نظرية الكون التعاقبي 8

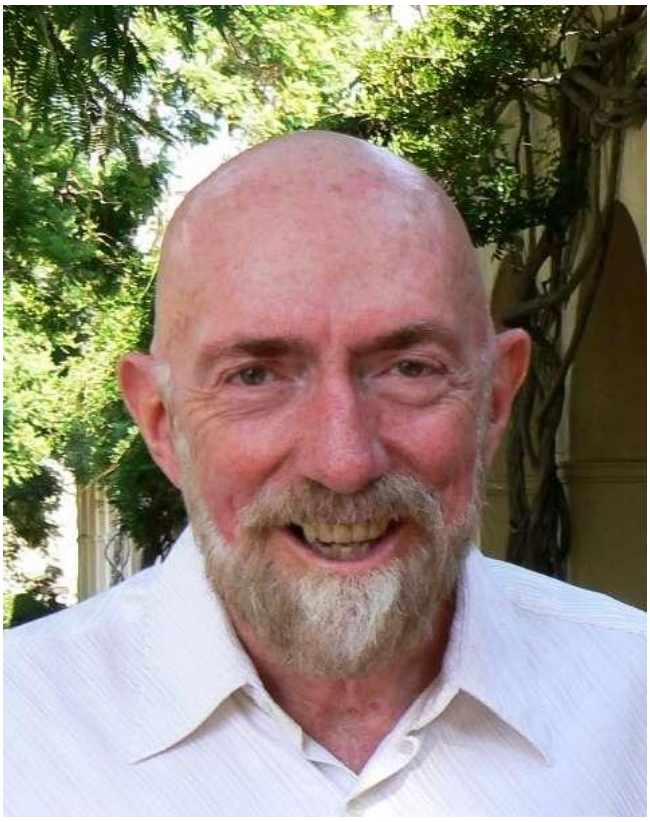
إعداد وترجمة د. جواد بشارة

نظرية الكون التعاقبي 8

إعداد وترجمة د. جواد بشارة

السفر عبر الزمن:

في عام 1988، كشف موريس ثورن Morris Thorne ويورتسيفر Yurtsever عن نتائج حساباتهم باستخدام الطاقة السلبية بالإضافة إلى مشاركتهم المذهلة في مقالة الثقوب الدودية وآلات الزمن وحالة الطاقة الضعيفة.



كيب ستيفن ثورن عالم فيزياء نظري أمريكي معروف بإسهاماته في مجالات الجاذبية والفيزياء والفيزياء الفلكية. إنه أحد أبرز الخبراء في نظرية النسبية العامة لأينشتاين. © ويكيبيديا-كينان بيبر

لم يكن من الممكن نظريًا فقط فتح ممر بين نقطتين في الفضاء وعبوره بأمان للسفر بين النجوم على الفور تقريبًا، ولكن كان علينا أيضًا أن نكون قادرين على السفر في الوقت المناسب! دعونا نلقي نظرة فاحصة

الحل المتري لمعادلات أينشتاين التي وجدوها هو كما يلي:

إنه يشبه حل شفوارزشيلد Schwarzschild في الجزء الداخلي من النجم ويجب أن يفي بشروط الانحلال اللانهائي للاتصال بزمكان مينكوفسكي Minkowski المسطح.

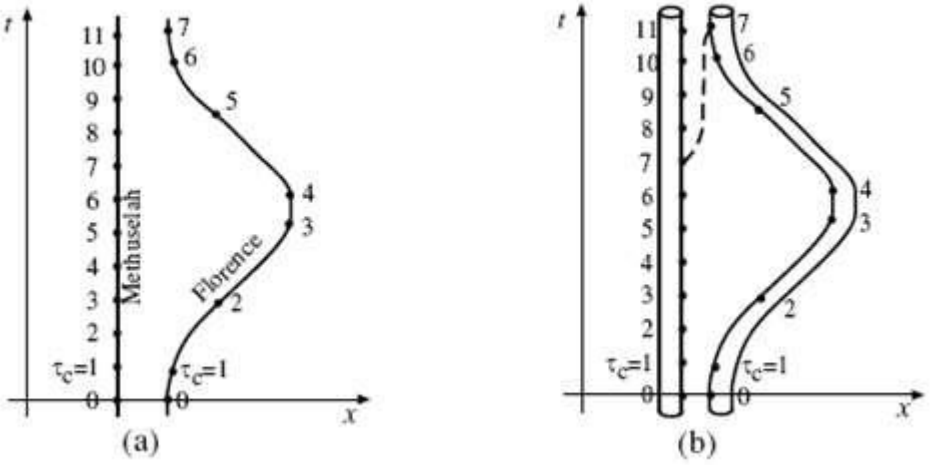
هذه هي الطريقة التي يجري بهاالأمر، وهي بسيطة للغاية:

بعد فتح ثقب دودي قابل للاجتياز، وافتراض أنه مستقر للغاية، يمكن للمرء أن يتخيل ترك إحدى فتحات الدخول على الأرض بينما يمكن حمل الفتحة الثانية داخل مركبة فضائية تطير نسبيًا. رحلة ذهابًا وإيابًا (لنقل) لمدة 1000 عام بالنسبة لمراقب على الأرض.

إذا كانت السرعة أثناء الرحلة قريبة جدًا من الضوء، فقد تكون بضع ساعات أو أيام فقط في السفينة. نحن على وجه التحديد في حالة مفارقة التوأم لانجفان الشهيرة paradoxe jumeaux de Langevin.

لذلك سيكون هناك فارق زمني بين فمي الحفرة أو الثقب مما يجعل من الممكن العودة في الماضي لمدة تصل إلى 1000 عام قبل عودة السفينة إلى الأرض أو في المستقبل حتى 1000 عام بعد رحيل السفينة لشخص بقي على الكوكب.

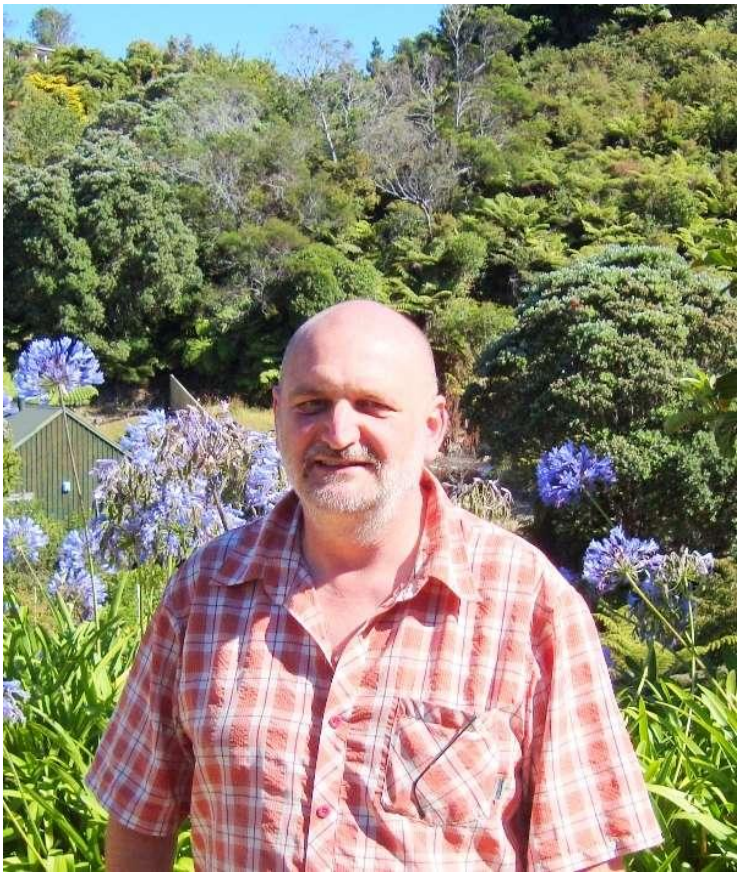
هذا ما نراه في مخطط الزمكان ملاحظة أدناه مأخوذة من فصول Thorne في Caltech (تبقى ميثيلاد على الأرض بينما تقوم فلورنسا برحلتها بين النجوم).



يُظهر الرسم التخطيطي للزمكان مسارات الفضاء والزمان في Methusalem ميتوسالم التي تظل ثابتة على الأرض ولكنها تتحرك في خط عمودي في الوقت الذي تتسارع فيه فلورنسا لتغادر الأرض بسرعة الضوء تقريبًا ثم تعود. وبالتالي فإن مساره هو منحنى كما هو موضح في الجزء الأيسر من الرسم التخطيطي. على اليمين، هذان هما فمي الثقب الدودي القابل للعبور والذي يظهر مع خطوط حركتهما في الزمكان.

لا تزال هناك مشكلة "صغيرة". قام مات فيسرMatt Visser ، الفيزيائي المتخصص في نظرية الثقوب الدودية، قام بالتقديرات التالية.

إذا كان على المرء أن يبني ثقبًا دوديًا مستقرًا يبلغ قطره 1 متر، فسيكون كافياً أن "يحيط" فم الثقب الدودي ب 10^{-21} متراً فقط من الطاقة السلبية، أي أقل من جزء من المليون من البروتون. حيث يتعطل الأمر أننا يجب أن نحصل على الطاقة التي يطلقها 10 مليار نجم في السنة!



مات فيسر Matt Visser ، أحد كبار المتخصصين في الثقوب الدودية. © ويكيبيديا كومونس

ظروف بيئة حماية الحياة لهوكينغ conjoncture de la protection chronologique de Hawking

في عام 1992، أجرى هوكينغ سلسلة كاملة من العمليات الحسابية لمحاولة إثبات أن الماضي لا يمكن تغييره لأنه لا يمكن أن توجد حلقة من نوع الزمن بخلاف الجسيمات الأولية. بدون تقديم شرح كامل، من الواضح كانت النتائج التي حصل عليها غير مواتية.استنتاجه الأخير مشهور: "أفضل دليل على استحالة السفر عبر الزمن هو أننا لم نكتظ بجحافل من السياح من المستقبل". يمكننا ربط تفكيره بالظاهرة التالية.

تأثير لارسن Un effet Larsen ؟

إن أخطر مشكلة في إمكانية إنشاء ثقب دودي قابل للاجتياز هي تلك المتعلقة بتأثير معروف جيدًا يسمى تأثير لارسن (سمي على اسم الفيزيائي الدنماركي سورين لارسن (1871-1957). واجه يومًا أو آخر مشكلة مكالمة هاتفية تم تضخيمها بشكل حاد بواسطة مكبر صوت، حيث يقوم الهاتف بتسجيل الصوت الصادر من مكبر الصوت والذي يتم إرجاعه بعد ذلك للمراسل ليتم تسجيله بدوره وإعادة إرساله. باستخدام مكبر الصوت، إلخ. وبالمثل، فإن الموجات الكهرومغناطيسية (على سبيل المثال) التي تنتقل للخلف أو للماضي عبر الثقب الدودي يمكن أن تمر عبره مرة أخرى في المستقبل وهكذا. لذلك سوف

تتراكم الطاقة الإيجابية في الثقب الدودي، مما سينتهي به الأمر إلى موازنة الطاقة السلبية المسؤولة عن اجتياز الثقب الدودي. السؤال المركزي هو "حسنًا، ولكن كم من الوقت سيستغرق ذلك؟" ". تُظهر الحسابات التي تم إجراؤها حتى الآن أنه سريع جدًا بحيث لا يكون لدى الجسم "العياني" objet «macroscopiqueوقت للمرور عبر فتحة الثقب قبل أن تغلق. ومع ذلك، فإن الإجابة النهائية مدفونة في قوانين الجاذبية الكمومية غير المضطربة non perturbative، وهي نظرية لم تولد بعد.

لذلك ربما لا يزال السفر بسرعة تفوق سرعة الضوءsupraluminiques ممكنًا في الفضاء، ولكن بمجرد أن يحاول المرء السفر عبر الزمن، فإن قوانين الكون ستتآمر لمنعه. هذا أيضًا هو الاستنتاج الذي توصل إليه إيغور نوفيكوفIgor Novikov ، المتعاون الرئيسي السابق لزيلدوفيتش Zeldovichالعظيم.

مبدأ نوفيكوف في التماسك الذاتي Le principe d'autocohérence de Novikov

صورة تجمع من اليسار إلى اليمين شاندراسيخار ، نوفيكوف وزيلدوفيتش.

إن مشكلة أو مفارقة الجدLe problème du grand-père اعتراض كلاسيكي على السفر عبر الزمن. إذا عدت بالزمن إلى الوراء لتقتل جدك، فأنت غير موجود حتى لا تعود بالزمن إلى الوراء وجدك لا يزال على قيد الحياة لذا ستقتله حتى لايولد أبوك ولا تولد أنت، إلخ. لا يمكننا مع ذلك النظر في الأنواع المحتملة للسفر عبر الزمن؟ هذا ما أراد نوفيكوف وآخرون معرفته. نتائج معادلات النسبية العامة (RG) موضحة في المثال التالي.

يمكن للمرء أن يتخيل قطعة من الرخام ألقيت على فم ثقب دودي وظهرت في ماضيها لتتصادم وتمنع نفسها من دخول فمه. إنها نسخة جسدية مباشرة من مفارقة الجد. بالمقابل، يمكن أن يكون لدينا كرة تضرب نفسها لإجبار نفسها على الدخول في الثقب الدودي. تم إجراء جميع الحسابات، فقط هذا الحل الأخير هو مصرح به بواسطة RG الكلاسيكي على ما يبدو.

للوصول إلى هذا الاستنتاج، اعتمد نوفيكوف ومعاونوه على حسابات أولية نسبيًا، لكنهم استندوا إلى أحد المبادئ الأساسية للفيزياء، وهو مبدأ العمل الأقلmoindre action.

كل هذه التكهنات حول الثقوب الدودية تبدو بعيدة المنال ، وهي إلى الأبد بعيدة عن متناول تقنياتنا. دعونا لا نفقد الأمل في القريب العاجل! ربما يعتبر مؤرخو المستقبل السنوات 2010-2020 بمثابة فجر لتغيير عميق في تاريخ البشرية.

لقد رأينا أن إمكانية إنشاء ثقب دودي وإبقائه مفتوحًا يعتمد إلى حد كبير على فهم الجاذبية الكمية وإمكانية الوصول إليها من الناحية التكنولوجية.

ومع ذلك، حتى عام 1998 تقريبًا، بدا أن كل شيء يشير إلى أنه كان من الضروري بناء معجل كبير بحجم المجرة لتوفير الطاقة الكافية لكي تتجلى الجاذبية الكموميةla gravitation quantique على نحو مباشر. في نفس العام، فتحت الأعمال المستقلة لكن التكميلية لنيما أركاني حامد-Nima Arkani Hamed وسافاس ديموبولوس Savas Dimopoulos وجيا دفاليGia Dvali من ناحية وليزا راندالLisa Randall ورامان سوندرم Raman Sundrum من ناحية أخرى ، احتمال أننا كنا مخطئين.

بشكل غير متوقع، قد تكون الطاقات التي ستحدث فيها وتصادمات البروتونات في المصادم LHC أو من يخلفه كافية.

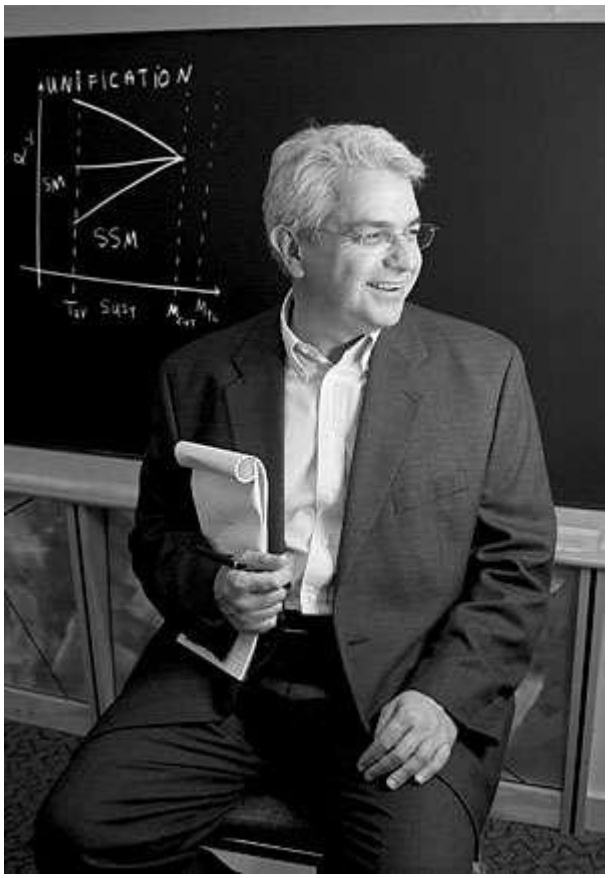
بعد بضع سنوات، في 2001-2002 على وجه الدقة، قدم ستيفن غيدينغزSteven Giddings وسافاس ديموبولوسSavas Dimopoulos في الواقع مقالتين ثوريتين إلى arxiv يفكران بجدية في إمكانية إنشاء ثقوب سوداء صغيرة تتبخر بفعل تأثير هوكينغ في LHC.

مما سبق، يجب أن تكون الروابط بين الثقوب السوداء والثقوب الدودية واضحة الآن.

ربما تكون الثقوب السوداء الصغيرة في مصادم الهادرونات الكبير ممكنة الصنع، ولكن لماذا لا تحدث الثقوب الدودية أثناء الاصطدام بين البروتونات؟ يبقى أن نجد توقيع تجريبي. لقد تم بالفعل النظر في مثل هذا الاحتمال، ولا سيما من قبل إيرينا أريفيفا Irina Aref'eva وإيغور فولوفيتشIgor Volovich .

بدأ اكتشاف الانشطار النووي أيضًا بشيء ضعيف جدًا، لذا ربما يمكننا أن نحلم ليس فقط باكتشاف الثقوب الدودية المجهرية في تصادمات LHC ولكن أيضًا بإمكانية جعلها أكبر للحصول على الثقوب الدودية العيانية macroscopiques التي يمكن عبورها كما في مسلسل بوابة النجم Stargate.

شرح ستيفن غيدينغز نظرية المشهد الكوني (*Landscape*) (paysage cosmique) بسطح ريمانsurface de Riemann . كان Giddings من أوائل الذين درسوا إنشاء الثقوب السوداء الصغيرة في مسرع أو معجل ومصادم الجسيمات LHC.



الفيزيائي اليوناني المولد سافاس ديموبولوس.

اشتهر ديموبولوس بعمله على تطوير نظريات تتجاوز النموذج القياسي أو المعياري modèle standard الذي يتم اختباره حاليًا في مصادمات الجسيمات والتجارب الأخرى. على سبيل المثال في عام 1981، اقترح نموذجًا لـ GUT مع هوارد جيورجي Howard Georgi ، وساهم في بناء نموذج الحد الأدنى من التناسق الفائق (MSSM). كما اقترح نموذج ADD مع نيما آركاني حامد Nima Arkani-Hamed وغيا دفالي Gia Dvali.

في بداية عام 2012، لم تكن النتائج الأولى التي تم الحصول عليها باستخدام كاشف CMS في CERN مواتية لفكرة أنه يمكننا تصنيع ثقوب سوداء صغيرة في مصادم الجسيمات العملاق LHC. ربما تكون كتلة بلانك أعلى بكثير من عدد قليل من TeV. على أي حال، فإن المخاوف من رؤية الأرض مدمرة من خلال إنشاء ثقوب صغيرة سوداء لا أساس لها من الصحة.

منذ نشر نظرية النسبية العامة من قبل ألبرت أينشتاين، عمل الفيزيائيون على البحث عن حلول مختلفة من نوع الثقب الأسود لمعادلات مجال الجاذبية. ثقب أسود ثابت، ثقب أسود دوار، ثقب أسود ثابت مشحون، ثقب أسود دوار مشحون، إلخ. يُعتقد أن بعض هذه الثقوب السوداء موجودة في كوننا، والبعض الآخر، نظريًا للغاية، في أكوان ذات تكوينات مختلفة. نظر الفيزيائيون النظريون إلى الثقوب السوداء المشحونة المحاطة بنوع خاص جدًا من الفضاء، واكتشفوا أن الجزء الداخلي من هذه الأجسام كان فوضويًا للغاية في الزمكان ويشكل كونًا فركتليًا غريبًا.

درس العلماء ثقبًا أسود مشحونًا كهربائيًا محاطًا بنوع معين من الفضاء، يُعرف باسم "الفضاء المضاد دي سيتر". بدون التعمق في الموضوع، هذا النوع من الفضاء له انحناء هندسي سلبي ثابت، مثل سرج الحصان، والذي نعرف أنه ليس وصفًا جيدًا لكوننا. (سيكون للكون المضاد دي سيتر ثابت كوني سلبي، مما يعني أن كل المادة تميل إلى التكثف في ثقب أسود، مقارنة بالتوسع المتسارع الذي نراه في كوننا).

فهم أفضل للظواهر الفيزيائية لكوننا:

حتى لو لم تتناسب مع كوننا المرئي، فقد اتضح أن هذه الثقوب السوداء الغريبة لا تزال تحتوي على بعض الهياكل المعقدة بشكل مدهش والتي تستحق الاستكشاف. أحد الأسباب التي تجعل هذا الاستكشاف مرحبًا به هو أن الثقوب السوداء المشحونة تشترك في العديد من أوجه التشابه مع الثقوب السوداء الدوارة، الموجودة في كوننا المرئي، لكن الثقوب السوداء المشحونة يسهل إدارتها رياضياتياً. لذلك، من خلال دراسة الثقوب السوداء المشحونة، يمكننا الحصول على معلومات حول دوران الثقوب السوداء في العالم الحقيقي. بالإضافة إلى ذلك، وجد علماء الفيزياء أنه عندما تصبح هذه الثقوب السوداء باردة نسبيًا، فإنها تخلق "ضبابًا" من الحقول الكمومية حول أسطحها. يلتصق هذا الضباب بالسطح، مرسومًا إلى الداخل بفعل جاذبية الثقب الأسود نفسه، لكنه يدفع للخارج بفعل التنافر الكهربائي من نفس الثقب الأسود.

يُعرف أيضًا ضباب المجال الكمومي المستقر الذي يعمل على السطح باسم الموصل الفائق. الموصلات الفائقة لها تطبيقات في العالم الحقيقي، لذا فإن رؤية الدور الذي تلعبه الموصلات الفائقة في هذه السيناريوهات الغريبة يساعدنا على فهم هياكلها الرياضياتية، والتي يمكن أن تؤدي إلى معرفة جديدة باستخدام تطبيقات العالم الحقيقي. في دراسة نُشرت على خادم arXiv preprint، استخدم فريق من الباحثين بالتالي لغة الموصلية الفائقة لاكتشاف ما يكمن تحت سطح هذه الثقوب السوداء الافتراضية.

ثقب دودي مركزي غير سالك:

الثقوب السوداء المشحونة لها هيكل داخلي غريب نوعًا ما. أولاً، ما وراء أفق الحدث يوجد الأفق الداخلي، وهي منطقة ذات طاقات كمومية مكثفة. أبعد من ذلك، هناك ثقب دودي، جسر إلى ثقب أبيض في قسم آخر من الكون (على الأقل، وفقًا للرياضيات).

لا نعرف حقًا ما إذا كانت الثقوب الدودية مثل هذه موجودة بالفعل، لأن رياضيات الثقوب السوداء المشحونة تضعف في الأفق الداخلي، ولا يمكن تعلم أي شيء آخر حتى نطور فيزياء جديدة. لحسن الحظ، تتجنب الثقوب السوداء المشحونة والمحاطة بفضاء مضاد دي سيتر، والذي سنسميه الآن الثقوب السوداء فائقة التوصيل، هذه مشكلة، إلا أن الخبر السار هو أن الأفق الداخلي للثقب الأسود فائق التوصيل ينهار، مما يسمح للجسم بالمرور خلاله بسلاسة دون أن يتقطع إلى "سباغيتي" كما يفعل في الثقب الأسود العادي. الأخبار السيئة هي أن الثقب الدودي الموجود داخل الثقب الأسود فائق التوصيل يتمزق أيضًا، لذا لا يمكنك استخدامه للسفر.

زمكان فوضوي وكون فركتلي:

لكن هذا لا يعني أنه لا يوجد شيء مثير للاهتمام يحدث للجسم. داخل الأفق الداخلي، يتألق الجزء الداخلي من الثقب الأسود فائق التوصيل قليلاً. عادة، يمكن للجسيمات الموجودة في الموصل الفائق الفعلي أن تتأرجح، مما يدعم الموجات التي تتأرجح في تأثير يُعرف باسم اهتزازات جوزيفسون. وفي

أعماق هذه الثقوب السوداء، يهتز الفضاء ذهابًا وإيابًا. إذا كان المرء سيقع فيه جسديًا، فسيخضع لامتداد فوضى شديدة.

بالإضافة إلى ذلك، اعتمادًا على درجة حرارة الثقب الأسود، يمكن لبعض مناطق الفضاء هذه إطلاق دورة جديدة من الاهتزازات، والتي تخلق بعد ذلك مساحة جديدة متوسعة من الفضاء، مما يؤدي إلى إطلاق دورة جديدة من الاهتزازات، وهذا يقود إلى منطقة جديدة تتوسع، وهلم جراً، وعلى نطاقات أصغر باستمرار.

سيكون كونًا فركتليًا صغيرًا، يعيد نفسه إلى ما لا نهاية، من اللامتناهي في الكبر إلى اللامتناهي في الأصغر. من المستحيل وصف ما سيكون عليه السير في مثل هذا المشهد الطبيعي، لكنه بالتأكيد سيكون غريبًا جدًا. في قلب هذه الفركتلة الغامضة والفوضى الفوضوية تكمن الفرادة: نقطة الكثافة اللانهائية، أي المكان الذي توجد فيه كل قطعة من المادة سقطت في الثقب الأسود.