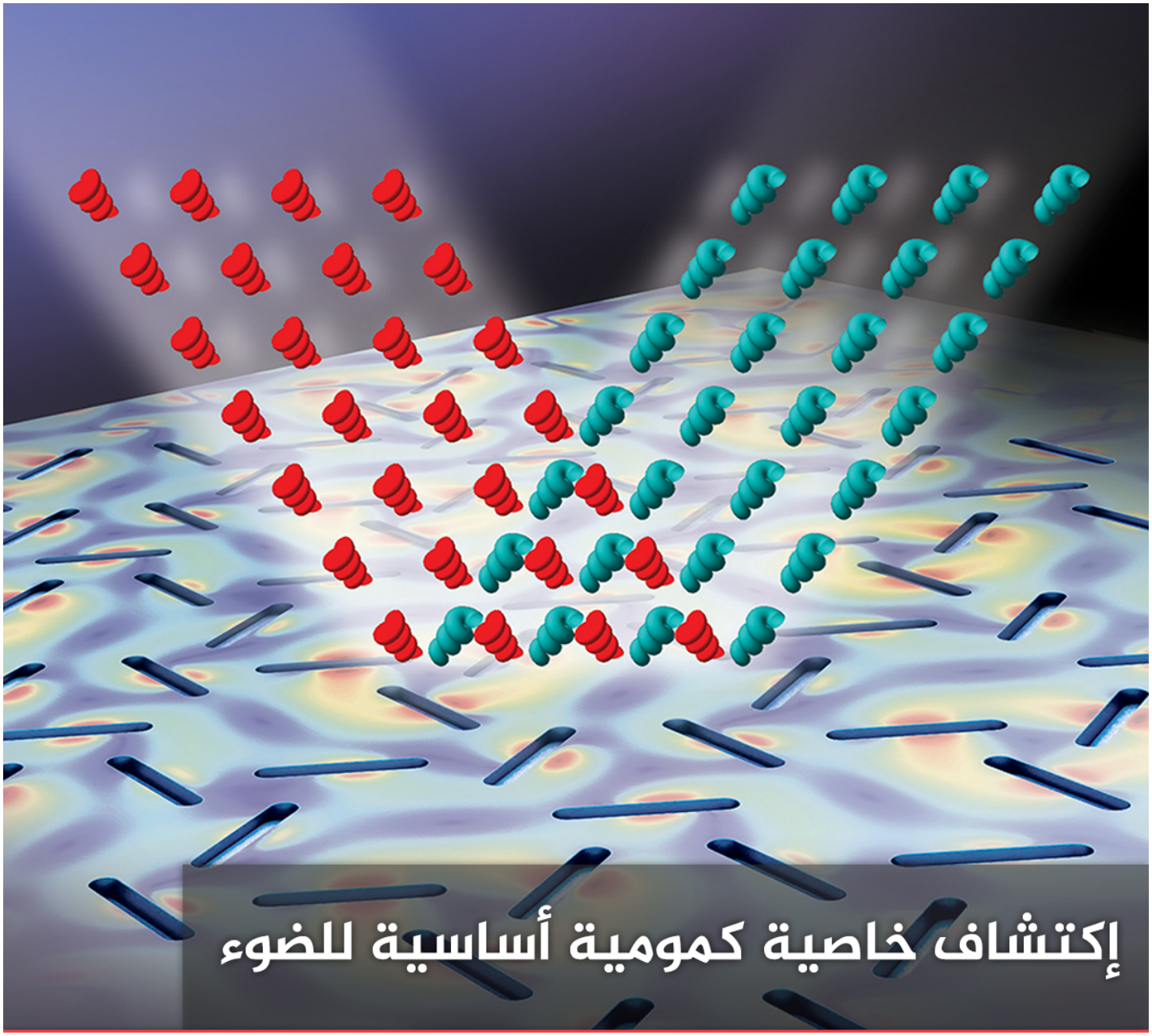
اكتشاف خاصية كمومية أساسية للضوء



www.nasainarabic.net
@NasaInArabic NasaInArabic NasaInArabic NasaInArabic NasaInArabic

في ورقةٍ علميةٍ جديدةٍ تُبلور المعرفةَ الخاصة بمجالٍ متنوعٍ من التجارب والتطورات النظرية، برهن علماءُ من مركز RIKEN لعلوم المواد الجديدة في اليابان على أن مفعول هول الكمومي السبيني (quantum spin Hall effect) -الذي يُمثل تأثيرًا يحدث في فيزياء الحالة الصلبة- هو خاصية أساسية للضوء.

لا تمتلك الفوتونات كتلةً ولا شحنةً، ولذلك فهي تتصرف بشكلٍ مختلف للغاية عن أقرانها التي تمتلك كُتلاً، لكنها تشاركهم خاصيةً محددةً تُعرَف باللف الذاتي السبين (**Spin**)، والتي ينتج عنها ظواهر طوبولوجية وهندسية مهمة.

يُمكن اعتبارُ السبين مكافئًا لدوران لعبة البلبل، وهو قياس لكمية الحركة الزاوية الجوهرية للجسيم. وفي البحث المنشور في مجلة

Science، وجد الفريق أن الفوتونات تُشارك الإلكترونات في خاصية مرتبطة بالسبين، وهي مفعول هول الكمومي السبيني.

يقول قسطنطين بليوك **Konstantin Bliokh** وهو قائد البحث: "قمنا سابقًا بعملٍ يُلقي النظر على الأمواج الكهرومغناطيسية سريعة الزوال، وأدركنا أن الخواص المهمة التي وجدناها ـ ومنها السبين العرضي الاستثنائي ـ ما هي إلا تجليات لحقيقة أن الضوء الحر مكانيًّا يُعاني من مفعول هول الكمومي السبيني، مما يعني أن الأمواج الزائلة التي تمتلك سبينات متعاكسة ستتحرك في اتجاهات متعاكسة على طول واجهة التقابل بين وسطين".

تنتشر الأمواج سريعة الزوال (**Evanescent Waves**) على طول سطوح المواد، مثل المعادن، عند الواجهة البينية مع الفراغ. وبنفس الطريقة التي تُولد فيها أمواج المحيط عند الواجهة الكائنة بين الهواء والماء، فإن الأمواج سريعة الزوال تتفكك بشكلٍ أُسِّيٍّ أثناء تحركها بعيدًا عن الواجهة.

يَسمح مفعولُ هول الكمومي السبيني بوجود نوع استثنائي من المواد، والتي تُعرف بالعوازل الطوبولوجية (**Topological Insulator**)، والتي تنقل الكهرباء على السطح ولا تسمح بانتقالها داخل المادة.

وما أذهل الباحثين هو قدرتهم على معرفة وجود شبيهٍ لهذه الظاهرة بالنسبة للفوتونات. فعلى الرغم من أن الضوء لا ينتشر داخل المعادن، إلا أنه من المعروف أنه يستطيع الانتشار على طول الواجهات البينية بين المعدن والفراغ، ويجري ذلك على شكلٍ ما يُعرف بالبلازمونات السطحية (**surface plasmons**) التي تتضمن الأمواج الضوئية سريعة الزوال.

تمكّنت المجموعة من أن تبرهن على أن السبين العرضي الاستثنائي الذي وجدوه في الأمواج سريعة الزوال هو في الواقع ناتج عن مفعول هول الكمومي الجوهري للفوتونات، وتُفسر نتائجُها –بالتالي– التجاربَ الحالية التي بيّنت القدرةَ على إيجاد انتشارٍ غيرِ اتجاهيٍّ ومُتحكَّمٍ بسبينه للأنماط البصرية السطحية.

يُتابع بليوك: "على المستوى العلمي الصرف، يُعمِّق هذا البحث من فهمنا للنظرية الكلاسيكية للأمواج الضوئية المُطوَّرة من قِبَلِ جيمس كلارك ماكسويل قبل 150 سنة، وقد يقود هذا إلى تطبيقاتٍ تَستخدِم الأجهزةَ البصريةَ التي تعتمد على اتجاه السبين".

يقول فرانكو نوري **Franco Nori** الذي نظّم المشروع: "كان هذا العمل مُمْكنًا بفضل الطبيعة متعددةِ الاختصاصات لـ **RIKEN**، فقد كنا قادرين على جمع العديد من الاكتشافات المختلفة معًا. وخَدَمَ ذلك في البرهان على أن السبينَ العرضيَّ المتلازمَ مع اتجاه انتشار الأمواج يبدو كميزةٍ عالمية للأمواج السطحية، حتى عندما تكون تلك الأمواج بطبائع مختلفة".

- التاريخ: 2015-07-23
- التصنيف: فيزياء

#العوازل الطوبولوجية #مفعول هول الكمومي السبيني #الامواج الضوئية

المصطلحات

- **مفعول هول السبيني (spin Hall effect)**: تحدث هذه الظاهرة عندما تخضع الإلكترونات لشروط ثلاثة معينة في الوقت نفسه: فهي حبيسة سطح فاصل بين بلورتين شبه موصلتين، بحيث إنها لا تستطيع الحركة إلا في بعدين فقط «منبسط»، ومبرَّدة حتى درجات حرارة قريبة من الصفر المطلق، وخاضعة لحقل مغنطيسي عال. يُسبب الحقل المغنطيسي جَرْف الإلكترونات جانبيا بالنسبة لاتجاه جريان التيار. فينشأ نتيجة لذلك ڤلطية (جهد) جانبية أو قوة تدفع الإلكترونات جانبيا. وإذا ازداد الحقل المغنطيسي ازدادت هذه الڤلطية أيضا، ولكن ليس بصورة خطية، بل سيزداد بصورة دَرَجية بالضبط. تدعى هذه الظاهرة مفعول هول الكمومي وتُعدّ سمة (بصمة) لطور مميز جديد للمادة.
- **البلازمون (plasmons)**: هو "كم" الاهتزاز في البلازما، ويُمكن النظر إليه على أنه شبه جسيم لأنه ينتج عن "تكميم" اهتزازات البلازما، بشكلٍ مشابه لتكميم الفونونات في الاهتزازات الميكانيكية.

المصادر

- phys.org
- الورقة العلمية
- الصورة

المساهمون

- ترجمة
  - همام بيطار
- مُراجعة
  - فراس الصفدي
- تحرير
  - نور المصري
  - أحمد مؤيد العاني
- تصميم
  - وائل نوفل
- نشر
  - مي الشاهد