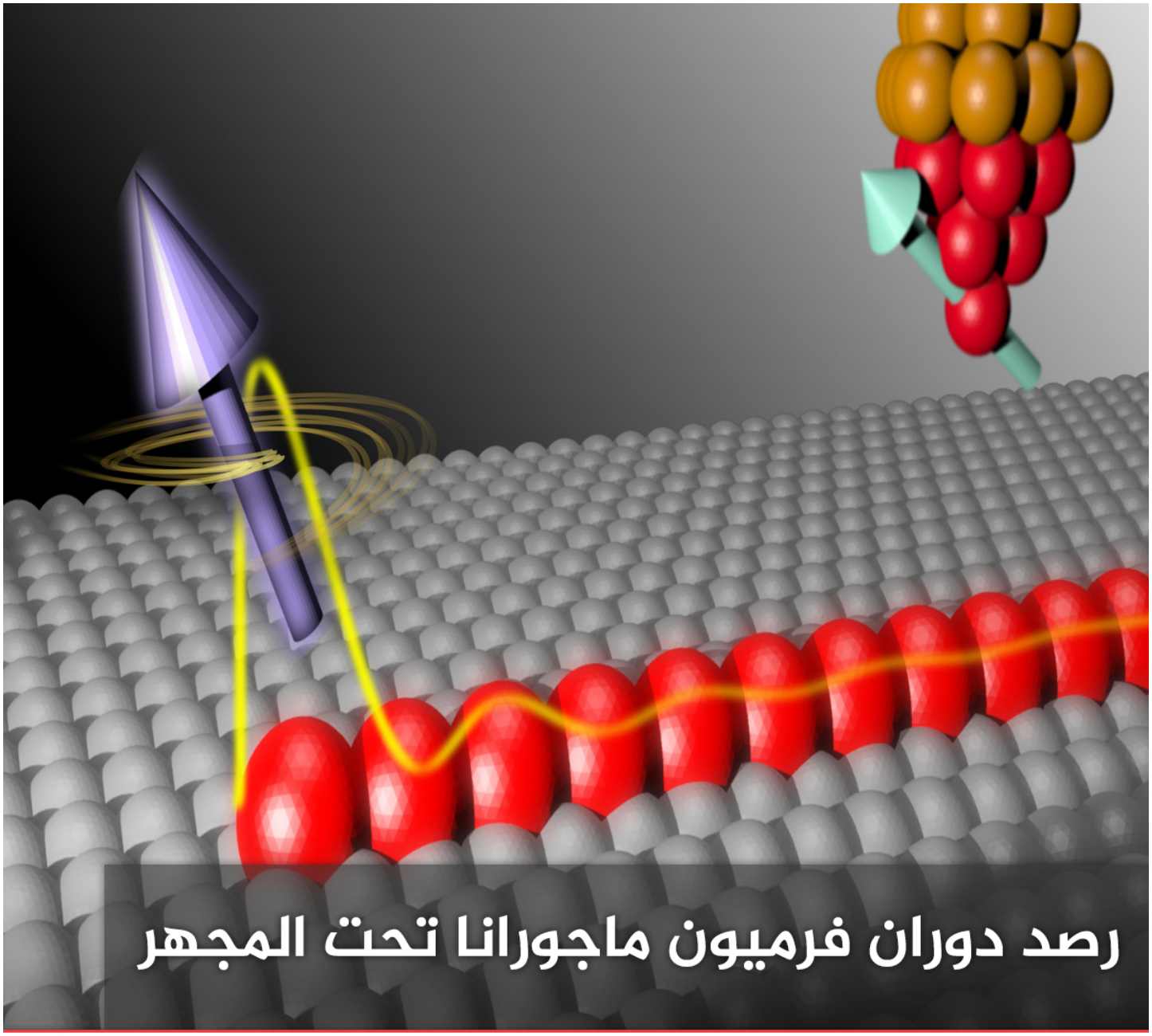
رصد دوران فرميون ماجورانا تحت المجهر



تخطيط للتجربة، استُخدِم طرف المجهر الماسح الاهتزازي الممغنط للتحقق من خاصية دوران دالة الموجة الكمية الخاصة بـ فيرميون ماجورانا Majorana fermion في نهاية سلسلة من ذرات الحديد على سطح فائق التوصيل مصنوعٍ من الرصاص حقوق الصورة: Yazdani Lab, Princeton University

اكتشف الباحثون في جامعة برينستون **Princeton University** خاصيةً كموميةً فريدةً من نوعها لجسيمٍ مراوغٍ لوحِظ بأنه يتصرف كمادةٍ ومادةٍ مضادةٍ في الوقت نفسه. يقدّر العلماء الجسيم، المعروف باسم فيرميون ماجورانا **Majorana fermion**، لإمكانيته على فتح أبوابٍ جديدةٍ للحوسبة الكمومية.

في دراسةٍ نُشرت في مجلة **Science** وصف فريق البحث كيف أنهم عززوا تقنية التصوير القائمة، المسماة بالمسح النفقي المجهري **scanning tunneling microscopy**، لالتقاط إشاراتٍ من جسيم ماجورانا على طرفي سلكٍ حديديٍّ رقيقٍ ذريٍّ مشدودٍ على سطح بلورةٍ من الرصاص. وشملت هذه الطريقة الكشف عن الخاصيات الكمية المميزة المعروفة باسم السبين **spin**، والتي اعتقد أنها تقوم بنقل المعلومات الكمومية في الدوائر التي تحتوي على جسيم ماجورانا.

يقول علي يزداني، الأستاذ في كلية الفيزياء في جامعة برينستون في عام 1909: "إن خاصية دوران جسيمات ماجورانا تميز بينها وبين أنواعٍ أخرى من أشباه الجسيمات التي تظهر في المواد. يوفر الكشف التجريبي عن هذه الخاصية توقيعًا فريدًا من هذا الجسيم الغريب".

وتستند هذه النتيجة إلى اكتشاف الفريق لعام 2014، التي نُشرت أيضًا في مجلة **Science**، لفيرميون ماجورانا في سلسلة ذرةٍ واحدةٍ من ذرات الحديد فوق ركيزةٍ من الرصاص. في تلك الدراسة، استُخدِم المجهر ذو الماسح النفقي لتصوير جسيمات ماجورانا للمرة الأولى، ولكن لم يوفر أيّ قياساتٍ أخرى لخصائصها. ويضيف يزداني: "لقد كان هدفنا التحقيق في بعض الخصائص الكمومية المحددة للماجورانا، وهذه التجارب لا توفر فقط تأكيدًا إضافيًا لوجودها في سلاسل الذرات فحسب، بل تبيّن السبل الممكنة لاستخدامها".

نصت أول نظرية في أواخر الثلاثينيات للفيزيائي الإيطالي إيتور ماجورانا **Ettore Majorana** على أن الجسيم رائعٌ لأنه يتصرف كالمادة المضادة الخاصة به. وقد أدرك العلماء في السنوات القليلة الماضية أنه بالإمكان هندسة أسلاك أحادية البعد، مثل سلاسل الذرات على سطحٍ فائق التوصيل في الدراسة الحالية، لجعل فيرميونات ماجورانا تظهر في المواد الصلبة. في هذه الأسلاك، تظهر جسيمات ماجورانا على شكل أزواجٍ في أطراف السلاسل، شريطة أن تكون السلاسل طويلةً بما فيه الكفاية لبقاء الماجورانا بعيدةً بما فيه الكفاية حتى لا تفني بعضها البعض. في نظام الحوسبة الكمومية، يمكن تخزين المعلومات في الوقت ذاته من طرفي السلك، مما يوفر متانةً ضد الاضطرابات الخارجية للحالات الكمية الهشة بطبيعتها.

وقد استخدمت الجهود التجريبية السابقة للكشف عن الماجورانا حقيقة أنها جسيمٌ وجسيمٌ مضادٌ **antiparticle** في وقتٍ واحدٍ. ويُسمّى هذا المؤشر بالذروة المتحيزة للصفر (**zero-bias peak**) في القياس النفقي الكمي، ولكن أظهرت الدراسات أن مثل هذه الإشارات يمكن أن تحدث أيضًا بسبب زوجٍ من أشباه الجسيمات **quasiparticles** العادية التي يمكن أن تنشأ في الموصلات الفائقة. وقد قام أستاذ الفيزياء أندريه برنفيج **Andrei Bernevig** وفريقه، الذي اقترح تجربة سلسلة الذرات مع مجموعة يزداني، بتطوير النظرية التي أظهرت أن قياسات الـ "سبين المستقطب" **spin-polarized** من خلال المجهر الماسح النفقي يمكن أن تميز بين وجود زوجٍ من أشباه الجسيمات العادية وجسيمات ماجورانا.
عادةً ما يُبنى الماسح المجهري النفقي (**STM**) على سحب قطبٍ دقيق الأطراف على هيكل ـ والهيكل هنا هو سلسلةٌ من ذرات الحديد ـ والكشف عن خصائصه الإلكترونية التي يمكن بناء صورة منها.

ويُنشئ الباحثون أقطابًا كهربائيةً ممغنطةً في اتجاهاتٍ مختلفةٍ للقيام بقياساتٍ دقيقةٍ للدوران. وكشفت هذه القياسات المجهرية للسبين المستقطب عن وجود إشاراتٍ تتفق مع الحسابات النظرية التي يقوم بها برنفيج وفريقه.

قال برنفيج: "اتضح أنه على عكس حالة أشباه الجسيمات التقليدية، لا يمكن تصوير دوران ماجورانا مثل غيرها، وبهذا المعنى يُعدّ هذا مجرّد اختبارٍ لوجود ماجورانا". كما يمكن أن تؤدي خاصية دوران ماجورانا الكمية إلى زيادة فعاليتها للتطبيقات في المعلومات الكمية. على سبيل المثال، يمكن استخدام أسلاك الماجورانا في أيٍّ من الطرفين لنقل المعلومات بين جسيمات الكم البعيدة التي تعتمد على دوران الإلكترونات. وقد يكون الربط بين دوران الإلكترونات والماجورانا الخطوة التالية في تسخير خصائصها لنقل المعلومات الكمية.

- التاريخ: 2018-03-15
- التصنيف: فيزياء

#الجسيمات #science #الحديد #الحوسبة الكمومية #الموجات الكميه

المصادر

- phys

المساهمون

- ترجمة
  - فاطمة القطان
- مُراجعة
  - ريم المير أبو عجيب
- تحرير
  - رأفت فياض
  - عبد الواحد أبو مسامح
- تصميم
  - إحسان نبهان
- صوت
  - زينب العكري
- نشر
  - يقين الدبعي