مواد عجيبة قد تساهم في تقدم حقل الحوسبة الكمومية والسبينترونيات



العلماء يتنبؤون بوجود فئة جديدة من المواد التي يمكن رصد حالتها الطوبولوجية تجريبياً بشكل مباشر.
المصدر: المدرسة الدولية للدراسات المتقدمة SISSA

أصبحت العوازل الطوبولوجية (**Topological insulators**) أقل غرابةً بقليل، فهي مواد "غريبة" عازلة من الداخل وموصلة على سطحها، وتتمتع هذه المواد بخواص تجعلها مرشحة مثالية لتطوير السبينترونيات أو الإلكترنيات السبينية (**spintronics**) ـ الإلكترونيات التي تعتمد على السبين أو اللف الذاتي ـ وفي مجال الحوسبة الكمومية (**quantum computing**) بشكلٍ عام.

ومع ذلك، فهذه المواد غريبة لأنه من الصعب جداً رصد خواصها، إلا أن دراسة جديدة، أجرتها المدرسة الدولية للدراسات المتقدمة (**SISSA**) ونُشرت في مجلة "**Physical Review Letters**"، تقترح عائلة جديدة من المواد التي يُمكن وبسهولة رصد حالتها الطوبولوجية مباشرة وتجريبياً، وهو أمرٌ يُبسط الأشياء بالنسبة للباحثين.

أجرى البحث باحثون من جامعات إنسبروغ في النمسا وفورتسبورغ في ألمانيا، وقامت الجامعة الأخيرة بإسهام مهم بشكلٍ خاص حيث اكتُشفت تلك المواد الاستثنائية فيها عام 2007.

يوضح ماسيمو كابون (**Massimo Capone**) وهو باحث في **SISSA** قائلاً: "ما يُهمنا بخصوص العوازل الطوبولوجية هو ليس كونها عوازل وإنما كونها تمثل حالات موصلة على سطوحها، وهذه الميزات تجعلها فريدة، لأننا لا نعرف عن وجود أي مادة عازلة أو موصلة تُعاني من نفس هذه الثنائية، ولسوء الحظ، فإن المميزات التي تصف هذه المواد دقيقة جداً بحيث أنه من الصعب جداً تحديدها ودراستها".

تشرح الورقة العلمية الأخيرة، التي نشرها كابون وزملاؤه في مجلة "**Physical Review Letters**" كيفية إيجاد مثل هذه المميزات في المواد التي تمتلك خواص أكثر وضوحاً، مما يساهم في تبسيط البحث في هذا المجال وفتح الباب أمام العديد من الاحتماليات الجديدة.

كان التفسير الرياضي الكامن وراء سبب كون بعض المواد عازلة وبعضها الآخر موصلاً من أولى النتائج الملموسة لنظرية ميكانيك الكم (**quantum mechanics**)، ففي المواد الصلبة، اقترحت النماذج الكمومية أن الذرات التي تُؤلف مادة ما يجب أن تمتلك حالات طاقية محددة (أي المواقع التي يدور عندها الإلكترونات حول الأنوية) دون غيرها، ويقول كابون: "تتناوب الحالات الممكنة والمستحيلة في نمط النطاق. وفي العوازل، تكون بعض النطاقات مُحتلة بشكلٍ كامل، في حين تكون نطاقات أخرى فارغة تماماً، لكن في المواد الموصلة، تبقى بعض الأماكن الفارغة موجودة داخل النطاق".

تُشبه العوازل الطوبولوجية العوازل العادية، وتختلف عنها في أمرٍ وحيد وهو كون الحالات الطاقية معاكسة، ويُضيف كابون: "يبدو الأمر كما لو أن النطاقات احتوت ثقوباً اصطناعية".

والموصولية الموجودة في هذه المواد غريبة نتيجةً لسببٍ آخر أيضاً، ويشرح أدريانو أميريسي (**Adriano Amaricci**)، وهو باحث في **SISSA** أيضاً ومشارك في البحث، قائلاً: "تمتلك الإلكترونات الموجودة في طبقات الطاقة سبيناً (لف ذاتي)، ويُمكننا التفكير بذلك السبين على أنه اتجاه دوران الإلكترونات حول نفسها، ففي المعدن (الموصل)، يقود الحقل الكهربائي حركة الإلكترونات التي تتحرك في العادة في الاتجاه نفسه وبشكلٍ مستقل عن السبين (**spin**)، لكن الحالة مختلفة في العوازل الطوبولوجية، فالإلكترونات التي تمتلك سبينات متعاكسة تنتشر في اتجاهات متعاكسة".

ويُضيف: "تجعل هذه الميزة من العوازل الطوبولوجية جذابة بالنسبة لمجال السبينترونيات"، ففي الحقيقة، تُشفر المعلومات في الإلكترونيات داخل سلسلة من المحارف التي تمتلك القيم إما 0 أو 1 ويعود الأمر إلى حالة إما "مشغل" أو "مُطفئ"، في حين أن الأمر في السبينترونيات مختلف، فكل من 0 و1 يعودان إلى نوع السبين، الذي قد يكون إما إلى "الأعلى" أو "الأسفل"، وبالتالي فقد تُشكل العوازل الطوبولوجية أساساً لهذه الأبجدية التي تعتمد على السبين.

والخاصية التي تُميز العوازل الطوبولوجية عن المعدن العادي هي كونها مراوغة وتخمينية، يقول أميريسي: "لتكون لديك فكرة واضحة، حاول مقارنة هذه الحالة مع الاختلاف الموجود بين الحالة المغناطيسية وغير المغناطيسية، إذ يُمكننا قياس الفرق الموجود في الحالة الأخيرة بسهولة".

خواص العوازل الطوبولوجية تجريدية ومحددة رياضياً، ولذلك فمن الصعب جداً معرفة الوقت المناسب للتعامل مع مثل هذه المواد، ويُضيف أميريسي: "من خلال استخدام النموذج الرياضي وعمليات المحاكاة، برهنّا على إمكانية إيجاد عوازل طوبولوجية جديدة في مواد تمتلك مميزات مذهلة يُمكن اكتشافها بسهولة بفضل تفاعلات الإلكترون-الإلكترون القوية".

ويتابع: "بهذه الطريقة، سيكون من الأبسط تحديد تلك المواد تجريبياً حتى نقوم لاحقاً بدراسة هذا الحقل المميز من الأبحاث". ووفقاً لكابون فإنه من المهم جداً أن يكون "العالم الذي اكتشف هذه المواد في العام 2007 وهو لورانس مولينكامب (**Laurens Molenkamp**) مرشحاً لجائزة نوبل في المستقل وفقاً للشائعات المتداولة في مجتمع الأبحاث".

يعمل مولينكامب في جامعة فورتسبورغ وقد كان جزءاً من الدراسة، ومن الممكن جداً أن يكون مولينكامب وزملائه في فورتسبورغ، خصوصاً سان جيوفاني (**Sangiovanni**) تروزيتل (**Trauzettel**)، جزءاً من التطورات المستقبلية لمشروع البحث هذا.

- التاريخ: 2015-06-06
- التصنيف: فيزياء

#الفيزياء #الحوسبة الكمومية #الحالة الطوبولوجية #السبينترونيات

المصطلحات

- **العوازل الطوبولوجية (Topological insulators)**: هي نوع من المواد الغريبة التي تكون عازلة كهربائية من الداخل ولكنها موصلة للكهرباء على سطحها.

المصادر

- sciencedaily.com
- الورقة العلمية
- الصورة

المساهمون

- ترجمة
  - همام بيطار
- مُراجعة
  - آلاء محمد حيمور
- تصميم
  - عمار الكنعان
- نشر
  - آلاء محمد حيمور