

أبحاث متقدمة حول المادة في الكون المرئي 3-1

إعداد وترجمة د. جواد بشارة

قد يوجد شكل مستقر جديد للمادة خارج الجدول الدوري

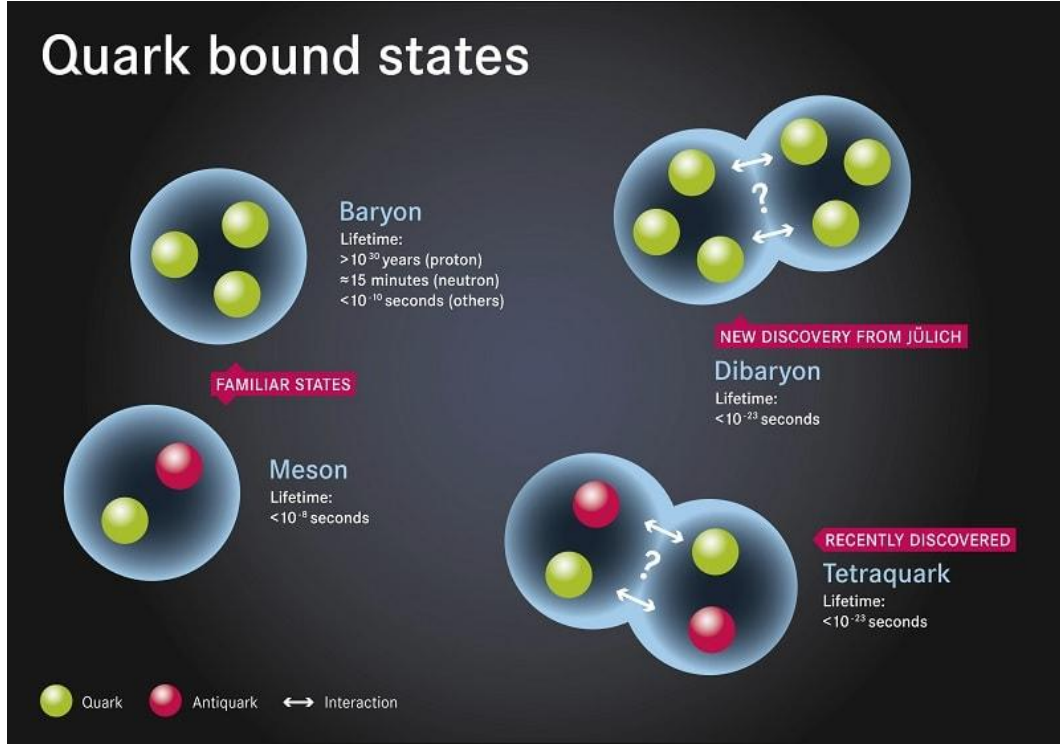
Une nouvelle forme stable de matière pourrait exister au-delà du tableau périodique

الكواركات هي جسيمات أولية لا تزال تحظى باهتمام الفيزيائيين. وهي تشكل المادة الباريونية، أي المادة العادية التي تحيط بنا وتتكون من البروتونات والنيوترونات، وتسمح خواصها الفيزيائية بوجود أشكال معينة من المادة، مثل بلازما كوارك-غلون أو حتى مادة غريبة *la matière étrange*. اكتشف فريق من الفيزيائيين مؤخرًا تكوينًا جديدًا مستقرًا للكواركات، والذي يمكن أن يشكل عناصر خارج الجدول الدوري.

آخر معاملة transactinide (عنصر كيميائي ذو رقم ذري أعلى من رقم لورنسيوم *lawrencium*)، يتكون العضو *Og* (118 من البروتونات وكتلة ذرية قدرها 294. تم تصنيعه وتركيبه لأول مرة في عام 2002، وهو آخر عنصر كيميائي معروف (بالعدد الذري المتزايد) من الجدول الدوري للعناصر. هذا لا يعني أن العناصر الأثقل لا يمكنها أن توجد - على الرغم من وجود حد أقصى نظري لعدد البروتونات في النواة، بسبب الكثافة المحدودة للتفاعل بين النوكليونات والنيوكليونات - ولكن الحدود التكنولوجية الحالية لا تسمح بعد أن يتم إنتاجها.

لم تعد الذرات الموجودة في نهاية الجدول الدوري تخضع لنفس القواعد مثل نظيراتها الأقل كتلة. تظهر التأثيرات الكمومية، مثل اقتران مدار الدوران *couplage spin-orbite*، التي تنبثق داخل النواة وتعيد تنظيم مستويات الطاقة الكلاسيكية. تعمل آليات تقييد الطاقة، ولا سيما ظاهرة الإحباط الكولومبي *frustration coulombienne*، الذي يعمل على تعديل ديناميكيات الإلكترونات والبروتونات، مما يمنح الذرة خصائص معينة. أخيرًا، تميل التأثيرات النسبية إلى فصل الإلكترونات بشكل موحد بدلاً من ترتيبها تقليديًا في طبقات.

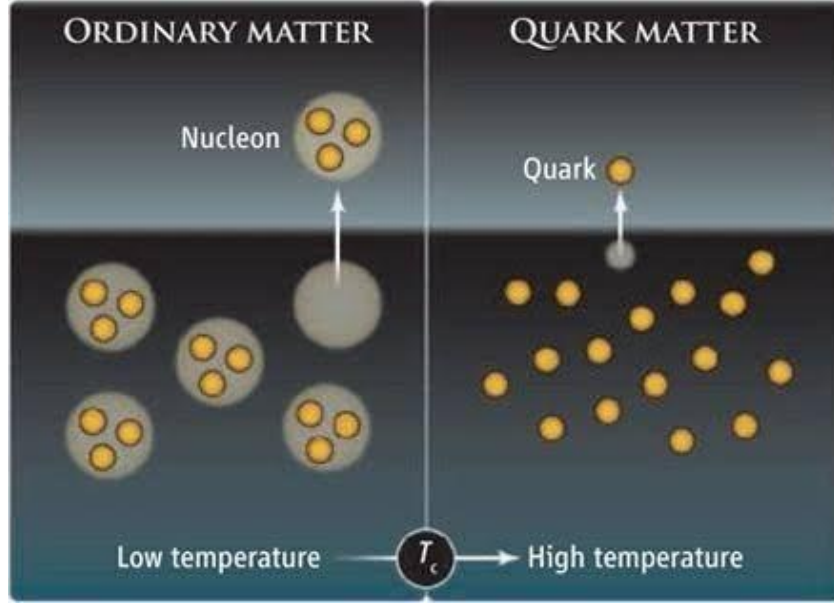
في دراسة حديثة، أظهر فريق من علماء الفيزياء من جامعة تورنتو أنه في ظل الظروف القاسية لدرجة الحرارة والضغط، يمكن للكواركات التي تتكون منها الباريونات أن تتحلل، مع الحفاظ على استقرارها بدرجة كافية لضمان تكوين ذرات الكتلة التي تزيد عن 300، وبالتالي تقع خارج الجدول الدوري. يمكن أن يوجد مثل هذا التكوين للمادة داخل النجوم النيوترونية



يمكن أن تشكل الكواركات تكوينات مختلفة وبالتالي جسيمات مختلفة، اعتماداً على نكهاتها وأنواعها وترتيباتها.

الكواركات هي جسيمات أولية تشكل جسيمات مركبة تسمى "الهادرونات" (hadrons). وتنقسم هذه الجسيمات إلى "ميزونات" (mesons) - وهي جسيمات مكونة من زوج من الكواركات والكواركات المضادة (quark-antiquark) و "الباريونات" (baryons) - وهي جسيمات مكونة من ثلاثة كواركات مثل البروتونات (protons) والنيوترونات (neutrons). هناك ستة أنواع (نكهات) من الكواركات: أعلى (ش)، أسفل (د)، أعلى (تي)، أسفل (ب)، غريب (ق) وسحر (ج) (*Up (u), Down (d), Top (t), Bottom (b), Strange (s) et Charm (c).*)

تتكون المادة الباريونية حصرياً من البروتونات والنيوترونات، وتتكون فقط من *u* و *d* كواركات. بعيداً عن البروتونات والنيوترونات، يمكن للكواركات تشكيل هياكل أخرى اعتماداً على ترتيبها. تتربط الكواركات معاً بواسطة الغلوونات (gluons)، وهي البوزونات (bosons médiateurs) التي تتوسط تفاعلاً نووياً قوياً.

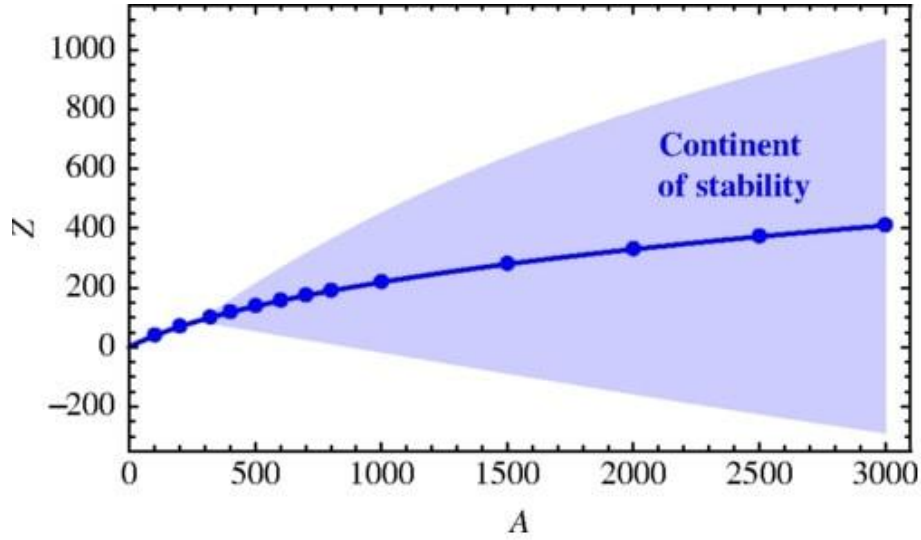


في ظل الظروف القاسية لدرجة الحرارة والضغط ، يمكن تفكيك الكواركات ، وتشكيل "حساء" من الكواركات الحرة ، تسمى "المادة الديناميكية الملونة": سيرن

إذا شكلت الكواركات ترتيبات مستقرة داخل الباريونات عند درجات حرارة وظروف ضغط معيارية، فيمكنها أيضاً تكوين مثل هذه التكوينات والوصول إلى أدنى حالة طاقة لها (الحالة الأساسية أو الجوهرية) في ظروف أكثر قسوة، في شكل مادة كروموديناميكية chromodynamique الديناميكا اللونية أو "مادة الكواركات matières à quarks".

هذا الشكل من المادة لم يعد مكوناً من ثلاثة كواركات مرتبطة ارتباطاً وثيقاً، بل يتكون من "حساء" من الكواركات الحرة. عادة ما يتم استيفاء هذه الشروط في مسرعات الجسيمات القوية أو في النجوم النيوترونية. في عام 1984، اقترح العالم الفيزيائي إدوارد ويتن Edward Witten أن هذه المادة الديناميكية اللونية أو الكروموديناميكية المستقرة تتكون في الواقع من خليط متساوٍ من الكواركات u و d و s . وتسمى Up-Down Quark Matter- udQM وهكذا أخذت اسم "المادة الغريبة" (لأنها تتكون من كواركات غريبة).

فيما يتعلق باستقرار تكوينات الكواركات u و d داخل النوى الذرية، فإن فكرة المادة الكروموديناميكية المكونة فقط من u و d الكواركات، تسمى "udQM" (لمادة كوارك أعلى)، كانت منذ فترة طويلة رفضه العلماء. ومع ذلك، فقد أثبت علماء الفيزياء في جامعة تورنتو بنجاح أنه في الواقع، فإن UDQM لديها طاقة كتلة أقل لكل باريون من مادة الباريون التقليدية والمواد الغريبة. لقد بحث الفيزيائيون عن مادة غريبة لعشرات السنين. وفقاً لنتائجنا، ربما نظر العديد من العلماء في المكان الخطأ» حسب توضيح ليزا زيغالغا Lisa Zyga ، مؤلفة الدراسة.



تصل المادة الديناميكية الصبغية الكروموديناميك La matière chromodynamique ، المكونة من كواركات u و d ، إلى مستواها الأساسي وتصبح مستقرة للعناصر ذات الكتلة الذرية (A) أكبر من 300.

في ظل ظروف ضغط كافية، يمكن للكواركات u و d أن تترتب في $udQM$ ، والتي لا تتطلب حالتها الأرضية استقرار أي كوارك. يتم استيفاء ظروف الضغط ودرجة الحرارة هذه نظريًا داخل النجم النيوتروني ، ولكن أيضًا داخل البروتونات نفسها. تُظهر حسابات الفيزيائيين أنه بالنسبة لعنصر كتلته الذرية أكبر من 300، يمكن للكواركين u و d إعادة ترتيب أنفسهم في مادة كروموديناميكية مستقرة.

يتطلب إنشاء هذا النوع من العناصر تقنية أكثر تقدمًا مما لدينا، ولكن هذه النتائج توضح إمكانية وجود منطقة مستقرة خارج الجدول الدوري. من الممكن أيضًا أن يتم إنشاء مثل هذه العناصر داخل الأشعة الكونية ويمكن اكتشافها على الأرض.

يوضح المؤلفون: "إن تعزيز معرفتنا بـ $UDQM$ سيسمح لنا بتحقيق هدف قديم: إنتاج الطاقة من المادة الكروموديناميكية أو الديناميكية الصبغية". المادة الديناميكية اللونية التي تتطلب مثل هذا المستوى المنخفض من الطاقة تفتح مجالات مهمة للبحث وتسمح لنا بترك الخيال العلمي لتخيل مفاعلات الكوارك المستقبلية.

Un nouvel état électronique de la matière vient d'être découvert

في معدن أو شبه موصل، تتحرك الإلكترونات وتنتشت بحرية أكثر أو أقل، يمكن تحديد هذه الحركة من خلال تطبيق جهد كهربائي على المادة المعنية. داخل الموصلات الباليستية (المواد ذات الموصلية الكهربائية المثلى أو القصوى، خاصةً بسبب عدم وجود تصادم بين الإلكترونات)، تتحرك الإلكترونات تقريبًا مثل المركبات على الطريق السريع. الميزة الرئيسية هي أنها لا تصدر حرارة ويمكن استخدامها بطريقة فريدة مقارنة بالإلكترونات العادية. نجح الباحثون سابقًا في تصميم هذا النوع من الموصلات الباليستية. كما اكتشف العلماء مؤخرًا حالة إلكترونية جديدة للمادة تنتقل فيها الإلكترونات ، دون تشتت ،

في مجموعات تتكون من اثنين أو أكثر في وقت واحد وليس بشكل فردي ، كما كان الحال حتى الآن في الموصلات المبكرة الباليستية.

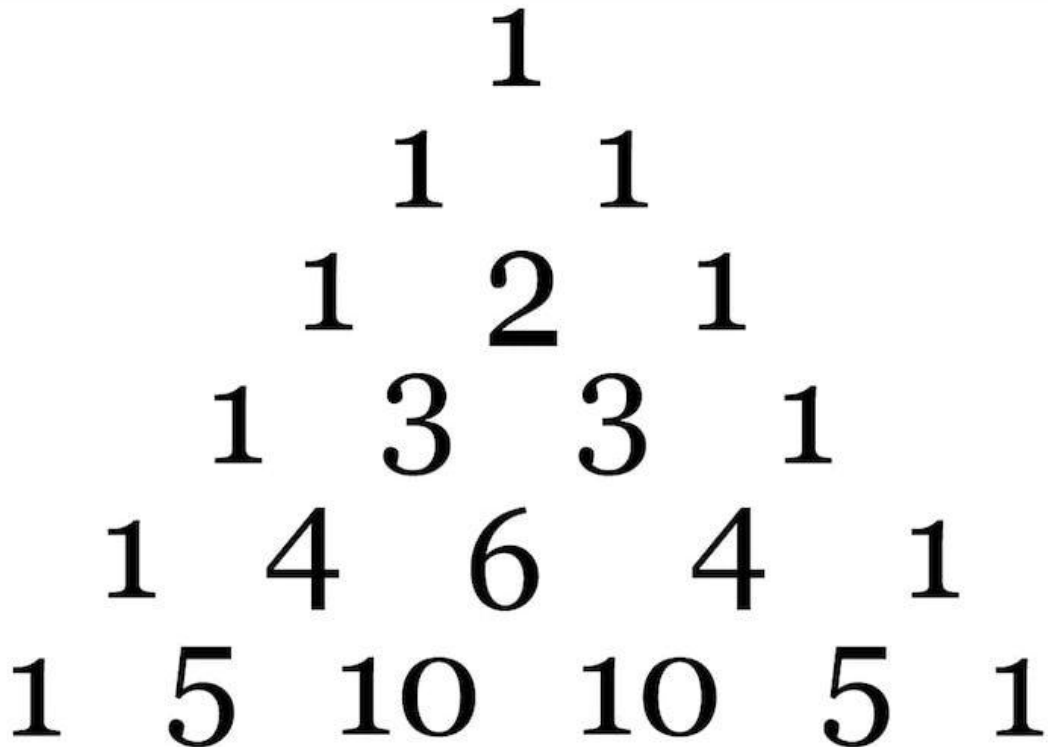
يقول جبريمي ليفي Jeremy Levy، أستاذ فيزياء المادة المكثفة، "يركز البحث على القياسات في الأنظمة الموصلة أحادية البعد حيث تتحرك الإلكترونات دون أن تشتت في مجموعات مكونة من اثنين أو أكثر في وقت واحد، وليس بشكل فردي". ويؤيده في ذلك باتريك إيرفين Patrick Irvin، أستاذ باحث مشارك. الاثنان، من قسم الفيزياء وعلم الفلك في جامعة بيتسبرغ، وهما مؤلفان مشاركان في الدراسة، التي نُشرت نتائجها في 14 فبراير في مجلة Science.

"عادة، تتحرك الإلكترونات في أشباه الموصلات أو المعادن وتشتت، وفي النهاية تتجرف في اتجاه واحد إذا قمت بتطبيق الجهد. لكن في الموصلات الباليستية، تتحرك الإلكترونات مثل السيارات على الطريق السريع. وتتمثل ميزة ذلك في أنها لا تصدر حرارة ويمكن استخدامها بطرق مختلفة تمامًا عن الإلكترونات العادية. لقد نجح الباحثون السابقون بالفعل في إنشاء هذا النوع من الموصلات الباليستية"، كما يوضح ليفي.

"مجموعات أو عناقيد من الإلكترونات" تؤدي إلى ظهور أشكال جديدة من المادة الإلكترونية:

يوضح اكتشافنا أنه عندما يمكن جعل الإلكترونات تجتذب بعضها البعض، فإنها يمكن أن تشكل أزواجًا أو مجموعات من ثلاثة وأربعة وخمسة إلكترونات، والتي تتصرف حرفياً مثل أنواع جديدة من الجسيمات، وأشكال جديدة من المواد الإلكترونية «، حسب ليفي.

قارن ليفي هذا الاكتشاف بكيفية ارتباط الكواركات معًا لتكوين النيوترونات والبروتونات. كان أحد الأدلة المهمة لاكتشاف هذه الحالة الجديدة للمادة هو إدراك أن هذه الموصلات الباليستية تتوافق مع تسلسل في مثلث باسكال أدناه.



الخطوط الثلاثة الأولى لمثلث باسكال.

"إذا نظرت في اتجاهات مختلفة لمثلث باسكال، يمكنك رؤية تسلسلات مختلفة من الأرقام، بما في ذلك ما يلي: 1، 3، 6، 10، 15، 21. هذا تسلسل لاحظناه في بياناتنا، لذلك كان دليلاً صعباً على ما كان يحدث بالفعل. استغرقنا الاكتشاف بعض الوقت لمعرفة ذلك، والسبب هو أننا لم نكن نعلم في البداية أننا نبحث في جسيمات مكونة من إلكترون، إلكترونين، ثلاثة إلكترونات، إلخ. إنها تتوافق مع التسلسل 1، 3، 6، 10"، كما يقول ليفي. و في الحالة السائلة ، تحتوي جزيئات الماء في الواقع على بنيتين مختلفتين من عنائيد الإلكترونات.

ارتباط بالتشابك الكمومي:

كما أشار ليفي، مدير معهد بيتسبرغ الكموميPittsburgh Quantum Institute ، إلى أن الجسيمات الجديدة تظهر خصائص تتعلق بالتشابك الكموميl'intrication quantique ، والتي يمكن استخدامها في الحوسبة الكمومية وإعادة التوزيع الكمومي. ولقد أعلن بشكل خاص أن الاكتشاف هو خطوة مثيرة نحو المرحلة التالية من فيزياء الكموم. وقال "هذا البحث جزء من جهد أكبر هنا في بيتسبرغ لتطوير علوم وتقنيات جديدة تتعلق بالثورة الكمومية الثانية".

خلال الثورة الكمومية الأولى، أدرك المجتمع العلمي أن العالم من حولنا يخضع بشكل أساسي لقوانين فيزياء الكموم الكوانتوم. من بين أشياء أخرى، ساعد هذا الاكتشاف في فهم الجدول الدوري وسلوك المواد وساعد في تطوير الترانزستورات وأجهزة الكمبيوتر وأجهزة التصوير بالرنين المغناطيسيIRM وتكنولوجيا المعلومات بشكل عام.

"الآن، في القرن الحادي والعشرين، ننظر إلى كل التنبؤات الغريبة في فيزياء الكموم، ونفصلها ونستخدمها. عندما نتحدث عن التطبيقات، فإننا نفكر في الحوسبة الكمومية l'informatique quantique ، والنقل الآني الكمومي la téléportation quantique ، والاتصالات الكموميةcommunications quantiques، والكشف الكمومي la détection quantique الأفكار التي تستغل خصائص الطبيعة الكمومية للمادة التي تم تجاهلها من قبل"، كما يستنتج ليفي.

أبحاث متقدمة حول المادة في الكون المرئي 3-2

ماذا لو كان الكون بأكمله عبارة عن شبكة عصبية حاسوبية عملاقة؟

Et si l'Univers tout entier était un gigantesque réseau de neurones informatique ?



هذا ما يقترحه الفيزيائي وعالم الكونيات فيتالي فانكورين Vitaly Vanchurin، من جامعة مينيسوتا في دولوث l'Université du Minnesota à Duluth، في منشور وضعه على موقع arXiv. تبدو الفكرة مجنونة تمامًا، ومع ذلك، هل يمكننا رفضها بشكل قاطع؟ يعتقد فانكورين أن فرضية الشبكة العصبية يمكن أن تكون الحلقة المفقودة التي تم البحث عنها كثيرًا في التوفيق بين ميكانيكا الكم والنسبية العامة.

في ميكانيكا الكم، الزمن شامل ومطلق le temps est universel et absolu، بينما تقول النسبية العامة أن الزمن نسبي، مرتبط بنسيج الزمكان l'espace-temps. ومع ذلك، وفقًا لفانكورين، يمكن أن تظهر ديناميكيات التعلم للشبكة العصبية "سلوكيات تقريبية" موصوفة من قبل كل من ميكانيكا الكم والنسبية العامة. وهذا يتطلب منا إيجاد تعريف جديد للواقع.

وهكذا، في مقالته، يستكشف الفيزيائي إمكانية أن يكون الكون المرئي بأكمله، في أبسط مستوياته، مجرد شبكة عصبية حاسوبية un réseau neuronal informatique. ويشير إلى أن معادلات ميكانيكا الكم تصف جيدًا إلى حد ما سلوك الشبكة العصبية المكونة من عدد كبير جدًا من الخلايا العصبية، بسواء بالاقتراب من التوازن أو عند الابتعاد عنها. ومع ذلك، فإن نفس قوانين ميكانيكا الكم تصف عمل جميع الظواهر الفيزيائية.

من ناحية أخرى، من المقبول أن ميكانيكا الكم تعمل بشكل جيد على نطاق صغير petite échelle وأن النسبية العامة تعمل بشكل جيد على نطاق واسع وكبير grande échelle، لكن حتى الآن لم تتمكن من التوفيق بين النظريتين في إطار موحد. وهذا ما يسمى "مشكلة الجاذبية أو الثقالة الكمومية la gravité quantique". من الواضح أن هناك شيئًا ما مفقودًا، ولا سيما الأخذ بالاعتبار وجهة نظر

ومشاهدات المراقبين للظاهرة قيد النظر أو المعنية يشار إلى هذا باسم "مشكلة القياس الكمومي le problème de la mesure quantique على هذه الملاحظة، يعتقد فانكورين أنه لا توجد نظريتان، بل ثلاث نظريات لتوحيدها: ميكانيكا الكموم والنسبية العامة والمراقبين. ومع ذلك، يعتقد جميع الفيزيائيين تقريباً أن ميكانيكا الكموم هي النموذج الرئيسي le paradigme principal ، الذي يجب أن يتدفق منه كل شيء آخر نظرياً (حتى لو لم يكن أحد يعرف بالضبط كيفية إجراء الاتصال). اليوم، يطرح فانكورين إمكانية أخرى: وجود شبكة عصبية مجهرية réseau neuronal microscopique كهيكل أساسي structure fondamentale، ينبثق منها كل شيء آخر - ميكانيكا الكموم والنسبية العامة والمراقبين العيانيين.

كيف توصل الفيزيائي إلى هذه الفرضية؟ في منشور سابق، كان مهتماً أولاً بكيفية عمل التعلم العميق l'apprentissage profond، من خلال تطبيق أساليب الميكانيكا الإحصائية على سلوك الشبكات العصبية. والحال، فقد تبين أنه ضمن حدود معينة، فإن ديناميكيات التعلم للشبكات العصبية تشبه إلى حد بعيد ديناميكيات الكموم التي لوحظت في الفيزياء. من هناك ظهرت فكرة أن العالم المادي ربما كان مجرد شبكة عصبية واحدة ضخمة.

اختيار طبيعي للبنى العصبية: Une sélection naturelle de structures neuronales

لتأسيس نظريته، اعتمد فانكورين بشكل خاص على نظرية إيفريت la théorie d'Everett (أو نظرية العوالم المتعددة) وعلى تفسير بوم Bohm (المعروف باسم نظرية الكموم مع "المتغيرات الخفية" théorie quantique à «variables cachées»، أي أن المعلومات أو الإعدادات الفيزيائية الافتراضية paramètres physiques لن تكون كذلك. أي لا تؤخذ في الاعتبار من خلال افتراضات ومسلمات ميكانيكا الكم).

في افتراضه أو مسلمته النظرية، اعتبر أن المتغيرات الخفية هي حالات الخلايا العصبية الفردية والمتغيرات القابلة للتدريب (مثل متجه التحيز ومصفوفة الوزن le vecteur de biais et la matrice de poids) لتكون متغيرات كمومية. ومع ذلك، يمكن أن تكون المتغيرات المخفية هنا غير محلية non locales (وهو ما يتعارض مع عدم مساواة أو عدم تكافؤات بيل des inégalités de Bell): حيث يمكن توصيل كل خلية عصبية بجميع الخلايا العصبية الأخرى ، لذلك لا يحتاج النظام إلى أن يكون محلياً.

هل هذه فكرة مجنونة؟ حتى الآن، لم يتم قبول أي من " نظريات كل شيء" التي تم اقتراحها بالفعل لوصف مجموعة من التفاعلات الأساسية الأربعة - الجاذبية والكهرومغناطيسية والتفاعلات النووية الضعيفة والقوية: لم يسمح أي منها لوصف التفاعل بتوافق الجاذبية مع الإطار النظري لفيزياء الجسيمات، والذي يستخدم لوصف التفاعلات الثلاثة الأخرى.

لكن فانكورين يؤكد أنه على عكس النظريات الأخرى على الإطلاق، فإن دحضه يكون أكثر صعوبة: في الواقع ، علينا أن نجد ظاهرة فيزيائية لا يمكن تشكيلها modélisé باستخدام شبكة عصبية. قال إنها مهمة صعبة لأننا نعرف القليل جداً عن سلوك الشبكات العصبية وكيف يعمل التعلم الآلي في الواقع.

وهناك تجربة أخرى تضع موضع تساؤل ومراجعة لمفهوم "الواقع" في ميكانيكا الكموم سنتطرق إليها لاحقاً.

يضيف العالم الفيزيائي فانكورين أيضاً أن نظريته يمكن أن تشرح آلية الانتقاء الطبيعي sélection naturelle على غرار مثيلتها الداروينية في علم البيولوجي. في الواقع، هناك هياكل (أو شبكات فرعية) للشبكة العصبية المجهرية أكثر استقراراً من غيرها. هذه البنية الدقيقة ستبقى على قيد الحياة مع التطور، بينما سيتم القضاء على الأقل استقراراً، بغض النظر عن المقياس الذي تم النظر فيه. كل ما نراه من حولنا (جسيمات، ذرات، خلايا، مراقبين، إلخ) سيكون نتيجة الانتقاء الطبيعي.

يظل معظم علماء الفيزياء وخبراء التعلم الآلي متشككين في استنتاجات زملائهم. يعترف فانكورين نفسه بأنه ربما لم يدرك بعد التعقيد الكامل للشبكات العصبية، وأنه "لم يكن لديه الوقت حتى للتفكير في الآثار الفلسفية للنتائج". فيما يتعلق بما إذا كنا نعيش جميعاً في نوع من محاكاة "نمط المصفوفة" كما في ثلاثية أفلام ماتريكس à la Matrix "المصفوفة"، يرد الفيزيائي، "لا، نحن نعيش في شبكة عصبية، لكن قد لا نرى الفرق أبداً".

ربما تكون CERN المنظمة الأوروبية للأبحاث النووية، قد أكدت للتو إحدى الفرضيات التي تشرح وجود الكون:

لأول مرة على الإطلاق، لاحظ الفيزيائيون العاملون في مصادم الهادرونات الكبير (LHC) اختلافات في تحلل الجسيمات والجسيمات المضادة التي تحتوي على لبنة أساسية من المادة: الكوارك الفاتن أو الساحر le quark charm. يمكن أن يساعد هذا الاكتشاف في كشف لغز كبير، يتعلق بوجود المادة. بعبارة أخرى، وبالتالي، يمكنها أيضاً أن تجيب، بمعنى ما، عن سؤال طرحناه على أنفسنا مرة واحدة على الأقل: لماذا يوجد الكون؟

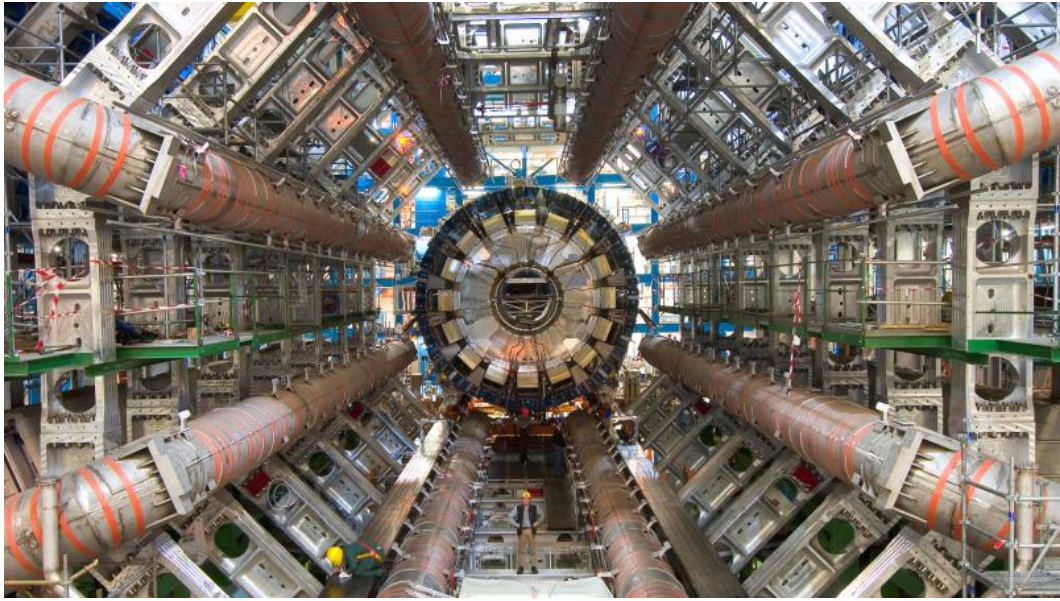
قال شيلدون ستون Sheldon Stone، أستاذ الفيزياء في جامعة سيراكيوز l'Université de Syracuse (نيويورك، الولايات المتحدة الأمريكية)، وأحد المتعاونين الذين يعملون في مشاريع البحث الجديدة: "هذا حدث تاريخي".

يحتوي كل جسيم من المادة على جسيم مضاد له كتلة متطابقة، ولكن له شحنة كهربائية معاكسة. عندما تلتقي المادة والمادة المضادة، فإنهما يفنيان أو يبيدان بعضهما البعض. وهذه "مشكلة" فيزيائية لم يتم حلها بعد: يجب أن يكون الانفجار العظيم قد خلق كميات مكافئة من المادة والمادة المضادة، وكل هذه الجسيمات يجب أن تدمر نفسها بسرعة، تاركةً فقط طاقة خالصة l'énergie pure. ولكن بدلاً من ذلك، نجا كوارك واحد فقط من كل مليار كواركات (الكواركات هي الجسيمات الأولية التي تتكون منها البروتونات والنيوترونات) من حادثة الإبادة. وهذا ما سمح بأن توجد المادة، وبالتالي الكون المرئي، ونحن.

لكن هذا يعني أيضاً أن الجسيمات والجسيمات المضادة لا يجب أن تتصرف بنفس الطريقة تماماً، كما قال ستون لمجلة Live Science. بدلاً من ذلك، يجب أن تتحلل بمعدلات مختلفة قليلاً، مما يسمح باختلال التوازن بين المادة والمادة المضادة. يطلق الفيزيائيون على هذا الاختلاف في السلوك انتهاك تكافؤ الشحنة violation de parité de charge (انتهاك CP). تم تقديم فكرة انتهاك CP في عام 1967 من قبل الفيزيائي الروسي أندريه ساخاروف Andrei Sakharov، الذي اقترحه لشرح سبب بقاء المادة على قيد الحياة من الانفجار العظيم. قال السيد ستون معلقاً على ذلك: "إنه أحد المعايير الضرورية لوجودنا". لذلك من المهم فهم أصل انتهاك CP.

هناك ستة أنواع من الكواركات (من عدة أنواع تسمى النكهات)، ولكل منها خصائصه الخاصة: الأسفل والأعلى ، والغريب والساحر أو الفاتن ، ثم الجمال ("القاع" سابقًا) والحقيقة (سابقًا "القمة") les quarks down et up (bas et haut), strange et charm, puis beauty (anciennement « bottom ») et truth (anciennement « top »). في عام 1964، لاحظ الفيزيائيون لأول مرة انتهاك CP في كواركات غريبة. ثم في عام 2001، رأوا ذلك يحدث مع جسيمات تحتوي على كواركات قاع (أو جمال). bottom (ou beauty). افترض الفيزيائيون منذ فترة طويلة أن هذا هو الحال أيضًا مع الجسيمات التي تحتوي على كواركات ساحرة، لكن لم يتمكن أحد من ملاحظتها. علاوة على ذلك، أدى هذان الاكتشافان إلى الحصول على جوائز نوبل للباحثين المعنيين. ولقد تم رصد بوزونات هيغز بعد تنفككها وادمجها إلى كواركات قاعية بوتوم أو جميلة.

ستون هو أحد الباحثين في تجربة Beauty LHC في CERN. المصادم (LHC مصادم الهادرون) وهو عبارة عن حلقة طولها 27 كيلومترًا تقع على الحدود الفرنسية السويسرية، والتي ترسل جسيمات دون ذرية في دائرتيها من أجل تصادمها، وبالتالي تخلق دفعات من الطاقة الشديدة التي أعقبت الانفجار الكبير. فعندما تلتقي الجسيمات، فإنها تنقسم إلى أجزاء مكونة لها، والتي تنقسم بعد ذلك (في أجزاء من الثانية) إلى جسيمات أكثر استقرارًا.



أطلس، في (CERN) LHC. هذا هو جهاز فعال حلقي لمصادم الهادرونات الكبير، والذي يستخدم مغناطيسًا كهربيًا حلقيًا يسمح للحقل المغناطيسي بالثني داخل نفسه في الهواء.

تتعلق الملاحظات الأخيرة بتوليفات من الكواركات تسمى الميزونات $mésons$ ، وبشكل أكثر دقة الميزون D0 الميزون ("d-zero") والميزون المضاد $\bar{D}0$. يتكون الميزون D0 من كوارك ساحر وكوارك مضاد (الجسيم المضاد للكوارك العلوي). الميزون المضاد $\bar{D}0$ هو مزيج من كوارك مضاد للسحر وكوارك علوي. يتحلل هذان الميزونان بعدة طرق، ولكن ينتهي المطاف بنسبة صغيرة منهما بالتحول إلى ميزونات تسمى كاون $kaons$ أو بيون $pions$. قام الباحثون بقياس الاختلاف في معدل الاضمحلال بين الميزونين D0 والميزونات المضادة $\bar{D}0$ ، والتي تضمنت اتخاذ تدابير غير مباشرة للتأكد من أنها لم

تكن تقيس الفرق في الإنتاج الأولي للميزونات ، أو الاختلافات الناشئة عن جودة معداتهم للكشف عن الجسيمات دون الذرية المختلفة.

تظهر النتائج أن نسب الاضمحلال اختلفت بنسبة عُشر بالمائة. قال ستون: "هذا يعني أن الميزون D0 ومضاد D0 لا يتدهوران بنفس المعدل أو الوتيرة، وهذا ما نسميه انتهاك CP". أعلن الباحثون عن الاكتشاف في بث شبكي لـ CERN، ونشروا وثيقة توضح بالتفصيل النتائج على خادم arXiv قبل النشر (من بين أمور أخرى).

وهذا يجعلها ممتعة. يوضح ستون أن الاختلافات في الانحلال ربما ليست كبيرة بما يكفي لتفسير ما حدث بعد الانفجار العظيم، مما يؤدي إلى وجود الكثير من المادة يفوق المادة المضادة. ولكن حسب قوله، فإن هذه الاختلافات كبيرة بما يكفي لتكون مفاجأة. ويضيف: "حان الآن دور علماء الفيزياء النظرية لجعل هذه البيانات تتحدث".

يعتمد الفيزيائيون على ما يسمى بالنموذج القياسي أو المعياري le modèle standard لشرح كل هذه الظواهر على المقياس دون الذري. السؤال الآن هو ما إذا كانت التنبؤات التي قدمها النموذج القياسي أو المعياري يمكن أن تفسر قياس الكوارك الساحر الذي قام به الفريق للتو، أو ما إذا كان سيتطلب نوعاً من "الفيزياء الجديدة" (والتي قال ستون إنها ستكون النتيجة الأكثر إثارة). قال ستون أيضاً: "إذا كان من الممكن تفسيرها فقط من خلال فيزياء جديدة، فإن هذه الفيزياء الجديدة يمكن أن تحتوي على فكرة من أين جاء انتهاك CP".

أبحاث متقدمة حول المادة في الكون المرئي 3-3

ما هو الحجم الحقيقي للكون المرئي؟



النماذج النظرية، التي تكملها الملاحظات والمشاهدات التي تم إجراؤها في السنوات الأخيرة، تسمح الآن لعلماء الكونيات بتقييد حجم الكون المرصود بأمانة نسبيًا. بعد هذا الحد، يستمر الكون في التوسع، ولكن لا يزال يتعذر الوصول إليه من خلال أدواتنا. على الرغم من هذا المجهول، فمن الممكن، بناءً على استقراء البيانات التي تم جمعت حتى الآن، وضع افتراضات معينة حول حجم الكون المرئي بأكمله.

ظهر الانفجار العظيم منذ حوالي 13.8 مليار سنة. كان الكون حينها كثيفًا وساخنًا للغاية، مكونًا من مادة ومادة مضادة وإشعاع. تحت تأثير التضخم ثم التوسع، انخفضت درجة حرارته بينما زاد حجمه بشكل كبير. اليوم، يبلغ نصف قطر الكون المرئي حوالي 46 مليار سنة ضوئية (أو قطر 92 مليار سنة ضوئية).

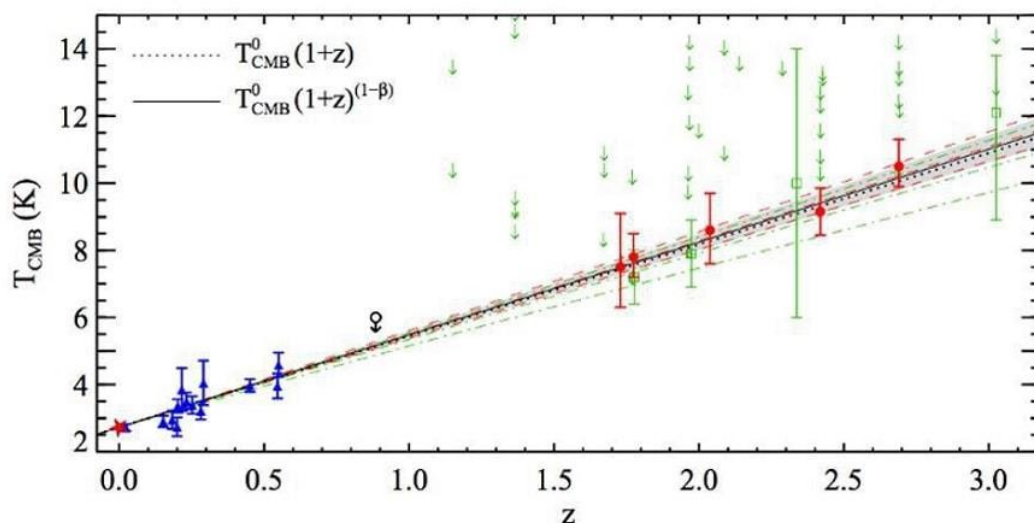
يتوافق هذا الحد من الكون المرئي مع الأفق الكوني، أي الحدود التي لم يعد بعدها الكون والأشياء الموجودة مرتبطة سببيًا بنا وبالتالي تبقى إلى الأبد مجهولة من قبلنا. يتعذر الوصول إلى ملاحظاتها ومشاهدتها ورصدها. وعلى هذه المسافة أيضًا يقع آخر مستوى لبث الإشعاع الأحفوري أو الخلفية الميكروية – وهي منطقة الكون التي انبعثت منها فوتونات الخلفية الكونية المنتشرة.

معرفة الكون المرئي: شرط أساسي لاستقراء الكون الكلي المطلق:

Connaître l'Univers observable : un pré-requis à l'extrapolation vers l'Univers global

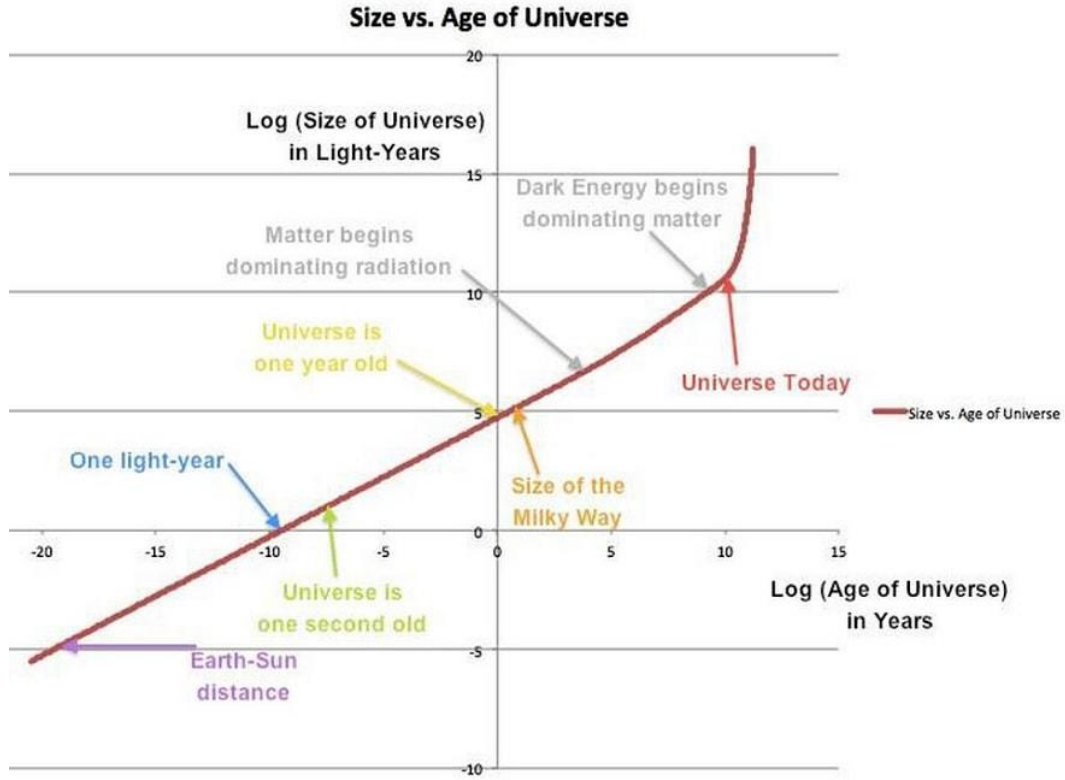
للتكهن بحجم الكون بأكمله، من الضروري الاعتماد على المعلومات التي تم جمعها داخل الكون المرئي l'Univers observable والتي يمكن ملاحظتها ومشاهدتها ورصدها، ولا سيما فيما يتعلق بتاريخها

ودينامياتها. إذا كان الكون الذي نلاحظه اليوم بارداً ومليئاً بالبنى المعقدة، فقد كان في الماضي أكثر سخونة وانتظاماً، ولم يكن لديه الوقت الكافي لتشكيل الهياكل الكونية الكبيرة.



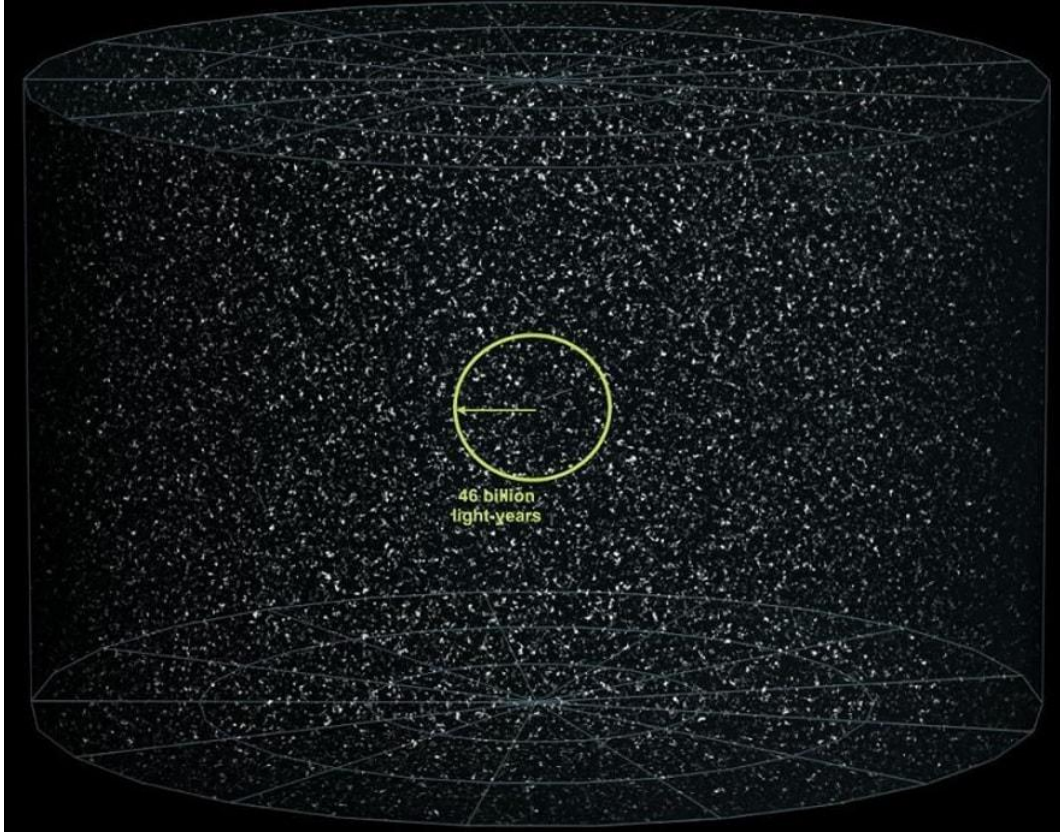
رسم بياني من دراسة عام 2011 تُظهر تطور درجة حرارة الخلفية الكونية المنتشرة (CMB) على مدار تاريخ الكون. في الماضي، كان الإشعاع CMB أكثر سخونة.

تحت تأثير التمدد والتوسع expansion، يتم شد الطول الموجي للفوتونات (انزياح أحمر)، مما يتوافق مع انخفاض في الطاقة، وبالتالي يؤدي إلى انخفاض تدريجي في درجة حرارة الكون. هذا يعني أن الكون الشاب كان أكثر دفئاً بحلول ذلك الوقت، مع توسع الطول الموجي للفوتون قليلاً جداً. حقيقة أكدتها ملاحظات بعيدة مختلفة différentes observations distantes. من الممكن قياس درجة الحرارة الحالية للكون المرئي من خلال دراسة الخلفية الكونية المنتشرة المنبعثة بعد 380,000 سنة من الانفجار العظيم. تم العثور على هذه الفوتونات اليوم في تردد الميكروويف للطيف الكهرومغناطيسي. لإظهار خصائص الجسم الأسود، ترتفع درجة حرارته إلى 270.425°C - درجة مئوية، وهو ما يتوافق بدقة شديدة مع التنبؤات التي تم إجراؤها في إطار نموذج الانفجار العظيم.



رسم بياني يوضح حجم الكون المرئي كدالة لعمره. هناك العديد من الأحداث الهامة المشار إليها.

بالإضافة إلى ذلك، فإن تطور طاقة هذا الإشعاع وفقاً لديناميات الكون معروف. تتناسب طاقة الفوتون عكسياً مع طوله الموجي. عندما كان الكون نصف حجمه الحالي، تضاعفت طاقة الفوتونات المنبعثة بعد الانفجار العظيم. عندما كان الكون 10% من حجمه الحالي، تضاعفت طاقة الفوتونات في 10. وعندما كان الكون 0.092% من حجمه الحالي، كان أسخن 10^{89} مرة من اليوم، أو حوالي 2700 درجة مئوية.



بعد حوالي 13.8 مليار سنة من الانفجار العظيم، يبلغ نصف قطر الكون المرئي 46 مليار سنة ضوئية. أبعد من ذلك يكمن الكون غير المرئي وربما الأكوان المتعددة الأخرى اللامتناهية العدد.

لتقدير حجم الكون المرئي الذي يمكن ملاحظته، يجب مراعاة ثلاثة معايير: المعدل الحالي لتمدد الكون (تم الحصول عليه عن طريق قياس ثابت بلانك) درجة الحرارة الحالية للكون (تم الحصول عليها من الخلفية الكونية المنتشرة) ؛ تكوين الكون (مادة ، مادة مضادة ، إشعاع ، نيوتريونات ، مادة مظلمة ، طاقة مظلمة ، إلخ).

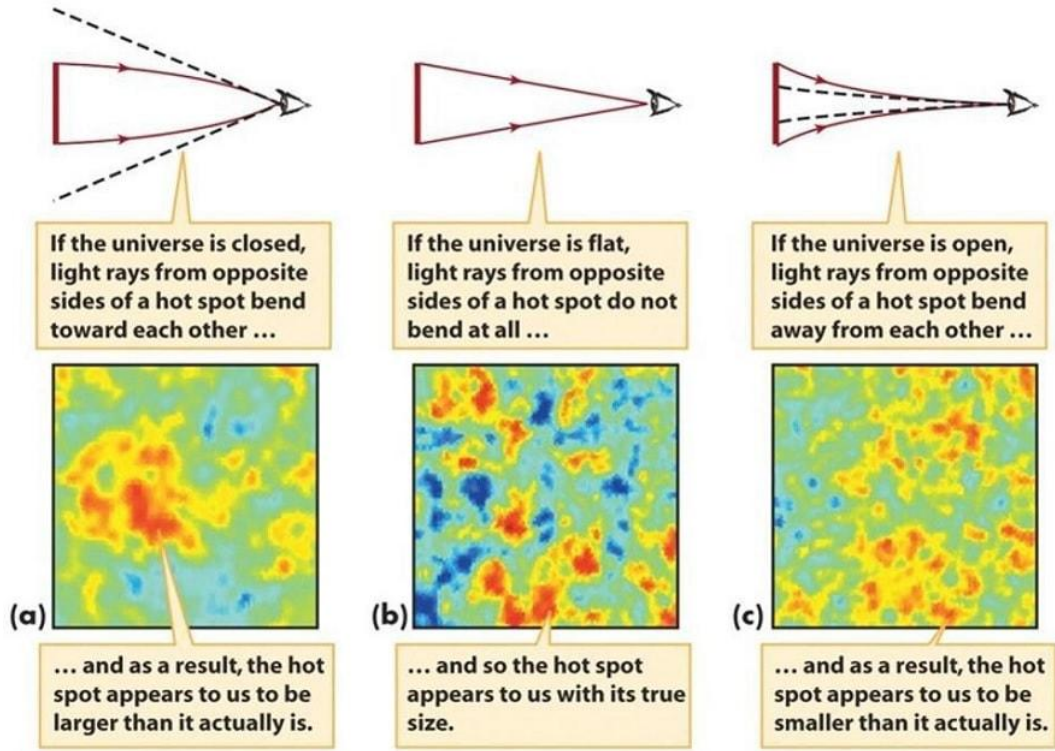
باستخدام هذه المعلومات، من الممكن تحديد تطور حجم الكون الذي يمكن ملاحظته منذ الانفجار العظيم. بالاقتران مع ملاحظات المستعرات الأعظم les supernovas والتركيبات الكبيرة les grandes structures والتذبذب الصوتي للباريونات l'oscillation acoustique des baryons، يُقدر نصف قطر الكون المرئي بـ 46.1 مليار سنة ضوئية.

الدور الأساسي للتضخم في الحجم الإجمالي للكون:

Le rôle primordial de l'inflation dans la taille totale de l'Univers

لا يمكن أن يستند وضع افتراضات حول الكون بأكمله إلا على النماذج الكونية والقوانين الفيزيائية التي نعرفها في الكون المرئي، ونفترض أن هذه القوانين تنطبق محليًا وشموليًا.

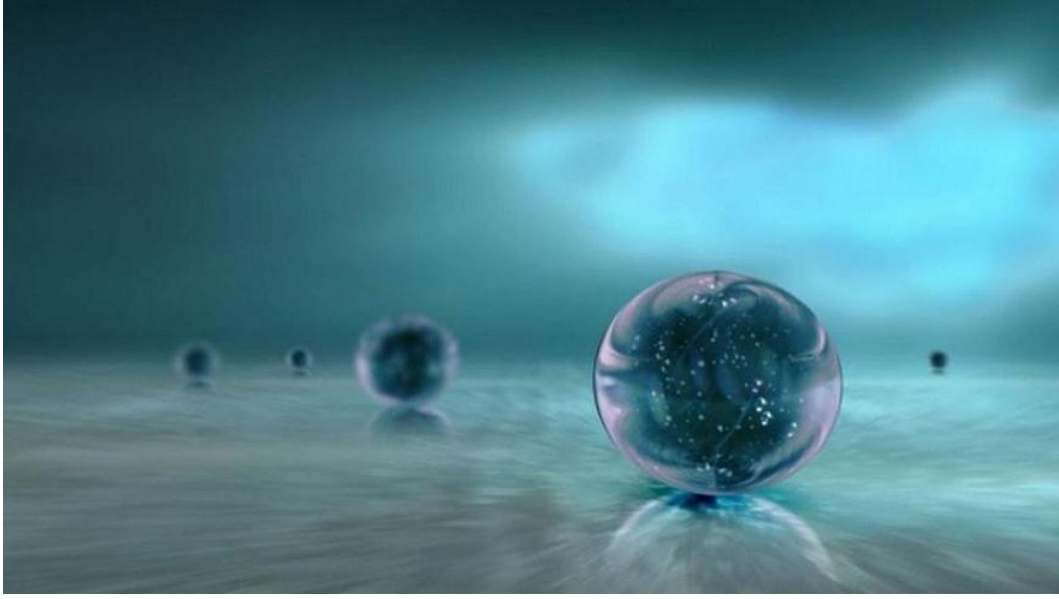
على سبيل المثال، أظهرت أحدث بعثات المراقبة أن الكون مسطح مكانيًا على مسافات كبيرة بهامش خطأ يبلغ 0.4٪ فقط. استنادًا إلى النموذج الكوني القياسي أو المعياري، من الممكن تحديد حجم محدد للكون قبل أن يظهر انحناء.



تخبرنا سعة درجة حرارة البقع الساخنة والباردة عن انحناء الكون. تشير أحدث الملاحظات إلى كون مسطح بمقاييس كبيرة. الائتمان:

أظهرت مهمة التلسكوب الفضائي بلانك ومسح سلون الرقمي للسماء le Sloan Digital Sky Survey أنه إذا كان الكون منحنياً، فإن نصف قطر انحناءه يزيد بمقدار 250 مرة عما نلاحظه. بافتراض عدم وجود شذوذ طوبولوجي، فإن هذا يؤدي إلى قطر للكون بأكمله لا يقل عن 23 تريليون سنة ضوئية، ويحتوي على مساحة أكبر بـ 15 مليون مرة من مساحة الكون المرئي.

شهد الكون فترة تضخم توقفت في النهاية في منطقتنا من الكون. ومع ذلك، تظل العديد من الأسئلة الرئيسية دون إجابة: ما هو الحجم النهائي للكون بعد التضخم؟ هل فرضية التضخم الأبدي صحيحة؟ إلى متى بالضبط يستمر التضخم؟ فقط الإجابات على هذه الأسئلة ستجعل من الممكن تحديد الحجم الكلي للكون بوضوح.



إذا كان نموذج التضخم الأبدي صحيحًا، فإن العديد من "فقاعات الكون" قد تكونت داخل كون كلي أكبر بما لا نهاية.

من الممكن أن الكون كله، بعد التضخم، نما إلى حجم أكبر بقليل من الكون المرئي. لكن من الممكن أيضًا أن يكون حجمه أكبر بشكل غير متناسب. إذا كان نموذج التضخم الأبدي صحيحًا، فإن العديد من مناطق الكون المرئي قد تضخمت وشكلت "فقاعات الأكوان" الموجودة في الزمكان الشمولي الكلي المطلق الذي يمثل الكون ككل.

ولكن ما لم يستمر التضخم لفترة زمنية غير محدودة، أو إذا وُلد الكون نفسه كبيرًا إلى ما لا نهاية، فيجب أن يكون بحجم محدود.

تشير الملاحظات إلى أن الكون كان ذات يوم هولوغرام أي صورة ثلاثية الأبعاد:

Des observations mènent à penser que l'Univers a un jour été un hologramme



يمكن أن تشكل هذه الملاحظة أول دليل على أن كوننا كان ذات يوم هولوغرام أو صورة ثلاثية الأبعاد. ظل العلماء يتصارعون مع الأسئلة التالية لعقود من الزمن: هل كان كوننا هولوغرام، أو كان عبارة عن صورة ثلاثية الأبعاد عملاقة؟ عالم تتطلب قوانين الفيزياء فيه بعدين فقط، لتكشف عن ثلاثة أبعاد.

كما يمكنك أن تتخيل، ليس من السهل إثبات هذه الفرضية، لكن علماء الفيزياء يدعون أن لديهم الآن ملاحظات قد تكون قادرة على إثبات أن الكون المبكر يتناسب تمامًا مع هذا التصور أو المنظور البصري نفسه المسمى هولوغرام. أو صورة ثلاثية الأبعاد ، تمامًا كما هو الحال مع نموذج Big Bang القياسي أو العياري.

يقول عضو الفريق نيايش أفشوردي Niayesh Afshordi من جامعة واترلو في كندا: "نقترح استخدام هذا الكون الهولوغرامي *Univers holographique*، وهو نموذج مختلف تمامًا للانفجار العظيم والذي تم قبوله بشكل عام ويعتمد على الجاذبية والتضخم". ويضيف قائلاً: "يقدم كل نموذج من هذه النماذج تنبؤات مميزة يمكننا اختبارها أثناء قيامنا بتفتيح بياناتنا وتحسين فهمنا النظري - على مدار السنوات الخمس المقبلة".

لنكون واضحين: لا يقول الباحثون إننا نعيش حاليًا في صورة ثلاثية الأبعاد " هولوغرام". لكنهم يقترحون أنه خلال المراحل المبكرة جدًا من الكون، بعد بضعة مئات الآلاف من السنين من الانفجار العظيم، تم إسقاط كل شيء في ثلاثة أبعاد إنطلاقاً من حد ثنائي الأبعاد.

في وقت مبكر من سنوات التسعينيات، نشر الفيزيائي ليونارد سسكيند Leonard Susskind فكرة أن قوانين الفيزياء كما نفهمها لا تتطلب من الناحية الفنية أو التقنية *techniquement* ثلاثة أبعاد. منذ ذلك الحين، تناول العديد من الباحثين مسألة الكون، والذي كان هولوغرام أي صورة ثلاثية الأبعاد.

ولكن بعد ذلك، كيف يمكن أن يبدو الكون ثلاثي الأبعاد أو يتحول إلى كون ثلاثي الأبعاد، بينما في الواقع سيكون ثنائي الأبعاد فقط؟ الفكرة الأساسية هي أن حجم الفضاء "مشفر *encodé*" على الحدود، أو أن يكون أفق الجاذبية أو الأفق الثقالي معتمداً على الراصد أو المراقب، مما يعني أنه مع بُعد واحد أقل (2 بدلاً من 3) ، يمكن أن يظهر الفضاء كما نراه ، في ثلاثة أبعاد. لذلك، مثل صورة ثلاثية الأبعاد، هولوغرام، مُسقط من شاشة ثنائية الأبعاد ، تشير الفرضية إلى أن الأبعاد الثلاثة لكوننا تم إسقاطها من حدود ثنائية الأبعاد.

وتجدر الإشارة إلى أنه منذ عام 1997، تم نشر أكثر من 10000 دراسة تدعم هذه الفكرة. والآن أفاد أفشوردي وفريقه أنه بعد التحقيق في عدم انتظام الخلفية الكونية المنتشرة (الإشعاع الكهرومغناطيسي من الانفجار العظيم ، وفقاً للنموذج القياسي المعياري لعلم الكونيات) ، تمكنوا من العثور على أدلة قوية تدعم ذلك. شرح أو وصف هولوغرام للكون المبكر البدائي.

"تخيل أن كل ما تراه وتشمه وتسمعه في ثلاثة أبعاد (وكذلك إدراكك للزمن) ينبع في الواقع من مجال مسطح ثنائي الأبعاد. تشبه الفكرة فكرة الصور المجسمة العادية حيث يتم ترميز الصورة ثلاثية الأبعاد في سطح ثنائي الأبعاد، مثل الصورة المجسمة على بطاقة الائتمان. يقول عضو الفريق كوستاس سكينديريس Kostas Skenderis من جامعة ساوثهامبتون Southampton بإنجلترا "هنا يكون الكون كله مشفر *ici, l'univers tout entier est encodé* «

أحد الأسباب التي دفعت الفيزيائيين إلى دراسة مبدأ الهولوغرام هذا هو أن النموذج القياسي أو المعياري للانفجار العظيم، على الرغم من كونه أكثر منطقية ومقبولاً من قبل المجتمع العلمي، به العديد من العيوب الأساسية. في الواقع، وفقاً لسيناريو الانفجار العظيم، تسببت التفاعلات الكيميائية في توسع هائل أدى إلى تكوين كوننا، وتضخم هذا الأخير، منذ المراحل المبكرة، بسرعات لا يمكن تصورها.

بينما يتقبل معظم الفيزيائيين حقيقة التضخم الكوني، لم يتمكن أحد حتى الآن من فهم الآلية الدقيقة لهذا التضخم، ولا فهم الآلية التي تقف وراء حقيقة أن الكون قد نما أسرع من سرعة الضوء (في حجمه). في اللحظات الأولى)، الانتقال من الحجم دون الذري إلى حجم "كرة الجولف" على الفور تقريباً. لا تتفق النظريات الحالية للنسبية العامة وميكانيكا الكم عندما نحاول شرح سلوك العناصر الضخمة في الكون، حتى في ذراتها: هذه القوانين الأساسية للفيزياء لا يمكنها تفسير كيف تكشفت مكونات الكون في مثل هذه النقطة الصغيرة "الفردة".

يوضح أفشوردي: "إنها صورة ثلاثية الأبعاد إنه هولوغرام بمعنى أن هناك وصفاً للكون يعتمد على نظام أبعاد أقل ويتوافق مع كل ما نعرفه عن الانفجار العظيم".

من أجل اختبار كيف يمكن لمبدأ الهولوغرام أن يفسر أحداث الانفجار العظيم وعواقبه، صمم الفريق نموذجاً ببعدين للفضاء وواحد للزمن في عملية محاكاة حاسوبية. عندما أدخلوا بيانات حقيقية من الكون، بما في ذلك ملاحظات الخلفية الكونية المنتشرة، وجدوا أن الاثنين متطابقان تماماً. أعاد النموذج صياغة سلوك شرائح رقيقة من الخلفية الكونية المنتشرة بدقة، لكنه لم يكن قادراً على محاكاة صفائح الكون التي يزيد عرضها عن 10 درجات، الأمر الذي يتطلب نموذجاً أكثر تعقيداً.

اعترف الباحثون بأنهم ما زالوا بعيدين عن إثبات أن كوننا المبكر كان إسقاطاً مجسماً في أي وقت، لكن حقيقة أن الملاحظات الفعلية يمكن أن تفسر بعض الأجزاء المفقودة من قوانين الفيزياء ثنائية الأبعاد، تعني أننا لا يمكن استبعاد النماذج الثلاثية الأبعاد الهولوغرامية تماماً.

نتذكر أن النموذج ينطبق على المراحل الأولى من الكون، لذلك هذا لا يعني أننا لا نعيش في هولوغرام صورة ثلاثية الأبعاد. "أود أن أقول إنك لا تعيش في هولوغرام، صورة ثلاثية الأبعاد، ولكن كان من الممكن أن تخرج من هولوغرام، صورة ثلاثية الأبعاد. [في عام 2017]، هناك بالتأكيد ثلاثة أبعاد للكون المرئي لا جدال في ذلك"، كما اختتم أفشوردي. والسؤال الآن هو: إذا تبين أن هذا الافتراض صحيح، فكيف انتقلت عناصر الكون من بعدين إلى ثلاثة أبعاد؟

يقول العلماء إن الأكوان المتعددة قد تعج بالحياة، ولكنها أيضاً تطرح إشكالية:

Selon les scientifiques, le multivers pourrait être grouillant de vie, mais également problématique



وفقاً للنظرية السائدة الحالية، إذا كانت كذلك كانت هناك أكوان أخرى، ربما لن تأوي الحياة. ولكن الآن، أظهر فريق دولي من الباحثين أن الأكوان المتعددة أكثر ملاءمة للحياة مما كنا نعتقد سابقاً. إن فرضية الأكوان المتعددة التي يكون فيها كوننا المرئي هو واحد فقط من بين عدد لانهائي من الأكوان الأخرى - هي حل مقترح لشرح على وجه الخصوص لغز ازدواجية الموجة والجسيم، تراكم الحالات الكمومية أو لغز مبدأ الإنسان الأنثروبي principe anthropique .

لا نعرف حقاً ماهية الطاقة السوداء المعتمدة (أو الطاقة الداكنة أو المظلمة) l'énergie noire (ou énergie sombre: إنها، من بين أشياء أخرى، الاسم الذي يطلق على "القوة" التي تؤدي إلى توسع الكون، والتي، على عكس كل شيء آخر. التي نلاحظها، تتسارع بمرور الوقت بدلاً من التباطؤ. تشكل الطاقة السوداء أو المظلمة حوالي 70٪ من الكون، وهذه هي المشكلة. في الواقع، تنتبأ النظريات الحالية حول أصل الكون بأنه يجب أن يكون هناك طاقة سوداء أو مظلمة أكثر من ذلك بكثير.

لكن العلماء يتوقعون أيضاً أنه إذا كانت هناك طاقة سوداء أو مظلمة أكثر من الكمية الصغيرة التي يمكن استنتاجها حالياً، فإن الكون سينمو بسرعة بحيث تخفف المادة قبل أن تتمكن حتى من تشكيل النجوم أو الكواكب أو المجرات. مما يعني أننا لن نكون موجودين.

هنا يتدخل الكون المتعدد multivers: تقترح هذه النظرية أن هناك العديد من الأكوان خارج عالمنا، ولكل منها نسبة مختلفة من الطاقة المظلمة. هذا تفسير أنيق للغاية (أو حتى منظم وأنيقاً للغاية وفقاً لبعض العلماء)، ويتضمن تفكيراً دائرياً raisonnement circulaire، دون أي دليل مبني على الملاحظة والرصد والمراقبة والمشاهدة، ومن المستحيل اختباره تقنياً.

لكن يمكننا إجراء اختبارات على كوننا المرئي. وهذا بالضبط ما فعله الباحثون: "كان يُعتقد أن الكون المتعدد يفسر القيمة المرصودة للطاقة السوداء أو المظلمة مثل الليانصيب - لدينا تذكرة رابحة ونعيش في الكون الذي يشكل مجرات جميلة، يقول الباحث لوك بارنز Luke Barnes من جامعة ويسترن سيدني بأستراليا". "يظهر عملنا أن تذكرتنا تبدو محظوظة بعض الشيء، إذا جاز التعبير. هذه هي مشكلة للكون المتعدد، وما زال هناك لغز".

بقيادة الفيزيائي جايم سالسيدو Jaime Salcido من جامعة دورهام Durham في المملكة المتحدة، ابتكر الفريق عمليات محاكاة كبيرة ومعقدة للكون عن طريق تعديل كمية الطاقة السوداء أو المظلمة، بناءً على مشروع أيجل EAGLE (تطور وتجميع المجرات وبيئاتها) ، واحدة من أكثر بيئات المحاكاة الواقعية في الكون.

وجد الباحثون أن زيادة (أو تقليل) كمية الطاقة السوداء أو المظلمة في كوننا، حتى بضع مئات من المرات من الكمية المرصودة ، سيكون لها تأثير ضئيل على تكوين النجوم والكواكب. قال سالسيدو: "بالنسبة للعديد من الفيزيائيين ، فإن الكمية غير المبررة ولكن الخاصة على ما يبدو من الطاقة السوداء أو المظلمة في كوننا هي لغز محبط للغاية". "أظهرت عمليات المحاكاة التي أجريناها أنه حتى لو كانت الطاقة السوداء أو المظلمة موجودة بكميات أكبر بكثير في الكون المرئي، أو إذا كان هناك القليل منها ، فلن يكون لها على أي حال سوى تأثير ضئيل على تشكيل النجوم والكواكب ، مما يزيد من احتمالية وجود الحياة في جميع أنحاء الكون المتعدد.

يثير هذا أيضًا مشكلة أخرى: إذا لم نكن بحاجة إلى الكون المتعدد لشرح وجودنا، فهل لا تزال هذه نظرية معقولة؟ يعتقد الباحثون أن الإجابة على لغز الطاقة السوداء أو المظلمة تكمن في شيء لم نكتشفه بعد. قال الفيزيائي ريتشارد باور Richard Bower من جامعة دورهام: "تشكل النجوم في الكون معركة بين جاذبية الثقالة وتنافر الطاقة السوداء أو المظلمة".

"لقد اكتشفنا من خلال عمليات المحاكاة التي أجريناها أن الأكوان الأخرى التي تحتوي على طاقة سوداء أو مظلمة أكثر بكثير مما يحتويه كوننا المرئي يمكن أن تشكل النجوم بشكل جيد للغاية. فلماذا هذه الكمية الضئيلة من الطاقة السوداء أو المظلمة في كوننا؟ أعتقد أننا يجب أن نبحث عن قانون جديد للفيزياء لشرح هذه الخاصية الغريبة لكوننا المرئي ، ونظرية الأكوان المتعددة لا تفعل الكثير لإنقاذ الفيزيائيين من حالة القلق وعدم الارتياح التي تسكنهم".

السفر عبر الزمن: من الممكن تجنب المفارقات بفضل الجداول الزمنية المتوازية المتعددة

Voyage temporel : il serait possible d'éviter les paradoxes grâce à des multiples lignes temporelles parallèles



حلم قديم لكتاب الخيال العلمي داعب عقولهم، السفر عبر الزمن، رغم أنه قد يكون مغرياً، إلا أنه يواجه عقبة رئيسية: ألا وهي وجود المفارقات. على وجه الخصوص، مفارقة الجد. للوهلة الأولى، تبدو تصرفات المسافرين عبر الزمن مقيدة للغاية، ناهيك عن أن الرحلة نفسها ستكون محفوفة بالمخاطر وغير عملية أو شبه مستحيلة. لكن قد تكون هناك طريقة للتغلب على هذه المفارقات: وجود قصص موازية على جداول زمنية مختلفة. هذا هو الحل النظري الذي اقترحه اثنان من علماء الفيزياء الكنديين.

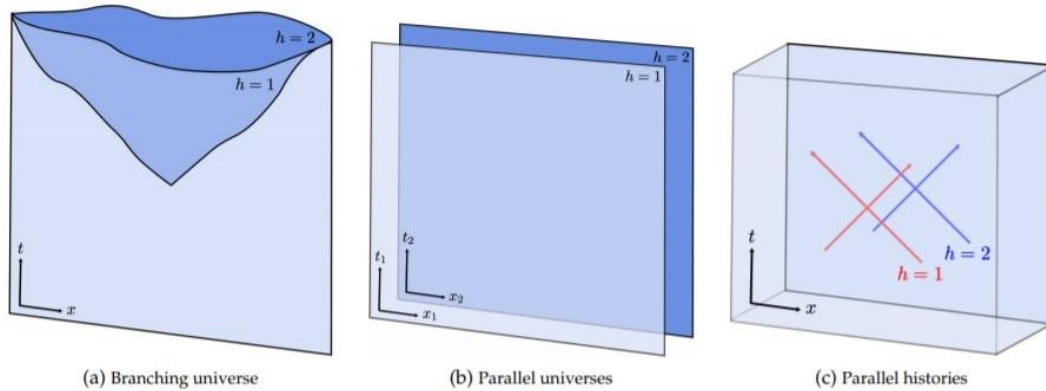
تتمثل إحدى طرق تجنب مثل هذه المفارقات في فكرة الأكوان المتفرعة *l'idée de ramifier les univers*، حيث يكون الكون منقسماً مع كل حالة من السفر عبر الزمن، وخلق عالمين مختلفين، مما يؤدي إلى عدد لا حصر له من الأكوان ممكنة الوجود في آن واحد. اقتراح آخر: نسخ لا نهائية من الأكوان المتوازية التي تتطور بشكل مختلف بمرور الزمن.

لكن علماء الفيزياء يفضلون تجنب اللانهاية إن أمكن. طور باراك شوشاني Barak Shoshany و جاكوب هاويزر Jacob Hauser ، من معهد بيريمتر Perimeter Institute في كندا ، نموذجاً للسفر عبر الزمن يتطلب ببساطة عدداً كبيراً جداً ، بدلاً من اللانهاية *infini* ، من الجداول الزمنية المتوازية من أجل تجنب المفارقات.

يقترح الثنائي أنه للسفر بين هذه الجداول أو الخطوط الزمنية *lignes temporelles* ، يمكن لأي شخص أن يمر عبر ثقب دودي طويل - بشكل أساسي، فجوة في الزمكان - بطريقة يقولون إنها ممكنة رياضياً.

قصص موازية وجداول زمنية متميزة: *Histoires parallèles et lignes temporelles distinctes*

يقول شوشاني إن إحدى طرق التفكير في الكون هي تخيل أنه عبارة عن مجموعة من النقاط في المكان والزمان، وأن الجدول الزمني أو تاريخ الأحداث سيكون دالة رياضية ترتب هذه النقاط. في الحلول المقترحة للأكوان المتفرعة والأكوان المتوازية، نزيد عدد النقاط في الزمكان لإنشاء مجموعات متعددة من النقاط، وبالتالي أكون مميزة رياضياً. لكن شوشاني وهاويزر وضعوا نموذجاً لاحتمال ثالث، "القصص الجانبية الموازية" *histoires parallèles*.



ثلاثة نماذج مختلفة تسمح لك بالحصول على جداول وخطوط زمنية مختلفة.

"نهج أو مقارنة الكون الموازي الذي نقترحه يقول أن هناك أكواناً متوازية مختلفة حيث الأشياء متشابهة تقريباً، وكل منها يقع رياضياتاً في مجموعة متنوعة مختلفة من الزمكان. من الممكن التنقل بين هذه الأصناف في رحلة عبر الزمن، " كما يشرح شوشاني.

ثقب دودي للسفر بين جداول أو خطوط زمنية مختلفة: Un trou de ver pour voyager entre les différentes chronologies

يوجد في نفس الكون المرئي، أي مجموعة واحدة من النقاط، هناك عدة كرونولوجيات ممثلة بوظائف رياضياتية تعيد تنظيم هذه النقاط. ببساطة، وعن طريق بناء ثقب دودي والظهور، يتم تغيير الوظيفة ويأخذ الجدول أو الخط الزمني ترتيباً مختلفاً. لنأخذ مثال أقل تجريداً: هذا يعني أن أليس 1 (شخصية خيالية) يمكن أن تسافر من Timeline خط زمني الكرونولوجي 1 إلى الخط الزمني الكرونولوجي Timeline 2، حيث ستحاول قتل Bob 2 بتحرير تمساح.

إذا لم يقتله التمساح، يمكن أن يستمر في العيش ويكون لديه أحفاد، ويمكن أن تحاول أليس 2 قتله مرة أخرى. تنتقل بعد ذلك إلى المخطط الزمني 3 وتحاول إسقاط بيانو على بوب 3.

المفتاح هنا هو أن أليس "Alices" لديها القدرة على تغيير أفعالهم وليسوا محبوسين في خطة Alice 1 الفاشلة لمحاولة تحرير تمساح. إذا كانت ستسافر في جدول زمني واحد، فسيتمتعين عليها تكرار هذا الفعل لأن هذه هي الطريقة الوحيدة للحفاظ على تماسك القصة والقضاء على احتمال وجود مفارقة.

نموذج جذاب ولكنه لا ينطبق على الكون كما هو حاله الآن:

قد يبدو الأمر معقداً بعض الشيء لتوسيع ساحة اللعب بجدول وخطوط زمنية متعددة، لكن شوشاني وهاوزر حسبا أن هذا السفر عبر الزمن الخالي من التناقضات يمكن تحقيقه بعدد محدود من القصص في الكون. تتكون أليس في النهاية من عدد محدود من الجسيمات التي يمكن أن تكون فقط في عدد محدود - لكن كبير بشكل لا يصدق - من الترتيبات.

هناك عيب واحد كبير في النموذج كما هو: إنه يعمل فقط مع بُعد واحد للفضاء، بدلاً من ثلاثة أبعاد معتادة، كما يقول جيرانت لويس Geraint Lewis من جامعة سيدني. يقول شوشاني إنه يعتزم الآن ترجمة النموذج إلى ثلاثة أبعاد، من أجل تمثيل العالم الحقيقي بشكل أفضل.

المصادر

arXiv :1

arXiv :2

arXiv ، Science : 3

: CERN 4

Sources : Physical Review Letters

:5 Sources: The Monthly Notices of the Royal Astronomical Society (1 & 2)
:الإخطارات الشهرية للجمعية الملكية الفلكية (1 و 2).