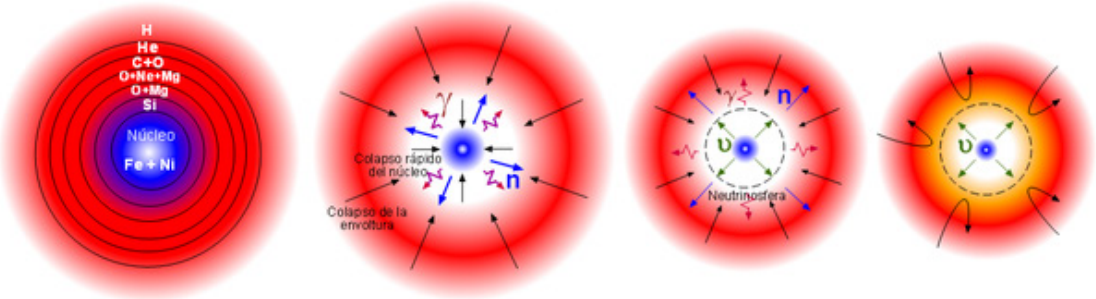
بدأ عصر تشكّل النجوم والمجرّات عندما بلغ عمر الكون بين 300-500 مليون سنة، وما زالت النّجوم والمجرّات لم تتشكّل بعد، فقد أدّى اضطرابُ ما إلى اختفاء بعض الجزيئات المتشكّلة حديثاً (بعض الجزيئات من كل مليون جزيء تقريباً)، ممّا أدى إلى تغيّر كثافتها من نقطة إلى أخرى؛ لذا –وبفضل قوّة الجاذبيّة– تتحوّل المناطق الأكثر كثافةً إلى تجمّعات من الغيوم الغازيّة الكونيّة، ويزداد حجم الكون ويتّسع في الوقت ذاته فينتج عن هذه العمليّة غيوم كبيرة جداً من الغازات الكونيّة تُسمّى بالسدم، وهي عبارة عن مظهر منتشر غير منتظم مكون من غاز متخلخل من الهدروجين والهليوم وغبار كوني، ومن هذه السدم تكونت النجوم.

تتجمع هذه الغازات والغبار تحت تأثير الجاذبية (قوة الثقالة) التي تشد بعضها لبعض، وتنكمش هذه السحابة على بعضها وتستمر في الانكماش وتزداد كثافتها، ويؤدي انكماشها هذا إلى ارتفاع درجة حرارتها بسبب تحول طاقة الوضع فيها الناتجة عن قوة الثقالة إلى طاقة حرارية، وطاقة الوضع هذه هي طاقة تمثل الطاقة الكامنة التي يكتسبها جسم بسبب نتيجة وقعه تحت تأثير جاذبية مثل الجاذبية الأرضية أو تحت تأثير مجال كهربائي إذا كان له شحنة كهربية، ولذلك تسمى تلك الطاقة بطاقة الوضع، ويمكن أن يشكل سطح الأرض مرجعاً لحساب تلك الطاقة. تتكور سحابة الهدروجين والغبار أو يتكور جزء منها، وهنا تؤدي كتلتها دوراً مهماً في تطور عمرها:

- إذا كانت كتلتها مقاربة لكتلة الشمس، فيشتعل فيها تفاعل بروتون – بروتون المتسلسل الذي يسمى أيضاً اندماج الهدروجين حيث ينتج منه الهليوم، ويُنتج تفاعل الاندماج حرارة شديدة وضغط إشعاع يقاوم انكماش النجم، ويحدث توازن بين ضغط الإشعاع وقوة الثقالة ويستقر النجم على حجمه ويصبح مضيئاً مرئياً إلى حين.

- إذا كانت كتلة السحابة المتكورة أقل من كتلة الشمس، فلا يحدث فيها اندماج الهدروجين وإنما حسب كتلتها فيمكن أن تشع ضوءاً ضعيفاً بسبب حرارتها العالية أو يحدث فيها اندماج الديوتريوم الذي يجعل النجم يصدر ضوءاً خافتاً، ويسمى هذا النجم الصغير قزماً بنياً.

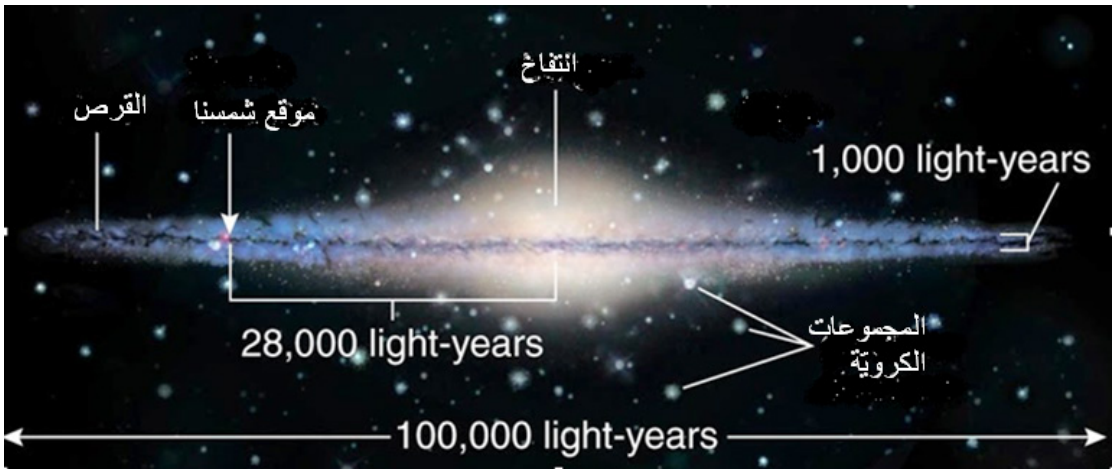
- إذا كانت كتلة السحابة المتكورة أكبر من كتلة الشمس فهي تصبح نجماً عملاقاً لونه أبيض – أزرق شديد الضياء، وتفوق كتلة بعض تلك النجوم الـ 50 كتلة شمسيّة –مثل نجم سهيل هدار– والتي يسير فيها اندماج الهدروجين وتفاعلات نووية أخرى سريعاً، بحيث لا يستمر عمرها طويلاً وتنفجر في شكل مستعر أعظم supernova؛ وهو حدث فلكي يحدث خلال المراحل التطورية الأخيرة لحياة نجم ضخم، حيث يحدث انفجار نجمي هائل يقذف فيهِ النجم بغلافهِ في الفضاء عند نهاية عمره. أما مركز النجم فينهار على نفسه مكوناً إما قزماً أبيضَ أو يتحول إلى نجم نيوتروني ويعتمد ذلك على كتلة النجم؛ فإذا زادت كتلة النجم عن نحو 20 كتلة شمسيّة فإنّه قد يتحول إلى ثقب أسود دون أن ينفجر في صورة مستعر أعظم خلال عدة ملايين من السنين، ويبين الشكل 6 مراحل حياة النجم.



الشكل **6.** مراحل حياة النجم.

يوضح الشكل 6 من اليسار إلى اليمين مراحل حياة عمر النجم؛ إذ بعد أن يستهلك النجم وقوده من الهدروجين والهليوم بالاندماج النووي الذي ينتج عناصر أثقل، يستمد طاقته من اندماج العناصر الخفيفة مثل الكربون والأكسجين والسليكون ويتم تحويلها إلى عنصر الحديد *Fe* والنيكل *Ni*، وعندما ينتهي وجود العناصر الخفيفة في النجوم تتوقف هذه النجوم عن استمرارية التفاعل النووي؛ وذلك لأنّ اندماج عنصر الحديد لا ينتج الطاقة الكافية لاستمرار التفاعلات الاندماجية، وتتغلب قوى الجاذبية على الضغط المتولد في باطن النجم ويتقلص النجم وينهار على نفسه نحو المركز الذي يتركز فيه الحديد، ويؤدي هذا الانهيار إلى ارتفاع هائل في درجة حرارة المكونات التي تتفاعل منتجة نيوترونات ونيوترينوات بغزارة مما تتسبب في انفجار بصورة مستعر أعظم. وتتفاعل النيوترونات مع العناصر المتأينة في الغلاف المتناثر مكونة عناصر أثقل من عنصر الحديد، أي أنّ تخليق العناصر الأثقل من الحديد متعلق بحدوث المستعر الأعظم الذي يعمل على إنتاج تلك العناصر الثقيلة وصولاً إلى اليورانيوم.

هذه التجمعات النجمية والعناصر الأخرى تجمّع بعضها مع بعض لتكوين المجرّات galaxy؛ فالمجرة هي عبارة عن تجمع لعدد هائل من النجوم وتوابعها ومن الغبار والغازات المنتشرة بين أرجاء النجوم بالإضافة إلى المادة المظلمة وهي عنصر مهم ولكنه غير معلوم إلى يومنا هذا، كل هذا مرتبط ببعضه بعضاً بواسطة الجاذبية، ومنه مجرتنا درب التبانة (الشكل 7). تتراوح تلك المجرات من مجرات قزمة تحوي عدداً قليلاً من حوالي عشرة ملايين نجم إلى مجرات عملاقة تحوي مئات المليارات من النجوم، تدور كل منها حول مركزها المجري.



الشكل **7.** شكل مجرة درب التبانة.

يعتقد العلماء أنّ هناك ما لا يقل عن 170 مليار مجرة موزعة خلال الكون المرئي، يتراوح قطر تلك المجرات من ألف فرسخ (الفرسخ 3.2 سنة ضوئية) إلى حوالي مئة ألف فرسخ، تفصل بينها فراغات هائلة تبلغ ملايين الفراسخ، والفضاء بين المجرات ليس فارغاً، وإنما يوجد فيه غازات ضعيفة الكثافة تقدر بأقل من ذرة لكل متر مكعب.

تنتظم معظم المجرات في ترابطات ضمن تسلسل رائع يعرف بالتجمعات المجرية التي تشكل بدورها تجمعات أكبر تسمى العناقيد أو الحشود المجرية، وتترتب تلك العناقيد على شكل صفائح وخيوط كونية تحيط بها فراغات كونية هائلة.

14 عصر تشكل المجموعة الشمسيّة solar system epoch

تشكّل نظامنا الشمسيّ وفقاً لنظرية الانفجار العظيم عندما كان عمر الكون نحو 8.5-9 مليار سنة. تعد الشمس في نظامنا الشمسي أحدث أجيال النجوم، وقد تشكّلت من حطام ورماد أجيال سابقة عديدة من النجوم. أمّا اليوم، وبعد 13.7 مليار سنة على حدوث الانفجار العظيم، ما زال الكون يقوم بإعادة تدوير الحطام ومخلفات النّجوم لتشكيل نجوم ومجرّات جديدة كل يوم.

إذا رجعنا إلى تكوين المجموعة الشمسية نجدها قد تكوّنت من انفجار نجم أكبر كثيراً من الشمس في صورة مستعر أعظم ومن العناصر التي نشرها ذلك النجم الكبير، بالإضافة إلى الهدروجين الذي يوجد في سحابات عظمى في الفضاء، وقد تكونت الشمس وتوابعها من الكواكب على مر بلايين السنين تحت تأثير الجاذبية؛ أي أنّ المجموعة الشمسية تكونت منذ 4.6 بلايين سنة.

أدلة حدوث الانفجار العظيم

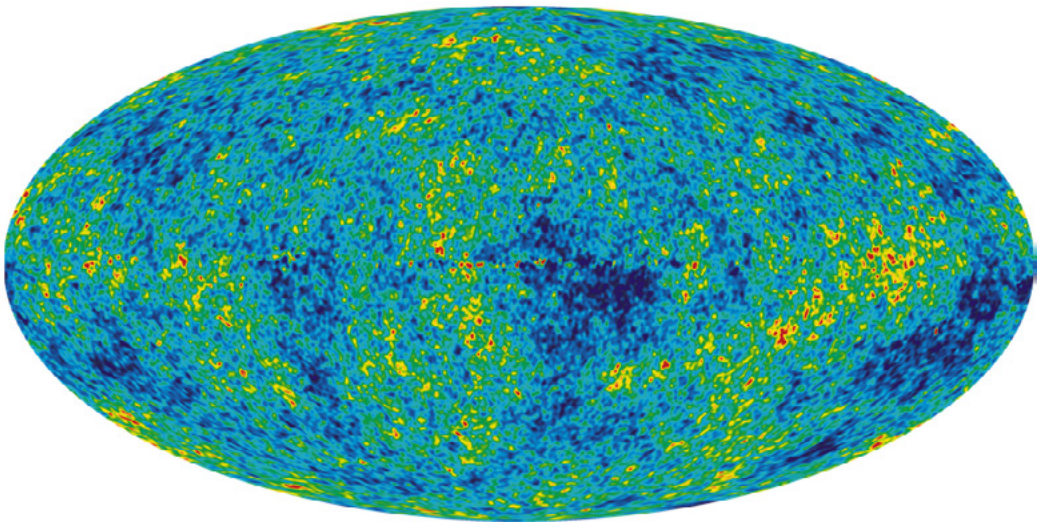
هناك عدد من الظواهر التي تشير إلى حدوث الانفجار العظيم، وهي:

❶ الاتساع المستمر للكون continuous expanding of universe

لاحظ العلماء أنه في كل مكان من الكون هناك مجرات galaxies تتباعد إحداها عن الأخرى بسرعات هائلة جداً. وقد عمل أدوين هابل Edwin Hubble في النصف الأول من القرن العشرين على تطوير هذه الاكتشافات، وقد توصل هابل باستخدام تلسكوبه الشهير (تلسكوب هابل) إلى فكرة توسع الكون إذ أكد أن النجوم والمجرات تبتعد عن مركز الرصد وهو الأرض، وكذلك تبتعد عن بعضها، وبعد مجموعة من المقارنات وضع قانون عرف باسمه؛ مفاده: أنّ سرعة النجم تتناسب تناسباً طردياً مع مربع المسافة التي تفصلنا عنه، أي كلما كان النجم بعيداً ازدادت سرعة ابتعاده عنا. كما أنّ المجرات تبتعد عن بعضها أيضاً، وقد حاول العلماء تشبيه هذه الظاهرة بانفجار قنبلة، فشظاياها تبدأ بطيئة ثم تتسارع ومن ثم تتباطأ، وسوف تبتعد كل شظية عن البقية بالطريقة نفسها.

❷ الأشعة الكونية الميكروية الخلفية cosmic microwave background radiation

توصل العالم جورج كاموف George Gamov في عام 1948 إلى فكرة جديدة تتعلق بالانفجار الكبير؛ مفادها أنه إذا كان الكون قد تشكل فجأة فإن الانفجار كان عظيماً ويفترض أن تكون هناك كمية قليلة محددة من الإشعاع –والتي تكون متجانسة عبر الكون كله– نتجت عن هذا الانفجار. وبعد عقدين من الزمن كان هناك برهان رصدي قريب لحدس كاموف، ففي عام 1964 قام باحثان يعملان في مختبرات شركة بل للتليفونات بمدينة نيوجرسي هما آرنو بنزياس Arno Penziaz وروبرت ويلسون Robert Wilson بإجراء تجربة تتعلق بالاتصال اللاسلكي وبالصدفة عثرا على إشارات راديوية منتظمة الخواص قادمة من كافة الاتجاهات في السماء في كل الأوقات وبصورة مستمرة، وفُسرت هذه الإشارات الراديوية على أنها بقية الإشعاع الذي نتج عن عملية الانفجار الكوني العظيم، وقد قدرت درجة حرارة تلك البقية الإشعاعية بحوالي ثلاث درجات مئوية، ومنح بنزياس وويلسون جائزة نوبل لاكتشافهما هذا. ويبين الشكل 8 الأشعة المكروية للكون.



الشكل **8.** الخلفية الميكرية للكون وفق مسبار ويليكيسون لقياس الموجات الرداويّة، المناطق الصفراء والحمراء هي مناطق تجمّع النجوم والمجرّات.

❸ كمية غازي الهدروجين والهليوم في الكون

تشير الدراسات الحديثة عن توزيع العناصر المعروفة في الجزء المدرك من الكون إلى أنّ غاز الهدروجين يكون أكثر قليلاً من 74% من مادة الكون، ويليه في النسبة غاز الهليوم الذي يكوّن حوالي 24% من تلك المادة؛ ومعنى ذلك أنّ أخف عنصرين يكوّنان معاً أكثر من 98% من مادة الكون المنظور، أما بقية العناصر مجتمعة (عدد العناصر المكتشفة هو 105 عناصر) فتكون أقل من 2% من مادة الكون،

وتدعم هذه الأرقام نظرية الانفجار العظيم؛ إذ إن جورج كاموف استطاع بطرق حسابية أن يتوصل إلى هذه النسب من قبل أن يتم حسابها بالطرق التجريبية بعشرات السنين. فضلاً عن ذلك، فإن هذه النسب تؤكد أن للكون بداية، لأنه لو كان الكون بلا بداية فمعنى ذلك أن كل غاز الهدروجين يجب أن يكون قد احترق وتحول إلى غاز الهليوم.

❹ درجة حرارة الكون

تبلغ درجة حرارة الكون وفق طرق القياس الحديثة حوالي 2.8 كلفن.

معوقات نظرية الانفجار العظيم

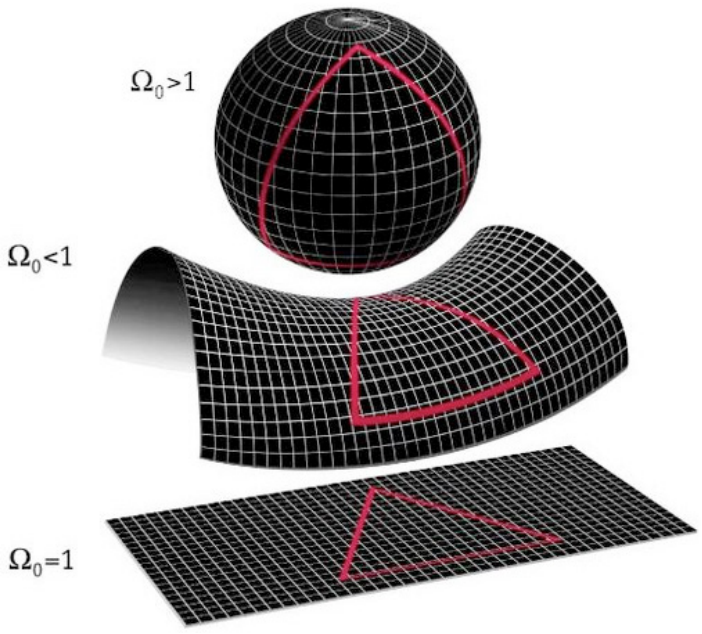
ما زالت هناك ثلاث مشاكل رئيسية قائمة في مواجهة نظرية الانفجار العظيم؛ وهي مشكلة الأفق ومشكلة التسطح ومشكلة أحادية القطب المغنطيسي، ولعل التفسير الأمثل لسبب حدوث تلك المشاكل هو التضخم الكوني.

❶ مشكلة الأفق الكوني

تكمُن مشكلة الأفق الكوني في حقيقة أنّ المعلومات أو الخواص لا يمكنها أن تنتقل بشكل أسرع من الضوء، ومن ثمّ فإنه في كوننا ذي العمر المحدود، لابد من وجود حد للمسافة بين أي منطقتين في الفضاء متحدتين في الخصائص؛ أي أن هناك مناطق مختلفة في الكون لن يكون لها الخواص نفسها نظراً للمسافات الكبيرة بينها وعدم توافر الوقت الكافي لها كي تتوحد في الخواص، إلا أن هذا يتناقض مع حقيقة توحد مناطق الكون في درجة الحرارة والخصائص الفيزيائية الأخرى نفسها. وقد قدّمت فرضية التضخم الكوني حلاً لهذا التناقض الواضح، فقبل حدوث التضخم الكوني كان الكون وحدة أصغر في الحجم متجانسة الخواص، إلا أنه بحدوث هذا التضخم تمدد الكون بصورة هائلة في فترة قصيرة جدًا من الزمن، مما جعل هناك مناطق متباعدة متوحدة الخواص.

❷ مشكلة التسطُّح Ω

تتحدد هندسية شكل الكون من خلال قيمة ناتج معامل أوميجا (Ω) الكوني، وما إذا كانت قيمته أقل أو يساوي أو أكبر من الواحد. ويظهر الشكل 9 من أعلى إلى أسفل شكل الكون في حالات قيمة المعامل الإيجابية والسلبية.



الشكل **9.** تسطح الكون.

ومن المشاكل الأخرى التي واجهت نظرية الانفجار العظيم مشكلة التسطح؛ فشكل الكون قد يكون ذا انحناء موجب أو سالب أو بلا انحناء وفقاً لقيمة كثافة طاقته الكلية، ويكون الانحناء سلبياً إذا كانت كثافة الطاقة أقل من الكثافة الحرجة وفقاً لمعادلات فريدمان، وإيجابياً إذا كانت القيمة أكثر من الكثافة الحرجة، ويكون مُسطّحاً إذا كانت الكثافة تساوي قيمة الكثافة الحرجة، وتكمُن المشكلة في أن أي حياد مع مرور الوقت عن قيمة كثافة الطاقة الحرجة سيغير من حالة التسطح التي عليها الكون اليوم. كما لا شك بأن كثافة طاقة الكون بعد دقائق من الانفجار العظيم لم يكن حيادها عن القيمة الحرجة لكثافة الطاقة بأكثر من جزء من 10^{14} من القيمة الحرجة، وإلا لما كان الكون على حالة تسطّحه التي هو عليها اليوم. وقد قدمت فرضية التضخم الكوني أيضاً حلاً لتلك الإشكالية، حيث كان للتضخم الهائل في زمن قياسي دوره في الحفاظ على تجانس كثافة الطاقة في الكون رغم تمدده المتسارع، مما حافظ على تجانس حالة تسطحه وعدم اضطرابها من منطقة لأخرى في الكون.

❸ مشكلة أحادية القطبية

أثيرت مشكلة أحادية القطبية الكهرومغنطيسية في أواخر سبعينيات القرن العشرين، حيث تنبأت نظريات التوحيد الكبرى بوجود عيوب طوبولوجية في الفضاء، قد ينتج عنها وجود مناطق ذات قطب واحد، وأن تلك المناطق المعيبة نشأت قديماً في الكون عندما كان الكون ساخناً، مما أدى إلى زيادة في كثافة تلك المناطق، إلا أن عمليات الرصد لم ترصد مناطق ذات قطب واحد في الكون. وهذه المشكلة أيضاً وُجد لها حلٌّ افتراضيٌّ من خلال فرضية التضخم الكوني، حيث افتُرض أن التضخم الكوني فائق السرعة أزاح كل تلك المناطق المعيبة خارج نطاق الكون المرصود.

وفي النهاية نقول: مع أنّ الانفجار العظيم يبدو جميلاً متجانساً ونجح على مدى عقود في تقديم أجوبة على جُلّ التساؤلات لكنه في الحقيقة ما زال أمامه الكثير ليحصل حوله إجماع من العلماء، فكثير منهم ما زالوا غير مقتنعين بفكرة نشأة الكون من أولها، ويرون أنّ الكون قد يكون أزليّاً، وأنّ الرياضيات لم توضّح لهم ما حدث قبل هذا الانفجار وأسباب حدوثه وتكتفي بشرح لحظة الانفجار وما بعده، وهذا ما أثار الشك لديهم. كما أنّ النظريّة لم تبيّن لماذا اختل التوازن في اللحظات الأولى بين جسيمات المادة والمادة المضادة لصالح جسيمات المادة.

نقول: إنّ الكثير من الأسئلة طُرحت وستطرح مستقبلاً مع تقدم معرفتنا للكون، وستحدد إجاباتها مصير هذه النظريّة وما إذا كان سينتهي الأمر يوماً ما –كما حصل كثيراً في تاريخ العلم– بالتخلي عنها لصالح نظرية أخرى أعمّ وأشمل أو قد يحصل حولها إجماع في الأوساط العلميّة وتتبناها كنظرية ثابتة عن أصل الكون.

المراجع

- Centre for Theoretical Cosmology. The Origins of the Universe: The Big Bang. Available at: http://www.ctc.cam.ac.uk/outreach/origins/big_bang_five.php4. Big Bang. Available at: https://en.wikipedia.org/wiki/Big_Bang (accessed 2 Nov 2019).

- Iskef H (1986). Experimental nuclear physics. Faculty of Science press, Aleppo University.

- Itzykson C, Zuber JB (1980). Quantum filed theory. New York: McGraw-Hill International Book Co.

- Johns Hopkins University (2016). Quasars slowed star formation, new research shows Study finding first observed evidence of galactic-wind phenomenon. Available at: https://www.sciencedaily.com/releases/2016/03/160323115925.htm (accessed 2 Dec 2019).

- Krane KS (1987). Introductory nuclear physics. Wiley, 3ed edition, University of Michigan.

- Ryder L (2009). Introduction to general relativity, 1st edition Cambridge University Press.

- Urone PP, Hinrichs R, Dirks K, Sharma M (2019). Evaluation of the Early Universe. Available at: https://phys.libretexts.org/Bookshelves/University_Physics/Book%3A_ University_Physics_(OpenStax)/Map%3A_University_Physics_III__Optics_and_Modern_Physics_(OpenStax)/11%3A_Particle_Physics_and_Cosmology/1.08%3A_Evolution_of_the_Early_Universe (accessed 16 Nov 2019).

تأليف: **د. سامي الشيخ سلو**، قسم الفيزياء، هيئة الطاقة الذرّية السورية.

تأثير أنواع الأشعة المختلفة على الخواص الخشبية المستخدمة في الأعمال الفنية والتراث الثقافي

مقدمة

تسبب معالجة الأخشاب المستخدمة في التراث الثقافي أو التحف الفنية باستخدام الطرق الكيميائية والفيزيائية بعض الآثار الجانبية التي قد تسبب ضرراً لهذه الأخشاب ولقيمتها التراثية؛ فالطرق الكيميائية قد تسبب ضرراً في القطع الفنية من خلال ترك آثار للمواد الكيميائية المستخدمة في هذه المعالجة، في حين تسبب المعالجة بالطرق الفيزيائية ضرراً في التركيب البنيوي للمواد الداخلة في تركيبها. لذلك، ركزت العديد من الأبحاث العلمية على دراسة تأثير بعض الأشعة المؤينة كأشعة غاما وأشعة إكس على الخواص الفيزيائية والكيميائية للقطع الخشبية المستخدمة في صناعة التحف الفنية، وهذا ما سنسلط عليه الضوء في هذا المقال مع التوسع قليلاً والتطرق للعديد من الأشعة الأخرى غير المؤينة وغير المدمرة (فوق البنفسجية/المرئية وتحت الحمراء) المستخدمة في توصيف بنية الأعمال التراثية أو الثقافية من خلال التصوير الشعاعي للوقوف على حالتها الفيزيائية وكيفية معالجة المشاكل الناجمة عن سوء التخزين أو العوامل البيئية المحيطة.

فمثلاً، يتّم التحقق من قطعة فنية ذات قيمة تاريخية باهظة الثمن من خلال تطبيق طرق تعتمد على الأشعة الكهرومغنطيسية كـــــالأشعة تحت الحمراء وفوق البنفسجية/المرئية والأشعة السينية والتقنيات التحليلية غير المدمرة المستخدمة لتوصيف هذه القطع الفنية التراثية. وهنالك العديد من المشروعات البحثية لاستكشاف سلوك المواد على المدى الطويل عند تعرضها للضوء والرطوبة والتآكل. كما تركز هذه الأبحاث على دراسة توافق المواد المختلفة والمستخدمة في الفن الحديث والمعاصر والاستفادة من النتائج البحثية والتقنيات التحليلية غير المدمرة في حفظ المعالم الأثرية.

تطبيق أشعة غاما γ في حفظ التحف التاريخية والثقافية المصنوعة من الخشب

الخشب مادة مرتبطة ارتباطاً وثيقاً بالأنشطة البشرية منذ عصور ما قبل التاريخ بسبب تعدد استخداماته، فقد كان ولا يزال يستخدم –على سبيل المثال لا الحصر– كوقود ومواد بناء وفي إنشاء المركبات والأجهزة والأسلحة والأدوات وأشياء عديدة نستعملها في حياتنا اليومية. وإلى جانب هذه التطبيقات التقنية، أدى الخشب في الماضي –مازال حتى وقتنا الراهن– دوراً رائداً كمادة هامة وقيمة في مجال الفنون المرئية كـــاللوحات والمنحوتات الفنية والآلات الموسيقية.

يعدّ الخشب مادة عضوية؛ إذ من الممكن أن يتعرض لعمليات تحلل متعددة ناجمة عن مسببات حيوية أو غير حيوية مثل العوامل الجوية والأكسدة، والتحلل المائي والحرائق. ومع ذلك، فإن الخطر الرئيسي الذي يسبب تدهوراً في خواصه وبنيته ينجم عن العوامل البيولوجية، مثل تسوسه عن طريق البكتريا والفطريات والحشرات والعفن.

وكما هو معروف، يستخدم التشعيع بأشعة غاما γ على نطاق واسع في تعقيم مجموعة كبيرة ومتنوعة من المنتجات والمواد في مجال الإمدادات الطبية والأدوية الصيدلانية ومستحضرات التجميل وصناعة الأغذية والتراث الثقافي، كما يتم تطبيق التشعيع بأشعة غاما على المواد الخشبية، بهدف الحفاظ على جودتها عن طريق خفض شحنتها الميكروبية وخفض معدل تدهورها المرتبط بالميكروبات. ولذلك فإن الهدف الرئيسي من تطبيق أشعة غاما على التحف التاريخية والثقافية المصنوعة من الخشب هو الحفاظ على الخواص الكيميائية والفيزيائية وكذلك الخواص البنيوية والميكانيكية لهذه التحف.

يعد استخدام الإشعاع من حيث المبدأ مرغوباً فيه للغاية في العديد من المجالات لأنه فعال جداً، ويمكن إجراؤه بسهولة وفي ظروف آمنة، والأهم من ذلك أنه غير مدمر؛ فمثلاً يمكن استخدامه في تشعيع التحف الأثرية والفنية القيمة جداً والتي تعد العناية بها أولوية، وذلك للحفاظ عليها من الآفات التي قد تتعرض لها. فمثلاً، لا يمكن للحشرات أن تتحمل جرعات من أشعة غاما تتراوح بين 0.7-1.3 كيلوغراي، في حين يتطلب التخلص من الفطريات جرعات أعلى بكثير من ذلك تتراوح ما بين 2-18 كيلوغراي، وهذا بالتأكيد يعتمد على نوع هذه الفطريات. ومن جهة أخرى، أشار باحثون آخرون إلى أن الجرعة بين 0.25 و 3 كيلوغراي كافية للقضاء نهائياً على الحشرات التي تدمر الخشب ولكن يعتمد ذلك أيضاً على نوع الخشب وعمره، كما يعتمد على وقت العلاج وقوة مصدر التشعيع، وليس هناك فرق كبير إذا تم تشعيع الخشب بمصدر إشعاع أضعف لفترة أطول أو بمصدر أقوى لفترة أقصر.

خلص بعض الباحثين إلى أن الجرعة الممتصة التي تتلقاها المادة المشعّة تعبر عن كمية الطاقة الممتصة بوحدة الكتلة. وقد أفاد آخرون عكس ذلك؛ أي أن معدل الجرعة والجرعة الكلية من إشعاعات غاما تؤثر تأثيراً مختلفاً على كل من قوة الانحناء وبعض المكونات الكيميائية في الخشب الذي تم تشعيعه.

ولتحديد التغيرات الفيزيائية والكيميائية أو البيولوجية الناتجة عن الإشعاعات المؤينة في تحف التراث الثقافي يجب معرفة الطاقة الممتصة بوحدة الكتلة ومعدل ترسب الطاقة الممتصة في المواد؛ حيث يتم تعريف هذه الكميات على النحو التالي: الجرعة الممتصة D (غراي): هي كمية الطاقة الممتصة $d\bar{\varepsilon}$ بوحدة الكتلة dm من المواد المشعة. وتعطى بالعلاقة $D\ (Gy = \frac{kg}{j}) = \frac{d\bar{\varepsilon}}{dm}$، أما معدل الجرعة الممتصة فيكون بقسمة الجرعة الممتصة على الزمن، لذا يكون من الضروري تحديد الجرعة الممتصة لكل مادة لأنها تختلف من الخشب إلى الورق أو إلى أي مواد أخرى.

ومن أهم تطبيقات تعريض الخشب لأشعة غاما هو استخدام هذه الأشعة كعامل محفز في بلمرة المونوميرات على الخشب المشبع (المشرّب) بها، وكذلك في التعديل الكيميائي للخشب لإنشاء مركبات مكونة من خلائطه مع البلاستيك. وتعد معالجة السيللوز من التطبيقات الأخرى لتحسين ذوبانيته أو التعديل الكيميائي في بنيته.

وقد بدأ تطبيق إشعاع غاما في الحفاظ على التحف الأثرية في عام 1970 في فرنسا، ولم تكن هناك حاجة لإجراء تغيير واضح في خصائص الخشب في ذلك الوقت، وعادة ما يتم تطبيق إشعاع غاما باستخدام مصدر الكوبالت 60 كأداة لإزالة التلوث بالحشرات والكائنات الحية الدقيقة. وقد ركز العديد من الباحثين على تقييم تأثيرات إشعاع غاما على بعض الخواص الفيزيائية والحرارية والميكانيكية لأنواع

الأخشاب المستخدمة في التحف، مثل خشب الجوز والأرز، ودرسوا هذا التأثير في مجال محدد من جرعات التشعيع يتراوح ما بين 25-100 كيلوغراي، وأظهرت النتائج أنه لم يتم اكتشاف أي تأثيرات لأشعة غاما ضمن المجال المذكور في خواص الخشب المدروسة في نطاق الجرعات المطبقة. وبعبارة أخرى، يمكن استخدام أشعة غاما على التحف الفنية لتعقيمها دون الإضرار بها حتى إذا تعرضت مرة أخرى لمصدر الإشعاع، بسبب إصابتها بالعوامل البيولوجية مرة ثانية؛ فمثلاً، يظهر الشكل 1 تمثالاً خشبياً يعود تاريخه إلى القرن السابع عشر، حيث تعرّض التمثال الصغير لأضرار بالغة بسبب الحشرات المتطفلة عليه، وقد اُستخدم العلاج بإشعاعات غاما والراتنج لصيانته والحفاظ عليه، حيث تم وضعه في صندوق لمعالجته بشروط محددة من ضغط وحرارة، وذلك من خلال إنشاء خلاء vacuum في الصندوق للسماح للراتنج بملء الثقوب الموجودة على التمثال التي خلفتها الحشرات، وعُرّض بعد ذلك لأشعة غاما المؤينة لقتل الطفيليات وبلمرة الراتنج الذي يأخذ شكله النهائي المتجانس ضمن الثقوب لملئها.

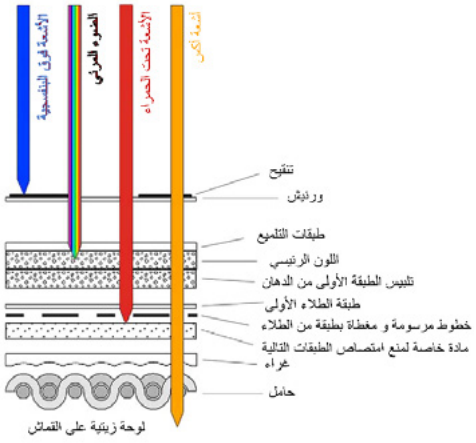
الشكل **1**. معالجة تمثال خشبي (يعود تاريخه إلى القرن السابع عشر) بالراتنج وأشعة غاما.

الوثائق الفوتوغرافية والتصوير الشعاعي باستخدام أشعة إكس والأشعة فوق البنفسجية والأشعة تحت الحمراء

يوجد العديد من تقنيات التصوير الفوتوغرافي لتوثيق صور أو رسومات من التراث الثقافي، ومن أكثر هذه التقنيات استخداماً هي التقنيات التي تستخدم فيها الأشعة المرئية في المجال المرئي 390-780 نانومتر والأشعة تحت الحمراء 780-2000 نانومتر والأشعة فوق البنفسجية 300-390 نانومتر وأشعة إكس أو غاما في المجال الأصغر من 1 نانومتر. وهنالك تقنيات أخرى تظهر لنا بعض المناطق غير المرئية من الصورة والتي لا يمكن رؤيتها عادة بالعين المجردة.

التصوير الشعاعي بأشعة إكس

يُظهر الشكل 2 مقطعاً عرضياً لحامل اللوحة الفنية، حيث يُلاحظ أن أشعة إكس تجتاز المكونات التي تشكلت منها اللوحة حتى الكتيم منها كـالمعادن والخشب والصباغ وغير المرئي أيضاً، فيمكن ملاحظة نتيجة التغلغل العميق لأشعة إكس خلال المقطع العرضي للوحة.



الشكل **2**. المقطع العرضي لهيكل اللوحة والأعماق المختلفة التي يمكن أن تجتازها الأشعة المختلفة.

بالإضافة إلى ذلك، ثبُت أيضاً فيما يتعلق بفن الغرافيك أن أشعة إكس هي أداة مهمة للتصوير غير المدمر للعلامات المائية بسبب سُمك الأوراق المختلفة داخل المنطقة المدروسة وخارجها.

التصوير بالأشعة فوق البنفسجية

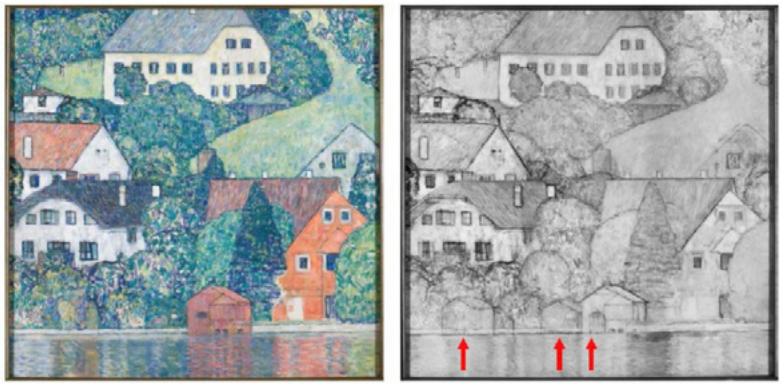
أُستخدم التصوير بالأشعة فوق البنفسجية للكشف عن عدم الاستمرارية في طلاء اللوحة الفنية، وخاصة في عمليات التنميق أو التعديلات المنجزة عليها مؤخراً (الشكل 3). وعادة ما تكون الفلورة عبارة عن إشعاعات في المجال المرئي تصدرها بعض المواد نتيجة تعرضها للأشعة فوق البنفسجية. وقد أصبح مقياس الفلورة يستخدم على نطاق واسع من قبل المؤرخين وأمناء المكتبات التاريخية للحفاظ على الأوراق القيمة ومعالجة اختفاء الحبر أو تدهوره على هذه الأوراق مع الزمن. كما يستخدم مقياس الفلورة لإعادة إظهار الكتابات التي زالت عن اللوحات الفنية أو الأوراق المهمة نتيجة عوامل مختلفة (الشكل 4).

التصوير بالأشعة تحت الحمراء

استخدم التصوير بالأشعة تحت الحمراء في البداية من أجل استكشاف التحف الفنية، لكن فجأة تحول الاهتمام بهذه التقنية لتستخدم بشكل خاص جداً لإظهار خطوط الرسم التحضيرية قبل إجراء الطلي النهائي للوحات الفنية (مثال الشكل 5). وقد أظهر التمعن في اللوحة المبينة في الشكل 5 أدلة عديدة حول الهدف والتقنيات الفنية المستخدمة والتطور الزمني لهذه اللوحة. حيث قام الفنان برسم الخطوط التحضيرية للوحته مباشرة على اللوحة لتحديد مكوناتها وشكلها النهائي، وتعد هذه الرسومات إنجازاً مبكراً في الإبداع الفني، ولكنها من ناحية أخرى غالباً ما تشبه الرسم على عكس المخططات النهائية للوحة النهائية، إذ لا يجهد الفنانون أنفسهم في قضاء وقت كبير لإجراء هذه الرسومات التحضيرية، ثم تتوالى لاحقاً على هذه الرسومات العديد من الطبقات الملونة الناجمة عن الطلاء المستخدم لإظهار اللوحة الفنية بشكلها النهائي.

الشكل **3.** صورة للوحة مادونا القوطية المأخوذة عند تعرضها للضوء المرئي (على اليسار) وعند تعرضها للأشعة فوق البنفسجية (على اليمين) والنقاط السوداء الظاهرة بها ناجمة عن مواد مستخدمة مؤخراً لتنقيح الصورة.

الشكل **4.** صورة لبطاقة بريدية خاصة مأخوذة في الضوء المرئي (على اليسار) وبمقياس الفلورة (على اليمين).



الشكل **5.** صورة للوحة فنية للفنان غوستاف كليمت مأخوذة في المجال المرئي (على اليسار) وفي المجال تحت الأحمر (على اليمين)، حيث تشير الأسهم باللون الأحمر للرسم التحضيري قبل تلوينها لتظهر بشكلها النهائي (على اليسار).

الطنين النووي المغنطيسي والكشف عن الرطوبة في اللوحات التراثية والتاريخية القديمة

تتيح مطيافية الطنين النووي المغنطيسي عالية الدقة التحقق من بنية العينات السائلة والصلبة ومراقبة وتشخيص التحف الفنية لمنع تدهورها أو تأخيره، ومعرفة حالة تدهور التحف الفنية وتوصيف المواد المكونة لها وتطوير أساليب ومواد جديدة تهدف إلى إطالة عمر التحف الفنية، وتعد مطيافية الطنين النووي المغنطيسي من الإنجازات المهمة في الحماية الصحيحة للقطع التراثية أو الثقافية.

ويجب التنويه هنا إلى أنه بسبب الثمن الباهظ للتحف الفنية أو الثقافية أو التاريخية، لا بد من تقليل كمية العينات المراد الحصول عليها من القطع المذكورة سابقاً إلى الحد الأدنى عند دراستها أو تحليليها، لذلك من المستحسن استخدام تقنيات تحليلية غير مدمرة. لكن هناك مشكلة أخرى وهي أنه في كثير من الأحيان لا يمكن إحضار الأشياء التي يتعين علينا تحليلها إلى المختبر لأنها غالية الثمن أو غير قابلة للنقل. وقد تم التغلب على هذه الصعوبات بتطوير تقنيات تحليلية محمولة إلى موقع التحفة الفنية؛ حيث أُستخدمت حساسات الطنين النووي المغنطيسي المحمولة التي تسمح بدراسة التحف ذات الحجم الكبير بطريقة لا تسبب أي ضرر أو تلف لهذه التحف.

تؤدي المياه دوراً أساسياً في تدهور المواد التي يسهل اختراقها مثل الجدران التاريخية واللوحات الجدارية والحجارة والخرسانة. وقد يؤثر الماء في كثير من الأحيان على المواد مسبباً لها بعض الكسور والشد أو التمدد. وتُسهّل دورات التبخر أو التكاثف هجرة الأملاح المنحلة التي تتبلور على سطح المواد المسامية مسببةً تفتت السطح وتآكله. ويعد الارتفاع الشعري للمياه والأمطار المجمعة من بين الأسباب الرئيسية لوجود الرطوبة في هذه التحف الفنية. كما تسبب دورات الترطيب /التجفيف والذوبان/ إعادة التبلور للأملاح داخل بنية مسام التحف تحطم للبنية الهيكلية لهذه التحف وبالتالي تصعب صيانتها وتفقد قيمتها التراثية لعدم وضوح معالمها.

قد يصعب، على الرغم من أهمية الموضوع، تحقيق الكشف الكمي عن توزيع المياه في القطع الأثرية الثمينة مثل الجدران التاريخية أو اللوحات الجدارية، فالطرق المستخدمة للحصول على معلومات عن وجود الرطوبة هي اختبارات الجاذبية والأشعة تحت الحمراء والناقلية الكهربائية، لكن هذه الأساليب تظهر بعض العيوب ففي الواقع تتطلب اختبارات الجاذبية أخذ العينات، ولا تسمح الأشعة تحت الحمراء بإجراء تقييم كمي للرطوبة، ويتأثر اختبار الناقلية الكهربائية بوجود الأملاح؛ لذا، سمحت حساسات الطنين النووي المغنطيسي المحمولة رسم خرائط توزع الرطوبة في اللوحات الفنية والجدران التاريخية، ويظهر الشكل 6 حساس الطنين النووي المغنطيسي المستعمل لكشف الرطوبة في لوحة فنية جدارية قديمة وهي متأثرة برطوبة الماء الصاعدة من الأرض بالخاصية الشعرية.

الشكل **6.** قياس الرطوبة في لوحة فنية من القرن الخامس عشر باستعمال الطنين النووي المغنطيسي أُحادي الجانب.

المراجع

- Blumich B, Casanova F, Perlo J et al. (2005). Advances of unilateral mobile NMR in nondestructive materials testing. Magn Reson Imaging 23(2): 197-201.

- Di Tullio V, Proietti N, Gobbino M et al. (2010). Non-destructive mapping of dampness and salts in degraded wall paintings in hypogeous buildings: the case of St. Clement at mass fresco in St. Clement Basilica, Rome. Anal Bioanal Chem 396(5): 1885-96.

- Mazzuca C, Carbone M, Cancelliere R et al. (2018). A new analytical approach to characterize the effect of γ-ray sterilization on wood. Microchem J 143: 493-502.

- Proietti N, Capitani D, Di Tullio V. (2018). Nuclear Magnetic Resonance, a Powerful Tool in Cultural Heritage. Magnetochemistry 4(1): 11.

- Severiano LC, Lahr AR, Bardi AG et al. (2010). Influence of gamma radiation on properties of common Brazilian wood species used in artwork. Prog Nucl Energ 52(8): 730-734.

- Schreiner M, Wiesinger R, Vetter W. (2017). Identification and Preservation of Cultural Heritage. ChemViews Magazine of ChemPubSoc Europe. Available at: https://www.chemistryviews.org/details/ezine/9610631/Identification_and_Preservation of_Cultural_Heritage.html (accessed 8 Nov 2019).

تأليف: **د. جمال عامر**، قسم الكيمياء، هيئة الطاقة الذرّية السورية.

مبتكرو خلايا الليثيوم أيون
يظفرون بجائزة نوبل في الكيمياء

في يوم الأربعاء 9 تشرين الأول من العام 2019 أعلنت «الأكاديمية الملكية السويدية للعلوم» في مدينة ستوكهولم فوز كلٍّ من الأميركي جون جودنوف John Goodenough والبريطاني ستانلي ويتينغهام Stanley Whittingham والياباني أكيرا يوشينو Akira Yoshino بجائزة نوبل للكيمياء لعام 2019؛ لابتكارهم وتطويرهم خلية أيون الليثيوم. ويتقاسم الباحثون الثلاثة بالتساوي الجائزة البالغة قيمتها تسعة ملايين كرونة سويدية (حوالي المليون دولار أمريكي). استعرض في هذا المقال فكرة عامة عن الخلايا الكهربائية، آلية عملها ومحاسنها ومساوئها، بالإضافة إلى مستقبل الخلايا الكهربائية.

الكلمات المفتاحية: *الخلية الكهربائية، الليثيوم أيون، أكسيد الكوبالت-ليثيوم.*

مقدمة

لقد كانت خلايا الليثيوم دائماً في مقدمة الترشيحات للحصول على جائزة نوبل في السنوات الخمس الأخيرة، حيث يعتقد الكثير من العلماء أن هذا الإنجاز يستحق هذه الجائزة عن جدارة؛ لأنها كانت من أهم الاختراعات التي غيرت الحياة البشرية في العقدين الأخيرين من الزمن. مقارنة بالتكنولوجيا التقليدية للخلايا الكهربائية، تُشحن خلايا الليثيوم أيون بصورة أسرع، وتدوم لفترة أطول، كما أنها أخف وزناً. وهي تستخدم حالياً على نطاق واسع في الهواتف النقالة والحواسيب المحمولة والسيارات الكهربائية والكثير من الأجهزة الطبية والإلكترونية.

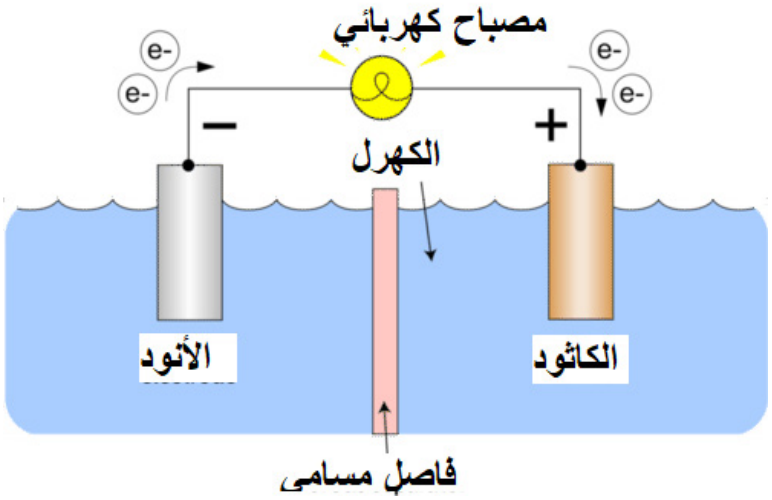
يعدّ ويتينغهام الأب المؤسس لخلايا الليثيوم القابلة للشحن، حيث اكتشف أول مرة أقطاب الإقحام، كما أعطى شرحاً مفصلاً لمفهوم تفاعل الإقحام intercalation في الخلايا القابلة للشحن في أواخر سبعينيات القرن الماضي. وقد استخدم كبريتيد التيتانيوم الثنائي وفلز الليثيوم كأقطاب كهربائية في الخلايا الأولى. واستكمل تطوير هذه الفكرة من بعده يوشينو الذي قام باستخدام أيونات الليثيوم عوضاً عن الفلز مما جعل الخلية أكثر أماناً وفعاليةً وأصبحت أكثر قابلية للتطبيق في كثير من الاستخدامات العملية. أما جودنوف فقد أدى دوراً

كبيراً في تطوير خلايا الليثيوم باختراعه أقطاباً مصنوعة من أكسيد الكوبالت–ليثيوم، الذي يُستخدم في خلايا الأجهزة المحمولة حالياً، كما تمكن من مضاعفة سعة خلية الليثيوم، ممهداً الطريق أمام تطوير خلايا أكثر كفاءةً.

وبالحديث عن خلايا الليثيوم، لابد من الإشارة إلى المخترع وعالم الكيمياء المغربي الفرنسي رشيد اليزمي، الذي حصل على جائزة تشارلز ستارك درابر Charles Stark Draper Prize التي تمنحها الأكاديمية الوطنية الأمريكية للهندسة، وهي تعادل جائزة نوبل بالنسبة للمهندسين، عن دوره الحاسم في تطوير خلايا الليثيوم القابلة للشحن، الأمر الذي كان له بالغ الأثر في تطوير التقنيات المحمولة. عمل اليزمي سابقاً مع ناسا في مشروع لإنتاج روبوت لاكتشاف المريخ، وكان هذا الروبوت أول روبوت في العالم يعمل ببطارية الليثيوم، وأطلق رسمياً عام 2005. ومن الجدير بالذكر أن اليزمي قد صُنف ضمن أهم عشر شخصيات مسلمة في العام 2015، ومُنح أيضاً وسام جوقة الشرف في فرنسا للعام نفسه.

الخلية الكهربائية وآلية عملها

إن الخلية الكهربائية عبارة عن جهاز قادر على تخزين الطاقة الكهربائية على شكل طاقة كيميائية، وتحويل هذه الطاقة إلى كهرباء مرة أخرى عند الحاجة. يعود تاريخ الخلية الكهربائية إلى ما يقارب الألفي عام فيما يعرف ببطارية بغداد، ومنذ ذلك الحين لم تتغير آلية عملها بشكل جوهري. تحتوي جميع الخلايا الكهربائية تقريباً على أربعة مكونات أساسية: قطبين كهربائيين، والأنود anode القطب السالب والكاثود cathode القطب الموجب، مفصولة بحاجز مادي separators يمنع التدفق المباشر للإلكترونات ويتيح للأيونات الموجبة فقط المرور من خلاله. تتحرك الأيونات بحرية بين الأقطاب الكهربائية عن طريق وسيط كيميائي هو الإلكتروليت electrolyte أو الكهرل، في حين تتحرك الإلكترونات عبر سلك معدني خارجي يصل بين القطبين (الشكل 1). في حال كانت الخلية تستخدم لمرة واحدة فتسمى خلية أولية primary cell أما إذا كانت قابلة لإعادة الشحن بالطاقة الكهربائية والاستخدام من جديد فتسمى خلية ثانوية secondary cell.



الشكل 1. المكونات الرئيسية للخلية الكهربائية.

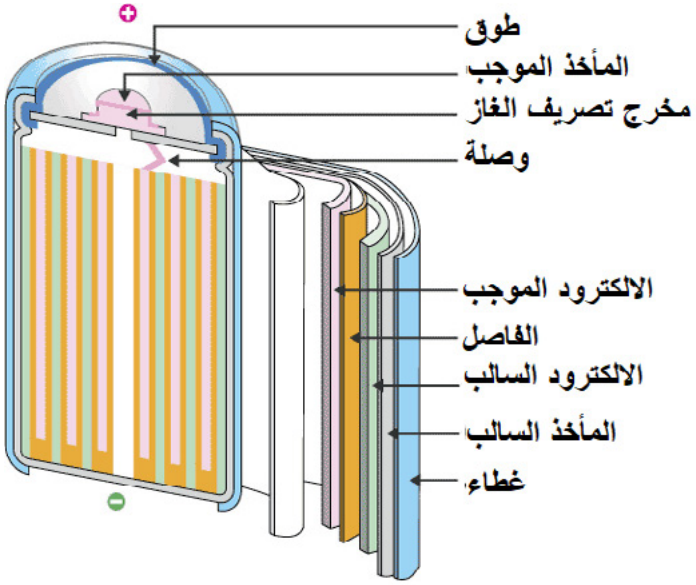
أنواع الخلايا الكهربائية

يوجد حالياً ثلاثة أنواع رئيسية من الخلايا القابلة للشحن خلايا النيكل–كادميوم Ni-Cd أو النيكل–هيدريد المعدن Ni-MH وخلايا الرصاص الحامضية وخلايا الليثيوم أيون.

خلايا النيكل–كادميوم

تعد خلايا النيكل–كادميوم من الخلايا الشائعة الاستخدام، وهي مناسبة لظروف العمل في درجات الحرارة المنخفضة مع فترة صلاحية طويلة نسبياً (الشكل 2)، إلا أنها تعاني من انخفاض في السعة الطاقية بالإضافة إلى تكلفتها العالية مقارنة مع بطاريات

الرصاص الحمضية؛ لذلك فهي تستخدم في الأجهزة التي لا تتطلب طاقة كهربائية كبيرة كمصابيح الجيب وأجهزة الراديو وأجهزة التحكم عن بُعد. كما أنها تعاني من «تأثير الذاكرة»، وهذا يعني أن تفريغ الخلية إلى المستوى نفسه عدة مرات يجعلها تتصرف على أن هذا المستوى هو أدنى مستوى تفريغ للخلية، ومن ثَمّ فإن الخلية ستفقد قدرتها. يضاف إلى ذلك وجود الكادميوم المعدني في تركيبها، وهو عنصر سام وخطير على البيئة. لذلك يجب أن تؤخذ هذه البطاريات إلى محطة خاصة متخصصة في التخلص من الكادميوم، بحيث يتم إعادة تدوير الخلايا المستنفذة بشكل آمن.



الشكل 2. تركيب خلية النيكل–كادميوم.

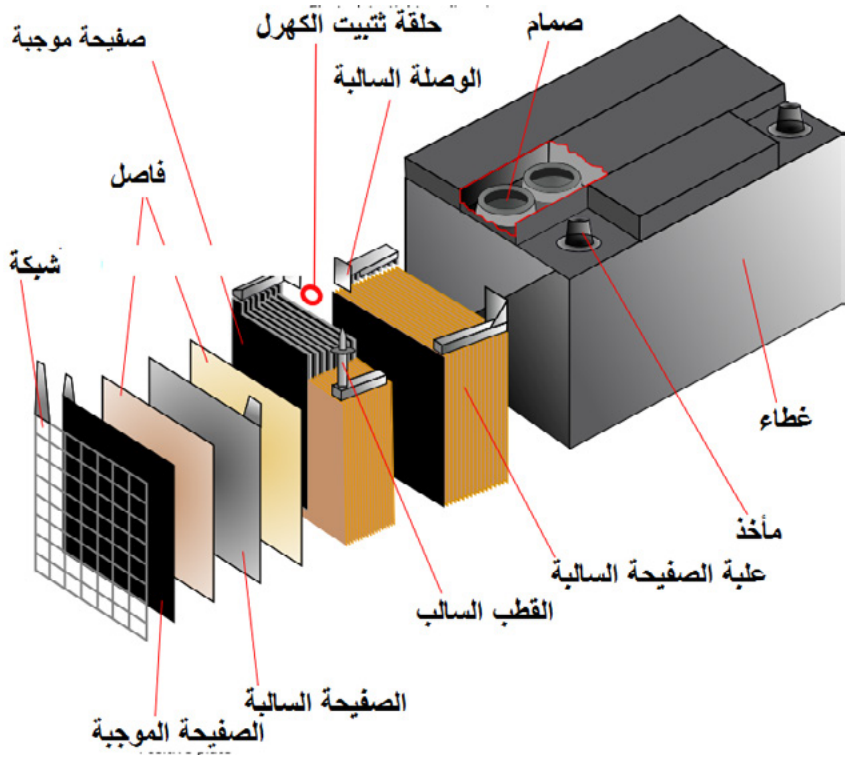
خلايا الرصاص الحامضية

تعد بطاريات الرصاص الحمضية واحدة من أكثر البطاريات الثانوية شيوعاً، وهنالك ثلاثة أنواع رئيسية منها: الخلايا الرطبة وخلايا الجل وخلايا حصير الامتصاص الزجاجي (إيه جي إم) (الشكل 3). تعد الخلايا الرطبة أقدم أنواع الخلايا الكهربائية، وفيها يتم استخدام إلكتروليت سائل، لذلك يجب استخدامها في وضع أفقي دوماً. وبما أن هنالك احتمال تسرب أو تبخر للإلكتروليت من الخلية، فإنها تحتاج إلى صيانة بصورة دورية. تستخدم هذه الخلايا في الغالب كخلايا إقلاع في السيارات وتتمثل ميزتها الرئيسية في انخفاض تكلفة الإنتاج.

على العكس من الخلايا الرطبة، تستخدم خلايا الجل إلكتروليتاً متناسقاً على شكل هلام، حيث يضاف غبار السيليكا (وتُعرف أيضاً بالميكروسيليكا) إلى الإلكتروليت للحصول على هذا القوام الهلامي. يتم ختم خلايا الجل بحيث يمكن استخدامها في جميع الأوضاع. إن من أهم ميزات خلايا الجل تحملها دورات شحن تفريغ عميقة للغاية، إلا أن كلفتها أكبر بكثير من الخلايا الرطبة لذلك يتم استخدامها في تطبيقات أكثر تحديداً.

تعدّ خلايا حصير الامتصاص الزجاجي من الخلايا المتقدمة تكنولوجياً، حيث توفر طاقة فائقة لدعم متطلبات الإقلاع في المحركات. جرى تطوير هذه الخلايا في الأساس للاستخدام في الطائرات الحربية وبعض التطبيقات العسكرية الأخرى مثل بطاريات إطلاق الصواريخ، إلا أنها تستخدم حالياً في كثير من السيارات الحديثة.

تتكون هذه الخلايا من حُصر فيها ألياف زجاجية رقيقة متشابكة لتزيد مساحة السطح الحر بحيث يبقى الإلكتروليت محجوزاً ضمن هذه الحصر. إن من أهم مميزات هذه الخلايا أنها محكمة الإغلاق، مقاومة جداً للاهتزاز، لا تحتاج إلى الصيانة، كما أنها تعمل بفعالية كبيرة في درجات الحرارة المنخفضة وتتمتع بعمر افتراضي طويل.



الشكل 3. بنية خلية الرصاص الحامضية.

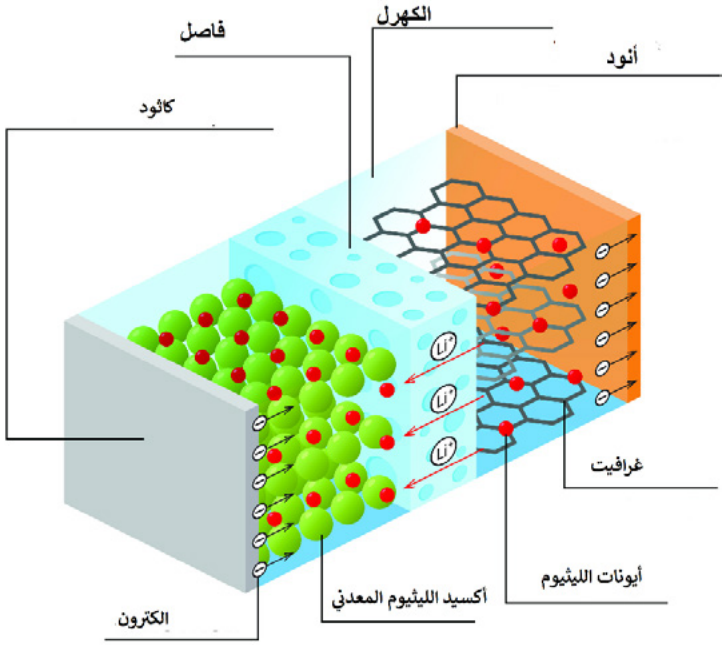
خلايا الليثيوم أيون

إن أهم ميزة لخلايا الليثيوم أيون هي أنها لا تستند إلى تفاعلات كيميائية تستهلك الأقطاب الكهربائية، ولكن تعتمد على أيونات الليثيوم التي تتدفق ذهاباً وإياباً بين الأنود والكاثود.

تعود قصة تصنيع خلايا الليثيوم أيون إلى سبعينيات القرن الماضي، حيث كان ويتينغهام يعمل في ذلك الوقت لدى شركة النفط والغاز إكسون EXXON. وكان يبحث حينها عن مواد تخزين للطاقة عندما تمكن من تَحْضِير كاثود خلية من ثنائي كبريتيد التيتانيوم TiS2؛ وهو عبارة عن مادة ذات طبقات شبيهة بالغرافيت، تسمح لأيونات الليثيوم بالانزلاق بين طبقاتها في عملية تعرف باسم الإقحام بين الطبقات. أَقْرَنَ ويتينغهام الكاثود مع أنود مصنوع من فلز الليثيوم، وأضاف إلكتروليتاً عضوياً سائلاً يسمح لأيونات الليثيوم بالتحرك بحرية ذهاباً وإياباً بين الأقطاب الكهربائية. وكانت هذه أول بطارية ليثيوم قابلة لإعادة الشحن. أما عن سبب اختيار الليثيوم فذلك لأنه أخف معدن ومرجع قوي (مستعد للتخلي عن إلكتروناته بسهولة). لقد كان عام 2017 عام الحظ بالنسبة لتجارة الليثيوم، حيث ارتفع سعره بنسبة 240%. في عام 2007، شكلت البطاريات 25% من استهلاك الليثيوم العالمي، وارتفعت إلى 35% عام 2015، حيث كان نصيب الهواتف الذكية والحواسيب الشخصية والسيارات الكهربائية حوالي 60% من هذا السوق.

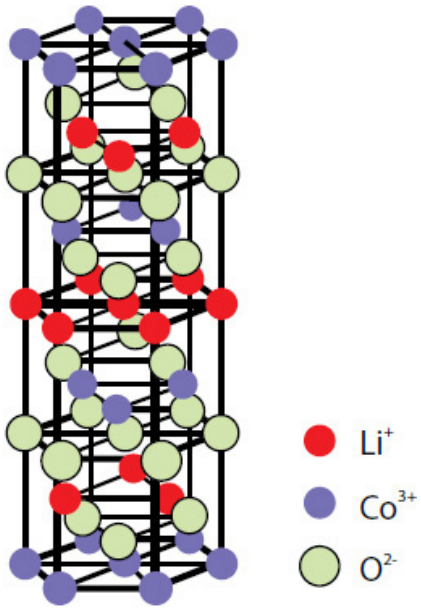
تعمل خلايا الليثيوم وفق آلية بسيطة؛ إذ كلما تقدم الخلية الكهرباء، فإن ذرات الليثيوم في الأنود تتخلى عن الإلكترونات التي تتدفق عبر الدارة الخارجية، وتتولد أيونات الليثيوم موجبة الشحنة التي تتحرك إلى الكاثود عبر الإلكتروليت، حيث تستقر بين طبقات الكاثود. يؤدي تطبيق جهد كهربائي خارجي بين القطبين بغرض شحن الخلية إلى عكس التدفق، مما يدفع أيونات الليثيوم إلى الخروج من أكسيد المعادن عبر الإلكتروليت لتعود إلى الأنود حيث تسترجع الإلكترونات من جديد (الشكل 4). تدخل في صناعة هذا النوع من الخلايا أنواع كثيرة من المواد، لعل أهمها الأكاسيد المعدنية والكربون (تحديداً الغرافيت). ومن الواضح أن سعة الخلية وفعاليتها وعمرها الافتراضي تتغير بحسب المواد المستخدمة. وهذا محل اهتمام العلماء الذين يُجرون أبحاثاً وتجارب مكثفة بهدف الوصول إلى المكونات الأفضل لإنتاج خلايا غير قابلة للاشتعال ومستقرة كيميائياً وقادرة على العمل بأمان عند جهد أعلى وبتكلفة أقل. تركز معظم هذه الأبحاث على تصنيع إلكترودات قادرة على تخزين كميات أكبر من أيونات الليثيوم بصورة آمنة مما يزيد سعة الخلية. بالإضافة إلى تطوير إلكتروليت ذي قدرة جيدة على توصيل الأيونات مع الحفاظ على ثباتها كيميائياً عند ملامستها لمعدن الليثيوم النقي. هذا الاستقرار الكيميائي له أهمية قصوى، حيث إن الليثيوم تفاعلي للغاية لدرجة أنه في الحقيقة لا يوجد بشكله النقي في الطبيعة.

تحتوي اليوم بطاريات الليثيوم أيون على أنواع متعددة، مثل الليثيوم–كوبالت $LiCoO_2$ والليثيوم–منغنيز $LiMnO_2$ والليثيوم–فوسفات–حديد $LiFePO_4$ وغيرها، لكل منها مزايا مختلفة ويستخدم كل منها في تطبيقات محددة. ولعل أهم أنواع خلايا الليثيوم أيون تلك التي تستخدم كاثود من أكسيد الكوبالت–ليثيوم.



الشكل 4. بنية خلية الليثيوم أيون.

تعدّ خلايا أكسيد الكوبالت–ليثيوم من أكثر أنواع خلايا الليثيوم أيون شيوعاً، حيث تحتوي هذه الخلية على كاثود مصنوع من أكسيد الكوبالت–ليثيوم (الشكل 5). إن السمة الرئيسية لهذه الخلية هي كثافتها الطاقية العالية والتي تترجم إلى وقت تشغيل أطول للأجهزة المحمولة. تحتوي مادة الكاثود على 60% من الكوبالت وتمثل 50% من وزنه. نظرياً، تمتلك أكاسيد الليثيوم–كوبالت سعة طاقية عالية جداً وتبلغ 274 ملّي أمبير ساعي/غرام. إلا أن الشحن والتفريغ المتكررين لهذه الخلايا إلى أكثر من 4.35 فولت يؤديان إلى عدم استقرار كبير في البنية البلورية للأكسيد من ثمّ انخفاض كبير في السعة. ولذلك، فإن أكاسيد الكوبالت–ليثيوم التجارية لا تزيد سعاتها عن 165 ملّي أمبير ساعي/غرام فقط. من أبرز عيوب هذا النوع من الخلايا هو العمر الافتراضي المنخفض والأداء المنخفض نسبياً في درجات الحرارة المرتفعة وكذلك المنخفضة.



الشكل 5. البنية البلورية لأكسيد الكوبالت–ليثيوم.

مزايا خلايا الليثيوم أيون

تتمتع خلايا الليثيوم أيون بالطاقة العالية، حيث إن كثافتها الطاقية أعلى بحوالي الضعفين من تلك العائدة لخلايا النيكل–كادميوم وبثلاثة أضعاف خلايا الرصاص الحمضية. وهي تتميز بوزنها الخفيف ويمكن تصنيعها بحجم صغير، كما أنها تسمح بالشحن السريع إلى القدرة الكاملة؛ مما يجعل هذه البطاريات الخيار الأفضل للأجهزة المحمولة الصغيرة كالهواتف الذكية وأجهزة الكمبيوتر المحمولة وغيرها، حيث يكون انخفاض وزن المنتج أمراً مهماً. يضاف إلى ذلك أن خلايا الليثيوم أيون لها معدل تفريغ ذاتي منخفض، أقل من أنواع الخلايا الأخرى، حيث يمكن أن يختلف معدل التفريغ الذاتي من 2% إلى 8% استناداً إلى نوع خلية الليثيوم ودرجة حرارة تخزين البطارية. كما أن خلايا الليثيوم أيون لا تعاني من تأثير الذاكرة ولها دورة حياة طويلة نسبياً (حتى 2000 دورة). عملياً، لا تحتاج خلايا الليثيوم أيون إلى الصيانة، لذا يمكن تركها في الجهاز فترة طويلة من الزمن، وهو أمر مفيد على وجه الخصوص لأجهزة الإضاءة الشمسية.

عيوب خلايا الليثيوم أيون

من الناحية العملية، تحتوي بطاريات الليثيوم أيون المستخدمة حالياً في السيارات الهجينة والأجهزة الإلكترونية المحمولة على مواد قابلة للاشتعال في الهواء؛ لذا يمكن أن يؤدي التصنيع الخاطئ إلى مخاطر الانفجار. مع ضآلة هذا الخطر، إلا أنه قد يؤدي إلى خسائر مالية كبيرة جداً. فعلى سبيل المثال، تشير التقديرات إلى أن استدعاء هاتف Samsung Galaxy Note 7 الذكي في تشرين الأول عام 2016 بسبب انفجار البطاريات في البعض من هذه الأجهزة حول العالم قد كلف الشركة ما لا يقل عن 5.3 مليار دولار. في حين أن عمليات الاستعادة هذه نادرة، إلا أن هنالك مخاوف مماثلة تتعلق بالأمان في الخلايا المستخدمة في السيارات الكهربائية، فلقد دعا العديد من المستهلكين شركة تيسلا المصنعة للسيارات الكهربائية الهجينة إلى استبدال خلايا الليثيوم أيون في سياراتها بخلايا أكثر سلامة. بالإضافة إلى قابلية الاشتعال المحتملة، تتمتع خلايا الليثيوم أيون بثبات كيميائي ضعيف وتتطلب دارات حماية للحد من الجهد والتيارات وضمان سلامة أفضل. إضافة إلى أن كلفة إنتاج خلايا الليثيوم أيون مرتفعة نسبياً مما يؤدي إلى ارتفاع أسعار البيع. ومع أن سعرها ينخفض كل عام، إلا أنها لا تزال تكلف أكثر من البطاريات المنافسة. كما أنها تعاني من التقادم حتى عندما لا تكون قيد الاستخدام.

مستقبل الخلايا الكهربائية

لقد أدت ضرورة إيجاد حلول فعالة لتخزين الطاقة بالإضافة إلى الرغبة في اعتماد البنية التحتية للنقل على وقود صديق للبيئة إلى ازدهار العديد من تقنيات الخلايا الكهربائية وذلك في أعقاب التطور الكبير الذي حققته خلايا الليثيوم أيون. في الوقت الحالي، هنالك العديد من التقنيات المتنافسة، من بينها خلايا الليثيوم–كبريت والليثيوم–هواء وخلايا الصوديوم–هواء، ولا تزال جميع هذه التقنيات في طور البحث والتطوير.

بصورة عامة، لا يوجد خلايا ليثيوم واحدة يمكنها تحقيق كافة المتطلبات من حيث الأداء والسلامة والسعر، حيث إن التحسينات في كل تقنية كانت لتطبيقات محددة. فعلى سبيل المثال، إذا كانت الأولوية لسلامة النظام، فيتم استخدام خلايا من نوع الليثيوم–حديد. أما إذا كانت هناك حاجة إلى طاقة كبيرة فيجب استخدام خلايا ليثيوم–منغنيز. ومع ذلك، ومن خلال البحث المستمر والتحسين في البنية الداخلية للخلية وتقنيات التصنيع المتقدمة، أصبحت اليوم جميع بطاريات الليثيوم أفضل مما كانت عليه في وقت إصدارها الأول. يضاف إلى ذلك حتمية الاعتماد على عملية إعادة التدوير كوسيلة للحصول على المعادن اللازمة لصناعة الخلايا الكهربائية بديلاً عن استخراجها من الأرض. يأتي هذا في الوقت الذي تشير فيه التوقعات إلى أن حجم البطاريات الكهربائية منتهية الصلاحية سيرتفع إلى 1.6 مليون طن سنوياً.

حديثاً، ظهرت أبحاث تستفيد بصورة ذكية من الخصائص الطبيعية للمواد. فعلى الدوام كان إنتاج غاز الهدروجين من قبل خلايا النيكل–حديد أثناء الشحن من أكبر عيوب هذه الخلايا، وهذا أحد الأسباب الذي جعل أنواعاً أخرى من البطاريات أكثر نجاحاً وتم التخلي عن خلايا النيكل–حديد في النهاية. إلا أن أهم مميزات هذا النوع من الخلايا هي كفاءتها العالية وفترة صلاحيتها الطويلة جداً؛ حيث إن البطاريات الأصلية المصنعة من قبل شركة بطاريات توماس أديسون لا تزال تعمل حتى اليوم. كما أن الخلايا المصنعة قبل أكثر من 30

عاماً لا تزال قيد الاستخدام وتنتج مئة بالمئة من طاقتها المقدرة حتى اليوم. ومع وجود تقنية الخلايا الكهربائية وتقنية خلايا الوقود في المنافسة، لم يحاول أحد في أي وقت مضى الجمع بين الاثنتين، مع العلم أننا نحتاج إلى توليد الطاقة وتخزينها على حد سواء.

تجمع تقنية الباتوليزر battolyser بين تخزين الكهرباء وإنتاج الهدروجين في نظام واحد (الشكل 6). وللمرة الأولى، قام باحثون من جامعة ديلفت TU Delft بقيادة البروفيسور فوكو مولدر بإنتاج نظام خلية–محلل كهربائي متكامل لا يمكنه فقط تخزين الكهرباء وتوفيرها ولكنه عندما يتم شحن الخلية بالكامل، يتم استخدام أي كهرباء واردة إضافية لتوليد الهدروجين والأكسجين عبر التحليل الكهربائي. ونتيجة للأثر الإيجابي المحتمل لهذا الاختراع على نظام الطاقة المستدامة في المجال الصناعي فقد حصل الباتوليزر على جائزة الإبداع خلال مؤتمر الصناعة والطاقة لعام 2018. ووفقاً للجنة التحكيم، فإن التكامل بين بطارية فعالة ومحلل كهربائي قادر على إنتاج الهدروجين والأكسجين يجمع بين أفضل ما في عالمي إنتاج الطاقة وتخزينها. لقد حصل هذا الاختراع على تمويل من مؤسسة التكنولوجيا STW وبدعم من العديد من الشركات من أجل إنتاج نماذج صناعية من الباتوليزر. ويتوقع البروفيسور مولدر تقديم نموذج تجريبي بحجم حاوية شحن يكفي لتخزين الطاقة المنتجة من عنفة ريحية في المستقبل القريب.

الشكل 6. شكل الباتوليزر.

الخاتمة

في نهاية هذا المقال، لابد من التأكيد على الأهمية البالغة للخلايا الكهربائية في حياتنا المعاصرة. فالاستغناء عنها، يعني إلغاء الهواتف النقالة، وأجهزة الكمبيوتر المحمولة، وأجهزة التحكم والمصابيح اليدوية وغيرها الكثير.

ولما كان من الصعب الإحاطة بكافة الجوانب المتعلقة بالخلايا الكهربائية في مقال واحد، فإننا نأمل أن نكون قد استطعنا التفصيل ولو بشكل جزئي ومبسط في أهم أنواع الخلايا المستخدمة اليوم. وأن يكون هذا المقال نقطة بدء للوصول إلى معرفة أكثر عمقاً عن الخلايا الكهربائية.

المراجع

- Arthur (2016). Battery types used in portable and solar lighting. Available at: www.ledwatcher.com/battery-types-used-in-portable-and-solar-lighting. (accessed 25 Nov 2019).

- Crompton TR (2000). Battery Reference Book (3ed edition). Newnes, Oxford.

- Lu L, Han X, Jianqiu L et al. (2013). A review on the key issues for lithium-ion battery management in electric vehicles. Journal of Power Sources 226: 272–288.

- Mulder FM, Weninger BMH, Middelkoop J et al. (2017). Efficient electricity storage with a battolyser, an integrated Ni–Fe battery and electrolyser. Energy and Environmental Science 10(3): 756-764.

- Nitta N, Wu F, Lee JT et al. (2015). Li-ion battery materials: present and future. Materials Today 18(5): 252-264.

- Wood DL, Li J, Daniel C (2015). Prospects for reducing the processing cost of lithium ion batteries. Journal of Power Sources 275: 234-242.

- Zhang SS (2006). A review on electrolyte additives for lithium-ion batteries. Journal of Power Sources 162(2): 1379-1394.

تأليف: **د. باسم عصفور**، قسم الكيمياء، هيئة الطاقة الذرّية السورية.

النظام الدولي للمعلومات النووية "إينيس"

International Nuclear Information System (INIS)

ما هو نظام إينيس INIS؟

يعد نظام إينيس قاعدة البيانات الرائدة وربما الأفضل في مجال التطبيقات السلمية للعلوم والتقانة النووية. ويتألف الاختصار INIS من الحروف الأولى لكلمات "النظام الدولي للمعلومات النووية" International Nuclear Information System، وقد تم استبدال كلمة system بالشبكة للتسمية العربية مع المحافظة على الاختصار بالإنكليزية INIS، ويدار هذا النظام من قبل الوكالة الدولية للطاقة الذرية IAEA في فيينا – النمسا بالتعاون مع الدول الأعضاء فيها والمنظمات الدولية المتعاونة معها. والوكالة الدولية للطاقة الذرية IAEA هي منظمة مستقلة من الأمم المتحدة، وتقسم إلى عدة أقسام، وتتبع وحدة إينيس INIS unit فيها قسم الطاقة النووية، ومع اتساع مهام نظام إينيس في 2010، تم تغيير اسم الوحدة إلى «وحدة إينيس وإدارة المعرفة النووية» التي تقسم إلى عدد من المجموعات والوحدات تحت ما يُسمّى «مجموعة الاتصال وبناء القدرات» التي تشمل:

1. مجموعة دعم النظام وتطويره.
2. وحدة إينيس وإدارة المعرفة النووية.
3. مجموعة إنتاج قاعدة البيانات وتطويرها.
4. مجموعة صيانة المعرفة.
5. مجموعة حفظ المعرفة.

1-1 تاريخ نظام إينيس

تعود فكرة تأسيس نظام إينيس إلى عام 1965 عندما قامت الوكالة الدولية للطاقة الذرية IAEA –تماشياً منها مع التزاماتها المنصوص عليها في نظامها الأساسي بتشجيع تبادل المعلومات النووية بين أعضائها– بدعوة عدد من المستشارين من الاتحاد السوفيتي (سابقاً) والولايات المتحدة الأمريكية لوضع مخطط نظام معلومات تغطي الإنتاج الفكري المتزايد عن الاستعمالات السلمية للطاقة النووية.

وقد اقترح هؤلاء المستشارون إقامة نظام تعاوني لامركزي يعمل على تقديم المعلومات اللازمة للدول التي تقع على مستويات مختلفة من حيث التطور والخلفيات والتقاليد المتبعة في طرائق تداول المعلومات وتقنياتها. وبناءً على ذلك، قامت الوكالة الدولية للطاقة الذرية بتقديم الاقتراحات التي وضعها المستشارون إلى عدد من الهيئات الدولية ذات الخبرة لمناقشتها والتوسع بها بغية وضع تصميم تفصيلي للنظام. وقد أقر مجلس محافظي الوكالة الدولية للطاقة الذرية في شباط 1969 إقامة نظام إينيس، وكانت باكورة الإنتاج الأولى الدورية المطبوعة المسماة «الفهرس الذري» INIS atomindex وأشرطة حاسوبية مرافقة له في نيسان 1970.

2-1 ماذا يقدم نظام إينيس؟

يقدم خدمة مرجعية إعلامية شاملة عن الإنتاج الفكري الدولي المتعلق بمجال العلوم والتقنيات النووية، ولتحقيق هذا الهدف يعمل النظام على معالجة معظم الإنتاج العلمي التقني في العالم المتعلق بالموضوعات التي تقع ضمن نطاق اختصاصها.

وقد جرى تحديد نطاق هذه الموضوعات لتستجيب لاحتياجات المجتمع الدولي من المعلومات التي تقع ضمن نطاق أنشطة الوكالة الدولية للطاقة الذرية واهتماماتها الخاصة بالاستعمالات السلمية للعلوم والتقانة النووية.

3-1 الموضوعات التي يغطيها نظام إينيس

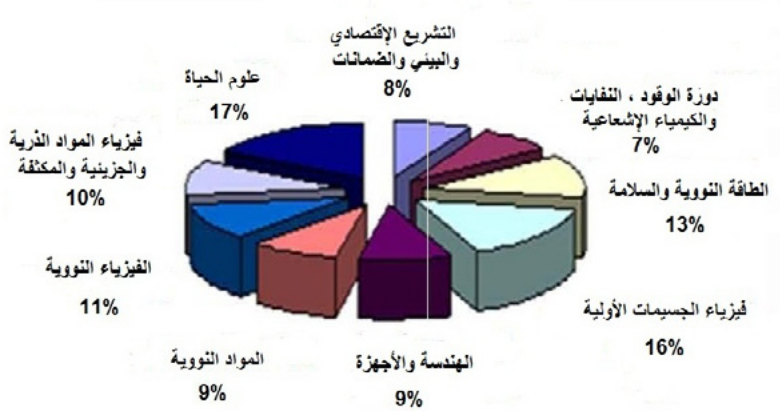
يغطي نظام إينيس مجموعة واسعة من الموضوعات في مجالات واهتمامات الوكالة الدولية للطاقة الذرية وأنشطتها في مجال التطبيقات السلمية للعلوم والتقانة النووية، وهي:

1-3-1 الجوانب النووية في الفيزياء، وتشمل:

- فيزياء البلازما والاندماج النووي.
- الفيزياء الذرية والجزيئية.
- الفيزياء النووية.
- فيزياء الجسيمات الأولية.
- فيزياء المادة المكثفة.
- الميكانيكا التقليدية والكمية.

2-3-1 الجوانب النووية في الكيمياء، وتشمل:

- الكيمياء الإشعاعية.
- الكيمياء النووية.
- الكيمياء الراديوية.
- كيمياء طرائق التحليل النووية.



3-3-1 التطبيقات النووية، وتشمل:

- مصادر الإشعاع وإنتاج النظائر المشعة.

- التطبيقات الصناعية للنظائر المشعة ومصادر الإشعاع.
- الإشعاع والنظائر المشعة في علوم الأرض.
- الإشعاع والنظائر المشعة في الزراعة وعلم الأحياء والطب.
- الوقاية من الإشعاع.

4-3-1 الطاقة النووية، وتشمل:

- المفاعلات الانشطارية.
- دورة الوقود النووي.
- إدارة النفايات المشعة.
- الهندسة وتجهيزاتها النووية.

5-3-1 الضمانات وعدم انتشار الأسلحة النووية.

6-3-1 المواد ذات العلاقة بالنشاط النووي.

7-3-1 الأمان النووي.

8-3-1 المظاهر البيئية لمصادر الطاقة النووية (وغير النووية منذ عام 1992).

9-3-1 المظاهر الاقتصادية لمصادر الطاقة النووية (وغير النووية منذ عام 1992).

4-1 فلسفة عمل نظام إينيس وسياسته

يعمل نظام إينيس على التعاون الدولي؛ فهو نظام المعلومات الدولي الأول الذي تجري فيه عملية تجميع المدخلات وتوزيع المخرجات للمستفيدين لامركزياً. أما معالجة البيانات وإنتاج المخرجات فهما العمليتان الوحيدتان اللتان تجريان دون سواهما مركزياً في سكرتارية النظام. وقد تم اختيار أسلوب اللامركزية في إعداد المدخلات وتوزيع المخرجات لأنه يؤمن تغطية أشمل للإنتاج الفكري العلمي، ولأنه أكثر الأساليب فعالية في معالجة المعلومات من لغات الدول والمنظمات الأعضاء المختلفة إلى اللغة الإنكليزية (لغة نظام إينيس).

ومن علامات نجاح سياسة عمل نظام إينيس نذكر مايلي:

1-4-1 احتواء القاعدة على أكثر من أربعة ملايين ومئتي ألف تسجيلة record حتى 1 كانون الأول 2019.

2-4-1 النمو السنوي للتسجيلات records بمعدل 90000–100000 تسجيلة.

3-4-1 وجود مجموعة من الإنتاج الفكري غير التقليدي ضمن القاعدة Non–Conventional Literature ويرمز لها NCL، تتألف من التقارير العلمية والأطروحات وبراءات الاختراع وغير ذلك ليقارب عددها المليون وثيقة document موثقة بصيغة ملف PDF مرفق مع الوصف الببليوغرافي للوثيقة على صفحة النظام ضمن موقع الوكالة الدولية للطاقة الذرية.

4-4-1 الاستعمال العالمي لمنتجات نظام إينيس حسب عدد الدول والمنظمات الأعضاء الذي يبلغ 154 عضواً.

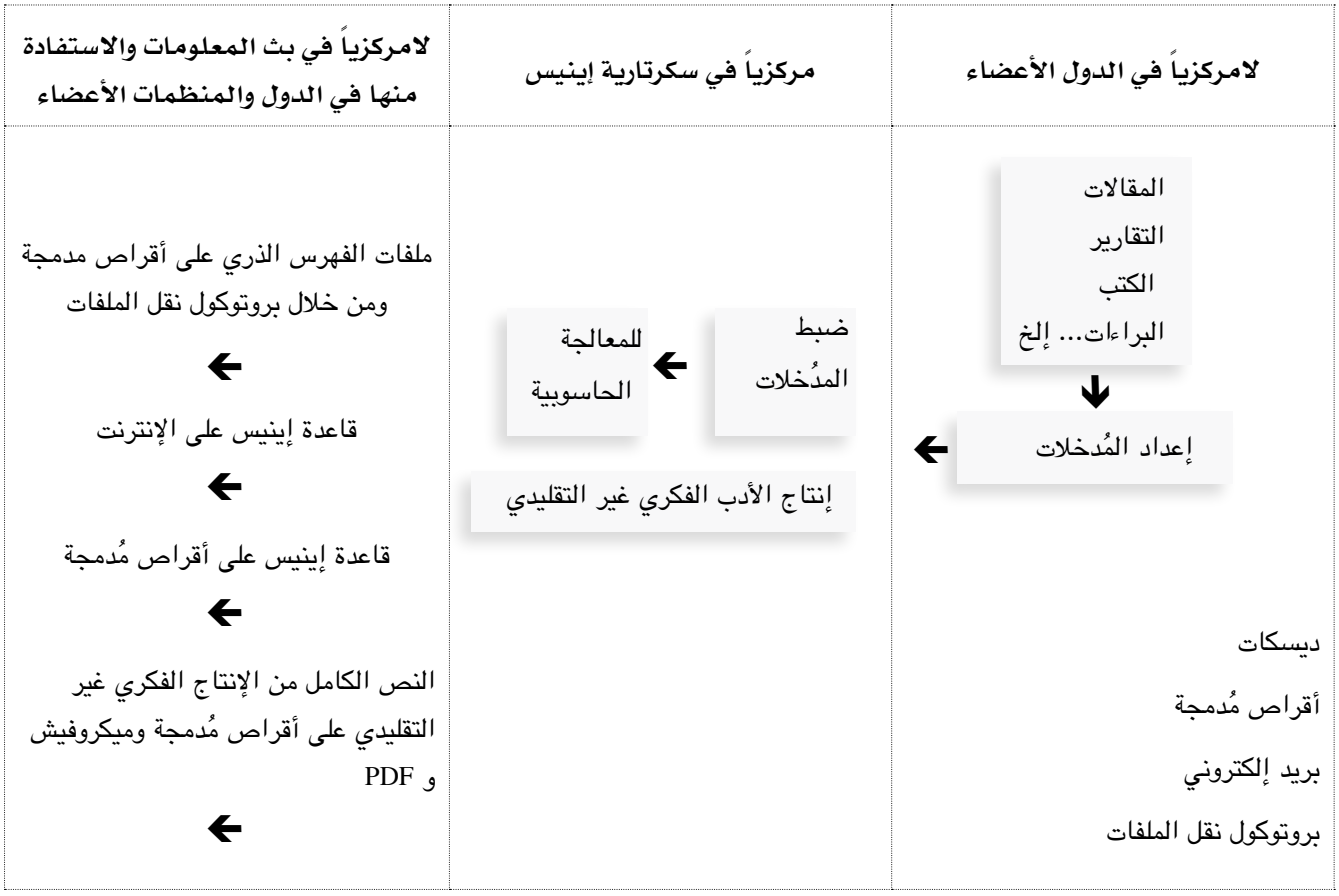
5-1 كيف يعمل نظام إينيس؟

يزود نظام إينيس بالخدمات المرجعية للإنتاج الفكري في مجال التطبيقات السلمية للعلوم والتقانة النووية، ويعمل هذا النظام على معالجة أغلب الإنتاج الفكري العلمي والتقني من خلال قاعدة بيانات تشمل نحو 4.200.000 تسجيلة ببليوغرافية لغاية كانون الأول 2019؛ مما يجعل النظام أشمل مصدر للمعلومات في مجال التطبيقات السلمية للعلوم والتقانة النووية.

إن قاعدة بيانات إينيس كقاعدة ببليوغرافية تجمع من المعطيات المرسلة من الدول والمنظمات الأعضاء التي يبلغ عددها 130 دولة (الملحق 1) و 24 منظمة دولية (الملحق 2) لغاية كانون الأول 2019، وكل التسجيلات الببليوغرافية الموجودة تم اختيارها وتكشيفها indexing وإعداد الملخصات abstracts لها باللغة الإنكليزية حسب قواعد ومعايير متفق عليها من قبل سكرتارية نظام إينيس.

ويمتلك نظام إينيس مجموعة مميزة من النصوص الكاملة full texts للإنتاج الفكري غير التقليدي NCL الذي لا يمكن تأمينه تجارياً بسهولة مثل التقارير العلمية والأطروحات وبراءات الاختراع وغير ذلك، وهذا لا يوجد في كثير من قواعد البيانات الأخرى.

إن التعاون الدولي هو من الخصائص الرئيسية المميزة لنظام إينيس وهو يجعل منه نظاماً مهماً وقيماً، وهو يعمل وفق الشكل الآتي:



6-1 إعداد المدخلات ومعالجتها

لعل أهمّ واحدة من مهمّات المركز الوطني لنظام إينيس هي اختيار الوثائق التي تقع ضمن اهتمام إينيس والتي تنشر داخل البلد أو المنظمة العضو وإعداد مدخلات لها حسب قواعد ومعايير إينيس باستعمال البرنامج الحاسوبي الخاص بإعداد المدخلات المسمى Win FIBRE ويتم إرسالها وفق إدارة مدخلات إينيس INIS input management «IMGM» المعتمدة حالياً عبر الإنترنت.

ويدقّق الوصف الببليوغرافي عند وصول المدخلات إلى سكرتارية إينيس وفق برنامج خاص، وتحدد الأخطاء وتصحح من قبل اختصاصيين لديهم، كما يتم تدقيق التكشيف الموضوعي والمستخلصات بتطبيق أنظمة خبيرة، وترسل التصحيحات والتعليقات أو الملاحظات إلى المراكز الوطنية لأخذ العلم وعدم تكرار الخطأ في المرات القادمة، وفي نهاية كل دورة معالجة وتدقيق يتم إخراج ملفات جاهزة تضاف إلى قاعدة بيانات إينيس عبر الإنترنت على الموقع التالي: https://www.iaea.org/inis/.

ويمكن تلخيص مراحل إعداد المدخلات في المركز الوطني في سورية بالمراحل الآتية:

1-6-1 اختيار الوثائق والمطبوعات السورية التي تقع ضمن مجال اهتمام نظام إينيس وذلك بمتابعة الدوريات العلمية لمراكز البحوث العلمية والجامعات وما تتضمن من نشاطات من خلال المؤتمرات والندوات العلمية ذات العلاقة.

2-6-1 إعداد الوصف الببليوغرافي حسب قواعد ومعايير نظام إينيس.

3-6-1 إعداد التحليل الموضوعي لتحديد تصنيف الموضوع (الملحق 3) والمواصفات الضرورية اعتماداً على «مكنز إينيس للمصطلحات العلمية».

4-6-1 إعداد المدخلات باستعمال برنامج Win FIBRE.

5-6-1 إرسال المدخلات وفق برنامج إدارة مدخلات إينيس IMGM إلى سكرتارية النظام عبر الإنترنت.

6-6-1 إرسال النصوص الكاملة للأدب الفكري غير التقليدي بصيغة PDF لنظام إينيس.

7-1 منتجات وخدمات نظام إينيس

تشمل منتجات وخدمات نظام إينيس ما يلي:

1-7-1 قاعدة بيانات إينيس من خلال الإنترنت

إن هذه القاعدة متاحة مجاناً من خلال الإنترنت لكافة المستفيدين من الدول والمنظمات الدولية الأعضاء على الموقع: http://inis.iaea.org/search؛ حيث تشتمل على أكثر من 4.2 مليون تسجيلة ببليوغرافية وملخص باللغة الإنكليزية وهي تحدّث أسبوعياً بمعدل زيادة سنوية ما بين 90.000–100.000 تسجيلة وفق الشكل التالي:

1–7–2 خدمات الويب **web services** لنظام إينيس

تقدم صفحة نظام إينيس عبر صفحتها في الإنترنت https://www.iaea.org/inis/ العديد من الخدمات التفاعلية على نحو واضح وشامل وفق الشكل التالي:

1–7–3 سلسلة مطبوعات نظام إينيس المرجعية

تشمل جميع المنشورات ذات الصلة بقواعد إعداد مدخلات قاعدة بيانات إينيس وهي متوافرة ضمن الخدمات عبر صفحة الويب السابقة.

1–7–4 التسويق والترويج لنظام إينيس

إن أعضاء نظام إينيس هم المسؤولون عن عملية التسويق والترويج لخدمات ومنتجات إينيس داخل حدودهم الوطنية أو داخل منظماتهم إذا كانت كيانات دولية، وتساعد أمانة السر في هذا الصدد من خلال توزيع المواد الدعائية العامة عن النظام وقاعدة بياناتها والنصوص الكاملة للإنتاج الفكري غير التقليدي NCL. وتشمل هذه المواد الدعائية:

– كراساً تعريفياً لنظام إينيس.

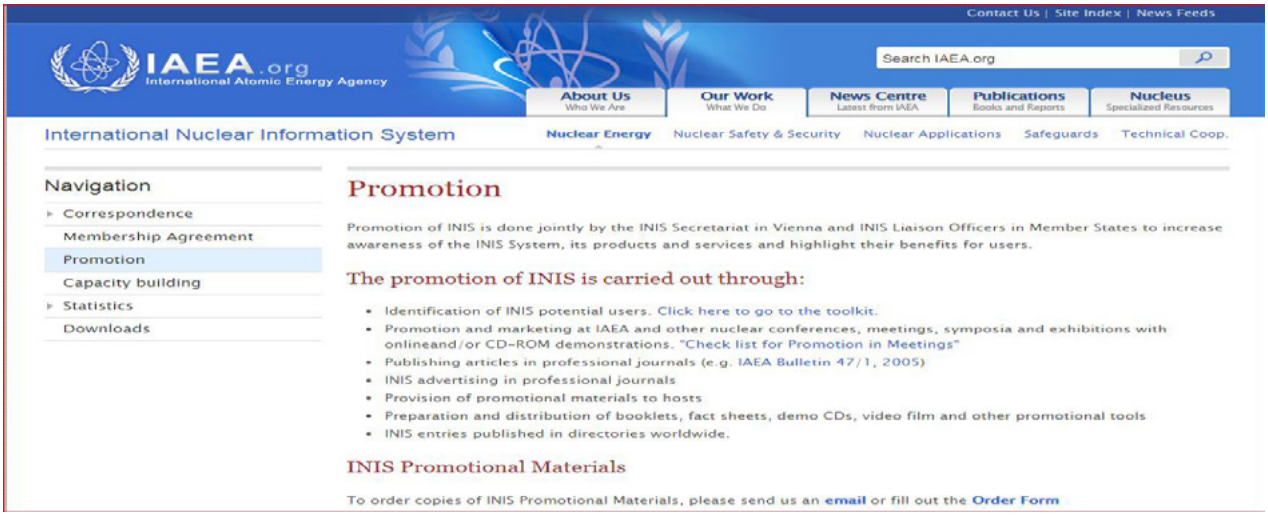
– التقرير السنوي لنظام إينيس.

– فيلم فيديو DVD لعمل نظام إينيس.

– البروشورات والبوسترات ... إلخ.

يستعمل أعضاء إينيس هذه الأدوات في المناسبات المختلفة كالندوات والمؤتمرات العلمية المختلفة لمراكز البحوث والجامعات لتقديم المعلومات عن النظام وقاعدة بياناتها وإمكاناتها للمستعملين المحتملين، ومساعدة المستعملين الحاليين على تطوير مهاراتهم في البحث واسترجاع المعلومات.

وتتاح كل المواد الترويجية لنظام إينيس لدى الدول والمنظمات الأعضاء مجاناً عبر موقعه الإلكتروني كما في الشكل التالي:



1–7–5 برنامج تدريب نظام إينيس

يعد التدريب خدمة من ضمن الخدمات التي تقدمها سكرتارية إينيس؛ إذ يجري التدريب على كافة المظاهر المتعلقة بإعداد المدخلات الخاصة بإينيس كاختيار المطبوعة والوصف الببليوغرافي والتحليل الموضوعي والاسترجاع والترويج للنظام. وقد كان التدريب حتى عام 1996 يتحقق من خلال دورات تدريبية وزيارات علمية، ولكن تم الانتقال إلى مرحلة متقدمة من التدريب مع بداية عام 1997 وذلك بإعداد برامج تدريبية تعمل من خلال الحواسب الشخصية، وأمكن تأمينها من خلال أقراص مدمجة وزعت على المراكز الوطنية.

وقد ذهب نظام إينيس إلى مرحلة أخرى متطورة في التدريب في عام 2000؛ حيث قامت سكرتارية إينيس بوضع برنامج تدريبي خاص من خلال نظام الإنترنت يدعى «برنامج إينيس للتعليم عن بعد». وقد صمم هذا البرنامج التدريبي ليحقق الأهداف الآتية:

- تأسيس البنية التحتية للمعلوماتية وتحسينها.
- نقل تقانة المعلومات الحديثة.
- تقوية روابط تبادل المعلومات العلمية والتقنية.
- التغطية النوعية والشاملة لقاعدة بيانات إينيس.
- زيادة الاستفادة من منتجات إينيس إلى الحد الأقصى.
- تحقيق رغبات كل بلد واحتياجاته.

ومازال البرنامج التدريبي لنظام إينيس إلى يومنا هذا يتألف مما يلي:

- الندوات التدريبية.
- برنامج التدريب عن بعد.
- التدريب من خلال برامج التعاون الفني والتقني Technical Cooperation.
- التدريب الإقليمي.
- الزيارات العلمية.

8-1 العضوية في نظام إينيس

إن العضوية في نظام إينيس مفتوحة أمام الدول الأعضاء في الوكالة الدولية للطاقة الذرية ومنظمات الأمم المتحدة والمنظمات الحكومية. وجه المدير العام للوكالة منذ عام 1969 دعوة مفتوحة لجميع الأعضاء المحتمل انضمامهم لنظام إينيس والبالغ حتى تاريخ إصدار هذه الدراسة 154 عضواً كما تم تفصيل ذلك في الملحق 1 و2، والجمهورية العربية السورية هي إحدى الدول الأعضاء الفاعلة في نظام إينيس منذ عام 1980 حتى الآن عبر المركز الوطني لنظام إينيس ومقره هيئة الطاقة الذرية السورية SAEC.

ويجري الانضمام إلى نظام إينيس عن طريق تقديم طلب رسمي من قبل السلطة المختصة إلى المدير العام للوكالة الدولية للطاقة الذرية، يتم الإعراب فيه عن رغبتها في الاشتراك في النظام آخذة على عاتقها مسؤولية تزويد النظام بالمدخلات الوطنية على نحو منتظم. ويمثل كل عضو في نظام إينيس ضابط اتصالliaison officer يعيّن رسمياً من قبل السلطة الوطنية فيما يتعلق بالدول، ومن قبل الرئيس التنفيذي فيما يتعلق بالمنظمات الدولية.

يؤدي ضابط الاتصال دوراً مهماً وأساسياً في إنجاح متطلبات النظام، فهو المسؤول عن تنظيم جمع المعلومات وتحضير مدخلات الإنتاج العلمي الوطني الذي يقع ضمن اهتمامات إينيس على مستوى الدولة أو المنظمة الدولية، كما أنه مسؤول عن عملية توزيع منتجات إينيس من خلال خدمات المعلومات والتشجيع والترويج لاستعمالها. ويقوم ضباط الاتصال بتزويد سكرتارية إينيس بالمشورة فيما يتعلق بالمسائل المرتبطة بإدارة النظام وتشغيله وتطويره من خلال الاجتماعات الاستشارية الدورية لضباط الاتصال الأعضاء.

9-1 المركز الوطني لنظام إينيس في الجمهورية العربية السورية

تأسس المركز الوطني لنظام إينيس في عام 1980، وهو يتحمل مسؤولية تزويد سكرتارية إينيس بالمدخلات الخاصة بالإنتاج الفكري الذي يقع ضمن اهتمامات إينيس في بلده، ويوجد في سورية مركز وطني يتبع لهيئة الطاقة الذرية يعد من المراكز النشطة في المنطقة العربية والإقليمية تم اعتماده أخيراً كمركز إقليمي لدول غرب آسيا وشمال إفريقيا يقدم الخبرة والخدمات للدول الأعضاء فيها، كما يقدم المركز خدمات البحث في قاعدة بيانات النظام من خلال الإنترنت مجاناً. فضلاً عن تقديم نسخ من الإنتاج الفكري اللاتقليديNCL متوافرة على القاعدة بصيغة PDF.

ويوجد في المركز عناصر مؤهلة ولديها خبرات واسعة في مجال إعداد المدخلات وتقديم الخدمات والتدريب في مجال نظام إينيس.

إن معظم المدخلات الوطنية هي من الدورية الرئيسية «عالم الذرة» التي تنشرها هيئة الطاقة الذرية السورية، وكذلك التقارير البحثية والمكتبية والخدمية التي تصدر عن الأقسام العلمية بالهيئة وتقع في مجال اهتمام إينيس، فضلاً عن ذلك يتم تغطية الدوريات الصادرة من الجامعات السورية، ومن أهمها مجلة جامعة دمشق للعلوم الأساسية حيث تمت تغطيتها منذ عام 2000 حتى هذا التاريخ بما يوافق ورقاتها العلمية اهتمامات الوكالة الدولية للطاقة الذرية والموضوعات التي يغطيها نظام إينيس في التطبيقات السلمية للطاقة الذرية إلى جانب المؤتمرات والندوات ذات العلاقة ولاسيما أسبوع العلم الذي كان يعقد سنوياً. ويؤمن المركز أيضاً الاتصال بقاعدة بيانات إينيس من خلال الإنترنت http://inis.iaea.org/search/ للباحثين في الجامعات ومراكز البحوث مجاناً، وتتلخص مهام ومسؤوليات المركز الوطني بالآتي:

1–9–1 مهام ومسؤوليات المركز الوطني لنظام إينيس

– اختيار الوثائق ذات العلاقة بالإنتاج الفكري ذي العلاقة باهتمام النظام المنشور في سورية.

– إعداد مدخلات لهذه الوثائق حسب قواعد النظام ومعاييره وإرسالها إلى سكرتارية قسم إينيس وإدارة المعرفة النووية في الوكالة الدولية للطاقة الذرية للمعالجة.

– إرسال نسخة من الإنتاج الفكري غير التقليدي NCL إلكترونياً بصيغةPDF إلى سكرتارية النظام.

– تزويد المستعملين في سورية بمنتجات إينيس المختلفة وخدماته.

– المشاركة في تزويد قسم إينيس وإدارة المعرفة النووية بالنصائح والتوصيات التي تساهم في تحسين منتجات وخدمات إينيس وتطويرها.

– تحديد وتعريف مصادر المعرفة النووية في سورية ومتابعتها لتوثيقها في النظام.

– تدريب المستفيدين والعاملين في مجال إينيس بشكل دوري.

1–9–2 نشاطات التدريب في المركز الوطني لنظام إينيس

يقوم المركز الوطني في الجمهورية العربية السورية بتدريب المستفيدين والعاملين في إينيس، ويعد من المراكز المميزة في التدريب على المستوى العربي والإقليمي؛ حيث تم تدريب 14 متدرباً حتى الآن من دول: لبنان والسودان واليمن ومصر وقطر وليبيا وطاجكستان ونيجيريا وأذربيجان، كما تم عقد ورشة عمل إقليمية في مجال أنظمة المعلومات النووية في دمشق من 17–1996/11/21، ودورة تدريبية إقليمية في دمشق أيضاً من 26–2006/11/30 بالتعاون بين هيئة الطاقة الذرية السورية والوكالة الدولية للطاقة الذرية. فضلاً عن ذلك، قام عناصر من المركز الوطني بتدريب العاملين لمركز إينيس في السودان، وكما تمت المساعدة في إنشاء مركز معلومات نووية وتدريب العاملين في طاجكستان وتنزانيا على إدارته، إضافة إلى تدريب العاملين الجدد في مركز إينيس الوطني.

1–9–3 نشاطات الترجمة بالمركز الوطني لنظام إينيس

عمل المركز الوطني بالتعاون مع دائرة الترجمة في هيئة الطاقة الذرية والوكالة الدولية للطاقة الذرية بترجمة بعض الكتيبات الخاصة لنظام إينيس إلى اللغة العربية، فقد ترجم الكتيب المعروف بعنوان «عرض لنظام إينيس» presenting INIS إلى اللغة العربية. كما تمت ترجمة مكنز إينيس المؤلف من أكثر من 33.000 مصطلح أجنبي إلى اللغة العربية، ومازال المركز متابعاً للتحديثات حتى هذا التاريخ، وقد ترجمت أخيراً واجهة interface تطبيق قاعدة بيانات نظام إينيس إلى اللغة العربية بالإضافة إلى دليل استخدام هذه القاعدة.

وقد كانت هذه الأعمال طوعية كمساهمة من هيئة الطاقة الذرية السورية لدعم قسم إينيس وإدارة المعرفة النووية في الوكالة الدولية للطاقة الذرية بهذه الأدوات التي تساهم دون شك في نشر المعلومات النووية وتبادلها بين الباحثين والعلماء في الدول العربية، ضمن استجابة نظام إينيس لحاجات المجتمع الدولي من المعلومات النووية عن طريق تأمين خدمة معلومات شاملة بأسلوب لامركزي في مجال اهتمام الوكالة الدولية للطاقة الذرية ونشاطاتها.

المراجع

- IAEA-INIS, International Nuclear Information System (INIS), Vienna, 2000.
- IAEA-INIS, Presenting INIS, Vienna, 1992.
- International Nuclear Information System (INIS 2019), Available at: https://www.iaea.org/resources/databases/inis (accessed 10 Dec 2019).
- Ivan S, Zheludev Hans W. (1977). The International Nuclear Information System. IAEA Bulletin. Available at: https://www.iaea.org/sites/default/files/publications/magazines/bulletin/bull20-4/20405060717.pdf (accessed 10 Dec 2019).

الملحق 1. الدول الأعضاء في إينيس (لغاية 1 كانون الأول 2019).

AFGHANISTAN
ALBANIA
ALGERIA
ARGENTINA
ARMENIA
AUSTRALIA
AUSTRIA
AZERBAIJAN
BANGLADESH
BELARUS
BELGIUM
BENIN
BOLIVIA
BOTSWANA, REPUBLIC OF
BOSNIA AND HERZOGOVINA
BRAZIL
BULGARIA
BURKINA FASO
BURUNDI
CAMEROON
CANADA
CENTRAL
AFRICAN
REPUBLIC
CHILE
CHAD
CHINA
COLOMBIA
COSTA RICA
CÔTE D'IVOIRE
CROATIA
CUBA
CYPRUS
CZECH REPUBLIC
DEMOCRATIC REPUBLIC OF
THE CONGO
DENMARK
ECUADOR
EGYPT
EL SALVADOR
ESTONIA
ETHIOPIA
GABON
FINLAND
FRANCEGEORGIA
GERMANY
GHANA
GREECE
GUATEMALA
HAITI
HUNGARY
INDIA
INDONESIA
IRAN, ISLAMIC REPUBLIC OF
IRAQ
IRELAND
ISRAEL
ITALY
JAPAN
JORDAN
KAZAKHSTAN
KENYA
KOREA, REPUBLIC OF
KUWAIT
KYRGYZSTAN
LATVIA
LEBANON
LIBYA
LITHUANIA LUXEMBOURG
MADAGASCAR
MALAYSIA
MALI
MAURITANIA
MAURITIUS
MEXICO
MONGOLIA
MOROCCO
MOZAMBIQUE
MYANMAR
NAMIBIA
NETHERLANDS
NEW ZEALAND
NICARAGUA
NIGER
NIGERIA
NORWAY
OMAN
PAKISTAN
PANAMA
PARAGUAY
PERU
PHILIPPINES
POLAND
PORTUGAL
QATAR
REPUBLIC OF MOLDOVA
ROMANIA
RUSSIAN FEDERATION
SAUDI ARABIA
SENEGAL
SERBIA
SEYCHELLES
SIERRA LEONE
SINGAPORE
SLOVAKIA
SLOVENIA
SOUTH AFRICA
SPAIN
SRI LANKA
SUDAN
SWEDEN
SWITZERLAND
SYRIAN ARAB REPUBLIC
TAJIKISTAN, REPUBLIC OF
THAILAND
THE FORMER YUGOSLAV
REP. OF MACEDONIA
TUNISIA
TURKEY
UGANDA
UKRAINE
UNITED ARAB EMIRATES
UNITED KINGDOM
UNITED REPUBLIC OF
TANZANIA
UNITED STATES OF
AMERICA
URUGUAY
UZBEKISTAN
VENEZUELA
VIETNAM
YEMEN
ZAMBIA

الملحق 2. المنظمات الدولية الأعضاء في إينيس (لغاية 1 كانون الأول 2019).

African Union (AU)

Arab Atomic Energy Agency (AAEA)

Brazilian–Argentine Agency for Accounting and Control of Nuclear Materials (ABACC)

European Commission (EC)

European Organization for Nuclear Research (CERN)

Food and Agricultural Organization of the United Nations (FAO)

International Atomic Energy Agency (IAEA)

International Centre for Scientific and Technical Information (ICSTI)

International Commission on Radiological Protection (ICRP)

International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA)

International Organization for Standardization (ISO)

Joint Institute for Nuclear Research (JINR)

Middle Eastern Radioisotope Centre for the Arab Countries (MERRCAC)

OECD/Nuclear Energy Agency (NEA)

Provisional Technical Secretariat of the Preparatory Commission for the Comprehensive Nuclear–Test–Ban Treaty Organization (CTBTO)

Synchrotron–light for Experimental Science and Applications in the Middle East (SESAME)

United Nations Industrial Development Organization (UNIDO)

United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR)

World Council of Nuclear Workers (WONUC)

World Energy Council (WEC)

World Health Organization (WHO)

World Meteorological Organization (WMO)

World Nuclear Assosiation (WNA)

World Nuclear University (WNU)

الملحق 3. تصنيف موضوعات إينيس

S01 - Coal, lignite, and peat
S02 - Petroleum
S03 - Natural gas
S04 - Oil shales and tar sands
S07 - Isotopes and radiation sources
S08 - Hydrogen
S09 - Biomass fuels
S10 - Synthetic fuels
S11 - Nuclear fuel cycle and fuel materials
S12 - Management of radioactive wastes, and non-radioactive wastes
S13 - Hydro energy
S14 - Solar energy
S15 - Geothermal energy
S16 - Tidal and wave power
S17 - Wind energy
S20 - Fossil fueled power plants
S21 - Specific nuclear reactors and associated plants
S22 - General studies of nuclear reactors
S24 - Power transmission and distribution
S25 - Energy storage
S29 - Energy planning, policy and economy
S30 - Direct energy conversion
S32 - Energy conservation, consumption, and utilization
S33 - Advanced propulsion systems
S36 - Materials science
S37 - Inorganic, organic, physical and analytical chemistry
S38 - Radiation chemistry, radio chemistry and nuclear chemistry
S42 - Engineering
S43 - Particle accelerators
S46 - Instrumentation related to nuclear science and technology
S47 - Other instrumentation
S54 - Environmental sciences
S58 - Geosciences
S60 - Applied life sciences
S61 - Radiation protection and dosimetry
S62 - Radiology and nuclear medicine
S63 - Radiation, thermal, and other environmental pollutant effects on living organisms and biological materials
S70 - Plasma physics and fusion technology
S71 - Classical and quantum mechanics, general physics

S72 - Physics of elementary particles and fields

S73 - Nuclear physics and radiation physics

S74 - Atomic and molecular physics

S75 - Condensed matter physics, superconductivity and superfluidity

S77 - Nano science and nanotechnology

S79 - Astrophysics, cosmology and astronomy

S96 - Knowledge management and preservation

S97 - Mathematical methods and computing

S98 - Nuclear disarmament, safeguards and physical protection

S99 - General and miscellaneous

تأليف: **ناظم سخيطة**، قسم الخدمات العلمية، هيئة الطاقة الذرّية السورية.

الطاقة الحركية الدورانية للأرض -
هل هي قابلة للاستعمال؟

تعدّ الأرض بكتلتها الكبيرة وبدورانها مدّخرة كبيرة للطاقة الحركية، حيث ملايين ملايين الأطنان من الصخور التي تتحرك بشكل دوري هي أقرب ما يمكن أن نفكر بها كمصدر طاقي غير محدود. فربما جرى شحن هذه المدخرة الكوكبية أثناء تشكل كوكبنا ويمكن أن تستهلك بعد زمن طويل جداً. وفي حال تمت الاستفادة من الطاقة الحركية الدورانية للأرض، عندها تكون هذه الطاقة في المرتبة الثانية بعد المصدر الطاقي للشمس. فالمد والجزر بسبب القمر استنزفا جزءاً من هذه الطاقة خلال زمن طويل جداً. ويمكن استجرار طاقة مجانية بطريقة مفيدة من الطاقة الحركية الدورانية للأرض وهي ليست كما تبدو مسألة بالغة التعقيد؛ فمسألة استجرار طاقة من الطاقة الحركية الدورانية للأرض دون شك ممكنة وهذا ما أثبت منذ عام 1851.

الكلمات المفتاحية:

الطاقة الحركية الدورانية للأرض، مصادر الطاقات البديلة، ليون فوكو 1851، الأرض مدخرة كبيرة للطاقة الحركية، استجرار طاقة مجانية من الطاقة الحركية الدورانية للأرض.

المحتوى

أصبحت الطاقة واحدة من أهم الأساسيات المستهلكة في عالمنا. ولا نزال حتى يومنا هذا نستعمل طاقة النفط المجانية التي استغرق تكوينها ملايين السنين. ويمتاز النفط بكثافة طاقية عالية؛ فعند ملء خزان الوقود لسيارة اقتصادية متوسطة الوزن وزنها بحدود 1400 كيلوغرام بالوقود يكفي لتسييرها مسافة 1400 كيلومتر أو 850 ميلاً.

وحتى الآن نقوم بتعبئة خزانات السيارات والطائرات بالنفط خفيف الوزن للقيام بتنقلاتنا، وليس لدينا محركات رخيصة لإنتاج طاقة بديلة رخيصة كما هو الحال في السيارات ذات الطاقة النوعية العالية التي تسير على النفط، فالسيارة التي قدرتها 80 حصاناً تعادل قدرة تساوي تقريباً 60 كيلوواط. ومن مساوئ المحركات التي تعمل على النفط أنها ملوثة للبيئة، لكننا لا نعرف حتى الآن إلى أي مدى يمكننا أن نذهب في صنع محركات أقل تلويثاً، وعموماً، يعدّ النفط مع ذلك شيئاً رائعاً.

كما أن القلة المسيطرة على استخراج النفط تتحكم بطريقة مزعجة بحاجة الدول المستهلكة له، وبكل الأحوال نحن مقبلون على نفاذ النفط، وباتت الحاجة إلى مصادر طاقة بديلة أمراً واضحاً وملحاً. ونشير هنا إلى بعض الطاقات البديلة المكتشفة حتى الآن وخصائصها ومن أهمها:

- الخلايا الضوئية الشمسية: كثافة طاقتها منخفضة وتكلفة تجهيزها مرتفعة، وتقدم طاقة نظيفة دون أي تلوث أو ضوضاء، وتكاليف صيانتها مهملة، وتنتج بشكل مباشر أفضل أنواع الطاقة وهي الكهرباء.
- مولدات الرياح: صفاتها غير جيدة وضجيجها عالٍ وتكاليف تركيبها وصيانتها مرتفعة.
- الطاقة النووية: كميتها محدودة وخطورتها عالية رغم الاعتقاد السائد بعدم محدوديتها.
- طاقة المد والجزر: كثافة طاقتها منخفضة، كما تتوفر فقط في الخطوط الساحلية.
- الهدروجين: لا يعدّ مصدراً للطاقة لوحده فهو دائماً بحاجة ليتفاعل كيميائياً مع مادة أُخرى.
- الغاز الطبيعي: كثافة طاقته منخفضة، ومصدره محدود.
- الفحم: كثافة طاقته منخفضة، وتكلفته رخيصة، كما أنه ملوث للبيئة ومصدره محدود.
- الكحول: تكلفته مرتفعة، وملوث للبيئة، مثل الكحول المستخرج من الذرة، إضافة إلى ذلك كيف يمكن أخلاقياً حرق الطعام لتحريك السيارات في حين أن هناك أناساً يموتون جوعاً!
- الوقود الحيوي: رخيص الثمن إلا أنه سيء الرائحة وقليل الفعالية.

من خلال ما سبق يظل النفط هو أفضل المصادر الموجودة، مع أنه يبقى مورداً محدوداً. تعدّ الأرض بكتلتها الكبيرة وبدورانها مدخرة كبيرة للطاقة الحركية، حيث إن ملايين ملايين الأطنان من الصخور التي تتحرك بشكل دوري هي أقرب ما يمكن أن نفكر به كمصدر طاقي غير محدود، فربما جرى شحن هذه المدخرة الكوكبية أثناء تشكل كوكبنا ويمكن أن تستهلك بعد زمن طويل؛ فالمد والجزر بسبب القمر استنزفا جزءاً من هذه الطاقة خلال زمن طويل جداً.

هل يمكننا استجرار الطاقة الحركية الدورانية للأرض؟

الدافع لكتابة هذه المقالة

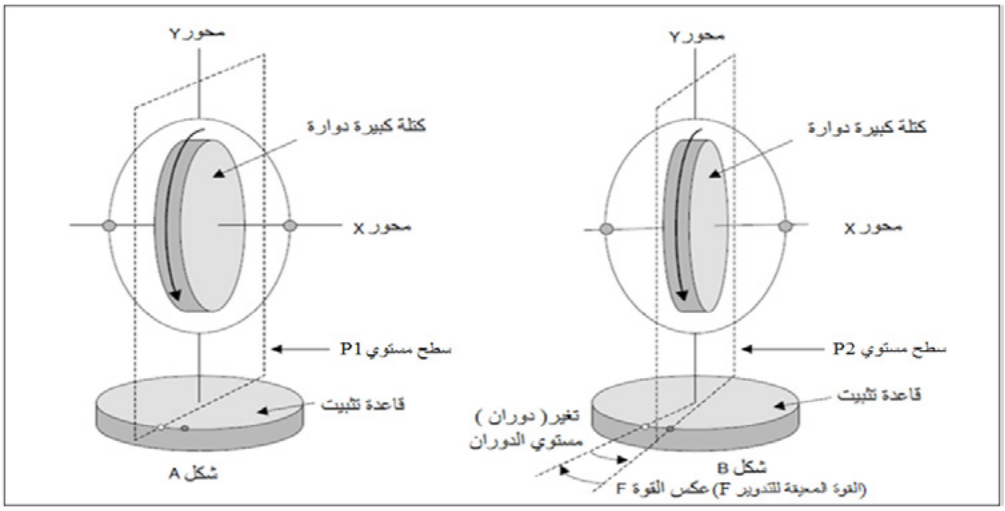
هو دراسة مسألة استجرار طاقة مجانية من الطاقة الحركية الدورانية للأرض وليست كما تبدو أنها مسألة بالغة التعقيد، فمسألة استجرار طاقة من الطاقة الحركية الدورانية للأرض دون شك ممكنة وهذا ما أثبت منذ عام 1851، ويجب أن نركز في نقاشنا على إمكانية استجرار الطاقة من الطاقة الحركية الدورانية للأرض بطريقة مفيدة ومتاحة. وقد تم استعمال رياضيات ومبادئ بسيطة لدراسة القوى والمواد المستخدمة آملين أن تكون مفهومة.

سيدّعي بعض الناس إمكانية تصميم آلة مشابهة، وذلك بواسطة إيجاد حلول لبعض المعادلات التفاضلية وينتهي الأمر هكذا! كما أود أن أظهر أنه لا يمكن للحاسوب إيجاد حل سحري بعد أن يقوم بحل مجموعة من المعادلات التفاضلية.

الفكرة

الفكرة في الواقع بسيطة؛ تدور الأرض بكتلتها الكبيرة، إذا تمكنّا أن نُثبّت جسماً ما في نقطة ثابتة من الكون لا تتحرك بالنسبة له، وقمنا بتثبيت جسم آخر على الأرض بحيث يتحرك معها، ويمكن عندها استعمال هذه الحركة النسبية في توليد الكهرباء.

إن تأثير الجيروسكوب يتمثل بالمقاومة التي يبديها الجسم الدّوار تجاه حركة دوران الأرض، ولهذا السبب يعدّ تأثير الجيروسكوب هو أفضل منطلق للبدء بالبحث عن أجسام معلقة بثبات في هذا الكون.

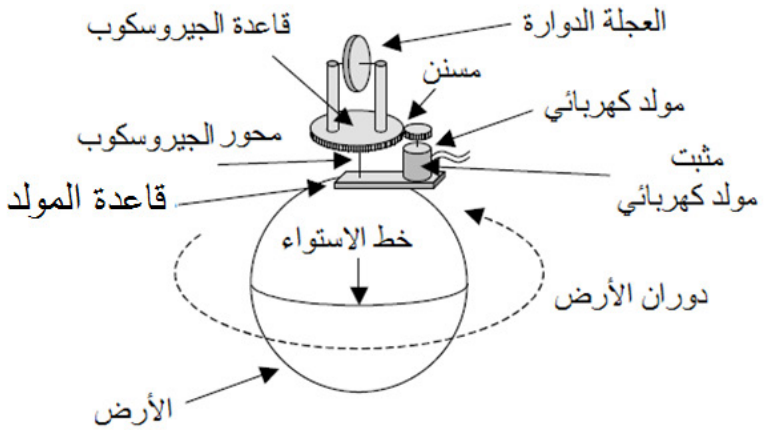


الشكل 1. يبين استعمال الجيروسكوب لتأمين تثبيت المولد الكهربائي في الكون دون التأثر بدوران الأرض.

توجد كتلة كبيرة في الشكل 1A تدور مغزلياً بسرعة في المستوي P1 حول المحور X. إذا حاولنا أن نُدوّر محور الدوران X حول المحور Y وذلك حتى تدور الكتلة في المستوي P2 (الشكل 1B)، فعندها ستنشأ قوة معاكسة مضادة F، وذلك بسبب محاولتك تغيير مستوي دوران الكتلة؛ أي أن الكون سيعمل على مقاومة ذلك.

نظهر –بهذه اللغة المبسطة– نشوء قوة جديدة تسعى للحفاظ على بقاء دوران الكتلة كما كانت عليه من قبل في المستوي P1. كما أن القوة F ليست القوة الوحيدة المقاومة ولكنها القوة التي تهمنا. إن ما يعطي القوة F تلك الخصوصية هو استمرارية عملها وتأثيرها، ويختلف هذا فيما يتعلق بقوى الإزاحة العادية، حيث تعمل القوة فقط عندما يبدأ التغيير وتمتاز القوة المدوِّرة F باستمرارية وجودها ما دامت الحركة موجودة وليس فقط عند بدء التغيير.

والآن وقد أصبحت لدينا قوة مثّبتة تمكننا من تثبيت جزء من الآلة في الكون مع الجيروسكوب، والجزء الآخر من الآلة يثبت على كتلة صخرية صلبة من الأرض، ومن ثم يركب مولد كهربائي دوراني بين هذين الجزأين.



الشكل 2، يبين تثبيت جسم المولد الكهربائي في الكون بواسطة الجيروسكوب والجزء الآخر من الآلة يثبت على كتلة صخرية ثابتة صلبة من الأرض.

نقوم بدايةً بتركيب جيروسكوب على القطب الشمالي وجعل محور العجلة الدوارة للجيروسكوب أفقياً، وهذا ما يجعل المسألة أبسط. وحين نُدوِّر العجلة الدوارة الضخمة بسرعة دورانية كبيرة، تحافظ على مستوي دورانها كأنها مثبتة بالنسبة للكون وتقاوم دوران محورها. يركب المحور الشاقولي للجيروسكوب بحيث يبقى قابلاً للدوران على قاعدة المولد الكهربائي المثبتة على الأرض بطريقة معينة. والمحور الشاقولي للجيروسكوب حر الدوران بالنسبة لقاعدة المولد الكهربائي.

ويبقى مستوي دوران العجلة الدوارة مثبتاً في الكون، في حين تدور الأرض مدوِّرةً معها مسنن المولد الكهربائي مع قاعدته المثبتة بالأرض، وهذه القاعدة تتمحور مع محور الجيروسكوب المثبت عليه مسنن قاعدة الجيروسكوب وهذا المحور مثبت في الكون، يقوم هذا المسنن بتدوير مسنن المولد الكهربائي المثبت على الأرض.

ويمكن بطريقة أخرى تثبيت ملف بنهايتين على قاعدة الجيروسكوب المثبتة في الكون ونثبت مغنطيساً دائماً على محور دوران الأرض بحيث يدور المغنطيس داخل الملف؛ عندها سنحصل على بعض الطاقة الكهربائية التي تأتي مباشرة على حساب الطاقة الحركية الدورانية للأرض.

والطريقة الأبسط لفهم ذلك هو أن تتخيل نفسك واقفاً في القطب الشمالي مع الجيروسكوب، حيث تلاحظ أن قاعدته تدور في الاتجاه المعاكس لدوران الأرض، وفي الواقع إذا كنت على فرض جالساً على قاعدة المولد المثبتة على الأرض أو من نقاط مراقبة مختلفة على الأرض سوف تلاحظ الملاحظة نفسها.

لمن تعود الفكرة أولاً؟

إن فكرة استجرار الطاقة من دوران الأرض ليست جديدة بل كانت موجودة منذ مدة من الزمن بأشكال متعددة. فعلى سبيل المثال، لقد درس الجيولوجيون تفاعل المد والجزر وكيف أن تفاعلهما مع الأرض يحول جزءاً من طاقة الأرض إلى حرارة، وكذلك يحوّل جزءاً من طاقة المادة المنصهرة داخل الأرض إلى طاقة مغنطيسية وطاقة إشعاعية.

وأقدم فكرة عن استجرار طاقة دوران الأرض تعود لعام 1851 لشاب فرنسي يدعى ليون فوكو Leon Foucault؛ حيث استعمل النواس وهو عبارة عن كرة معلقة بسلك طويل، وقد لاحظ مع مرور الزمن أن مستوي نوسان الكرة غير ثابت بل يدور بالنسبة لسطح الأرض. ويمكن أن تكون هذه أول آلة علمية الأساس لاستجرار الطاقة من دوران الأرض، وذلك بالاستفادة من القوة المعيقة لدوران مستوي النوسان، وهو ما كان معروفاً بالنسبة لفوكو لأنه عرف أن استجرار طاقة دوران الأرض تكون بالاستفادة من القوة المعيقة لدوران مستوي النوسان ومن أسباب أخرى. وقد تمت الإشارة مسبقاً وبشكل مغمور إلى اكتشاف تأثير الجيروسكوب في العام 1817 من قبل جوهان بوهننبرغر Johann Bohnenberger. إلا أنه لا يوجد أي مراجع تثبت أن الفكرة تأخذ بعين الاعتبار تحولات الطاقة بين الأرض والجيروسكوب.

لقد شاهد نواس فوكو الملايين من زوار المتاحف على مستوى العالم لعدة عقود وحتى الآن، ويعتقد عدد كبير من هؤلاء الزوار بحتمية أن دوران الأرض هو السبب في دوران مستوي النوسان في نواس فوكو، وهذه الظاهرة الفيزيائية معروفة زماناً ومكاناً، ولكن ماذا بعد؟

لقد دفعت أزمة النفط في سبعينيات القرن الماضي الكثير من الناس للبحث عن مصادر طاقة بديلة ومنها طاقة حركة دوران الأرض.

يبدو أن التركيز منصبٌّ على بناء آلة معتمدة على مبدأ الجيروسكوب، لأن الجيروسكوب هو الحل المتطور الأمثل لتأمين الطاقة البديلة عن طريق تصاميم جديدة للجيروسكوب لاستجرار الطاقة من دوران الأرض. ولتحقيق بناء مثل هذه الآلة نحتاج لتضافر الجهود وتبادل الأفكار عن طريق شبكة الإنترنت، ولكن من مساوئ هذه الطريقة صعوبة تحديد صاحب الفكرة.

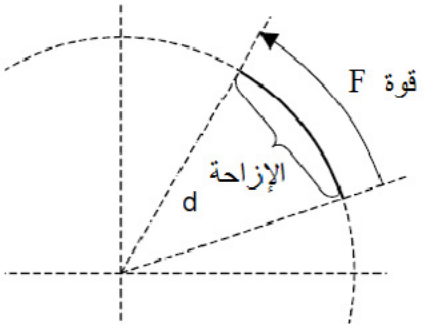
على كل الأحوال فبراءة الاختراع الوحيدة المسجلة لهذا الاختراع مسجلة في أمريكا لعام 1992 برقم 5313850، حيث تعود عائدية فكرة البراءة لمسجلها رسمياً، مع ادعاءات أخرى كثيرة من قبل أخرين حول ملكية الفكرة ولكن دون وجود إثبات. وأنا أقترح أن الفكرة لا تعود لشخص محدد مثل عائدية اكتشاف العجلة. وفي حال بناء مثل هذه الآلة فيجب على صانع الآلة أخذ موافقة المخترع الذي سجل الاختراع باسمه وليس لأي شخص آخر الحق في تعميم استخدام هذه الآلة.

هل يمكن بناء هذه الآلة؟

يمكن تركيب الأجزاء المطلوبة بسهولة، فالجواب هو نعم يمكن بناء هذه الآلة. يمكن بناء هذه الآلة التي تستنبط الطاقة من دوران الأرض؛ فعندما نقدم طاقة 1000 جول لتشغيل الآلة نحصل على 0.001 جول من طاقة دوران الأرض. هذه الطاقة لا تستحق الاهتمام من أجل أكثر التطبيقات إلا أنها مهمة جداً بالنسبة لبعضها بل مفيدة أيضاً. على سبيل المثال هنالك نواس فوكو الموجود في معظم المتاحف يُثبت دوران الأرض ولكن ليس له قيمة على الإطلاق كمصدر للطاقة.

سوف أحاول الإجابة عن السؤال التالي: هل يمكن بناء آلة تولد كمية من الطاقة مفيدة وقابلة للاستعمال؟ وما هي كمية الطاقة اللازمة لبناء مثل هذه الآلة وإقلاعها؟ دعونا نستخدم رياضيات بسيطة لتحديد العقبة الحقيقية في بناء مثل هذه الآلات، حيث تتمثل هذه العقبة في مسقط القوة الفعال في هذه العملية.

لنتصور في البداية عجلة دوارة كبيرة مستوي دورانها أو محور دورانها ثابت بالنسبة للكون وكأن محور الدوران مثبت بالكون. وذلك بافتراض إهمال الاحتكاكات في الدوران وعدم فقد الطاقة بكل الأشكال من الإشعاع والمغنطة، وفي هذه الحالة تظل العجلة الدوارة دائرة إلى الأبد دون أي انزلاق. تأتي الطاقة الناتجة عن دوران الأرض من جداء ميل القوة أي ظل القوة المطبقة في طول قوس دوران سطح الأرض كما هو ممثل في الشكل 3.



الشكل **3.** الطاقة الناتجة عن دوران الأرض هي ميل القوة أي ظل القوة المطبقة في الانزياح على طول قوس دوران سطح الأرض.

مهما تكن ترتيبات تركيب الآلة وإعداداتها، ومهما يكن عدد المعادلات التفاضلية التي تقترحها والتي يجب أن تحلها لتحسين أداء هذه الآلة، في حال اقتراحك استعمال الجيروسكوب في هذه الآلة، فإن الطاقة تُنتزع على شكل عمل ميكانيكي. وقانون نيوتن لحساب العمل W في علم الميكانيك لقوة F مطبقة خلال انتقال d هو:

$$W = F * d \rightarrow F = \frac{W}{d}$$

لنركز على الطاقة W المستخلصة خلال ثانية واحدة وهي تساوي قوة الآلة مضروبة في الانتقال d خلال ثانية واحدة، فالأرض تدور حول نفسها دورة كاملة تساوي 360^{o} درجة زاوية وهي تساوي راديان 2π؛ أي تقريباً 6.28 راديان خلال 24 h، بسرعة زاوية تحسب كما هو مبين في المعادلة التالية:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{24h} = \frac{2\pi}{24*60*60s} = \frac{2\pi}{86400} = \frac{\pi}{43200}\,\mathrm{rad.\,s^{-1}}$$

فاليوم يساوي 86400 ثانية وإذا كانت العجلة الدوارة مثالية فستدور بالسرعة الزاوية بنفسها للأرض.

$$\omega = \frac{\pi}{43200}\,\mathrm{rad.\,s^{-1}}$$

لابد من تحديد نصف قطر العجلة بالمتر ولحساب الانتقال خلال ثانية واحدة، ولنبدأ بآلة نصف قطر عجلتها 1 متر

R = 1 m، والسرعة الزاوية لهذه العجلة $\omega = \frac{\pi}{43200}\,\mathrm{rad.\,s^{-1}}$، فيكون الانتقال في الثانية مساوياً:

$$d = \omega * R * t = \frac{\pi}{43200} * 1 * 1 = \frac{3.14}{43200} = 0.000073\ \mathrm{m}،$$

فلو فرضنا أن الآلة تقدم طاقة 1 جول في الثانية فإنه يمكننا حساب القوة من المعادلة التالية:

$$F = \frac{W}{d} = \frac{1}{0.000073} \cong 13700\ \mathrm{N}$$

وهي قوة كبيرة تعادل قوة الجاذبية لسيارة بالحجم المتوسط عند تعليقها حرةً في الهواء، وهذه القوة سوف تكون مطبقة على نقطة تماس المسننات أو نقطة تثبيت محور الدوران.

ويجب على الآلة أن تقدم على الأقل طاقة تساوي 1000 W لكي تكون مفيدة، وهي ضعف الطاقة الوسطية اللازمة للاستعمال المنزلي عند درجات الحرارة المعتدلة وهي نفس الطاقة اللازمة للاستعمال المنزلي لمنزل بارد جداً أو حار جداً. وإذا جعلنا نصف قطر مسنن هذه الآلة من أجل توليد طاقة قدرها 1000 W تصبح قوة التماس مساوية 1370000 N، وهي أسوء من قبل وغير قابلة للتطبيق، ولتخفيف القوة من الممكن زيادة نصف القطر المسنن حتى يصبح 1000 m أي بقطر 2000 m؛ وهذه الطاقة كافية لتزويد منزل في الأجواء الباردة جداً أو الحارة جداً أو منزلين في الأجواء المعتدلة بالكهرباء. لا يمكن عملياً بناء غرفة تستوعب مسنن هذه الآلة بقطر 2000 m تقدم طاقة قدرها 1000 kw، كما يجب أن يكون المسنن مصنوعاً من سبيكة معدنية خاصة لنسمها السبيكة السحرية magicalloy. لنتصور أننا نجحنا في صناعة مثل هذه السبيكة التي تحقق المواصفات السحرية المطلوبة فنحن بحاجة لتخفيف الضياع الناتج عن الاحتكاك وتحمل القوى الهائلة المطبقة عليها، يمكننا الآن أن نركز على مسنن قاعدة الجيروسكوب مرة ثانية.

يتم توصيل المسنن في آلتنا بمولد كهربائي، حيث يدور المسنن بالنسبة للأرض بسرعة خطية 73 μm/sec من أجل نصف قطر للمسنن قدره 1 m، ويدور المسنن المثالي بسرعة خطية 0 μm/sec بالنسبة للكون لأنه ثابت فيه، وهكذا يكون الانتقال مساوياً d متر من أجل نصف قطر للمسنن 1 m ومن أجل سرعة زاوية قدرها $\pi/43200$ راديان بالثانية ومن أجل زمن قدره ثانية واحدة؛ أي في الثانية

الواحدة يمسح قوساً طوله π/43200 متر، وهذا الطول يساوي تقريباً 73 μm، ويمكننا الآن حساب القوة عندما نحدد كمية الاستطاعة التي نرغب بالحصول عليها، فعندما نريد الحصول على طاقة مقدارها جول واحد في كل ثانية فهذا يعني استطاعة للجهاز قدرها 1 W ونحسب القوة كما يلي:

$$F=\frac{w}{d}\Rightarrow F=\frac{1}{73\ x10^{-6}}\Rightarrow F\approx 13700\ N$$

وهي قوة كبيرة جداً! وهي تقريباً القوة التي تجذب بها الأرض كتلة مقدارها m = 1400 kg. وهذه القوة تساوي تقريباً القوة اللازمة لرفع سيارة متوسطة القياس في الهواء، وهي موجودة في مكان ما من الآلة في نقطة التماس بين المسننات وكذلك في نقطة تثبيت المسنن على محور الدوران كما ذكرنا سابقاً، يجب علينا –بكل الأحوال– أن نجعل القوة أصغر أي النسبة w/d أصغر؛ وذلك إما بتخفيض العمل w الذي تقدمه الآلة أو بزيادة مسافة الانتقال d، ولكننا بحاجة لزيادة عمل الجهاز لأقصى ما يمكن وليس لإنقاصه. لذلك لندع المساس بالعمل w حالياً ولنقم بزيادة مسافة الانتقال؛ وذلك بزيادة نصف قطر مسنن الجيروسكوب أو بزيادة سرعة دوران الأرض وهذا مالا يمكننا التحكم به، حيث يتم نقل الطاقة الحركية الدورانية للأرض إلى المولد الكهربائي. وبزيادة نصف قطر المسنن من 1 m ليصبح 10 m أي عشرة أضعاف ما كان عليه تنخفض القوة المطبقة لعُشر ما كانت عليه ومن أجل استطاعة قدرها 1 W يقدمها الجهاز تصبح القوة 1370 N، بزيادة نصف قطر المسنن من 1m ليصبح 1000 m أي ألف ضعف ما كانت عليه تنخفض القوة المطبقة لجزء من ألف 13.70 N، ومن أجل استطاعة قدرها 1000 W تولد قوة 13700 N في نقاط نقل الحركة عند تلاقي المسننات.

ولنفترض بأن السبيكة السحرية تستطيع الصمود أمام هذه القوة. ونفترض أن مسنن الجيروسكوب عملياً يدور بسرعة يمكن إهمالها وهي تعادل 1% من سرعة الدوران 73 μm/s أي يدور بسرعة 0.73 μm/s تقريباً بالنسبة للجملة العطالية في الكون. ولتكن الكتلة التي نثبت بها المولد عبارة عن مئات الأطنان من أجل سرعات عملية، لأن فقد الطاقة بسبب الاحتكاك بين المسننات سوف يؤدي إلى انصهارها. ولنفترض بأن السبيكة السحرية تتحمل هذه الدرجة من الحرارة فإن حسابات الكتلة الدوارة وسرعتها أكثر تعقيداً. ولكن من أجل قيم عملية للسرعة يجب أن تكون كتلة العجلة الدوارة من مرتبة مئات الأطنان، مع تصنيع حاضن محاور الدوران bearing من السبيكة السحرية لتتحمل ارتفاع درجة الحرارة مع دوران مثل هذه الأوزان من أجل قيم مهملة للاحتكاك، كما لا يمكن –كبديل- استعمال كتل صغيرة للعجلة الدوارة تدور بسرعة خيالية قريبة من سرعة الضوء لأنها تولد قوة نابذة هائلة تبخر الذرات، أو تجعل العجلة تتطاير على شكل أجزاء صغيرة في كل اتجاهات الدوران في حال محافظة هذه القوة على محور الدوران دون انحناء أو سحق. ولتجنب تماس محور الدوران مع حاضن المحور يمكن أن نستعمل مغنطيساً دائماً ذا حقل مغنطيسي شديد يتفاعل مع حقل مغنطيسي خارجي ناتج عن مغنطيس كهربائي، وبعد ثبات محور الدوران نقوم بقطع تيار المغنطيس الكهربائي وهذا ما يحقق الحفاظ على الطاقة الحركية الدورانية للعجلة الدوارة بإهمال الفقد الناتج عن الاحتكاك.

إن التكاليف كبيرة لإقلاع العجلة الدوارة ذات الكتلة الضخمة، إذ يلزمنا أن نحقن طاقة تعادل ملايين ملايين الجولات لدوران العجلة بسرعة كبيرة، كما أن فقد الطاقة في هذه الحركة الدورية صغير جداً، ويتم تقديم كل الطاقة حتى الآن من حرق النفط؛ وهذا بدوره يجعل بناء هذه الآلة مكلفاً ولكننا نأمل بإمكانية تغطية هذه التكاليف في عقود مقبلة، كما أن بناء محطة لتوليد الطاقة بقطر 2 Km في مكان ما، وإيجاد ما يلزم لبناء هذه المحطة من المواد المطلوبة والأعمال اللازمة من سباكة وغيرها يتطلب وقتاً طويلاً، ويتم ذلك في حال اكتشاف السبيكة السحرية بتكلفة بسيطة مع إمكانية التشكيل والسباكة والقطع والتجميع، وهذا ما ننتظر تحقيقه من خلال الأبحاث العلمية.

ويُعتقَد أن سبب عدم إمكانية اكتشاف مثل هذه السبيكة السحرية هو تدافع البروتونات فيما بينها وكذلك الإلكترونات؛ مما يحد من تماسك الكتلة والخلائط عموماً بما فيها هذه السبيكة وهذا سبب عدم إمكانية وجود مثل هذه الخليطة.

وفي حال ثبوت خطأ هذا الاعتقاد عندها سيتم حل مجموعة المعادلات التفاضلية غير المحلولة والتي سيُمكِّن حلها بناء هذه الآلة، وسيتم عندها تجاوز عقبة السبيكة السحرية في طريق بناء هذه الآلة، وسيقدم المكتشِف للسبيكة السحرية فائدة عامة للبشرية.

الظاهرة

تقدر الطاقة الحركية الدورانية للأرض بـ 2.5×10^{29} J حسب الموسوعة wikipedia؛ أي 250,000,000,000,000,000,000,000,000,000 J والبشرية تستهلك حالياً ما يعادل 13.5 TW حسب الموقع على الانترنت answers.com أي 13.5×10^{12} W ويكافئ 13,500,000,000,000 J في كل ثانية.

وهذا يعني أن الطاقة الحركية الدورانية للأرض على مستوى الاستهلاك الحالي 13,500,000,000,000 J في الثانية تكفي البشرية مدة 587 مليون سنة وعند نفاذ هذه الطاقة تتوقف الأرض عن الدوران. لا يمكننا التنبؤ بالظواهر التي قد تحصل مقدماً مثل موت الشمس، وليس من السهل على ضمائرنا القيام بضخ الطاقة الحركية الدورانية خارج كوكبنا الأزرق حتى توقفه عن الدوران.

إن استخراج الطاقة خلال المليون سنة الأولى –بمعدل استهلاكنا الحالي– يقابل استهلاك 0.17% من طاقة دوران الأرض وهذا بدوره سيبطئ من دوران الأرض مما يزيد طول اليوم مدة ثلاث دقائق؛ أي زيادة ثانية في كل 5000 سنة. إن استخراج الطاقة ممكن ومهمل التأثير خلال آلاف السنين حيث نقوم بإضافة ثانية واحدة لمدة اليوم الأرضي خلال 5000 سنة، ولكن قد تحدث ظواهر غير معروفة مثل تغير المد والجزر وكذلك تغير الحقل المغنطيسي الأرضي وظواهر أخرى ممكنة الحدوث من الصعب التنبؤ بها، ويمكن للجيولوجيين والبيولوجيين أن تكون لديهم معرفة أكثر عن هذه الظواهر.

بكل الأحوال يجب أن تكون زيادة طول اليوم بشكل تدريجي وأعتقد أن تأثيرات هذا التغيير ستكون مهملة بالنسبة للتغيرات الناتجة عن احتراق النفط أو توزيع الألواح الشمسية في الصحراء أو نصب عنفات مولدات الرياح على الجبال. ولكنها مثل كل الطاقات طاقتها محدودة، فالطاقة الحركية الدورانية للأرض مثل مدّخرة يجب عدم استهلاكها إلا في حال عدم إيجاد بديل قبل نفاذ النفط.

هل يمكننا استخراج الطاقة من الطاقة الحركية الدورانية للأرض دون استعمال آلة غير الجيروسكوب؟

لم نجد من خلال البحث عبر الإنترنت ما يستحق الذكر مع ادعاء أصحاب المقالات المنشورة أهمية ما كتبوا.

أين يمكن أن نستعمل الآلة التي تعتمد على الجيروسكوب؟

لن تركب هذه الآلة بالتأكيد على محطات متحركة مثل السيارات والطيارات، وإنما ستربط وتثبت بعض أجزائها بالأرض لتزودنا بطاقة دوران الأرض وتحاط الآلة بمنشآت ثابتة وعندما تكون لدينا طاقة جاهزة رخيصة ونظيفة يمكن تخزينها في مدخرات على شكل طاقة كيميائية يمكن استرجاعها بسهولة على شكل طاقة كهربائية تزود السيارات والآليات بالطاقة اللازمة، كما يمكننا تحليل الماء بهذه الطاقة وعزل الهدروجين الذي يمكن استعماله كوقود ولو كانت فعالية هذا التحويل ضعيفة، ونستعمل هذه الطاقة لتحلية مياه البحر للحصول على مياه الشرب، ونستعملها أبعد من ذلك في تصنيع الغذاء.

ما هو إذاً منبع الطاقة الذي سينقذنا عند نفاذ النفط؟

يعتقد أن الطاقة الشمسية مثل الخلايا الكهرضوئية تتمتع بأفضل مواصفات منابع الطاقة، من حيث اتصافها بأنها نظيفة وأقل حاجة للصيانة، بيد أن مشكلتها الوحيدة هي تكلفتها المرتفعة التي تساوي 5 EUR/kwh وهذا ما أدى إلى إيقاف العمل بها. أما الطاقة الشمسية المستعملة في التسخين المباشر فلها المواصفات الأفضل. وفي النهاية تبقى الشمس هي المصدر الطاقي الوحيد غير المنتهي ويمكن أسر طاقتها وتخزينها بطرق عديدة مثل الخلايا الكهرضوئية وعنفات الرياح.

*ترجمة: **ياسر حاج حسن و هيثم أبو الذهب**، قسم النظائر المشعة، هيئة الطاقة الذرّية السورية.*

المقالة المترجمة بعنوان:

Earth's Rotational Energy – Is it usable?، منشورة بتاريخ 2007-07-14 في الموقع التالي www.rilhas.com.

طريقة جديدة لصناعة الكيماويات السامة عن طريق نسخ الخِدَع التي تقوم بها الطبيعة

ينسخ الباحثون الطريقة التي تنتج فيها المتعضيات الكيماويات السامة دون أن تعرض نفسها لتأثيراتها السامة، ممهدين بذلك الطريق لإنتاج كيماويات أكثر صداقة للبيئة.

يُنتج حالياً العديد من الكيماويات من الوقود الأحفوري، ويتطلب هذا الأمر استخراج الوقود من المناجم، إضافة إلى محدودية مصدر هذه المواد، كما أنها تخل بدورة الكربون الطبيعية، والبديل عن ذلك هو في الهندسة الوراثية للمتعضيات الدقيقة مثل بكتريا الإشيريشية الكولونية *Escherichia coli* (*E. coli*) والبكتريا الخضراء المزرقة cyanobacteria؛ حيث تُنتج هذه الكيماويات من غاز ثاني أكسيد الكربون في الجو بشكل أكثر استدامة، إلا أن العديد من الكيماويات التي يمكن إنتاجها بهذه الطريقة سامة للكائنات الدقيقة، مما يخفض من مقدرتها على صناعة كميات كبيرة بطريقة مجزية اقتصادياً.

وقد بيّن العلماء –في الوقت الحاضر من خلال نسخهم للطريقة التي تتعامل فيها الكائنات الحية مع المواد السامة التي تنتجها– أنه بإمكانهم برمجة البكتريا لإنتاج كيماويات سامة دون أن يتأثر نموها، ويمكن استعمال هذا المفهوم في إنتاج كيماويات مفيدة والبلاستيك والوقود؛ مما يقلل الحاجة لاستعمال الوقود الأحفوري ويساعد في التقليل ما أمكن من التغير المناخي الحاصل. وقد نُشِرت التقنية الجديدة وتعدّ مجلة Proceedings of the National Academy of Sciences اليوم أول برهان على سلامة هذا التوجه.

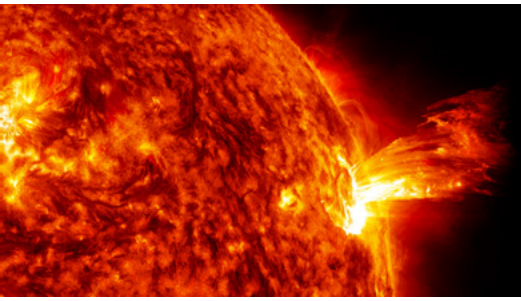
قال الباحث الذي يقود البحث –الدكتور باتريكجونز– من قسم علوم الحياة في جامعة إمبيريال: «نظرنا إلى ما تقوم به الطبيعة، من أجل منفعتها الذاتية، وطبقنا الفكرة في مجال التقانة الحيوية من أجل منفعتنا. قد تنتج المتعضيات كالنباتات والخمائر كيماويات سامة لها، لذلك تقوم بتعديلات صغيرة على هذه الكيماويات لتجعلها غير مؤذية لها وليتم تخزينها بشكل آمن. تعرف هذه الكيماويات الناتجة عن التعديل بالمشتقات، كما يمكن إعادة هذه المشتقات إلى شكلها الأساس السام من خلال استعمال كيمياء بسيطة نسبياً. أخذ فريق البحث هذه الفكرة واستعمل الهندسة الوراثية من أجل برمجة بكتريا *E. coli* والبكتريا الخضراء المزرقة لتقوم بتصنيع مادة أوكتانول-1، وهي مادة كيميائية تستعمل حالياً في صناعة العطور، وهي مادة سامة للبكتريا. أضافوا بعد ذلك مجموعة إضافية من التعليمات الوراثية لبكتريا *E. coli* حيث تتمكن من إنتاج مادتين من مشتقات وكتانول-1 أقل سمية للبكتريا.

يقول الباحثون إذا ما قُدَّر لهذا النظام أن يتطور إلى مستوى صناعي ستنتج البكتريا المهندسة وراثياً مشتقاً من مادة أوكتانول-1 غير سام للبكتريا، يمكن الحصول عليه ويعاد تحويله كيميائياً إلى أوكتانول-1 جاهز للاستعمال في صناعة العطور. وجد فريق البحث أن نظامهم أنتج أوكتانول-1 دون التأثير على نمو البكتريا، كما أنهم وجدوا أن نظامهم أعطى كمية من أوكتانول-1 أكبر من النظام الذي لا يحتوي على خطوة الحصول على مشتق مادة أوكتانول-1. وهذا يعود، برأيهم، ليس فقط إلى أن المشتق أقل سمية وإنما إلى أنه أكثر انحلالاً في الماء المحيط أو المحلول. وفي محاولة لتفسير ذلك، قال دكتور جونز: «يمكن للمادة الكيميائية الأكثر انحلالاً أن تبتعد عن الخلايا التي أنتجتها بسرعة أكبر، بحيث يصبح تدخلها في العمليات الحيوية للبكتريا أقل احتمالاً».

بيّن فريق البحث الآن مفهوم تخليق مشتقات لمادة أوكتانول-1 باستعمال كائنات دقيقة مبرمجة وراثياً، وهم يرغبون بتأسيس نظام متكامل، بدءاً من إنتاج المادة المشتقة وصولاً إلى إعادة تشكيل المادة المرغوبة؛ أي أوكتانول-1. وسيساعدهم هذا في أمثلة العملية واحتمال تطويرها إلى نظام إنتاج صناعي.

ترجمة : د. إياد غانم، هيئة الطاقة الذرية السورية.

https://www.sciencedaily.com/releases/2020/01/200106161939.htm



الصين على وشك إطلاق «شمسها الاصطناعية» للحصول على الطاقة الاندماجية

توشك الصين أن تبدأ بمشروعها "الشمس الاصطناعية"، وهو جهاز اندماج نووي ينتج طاقة عن طريق تكرار التفاعلات التي تحدث في مركز الشمس، وإذا تحقق النجاح فإن هذا الجهاز سيمكّن العلماء من الوصول إلى الهدف النهائي للاندماج النووي؛ وهو طاقة نظيفة رخيصة بلا حدود.

يعد جهاز الاندماج الحراري المسمى توكاماك 2M–HL جزءاً من مشروع الاندماج الحراري التجريبي المتقدم في الصين الذي يُعمل به منذ عام 2006. وقد أعلن في شهر آذار مسؤول من المؤسسة الوطنية النووية الصينية أنه سيستكمل بناء توكاماك 2M–HL في نهاية العام 2019. وقد جرى تركيب نظام الملفات في حزيران، ومنذ ذلك الحين، جرى تشغيل توكاماك 2M–HL بكل سلاسة، وذلك حسب ما ذكرته وكالة أنباء شينخوا في تشرين الثاني 2019.

ذكرت وكالة الأنباء الحكومية الصينية أن رئيس المعهد الجنوبي الغربي للفيزياء دوان زورو أعلن في مؤتمر تشاينا فيوجن للطاقة عام 2019 أنه سيتم تشغيل الجهاز في عام 2020، كما أوضح للحاضرين أن الجهاز الجديد سيحقق درجات حرارة تزيد على 200 مليون درجة سلزية، مما سيحقق زيادة في الحرارة بمعدل أعلى بمقدار 13 مرة من حرارة مركز الشمس. علماً أن الأجهزة السابقة التي تم تطويرها لتجربة الشمس الاصطناعية وصلت فقط إلى 100 مليون درجة سلزية وهو إنجاز تم الإعلان عنه في تشرين الأول 2018.

الاندماج النووي هو التفاعل الذي يغذي الشمس، ويشتمل على دمج نواتي ذرتين خفيفتين لتكوين نواة أثقل، ويطلق هذا التفاعل كمية هائلة من الطاقة، وقد تصل درجات الحرارة على سطح الشمس إلى حوالي 15 مليون درجة سلزية، مما يسمح لنوى الهدروجين بالاندماج وتكوين الهيليوم؛ ولإحداث ذلك على الأرض يجب على العلماء تسخين الوقود "أنواع الهدروجين" إلى درجات حرارة تزيد على 100 مليون درجة سلزية، حيث يصبح الوقود عند هذه الدرجة على شكل بلازما، يجب احتواء هذه البلازما الحارة جداً، وأحد الطرق التي طورها العلماء لإجراء ذلك هو جهاز على شكل دونات يسمى التوكاماك؛ حيث يستعمل الجهاز الحقول المغنطيسية لمحاولة تثبيت البلازما بشكل يمكّن من حدوث التفاعلات وإطلاق الطاقة، إلا أن البلازما عرضة لإنتاج رشقات نارية يمكن أن تتلف الجهاز عند ملامستها لجدار المفاعل. ورغم تحقيق الاندماج النووي المستقر إلا أن كمية الطاقة اللازمة لإحداث التفاعل تفوق مقدار الطاقة المولدة.

قال جيمس هاريسون وهو عالم فيزيائي كبير في هيئة الطاقة الذرية البريطانية UKAEA لمجلة نيوزويك: "يختلف توكاماك 2M–HL الموجود في الصين عن الأجهزة الأخرى بسبب مرونة مجاله المغنطيسي الذي يمكّن العلماء من تكييفه لحماية الجزء الداخلي من الجهاز عندما يعمل بقوة عالية"، وقال أيضاً: "إن المرحلة الأولى من تشغيل توكاماك 2M–HL ستشتمل على الأرجح على اختبار كل جزء من النظام بشكل فردي، ومن المتوقع بعد ذلك أن يختبر الفيزيائيون الصينيون الأنظمة المتكاملة قبل بدء التجارب، وستتضمن الخطوة التالية البدء في إنتاج بلازما منخفضة الأداء نسبياً لاستكشاف الشروط المثلى لانتقال الغاز العازل إلى حالة الناقلية الفائقة في البلازما وزيادة أدائها العالي، وإدخال تحسينات على الأنظمة الفرعية المختلفة على طول الطريق لتحسين موثوقية الجهاز وإمكانية التحكم فيه".

سيوفر جهاز توكاماك 2M–HL للباحثين بيانات قيّمة عن توافق بلازما الاندماج العالية الأداء مع طرق التعامل مع الحرارة والجزيئات المنبعثة من قلب الجهاز بفعالية أكبر، إن هذه واحدة من أكبر المشكلات التي تواجه تطوير الإعلان التجاري لمفاعل الاندماج، وستؤثر نتائج الاندماج النووي من توكاماك 2M–HL –كجزء من المجتمع الدولي لأبحاث الاندماج– على تصميم هذه المفاعلات.

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

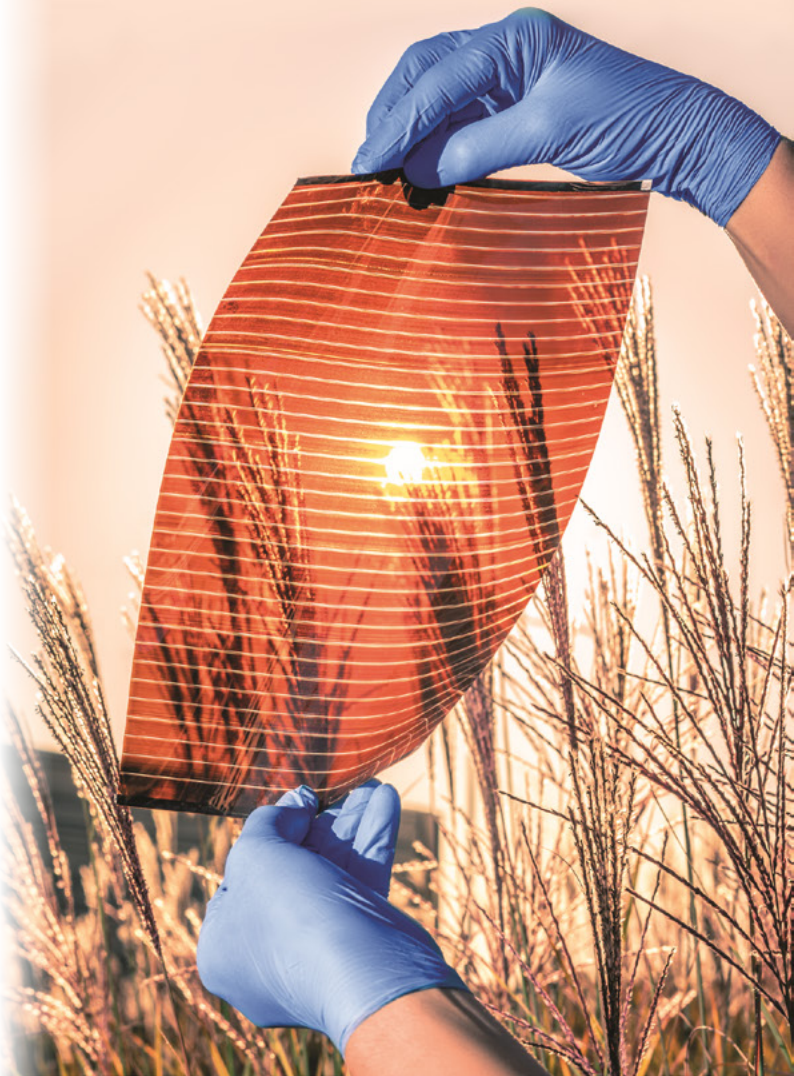
https://www.newsweek.com/china-about-fire-its-artificial-sun-quest-fusion-energy-1477705.

الذكاء الاصطناعي وتسريع تكنولوجيا الخلايا الشمسية التي تعمل بالرش

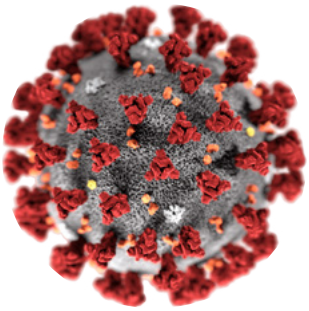
استعمل فريق بحث في جامعة سنترال فلوريدا الذكاء الاصطناعي لتحسين المواد المستعملة في تصنيع خلايا بيروفسكايت الشمسية (PSC)؛ حيث تحول مادة بيروفسكايت الطاقة الكهروضوئية إلى طاقة قابلة للاستهلاك، كما يمكن معالجة هذه البيروفسكايت في حالة صلبة أو سائلة، مما يوفر الكثير من المرونة. تخيل أن تكون قادراً على رش أو دهن الجسور والمنازل وناطحات السحاب بالمواد التي من شأنها التقاط الضوء وتحويله إلى طاقة وإدخاله في الشبكة الكهربائية. تعتمد صناعة الخلايا الشمسية حتى الآن على السليكون بسبب كفاءته، ولكن تعد هذه التكنولوجيا قديمة مع وجود العديد من القيود. ومع ذلك يقف أمام استعمال البيروفسكايت حاجز واحد كبير، إذ إن من الصعب صنعها في هيئة مادة مستقرة صالحة للاستعمال، حيث يقضي العلماء الكثير من الوقت في محاولة للعثور على الوصفة الصحيحة لجعلها تتمتع بكل المزايا مثل: المرونة والاستقرار والكفاءة والتكلفة المنخفضة، وهذا هو المكان الذي يأتي فيه دور الذكاء الاصطناعي.

استعرض الفريق أكثر من 2000 ورقة علمية عن البيروفسكايت وجمع أكثر من 300 نقطة بيانات، ثم قام بإدخالها في نظام الذكاء الاصطناعي الذي أنشأه، وقد كان النظام قادراً على تحليل المعلومات والتنبؤ بوصفة البيروفسكايت ليعمل بشكل أفضل.

يقول جيان توماس –المؤلف الرئيسي للدراسة وأستاذ مشارك في مركز تكنولوجيا العلوم النانوية–: "تُظهر نتائجنا أن أدوات التعلم الآلي يمكن استعمالها في صياغة مواد البيروفسكايت والتحقيق في الفيزياء التي تكمن وراء تطوير أجهزة PSCs ذات الكفاءة العالية"، و"يمكن أن يكون هذا دليلاً لتصميم مواد جديدة كما يتضح من عرضنا التجريبي". وإذا حدث هذا النموذج، فهذا يعني أنه يمكن للباحثين تحديد أفضل صيغة لإنشاء معيار عالمي، وقد نحصل على الخلايا الشمسية برش البيروفسكايت على السطوح العادية.



ترجمة : د. عبد الغفار اللافي، هيئة الطاقة الذرية السورية.
https://www.scienceda.



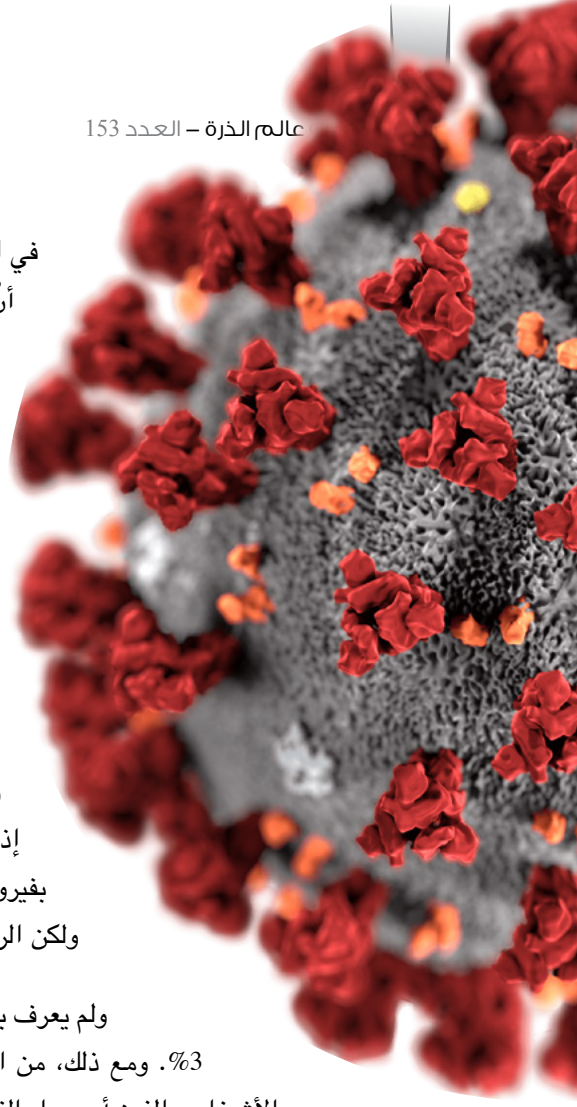
فيروس كورونا

"فيروس كورونا الجديد 2019" أو الفيروس التاجي –المشار إليه رسمياً باسم "nCoV–2019"– هو سلالة جديدة من فيروس كورونا جرى الكشف عنها أول مرة في مدينة ووهان بإقليم هوباي في الصين. وقد جرى توثيق أحدث سلف مشترك لفيروسات كورونا ألفا وكورونا بيتا وكورونا غاما وكورونا دلتا عند حوالي 2400 قبل الميلاد و3300 قبل الميلاد و2800 قبل الميلاد و3000 قبل الميلاد، على التوالي. يبدو أن الخفافيش والطيور – الفقاريات الطائرة ذات الدم الحار– مضيفات مثالية لمصدر جين فيروس كورونا؛ إذ إن الخفافيش مضيفة لفيروسات كورونا ألفا وبيتا، والطيور مضيفة لفيروسات كورونا غاما ودلتا وتُعدُّ كلتاهما بيئة مناسبة لدعم تطور فيروس كورونا وانتشاره.

لم يتم تحديد مصدر فيروس كورونا 2019 بعد. ولكن ذكر أن العديد من المصابين في ووهان كانوا على صلة بسوق كبير للطعام البحري والحيواني، مما يشير إلى أن الفيروس ظهر على الأرجح من مصدر حيواني. أظهر تسلسل فيروس كورونا بيتا ووهان تشابهاتٍ مع تسلسلات فيروسات كورونا بيتا الموجودة في الخفاشيات، ولكن فيروس كورونا بيتا ووهان يتميزُ جينياً عن فيروسات كورونا الأخرى مثل فيروس كورونا المرتبط بالمتلازمة التنفسية الحادة الوخيمة سارس SARS وفيروس كورونا المرتبط بمتلازمة الشرق الأوسط التنفسية MERS. وكما هو الحال في سارس، فإن فيروس كورونا بيتا ووهان هو أحد فيروسات كورونا بيتا سلالة بي، وقد عزلت ووُثقت خمسة جينومات من فيروس كورونا الجديد.

يقوم فيروس كورونا بيتا ووهان بعد دخوله إلى الخلية بنزع جينوم الرنا RNA الخاص به في السيتوبلازما وتحريره. يملك فيروس كورونا جينوم رنا ذا قبعة 5´ ممثيلة methylated وذيل عديد الأدينين في النهاية 3´، وهذا يسمح لجزيئة الرنا الخاصة به بالارتباط بالريبوسوم من أجل ترجمتها. ولفيروس كورونا كذلك بروتين يسمى بوليميراز الرنا المعتمد على الرنا (ريبليكاز) مشفّر في جينومه، ويسمح هذا الأخير بنسخ الجينوم الفيروسي وإنتاج نسخ جديدة باستخدام آلية الخلية المضيفة. ويعد بوليميراز الرنا المعتمد على الرنا أول البروتينات المترجمة، وعند انتهاء ترجمة جين هذا البوليميراز تتوقف الترجمة بواسطة كودون التوقف، ويعرف هذا بالنسخ المتداخل. تسمى نسخة الرنا الرسول التي تشفِّر جيناً واحداً فقط وحيدة السيسترون. ووفقاً للخصائص السريرية والوبائية المحدثة للفيروس الناشئ، يعدّ فيروس "كورونا الجديد 2019" مشابهاً جدًا للعديد من فيروسات كورونا التي تنتقل عادةً من الحيوانات إلى البشر، وقد تم الإبلاغ عن انتقال هذا الفيروس المستجد من إنسان إلى آخر. وتتراوح أعراض المرض من أعراض خفيفة إلى معتدلة في غالبية الأشخاص المصابين بالعدوى، ومع ذلك ظهرت أعراض حادة ومضاعفات أدت إلى الوفاة لدى مجموعة من الأشخاص. ولا يوجد حالياً أي لقاح متاح للحماية من فيروس كورونا المستجد 2019، ومع عدم توافر علاج محدد مضاد للفيروسات، فإن الأشخاص المصابين بفيروس كورونا المستجد 2019 يتلقون المعالجة العرضية اللازمة.

تنتشر عدوى فيروس كورونا عن طريق السعال أو العطس في حال عدم تغطية الفم بمنديل. ولم تظهر البحوث العلمية إلى يومنا هذا آلية انتشار عدوى فيروس كورونا الذي يصيب البشر وكيفية انتقاله من شخص إلى آخر، ومع ذلك يعتقد الباحثون أن فيروسات كورونا تنتقل بواسطة السائل (الرذاذ) الذي يخرج عن طريق السعال أو العطاس من خلال الجهاز التنفسي. وقد أكدت لجنة الصحة الوطنية الصينية انتقال العدوى من شخص لآخر. ويبدو أن الأشخاص الذين يعانون من حالة صحية سيئة في الوقت الحالي، هم أكثر الأشخاص عرضةً للإصابة بخطر الفيروس. وكما هو الحال دائماً مع الإصابة بالإنفلونزا، يعدّ مصدر القلق الرئيسي مدى شدة الأعراض وسرعة انتشارها، ويبدو أن بعض الأشخاص يظهر المرض لديهم بشكل خفيف في حين يظهر لدى آخرين على شكل مرض شديد، مما يجعل الأمر أكثر صعوبة لتحديد الأعداد الحقيقية المصابة ومدى انتقال العدوى بين الناس، ومن المرجح أن يصيب الفيروس فئة الشباب أكثر من الفئات العمرية الأخرى. إضافة إلى هذا الأمر، يمكن للأشخاص أن يصابوا بأكثر من إصابة واحدة في حياتهم ومعظم الأشخاص



في العالم يصابون بفيروس كورونا مرة واحدة على الأقل في حياتهم. ويرجح العلماء والباحثون أنّ التغيرات الجينية أو الطفرات الوراثية لفيروس كورونا هي التي تجعله معدياً للغاية وسريع الانتشار.

لا تزال فترة حضانة فيروس كورونا الجديد –أي الوقت الذي يستغرقه الشخص المصاب بالفيروس إلى حين ظهور الأعراض– غير معروفة. يعمل خبراء الصحة العامة –رغم هذه الصعوبات– على افتراض أن فترة الحضانة قد تستمر حوالي 14 يوماً، ومن غير المعروف لحد الآن ما إذا كان الشخص يصبح ناقلاً للعدوى خلال فترة الحضانة.

تتم عملية التشخيص من خلال الفحص السريري للمريض، إضافة إلى وجود قصة سفر أو اختلاط مع أشخاص أو ضمن مجتمعات ينتشر هذا المرض فيها. يمكن تشخيص الفيروس عن طريق أخذ عينة من سوائل الجهاز التنفسي أو عينة من الدم. ويمكن للاختبارات اكتشاف الأجسام المضادة ذات الصلة بعد 10 أيام من بدء المرض. إذا كان الاختبار سلبياً بعد مرور 28 يوماً على ظهور الأعراض، يعدّ الشخص غير مصاب بفيروس كورونا. ولا يوجد علاج أو لقاح محدد للعدوى التي يسببها فيروس كورونا الجديد، ولكن الرعاية الطبية الداعمة يمكن أن تخفف الأعراض وتقلل من خطر حدوث مضاعفات أو الوفاة.

ولم يعرف بعد مدى خطورة الفيروس الجديد، وتشير الإحصائيات الأولية إلى معدل وفيات تحدث بنسبة 3%. ومع ذلك، من المحتمل أن يكون هذا الرقم مبالغاً فيه نظراً لأنه قد يكون هناك مجموعة أكبر بكثير من الأشخاص الذين أصيبوا بالفيروس ولكنهم لم يعانوا من الأعراض الشديدة بالقدر الكافي للدخول إلى المشفى. لذا لم يتم احتسابها في البيانات للمقارنة. عادة ما يكون معدل الوفيات الناجمة عن الأنفلونزا الموسمية أقل من 1%، ويعتقد أنها تسبب حوالي 400000 حالة وفاة كل عام على مستوى العالم. وللوقاية من هذا الفيروس يوصي مركز السيطرة على الأمراض CDC الأمريكي بغسل اليدين بالماء والصابون قبل الأكل وبعد استخدام الحمام وبعد مسح الأنف أو في حال السعال أو العطس وقبل العناية بأحد الأشخاص المصابين بالفيروس وبعدها. كما يوصي بأن يقوم أي شخص يصادف أو يتعرض لمريض مصاب بالفيروس بتنظيف جميع السطوح التي لمسها المريض، مثل أجهزة الحاسوب أو الجوالات أو مقابض الأبواب ولوازم الاستحمام والمراحيض والهواتف ولوحات المفاتيح. ويوصي مركز CDC المرضى المصابين بفيروس كورونا، بارتداء قناع للوجه لحماية الآخرين من احتمالية انتقال العدوى إليهم. وفي حال لم يتمكن المريض من ارتداء قناع للوجه، فينصح أن يقوم الأشخاص الآخرين بلبسه في حال كانوا في الغرفة نفسها مع المريض. ومع كل هذه الإجراءات الوقائية إلا أنه لم يعرف بعد حجم جسيمات فيروس كورونا علماً أن نصف قطر فيروس السارس 0.1 ميكرون.

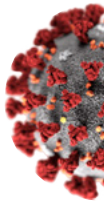
المصادر:

وكالة أخبار NP: فيروس كورونا مصدر قلق للعالم، تاريخ 31-01-2020.

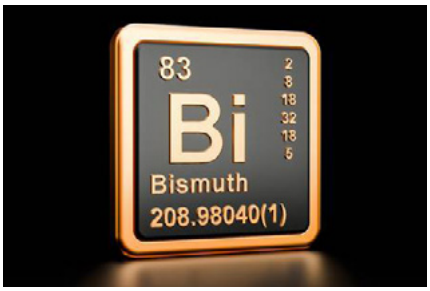
فيروس كورونا: العدوى والتشخيص والعلاج والوقاية (2)، Tababah.net.

"Corona virus: symptoms and diagnosis", www.cdc.gov, 30-1-2018.

WHO: Novel Coronavirus 2019, Jan 2020.



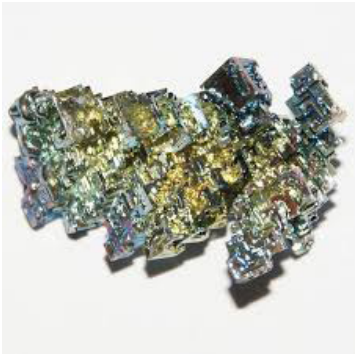
إعداد : د. محمد عادل باكير، هيئة الطاقة الذرية السورية.



البزموت
Bismuth

البزموت (أو البزموث) عنصر كيميائي رمزه Bi وعدده الذرّي 83. البزموت معدن خماسي التكافؤ، ويشبه الزرنيخ والأنتيموان في خصائصه الكيميائية. قد يوجد البزموت بشكل طبيعي كعنصر، كما يشكل كبريت البزموت وأكسيده خامات تجارية مهمة. يُعدُّ البزموت عنصراً كثيفاً، بنسبة 86% من كثافة الرصاص، وهو معدن هش بلون أبيض فضي بعد إنتاجه مباشرة، وغالباً ما يظهر بلون وردي عند تعرضه للهواء بسبب تأكسد السطح. وإن الاختلاف في سُمْك الطبقة المتأكسدة يؤدي إلى اختلاف في الأطوال الموجية الضوئية المتداخلة خلال انعكاسها على السطح، مشكلة ألوان قوس قزح.

رمزه	Bi
عدده الذرّي	83
كتلته الذرّية النسبية	208.98040(1)
كثافته	9.78 g·cm⁻³
درجة الانصهار	271.5 °C
درجة الغليان	1564 °C
حالات الأكسدة	5, 4, 3, 2, 1



عُرف معدن البزموت منذ العصور القديمة وسمي بحدود العام 1660، وهو من أقل العناصر المعدنية توصيلاً للحرارة، عُدَّ لفترات طويلة العنصر الأعلى استقراراً. ومع ذلك، في عام 2003 تم الكشف عن خاصته الإشعاعية الضعيفة، المتمثلة في نظير بدائي، البزموت-209، الذي يضمحل بعمر نصف أكبر من العمر المُقدّر للكون بمليار مرة.

تمثل مركبات البزموت نحو نصف ما ينتج منه، وتستخدم في مستحضرات التجميل والأصباغ وعدد قليل من الأدوية، ولاسيما بيبتو–بيزمول Pepto-Bismol. تُعدُّ خصائصه غير العادية المتمثلة في قدرته على تجاوز التجمّد مسؤولة عن بعض استعمالاته، كما هو الحال في نوع من سبائك الطباعة. يتمتع البزموت بسمّية منخفضة بشكل غير عادي كونه معدناً ثقيلاً. كما أصبحت سمّية الرصاص أكثر وضوحاً في السنوات الأخيرة، وهناك استعمال متزايد لسبائك البزموت، ويشكل حالياً ثلث إنتاجه كبديل للرصاص الذي أصبحت سمّيته أكثر وضوحاً في السنوات الأخيرة.

قصته

يعدُّ البزموت من بين العناصر المعدنية العشرة الأولى المكتشفة، وبدأ تميزه واضحاً عن كل من الرصاص والقصدير في العام 1738، وفي العام 1753 تمّت البرهنة على هذا التمايز. كان البزموت معروفاً لدى شعوب الإنكا واستعمل جنباً إلى جنب مع القصدير والنحاس العاديين في صناعة سبائك البرونز الخاصة بالسكاكين.

خصائصه

خصائصه الفيزيائية

يُظهر أكسيد البزموت ألواناً قزحية مشوهة بدءاً من الأصفر وحتى الأزرق. وتتشكل بلوراته على هيئة درج صاعد نتيجة لمعدل نمو أعلى حول الحواف الخارجية للبلورة مقارنة مع نمو الحواف الداخلية. تسبب الاختلافات في سمك طبقة الأكسيد المتشكل على سطح البلورة تداخل موجات مختلفة من الضوء خلال الانعكاس؛ مما يؤدي إلى تشكل ألوان قوس قزح. ويحترق البزموت بوجود الأكسجين، مشكلاً لهباً أزرق ويشكل أكسيده أبخرة صفراء. أما سميته فهي أقل بكثير من سمية جيرانه في الجدول الدوري ويتشارك في سمّيته مع الأنتيموان

والجرمانيوم والسليكون والغاليوم.

لم يثبت أن المعادن الأخرى بشكلها الطبيعي أكثر مغنطيسية معاكسة من البزموت. ومن بين المعادن الأخرى، يتمتع البزموت بأدنى قيم الموصلية الحرارية (بعد المنغنيز، وربما النبتونيوم والبلوتونيوم) وبأعلى قيمة لمعامل هول. لدى البزموت مقاومة كهربائية عالية. وعندما يتوضع في طبقات رقيقة بما فيه الكفاية على ركازة، يكون البزموت شبه موصل، ويمكن استعماله بدلاً من المعادن شبه الموصلة الأخرى.

تكون كثافة البزموت في الطور السائل أكثر من كثافته في الطور الصلب، ويساهم في توسيع حالة التصلب بنسبة 3.32%، لذا، كان لفترة طويلة أحد مكونات سبائك التنضيد المنخفضة الذوبان، حيث إنه يعوض الانكماش الذي تحدثه المكونات الأخرى في صناعة السبائك.

ومع أن غيابه شبه معدوم في الطبيعة، يمكن أن يأخذ البزموت شكلاً مميزاً عالي النقاوة، على هيئة بلورات شديدة التلون، وله نقطة انصهار منخفضة تماماً، فوق 271 درجة مئوية، لذلك قد تنمّى بلوراته باستعمال الموقد المنزلي.

وتكون لبنية البزموت في الظروف الطبيعية بنية الطبقات نفسها لكلّ من الزرنيخ والأنتيموان، أي على هيئة بلورة شعرية بشكل موشور سداسي منتظم، وهي غالباً تُصنف بأنها بلورات سداسية. وعندما يتعرض للضغط في درجة حرارة الغرفة، تتغير بنيته تدريجياً لتستقر في بنية مكعب، ويمكن رصد هذه التغيرات عبر تغيرات الموصلية الكهربائية، وتغير البنية قابل للتكرار نوعاً ما، وبناء عليه تستعمل خاصية تغيرات الموصلية لمعايرة المعدات ذات الضغط العالي.

خصائصه الكيميائية

يكون البزموت مستقراً في الهواء في درجات الحرارة العادية، سواء أكان جافاً أم رطباً. وعندما يسخن إلى درجة الاحمرار، فإنه يتفاعل مع الماء ليتحول إلى أكسيد البزموت (III).

$$2\ Bi + 3\ H_2O \rightarrow Bi_2O_3 + 3\ H_2$$

يتفاعل البزموت مع الفلور في الدرجة 500 °C معطياً فلوريد البزموت (V) أو فلوريد البزموت (III) عند درجات حرارة أقل (عادة بدءاً من درجة انصهاره). ومع الهالوجينات الأخرى يعطي هاليد البزموت (III) فقط.

$$2\ Bi + 3\ X_2 \rightarrow 2\ BiX_3 \quad (X = F, Cl, Br, I)$$

تكون مركباته ثلاثية الهاليد أكّالة وتتفاعل بسهولة مع الرطوبة، مشكلة أوكسي هاليد BiOX. ينحلّ البزموت في حمض الكبريت الكثيف ليعطي كبريتات البزموت (III) وثنائي أكسيد الكبريت.

$$6\ H_2SO_4 + 2\ Bi \rightarrow 6\ H_2O + Bi2(SO_4)_3 + 3\ SO_2$$

ويتفاعل مع حمض الآزوت معطياً نترات البزموت (III).

$$Bi + 6\ HNO_3 \rightarrow 3\ H_2O + 3\ NO_2 + Bi(NO_3)_3$$

كما أنه يتفاعل مع حمض كلور الماء، ولكن بحضور الأكسجين فقط.

$$4\ Bi + 3\ O_2 + 12\ HCl \rightarrow 4\ BiCl_3 + 6\ H_2O$$

ويستعمل بصفته عامل تحويل معدني في تصنيع معقدات المعادن القلوية الترابية.

$$3\ Ba + 2\ BiPh_3 \rightarrow 3\ BaPh_2 + 2\ Bi$$

نظائره

عُدَّ البزموت-209 تقليدياً أثقل نظائره والنظير البدائي الوحيد المستقر، ولكن، بناء على أسس نظرية، اشتبه لفترة طويلة بأنه غير مستقر في الحالة الأرضية. وقد تجلى هذا في نهاية المطاف في عام 2003، عندما قاس الباحثون انبعاثات ألفا بعمر نصف قدره 1.9×10^{19} سنة للبزموت-209، أي أكثر من مليار مرة أكبر من العمر المقدر للكون الحالي. ونظراً لامتلاكه عمر نصف طويل إلى هذا الحدّ، يمكن اعتباره عنصراً مستقراً وغير مشع في جميع تطبيقاته الطبية والصناعية. يُعدُّ نشاطه الإشعاعي شأناً أكاديمياً لأنه واحد من عدد قليل من العناصر التي اشتبه بنشاطها الإشعاعي وجرى توقعها نظرياً، قبل أن يتم الكشف عنها في المختبر.

تتولد نظائر عديدة للبزموت بأعمار نصف قصيرة ضمن سلاسل التفكك الإشعاعي للأكتينيوم والراديوم والثوريوم، وأكثر من ذلك فقد تم تصنيعها تجريبياً. كما عثر على البزموت-213 أيضاً في سلسلة اضمحلال اليورانيوم-233.

تجارياً، يمكن إنتاج البزموت-213 كنظير مشع بقذف الراديوم بفوتونات إشعاع صادرة عن مسرع جسيمات خطي. ففي عام 1997،

استعمل مضاد جسمي مرافق للبزموت-213 الذي عمر نصفه 45 دقيقة ويضمحل عبر إطلاقه جسيمات ألفا، لعلاج المرضى الذين يعانون من سرطان الدم.

مركباته الكيميائية

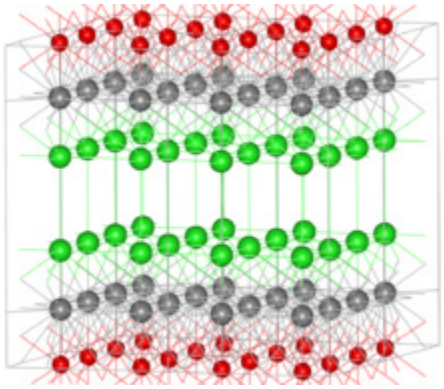
يشكل البزموت مركبات ثلاثية التكافؤ وأخرى خماسية التكافؤ، ومركباته الثلاثية التكافؤ أكثر شيوعاً. تتشابه العديد من خصائص مركباته مع خصائص مركبات الزرنيخ والأنتيموان، مع أنها أقل سمّية من مشتقات هذين العنصرين الأخف وزناً.

الأكاسيد والكبريتات

في درجات الحرارة المرتفعة، تجتمع أبخرة المعدن بسرعة مع الأكسجين، ويتشكل ثلاثي الأكسيد الأصفر Bi_2O_3. وعند انصهاره في درجات الحرارة الأعلى من 710 °C، يقوم هذا الأكسيد بتدمير أي أكسيد معدني آخر، وحتى أكسيد البلاتين. ولدى تفاعله مع أساس، فإنه يشكل سلسلتين خطيتين من أنيونات فوق الأكسيد BiO^{-2} و BiO_3^{-3} على هيئة سلاسل بوليميرية. يكون أكسيد البزموت (V)، Bi_2O_5، داكن الاحمرار وغير مستقر، ويحرر غاز O_2 لدى تسخينه. أما المركب $NaBiO_3$ فهو عامل أكسدة قوي.

يوجد كبريت البزموت Bi_2S_3 بشكل طبيعي في خامات البزموت، وينتج أيضاً عند اجتماع البزموت المنصهر مع الكبريت.

يظهر كل من BiOCl و $BiONO_3$ كأملاح أنيونية بسيطة لكاتيون البزموت (III) BiO^+ التي تحصل في مركبات البزموت المائية. لكن في حالة BiOCl، تشكل بلورات الملح نوى ذات طبقات متناوبة من ذرّات Bi و O و Cl. يستخدم هذا المركب الفلزي كصباغ في مستحضرات التجميل.



الشكل **1.** بنية **BiOCl**؛ حيث يشير اللون الرمادي إلى ذرات البزموت والأحمر إلى ذرات الأكسجين والأخضر إلى ذرات الكلور.

الهلوجينات

تعتمد هاليدات البزموت في حالات أكسدتها الدنيا على بنىً غير عادية. ومهما كان يعتقد أصلاً فيما يخص كلور البزموت (I)، BiCl، تبيَّن أنه مركب معقد ويتكون من الكاتيون Bi_9^{+5} والأنيونين $Bi_2Cl_2^{-5}$ و $Bi_2Cl_2^{-8}$.

يشكل البزموت أيضاً تكافؤاً منخفضاً مع البروم ببنية BiCl نفسها، ويوجد أيضاً يود البزموت BiI الذي يحوي سلاسل من وحدات Bi_4I_4 إذ يتفكك BiI بالحرارة معطياً BiI_3 والبزموت العنصري. ويوجد أيضاً أحادي البروم بالبنية نفسها.

وفي حالة الأكسدة (III)، يشكل البزموت هاليدات ثلاثية مع جميع الهالوجينات: BiF_3 و $BiCl_3$ و $BiBr_3$ و BiI_3. تتحلل هذه الهالوجينات جميعها بالماء باستثناء BiF_3، أما حالة الأكسدة (V) فهي أقل وجوداً، إحدى هذه الحالات هي BiF_5 المتمتع بأكسدة قوية.

وجوده وإنتاجه

تكون وفرة البزموت في القشرة الأرضية أعلى بحوالي مرتين من وفرة الذهب، والموطن الأصلي له أستراليا وبوليفيا والصين.

ووفقاً لهيئة المسح الجيولوجي في الولايات المتحدة، كان إنتاج تعدين البزموت في العام 2010 مساوياً 8900 طن، حيث بلغت مساهمات الصين 6500 طن والبيرو 1100 طن والمكسيك 850 طناً. وكان الإنتاج الصافي، مع عمليات التكرير هو 16000 طن؛ أنتج منها في الصين 13000 وفي المكسيك 850 وفي بلجيكا 800 طن. يعود الفرق بين حالات البزموت إلى وجود منتج ثانوي يحصل لدى استخراج معادن أخرى مثل الرصاص والنحاس والقصدير والموليبدينوم والتنغستن.

الشكل **2.** فلز البزموت.

يدخل البزموت في فلزات الرصاص الخام، التي يمكن أن تحتوي على ما يصل إلى 10% بزموت، وتتم إزالته بواسطة عملية كرول–بترتون من خلال مراحل التكرير العديدة، التي تفصل الشوائب على هيئة خبث، أو بواسطة عملية بيتس في التحلل الكهربائي. يحتوي البزموت الخام الناجم عن كلا العمليتين على

كميات كبيرة من المعادن الأخرى والرصاص قبل كل شيء. وعن طريق تفاعل الخليط المنصهر مع غاز الكلور يتم تحويل المعادن الأخرى إلى الكلوريدات في حين يبقى البزموت دون تغيير.

سعره

كان سعر البزموت النقي مستقراً نسبياً خلال معظم عقود القرن العشرين، باستثناء ارتفاع حدث في السبعينيات. وكان البزموت يُنتج بشكل أساسي بوصفه مادة ثانوية لدى تكرير الرصاص، لذا كانت الأسعار تتأثر بتكاليف الإنتاج والتوازن بين الإنتاج والطلب.

كان الطلب على البزموت ضعيفاً قبل الحرب العالمية الثانية، وكان محصوراً في الصناعات الدوائية، حيث استعملت مركبات البزموت لعلاج حالات مثل اضطرابات الجهاز الهضمي والأمراض المنقولة جنسياً والحروق. وكانت تستهلك كميات ضئيلة من المعادن في سبائك البزموت القابلة للانصهار لتصنيع أسلاك الفواصم الكهربائية. خلال الحرب العالمية الثانية، اعتبر البزموت من المواد الاستراتيجية حيث استعمل في اللحام والسبائك المنصهرة والأدوية والبحوث الذرّية. ولتحقيق الاستقرار في السوق، حدّد المنتجون سعره بـ 2.75 دولاراً أمريكياً للكيلوغرام الواحد خلال الحرب، و 4.96 بدءاً من العام 1950 وحتى 1964.

وفي وقت مبكر من سبعينيات القرن الماضي، ارتفع سعره بسرعة نتيجة لازدياد الطلب على البزموت بوصفه مادة معدنية مضافة للألمنيوم والحديد الصلب. وأعقب ذلك انخفاض بسبب زيادة الإنتاج العالمي واستقرار الاستهلاك، إضافة إلى الركود العالمي في بداية الثمانينيات. وفي عام 1984، بدأ السعر في الصعود حيث ارتفع الاستهلاك العالمي، وخاصة في الولايات المتحدة واليابان. وفي أوائل التسعينيات، بدأ البحث بتقييم البزموت على أنه بديل غير سام للرصاص في طلاء الزجاج والسيراميك، وفي معدات تجهيز المواد الغذائية والمزلقات الشحمية. ظل النمو في هذه المجالات بطيئاً خلال منتصف التسعينيات، ولكنه تسارع بحدود العام 2005، مما أدى إلى زيادة سريعة ومستمرة في السعر.

إعادة التدوير

في الوقت الذي يُعدُّ فيه البزموت أكثر المواد إتاحة اليوم بوصفه منتجاً ثانوياً، إلا أن استدامة وفرته تعتمد أكثر على إعادة التدوير. تُعدُّ عملية إعادة التدوير صعبة في كثير من استعمالاته النهائية.

يتركز تقييم دورة الحياة للبزموت على اللحام، وهو واحد من الاستعمالات الرئيسية للبزموت، وتكمن في هذا التقييم أكثر المعلومات اكتمالاً. وهناك القليل جداً من المعلومات حول دورة الحياة في سبائك البزموت الأخرى أو مركباته.

تطبيقاته

لا يتمتع البزموت بتطبيقات تجارية عديدة، وليس لأي منها انتشار واسع بشكل خاص. ولنأخذ الولايات المتحدة مثالاً على ذلك، إذ استهلك في العام 2010 ما مقداره 884 طناً من البزموت، 63% منها إلى المواد الكيميائية (بما في ذلك الأدوية والمواد الملونة ومستحضرات التجميل)، و 26% إلى المضافات المعدنية للتصليب والغلفنة، و 7% إلى سبائك البزموت، و 4% إلى ذخائر للجنود والذخيرة واستهلاكات البحوث والاستعمالات الأخرى.

تستعمل بعض الشركات المصنعة البزموت على أنه بديل في المعدات اللازمة لشبكات المياه الصالحة للشرب، مثل الصمامات، لتلبية متطلبات التخلي عن الرصاص التي بدأ تطبيقها في العام 2014 في الولايات المتحدة (يشكل ذلك تطبيقاً كبيراً إلى حدٍّ ما نظراً لأنه يدخل في جميع المباني السكنية والتجارية).

في الطب

يدخل عنصر البزموت في بعض الأدوية، علماً أن استعماله آخذ في الانحسار.

- يستعمل البزموت بصفته مضاداً للإسهال لدى الأطفال والبالغين، ويستعمل أيضاً في علاج بعض الأمراض المعوية الأخرى.
- تستعمل بعض مركباته لمعالجة القرحة المعدية والتهابات العين.
- يستعمل البزموت في بعض المركبات المزيلة للعرق وعلاج الروائح الجسدية الكريهة.
- واستعمل البزموت (في مركب طرطرات الصوديوم والبزموت) لعلاج مرض الزهري.
- كما سوّق في بداية القرن العشرين باسم حليب البزموت (محلول مائي من هيدروكسيد البزموت وتحت كربونات البزموت) بصفته دواءً هضمياً عاماً. إضافة إلى استعماله على هيئة تحت نترات البزموت $Bi_5O(OH)_9(NO_3)_4$ وتحت كربونات البزموت $Bi_2O_2(CO_3)$ في المجال الطبي.

في مستحضرات التجميل والأصبغة

يستعمل أوكسي كلور البزموت BiOCl أحياناً في مستحضرات التجميل، باعتباره صباغاً في الطلاء لظلال العيون وبخاخاً للشعر وطلاء الأظافر. وكان يستعمل بوصفه مادة للتجميل في مصر القديمة وفي أماكن كثيرة منذ ذلك الحين.

في السبائك المعدنية

يستعمل البزموت في سبائك مع معادن أخرى مثل الحديد، وذلك للحصول على سبائك تستعمل في إطفاء الحرائق.

بديل الرصاص

إن الفرق بين كثافة الرصاص $11.32\ g{\cdot}cm^{-3}$ وكثافة البزموت $9.78\ g{\cdot}cm^{-3}$ صغير بما يكفي لاستعماله بديلاً للرصاص في صناعة المقذوفات. حظرت كل من هولندا والدنمارك وإنجلترا وويلز والولايات المتحدة والعديد من البلدان الأخرى الآن استعمال الرصاص لصيد طيور الأراضي الرطبة، حيث تبين أن العديد من الطيور عرضة للتسمم بالرصاص بسبب ابتلاعها للمقذوفات الرصاصية، بدلاً من الحجارة الصغيرة والحصى، للمساعدة على الهضم.

يستعمل البزموت، بوصفه عنصراً كثيفاً ومرتفع الوزن الذري، في تصنيع دروع الحماية من الأشعة السينية في حالة الفحوصات الطبية.

فرضت قيود الاتحاد الأوربي استعمال البزموت في صناعة الإلكترونيات، بوصفه بديلاً للقصدير والرصاص في عمليات اللحام التقليدية، وذلك بسبب نقطة انصهاره المنخفضة. ونظراً لسميته المنخفضة غدا استعماله مهماً في تصنيع معدات تجهيز المواد الغذائية وأنابيب المياه، كما يمكن استعماله أيضاً في تطبيقات أخرى بما في ذلك صناعة السيارات.

في استعمالات معدنية أخرى وسبائك تخصصية

هناك العديد من سبائك البزموت المنخفضة نقطة الانصهار وذات التطبيقات المتخصصة في أدوات الجنود والعديد من الرشاشات الأوتوماتيكية والصمامات الكهربائية وأجهزة الأمان في الكشف عن الحرائق وأنظمة إخمادها.

يستعمل البزموت بهدف جعل الآلات خالية من الفولاذ وخالية من سبائك الألمنيوم من أجل الحصول على آلات ذات مواصفات دقيقة. إن تأثيره المماثل لتأثير الرصاص يجعل سبائكه مماثلة لسبائك الرصاص من حيث الكسر والقطع. كما يؤدي تقلصه أثناء التصلب وتمدده المماثلين لتقلص الرصاص وتمدده لاستعماله بكميات مماثلة في تصنيع السبائك المستعملة في عمليات الصب ذات الدقة العالية، على سبيل المثال في طب الأسنان، لخلق نماذج وقوالب دقيقة.

يستعمل البزموت أيضاً في سبائك الألمنيوم والسليكون من أجل الحصول على تشكيلات دقيقة. وتستعمل بعض سبائك البزموت، مثل Bi_{35}-Pb_{37}-Sn_{25}، جنباً إلى جنب مع مواد غير معقدة مثل الميكا والزجاج والمينا، لأنها تسمح بسهولة الالتحام معها. وتؤدي إضافة البزموت مع السيزيوم إلى تعزيز المردود الكمومي لكاتودات السيزيوم. كما أن تكليس البزموت ومساحيق المنغنيز في 300 °C تنتج مغانط دائمة المغنطة تستعمل في المولدات وأجهزة الاستقبال العاملة بالموجات فوق الصوتية في مجال 10–100 كيلوهرتز وأجهزة الذاكرة المغنطيسية.

استعمالات أخرى لمركباته

- يوجد البزموت في مجموعة أكسيد البزموت–سترونسيوم–كالسيوم–نحاس، وهي مجموعة من المركبات المتشابهة الفائقة التوصيل التي جرى كشفها في العام 1988 والتي تظهر توصيلاً فائقاً في درجات الحرارة العليا.
- تشكل تحت نترات البزموت واحدة من مكونات الزجاج التي تنتج تقرحاً وتستعمل بوصفها مادة صباغية في الطلاء.
- يُعدُ مركب تلّوريد البزموت من أنصاف النواقل ومادة إلكترونية ممتازة النقل الحراري. وتستعمل ديودات Bi_2Te_3 في الثلاجات المتنقلة ومبرّدات وحدة المعالجة المركزية في مطيافيات الأشعة تحت الحمراء.
- يقوم أكسيد البزموت، في شكله دلتا، بدور محلّل كهربائي للأكسجين.
- تكون فانادات البزموت على هيئة صبغة صفراء عاتمة يستعملها الفنانون في أعمالهم الفنية. ويشكل هذا المركب بديلاً للّون الأصفر في الليمون مثل كبريت الكادميوم وكرومات الرصاص والكروم والسترونسيوم والباريوم. وعلى عكس هذه المركبات تتميز فانادات البزموت بعدم تشوهها بسهولة لدى تعرضها للأشعة فوق البنفسجية.
- ويستعمل البزموت محفزاً لتصنيع ألياف الأكريليك.
- كما يستعمل بصفته محفزاً كهربائياً في تحويل ثنائي أكسيد الكربون إلى أول أكسيد الكربون.
- ويدخل البزموت في مكونات شحوم التزليق.

سميته والسمية الحيوية

تتفق المؤلفات العلمية على أن البزموت ومعظم مركباته أقل سمية بالمقارنة مع المعادن الثقيلة الأخرى (مثل الرصاص والأنتيموان... إلخ)، وأنه لا يتراكم في الجسم الحي. ويمتلك هو ومركباته قدرة ضعيفة على الانحلال في الدم وتنطرح بسهولة مع البول ولا تظهر لها أي آثار سرطانية. يبلغ عمر نصفه البيولوجي في الجسم بكامله خمسة أيام لكنه يستقر في الكلية لسنوات عدة لدى المرضى المعالجين بمركبات البزموت.

إن سمية البزموت موجودة إذ إنها غالباً ما تؤثر على الكلية والكبد والمثانة. ويمكن أن يتهيج الجهاز التنفسي والجلد أيضاً لدى تعرض هذه الأعضاء للبزموت. وكما هو الحال مع الرصاص، يمكن أن يؤدي التعرض المفرط للبزموت إلى تشكيل بقعة سوداء على اللثة، المعروفة باسم خط البزموت.

لم يتم التعرف بشكل جيد على الآثار البيئية للبزموت. ويُعدُّ تأثيره على البيئة صغيراً، إذ يرجع ذلك جزئياً إلى ضعف ذوبان مركباته.

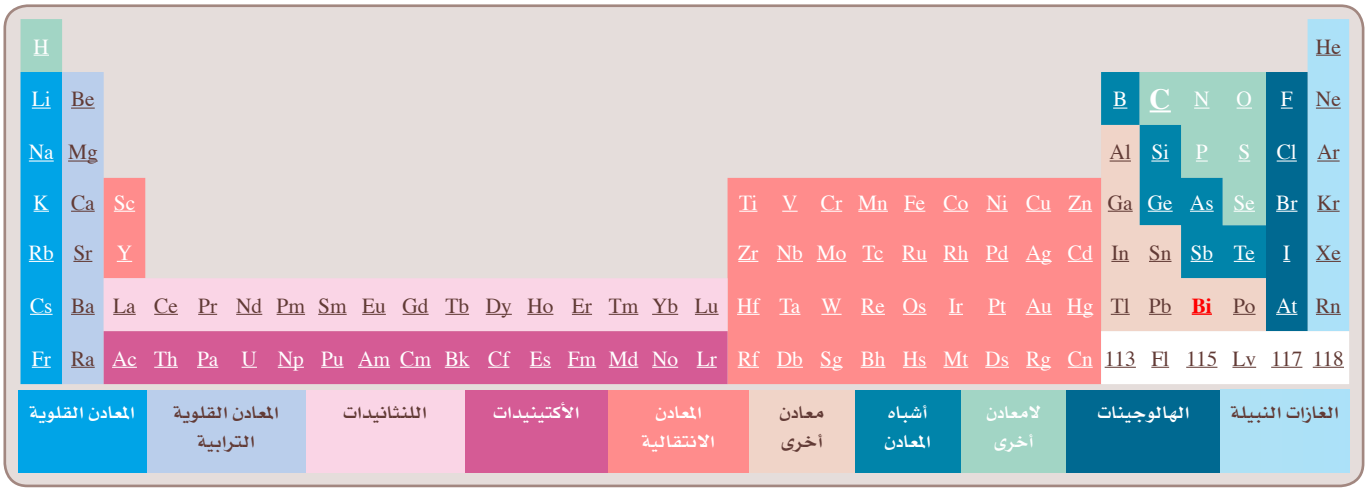
معالجته بيولوجياً

يمكن لفطر أوريادس ماراسميوس *Oreades marasmius* تحويل البزموت حيوياً في التربة الملوثة به.

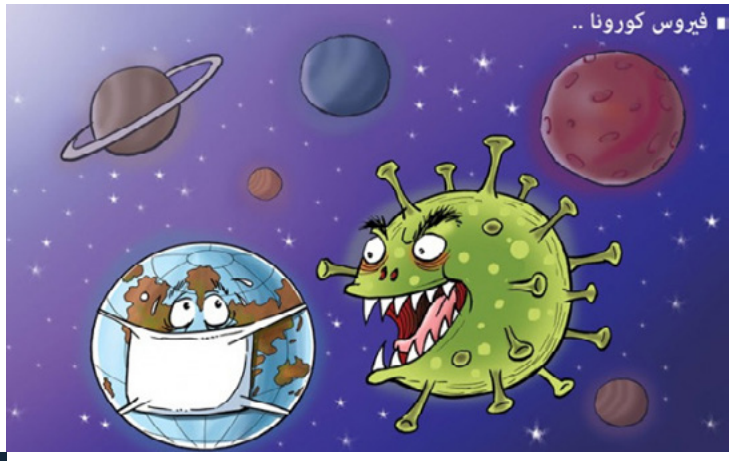
مركباته

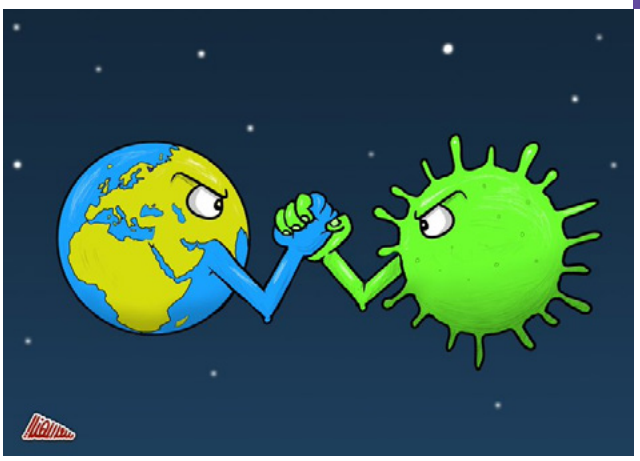
$BiBr_3$, $BiCl_3$, $Bi_4Ge_3O_{12}$, BiOCl, Bi_2Se_3, $Bi_2O_2(CO_3)$, Bi_2Te_3, BiF_3, BiI_3, Bi_2O_3,$Bi(OH)_3$, Bi_2S_3, BiH_3, $BiOHOCOC_6H_4O$, C_4H_4BiH, BiF_5, $Bi_{12}SiO_{20}$.

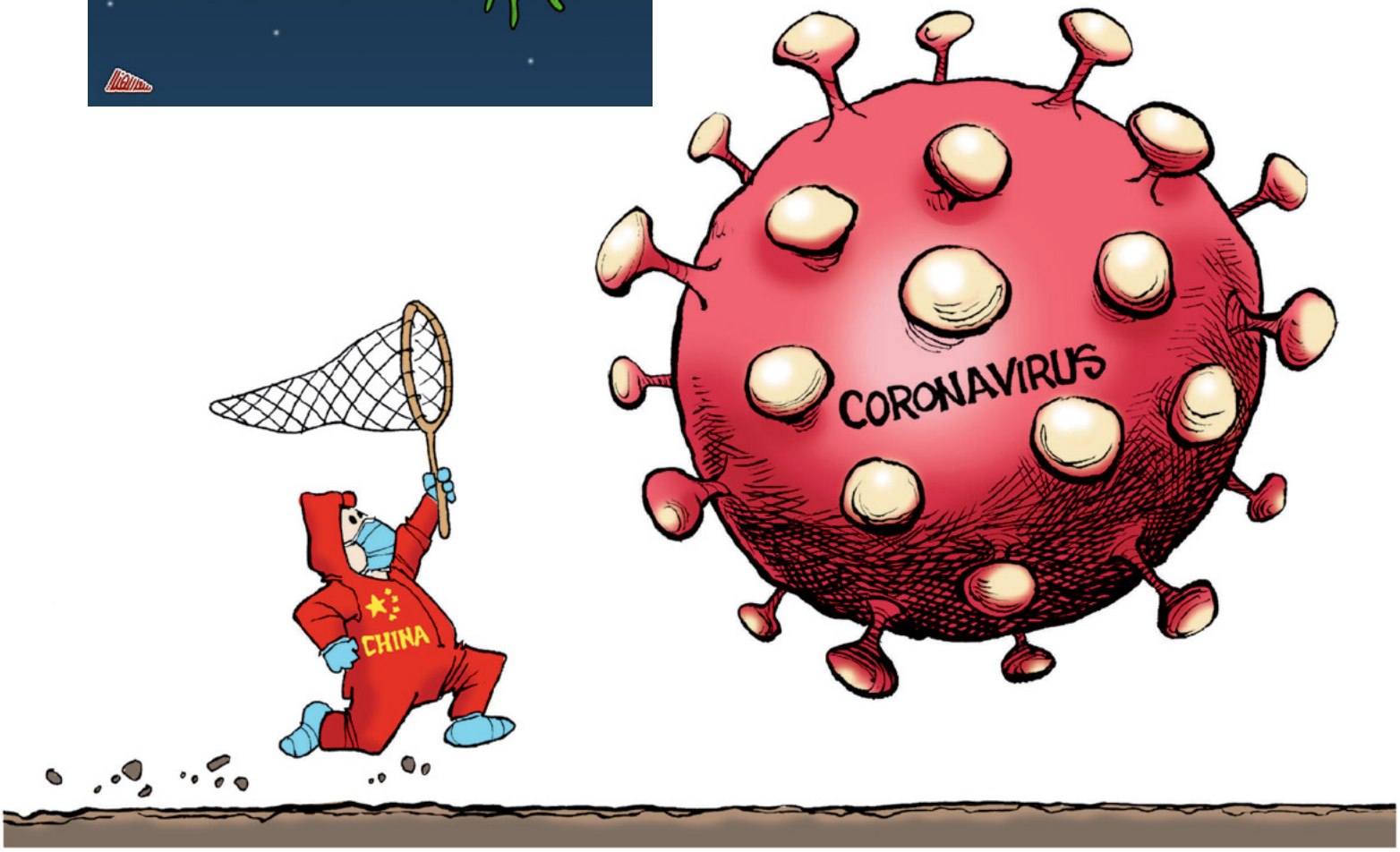
موقعه في الجدول الدوري



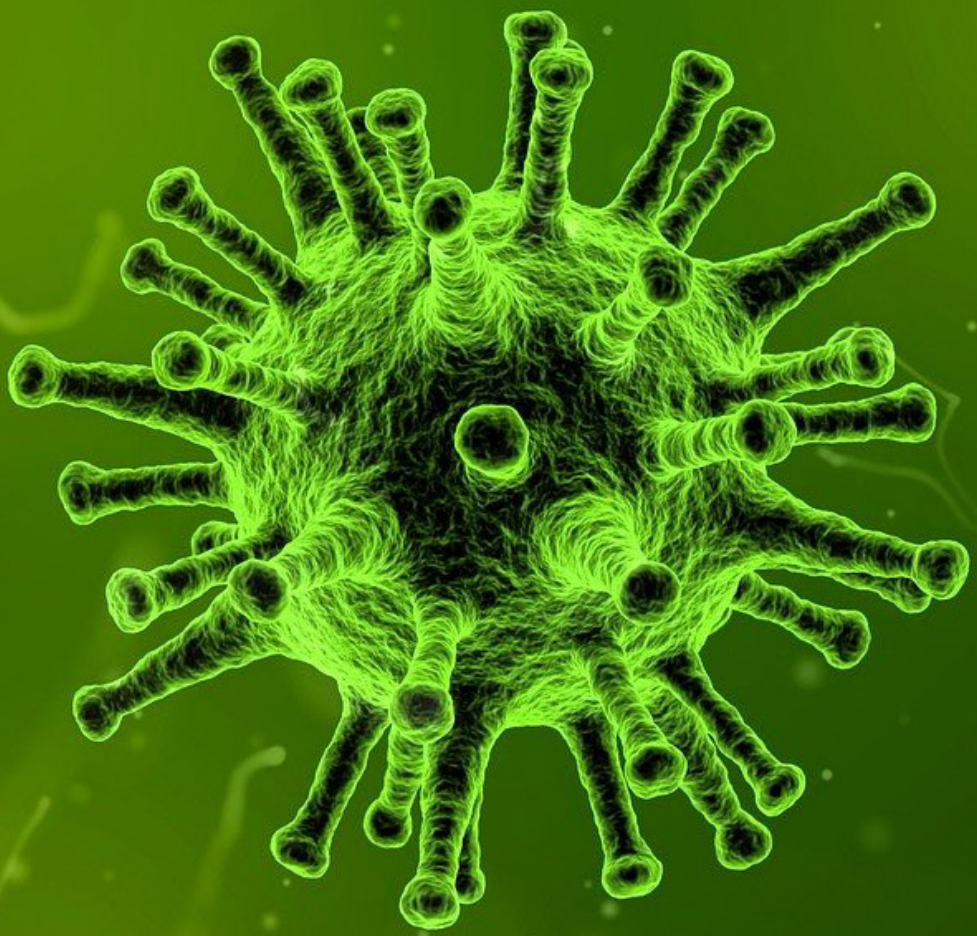
إعداد: **د. عادل حرفوش**، هيئة الطاقة الذرية السورية.

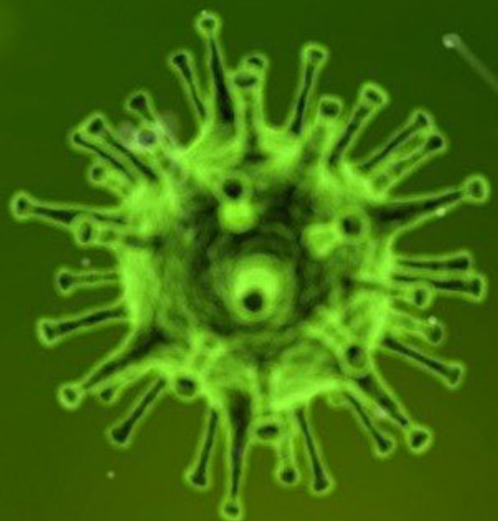

■ فيروس كورونا ..




CORONAVIRUS
CHINA

No. 153
ISSN 1607-985X





Atomic Energy Commission of Syria