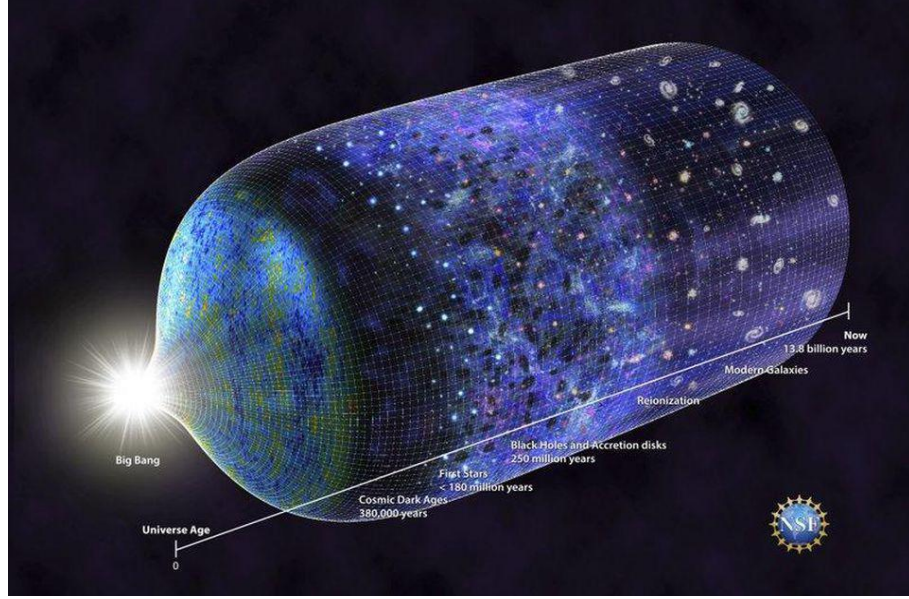


الانفجار العظيم لم يعد بداية للكون المرئي

إعداد وترجمة د. جواد بشارة



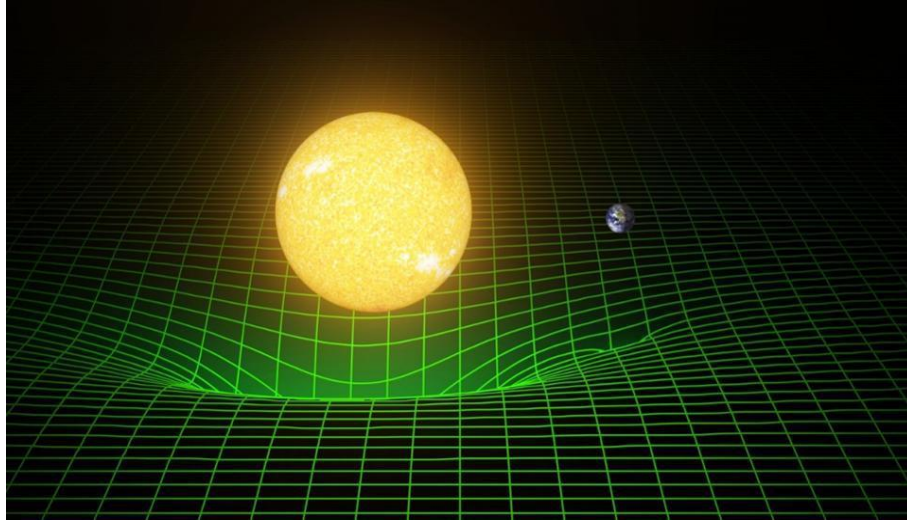
الانتماء: نيكول روجر فولر / مؤسسة العلوم الوطنية Credit: Nicole Rager Fuller/National Science Foundation

هل هي مفاجأة؟ لم يعد الانفجار العظيم بداية الكون المرئي بعد الآن، فلقد اعتدنا أن نعتقد أن الانفجار العظيم يعني أن الكون بدأ من نقطة الفردة أو التفرد. ولكن بعد ما يقرب من 100 عام ، مازلنا لسنا متأكدين. لا تبدأ الصورة الكونية الحديثة لتاريخ كوننا بالفردة أو التفرد الذي نربطه ونحدده مع الانفجار العظيم ، ولكن بالأحرى بفترة من التضخم الكوني الذي يمتد فيه الكون المرئي إلى مقاييس هائلة ، ليتسم بخصائص موحدة وبالتسطح المكاني. تشير نهاية التضخم إلى بداية الانفجار العظيم الساخن.

الماخذ الرئيسية يعلمنا الانفجار العظيم أن عالمنا المتسع والمبرد كان أصغر سناً وأكثر كثافة وسخونة في الماضي. ومع ذلك ، فإن الاستقراء على طول طريق العودة إلى الفردة أو التفرد يؤدي إلى تنبؤات لا تتفق مع ما نلاحظه، و بدلاً من ذلك ، لا ندري متى ولماذا حدث التضخم الكوني وهل أعقب وأسس الانفجار العظيم أم سبقه ، الأمر الذي سيؤدي إلى تغيير قصة أصلنا الكوني إلى الأبد .

من أين يأتي كل هذا الجزم؟ في كل اتجاه نهتم بمراقبته ، نجد النجوم والمجرات وسحب الغاز والغبار والبلازما الضعيفة والإشعاع الذي يمتد على سلسلة من الأطوال الموجية: من الراديو إلى الأشعة تحت الحمراء إلى الضوء المرئي وأشعة غاما. بغض النظر عن مكان إنطلاق الإشعاع وتواجده، أو الكيفية التي ننظر بها إلى الكون المرئي ، فإننا نجده أنه مليء بالمادة والطاقة تماماً في كل مكان وفي جميع الأوقات. ومع ذلك ، فمن الطبيعي أن نفترض أن كل ذلك جاء من مكان ما. إذا كنت تريد معرفة الإجابة على أكبر سؤال على الإطلاق - مسألة أصولنا الكونية - عليك أن تطرح السؤال على الكون المرئي نفسه ، وتستمع إلى ما

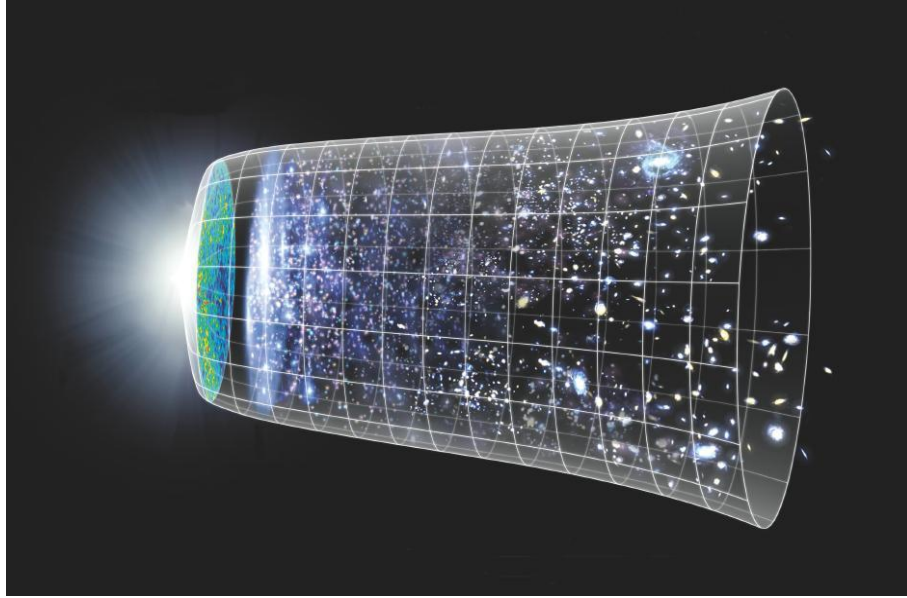
يخبرك به .اليوم ، الكون كما نراه يتوسع ويتخلل (يصبح أقل كثافة) ويبرد. على الرغم من أنه من المغري الاستقراء ببساطة ونحن نتقدم للأمام في الوقت المناسب ، عندما تكون الأشياء أكبر وأقل كثافة وأكثر برودة ، تسمح لنا قوانين الفيزياء بالاستقراء للخلف بنفس السهولة. منذ زمن بعيد ، كان الكون المرئي أصغر وأكثر كثافة وسخونة. فإلى أي مدى يمكن أن نأخذ هذا الاستقراء؟ رياضياتياً ، من المغري الذهاب إلى أبعد ما يمكن: العودة إلى الأحجام متناهية الصغر والكثافات ودرجات الحرارة اللانهائية ، أو ما نعرفه على أنه حالة التفرد أو نقطة الفردة الكونية. هذه الفكرة ، وهي فكرة البداية الفريدة للمكان والزمان والكون ، كانت تُعرف منذ فترة طويلة باسم الانفجار العظيم. لكن فيزيائياً ، عندما نظرنا عن كثب بما فيه الكفاية ، وجدنا أن الكون يروي قصة مختلفة. إليك كيف نعرف أن الانفجار العظيم لم يعد بداية الكون بعد الآن. تم إجراء عدد لا يحصى من الاختبارات العلمية لنظرية النسبية العامة لأينشتاين ، مما أخضع الفكرة لبعض القيود الأكثر صرامة التي حصلت عليها البشرية على الإطلاق. كان الحل الأول لأينشتاين هو تحديد المجال الضعيف حول كتلة واحدة ، مثل الشمس. قام بتطبيق هذه النتائج على نظامنا الشمسي بنجاح كبير. وبسرعة كبيرة ، تم العثور على حفنة من الحلول الدقيقة بعد ذلك.



(الانتمان: تعاون علمي ليجو ، ت. بايل ، معهد كاليفورنيا للتكنولوجيا / معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا)

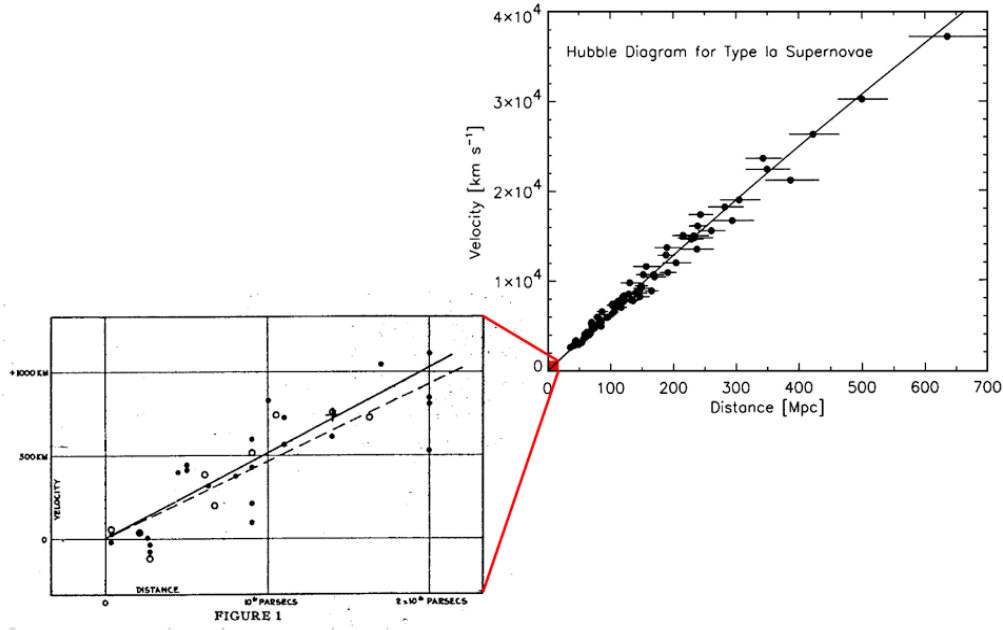
(مثل معظم القصص في العلوم ، فإن أصل الانفجار العظيم له جذوره في كل من المجالات النظرية والتجريبية / الرصدية. على الجانب النظري ، طرح أينشتاين نظريته العامة للنسبية في عام 1915: وهي نظرية جديدة للجاذبية سعت إلى قلب نظرية نيوتن في الجاذبية العامة. على الرغم من أن نظرية أينشتاين كانت أكثر أناقة وتعقيداً ، لم يمض وقت طويل قبل العثور على الحلول الدقيقة الأولى. في عام 1916 ، وجد كارل شوارزشيلد Karl Schwarzschild الحل لكتلة شبيهة بالنقطة ، والتي تصف ثقباً أسود غير دوار . في عام 1917 ، وجد ويليم دي سيتير Willem de Sitter الحل لكون فارغ مع ثابت كوني ، والذي يصف الكون المتوسع باطراد. من عام 1916 إلى عام 1921 ، وجد رينير وردستورم Reissner-Nordström ، الحل بشاكل مستقل من قبل أربعة باحثين ، وصف الزمكان لكتلة مشحونة متناظرة كروياً. في عام 1921 ، وجد إدوارد كاسنر Edward Kasner حلاً يصف كوناً خالٍ من المادة والإشعاع ومتباين الخواص: مختلف في اتجاهات مختلفة. وفي عام 1922 ، اكتشف ألكسندر فريدمان Alexander Friedmann الحل لكون

متناحي إيزوتروبي isotropic و متشابه الخواص (نفس الشيء في جميع الاتجاهات) ومتجانس (متماثل في جميع المواقع) ، حيث توجد جميع أنواع الطاقة ، بما في ذلك المادة والإشعاع .توضيح لتاريخنا الكوني ، من الانفجار العظيم حتى الوقت الحاضر ، في سياق الكون المتوسع. تصف معادلة فريدمان الأولى كل هذه الحقب ، من التضخم إلى الانفجار العظيم إلى الحاضر وبعيداً في المستقبل ، وبدقة تامة ، حتى اليوم.



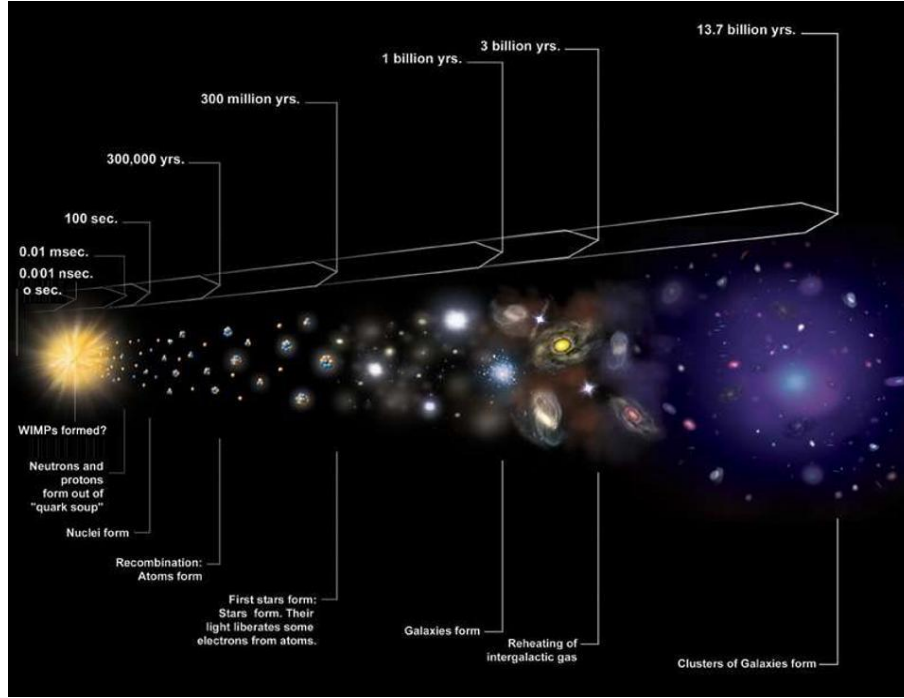
(الانتمان: فريق العلوم NASA / WMAP)

كان هذا الأخير مقنعاً للغاية لسببين. الأول هو أنه بدا ليصف كوننا على النطاق الفائق أو المقاييس الأكبر ، حيث تبدو الأشياء متشابهة ، في المتوسط ، في كل مكان وفي جميع الاتجاهات. وثانياً ، إذا قمت بحل المعادلات الحاكمة لهذا الحل - معادلات فريدمان - فستجد أن الكون الذي يصفه لا يمكن أن يكون ثابتاً ، ولكن يجب أن يتمدد أو يتقلص .تم التعرف على هذه الحقيقة الأخيرة من قبل الكثيرين ، بما في ذلك أينشتاين ، ولكن لم يتم أخذها على محمل الجد حتى بدأت أدلة المراقبة والمشاهدة والرصد تدعمها. في عام 1910 ، بدأ عالم الفلك فيستو سليفر Vesto Slipher في رصد بعض السدم ، والتي جادل البعض بأنها قد تكون مجرات خارج مجرتنا درب التبانة ، ووجد أنها كانت تتحرك بسرعة: أسرع بكثير من أي أجسام أخرى داخل مجرتنا. علاوة على ذلك ، كانت الغالبية من تلك الأجسام تبتعد عنا ، مع ظهور سدم خافتة وأصغر بشكل عام تتحرك بشكل أسرع .بعد ذلك ، في عشرينيات القرن الماضي ، بدأ إدوين هابل Edwin Hubble بقياس النجوم الفردية في هذه السدم ، وفي النهاية حدد المسافات بينها. لم يقتصر الأمر على أنها كانت أبعد بكثير من أي شيء آخر في المجرة ، ولكن تلك الموجودة على مسافات أكبر كانت تتحرك بعيداً بشكل أسرع من تلك الأقرب. وقد أجمع جورج لوميتير Lemaître وروبرتسون Robertson وهابل وآخرين معاً بسرعة ، بأن الكون يتوسع .مقارنة إدوين هابل الأصلية وقياسه لمسافات المجرات مقابل الانزياح الأحمر (يسار) ، مما أدى إلى توسع الكون ، مقابل نظير أكثر حداثة بعد حوالي 70 عامًا (على اليمين). بالاتفاق مع كل من الملاحظة والنظرية ، يتوسع الكون.



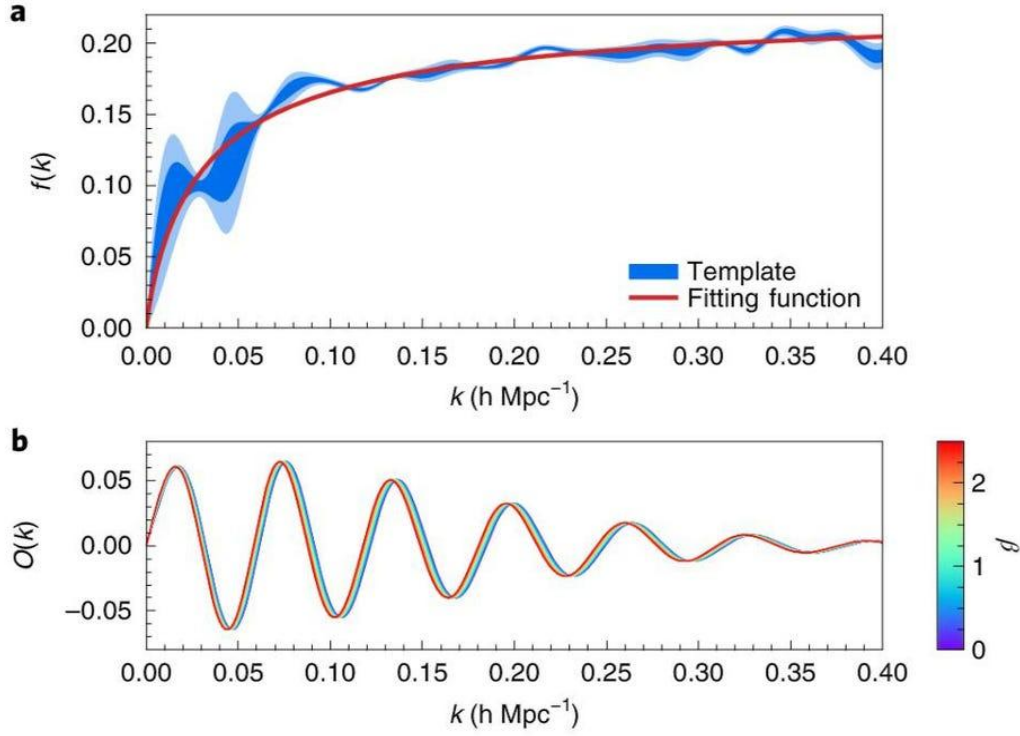
مصدر E. Hubble؛ R. Kirshner؛ PNAS، 2004 كان جورج ليميتير أول من أدرك ذلك عام 1927.

عند اكتشاف التوسع ، كان جورج لوميتير Georges Lemaître أول من استقرأ فكرة العودة إلى الوراء ، ونظر لذلك - كما قد يفعل أي عالم رياضيات مختص - أنه يمكنك العودة إلى الوراء بقدر ما تريد: إلى ما أسماه الذرة البدائية the primeval atom . في البداية ، أدرك أن الكون المرئي كان عبارة عن مجموعة ساخنة وكثيفة وسريعة التوسع من المادة والإشعاع ، وأن كل شيء من حولنا خرج من هذه الحالة البدائية . تم تطوير هذه الفكرة لاحقاً من قبل الآخرين لعمل مجموعة من التنبؤات الإضافية : الكون ، كما نراه اليوم ، تطور أكثر مما كان عليه في الماضي. كلما نظرنا إلى الخلف في الفضاء ، كلما نظرنا إلى الخلف أيضاً في الزمن المناسب. لذلك ، يجب أن تكون الأشياء التي نراها في ذلك الوقت أصغر سناً ، وأقل تكتلاً جاذبياً أو ثقالياً ، وأقل كتلة ، وعناصر ثقيلة أقل ، وبنية أقل تطوراً. يجب أن تكون هناك نقطة لا يوجد بعدها نجوم أو مجرات . في مرحلة ما ، كان الإشعاع شديد السخونة لدرجة أن الذرات المحايدة لا يمكن أن تتشكل بثبات ، لأن الإشعاع سيطرد بشكل موثوق أية إلكترونات من النوى التي كانوا يحاولون الارتباط بها ، وبالتالي يجب أن يكون هناك بقايا - حمام بارد ومتناثر الآن من الإشعاع الكوني من ذلك الزمن . وفي زمن مبكر للغاية ، كان من الممكن أن يكون الجو حاراً جداً لدرجة أنه حتى النوى الذرية يمكن أن تتفكك فيه، مما يعني أنه كان هناك مرحلة مبكرة قبل النجمية حيث كان من الممكن أن يحدث الاندماج النووي Big Bang : nucleosynthesis. من ذلك ، نتوقع أنه كان هناك على الأقل مجموعة من العناصر الضوئية وانتشرت نظائرها في جميع أنحاء الكون قبل تشكل أي نجوم . يتضمن التاريخ المرئي للكون المتوسع الحالة الساخنة والكثيفة المعروفة باسم الانفجار العظيم ونمو وتشكيل البنية لاحقاً. المجموعة الكاملة من البيانات ، بما في ذلك ملاحظات عناصر الضوء وخلفية الميكروويف الكونية ، تترك الانفجار العظيم فقط كتفسير صالح لكل ما نراه.



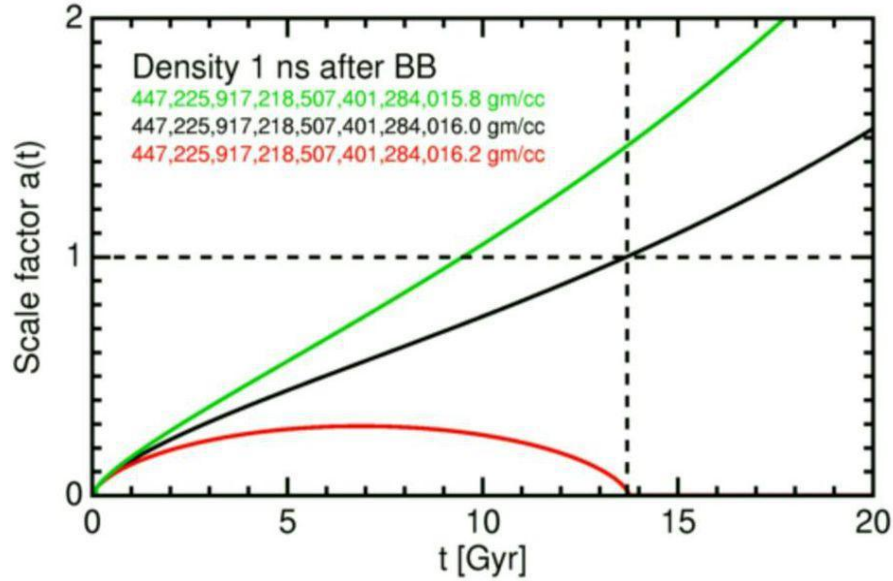
الانتمان (NASA / CXC / M. Weiss) :

بالتزامن مع الكون المتوسع ، ستصبح هذه النقاط الأربع حجر الزاوية للانفجار العظيم. إن نمو وتطور البنية واسعة النطاق للكون ، والمجرات الفردية ، والمجموعات النجمية الموجودة داخل تلك المجرات كلها تؤكد صحة تنبؤات الانفجار العظيم. كان اكتشاف حمام من الإشعاع بمقدار 3 كلفن فقط فوق الصفر المطلق - جنباً إلى جنب مع طيف الجسم الأسود وغيوب درجة الحرارة عند مستويات ميكروكلفين من عشرات إلى مئات - هو الدليل الرئيسي الذي أثبت صحة الانفجار العظيم وأزال العديد من بدائله الأكثر شيوعاً. واكتشاف وقياس عناصر الضوء ونسبها - بما في ذلك الهيدروجين ، والديوتيريوم ، والهيليوم 3 ، والهيليوم 4 ، والليثيوم 7 - لم يكشف فقط عن نوع الاندماج النووي الذي حدث قبل تكوين النجوم ، ولكن أيضاً إجمالي كمية المادة الطبيعية الموجودة في الكون. استقرار العودة إلى أبعد ما يمكن أن يأخذك دليلك هو نجاح هائل للعلم. طبعت الفيزياء التي حدثت خلال المراحل الأولى من الانفجار العظيم الساخن نفسها على الكون المرئي ، مما مكننا من اختبار نماذجنا ونظرياتنا وفهمنا للكون منذ ذلك الوقت. إن أول بصمة يمكن ملاحظتها ، في الواقع ، هي خلفية النيوتريو الكونية ، التي تظهر آثارها في كل من الخلفية الكونية الميكروية (إشعاع الانفجار العظيم) وهيكل الكون واسع النطاق. تأتي خلفية النيوتريو هذه إلينا ، بشكل ملحوظ ، من 1 ثانية فقط في الانفجار العظيم الساخن. إذا لم تكن هناك اهتزازات بسبب تفاعل المادة مع الإشعاع في الكون ، فلن تكون هناك اهتزازات تعتمد على المقياس في تجمع المجرات. الاهتزازات نفسها ، الموضحة مع طرح الجزء غير المتذبذب (الجزء السفلي) ، تعتمد على تأثير النيوتريوات الكونية المفترض وجودها بواسطة الانفجار العظيم. يتوافق علم الكون القياسي في Big Bang مع $\beta = 1$.



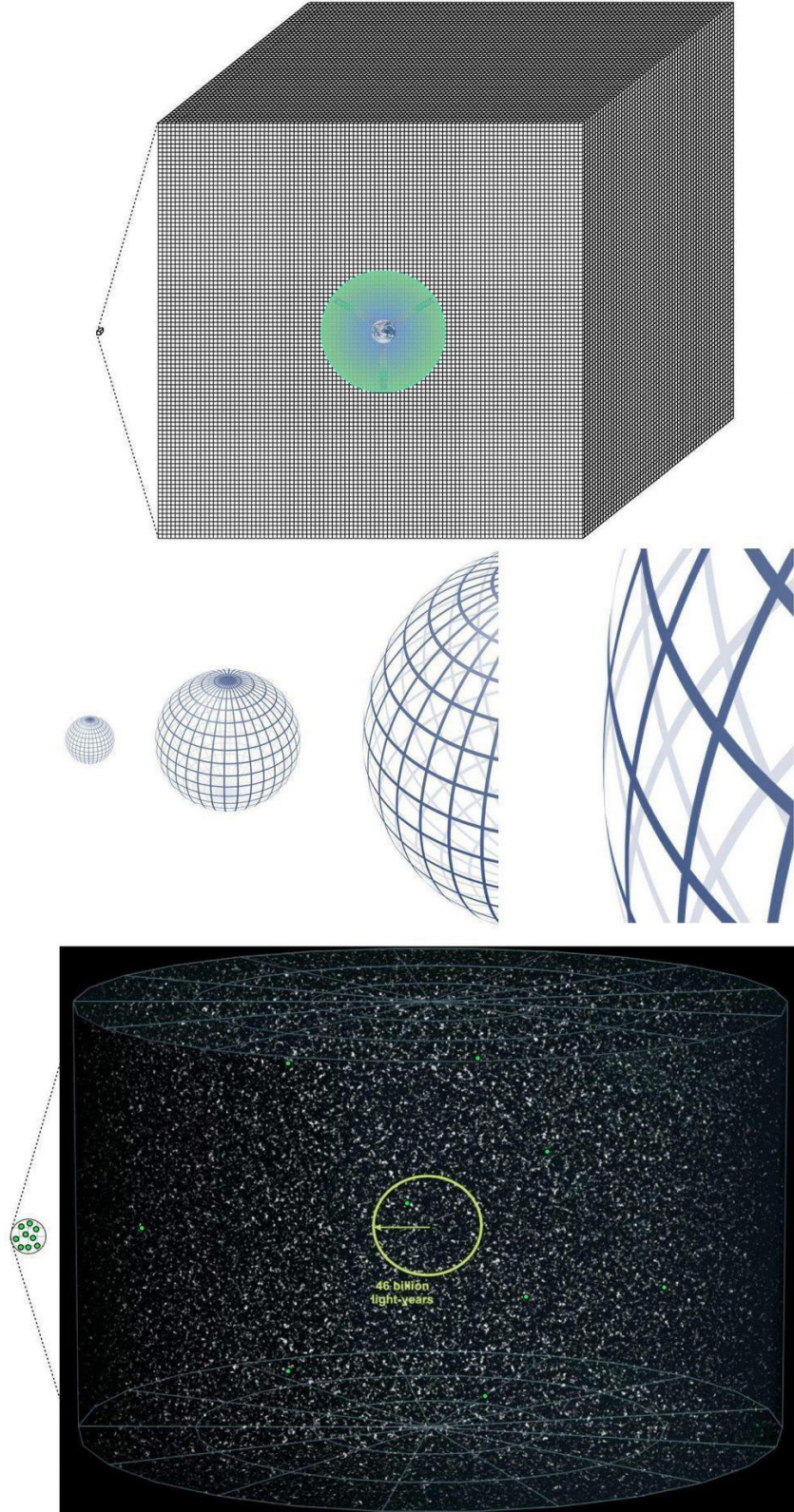
مصدر الصورة: D. Baumann et al.، Nature Physics (2019)

لكن الاستقراء خارج حدود دليلك القابل للقياس هو لعبة خطيرة ، وإن كانت مغرية. بعد كل شيء ، إذا تمكنا من تتبع الانفجار العظيم الساخن إلى ما يقرب من 13.8 مليار سنة ، حتى عندما كان عمر الكون أقل من ثانية واحدة ، فما الضرر في العودة إلى الوراء ثانية واحدة إضافية فقط: إلى التفرد المتوقع أو الفردة الموجودة عندما كان عمر الكون 0 ثانية؟ من المدهش أن الإجابة هي أن هناك قدرًا هائلًا من الضرر - إذا كنت مثلي في التفكير في "وضع افتراضات غير صحيحة لا أساس لها حول الواقع" لتكون ضارة. والسبب في كون هذا الأمر إشكاليًا هو أن البدء من الفردة أو التفرد - عند درجات حرارة عالية عشوائية ، وكثافات عالية عشوائية ، وأحجام صغيرة عشوائية - سيكون له عواقب على كوننا لا تدعمها الملاحظات بالضرورة. على سبيل المثال ، إذا بدأ الكون من حالة فردية أو فردة، فلا بد أنه نشأ إلى الوجود مع التوازن الصحيح تمامًا لـ "الأشياء" بداخله - المادة والطاقة معًا - لتحقيق التوازن الدقيق في معدل التوسع. إذا كان هناك قدر ضئيل من المادة ، فإن الكون الذي تمدد في البداية كان سينهار مرة أخرى الآن. وإذا كان هناك القليل قليلاً ، لكانت الأشياء تتوسع بسرعة كبيرة بحيث يصبح الكون أكبر بكثير مما هو عليه اليوم. لو كانت كثافة الكون أعلى بقليل (حمراء) في لحظة الفردة أو التفرد ، لكان الكون قد انهار بالفعل ؛ إذا كانت كثافة أقل قليلاً ، لكانت قد توسعت بشكل أسرع وأصبحت أكبر بكثير. لا يقدم الانفجار العظيم ، من تلقاء نفسه ، أي تفسير لماذا يوازن معدل التمدد الأولي في لحظة ولادة الكون بين كثافة الطاقة الإجمالية بشكل مثالي ، ولا يترك مجالاً للانحناء المكاني على الإطلاق.



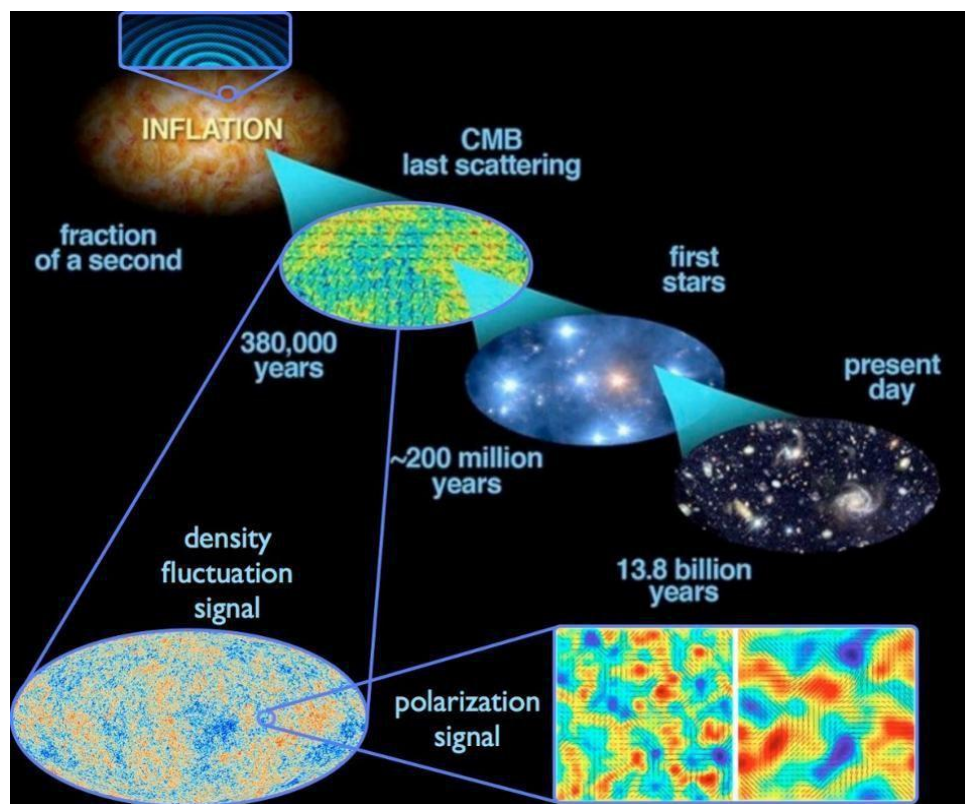
الانتماء: البرنامج التعليمي لعلم الكونيات لنيد رايت

ومع ذلك ، بدلاً من ذلك ، ما نلاحظه هو أن معدل التوسع الأولي للكون والكمية الإجمالية للمادة والطاقة داخله يتوازنان تمامًا كما يمكننا قياسه. لماذا ؟ إذا كان الانفجار العظيم قد بدأ من التفرد ، فليس لدينا تفسير ؛ علينا ببساطة أن نؤكد أن "الكون وُلد بهذه الطريقة" ، أو كما يسميه الفيزيائيون الجاهلون لليدي غاغا Lady Gaga ، "الظروف الأولية initial conditions". وبالمثل ، فإن الكون الذي وصل إلى درجات حرارة عالية بشكل عشوائي من المتوقع أن يمتلك آثار وبقايا عالية الطاقة ، مثل أحادي القطب المغناطيسي ، لكننا لا نلاحظ أيًا منها. من المتوقع أيضًا أن تكون درجات حرارة الكون مختلفة في المناطق المنفصلة سببًا عن بعضها البعض - أي أنها في اتجاهين متعاكسين في الفضاء عند حدود الملاحظة لدينا - ومع ذلك يُلاحظ أن للكون درجات حرارة متساوية في كل مكان تصل إلى 99.99٪ + الدقة. نحن دائمًا أحرار في الاحتكام إلى الشروط الأولية كتفسير لأي شيء ، ونقول ، "حسنًا ، لقد ولد الكون بهذه الطريقة ، وهذا كل شيء." لكننا دائمًا ما نكون مهتمين أكثر بكثير ، كعلماء ، إذا كان بإمكاننا التوصل إلى تفسير للخصائص التي نلاحظها في اللوحة العلوية ، يمتلك كوننا الحديث نفس الخصائص (بما في ذلك درجة الحرارة) في كل مكان لأنها نشأت من منطقة لها نفس الخصائص. في اللوحة الوسطى ، يتم تضخيم المساحة التي كان من الممكن أن يكون لها أي انحناء عشوائي لدرجة أننا لا نستطيع ملاحظة أي انحناء اليوم ، مما يحل مشكلة التسطيح. وفي اللوحة السفلية ، يتم نفخ الآثار عالية الطاقة الموجودة مسبقًا بعيدًا ، مما يوفر حلاً لمشكلة الآثار عالية الطاقة. هذه هي الطريقة التي يحل بها التضخم الألباز الثلاثة العظيمة التي لا يستطيع الانفجار العظيم تفسيرها بمفرده.



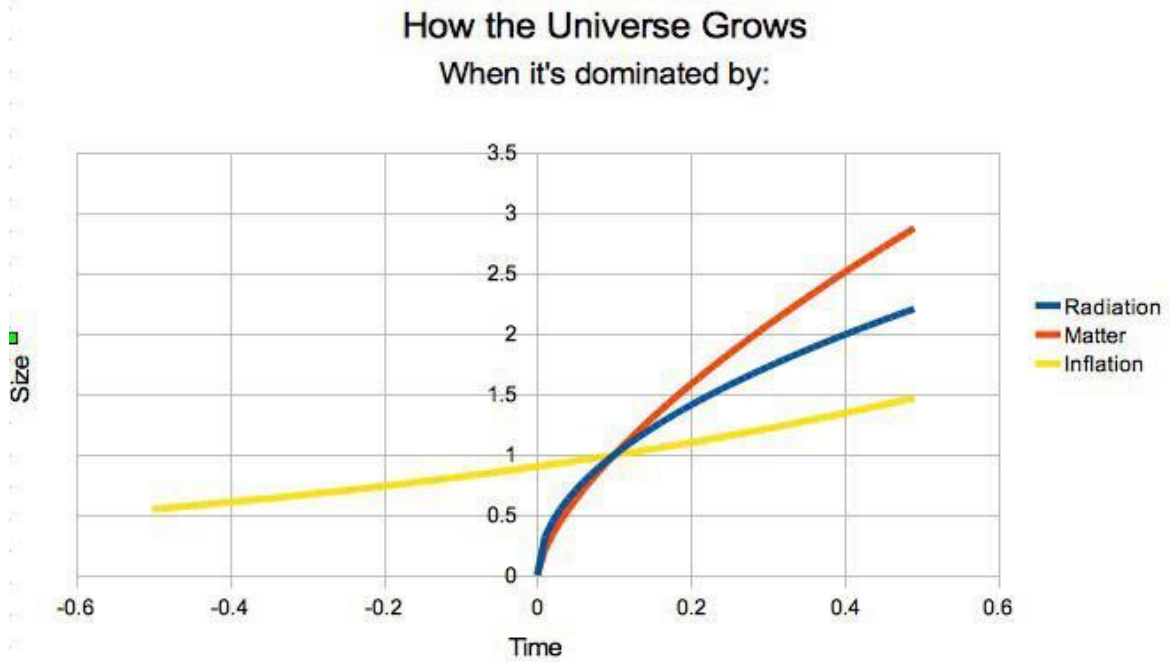
الانتمان: إي سيجل / ما وراء المجرة Beyond the Galaxy Credit: E. Siegel

هذا هو بالضبط ما يعطينا التضخم الكوني ، وأكثر من ذلك. يقود التضخم ، بالتأكيد ، استقرار الانفجار العظيم الساخن إلى حالة مبكرة جداً ، شديدة الحرارة ، كثيفة جداً ، موحدة جداً ، لكن توقف قبل أن تعود إلى حالة التفرد. إذا كنت تريد أن يكون للكون معدل تمدد وإجمالي كمية المادة والطاقة فيه ، فستحتاج إلى طريقة ما لإعداده بهذه الطريقة. الأمر نفسه ينطبق على كون له نفس درجات الحرارة في كل مكان. في ملاحظة مختلفة قليلاً ، إذا كنت ترغب في تجنب الآثار عالية الطاقة ، فأنت بحاجة إلى طريقة ما للتخلص من أي آثار موجودة مسبقاً ، ثم تجنب إنشاء أخرى جديدة عن طريق منع كونك من أن يصبح شديد الحرارة مرة أخرى . يحقق التضخم ذلك من خلال افتراض فترة ، قبل الانفجار العظيم الساخن ، حيث كان الكون يهيمن عليه ثابت كوني كبير (أو شيء يتصرف بشكل مشابه): نفس الحل الذي وجده دي سيتر في طريق العودة في عام 1917. هذه المرحلة لتمتد الكون المسطح ، يمنحه نفس الخصائص في كل مكان ، ويتخلص من أي بقايا طاقة عالية موجودة مسبقاً ، ويمنعنا من توليد آثار جديدة عن طريق وضع حد أقصى لدرجة الحرارة التي تم الوصول إليها بعد انتهاء التضخم واندلاع الانفجار العظيم الساخن. علاوة على ذلك ، من خلال افتراض وجود تقلبات كمومية ولدت وامتدت عبر الكون أثناء التضخم ، فإنها تقدم تنبؤات جديدة لأنواع العيوب التي سيبدأ بها الكون. تتمدد التقلبات الكمومية التي تحدث أثناء التضخم عبر الكون ، وعندما ينتهي التضخم ، فإنها تصبح تقلبات في الكثافة. هذا يؤدي ، بمرور الوقت ، إلى أن تكون بنية الكون واسعة النطاق اليوم ، بالإضافة إلى التقلبات في درجات الحرارة التي لوحظت في الخلفية الإشعاعية الميكروية الكونية CMB . التنبؤات الجديدة مثل هذه ضرورية لإثبات صحة آلية الضبط الدقيق المقترحة.



الانتماء: إي سيجل ، وكالة الفضاء الأوروبية / بلانك ووزارة الطاقة / ناسا / فريق العمل المشترك بين الوكالات المعني بأبحاث (CMB)

منذ أن تم افتراضه في الثمانينيات ، تم اختبار التضخم بعدة طرق ضد البديل: كون بدأ من التفرد. عندما نقوم بتكديس بطاقة الأداء ، نجد ما يلي: يعيد التضخم إنتاج كل نجاحات الانفجار العظيم الساخن. لا يوجد شيء لا يمكن تفسيره بسبب الانفجار الكبير الذي تسبب فيه التضخم. يقدم التضخم تفسيرات ناجحة للغاز التي يتعين علينا ببساطة أن نسميها "الظروف الأولية" ولنقول أن لها في الانفجار العظيم الساخن. من بين التنبؤات التي يختلف فيها التضخم والانفجار العظيم الساخن دون تضخم ، تم اختبار أربعة منها بدقة كافية للتمييز بين الاثنين. على تلك الجبهات الأربع ، يكون التضخم 4 مقابل 4 ، في حين أن الانفجار الكبير الساخن هو 0 مقابل 4. لكن الأمور تصبح ممتعة حقًا إذا نظرنا إلى الوراء في فكرتنا عن "البداية". في حين أن الكون الذي يحتوي على المادة و / أو الإشعاع - ما نحصل عليه مع الانفجار العظيم الساخن - يمكن دائمًا استقراءه إلى التفرد ، لا يمكن للكون التضخمي أن يوجد نظرًا لطبيعته الأسية ، حتى إذا قمت بإعادة عقارب الساعة إلى الوراء لفترة لا نهائية من الوقت ، فإن الفضاء سيقترّب فقط من الأحجام الصغيرة للغاية ودرجات الحرارة والكثافات اللانهائية ؛ لن يصل إليه أبدًا. هذا يعني ، بدلاً من أن يؤدي بشكل حتمي إلى التفرد ، لا يمكن للتضخم أن يوصلك إلى واحد بمفرده. كانت الفكرة القائلة بأن "الكون بدأ من التفرد ، وهذا ما كان عليه الانفجار العظيم" ، يجب التخلص منها في اللحظة التي أدرّكنا فيها أن مرحلة تضخم سبقت المرحلة الساخنة والكثيفة والملينة بالمادة والإشعاع التي نعيشها اليوم . التفرد تمثل الخطوط الزرقاء والحمراء سيناريو الانفجار الكبير "التقليدي" ، حيث يبدأ كل شيء في الوقت $t = 0$ ، بما في ذلك الزمكان نفسه. لكن في السيناريو التضخمي (الأصفر) ، لا نصل أبدًا إلى التفرد ، حيث يذهب الفضاء إلى حالة فردية ؛ بدلاً من ذلك ، يمكن أن يصبح صغيرًا بشكل تعسفي فقط في الماضي ، بينما يستمر الزمن في التراجع إلى الأبد. فقط آخر جزء صغير من الثانية ، منذ نهاية التضخم ، يطبع نفسه على كوننا المرئي اليوم.



(الانتماء: إي سيجل)

تعطينا هذه الصورة الجديدة ثلاث معلومات مهمة حول بداية الكون تتعارض مع القصة التقليدية التي تعلمها معظمنا. أولاً ، الفكرة الأصلية للانفجار العظيم الساخن ، حيث نشأ الكون من حالة فريدة أو تفرد لا متناهية وساخنة وكثيفة وصغيرة - ويتمدد ويبرد ، مليئاً بالمادة والإشعاع منذ ذلك الحين - وبالتالي هي غير صحيحة. لا تزال الصورة صحيحة إلى حد كبير ، ولكن هناك حداً للزمن الذي يمكننا فيه استقراء ذلك. ثانياً ، أثبتت الملاحظات الحالة التي حدثت قبل الانفجار العظيم الساخن: التضخم الكوني. قبل الانفجار العظيم الحار ، خضع الكون المبكر لمرحلة من النمو الأسّي ، حيث كانت أي مكونات موجودة مسبقاً للكون "منتفخة" حرفياً. عندما انتهى التضخم ، أعيد تسخين الكون إلى درجة حرارة عالية ، ولكن ليست عالية بشكل عشوائي ، مما يمنحنا الكون الساخن والكثيف والمتوسع الذي نما إلى ما نعيش فيه اليوم. أخيراً ، وربما الأهم من ذلك ، لم يعد بإمكاننا التحدث بأي نوع من المعرفة أو الثقة حول كيف - أو حتى ما إذا كان - الكون نفسه قد بدأ. بحكم طبيعة التضخم ، فإنه يمحو أي معلومات جاءت قبل اللحظات القليلة الأخيرة: أين انتهى وأدى إلى الانفجار العظيم الساخن. كان من الممكن أن يستمر التضخم إلى الأبد ، أو يمكن أن يسبقه مرحلة أخرى غير متفردة ، أو قد يسبقه مرحلة انبثقت بالفعل من التفرد. حتى يأتي اليوم الذي نكتشف فيه كيفية استخراج المزيد من المعلومات من الكون مما يبدو ممكناً في الوقت الحاضر ، ليس لدينا خيار سوى مواجهة جهلنا. لا يزال الانفجار العظيم يحدث منذ وقت طويل جداً ، لكنه لم يكن البداية التي افترضناها ذات مرة.