الكون قبل الانفجار العظيم

إعداد وترجمة د. جواد بشارة

عند تطبيق نظرية الأوتار على علم الكون يخرج لنا استنتاج يشير إلى أن الانفجار العظيم ليس بداية الكون المرئي، ولكنه ذروة حالة كونية سابقة. هناك سيناريوهان متعارضان لوصف هذا الـ "قبل". هل الانفجار العظيم هو بداية الزمن أم أن الكون المرئي موجود قبل وقوع حدث الانفجار العظيم؟ قبل أقل من عشر سنوات، كان مثل هذا السؤال يبدو وكأنه تدنيس للمقدسات. بالنسبة لعلماء الكونيات، فإن مثل هذا السؤال ببساطة لا معنى له. فتخيل الزمن قبل الانفجار العظيم كان كمن يبحث عن نقطة شمال القطب الشمالي. وفقًا لنظرية النسبية العامة، يجب أن يكون الكون المتوسع قد بدأ بانفجار كبير، مما يعني ضمنيًا محدودية الزمن، والذي ظهر في وقت واحد مع الفضاء والمادة. تغيرت هذه النظرة في السنوات الأخيرة. عندما وُلِد الكون، كان يتركز في منطقة صغيرة جدًا، عرفت بالفرادة الكونية، لدرجة أن قوانين فيزياء الكموم يجب أن تنطبق عليها لأنها تقع في نطاق ما دون الذري أو ما دون المجهري أي اللامتناهي في الصغر. النسبية العامة، التي ليست نظرية كمومية، لم تعد صالحة على مقياس الانفجار العظيم لحظة وقوعه. من المرجح أن تتولى نظرية الأوتار، التي تطورت منذ حوالي ثلاثين عامًا، زمام الأمور من خلال تقديم وصف كمومي للجاذبية أو للثقالة. لقد جعل من الممكن مؤخرًا تصميم نموذجين كونيين - نموذج ما قبل الانفجار العظيم والنموذجekpyrotic ekpyrotique – اللذان يصفان الكون قبل الانفجار العظيم. هذه السيناريوهات، حيث ليس للزمن بداية ولا نهاية، يمكن أن تترك آثارًا يمكن ملاحظتها في الخلفية الكونية الميكروية المنتشرة، والإشعاع المنبعث بعد فترة وجيزة من الانفجار العظيم والذي نكتشفه اليوم في شكل أحفوري على السماء كلها.

ظل موضوع ماقبل الانفجار العظيم من تابو يمنع الاقتراب منه من قبل العلماء واليوم بات يتردد على ألسنة علماء الفيزياء النظرية وعلماء الفلك وعلماء الكونيات الكوسمولوجيين . ماذا كان يوجد قبل الانفجار العظيم؟ لا أحد يعرف على وجه اليقين قبل تاريخ 21 آذار مارس 2013 عند وصول صور القمر الصناعي الفضائي بلانك وفتحت أفاقاً وخلقت آمالاً للبحث العلمي في هذا المجال، أي العثور على آثار عن مرحلة ما قبل الانفجار العظيم البغ بانغ ما من شأنه أن يقلب على عقب الرؤية السائدة عن أصل الكون المرئي وبدايته وما سبقه.

يسمي البعض القمر الصناعي بلانك عالم الفلك المعدني الخارق. في 21 مارس -آذار 2013: قام فريق أوروبي من علماء الفيزياء الفلكية، تحت رعاية وكالة الفضاء الأوروبية (ESA)، بنشر صور غير منشورة للإشعاع الأحفوري الخلفي الميكروي المنتشر للكون. ومنها يمكن رسم خريطة للخلفية الكونية المنتشرة ذات الدقة غير العادية، والتي تكشف عن الكون في مراحل تكوينه الأولى. هذه البيانات الجديدة، ذات الأهمية الكبرى لعلم الكونيات الحديث، تفتح طرقًا جديدة للتفكير وتخلق تحديات جديدة لعلماء الفلك. تم تكليف القمر الصناعي بلانكPlanck1 ، الذي تم إطلاقه في 14 مايو 2009 بواسطة صاروخ آريان 5 ، برسم خرائط التغيرات الدقيقة في درجات الحرارة - فقط بضعة أجزاء من المليون من الانحراف - للخلفية الكونية المنتشرة ، أي الإشعاع في مجال الموجات الدقيقة. -موجات تظهر الكون كما كان بعد 380 ألف سنة من الانفجار العظيم. بمعنى آخر، كان الأمر يتعلق بالتقاط بأول أضواء الكون المرئي! الهدف طموح جداً، لكن يمكن تحقيقه بفضل التكنولوجيا العالية جدًا التي تم تطويرها لتطوير هذا "العالم الفلكي المعدني" المذهل، كما أطلق عليه علماء الفيزياء. في مقدمة كتابهما المكرس

لهذا الموضوع، استعرض إيغور وغريتشكا بوغدانوف الخصائص الهائلة للقمر الصناعي بلانك: "نحن هنا في الفضاء، على بعد مليون ونصف كيلومتر من الأرض. كل شيء هادئ. تعبر مجرة درب التبانة مليارات النجوم في ضباب فضي إلى ما لا نهاية. نحن بجوار الآلة الكونية، محميون من ضوء الشمس وحرارة ظل كوكبنا. الآلة، بحجم السيارة، تتبع بهدوء حركة الأرض حول الشمس أثناء الدوران كل دقيقة. وقد نفدت احتياطياتها من المبرد وأوشكت مهمتها على الانتهاء. ولكن لمدة 1000 يوم، وساعة بعد ساعة، ويومًا بعد يوم، وعامًا بعد عام، بحث بلانك في الكون من السماء مستخدماً عين جليدية. عين، بعد تبريدها تدريجيًا، أصبحت أكثر برودة من السديم المتجمد في كوكبة قنطور. بالكاد عُشر الدرجة فوق الصفر المطلق. بفضل هذا التجلد الرائع، كان عالم الفلك الميكانيكي قادرًا على ذلك أي "النظر" بعيداً والتقاط الصور من السماء التي تعاني من التوسع الكوني، اليوم على بعد 45 مليار سنة ضوئية منا! لكنه كان أيضًا المصور الأكثر دقة على نحو جنوني في كل العصور. لدرجة أنه يمكن أن يرى من مسافة بعيدة - وتصوير - ذرة صغيرة من الغبار على قمة جبل يبلغ ارتفاعه 1000 متر. أو يشعر بحرارة طائر على سطح القمر من كوكبنا. مع هذه الحساسية الفريدة حقًا، تمكن القمر الصناعي الشهير بلانك (المشهور عالميًا الآن) من تصوير أقدم ضوء في كل العصور بأدق التفاصيل. وبالتالي استقصاء ما هو ليس سوى انعكاس بعيد عن الانفجار الكبير. لذلك كانت البيانات التي جمعتها بعثة بلانك متوقعة بشكل خاص من المتخصصين. وكانت النتائج مذهلة. ولقد تم تأكيدها في عام 2014، ولقد ساهمت في تغير فهمنا للكون بشكل عميق. لأنه لأول مرة في تاريخ علم الكونيات، تتوفر البدايات التي تُعطى الإجابات على الألغاز الثلاثة العظيمة للفضاء: كيف نشأ الكون، هل تحكمه الصدفة أم يخضع لنظام عميق، وهل كان هناك شيء ما قبل الانفجار العظيم؟ في 21 مارس 2013، علمنا لأول مرة أن كوننا أقدم بنحو 100 مليون سنة مما قدر الخبراء حتى ذلك الحين. سمح الفحص الدقيق لنتائج مشروع بلانك لشعاع الخلفية الكونية المنتشرة اكتشاف معطيات جديدة عما حدث في عشر النانو، نانو، نانو، نانو، من الثانية الأولى بعد الانفجار العظيم، كما يخبرنا بحماس العالم الفيزيائي شارل لورنس وهو أحد العلماء المشرفين على مشروع بلانك للحفريات حسب uni- JPL (مختبر الدفع، وعلماء الفيزياء الفلكية في تصنيع محركات الدفع النفاثة) التابع لكالة ناسا التي تطورت اليوم في باسادينا، كاليفورنيا. ولكن هذه ليست سوى بداية لثورات أخرى لا تصدق وأكثر كفاءة تتعدى مجرد حساب تاريخ وقوع الإنفجار الكبير بفضل أدوات القياس التي تخبرنا أن عمر الكون هو 13.820 مليار سنة.

العودة إلى الأصل:

انطلاقاً من مبدأ أنه لابد للانفجار العظيم الغير قابل للتصور وبحرارته الأساسية الهائلة، أن يترك أثراً في الخلفية الإشعاعية الكونية الميكروية المنتشرة. ولقد طور العلماء في السنوات الأخيرة عدد من أدوات القياس الأكثر اتقاناً ودقة في الأداء في محاولو لاصطياد شبح الانفجار العظيم. قمر صناعي روسي ثم قمرين صناعيين أمريكيين تابعين لناسا هما كوب و دبيلو ماب، COBE في نهاية سنوات الثمانينات و WMAP في عام 2001. قد نشرا أول خارطة للأشعة الكونية الميكروية الخلفية المنتشرة. من أجل الأمل في الكشف بدقة أكبر عن الضوء الأول لكوننا الناشئ، أرسل أعضاء بعثة سبا Planck قمرًا صناعيًا آخر إلى الفضاء أقوى 1000 مرة! وقد وصف الشقيقان إيغور وغريتشكا بوغدانوف ببراعة هذا الضوء الأساسي المذهل الذي فتن علماء الكونيات الكوسمولوجيين: "ما المقصود من هذا؟ إنه الاشعاع المضيء القوي جدا الذي انبثق من الظلام منذ زمن طويل. طويل جداً. 13 مليار 820 مليون سنة موغلة في الماضي. لذلك يعود هذا الضوء الغامض إلى فجر الزمن ويمثل أقدم أحفورة يمكن أن

توجد. التي أضيئت فجأة في الليلة الكونية المعتمة فقط بعد مضي 380.000 سنة - أو3800 قرن- بعد التمزق الهائل الذي سببه الانفجار العظيم في قلب العدم. لا توجد مسافة بين هذا الضوء الأول والانفجار العظيم أكثر من المسافة بيننا وبين رجال ما قبل التاريخ. () لكن هذا ليس كل شيء. إنه أول "ضوء" بارد أيضًا. كي لا نقول أشعة جليدية. ومع ذلك، ومنذ زمن بعيد جدًا، بضع مليارات من السنين في الماضي، تم تسخين هذا الإشعاع بنيران الانفجار العظيم. ثم كان يحترق في الكون الشاب (كون أصغر ألف مرة من اليوم) عند درجة حرارة 3000 درجة (...) على مدى مليارات السنين، متعدياً 18 مليون كيلو متر في كل دقيقة، استمر هذا التوهج الأول في البرودة. (...) حتى نصل إلى هذه العتبة التي نعرفها اليوم، 271 درجة تحت الصفر! ". تُظهر خريطة الإشعاع الأحفوري مناطق تتراوح من اللون الأزرق - أبرد المناطق الكونية - إلى الأحمر - وهي المناطق الأكثر سخونة في الفضاء. بين هذين اللونين، فرق ضئيل يبلغ بضعة أجزاء من المليون من الدرجة، ولكنه كافٍ لزيادة بضع كسور من الثانية بعد الانفجار العظيم. هذا التعديل الحراري الاستثنائي يثير اهتمام العلماء بشكل كبير. يرى بعض الباحثين أنه نوع من "الشفرة الكونية" التي لا يزال أصلها غير قابل للتفسير. "الكون يحاول أ يخبرنا أو يقول لنا شيئًا "هكذا أكد الفيزيائي ماكس تيغمارك من معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا، بعد تحليل البيانات التي قدمها القمر الصناعي بلانك. لكن ما هي الرسالة التي يرسلها لنا الكون البدئي؟ وبأية لغة؟ وهل سيكون من الممكن في يوم من الأيام فكها؟

ما هو شكل الكون؟

تتيح لنا البيانات التي أبرزها القمر الصناعي بلانك معرفة المزيد عن تكوين وشكل كوننا المرئي. لكن التفسيرات العلمية التي انبثقت عن تلك البيانات تثير وتسبب بالفعل الجدل. إن العرض الرسمي لخبراء مهمة بلانك، بدعم من غالبية علماء الفيزياء الفلكية، يؤكد أن الفضاء ثلاثي الأبعاد ... مسطح تمامًا! في موقع مهمة بلانك، يمكننا قراءة هذا السطر المخصص مباشرة لطوبولوجيا الكون: "أما بالنسبة للهندسة، فالفضاء مسطح أكثر من أي وقت مضى!". لكن البيانات القابلة للاستغلال التي يوفرها القمر الصناعي يمكن أن تؤدي إلى تفسير مختلف تمامًا، كما أوضح الأخوان بوغدانوف، قائلين "يبدو أن التأكيد على أن الكون مسطح يبدو غير منطقي مثل الاعتقاد بأن الأرض مسطحة". بالنسبة لعلماء الكونيات، تظهر نتائج القياسات، على العكس من ذلك، أن الفضاء ثلاثي الأبعاد له انحناء إيجابي طفيف للغاية، وهو أمر لا يمكن اكتشافه تقريبًا، لأنه يشير إلى جسم كبير للغاية. تم نقل فرضية بالفعل من قبل العلماء الذين شاركوا في مهمة WMAP، والتي تهدف أيضًا إلى رسم خريطة للإشعاع الأحفوري. من الضروري مواصلة هذه الحسابات وصقلها حول شكل الكون؛ إذا كان خبراء بلانك على حق، فهذا يعني أن الكون مسطح تمامًا وبالتالي يمتد إلى اللانهاية. من ناحية أخرى، إذا كان للكون انحناء طفيف، كما يعتقد الأخوين بوغدانوف، فهذا يعني أنه مغلق بالضرورة، تمامًا كما أن كوكبنا مغلق على نفسه. يعطي المؤلفون مزيدًا من الدقة في نظريتهم عن الكون الكروي في أبحاثهم العلمية وخاصة كتابهم عن مهمة بلانك: "على عكس الكرة ثلاثية الأبعاد التي تخيلها أينشتاين، في نهجنا، فإن الغلاف الهوائي الذي يمثل الكون غير ثابت. لأي غرض؟ بكل بساطة لأن البالون (الذي له بعدين فقط) هو حافة فضاء ثلاثي الأبعاد، الكرة ثلاثية الأبعاد لدينا هي حافة الزمكان (الذي له أربعة أبعاد). هذا يعني أن نصف قطر هذا المجال - لا يمكن أن يكون أي شيء آخر – بالنسبة للزمن! ولهذا السبب، في كل لحظة، يغير المجال ثلاثي الأبعاد الذي يمثل مساحتنا اليومية حتمًا نصف القطر. بالمناسبة، كل هذا لكي نفهم بطريقة طبيعية سبب توسع

كوننا. (...) مثلما تكون الأرض مستديرة، يمكننا أيضًا أن نقول إن الكون بأكمله مستدير ". وهي ظاهرة ذات صلة، ولكن لا يزال يتعين التحقق من صحتها من قبل المجتمع العلمي.

الولادة الكونية: إنشاء عفوي أم مبرمج؟:

تساؤل مهم آخر أثار حفيظة علماء الكونيات لعقود. من أو ماذا وراء الانفجار العظيم؟ لأن الحدث هو بالتأكيد كارثي لكنه ليس فوضويًا: في الواقع، يبدو أن كل مرحلة من مراحل ولادة المادة قد تم تنظيمها بدقة لا يمكن فهمها. لكن من أو ماذا وراء هذا الضبط الأولي الاستثنائي؟ يمكن أن يكون ما يسمى بـ "الثابت الكوني"، أي رقم رياضي خالص يضبط بدقة غير عادية جميع القوانين الموحدة التي تحكم الكون. وبالنسبة للعديد من العلماء، فإن الاختلاف الحراري الضئيل في الإشعاع الأحفوري لا يرجع إلى الصدفة. هذا هو رأي الفيزيائي والمنظر الأمريكي ستيف كارليب steve carlip، الذي كتب: "عندما نلاحظ الإشعاع الأحفوري، ونرى اختلافات طفيفة في طيفه، والتي تأتي من اختلافات صغيرة في الكثافة. هذه الاختلافات ليست بسبب الصدفة، ونمطها يمكن التنبؤ به ومفهوم جيدًا. على وجه الخصوص، نلاحظ الصورة الدقيقة للارتباطات بين "النقاط الساخنة" و "البقع الباردة: النظرية لا تكتفي بالتنبؤ ببعض الأرقام، ولكن تقترح منحنى أو تحدب شديد الإعداد، وتأتي الملاحظات متطابقة مع هذا المنحنى ". من هنا، لتخيل أن كائنًا أو ذكاءً أعلى هو أصل هذا التنظيم السماوي المذهل عند ولادة الكون، هناك خطوة واحدة فقط. أن الأخوين بوغدانوف يرفضان عبورها، بينما يستحضران الأسئلة الميتافيزيقية لبعض زملائهم المرموقين. لم يتردد الفيزيائي أنتوني زي Anthony Zee وشريكه ستيفن هسو Stephen Hsu في كسر الموضوع المحظور للعلاقة المحتملة بين "الله" والعلم؛ وفقًا لهم، من الممكن أن توجد رسالة مشفرة مخفية في خريطة الإشعاع الأحفوري: "افترض أن كائنًا أو كائنات أعلى هي التي خلقت الكون. نحن لا نعالج القضية سواء كان ذلك محتملًا أم لا، ولكن دعنا نفترض هذا الافتراض. لنفترض أيضًا أنهم أرادوا حقًا إبلاغنا أن الكون قد تم إنشاؤه عن قصد. السؤال الذي نطرحه هو، كيف يمكنهم إرسال رسالة إلينا؟ نحن مقتنعون بأن وسيلة هذه الرسالة فريدة من نوعها: يمكن أن تكون فقط الخلفية الكونية المنتشرة. هذا في الواقع يشكل لوحة عرض عملاق في السماء، مرئي لجميع الحضارات المتقدمة تقنيًا. نظرًا لأن المناطق المختلفة من السماء مفصولة سببيًا، فقط الكائن الحاضر في لحظة الخلق يمكنه أن يضع رسالة هناك. كما كتب العالمان في مقالة نشرتها مجلة علمية أمريكية متخصصة وجادة. وهذا إثبات إن مسألة الخلق التلقائي أو المبرمج للكون تثير كل منا! بيد أن إيغور وغريتشكا بوغدانوف لا يشاطران هذا المنظور للرسالة المختبئة في قلب الإشعاع الأحفوري؛ إنهما يعتقدان بالأحرى أن الخلفية الكونية المنتشرة يمكن أن تحمل أثر حالة ما للكون تسبق الانفجار العظيم!

تشوهات بلانك: هل هي دليل على ما قبل الانفجار العظيم ؟:

"من الممكن تمامًا أن يكون الكون قد مر بمرحلة ما قبل الانفجار العظيم، والتي كانت موجودة بالفعل، وأنه يمكننا متابعة تاريخ الكون حتى هذه الفترة قبل الانفجار العظيم.

وفقًا لهذه الشروط وبهذه الصيغة المختارة، تحدث عالم الفيزياء الفلكية جورج إيفس تاثيو Georges Efstathiou، أحد أكثر أعضاء بعثة بلانك تأثيرًا، في المؤتمر الصحفي في 21 مارس2013. وكما ذكرنا إن هذا الموضوع بقي لفترة طويلة محظوراً، والمقصود به فرضية ما قبل الانفجار الكبير والتي أصبحت بالتالي أكثر فأكثر جذباً في الحلقات المتخصصة طيلة سنوات عملهم. يعتقد العلماء بجدية أكبر

اليوم بأن الانفجار العظيم ليس فعلياً هو البداية بل مجرد مرحلة تجتاز الكون ، كما يؤكد شين كارول Sean Caroll العالم الفيزيائي الشهير في معهد كالتيش معهد كاليفورنيا للتكنولوجيا في كتابه المعنون:" من الأزلية إلى اليوم From Eternity to Here أما مؤلفي كتاب "لغز القمر الصناعي بلانك" ، فيعتقدان من جهتهما إن الكون موجود ربما منذ عشرات المليارات من السينين قبل الانفجار العظيم ولكت تحت شكل آخر ، عالم من المعلومات المحضة ، أي واقع رقمي يمكن فك شيفرته على نحو رياضياتي وكشف كل خصائصه التي عملت بعد الانفجار العظيم على وجود وتطور الكون الفيزيائي المادي.

كان سائدًا في الدوائر المتخصصة لبضع سنوات. "حسبما يعتقد العلماء أكثر فأكثر أن الانفجار العظيم ليس البداية حقًا، ولكنه مجرد مرحلة يمر بها الكون" والتي وصفها الأخوة بوغدانوف بأن الكون ربما كان موجودًا قبل عشرات المليارات من السنين قبل الانفجار العظيم، ولكن تحت تأثير شكل آخر غير معروف، عالم من المعلومات النقية. "ربما لم يكن الكون موجوداً قبل 30 أو 40 مليار سنة، في شكله المادي الذي نعرفه اليوم، ولكن بطريقة أكثر دقة، في شكل معلومات. حقيقة رقمية، مشفرة "ترميز" في شكل رياضي يضم جميع الخصائص التي، تظهر بعد الانفجار العظيم، وتساهم في وجود وتطور الكون المادي ". وبالتالي، فإن الفجوة الحرارية الغامضة الموجودة على خريطة الإشعاع الأحفوري ستكون بقايا رمز رياضياتي أصلي في قاعدة كل الخلق الكوني! منطقياً، كلما عاد المرء إلى ماضي الكون، زادت المعادلة الحرارية الخالية من الخلفية الكونية المنتشرة. لذلك يمكننا أن نفترض أنه في بضعة أجزاء من المليارات من الثانية بعد الانفجار العظيم، كان هذا التوازن في درجات الحرارة مثاليًا، وهو ما يسميه العلماء «حالة KMS". يشرح العلماء بعد ذلك أن حالة KMS تولد خاصية غريبة ومذهلة، يصعب تصورها للعقل البشري: عندما كان الكون في حالة KMS، كان الزمن "الحقيقي" مصحوبًا ... بالزمن "الخيالي"! بعبارة أخرى، يمكن للزمن الحقيقي حتى الآن أن يتحول إلى زمن ذي طبيعة أخرى، زمن "معقد أو مركب". هذا الزمن الافتراضي له اتجاهان بدلاً من اتجاه واحد ؛ وبالتالي يمكن أن تتطور نحو الزمن الحقيقي أو نحو الزمن الخيالي... يحاول المؤلفون فهم هذا المفهوم الدقيق بشكل أفضل من خلال هذا القياس: "يمكن مقارنة الزمن المعقد أو المركب بزمن بدون ترتيب وبدون أي هيكل ، حيث يمكن أن تستغرق الدقيقة ساعة أو ربما شهر أو سنة - بل والأسوأ -حيث كنا نقفز فجأة من الثانية عشرة والنصف إلى التاسعة مساءً ". بافتراض أن الزمن المعقد أو المركب كان يحكم الزمكان قبل الانفجار العظيم مباشرة، يفترض الأخوان بوغدانوف أن أثر حالة KMS هذه قد يمكن اكتشافه في خريطة الإشعاع الأحفوري. إن المخاطر كبيرة: إذا كانت بقايا زمنية معقدة خادعة، فيمكن أن توفر للفيزيائيين دليلاً على وجود شيء ما قبل الانفجار العظيم! وإن الانفجار العظيم، لا يعلن "ولادة" الكون كما نعرفها اليوم، ستكون عندئذ فقط نهاية التوازن الحراري المثالي للحالة البدائية للكون وللحالة KMS. كان الباحثون يأملون في العثور على أثر ما قبل الانفجار العظيم، فيما أطلقوا عليه "شذوذ بلانك" تباينات غريبة في التوقيع الحراري للكون والتي يمكن أن تكون علامة على ظاهرة فيزيائية لا تزال غير معروفة لعلم الكونيات الحديث. يعود إيغور وغريتشكا بوغدانوف بالتفصيل إلى الشذوذ في خريطة الإشعاع الأحفوري الذي يثير فضول العلماء في جميع أنحاء العالم: "إذن ما هي هذه الحالات الشاذة الشهيرة التي تمنح علماء الفيزياء الفلكية القدرة على تحدي التابوات؟ لقد اخترنا اثنين. أكثر الدعوات إثارة للتساؤل حول أحد المبادئ الأساسية لعلم الكونيات (وبالمناسبة، ربما يقوض نظرية التضخم التي وفقًا لها قد يكون كوننا قد`` تضخم " فجأة في كميات ضخمة بعد I Big Bang مباشرة). بم يتعلق الأمر؟ لعدم تناسق غامض بين نصفي الكرة المتعاكسين من الإشعاع الأحفوري. دعنا نقول للتبسيط أنه

وفقًا للصورة المقدمة من القمر الصناعي، فإن نصف الكرة الشمالي للكون الناشئ أبرد قليلاً من نصف الكرة الجنوبي. من المسلم به أن الاختلاف طفيف، لكنه مهم. ومع ذلك، فإن مثل هذا التباين يتعارض مع المبدأ القديم الجيد القائل بأن الكون هو نفسه متشابه في جميع الاتجاهات. الشيء الأكثر إثارة للقلق في هذه القضية هو أن هذا النوع غير المتكافئ هو بالتأكيد مرهق للغاية.

يظهر بوضوح وجود اتجاه متميز في الكون. إذا تحقق هذا المحور بالفعل في كوننا، فإن المبدأ المقدس، الذي لم يتم انتهاكه حتى الآن، والذي بموجبه تتباطأ جميع الأماكن في الفضاء سوف يتحطم. (...) والشذوذ الثاني؟ (...] هو هذه الـ "بقعة باردة" الغريبة التي تقع في الجزء السفلي من نصف الكرة الجنوبي. إنها منطقة كبيرة، حيث درجة الحرارة أقل بكثير من درجة حرارتها. مرة أخرى، لا يوجد تفسير لهذه الظاهرة الغامضة".

إن الاستعداد الأخير لأخذ ما قد حدث قبل نشوء الكون في الحسبان ليس سوى أحدث التحولات الفكرية التي تبعت بعضها البعض على مدى آلاف السنين. في جميع الثقافات، واجه الفلاسفة واللاهوتيون مسألة بداية الزمان وأصل العالم. تمر "شجرة عائلتنا" عبر الأشكال الأولى للحياة، وتشكيل النجوم، وتوليف العناصر الأولى، وتعود إلى الطاقة التي غمرت الفضاء البدائي. هل تستمر هكذا إلى الأبد أم أنها تتجذر في مكان ما؟ ناقش الفلاسفة اليونانيون مطولاً أصل الزمن. دافع أرسطو عن غياب البداية من خلال التذرع بالمبدأ القائل بأن لا شيء ينشأ من لا شيء. إذا كان الكون لا يمكن أن يولد من العدم، فلا بد أنه كان موجودًا دائمًا وبشكل من الأشكال ليس بالضرورة الشكل المادي الفيزيائي الذي نعرفه. يجب أن يمتد الزمن إلى الأبد في الماضي وكذلك في المستقبل. اتخذ اللاهوتيون المسيحيون وجهة نظر معاكسة. أكد القديس أغسطينوس أن الله موجود خارج المكان والزمان وأنه قادر على خلقهما لأنه صاغ جوانب أخرى من العالم. ماذا كان الله يفعل وقتها قبل أن يخلق العالم؟ وفقًا للقديس أوغسطينوس، كان الزمن نفسه جزءًا من الخليقة الإلهية، ولم يكن هناك مايسمى بـ " القبل". حالة تجانس غريب. قادت نظرية النسبية العامة علماء الكونيات الحديثين إلى استنتاج مشابه جدًا. ضمن هذا الإطار، المكان والزمان ليسا جامدين ومطلقين، لكنهما ديناميكيان ومشوهان بتأثير المادة. في نطاقات المسافات والأبعاد الكبيرة، تتوسع منحنيات الفضاء أو تتقلص بمرور الوقت، مع الأخذ في الاعتبار ذلك. في عشرينيات القرن الماضي، بعد إدوين هابل، أكد علماء الفلك أن كوننا يتوسع: المجرات تبتعد عن بعضها البعض. ومن نتائج هذا التوسع أن الزمن لا يمكن أن يمتد إلى ما لا نهاية في الماضي. من خلال عرض فيلم التاريخ الكوني مقلوبًا، تقترب المجرات من بعضها البعض حتى تلتقي عند نقطة متناهية الصغر، تسمى التفرد أو الفرادة الكونية. تم العثور على جميع المجرات - أو بالأحرى سلائفها - في حجم صفر. أصبحت الكثافة ودرجة الحرارة وانحناء الزمكان لانهائية. الفرادة هي الكارثة النهائية التي لا يمكننا بعدها متابعة علم الأنساب الكوني.

يثير هذا الكشف العديد من الأسئلة. على وجه الخصوص، يبدو أنه بالكاد يتوافق مع حقيقة أن الكون يبدو متجانسًا، على نطاق واسع، في جميع الاتجاهات. لكي يبدو الكون متشابهًا من جميع النواحي، يجب إنشاء شكل من أشكال التفاعل بين المناطق البعيدة من الفضاء بحيث تتجانس خصائصها. ومع ذلك، فإن هذا يتناقض مع بيانات التوسع الكوني. تم إطلاق الضوء قبل 13.8 مليار سنة (هذه هي الخلفية الكونية المنتشرة التي لوحظت اليوم في مجال الأشعة الميكروية). في جميع الاتجاهات، هناك مجرات تفصل بينها أكثر من 13 مليار سنة ضوئية. وهكذا توجد مجرات، في اتجاهين متعاكسين، يفصل بينهما أكثر

من 25 مليار سنة ضوئية. وبالتالي، لم تكن هذه المناطق على اتصال أبدًا: لم يكن لديها الوقت لتبادل الضوء، ومن باب أولى. لا يمكن تجانس كثافتها ودرجة حرارتها وخصائص أخرى.

ومع ذلك، فإن خصائص مجرة درب التبانة هي تقريبًا نفس خصائص هذه المجرات البعيدة. قد يكون هذا التجانس مصادفة. ومع ذلك، من الصعب الاعتراف بأن عشرات الآلاف من الأجزاء المستقلة في صورة الخلفية الكونية المنتشرة، متطابقة إحصائيًا، لها خصائص متطابقة منذ البداية. هناك تفسيران طبيعيان آخران: إما أن الكون كان في لحظاته الأولى أصغر بكثير مما يفترضه علم الكونيات الكلاسيكي، أو أنه أقدم بكثير. في كلتا الحالتين، يمكن أن يتفاعل جزءان بعيدان من السماء قبل انبعاث الإشعاع الكوني.

الفرضية الأولى هي التي يفضلها علماء الفيزياء الفلكية. يقال إن الكون قد شهد فترة من التوسع المذهل والتضخم في بداية تاريخه. في السابق، كانت جميع مناطق الكون قريبة جدًا لدرجة أن خصائصها أصبحت متجانسة. ثم، خلال مرحلة التضخم، تسابق التوسع وتمدد الكون بشكل أسرع من الضوء. تم عزل الأجزاء المختلفة من الكون عن بعضها البعض. بعد جزء صغير من الثانية، انتهى التضخم وعاد التوسع إلى مسار هادئ. أعيد الاتصال بين المجرات تدريجيًا مع اشتعال الضوء مع التضخم. لتفسير هذا التوسع المحموم، أدخل الفيزيائيون مجال قوة جديدًا، وهو التضخم inflation، والذي أنتج قوة جاذبية شديدة التنافر أي ثقالة سالبة، في اللحظات الأولى بعد الانفجار العظيم. على عكس الجاذبية، فإن الانتفاخات تسرع من التمدد. بعد جزء من الثانية من الانفجار العظيم، استنفد، وذهبت القوة الطاردة، وسيطرت الجاذبية. هذه النظرية، التي اقترحها الفيزيائي آلان غوث عام 1981، هي التي جعلت من الممكن شرح عدد كبير من الملاحظات والمشاهدات. ومع ذلك، لا تزال هناك بعض الصعوبات النظرية، بدءًا من طبيعة التضخم، وأسبابه.

الطريقة الثانية لحل المشكلة أقل تقليدية: فهي تفترض أن الكون أقدم بكثير مما كان متوقعًا. إذا لم يكن الزمن قد بدأ بالانفجار العظيم، وإذا كانت هناك حقبة طويلة قد سبقت بداية فترة التوسع الحالية، فإن الكون لديه متسع من الوقت للتجانس. مثل هذا السيناريو يقضي على الصعوبة التي تفرضها التفردات أو الفرادات التي تنشأ عندما يريد المرء أن يمد النسبية العامة إلى ما وراء مجال تطبيقها. في الواقع، مع اقتراب الانفجار العظيم، فإن حصر المادة يقود إلى أن تكون التأثيرات الكمومية هي المهيمنة، والنسبية لا تأخذ ذلك في الحسبان. لمعرفة ما حدث بالفعل، يجب على الفيزيائيين استبدال النسبية العامة بنظرية الكموم في الجاذبية. كان المنظرون يفعلون ذلك منذ زمن أينشتاين، بدون تحقيق أي نجاح ملحوظ حتى منتصف الثمانينيات.

رؤيتان للبداية: في كوننا المتسع، تهرب المجرات من بعضها البعض بسرعة تتناسب مع المسافة بينها: تفصل المجرات المسافة التي تفصل بينها 500 مليون سنة ضوئية ضعف سرعة المجرات التي تبعد 250 مليون سنة ضوئية. نتيجة لذلك، يجب أن تكون كل المجرات قد بدأت من نفس النقطة في نفس الوقت: هذا هو الانفجار العظيم. يظل هذا الاستنتاج ساريًا على الرغم من أن توسع الكون قد شهد فترات من التسارع أو التباطؤ. ومع ذلك، يصبح الوضع غير مؤكد عندما نفكر في اللحظة الدقيقة التي بدأت فيها المجرات (أو بالأحرى سلائفها) تحليقها.

نظرية الأوتار الفائقة ترتد اليوم:

هناك نهجان يبدوان واعدان. الأول، الجاذبية الكمومية الحلقية، تحتفظ بأساسيات النسبية - وبالطبيعة الديناميكية للزمكان والثبات فيما يتعلق بنظام الإحداثيات المستخدم - وتضع هذه المبادئ موضع التنفيذ في إطار فيزياء الكموم الكوانتوم. يتكون الزمكان الناتج من قطع صغيرة غير قابلة للكسر. في السنوات الأخيرة، خطت جاذبية الدانتيل الكمومي خطوات كبيرة، لكنها قد لا تكون جذرية بما يكفي لحل جميع المشكلات التي يطرحها قياس الجاذبية.

الطريقة الثانية، التي تستند إليها السيناريوهات المعروضة هنا، هي نظرية الأوتار الفائقة. ظهرت مسودتها الأولى عام 1968 في نموذج اقترحته لوصف تفاعلات مكونات نواة الذرة. لم يتم إحياؤها حتى الثمانينيات لتصبح نظرية مرشحة لتوحيد النسبية العامة ونظرية الكموم.

فكرتها الأساسية هي أن المكونات الأساسية للمادة ليست دقيقة، ولكنها أحادية البعد، مثل الأوتار بدون سمك. تهتز هذه الأوتار مثل تلك الموجودة في آلة الكمان، وتعكس مجموعة الجسيمات الهائلة او تولدها، ولكل منها خصائص مميزة، وفق أنماط الاهتزاز المختلفة. تسمح قوانين الكموم لهذه الأوتار المهتزة عديمة الكتلة لوصف الجسيمات وتفاعلاتها، أن تبرز خصائص جديدة ذات آثار عميقة على علم الكونيات.

أولاً، تجبر التأثيرات الكمية الأوتار على أن تكون بطول 10^{-34} مترًا على الأقل. هذا الكم من الطول غير القابل للاختزال، والمشار إليه بـ ls، هو ثابت جديد في الطبيعة، إلى جانب سرعة الضوء وثابت بلانك. وهذه الأبعاد في نظرية الأوتار، تلعب دورًا حاسمًا من خلال فرض قيود محدودة على الكميات التي لولاها ستصبح صفراً أو غير محدودة.

ثانيًا، تتوافق طاقة أنماط معينة من اهتزاز الأوتار مع كتل الجسيمات. علاوة على ذلك، تمنح هذه الاهتزازات الأوتار لحظة أو دورانًا ذاتيًا. يمكن أن تكتسب الأوتار عدة وحدات من السبين (الدوران المغزلي حول المحور الذاتي) بينما تظل صفرية الكتلة: فهي قادرة على تمثيل البوزونات، وهي جزيئات تمثل رسلًا للقوى الأساسية (مثل الفوتون للكهرومغناطيسية). تاريخيًا، من خلال اكتشاف أنماط اهتزاز السبين spin التي تساوي اثنين، والتي تم تحديدها مع الجسيم المفترض أن ينقل تفاعل الجاذبية، الغرافيتون، لمح الفيزيائيون إلى اهتمام نظرية الأوتار لتقدير الجاذبية.

ثالثًا، تكون معادلات نظرية الأوتار متسقة فقط إذا كان للفضاء تسعة أبعاد مكانية بدلاً من الثلاثة المعتادة، والأبعاد المكانية الستة الإضافية يتم لفها على مسافات صغيرة جدًا وتنطوي على نفسها.

رابعًا، الثوابت التي تصف شدة القوى الأساسية، مثل ثابت الجاذبية أو الشحنة الكهربائية، لم تعد ثابتة اعتباطًا، ولكنها تظهر في نظرية الأوتار على أنها حقول تتغير قيمها بمرور الوقت. يلعب أحد هذه المجالات، وهو الامتداد، دورًا خاصًا: فهو يحدد تطور المجالات الأخرى، أي شدة جميع التفاعلات. خلال العصور الكونية المختلفة، ربما عرفت "ثوابت" الفيزياء اختلافات طفيفة. يسعى علماء الفيزياء الفلكية الآن إلى قياسها من خلال مراقبة الكون البعيد. عندما يتغلب التناظر على اللانهائي. أخيرًا، كشفت الأوتار عن وجود تناظرات جديدة للطبيعة، ثنائيات تماثلية، والتي تحول بشكل جذري فهمنا الحدسي لسلوك الأشياء في المقاييس الصغيرة للغاية. أحد هذه التناظرات، T-duality، يربط الأبعاد الإضافية الصغيرة والكبيرة. يرتبط هذا التناظر بأكبر مجموعة متنوعة من الحركات الممكنة للأوتار، مقارنة

بجسيمات النقطة. لنفترض أن حبلًا مغلقًا (حلقة) يتحرك في فضاء ثنائي الأبعاد، أحدهما مطوي في دائرة صغيرة. هذه المساحة تعادل مساحة الاسطوانة. بالإضافة إلى الاهتزاز، يمكن أن يتحرك الخيط على السطح، ولكن أيضًا يلتف مرة أو أكثر حول الأسطوانة، مثل شريط مطاطي يحمل ملصقًا ملفوفًا.

تساهم الاهتزازات والحركة واللف في الطاقة الكلية للوتر. تعتمد طاقة الوضعين الأخيرين على حجم الأسطوانة. تتناسب طاقة اللف مع نصف قطر الأسطوانة: فكلما كانت أكبر، يجب أن يتم شد الوتر، بحيث يخزن المزيد من الطاقة. من ناحية أخرى، على طول البعد الملفوف، ينتج عن إزاحة الوتر طاقة تتناسب عكسياً مع نصف القطر: فكلما كانت الأسطوانة أكبر، زادت قدرة الوتر على التحرك هناك "بهدوء" (علاقات عدم التحديد أو عدم اليقين واللادقة تمنع ميكانيكا الكموم الجسيم المحدد بدقة من أن يكون في حالة سكون، وبالتالي فإن الجسيم المحصور يتحرك بسرعة عالية، بينما يتحرك الجسيم الذي يكون موضعه غير مقيد "بهدوء" أكثر). في أسطوانة أضيق، يتطلب لف الوتر طاقة أقل، بينما تكون الحركة أكثر تقطعًا وتعطي طاقة أكبر للنظام. إذا قمنا بتبادل أسطوانة نصف قطرها R مع أسطوانة ذات نصف قطر عكسي 1 / R (الوحدة هي الحد الأدنى لطول الأوتار)، يتم تبادل سلسلة حالات الطاقة الناتجة عن الوضعين، لكن مجموعة الحالات لا تزال متطابقة. بالنسبة للمراقب الخارجي، فإن الأبعاد الملفوفة الكبيرة تكون مكافئة فيزيائيًا للأبعاد الصغيرة ذات نصف القطر المعاكس.

نظرية الأوتار والازدواجية. يمكن أن تصف نظرية الأوتار ما حدث في وقت الانفجار العظيم. إنها تعتبر أشياء مشابهة لأوتار الكمان الرفيعة للغاية. عن طريق تحريك الأصابع، يقوم عازفو الكمان بتقصير الأوتار وزيادة وتيرة اهتزازاتها. ستمنعهم التأثيرات الكمومية من الذهاب إلى ما دون الحد الأدنى للطول ، وهو 10^{-34} مترًا.

نظرًا لأنواع الحركات المختلفة التي يمكن أن يؤديها الوتر، فإن المساحة التي تكون أبعادها الإضافية كبيرة (مقارنة بـ10^{-34} مترًا) لا يمكن تمييزها عن تلك التي تكون فيها هذه الأبعاد صغيرة. ضع في اعتبارك مساحة أسطوانية ثنائية الأبعاد. بالإضافة إلى الاهتزاز والتحرك معًا، يمكن لف الوتر مثل الشريط المطاطي حول الأسطوانة. تمنع علاقات اللاحتمية الكمومية السلسلة من أن يكون لها موقع دقيق وسرعة صفرية: يتحرك الجسيم المحصور في مساحة صغيرة بشكل محموم. إذا كان محيط الأسطوانة صغيراً، فإن حركات الوتر حول الأسطوانة تتأرجح: الطاقة المرتبطة بعمليات الإزاحة عالية (أ). من ناحية أخرى، فإن الوتر الملفوف ليس ضيقًا جدًا: يوفر اللف القليل من الطاقة (ب). إذا زاد نصف قطر الأسطوانة، فإن اهتياج الوتر يكون أقل وكل حركة تجلب كمية صغيرة من الطاقة (ج) ، بينما يؤدي لف الوتر إلى توتر عالٍ وبالتالي طاقة عالية (د). بالنسبة لأسطوانتين بنصفي قطر متعاكسين (R و 1 / R) ، تظل الطاقة الإجمالية - الكمية الوحيدة التي يمكن ملاحظتها - كما هي. تمنع هذه الخاصية الفضاء من الانهيار عند نقطة ما والوصول إلى حالة من الكثافة اللانهائية.

يسهل فهم - T-dualité، T-duality في سياق المساحات ذات البعد الدائري للحجم المحدود ، ولكنها تنطبق أيضًا على الأبعاد الثلاثة اللانهائية للفضاء العادي. ليس حجم المساحة المأخوذة ككل هو المهم، ولكن عامل الحجم الخاص بها، والعلاقة بين تباعد الأجسام التي احتوتها في تاريخ معين وبعدها الحالي. وفقًا لـ T-duality، فإن الكون الذي يكون فيه عامل المقياس صغيرًا جدًا يعادل كونًا يكون فيه عامل المقياس كبيرًا. مثل هذا التناظر غير موجود في النسبية العامة. إنه يأتي من الإطار الموحد لنظرية الأوتار.

لسنوات، اعتقد منظرو الأوتار أن T-duality تنطبق فقط على الأوتار المغلقة. ولكن في عام 1995 ، أظهر جوزيف بولشينسكي Joseph Polchinsky ، من جامعة سانتا باربرا ، أنه لا يزال صالحًا للأوتار المفتوحة ، وفقًا لشروط ، تسمى Dirichlet ، في نهاياتها: بالإضافة إلى عكس نصف قطر الأبعاد الملفوفة ، يجب تثبيت نهايات الأوتار في عدد من الأبعاد. وبالتالي، يمكن أن تطفو أطراف الوتر بحرية في ثلاثة من الأبعاد المكانية العشرة بينما يتم حظر حركتها في الأبعاد السبعة الأخرى. تشكل هذه الأبعاد الثلاثة الحرة فضاءًا فرعيًا يسمى الغشاء أو D-brane. في عام 1996 ، تخيل بيتر هورافا Petr Horava من جامعة روتجرز وإدوارد ويتن Edward Witten من معهد برينستون للدراسات المتقدمة أن كوننا يقيم على غشاء D ثلاثي الأبعاد. يفسر التنقل الجزئي للإلكترونات والجسيمات الأخرى سبب عدم قدرتنا على إدراك الأبعاد العشرة للفضاء.

تشير جميع خصائص الأوتار إلى نفس الشيء: الأوتار تكره اللانهاية l'infini. وبما أنه لا يمكن اختزالها إلى حد ما، فإنها تقضي على المفارقات التي سببها هذا الانهيار. يفرض حجمها غير الصفري والتماثلات الجديدة المرتبطة بها حدودًا عليا على الكميات الفيزيائية التي تزداد إلى أجل غير مسمى في النظريات الكلاسيكية، وحدودًا أقل على الكميات المتناقصة. عندما يُعرض فيلم التاريخ الكوني معكوساً رأسًا على عقب، يتقلص الزمكان ويتقلص نصف قطر الانحناء بجميع الأبعاد. وفقًا لمنظري الأوتار، تمنع T-duality نصف قطر الانحناء من التناقص إلى الصفر والتسبب في تفرد الانفجار الكبير القياسي. عند أدنى طول ممكن، يصبح هذا الانكماش مكافئًا ماديًا لتمدد الفضاء، حيث يبدأ نصف قطر الانحناء في الزيادة مرة أخرى. إن الازدواجية T "ترتد" الانهيار، الذي يصبح توسعًا إضافيًا.

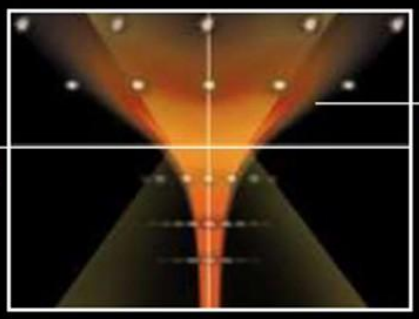
الكون بالمقلوب:

عند اختفاء الفرادة ، لا شيء يمنع من تخيل وجود الكون قبل الانفجار العظيم. من خلال الجمع بين التناظرات التي قدمتها نظرية الأوتار مع التناظر الانعكاسي للزمن، والذي وفقًا له تعمل معادلات الفيزياء بشكل غير مبالٍ عند تطبيقها على المستقبل أو الماضي، تخيل الباحثون كوزمولوجيات جديدة أو علم كونيات جديد، حيث إن الانفجار العظيم ليس بداية الزمن ، ولكنه مجرد انتقال عنيف بين حالتين من الكون: قبل ذلك ، يتسارع التوسع ، ثم يتباطأ بعد ذلك. تتمثل ميزة هذا التصميم في أنه يدمج تلقائيًا أفكار النموذج التضخمي، أي وجود فترة تضخم متسارع قادر على تبرير تجانس الكون. في النظرية المعيارية، يحدث التسارع بعد الانفجار العظيم بسبب الانفجار. في علم الكونيات الوتري cosmologie des cordes ، يحدث التسارع قبل الانفجار العظيم وينتج عن تماثلات النظرية symétries de la théorie.

الظروف المحيطة بالانفجار العظيم شديدة لدرجة أنه لا يمكن لأحد حل المعادلات التي تصفها. ومع ذلك، تجرأ منظرو الأوتار على وصف جوانب الكون قبل الانفجار العظيم. نموذجان قيد الدراسة حاليا. الأول، المعروف باسم سيناريو ما قبل الانفجار العظيم، يفترض أن الكون قبل الانفجار العظيم هو صورة معكوسة كما في المرآة لكون ما بعد الانفجار العظيم. يتوسع الكون إلى الأبد في المستقبل كما في الماضي. منذ فترة طويلة إلى ما لا نهاية، كان فارغاً تقريبًا وتحتوي فقط على غاز مخلخل raréfié من الإشعاع والمادة. كانت قوى الطبيعة، التي يسيطر عليها التمدد، ضعيفة لدرجة أن جزيئات هذا الغاز بالكاد تتفاعل. بمرور الوقت، تكثفت القوى وبدأت المادة تتجمع. تراكمت في بعض المناطق على حساب جيرانها. أصبحت الكثافة هناك عالية بحيث تشكلت الثقوب السوداء. تم عزل المادة المحاصرة بالداخل

وانقسم الكون إلى أجزاء منفصلة. داخل كل ثقب أسود، كانت كثافة المادة أعلى دائمًا. عندما وصلت الكثافة ودرجة الحرارة والانحناء إلى القيم القصوى التي تسمح بها نظرية الأوتار، "ارتدت" هذه الكميات وبدأت في الانخفاض. الانفجار العظيم ليس سوى المرحلة التي حدث فيها هذا الانعكاس. أصبح الجزء الداخلي من أحد هذه الثقوب السوداء كوننا.

Le scénario pré-Big Bang



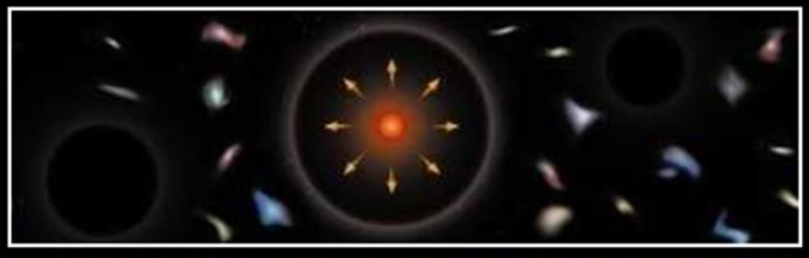
Une des tentatives d'application de la théorie des cordes à la cosmologie a débouché sur le scénario pré-Big Bang. Selon ce modèle, le Big Bang n'est pas l'origine ultime de l'Univers, mais une transition entre deux états. Auparavant, l'expansion accélérait, après elle a décéléré (au moins au début).

L'Univers existe depuis toujours. Dans un lointain passé, il était presque vide. Les forces, telle la gravitation, sont intrinsèquement faibles.

Les forces se sont progressivement intensifiées, et la matière a commencé à s'agréger. Certaines régions sont devenues si denses qu'elles se sont effondrées en trou noir.

L'espace à l'intérieur du trou noir a subi une expansion accélérée. La matière qu'il contenait a été isolée de la matière extérieure.

Dans le trou, la matière s'est effondrée vers le centre et la densité a augmenté jusqu'à atteindre la limite imposée par la théorie des cordes.

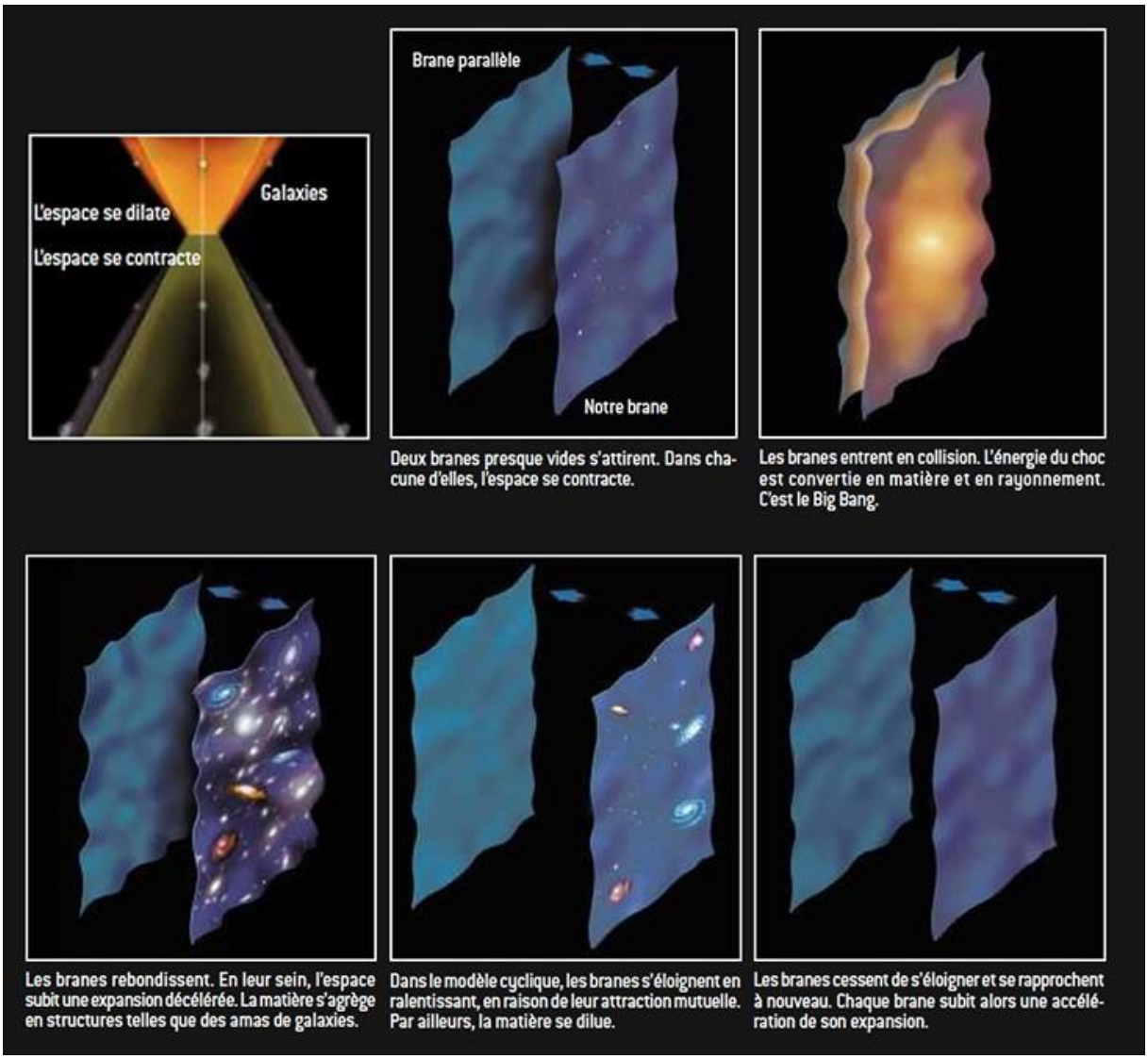


Quand la matière a atteint la densité maximale autorisée, les effets quantiques ont forcé l'espace-temps à rebondir en un Big Bang. À l'extérieur, les autres trous noirs ont donné naissance à des univers distincts.

تصادم الأغشية:

كان سيناريو ما قبل الانفجار العظيم، الذي اقترحه أحد العلماء مع زملائه في عام 1991 ، أول محاولة لتطبيق نظرية الأوتار على علم الكونيات. لقد أثار الكثير من الانتقادات، ويبقى أن نرى ما إذا كانوا قد حددوا عيبًا كبيرًا.

يشار إلى النموذج الرئيسي الآخر الذي يصف الكون قبل الانفجار العظيم على أنه سيناريو ekpyrotique-ekpyrotic (من الكلمة اليونانية التي تعني حريق). تم تطوير هذا السيناريو منذ عام 2001 من قبل نيل توروك Neil Turok، جامعة كامبريدج، وبول ستينهاردت Paul Steinhardt، جامعة برينستون، ويستند هذا السيناريو إلى فكرة أن كوننا سيكون عبارة عن غشاء D يطفو بالقرب من الآخر في مساحة ذات أبعاد أعلى. تتصرف المسافة بين الأغشية مثل الزنبرك الذي يتسبب في اصطدامها أثناء تقلصها. تتحول طاقة الصدمة إلى مادة وإلى إشعاع: هذا هو الانفجار العظيم. في أحد أشكال هذا السيناريو، تحدث الاصطدامات بشكل دوري. يلتقي غشاءان وينططان ويتفككان قبل أن يستقر أحدهما فوق الآخر وهكذا. بين هذه الاصطدامات، تتمدد الأغشية بشكل مستمر، باستثناء مرحلة من الانكماش قبل الصدمة مباشرة. يتباطأ التمدد عندما تتفكك الأغشية وتتسارع عندما تقترب مرة أخرى. إن مرحلة التسارع الحالية للتوسع الكوني، التي تم اكتشافها في السنوات الأخيرة من خلال مراقبة المستعرات الأعظمية البعيدة، قد تنذر بحدوث تصادم قادم



سيناريو ekpyrotic- **ekpyrotique** . إذا كان كوننا عبارة عن غشاء متعدد الأبعاد، وببساطة "غشاء"، يطفو في فضاء ذي أبعاد أعلى، فإن الانفجار العظيم كان سينتج عن اصطدام غشاءين متوازيين. وقد تحدث اصطدامات بشكل دوري.

تشترك سيناريوهات ما قبل الانفجار العظيم و Ekpyrotic- **ekpyrotique** في بعض السمات المشتركة. كلاهما يبدأ بكون ضخم وبارد وشبه فارغ، وكلاهما يكافح لشرح الانتقال بين مرحلتي ما قبل الانفجار العظيم وما بعده. رياضيا، يكمن الاختلاف الرئيسي بينهما في سلوك الديلاتون dilaton. في سيناريو ما قبل الانفجار العظيم، كانت قيمته منخفضة جدًا في البداية، وبالتالي فإن القوى الأساسية ضعيفة، وتزداد شدتها تدريجيًا. في السيناريو ekpyrotic -**ekpyrotique** ، يكون الأمر عكس ذلك: يحدث الاصطدام عندما تكون شدة القوى ضئيلة.

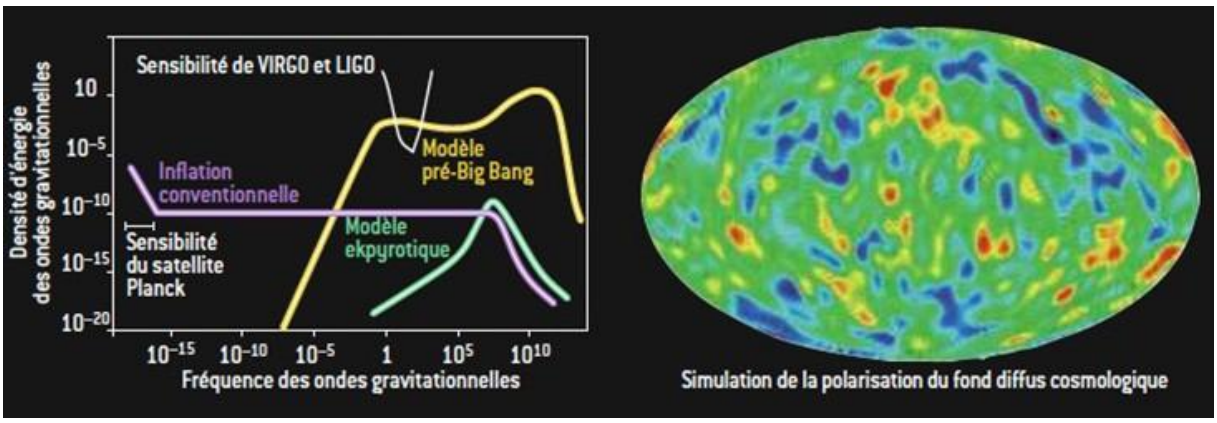
أثار هذا الضعف في القوة الأمل في تحليل الارتداد بنجاح باستخدام التقنيات التقليدية. لسوء الحظ، في المتغيرات الحالية، عندما تتجمع الأغشية حتى تصطدم، "ينهار" البعد بينهما، لذلك لا يمكن تجنب التفرّد أو الفرادة. هناك عقبة أخرى تتمثل في ضرورة ضبط الشروط الأولية بدقة بحيث يمكن حل المشكلات

الكونية التقليدية. على سبيل المثال، قبل حدوث الصدمة، يجب أن تكون الأغشية متوازية تقريبًا، وإلا فلن تؤدي إلى حدوث انفجار كبير متجانس بما فيه الكفاية.

وبغض النظر عن المهمة الصعبة المتمثلة في دعم هذين السيناريوهين رياضيًا، يبحث الفيزيائيون بالفعل عن عواقب يمكن ملاحظتها. للوهلة الأولى، يثير النموذجان تخمينات ميتافيزيقية أكثر منها نظريات فيزيائية. ومع ذلك، يمكن أن يكون لتفاصيل حقبة ما قبل الانفجار العظيم عواقب ملحوظة، تمامًا مثل تلك الموجودة في عصر التضخم. توفر التقلبات الصغيرة التي لوحظت في درجة حرارة واستقطاب إشعاع الخلفية الكونية المنتشر اختبارًا تجريبيًا.

يتم تفسير تقلبات درجات الحرارة على أنها السمة المميزة للموجات الصوتية التي انتشرت في البلازما البدائية خلال 380.000 سنة قبل انبعاث إشعاع الخلفية الكونية. يثبت انتظام هذه التقلبات أن الموجات الصوتية تم إنشاؤها في نفس الوقت. تفي جميع النماذج التضخمية ونماذج ما قبل الانفجار العظيم والنماذج ekpyrotic - **ekpyrotique** بهذا القيد وتجتاز الاختبار الأول. تتولد الموجات الصوتية في نفس الوقت عن طريق التقلبات الكمومية التي يتم تضخيمها خلال مرحلة التوسع المتسارع.

علاوة على ذلك، يتنبأ كل نموذج بتوزيع زاوي محدد للتقلباتfluctuations . تظهر الملاحظات أن اتساع تقلبات الحجم الزاوي الكبير ثابت، بينما يتم ملاحظة القمم على المقاييس الصغيرة. النموذج التضخمي يعيد إنتاج هذا التوزيع بشكل مثالي. أثناء التضخم، يتغير انحناء الزمكان ببطء. وهكذا تتولد تقلبات ذات أحجام مختلفة في ظل ظروف مماثلة ويكون طيف التذبذب الأولي ثابتًا فيما يتعلق بالمقياس الزاوي. تنتج القمم الصغيرة الحجم عن تغيير التقلبات الأولية في التاريخ اللاحق للكون. في علم الكونيات الوترية، يتغير انحناء الزمكان بسرعة كبيرة، مما يزيد من حجم التقلبات على نطاق صغير. ومع ذلك، فإن العمليات الأخرى تعوض هذه الظاهرة: في السيناريو ekpyrotic -ekpyrotique ، ينتج عن تقلص الأغشية طيف تذبذب ثابت الحجم؛ في نموذج ما قبل الانفجار العظيم، يتدخل مجال كمي يسمى كورفاتون curvaton. أيضًا، في الوقت الحالي، تتوافق النماذج الثلاثة مع الملاحظات والمشاهدات الرصدية.



تبدو مراقبة الكون ما قبل الانفجار العظيم مستحيلة إلى الأبد. ومع ذلك، بقي شكل من أشكال الإشعاع من ذلك الوقت: ألا وهو موجات الجاذبية أو الموجات الثقالية. يمكننا الكشف عن آثارها على استقطاب الخلفية الكونية المنتشرة. تتنبأ سيناريوهات ما قبل الانفجار الكبير وسيناريوهات ekpyrotic - ekpyrotique بموجات جاذبية عالية التردد، وترددات منخفضة أقل من نموذج التضخم. لا تستطيع

الملاحظات الحالية فصل هذه النماذج، لكن قياس استقطاب الخلفية الكونية المنتشرة بواسطة القمر الصناعي الفضائي بلانك، في وقت مبكر من عام 2007، ويجب أن تساعدنا ملاحظات كاشفات موجا الجاذبية VIRGO وLIGO.

يوفر استقطاب الخلفية الكونية المنتشرة اختبارًا آخر. على عكس النماذج الأخرى، يتنبأ سيناريو التضخم بأن موجات الجاذبية ساهمت في تقلبات درجات الحرارة. قد تترك بعض موجات الجاذبية هذه بصمة في استقطاب إشعاع الخلفية الكونية. يمكن للملاحظات من القمر الصناعي Planck التابع لوكالة الفضاء الأوروبية الكشف عن هذا التوقيع، إذا كان موجودًا. إن اكتشافه سيشكل حجة قوية للتضخم.

تحليل الخلفية الكونية ليس الطريقة الوحيدة لاختبار هذه النظريات. يتنبأ سيناريو ما قبل الانفجار العظيم بانبعاث موجات الجاذبية الثقالية، والتي سيكون بعضها متاحًا لكاشفات موجات الجاذبية مثل VIRGO. علاوة على ذلك، نظرًا لأن سيناريوهات ekpyrotic - ekpyrotique و ما قبل الانفجار الكبير تتضمن اختلافات في الـ dilaton ، المقترن بالمجال الكهرومغناطيسي ، فإنهم يتوقعون وجود تقلبات مجال مغناطيسي واسعة النطاق. يمكن العثور على بقايا هذه التقلبات في المجالات المغناطيسية للمجرة. متى بدأ الزمن؟ لم يجيب العلم بعد على هذا السؤال، لكن لديه على الأقل نظريتان قابلتان للاختبار تدعي بشكل معقول أن الكون - وبالتالي الزمن - كان موجودًا قبل الانفجار العظيم. إذا كان أي من هذين السيناريوهين صحيحًا، فهذا يعني أن الكون موجود دائمًا.

ملحوظة: بلانك هو مرصد فضائي طورته وكالة الفضاء الأوروبية (ESA) بمشاركة وكالة الفضاء الأمريكية، ناسا