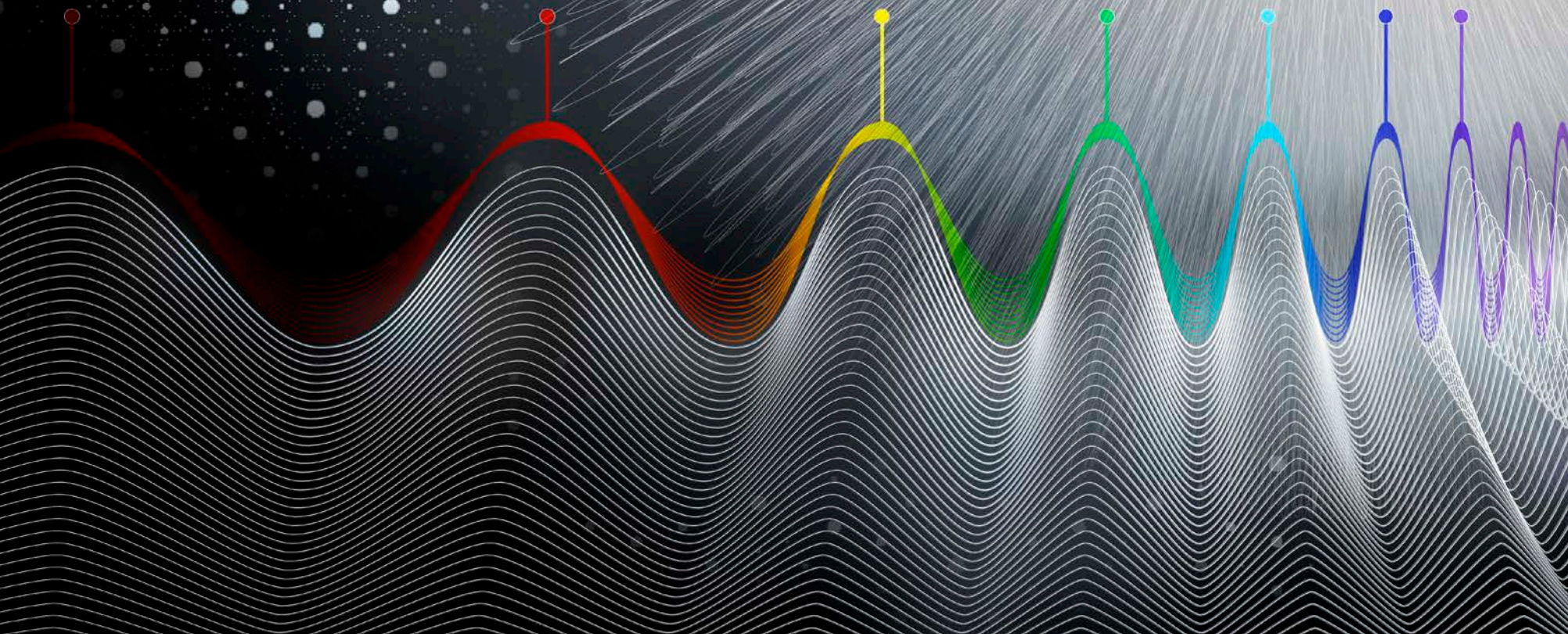
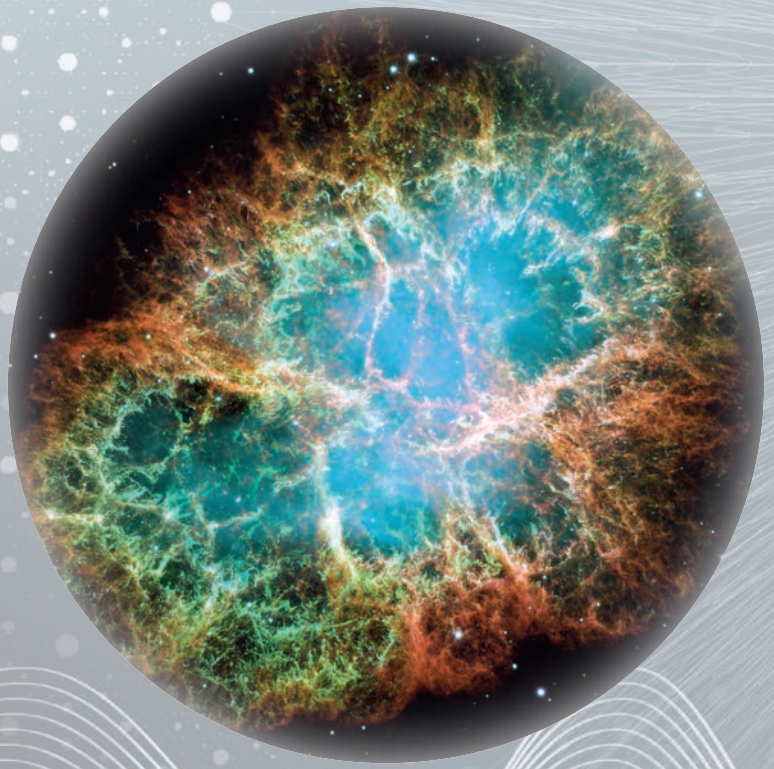
مصادر الضوء المتقدمة
و علم البلورات
أدوات للاكتشاف والابتكار



مصادر الضوء المتقدِّمة وعلم البلورات



© موقع تلسكوب هابل (HubbleSite): معرض الصور إصدار جديد

سديم السرطان هو ما تبقَّى من انفجار نجم مستعر أعظم تمَّت ملاحظته في سنة ١٠٥٤ ميلادية. وهو يبعد عن كوكب الأرض قرابة ٦٥٠٠ سنة ضوئية. وتتَّبع الإلكترونات العالية الطاقة الناتجة عن الانفجار مساراً منحنياً بسبب المجال المغنطيسي القوي في السديم وينبعث منها ضوء سنكروتروني، شأنها تماماً شأن مصادر الضوء المتقدِّمة الموجودة هنا على كوكب الأرض.

مقدِّمة

ما هي مصادر الضوء المتقدِّمة؟ ما هو علم البلورات؟ ١
لماذا ينبغي الاهتمام بمصادر الضوء المتقدِّمة؟ ٢
كيف تعمل مصادر الضوء؟ ٤
إجراء البحوث في المرافق المعنية بمصادر الضوء المتقدِّمة ٦
التعليم والتواصل ٧

التطبيقات

التطبيقات في مجال المواد النانوية ٨
علم البيولوجيا الهيكلية
أدوات قوية لدراسة الأمراض من الناحية البيولوجية ١٠
التطبيقات في مجال الطاقة ١٢
دراسة المواد في الظروف المتطرفة ١٣
التطبيقات في مجال علوم التحليل الجنائي ١٤
علم الإحاثة دراسة الأحافير القديمة ١٥
علم الآثار دراسة الآثار القديمة ١٦
مراكز التكنولوجيا المتقدِّمة تدعم قطاع الصناعة ١٧

تأثير مصادر الضوء المتقدِّمة في العلوم والمجتمعات في البلدان النامية ١٨

فرص العمل والمسارات المهنية في مجال مصادر الضوء المتقدِّمة ٢٠

آفاق المستقبل ٢١

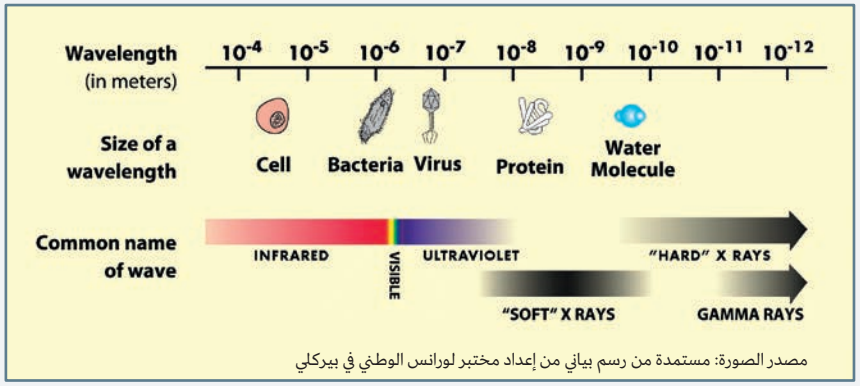
تصميم الغلاف: فلورا ميت غارسيا

ما هي مصادر الضوء المتقدِّمة؟ ما هو علم البلورات؟

ليس كلُّ ضوء مرئيًّا. ففي مجال العلوم والتكنولوجيا، تنطبق كلمة **الضوء** عموماً على جميع أنواع **الإشعاعات** الكهرومغنطيسية. ومعظم الأطوال الموجية غير مرئي.

وتولِّد مصادر الضوء أشعة الراديو، والأشعة الدقيقة الموجات، والأشعة دون الحمراء، والضوء المرئي، والأشعة فوق البنفسجية، والأشعة السينية، وأشعة غاما.

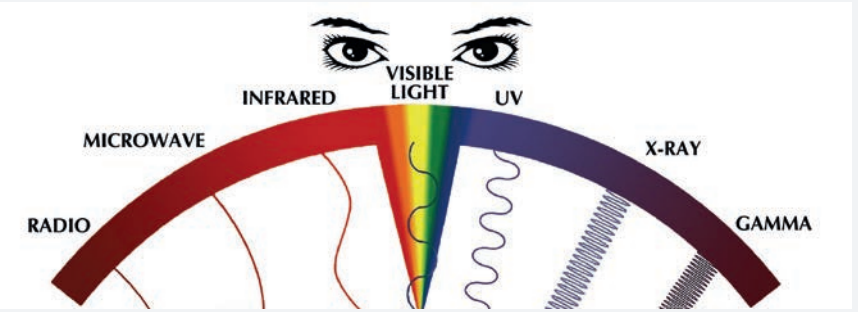
وتتميَّز مصادر الضوء المتقدِّمة بأنَّها أقوى كثيراً من المصادر العادية، مثل المصابيح والأنواع التقليدية من أشعة الليزر.



مصدر الصورة: مستمدة من رسم بياني من إعداد مختبر لورانس الوطني في بيركلي

مقارنة بين الأطوال الموجية لأنواع مختلفة من الضوء وأحجام أشياء متنوعة. حتى تتسنى لنا رؤية شيء ما، نحتاج إلى وجود ضوء يكون طوله الموجي إمَّا مساوياً لحجم ذلك الشيء أو أقل منه.

ومن ثمَّ، فإنَّ أصغر شيء يمكن أن نراه في الضوء المرئي هو جرثومة واحدة من البكتيريا. ولكي يكون بوسعنا أن نرى تفاصيل مكوِّنات الخلية، مثل البروتينات، نحتاج إلى ضوء ذي طول موجي أقصر، مثل الأشعة السينية.



إنَّ علم البلورات هو العلم الذي يدرس الطريقة التي تصطف بها الذرات في المواد الصلبة. وثمَّ صلة وطيدة بين علم البلورات وجانب كبير من العمل المضطلع به في المرافق المعنية بمصادر الضوء المتقدِّمة.

باستخدام حُزم عالية التركيز من الأشعة السينية ولَّدتها مرافق متقدِّمة معنية بالإشعاعات السنكروترونية، استُمدت بيانات حيود عالية الاستبانة من بلورات الريبوسومات. والريبوسومات هي بمثابة آلات نانوية الحجم داخل الخلايا وظيفتها ترجمة الشفرة الوراثية إلى بروتينات.

آدا يونات، الحاصلة على جائزة نوبل في الكيمياء لعام ٢٠٠٩

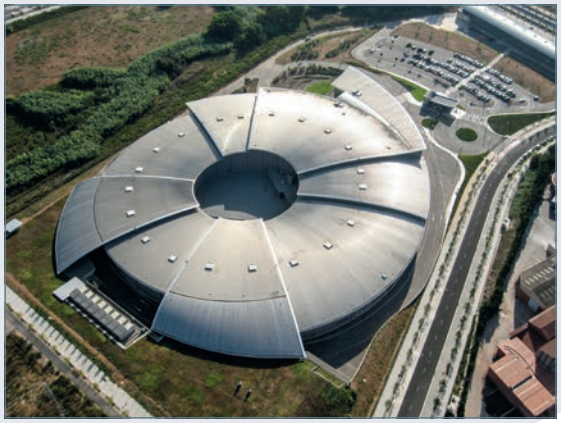
لماذا ينبغي الاهتمام بمصادر الضوء المتقدِّمة؟

يحتلُّ العمل على رصد المادة وفكِّ شفرة أسرارها موقع القلب من سعي البشرية إلى فهم العالم من حولنا. وتكفل **مصادر الضوء المتقدِّمة** أدوات فريدة من نوعها تتيح توسيع نطاق الدراسات العلمية ليشمل مواد وكائنات حيَّة جديدة. وحيث إنَّ مصادر الضوء المتقدِّمة هي مراكز لإجراء البحوث في العلوم البحتة والتطبيقية، فهي تؤدي دوراً أساسيًّا في تحفيز الابتكار وتعزيز التنافس في القطاع الصناعي.

والعديد من العلوم الأساسية والتطبيقية والصناعية تشهد تغيرات جذرية بفعل مصادر الضوء المتقدِّمة، بما في ذلك مجالات الزراعة، وعلم الآثار (علم دراسة الآثار القديمة)، والعلوم البيولوجية، والطب البيولوجي، والكيمياء، ودراسات التراث الثقافي، والهندسة، والطاقة، والعلوم البيئية، وعلوم التحليل الجنائي، والجيولوجيا، وعلوم المواد، والتكنولوجيا النانوية، والعقاقير الجديدة، وعلم الإحاثة، والفيزياء.

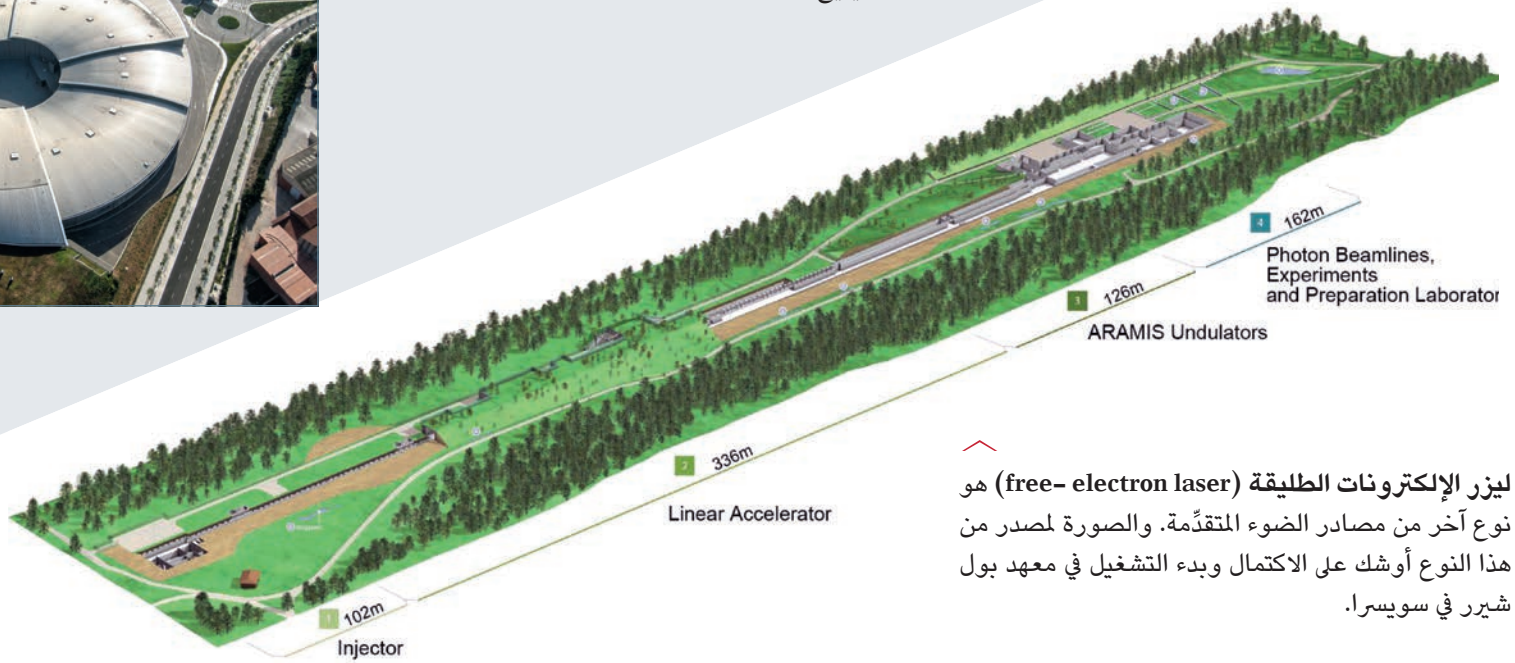
وتُعَدُّ مصادر الضوء المتقدِّمة بمثابة الوسيلة الأكثر فعالية لتحديد خصائص المواد في عصرنا. وهي تتيح إلقاء نظرات متعمِّقة إلى داخل البنى الدقيقة، وصولاً إلى المستوى النانوي، للمواد المصنَّعة على نحو ليس ممكناً باستخدام أي طريقة أخرى. وقد أدرك القطاع الصناعي ذلك، وهو الآن يستخدم مصادر الضوء المتقدِّمة بصورة متزايدة من أجل دعم البحوث والابتكار في مجال تطوير المنتجات.

ولهذه المرافق آثار كبيرة على ما يتلقاه طلبة الدراسات العليا، علماء المستقبل، من التعليم والتدريب.



الصورة مقدَّمة من مرفق الحزم الضوئية السنكروترونية (مرفق «ألبا») (ALBA)

مرفق «ألبا» (ALBA) هو مرفق لإنتاج الضوء السنكروتروني يقع بالقرب من برشلونة ويتيح عرض البنية الذرية للمادة مثلما يتيح دراسة خصائصها.



الصورة مقدَّمة من هانز براون، معهد بول شيرر
Courtesy Hans Braun, PSI

ليزر الإلكترونات الطليقة (free- electron laser) هو نوع آخر من مصادر الضوء المتقدِّمة. والصورة لمصدر من هذا النوع أوشك على الاكتمال وبدء التشغيل في معهد بول شيرر في سويسرا.

© Adobe Stock

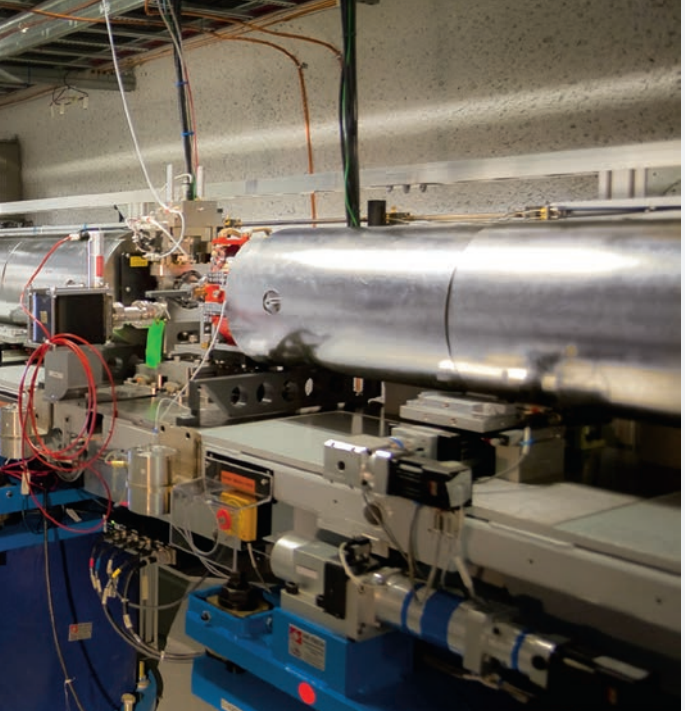
وتؤدي مصادر الضوء المتقدِّمة دوراً رئيسيًّا في إجراء البحوث بشأن المسائل التي تقع على تخوم العديد من التخصُّصات والصناعات — وتلبي في بعض الأحيان احتياجات علمية وتجارية وتعليمية قائمة في بلد بعينه أو منطقة بعينها. وهناك الآلاف من طلبة الدراسات العليا في العلوم البيولوجية والكيمياء والعلوم البيئية وعلوم المواد والعلوم الطبية وغير ذلك من التخصُّصات ممَّن أجروا بحوثاً على مستوى عالمي لأغراض أطروحاتهم لنيل درجة الدكتوراه في مرافق مصادر الضوء حول العالم. وكان توفير مورد من هذا القبيل حافزاً رئيسيًّا حدا بالعديد من البلدان إلى بدء تشييد مصادر ضوء متقدِّمة في منتصف الثمانينات من القرن العشرين.

للاطلاع على مزيد من المعلومات

http://lightsources.org

الصورة مقدَّمة من مختبر بروكهافن الوطني
Courtesy Brookheaven National Laboratory

مصدر الضوء السنكروتروني الوطني الثاني (National Synchrotron Light Source II) (الصورة) في مختبر بروكهافن الوطني بالولايات المتحدة الأمريكية هو أحد أحدث مصادر الضوء وأكثرها سطوعاً في العالم، ويقدِّم خدماته إلى نحو ٦٠٠٠ مستخدم سنويًّا.



كيف تعمل مصادر الضوء؟

يُقصد بالتعجيل إحداث تغيير في سرعة الحركة أو اتجاهها. وعند تعجيل الجسيِّمات التي تحمل شحنة كهربائية ينبعث منها إشعاع نطلق عليه اسم الضوء.

وعند تعجيل البروتونات والإلكترونات يمكن أن ينبعث منهما ضوء. بيد أنَّ الضوء ينبعث من الإلكترونات أكثر كثيراً مما ينبعث من البروتونات. ولهذا السبب فإنَّ جميع مصادر الضوء المتقدِّمة تستخدم الإلكترونات.

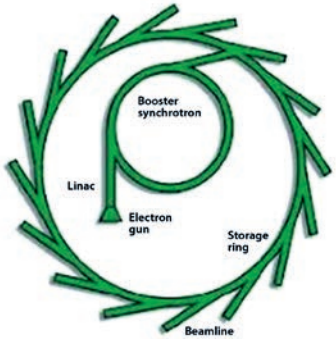
وهناك نوعان رئيسيان من مصادر الضوء المتقدِّمة: **المصادر الدائرية**، وهي حلقات لتخزين الإلكترونات تشبه من حيث الشكل حلوى الدونَت ويُطلق عليها اسم السنكروترونات أو مصادر الضوء السنكروترونية، و**المصادر الخطية**، وهي نفسها مصادر ليزر الإلكترونات الطليقة.

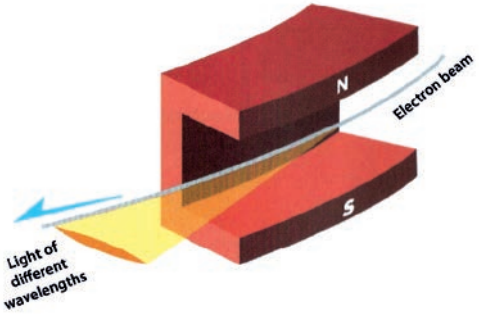
وينفرد كلُّ مرفق من مرافق الإشعاع السنكروتروني بطبيعة مختلفة ويختلف بصورة ما عن غيره من المرافق من حيث القدرات التي يكفلها. غير أنَّ هذه المرافق تشبه عموماً سلسلة مكوَّنة من عدة حلقات.

وتعمل كلُّ حلقة في السلسلة على زيادة تعجيل الإلكترونات ثمَّ تضخُّها في الحلقة التالية من السلسلة. والتفاصيل الواردة أدناه تخصُّ الحلقة المتوسطة الطاقة في مرفق ديامونـد.

المصادر الدائرية. حين تمرُّ حزمة من الإلكترونات بين القطبين الشمالي والجنوبي لمغنطيس، ينحني مسارها. فيتغيَّر اتجاهها وينبعث منها ضوء. ويمكن تخزين الإلكترونات وتدويرها في حلقة لفترات تصل إلى يوم واحد.

وأثناء دوران الإلكترونات تنبعث منها إشعاعات كهرومغنطيسية، منها ما هو مرئي وما هو غير مرئي، بدءاً من الإشعاعات ذات الطول الموجي الطويل للغاية (الأشعة دون الحمراء) وحتى الإشعاعات ذات الطول الموجي القصير للغاية (الأشعة السينية). وحيث إنَّ الإشعاعات تنبعث في اتجاه متماس مع محيط الحلقة، يمكن تكوين العديد من خطوط الحُزم، ويكون بوسع العلماء أن يجمعوا البيانات من هذه الحُزم على نحو متزامن.





يبيِّن هذا الرسم التوضيحي خصائص مصدر ديامونـد للضوء (Diamond Light Source)، وهو مرفق السنكروترون العلمي الوطني بالمملكة المتحدة، ويقع في مجمع هارويل للعلوم والابتكار في أوكسفوردشاير، المملكة المتحدة.

قاذف الإلكترونات. «تتبخَّر» الإلكترونات من على سطح ساخن حيث تُعجَّل ليصل مستوى طاقتها إلى ٩٠ ٠٠٠ إلكترون فولط (٩٠ كيلو إلكترون فولط). ثمَّ تُعجَّل باستخدام **معجِّل خطي**، وهو النوع الأول من بين ٣ أنواع من معجِّلات الجسيمات مستخدمة في هذه السلسلة؛ من مستوى ٩٠ كيلو إلكترون فولط إلى مستوى ١٠٠ مليون الكترون فولط (١٠٠ ميغا إلكترون فولط). **المعزِّز.** تُستخدم مغنطيسات مسبِّبة للانحناء بحيث تدفع الإلكترونات للدوران في دائرة، حيث تُعجَّل باستخدام مصدر للترددات الراديوية وصولاً إلى ٣ غيغا إلكترون فولط (أي ٣ مليارات إلكترون فولط) قبل نقلها إلى **حلقة التخزين**. وتتكوَّن حلقة التخزين من أقسام مستقيمة موصولة ببعضها بزوايا بحيث تكوِّن معاً أنشوطة يبلغ محيطها نحو ٦٠٠ متر. وتُملأ الحلقة كلَّ ١٠ دقائق بدفعة جديدة من الإلكترونات. وفي بعض المرافق، تُملأ الحلقة كلَّ بضع ساعات. وتحمل **خطوط حزم** يجري تشغيلها بالتزامن مع بعضها الضوءَ بأطوال موجية مختلفة إلى أفرقة المستخدمين.

السطوع

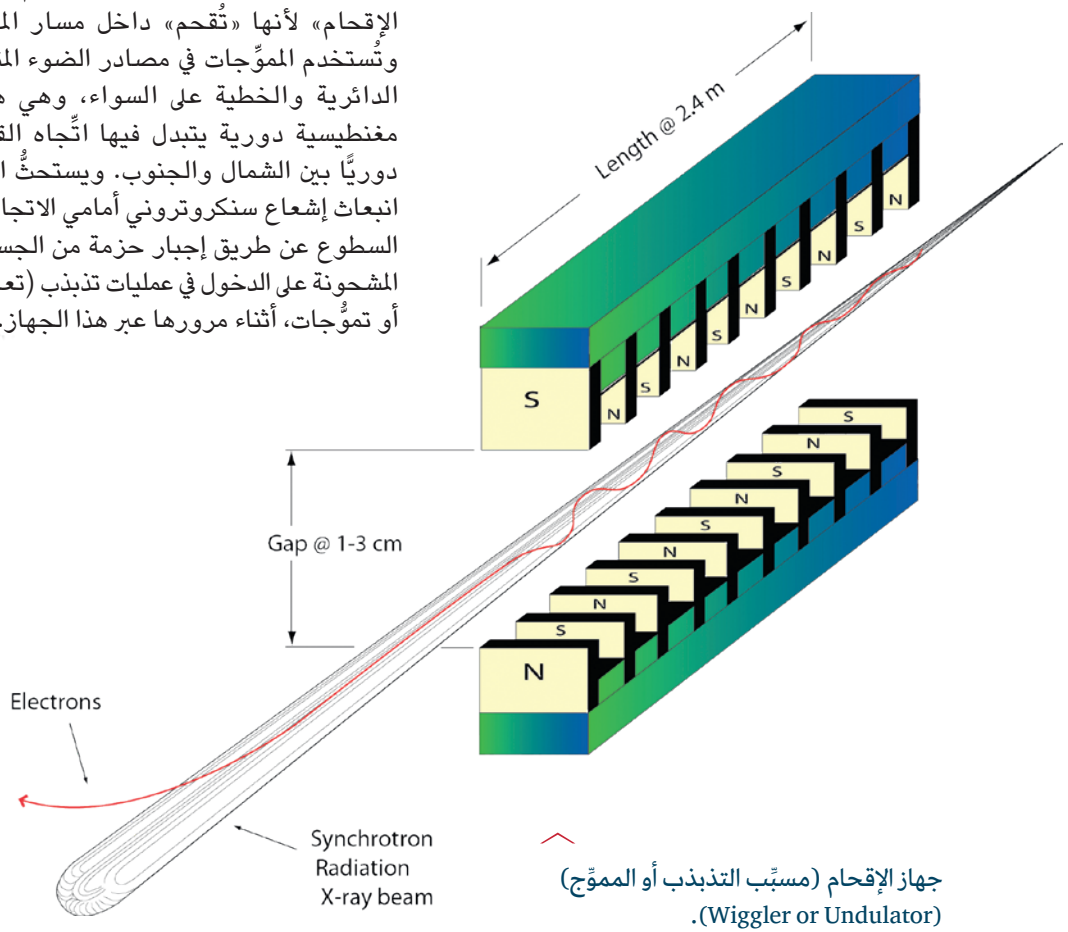
عند المقارنة بين مصادر الضوء، يُطلق على أحد مقاييس الجودة المهمة اسم السطوع، ويُعرف أيضاً بالإشراق، وهو يأخذ في الحسبان عدد الفوتونات الناتجة في الثانية، والسرعة التي تنتشر بها الحزمة، وحجم الحزمة، ونطاق تباين الترددات أو الأطوال الموجية في الحزمة. وتصل حُزم الأشعة السينية التي تنتجها مصادر الضوء المتقدمة إلى مستوى من السطوع يزيد على سطوع الحُزم التي تنتجها أنابيب الأشعة السينية التقليدية بأضعاف مضاعفة.

الصورة مقدّمة من مختبر مركز المعجّل الخطي الوطني
Courtesy SLAC National Accelerator Laboratory

مصدر الضوء المتماسك القائم على معجل خطي (LCLS Linac Coherent Light Source) الموجود في مختبر مركز المعجّل الخطي الوطني بجامعة ستانفورد، وهو أحد أول المصادر الخطية لليزر الإلكترونات الطليقة في العالم.

المصادر الخطية (LINEAR). صنع الضوء من حُزم الإلكترونات. تنتج مصادر الليزر التقليدية ضوءها ذا الفوائد غير العادية عن طريق هزهزة الإلكترونات الحبيسة داخل الذرات. أمَّا مصادر ليزر الإلكترونات الطليقة القائمة على المعجلات، فتنتج الضوء باستخدام مغنطيسات تُعرف بالمموِّجات في هزهزة الإلكترونات الطليقة بعد تحريرها من الذرات. والنبضات الناتجة من مصادر ليزر الإلكترونات الطليقة أقصر ألف مرة من تلك التي تنتج من حلقات التخزين أكثر كثافه منها بعدَّة أضعاف. وقد أتاح هذا الأمر إمكانات جديدة مثيرة لإجراء البحوث في مجالات عديدة متنوعة. ومن بين عيوب مصادر ليزر الإلكترونات الطليقة القلة النسبية لعدد خطوط الحزم التي يمكن تشغيلها بصورة متزامنة.

يُطلق على **المموِّجات (undulator)** اسم «أجهزة الإقحام» لأنها «تُقحم» داخل مسار المعجِّل. وتُستخدم المموِّجات في مصادر الضوء المتقدِّمة الدائرية والخطية على السواء، وهي هياكل مغنطيسية دورية يتبدل فيها اتِّجاه القطبين دوريًّا بين الشمال والجنوب. ويستحثُّ المموِّج انبعاث إشعاع سنكروتروني أمامي الاتجاه عالي السطوع عن طريق إجبار حزمة من الجسيِّمات المشحونة على الدخول في عمليات تذبذب (تعجيل)، أو تموُّجات، أثناء مرورها عبر هذا الجهاز.



الصورة مقدّمة من مختبر أرغون الوطني
Courtesy Argonne National Laboratory

جهاز الإقحام (مسبِّب التذبذب أو المموِّج) (Wiggler or Undulator).

إجراء البحوث في المرافق المعنية بمصادر الضوء المتقدِّمة

رسم تخطيطي لمرفق مصدر دياموند للضوء (Diamond Light Source)، المملكة المتحدة، يبيِّن المجال المعتاد الذي تُجرى فيه البحوث باستخدام كلِّ خط من خطوط الحزم.

أجواء العمل عند تخوم العلوم والتكنولوجيا

يبدأ الأمر باقتراح يكتبه فريق من العلماء الذين يعملون عادة في إحدى الجامعات، لكن في بعض الأحيان في أحد قطاعات الصناعة أو في مختبر حكومي، وكثيراً ما يكون ذلك في إطار تعاون بين عدَّة مؤسسات. ويتناول الاقتراح الدراسة المزمع إجراؤها، ويحدِّد خط الحزم المرغوب في استخدامه وعدد الساعات المطلوبة من وقت الحزم. ويعيِّن مدير المرفق لجنة لاختيار أفضل الاقتراحات من الناحية العلمية، وعادةً ما يكون الاختيار دون النظر إلى المؤسسة أو البلد.

وغالباً ما يكون قائد الفريق أستاذاً جامعيًّا وأعضاؤه من العلماء في مرحلة ما بعد الدكتوراه وطلبة الدكتوراه. وتضمُّ معظم المرافق أماكن للسكن داخل الموقع وكافيتيريا ومكتبةً ومركزاً للمعالجة الحاسوبية. وهي مراكز فريدة من نوعها للتدريب والتعليم، ويشكِّل التفاعل بين الأفرقة جزءاً من التجربة.

الصورة مقدَّمة من هيتوشي آبي، هيئة بحوث المعجِّلات العالية الطاقة
Courtesy Hitoshi Abe, KEK

خطوط الحزم في القاعة التجريبية في مصنع الفوتونات (Photon Factory, KEK)، هيئة بحوث المعجِّلات العالية الطاقة، اليابان.

التعليم والتواصل

من بين أنجح برامج التواصل برنامج المختبرات المفتوحة OpenLab المشترك بين الاتحاد الدولي لعلم البلورات واليونسكو. والمختبرات المفتوحة هي شبكة من المختبرات العاملة في مجال علم البلورات في بلدان مختلفة حول العالم، في المقام الأول في أفريقيا وأمريكا الجنوبية والوسطى وجنوب آسيا، تهدف إلى إتاحة إمكانية الحصول على المعارف المستمدة من علم البلورات في جميع أنحاء العالم. وتُستخدم أموال مقدَّمة من مشروع مصادر الضوء لفائدة أفريقيا وآسيا والأمريكتين والشرق الأوسط (مشروع لامب) لإتاحة المزيد من المختبرات المفتوحة.

الصورة مقدّمة من بيتر ستريكلاند، الاتحاد الدولي لعلم البلورات
Courtesy Peter Strickland, IUCr

الصورة مقدّمة من بيتر ستريكلاند، الاتحاد الدولي لعلم البلورات
Courtesy Peter Strickland, IUCr

المختبر المفتوح المشترك بين الاتحاد الدولي لعلم البلورات واليونسكو، الرباط. المغرب، أيار/مايو ٢٠١٤.

أُدير هذا المختبر المفتوح بصيغة المختبر المتنقل، عن طريق جهاز محمول لقياس الحيود جرى نقله عبر مواقع مختلفة في البلاد (الرباط، الجديدة، أغادير)، بحيث استُخدم في كل محطة توقف فيها في عقد دورة دراسية حول علم البلورات، بما في ذلك دروس حول استخدام الجهاز والبرمجيات ذات الصلة.

للاطلاع على مزيد من المعلومات

http://www.iucr.org

المختبر المفتوح المشترك بين الاتحاد الدولي لعلم البلورات واليونسكو في أوروغواي، تموز/يوليه ٢٠١٤.

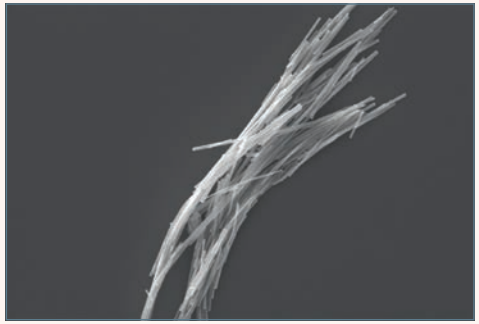
الطلبة المجتمعون حول المجهر يعملون على تحضير بلورات لاستخدامها في قياس حيود الأشعة السينية، في حين يعكف بقية الطلبة الموجودين في القاعة على تحليل البيانات المأخوذة من تجربة سابقة.

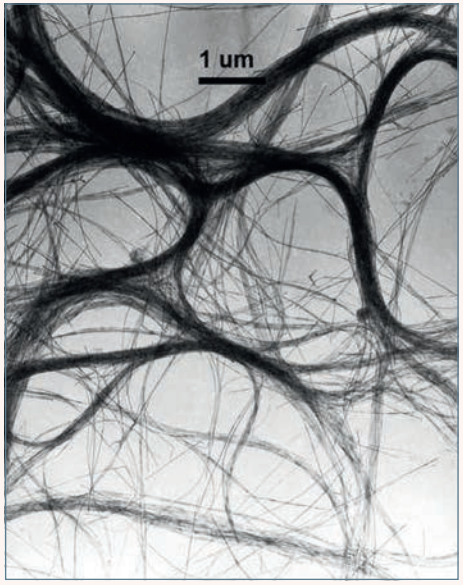
التطبيقات في مجال المواد النانوية

يُقصد بكلمة نانو كسر مقداره واحد على مليار. فالنانومتر يساوي واحد على مليار من المتر. والنانو ثانية تساوي واحد على مليار من الثانية. وهناك طريقة سهلة لتذكر مقدار النانو ثانية، ألا وهي أنَّ انتقال إشارة عبر سلك أو قطعة من الألياف الضوئية طولها ٣٠ سنتيمتراً يستغرق نحو نانو ثانية واحدة للمرور من أحد الطرفين إلى الطرف الآخر.

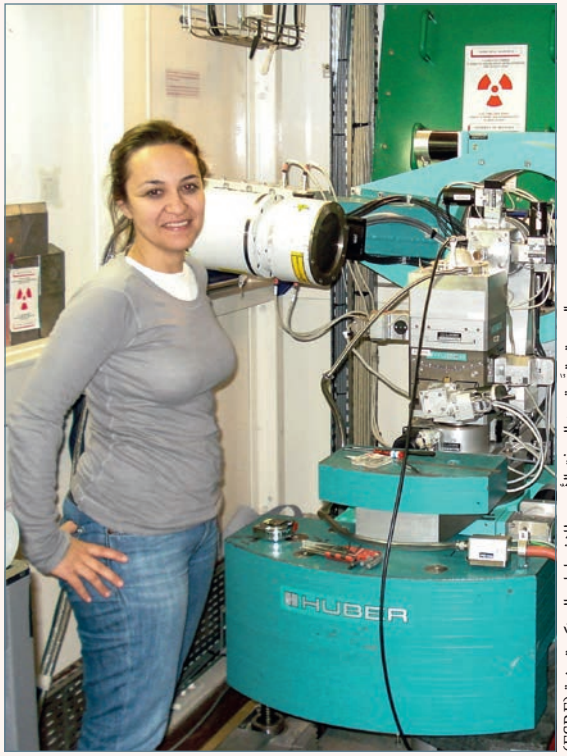
ويبلغ حجم جزيئات البروتين بضعة نانومترات (الصفحة ١)، والأطوال الموجية لحزم الأشعة السينية الرخوة التي تنتجها مصادر الضوء المتقدِّمة هي أيضاً بضعة نانومترات، وهو ما يجعلها خياراً مثاليًّا للاستخدام في الدراسات الأساسية التي تتناول جزيئات البروتين.

والتكنولوجيا النانوية والمواد النانوية هما مصطلحان عامَّان يُقصد بهما تصميم وصنع مواد يتوقف استخدامها على بنيتها على النطاق النانوي، عادةً في حدود ١٠٠ نانومتر أو أقل. ويشمل ذلك الأجهزة أو النظم التي تُصنع عن طريق التلاعب بفرادى الذرات أو الجزيئات، وكذلك المواد التي تحتوي على بُنى بالغة الصغر. وقد تحمل المواد النانوية خصائص فيزيائية وكيميائية تختلف عن خصائص المواد نفسها في شكلها السائب. وثمَّ عدد متزايد من المنتجات التي تُنتج باستخدام التكنولوجيا النانوية أو التي تحتوي على مواد نانوية. وتشمل التطبيقات الحالية مجالات الرعاية الصحية (في سياق توجيه العقاقير لهدف محدَّد، والطب التجديدي، وعمليات التشخيص)، والإلكترونيات، ومستحضرات التجميل، والمنسوجات، وتكنولوجيا المعلومات، وحماية البيئة. وتظهر المواد النانوية في طائفة من المنتجات، بما في ذلك لوازم تغليف الأغذية، وضمادات الجروح، والمكمِّلات الغذائية.





صورتان لأسلاك نانوية من الدكتورة أوزتورك



الصورة مقدَّمة من المرفق الأوروبي للإشعاعات السنكروترونية (ESRF)

أوزغول أوزتورك (Özgül Öztürk) أثناء أخذ قياسات حيود الأشعة السينية الخاصة بأحد المساحيق في إطار دراسة تأثير التطعيم بالشوائب على الأسلاك النانوية المصنوعة من أشباه الموصلات. وقد اضطُلع بهذا العمل في المرفق الأوروبي للإشعاعات السنكروترونية في غرنوبل (European Synchrotron Radiation Facility). وتترأس الدكتورة أوزتورك لجنة مشروع لامب (LAAAMP) الإقليمية بمنطقة الشرق الأوسط، وكذلك لجنة مستخدمي المركز الدولي لاستخدام الحزم الضوئية السنكروترونية في مجال العلوم والتطبيقات التجريبية في الشرق الأوسط.

مختبر إليترا سنكروترون (Elettra Sincrotrone) في تريستي، إيطاليا، هو مركز بحوث دولي يهدف لخدمة العلوم وقطاع الصناعة. ويستضيف المركز مصدرين من مصادر الضوء المتقدِّمة: فرمي (FERMI)، وهو مصدر لليزر الإلكترونات الطليقة، وإليترا، وهو حلقة تخزين. ويجري نقل الضوء الذي ينتجه المركز إلى ما يزيد على ٣٠ محطة تجريبية متخصِّصة في مجالات عديدة تشمل الكيمياء والفحص المجهري وعلوم المواد والإلكترونيات وتكنولوجيا المعلومات.

وقد اشتركت الوكالة الدولية للطاقة الذرية (الوكالة) مع مختبر إليترا في بناء خط حُزم ومحطة نهائية لقياس الطيف القائم على تألق الأشعة السينية، وتشتركان في تشغيلهما. ويُستخدم ذلك في إتاحة فرص إجراء البحوث وتلقي التدريب المتقدم لعلماء من البلدان النامية، وفي إقامة صلات بين هؤلاء العلماء والأفرقة البحثية الكبيرة القائمة.

الصورة مقدَّمة من مختبر إليترا سنكروترون
Courtesy Elettra Sincrotrone

وقد أدَّى اختراع مصادر ليزر الإلكترونات الطليقة وتطويرها إلى فتح نافذة رائعة جديدة في ميدان البحوث العلمية الأساسية. فنبضات ليزر الإلكترونات الطليقة لا تدوم سوى لفترة زمنية بالغة القصر، لا يتجاوز طولها ٣٠ فيمتو ثانية (الفيمتو ثانية الواحدة تساوي واحد على مليون من النانو ثانية!)، وهو ما يتيح تصوير فيلم يعرض العمليات الجزيئية الأساسية أثناء حدوثها.

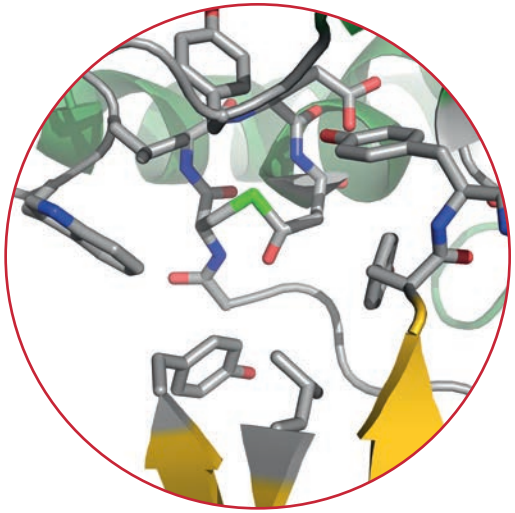
وعملية التمثيل الضوئي القائمة على ضوء الشمس هي مصدر الطاقة لجميع النباتات الخضراء. وقد أنتج مصدر الضوء المتجانس القائم على معجل خطي ((The Linac Coherent Light Source (LCLS بجامعة ستانفورد (Stanford University) «فيلماً جزيئيًّا» لمركَّب جزيئي بكتيري يحفِّز عملية التمثيل الضوئي أثناء تقسيم الماء إلى هيدروجين وأكسجين. ومن الممكن أن يساعد التوصُّل إلى فهم أعمق لعملية التمثيل الضوئي على تطوير خلايا شمسية أفضل، وقد يُفضي إلى إحراز تقدُّم في السعي إلى إجراء عملية التمثيل الضوئي اصطناعيًّا.

علم البيولوجيا الهيكلية

أدوات قوية لدراسة الأمراض من الناحية البيولوجية

الملاريا

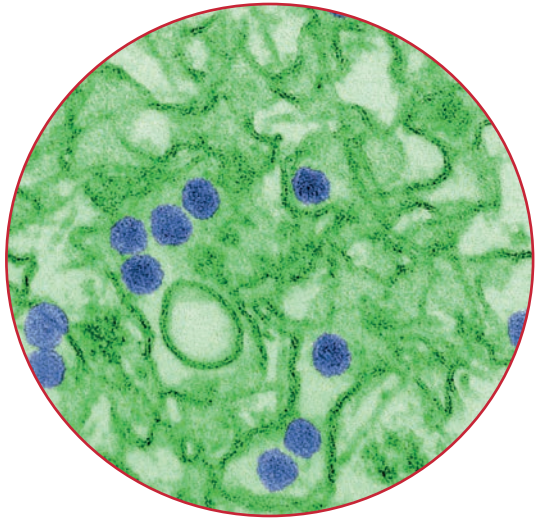
باستخدام مصدر الفوتونات المتقدِّم (Advanced Photon Source) في مختبر أرغون الوطني، يعمل باحثون من المركز الطبي في منطقة الجنوب الغربي التابع لجامعة تكساس من أجل المساهمة في مكافحة مرض الملاريا الذي يودي بحياة الملايين. ويدرس هؤلاء العلماء كيف يعمل أحد البروتينات الموجودة في الجهاز المناعي لدى البعوض ضد الطفيلي الذي يسبِّب الملاريا.



الشكر لكلٍّ من ريتشارد باكستر (Richard Baxter) ويوهان دايزنهوفر (Johann Deisenhofer) على تقديم الصورة.

زيكا

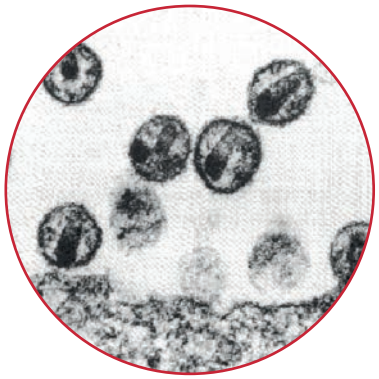
ينتشر فيروس زيكا عن طريق بعوض الزاعجة الذي ينشط نهاراً، وقد صار الآن بمثابة آفة عالمية. وتجدون أدناه صورة ملوَّنة بالوسائل الرقمية لجسيِّمات فيروس زيكا (باللون الأزرق) التي يبلغ قطرها نحو ٤٠ نانومتراً. ويعكف علماء في مختبر الضوء السنكروتروني في البرازيل (Brazilian Synchrotron Light Laboratory) على دراسة أساليب لمكافحة فيروس زيكا.



الصورة مقدَّمة من مراكز مراقبة الأمراض والوقاية منها، وزارة الصحة والخدمات الإنسانية بالولايات المتحدة

© Adobe Stock

الإيدز وفيروسه

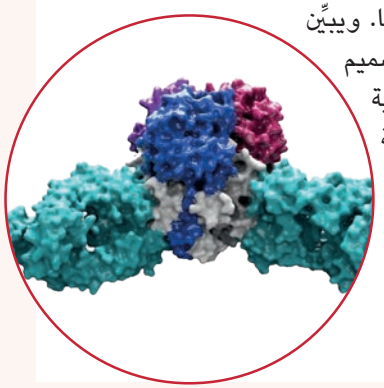


الصورة مقدَّمة من مصدر الضوء السنكروتروني الوطني (National Synchrotron Light Source)، مختبر بروكهافن الوطني

على الصعيد العالمي، هناك نحو ٣٥ مليون شخص مصاب بفيروس نقص المناعة البشرية، الذي يتكيف ويتحور باستمرار متسبِّباً في صعوبات جمَّة للباحثين. وبالاستعانة بالصور الواضحة التي وفَّرتها مصادر الضوء المتقدِّمة لفيروس نقص المناعة البشرية والبروتينات التي يتكوَّن منها، يعكف العلماء على دراسة الكيفية التي يمكن بها للجسم أن يكافح الفيروس بغية إنتاج عقاقير مضادة للفيروسات تتسم بفعالية أكبر في نهاية المطاف.

لاسا

آتت المثابرة ثمارها في الجهود المبذولة في مصدر ضوء الإشعاعات السنكروترونية بجامعة ستانفورد (Stanford Synchrotron Radiation Lightsource) من أجل مكافحة فيروس لاسا المميت. حيث أفضت الدراسة إلى الكشف عن أول صورة تؤخذ للبروتين المراوغ الذي يتكوَّن منه هذا الفيروس. ويظهر في الصورة جسم مضاد من أحد الناجين من البشر (باللون الأزرق الفاتح أو التركوازي) وهو يعطِّل البروتين على سطح فيروس لاسا. ويبيِّن هذا العمل كيفية تصميم استراتيجيات لقاحية لاستنفار الاستجابة المناعية الحمائية.



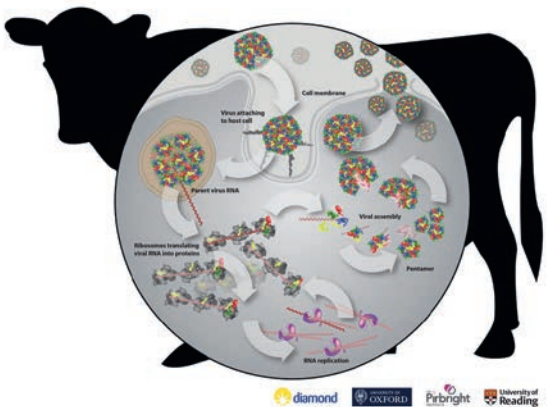
الصورة مقدَّمة من
مختبر أولمان سافاير،
معهد بحوث سكريبس

الإيبولا

الإيبولا حمَّى نزفية فيروسية تصيب البشر وغيرهم من الرئيسيات، يسبِّبها فيروس الإيبولا الذي ينتشر عن طريق الملامسة المباشرة لسوائل جسم إنسان أو حيوان مصاب. وكانت أكبر حالة لتفشي الإيبولا إلى اليوم هي الوباء الذي شهدته منطقة غرب أفريقيا في الفترة من كانون الأول/ديسمبر ٢٠١٣ حتى كانون الثاني/يناير ٢٠١٦. وقد أُعلن انتهاء حالة الطوارئ في آذار/مارس ٢٠١٦. وبدأت حالة تفشٍّ أخرى في أفريقيا في أيار/مايو ٢٠١٧ في جمهورية الكونغو الديمقراطية. وبالاستعانة بالبيانات المستمدة من مصادر الضوء المتقدِّمة، سوف يساعد العلماء على دحر فيروس الإيبولا.

المصدر: منشور PureLife Pulse.
تعمل شركة PureLife في مجال صنع منتجات الصحة والسلامة

الحمَّى القلاعية



الصورة مقدَّمة من مصدر دياموند للضوء (Diamond Light Source)

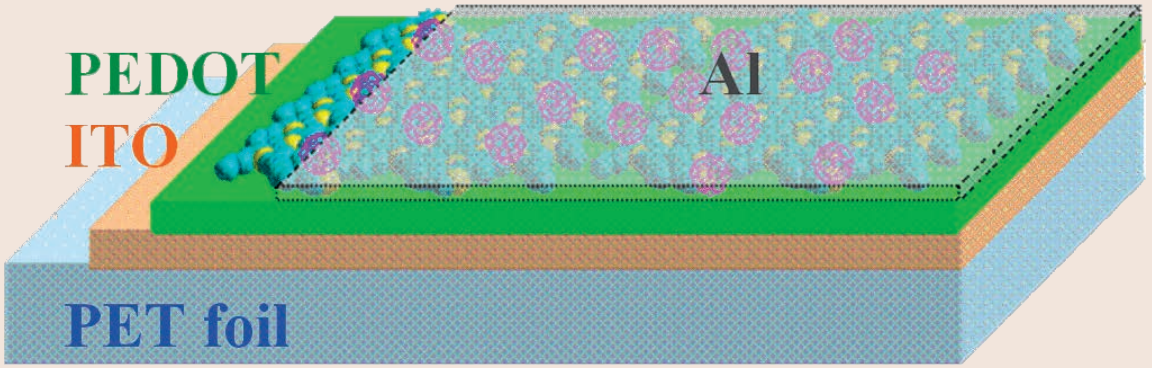
أنتج العلماء في مصدر دياموند للضوء (Diamond Light Source) وجامعة أوكسفورد لقاحاً لمرض الحمَّى القلاعية الذي يسبِّبه فيروس. وقد أدى تفشي المرض في المملكة المتحدة في عام ٢٠٠١ إلى مصرع ما يزيد على ٧ ملايين رأس من حيوانات المزارع. وعلى الصعيد العالمي، لا يزال هذا المرض واحداً من أشد الأمراض فتكاً من حيث الأضرار الاقتصادية التي يلحقها بالثروة الحيوانية. وهو مرض متوطن في منطقة وسط أفريقيا وفي بعض أجزاء الشرق الأوسط وآسيا. وتوضِّح الصورة دورة حياة الفيروس.

التطبيقات في مجال الطاقة

يستهلك العالم الحديث كميات من الطاقة تتزايد باستمرار. والاحتياطيات الحالية من الوقود الأحفوري بأنواعه المختلفة محدودة. ويتمثَّل أحد أكبر تحديات القرن الحادي والعشرين في تزويد سكان العالم بما يحتاجونه من الطاقة دون التسبُّب في زيادة كبيرة في تركيز غازات الدفيئة في الغلاف الجوي. وسيكون من اللازم تلبية جانب كبير من هذه الاحتياجات باستخدام الخلايا الشمسية للاستفادة من ضوء الشمس الذي يغمر كوكبنا. وتبدو الخلايا الفلطائية الضوئية العضوية مبشرة للغاية فيما يتعلق بتوفير ألواح شمسية تتَّسم بالفعالية من حيث التكلفة وخفَّة الوزن.

وحتى يمكن استحداث مصادر جديدة للطاقة وتحسين كفاءة النظم القائمة واستغلالها، يتطلَّب الأمر فهماً تفصيليًّا لكلٍّ من بنية المواد وسلوكها على المستوى الأساسي المجهري. وهذا مجال تؤدي فيه حُزم الأشعة السينية القوية التي تنتجها مصادر الإشعاع السنكروتروني دوراً رئيسيًّا.

وهناك بحوث تُجرى في العديد من مرافق مصادر الضوء بهدف فهم وتحسين المواد المتعدِّدة الطبقات التي تتكوَّن منها الخلايا الشمسية العضوية. ويُضطلع بأحد هذه الجهود في مركز بحوث العلوم الجزيئية بجامعة بورتوريكو، الذي يقود العمل في إطار مشروع لامب من أجل النهوض بالعلوم في مجالي مصادر الضوء والبلورات في منطقة البحر الكاريبي.



الصورة مقدَّمة من المستخدم Kivirus على موقع ويكيبيديا باللغة الإنكليزية

في الخلايا الشمسية العضوية أو البلاستيكية، تُستخدم الإلكترونيات العضوية، وهي فرع من الإلكترونيات يتناول البوليمرات العضوية الموصِّلة للكهرباء أو الجزيئات العضوية الصغيرة، لغرض امتصاص الضوء ونقل الشحنات من أجل إنتاج الكهرباء من ضوء الشمس بفعل التأثير الفلطائي الضوئي.

والرموز الموجودة في الرسم التخطيطي هي اختصارات لأسماء المركَّبات المستخدمة. وتتمثَّل مزايا الإلكترونيات العضوية في المرونة وانخفاض التكلفة. وتُستخدم مصادر الضوء المتقدِّمة في جانب من عملية تطوير هذه الألواح الشمسية.

© شون همبل (Shawn Hempel) - stock.adobe.com

تزداد المصفوفات الكبيرة من الألواح الشمسية شيوعاً يوماً بعد يوم

دراسة المواد في الظروف المتطرِّفة

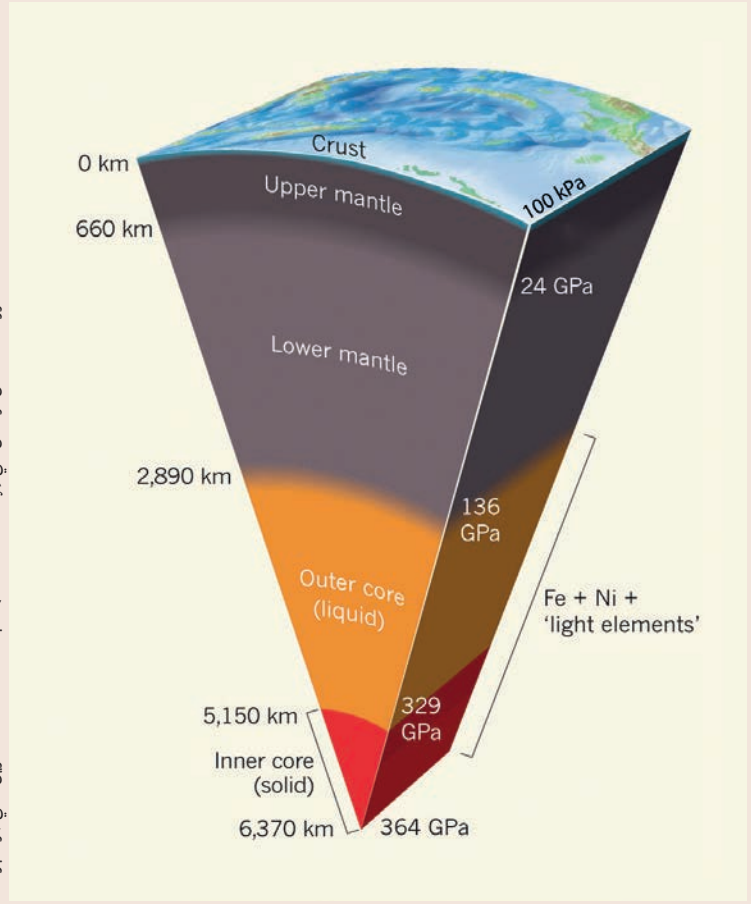
تحظى الدراسات التي تتناول آثار الضغط ودرجة الحرارة في خصائص المواد بأهمية أساسية. فهذه الدراسات لها صلة بتناول العديد من المشاكل في فيزياء وكيمياء المواد المكثَّفة، وعلوم الأرض والكواكب، وعلوم المواد، والتكنولوجيا.

وعلى وجه التحديد، تتَّسم البحوث بشأن الضغط العالي ودرجات الحرارة المرتفعة بأهمية حيوية في دراسة تركيب المواد وحالتها الحرارية وخصائصها في جوف الأرض والكواكب الأخرى. ويجري تعريض الصخور والمواد التي يُرجَّح وجودها في وشاح الأرض للظروف الملائمة من حيث مستوى الضغط ودرجة الحرارة، وتُقاس خصائصها. وتُعَدُّ هذه البيانات، إلى جانب بيانات الرصد الجيوفيزيائية والجيوكيميائية، عنصراً لا غنى عنه لفهم بواطن للكواكب ونمذجتها.

والإشعاع السنكروتروني قوي بما يمكِّنه من اختراق الجدران العالية الامتصاص لأوعية الضغط التي تحتوي على العينات.

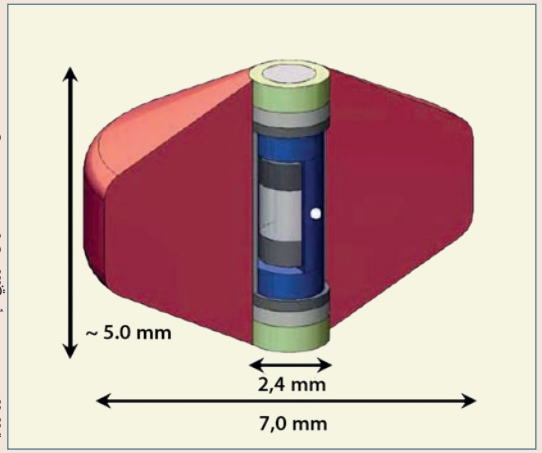
ويُضاف إلى ذلك أنَّ الحزم العالية السطوع مثالية للاستخدام مع البؤر التي يُقاس حجمها بالميكرون واللازمة لسبر العينات البالغة الصغر التي تتطلَّبها دراسات الضغط العالي.

وقد أجرى فريق من جامعة جوهانسبرغ بعض هذه الدراسات باستخدام حُزم مولَّدة في المرفق الأوروبي للإشعاعات السنكروترونية (ESRF, the European Synchrotron Radiation Facility) في غرِنوبل، فرنسا. وفي عام ٢٠١٣، أصبحت جنوب أفريقيا عضواً علميًّا منتسباً في المرفق الأوروبي للإشعاعات السنكروترونية.



الصورة مقدَّمة من توماس دافي (Thomas Duffy)، مجلة *Nature*، ٢٣ تشرين الثاني/نوفمبر ٢٠١١

قطاع مستعرض لباطن الأرض. ويمتد الوشاح السفلي من عمق ٦٦٠ كيلومتراً إلى عمق ٨٠٠ ٢ كيلومتر. ومستويات الضغط معبَّر عنها بوحدة الغيغا باسكال (الغيغا باسكال الواحد يساوي تقريباً عشرة آلاف ضعف الضغط الجوي عند مستوى سطح البحر).



الصورة مقدَّمة من ميريام فان كان باركر (M. van Kan Parker) وآخرون، مجلة *Nature Geoscience*، العدد ٥، ص. ١٨١ (٢٠١٢) (المرفق الأوروبي للإشعاعات السنكروترونية)

خلية ميكانيكية تُستخدم لتعريض المواد قيد الضغط العالي للحُزم.

التطبيقات في مجال علوم التحليل الجنائي

توفِّر الإشعاعات السنكروترونية أداة لدراسة الأدلة القائمة على الآثار، مثل: الزجاج، ومخلَّفات الطلقات النارية، والأصباغ، والعيِّنات البيولوجية مثل الشَّعر الآدمي. ويمكن إنتاج صور عالية الاستبانة والحساسية. وبفضل القدرة على ضبط مستوى الطاقة، توجد إمكانية قوية للتعرُّف على العناصر الكيميائية وحصرها من خلال قياس الطيف بامتصاص الأشعة السينية. وتُعَدُّ هذه التقنيات ملائمة بوجه خاص للعينات الصغيرة الحجم.

تحليل الشَّعر. تندمج كميات ضئيلة من مكوِّنات إمدادات الدم في خلايا الشَّعر النامية الموجودة في بصيلات الشَّعر. ومع نمو الشَّعر، يتحرك كلُّ جزء نامٍ إلى الخارج، ممَّا يؤدي إلى تسجيل مسار زمني لتركيزات الدم لدى الشخص المعني. ومن ثمَّ فإنَّ شعرة واحدة تمكِّننا من استخلاص الكثير من المعلومات، مثل الأغذية المتناولة، والتعرُّض للملوِّثات، وآثار الأمراض، ووجود سمات تشير إلى ابتلاع عقاقير معيَّنة، مثل العقاقير المعزِّزة للأداء.

أنباء تناولت مصادر الضوء المتقدِّمة

الإصدار الدولي لعام ٢٠١٨

جرائم جديدة وقديمة تخضع لإعادة الفحص. إحراز تقدُّم في التعرُّف على الملوِّثات البيئية.

من أين يأتي التلوث الزئبقي في أجسامنا؟

إنَّ الزئبق سمٌّ عصبي شديد المفعول، يمكن أن يتراكم على مرِّ السنوات. وقد استحدث فريق دولي يضمُّ المرفق الأوروبي للإشعاعات السنكروترونية (ESRF) في غرنوبل قدرات جديدة تمكِّن من التعرُّف على مصدر الزئبق الموجود في الشَّعر الآدمي.

من أين جاء الزرنيخ الذي تسبَّب في مقتل أربعة أشخاص في اليابان في عام ١٩٨٨؟

بالاستعانة بتقنية قياس طيف تألق الأشعة السينية باستخدام حُزم أُنتجت في مرفق Spring-8 وفي مصنع الفوتونات (KEK photon factory) التابع لهيئة بحوث المعجِّلات العالية الطاقة في اليابان، سُلِّط الضوء من جديد على هذه القضية الشهيرة التي شهدت إصابة عدد من الأشخاص بالتسمم إثر تناول وجبة كاري ملوَّثة بالزرنيخ.

وحُكم على القاتل المزعوم بالإعدام.

كيف لقي جواد السباق الأسترالي الشهير «فار لاب» مصرعه في عام ١٩٣٢؟

جاء موت الجواد «فار لاب» مفاجئاً في ظروف مشبوهة. وفي البداية، أشار تحليل الشَّعر بالاستعانة بمرفق السنكروترون الأسترالي (Australian Synchrotron) إلى أنَّ الجواد قد قُتل مسموماً بالزرنيخ، ليتصدر هذا الخبر عناوين الصحف حول العالم، غير أنَّ التحليل في وقت لاحق أثبت أنَّ سبب الوفاة يرجع إلى آلام المغص.

هل سُجنت آغنس سورل، أول عشيقة ملكية رسمية في فرنسا؟

عاد المرفق الأوروبي للإشعاعات السنكروترونية إلى زمن مضى ليدرس الوفاة المفاجئة لعشيقة الملك شارل السابع الحسناء في القرن الخامس عشر. وأظهر تحليل الشَّعر مستويات من الزئبق تبلغ من الارتفاع درجة لا تُصدق.

ما هي البقع البيضاء في لوحة مونش الشهيرة «الصرخة»؟

هل هي فضلات الطيور؟ بالاستعانة بمرفق PETRA III، مصدر الضوء المتقدِّم الكائن في هامبورغ، استبعد التحليل هذه الاحتمالية وأكَّد بدلًا منها أنَّ مصدرها شمع العسل المستخدم لتثبيت الألوان المتقشرة.

© PD-Art أو ويكيميديا كومنز

علم الإحاثة دراسة الأحافير القديمة

© المرفق الأوروبي للإشعاعات السنكروترونية/ب. جايه (P. Jayet)

جمجمة ديناصور ذي أنياب يبلغ عمرها ٢٠٠ مليون عام. خضعت الأحفورة للفحص بالأشعة السينية في المرفق الأوروبي للإشعاعات السنكروترونية، باستخدام حُزمة أقوى ١٠٠ مليار مرة من الحُزم المستخدمة في المستشفيات. وأتاح هذا لفريق البحوث في معهد الدراسات التطوُّرية التابع لجامعة ويتووترسراند (ويتس) في جنوب أفريقيا إلقاء نظرة «داخلها» للمرة الأولى على الإطلاق.

ويتلقى المرفق الأوروبي للإشعاعات السنكروترونية (ESRF) الدعم من ٢٢ بلداً شريكاً، تشمل ١٣ عضواً و٩ منتسبين علميين. ولا يقتصر المرفق على البلدان الأوروبية، حيث إنَّ جنوب أفريقيا هي أحدث البلدان المنضمة إليه.

علم الإحاثة

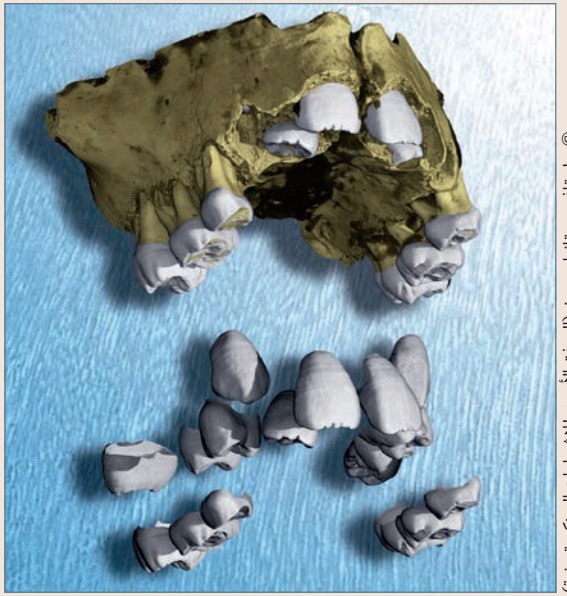
يستخدم علماء الإحاثة الأحافير لدراسة الحياة على مرِّ العصور الجيولوجية. وتُجمع الأحافير الحيوانية والنباتية على السواء، حيث تخضع للملاحظة والوصف والتصنيف. ويستخدم علماء الإحاثة الأحافير لمعرفة المزيد عمَّا كان عليه حال الأرض في الماضي وكيف تغيَّرت البيئات مع مرور الزمن. وتساعدنا الأحافير على التعرُّف على تطوُّر أنواع الكائنات الحيَّة. وتُجرى في مرافق مصادر الضوء المتقدِّمة بحوث مهمة في علم الإحاثة.

© ف. فيرناندير (V. Fernandez) وآخرون، PLoS ONE 10 (7): e0128610 (2014)، (المرفق الأوروبي للإشعاعات السنكروترونية)

التفاصيل الداخلية لأحفورة بيضة متحجِّرة طولها سنتيمتر واحد. عُثر على هذه البيضات في شمال شرق تايلند، وتبيَّن أنَّ عمرها يبلغ ١٢٥ مليون سنة. وبالاستعانة بالتصوير بالمسح السطحي المجهري لفحص الهياكل العظمية الجنينية المختبئة داخلها، تمكَّن فريق العمل من معرفة الهوية الحقيقية للحيوان الذي وضع هذه البيضات — سحلية من رتيبة Anguimorpha، وهي فئة تضمُّ أيضاً تنين كومودو.

علم الآثار دراسة الآثار القديمة

إعادة تشكيل أسنان طفل من بشر نياندرثال بطريقة افتراضية. يكشف علم الأنسجة الافتراضي بالاستعانة بالسنكروترونات عن معلومات دقيقة عن النمو البشري مسجَّلة في شكل مسارات نمو ضئيلة داخل الأسنان.



© بول تافورو، وتانيا سميث (المرفق الأوروبي للإشعاعات السنكروترونية) © Paul Tafforeau and Tanya Smith (ESRF)

© Adobe Stock/تصوير جاك مالبيان © Adobe Stock/jack malipan photography

خضع **معبد تمثال بوذا الزمردي** لعملية ترميم في عام ١٨٣١، وأُعيد تزيينه بأنماط دقيقة من المرايا الزجاجية الملوَّنة الرقيقة للغاية. وتشبه هذه المرايا الأحجار الكريمة الطبيعية أكثر من مشابهتها للمرايا العادية. وممَّا يدعو للأسف أنَّ هذا الفن الرفيع القائم على التزيين بالمرايا قد اختفى قبل ١٥٠ عاماً تقريباً. وكان الهدف النهائي من تعريض المرايا الزجاجية لحزمة إشعاعية في معهد بحوث الضوء السنكروتروني في تايلند (Synchrotron Light Research Institute) هو تحديد القيم الكمية للتركيب الكيميائي والفلزات الانتقالية النزرة، ومن ثمَّ إتاحة إمكانية إعادة هذه المرايا إلى عظمتها السابقة بنجاح.

علم الآثار

علم الآثار هو التخصُّص المعني بدراسة النشاط البشري عن طريق استرداد التراث الثقافي المادي وتحليله. ويتكوَّن السجل الأثري من القطع الأثرية، والمعمار، والمواد البيولوجية الأثرية، والمناظر الطبيعية ذات الأهمية الثقافية. ويدرس علماء الآثار تاريخ البشرية وعصور ما قبل التاريخ، منذ استحداث أول أدوات حجرية في لوميكوي في شرق أفريقيا قبل ٣,٣ ملايين سنة وحتى العقود الأخيرة. ويختلف علم الآثار عن علم الإحاثة من حيث الموضوع. ويتَّسم علم الآثار بأهمية خاصة من أجل التعرُّف على المجتمعات البشرية في عصور ما قبل التاريخ، والتي قد لا توجد سجلات مكتوبة بشأنها. وتُجرى في مرافق مصادر الضوء المتقدِّمة بحوث مهمة في علم الآثار.

المرجع: W. Klysubon et *al.*, "Characterization of the Ancient Decorative Mirrors from the Grand Palace Bangkok by SR-Based techniques," Forensics and Materials Science," *IAEA TECDOC*, No. 1803, p. 86-92, 2016

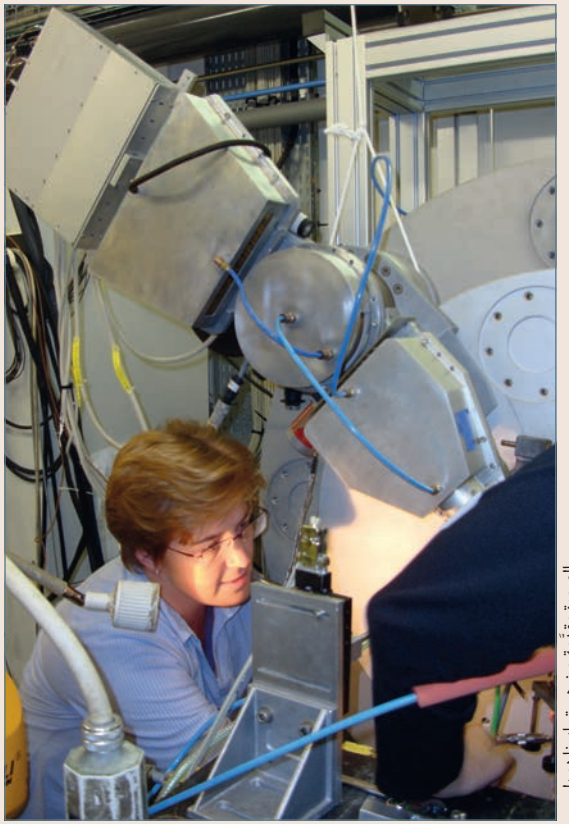
مراكز التكنولوجيا المتقدِّمة تدعم قطاع الصناعة

هناك صلة مباشرة بين بنية المواد على المستويين المجهري والنانوي، وخصائص تلك المواد على المستوى المنظور بالعين المجرَّدة ومن ثمَّ إمكانية الارتقاء بها إلى المستوى الأمثل للاستخدام في عمليات الصنع وإعادة التدوير الحديثة.

ويُعَدُّ قطاع صناعة المستحضرات الصيدلانية من بين المستخدمين الرئيسيين لمرافق مصادر الضوء المتقدِّمة، بهدف الحصول على معارف بشأن البنية الثلاثية الأبعاد للبروتينات المستهدفة والمركَّبات البروتينية.

وقد استفاد العلماء من التجارب السنكروترونية في ابتكار عقار هيرسيبتين — الذي يُستخدم في علاج الحالات المتقدِّمة من سرطان الثدي. وبالاستعانة بالضوء السنكروتروني في نطاق الأشعة دون الحمراء، يجري العمل في إطار بحوث رائدة من أجل استحداث علاجات جديدة للسرطان يمكن تكييفها بحيث تتلاءم مع احتياجات المريض الفردي

© مارك توماس (Mark Thomas) / Cosmos / SPL



الصورة مقدَّمة من هستر إسنا دو بليسي
Courtesy Hester Esna du Plessis

تعمل هستر إسنا دو بليسي على تنفيذ تجربة تستخدم حيود الأشعة السينية لإنتاج صور عالية الاستبانة لغرض تحديد خصائص المواد الحفَّازة.

الصورة مقدَّمة من المرفق الأوروبي للإشعاعات السنكروترونية
Courtesy SASOL and ESRF

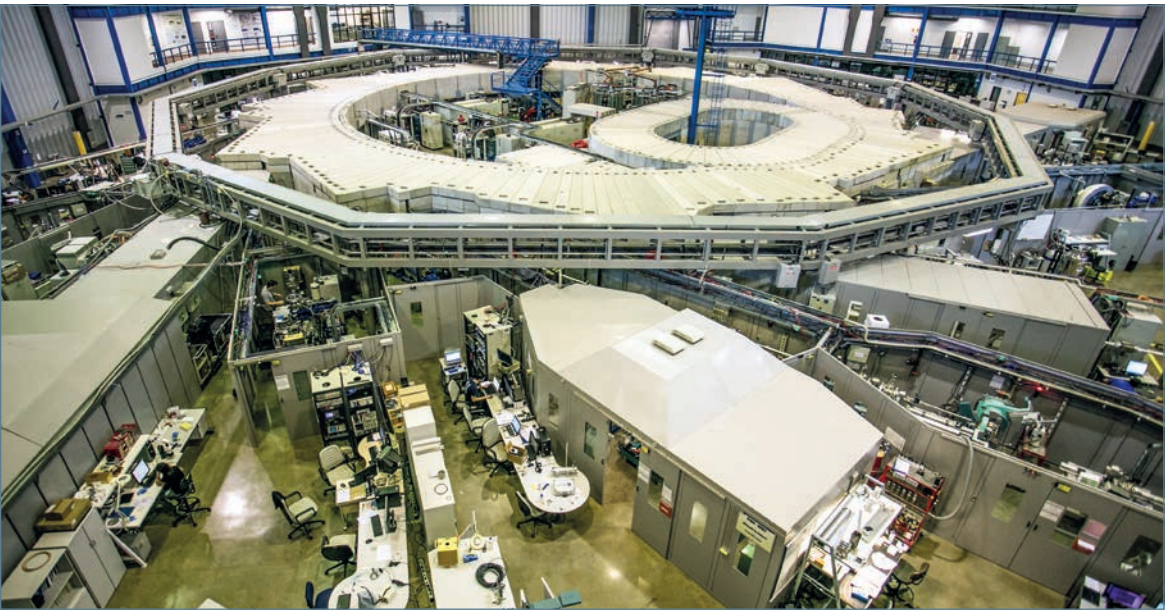
دومينساني كاما يضبط بلورة مجهرية معدَّة للتشعيع بنبض ليزري قوي قصير المدَّة. وهو يعمل داخل «كوة» خط الحزم ID09 في المرفق الأوروبي للإشعاعات السنكروترونية (ESRF)، ويرتدي واقياً خاصًّا للعينين. وسوف يُستحث تنشيط التفاعل الضوئي-الكيميائي للمادة الحفازة، ثم ستخضع عملية استعادة التوازن للدراسة عن طريق علم البلورات القائم على الأشعة السينية.

تأثير مصادر الضوء المتقدِّمة في العلوم والمجتمعات في البلدان النامية

تُعَدُّ البرازيل نموذجاً لبلدٍ نامٍ أنشأ مرفقاً للإشعاعات السنكروترونية. وقد صمَّمت أول مصدر ضوء سنكروتروني لديها في عام ١٩٨٥، باسم UVX، ودشَّنته في عام ١٩٩٧. وفي بداية الأمر، كان من الصعب إقناع الأطراف الرئيسية بالفوائد التي ينطوي عليها وجود مرفق من هذا القبيل في البلاد. وعند افتتاح المرفق، لم يتقدَّم الباحثون سوى بعدد قليل من الاقتراحات، بيد أنَّ عدد الاقتراحات سريعاً ما تزايد بأضعاف مضاعفة. وتحظى البرازيل الآن بالاعتراف الدولي بجودة البحوث المضطلع بها لديها، ولا سيما في مجال البيولوجيا الهيكلية، وهي الآن بصدد تشييد مصدر ضوء جديد باسم سيرياس (Sirius).

وحَدَت تجارب مشابهة في كوريا الجنوبية وتايوان بالبلدين إلى استثمار مئات الملايين من الدولارات في مصادر ضوء جديدة. وتدلُّ هذه الأمثلة على أنَّ وجود مراكز امتياز في مجال البحوث العلمية يمكن أن يؤدي إلى تحسين الفرص العلمية وفرص الاستثمار الخاص على الصعيد المحلي. وقد عاد العشرات من العلماء المهاجرين في أواسط حياتهم المهنية إلى أوطانهم عندما أدركوا أنَّ بوسعهم إجراء بحوث على مستوى عالمي في مصادر ضوء متقدمة في بلدانهم الأصلية.

مرفق UVX



الصورة مقدَّمة من المختبر الوطني للضوء السنكروتروني التابع للمركز البرازيلي لبحوث الطاقة والمواد
Courtesy LNLS/CNPEM

مرفق SIRIUS

الصورة مقدَّمة من المختبر الوطني للضوء السنكروتروني التابع للمركز البرازيلي لبحوث الطاقة والمواد
Courtesy LNLS/CNPEM

© SESAME

المركز الدولي لاستخدام الحزم الضوئية السنكروترونية في مجال العلوم والتطبيقات التجريبية في الشرق الأوسط (SESAME) هو مرفق مصدر ضوء متقدِّم يقع في علان، الأردن، على مقربة من العاصمة عمَّان، وقد أُنشئ برعاية اليونسكو في محاكاة وثيقة لنموذج المنظمة الأوروبية للبحوث النووية. ويعمل هذا السنكروترون المتقدِّم على خدمة طيف عريض من التخصُّصات، بما في ذلك العلوم البيولوجية والطبية، وعلوم المواد، والفيزياء، والكيمياء، وعلم الآثار.

وقد بدأ تشغيل المركز في عام ٢٠١٧، والدول الأعضاء فيه هي الأردن وإسرائيل وإيران وباكستان وتركيا والسلطة الفلسطينية وقبرص ومصر.

والاتحاد الأوروبي هو أحد الجهات النشطة في تقديم الدعم للمركز، وذلك عن طريق برامجه الإطارية للبحوث، بما في ذلك مشاريع مثل CESSAMag* وOPEN SESAME**.

وقد دعمت الوكالة الدولية للطاقة الذرية إنشاء المركز من خلال برنامجها للتعاون التقني، وذلك بوسائل منها على سبيل المثال تقديم التدريب للعاملين والخبراء في المشروع، وكذلك توريد المعدات الإشعاعية.

ويجمع المركز بين بناء القدرات وإرساء السلام من خلال العلم، ويُعَدُّ نموذجاً يُحتذى في سائر المناطق.

ويعمل العلماء القادمون من بلدان مختلفة سويًّا من أجل النهوض بالمعارف الإنسانية.

* الدعم المقدم من المنظمة الأوروبية للبحوث النووية/المفوضية الأوروبية لمغنطيسات مركز الحزم الضوئية السنكروترونية في الشرق الأوسط.

** بدعم من برنامج مبادرة «أفق ٢٠٢٠» الأوروبية، يقدِّم مشروع OPEN SESAME تدريب الموظفين وبناء قدرات الباحثين في منطقة الشرق الأوسط من أجل تحقيق الاستفادة المثلى من مرفق مصدر ضوء حديث.

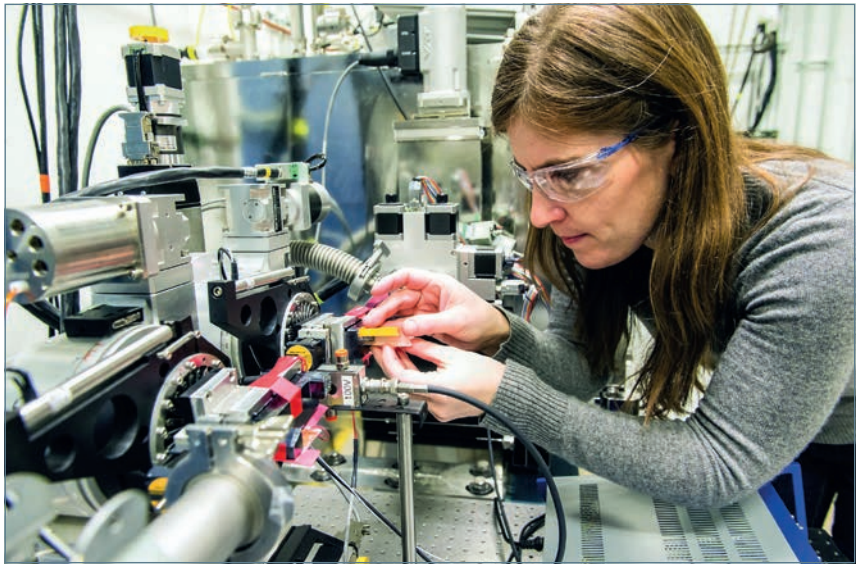
© SESAME

فرص العمل والمسارات المهنية في مجال مصادر الضوء المتقدِّمة

يتطلَّب تصميم هذه الآلات المعقدة وبناؤها وصيانتها وتشغيلها واستخدامها نطاقاً هائلاً من المهارات العلمية والهندسية والتكنولوجية والصناعية. وهناك فرص وظيفية متاحة سواء في المرافق نفسها أو بين صفوف أيٍّ من الأفرقة العديدة من المستخدمين العلميين الذين يجرون تجاربهم في هذه المرافق. وتُعَدُّ هذه المرافق مراكز فريدة من نوعها لتعليم شباب التقنيين والمهندسين والعلماء. وهي تتيح للباحثين الالتقاء بغيرهم من أعضاء الأفرقة الأخرى التي تدرس تخصُّصات أخرى. ويكفل هذا إقامة صداقات ناشئة فيما بين الباحثين على اختلاف بلدانهم وجامعاتهم ومؤسساتهم. وتقع هذه اللقاءات في الكافيتيريا والمكتبة ومركز المعالجة الحاسوبية وأثناء تقديم العروض عن النتائج العلمية. ويشكِّل هذا جزءاً من متعة العمل في مرفق من هذا القبيل.

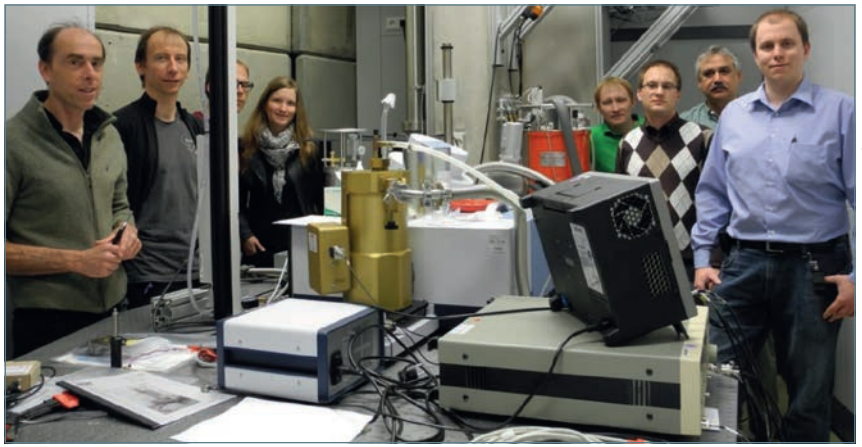
الصورة مقدَّمة من مصدر الضوء الكندي
Courtesy Canadian Light Source

تعمل باحثة علم الآثار البيولوجية الدكتورة أنجيلا لايفيرس (Angela Lieverse) من جامعة ساسكاتشوان على إجراء بحث بشأن جمجمة نادرة من العصر البرونزي في مرفق مصدر الضوء الكندي (Canadian Light Source).



الصورة مقدَّمة من مختبر أرغون الوطني
Courtesy Argonne National Laboratory

ماري أبتون (Mary Upton) (من شعبة علوم الأشعة السينية، مصدر الفوتونات المتقدِّم (Advanced Photon Source)، مختبر أرغون الوطني) تعمل على ضبط راسم طيفي أحادي عالي الاستبانة استعداداً لإجراء تجربة باستخدام تشتُّت الأشعة السينية الرنَّان غير المرن.

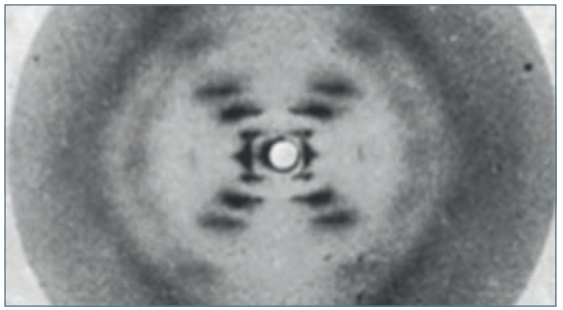


الصورة مقدَّمة من مركز الإشعاع السنكروترونِي، دورتموند
Courtesy Center for Synchrotron Radiation, Dortmund

مجموعة من العلماء والتقنيين والمهندسين أثناء تركيب نظام جديد ضيق النطاق ذي تردُّد يُقاس بالتيراهيرتز في إطار برنامج لتحسين المعجِّل في مرفق دلتا (DELTA)، وهو مرفق مصدر ضوء متقدِّم يقع في دورتموند، ألمانيا.

آفاق المستقبل

تتعاون أوساط المجتمع البحثي العالمي من أجل إنشاء مصادر أكثر قوة من المصادر القائمة من أجل التصدي للمسائل الأكثر صعوبة في علوم الحياة وعلوم المواد المكثَّفة. وقد استخدمت روزاليند فرانكلين الأشعة السينية من أجل الوقوف على التركيب الحلزوني المزدوج لحمض د.ن.أ، ومن ثمَّ إحداث ثورة في العلوم البيولوجية. ولا ريب في أنَّ فرانكلين احتاجت أسابيع طويلة حتى تخلص إلى هذا النمط الشكلي باستخدام أنابيب الأشعة السينية التقليدية في عام ١٩٥٢. واليوم صار فعل ذلك ممكناً في ثوانٍ معدودة. وحتى يتسنى فهم المشاكل الصحية المرتبطة بآلاف الأنواع من البروتينات، ومن ثمَّ التصدي لهذه المشاكل، فلا بد من الوقوف على التركيب البنيوي التفصيلي لهذه البروتينات. ويُعَدُّ هذا من بين الوظائف الرئيسية التي تنهض بها مصادر الضوء، حيث تُستخدم لدراسة الفيروسات. وتتَّسم القضايا والشواغل الطبية البيولوجية والبيئية والمتصلة بالتراث الثقافي بأنَّها ذات طابع محلي، وهذا هو سبب الاحتياج إلى هذا العدد الكبير من مصادر الضوء. ورغم وجود ما يزيد على ٥٠ من مصادر الضوء ومئات من خطوط الحزم، فإنَّ أوساط المستخدمين قد نمت بمعدَّل أسرع وباتت تحتاج إلى مصادر ضوء لإجراء بحوثها الأساسية والتطبيقية والصناعية. وكثيراً ما تطول مدَّة الانتظار شهوراً أو سنوات حتى يُتاح استخدام المرافق، ومن ثمَّ الحاجة إلى المزيد من مصادر الضوء، ولا سيما في البلدان النامية.



نمط حيود الأشعة السينية الخاص بحمض د.ن.أ، كما توصَّلت إليه روزاليند فرانكلين في عام ١٩٥٢.

إنَّ هذه المساعي الجديدة سوف تواجه تحديات. لكنها تتقاسم مع مركز الحزم الضوئية السنكروترونية في الشرق الأوسط أهدافه المتمثِّلة في بناء القدرات الإقليمية، وتشجيع التفاهم والصداقة والسلام، والجمع بين العلماء الذين ينتمون إلى بلدان وأعراق مختلفة من أجل الاضطلاع بنشاط علمي على مستوى عالمي.

سيكازي ك. متينغوا (Sekazi K. Mtingwa) وهرمان وينيك (Herman Winick)، «SESAME and beyond»، افتتاحية العدد، مجلة *Science*، ٢٠ أيار/مايو ٢٠١٧

الصورة مقدَّمة من روجر إريكسون
Courtesy Roger Erikson

المختبر MAX IV، السنكروترون الوطني السويدي، الذي افتُتح في عام ٢٠١٦.

الشكر للبروفيسور كينغ كين والدكتور جي دوان
Thanks to Professor Qing Qin and Dr. Zhe Duan

مصدر الفوتونات العالية الطاقة (High Energy Photon Source-HEPS) الذي سيجري تشييده في الصين.

مصادر الضوء المتقدِّمة وعلم البلورات

أدوات للاكتشاف والابتكار

ترتكز النسخة العربية من هذا الكتيِّب على النسخة الأصلية باللغة الإنكليزية، التي صُمِّمَت وطُبِعَت ووزِّعَت بمنحة من المجلس الدولي للعلوم لمصادر الضوء لفائدة أفريقيا وآسيا والأمريكيتين والشرق الأوسط (**مشروع لامب**). وقد صُمِّم الإصداران اللاحقان باللغتين الفرنسية والإسبانية وطُبِعا ووزِّعا بتمويل من منحة قُدِّمت لمشروع لامب، وتبرَّعت الوكالة الدولية للطاقة الذرية بالترجمة. وتُرجمت النسخة العربية وصُمِّمت والطباعة الأولية بتمويل من قِبَل الوكالة الدولية للطاقة الذرية.

The Arabic version of this brochure is based on the original English version, designed, printed, and distributed with a grant from the International Science Council to **L**ightsources for **A**frica, **A**sia, the **A**mericas and **M**iddle East **P**roject (**LAAAMP**). Subsequent versions in French and Spanish were designed, printed, and distributed with funds from the grant to LAAAMP and translations donated by IAEA. This version in Arabic is translated, designed, and an initial printing funded by IAEA.

Editor: Ernest Malamud, Fermilab and University of Nevada, Reno

The Editor thanks the many individuals who have contributed to producing this brochure. A list of them is at http://laaamp.iucr.org/tasks/brochure

المحرِّر: إرنست مالامود، مختبر فيرمي الوطني للمعجلات وجامعة نيفادا في رينو

يودُّ المحرِّر أن يتقدَّم بالشكر إلى العديد من الأفراد الذين ساهموا في إعداد هذا الكتيِّب. ويمكن الاطلاع على قائمة بأولئك الأفراد عبر الرابط: http://laaamp.iucr.org/tasks/brochure

Design: Atelier Christian Millet, Paris
Initial printing: (English) December 2017.
Arabic version: November 2019.

التصميم: Atelier Christian Millet, Paris
الطبعة الأولى: (النسخة الإنكليزية) كانون الأول/ديسمبر ٢٠١٧.
النسخة العربية: تشرين الثاني/نوفمبر ٢٠١٩.