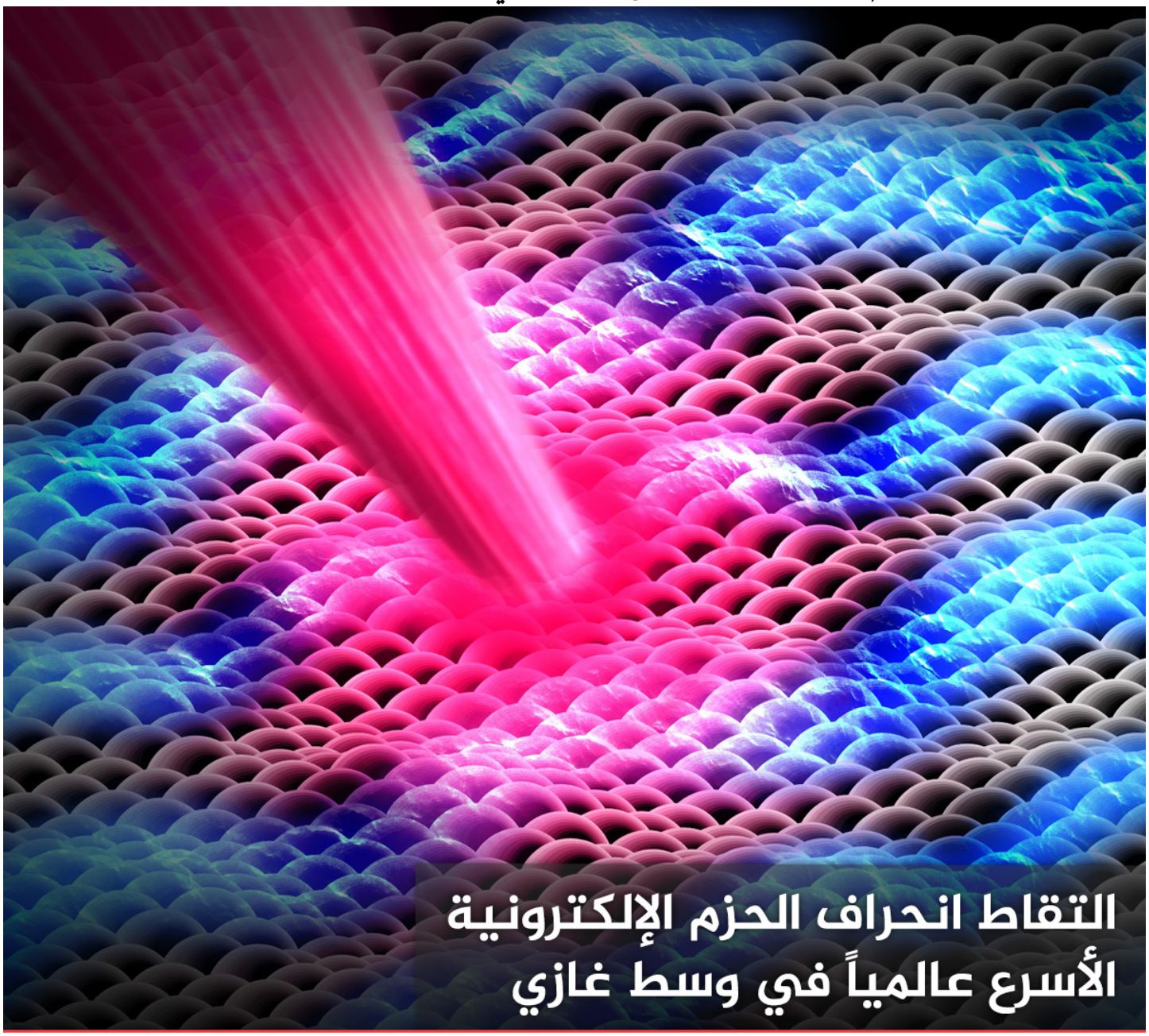
التقاط انحراف الحزم الإلكترونية الأسرع عالمياً في وسط غازي



صندوق الأدوات المُتمم SLAC's لكاميرا الإلكترونات عالية السرعة المخصصة لدراسة العمليات فائقة السرعة في الطبيعة.

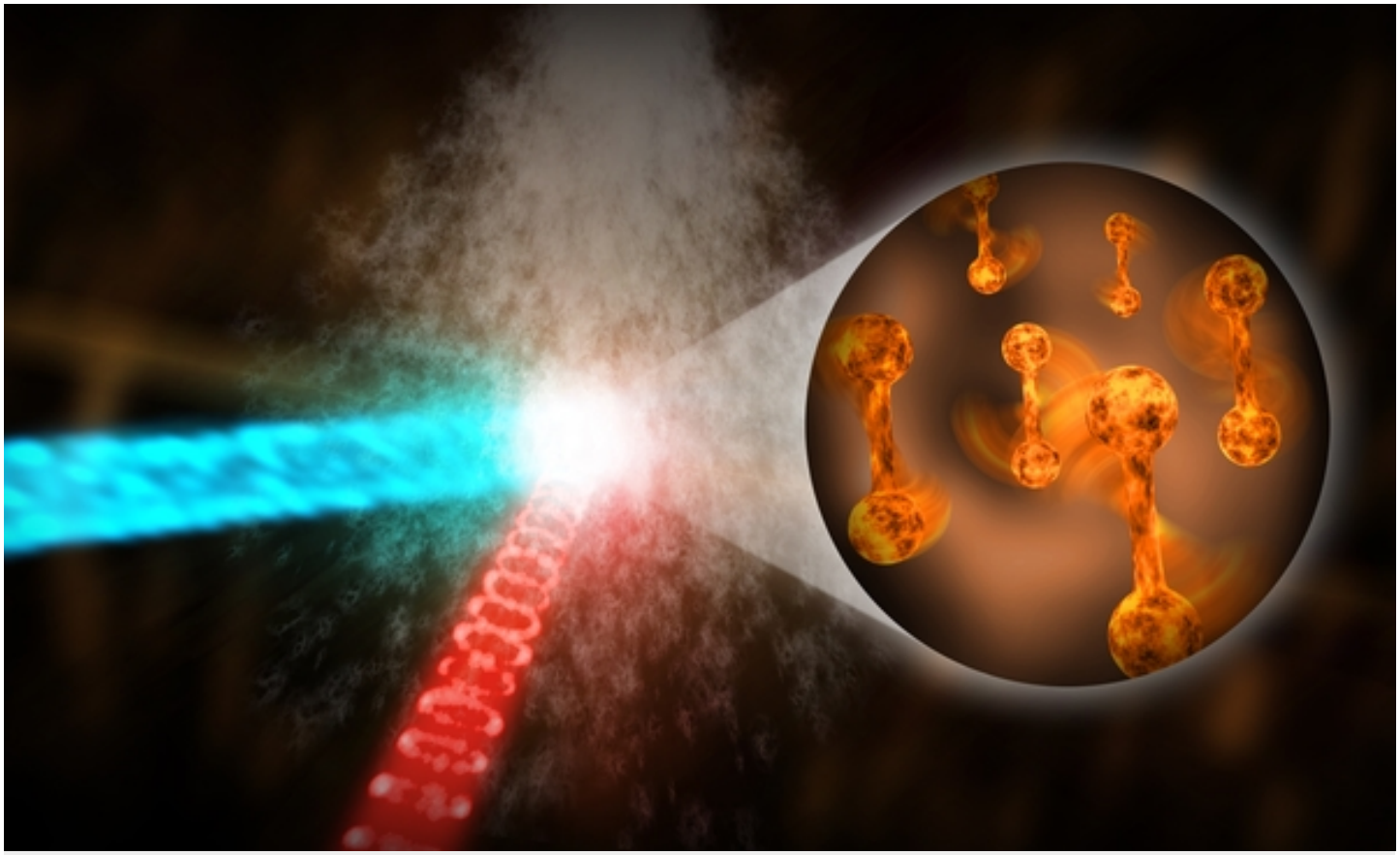
أحرز العلماء تقدماً ملحوظاً في صناعة أفلام حول العمليات الذرية فائقة السرعة مع التطبيقات المحتملة في إنتاج الطاقة والكيمياء والطب وعلم المواد وغيرها، باستخدام "كاميرا إلكترونات" فائقة السرعة وعالية النوعية، وهي أداة جديدة لحرف الإلكترونات بسرعة فائقة.

في قسم مختبر المُسرّع الوطني للطاقة **SLAC**، التقط الباحثون الصورة الأسرع في العالم لانحراف الإلكترونات فائقة السرعة لجزيئات نتروجين تدور في وسط غازي، بسرعة غالق الكاميرا **Shutter** تُقدر بـ 100 كوادرليون في الثانية.

لطالما كان حلم العلماء مشاهدة ظواهر الطبيعة الأسرع والأصغر في زمن حقيقي. على سبيل المثال، فإنّ مشاهدة الجزيئات الحيوية وهي تبسط التفاعلات الكيميائية المستدامة حيوياً بسرعةٍ عاليةٍ وبتفاصيل ذرية، يمكن أن تعلّم العلماءَ طرقاً جديدة لإنتاج وسائط كيميائية جديدة. ومع ذلك فإن معظم التقنيات المتاحة تمتاز بالسرعة أو دقة التفاصيل، وليس بكليهما.

يقول الباحث زاي وانغ **Xijie Wang** قائد فريق العمل ومؤلف مشارك، في دراسة جديدة نشرت في مجلة اتصالات نيتشر **Nature Communications**: "إن أداتنا الجديدة **UED**، اختصاراً لـ **Ultrafast Electron Diffraction**، هي إنجازٌ كليّ غير مسبوق في كلٍّ من الأمرين ـ التصميم الذري والسرعة الفائقة ـ. التَقطت هذه الكاميرا لقطات أسرع مما كنا نلتقط سابقاً لحركات ذريّة في الغازات، وأظهرت إمكانيات التكنولوجيا في صناعة أفلام جزيئية عن التفاعلات الكيميائية".

يقول مدير المشروع تشي-شانغ كاو **Chi-Chang Kao**: "هذا العمل **UED** هو إضافةٌ هامةٌ إلى رصيد المختبرات فائقة السرعة القائمة حالياً، ويُكمل ليزر الأشعة السينية و"مصدر الضوء المتماسك لينا" **Linac Coherent Light Source** واختصاراً (**LCLs**)، كما يمكّن البحوث الرائدة في الأنظمة الديناميكية المعقدة مع آثار واسعة النطاق في الكيمياء، والعلوم الحيوية والمواد المستقبلية.



التقط العلماء الصور الأسرع لانحراف الإلكترونات لجزيئات نتروجين دوّارة بأداة SLAC الجديدة لانحراف الإلكترونات فائقة السرعة UED موضّحين إمكانية الأداة في إنتاج أفلام جزيئية حقيقية الزمن. في تجربتهم، رصف العلماء جزيئات النيتروجين، الناتجة عن ارتباط ذرتَي نيتروجين بروابط كيميائية قوية، باستخدام ضوء ليزر (الأحمر)، ثم قاموا بفحص الدوران المتناوب للجزيئات بأخذ لقطات فائقة السرعة بواسطة حزمة من الإلكترونات (الأزرق). (مختبر المسرع الوطني)

كاميرا إلكترونات لرؤيا فائقة الصغر والسرعة

تستخدم **UED** حزمةً مركزةً من الإلكترونات عالية الطاقة لفحص العينات. في هذه الحالة، يُستخدم تيار من غاز النيتروجين المُهيَّج بالليزر. الغازات هي أنظمة لنماذج مثالية لدراسة العمليات في الكيمياء. تنتثر الإلكترونات الخارجة من الذرات في العينة وتولّد نموذجاً على جهاز الكشف يستخدمه الباحثون لتحديد مكان توضّع ذرات العينة. باستخدام الفرق في الوقت بين زمن إثارة الليزر وحزمة الإلكترون، والتي تأتي على هيئة حزمة إلكترونية قصيرة جداً، يتمكن العلماء من تعقّب التغيرات السريعة في النموذج الذي يتوافق مع الحركة السريعة للذرات.

رغم أنّ التقنية نفسها ليست جديدة، حيث أن **UED** مازالت تُطور من قبل العديد من المجموعات حول العالم منذ الثمانينيات، لكن لم يتم إنجازها بمثل هذه السرعة ضمن وسط غازي.

يقول جي يانغ **Jie Yang** من جامعة نبراسكا، لينكولن **University of Nebraska, Lincoln** والذي قاد الدراسة مع ماركوس غوهير **Markus Guehr** وهو باحث في **SLAC** وفي جامعة بوتسدام في ألمانيا **Potsdam University in Germany**: "عند الحديث عن دراسة الغازات، فإن أداة **SLAC** هي أسرع بخمس مرات من أي أداةِ **UED** سابقة، تعود هذه القفزة في الأداء إلى إلكترونات الطاقة العالية الأفضل في هذه الأداة، والتي تم تطويرها لـ **SLAC**، وستساعدنا في فهم نطاقٍ واسعٍ من العمليات السريعة على المستوى الذري بشكل أفضل".

يشرح الرسم المتحرك كيف تمكن الباحثون من استخدام الإلكترونات عالية الطاقة في SLAC لدراسة الحركات فائقة السرعة للذرات والجزيئات والتي تتعلق بخواص المادة والتفاعلات الكيميائية (مختبر المسرع الوطني SLAC).

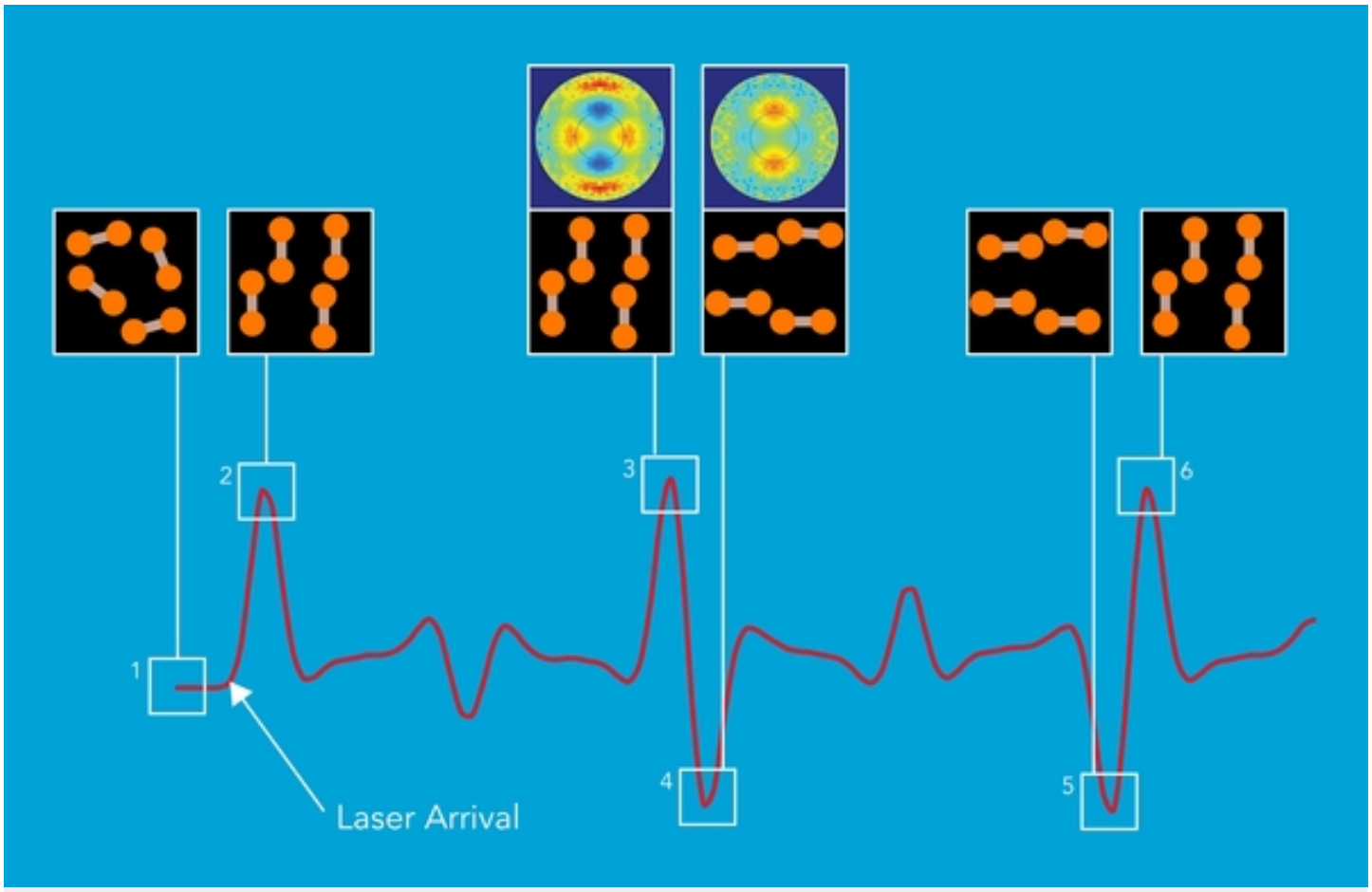
أخذُ لقطات لـ "أصداء جزيئية"

في الدراسة الجديدة، يُظهر فريق البحث الأداءَ الرائع عبر التقاط الدوران السريع لجزيء النيتروجين في الغازات.

تتألف كل جزيئة نيتروجين من ذرتي نيتروجين ترتبطان ببعضهما عبر روابط كيميائية قوية. عندما تتداعى الجزيئات الغازية حول بعضها، فإنها تسلك عادة اتجاهات عشوائية. ولكنّ تسليط نبضٍ ليزري قصير جداً عليها يجعلها تسلك جهة واحدة لوقت قصير للغاية. وعلى الرغم من أنها تخرج مسرعة من حالة الاصطفاف تلك، إلا أنها تعود للاصطفاف بشكل دوري في نوع من "**صدى جزيئي**".

يضيف يانغ: "عندما تعود جزيئات النيتروجين للاصطفاف ثانية، فإنها أيضاً تبدل اتجاهها من الاتجاه الواحد إلى اتجاه عمودي، يستغرق هذا الانتقال فقط 300 كوالديريون من الثانية". كان الفريق قادراً على التقاط هذه العملية لأن سرعة إغلاق أداة الـ **UED** كانت أعلى بثلاث مرات من تغيرات سرعة الاصطفاف.

يقول غوهير: "لقد دُرست العملية برمّتها سابقاً بطرق أخرى، ولكنّ بحثنَا هو الأول الذي يصورها بكل من الوقت الحقيقي وبتصميم مفصّل بشكل كافٍ لفصل موقعي نواتي ذرتي النيتروجين في الجزيء".



دراسة UED لاصطفاف الجزيئات في غاز النيتروجين الذي يحدثُه الليزر. يظهر المنحني الأحمر كيفية توزيع التوجهات الجزيئية مع تغيرات الغاز بمرور الوقت. (1) جزيئة النيتروجين التي تتألف من ذرتي نيتروجين مرتبطتين بقوة، تتخذ اتجاهات عشوائية عادة عندما تتداعى في غاز. (2) باستخدام نبض ليزري قصير جداً، وجه العلماء الجزيئات وبذلك أصبحت جميعها في الاتجاه نفسه. (3 و 6) تستمر هذه الحالة المنظمة للحظة قصيرة فقط قبل أن تتشتت، ولكن الجزيئات الدائرية تعود دورياً إليها مشكلة "صدى جزيئي" تعود فيه جزيئات النيتروجين للاصطفاف ثانية. أثناء هذه الأصداء، تبدل الجزيئات وضعها بسرعة من الاصطفاف في اتجاه واحد لتصطف في اتجاه آخر عمودي على الأول (3 و 4 ، 5 و 6). باستخدام أداة SLAC الجديدة، صور الباحثون للمرة الأولى الانتقال فائق السرعة (3 و 4 إشارات UED الظاهرة في الأعلى) بوقت حقيقي وتصميم ذري. (مختبر المسرع الوطني SLAC).

نحو أفلام فعليّة في الكيمياء

يأمل الباحثون في استخدام التكنولوجيا في المستقبل القريب لتصوير الجزيئات لدى اهتزازها ومشاهدة تحطّم الروابط الكيميائية وتشكلها خلال التفاعلات الكيميائية.

يقول وانغ: "نتطلع أيضاً للجمع بين **UED** والدراسات فائقة السرعة المكمّلة التي تجري في **LCL**، تُطلِعنا الإلكترونات على بنية المادة، في حين تخبرنا الأشعة السينية المزيد عن وظيفتها، سنحصل بوضعهما معاً على صورة أكثر اكتمالاً في الدراسات الحديثة لجميع أنواع العمليات الديناميكية المعقدة في الطبيعة".

دعم البحث من قبل مكتب العلوم **DOE**، وبرنامج مؤسسة التنمية الابتدائية لـ **UED/UEM** في **SLAC** ومؤسسة العلوم الوطنية.

ملاحظات

[1] **quadrillionths** الكوادرليون: في بريطانيا هو واحد متبوع بأربعة وعشرين صفراً\(10^{24}\)، أما في كندا والولايات المتحدة فهو واحد متبوع بخمسة عشرة صفرا \(10^{15}\) يستخدم هذا العدد في تقديرات الذرات وتعدادها.

[2] **DOE Department of Energy's Office of Science**: دائرة مكتب علوم الطاقة.

[3] **Stanford Linear Accelerator Center SLAC**: مركز مسرع ستانفورد الخطي.

[4] **UEM ultrafast electron microscopy**: المجهر الإلكتروني فائق السرعة.

[5] **LCL S Linac Coherent Light Source**: مصدر الضوء المتماسك.

- التاريخ: 2016-05-12
- التصنيف: فيزياء

#ليزر الاشعة السينية #الإلكترونات فائقة السرعة #UED

المصطلحات

- **الالكترون (Electron)**: جسيم مشحون سلبياً، ويُوجد بشكلٍ عام ضمن الطبقات الخارجية للذرات. تبلغ كتلة الالكترون نسبة تصل إلى حوالي 0.0005 من كتلة البروتون.
- **الأيونات أو الشوارد (Ions)**: الأيون أو الشاردة هو عبارة عن ذرة تم تجريدها من الكترون أو أكثر، مما يُعطيها شحنة موجبة.وتسمى أيوناً موجباً، وقد تكون ذرة اكتسبت الكتروناً أو أكثر فتصبح ذات شحنة سالبة وتسمى أيوناً سالباً

المصادر

- slac.stanford
- الصورة

المساهمون

- ترجمة
  - نجوى بيطار
- مُراجعة
  - محمد الشيخ حيدر

- تحرير
  - ليلاس قزيز
  - منير بندوزان
- تصميم
  - علي كاظم
- نشر
  - مي الشاهد