مغناطيس كمي قد يغير تقنيات المستقبل

اختراق في فيزياء المواد الكمية: إنشاء مغناطيس طوبولوجي جديد يعد بثورة في استقرار الكيوبتات وتطوير الحوسبة الكمية العملية

هشام حدانة

غالباً ما يُنظر إلى التقنية الكمية على أنها مستقبل الحوسبة والاتصالات، إذ تعِد بتطورات هائلة مقارنة بما نعرفه اليوم. ومع ذلك، فإنها تواجه تحديات كبيرة، أبرزها ظاهرة فقدان التماسك الكمي، التي تهدد استقرار الكيوبتات والتي تعتبر وحدات المعلومات الكمية الأساسية. وأخيراً، حقق باحثون تقدماً مهماً من خلال إنشاء مادة كمية اصطناعية ذات حالة جديدة للمادة، تُسمى «المغناطيس الكمي الطوبولوجي عالي الرتبة». وقد يؤدي هذا التطور إلى ثورة في طريقة استخدام التقنيات الكمية من خلال تحسين متانتها وموثوقيتها.

ما هو المغناطيس الكمي الطوبولوجي؟

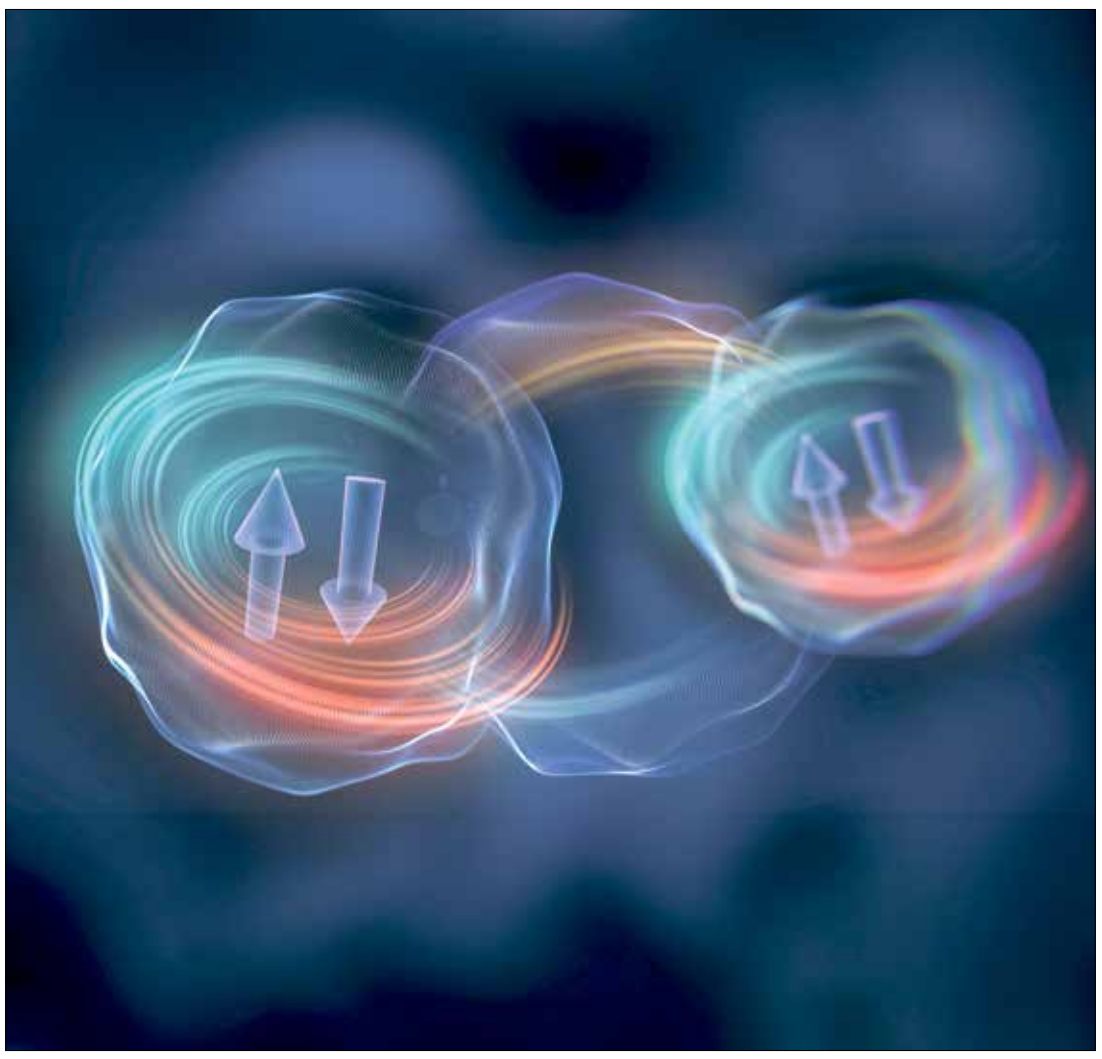
على عكس المغناطيسات التقليدية التي نستخدمها عادة في البيت لتعليق الملاحظات على الثلاجة مثلاً، تتصرف المغناطيسات الكمية بطريقة أكثر تعقيداً بكثير. على المستوى الكمي، لا تقتصر الذرات والجسيمات على امتلاك أقطاب شمالية وجنوبية فحسب، بل يمكنها أن توجد في حالات تراكب، ما يعني أنها قد تمتلك توجهات متعددة في الوقت نفسه، مثل كونها «شمالية» و«جنوبية» معاً.

المغناطيسات الكمية هي مواد تستغل هذه الخصائص لتكوين حالات كمية على نطاق واسع، وهو ما يضخم ويجعل الظواهر الكمية مرئية وقابلة للاستخدام بما يتجاوز النطاق المجهري. بالإضافة إلى ذلك، يُظهر هذا النوع من المواد إثارات غريبة، أي حركات للطاقة أو الجسيمات لا تحدث في المغناطيسات التقليدية. أما الطوبولوجيا، فهي فرع من الرياضيات يدرس خصائص الأشياء التي تظل ثابتة عند تشويهها دون تمزيق أو لصق. ولتقريب الفكرة، تخيل تحويل كعكة دونات مثلاً إلى كوب مطاطي، حيث تهتم الطوبولوجيا بالخصائص التي لا تتغير أثناء هذا التحول. فعند تطبيق هذا المفهوم في عالم المواد الكمية، يعني هذا أن بعض الخصائص يمكن أن تظل مستقرة حتى عند تعرضها للاضطرابات الكبيرة التي تحصل من الخارج، وهو أمر حاسم لاستقرار الكيوبتات. كما يكمن الابتكار في هذا المغناطيس الكمي الطوبولوجي عالي الرتبة في استخدام هذه المبادئ الطوبولوجية لتعزيز استقرار الحالات الكمية. بعبارة أخرى، يمكن لهذه المغناطيسات أن «تغلق» على المعلومات الكمية بشكل أمن أكثر، ما يجعلها أقل عرضة لفقدان تماسكها.

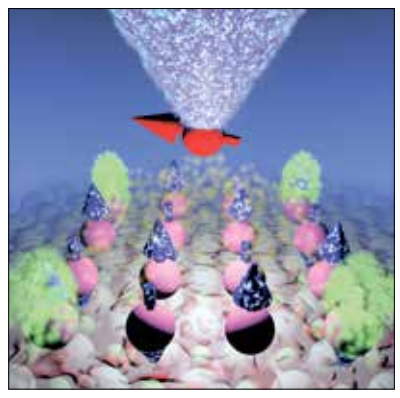
كيف تم إنشاء هذه الحالة الكمية الجديدة؟

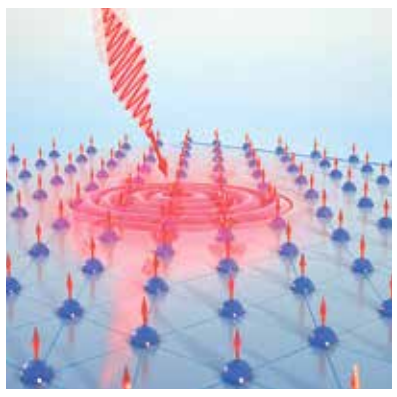
إن إنشاء هذه الحالة الكمية الجديدة يعتبر إنجازا علميا حقيقيا. قام باحثون من جامعة آلتو في فنلندا ومعهد الفيزياء التابع للأكاديمية الصينية للعلوم ببناء مادة كمية اصطناعية، ذرة تلو الأخرى، باستخدام التيتانيوم المغناطيسي المترسب على ركيزة من أكسيد المغنيسيوم. وسمح هذا البناء الدقيق للعلماء بالتحكم في التفاعلات بين الذرات، لتعزيز ظهور الحالة الكمية المطلوبة. ولتحقيق ذلك، استخدموا تقنية تسمى المجهر النفقي الماسح، والتي تتضمن تحريك رأس دقيق للغاية لمعالجة الذرات واحدة تلو الأخرى. وتعد هذه العملية أشبه باستخدام إبرة فائقة الدقة لإعادة ترتيب حبات الرمل على شاطئ البحر، غير أن هذا يحصل على المستوى الذري. إذ من خلال ضبط الطريقة التي تتفاعل بها الذرات بدقة بعضها مع بعض، تمكن الباحثون من تطوير مادة ذات خصائص مغناطيسية وكمية جديدة تماماً.

وكشفت التجربة أن هذا المغناطيس الكمي الطوبولوجي الجديد يظهر إثارات طوبولوجية مقاومة للاضطرابات، وهو أمر ضروري لاستقرار الكيوبتات. ببساطة، هذه الإثارات تشبه «موجات» من الطاقة تتحرك عبر المادة دون أن تتأثر بالعوائق، تماماً مثل الأمواج التي تلتف حول صخرة ما. كما تعني هذه المقاومة للاضطرابات أن الكيوبتات يمكنها الحفاظ على حالتها المتماسكة لفترة أطول، وهو ما يُعد ميزة رئيسية للتقنيات الكمية.



لا تقتصر الجسيّمات على امتلاك اقطاب شمالية وجنوبية بل تشمل حالات تراكب (Getty)





إنشاء حالة للمادة توفر حماية غير مسبوقة ضد فقدان التماسك الكمي

لماذا يُعتبر هذا الاكتشاف مهماً؟

قد يكون لإنشاء هذا المغناطيس الكمي الطوبولوجي تأثير كبير على مستقبل التقنيات الكمية. فعلى سبيل المثال، تستخدم أجهزة الكمبيوتر الكمية الكيوبتات لإجراء عمليات حسابية معقدة للغاية بسرعات لا يمكن للحواسيب التقليدية تحقيقها. ومع ذلك، فإن الكيوبتات حساسة للغاية للاضطرابات، ما قد يؤدي إلى أخطاء في الحسابات. من خلال توفير حماية أفضل ضد فقدان التماسك الكمي، يمكن لهذه الحالة الجديدة من المادة أن تجعل الكيوبتات أكثر استقرارًا وموثوقية، وهو ما يمهد الطريق لحواسيب كمية أكثر قوة وعملية. علاوة على ذلك، يمكن أن تجد هذه المادة تطبيقات في مجالات أخرى من التقنيات الكمية، مثل الاتصالات الكمية والتشفير. كما تسمح الإثارات الطوبولوجية القوية بتأمين المعلومات ضد التنصت، لأنها تجعل الكيوبتات أكثر صعوبة في الاضطراب أو الاعتراض. ويفتح هذا الاكتشاف آفاقاً جديدة في الفيزياء الأساسية. وتمثل المغناطيسات الكمية الطوبولوجية عالية الرتبة فئة جديدة من المواد الكمية التي قد تؤدي إلى اكتشاف ظواهر فيزيائية غير معروفة حتى الآن. ويعتقد الباحثون أن هذه المادة يمكن استخدامها كأساس للابتكارات المستقبلية في مجال الحالات الكمية المحمية، وهو ما يدفع حدود ما كنا نعتقد أنه ممكن.

خطوة عملاقة للتكنولوجيا الكمية

يمثل المغناطيس الكمي الطوبولوجي عالي الرتبة تقدماً كبيراً في مجال المواد الكمية. فمن خلال الجمع بين مفاهيم المغناطيسية الكمية والطوبولوجيا، أنشأ الباحثون حالة من المادة يمكن أن توفر حماية غير مسبوقة ضد فقدان التماسك الكمي، وهو أحد العوائق الرئيسية أمام الانتشار الواسع للتقنيات الكمية. وعلى الرغم من أن استكشاف هذه المواد ما زال في بدايته، إلا أنه يمهد الطريق لاختراقات كبيرة في تطوير كيوبتات أكثر استقراراً وتقنيات كمية أكثر موثوقية. كما يبدو مستقبل التقنيات الكمية واعداً، وقد تكون هذه الحالة الكمية الجديدة أحد أعمدته الأساسية.

جديد

دراجات ذاتية القيادة تأتي لاصطحابك

نجح باحثون في ابتكار دراجات ذاتية القيادة قادرة على التحرك دون راكب. وتفتح هذه النماذج الأولية المبتكرة الباب أمام استخدامات جديدة. لم يعد الأمر مجرد خيال علمي، فمنذ عامين تجري العديد من المشاريع لتحقيق إنجاز قيادة الدراجة بشكل مستقل تماماً، دون مساعدة أي شخص. وأحد هذه المشاريع عمل باحثين من معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا (MIT)، حيث قدموا مفهوماً مدهشاً يعمل بكفاءة، سواء مع راكب أو من دونه. في وضع القيادة الذاتية، تنقسم العجلة الخلفية إلى اثنتين، محولة الدراجة إلى ما يشبه الدراجة ثلاثية العجلات للحفاظ على توازنها التام. يجري التحكم في هذا النموذج الأولي حالياً عبر جهاز تحكم عن بُعد، لكن الهدف جعله أكثر استقلالية في المستقبل. وفي إنجاز متقدم جداً، نجح مهندس من شركة هواوي في الصين في تطوير دراجة مستقلة تماماً، بجعلها قادرة على التحرك بمفردها على عجلتين دون الحاجة إلى أي دفع بشري. وضُمِّنَت مجموعة من أجهزة الاستشعار والكاميرات، تمكنها من التحرك مع تجنب أي عائق يعترض طريقها بشكل منهجي. وتبشر هذه التطورات التكنولوجية بمستقبل مثير للدراجات الذكية، التي قد تغير مفهوم التنقل الحضري وتقدم حلولاً مبتكرة للنقل الصديق للبيئة.

واجهات دماغ حاسوبية متطورة جداً

يسعى باحثون في مجال واجهات الدماغ والحاسوب (BCI) إلى تحقيق حلم لطالما راود البشرية، وهو ربط الدماغ البشري مباشرة بالحواسيب. ويهدف هذا التطور التقني الثوري إلى تمكين الإنسان من قراءة أفكاره والتحكم في الأجهزة الذكية بمجرد التفكير. وتُعَدّ شركة «نيورالينك» التي أسّسها إيلون ماسك في عام 2017، من أبرز الشركات الطامحة إلى تحقيق هذا الهدف الطموح. ومنذ تأسيسها، يعمل مهندسو الشركة على تطوير أجهزة وشرائح متطورة يمكن زرعها في الدماغ لتحليل الإشارات العصبية، ما يفتح الباب أمام إمكانات غير محدودة للتواصل والتفاعل مع العالم الرقمي. وفي إنجاز علمي جديد، طوّر باحثون صينيون قطباً كهربائياً جديداً قابلاً للزرع، يمكن أن يحدث ثورة في مجال واجهات الدماغ والحاسوب (BCI). هذا القطب الكهربائي، الذي جرت هندسته وراثياً، قادر على تحسين التواصل بين الدماغ والأجهزة الخارجية، ما يفتح الباب أمام إمكانات جديدة للأشخاص الذين يعانون من الشلل أو غيرها من الإعاقات الحركية.

ويتميز القطب الكهربائي الجديد

بقدرته على التأثير بالخلايا العصبية المحيطة به، ما يخلق تفاعلاً أكثر انسجاماً بين الدماغ والجسم الغريب. وقد أظهرت التجارب على الفئران أن حجب جينات معينة في القطب الكهربائي أدى إلى زيادة النشاط العصبي وتحسّن أداء الجهاز. ويحتوي الجهاز على ثمانية أطراف تعمل كميكروفونات لالتقاط الإشارات من الخلايا العصبية القريبة، ما يعزز دقة التواصل وفعاليته بين الدماغ والجهاز. وقد أثبتت التجارب أن هذا الجهاز يعمل لأكثر من عام، ما يجعله أكثر استدامة من الأجهزة الأخرى التي واجهت مشاكل طويلة الأمد. ويمكن أن يكون لهذا التطور في تكنولوجيا الأقطاب الكهربية تأثير إيجابي كبير في المرضى المشلولين، حيث يمكن استخدامها للتحكم في الأجهزة بأفكارهم وتحسين نوعية حياتهم. بالإضافة إلى ذلك، يمكن أن تساهم هذه التقنية في استعادة بعض الوظائف الدماغية من خلال تحفيز الخلايا العصبية لدى المرضى المصابين بالشلل.

الصين تطلق أقماراً اصطناعية لمنافسة ستارلينك

أحمد ماء العينين

أطلقت الصين أول دفعة من 18 قمرا اصطناعيا ضمن مشروعها الطموح «تشيان فان»، الذي يهدف إلى توفير تغطية إنترنت واسعة النطاق عبر الفضاء، في خطوة هامة نحو منافسة مشروع ستارلينك التابع لـ SpaceX الأميركية. وتم إطلاق الأقمار الاصطناعية الـ18 إلى مدار قطبي منخفض حول الأرض باستخدام صاروخ «لونغ مارش 6 إيه»، وهو واحد من أحدث الصواريخ الصينية، وأول صاروخ في البلاد يستخدم معززات صاروخية صلبة قابلة للفصل. يتمتع هذا الصاروخ بالقدرة على حمل حمولة تصل إلى 4,5 أطنان مترية.

والأقمار الاصطناعية التي تم إطلاقها هي الأولى من بين آلاف المركبات الفضائية التي تخطط لها شركة Shanghai Spacecom Satellite Technology (SSST)، وهي شركة مدعومة من حكومة شنغهاي. وبدأت السلطات في شنغهاي في الكشف عن تفاصيل هذه الكوكبة العام الماضي، ويشير تقديم الاتحاد الدولي للاتصالات إلى أن مطوري الكوكبة الضخمة التي تتخذ من شنغهاي مقراً لها يخططون في البداية لنشر 1296 قمرا اصطناعيا على ارتفاع حوالي 1160 كيلومتراً. وأكد الخبراء أن المشروع سيوفر للمستخدمين خدمات إنترنت مستقرة وعالية السرعة، خاصة في المناطق النائية أو التي تعاني من ضعف البنية التحتية للاتصالات، مما يساهم في سد الفجوة الرقمية.

ويأتي إطلاق كوكبة «تشيان فان» في الوقت الذي يتزايد فيه اهتمام الحكومات والشركات في جميع أنحاء العالم بالأقمار الاصطناعية، إذ من المتوقع أن تساهم في تطوير الاتصالات والعمليات العسكرية. وقد سلطت الحرب في أوكرانيا، حيث كان الوصول إلى «ستارلينك» أحد الأصول الرئيسية للجيش الأوكراني، الضوء على الأقمار الاصطناعية ذات النطاق العريض في المدار الأرضي المنخفض بسبب تداعياتها الأمنية. وقال توماس هروزينسكي، كبير الباحثين في معهد السياسة الفضائية الأوروبية، إن إطلاق «تشيان فان» يُظهر أن الصين تدرك أهمية الإنترنت الفضائي ورغبتها في التفوق المعلوماتي. ومن المتوقع إطلاق 108 أقمار اصطناعية أخرى ضمن مشروع «تشيان فان» هذا العام، وبحلول نهاية عام 2025، سيتم تحقيق تغطية شبكة إقليمية بـ 648 قمراً. وبحلول عام 2027، تهدف الكوكبة إلى توفير تغطية شبكة عالمية، وفي النهاية بحلول عام 2030، ستشمل 15,000 قمر اصطناعي تقدم خدمات متكاملة مثل الاتصالات المباشرة عبر الهاتف المحمول. ويستخدم كل من «تشيان فان» و«ستارلينك» تقنية اتصالات متقدمة عبر الأقمار الاصطناعية وتصميمات متعددة الطبقات والمدارات.

ومع ذلك، يركز مشروع «تشيان فان» بشكل أكبر على وظائف الوسائط المتعددة وقدرات الاتصالات ذات النطاق العريض لتلبية احتياجات المستخدمين المختلفة. وأشار الخبراء إلى أن البناء واسع النطاق لكوكبة «ستارلينك» أدى إلى ازدحام متزايد في مدارات الفضاء، مما يؤثر على تطوير الدول الأخرى في المجال الفضائي. ودعوا إلى تعاون عالمي لمعالجة وحل مخاطر الاصطدام. ومن المتوقع أن يؤدي إنشاء كوكبة «تشيان فان» إلى تطوير مجال الهواتف المحمولة، والقيادة الذاتية، والوقاية من الكوارث والتخفيف من حدتها، وإنترنت الأشياء، مما يوفر فرصاً كبيرة للتنمية في صناعة الإنترنت عبر الأقمار الاصطناعية.

مشروع «تشيان فان» يهدف لتوفير تغطية إنترنت واسعة عبر الفضاء

مشروع «تشيان فان» يطمح لتوفير إنترنت مستقر وعالي السرعة (Getty)