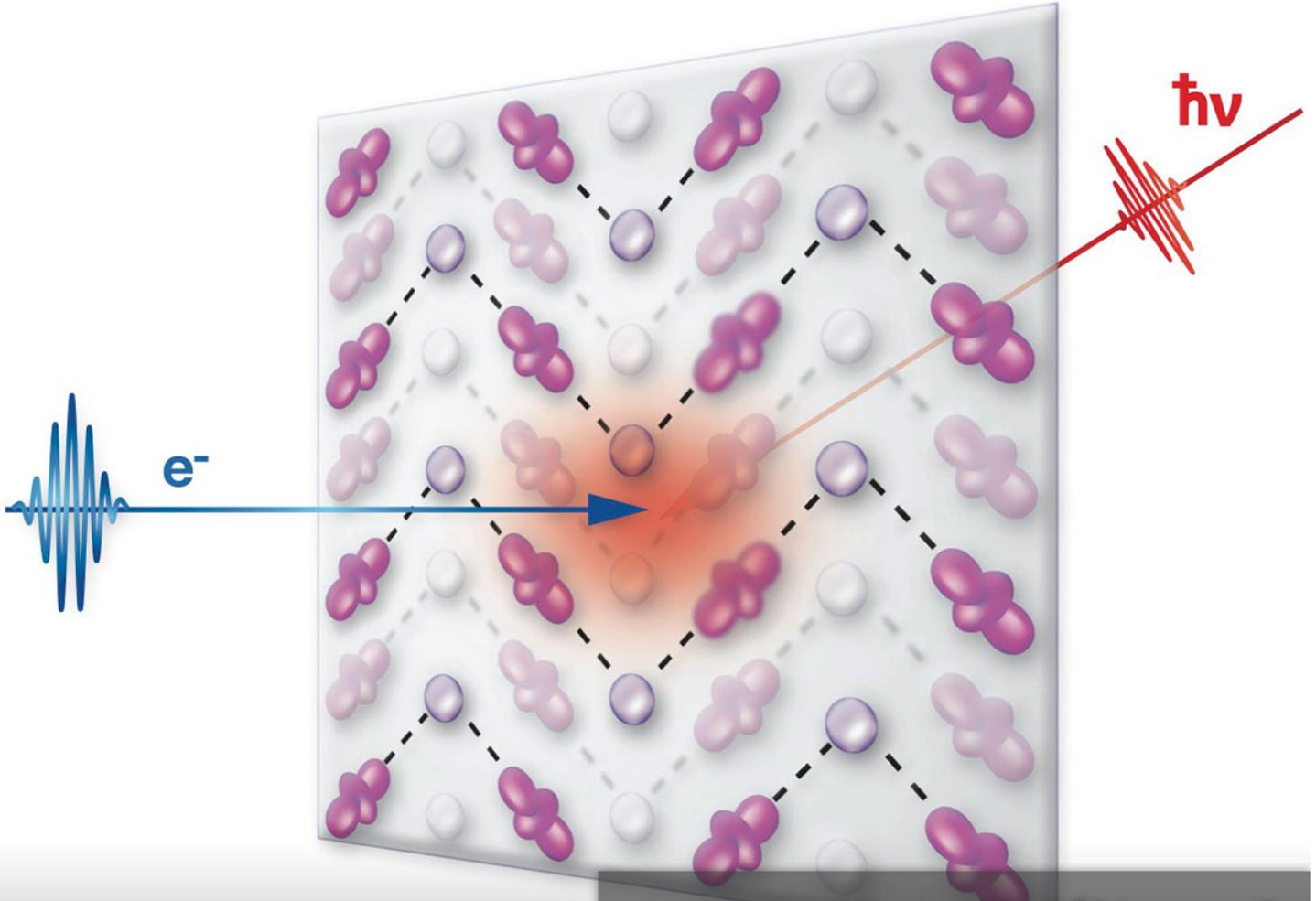


## تصوير فائق السرعة يكشف عن وجود البولارونات



## تصوير فائق السرعة يكشف عن وجود "البولارونات"



[www.nasainarabic.net](http://www.nasainarabic.net)

@NasalnArabic f NasalnArabic NasalnArabic NasalnArabic NasalnArabic



تصوير على المستوى الذري لتفاعلات الشبكة الذرية والإلكترونات: تقوم نبضة ليزر (حزمة حمراء من الضوء قادمة من اليمين) بإعطاء الإلكترونات من أكسيد المنغنيز دفعة من الطاقة في الوقت الذي تقوم فيه حزمة الكترونات عالية الطاقة (بالأزرق) باختراق البنية الذرية. تمثل الفقاعات ذات الشكل الدائري والعصوي سحابات الكترونية كروية وممتدة على ذرات المنغنيز؛ كما تشكل ذرات الأوكسجين (غير ظاهرة في الشكل) مضلعاً ثماني الأوجه ممتداً ومنظماً حول ذرات المنغنيز. إن تنوع زمن التأخير بين النبضة والاختراق يكشف عن تغيرات طفيفة متعلقة بالفواصل الزمنية (أثناء التصوير) في الترتيبات الذرية أثناء استجابة الشبكة للإلكترونات المدفوعة (بالطاقة).

حقوق الصورة: Brookhaven National Laboratory

يتصور الكثير من الناس أن الناقلية الكهربائية عبارة عن تدفق لجسيمات مشحونة (أغلبها إلكترونات) من غير أن يفكروا فعلا في البنية الذرية للمادة التي تمر عبرها هذه الشحنات.

لكن العلماء الذين يدرسون المواد ذات الإلكترونات المترابطة بشدة **Strongly Correlated Electrons** كالنواقل الفائقة عند درجات الحرارة المرتفعة، وتلك التي تتمتع باستجابة عالية للمغطة يعلمون أن هذه الصورة مبسطة جدا؛ هم يعلمون أن الذرات تلعب دورا أساسيا في تحديد خواص المواد.

فمثلا، إن الممانعة الكهربائية (وتسمى المقاومة أيضاً) هي تعبير عن خروج الإلكترونات من الذرة وتبعثرها؛ والمفهوم الأقل وضوحا هو أن الإلكترونات والذرات يمكنها أن تتحرك متأزرة لتوقف حركة الشحنات، أو بالمقابل أن تجعل الإلكترونات تتدفق بحرية دون ممانعة.

والآن قدم فريق يقوده الفيزيائي يمي زهو **Yimei Zhu** من مختبر بروكهيفن الوطني التابع لوزارة الطاقة الأمريكية دليلا حاسما أن لحركة الإلكترونات تأثيرا مباشراً على الترتيبات الذرية مؤدية لتشوهات في شبكة المادة البلورية ثلاثية الأبعاد (وتسمى النسق البلوري أيضا) بطرق يمكنها أن تغير مجري التيار بشكل جذري.

ولعل إيجاد دليل على تفاعلات الإلكترونات القوية مع الشبكة، والتي تدعى البولارونات **Polarons** يؤكد على الحاجة لقياس تأثيرها على الظواهر المعقدة كالناقلية الفائقة (وهي قدرة بعض المواد على نقل التيار الكهربائي دون أي فقد في الطاقة) وبعض الخصائص الواعدة الأخرى. والبولارونات هي عبارة عن أشباه جسيمات تستخدم في فيزياء المادة الكثيفة لفهم التفاعلات بين الإلكترونات والذرات في المادة الصلبة، والبولارون هو شبه جسيم مشحون متحرك محاط بأيونات في المادة.

وكما وصف في ورقة بحثية نشرت لتوها في مجلة **npj Quantum Materials** الشريكة لمجلة **nature**، فقد طور الفريق نظام "انحراف أو حيود الكتروني فائق السرعة" -وهي تقنية تصوير بالليزر جديدة، والأولى من نوعها في العالم- وذلك لالتقاط التشوهات بالغة الدقة على المستوى الذري في الشبكة؛ وللطريقة تطبيقات محتملة واسعة في دراسة عمليات ديناميكية أخرى.

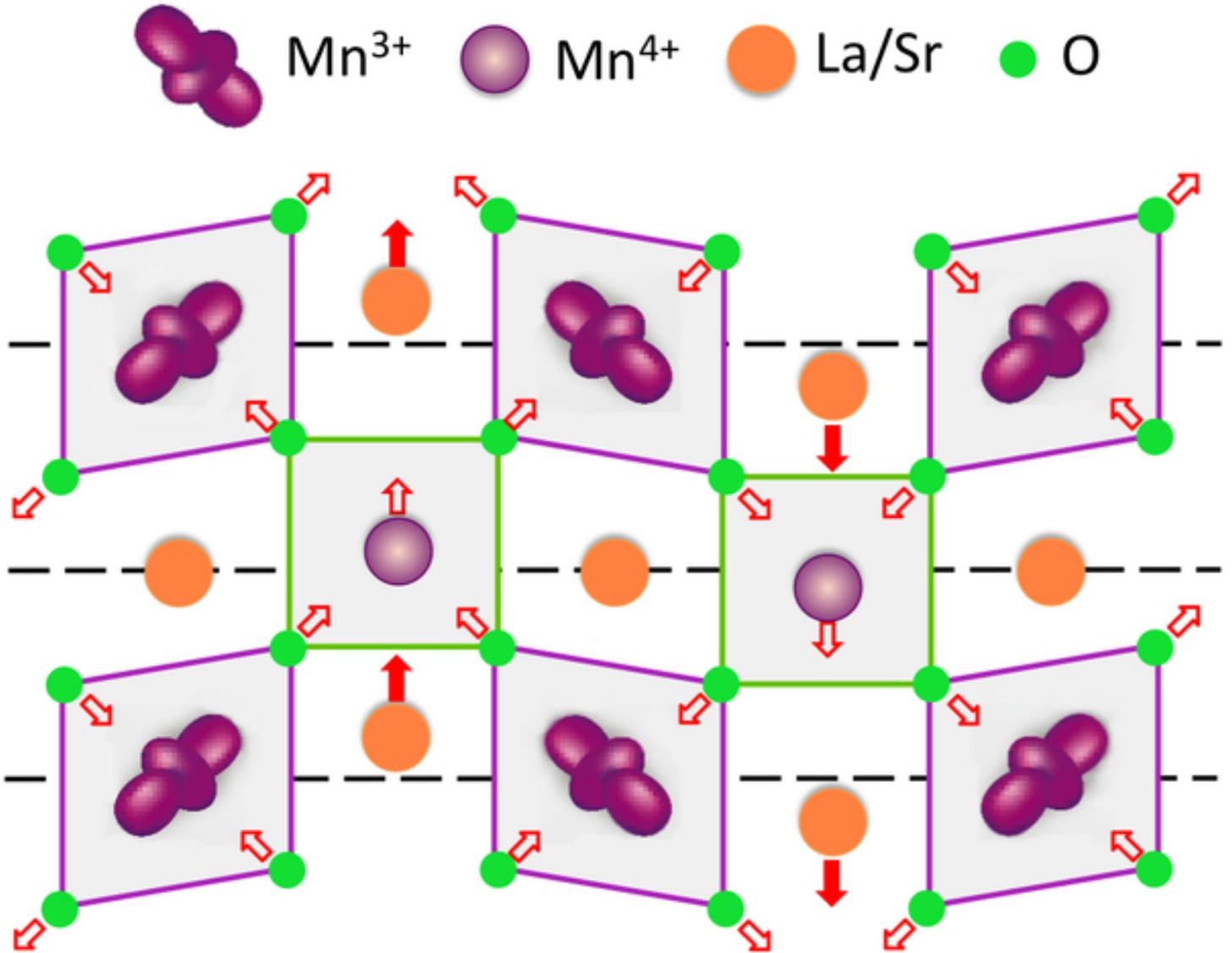
يقول زهو: "تشبه هذه التقنية التصوير الستروبوسكوبي (ويسمى الاضطرابي) لتبيان مسار كرة"، ويتابع قوله: "يمكنك باستخدام تأخيرات زمنية مختلفة بين رمي الكرة والتقاط الصورة أن تصور الفعل الديناميكي".

لكن أن تصور ديناميكيات معينة على المستوى الذري فهذا يتطلب وميضاً أسرع وطريقة لجعل الأجسام من المستوى دون الذري تتحرك. تستخدم الآلة التي طورها فريق بروكهيفن نبضة ليزر لإعطاء الإلكترونات في المادة العينة دفعة من الطاقة؛ وبنفس الوقت يقوم شعاع ليزر ينقسم عن الأول بتوليد دفعات بالغة السرعة من الإلكترونات الطاقة العالية (2.8 ميغا إلكترون فولط) لتقوم بالمضي سابرة عبر العينة.

إن الإلكترونات التي تكون هذه الومضات ذات الزمن 130 فيمتو ثانية -والتي يبقى كل منها لمدة 0.00000000000013 ثانية- تخرج وتتبعثر من العينة مكونة نماذج انحراف أو حيود **diffraction** تكشف عن مواقع الذرات. بتنوع زمن التأخير بين النبضة والسبر، يمكن للعلماء التقاط أدنى التغيرات في الترتيبات الذرية أثناء استجابة الشبكة للإلكترونات المدفوعة بالطاقة.

يقول زهو: "إن الأمر شبيه بانحراف الأشعة السينية، لكن باستخدام الإلكترونات نحصل على إشارة أكبر بكثير، كما أن الطاقة العالية لهذه الإلكترونات السابرة تمكننا من قياس الحركة الدقيقة للذرات بشكل أفضل؛" أضف أنها تكلف جزء بسيط جدا مقارنة بتكلفة بناء مصدر

ضوئي للأشعة السينية فائقة السرعة، يقول زهو: "إنها آلة سهلة الصنع."



نتائج رئيسية: يظهر هذا الرسم التوضيحي كيف تقوم كل من الترتيبات الذرية في الشبكة البلورية (مثل الأوكسجين الذي يظهر بلون أخضر)، وأشكال السحابات الإلكترونية بالتعديل لتوافق كل منها الأخرى لتكون نظاماً أشبه بـ"ادفعني لأسحبك" أي الدفع وال جذب؛ إن هذه المرحلة المتوسطة في الاستجابة لدفعة الطاقة الخاصة بنبضة الليزر عبارة عن جزء من حالة استرخاء أو استراحة relaxation ذات مرحلتين تبرهن على وجود البولارونات. حقوق الصورة: Brookhaven National Laboratory

### نتائج رئيسية

استخدم العلماء هذه التقنية لدراسة تفاعل الإلكترونات والشبكة في أوكسيد المنغنيز، وهي المادة التي أوليت اهتماماً منذ أمد طويل نظراً لمدى التأثير الجذري في ناقليتها عند تعرضها لحقل مغناطيسي؛ لقد رصدوا علامة تُوحى بأن الإلكترونات تقوم بالتحديد بالتفاعل مع الشبكة الذرية وتغيير شكلها؛ وهي عبارة عن عملية تخفيف من مرحلتين أظهرتها الإلكترونات المدفوعة وذراتها المحيطة.

في الاسترخاء الاعتيادي ذو المرحلة الواحدة، تقوم الإلكترونات المدفوعة خارجاً بواسطة دفعة من الطاقة بتكييف شكلها مع البيئة الجديدة بسرعة. يقول ويغو ين Weiguo Yin وهو فيزيائي آخر من مختبر بروكهافن يعمل على الدراسة: "لكن في المواد المترابطة بشدة،

تتباطأ الإلكترونات نتيجة تفاعلها مع الكتلونات أخرى وتفاعلها مع الشبكة"، ويتابع: "إنها أشبه بازدحام مروري تتحرك فيه السيارات بشكل أكثر بطئاً".

في التأثير تستجيب الإلكترونات سالبة الشحنة ونوى الذرات موجبة الشحنة كل منها للأخرى، بطريقة تؤدي لكل منها لأن تحاول مواءمة شكل الأخرى، وبالتالي تبدأ سحابة الكترونية ممتدة عند دخولها فضاء ذريا متناظرا بالظهور بشكل أكثر كروية، وبنفس الوقت تقوم الذرات المكونة للشبكة بتغيير مواضعها في محاولة للتواءم مع السحابة الالكترونية الطولانية.

وفي الخطوة الثانية، تخف قوى الدفع والجدب البيئية في الترتيبات تدريجيا لتفضي إلى ما هو متوقع في مرحلة التخفيف ذو المرحلة الواحدة. يقول ين: "هذا السلوك ذو الخطوتين الذي يمكننا رؤيته باستخدام انعراج الإلكترونات فائق السرعة، هو الدليل على أن اهتزازات الشبكة تتفاعل مع الإلكترونات بشكل متناغم؛ إنها الدليل على وجود البولارونات".

تحمل النتائج رؤى حول الكيفية التي تساعد فيها استجابة الشبكة في المساهمة بالتخفيض الكبير في الممانعة الكهربائية التي تحصل للمغناطيسية في حقل مغناطيسي، وهو تأثير يعرف بالمقاومة المغناطيسية الهائلة أو الجبارة **colossal magnetoresistance**.

يشرح ين: "ترتبط أشكال السحابات الإلكترونية بالخواص المغناطيسية للإلكترونات"، ويكمل: "عندما تصبح العزوم المغناطيسية للإلكترونات متحاذاة في الحقل المغناطيسي، يصبح شكل سحابة الإلكترون والترتيب الذري أكثر تناظرا وتجانسا؛ ويمكن للشحنات الإلكترونية أن تسري بشكل أسهل دون الحاجة للعبة الدفع والجدب".

يظهر هذا العمل أن بإمكان ليزر فائق السرعة أن يعدل الديناميكيات الإلكترونية والمغناطيسية وديناميكيات الشبكة في المواد ذات الإلكترونات المترابطة بشدة؛ وهي مقارنة يمكن أن ينتج عنها تطبيقات تكنولوجية جديدة وواعدة، مثل الذاكرة فائقة السرعة وغيرها من الأجهزة الإلكترونية عالية السرعة.

يقول زهو: "يمكن لطريقتنا أن تستخدم لتحقيق فهم أفضل لديناميكيات التفاعلات، وتشير إلى أنها ستكون مفيدة أيضاً في دراسة عمليات ديناميكية أخرى لاكتشاف الحالات الخفية وغيرها من السلوكيات المادية الغريبة".

• التاريخ: 2018-01-30

• التصنيف: فيزياء

#الفيزياء الكوموية #الفيزياء الأساسية #الالكترونات #البولارونات



المصطلحات

• المقاومة المغناطيسية الهائلة (أو الجبارة) (**colossal magnetoresistance**): هي خاصية تمتلكها بعض المواد وخاصة أكاسيد البيروفسكايت التي تحتوي المغنيزيوم في تركيبها، وتسمح هذه الخاصية للمواد بتغيير مقاومتها الكهربائي بشكل كبير جداً

عند وجودها في حقل مغناطيسي، ويتطلب تطبيق هذه التقنية درجات حرارة منخفضة ومعدات ذات حجم كبير جداً مما حال قليلاً من تطبيقها في الوقت الحالي

• **البولارون (polarons):** هي أشباه جسيمات تُستخدم في فيزياء المادة الكثيفة لفهم التفاعلات بين الإلكترونات والذرات في المواد الصلبة.

• **البولارون (polaron):** هي أشباه جسيمات تُستخدم في فيزياء المادة الكثيفة لفهم التفاعلات بين الإلكترونات والذرات في المواد الصلبة.

## المصادر

• [phys.org](https://phys.org)

• الصورة

## المساهمون

• ترجمة

◦ [علي الخطيب](#)

• مراجعة

◦ [مريانا حيدر](#)

• تحرير

◦ [أنس الهود](#)

• تصميم

◦ [محمود سلهب](#)

• نشر

◦ [مي الشاهد](#)