الكون الكمومي أو الكوانتي 5-10

أو

حكايات الكوانتوم الغريبة 5

ترجمة وإعداد د. جواد بشارة

كانت هناك عدة تفسيرات ومقاربات متنوعة لميكانيكا الكموم وبالأخص مسألة القياس التي تؤدي إلى انهيار دالة الموجة التي تضمنتها معادلة شرودنغر وكانت تعرف بحالة القياس الكمومي. فهل تعتمد نتيجة هذا القياس على الراصد أم أنه مستقل تمامًا عن عملية القياس؟ بمعنى آخر، هل هناك حقيقة ذاتية أم حقيقة موضوعية؟ في مقال نُشر مؤخرًا في مجلة Symmetry ، أظهر اثنان من علماء الفيزياء الفنلنديين أنه لا يوجد تأثير للمراقب على القياس ، وبالتالي فهما يفضلان وجود واقع موضوعي مستقل تمامًا عن الراصد وعن عملية القياس. 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 يقوم بعملية القياس يؤثر على نتائجه التي يتوصل إليها. من ناحية أخرى، اعتقد كارل بوبر وألبرت أينشتاين أن هناك حقيقة موضوعية مستقلة.

سلط إروين شرودنغر الضوء على التجربة الفكرية الشهيرة التي تنطوي على مصير قطة مسجونة داخل علبة يمكن أن يتسرب منها غاز سام يقتل القطة ولا أحد يعرف مصيرها طالما بقيت العلبة مغلقة وبالتالي فالقطة هي حية وميتة في نفس الوقت واشتهرت التجربة بقطة شرودنغر ، والتي تهدف إلى وصف عيوب ميكانيكا الكموم. في مقالهما الأخير، قام يوسي لندغرن و يوكا ليوكونين Jussi Lindgren و Jukka Liukkonen ، اللذان يدرسان ميكانيكا الكموم في أوقات فراغهما ، بدراسة مبدأ اللادقة أوعدم اليقين الذي طوره هايزنبرغ Heisenberg في عام 1927. وفقًا للتفسير التقليدي للمبدأ، فإن الموقع والسرعة أو

الموقف والزخم لا يمكن تحديدهما بدقة في آن واحد بدرجة مضبوطة، لأن الشخص الذي يقوم بالقياس يؤثر دائمًا على القيم والنتائج الناجمة عن عملية القياس.

ومع ذلك، في دراستهما، استنتج العالمان أن العلاقة بين الموضع والزخم، ثابتة. بمعنى آخر، الواقع هو شيء لا يعتمد على الشخص الذي يقيسه. استخدم الباحثان 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. وبهذا الصدد صرح يوسي لندغرن: "تشير النتائج إلى أنه لا يوجد سبب منطقي لاعتماد النتائج على الشخص الذي يقوم بالقياس. 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.

لم يكن الفيزيائيان الفنلنديان يوسي لندغرين ويوكا ليوكونين في محاولتهما الأولى. ففي العام الماضي نشرا بحثًا آخر، استخدما فيه الرياضيات ببراعة مرة أخرى للتعامل مع ميكانيكا الكموم.

نشر الباحثان ورقة عملهما 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.

الحوسبة الكمومية:

بعد شفرة أوكام ، قانون ويليام أوف أوكام في الركون إلى البساطة ، اختار الباحثون الآن أبسط تفسير من بين تلك التي تعمل. " ليس مستقبل الحوسبة في عالم الكموم. باستخدام خصائص ميكانيكا الكموم، يأمل العلماء في إجراء حسابات لا تصدق بسرعات لا يمكن أن يضاهيها أقوى كمبيوتر عملاق.

لا يزال الطريق طويلاً للوصول إلى جهاز كمبيوتر كمومي يعمل، لكن الباحثين في جميع أنحاء العالم حريصون على فهم أفضل السبل لاستخدام هذه الأجهزة. السؤال الرئيسي الذي يتم استكشافه هو كيف سيكون شكل "الإنترنت الكمومي"؟ قد يأتي الجواب بفضل بلورات الزمن.

بلورات الزمن هي اكتشاف حديث. تمامًا مثل البلورة العادية، فهي مصنوعة من جزيئات في نمط يتكرر في الفضاء، فإن هذه الكائنات مصنوعة من جزيئات تتكرر ترتيباتها بشكل دوري في الوقت المناسب. إنها غرابة في الفيزياء وليست طريقة لتشغيل آلات الزمن.

كما ورد في مجلة العلوم المتقدمة Science Advances، طرح باحثون من المعهد الوطني للمعلوماتية في اليابان، استخدامًا جديدًا لبلورات الزمن. يمكن استخدام تحليل التفاعل في بلورة زمن الانصهار لمحاكاة سلوك شبكة الكموم المعقدة، وهو أمر لا يمكننا فعله مع أجهزة الكمبيوتر الحالية.

وقالت الباحثة الأولى مارتا إستاريلاس في بيان: "في العالم الكلاسيكي، سيكون هذا مستحيلًا لأنه يتطلب قدرًا هائلاً من موارد الحوسبة". "نحن لا نقدم فقط طريقة جديدة لتمثيل وفهم العمليات الكمومية فحسب، ولكن أيضًا طريقة مختلفة للنظر إلى أجهزة الكمبيوتر الكمومية."

أوضح المؤلف المشارك البروفيسور كاي نيموتو: "هل يمكننا استخدام تمثيل الشبكة وأدواتها لفهم الأنظمة الكمومية المعقدة وظواهرها، وكذلك تحديد التطبيقات؟ في هذا العمل، نظهر أن الإجابة هي نعم".

يخطط الفريق لاختبار هذه الأفكار على بلورات زمن الانصهار الحقيقي ثم استخدامها لاستكشاف خصائص أنظمة الكموم المختلفة. تستخدم أجهزة الكمبيوتر الكمومية الكيوبايتات، وهي النسخة الكمومية من 1/0 بت الكلاسيكية في الأجهزة الرقمية الحالية. يمكن للمعالج الذي يحتوي على عدد قليل من الكيوبايتات أن يتفوق على الأجهزة الحالية. يمكن أن يوفر استخدام بلورات الزمن رؤى حول أفضل طريقة لاستخدام هذه الكيوبايتات.

الجاذبية الكمية:

فهم كيفية التوفيق بين قوة الجاذبية وفيزياء الكموم، حيث يحاول العديد من فرق الفيزيائيين تصميم وإجراء تجارب قادرة على قياس مجالات الجاذبية أو الثقالة بدقة متناهية لاكتشاف السلوك الكمومي. وبالتالي يأملون في رؤية الجسيمات في تكوينات من التراكب الكمومي لموضعين في حالة تشابك تأثيراتها المختلفة.

الخطوة ألأولية كانت لقياس مجال الجاذبية في التجربة التي اقترحها الفيزيائي ماركوس أسبيلمايرر، وملخص الفكرة هو وضع كرة في حالة تراكب لموقعين مكانيين متزامنين مختلفين ومعرفة ما إذا كان مجال الجاذبية المرتبط بهذه الكتلة ينقسم أيضًا إلى قسمين. لملاحظة هذه التأثيرات، تحتاج أولاً إلى جهاز قادر على قياس المجال بدقة لمعرفة جاذبية الأجسام الصغيرة (هنا كرات ذهبية). في هذه التجربة، يتسبب مغناطيس كهربي مقترن بنابض في اهتزاز كرة. وبواسطة قوة الجاذبية وحدها، يجب أن تتذبذب الكرة الثانية، المستندة على دعامة دقيقة (ناتئ) مماثلة لتلك المستخدمة في مجاهر القوة الذرية. يأمل الفيزيائيون في قياس هذا التأثير الصغير.

تجربة ماركوس أسبلمايرر:

سيضع الفريق كرة (أرجوانية) في حالة تراكب من موضعين بفضل الليزر، وسيكون مجال الجاذبية لهذا الكرة أيضًا في حالة تراكب وسيكون له توزيعان مكانيان. كيف ستتفاعل كرة الاختبار (الخضراء) مع هذا المجال؟ التفاعل يمكن أن يدمر تراكب الحالات، والتي من شأنها أن تكون علامة على الطبيعة الكلاسيكية للقوة الثقالية، أو يمكن أن يستمر التراكب ويؤدي إلى نظام متشابك من الكرتين، مما يؤكد الطبيعة الكمومية لقوة الجاذبية .إن قراءات فيزياء الكموم كما هي يعني محاولة تفسير فيزياء الكم على غرار أفكار أينشتاين. على وجه الخصوص، لا توجد طريقة لتكملة فيزياء الكم من حيث المتغيرات المخفية المحلية.

كانت هذه النتيجة تقدمًا كبيرًا في فهم فيزياء الكم. ومع ذلك، لا تزال هناك العديد من الصعوبات المفاهيمية التي يواصل الفيزيائيون والفلاسفة استكشافها. بالنسبة للبعض، فإن فيزياء الكموم، كما فسرتها مدرسة كوبنهاغن، ليست نظرية فيزيائية بقدر ما هي مجموعة فعالة من "الوصفات" لحساب نتائج القياسات. ولكن، كما أشار جون بيل بالفعل، هذه المجموعة من الوصفات تمثل مشكلة بحد ذاتها. لماذا يلعب المراقب مثل هذا الدور المهم؟ لماذا يتسبب فعل القياس في انهيار الدالة الموجية إلى أحد مكوناتها؟ أو مرة أخرى، لماذا لا يُظهر النظام العياني أبدًا تراكبًا للحالات؟

لعدة عقود، حاول الفيزيائيون تجاوز تفسير كوبنهاغن للتعامل مع هذه الصعوبات. من خلال استكشاف عدة طرق. دعونا نستحضر الاتجاهات الأربعة الرئيسية التي تم استكشافها لحل الصعوبات المفاهيمية لفيزياء الكموم. يتبنى النهج الأول مبدأ المتغيرات الخفية principe des variations cachées، أي فكرة أن فيزياء الكموم غير مكتملة وأن هناك متغيرات من المستحيل قياسها من الناحية الهيكلية. لكي تتوافق مع ظاهرة التشابك (وبالتالي مع تجارب ألان آسبيه Alain Aspect) ، يجب أن تكون ديناميكيات هذه المتغيرات بالطبع غير محلية.

أفضل النظريات ذات المتغيرات المخفية هي نظرية برولي - بوم Broglie-Bohm، التي اقترحها لأول مرة الفيزيائي الفرنسي لويس دي برولي في عام 1927 تحت اسم نظرية الموجة التجريبية، بناءً على مبدأ ازدواجية الموجة. وهي الأطروحة التي أعلنها قبل بضع سنوات على شكل نظرية. ثم تم تحديدها عام 1952 من قبل الأمريكي ديفيد بوم. في هذا السياق، يتم وصف كل جسيم من خلال موقعه في الفضاء والموجة المرتبطة به، وهو المتغير الخفي الذي يوجه حركة الجسيم. في هذه النظرية الواقعية بالمعنى الذي يقصده أينشتاين، يكون التطور مستمر دون انهيار الدالة الموجية. إذن، اللاحتمية الكمومية هي ببساطة مظهر من مظاهر جهلنا بالمتغيرات الخفية.

المسار الثاني والجريء بشكل خاص هو تفسير العوالم المتعددة، والذي يعتمد على الأفكار التي نشرها الفيزيائي الأمريكي هيوغ إيفريت عام 1956. مع كل عملية قياس، تتحقق كل التوقعات الممكنة الحدوث، لكن في عوالم مختلفة. لذلك لن يكون هناك أي انهيار للدالة الموجية. سيكون الواقع أكبر بكثير مما يمكننا الوصول إليه. ستكون اللاحتمية مظهرًا من مظاهر جهلنا بموقعنا في هذا الواقع الموسع: كل تنبؤات النظرية ستتحقق، لكننا سنحتل "فرعًا" معينًا من الواقع، بحيث نرى واحدًا فقط من النتائج بين كل هؤلاء بداهة ممكنة.

الاحتمال الثالث هو أن فيزياء الكموم ليست متماسكة في حد ذاتها، لأنها ستكون مجرد تقريب لنظرية أكثر أساسية مع ديناميكيات معقدة وغير خطية لم نلاحظها بشكل مباشر بعد. يمكن تحقيق هذه الديناميكية بطرق مختلفة. على سبيل المثال، اقترح العلماء جيانكارلو غيراردي وألبرتو ريميني وتوليو ويبر في عام 1986 ما يسمى بآلية "الاختزال الديناميكي" التي تتسبب بشكل عشوائي في انهيار وظيفة الموجة. بالنسبة لجسيم فردي، فإن انهيار دالة الموجة سيكون حدث نادر جدًا، والذي سيظهر بالنسبة لجسيم فردي، على شكل انهيار وظيفة الموجة ويكون حدثًا نادرًا جدًا، يحدث في المتوسط مرة واحدة كل مليار سنة. ولكن على جسم مجهري يحتوي على ترتيب 10^{23} جسيمًا، غالبًا ما ينهار التكوين، بحيث تظهر حالة غير متراكبة.

الاحتمال الرابع، أخيرًا، هو الأعز على أحد العلماء (كارلو روفيلي)، الذي اقترحه في عام 1994. الفكرة هي أن نأخذ فيزياء الكموم كما هي، أي. - قل بدون إضافة متغيرات خفية ودون استدعاء عوالم متعددة أو ديناميكية غير ملحوظة. سوف تتولد الجوانب المتناقضة ظاهريًا للنظرية من حقيقة أن المرء ينسى أن يأخذ في الاعتبار الطابع النسبي لجميع الكميات الفيزيائية التي تصف النظام. يتم تعريفها دائمًا بالنسبة إلى نظام مادي آخر (بنفس الطريقة التي يتم بها تحديد سرعة الكائن فقط بالنسبة إلى كائن آخر). هذا التفسير لفيزياء الكموم، المسمى "التفسير العلائقي" interprétation relationnelle، يقوم على النسبية الخاصة. وبالتالي، إذا كان النظام بالنسبة للمراقب في حالة واحدة بعد انهيار دالة الموجة، فقد يظل في

حالة تراكب لحالات لمراقب آخر. فالحالات لا تصف النظام المرصود نفسه، بل تصف العلاقة بين النظام والمراقب.

هذه السبل الأربعة لفهم أفضل لفيزياء الكموم جميعها لها تكلفة تصورية عالية، ومع ذلك: يتطلب كل منها التخلي عن شيء ليس من السهل التخلي عنه. تواجه نظرية Broglie-Bohm بعض الصعوبات عندما نريد ربطها بالنظرية النسبية الخاصة وتتطلب قبول أن جزءًا من الواقع غير قابل للرصد من حيث المبدأ.

تطلب فرضية العوالم المتعددة تخيل أنه سيكون هناك عدد لا نهائي من طبقات أو صور الواقع لا يمكن الوصول إليها، ناهيك عن أنه ليس من السهل ربط هذه العوالم المتعددة بتجربتنا. تتضمن نظريات الاختزال الديناميكي ظاهرة الانهيار التلقائي لوظيفة الموجة التي لم يتم ملاحظتها في التجارب. يمنعنا التفسير العلائقي من وصف العالم المادي ككل: يمكننا فقط وصف جزء واحد من العالم بالنسبة إلى جزء آخر.

اختبار الجاذبية الكمومية:

غالبًا ما تكون المناقشات بين المنظرين الذين يدافعون عن أحد هذه الطرق (أو غيرها) متحركة للغاية. ومع ذلك، كما نصح العالم الفيزيائي الأمريكي ريتشارد فاينمان: "القوانين الأكثر عمومية للفيزياء غالبًا ما تقبل بصياغات وتفسيرات مختلفة جدًا. لكن المنظّر الجيد يجب أن يعرف كيفية استخدامها جميعًا، لأنه لا أحد يعرف أيها سيكون الأكثر فعالية ". ربما يكون هذا الموقف هو الأكثر استحسانًا فيما يتعلق بالصعوبات المفاهيمية لفيزياء الكموم. يمكن فقط لبقية القصة أن تخبرنا أي التفاسير هو الأكثر فعالية وفائدة في نهاية المطاف. وكلما كان مجالًا للدراسة يسمح باختبار التفسيرات المختلفة لفيزياء الكموم. إنها النظرية التي تهدف إلى بناء نظرية كمومية للجاذبية أو الثقالة.

في القرن العشرين، سرعان ما أصبح الباحثون يدركون على النحو الواجب أنه من الصعب التوفيق بين الدعامتين العظيمتين في الفيزياء، فيزياء الكموم والنسبية العامة. في حين أنه من الممكن بالفعل في معظم الحالات النظر في واحدة فقط من هذه النظريات، فإن عدم وجود نظرية كمومية للثقالة أو للجاذبية يمنعنا من فهم بعض الظواهر الحقيقية، على سبيل المثال ما يحدث في القلب الثقوب السوداء أو في بداية الكون.

أكثر السبل الواعدة لتطوير نظرية "الجاذبية الكمومية" هما نظرية الأوتار ونظرية الجاذبية الكمومية الحلقية. إذا كانت الأولى تشير إلى أن الجسيمات ليست نقطية، بل سلاسل من الأوتار مادون المجهرية التي تهتز وتتذبذب، فإن الثانية تفترض أن الزمكان نفسه يخضع لجميع الظواهر النموذجية لفيزياء الكموم، ونتيجة لذلك، على وجه الخصوص، لن يكون الفضاء مستمرًا، بل متقطعًا: تصبح المساحات والأحجام كميات كمومية، والتي لا يمكن أن تكون صغيرة بشكل تعسفي. لقد خضعت هذه النظريات لتطور كبير بحيث تمتد التطورات أحيانًا إلى ما وراء السؤال الوحيد عن الجاذبية الكمومية، مع تداعيات كثيرة أخرى، على سبيل المثال، في الرياضيات أو فيزياء المادة المكثفة. فحتى لفترة ما قبل عشر سنوات، اعتقد العلماء أن ظاهرة الجاذبية الكمومية كانت بعيدة عن متناول التجارب، لذا كان من المستحيل الحصول على أدنى دليل تجريبي يسمح لنا بمعرفة الكثير عن الطبيعة الحقيقية للجاذبية الكمومية. ومع ذلك، كان هذا الانطباع خاطئًا جزئيًا، كما أظهرت العديد من التجارب والملاحظات الحديثة.

في LHC (مصادم الهادرونات الكبير)، في CERN، يسرّع الفيزيائيون البروتونات إلى سرعات قريبة من سرعة الضوء لجعلها تتصادم وجهاً لوجه، وبالتالي تنتج تصادمات عالية الطاقة تنبثق منها عناقيد

ضخمة ذات عمر قصير جدا. هذه هي الطريقة التي أكدوا بها وجود بوزون هيغز في عام 2012، وهو الجزء المفقود سابقًا من النموذج القياسي أو المعياري لفيزياء الجسيمات. تم تطوير هذا النموذج منذ الستينيات، وهو الذي يصف الجسيمات الأساسية الأولية للمادة.

مثال في قياس سرعة الأشعة الكونية. كانت النتائج واضحة: لم يتم العثور على أي مؤشر على كسر ثابت لورنتز فحسب، بل تم تأكيده حتى على مقاييس طاقة أكبر من تلك المميزة للجاذبية الكمومية. ومن ثم فإن الجاذبية وفئة النماذج التي تتنبأ بحدوث انقطاع في ثابت لورنتز تواجه صعوبة.

منذ عام 2015، تم فتح نافذة جديدة لمراقبة الكون. كان اكتشاف تعاون مختبري Ligo و Virgo لموجات الجاذبية، اهتزازات الزمكان، تأكيدًا مذهلاً للنسبية العامة. لكنها فعلت أكثرمن ذلك. ففي عام 2017، تم الكشف المتزامن عن موجات الجاذبية والموجات الكهرومغناطيسية الناتجة عن اندماج نجمين. كما أظهرت النيوترونات أن هذين النوعين من الموجات ينتشران بنفس السرعة (بهامش خطأ صغير جدًا).

بعض الأسئلة النظرية:

الأوتار والتناظر الفائق: كان جزء كبير من المجتمع العلمي مقتنعًا، استنادًا إلى الحجج النظرية، أنه من الممكن توسيع النموذج القياسي بطريقة بسيطة جدًا وطبيعية بفضل التناظر الفائق (تناظر افتراضي بين جسيمات ذات سبين spin -الدوران أو البرم المغزلي حول المحور الذاتي - بعدد صحيح، وجسيمات تدور بسبين نصف عدد صحيح). يشير هذا الامتداد للنموذج القياسي إلى وجود جسيمات جديدة يُعتقد أنها قادرة على الإنتاج والمراقبة في LHC. بالإضافة إلى ذلك، تستند نظرية الأوتار على التناظر الفائق وكان اكتشاف التناظر الفائق في المصادم LHC مؤشرًا مثيرًا للاهتمام لصالح هذه النظرية. ومع ذلك، لم يكن مثل هذا الكشف قد حدث ولكن بالفعل، تم استبعاد أكثر السيناريوهات في فائق التناظر الطبيعي. لذلك، فإن غياب التناظر الفائق في LHC ليس خبرا تجريبيا جيدا لنظرية الأوتار.

نظرية الأوتار والجاذبية الكمومية:

حلقات التجزئة ليست هي السبل الوحيدة للجاذبية الكمومية. تم استغلال البعض الآخر وواجهوا أحيانًا صعوبة كبيرة بسبب التجربة. على سبيل المثال، في عام 2009، اقترح بيتر هوفافا ، من جامعة كاليفورنيا في بيركلي ، نموذجًا للجاذبية الكمومية يكسر ثابت لورنتز ، وهو التناظر الرياضياتي الذي من خلاله يؤدي عدم وجود مرجعية مميزة في نتائج النسبية. ضبط النفس. بدافع من هذه التكهنات، بحث علماء الفلك عن علامات كسر ثبات لورنتز في الكون، من أجل سرعة الكون المتسارعة. هذه الديناميكية موصوفة بشكل جيد من خلال معادلات النسبية العامة عندما تحتوي على ثابت، "الثابت الكوني"، والذي يأخذ في هذه الحالة قيمة موجبة. لكن في نظرية الأوتار، هذا الثابت هو بشكل طبيعي سلبي، على عكس الملاحظات. توجد محاولات لتكييف نظرية الأوتار مع ثابت كوني إيجابي، لكنها تظل مثيرة للجدل للغاية. التجارب التي تقرر بشكل نهائي ذلك نادرة في العلوم: بشكل عام، تكتسب الفرضيات أو تفقد مصداقيتها وفقًا لتراكم إمكانيات التحقق من القرائن أم لا. حقيقة أن الثابت الكوني هو إشارة معاكسة لما أشارت إليه نظرية الأوتار يضعف الثقة التي يمكن أن يتمتع بها المرء في هذا المسار.

هذه الأمثلة المختلفة للنتائج الرصدية والتجريبية جعلتنا نتقدم فيما يمكن أن تكون عليه الجاذبية الكمومية.

وهكذا، كان على المتخصصين في نظرية الأوتار الذين اعتقدوا في ثمانينيات القرن الماضي أنهم سيحلون مشكلة الجاذبية الكمومية أن يعيدوا النظر في أهدافهم بسرعة.

كان نهج الجاذبية الكمومية الحلقية أقل اهتزازًا بهذه البيانات الحديثة. ومع ذلك، هناك عدد أقل من الباحثين الذين يعملون في هذا المسار ولا يزال يتعين بذل جهد كبير للحصول على تنبؤات كمية يمكن مقارنتها بالتجارب.

رؤية علمية تترسخ:

هناك على وجه الخصوص، ظاهرتان جلبتا تركيز الكثير من انتباه علماء الفيزياء. أولاً، تشير النظرية إلى أن الانفجار العظيم كان من الممكن أن يكون "نعمة كبيرة"، وهي نتيجة حصل عليها في عام 2007 مارتن بوجوالد ، الذي يعمل حاليًا في جامعة ولاية بنسلفانيا. وفقًا لهذه الفكرة، كان الكون في حالة تقلص، وينهار على نفسه. ولكن بسبب الطبيعة المنفصلة للفضاء، عندما يتم الوصول إلى كثافة حرجة، فإن الارتداد كان سيعكس الديناميكيات ويعيد الكون المتوسع. لذلك، لن يولد الكون من تفرد كثافة لانهائية.

وضعت النتيجة صعوبة في العديد من نظريات الجاذبية المعدلة، والتي تتنافس مع النسبية العامة. تم اقتراح هذه لشرح بعض الملاحظات مثل التوسع المتسارع للكون أو المادة المظلمة، لكنها غالبًا ما تتنبأ بأن سرعة هذين النوعين من الموجات يجب أن تكون مختلفة. مرة أخرى، تخبرنا الطبيعة أن بعض اتجاهات البحث كانت خاطئة. ومع ذلك، لمعرفة ذلك، لا يزال يتعين عليك استكشافها.