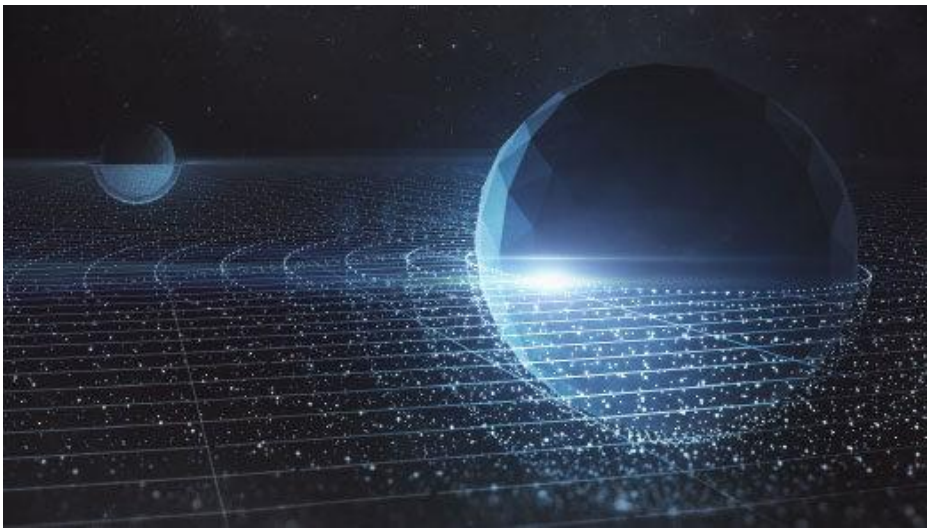
كيفية إعادة كتابة قوانين الفيزياء بلغة الاستحالة

عن مجلة كوانتوم

إعداد وترجمة د. جواد بشارة



رسم توضيحي للجاذبية على شكل جسيمات

تحاول كيارا مارليتو بناء نظرية رئيسية - مجموعة من الأفكار الأساسية جدًا بحيث تتبعها جميع النظريات الأخرى. خطوتها الأولى: استدعاء المستحيل.

نشأت نظرية الباني من العمل في نظرية المعلومات الكمومية. تهدف إلى أن تكون واسعة بما يكفي لتغطية المجالات التي لا يمكن وصفها بطرق التفكير التقليدية، مثل فيزياء الحياة وفيزياء المعلومات. إذ تتطلب الفيزياء الأساسية الفيزياء أسئلة وأجوبة الفيزياء الكمومية والفيزياء النظرية ومعضلة الرقم الأولي وغيرها من المواضيع وأكبر أفكار الكوانتوم في الرياضيات.

يقال إن القيود في الفن تؤدي إلى الإبداع. يبدو أن الشيء نفسه ينطبق على الكون. من خلال فرض قيود على الطبيعة، فإن قوانين الفيزياء تزاحم أروع الإبداعات الموجودة في الواقع. قلل من سرعة الضوء، وفجأة يمكن أن يتقلص الفضاء، ويمكن أن يتباطأ الزمن إذا ازدادت. الحد من القدرة على تقسيم الطاقة إلى وحدات صغيرة بلا حدود، وكل غرابة ميكانيكا الكم تزدهر. كتبت عالمة الفيزياء كيارا مارليتو: "إن التصريح عن شيء مستحيل يؤدي إلى المزيد من الأشياء الممكنة". "بقدر ما يبدو هذا غريبًا، فهو شائع في فيزياء الكموم."

نشأت كيارا مارليتو في تورينو بشمال إيطاليا، ودرست الهندسة الفيزيائية والفيزياء النظرية قبل أن تكمل الدكتوراه في جامعة أكسفورد، حيث أصبحت مهتمة بالمعلومات الكمومية والبيولوجيا النظرية. لكن حياتها تغيرت عندما حضرت محاضرة ألقاها ديفيد دويتشDavid Deutsch ، وهو فيزيائي آخر من جامعة أكسفورد ورائد في مجال الحوسبة الكمومية. كان هذا ما ادعى أنه نظرية جديدة جذرية للتفسيرات. كانت تسمى نظرية الباني théorie des constructeurs، ووفقًا لدويتش ، فإنها ستعمل كنوع من النظرية الفوقية الأكثر جوهرية حتى من الفيزياء الأساسية لدينا – أي أعمق من النسبية العامة ، وأكثر دقة من ميكانيكا الكموم. إن وسمه بالعالم الطموح سيكون بخساً بحقه.

كانت كيارا مارليتو، البالغة من العمر 22 عامًا، مدمنة على محاضرات هذا الأستاذ. في عام 2011، تعاونت مع دويتش Deutsch وقضيا معًا العقد الماضي في تحويل نظرية البناء إلى برنامج بحث كامل.

الغرض من نظرية المنشئ أو الباني هو إعادة كتابة قوانين الفيزياء من حيث المبادئ العامة التي تتخذ شكل الوقائع المضادة contrefactuels - عبارات وتصريحات، أي حول ما هو ممكن وما هو مستحيل. هذا هو النهج الذي قاد ألبرت أينشتاين إلى نظرياته عن النسبية. لقد بدأ أيضًا بمبادئ غير واقعية من قبيل: من المستحيل تجاوز سرعة الضوء؛ من المستحيل معرفة الفرق بين الجاذبية والتسارع.

تهدف نظرية المنشئين أو البنائين أكثر إلى إنها تأمل في تقديم المبادئ الكامنة وراء فئة واسعة من النظريات في الفيزياء، بما في ذلك تلك التي لم نكن نملكها حتى الآن، مثل نظرية الجاذبية الكمومية التي توحد ميكانيكا الكموم مع النسبية العامة. كما تسعى نظرية البناة، إلى توفير أم لكل النظريات - "علم القدرة والعجز أو الممكن وغير الممكن، أي العلم الكامل الذي يأخذ مكان نظرية كل شيء: Science du Can and Can't« ، وهو عنوان كتاب مارليتو الجديد.

يبقى أن نرى ما إذا كانت نظرية المنشئ قادرة حقًا على تحقيق ذلك، وإلى أي مدى تختلف حقًا عن الفيزياء. حتى الآن، اجتمعت مجلة Quanta مع Marletto عبر Zoom والبريد الإلكتروني لمعرفة كيفية عمل النظرية وما قد تعنيه لفهمنا للكون والتكنولوجيا وحتى الحياة نفسها. تم اختصار المقابلة وتحريرها من أجل الوضوح.

- في قلب نظرية المنشئ **la théorie des constructeurs** هناك الشعور بأن شيئًا ما مفقود في مقاربتنا المعتادة للفيزياء.

تُصاغ القوانين المعيارية للفيزياء - مثل نظرية الكموم والنسبية العامة وحتى قوانين نيوتن - من حيث مسارات الأشياء trajectoires d'objets وما يحدث لها في ظل ظروف أولية معينة. لكن هناك ظواهر

معينة في الطبيعة لا يمكنك التقاطها تمامًا من حيث المسارات - ظواهر مثل فيزياء الحياة أو فيزياء المعلومات. ولالتقاطهم، أنت بحاجة إلى الحقائق المضادة contrefactuels.

– وما هي هذه الحقائق المضادة؟

تُستخدم كلمة "مضاد للواقع" بطرق مختلفة، لكنني أعني هنا شيئًا واحدًا محددًا: الواقع المقابل هو بيان حول التحولات الممكنة والمستحيلة في نظام مادي. يكون التحول ممكنًا عندما يكون لديك "مُنشئ" يمكنه أداء مهمة ثم الاحتفاظ بالقدرة على تنفيذها مرة أخرى. في علم الأحياء نسميه محفزًا catalyseur، لكن بشكل عام، يمكن أن نسميه منشئconstructeur أو باني.

في النهج الحالي أو المقاربة الحالية للفيزياء، تمتلك بعض القوانين بالفعل هذا الهيكل المضاد مثل- الحفاظ على الطاقة أو قانون حفظ الطاقة la conservation de l’énergie، على سبيل المثال، هو الادعاء بأنه من المستحيل وجود آلة دائمة الحركةmouvement perpétuel .

تشرح كيارا مارليتو سبب فشل الأساليب التقليدية للفيزياء في حالات مهمة مثل نظرية المعلومات، وكيف يمكن أن تنجح نظرية المنشئ أو الباني.

– إذن، المنشئ هو آلة الحركة الدائمة، والواقع المضاد ينص على أن هذا التحول من الطاقة القابلة للاستخدام إلى طاقة قابلة للاستخدام غير ممكن؟

نعم. تظهر المواقف المضادة في القوانين الحالية، لكن هذه القوانين تعتبر من الدرجة الثانية. لم يتم دمجها بإخلاص. تضع نظرية الباني الحقائق المضادة في أساس الفيزياء، بحيث يمكن صياغة القوانين الأساسية بهذه المصطلحات.

– كيف سيعمل هذا في مجال الممارسة؟

على سبيل المثال، ضع في اعتبارك الجاذبية الكمومية. يقول بعض الناس، "لماذا نحتاج حتى إلى تكميم quantifier الثقالة أو تحديد مقدار الجاذبية في ظل عدم وجود دليل تجريبي على ذلك؟" يمكن أن يكون لدينا نظرية كلاسيكية عن الجاذبية ونظرية كمومية لكل شيء آخر. والحال، توفر لنا نظرية المنشئ أو الباني أساسًا نظريًا قويًا وعامة لاختبار تجريبي من شأنه أن يثبت أن الجاذبية أو الثقالة يجب أن تكون كمومية.

تم اقتراح هذا الاختبار من قبلي ومن وفلاتكو فيدرال Vlatko Vedral، وبشكل مستقل عنا عن طريق سوجاتو بوسSougato Bose ومعاونيه. يذهب الأمر على هذا النحو: تقيس خصائص كتلتين كموميتين تتفاعلان مع بعضهما البعض عن طريق الجاذبية فقط. إذا طورا تشابكًا enchevêtrement، يمكنك أن تستنتج شيئًا قويًا جدًا عن الوسيط الذي تسبب في التشابك الكمومي l’intrication، وهو الجاذبية. يسمح لك هذا باستنتاج أن الوسيط لا يمكن أن يكون كلاسيكيًا – بل يجب أن يكون ذو خصائص كمومية.

الآن، كما أثبتت أنا و فلاتكو ، فإن الطريقة الأكثر عمومية للوصول إلى هذا الاستنتاج هي استخدام مبدأ نظرية المنشئ المسمى "التشغيل البينيinteropérabilité " ، مما يعني أنه إذا كان من الممكن إنشاء التشابك محليًا عبر وسيط ، فيجب أن يكون هذا الوسط كموميًا . لا يهم كيف تكون الجاذبية الكمومية - سواء كانت تدور حول الجاذبية الكمومية، أو نظرية الأوتار، أو أي شيء آخر - ولكن يجب أن تكون نظرية كمومية. إنه اختبار لا يمكنك تصوره إلا على هذا المستوى من العمومية من خلال التفكير من حيث مبادئ نظرية المنشئ.en termes de principes de la théorie du constructeur

- يبدو أن الحقائق المضادة تلعب دورًا أكبر بكثير أو أكثر تقييدًا في نظرية الكموم مما هي عليه في النظرية الكلاسيكية. يمكن للمرء أن يجادل بأن هذا هو الدرس المستفاد من نظرية الكموم - أنه لا يمكننا أن نقول فقط "هذا ما يحدث بالفعل في العالم" بطريقة دقيقة لا لبس فيها. هل هذا ما يتطلب صياغة مختلفة للقوانين الفيزيائية؟

هناك العديد من الحقائق المضادة contrefactuels في نظرية الكموم ، لكنها صحيحة أيضًا في الفيزياء الكلاسيكية! المعلومات الكمومية والكلاسيكية وجهان لنفس مجموعة الخصائص النظرية للمعلوماتية. ما يميز المعلومات الكمومية هو أن لها خاصيتين إضافيتين معاكستين أو مضادتينcontrefactuelles .

أولاً، يحتوي على متغيرين للمعلومات على الأقل - على سبيل المثال، الموضع والسرعة la position et la vitesse- حيث يستحيل نسخ أو قياس كليهما في وقت واحد بدقة عالية على نحو تعسفي. ثانيًا، يجب أن يكون من الممكن عكس جميع التحولات على هذه المتغيرات.

لذا فإن نظرية الكموم لديها المزيد من الحقائق أو الوقائع المضادة، لكنك لا تزال بحاجة إلى الحقائق المضادة للتعبير بشكل كامل عن نظرية المعلومات الكلاسيكية وحتى الديناميكا الحرارية الكلاسيكية. لا يمكن استيعاب مفاهيم مثل العمل والحرارة بشكل كامل مع المسارات وقوانين الحركة، لأنه في التصميم القياسي يُنظر إليها على أنها ناشئة وتقريبية. في نظرية المنشئ، يمكننا التحدث عنها باستخدام عبارات دقيقة حول التحولات الممكنة والمستحيلة.

- حسنًا، يكون التحويل ممكنًا إذا كان المنشئ القادر على تنفيذ هذا التحويل موجودًا. هل يتعين عليك بعد ذلك تقديم دليل على أنه من الممكن بناء كل مُنشئ؟ هل تعاني أو تواجه تراجع régression لانهائي؟

أعتقد أنك بحاجة إلى تغيير الميول أو الاتجاه la tendance. خذ الديناميكا الحرارية la thermodynamique. عندما كنت تنظرًا بأن آلة الحركة الدائمة مستحيلة، فإن هذا الادعاء ليس شيئًا يجب عليك إثباته بشكل شامل من خلال التحقق من جميع النماذج الممكنة لآلة الحركة الدائمة، باستخدام ظروف أولية مختلفة وديناميكيات مختلفة لكل منها. إذا كان عليك القيام بذلك، فستكون تلك مهمة مرهقة للغاية!

ما تفعله هو توضيح القانون من حيث المهام الممكنة والمستحيلة ومن ثم تحديد العواقب. على سبيل المثال، إذا كان لديك هذا البيان العام الذي يفيد بأن الآلات ذات الحركة الدائمة مستحيلة، فيمكنك دمجها مع عبارات أخرى تفيد بأن المهام الأخرى ممكنة أو غير ممكنة وتحديد أن المحرك الحراري ممكن. وهذا يمنحك الكثير من القوة التنبؤية. هذا هو المنطق. أنت تعتبر هذه العبارات كونها بمثابة أساسية وجوهرية fondamentales.

- عرّف ديفيد دويتش نظرية المُنشئ على أنها النظرية التي يمكن أو لا يمكن أن تحدث فيها التحولات ولماذا. ما زلت أجد صعوبة في فهم كيف تقدم نظرية البناء هذه الـ "لماذا".

بادئ ذي بدء، دعني أوضح أنه سواء كنت تستخدم نظرية المُنشئ أو تستخدم النهج الحالي أو المقاربة الحالية، فنحن ببساطة نتعامل مع تقدير للقوانين الفعلية. ويمكن أن تكون هذه الافتراضات خاطئة دائمًا. لكن إذا اشتريت نظرية الباني، فإن المفتاح هو أن التخمين البسيط للقوانين الديناميكية لن يكون كافيًا لالتقاط كل الواقع المادي. أنت بحاجة إلى مبادئ إضافية، قدمتها نظرية المنشئين la théorie des

constructeurs لذلك أعتقد أن ديفيد يصر على أن نظرية البناء ليست مجرد قائمة بالأشياء الممكنة والأشياء المستحيلة. هذه هي النظرية التفسيرية للسبب الذي يجعل نموذجًا معينًا للمهام الممكنة والمستحيلة يجسد أفضل ما نعرفه حاليًا عن الواقع المادي. إذا أردت أن تتحدى هذه النظرية التفسيرية، يمكنك ذلك. لكن التخمين هو أنه أيا كان التفسير الذي قد تتوصل إليه لتحسين هذا، يجب التعبير عنه في حد ذاته من حيث المهام الممكنة والمستحيلة.

- هل ستكون هناك مجموعة بدائية من المهام في الأسفل؟ على سبيل المثال ، في حساب التفاضل والتكامل ، من خلال بعض العمليات المنطقية الأساسية ، يمكن إنشاء جميع العمليات المنطقية الأخرى. تخيل أن هناك عددًا قليلاً من المنشئات الأساسية التي يمكن من خلالها إنشاء جميع المنشئات الأخرى؟

باختصار، نعم، على الرغم من أنه شيء لم نطوره بالفعل بعد. توقع جون فون نيومان، الفيزيائي والرياضياتي العظيم، آلة يعتقد أنها أكثر عمومية من كمبيوتر تورينغ Turing العالمي. أطلق عليه فون نيومان لقب باني عالمي constructeur universel. لقد أدرك أنه إذا فكرت في بعض المهام التي، على سبيل المثال، يمكن للأنظمة الحية القيام بها، مثل عمل نسخ من نفسها، فلن تتمكن آلة تورينغ العالمية من القيام بذلك. لا يستطيع جهاز الكومبيوتر الماك Mac الخاص بي صنع جهاز Mac آخر من مواد خام مملة أو مهملة، على الرغم من أنني أتمنى ذلك! لذلك سأل فون نيومان: ما الذي يجب أن أضيفه إلى آلة تورينغ حتى تصبح آلة أكثر قوة يمكن بناؤها؟ اتضح أنك بحاجة إلى إضافة عدد من الأشياء: مجموعة من الأدوات التي تسمح للآلة بالاستيلاء على المواد الخام وتجميعها، والقدرة على قراءة تعليمات التجميع، وما إلى ذلك.

المُنشئ العالمي هو نظير لآلة تورينغ بمعنى أنه يُعتقد أنه قادر على أداء جميع المهام المسموح بها جسديًا. ولا نعرف ما إذا كان هذا ممكنًا وفقًا لقوانين الفيزياء لدينا. والسبب في أننا لا نعرف، حتى بعد 70 عامًا من اقتراح فون نيومان لهذا، هو أنه لم يأخذ أحد بالاقتراح الأصلي وربطه بالفيزياء.

بمجرد أن تتمكن نظرية المُنشئ من تعريف المُنشئ العالمي من الناحية المادية وفهم المبادئ التي تسمح لك بالقول إن المُنشئ العام ممكن ، فسنحصل على إجابة لسؤالك - سنعرف ما هي البوابات الأولية أو المهام. العناصر الأولية التي يمكن للمُنشئ العالمي أن يستدعيها عند محاولة أداء مهمة معقدة.

الجاذبية الكمومية

يجد الفيزيائيون طريقة لرؤية "ابتسامة" الجاذبية الكمومية

عادة ما نعتقد أننا نبدأ بالفيزياء الأساسية ثم نطور التكنولوجيا كتطبيق لتلك الأفكار. يبدو أن الأمر يسير في الاتجاه الآخر- يبدأ بإمكانية وجود تقنية، وهذا يقودنا إلى الفيزياء الأساسية.

وأعتقد حقاً أنه أمر مريح. من خلال دراسة خصائص شيء يبدو تقنيًا للغاية - مثل الكمبيوتر أو المُنشئ - ينتهي بك الأمر بدراسة الميزات الأعمق لقوانين الفيزياء. هذا شيء أدهشني عندما بدأت دراسة المعلومات الكمومية l'information quantique لأول مرة.

اعتقدت في البداية أن المعلومات الكمومية كانت مجرد تطبيق غريب الأطوار لفيزياء الكموم على الحوسبة - لكن هذا ليس صحيحًا. إنها أفضل أداة لدينا لفهم نظرية الكموم نفسها. القياس، EPR ، التشابك: كل هذه الأشياء التي كانت مربكة للغاية حتى للآباء المؤسسين لنظرية الكموم تم وضعها بشكل صحيح من قبل أشخاص يعملون في المعلومات الكمومية ، وفي الوقت نفسه ، كانوا يعملون على بناء جهاز كمبيوتر. كمومي عالمي. .

إنه لأمر رائع جدًا أن تتمكن من القيام بشيء مفيد جدًا في التكنولوجيا مثل التشفير ولكن في نفس الوقت تدرس أساسيات التشابك l'intrication والتراكبات des superpositions وما إلى ذلك. في نظرية المنشئ، نحاول اتباع نفس النوع من المنطق ولكن على مستوى أكثر عمومية.

- لذا فإن التكنولوجيا التي يمكن أن تنبثق من نظرية المنشئ ستكون شيئًا مثل طابعة ثلاثية الأبعاد متعددة الاستخدامات، قادرة على بناء أي شيء مادي، بما في ذلك نسخة من نفسه. إنه منشئ عالمي.

نعم.

- هل سيكون المُنشئ العالمي أيضًا حاسوبًا كموميًا عالميًا؟ أم هل يجب أن نكون قادرين فقط على الطباعة ثلاثية الأبعاد لأجهزة الكمبيوتر الكمومية؟

من الأفضل التفكير في أدلة جهاز معين قابل للبرمجة، حيث يكون الدليل هو مجموعة المهام أو التحولات التي يمكن للجهاز تنفيذها عندما يتلقى برنامج الإدخال الصحيح. وبهذا المعنى، فإن كونك حاسوبًا كموميًا أو أن تكون قادرًا على بناء كمبيوتر كمومي بمواد كافية هو في الأساس نفس الشيء - لأنه بمجرد أن تتمكن آلة من بناء آلة أخرى، فإن الآلة الأولى لديها ذخيرة من الثانية في حد ذاتها.. يحتوي المنشيء العالمي Le constructeur universel Universal Builder على جميع الحسابات المسموح بها فعليًا في دليله الخاص، مما يعني أنه كمبيوتر عالمي أيضًا.

- ويمكن للباني الشامل أو العلمي le constructeur universel أن ينتج أنظمة حية؟

نعم. يُنظر إلى فيزياء الحياة على أنها جزء فرعي من هذه النظرية الأكثر عمومية للمنشئ العالمي. ويمكنك أن تتخيل كيف يمكن لفهم أفضل للأسس النظرية لمنشئ قوانين الفيزياء أن يمنحك طرقًا لبرمجة المنشئ العالمي لأداء المهام ذات الصلة في هذا المجال.

لذلك، على سبيل المثال، بالنسبة للبيولوجيا الكمومية la biologie quantique، قد تفكر في المنشئ العالمي على أنه مبرمج لتقليد ما يحدث في خلية نباتية عند حدوث عملية التمثيل الضوئي، ثم التفكير في طرق لتحسين ذلك. يمكنك تخيل جميع أنواع الماكينات النانوية القابلة للبرمجة والتي تعتبر حالات محددة من المنشئ أو الباني العالمي مبرمجة لمهام محددة. ويجب أن تكون مجموعة المبادئ التي يقوم عليها كل هذا والتي سنكتشفها أثناء دراستنا لنظرية المنشئ. هذه هي الرؤية.

- إذن، يمكن لمنشئ عالمي أن يبني نظامًا حيًا، لكن النظام الحي نفسه هو نوع من باني للاستخدامات الخاصة؟

الحمض النووي هو مكرر un réplicateur ويحتوي على التعليمات لبناء الخلية، فالخلية هي الناقلة القادرة على قراءة هذه التعليمات، وبناء نسخة جديدة من نفسها، ونسخ التعليمات وإدخالها في الخلية الجديدة. وفي نظرية الباني، يمكنك تفسير سبب كون هذه الآلية الوحيدة القابلة للتطبيق الممكنة إذا كنت تريد استنساخًا ذاتيًا موثوقًا، وفقًا لقوانين الفيزياء غير المصممة خصيصًا للحياة. لذا فهذه ليست فقط إحدى الطرق التي يمكن أن تعمل بها الحياة وفقًا لقوانين الفيزياء لدينا، ولكنها الطريقة الوحيدة التي يمكن أن تعمل بها. إنها سمة مميزة للأنظمة الحية، سواء تم بناؤها باستخدام الكيمياء الموجودة على الأرض أم لا.

في النهاية، ما نحتاجه هو نظرية لما يميز الحياة عن غير الحياة، وحتى الآن لا توجد إجابة كمومية وتنبؤية. ما هي القوانين التي تقوم عليها هذه الظاهرة؟ ما ينقصنا ليس علم الأحياء - فقد قام علماء الأحياء بعملهم بالفعل؛ لقد عملوا بشكل جميل مع نظرية التطور. يتعين على علماء الفيزياء الآن حل المشكلة ضمن حدود الفيزياء الأساسية. وآمل أن توفر نظرية المنشئ الأدوات اللازمة لمعالجة هذه المشكلة.