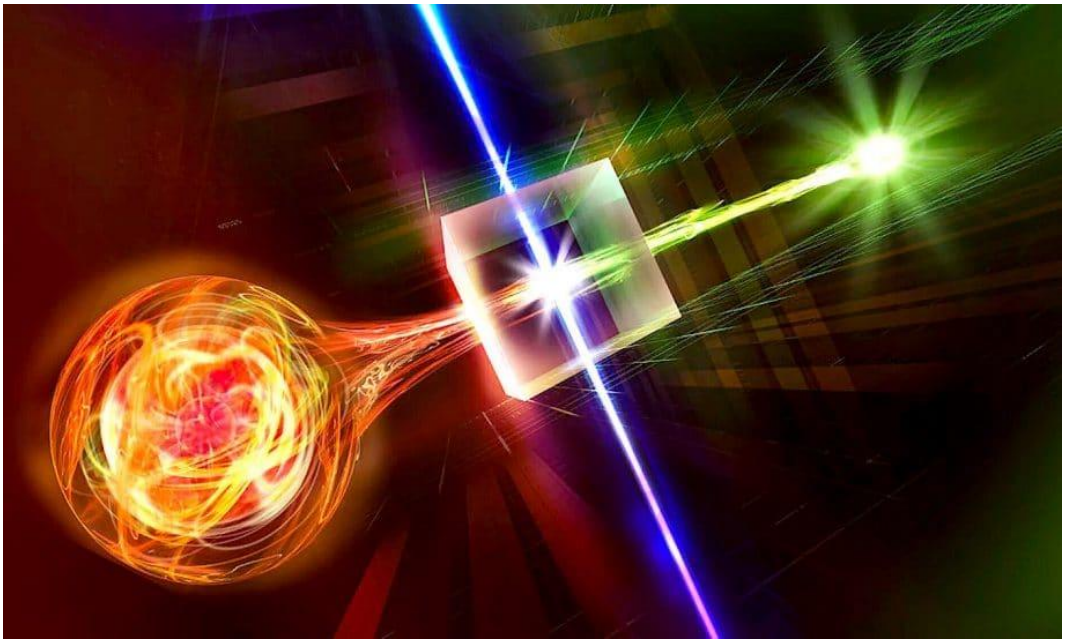
ماهية المادة السوداء أو المظلمة على المحك

إعداد وترجمة د. جواد بشارة



انطباع الفنان عن الضوء والمادة في التشابك الكمومي IQOQI | .إنسبروك / هارالد ريتش

يمكن أن تكشف البلورة الكمومية عن هوية المادة المظلمة كما قال جوناثان بايانو في مقال له نشر في 31 أغسطس 2021 . في تجربة مبتكرة ، ابتكر الباحثون بلورة بيريليوم قادرة على اكتشاف المجالات الكهرومغناطيسية الضعيفة للغاية. يُعتقد أن المادة المظلمة تتكون من جسيمات افتراضية تسمى الأكسيونات ، من بين أشياء أخرى ، ويعتقد الباحثون أنه سيتم اكتشافها يومًا ما باستخدام أجهزتهم التجريبية بعد تطويرها تكنولوجياً، والتي يسمونها "بلورة الكموم ."من خلال محاصرة 150 جسيمًا مشحونًا من البريليوم (أيونات) باستخدام نظام من الأقطاب الكهربائية والمجالات المغناطيسية (للتغلب على التنافر الطبيعي) ، قام الباحثون في JILA ، وهو معهد مشترك في المعهد الوطني للمعايير والتكنولوجيا ، وفي جامعة كولورادو بولدر ، ونجحوا في إنشاء بلورة كمومية بخصائص فريدة .عندما حاصرت عالمة الفيزياء الذرية في JILA آنا ماريا راي وزملاؤها الأيونات بنظام مجالها وإلكترودها ، تجمعت الذرات معًا في لوح مسطح يبلغ سمكه ضعف سمك شعرة الإنسان. هذا الكل المنظم يشبه البلورة التي اعتقدوا أنها ستهتز عندما تزعجها قوة خارجية . وبهذا سيتم تجاوز مبدأ عدم يقين لهايزنبرغ بالتشابك الكمومي كما تقول راي: "عندما تثير الذرات ، فإنها لا تتحرك منفردة". "إنها تتحرك ككل". عندما تواجه "بلورة" البريليوم هذه مجالًا كهرومغناطيسيًا ، فإنها تتحرك استجابةً لذلك ، ويمكن ترجمة هذه الحركة إلى مقياس لشدة المجال. لكن قياسات أي نظام ميكانيكي كمومي تخضع للحدود التي وضعها مبدأ عدم اليقين في هايزنبرغ ، والتي تنص على أنه لا يمكن معرفة خصائص معينة للجسيم ، مثل موقعه وزخمه ، في وقت واحد بدقة عالية .وجد الفريق طريقة للتغلب على هذا القيد من خلال التشابك الكمومي ، حيث ترتبط سمات الجسيمات الكمومية ببعضها البعض ارتباطًا جوهريًا. قالت راي:

"باستخدام التشابك ، يمكننا اكتشاف الأشياء التي لا يمكن تحقيقها بطريقة أخرى". في هذه الحالة ، تشابكت هي وزملاؤها حركات أيونات البريليوم مع دورانها. يجب أن تعلم أن الأنظمة الكمومية تبدو مثل قمم الغزل الصغيرة والدوران يصف الاتجاه (على سبيل المثال لأعلى أو لأسفل) الذي تتجه فيه هذه "القمم ."أثناء التجربة ، عندما اهتزت البلورة ، تحركت إلى حد معين. ولكن بسبب مبدأ عدم اليقين ، فإن أي قياس لهذه الإزاحة ، أو مقدار حركة الأيونات ، سيخضع لحدود الدقة ويحتوي على "ضوضاء كمومية" ، كما تقول راي. وأضافت أنه لقياس الإزاحة ، "نحتاج إلى إزاحة أكبر من الضوضاء الكمومية". حيث يعمل التشابك بين حركات الأيونات ودوراناتها على توزيع هذه الضوضاء ، مما يقللها ويسمح للباحثين بقياس التقلبات فائقة الدقة في البلورة. اختبر الباحثون النظام عن طريق إرسال موجة كهرومغناطيسية ضعيفة إليه ومشاهدته يهتز . نحو الكشف عن المحاور الافتراضية البلورة التي صممها الفريق بالفعل أكثر حساسية بعشر مرات لاكتشاف الإشارات الكهرومغناطيسية الدقيقة من أجهزة الاستشعار الكمومية الشائعة. لكنهم يعتقدون أنه مع المزيد من أيونات البريليوم ، يمكن الحصول على كاشف أكثر حساسية قادرًا على تمييز الأكسيونات . والأكسيون هو جسيم افتراضي من مادة مظلمة خفيفة للغاية ، كتلته تساوي واحدًا من المليار من كتلة الإلكترون. تشير بعض نماذج الأكسيون إلى أنه يمكن أن يتحول إلى فوتون في ظل ظروف معينة ، وفي هذه الحالة لن يكون موجودًا في مجال المادة المظلمة وينتج مجالًا كهرومغناطيسيًا ضعيفًا. إذا مرت الأكسيونات عبر مختبر يحتوي على بلورة البريليوم هذه ، فيمكنها اكتشاف وجوده كما قال دانيال كارني ، الفيزيائي النظري في مختبر لورانس بيركلي الوطني في بيركلي ، كاليفورنيا ، والذي لم يشارك في البحث: "أعتقد أنها نتيجة جميلة وتجربة رائعة". بالإضافة إلى مساهمتها في دراسة المادة السوداء أو المظلمة ، يعتقد كارني أن هذا العمل يمكن أن يجد العديد من التطبيقات ، مثل البحث عن المجالات الكهرومغناطيسية الشاردة في المختبر أو الكشف عن العيوب في المادة .إلى ذلك، يدعي الفيزيائيون أنهم خلقوا سائلًا ذا "كتلة سالبة "حسب ورقة بحثية لجوليان كلوديت نشرت في13 أبريل 2017 حيث إدعي باحثون أمريكيون أنهم نجحوا في تكوين سائل ذي كتلة سالبة . يعني السائل ذو الكتلة السالبة أنه على عكس أي جسم مادي آخر معروف ، عندما تضغط على السائل المذكور ، فإنه يتسارع في الاتجاه المعاكس بدلاً من نفس الاتجاه الأولي. قد يقود مثل هذا السلوك العلماء إلى فهم بعض السلوكيات الغريبة التي تحدث في الثقوب السوداء والنجوم النيوترونية .لكن قبل أن نتحدث عن الثقوب السوداء والنجوم النيوترونية ،

دعونا نلقي نظرة على سؤال آخر: كيف يمكن لشيء ما أن يكون له كتلة سالبة؟ نظريًا ، يجب أن يكون للمادة كتلة سالبة ، بنفس الطريقة التي يمكن أن تكون بها الشحنة الكهربائية سالبة أو موجبة. لذا فهو يعمل من الناحية النظرية ، لكن فكرة الكتلة السالبة هي موضوع قابل للنقاش في المجتمع العلمي ولقد بنى العالم الفرنسي جون بيير بتي نظريته الكوسمولوجية جانوس على مفهوم الكتلة السالبة. في الواقع ، يتساءل الباحثون عما إذا كانت الأشياء ذات الكتلة السالبة يمكن أن توجد دون انتهاك قوانين الفيزياء .يتم التعبير عن قانون إسحاق نيوتن الثاني رياضياتيًا بالصيغة) f = ma القوة تساوي كتلة جسم مضروبة في تسارعه). إذا أعدنا كتابة هذه الصيغة بحيث يكون التسارع مساويًا لقوة مقسومة على كتلة جسم ، مع الأخذ في الاعتبار الكتلة السالبة ، فهذا يعني أيضًا تسارعًا عكسيًا: يمكنك أن تتخيل نفسك تدفع كوبًا على طاولة ، وسوف تتسارع بمقدار الاتجاه المعاكس لقوة الدفع الخاصة بك .في حين أن هذا قد يبدو غريبًا بالنسبة لنا ، إلا أن هذا لا يعني أنه مستحيل. أظهرت الأبحاث السابقة دليلاً على أن الكتلة السالبة يمكن أن توجد بالفعل في الكون ، دون كسر النظرية النسبية العامة. بالإضافة إلى ذلك ، يعتقد العديد من الفيزيائيين أن الكتلة السالبة يمكن أن تكون مرتبطة بعناصر معينة اكتشفناها في الكون ، مثل الطاقة المظلمة والثقوب السوداء والنجوم النيوترونية ، وأن الأخيرة يمكن أن تساعدنا على فهم هذه الظواهر بشكل أفضل .لهذا السبب ، حاول الفيزيائيون جاهدين إعادة تكوين الكتلة السالبة في المختبر ، وفي النهاية نجحوا. في الواقع ، يزعم الباحثون في جامعة ولاية واشنطن أنهم نجحوا في الحصول على سائل من الذرات شديدة البرودة التي تعمل كما لو كانت تمتلك كتلة سالبة. يقترح الفريق أيضًا أن استخدام هذا السائل سيسمح لنا بدراسة بعض الظواهر التي تحدث في الكون والتي لم نفهمها تمامًا بعد. يقول مايكل فوربس ، أحد الباحثين: "الخبر السار الأول (مع هذا الاكتشاف) هو أن لدينا تحكمًا رائعًا في طبيعة هذه الكتلة السالبة ، دون مزيد من التعقيدات ."من أجل إنشاء هذا السائل الغريب ، استخدم الفريق الليزر لتبريد ذرات الروبيديوم إلى جزء صغير من الدرجة فوق الصفر المطلق ، مما أدى إلى تكوين ما يسمى بتكثيف بوز-آينشتاين. في هذه الحالة ، تتحرك الجسيمات ببطء شديد وتتبع مبادئ ميكانيكا الكموم ، بدلاً من الفيزياء الكلاسيكية: هذا يعني أنها تبدأ في التصرف مثل الموجات ، ولها موقع لا يمكن تحديده بدقة. بالإضافة إلى ذلك ، فإن الجسيمات تتصرف مثل سائل خالي من أي لزوجة ، وتشكل ما يسمى

السائل الفائق: والذي يتدفق بالتالي دون فقدان الطاقة في حالة الاحتكاك . وبفضل الليزر ، تمكن الفريق من الحفاظ على هذا السائل الفائق في درجات حرارة متجمدة ، ولكن أيضًا حصره في مكان صغير على شكل وعاء ، بقياس أقل من 100 ميكرون في القطر. بينما ظل السائل الفائق محتجزًا في هذا الفضاء ، فقد احتفظ بكتلة منتظمة وظل يعمل بشكل طبيعي .بعد ذلك ، باستخدام ليزرات إضافية ، أخرج الفريق السائل الفائق: أجبروا الذرات على التحرك ذهابًا وإيابًا لتغيير دورانها ، وكسر "الوعاء" والسماح للروبيديوم بالتحرك ذهابًا وإيابًا. كان يتصرف كما لو كان لديه كتلة سالبة. "عندما تضغط ، تتسارع رأسًا على عقب. يبدو الأمر كما لو أن الروبيديوم يصطدم بجدار غير مرئي "، كما تقول فوربس .الآن يقول الفريق إن الكتلة السائلة السائلة تطابق وتؤكد ما وجدته الفرق الأخرى في بحث مختلف .ومع ذلك ، لا يزال يتعين تحديد ما إذا كان هذا السائل الفائق الكتلة السالب موثوقًا ودقيقًا بما يكفي ليكون قادرًا على اختباره بشكل فعال في المختبر. الآن علينا انتظار الفرق المستقلة الأخرى لتكرار نفس النتائج.

تم نشر تفاصيل الدراسة في مجلة .Science

نُشر البحث في مجلة Physical Review Letters .

خطابات المراجعة الفيزيائية ، جامعة ولاية واشنطن

/ Edobric |شترستوك