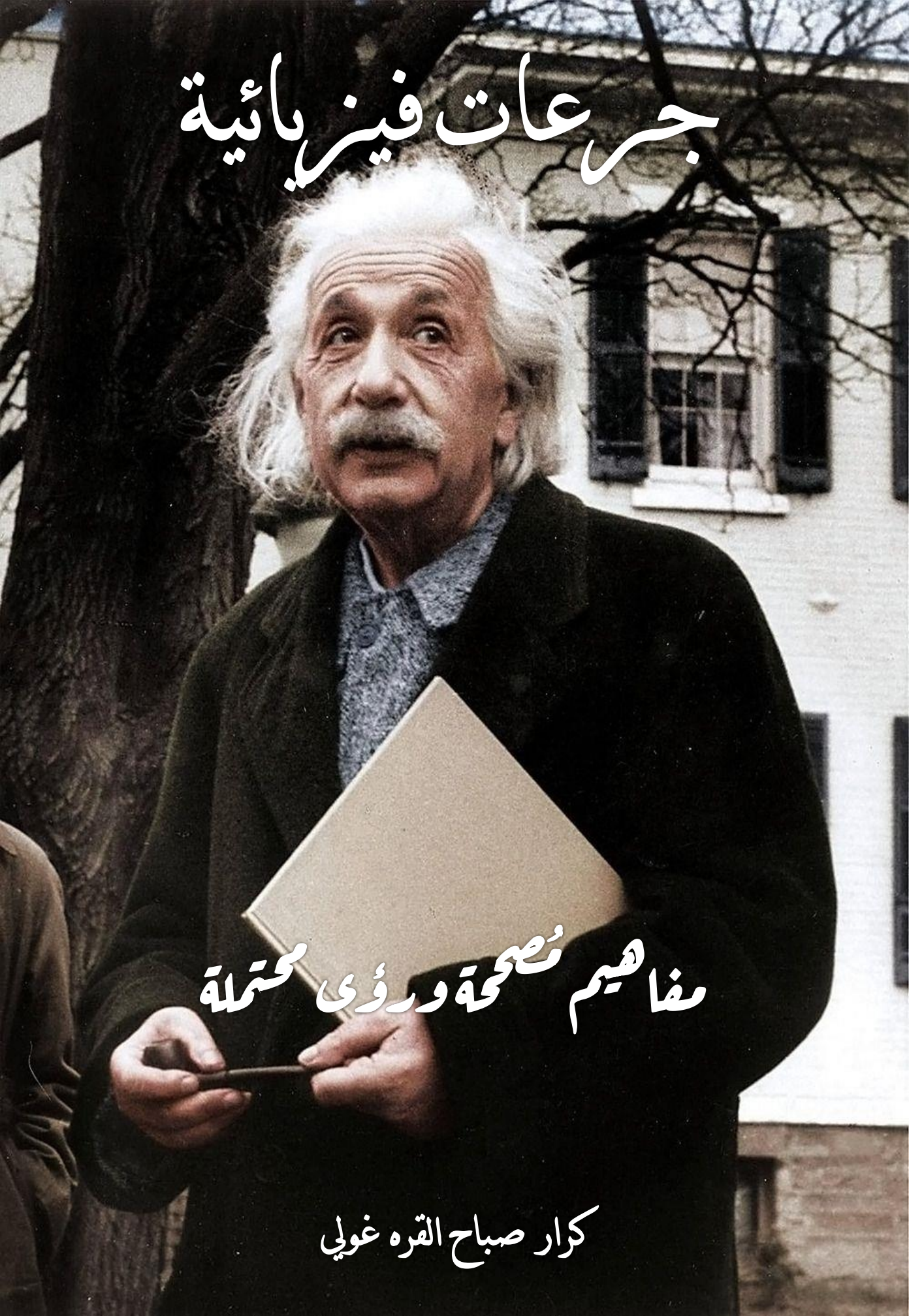
جرعات فيزيائية



مفاهيم مُصححة ورؤى محتملة

كرار صباح القره غولي

جميع الحقوق الإلكترونية محفوظة لدى مكتبة فولة بوك

الى جدتي

مقدمة

هل صحيحٌ ما يقال أن الجاذبية ما هي إلا انحناء الزمكان المحيط بالكتل الفضائية ؟ وهل صحيح ما يُقال بأن المتفردة في مركز الثقب الأسود هي كائن فيزيائي له وجود موضوعي ؟ وهل وسم ميكانيكا الكم وعالمها دون الذري بال"لا حتمية" سليم ؟ وهل نحن قريبون من نقل المعلومات آنيًا بفعل التشابك الكمي؟

بمثل هذه التساؤلات وغيرها ، نبتغي هنا معالجة العديد من التصورات الخاطئة عن بعض أكثر مفاهيم الفيزياء الحديثة مركزيةً . التصورات التي تعج بها أغلب كتب العلم الشعبية pop.science ، التي تهدف إلى تبسيط تلك المفاهيم ، فتفشل وهي في سبيلها هذا على نقل الصورة الدقيقة لتلك المفاهيم ، منكبة على خلق صورة مشوهة في معظم الأحيان ، وهي صورة حقيقتها أكثر إرباكًا مما تناوله تلك الكتب.

كما أن في هذا الكتاب معالجة لسلسلة من الرؤى المفترضة " المحتملة "لمواضيع لم يقل العلم كلمته الأخيرة فيها .وأننا نعالج أيضًا بعض الفروض غير الموفقة التي باتت تُطلق جزافًا من بعض العلماء ، المتناسين لمبادئ المنهج العلمي ومقتضى اللزوم المنطقي .

فبعضهم راح يخلط بين الكون ككل وبين جزئياته ، وبين الوجودين الكبروي والصغروي ، وبين الفرض المستحيل " فيزيائيًا" وبين الممكن رياضيًا ، حتى ضلوا واضلوا عن منهج العلم الكثير ممن كان يرى في العلم بناء منطقي بحت مادته الخام واقع تحت رحمة التجربة التي تعتبر عماد لكل ما يمكن أن يوسم "علمًا" . وفي معالجتنا هذه نعتمد على إشارات من خيرة الفيزيائيين المختصين الذين نبهوا على هذا الحيود عن الوصف الدقيق لتلك الجزئيات المهمة في مصادر شتى "بالأخص **Qoura** حيث أكدوا مرارًا وتكرارًا على الصبغة غير الدقيقة التي طلت بها تلك الكتب أهم المفاهيم والأسس الفيزيائية الحديثة.

١\١١\٢٠٢٠

العراق \واسط \الصويرة

ما هي خصائصُ الثقب الأسود المكون برمته من الإلكترونات؟

إن أهم خاصية لمثل هذا الثقب الأسود هي أنه... غير موجود .

حيث يتجاوز التنافر بين هذه الإلكترونات الجاذبية المتبادلة بينها بكثير. حيث لهذه الإلكترونات أن تتباعد متنافرةً قبل أن تؤول منهارةً إلى ثقب أسود .

ولكن ماذا لو حاولت إجبارها معًا باستخدام بعض التكنولوجيا الفضائية التي لا يمكن تصورها ؟ حسنًا ، تذكر معادلة الكتلة والطاقة؟ ستساهم الطاقة التي أنت مستهلكها في دفع تلك الإلكترونات اتجاه بعضها البعض في كتلة الثقب الأسود . في الواقع ، سوف تهيمن تلك الطاقة المبذولة على كتلة الثقب الأسود . لذا فإن هذا الثقب الأسود سوف يتكون من شيء ما ومقارنة بكتلته العملاقة (التي تأتي من الطاقة المستثمرة في تكوينه) سيكون له شحنة كهربائية صغيرة. لكنه بالتأكيد لن يكون عبارة عن ثقب أسود "مصنوع بالكامل من الإلكترونات" .

هل تعمل نظرية النسبية لأينشتاين على " الساعات الرقمية"؟

لا تعمل نظرية النسبية "على" الساعات ! !

بل تعمل على الأطر المرجعية للمراقب " الراصد " . حيث سيلاحظ الراصد الذي يتحرك بالنسبة إلى "ساعة" أن الساعة تدق بمعدل يختلف عن معدل الساعة التي يحملها الراصد نفسه.

لنكون أكثر دقة ، تخبرك نظرية النسبية بكيفية الترابط بين بعض الأطر المرجعية التي تتحرك بالنسبة لبعضها البعض. لا شيء يحدث ماديًا للساعات أو العدادات أو للراصدين في تلك الأطر المرجعية.

حتى في نسبية غاليلو ، فإن المكان ليس مطلقاً . فالأحداث التي تحدث في موضع ما في إطار مرجعي معين تحدث في موضع مختلف "إحداثيًا" في إطار مرجعي آخر.

لنفترض أنك تسافر في قطار وتتناول غدائك هناك. وما زلت جالسًا في نفس المقعد ، بعد عشر دقائق تشرب قهوتك. يقع الحدثان في نفس الموقع في الإطار المرجعي للقطار.

لكن القطار يتحرك بسرعة ٦٠ ميلاً في الساعة. لذلك في الإطار المرجعي لراصد يقف بجانب الطريق ، فإن نفس الحدثين يقعان على بعد ١٠ أميال.

ومع ذلك ، فإن نسبية غاليلو ، تنادي بالزمان المطلق. قد يختلف الراصدان في القطار وعلى الأرض حول الموضع النسبي للحدثين ، لكنهما سيتفقان على كون الفترة الزمنية بينهما ، ١٠ دقائق.

في نظرية النسبية لأينشتاين ، ليس لهذا الفرض من صحة. حيث سيكون الزمان بين الحدثين مختلفاً عند الراصد الذي في القطار عن الراصد على الطريق.

ما يُستخدم لهذا القياس: سواء كان الساعات الرقمية ، أوالساعات الرملية ، أوالساعات الذرية ، لا يهم. يعتمد مقدار الوقت الفعلي المقاس بين الأحداث على الإطار المرجعي الذي يتم فيه القياس ، وليس على الخصائص الفيزيائية للساعة.

اذا اصطدم فوتونان في الفضاء ، فما الذي ينتج؟

لا تتفاعل الفوتونات بشكل مباشر مع الفوتونات. في الواقع ، في الديناميكا الكهربائية الكلاسيكية ، لا تتفاعل حزم الضوء مع بعضها البعض على الإطلاق ، حيث تمر عبر بعضها البعض دون أي عوائق تمامًا .

ومع ذلك ، في الديناميكا الكهربية الكمومية ، هناك فرصة لأن يتشتت الفوتون لفترة وجيزة الى زوج من الإلكترون والبوزيترون ، والذي يتفاعل بعد ذلك مع الفوتونات الأخرى. يسمى هذا التأثير تشتت الفوتون _فوتون.

إنه تأثير ضعيف للغاية ، وقد لوحظ فقط في التجارب الأخيرة نسبيًا . ومع ذلك ، يصبح هذا التأثير أكثر تجليًا عندما يكون للفوتونات طاقات عالية للغاية (حوالي ٨٠ تيرا إلكترون فولت ، أي ما يقرب من ٥-٦ أضعاف طاقة الجسيمات في مسرع الهادرونات الكبير) . وهذا له أهمية عندما يتعلق الأمر بملاحظات أشعة جاما في كبد السماء ، حيث قد تتشتت فوتونات جاما ذات الطاقة العالية جدًا عن فوتونات الخلفية الكونية الميكروية. هذا يحدث بالفعل ، ويخلق حدًا أعلى لطاقة الفوتونات التي نتلقاها من

الفضاء السحيق ؛ حيث بتجاوز طاقة معينة ، تزداد فرص تشتت الفوتون بشكل ملحوظ .

عندما يتبخر آخر ثقب أسود في الكون ، سيكون هناك إشعاع فقط في كونٍ خالٍ. إذا بدأ الكون في الانكماش ، فما الذي سيحدث عندما يتم ضغط كل الإشعاع؟ هل سيكون هناك انفجار كبير آخر؟ هل سيتحول الإشعاع إلى مجرات؟

أحدى السيناريوات المحتملة التي تصف الكون في المستقبل البعيد جدًا ، هو أن كل المادة ستنهار في ثقوب سوداء ثم تتبخر تلك الثقوب السوداء على شكل إشعاع هوكينغ .

لكن كون مثل هذا لن يتقلص مرة أخرى. لأن ذات المعادلات التي تجعل هذا المستقبل ممكنًا تصف أيضًا كونًا مستمرًا في التوسع إلى الأبد .

ففي مثل هذا الكون ، تتحول كل الكتلة _ الطاقة في النهاية إلى إشعاع حراري . ومع استمرار الكون في التوسع ، يتزايد انزياح هذا الإشعاع نحو الأحمر .

الناتج النهائي لهذه العملية بعد فترة زمنية لانهائية هو كون أبدي فارغ: مكان وزمان خاليان من أي شيء فيهما .

إذا كانت ميكانيكا الكم للأشياء الصغيرة جداً والنسبية العامة للأشياء الكبيرة جداً ، فماذا عن الأشياء الواقعة بينهما؟ هل يوجد حجم / حالة لا يعمل فيه النموذجان؟

في حين أنه من الصحيح أن ميكانيكا الكم ترتبط عادةً بالأشياء الصغيرة جدًا ، فإن هذا ليس هو الحال دائمًا . قد يكون التعبير الصحيح هو "درجات حرية قليلة" degrees of freedom، أي بضع طرق مستقلة لنظام ما للتحرك ، والدوران، والتذبذب ، وما إلى ذلك.

يمكن للإلكترون أن يتحرك في ثلاثة اتجاهات مكانية وله حالتي لف مغزلي SPIN . وهذا يعني أن لديه ثلاث درجات مكانية من الحرية ودرجة دوران إضافية من الحرية مع قيمتين منفصلتين. فليس القياس "الحجم" الفيزيائي للإلكترون ، ولكن درجات الحرية القليلة التي يمتلكها هي التي تجعل سلوكه كموميًا بشكل واضح.

كلما زادت درجات الحرية ، زاد "متوسط" أي سلوك كمي ، إذا جاز التعبير. لذلك يتلخص الأمر حقًا في المستوى المتوقع من الدقة عندما يكون من المناسب الإعراض عن ميكانيكا الكم واستخدام الفيزياء الكلاسيكية.

أما بالنسبة للنسبية العامة ، فهي صالحة أيضًا في المجالين الكلاسيكي والكمي. إن عنوان أحد كتبي المفضلة ، لعالم الفيزياء الشهير روبرت والد : "نظرية المجال الكمي في الزمكان المنحني والديناميكا الحرارية للثقب الأسود". العنوان يقول كل شيء: من الواضح أنه من الممكن عمل نظرية مجال كمي في الزمكان المنحني للنسبية العامة.

إذن ما الذي سمعته عن عدم توافق النظريتين؟ إن لهذا شأن فقط فيما يتعلق بمصدر الجاذبية. حيث تخبرنا النسبية العامة أن الجاذبية (أي انحناء الزمكان) مصدرها مترية الجهد والطاقة والزخم للمادة. في النسبية العامة ، تتكون هذا المترية من مجموعة من الأرقام العادية. في حين أن الأمر ليس كذلك في فيزياء الكم: حيث تُستبدل الأرقام بأشياء (عادةً ما يتم تمثيلها بواسطة عوامل رياضية) تخضع لقواعد حسابية مختلفة.

لذا فإن المعادلة الأساسية للنسبية العامة ، معادلة مجال أينشتاين ، تصبح غير منطقية:

فهي تساوي بين التفاح (الأعداد الحقيقية) من جانب مع البرتقال (غير الأعداد) على الجانب الآخر.

سيكون الحل المتوقع لهذا اللغز هو تحويل الجاذبية إلى نظرية مجال كمي ، لكن هذا لم ينجح حتى الآن ، لأسباب تقنية عميقة. الحل الآخر هو عملية بسيطة، ولكنها تعمل بشكل جيد ومدهش: استبدال مترية الجهد–الطاقة–الزخم "الكمية" بما يسمى بقيمة التوقع ، وهي في الأساس متوسط "معدل" ، والتي تكون في شكل أرقام. عندما نفعل ذلك ، نحصل على نظرية (تسمى الجاذبية شبه الكلاسيكية) تعمل بشكل لا تشوبه شائبة تقريبًا في كل مكان باستثناء اللحظات الأولى للانفجار العظيم وفي أعماق الثقوب السوداء ، بالقرب من المتفردة.

لدينا تزاوج سليم بين نظرية المجال الكمومي والنسبية العامة في كل مكان آخر ، حيث نحظى بتنبؤات بمستوى معقول من الدقة يمكننا تكرارها من خلال التجربة أو الملاحظات الفلكية.

هل حل هيو إيفريت "نموذج تعدد العوالم " مشكلة قطة شرودنجر؟

إنها لم تكن "مشكلة" قط. بل كانت برهانًا بالخلف. اعتقد شرودنجر بأن فكرة "كون النظر إلى القطة قد أدى إلى انهيار دالة الموجة وأن القطة قبل ذلك كانت موجودة في تراكب حالة ميتة_حية "هي فكرة سخيفة تمامًا ولا يمكن لأي أحد الاعتقاد بصحتها . لذلك ابتكر هذا المثال ليقول ، "انظر ، لا يمكنك تصديق ذلك!" لقد كان مُحقًا في الواقع ، وتقول النظرية الحديثة لإزالة التراكب الكمي decoherence theory أن كون القطة على قيد الحياة أم ميتة يُحدد عند النقطة التي تتشابك فيها الحالات المحتملة مع البيئة ، أي بمجرد تفاعل الجسيم المشع مع الكاشف.

حلَ إيفريت مشكلة كيفية اتساق هذا مع التطور الخطي لمعادلة شرودينجر بالقول إن كل شيء يستمر في التطور خطيًا لكن النتائج تصبح متعامدة orthogonal، لذلك لا يمكن للنتائج المختلفة (أوقات مختلفة من موت القطة) أن تتفاعل فيما بينها أبدًا ، لذلك نحن موجودون في تراكبات لا تتداخل فيما بينها تتأتى "كعوالم" مختلفة. لكن إيفريت لم

يستطع شرح كيف دخلت الاحتمالية في هذا (رغم أنه حاول) . فما الذي يعنيه الاحتمال عندما تتحقق كل الاحتمالات؟

لماذا يتحول الفوتون إلى الأحمر أثناء انتقاله عبر الفضاء المتوسع؟

ليس من الصحيح القول بأن الفوتون يتحول إلى اللون الأحمر أثناء ترحاله في الكون المتوسع. حيث أن الانزياح نحو الأحمر ليس شيئًا كامنًا في الفوتون.

بدلاً من ذلك ، فأنك كراصد قابع في إطار مرجعي مغاير للشيء أو الوسط الذي أطلق هذا الفوتون ، هو العلة الأولى لهذا الانزياح الظاهر.

أولاً ، حتى عندما تكونان "كراصدين في أطارين مغايرين" في حالة سكون بالنسبة إلى الخلفية الكونية الميكروية ، فأنكما تتحركان بالنسبة لبعضكما البعض: وهذا يعني أن الانزياح نحو الأحمر هو انزياح دوبلر المعتمد على السرعة النسبية بين الراصدين.

ثانيًا ، عندما يحدث الانبعاث والامتصاص في أزمان مختلفة ، وفي ذات الوقت يصبح الكون أقل كثافة ، يتغير مقدار طاقة الجاذبية. لذا فإن تمدد الزمن بفعل الجاذبية يختلف في وقت الانبعاث إزاء وقت الامتصاص. ينتج عن هذا مساهمة جاذبية إضافية في الانزياح الأحمر للراصد.

نتيجة لهذه الاختلافات بين الإطارين المرجعيين ، ستلاحظ الفوتون بتردد مختلف مقارنة بالتردد الذي أنبعث.

لا يمكن لثقب أسود منفرد أن يفقد شيئًا من كتلته ، باستثناء إشعاع هوكينغ ، ولكن عند اندماج اثنين من الثقوب السوداء يتم إطلاق الكتلة كموجات جاذبية. كيف يحدث هذا؟

لا يوجد ثقب أسود يفقد كتلته عند الاندماج مع ثقب أسود آخر. لكن النظام الكُلي يحول الطاقة من شكل إلى آخر منصاعًا لقانون حفظ الطاقة.

في البدء ، لدينا ثقبان أسودان بالكتل المعطاة ، بعيدين جدًا عن بعضهما البعض بحيث تكون طاقة الجاذبية الكامنة بينهما ضئيلة ويمكن اعتبارها صفرًا.

كلما اقتربا من بعضهما البعض ، فإن طاقة الجاذبية الكامنة ، وهي كمية سالبة ، تصبح أكبر وأكبر في المقدار (أي عدد سالب أكبر من أي وقت مضى). وهذا بدوره يقابله زيادة في الطاقة الحركية حيث يتحرك الثقبان الأسودان بشكل أسرع وأسرع.

ولكن نظرًا لأنهما لا يتحركان في خط مستقيم ، فإن مساراتهما تُقاد في منحنيات لولبية داخلية من خلال جاذبيتهما المتبادلة ، ويتم تحويل الكثير من تلك الطاقة الحركية إلى

موجات جاذبية وتشع بعيدًا إلى اللانهاية. هذا له تأثير على إبطاء الثقوب السوداء وهو في الواقع السبب وراء اندماجها مع بعضها البعض بدلاً من أن يدوران حول بعضهما البعض بسعادة إلى الأبد .

عندما تتحد الثقوب السوداء أخيرًا ، تندمج آفاقها "أفق الحدث لكل ثقب" ، وتستقر في تكوين جديد ، يكون الثقب الأسود الناتج عبارة عن مزيج من أربعة أشياء : الثقبان الأسودان مع كتلتيهما ، والطاقة الحركية المشتركة للنظام والجاذبية الناتجة، والطاقة الكامنة للنظام.

تحدد هذه الكميات معًا إجمالي كتلة الطاقة للثقب الأسود المدمج الناتج. باختصار ، لا شيء يُأخذ من داخل أي ثقب أسود . حيث تُراعى ديناميكيات النظام بأكمله.

إذا كان بإمكان الثقوب السوداء أن تفقد كتلتها ، ألا يعني ذلك منطقياً أن الكتلة "تخرج" من الثقب الأسود (على عكس حقيقة أنه لا يمكن لأي شيء أن يخرج من الثقب الأسود)؟

للإجابة على هذا السؤال ، من المهم أولاً التمييز بين الثقب الأسود النجمي الذي يتشكل من الانهيار النجمي مقابل الثقب الأسود "البدائي" المحتمل الذي ربما كان موجودًا منذ البدأ .

لماذا ا ؟ نظرًا لأن الثقب الأسود النجمي "على الرغم من أنه لا يمكن تمييزه عن الثقب الأسود البدائي من خلال الملاحظة" مختلف تمامًا عن ذلك البدائي . هذا بسبب تمدد الزمان بفعل الجاذبية الشديدة في وجود جاذبية الثقب الأسود التي ستتشكل قريبًا : الأشياء التي تقترب من أفق الحدث (الذي سيتشكل قريبًا) ستبدو للراصد الخارجي وكأنها تتباطأ تمامًا . يشبه الأمر إبطاء فيلم بمعدل متزايد بشكل كبير: مع استمرار زيادة الوقت بين الأطر ، ستكون هناك أطر في هذا الفيلم لا تنتهي أبدًا على الشاشة . أفق الحدث نفسه على هذا النحو ، فهو يظل عالقًا إلى الأبد في المستقبل .

ولهذا السبب كان يطلق على الثقب الأسود في كثير من الأحيان اسم "النجم المتجمد" في الأدبيات العلمية القديمة. ولهذا السبب أيضاً ، فإن الورقة الأولى التي تصف تكوين ثقب أسود نجمي ، عام ١٩٣٩ كتبها أوبنهايمر وسنايدر ، تتحدث عن "الانكماش الجاذبي المستمر".

لذلك بالنسبة للثقب الأسود النجمي ، لا يوجد تناقض حقاً: إذا تسبب إشعاع هوكينغ في فقدان الكتلة ، فإن هذه الكتلة المفقودة لا تزال خارج الأفق ، والتي لم تتشكل هي نفسها بعد ، لذلك إذا تبخر الثقب الأسود بكمية محدودة من الوقت ببساطة لا يتشكل الأفق أبدًا.

ستكون الأمور مختلفة إذا كان هناك ثقوب سوداء "مكتملة التكوين". هذه الثقوب السوداء "البدائية" التي يُعتقد أحياناً أنها موجودة تأتي بآفاق مكتملة التكوين. ومع ذلك ، عندما يتعلق الأمر بإشعاع هوكينغ ، لا شيء يخرج من الثقب الأسود. بدلاً من ذلك ، ما "يدخل" الثقب الأسود هو الطاقة السالبة.

هذا ليس مجرد تلاعب ذكي بالكلمات: ما يرقى إليه هو أنه حتى مع استمرار انتقال التأثيرات السببية من الخارج إلى الداخل ، تنتقل الطاقة من الداخل إلى الخارج.

لكن بدلاً من محاولة شرحها أكثر ، اسمحوا لي أن أشير إلى أنه لا توجد ثقوب سوداء بدائية معروفة ؛ وجودها مجرد تخمين ، عادة في سياق نظريات أكثر غرابة. الثقوب السوداء الوحيدة المعروفة في الواقع هي الثقوب السوداء النجمية الناتجة عن الانهيار وربما أحداث الاندماج ، وتبقى آفاق هذه الثقوب السوداء إلى الأبد في المستقبل ، كما بين أعلاه.

لماذا تنهار قوانين الفيزياء عند المتفردة؟

عندما يشير الفيزيائي إلى المتفردة فإنه يشير عمومًا إلى مُعطى لا نهائي. أو على وجه التحديد ، كمية تدنو من اللانهاية كلما دنت أخرى من الصفر .

ليس صحيحًا أن نقول إن جميع قوانين الفيزياء تنهار عند المتفردة. يمكنك أن تتخيل المعضلات التي سنكون إزاءها – كيف نفسر كتلة غير محدودة أو طاقة غير محدودة أو قوة غير محدودة؟ عادة ، نفترض أن هناك مجموعة جديدة من القوانين أو طريقة جديدة للنظر في المشكلة تجعل التفرد الظاهر يختفي.

قد تكون على دراية بقانون هوك للقوة التي يمارسها الزنبرك : $F=kx$ حيث k هي معامل شد الزنبرك و x هي المسافة الممتدة. بكتابة المعادلة بالشكل $k=F/x$ ، يبدو أنه إذا قارنت الشد بين أي نقطتين في الزنبرك ، فإنه يزداد ويزداد كلما قلت المسافة بين النقطتين ، ومن ثم ند أنفسنا إزاء شد لا نهائي بين نقطتين متباعدتين بشكل متناهي الصغر !

لكن بالطبع هذا ليس صحيحًا . إذا كنت تريد معرفة ما يحدث على مسافات صغيرة ، فلا يمكنك استخدام الفيزياء الكلاسيكية الماثلة بقانون هوك . لم يعد قانون هوك ساريًا وعليك استخدام الفيزياء الذرية لشرح خصائص الزنبرك . لذلك في المقاييس الكلاسيكية الكبيرة (قانون هوك) ، لم يكن هناك معيار مسافة أساسي: يمكن أن يكون x صغيرًا بمقدار ما تريد . لكن في مرحلة ما ، ينهار هذا القانون . في النظرية الصغيرة (ميكانيكا الكم والفيزياء الذرية) يوجد معيار أساسي للمسافة: التباعد الذري . يمكننا القول أنه مشكلة التفرد قد حُلت .

يشعر معظم الناس بالقلق إزاء المتفردات التي تنطوي عليها النسبية العامة: مثل التفرد المفترض تموضعه في مركز الثقب الأسود والتفرد الذي تتنبأ به النسبية العامة الكلاسيكية عندما كان كوننا في اللحظة الأولى من مولده . إذا حاولت تطبيق قوانين النسبية العامة في هذه المواقف ، فستجد حتمًا نفس خصائص اللانهاية التي تحدثنا عنها مع الزنبرك . كيف سننجو من هذه المتفردات؟ نتوقع أن تقوم ميكانيكا الكم بالمهمة لأنها النظرية التي تصف الفيزياء بشكل صحيح على مقاييس المسافات الصغيرة . لسوء الحظ

، بينما لدينا نظريات جيدة للفيزياء الذرية ، ليس لدينا نظرية جيدة عن الجاذبية الكمية. يعتقد الكثير منا أن نظرية الأوتار ستوفر في النهاية الحل لهذه المشاكل.

باختصار ، فإن التفرد يمثل اللانهاية ولسنا معتقدين عمومًا أن الطبيعة لانهائية.

بما أن كل شيء في الكون يتوسع ، فهل النجوم التي نراها اليوم تتلألأ في سماءنا لن تكون في مكانها بعد مليون سنة؟

ليس كل ما في الكون يخضع للتوسع . ففي الواقع ، توقفت أشياء شتى في الكون عن التوسع منذ فترة طويلة. إن التوسع الكوني ليس ما يمكن أن يوصف بأنه قوة ما . بل أن الكون ولد في حد ذاته في حالة من التباعد . ومع ذلك ، فإن الأشياء التي تكّون لبنات هذا الكون جُمعت سويًا بوساطة جاذبيتها الخاصة والتي تُعتبر "قوة" .

تعمل الجاذبية بشكل عام على إبطاء التوسع ، وفي مناطق الكون التي كانت أكثر كثافة قليلاً من المتوسط كانت تلك الجاذبية كفيلة لوضع حد للتوسع تمامًا .

هذه الكتل من المادة توقفت منذ دهور. اليوم ، هذه المجموعات من المواد هي ما نسميه العناقيد المجرية ، التي تحتوي على المجرات ، والتي تحتوي بدورها النجوم.

من المهم أن ندرك أن النجوم التي يمكننا رؤيتها بالعين المجردة ، هي في الواقع ، قريبة جدًا من نظامنا الشمسي ، أي في محيطنا المجري. في الواقع ، إنها تشكل نقطة صغيرة جدًا من مجرتنا ، درب التبانة. لذلك ليس للتوسع من حظوة بهذه النجوم.

إن مجرة درب التبانة ، وفي الواقع المجموعة المحلية من المجرات بأكملها التي تمثل مجرة درب التبانة إحداها ، توقفت عن التوسع منذ وقت طويل نتيجة لفعل جاذبيتها الخاصة.

أثناء قراءتك لما سُطِّر هنا ، فإن تلك النجوم التي تراها لن تكون في الواقع حيث هي. ناهيك عن مليون سنة . وذلك لأنها ، شأنها شأن الشمس ، تدور حول مركز درب التبانة ، لكن مداراتها تختلف عن مدارات الشمس. لذا هناك حركة نسبية كبيرة بين نظامنا الشمسي وهذه النجوم. في الواقع ، في كثير من الحالات ، يمكن لعلماء الفلك قياس هذه الحركات في السماء! تخيل الآن ، إذا تحرك نجم في السماء بسرعة كافية لعلماء الفلك لاكتشافه بعد بضع سنوات فقط من الملاحظات ، إلى أي مدى سيتحرك هذا النجم ، على سبيل المثال ، ٥٠٠٠ سنة! (أي أن السماء التي شاهدها المصريون القدماء كانت مختلفة تمامًا عن السماء التي نراها اليوم).

لكن هذا لا علاقة له بالتوسع الكوني. يؤثر التوسع الكوني على المجرات المتباعدة ، (على الأقل) عشرات الملايين من السنوات الضوئية ، وليس النجوم القريبة ، التي تبعد عن بعضها بضع عشرات من السنوات الضوئية أو أقل.

هل المجال الكهرومغناطيسي "في كل مكان" بنفس الطريقة التي تكون بها قوة الجاذبية في كل مكان وتؤثر على كل الكتل؟

من المهم التمييز بين ثلاثة مفاهيم:

١. المجال.

٢. تحفيز (اثارة) المجال.

٣. تفاعلات (قوى) المجال.

فيما يتعلق بالمفهوم الأول ، في الواقع ، فإن كل من مجالي الكهرومغناطيسية والجاذبية **موجودان في كل مكان** ، حتى في حالة الغياب التام للمادة أو التحفيز ، فإنها توجد في ما يسمى "الحالة الدنيا".

أما فيما يتعلق بالمفهوم الثاني ، فإن المجال الكهرومغناطيسي الذي يحظى بطاقة من مصدر ما ، يطلق على هذه الحالة التحفيز (الاستثارة). وإذا كان المجال مجالاً كموميًا ، ينشأ هذا التحفيز أو يُفنى كوحدة واحدة "كم" في كل مرة.

نحن نحب أن نفكر بلغة الجسيمات ، ولكن في عالم نظرية المجال ، فإن الجسيمات ما هي إلا مجرد تحفيزات أو اثارات أولية للمجال. عندما نقول أن الإلكترون يبعث فوتون ، فإن ما يحدث بالفعل هو أن مجال الالكترون (نعم ، هذا مجال أيضاً) يتفاعل مع المجال الكهرومغناطيسي ، وينقل اليه طاقةً وزخماً ، مما يخلق "وحدة " إثارة في المجال الكهرومغناطيسي . يعمل مجال الجاذبية بالمثل. بالطبع لا نعلم على وجه اليقين ما إذا كان مجال الجاذبية مجالاً كميًا (لم ينجح أحد في معايرة الجاذبية حتى الآن) ولكن حتى إذا لم يكن كذلك ، فإنه لا يزال مجالاً يمكنه حمل التحفيز أو الإثارة ، حتى إلى أماكن بعيدة ، في شكل موجات جاذبية ، تمامًا مثلما يحمل المجال الكهرومغناطيسي الضوء .

أخيرًا ، فيما يتعلق بالنقطة الثالثة ، يمكن أن تتفاعل الأشياء بعضها مع بعض من خلال مجالاتها . على سبيل المثال ، يمكن للإلكترونات التنافر مع بعضها البعض من خلال تبادل التحفيز من خلال المجال الكهرومغناطيسي. وبالمثل ، تجذب الكتل بعضها البعض من خلال مجال الجاذبية. في حين أنه من الصحيح أن تأثير الشحنة الكهربائية أو الكتلة ، على الرغم من أنه يتناقص مع المسافة ، موجود في كل مكان ، إلا أن هذا ليس هو

نفس المجال الموجود في كل مكان. المجال الكهرومغناطيسي (غير المُحَفز) موجود في كل مكان حتى عندما لا تكون هناك شحنات ولا قوى كهربائية. وبالمثل يكون مجال الجاذبية (غير المُحَفز) موجود في كل مكان حتى عندما لا تكون هناك كتل ولا قوى جاذبية.

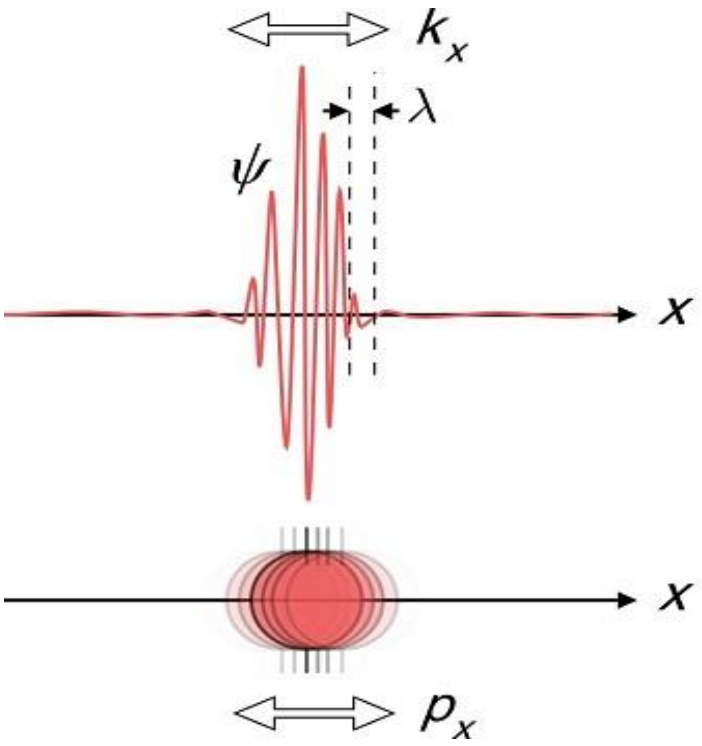
هل يمكننا تجاوز مبدأ عدم اليقين لهايزنبرغ من خلال قيام شخص بقياس موضع الجسيم ، بينما يقيس شخص آخر زخمه ، لكن الشخصان لا يتحدثان مع بعضهما البعض ، و يعطيان نتائجهما لطرف ثالث؟

كلا .

يجد الكثير من الناس صعوبة في تفهم هذا الشيء ، لأننا نميل ، بطبيعة الحال ، إلى التفكير في "الراصد" على أنه **"شخص ينظر إلى شيء ما"** .

من الناحية الفيزيائية ، فإن الراصد هو أي شيء تعتمد حالته بطريقة غير عكسية ثرموداينميكيًا على حالة الشيء المرصود . إذا كنت تستخدم جهازاً لقياس الجسيم ، فإن الجهاز ، وليس الشخص الذي ينظر إليه ، هو الراصد .

لا يعني ذلك أننا عاجزون ولا نستطيع معرفة الموضع المطلق والزخم المطلق للجسيم في نفس الوقت ، بل أن الجسيم ذاته ليس له موضع وزخم مطلقين في نفس الوقت .



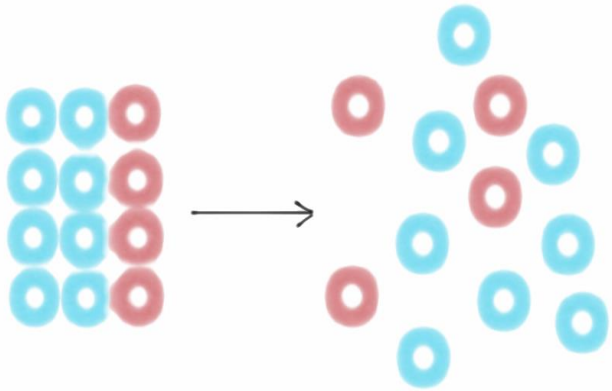
لا شيء في العالم الكلاسيكي يتصرف بهذا الشكل. ربما تفكر في الجسيم ككرة صغيرة، لكنه ليس كذلك. إن الجسيم الكمومي غامض ، منتشر في الفضاء، له طول موجي. إنه ليس كرة صغيرة. إنه ليس مماثلًا لأي شيء يطابق حدسك.

لا يوجد حل ، لا توجد طريقة ذكية لتجاوز هذا المبدأ ، لأن الجسيم ذاته ليس لديه موقع وزخم مطلقين في نفس الوقت.

ما هو أسهل تعريف لـ "الانتروبيا"؟

إنها **مقياس دقيق للفوضى**. إن الغاز الذي تنتشر جزيئاته على حجم معين إنتشارًا غير منظم ، يُقال بأنه ذو انتروبيا عالية ؛ أما الغاز الذي تصطف جميع جزيئاته في زاوية واحدة من الصندوق بشكل منظم للغاية لديه انتروبيا منخفضة.

الحالة الأقل تنظيما لها العديد من الطرق المختلفة التي يمكن أن تتأتى خلالها ، وهذا يجعلها **أكثر احتمالا**. يمكن ذكر قانون زيادة الإنتروبيا على النحو التالي: إذا كان لديك احتمالية منخفضة (أي شديدة التنظيم) و عمليات طبيعية قيد العمل ، فمن المرجح أن نُساق إلى التكوين المحتمل للغاية (أي الى حالة ضعيفة التنظيم).



هل هذا يبدو وكأنه ثرثرة؟ أنه "القانون الثاني للديناميكا الحرارية" الذي يؤسس لشطر كبير من الفيزياء الحديثة . هو طريقة رائعة للقول أن التكوينات ذات الاحتمالية العالية هي أكثر حظوة من التكوينات غير المحتملة. (لب القانون يكمن في الطريقة التي يتم بها تقدير الاحتمال لأي تكوين معين) .

لماذا يبدو الكون مُظلماً بشكل عام ، مع الأخذ في الاعتبار أن الضوء يأتي من كل اتجاه من السماء تقريباً ؟

إن هذا السؤال "القديم" يُعرف باسم "مفارقة السماء المظلمة" أو "مفارقة أولبر" .

في عالم مرصود وذي حجم لا نهائي ، مع عدد لا نهائي من النجوم ، فإن من المتوقع أنك أيما وجهت بصرك في الكون فإنه سيتقاطع مع نجم ما .

من الواضح أن الكون المرصود **محدود** . وهو ليسَ محدودًا ككونٍ فقط ولكنه محدود في كثافة النجوم والحد الأقصى لعمر النجوم (لا توجد نجوم أقدم من ٢٠ مليار سنة) .

هذا يفسر كون السماء مظلمة. فليس الكون ذا عدد لا نهائي من النجوم ، وليست لنجومه الأزلية بأي شكل من الأشكال ، فقد تتقاطع عين الراصد مع مقطع فضائي خالي من النجوم ، أو ذي نجوم لم يصل ضيائها لنا بعد .

هل التاخيونات موجود؟

التاخيون هو جسيم افتراضي ، على عكس جسيمات المادة العادية التي تقتصر على أن تكون دائمًا أقل من سرعة الضوء ، يقتصر دائمًا على أن يكون **أعلى من سرعة الضوء** .

مثل هذه الأشياء – إذا كان لها طاقة ملحوظة – يجب أن يكون لها "كتلة خيالية" – أي ، بدلاً من أن يكون لها كتلة $2kg$ ، سيكون لها كتلة $2i\ kg$ =$2\sqrt{-1}$.

في عام ١٩٠٧ ، أظهر ألبرت آينشتاين أنه إذا كان من الممكن إرسال إشارات أسرع من الضوء ، فسيكون بعض الراصدين القصوريين قادرين على ملاحظة الاثر سابقًا للسبب خاصته .

فإذا قمت بإطلاق النار على شخص بمسدس من التاخيونات ، فإن شخصًا يتحرك بسرعة كافية سيراقب الشخص يموت قبل أن يصاب .

هذا انتهاك للسببية – شيء نعتقد أنه جزء حيوي من هيكلية الزمكان. الوضع الحالي للتاخيونات أنها ليست ممنوعة. لا يوجد شيء حتى الآن في قواعد الفيزياء لدينا يقول أن التاخيونات لا يمكن أن توجد . . فقط لأنه غير محظور لا يعني أنه موجود .

نظرًا لأنه سيكون من مقتضيات التاخيونات الحصول على كتلة خيالية ، وقدرتها على انتهاك السببية ، بالإضافة إلى حقيقة أنه لم يُرصد أي تاخيون في الطبيعة ، فإن معظم الفيزيائيين يعتبرونها أشياء غير طبيعية.

هناك بعض الجدل حول ما إذا كان سيتم إقصائها في نظرية مستقبلية ، أو إذا كانت ستظل إلى الأبد شيئًا غير محظور ، ولكنه ببساطة غير موجود .

بالطبع ، لم يمنع هذا الأشخاص الذين يحاولون البحث عن التاخيونات – سيكون من الحماقة ألا نفعل ذلك ، لأنها ستقدم نظرة ثاقبة في مجال جديد تمامًا من الفيزياء .

ومع ذلك ، وبصرف النظر عن الإنذار الكاذب للنيوترينو في عام ٢٠١١ ، لم يلاحظ أي شيء على الإطلاق لديه حركة فائقة لسرعة الضوء .

إن الوضع الحالي للتاخيونات هي أنها تركيبات رياضية صالحة لا تنتهك أي قوانين على وجه الخصوص ، لكنها :

أ) مقيتة للغاية لأنها تناقض مفهومنا للسببية.

ب) لا يوجد مكان حيث يمكننا العثور عليها .

ما هي الكتلة بالضبط في ميكانيكا الكم؟ هل هي تفاعل الجسيمات مع مجال هيجز أم ماذا؟

كتلة الجسيم في نظرية المجال الكمي النسبية هي طاقته الذاتية. يمكن أن يكون لهذا ، من حيث المبدأ ، ثلاثة مصادر: الكتلة السكونية ، والتفاعل مع الفراغ ، وفي حالة الجسيمات المركبة ، التفاعل بين جزئياته المُركبة.

بالنسبة لمعظم الجسيمات في النموذج المعياري فإن الكتلة السكونية ليست خيارًا ، لأنها ستكسر التناظر المعياري للنظرية ، وهو أمر ضروري للنظرية للعمل.

التفاعل مع الفراغ أمر آخر، ينشأ هذا بالنسبة للفرميونات من خلال التفاعل مع مجال هيجز. عادة ما يكون هذا مجرد تفاعل جسيم ، أي أن الإلكترون قد يتفاعل مع جسيم هيجز عند التصادم بينهما . من الواضح أنه ليس كتلة. ومع ذلك ، هناك كسر للتماثل ، والذي يحدث لأن أدنى حالة طاقة لمجال هيجز ليست الحالة التي يكون فيها المجال خاليًا من الإثارة. يحتوي مجال هيجز على قيمة توقع للفراغ غير صفرية .

وأخيرًا ، تحصل جسيمات مثل البروتونات والنيوترونات على معظم كتلتها من طاقة الربط النووية القوية التي تربط الكواركات المكونة معًا .

هل تزداد الكتلة حقاً مع الاقتراب سرعة الضوء؟

الجواب هو. . . . أنه يعتمد على الشخص الذي يسأل.

الشيء المهم الذي يجب تذكره بشأن النسبية هو أن الأشياء في المراجع القصورية دائمًا ما تبدو طبيعية من وجهة نظر الراصد في ذلك الإطار.

بمعنى آخر ، إذا اشتريت سفينة فضائية بطول ١٠٠ متراً يبلغ وزنها ١٠٠٠ طن ، وساعة فائقة الدقة تدق مرة واحدة في الثانية ، ويشتري صديقك سفينة مماثلة ، وهو يحوم حول القمر بسرعة قريبة من سرعة الضوء ، يحدث ما يلي:

أنك لا تزال تقيس سفينتك بطول ١٠٠ متر ، وكتلة ١٠٠٠ طن ، وتدق ساعتك مرة واحدة في الثانية.

لا يزال صديقك يقيس سفينته بطول ١٠٠ متر ، وكتلة ١٠٠٠ طن ، وتدق ساعته مرة واحدة في الثانية.

أعد قراءة هاتين الفقرتين حتى تتبين أن كل شيء يبدو دائمًا طبيعيًا من الإطار المرجعي الخاص به.

في ذات الوقت ستبين قياساتك لسفينته أنها بطول ٥٠ متراً تقريبًا ، ويصل وزنها إلى ٢٠٠٠ طن ، وتدق ساعته مرة واحدة كل ثانيتين.

وإذا إبتغى هو قياسًا لسفينتك سيرى أن طولها حوالي ٥٠ متراً ، وكتلتها ٢٠٠٠ طن ، ويسمع أن صوت ساعتك يدق مرة لكل ثانيتين لدية.

أعد قراءة هاتين الفقرتين حتى تتبين: يكون القياس مختلف عند قياسه من إطار مرجعي مختلف.

هذا ليس ذي معنى للدماغ الذي تطور للتعامل مع السرعات الموجودة في سهول أفريقيا . ولم يكن أي إنسان في وضع يمكن فيه اكتشاف الآثار النسبية من قبل الحواس البشرية. لذا لا توجد طريقة يمكن أن يتكيف بها حدسنا لجعل هذه الأشياء "منطقية" .

وليس على الكون أي التزام ليكون منطقيًا . إذا كنا قد تطورنا أثناء محاولتنا تجنب النمور النسبية ، فإن النسبية الخاصة ستكون أكثر منطقية بالنسبة لنا .

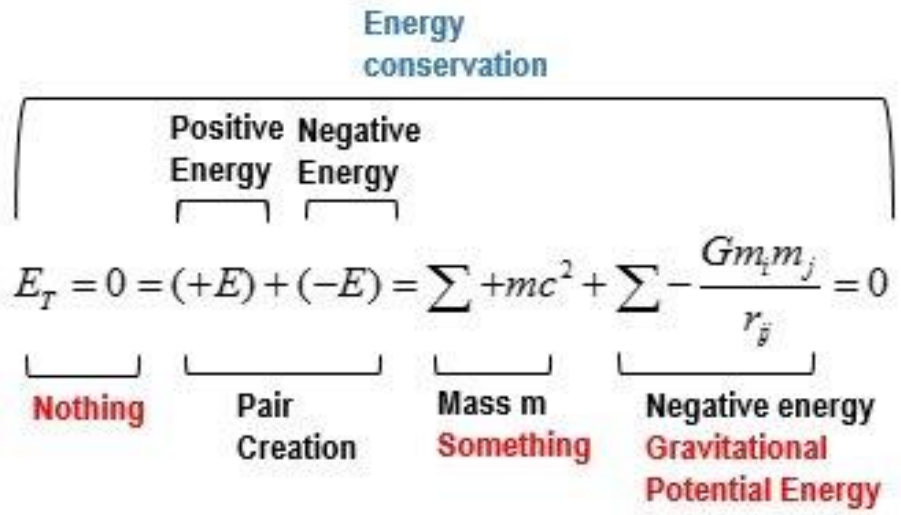
هل تتعارض نظرية الانفجار الكبير مع القانون الأول للديناميكا الحرارية ، الذي ينص على أن المادة لا تُفنى ولا تُستحدث من العدم؟

أن أحد "السيناريوهات الممكنة" هو أن الطاقة الكلية للكون تساوي صفرًا . هذا لأنه بالإضافة إلى طاقتي الكتلة والحركة "الموجبتين" ، هناك طاقة الجاذبية الهائلة "السالبة" . لذا فإن الطاقة الفعلية للكون هي صفر ، ولا توجد مشكلة في حفظ الطاقة ؛ إنها صفر ، ودائمًا ما كانت كذلك.

صفر؟ نعم هذا ممكن. يصعب ملاحظة الطاقة الكامنة ما لم تحاول الانتقال إلى موضع مختلف تمامًا .

أقول "ممكن" لأنه إذا أجريت حسابًا كلاسيكيًا للطاقة الإجمالية ، وافترضت أن كثافة الكتلة تتأرجح عند القيمة "الحرجة" (الكافية لتعطينا هندسة إقليدية) ، فإن طاقة الجاذبية السلبية تلغي تمامًا الكتلة الإيجابية وطاقة التوسع. ولكن ليس من الواضح أن الكون الصفري لا يزال صالحًا باستخدام النسبية العامة ؛ هناك خلاف حول ما إذا كان

حساب الطاقة الإجمالية منطقيًا ، حيث لا يوجد شيء خارجي كمرجع يمكنه الإتيان بالنبأ اليقين .



هل صحيح أن السبب وراء تباطؤ الضوء في وسط ما هو أن الفوتونات تُمتص ويُعاد إطلاقها بواسطة جزيئات ذلك الوسط؟ إذا كان الأمر كذلك ، فما سبب هذا الامتصاص؟

لا، هذا ليس صحيحا . تقول الإجابة المتعلقة بهذا السؤال أن الضوء لا يزال ينتقل بسرعة "الضوء" بين الجزيئات. وهذا خاطئ تماما . فليس ما بين تلك الجزيئات فراغًا . حيث تتفاعل المجالات الكهربائية مع الفوتون عن بعد . يقول بعض الناس أنه من المستحيل على الفوتون أن يتفاعل مع الإلكترونات قباله لأن الفوتون لم يصل تلك الإلكترونات بعد . هذه هي المشكلة الرئيسية في التفكير في الفوتونات ، ما لم تعاملها كجسيمات كمية سنتيه بسهولة في المنطق الخاطئ والافتراضات الساذجة. الفوتون ليس جسيمًا كلاسيكيًا . لا توجد جسيمات كمومية في مكان وزمان محددين بل تُمَثل كدوال موجية احتمالية كبيرة مقارنة بالمسافة بين الجزيئات. الفوتون الكمومي ليس "صغيرًا بما يكفي" ليلائم الجزيئات.

هل "ثنائية الموجة_جسيم" حقيقية؟ لقد سمعت أن الضوء هو في الواقع موجة دائماً وأن وجود الجزيئات هو وهم. هل هذا صحيح؟

يمكن القول إن هذا صحيح ، لكنها إجابة جزئية وأكثر عرضة للتضليل من التبيان.

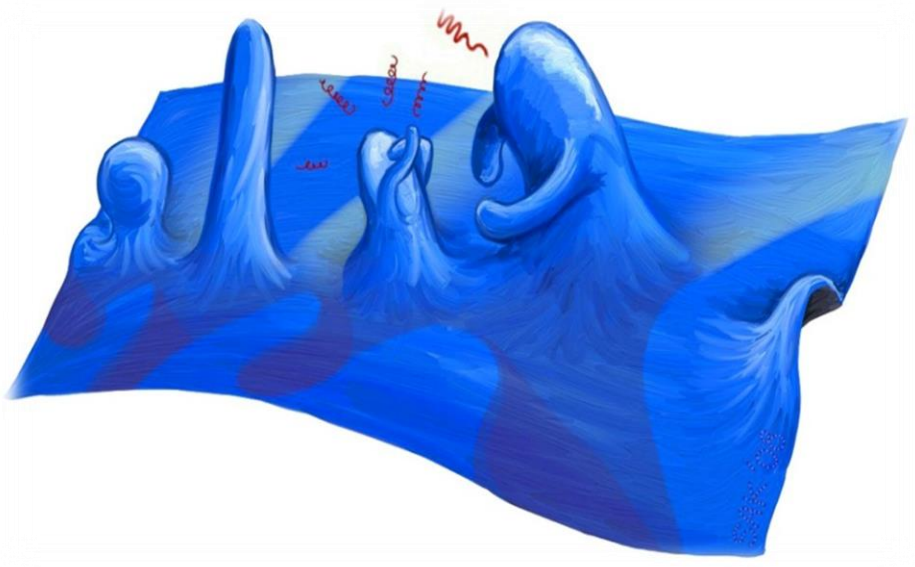
يمكن أن تكون الإجابة الكاملة أكثر دقة قليلاً (ولكن أخشى أن تكون ليست واضحة للغاية أيضاً ، بدون رياضيات) .

في نظرية الجسيمات الكمومية ، سيظهر شيء مثل الضوء على شكل جسيمات. ومع ذلك ، ما لم يتم قياس موقعه ، فإن جسيم الضوء (الفوتون) ليس له موضع محدد كلاسيكيًا . وبدلاً من ذلك ، يتم تحديد موقعه من خلال ما يسمى بالدالة الموجية التي تُستخدم ، من بين أمور أخرى ، لحساب احتمالات العثور على الفوتون في مواضع مختلفة ، في حالة إجراء قياس. وهذه الدالة الموجية تنتشر مثل الموجة.

لكن نظرية الجسيمات الكمومية ليست أفضل نظرية لدينا . أفضل نظرية لدينا هي نظرية المجال الكمي. في نظرية المجال الكمي ، الكيانات الأساسية هي المجالات (لا

ينبغي الخلط بينها وبين الدالة الموجية لنظرية الجسيمات ؛ شتان بين الاثنان) . على سبيل المثال ، المجال الكهرومغناطيسي المنفرد والموجود في كل مكان. عندما تتفاعل المجالات مع بعضها البعض ، يتم نقل الطاقة والزخم ، في شكل اثارة "تحفيز" للمجال. ولأنها مجالات كمومية ، تخبرنا الرياضيات أن هذه الإثارة تأتي في وحدات محددة: وحدة واحدة من الإثارة ، وحدتان ، إلخ. لذا فإن التفاعل الأولي يزيد أو يقلل عدد الإثارات بمقدار واحد . يمكن تحديد التفاعلات بين المجالات في الفضاء ، وعندما يحدث ذلك ، فإن هذه الاثارة ستحدد سلوك الجسيمات.

لذا نعم ، في نظرية المجال ، يمكن القول أن الجسيمات وهم. ولكن هذا زيف مُقنع عندما تنظر ، على سبيل المثال ، إلى أنبوب أشعة الكاثود وتشاهد انتقال الإلكترونات من الكاثود ، وتسارعها صوب الأنود ، ثم تضرب الشاشة الفلورية. لجميع المقاصد والأغراض العملية ،ننظر لهذه الالكترونات على أنها جسيمات ، حتى لو كانت النظرية الأساسية تشكل نموذجها كإثارة للمجال الخاص بها .



إذا كان الكون قد بدأ كمتفردة ، فأين كانت هذه النقطة؟ هل يمكنني الخروج إلى فنائي الخلفي للبحث عنها؟

نعم ، يمكنك البحث عن المتفردة في فنائك الخلفي. دعني اريك هذا .

تخيل ساعة، اجعلها ساعة لا تظهر الوقت فحسب ، بل التاريخ أيضاً ، بما في ذلك السنة ، ولا تقتصر على السنوات المكونة من ٤ أرقام. الآن اعد هذه الساعة إلى ما يقرب من ١٣٨٠٠٠٠٠,٠٠٠ ق.م. هناك. هذه هي وجهتك. كما ترى ، فإن المتفردة الأولى ليست نقطة في المكان. **إنها لحظة من الزمن** ، تشمل كل موضع في المكان.

أو ربما كلمة "تشمل" هي كلمة خاطئة ، لأن الطبيعة الأساسية للمتفردة هي أنها ليست في الواقع جزءًا من الكون. يمكنك العودة في الزمان مقتربًا ودانيًا من المتفردة : ثانية ، ميلي ثانية ، نانو ثانية ، إلخ ، ولكن لن تصل إلى المتفردة نفسها .

إذا أمكنت العودة إلى المتفردة " وهو أمر مستحيل فيزيائيًا" ، فستميز حقيقة أن المسافة بين أي نقطة و أخرى في الفضاء تنهار إلى الصفر. إن المتفردة ليست جزءًا من الكون حقًا . لذلك كل ما يمكننا قوله هو أنه يمكننا العودة بالزمن إلى الوراء (على الأقل

في خيالنا ؛ أنا لا أقترح آلة زمن فعلية) لاقتراب تعسفي من المتفردة ، وفي ذلك الوقت يمكن أن تصبح المسافة بين أي نقطتين صغيرة بشكل لا يصدق. لكن ليست صفر.

ماذا يحدث عندما تضرب "إبرة" الأرض بسرعة الضوء؟

ستنفجر الأرض!

وبالطبع يفنى الجميع .

مع الفيزياء الكلاسيكية : لا نتوقع حدوث أي شيء ذي شأن. حيث تبلغ كتلة الإبرة المتوسطة حوالي ١ جرام أو حوالي ٠,٠٠١ كجم. كتلة كوكبنا هائلة ٥,٩ × ١٠ ^ ٢٤ (١٠ أس ٢٤)كجم. تتحرك الإبرة بسرعة الضوء أو حوالي ٣٠٠,٠٠٠,٠٠٠ م / ث. بينما تتحرك الأرض بسرعة أقل بكثير ، ٣٠،٠٠٠ م / ث.

وبإستخدام قانون حفظ الزخم ، سنجد أنه ليس هناك تفاعل فعلي بين الاثنين. على الرغم من أن الإبرة تتحرك بسرعة عالية ، إلا أن كتلة الأرض هائلة نسبيًا .

مع الفيزياء النسبية : عندما يقترب الجسم من سرعة الضوء ، فإن زخمه يدنو من اللانهاية.

وبسبب هذا ، لا يهم ما هي كتلة أو سرعة الجسم الذي سيُصدم ، نظرًا لأن ما يصطدم به له زخم لا نهائي ، فإن الاصطدام سيؤدي إلى فقدان هائل للطاقة الحركية.

ومن المحتمل أن تدمر هذه الموجة من الطاقة الحركية ، جنبًا إلى جنب مع تأثير الاصطدام ، كوكبنا وكل الحياة التي عليه.

لذلك دعونا نأمل أن لا تصبح إبرة مسالمة فجأة عدوانية تجاه كوكبنا وتقرر مهاجمتنا .

كيف يمكن أن يكون للفوتونات طاقة من غير كتلة؟

في عام ١٩٠٥ ، نشر ألبرت أينشتاين ورقة جميلة. بعنوان : "هل يعتمد القصور الذاتي للجسم على محتواه من الطاقة؟"

من خلال "القصور الذاتي للجسم" ، أشار آينشتاين بالطبع إلى قدرة الجسم على مقاومة التسارع ، أي كتلته القصورية.

عندما يكون الجسم في حالة سكون ، فإنه يفتقر الى الطاقة الحركية. لذا فإن "محتواه من الطاقة" ذاتي تمامًا . يتم تحديد قدرة الجسم على مقاومة التسارع على محتوى الطاقة الذاتي هذا: كتلته السكونية.

عندما يتحرك الجسم بسرعة عالية في إطار مرجعي معين ، فإن لديه الكثير من الطاقة الحركية بالإضافة إلى طاقته الذاتية. هذا هو أصل مفهوم "الكتلة النسبية" ، وجمع الطاقة الذاتية والطاقة الحركية معًا . عندما نرغب في تغيير حركة جسم سريع ، فإننا نواجه كلاً من طاقته الذاتية وطاقته الحركية.

يتحرك الجسم النسبي قريبًا جدًا من سرعة الضوء في إطار مرجعي معين ، لذلك في هذا الإطار المرجعي ، تكون معظم طاقته طاقة حركية. على سبيل المثال ، في مصادم الإلكترون–بوزيترون الكبير (LEP ، سلف المصادم LHC في نفس النفق على الحدود الفرنسية السويسرية) ، تُعجل الإلكترونات إلى ٠,٩٩٩٩٩٩٩٩٩٨٨ من سرعة الضوء ؛ بهذه السرعة ، تكون الطاقة الحركية للإلكترونات أكثر ٢٠٠.٠٠٠ مرة من الكتلة السكونية. في الإطار المرجعي لمختبر CERN ، تم تحديد قدرة هذه الإلكترونات على مقاومة التسارع في المقام الأول من خلال طاقتها الحركية ، مع مساهمة صغيرة فقط من طاقتها الذاتية. وبعبارة أخرى ، فإن معالجة هذه الإلكترونات كما لو لم يكن لديها كتلة سكونية على الإطلاق ، فقط الطاقة الحركية ، كانت ستؤدي فقط إلى خطأ صغير ، أقل من خمسة أجزاء في المليون.

تمثل الفوتونات أقصى ما يكون بهذا الشأن. ليس لديها فقط الكثير من الطاقة الحركية مقارنة بالكتلة السكونية الخاصة بها ؛ بل لديها طاقة حركية فقط وليس لديها كتلة سكونية (طاقة ذاتية) .

تحوّل الشمس الكتلة باستمرار إلى طاقة. هل سيؤدي ذلك إلى انخفاض جاذبيتها؟

تطلق الشمس ما يقرب من ٤,٣ مليون طن في الثانية في شكل طاقة ضوئية. و هذا كثير (حوالي ٦ تريليون قنبلة هيروشيما !) ولكن بالمقارنة مع كتلة الشمس الإجمالية إنه لاشيء. تزن الشمس حوالي ٢ أوكتليون طن (أي ٢٧ أصفار). عند هذا المعدل ، ستستغرق الشمس حوالي عشرة أضعاف العمر الحالي للكون لكي تفقد حوالي ١ ٪ من كتلتها. وبعبارة أخرى ، هذه الخسارة لا تكاد تذكر.

بالمناسبة ، تفقد الشمس أيضاً الكتلة بشكل أكثر مباشرة ، في شكل رياح شمسية. يمكن مقارنة معدل فقدان الكتلة جراء الرياح الشمسية ، بما يقرب من ثلث معدل فقدان الكتلة من خلال الإشعاع ، أو حوالي ١,٥ مليون طن في الثانية.

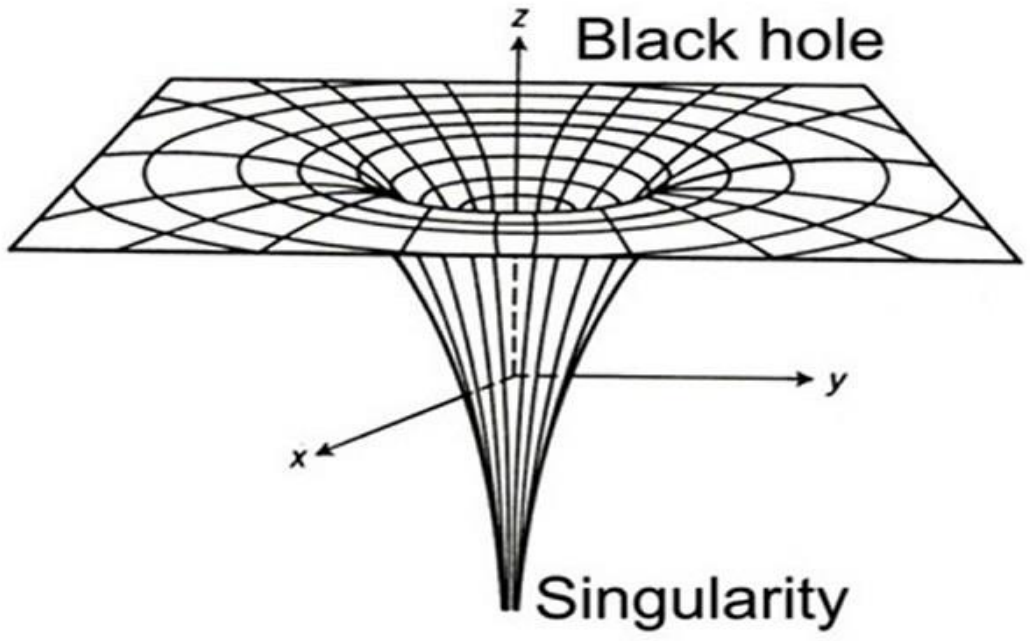
ولكن حتى وهما سويةً ، فإن خسارة الكتلة عند هذا المعدل تبلغ أقل من ٠,١٪ من الكتلة الكلية للشمس خلال عمرها المتوقع.

ما يجب أن نعلمه أن معدل خسارة الكتلة سيتسارع في وقت متأخر من دورة حياة الشمس. عندما تستهلك الشمس وقودها الهيدروجيني ، ستصبح أكبر ، وتشع المزيد من الحرارة ، وفي النهاية ، تفقد أيضًا أجزاء كبيرة من الغلاف الجوي الخارجي قبل نفاد الوقود تمامًا والانهيار الى قزم أبيض يبرد ببطء .

ماذا يحدث بالضبط داخل الثقب الأسود؟

هناك نموذجان شائعان لما يحدث داخل الثقب الأسود:

يفترض **نموذج "المتفردة" للثقب الأسود** أن النجم العادي يمكن أن ينتج طاقة جاذبية كفيلة بأن تضغط مادته الداخلية إلى نقطة ذات كثافة غير محدودة (المتفردة) . تقع المتفردة في مركز غلاف حدود النجم الأصلي. إن حدود النجم الأصلية لا تنهار ؛ بل تُحول إلى غلاف فريد من نوعه ليس بذي وصف مادي ملموس ولكنه يتطلب سرعة هروب مساوية لسرعة الضوء . هذه خاصية تعريف لجميع الثقوب السوداء ؛ والمادة أو الطاقة الداخليتين لا يمكنهما الهروب إلى ما وراء حدود شوارزشيلد . لكن مفهوم المتفردة اللانهائية هو **احتمال** لا يمكن الدفاع عنه فيزيائيًا .



يفترض **نموذج "غلاف الطاقة" للثقب الأسود** أن طاقة الجاذبية يمكن أن تنتج حالة من الديناميكيا للجسيمات الداخلية التي ستتجاوز الحدود المقررة التي تسمح بها فيزياء الكم. ومع ذلك ، تُحل هذه المشكلة عن طريق تحويل الجسيمات إلى طاقة فوتونية (إشعاع) ، والتي لا تتأثر بالقيود المفروضة على ديناميكيا الجسيمات. تشكل هذه الطاقة غلافاً إشعاعيًا "ينضم" إلى غلاف شوارزشيلد . بعد ذلك ، يتم تحديد "غلاف" الطاقة الإشعاعية بشكل ملموس كحدود الثقب الأسود أو "السطح" .

سيكون للسطح_ الإشعاع من هذا الوصف نفس تأثير كتلة الجسيم (المتفردة) الموجود في مركز غلاف شوارزشيلد . تكمن مشكلة نموذج الإشعاع في إيجاد تفسير مناسب

لتحول الجسيمات إلى الفوتونات (لكننا نعلم أن هذا يحدث: على سبيل المثال ، انحلال جاما) .

الخلاصة: من الواضح أن نماذج الثقب الأسود الموصوفة أعلاه غير مكتملة. القارئ لديه خيار اختيار أي تفسير يبدو أكثر منطقية.

من أين يأتي الفوتون المنبعث؟ هل يُنتج؟

إنه يأتي من **لا شيء**.

كان والد فاينمان يضايق ريتشارد الشاب بإخباره أنه إذا استمر في قول "لا" فسوف يستنفد ال"لا" وسيتعين عليه الإجابة بـ "نعم" على كل شيء.

نقول في اللغة الفيزيائية ، إن الفوتونات ليست "مخبئة". الطاقة محفوظة ، وإذا كنت ترغب في تخليق فوتون ، فأنت بحاجة إلى طاقة. لكن الفوتون لا يختبئ داخل شيء مستعدًا للتخلق والتشكل ؛ لا وجود له حتى يُنتج.

في الفيزياء النووية ، تتكون أشعة ألفا من نويات الهيليوم التي تختبئ داخل النواة ثم تخرج. كانت هذه نظرية جامو عن تحلل ألفا ، وهي علة شهرته الأولية. لكن أشعة بيتا (الإلكترونات) لا تجلس داخل النواة تنتظر الخروج ؛ يتم إنشاؤها في لحظة التحلل. في أشعة غاما ، يتم إنتاج الفوتون في لحظة انحلاله ، مماثل لإشعاع بيتا ، ومختلف عن إشعاع ألفا.

كيف تتواصل الجسيمات الكمية رغم فصلها لمسافة مهولة؟

الجواب هو : إنها ليست جسيمات كما أنها لا تتواصل. حيث أن البنى الأساسية في الفيزياء الكمية الحديثة ليست الجسيمات (المصغرة Cannonballs) ولكنها المجالات الموجودة في كل مكان. خذ الديناميكا الكهربية الكمومية، على سبيل المثال. هناك شيئان فقط في هذه النظرية: المجال الكهرومغناطيسي ومجال الإلكترون. هذا كل شيء، ولا شيء آخر. إن أي إثارة لهذه المجالات تستوي في وحدات محددة (كموم). لذلك عندما يتفاعل مجال الإلكترون مع المجال الكهرومغناطيسي، فقد يقوم بإنشاء إثارة واحدة، والتي نسميها فوتونًا. أو عندما يتفاعل المجال الكهرومغناطيسي مع مجال الإلكترون، قد يخلق اثنتين من الاثارات المتعاكسة (إلكترون وآفيران، ويعرف أيضا باسم بوزيترون). إذاً فأن هذه الأشياء هي إثارات في المجالات الكمية. أما السبب في أننا نسميها جسيمات لأنه، أولا يمكن حسابها. يمكنك الاعتماد على عدد الإثارة التي يحتوي عليها مجال الإلكترون، واحدة في كل مرة. ثانيا، عندما تتفاعل مع هذه الإثارة،

تميل إلى أن تكون محلية. ما تحدده الإثارة حقا هو كثافة احتمال الكشف عن ذلك الفوتون في مواقع مختلفة.

توصف الجاذبية على أنها فضاء منحنٍ، ولكن كيف لهذا الفضاء المنحني أن يجذب المادة؟

متى ما رأيت الجاذبية توصف كفضاء منحن، أدر ظهرك وأجرِ، بأسرع ما يمكن.

نعم، أعرف أن هذا هو تصور شائع للغاية للجاذبية، ليس فقط في الكتب العلمية الشعبية التي كتبها مؤلفون معروفون ولكن في بعض الأحيان حتى في الكتب المدرسية.

ومع ذلك فهي خاطئة بحق. إن أي فيزيائي عمل بالفعل على استخلاص الجاذبية النيوتنية من النسبية العامة كتقريب يعرف، إنه **ليس الانحناء المكاني ولكن الجزء الزمني** من المترية، أي الجزء الذي يحدد المعدل الذي تدق به الساعات ، هو المسؤول عن الجاذبية النيوتنية. يدخل الانحناء المكاني الصورة فقط كتصحيح صغير، والذي يصبح ذو شأن فقط عندما تكون الحقول "المجالات" قوية أو السرعات نسبية .

الجواب البسيط هو أن الأمور تتبع "الجيوديسيكات"، وهي المسارات التي تشبه الدوائر على سطح الكرة.

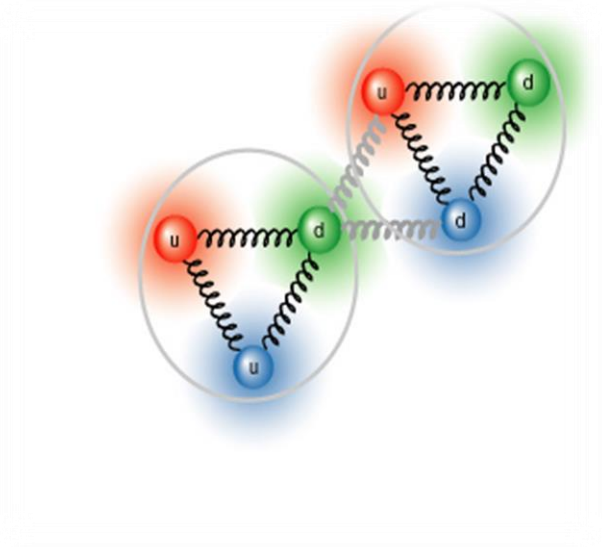
لماذا البروتونات معاً في النواة؟

إنها القوة النووية القوية التي تجمع البروتونات والنيوترونات سويةً في النواة، علاوة على خدعة هندسية. إن القوة القوية هي التي تجذب الكواركات إلى بعضها البعض، شأنها شأن القوة الكهربائية بين البروتونات والإلكترونات التي تُشكل الذرة. رغم ما بينهما من اختلافات : حيث أن هناك ثلاثة أصناف مختلفة للكوارك، وليس اثنين، كما أن القوة القوية هي أقوى بكثير من القوة الكهربائية.

لذلك، ماذا يحدث عندما يقترب بروتونين، أو بروتون ونيوترون من بعضهما البعض؟

تبدأ الكواركات بالتغاير والتشكل الهندسي، حيث تتباعد تلك التي تتشابه بالشحنات وتدنو تلك المتغايرة. إن البروتون، أو الكواركات المكونة له من داخل الجسيم تبدأ بالدوران، بحيث تتباعد تلك التي تتشابه شحنتها عن بعضها البعض. هذا يعني أن البروتونين يحتويان على كواركات تواجه بعضهما البعض بشحنات مختلفة، لذلك هناك كمية طفيفة من القوة الجذابة القوية بينهما . يطلق عليها القوة "الفائضة"، وهي أقل بكثير

من القوة التي تحفظ الكواركات معا . ولكنها كافية لجمع البروتونات والنيوترونات معا ، وهو أقوى بكثير من التنافر الكهربائي بين البروتونات .



ولكن إذا أُريد لهذه القوة أن تعمل، ينبغي أن تكون البروتونات على مسافة قريبة جدا . إذا كانت ذات قرب متوسط، فإن الكواركات لن تغير من إحداثياتها الهندسية، وتكون قوى الجذب القوية متوازنة لأن المسافة من جميع مكونات النواة إلى البروتون (الخارجي) تكون متماثلة. لذلك لا توجد قوة بعيدة المدى على الإطلاق. هذا هو السبب فيما يُكتب في بعض الأحيان من أن القوة القوية تعمل على مسافة قصيرة فقط. ليس الأمر أنه محدود بطريقة سحرية في المسافة، فهذا من بعيد، هو متوازن. لذلك، إذا قمت بالإتيان

ببروتون قريب جدا من بروتون آخر، فسوف تتحول مواضع الكواركات، مما يخلق قوة قوية جاذبة.

إذا كانت الانتروبيا تزداد بمرور الزمن، لماذا نرى الكون يزداد تعقيداً ؟ وهل تعمل الانتروبيا فقط على المقاييس المحدودة وإطر الوقت القصيرة؟

افترض أن لديكَ صندوقاً يحتوي على عدد كبير من كرات البينغ بونج الحمراء والزرقاء .

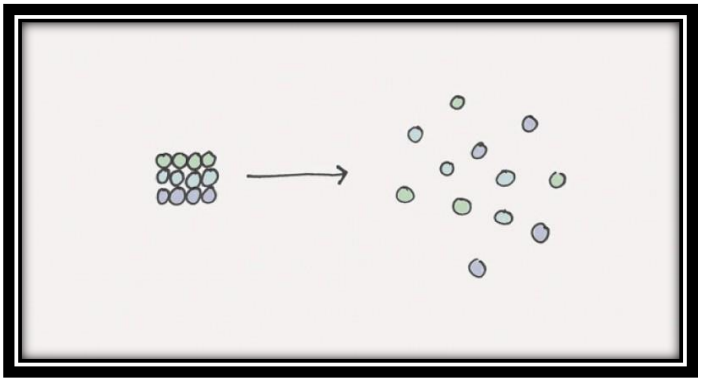
أي من هذين التكوينات التالية سوف ينظر اليها على أنها أكثر تعقيدا ؟

التكوين الأول : جميع الكرات الحمراء على الجانب الأيسر من الصندوق ؛ وجميع الكرات الزرقاء على الجانب الأيمن.

التكوين الثاني : تكون الكرات الحمراء والزرقاء مختلطة بشكل عشوائي.

مهما تكن اجابتك، ينبغي أن يكون من الواضح على الأقل أن أي وصف دقيق للتكوين الثاني **يتطلب مزيدا من المعلومات** (نحتاج إلى التوصل الى موقع كل كرة) بخلاف التكوين الأول (حيث ببساطة أن جميع الكرات الحمراء على جانب واحد، وجميع الكرات الزرقاء على الجانب الآخر) .

إن الانتروبيا ليست نقيضاً للتعقيد . بل على العكس من ذلك، فإن الانتروبيا هي مفتاح التعقيد وما هي وإياه على خلاف هو النظام.



لماذا يجب أن تكون هناك نظرية كمومية للجاذبية؟

نظرية الكم هي وصف لكيفية عمل الأشياء على المستوى الذري / دون الذري.

تختلف قواعدها عن المقاييس الكبيرة التي اعتدنا عليها في الحياة اليومية. لكن معرفة هذه القوانين تساعدنا على فهم أفضل ليس فقط للعالم الكمومي ولكن أيضًا للعالم اليومي الماكروسكوبي. تأتي معظم التكنولوجيا الحديثة أيضًا من هذه المعرفة.

تعمل قوانين الجاذبية لدينا حاليًا على نطاق واسع ولكنها تنهار عند المقاييس الكمومية. يجب أن تتبع الجاذبية بعض القوانين في عالم الكم ، وإذا فهمناها ، فسوف تساعد في استكمال فهمنا الحالي للفيزياء. من المحتمل أيضًا أن يؤدي مثل هذا التقدم إلى شتى التقنيات التي ستكون مستحيلة الآن.

لقد اكتشفنا أن هناك ٤ قوى أساسية فقط تمثل كل شيء (باستبعاد المادة / الطاقة المظلمة):

١. الكهرومغناطيسية – الضوء

٢. القوتين القوية والضعيفة – تحافظ على نويات الذرات معًا (الكواركات) وتفسر التحلل الإشعاعي.

٣. الجاذبية

لدى القوى الأخرى نظريات كمية تفصيلية تسمح لنا بفهمها إلى حد كبير وتطوير شتى أنواع التكنولوجيا المذهلة وتقدم من المعرفة ما تجيب على جميع الأسئلة حول الكون. مع الجاذبية ، يمكننا تطبيق النظرية على المشكلات واسعة النطاق والحصول على إجابات – المدارات الكوكبية ، والسفر إلى الفضاء . . . ولكن ليس لدينا نظرية منطقية عند المقاييس الكمومية.

لدى القوى الأخرى جسيمات ناقلة للقوة ، فالكهرومغناطيسية تستخدم الفوتونات ، والقوة القوية لها الجلونات.

لذا يجب أن يكون للجاذبية "الجرافيتون" ولكن لا توجد نظرية منطقية بشأنه حتى الآن.

يمكن أن يكشف فهم الجاذبية على مستوى أعمق اكتشافات جديدة حول القوى الأخرى أو أي شيء آخر في الفيزياء . كما يمكن أن يسمح لنا بالتعامل مع الجاذبية بالتكنولوجيا لعمل نوع من الجاذبية المضادة التي ستكون ذات شأن بالنسبة للسفر في الفضاء . أو يمكن أن تفتح أبوابًا لأشياء جديدة تمامًا ؟

لكن الجاذبية موجودة في العالم دون الذري ، والأهم من ذلك أنها موجودة بطريقة جادة في الثقوب السوداء وفي الانفجار الكبير المبكر عندما تكثفت كل الطاقة في منطقة صغيرة. لا يمكننا فتح أي من هذه الألغاز دون فهم ما تفعله الجاذبية في هذه العوالم.

لماذا لا نستطيع رؤية الكواركات؟

الجواب بسيط للغاية ، لأنها لا توجد بشكل منفرد . إنها موجودة فقط كجزء من بنية النواة أو الباريون أو الميزون ، ولكن ليست بشكل مستقل. تشير التماثلات إلى وجودها ، الكواركات الستة في ثلاثة أجيال ، لكنها لا توجد بحرية أو بشكل مستقل.

قد ينشأ من التصادمات أزواج من الكواركات ،فمثلًا قد ينتج من تصادم البروتون والبروتون المضاد زوج من الكواركات القمية ومعكوسها ، ومع ذلك لا يمكن رؤيتها أو قياسها مباشرة ، لأنها تتحول على الفور إلى كواركات أخرى عبر التفاعل الضعيف للتيار المشحون في كواركات أخرى مثل b و b-bar و c-bar ، بالإضافة إلى اللبتونات و النيوترينو. تتحلل الكواركات b و b-bar و c-bar نفسها الى زمر أو مجاميع من الجسيمات الأخرى ، من الهيدرونات واللبتونات ، التي نراها أخيرًا في أجهزة القياس الحرارية والكهرومغناطيسية وما إلى ذلك.

عليك أن تفهم حقيقة أساسية حول ميكانيكا الكم وفيزياء الجسيمات أنه لا توجد "جسيمات" مثل الكرات أو الأجسام المحددة جيدًا ،بل كلها موجات ميكانيكية كمية .

ما هو التفسير المنطقي ضد الفرضية القائلة "يمكن أن نكون جميعاً في محاكاة حاسوبية"؟

أحد أوجه الأعتراض على الفرضية القائلة بأن كوننا هو في الواقع محاكاة حاسوبية هو الإشارة الى ملاحظة أن الكون يمتلك خاصية واحدة أو أكثر لا يمكن للمحاكاة الحاسوبية أن تمتلكها أبدًا .

الاتساق الداخلي.

الاتساق الداخلي هو خاصية لنظام معلومات يتصرف فيه كل جزء بإتساق، دون استثناء . وبعبارة أخرى ، فإنه لا يحتوي على معطيات من قبيل إذا فأن ثم شيء آخر.

إذا كان كوننا حقيقيًا ، فهو متسق داخليًا ، على الأقل على مستوى الجسيمات الأولية. كل شيء يتصرف كما هو ، في جميع الظروف. لا يمكن للإلكترون أن يقرر التصرف بشكل مختلف أيام الأحد . في الكون الحقيقي ، تتصرف الأشياء كما هي ، ولكن في المحاكاة تتصرف وفقًا لما هي مبرمجة له.

الاتساق الداخلي في نظام معقد هو أمر جيد بقدر ما يستحيل تحقيقه ، كما سيخبرك أي مبرمج ، أو أي مؤلف لرواية ، في هذا الشأن. ليس من أجل أي شيء أن تكثر الإنشاءات إذا فإن ثم آخر في كل برنامج كمبيوتر مكتوب على الإطلاق. مثل هذه الإنشاءات هي النتيجة الحتمية للصعوبة البالغة في الكشف عن الأخطاء المفاهيمية وتصميمها في النظام. يتطلب الكشف التركيبي لمثل هذه الأخطاء أن يتمكن المطورون من الخروج عن التحيزات الإدراكية الخاصة بهم من أجل معرفة أن السلوكيات لا تتطابق ، حتى عندما لا يمكن ملاحظة هذه السلوكيات معًا . يعد إصلاح مثل هذه الأخطاء أكثر صعوبة ، لأن إجراء تغيير في مرحلة ما من المرجح أن يكون له آثار ضارة في مكان آخر من النظام.

قد يتم الاعتراض على أن أي طرف لديه معرفة وموارد كافية لإجراء محاكاة معقدة بما فيه الكفاية وذكية لخداعنا في تسميتها "الكون" لن يُردع بمثل هذه الصعوبة. ومع ذلك ، أي محاكاة لها غرض ، ربما في حالتنا فهم الأشياء بشكل أفضل ، أو ربما القدرة على عمل تنبؤات أفضل. إلا إن الاتساق الداخلي ليس ضروريًا لتحقيق هذه الأغراض ،

فقط لأنه من الأسهل بكثير إعادة برمجة أي مراقبين قد يكتشفون التناقضات لتجاهلهم فقط. الاتساق الداخلي لا يمكن أن يستحق ذلك.

لذلك قد نستنتج أنه إذا كان كوننا متماسكًا جوهريًا ، فمن شبه المؤكد أنه حقيقي. ولكن هل هو بالفعل متسق جوهريًا ؟ أم أن هناك مؤشرات على عدم الاتساق؟ لمناقشة هذا ، سوف أتولى دور محامي الشيطان. سأقدم اعتراضات على الفرضية القائلة بأن كوننا متسق جوهريًا ، ومعرفة ما إذا كانت هذه الاعتراضات تستحق ما تستحق.

الاعتراض الأول هو أن الكون ليس له تاريخ ثابت. على وجه الخصوص ، يؤكد العلماء أن الكون نشأ في مجمله على هذا النحو ، انفجر في ما يسمى عمومًا بالانفجار الكبير. فيزيائيًا ، هذا غير منطقي. لا شيء يأتي من لا شيء ، لا شيء يمكن أن يحدث. لحسن الحظ ، تمكن علماء الرياضيات من نزع فتيل هذا الاعتراض من خلال إثبات أن الحالة الأولية للانفجار الكبير يمكن أن تحدث بدون متفردة. بكل بساطة ، لم

تكن هناك لحظة لم يصبح فيها شيء ما شيئًا ، لذلك لم يتم انتهاك قوانين الكون في أي وقت. قد لا تكون الحالة الأولية للكون منطقية فيزيائيًا ، لكن هذا لا يعطينا تناقضًا .

الاعتراض الثاني هو أن نظرياتنا الحالية للكون تعتمد على وجود المادة المظلمة ، والتي لم يتمكن أحد من اكتشافها إلا في هذه النظريات. المادة المظلمة ، مثل phlogiston ، هي بنية صنعت لتناسب الملاحظات. ليس فقط أنه لم يتم ملاحظتها أبدًا ، ولكنها أيضًا تمكن بطريقة ما من الحدوث بكميات مناسبة تمامًا في الأماكن المناسبة تمامًا لإنتاج الحركات المرصودة للنجوم وانحناء الضوء. ألا يبدو هذا تمامًا مثل ما سيفعله المبرمج عندما اكتشف أنه ارتكب خطأً في تصميمه ، خطأً مع النتيجة المؤسفة التي يحظر على المجرات تكوينها ؟ كما يسهل نزع فتيل هذا الاعتراض.

لا يعني الطلب على التناسق الجوهري أن يكون للكون تصميم "نظيف". يجوز أن تكون فوضوية. صحيح ، إنه يبدو خرقاء ، لكن الكون يمكن أن يكون فوضويًا دون أن يكون مخطئًا . بعد كل شيء ، تعمل الرياضيات ، أكثر أو أقل.

الاعتراض الثالث هو أن الركيزتين اللتين قام عليهما فهمنا للكون المادي – ميكانيكا الكم والنسبية العامة – من الواضح أنهما لا يمكن أن يكونا صحيحين. لقد كان المجتمع العلمي على دراية بذلك منذ حوالي مائة عام ، ولكن على الرغم من أفضل الجهود التي بذلتها أجيال من العلماء ، لم يتمكن أحد من إيجاد طريقة للتوفيق بين هاتين النظريتين. ومع ذلك ، فإن هذه النظريات ، عند تطبيقها في مجالاتها الخاصة ، تقدم تنبؤات دقيقة بشكل لا يصدق. على سبيل المثال ، تنبأت النسبية العامة بوجود موجات الجاذبية قبل قرن تقريبًا من اكتشافها . ليس هناك الكثير من النظريات مثل ذلك. أليس الصراع بين النظريتين حالة واضحة من التناسق الجوهري؟ ألا يثبت أن هناك بناءًا إذا كان آخرًا: إذا كانت الظواهر المرصودة صغيرة جدًا ، فدعها تتصرف وفقًا لميكانيكا الكم ، وأيضًا وفقًا للنسبية العامة؟

لا توجد إجابة سهلة على الاعتراض الثالث. ولكن بالتأكيد يجب أن نعطي المجتمع العلمي فرصة لتصحيح الأمر. مائة سنة ليست فترة طويلة ، مقارنة بعمر الكون. ولا يمكن أن يكون آينشتاين مخطئًا .

ومع ذلك ، قال أينشتاين أن الإيمان الأعمى بالسلطة هو أكبر عدو للحقيقة. وبعبارة أخرى ، فإن القول بأن آينشتاين لا يمكن أن يكون خطأً هو خطأ . وإذا كان آينشتاين يمكن أن يكون مخطئًا ، فربما يكون منظري المادة المظلمة وعلماء الرياضيات الذين يتولون مسؤولية الفيزيائيين مخطئين أيضًا . ربما يمكننا أن نتعلم هذا على الأقل من المحاكيين: أننا لا يجب أن نخاف أبدًا من فحص أعز نظرياتنا

ما هو التراكب في فيزياء الكم؟ ما زلت لا أعرف ما إذا كان حقيقة مثبتة أم نظرية ؟

التراكب هو مفهوم أساسي في نظرية الكم: إنه فكرة أن الأنظمة الكمومية لا يمكن أن تقتصر على الحالات التي تحددها الفيزياء الكلاسيكية ، ولكن أيضًا على الحالات التي تكون "مزيجًا" من حالتين كلاسيكيتين أو أكثر. وهكذا ، يمكن للإلكترون ، على سبيل المثال ، أن يكون في مكانين (أو أكثر) في وقت واحد .

ويتجلى ذلك بشكل أفضل من خلال تجربة الشق المزدوج الكلاسيكية. ما تظهره هذه التجربة هو أنه بينما يكون الإلكترون في طريقه ، فإنه ليس لديه مسار محدد بشكل كلاسيكي ؛ "مساره" عبارة عن مجموعة خطية ، أو تراكب لجميع المسارات الممكنة ، بما في ذلك المسارات التي تمر عبر كل شق.

هذا السلوك من الطبيعة (على سبيل المثال ، نمط التداخل الذي يظهر في تجربة الشق المزدوج) هو حقيقة ملحوظة. تصف نظرية الكم هذا والحقائق ذات الصلة في شكل مبدأ التراكب.

بعد العثور على بوزون هيجز ، هل يمكننا تكوين كتلة به؟

سيكون بوزون هيجز طريقة غير فعالة للغاية لتكوين كتلة ، حتى لو قُيد لهذا الأمر أن يكون. فقط حوالي ١ ٪ من كتلة الأشياء العادية: الذرات ، الناس ، السيارات ، الكواكب ، النجوم ، يرجع إلى بوزون هيجز (أو بشكل أكثر دقة ، قيمة توقع فراغ هيجز التي تتفاعل مع الفرميونات) . ٩٩ ٪ من الكتلة المتبقية ناجمة عن الطاقة النووية القوية الرابطة ، وليس لبوزون هيجز في هذا من شأن.

فبوزونات هيجز لا تخلق الكتلة. حيث نشأت الكتلة في الكون المبكر كنتيجة مجتمعة بين أ) التفاعل بين مجال هيجز والجسيمات الأخرى ، ب) كسر التناظر.

كان كسر التناظر هذا حدثًا لمرة واحدة ، منتجًا الفراغ والعائلات المعروفة للجسيمات والتفاعلات. إنه ليس حدثًا متكررًا ، وهذا أمر جيد أيضًا ، لأن كسر التناظر سيدمر كل ما نعرفه ، بما في ذلك قوانين الفيزياء التي يعتمد عليها وجودنا .

إلى جانب ذلك ، هناك طرق أكثر فعالية لخلق كتلة من تشغيل مسرعات جسيمات بحجم البلدان الصغيرة.

بالنسبة للمبتدئين ، في كل مرة تقوم بتسخين شيء ما ، فإنك تجعله أثقل قليلاً من خلال إضافة طاقة حرارية (وهي كتلة ، لأن الكتلة والطاقة متكافئين في نهاية المطاف) .

في كل مرة تقوم بشحن البطارية ، تصبح أثقل قليلاً من أي وقت مضى .

ولماذا تريد أن تخلق كتلة على أي حال؟ ما هي المشكلة في الكتلة التي نحن لها مالكون؟

إذا لم يكن هناك شيء قبل الانفجار العظيم ، فهل هذا يعني عدم وجود قوانين للفيزياء؟

لا . ليس من الصحيح القول بأنه لم يكن هناك شيء "قبل الانفجار العظيم ، كما أنه ليس صحيحًا القول بوجود شيء "قبل الانفجار العظيم .

المشكلة هي أن مفهوم "قبل الانفجار العظيم" ، على الأقل في سياق علم الكونيات القياسي، ليس له معنى. إنه مثل "شمال القطب الشمالي" . تسلسل صحيح نحويًا ولكن بلا معنى رياضي للكلمات.

بالتأكيد ، هناك نماذج كونية بديلة عما سبق الانفجار العظيم ، على سبيل المثال ، هناك من النماذج من يصور الانفجار الكبير كمرحلة أفول في حياة كون أسبق ، أو التي يمثل فيها الانفجار الكبير بداية المرحلة الحالية من وجود شريحة الكون. في عالم أبدي أكبر بكثير. في هذه النماذج ، كان هناك "قبل" ، تحكمه قوانين الفيزياء . في حين أنه ليس لدينا سبب للاعتقاد بأن أيًا من هذه النماذج صحيح ، فهي سليمة من

الناحية الرياضية ، وغير معقولة تمامًا . أعني ، لقد اخترعها الفيزيائيون من أجل حل ما يبدو أنه مشكلات فعلية مع النموذج الكوني القياسي.

ولكن في هذا النموذج القياسي ، يمثل "الانفجار الكبير" بداية الزمن ، لذا فإن "قبل الانفجار العظيم" مفهوم لا معنى له حقًا .

هل الكون يتوسع بشكل أبطأ من اللحظة الأولى بعد الانفجار العظيم؟

خلال اللحظة الأولى ، كان معدل التوسع غير محدود . ثم انخفض بسرعة لفترة وجيزة. ثم ، إذا سلمنا بنظرية التضخم ، فأنه من المفترض أنه كانت هناك فترة قصيرة من التوسع الأسي. عندما انتهى هذا التوسع ، كان الكون لا يزال مجرد جزء صغير للغاية مما كان عليه في الثانية السالفة.

ومنذ ذلك الحين ، أخذ معدل التوسع ("ثابت هابل" ، الذي لا يعد ثابتًا على الإطلاق لأنه يتغير بمرور الوقت) يتناقص ببطء .

إلا أن الكون سوف يتوسع إلى الأبد . هذا يرجع إلى وجود الطاقة المظلمة. في غياب الطاقة المظلمة ، فإن معدل التمدد في الكون المسطح المكاني سيقترب تدريجياً من الصفر.

إذا ، بدلاً من الاستقرار ، بدأ معدل التوسع في الارتفاع مرة أخرى ، فإن العواقب ستكون مزعجة للغاية: هذا هو سيناريو "التمزق الكبير" ، حيث يمزق وجود

"الطاقة الوهمية" في نهاية المطاف حتى الجزيئات والذرات. لحسن الحظ ، ليس لدينا سبب للاعتقاد بأن الطاقة الوهمية (على عكس الطاقة المظلمة العادية) موجودة في الكون.

كيف يمكننا التأكد من أن الكون بدأ بمتفردة؟

كان هذا في الواقع موضوع أطروحة الدراسات العليا لستيفن هوكينج.

ولكن قبل ذلك بكثير ، أظهرت البيانات أن درجة حرارة الكون ثابتة بشكل ملحوظ بغض النظر عن الاتجاه الذي تنظر إليه. وهذا ما يسمى "إشعاع الخلفية المايكروي" وتبلغ درجة حرارته حوالي ٣ درجات مئوية فوق الصفر المطلق. ولأنه متسق للغاية ، فإن الاستنتاج الوحيد هو أنه في مرحلة ما كان كل ما كان في نقطة "متفردة".

الشيء الغريب حقًا هو أنه على الرغم من أننا لسنا في "مركز الكون" بأي معنى من المعاني ، إلا أن منظور التوسع يشي بشعور من المركزية . ومع ذلك ، يمكن معرفة أن هذا المنظور يبدو ذات الشيء من أي نقطة أخرى في الكون. مرة أخرى ، التفسير الوحيد – كل نقطة في الكون الحالي كانت في نفس المكان.

أثبت عمل هوكينج أن هذه النقطة الفردية كانت متفردة. النسبية العامة تجبر كونًا صغيرًا وكثيفًا على أن يكون متفردة وليس أي شيء آخر.

منذ ذلك الوقت ، اكتشفنا اختلافات طفيفة في إشعاع الخلفية تشير إلى أنه في وقت مبكر جدًا – في الثواني القليلة الأولى من عمر الكون ، توسعت بعض أجزاء منه بشكل أسرع من الأجزاء الأخرى. بعبارة أخرى ، يبدو أننا في المركز لأننا لا نستطيع أن نرى إلا بقدر ما ينتقل الضوء. لا يمكننا رؤية أي شيء أبعد من ذلك ، ولكن من الواضح أن هناك شيءًا يتجاوز ما يمكننا رؤيته. "الكون المرصود" الذي يمكننا رؤيته بأدواتنا هو جزء فقط من "الكون" ربما ١٠٪ فقط.

يبدو أيضًا أن معدل تمدد الكون يزداد سرعة بالفعل. وذلك لأن الفضاء يمكن أن يتوسع بشكل أسرع من سرعة الضوء. لهذا افترض العلم أن "الطاقة المظلمة" هي التي تقود هذا التوسع.

هل يوجد نموذج واقعي للجسيم الكمومي؟

نعم. في الواقع ، ميكانيكا الكم هي واحدة من أنجح النظريات العلمية كافة ، لأنها نموذج قادر على تقديم توقعات بخصوص سلوك العالم المادي بدقة مذهلة.

هل تقرأ هذا على الهاتف الذكي؟ تعمل شرائح NAND Flash في هاتفك (أو جهاز الكمبيوتر ، إذا كان لديك SSD) على مبدأ يسمى النفق الكمومي ، وهو نموذج واقعي للسلوك الكمومي للإلكترونات.

إذا كان جهاز الكمبيوتر الخاص بك يحتوي على محرك أقراص صلبة دوار ، فإن رأس القراءة والكتابة يعمل وفقًا لمبدأ كمّومي يسمى المقاومة المغناطيسية العملاقة ، والذي أنال جائزة نوبل للفيزيائيين الذين اكتشفوه.

إذا كان لديك جهاز لوحي بغطاء مغناطيسي ، فمن المحتمل أن يكون المستشعر الذي يكتشف متى يتم إغلاق الغطاء هو مستشعر تأثير Hall الكمي الجزئي ، والذي يعمل بسبب طريقة تصرف الإلكترونات على مستوى الكم في وجود مجال مغناطيسي.

إن الصمام الثنائي الليزري في مشغل Blu-Ray DVD هو جهاز كمومي جيد .

نعم ، هناك العديد من النماذج الواقعية للجسيمات الكمومية ، وهي تقوم بتنبؤات دقيقة للغاية بحيث يمكننا تصميم الأجهزة الإلكترونية تبعًا لها .

هل الجسيمات الافتراضية نوع من الذرة؟ إذا لم تكن كذلك ، فما هي؟ هل هي طاقة أو نوع من الأشياء المختلفة؟ هل يمكن للثقب الأسود أن يمتص هذه الجسيمات؟

لا ، الجسيمات الافتراضية ليست ذرات.

دعني أشرح باختصار ما هي عليه. لهذا التفسير ، نقطة البداية هي نظرية المجال الكمي. هناك ثلاثة أشياء مهمة يجب معرفتها عن نظرية المجال الكمي:

١. لكل نوع من الجسيمات يوجد مجال كمي واحد بالضبط. لذا فإن المجال الكهرومغناطيسي يتوافق مع الفوتونات. يتوافق مجال الإلكترون مع الإلكترونات وهلم جرا.

٢. تتميز حالة المجال بالإثارة. يمكن احتساب الإثارة ككموم للمجال. الحالة الدنيا للمجال هي عندما يكون خاليًا من الإثارة. كموم الإثارة هي ما نكتشفه كجسيمات. عندما نكتشف الفوتون ، على سبيل المثال ، فهذا يعني الكشف عن إثارة واحدة ، كم واحد من المجال الكهرومغناطيسي.

٣. تتفاعل المجالات فيما بينها . نتيجة لهذه التفاعلات ، تتبادل المجالات الطاقة والزخم والكميات المحفوظة الأخرى ، حيث يمكن أن يزيد أو ينقص عدد الإثارات الخاصة بها ، اعتمادًا على التفاعل. على سبيل المثال ، قد يتفاعل المجال الإلكتروني مع المجال الكهرومغناطيسي ، مما يجعل عدد الإثارة في المجال الكهرومغناطيسي يزداد ؛ هذا ما نصفه بقولنا أن الإلكترون " يبعث فوتونًا" .

غالبًا ما تُستخدم نظرية المجال الكمي لوصف الطرق التي يمكننا من خلالها الانتقال من حالة أولية معروفة إلى حالة نهائية معروفة. لنفترض أن الحالة الأولية هي زوج إلكترون بوزيترون. أي أن مجال الإلكترونات له إثارة واحدة ؛ مجال البوزيترونات له إثارة واحدة ؛ والمجال الكهرومغناطيسي في حالته الدنيا . ولنفترض أن الحالة النهائية هي زوج من الفوتونات (أي ، الإلكترون والبوزيترون يفنيان بعضهما البعض.) أي أن مجال الإلكترونات ومجال البوزيترونات موجودان الآن في الحالة الدنيا الخاصة بهما ، والمجال الكهرومغناطيسي له وحدتين من الإثارة.

كيف يمكننا أن ننتقل من هذه الحالة الأولية الخاصة إلى هذه الحالة النهائية الخاصة؟

تخبرنا قواعد النظرية كيف يمكن أن يحدث ذلك مباشرة: يفني الإلكترون والبوزيترون بعضهما البعض ، وينتج فوتونين. ولكن يمكن أن يحدث أيضًا بطرق أخرى. على سبيل المثال ، يمكن للإلكترون والبوزيترون تبادل الفوتونات قبل الفناء . يمكن أن تنقسم الفوتونات المعنية لفترة وجيزة إلى أزواج إلكترون _بوزيترون قبل الرجوع إلى فوتون. أو بالأحرى ، هذه هي الطريقة التصويرية للتفكير في هذه التفاعلات. (في الواقع ، هذا هو ما يتم توضيحه في مخططات Feynman) .لكن ما نصفه حقًا هو التفاعل بين المجالات الثلاثة المعنية.

يتم وصف هذا التفاعل بين المجالات رياضياً باستخدام تكامل. يمكن تقسيم هذا التكامل إلى مجموع من المصطلحات الأصغر. وخمن ماذا: هذه المصطلحات في التكامل تتوافق بدقة مع تلك التصورات التصويرية المعقدة بشكل متزايد لكيفية تفاعل المجالات من خلال تبادل الكمات.

لم يتم الكشف عن الكمات التي تظهر في هذه التفاعلات. يمكننا التفكير فيها كجسيمات لكنها ليست موجودة حقًا . وليس لديها حضور مادي يتجاوز القيام بما

تفعله ، حيث تقدم مساهمات ضئيلة في مجموع يستخدم لوصف التفاعل رياضيًا .

نظرًا لعدم وجودها الحقيقي والمستقل ، فإن هذه الكمات ، وهذه الجسيمات تسمى غالبًا "افتراضية": فهي موجودة في الصيغ ، وتلعب دورًا رياضيًا مفيدًا ، ولكنها لا تتم ملاحظتها فيزيائيًا .

إن هذه الجسيمات تلعب دورًا مدهشًا في فيزياء الثقوب السوداء . لشرح هذا ، أريد أن أذكر شيئًا عن الفراغ. استخدمت مثالاً أعلاه يتحول فيه زوج إلكترون بوزيترون إلى زوج من الفوتونات. ولكن كان بإمكاني استخدام مثال آخر أكثر غرابة: الفراغ يتحول الى فراغ. أي أن الفراغ لا يفعل شيئًا ويبقى فراغًا . كم عدد الطرق التي يمكن أن يحدث بها ذلك؟ تذكر الآن ،أن كل المجالات لا تزال موجودة ، حتى في الفراغ. ما يجعل الفراغ فراغًا هو أن جميع المجالات في حالاتها الدنيا ، ولا توجد إثارة ، ولا كموم. ولكن يمكن للمجالات أن تتفاعل! على سبيل المثال ، يمكن أن يتفاعل حقل الإلكترونات وحقل البوزيترونات ، مما يؤدي إلى الإثارة المقابلة التي تفني بعضها

البعض على الفور. لذلك حتى في الفراغ ، لا تزال هذه الجسيمات الافتراضية موجودة ، مفيدة لوصف تفاعلات المجالات في حالتها الدنيا .

يعتقد أن الثقوب السوداء تشع كميات دقيقة جدًا من الحرارة عن طريق إشعاع هوكينج. الصورة البديهية لإشعاع هوكينج هو أن الثقب الأسود يشوه هذه التقلبات الفراغية في محيطه المباشر. ونتيجة لذلك ، يمكن أن يصبح زوج افتراضي من الجسيمات "حقيقيًا": يمكن لأحدهما الهروب إلى ما لا نهاية باستخدام طاقة إجمالية موجبة ، في حين أن الآخر ، الذي يبدأ وجوده بطاقة سالبة (يتم دائمًا حفظ الطاقة بشكل صارم ، حتى في نظرية المجال الكمي) ، يمكن أن تستقبل الطاقة من الثقب الأسود نفسه عبر مجال الجاذبية حتى تصبح حقيقية أيضًا مع الطاقة الإيجابية.

وبهذا المعنى ، نعم ، يمكن القول أن الثقب الأسود يمتص جسيمًا افتراضيًا ، ونتيجة لذلك ، يمكن أن تنخفض طاقته الإجمالية (متوازنة مع الكمية المقابلة من الطاقة الإيجابية التي هربت إلى ما لا نهاية بالجسيم الآخر.)

لماذا يكون الكون المرئي أكبر من طول هابل؟

إن أبسط طريقة للإجابة على هذا التساؤل هو من خلال الإشارة إلى أن المسافة التي تكون فيها المجرة اليوم ليست هي نفسها المسافة التي قطعها الضوء من تلك المجرة إلى مقلة أعيننا ، لأن المجرة لم تكن في نفس المكان بالنسبة لنا عندما كان ذلك الضوء قد شق طريقه صوبنا . حيث ازدادت مسافة المجرة كثيرا منذ ذلك الحين.

إن ما يسمى بطول هابل هو أساسًا "المسافة التي يقطعها الضوء" من الأجزاء الأبعد في الكون المرئي. على هذا النحو ، فإنه لا يخبرك بمكان وجود هذا الجسم البعيد عند انبعاث الضوء ، ولا أين سيكون هذا الشيء اليوم.

لماذا ا؟ لأنه في الوقت الذي انبعث فيه الضوء ، كان الجسم البعيد أقرب إلينا بكثير. لماذا استغرق وصول ضوئه وقتًا طويلاً؟ لأنه بالإضافة إلى المسافة ، هناك أيضًا تمدد الزمن الناجم عن الجاذبية. حيث أن مجال الجاذبية للكون المبكر (الأكثر كثافة) مختلفًا عن مجال الجاذبية اليوم ، وبالتالي فإن كل شيء في الكون القديم جدًا يظهر لنا في حركة بطيئة. يتضمن ذلك انتقال الضوء تحت تأثير مماثل عن الكيفية التي

يظهر بها الضوء متباطئًا في مجال الجاذبية عند رؤيته من قبل راصد بعيد ؛ يمكن ملاحظة هذا ، ما يسمى بـ "تأخير شابيرو" .

لذا فإن مفهوم "المسافة" يصبح معقدًا في الكون المتوسع. هناك عدة طرق مختلفة لتحديد المسافة. لا تهتم نظرية النسبية بذلك حقًا . أحد المبادئ الرئيسية للنسبية العامة هو أن الفيزياء التي تصفها مستقلة عن الإطار المرجعي للإحداثيات الذي نستخدمه للتعبير عن النتائج. لذلك حقًا ، عندما يتعلق الأمر بالمسافة المادية ، نحتاج إلى تحديد ما نقيسه. لذلك ننتهي بمفاهيم مثل "المسافة التي يقطعها الضوء" (قياس وقت وصول الضوء وضربه في سرعة الضوء) ، "مسافة القطر الزاوي" (قياس القطر الزاوي لجسم ذي حجم معروف والتعبير عن كيف سيكون عندما يكون بعيدًا لو شوهد بنفس القطر الزاوي في مساحة مسطحة غير متغيرة) وتعريفات أخرى للمسافات.

هل يهم أن لا يمكن استخدام التشابك الكمي للتواصل؟ ألن ينتهك أي نقل للمعلومات FTL ، حتى وإن كانت غير مفيدة ، النسبية؟

لا شيء يُنقل على الإطلاق !

التشابك هو نمذجة مختلفة عما يمكن أن نسميه المعلومات. إنها معلومات غير محلية ! فلا تستلزم هاته المعلومات أن تُنقل بأي شكل من الأشكال لأنها موجودة هناك بالفعل.

هذا هو الجزء الغريب والمثير للاهتمام حول ميكانيكا الكم ؛ هي في الأساس غير محلية من حيث أنها تحتوي على خاصية المعلومات غير المحلية. ولكن فيما يتعلق بنقل المعلومات ، فإن ميكانيكا الكم تستوفي الأحداث المحلية وليست تلك التي عن بُعد .

لكن ليس من الصعب التفكير في المعلومات غير المحلية. في الفيزياء الكلاسيكية يطلق عليها الارتباط ، تمامًا مثل زوج من الجوارب المتطابقة.

خذ صخرة مستديرة ناعمة وقسمها إلى قسمين. لا تحتاج الآن إلى كلا النصفين لتعرف أن الصخرة المستديرة قد انقسمت إلى نصفين. حيث أن كلا النصفين يحمل هذه المعلومات.

تحمل ميكانيكا الكم هذه المعلومات غير المحلية بدرجات كمية من الحرية.

إذا كانت الفوتونات طاقة بحتة ، فلماذا تكون على شاكلة جسيم؟

الفوتونات ليست "طاقة بحتة" .

في الواقع ، "الطاقة البحتة" عبارة لا معنى لها . تمتلك الفوتونات ، مثل الجسيمات الأخرى ، طاقة حركية وزخمًا ، لكن الطاقة والزخم ليسا خصائص جوهرية: إنهما يعتمدان على الراصد .

الفوتونات هي كمات المجال الكهرومغناطيسي . يُستحصل على المجال الكهرومغناطيسي من الجسيمات المشحونة كهربائيًا ويتوسط التفاعلات بينها . بشكل عام ، يعد المجال الكهرومغناطيسي أحد جوانب المجال الكهروضعيف ، والذي يُستحصل من تفاعلات كل من الكواركات واللبتونات ويتوسطها ، على الرغم من تفاعل الكواركات فيما بينها أيضًا عبر التفاعل القوي.

لماذا تعتبر نظرية المجال الكمومي أكثر جوهرية من ميكانيكا الكم؟

إن من المهم أن نميز شيئين :

١) تكوين الجسيمات وفنائها .

٢) علاقة السببية الصارمة.

فيما يتعلق بالعلاقة السببية ، يمكن جعل ميكانيكا الكم نسبية ، ولكن حتى ميكانيكا الكم النسبية "لها عيوبها": حيث هناك احتمال سريع التلاشي ولكن غير صفري للإشارات التي تصل أسرع من الضوء ، مما يعني ، من منظور بعض الراصدين المتحركين ، أن الإشارات تصل قبل أن يتم إرسالها . من الواضح أن هذا ليس شيئًا جيدًا ما لم نلاحظ بالفعل مثل هذه الانتهاكات للسببية في الطبيعة ، والتي لسنا لها راصدون.

بالنسبة إلى رقم ١ ، تخبرنا ميكانيكا الكم كيف يمكن للجسيمات أن تشي لنا عن بعض التفاعلات بينها ، لكن العملية البسيطة لانبعاث أو امتصاص الإلكترون للفوتون تتجاوز قدراتها .

تحل نظرية المجال الكمومي مشكلة تكوين الجسيمات وفنائها بجعل المجال هو الوحدة الأساسية للطبيعة ، والنظر إلى الجسيمات على أنها كموم لذلك المجال. يمكن للتفاعل بين المجالات خلق أو إفناء كموم المجال.

يمكن أيضًا جعل نظرية المجال الكمي نسبية (في الواقع ، إنها نسبية بشكل طبيعي تقريبًا) وأفضل جزء هو إلغاء التفاعلات التي تنتهك السببية في النظرية تمامًا: احتمال حدوث انتهاك للسببية هو صفر تمامًا في جميع الأوقات .

هل يمكن أن تتواجد الجسيمات الكمومية في مكانين في وقت واحد؟

لا تتصرف الطبيعة وفقًا لتوقعاتنا الساذجة ولكن وفقًا لقواعد مختلفة. تخضع الطبيعة لمعادلات منطقية تمامًا وصارمة رياضياً لا تمثل فقط حالات محددة بشكل جيد كلاسيكيًا (للموقع ، والزخم ، والمرصدات الأخرى) ولكن أيضًا ما يسمى بالتركيبات الخطية. الرياضيات ليست صعبة للغاية.

لذا فإن السؤال الحقيقي ليس كيف يمكن أن يحدث ذلك ؛ لكن كيف يمكننا نحن البشر ، مع حدسنا المتجذر بقوة في تجربتنا الكلاسيكية ، أن نفهم العالم الكمي.

بالنسبة لي شخصيًا ، سيبدأ العالم الكمي يصبح منطقيًا لك عندما تتعلم التخلي عن حدسك الكلاسيكي وتحاول تصور ما لا يمكن تصوره. لئلا ننسى ، طورنا نحن البشر أدواتنا الرياضية جزئيًا على وجه التحديد لهذا الغرض: لنكون قادرين على فهم الطبيعة ، وحتى التنبؤ بها في الحالات التي لا يكفي فيها الحدس والتخمين البسيط.

هل نحن داخل ثقب أسود؟

وفقا لنيش أفشوردي ، عضو هيئة التدريس المساعد في معهد بيرميتر ، قد يكون الجواب نعم. أننا جميعًا نعيش في أفق الحدث لثقب أسود ضخم ذي أبعاد أعلى.

في عام ٢٠٠٠ ، نشر جيا دفالي وجريجوري جاباداذي وماسيمو بوراتي ورقة بعنوان "جاذبية رباعية الأبعاد على غشاء في فضاء منكوسكي خماسي الأبعاد":

قد يرجع الضعف الملحوظ في الجاذبية إلى حقيقة أننا نعيش على غشاء مغمور في فضاء بأبعاد إضافية كبيرة.

يبدو لنا أن الكون موجود في ثلاثة أبعاد للفضاء. هذا كون ثلاثي الأبعاد. تخيل أن كوننا ثلاثي الأبعاد هو كون فرعي أو كون مغمور في كون ضخم له أربعة أبعاد مكانية (4D). تقتصر جميع أشكال المادة والطاقة المعروفة على غشاءنا الخاص ولا يمكنها الانتقال إلى الجزء الأكبر من الكون خماسي الأبعاد.

يمكن للجاذبية فقط أن تنتشر في الكون الأكبر وفي فضاء منكوسكي خماسي الأبعاد . يسمى هذا نموذج الغشاء .

في عام ٢٠١٣ ، قام ثلاثة باحثين من معهد بيرميتر ، رازيه بورشان و نيش أفشوردي وروبرت مان ، بإجراء حسابات وجادلوا بأنه من الممكن تتبع بداية الكون إلى عصر ما قبل الانفجار الكبير ، ويمكننا حتى تجنب متفردة الانفجار الكبير. نشروا النتائج التي توصلوا إليها في ورقة تحت عنوان "خارج الثقب الأبيض: أصل هولوغرافي للانفجار الكبير" حيث كتبوا :

. . . انبثق كوننا من انهيار "نجم" خماسي الأبعاد إلى ثقب أسود ، متبقٍ عن مستعر أعظم. في هذا السيناريو ، ليس ثم تفرد كبير في الماضي السببي لكوننا ، والتفرد الوحيد محمي بواسطة أفق الثقب الأسود .

وبالتالي يمكن أن يكون للثقب الأسود خماسي الأبعاد (في أربعة أبعاد للمكان وبُعد واحد من الزمان) أفق حدث رباعي الأبعاد (في ثلاثة أبعاد للمكان وبُعد واحد من الزمان) ، وهو ما يمكن أن يفرز كونًا جديدًا تمامًا أبان تشكله ، أي على سبيل المثال

، نشأ كوننا بأكمله خلال الانفجار النجمي الذي أنتج مادة فائضة حول الثقب الأسود . يتجنب هذا الاقتراح تفرد الانفجار الكبير. في النموذج المعياري للكون ، بدأ الانفجار الكبير بمتفرده ليس لقوانين الفيزياء بها من حظوة. بدلاً من ذلك ، افترض العلماء أن الكون بدأ عندما انهار نجم في الكون خماسي الأبعاد لتشكيل ثقب أسود . سيكون عالمنا محميًا من التفرد في قلب هذا الثقب الأسود بواسطة أفق الحدث رباعي الأبعاد .

إحدى الطرق لوصف كوننا رباعي الأبعاد هي من خلال تضمينه في الزمكان ذي الأبعاد الأعلى – مع بُعد واحد على الأقل – والتحقيق في خصائصه الجاذبية و / أو الكونية. يُعرف هذا باسم سيناريو "عالم الغشاء" ، حيث يشير الغشاء إلى كوننا رباعي الأبعاد المدغم في زمكان ضخم مع ٥ أبعاد أو أكثر ، حيث لقوى الجاذبية فقط الجرأة على المغامرة.

إذا كانت الجسيمات الأولية هي إثارات للمجال ، فما هو المجال غير المُثار؟

المجال غير المُثار هو ببساطة الحالة الدنيا (أقل طاقة) للمجال.

خذ الكهرومغناطيسية مثلًا . إن إثارة المجال الكهرومغناطيسي الكمي هي ما نعرفه بالفوتونات. المجال الكهرومغناطيسي موجود دائمًا ، حتى في غياب الفوتونات. يعني غياب الفوتونات ببساطة أن المجال في أدنى حالة طاقة.

لمعرفة ما يعنيه هذا ، ضع في اعتبارك زوجًا من الإلكترونات التي تتنافر في مساحة فارغة. يتنافران بسبب الطريقة التي يتفاعلان بها مع المجال الكهرومغناطيسي الحالي. يقال أن هذا التفاعل يتم عن طريق تبادل "الفوتونات الافتراضية" ، ولكن هذه مجرد طريقة خيالية وجذابة بصريًا للتفكير في ما هو حقًا تعبير رياضي يصف تفاعل مجالين: "المجال الإلكتروني" مقابل المجال الكهرومغناطيسي في حالته الأرضية. يمكن توسيع التكامل الناتج إلى مجموعة من المصطلحات التي تزيد من التعقيد ، ويمكن بعد

ذلك تمثيل هذه المصطلحات من خلال مخططات Feynman اللطيفة التي تظهر تبادل فوتون واحد ، وتبادل اثنين من الفوتونات ، إلخ.

كيف يمكن اعتبار "المجال الكمومي ذو القيمة صفر" موجوداً؟

إن ما يعنيه الصفر ببساطة هو أننا ازاء أدنى حالة طاقة في المجال ، حالة تتوافق مع الفراغ ، أي غياب التحفيز أو الإثارة. هذا لا يعني أن المجال نفسه لا يمكن أن يكون له تحفيزات ، أي جسيمات.

إن المجالات ذات القيمة غير صفرية هي التي يمكن أن توصف بأنها غير عادية ، لأنها تعني أن أقل حالة طاقة في المجال ليست في غياب الإثارة ؛ أو بالعكس ، إذا قمنا بإعادة تعريف الفراغ على أنه أقل حالة طاقة في المجال ، فسيحتوي المجال على قيمة غير صفرية.

المثال الرئيسي لهذا هو مجال هيجز. قبل كسر التماثل ، يمتلك مجال هيجز هيكلية تعني أن أقل حالة طاقة ليست حالة الفراغ. بعد كسر التناظر ، تصبح أقل حالة طاقة هي الفراغ الجديد ، حيث يشتمل مجال هيجز على فراغ غير صفري. وهذا يعني ، من بين أمور أخرى ، أن الجسيمات التي تتفاعل مع هيجز تتفاعل الآن مع

الفراغ من خلال هذه العملية غير الصفرية ، وهذا يعني أن الجسيمات التي لا كتلة لها في السابق تتصرف الآن على أنها ذات كتلة بشكل فعال. هذه هي الطريقة التي تكتسب الفرميونات المشحونة كتلًا في النموذج القياسي.

لماذا تتفاعل المادة مع مجال هيجز ، ولكن لا تتفاعل أشكال الطاقة الأخرى؟

لا يمكن الإجابة على هذا السؤال حقًا: فليست "المادة" (مفهوم غير محدد) هي التي تتفاعل مع مجال هيجز ، وليست الطاقة تتفاعل مع أي شيء ، مجال هيجز أو غير ذلك.

يتفاعل مجال هيجز مع الفرميونات المشحونة في النموذج المعياري. ونتيجة لذلك ، بعد **كسر التناظر** الكهروضعيف ، ستظهر هذه الفرميونات المشحونة (التي تتفاعل الآن مع قيمة توقع فراغ هيجز المتبقية) كما لو كانت تحتوي على كتل سكونية غير صفرية.

يتفاعل مجال هيغز أيضًا مع بوزونات (2) SU الثلاثة للنظرية الكهروضعيفة ؛ ونتيجة لذلك ، بعد كسر التناظر ، تكتسب هذه البوزونات كتل سكونية غير صفرية أيضًا .

بالنسبة للمادة العادية ، فإن ٩٩٪ تقريبًا (!!!) من كتلتها لا علاقة لها ببوزون هيجز. إنها الطاقة القوية الرابطة التي تجمع الكواركات معًا داخل البروتونات والنيوترونات.

لماذا الأمر كذلك؟ سيتوجب عليك أن تسأل الكهنة أو الفلاسفة. يمكن للفيزياء أن تخبرك بكيفية عمل العالم من حولنا (في حدود معرفتنا ، بالطبع) لكنها لن تخبرك في النهاية لماذا يعمل العالم تمامًا بمثل هذه الطريقة دون سواها .

لماذا نشهد المزيد من تمدد الزمن مع اقترابنا من "C" أو سرعة الضوء؟

على فرض أنك المسافر الذي يتحرك بتلكم السرعة ، لن تشعر بأي شيءٍ أبدًا مع اقترابك من "سرعة الضوء" .

تذكر: السرعة نسبية. فبالنسبة لك ، قد تكون أنت دومًا في حالة سكون ، حتى إذا كان بقية الكون يتحرك إلى الوراء بسرعة عالية. وإذا كنت في **مقصورة مغلقة** ، ولا تطل على الخارج ، فلن تلحظ شيء خارج عن المألوف على الإطلاق.

إن الآخرين ، الذين لا يسافرون معك ، والذين بالنسبة اليهم انت تتحرك بتلك السرعة العالية ، سيرونك في حركة بطيئة. بالنسبة لهم ، سيظهر أن عدة ثوان تمر عندهم بينما تدق ساعتك مرة واحدة. هذا أمر متبادل ، فبالنسبة اليك ، فإن الآخرين يبدو وأنهم يتباطئون. (يؤدي هذا إلى "مفارقة التوأم" سيئة السمعة التي تحظى باهتمام لا مبرر له من قبل الأشخاص الذين لا يفهمون أنك بغية مزامنة ساعتك مع ساعة شخص آخر ، عليك أن تلتقي ، ثم تحتاج إلى الاجتماع مرة

أخرى للمقارنة ، مما يعني أن واحدًا على الأقل منكم لم يعد يسافر في خط مستقيم بسرعة ثابتة ، وتتغير القواعد)

على أي حال ، هذا مهم حقًا . هذا هو السبب في أنها تسمى نظرية النسبية. إن قول أشياء مثل "اقتربت من سرعة الضوء" ليس له معنى ما لم تخبرنا نسبة إلى ما تقوم بقياس سرعتك. ومن وجهة نظرك ، أنت في حالة سكون وهذا شيء يتحرك إلى الوراء .

هل صحيح أنه إذا كانت كمية محدودة من المادة محصورة داخل نصف قطر صغير بما يكفي ، فستكون هناك نقطة انحناء وكثافة لا نهائية - "متفردة"؟ كيف يمكن لكمية محدودة من المادة أن تخلق مستوى لا نهائي من الجاذبية؟

ليس صحيحا تماما .

ما هو صحيح هو أنه إذا سُمح للمادة بالانهيار تحت تأثير جاذبيتها الذاتية ، فإنها ستشكل بالفعل ثقبًا أسود . إذن هذا ما يعنيه الثقب الأسود:

بالنسبة لمراقب في الخارج ، فهذا يعني عدم انهيار غير منتهٍ. (الورقة الأولى التي ناقشت انهيار الجاذبية ، بقلم أوبنهايمر وسنايدر في عام ١٩٣٩ ، كانت في الواقع بعنوان عن الانهيار الجذبوي المستمر .) والسبب هو أنه عندما يقترب الجسم مما يسمى نصف قطر شوارزشيلد ، يصبح تمدد الزمن بفعل الجاذبية لا محدودًا . لذا فإن أي شيء يحدث هناك يُرى بشكل متزايد بحركة بطيئة من قبل الراصد الخارجي. يتباطأ "الفيلم" لدرجة أنه في الواقع يتوقف تدريجياً ، ولا يتقدم أبدًا بعد

لحظة معينة ؛ لا يرى الراصد الخارجي في الواقع أي شيء يصل أو يعبر ما يسمى بأفق الحدث.

بالنسبة للمراقب الهاوي نحو الثقب الأسود "**يتجاهل فيزياء الكم**"، فإن أفق الحدث هذا ليس مميزًا بأي حال من الأحوال. سيمر المراقب من خلاله دون أن يلاحظ بالضرورة أنها كانت نقطة اللاعودة. ومع ذلك ، بمجرد تجاوز الأفق ، يصبح الأفق نفسه لهذا المراقب لحظة في الماضي ، وليس مكانًا يمكن الوصول إليه مرة أخرى. سيجد هذا المراقب نفسه في "كون صغير" منهار مع متفردة مستقبلية: لحظة في الزمن عندما يجتمع كل شيء وينتهي الزمان نفسه.

إذا أخذنا فيزياء الكم في الأعتبار ، فإن الوضع مختلف. حيث يشع الثقب الأسود الحرارة. كميات ضئيلة للغاية من الحرارة ، ولكنها ليست صفرًا بالتأكيد . هذا هو إشعاع هوكينغ سيئ السمعة. بالتأكيد ، في الكون المعاصر ، سيبتلع الثقب الأسود دائمًا مزيدًا من الحرارة ، ومواد أكثر مما يشع. ولكن في المستقبل البعيد ، ستتبدل الحال ، وسيفقد الثقب الأسود كتلته ببطء. على مدى فترة طويلة جدًا ولكن

محدودة من الوقت ، سيتبخر الثقب الأسود تمامًا . مما يعني أنه لا يوجد تفرد ، ولا نهايات ، ولا "نقص جيوديسي" . الجاذبية الشديدة بالتأكيد ، لكنها محدودة دائمًا .

هذه هي الصورة الدقيقة لما يحدث. لا جاذبية لانهائية. من المؤكد أن بعض اللانهايات المحتملة قد يتم ترويضها بواسطة فيزياء الكم.

ماذا سيحدث إذا لمستك رصاصة تسير بسرعة تقترب من سرعة الضوء واختفت في تلك اللحظة؟

ستكون ميتًا قبل أن تمسسك الرصاصة بوقت طويل. ستفنى قبل أن تقترب منك.

سترتطم الرصاصة في الهواء ، مما يخلق موجة صدمة هائلة وكرة نارية أكبر بكثير من أي قنبلة نووية صنعناها على الإطلاق. سيتحول الهواء المحيط بالرصاصة ، والرصاصة نفسها ، إلى كرة من البلازما شديدة الحرارة تتوسع بسرعة بسخونة أكثر من حرارة الشمس. سوف يسبق وصولها نبضة من أشعة جاما والأشعة السينية الشديدة التي من شأنها أن تحرقك ، والمدينة التي أنت فيها ، والبلدة التالية ، والتي تليها بعد ذلك.

هل مجال هيغز موجود في الثقب الأسود؟ وإذا لم يكن هناك كتلة ، فما هو مصدر الجاذبية الهائلة للثقب الأسود؟ وكيف يمكن للزمان أن يُشوه عند غياب الكتلة ؟

أولاً ، في نظرية المجال الكمومي ، جميع المجالات موجودة في كل مكان.

السمة المميزة لمجال هيغز هي أنه وبعد كسر التناظر الكهروضعيف فإن "القيمة المتوقعة للفراغ" (vev) غير صفرية ، وبالتالي فإن الجسيمات التي تتفاعل مع مجال هيغز تتفاعل بشكل فعال مع الفراغ ، حتى عندما يكون مجال هيغز خاليًا من "الإثارة" (لا توجد جسيمات هيغز الفعلية).

ومع ذلك ، عندما يتعلق الأمر بالكتلة السكونية ، فإن مجال هيغز ليس سوى جزء صغير جدًا من القصة. بالنسبة للمادة العادية ، تأتي معظم الكتلة الباقية من مكونات البروتونات والنيوترونات. لكن حوالي ١٪ فقط من كتل هذه البروتونات والنيوترونات ترجع إلى مكوناتها من الكواركات. نسبة الـ ٩٩٪ المتبقية ترجع إلى طاقة ربط القوة النووية القوية ، والتي لا علاقة لها بمجال هيغز.

من المهم أيضًا أن تتذكر أن الجاذبية لا تتعلق بالكتلة السكونية فقط. بل تتعلق بجميع أشكال الطاقة ، بما في ذلك الكتلة السكونية. وبينما لا تحفظ الكتلة السكونية ، فإن الطاقة تبقى محفوظة. لذلك ، حتى لو كانت هناك عملية فيزيائية تسببت في انتفاء مجال هيغز ، فهذا يعني فقط أن الطاقة في شكل الكتلة السكونية قد أحيلت إلى شكل آخر من أشكال الطاقة ؛ ومع ذلك ، فيما يتعلق بالجاذبية ، تبقى نفس كمية الطاقة.

هل تسبب المادة المضادة انحناء الزمكان في الاتجاه المعاكس؟

هل توجد ثقوب سوداء مكونة من المادة المضادة ؟ هل يمكنك معرفة ما إذا كانت مجرة ما في الغالب مادة أو مادة مضادة عن طريق التباين في عملها كعدسات الجاذبية "التعدس" ؟

لا . على حد علمنا لا تسبب المادة المضادة انحناء الزمكان في الاتجاه المعاكس.

حيث أن مترية الجهد – الطاقة – الزخم الخاصة بها هي تمامًا مثل تلك الخاصة بالمادة العادية ، لذا فإن جاذبيتها تشبه تمامًا جاذبية المادة العادية أيضاً . لا يزال يتعين علينا إجراء تجربة لا لبس فيها تشمل جسيمات المادة المضادة والجاذبية.

بالنسبة للثقب الأسود ، فإنه ليس بذي شأن مما يتكون. حيث بمجرد تشكل الثقب الأسود ، تحدد كتلته وشحنته الكهربائية والزخم الزاوي جميع خصائصه إلى حد كبير. وليس له أي خصائص مادية أخرى.

كما لا يمكننا تمييز مجرة من مادة مضادة عن مجرة من مادة عادية من خلال التعدس حيث كما بينا أعلاه أن ليس هناك فرق بين جاذبية المادة والمادة المضادة. ومع ذلك ، فنحن على يقين من عدم وجود مجرات من المادة المضادة. لماذا؟ تسأل ، حسنًا ، كما ترى ، حتى الفضاء بين المجرات ليس فارغًا . يوجد بعض غاز الهيدروجين. إذا كانت هناك مجرة من المادة المضادة في مكان ما (على الأرجح في سحابة من غاز الهيدروجين المضاد) سيكون هناك حد بين منطقة المادة العادية ومنطقة المادة المضادة ، حيث سيحدث التلاشي ، مما ينتج عنه إشعاع غاما المميز. و نحن لا نلاحظ إشعاع غاما هذا .

إذا كانت نظرية الانسحاق الكبير صحيحة ، فهل سيؤدي ذلك إلى انعكاس الزمن؟

كلا .

إن سهم الزمن هو مفهوم ثرموداينميكي. ولأسباب غير معروفة لنا (إذا كان من الضروري بالفعل تقديم سبب) ، كان الكون المبكر جدًا في حالة انتروبيا منخفضة.

إن التطور الثرموديناميكي للكون يؤول نحو ما يُسمى "الموت الحراري" ، حالة من الانتروبيا القصوى.

يشير الانسحاق الكبير إلى فكرة وجود مادة ذات جاذبية كافية في الكون لعكس التمدد واستحالته إلى انكماش على ذاته. لا يبدو أن هذا هو الحال في الواقع. ومع ذلك ، حتى لو كان الأمر كذلك ، فلن يُعكس هذا التطور الثرموديناميكي . لن يتطور الكون فجأة نحو إنتروبيا أقل. لن يعيد البيض تجميع نفسه تلقائيًا ، ولن تخمد الحرائق ، ولن ينهض الموتى من قبورهم ويبدأون في السير للخلف. ليس إلا إذا كان هناك خطأ جسيم في فهمنا للديناميكا الحرارية.

في الواقع ، تعتبر الديناميكا الحرارية إحدى المشاكل المتعلقة بمفاهيم علم الكون الدوري : فكرة أن الكون يمر بدورات متكررة من التوسع والانهيار . تكمن مشكلة هذه الفكرة في أنه بينما بدأ كوننا متجانساً للغاية (حالة إنتروبيا منخفضة في سياق الجاذبية) ، فإن الحالة النهائية لـ "الانكماش" هي كون غير متجانس إلى أقصى حد به الكثير من الثقوب السوداء ذات الأحجام المختلفة ، و لا توجد طريقة سهلة أو معقولة للانتقال من ذلك إلى دورة جديدة ذات بداية متجانسة . (لا يعني ذلك أن الناس لا يبحثون عن طرق موثوقة للالتفاف على هذه المشكلة) .

كيف يمكن للكون ذي الكتلة اللانهائية أن يتوسع بدلاً من أن ينهار على ذاته بسبب الجاذبية؟

أولاً ، الكتلة الكلية للكون غير معروفة. صحيح ، في النموذج الكوني القياسي ، لدينا كون لانهائي مكانيًا ومتجانسًا (متماثلًا في كل مكان) ، لذا فإن كتلته ستكون بلا حدود ، لكن هذا ليس مؤكدًا بأي حال من الأحوال.

ثانيًا ، حتى في هذا الكون اللامتناهي ، تظل كثافة الكتلة (الكتلة لكل وحدة حجم) محدودة.

ثالثًا ، هناك نظرية الغلاف Shell theorems وامتدادها النسبي ، نظرية بيركوف. حيث أن مجال الجاذبية داخل غلاف كروي منتظم للمادة يساوي صفرًا. إذا كانت الأرض جوفاء ، يمكنك أن تطفو بداخلها بلا وزن. لذلك حتى في الكون اللامتناهي ، لن يكون لقذائف متحدة المركز من المادة المحيطة بك تأثير جاذبي عليك. فقط الانحرافات المحلية عن هذه البنيان المتجانس (على سبيل المثال ، وجود نجم أو كوكب قريب) مهمة.

ورابعًا ، هناك قضية الزمن. الكون له عمر محدود. هذا يحدد النطاق الذي يمكن أن تؤثر علينا المادة فيه. المادة خارج هذا "الأفق الكوني" لم تكن موجودة لفترة كافية للتأثير علينا .

لقد سمعت أن الثقوب السوداء لديها معلومات. هل هذا صحيح؟ كيف يكون ذلك ممكنا؟

عندما يتحدث الفيزيائيون عن المعلومات ، فإنهم لا يقصدون تلك التي في الكتب. بدلاً من ذلك ، يقصدون حالات الجسيمات. الشيء المهم في فيزياء الكم هو أن هذه المعلومات حول الحالات لا يمكن لها أن تفنى، حتى لو تغيرت الجسيمات نفسها من حيث الشكل.

لا يتفق هذا مع الرؤية العمومية للثقوب السوداء. حيث بمجرد أن يسقط شيء ما عبر أفق الحدث للثقب الأسود ، فإنه يضيع. لا توجد طريقة لعودة هذا الشيء. ولا بأس بذلك طالما بقي هناك.

ومع ذلك ، فإن الإشكال يتأتى من وجود هذا الشيء المسمى بإشعاع هوكينج: تكوين أزواج من الجسيمات الافتراضية بالقرب من أفق الحدث. في كل مكان آخر ، تنبثق هذه الجسيمات الافتراضية ثم تخرج من طاقة الفراغ ، ولا يحدث شيء حقًا. ولكن بالقرب من أفق الحدث ، قد ينتهي الأمر بجسيم بداخله ويضيع ، والآخر قد

ينتهي به الأمر خارج أفق الحدث ، حاملاً معه القليل من طاقة / كتلة الثقب الأسود بسبب الحفاظ على الطاقة. لكن هذا القدر القليل من الطاقة / الكتلة لا يحمل أي معلومات من الثقب الأسود . وهذا يعني انتهاك ل حفظ المعلومات الكمومية .

اقترح ليونارد سسكيند وآخرون حلاً للمشكلة: أي شيء يقع في الثقب الأسود لا يقع داخله أبدًا ، بسبب تمدد الوقت. تنحني الجاذبية المكان والزمان وتسحب الوقت ، لذا يبدو أن سقوط الجسم فيه من وجهة نظرنا أنه يسقط أبطأ وأبطأ ويعلق على "سطح" الثقب الأسود ، أفق الحدث. تاركًا تصويرًا أبديًا له.

وهذا هو المكان الذي يتم فيه إصلاح حفظ المعلومات الكمومية: تُطبع المعلومات على سطح الثقب الأسود ، ويتم "استخلاص" القليل منها كإشعاع هوكينغ.

لذلك لا تضيع أي معلومات وكل شيء على ما يرام في أرض الفيزياء النظرية.

هل صحيح أن ميكانيكا الكم تقترح أن الكون واعٍ؟

أولاً ، ليس ثم نظرية عن الوعي. على الأقل على المستوى الرياضي. وميكانيكا الكم هي نظرية قياسية. تخبرنا ما يمكن توقعه من القياس ليس إلا . يمكن تقطير هذا بشكل أكبر لكونه في جوهره نظرية حول المعلومات.

يتوقع بعض الناس أن تكون النظرية بطريقة ما أكثر من مجرد نظرية. أعني بذلك أن النظرية هي وصف رياضي للسلوكيات المرصودة. يمكن لأي شخص رسم صورة فوتوغرافية واقعية ، ولكن الصورة ليست هي الموضوع. و هذا واضح. ومع ذلك ، فإن النظرية مماثلة تمامًا . النظرية ليست حقيقة ، فهي جيدة بقدر قدرتها على وصف الواقع.

هذا هو المكان الذي تواجه فيه ميكانيكا الكم مشكلة. يحاول الناس أن الصاقها بالواقع.

النظرية نفسها من جزأين. جزء واحد يسمى "التطور الوحدوي". وهو تطور النظام الكمومي في غياب القياس. ثم إذا أردنا أن نعرف شيئًا عن النظام ، فإننا نقوم بالقياس. هناك قاعدة مختلفة تمامًا لهذه العملية. وهكذا لدينا نوعان من تطور الزمن: الوحدوي وغير الوحدوي. علاوة على ذلك ، إذا تجاهلت جزء القياس غير الوحدوي ، فإن النظرية لا يمكن التعرف عليها باعتبارها الحقيقة التي نعيشها . على سبيل المثال ، لديك عوالم لا نهائية ، والطريقة الوحيدة لفهم هذه الفوضى هي أن نقول أن العالم الذي نعيش فيه هو العالم الذي نقيسه. هذا يخبرنا أيضًا أن وعينا لا يمكنه إلا تجربة عالم واحد .

المشكلة هي أن هناك نوعين من تطور الزمن ، مع التمييز بين وجود أو عدم وجود قياس. هذه تسمى مشكلة القياس ، وحتى الآن لا يوجد حل لهذه المشكلة. إنه يكافئ القول بأن الصورة لها معنى فقط إذا أمكن التعرف عليها كصورة. في الواقع ، يسأل عن طبيعة "المعنى" نفسه.

إذن من أين يأتي الوعي هنا ؟ يمكن للوعي أن يقبل المعنى.

هل يعني ذلك أن الكون الذي يحتوي على كائنات يمكنها قبول المعنى ومعالجته هو نفسه واعي؟ سأدعك تقرر ذلك.

هل يتعارض مبدأ اللادقة لهايزنبيرج في ميكانيكا الكم مع مفهوم الحتمية؟

نوعا ما . إذا كانت الإجابة بنعم إجابة كلية ، فسنقع في مشكلة. ومع ذلك ، فهي ليست بتلك البساطة. التطور في نظام كمي مغلق يسمى "التطور الأحادي" ، وهو أمر حتمي تمامًا . أي أن أي حالة كمومية في وقت ما ، t ، يمكن استخدامها لتحديد الحالة في أي وقت آخر ، مع تحذير واحد . أن الحالة لا تقاس. إن عملية القياس غير حتمية (في معظم الحالات ، ولكن ليس كلها) . ومع ذلك ، فإن تعريف ما يُعتبر قياسًا هو محل خلاف. على الرغم من أن القياس ، من وجهة نظرنا وسيلة لتفسير العالم. تقوم حواسنا بإجراء قياسات فعالة وتقديم بيانات ذات قيمة حقيقية إلى أدمغتنا ، حيث تتم معالجتها وتخزينها وتفسيرها . وهكذا فإننا ندرك أن العديد من العمليات الكمومية غير محددة. ومع ذلك ، فإن الوحدة الأساسية للتطور الكمي تشير إلى وجود حتمية أساسية ، والتي نراها في النهاية في السلوك الحتمي

الكلاسيكي. في نهاية المطاف ، فإن اللاحتمية التي يسببها القياس تتعدى المتوسط ، تاركة الحتمية الكلاسيكية ، المشتقة من التطور الكمي الوحدوي.

هل ينتهك التشابك الكمي السببية؟

ليس للتشابك الكمي أي سرعة.

إنه ليس أسرع من سرعة الضوء. كما أنه ليس أبطأ من سرعة الضوء. إنه ليس سببًا ، يتبعه نتيجة.

إنه ارتباط غير محلي ، مما يجعل نظرية الكم غير محلية بشكل واضح في تفسيرها الأكثر . وهذا يعني أن الأحداث البعيدة ، والتي لا ترتبط سببيًا ، مترابطة مع ذلك.

لا ينبغي أن يكون هذا مذهلاً للغاية ، في حد ذاته. مثال كلاسيكي يتعلق بالجوارب. لنفترض أنك وجدت نصف زوج من الجوارب الزرقاء في حقيبتك عندما تفتحها في غرفة فندق أثناء سفرك. ستكتسب على الفور معرفة أن نصف زوج آخر من الجوارب الزرقاء يجلس في درج الجوارب في المنزل. هناك ، ارتباط فوري غير محلي.

فيما عدا ذلك ، في هذه الحالة ، كانت المعلومات الأساسية (زرقة الجورب المفقود ، على سبيل المثال) موجودة في حقيبتك طوال الوقت ، على أنها "متغير محلي مخفي" . لذلك لا يوجد عدم تموضع بعد كل شيء .

في نظرية الكم ، يمكن إثبات أنه لا يوجد "متغير مخفي محلي" يمكنه تفسير الارتباطات الفعلية المرصودة. (هذه هي نظرية بيل الشهيرة) . ومن الواضح أن العلاقة بين الأحداث البعيدة غير محلية.

ماذا لو أصبحت متشابكًا مع جهاز كمبيوتر كمي؟

إذا كنت تقصد التشابك الكمي (وليس التشابك بالمعنى الكلاسيكي) ، ففي معظم الأوقات ، أنت متشابك مع كل كمبيوتر ، سواء كان كميًا أو غير ذلك ، على هذه الأرض. جنبا إلى جنب مع كل إنسان آخر. أنت أيضًا متشابك مع هؤلاء البشر الآخرين ، مع القطط والكلاب والمنازل وعلب طعام القطط والجبال والغيوم والشمس والقمر وكل شيء آخر تقريبًا .

عندما نستعد لتجربة التشابك الكمي ، فإن الحيلة لا تكمن في تشابك مجموعة من الجسيمات ، بل في التأكد من أنها ليست متشابكة مع أي شيء آخر. بمجرد أن تتشابك الجسيمات مع البيئة (ويعرف أيضًا باسم فك الترابط) ، تنتهي التجربة.

الحيلة في الحوسبة الكمومية هي الحفاظ على عدد كبير من درجات الحرية الكمومية غير متشابكة مع البيئة ، ويفضل أن يكون ذلك بطريقة قابلة للتطوير. إذا تمكنت بطريقة ما من البقاء متشابكًا مع عناصر الحوسبة الخاصة بهذا الكمبيوتر الكمي

أثناء تشغيل الكمبيوتر ، فهذا يعني أن الكمبيوتر لم يتم عزله بنجاح عن بيئته وبالتالي يُدمر الحساب.

هل التشابك الكمومي يجعل الاتصال الآني ممكناً؟

بكل بساطة وبشكل قاطع ، لا !

التشابك هو معلومات مشتركة ، وليس معلومات مرسلة. هناك فرق كبير.

المعلومات المشتركة مفيدة للإنترنت الكمي والحوسبة الكمية ، ولهذا تم الإبلاغ عن ذلك. ومع ذلك ، فإنه لا يسهل الاتصال بشكل أسرع من الضوء ، لأن ذلك سيكون غير طبيعي. ميكانيكا الكم متوافقة تمامًا مع النسبية الخاصة ، وبالتالي فهي تحترم فيزياء النسبية الخاصة.

يصعب التواصل مع غرابة ميكانيكا الكم. لها خصائص غير مفهومة جيدًا ، حتى من قبل علماء الفيزياء. ومن ثم فهي منطقة بحث ساخنة. ومع ذلك ، تحترم السببية الكمية ، وبالتالي فإن علاقة السبب والنتيجة الأسرع من الضوء لا تظهر في هذه النظرية.

هل تقدم نظرية الأوتار أي رؤية إضافية في تفسير غرابة ميكانيكا الكم؟

كلا ، ليس الغرض من نظرية الأوتار أن تشرح أي شيء ، ولا ما تسميه "غرابة" فيزياء الكم.

فيزياء الكم غريبة حقًا ، لكن التفسير يكمن في مكان آخر. المعادلات الأساسية لفيزياء الكم (على سبيل المثال ، معادلة شرودنغر) يمكن "اشتقاقها" من الفيزياء الكلاسيكية. لكن المعادلات تقبل أيضًا حلولًا ليس لها معنى كلاسيكي. تبدأ فيزياء الكم عندما نعلن أن هذه الحلول أيضًا تصف الواقع.

السبب في أن هذا غريب هو أن هذه الحقيقة الكمومية ليس لها معنى كلاسيكي. أي محاولة لإدخالها في تفسير كلاسيكي تدمر بالضرورة جوهرها الكمومي. لذا فإن التوقع الساذج بأنه من الممكن بطريقة ما تصور فيزياء الكم أو تفسيرها بطريقة أخرى باستخدام المفاهيم الكلاسيكية هو ما يؤدي إلى الشعور بالغرابة والتناقض.

خذ تجربة الشقين الشهيرة. هل كان مسار الإلكترون من خلال شق واحد أو آخر؟ الإجابة الصحيحة ، بالطبع ، ليست . . . أي كما لو كانت سطرًا من المصفوفة ، فإن العبارة الصحيحة هي أنه لا يوجد مسار .

ليست هناك حاجة لنظرية الأوتار هنا . التفسير موجود ، داخل نظرية الكم نفسها ، من الصعب استيعابها لأننا نتشبث بإدراكنا الكلاسيكي للعالم من حولنا .

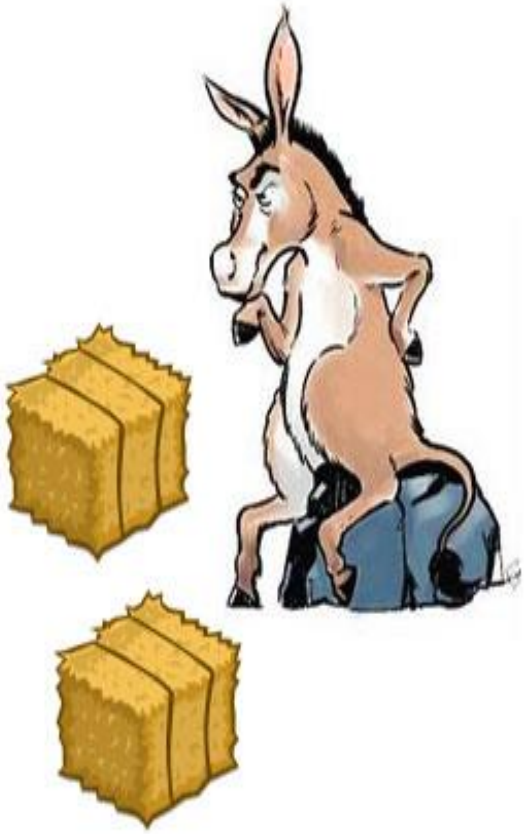
هل من الممكن أن يكون لدينا عالم مثالي؟

ذلك ليس شيئًا تتمناه.

إذا أخذنا في الاعتبار الاستنتاج المنطقي لما تكون عليه المثالية ، فإن الكون المثالي سيكون مكانًا متجانسًا تمامًا (أي نفسه في كل مكان) . إذا لم يكن الأمر كذلك ، فستكون بعض المناطق أفضل من غيرها في بعض الجوانب ، ومن ثم لن يكون الكون "مثاليًا" . ولن يتمكن الكون المتجانس تمامًا من تكوين نجوم أو كواكب أو حياة.

ستبقى إلى الأبد صحراء لا نهاية لها من الغاز والضوء ، ولا شيء غير ذلك.

لكي تكون قادرًا على تكوين أي نوع من البُنى ، يجب أن يكون لديك بذرة من النقص. ترتبط هذه الفكرة ارتباطًا وثيقًا بمفارقة حمار بوريدان ، والتي تخلص إلى أنه لا يمكنك اتخاذ خيار حتمي عندما يكون كل شيء متماثلًا تمامًا . ستبقى غير قادر على اتخاذ أي خيار. وهذا ينطبق على قوانين الطبيعة كما ينطبق على الحمار المسكين.



ما هي جوانب التعارض بين نظرية الكم ونظرية النسبية ؟

اسمحوا لي أن أبدأ بالنسبية العامة: تعمل المادة كمصدر لمترية الزمكان أو ما نسميه مجال الجاذبية. يحدد مجال الجاذبية بدوره ديناميكية المادة. (أو كما قال ويلر ، "الزمكان يخبر المادة كيف تتحرك ؛ المادة تخبر الزمكان كيف ينحني" ، على الرغم من أنني حذر مع هذا الاقتباس ، حيث أن المجال المنحني تحديدًا هو "منحني" ، وليست الأبعاد المكانية أو الزمنية.)

نظرية المجال الكمي ، بدورها ، هي نظرية المجالات الكمية التي تعيش في الزمكان. إذن ما هي المشكلة ، لعلك تسأل؟

أولاً ، دعني أخبرك بما يمكن عده ناجحًا . يمكننا عمل نظرية المجال الكمي في الزمكان المنحني للنسبية العامة. الأمور مثيرة للاهتمام ، بالتأكيد . في ظل وجود مجالات الجاذبية ، لم يعد هناك إطار قصوري فريد من نوعه. تعتمد كيفية تحلل المجالات الكمية إلى "جسيمات" على الإطار المرجعي الذي يتم من خلاله إجراء التحلل. في غياب إطار بالقصور الذاتي الشامل ، لا يوجد إطار "مفضل" لهذا

التحلل. وتحلل المجال فيما يتعلق بالإطارات المرجعية المختلفة ينتج عنه محتوى جسيمي مختلف. باختصار ، الاستنتاج المذهل هو أن اثنين من المراقبين غير الموجودين في نفس الإطار المرجعي لن يروا نفس محتوى الجسيم! (هذه طريقة واحدة للنظر إلى ظاهرة إشعاع هوكينج وأونروه) .

على أي حال ، على الرغم من التعقيدات المتعلقة بمفهوم الجسيمات ، فإن نظرية المجال الكمومي تعمل في الزمكان المنحني. إنها متسقة ذاتيًا ويمكن حتى إثبات أنها تحترم السببية ؛ لا يوجد "أسرع من الضوء" .

لذا فإن هذا يعتني بالجزء حيث يخبر مجال الجاذبية حقول المادة بكيفية تحركها . ماذا عن الطريقة الأخرى ، مسألة تحديد مجال الجاذبية؟ هنا تكمن المشكلة. هذا من شأنه أن تحكمه معادلات المجال لأينشتاين. تربط معادلات المجال هذه تعبيرًا يتكون من مترية الزمكان (الجانب الأيسر من المعادلة عند كتابته بالشكل المعتاد) وتعبير يتكون من محتوى الطاقة – المادة (الجانب الأيمن) .

يتكون الجانب الأيسر من هذه المعادلة من أرقام معينة ؛ الأرقام التي تحدد انحناء متزية الزمكان. لكن الجانب الأيمن؟ في نظرية المجال الكمي ، لن تكون هذه كمية ذات قيمة عددية. بل تتكون من كيانات رياضية لا تتصرف مثل الأرقام ؛ بالنسبة للمبتدئين ، فهم لا يلتزمون بقانون التبادلية المعتاد الخاص بالضرب (تعتمد النتيجة على الترتيب الذي يتم به مضاعفة هذه الكميات ، $p \times q$ ليست هي نفسها $q \times p$) إنها مثل السؤال عن عدد التفاحات اللازمة لصنع برتقالة.

يمكننا حل هذه المشكلة من حيث المبدأ عن طريق تحويل نظرية الجاذبية إلى نظرية المجال الكمي أيضًا ، بحيث تستخدم أيضًا هذه الكميات غير المحسوبة بدلاً من الأرقام لتمثيل مجال الجاذبية. لكن هذا لا يعمل أيضًا . يتعلق السبب بكيفية تعامل نظرية المجال الكمومي مع مشكلة أخرى: اللانهايات غير المرغوب فيها . عندما نحلل مجالًا كميًا إلى كوانتات أولية ، توجد احتمالات كثيرة بلا حدود ، ولكل منها طاقة غير صفرية في "حالتها الدنيا" (حالة الطاقة الأدنى) . عدد لا حصر له من الأشياء غير الصفرية المضافة معًا ينتج ما لا نهاية. إذاً على السطح ، فإن نظرية المجال

الكمومي هي هراء: إنها تتوقع اللانهايات عديمة الفائدة. باستثناء أنه في كثير من الحالات ، يمكن إزالة هذه اللانهايات ، مع ترك اختلافات محدودة فقط ، والتي يمكن استخدامها للقيام بفيزياء حقيقية (أي التنبؤ بالنتائج الفعلية للتجارب بنجاح.) للأسف ، لا يعمل هذا الاجراء دائمًا . وهو يفشل بشكل مذهل عندما يتعلق الأمر بحقول المادة التي تعمل كمصدر لحقل الجاذبية. الجاذبية غير قابلة لإعادة التنظيم كنظرية مجال الكم.

لذا ، هذا هو جوهر المشكلة. هناك ، في الواقع ، طريقة بسيطة للخروج من هذه المعضلة. يمكننا فقط إعادة كتابة معادلات مجال أينشتاين واستبدال جزء المادة (الذي ، كما تتذكر ، يتكون من هذه المقادير الكمية) بما يسمى بقيمة التوقع (التي تمثل بشكل أساسي المتوسط الذي سنحصل عليه إذا حاولنا قياس هذه الكميات باستخدام الأدوات الكلاسيكية.) وهذا النهج يسمى الجاذبية شبه الكلاسيكية. الشيء الخبيث في الجاذبية شبه الكلاسيكية هو أنها تعمل بشكل جيد جدًا . وهذا يعني أن تنبؤاتها دقيقة للغاية ، ولا تتوقع رؤية أي انحراف بسبب تأثيرات

الجاذبية الكمومية إلا في الكون المبكر المتطرف أو في أعماق الثقوب السوداء قبل انهيار المادة في التفرد. لا يمكننا الوصول إلى أي من هذين النظامين عن طريق الملاحظة أو التجربة. لذا حقًا ، كل ما يمكننا ، في الواقع ، مراقبته ، يخضع للجاذبية شبه الكلاسيكية بشكل رائع. سيكون هذا جيدًا إذا اعتقدنا أن الجاذبية شبه الكلاسيكية هي النظرية النهائية. ولكن إذا كنا نأمل في شيء أفضل ، فهذه عقبة رئيسية: الطبيعة لا تقدم أي بيانات ، وأي تلميحات حول كيفية المضي قدمًا . لذلك نحن نفعل تلك الأشياء ونحن مكفوفين.

يأمل الناس بالطبع في رؤية شيء جديد ومثير قد يقدم تلميحات بعد كل شيء . كان من الممكن أن يقدم اكتشاف أي جسيمات جديدة بواسطة LHC تلميحات لفيزياء الجسيمات تتجاوز النموذج القياسي. الاكتشاف المزعوم لبصمة موجات الجاذبية البدائية على خلفية الميكروويف الكونية بواسطة تجربة BICEP2 من شأنه أن يؤكد أيضًا الطبيعة الكمية للجاذبية ، ولكن تم التراجع عنه عندما تم اكتشاف أن النتيجة كانت في الغالب أثر بسبب التلوث بالضوضاء من مجرتنا درب

التبانة. قد يساعد فهم طبيعة المادة المظلمة والطاقة المظلمة ، ولكن حتى الآن ، لم تسفر أي تجربة عن نتائج موثوقة. سيكون فهم غياب النيوترينوات خطوة كبيرة إلى الأمام ، لكن هذا لم يحدث بعد أيضاً . حتى الآن ، نحن عالقون: النظريات التي لدينا تعمل بشكل جيد جدًا ، ولم نتمكن من الحصول على تلميحات جديدة من الطبيعة.

هل دالة الموجة حقيقية مثل موجة المحيط أم أنها مجرد موجة احتمالية؟

تصف فيزياء الكم الأنظمة الفيزيائية من حيث حالاتها .

إن حالة النظام الفيزيائي في الفيزياء الكلاسيكية واضحة المعالم. على سبيل المثال ، الجسيم النقطي في الفيزياء الكلاسيكية له موقع محدد جيدًا وزخم محدد جيدًا .

في فيزياء الكم ، يوجد النظام عادة في ما يسمى بـ "التراكب الخطي" من الحالات: على سبيل المثال ، بدلاً من أن يكون للجسيم موقع فريد محدد جيدًا ، قد يكون الإلكترون قليلاً هنا ، وقليلًا هناك ، و قليلاً في مكان آخر ، كل ذلك في نفس الوقت. أعلم أن هذا لا معنى له (حرفيًا ، إنه ليس شيئًا يمكننا تصوره أو الحدس) ولكن ملاحظاتنا تخبرنا باستمرار أن هذه هي الطريقة التي تعمل بها الطبيعة. من المهم تذكيرنا بأن الطبيعة ليست ملزمة بموائمة حدسنا . على الأقل ، لدينا ثاني أفضل شيء ، وهو الرياضيات ، التي يمكننا من خلالها نمذجة الأنظمة الفيزيائية حتى لو وجدنا صعوبة في حدس أو تصور ما تقوله هذه النماذج.

على أي حال ، نظرًا لأن الحالة الكمية للنظام هي في الأساس مجموع مرجح لعدد لا حصر له من الحالات المحتملة ، فإن السؤال التالي هو أفضل طريقة لوصف مثل هذا النظام باستخدام لغة الرياضيات. يأتي هذا الوصف في شكل دالة موجية ، والتي تحدد أساسًا قيمة أو وزنًا لكل حالة ممكنة يمكن أن يكون النظام فيها .

لماذا تسمى الدالة الموجية؟ لأن المعادلة التي اكتشفناها والتي تميز هذه الدالة هي في الواقع معادلة موجية معروفة (معادلة شرودنجر) . معادلة تصف نمط الموجة.

هذه ليست موجة محيط ، ولا موجة احتمالية ، على الرغم من أنه يمكن في الواقع استخدامها لاستنتاج احتمالية نتيجة تجربة عندما نجعل النظام الكمي يتفاعل مع أداة كلاسيكية (كاميرا ، أداة معملية ، قطة ، مجرب – لا يهم ، طالما أنه كيان يتصرف ، إلى حد كبير ، وفقًا لقواعد الفيزياء الكلاسيكية) . إنه تجريد رياضي يميز حالة النظام الكمي.

كيف يمكن للضوء أن ينثني ويتحرك بواسطة الثقوب السوداء (أو أي شيء له جاذبية) دون أن يفقد أي سرعة؟

سؤال ممتاز! وخمن ماذا: لا يفقد الضوء السرعة. على الأقل عند رؤيته من بعض المواضع المتميزة.

أول شيء يجب تذكره بشأن الجاذبية هو أنها كونية. أي أنها تؤثر على جميع الأشياء بالمثل. نتيجة لذلك ، إذا كنت داخل بيئة مغلقة ، على سبيل المثال ، كابينة مصعد مغلقة بدون نوافذ ، إذا كنت تشعر بانعدام الوزن ، فليس لديك طريقة لمعرفة ما إذا كنت تطفو في الفضاء أو تسقط بحرية نحو سطح كوكب. من المنطقي إذن أنك إذا كنت داخل كابينة المصعد وقمت بإجراء تجربة لقياس سرعة الضوء ، فستكون نفس السرعة كما هو الحال دائمًا .

لكن ماذا عن شخص يراقبك من بعيد ؟ إذا كنت في مجال جاذبية ، فهذا يعني تمدد الزمن بفعل الجاذبية. كل ما تفعله يظهر في حركة بطيئة لذلك المراقب البعيد .

هذا يعني أنه عندما تقيس سرعة الضوء ، وفقًا لساعة المراقب البعيد ، فإن شعاع الضوء هذا سوف يتحرك ببطء أكثر أيضًا .

باختصار: عندما نشاهد من بعيد ، فإن شعاع الضوء في الواقع يتباطأ في مجال الجاذبية. السبب الوحيد الذي يجعل مراقبًا في نفس مجال الجاذبية لا يلحظ أنه يتباطأ هو أن ساعة ذلك المراقب تعمل أيضًا بشكل أبطأ مقارنة بساعتنا .

هذا يعني أنه عندما "ينحني" شعاع من الضوء بفعل مجال جاذبية الشمس ، فإن سرعته تتغير بالفعل (كما يُرى من بعيد) . التأخير الناتج قابل للقياس في الواقع (على سبيل المثال ، عندما تمر الإشارة الراديوية من مركبة فضائية بين الكواكب بالقرب من الشمس) . يطلق عليه تأخير شابيرو ، وهو أحد "الاختبارات الكلاسيكية" الهامة للنسبية العامة. يجب أيضًا حسابه عند استخدام إشارات الراديو للتنقل في مركبة فضائية بعيدة.

ونعم ، هذا التأخير ، إلى جانب الانحناء المكاني ، مسؤولان معًا عن انحناء الضوء عن طريق الجاذبية ؛ في الواقع ، فإن التأثيرين معًا يفسران لماذا تتنبأ نظرية أينشتاين بضعف زاوية الانحناء مقارنة بحساب بسيط باستخدام الفيزياء النيوتونية.

إذا صنعنا تلسكوباً قوياً بدرجة كافية ، فهل يمكننا رؤية الانفجار العظيم كما حدث؟

خلال أول ٣٨٥٠٠٠ سنة من وجوده ، كان الكون ساخنًا جدًا ، وكثيفًا جدًا بحيث لا يمكن أن يكون شفافًا . أيا كان الضوء الذي تم إنتاجه ، فقد تم امتصاصه على الفور تقريبًا بواسطة البلازما الساخنة غير الشفافة الموجودة في كل مكان.

بعد حوالي ٣٨٥٠٠٠ سنة ، برد الكون بما يكفي لإعادة اتحاد هذه البلازما في غاز متعادل (معظمه من الهيدروجين والهيليوم) ، والذي يكون شفافًا للضوء . ومهما كان التوهج المتبقي ، يمكن لهذا الضوء الآن أن ينتشر بحرية في جميع الاتجاهات ، ولا يتم امتصاصه بعد الآن.

لا يزال هذا الضوء موجودًا في الكون ، لكنه يصل إلينا الآن عبر مسافات كونية ، قادمًا من مصادر كانت تبتعد عنا بسرعة عالية جدًا ، كما تقاتل أيضًا مجال الجاذبية المشترك للكون. نتيجة لذلك ، بحلول الوقت الذي يصل فيه هذا الضوء إلى موقعنا ، يقل تردده بشكل كبير ، بمعامل يقارب ١١٠٠ .

إذن ما كان يومًا ما ضوءًا مرئيًا ، مشابهًا تقريبًا في الطيف للضوء من المصباح الكهربائي المتوهج التقليدي ، تم تحويله في التردد على طول الطريق وصولاً إلى المجال الراديوي للطيف الكهرومغناطيسي ، إلى ترددات الميكروويف.

لكن نعم ، نعم ، يمكننا "رؤية" هذا الضوء بوساطة أي مستقبل راديوي بسيط.

إذا كانت نظرية الانفجار العظيم صحيحة ، فكيف يمكن أن تصطدم المجرات ببعضها البعض؟

مرارًا وتكرارًا ، تذكروا هذا : التوسع الكوني ليس قوة.

لا شيء يسحب المجرات بعيدًا عن بعضها البعض. إنها ببساطة تتفرق. . . إلا إذا أوقفها شيء ما ، مثل الجاذبية المتبادلة.

وهو بالضبط ما حدث عندما تشكلت أكبر الهياكل المرتبطة بالجاذبية ، عناقيد المجرات. في هذه الهياكل ، فازت الجاذبية بلعبة الملايين من السنين ، والمجرات المكونة للعنقود عالقة في شركة بعضها البعض.

وتتبع مدارات فوضوية إلى حد ما ، تحددها مجالات الجاذبية المتبادلة. في بعض الأحيان ، تتقاطع هذه المسارات وتتصادم المجرات. تميل المجرات الكبرى ، بمرور الوقت ، إلى الاندماج معًا وتشكيل مجرات إهليلجية عملاقة.

مرة أخرى ، تذكر أن التمدد ليس قوة. بمجرد توقف شيئين عن الانفلات بعيدًا عن بعضهما البعض لأي سبب من الأسباب ، لا شيء يجبرهما على البدء في الانفلات مرة أخرى.

لماذا لا تكون كل الجسيمات في الكون متشابكة كمياً لأنها انبثقت جميعاً من متفردة الانفجار العظيم؟

لا تسأل "لماذا" قبل أن تسأل "إذا".

من قال أن كل الجسيمات ليست متشابكة؟ في واقع الأمر ، هم كذلك. عندما نتحدث عن تجربة معملية تتضمن زوجًا من الجسيمات المتشابكة ، فإن الوصف الدقيق لا يعني أنهما متشابكان مع بعضهما البعض ؛ بل يتم تقليل تشابكهم مع بقية الكون أو (تقريبًا) يتم التخلص منه ، بحيث يتشابكان مع بعضهما البعض فقط وليس مع بيئتهم.

هذا هو الجزء الصعب. ليس تشابك جسيمين بل عزلهما عن البيئة مؤقتاً على الأقل.

هل نعرف الاتجاه الذي نبتعد فيه عن الانفجار العظيم؟

في الواقع ، نحن نعرف. هذا الاتجاه يسمى المستقبل.

أنا لا ألعب بالكلمات. على عكس الاعتقاد الخاطئ السائد ، لم يكن الانفجار العظيم انفجارًا ولا مكانًا في الفضاء. لقد كانت حقبة ماضية في الزمن ، عندما كان الكون كله ، في كل مكان ، حارًا جدًا وكثيفًا جدًا. تمثل هذه الحقبة بداية (على حد علمنا) لكوننا ، والاتجاه الوحيد الذي يمكنك الانتقال إليه من الانفجار العظيم هو نحو المستقبل.

وللتكرار فقط ، أنا بصراحة لا ألعب بالكلمات هنا ، هذا وصف دقيق إلى حد ما لما تخبرنا به رياضيات الزمكان عن الانفجار العظيم والتطور اللاحق للكون.

كيف يمكن أن يكون الكون مسطحاً إذا كان الانفجار العظيم حدثًا ثلاثي الأبعاد؟

يشير مصطلح "مسطح" إلى الانحناء المكاني.

الزمكان ليس مسطحا . يتغير مقياس الزمكان كدالة للوقت.

ومع ذلك ، يبدو أن الفضاء مسطح: أي أن مجموع زوايا المثلث في هذا الفضاء هو دائمًا ١٨٠ درجة بالضبط.

التوسع يعني أن مثلثًا مميزًا بثلاث مجرات بعيدة يكبر بمرور الوقت. يعني التسطيح أن مجموع زوايا هذا المثلث ثابت وهو ١٨٠ درجة.

إذا كنا نعيش في عالم به انحناء مكاني موجب أو سالب (أي كون غير مسطح) ، فإن مجموع زوايا هذا المثلث سيكون أكبر من ١٨٠ درجة أو أقل منها على التوالي وسيتغير (زيادة أو نقصان)) بمرور الوقت.

هل يمتلك الكون الآن نفس عدد الجسيمات كما كان الحال بعد الانفجار العظيم؟

كلا .

"عدد الجسيمات" ليس ما يمكن أن يوصف بأنه كمية محفوظة. إنه يتغير طوال الوقت ، في كل مكان ، حتى في السياقات اليومية العادية.

على سبيل المثال ، عندما تقوم بتشغيل مصباح يدوي ، فإنك تخلق تريليونات من الفوتونات. هذه الفوتونات موجودة ما لم يتم امتصاصها من قبل بعض المواد .

في الواقع ، تتمحور الكثير من نظرية المجال الكمومي الحديثة حول ما يسمى بمعاملي التكوين والفناء ، والمعاملين الرياضيين الذين يصممان كيفية إنشاء الجسيمات أو تدميرها .

يتم حفظ كميات معينة. على سبيل المثال ، يتم إنشاء الإلكترونات والبوزيترونات في أزواج ، مما يحافظ على ما يسمى بـ "عدد الليبتونات" (+١ للإلكترون ، -١

للجسيم المضاد ، البوزيترون) وكذلك الشحنة الكهربائية. لكن ليس عدد الجسيمات.

ما هي درجة الحرارة في الفضاء قبل الانفجار العظيم؟

في النموذج الكوني القياسي ، العبارتان التاليتان صحيحتان:

الفضاء ليس له درجة حرارة. والفراغ ليس له درجة حرارة.

ليس هناك "قبل" للمتفردة الأولى للكون. فالزمن بدأ مع المتفردة. "قبل الانفجار العظيم" هو تعبير يخلو من المعنى مثل "شمال القطب الشمالي.

من المؤكد أن هناك نماذج ونظريات كونية يكون فيها "قبل الانفجار العظيم" منطقيًا ، ويمكن للمرء دائمًا تفسير "درجة الحرارة في الفضاء" على أنها "متوسط درجة حرارة المادة في الفضاء". تقترح بعض الكوسمولوجيات "الدورية" أنه قبل التوسع الحالي ، كان الكون يتقلص حتى وصل إلى ذروته ، ولكن كثافته محدودة ودرجة حرارة متطرفة مقابلة ولكن محدودة. قد تتنبأ نماذج أخرى بدرجات حرارة سالبة (أي حالات المادة ذات السلوك الإحصائي الذي يمثل السلوك المقلوب للمادة المألوفة لدينا) .

وإحدى الإجابات القياسية هي أن درجة حرارة الكون كانت درجة حرارة بلانك التي تبلغ حوالي ١,٤ × ١٠٣٢١,٤ × ١٠٣٢ كلفن ، ولكن هذا يفترض أن درجة حرارة بلانك لها أهمية فيزيائية بدلاً من مجرد تمثيل حد جهلنا ، وهو الحد المفترض للصلاحية في نظرية المجال الكمومي.

وإذا استنتجت من الفقرات السابقة أن الإجابة المختصرة الصادقة هي ، ليس لدينا فكرة ، فلن تكون مخطئًا . لن أذهب إلى حد القول بأنه ليس لدينا دليل ؛ لدينا الكثير من القرائن ، لكننا لا نعرف حقًا . تنتهي معرفتنا بالتاريخ الماضي للكون عندما كان الكون كثيفًا بدرجة كافية حتى تكون تأثيرات الجاذبية الكمومية ذات أهمية ، نظرًا لعدم وجود نظرية قابلة للتطبيق للجاذبية الكمية.

النهاية