الكون الكمومي أو الكوانتي 9-10

أو حكايات الكوانتوم الغرائبية 9

إعداد وترجمة د. جواد بشارة

فيزياء الكموم تدهشنا دوماً، فحسب دراسة جديدة فإن "الواقع" لا يعتمد على الراصد و جاذبيتها غير واقعية

في هذا، كما هو الحال مع العديد من الأشياء الأخرى، بدا أن بورخيس كان ينظر إلى ما وراء الأفق، وفي وقت لاحق، توسعت أدبيات السفر عبر الزمن لتشمل القصص البديلة، والأكوان المتوازية، والخطوط المتفرعة. من الجداول الزمنية. كانت هناك مغامرة أخرى تجري بالتوازي في مجال الفيزياء، وهي مغامرة فيزياء الكموم أو الكوانتوم. بعد الحفر بعمق في الذرة، حيث تكون الجسيمات صغيرة جدًا وتتصرف أحيانًا مثل الجسيمات وأحيانًا مثل الأمواج، اكتشف الفيزيائيون ما يبدو أنه صدفة لا مفر منها في قلب الأشياء. قاموا بدمج هذه الخاصية في مشروعهم لحساب الحالات المستقبلية من الشروط الأولية المحددة في الزمن، الزمن يساوس صفراً $t = 0$. الآن فقط كانوا يستخدمون دالة الموجة. لقد حلوا معادلة شرودنغر. لا تنتج حسابات دالة الموجة بواسطة معادلة شرودنغر نتائج محددة، ولكن توزيعات احتمالية. قد تتذكر قطة شرودنغر: حية أو ميتة، ليست حية ولا ميتة أو، إذا كنت تفضل ذلك (إنها مسألة ذوق) ، حية وميتة في نفس الوقت. إن مصيرها مجرد توزيع احتمالي.

عندما كان بورخيس في الأربعين من عمره يكتب روايته الغرائبية حديقة ذات دروب أو مسارات متفرقة Le jardin aux sentiers qui bifurquent، كان صبي اسمه هيوغ إيفريت Hugh Everett III نشأ في واشنطن العاصمة ، حيث قرأ بنهم الخيال العلمي ، الخيال العلمي المذهل ، ومجلات أخرى. بعد خمسة عشر عامًا، صار طالباً في برينستون، يدرس الفيزياء، ويعمل مع مشرف أطروحة جديد: وهو

الاعالم جون أرشيبالد ويلر، الذي يجب أن يظهر باستمرار، مثل زيليج، في تاريخ السفر عبر الزمن. العام 1955. يشعر إيفريت بعدم الارتياح لفكرة أن مجرد أخذ القياس يجب أن يغير مصير النظام المادي. لقد أخذ علما بعرض تقديمي في برينستون قال فيه أينشتاين إنه "لا يستطيع تصديق أن الفأر يمكنه إحداث تغييرات جذرية في الكون بمجرد النظر إليه". كما أنه يسمع كل أنواع الكلام. عدم الرضا عن التفسيرات المختلفة لنظرية الكموم. يعتقد أن نيلز بور "حذر للغاية". إنه يعمل، لكنه لا يجيب على الأسئلة الصعبة. لا نعتقد أن الهدف الرئيسي للفيزياء النظرية هو بناء نظريات "آمنة". "

بتشجيع من ويلر، الذي هو دائمًا منفتح على الغريب والمفارقات، يتساءل إيفريت ويطرح أسئلته في أطروحة: ماذا لو كان كل إجراء قياس في الواقع يشكل فرعًا؟ إذا كانت الحالة الكمومية يمكن أن تكون A أو B، فلا يجب أن يكون هناك امتياز لأي احتمال: فهناك الآن نسختان من الكون، لكل منهما مراقبين خاصين بهما. العالم حقا حديقة ذات مسارات متفرعة. بدلاً من كون واحد، لدينا مجموعة من عدة أكوان. القطة على قيد الحياة حقًا، في هذا الكون. وفي مكان آخر، كون آخر القطة ميتة. كتب إيفريت: "من وجهة نظر النظرية، يتم" تحقيق "جميع عناصر التراكب (جميع" الفروع ")، ولا يوجد شيء" حقيقي "أكثر من العناصر الأخرى. تتكاثر اقتباسات الحماية بسهولة. بالنسبة لإيفريت، فإن كلمة "حقيقي" هي طبقة رقيقة من الجليد على بركة مظلمة: عندما نستخدم نظرية، فإننا ندعي بشكل طبيعي أن بنيات النظرية "حقيقية" أو "موجودة". إذا كانت النظرية ناجحة جدًا (أي إذا تنبأت بشكل صحيح بالإدراك الحسي لمستخدم النظرية)، فعندئذ يتم تعزيز الثقة في النظرية وتميل عناصرها إلى " عناصر من العالم المادي الحقيقي. ومع ذلك، هذا سؤال نفسي بحت. ومع ذلك، كان لدى إيفريت نظرية، وادعت تلك النظرية ما يلي: كل ما يمكن أن يحدث، في عالم أو آخر، يحدث بالفعل. يتم إنشاء أكوان جديدة عند الطلب، إذا جاز التعبير. عندما يتحلل أو لا يتحلل جسيم مشع، قد يقوم عداد غيغر أو لا يقوم بعمل نقرة صغيرة، ينقسم الكون مرة أخرى. اتبعت أطروحته نفسها مسارًا صعبًا؛ فهي موجودة في عدة إصدارات. تم إرسال مسودة منها إلى كوبنهاغن، حيث لم تعجب بور على الإطلاق. طبعة أخرى، تم اختصارها وتحريرها بمساعدة ويلر ، أصبحت مقالًا يمكن نشره في مجلة مراجعات الفيزياء الحديثة ، على الرغم من الاعتراضات الواضحة. كتب إيفريت في حاشية: "اشتكى بعض المراسلين من أن" تجربتنا تشهد "بعدم وجود فرع، لأن لدينا حقيقة واحدة فقط. تفشل الحجة عندما يظهر أن النظرية نفسها تتنبأ بأن تجربتنا ستكون على ما هي عليه بالفعل، " أي أننا في كوننا الصغير لا ندرك إلا الفرع. كما كان الحال أيام كوبرنيكوس افترضنا أن الأرض تتحرك، واعترض النقاد على أننا لم نشعر بمثل هذه الحركة، وأنهم كانوا مخطئين لنفس السبب. لكن على الرغم من ذلك، فإن النظرية التي تفترض عددًا لانهائيًا من الأكوان هي إهانة لشفرة أوكام: لا ضرورة لتضاعف الكيانات دون داع.

لم تحظ مقالة إيفريت باهتمام كبير في ذلك الوقت، وكانت آخر مرة ينشرها على الإطلاق. لم يتابع مهنة في الفيزياء بل مارس مهنة أخرى بعيدة تماماً عن الفيزياء. وتوفي عن عمر يناهز الحادية والخمسين، مدخنًا نهمًا ومدمنًا على الكحول. لكن ربما حدث فقط في هذا الكون المرئي. في كلتا الحالتين، تبقى نظريته على قيد الحياة. لقد اكتسب اسمًا، "تفسير الكون المتعدد لميكانيكا الكموم"، بل إنه يحتوي على اختصار باللغة الإنجليزية، MWI لـ "تفسير العوالم المتعددة"، وقد أدى إلى الكثير من العمل اللاحق. كان ذلك التفسير في شكله المتطرف، يزيل عامل الزمن تمامًا. يوضح المنظر ديفيد دويتش أن "الزمن لا يمر"أو " الزمن لا يجري". "اللحظات الأخرى ليست سوى حالات خاصة لأكوان أخرى." في الزمن الحاضر، عندما تأخذ العوالم المتوازية أو الأكوان اللانهائية الخدمة ـالاستعارات، فهي تتمتع بدعم شبه رسمي. عندما يتحدث شخص ما عن قصص بديلة، يمكن أن يكون ذلك فيالأدب أو الفيزياء. أصبحت الطريقة التي تم اتباعها والطريقة التي لم يتم اتباعها من التعبيرات الإنجليزية الشائعة من الخمسينيات والستينيات - ليس قبل ذلك، على الرغم من أشهر قصائد روبرت فروست. اليوم، يمكن لأي سيناريو

افتراضي أن يبدأ بعبارة مألوفة، "في عالم حيث ..." يصبح من الصعب تذكر أن هذا مجرد شكل من أشكال الكلام.

إذا كان لدينا كون واحد فقط - إذا كان الكون هو كل ما لديك - ثم يغتال الزمن باقي الممكنات. إنه يمحو الحياة التي كان يمكن أن نحياها. عرف بورخيس أنه كان ينغمس في الخيال. ومع ذلك، عندما كان هيوغ إيفريت لا يزال في العاشرة من عمره، توقع بورخيس تفسير الأكوان المتعددة بثماني كلمات محددة:

"El tiempo se bifurca permuamente hacia عدد لا يحصى من المستقبلات"

("الوقت يتجه إلى مستقبل لا حصر له").. حتى قبل بورخيس، كتب ديفيد دانيلز البالغ من العمر 20 عامًا من كولورادو مقالًا في Wonder Stories في عام 1935 بعنوان "فروع الزمن": اكتشف رجل لديه آلة زمنية ذلك عندما يعود إلى الماضي، ينقسم إلى خطوط كون متوازية، لكل منها قصته الخاصة. في العام التالي قتل دانيلز نفسه بمسدس.

وإلى جانب ذلك، لماذا تتوقف عند هذا الحد؟ ألا تستطيع الآلة أن تكون مراقباً؟ `` إن وضع حد للمراقبين من البشر أو الحيوانات، أي افتراض أن جميع الأجهزة الميكانيكية تخضع للقوانين المعتادة، ولكنها لسبب ما غير صالحة للمراقبين الأحياء، ينتهك المبدأ المسمى بـ "التوازي النفسي الجسدي".

من الناحية النظرية، كان الموقف محرجًا: لم يكن لدينا نظرية متماسكة شبه كلاسيكية للجاذبية يمكن مقارنتها بنتائج التجارب المستقبلية. في الممارسة العملية، أُجبر المنظرون على استخدام أسلوب M's (Zlller and Rosenfeld) (غير المتماسك) بأصابعهم المتقاطعة بأن تنبؤاته كانت صحيحة تقريبًا في المواقف البسيطة. النظرية التي عُرف أنها خاطئة من أجل تقدير أوامر الحجم وتوجيه اختيار التجارب المستقبلية.

في عام 2014، طور الفيزيائيان دفير كافري وجاكوب تايلور، من جامعة ميريلاند، مع جيرارد ميلبورن من جامعة كاليفورنيا في سانتا باربرا، أول نموذج محاكى للجاذبية شبه الكلاسيكية. لكن قوة الجاذبية لم تكن واقعية، حتى في الحالة غير النسبية حيث نعتبر السرعات المنخفضة: فهي لم تعيد إنتاج التعبير النيوتوني لقوة تتناسب مع عكس مربع المسافة. ومع ذلك، من خلال البناء، فإن النموذج ثابت. وإذا لم تصف قوة واقعية فهذه النتيجة هي خطوة كبيرة إلى الأمام. هل يمكننا الذهاب إلى أبعد من ذلك؟

في أوائل عام 2015، تم استغلال نفس الحدس بناء على ذلك قام دفير كافري وزملائه بدمجه مع التركيبات التاريخية لنماذج الاختزال الديناميكي في التسعينيات، تم بناء نموذج كامل مع لايوس ديوسي يعيد إنتاج قوة الجاذبية الجيدة (النيوتونية). كان النموذج يعمل فقط مع السرعات المنخفضة، وهو ما يكفي مع ذلك للتعامل مع جميع التجارب المعملية منخفضة الطاقة. ما هي فكرة النموذج؟ تذكر أن صعوبة الجاذبية شبه الكلاسيكية تتكون لاستخراج كمية من فيزياء الكموم يمكن تعريفها على أنها كتلة (أو طاقة) تعمل كمصدر لحقل الجاذبية كذا (بدون تراكب الحالات). في النهج القياسي أو المعياري، الشيء الوحيد المتاح هو دالة الموجة. في نهج الاختزال الديناميكي مثل نموذج GRW، تطور دالة الموجة من كل جسيم (تمليه معادلة شرودنغر) يتم مقاطعته بشكل عشوائي. إنه "وميض"، أي نقطة في الزمكان حيث يتم تدمير التراكب.

تم اختيار مصطلح "وميض" لتسليط الضوء على الجانب العابر للظاهرة (وليس له علاقة بانبعاث الضوء).

في نموذجنا، يصبح الجسيم حقيقيًا في اللحظة المحددة ومكان الفلاش. إنه يتجسد ويكتسب كتلة وبالتالي يخلق مجالًا للجاذبية. ثم يجذب الجسيم نحوه الدالة الموجية لبقية النظام أو، بشكل مسيء قليلاً، جميع

الجسيمات الأخرى في النظام. ثم يتجسد جسيم آخر بواسطة وميض ويجذب نحوه الدالة الموجية للباقي ... بين كل ومضة، يتولى التطور الكمومي المعتاد المهمة.

وهكذا تتجلى الجاذبية بطريقة متشنجة. إذا بدت هذه الديناميكية متناقضة مع الانطباع الذي لدينا عن قوة الجاذبية المستمرة، فهي متوافقة مع القيود التجريبية الحالية. ويفسر ذلك بضعف الجاذبية. بين جسيمين أساسيين، هذه القوة صغيرة جدًا بحيث لا يمكن اكتشافها. لا يمكن ملاحظتها إلا بأجسام عيانية كافية حيث تعطي بلايين من جسيمات الجاذبية والصدمات التي تظهر كل مللي ثانية للمراقبين انطباعًا بأن مجال الجاذبية يتطور بسلاسة وبشكل مستمر.

مثل هذا النموذج، حيث تكون الفلاش هي المصدر تقدم قوة الجاذبية، عددًا من التوقيعات التجريبية التي يمكن اكتشافها. على سبيل المثال، يضيف كل رماد طاقة حركية للجسيمات. يمكن ملاحظة هذه الزيادة الطفيفة في الطاقة كتدفئة قابلة للقياس، على سبيل المثال، في مكثفات الذرات شديدة البرودة.

هل يجب أن نؤمن بهذا النموذج؟ ربما لا: تذكر أنه يعمل فقط في النظام غير النسبي. سيكون من المثير للاهتمام دحضه من خلال التجارب لاختبار حدود فيزياء الكموم. لكن في تطوير هذا النموذج، كان الهدف قبل كل شيء هو تقديم مثال مضاد للادعاء بأن النظرية هجينة، حيث الجاذبية لها مجالها الفعال.

أدى ظهور ميكانيكا الكموم خلال القرن العشرين، إلى قيام الفيزيائيين بطرح العديد من الأسئلة حول كيفية تفسيرها. خاصة فيما يتعلق بظاهرة القياس التي تؤدي إلى انهيار الدالة الموجية (وهي حالة تسمى مشكلة القياس الكمومي). هل تعتمد نتيجة هذا القياس على الراصد أم أنه مستقل تمامًا؟ بمعنى آخر، هل هناك حقيقة ذاتية أم حقيقة موضوعية؟ في مقال نُشر مؤخرًا في مجلة Symmetry تناظر، أظهر اثنان من علماء الفيزياء الفنلنديين أنه لا يوجد تأثير للمراقب على القياس، وبالتالي يفضل وجود واقع موضوعي مستقل تمامًا عن عملية القياس أو المراقبة.

ظهرت ميكانيكا الكموم لأول مرة في عشرينيات القرن الماضي ومنذ ذلك الحين اختلف العلماء حول أفضل طريقة لتفسيرها. تدعي العديد من التفسيرات، بما في ذلك تفسير كوبنهاغن الذي قدمه نيلز بور وفيرنر هايزنبرغ ، وعلى وجه الخصوص ، تفسير فون نيومان-فيغنر ، أن وعي الشخص الذي يأخذ القياس يؤثر على نتائجه. من ناحية أخرى، اعتقد كارل بوبر وألبرت أينشتاين أن هناك حقيقة موضوعية.

سلط إروين شرودنغر الضوء على التجربة الفكرية الشهيرة التي تنطوي على مصير درامي لقطة، وهي تجربة تهدف إلى وصف عيوب ميكانيكا الكموم. في مقالهما الأخير، قاميوسي ليندغرن Jussi Lindgren ويوكاليوكونن Jukka Liukkonen ، اللذان يدرسان ميكانيكا الكموم في أوقات فراغهما ، بدراسة مبدأ اللادقة أوعدم اليقين الذي طوره هايزينبرغ Heisenberg في عام 1927. وفقًا للتفسير التقليدي للمبدأ، فإن الموقف والزخم لا يمكن تحديدهما معاً بدقة في وقت واحد بل بدرجة دقة اعتباطية أو احتمالية، لأن الشخص الذي يقوم بالقياس يؤثر دائمًا على القيم.

الرياضيات لدعم الواقع الموضوعي لميكانيكا الكموم:

ومع ذلك، في دراستهما، استنتج العالمان أن العلاقة بين الموضع والزخم، أي علاقتهما، تكون ثابتة. بمعنى آخر، الواقع هو شيء لا يعتمد على الشخص الذي يقيسه. استخدم Lindgren و Liukkonen التحسين العشوائي الديناميكي في دراستهما. في الإطار المرجعي لنظريتهم، يعد مبدأ عدم اليقين لهايزنبرغ مظهرًا من مظاهر التوازن الديناميكي الحراري، حيث لا تختفي ارتباطات المتغيرات العشوائية.

"تشير النتائج إلى أنه لا يوجد سبب منطقي لاعتماد النتائج على الشخص الذي يقوم بالقياس. يقول Jussi Lindgren :" وفقًا لدراستنا، لا يوجد ما يشير إلى أن وعي الشخص سيتداخل مع النتائج أو يخلق نتيجة أو حقيقة معينة. التفسير موضوعي وواقعي، وفي نفس الوقت بسيط قدر الإمكان ويضيف: "نحن نحب الوضوح ونفضل القضاء على أي تصوف". يدعم هذا التفسير تفسيرات ميكانيكا الكموم بناءً على المبادئ العلمية الكلاسيكية.

تجربة جديدة تتحدى فكرة "الواقع" في ميكانيكا الكم

صراع الأسهم:

الواقع هو مصطلح متعدد المعاني والذي، بالنسبة للبعض، أقرب إلى الفلسفة أو حتى الميتافيزيقيا منه إلى العلم الحقيقي. في سياق ميكانيكا الكموم، حيث يؤثر المراقب على بيئته، ينتج عن أي إجراء قياس اختيار حالة ثابتة داخل نظام كمومي. نظرًا لكون ميكانيكا الكموم احتمالية في الأساس، فإن نتيجة القياس تختلف باختلاف المراقب، كما ذكر الفيزيائي يوجين فيغنر في عام 1961. إذن ما هي دلالة هذه الفرضية فيما يتعلق بواقع العالم المادي؟ حتى ظهور فيزياء الكموم في عشرينيات القرن الماضي، توقع الفيزيائيون أن تكون نظرياتهم حتمية، مما يولد تنبؤات حول نتائج التجارب على وجه اليقين. لكن يبدو أن نظرية الكموم احتمالية بطبيعتها. يقول تفسير كوبنهاغن أنه طالما لم يتم قياس خصائص النظام، فيمكنها أن تأخذ عددًا لا يحصى من القيم. ينهار هذا التراكب في حالة واحدة فقط عند ملاحظة النظام، ولا يستطيع الفيزيائيون أبدًا التنبؤ بدقة بما ستكون عليه هذه الحالة. كان لدى فغنر Wigner بعد ذلك الرأي الشائع بأن الوعي يؤدي بطريقة ما إلى انهيار التراكب.

منذ ذلك الحين سقط هذا الرأي وفقد صلاحيته. اليوم، يتفق معظم الفيزيائيين على أن الأجسام الجامدة يمكنها إزالة تراكب الأنظمة الكمومية منها من خلال عملية تسمى فك الترابط. بالتأكيد، قد يجد الباحثون الذين يحاولون التلاعب بالتراكبات الكمومية المعقدة في المختبر أن عملهم الشاق قد دمر بسبب اصطدام

الجسيمات بأنظمتهم. لذلك يجرون اختباراتهم في درجات حرارة شديدة البرودة ويحاولون عزل أجهزتهم عن الاهتزازات. ظهرت العديد من التفسيرات الكمومية المتنافسة على مدى العقود التي تستخدم آليات أقل غموضًا، مثل فك الترابط، لشرح كيفية انهيار التراكبات دون استدعاء الوعي. وتؤيد تفسيرات أخرى الموقف الأكثر راديكالية وهو أنه لا يوجد انهيار لدالة الموجة على الإطلاق. لكل فرد وجهة نظره الخاصة في اختبار Wigner.

تجربة فغنر وصديقه:

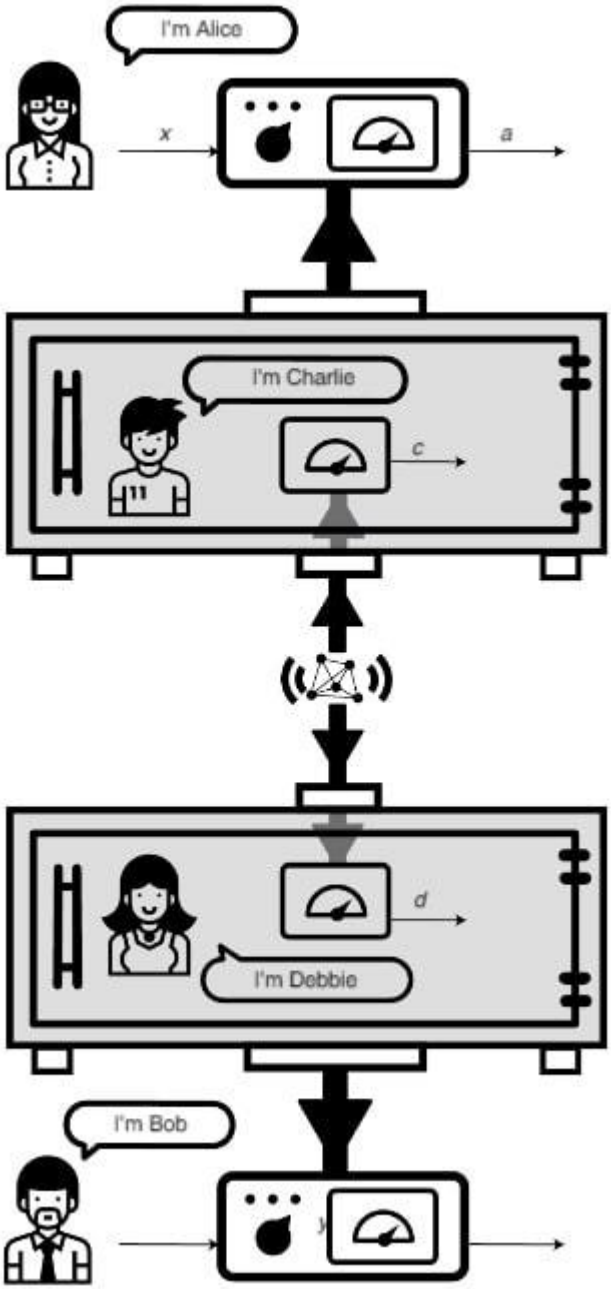
التجربة الفكرية الأصلية لـ Wigner بسيطة من حيث المبدأ. يبدأ بفوتون مستقطب واحد يمكن، عند قياسه، أن يكون له استقطاب أفقي أو رأسي. ولكن قبل القياس، وفقًا لقوانين ميكانيكا الكموم، يوجد الفوتون في كلا حالتي الاستقطاب في نفس الوقت؛ هذا هو مبدأ التراكب.

تخيل Wigner صديقًا في مختبر مختلف، يقيس حالة هذا الفوتون ويخزن النتيجة، بينما لاحظ Wigner ذلك من بعيد. ليس لدى Wigner أي معلومات عن قياس صديقه، لذلك يجب أن يفترض أن الفوتون وقياسه يتداخلان مع جميع النتائج المحتملة للتجربة. يمكن لـ Wigner إجراء تجربة لتحديد ما إذا كان هذا التراكب موجودًا أم لا.

إنها نوع من تجارب التداخل التي تُظهر أن الفوتون والقياس في حالة تراكب. من وجهة نظر Wigner، إنها "حقيقة" ، التراكب موجود. وهذه الحقيقة تشير إلى أنه ربما لم يتم اتخاذ إجراء. لكن هذا يتناقض مع وجهة نظر الصديق، الذي قام بالفعل بقياس استقطاب الفوتون وسجله. يمكن للصديق أن يتصل بـ Wigner ويقول إن القياس قد تم (بشرط عدم الكشف عن النتيجة). لذا فإن الواقعين متعارضان.

أحد أشكال تجربة Wigner التي تتضمن التشابك الكمومي

المشكلة هي أن كل تفسير يكون جيدًا - أو سيئًا - في التنبؤ بنتيجة الاختبارات الكمومية. لا أحد يعرف ما هو الحل. يقول عالم الفيزياء الكمومية أيفرايم شتاينبرغ، إننا لا نعرف حتى ما إذا كانت قائمة الحلول المحتملة لدينا شاملة.



يعتقد تيشلر Tischler وزملاؤه أن تحليل وتنفيذ تجربة Wigner يمكن أن يلقي الضوء على حدود نظرية الكموم. لقد استلهموا من موجة جديدة من الأوراق النظرية والتجريبية التي بحثت في دور المراقب في ميكانيكا الكموم، مقدمة التشابك في التكوين الكلاسيكي لـ Wigner.

لنفترض أنك أخذت فوتونين مستقطبين بحيث يمكن أن يتأرجحا أفقيًا أو رأسيًا. يمكن أيضًا وضع الفوتونات في تراكب من التذبذبات أفقياً ورأسياً، تماماً كما يمكن أن تكون قطة شرودنغر المتناقضة حية وميتة قبل ملاحظتها وقبل فتح العلبة المغلقة عليها. يمكن أن تتشابك مثل هذه الأزواج من الفوتونات بحيث تكون استقطاباتها دائمًا في الاتجاه المعاكس عند ملاحظتها. قد لا يبدو هذا غريباً، إلا إذا كنت تتذكر أن هذه الخصائص ليست ثابتة حتى يتم قياسها.

على الرغم من أن أحد الفوتونين يُعطى لفيزيائية تُدعى أليس في أستراليا، بينما يُنقل الآخر إلى زميلها بوب في مختبر في فيينا، فإن التشابك يضمن ذلك بمجرد أن تراقب أليس الفوتون الخاص بها وتجد، على سبيل المثال. الاستقطاب الأفقي، يتزامن مع استقطاب فوتون بوب على الفور ليتذبذب عموديًا. تجاوز عدم مساواة بيل لتحديد عتبة العلاقة المحلية. كان هدف فريق بريسبان هو استنباط واختبار نظرية جديدة تتجاوز اختبارات بيل السابقة، من خلال توفير قيود أكثر صرامة - حدود "العلاقة المحلية" - على طبيعة واقع. مثل نظرية بيل، فإن نظرية الباحثين محلية. كما أنهم يحظرون صراحة "الحتمية الفائقة" - أي أنهم يصرون على أن المجربين أحرار في اختيار ما يقيسونه دون أن يتأثروا بأحداث في المستقبل أو في الماضي البعيد.

أخيرًا، يعتبر الفريق أنه عندما يأخذ المراقب قياسًا، تكون النتيجة حدثًا حقيقيًا وفريدًا في العالم - لا يتعلق بأي شخص أو أي شيء. يتطلب اختبار العلاقة المحلية إعدادًا ذكيًا يضم اثنين من "المراقبين الخارقين"، أليس وبوب (اللذان يلعبان دور Wigner) ، اللذان يشاهدان صديقيهما تشارلي وديبي. يمتلك كل من أليس وبوب مقياس التداخل الخاص بهما - وهو جهاز يستخدم لمعالجة حزم الفوتونات.

ولتمديد مفهوم قصة صديق فغنر. قام فريندز تشارلي وديبي بقياس زوج من الجسيمات معدة في حالة متشابكة، مما ينتج عنه نتائج تسمى c وd، على التوالي (من وجهة نظرهم). يأخذ المراقبون الفائقون، أليس وبوب، قياسات منفصلة شبيهة بالفضاء المعنون x وy، مع تصنيف النتائج أ و ب، على المحتويات الكاملة للمختبرات التي تحتوي على تشارلي وديبي، على التوالي كما في المخطط أعلاه

قبل القياس، يتم فرض استقطاب الفوتونات، أفقيًا ورأسيًا. ثم يتم تحضير أزواج الفوتون المتشابكة بحيث إذا تم قياس استقطاب أحدهما ليكون أفقيًا ، يجب أن يتحول استقطاب شريكه إلى الوضع الرأسي على الفور. يتم إرسال فوتون واحد من كل زوج متشابك إلى مقياس التداخل الخاص بأليس ويتم إرسال شريكها إلى بوب. تشارلي وديبي ليسا صديقين بشريين في هذا الاختبار. بدلاً من ذلك، فهما عبارة عن مبدلات شعاع في مقدمة كل مقياس تداخل. عندما يصطدم فوتون أليس بالمزاح، يتم قياس استقطابه بالفعل وينحرف إما إلى اليسار أو إلى اليمين، اعتمادًا على اتجاه الاستقطاب. يأخذ هذا الإجراء دور تشارلي، صديق أليس، الذي "يقيس" الاستقطاب. (توجد ديبي أيضًا في مقياس تداخل بوب).

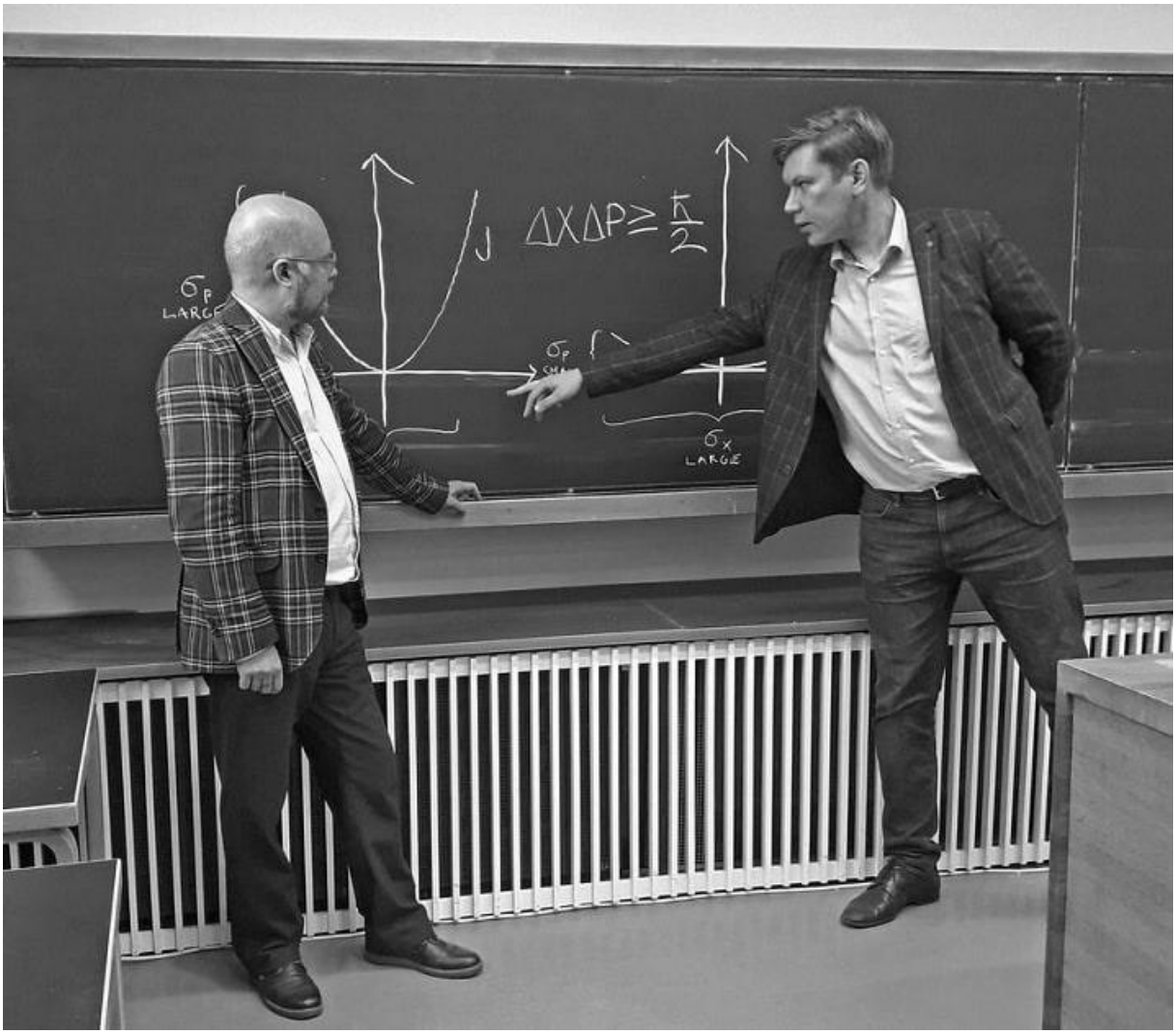
يجب على أليس بعد ذلك أن تختار: يمكنها على الفور قياس المسار المنحرف الجديد للفوتون، والذي سيكون بمثابة فتح الباب للمختبر وسؤال تشارلي عما رآه. أو يمكن أن يسمح للفوتون بمواصلة رحلته، مروراً بمغير شعاع ثانٍ يعيد توحيد المسارين الأيسر والأيمن - وهو ما يعادل إبقاء باب المختبر مغلقًا. تستطيع أليس بعد ذلك قياس استقطاب فوتونها مباشرة عند خروجه من مقياس التداخل. وهنا يحدث انتهاك حدود العلاقة المحلية. خلال التجربة، اختار أليس وبوب بشكل مستقل القياسات التي يجب إجراؤها، ثم قارنا النتائج لحساب الارتباطات التي لوحظت عبر سلسلة من الأزواج المتشابكة. أجرى تيشلر وزملاؤه 90 ألف عملية تشغيل في التجربة. كما هو متوقع، انتهكت الارتباطات حدود بيل الأصلية - والأهم من ذلك أنها انتهكت أيضًا عتبة العلاقة المحلية الجديدة.

يمكن للفريق أيضًا تعديل الإعداد لتقليل درجة التشابك بين الفوتونات عن طريق إرسال أحد الأزواج على منعطف قبل أن يدخل مقياس التداخل الخاص بهم، مما يؤدي برفق إلى تعطيل الانسجام التام بين الزملاء. عندما أجرى الباحثون التجربة مع هذا المستوى الأقل قليلاً من التشابك، وجدوا نقطة حيث لا تزال العلاقات المتبادلة تنتهك حدود بيل، ولكن ليس العلاقة المحلية. أثبتت هذه النتيجة أن مجموعتي الحدود ليستا متكافئتين وأن القيود الجديدة للعلاقة المحلية أقوى، كما يقول تيشلر. "إذا اغتصبتهم، ستتعلم المزيد عن الواقع." على وجه التحديد، إذا كانت نظريتك تنص على أنه يمكن معاملة "الأصدقاء" على أنهم

أنظمة كمومية، فيجب عليك إما التخلي عن المكان، أو قبول أن القياسات ليس لها نتيجة واحدة يجب أن يتفق عليها المراقبون، أو تسمح بالقياس. للحتمية الفائقة. ولكل من هذه الخيارات له آثار عميقة.

لكن فيدمان، الذي لم يشارك في العمل، كان أقل حماسًا حيال ذلك، وينتقد التعرف على صديق ويغنر بالفوتون. الأساليب المستخدمة في المقال "سخيفة؛ يجب أن يكون الصديق عيانيًا ". يوافق الفيلسوف العلمي في جامعة نيويورك تيم مودلين، الذي لم يكن مشاركًا في الدراسة، على هذا الرأي. يقول: "لا أحد يعتقد أن الفوتون هو مراقب إلا إذا كنت شخصًا نفسانيًا".

يكمن مفتاح التجارب المستقبلية في زيادة حجم "الصديق"، كما يضيف هوارد وايزمان، الفيزيائي بجامعة جريفيث وعضو الفريق. النتيجة الأكثر إثارة للإعجاب هي استخدام الذكاء الاصطناعي، المتجسد في الكمبيوتر الكمومي، كصديق. يعتقد بعض الفلاسفة أن مثل هذه الآلة يمكن أن يكون لها خبرات بشرية، وهو موقف يُعرف باسم فرضية الذكاء الاصطناعي القوية، على الرغم من أن لا أحد متأكد حتى الآن ما إذا كانت هذه الفكرة ستثبت صحتها.



حاجة لإعادة النظر في الواقع؟

ولكن إذا كانت الفرضية صحيحة، فإن هذا الذكاء العام الاصطناعي الكمومي (AGI) سيكون مجهريًا. لذا من منظور نماذج الانهيار التلقائي، لن يؤدي ذلك إلى الانهيار بسبب حجمه. إذا تم إجراء مثل هذا الاختبار ولم يتم انتهاك حد العلاقة المحلي، فإن هذه النتيجة تعني أن وعي الذكاء الاصطناعي العام لا يمكن فرضه. بدوره، يشير هذا الاستنتاج إلى أن فغنر Wigner كان محقًا في قوله إن الوعي يسبب الانهيار. "لا أعتقد أنني سأعيش طويلا بما يكفي لأرى تجربة مثل هذه. ولكن هذا سيكون ثوريًا "، كما يقول وايزمان.

لم يكن الفيزيائيان الفنلنديان جوسي ليندغرين ويوكا ليوكو في محاولتهم الأولى. ففي العام الماضي نشرا بحثًا آخر، واستخدما الرياضيات ببراعة مرة أخرى للتعامل مع ميكانيكا الكموم.

نشر الباحثون ورقة عملهم الأخيرة في ديسمبر 2019، والتي اعتمدت أيضًا على التحليل الرياضياتي كأداة لشرح ميكانيكا الكموم. كانت الطريقة التي استخدموها هي نظرية التحكم الأمثل العشوائية، والتي تم استغلالها لحل تحديات مثل كيفية إرسال صاروخ من الأرض إلى القمر.

بعد شفرة أوكام ، قانون ويليام أوكام لاختيار الأبسط ، اختار الباحثون الآن أبسط تفسير من بين تلك التي تعمل. ‘‘ندرس ميكانيكا الكموم كنظرية إحصائية. إن أداة الرياضيات واضحة، لكن قد يعتقد البعض أنها مملة أيضًا. لكن هل التفسير حقاً هو تفسير، إذا كان غامضاً؟ كما ليندغرين يخلص.