لا وجود للبغ بانغ؟ تقول معادلة كمومية إن الكون ليس له بداية

27 يناير 2022 Big Bang ، Dark Energy، Gravity، Quantum Mechanics، Universe

ترجمة د. جواد بشارة عن Phys.org

ربما كان الكون موجودًا منذ الأزل وسيبقى إلى الأبد، وفقًا لنموذج جديد يطبق شروط التصحيح الكمي لتكمل نظرية أينشتاين في النسبية العامة. يمكن للنموذج أيضًا أن يأخذ في الاعتبار المادة المظلمة والطاقة المظلمة، وبالتالي حل العديد من المشكلات في وقت واحد.

عمر الكون المقبول على نطاق واسع، كما تقدره النسبية العامة، هو 13.8 مليار سنة. في البداية، كان كل ما هو موجود قد احتل نقطة مفردة لا متناهية الكثافة، أو الفرادة. فقط بعد أن بدأت هذه النقطة في التوسع في "الانفجار العظيم" بدأ الكون رسميًا.

على الرغم من أن تفرد الانفجار العظيم يتبع بشكل مباشر وحتمي رياضيات النسبية العامة، إلا أن بعض العلماء ينظرون إليها على أنها إشكالية لأن الرياضيات يمكن أن تشرح فقط ما حدث مباشرة بعد التفرد، وليس قبله أو خلاله.

"تفرد الانفجار الكبير هو أخطر مشكلة في النسبية العامة، لأنه يبدو أن قوانين الفيزياء تنهار هناك"، هذا ما قاله أحمد فرج علي من جامعة بنها ومدينة زويل للعلوم والتكنولوجيا، وكلاهما يقع في مصر.

أظهر علي وشريكته في التأليف ثريا Saurya Das من جامعة ليثبريدج في ألبرتا، كندا، في بحث نُشر في Physics Letters B أنه يمكن حل تفرد Big Bang من خلال نموذجهم الجديد الذي يقول ليس للكون بداية أو نهاية وإنه لابد من إعادة النظر في الأفكار القديمة.

يؤكد الفيزيائيون على أن شروطهم الخاصة بالتصحيح الكمي لا يتم تطبيقها بشكل خاص بهدف القضاء على تفرد الانفجار العظيم على وجه التحديد. يعتمد عملهم على أفكار الفيزيائي النظري ديفيد بوم، المعروف أيضًا بإسهاماته في فلسفة الفيزياء. في وقت مبكر من الخمسينيات من القرن الماضي، استكشف بوم إمكانية استبدال الجيوديسيا الكلاسيكية (أقصر مسار بين نقطتين على سطح منحني) بمسارات كمومية.

في ورقتهما، طبق علي وداس المسارات البومية (نسبة لبوم) هذه على معادلة طورها الفيزيائي أمل كومار رايشودوري Raychaudhuri في الخمسينيات من القرن الماضي في جامعة الرئاسة في كولكاتا بالهند. كان رايشودوري Raychaudhuri أيضًا مدرسًا لداس عندما كان طالبًا جامعيًا في تلك المؤسسة في التسعينيات.

باستخدام معادلة رايشودوري Raychaudhuri المصححة كمياً، اشتق علي وداس معادلات فريدمان المصححة كمياً، والتي تصف توسع الكون وتطوره (بما في ذلك الانفجار الكبير) في سياق النسبية العامة. على الرغم من أن النموذج ليس نظرية حقيقية للجاذبية الكمية، إلا أن النموذج يحتوي على عناصر من نظرية الكم والنسبية العامة. يتوقع علي وداس أيضًا أن تصمد نتائجهما حتى لو تم صياغة نظرية كاملة للجاذبية الكمومية.

لا تفردات أو مادة مظلمة:

بالإضافة إلى عدم توقع تفرد يشبه الانفجار العظيم، فإن النموذج الجديد أيضًا لا يتنبأ بـ "أزمة كبيرة" مثل التفرد. في النسبية العامة، فإن أحد المصائر المحتملة للكون هو أنه يبدأ في الانكماش حتى ينهار على نفسه في إرتدادة كبيرة ويصبح نقطة غير متناهية الكثافة مرة أخرى أي فرادة.

يشرح علي وداس في ورقتهم البحثية أن نموذجهم يتجنب التفردات بسبب الاختلاف الرئيسي بين الجيوديسيا الكلاسيكية والمسارات البومية. تتقاطع الجيوديسيا الكلاسيكية في النهاية، والنقاط التي تتقارب فيها هي التفردات. من ناحية أخرى، لا تتقاطع مسارات بوم Bohmian أبدًا وبالتالي لا تظهر التفردات في المعادلات.

من الناحية الكونية، أوضح العلماء أن التصحيحات الكمية يمكن اعتبارها مصطلحًا ثابتًا كونيًا (بدون الحاجة إلى الطاقة المظلمة) ومصطلح إشعاعي. هذه المصطلحات تحافظ على الكون في حجم محدود، وبالتالي تمنحه عمرًا لانهائيًا. تقدم المصطلحات أيضًا تنبؤات تتفق بشكل وثيق مع الملاحظات الحالية للثابت الكوسمولوجي وكثافة الكون.

جسيمات الجاذبية الجديدة:

من الناحية الفيزيائية، يصف النموذج الكون بأنه مليء بالسائل الكمومي. يقترح العلماء أن هذا السائل يتكون من الغرافيتونات، وهي جزيئات افتراضية عديمة الكتلة تتوسط قوة الجاذبية. إذا كانت موجودة، فستلعب الغرافيتونات دورًا رئيسيًا في نظرية الجاذبية الكمومية.

في مقال ذي صلة، أعطى داس ومعاون آخر، راجات بهادوري، من جامعة ماكماستر، كندا، مزيدًا من المصداقية لهذا النموذج. لقد أظهروا أن الغرافيتونات gravitons يمكن أن تتشكل مكثف بوز-أينشتاين (سمي على اسم أينشتاين والفيزيائي الهندي الآخر ساتيندراناث بوز) في درجات حرارة كانت موجودة في الكون في جميع الأوقات.

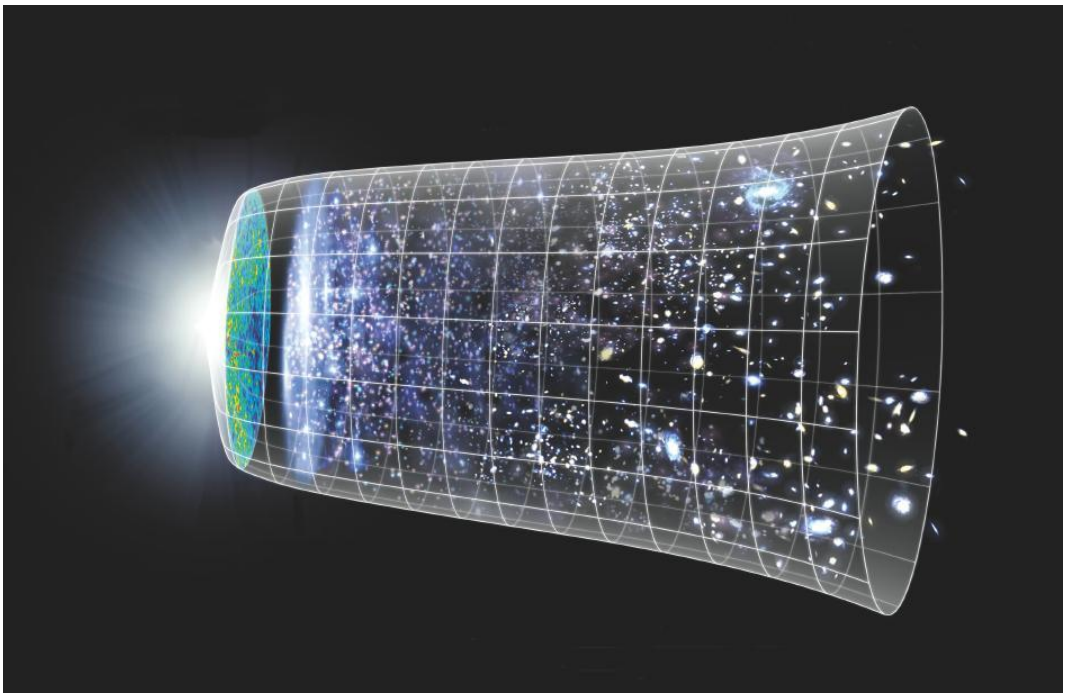
بدافع من قدرة النموذج على حل تفرد البغ بانغ Big Bang وشرح المادة المظلمة والطاقة المظلمة، يخطط الفيزيائيون لتحليل نموذجهم بشكل أكثر صرامة في المستقبل. على وجه الخصوص، يخططون لإعادة دراستهم مع مراعاة الاضطرابات الصغيرة غير المتجانسة ومتباينة الخواص، لكنهم لا يتوقعون أن تؤثر الاضطرابات الصغيرة على النتائج بشكل كبير.

قال داس: "إنه لأمر مرضي أن نرى أن مثل هذه الحلول البسيطة يمكن أن تحل الكثير من المشاكل دفعة واحدة."

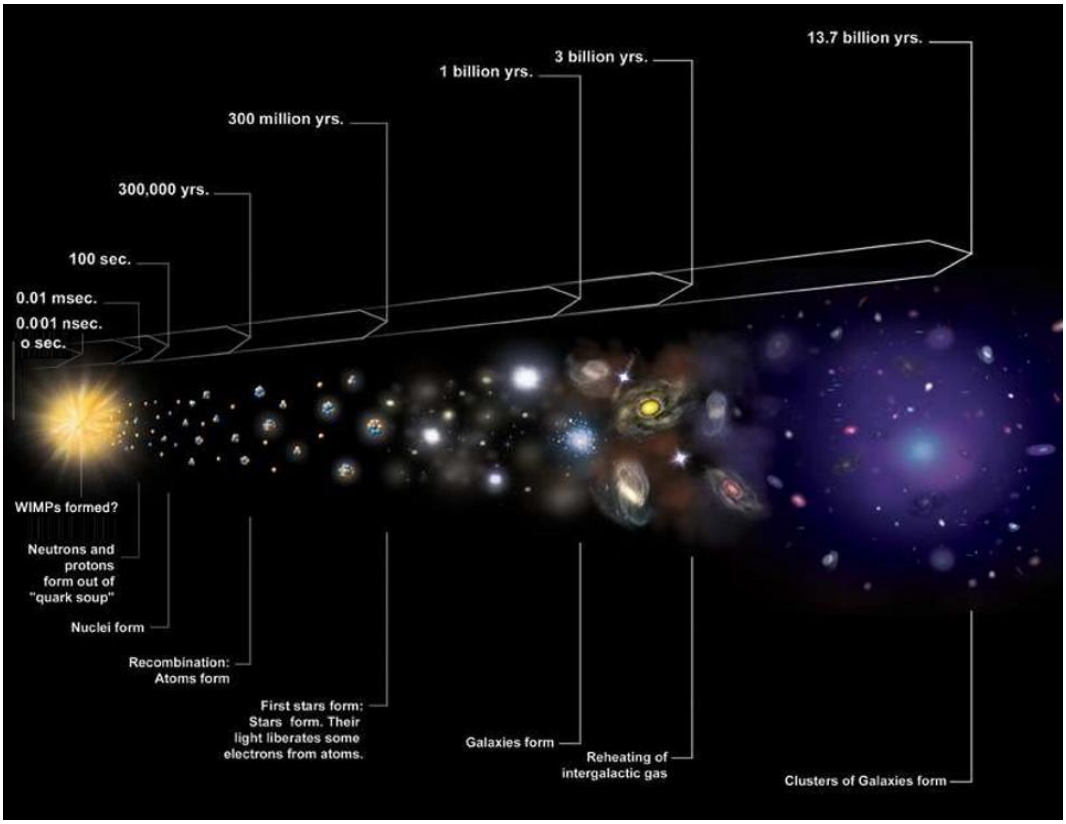
ترجمة د. جواد بشارة عن Phys.org

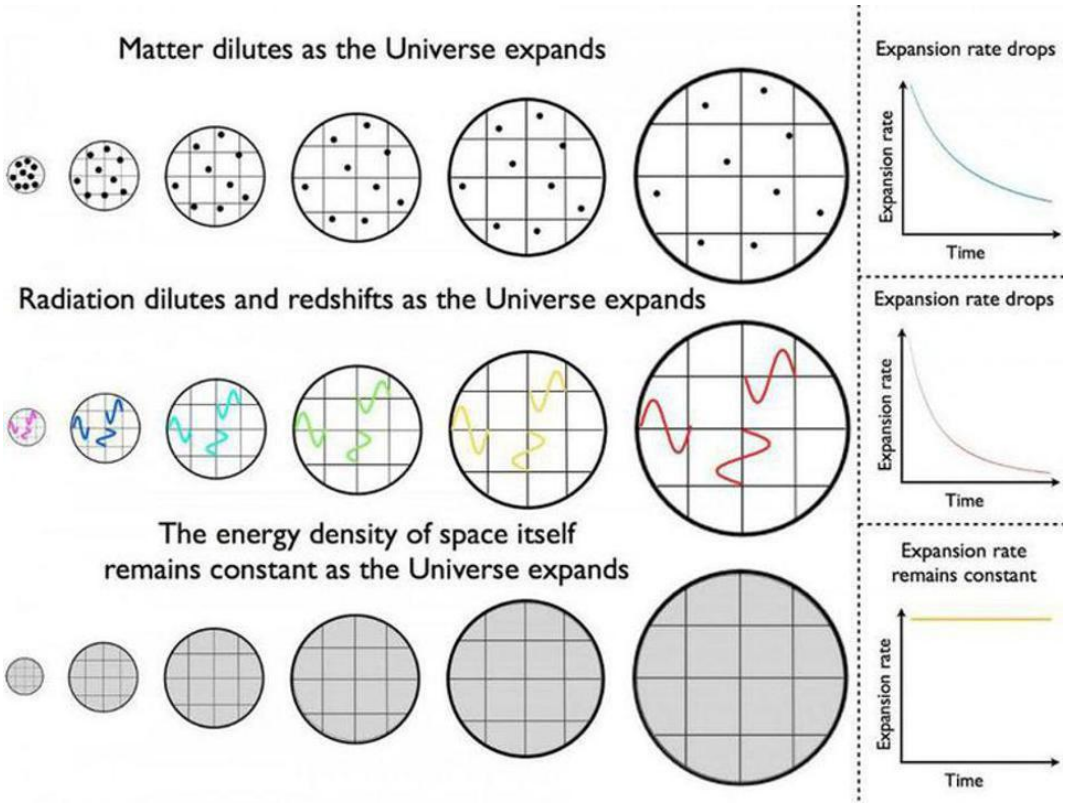
الكون بالفعل في عصره السادس والأخير.

منذ ما قبل الانفجار العظيم وحتى يومنا هذا، مر الكون بعصور عديدة. الطاقة المظلمة تعلن النهاية.



توضيح لتاريخنا الكوني، من الانفجار العظيم حتى يومنا هذا، على خلفية الكون المتوسع. لا يمكننا أن نكون متأكدين، على الرغم مما ادعى الكثيرون، أن الكون بدأ من التفرد أو الفرادة الكونية singularité . ومع ذلك ، يمكننا تقسيم الرسم التوضيحي الذي تراه إلى فترات مختلفة بناءً على خصائص الكون في تلك الأوقات المحددة. نحن بالفعل في الحقبة السادسة والأخيرة من الكون.





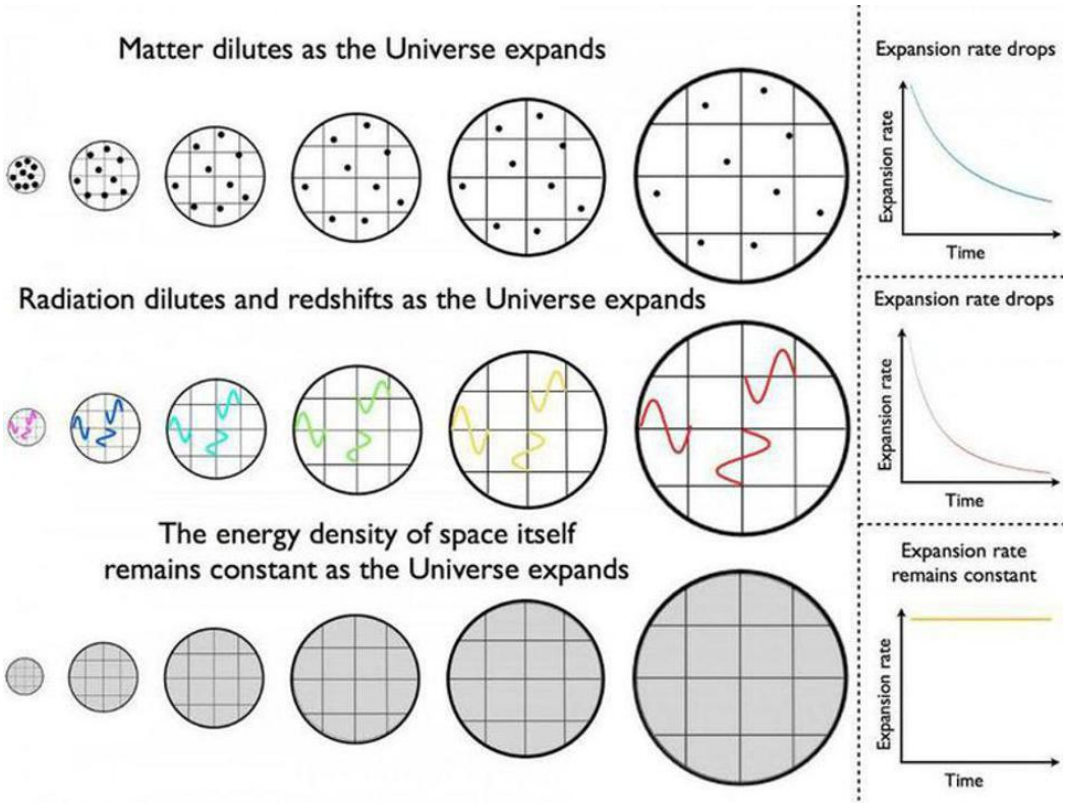
(الائتمان: NASA / WMAP Science Team)

النقاط الرئيسية التي يجب تذكرها

من التضخم الكوني إلى خليط من الجسيمات البدائية إلى التوسع والتبريد اللاحق، مر الكون بالعديد من المعالم الهامة في تاريخنا الكوني. قبل حوالي 6 مليارات سنة، بدأ شكل جديد من الطاقة يسيطر على توسع الكون: الطاقة السوداء أو المظلمة، التي تحدد الآن مصيرنا الكوني. العصر الذي نعيش فيه، حيث تهيمن هذه الطاقة السوداء أو المظلمة على توسع الكون، هو آخر ما سيختبره كوننا على الإطلاق. هذا هو السبب في أننا نعيش بالفعل بداية النهاية القصوى.

لم يعد الكون اليوم كما كان بالأمس. مع كل لحظة تمر، يحدث عدد من التغييرات الدقيقة ولكن المهمة، على الرغم من أن العديد منها غير محسوس على المقاييس الزمنية البشرية والقابلة للقياس. يتوسع الكون، مما يعني أن المسافات بين أكبر الهياكل الكونية تتزايد بمرور الوقت.

قبل ثانية، كان الكون أصغر قليلاً؛ وفي ثانية، سيكون الكون أكبر قليلاً. لكن هذه التغييرات الطفيفة تتراكم على نطاقات كبيرة من الزمن الكوني وتؤثر على أكثر من مسافات. مع توسع الكون، تتغير الأهمية النسبية للإشعاع والمادة والنيوترينوات والطاقة السوداء أو المظلمة. درجة حرارة الكون تتغير. وما تراه في السماء سيتغير أيضًا بشكل جذري. إجمالاً، هناك ست عهود مختلفة يمكننا تقسيم الكون إليها، ونحن نعيش بالفعل في العصر الأخير.



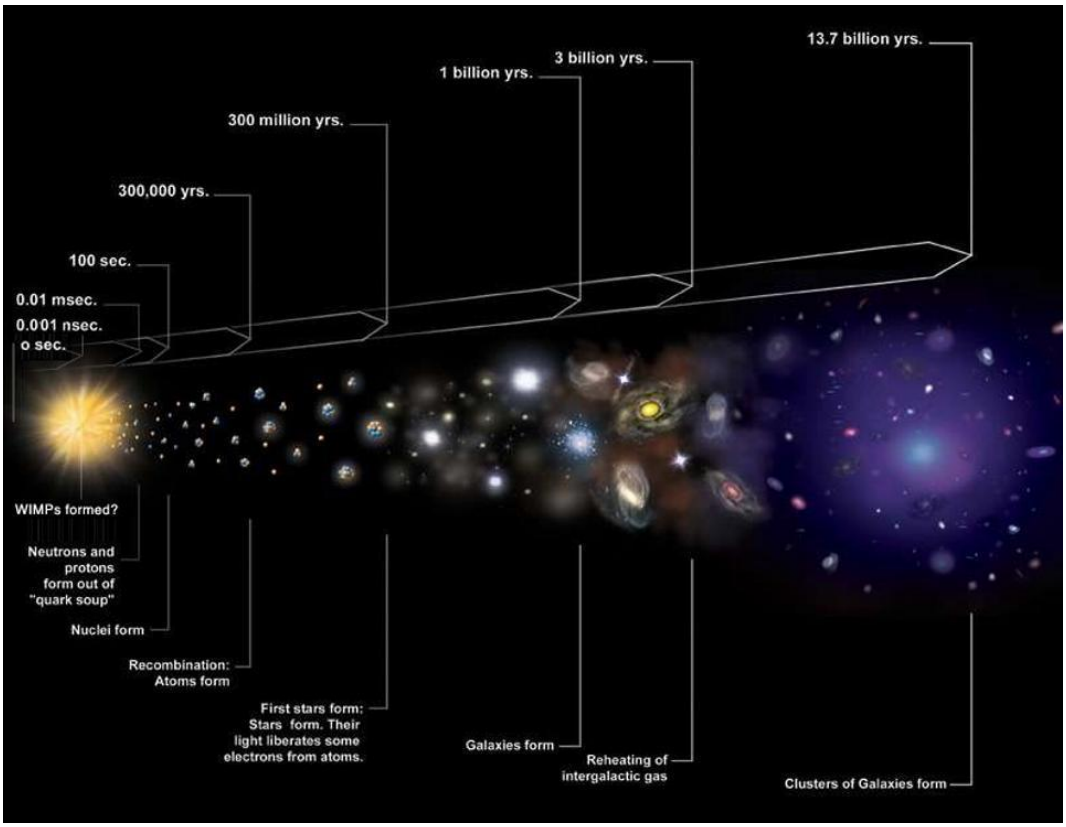
إنه عصر هيمنة الطاقة السوداء أو المظلمة بينما تصبح المادة (العادية والسوداء) والإشعاع أقل كثافة مع توسع الكون بسبب حجمه المتزايد، فإن الطاقة السوداء أو المظلمة، وكذلك طاقة المجال أثناء التضخم l'énergie de champ pendant l'inflation ، هي شكل من أشكال الطاقة المتأصلة في الفضاء نفسه. عندما يتم إنشاء مساحات جديدة في الكون المتوسع، تظل كثافة الطاقة السوداء أو المظلمة ثابتة. (الائتمان: إي سيجل / ما وراء المجرة)

يمكن فهم سبب ذلك من خلال الرسم البياني أعلاه. يحتوي كل شيء موجود في كوننا على قدر معين من الطاقة: مادة، إشعاع، طاقة مظلمة، إلخ. مع توسع الكون، يتغير الحجم الذي تشغله هذه الأشكال من الطاقة، وسيرى كل منها كثافة طاقته تتطور بشكل مختلف. على وجه الخصوص، إذا حددنا الأفق الذي يمكن ملاحظته بواسطة المتغير la variable a ، فعندئذٍ:

- سترى المادة la matière كثافة طاقتها تتطور بمقدار $1/a^3$ ، نظرًا لأن الكثافة (بالنسبة للمادة) هي مجرد كتلة فوق الحجم ، ويمكن بسهولة تحويل الكتلة إلى طاقة عبر $E = mc^2$

سيرى الإشعاع أن كثافة طاقته تتطور بمقدار $1/a^4$ ، نظرًا لأن كثافة العدد (للإشعاع) هي عدد الجسيمات مقسومًا على الحجم ، وتتوسع طاقة كل فوتون على حدة مع توسع الكون ، مضيفًا عاملًا إضافيًا قدره $1/un$ أحد أقرباء المادة

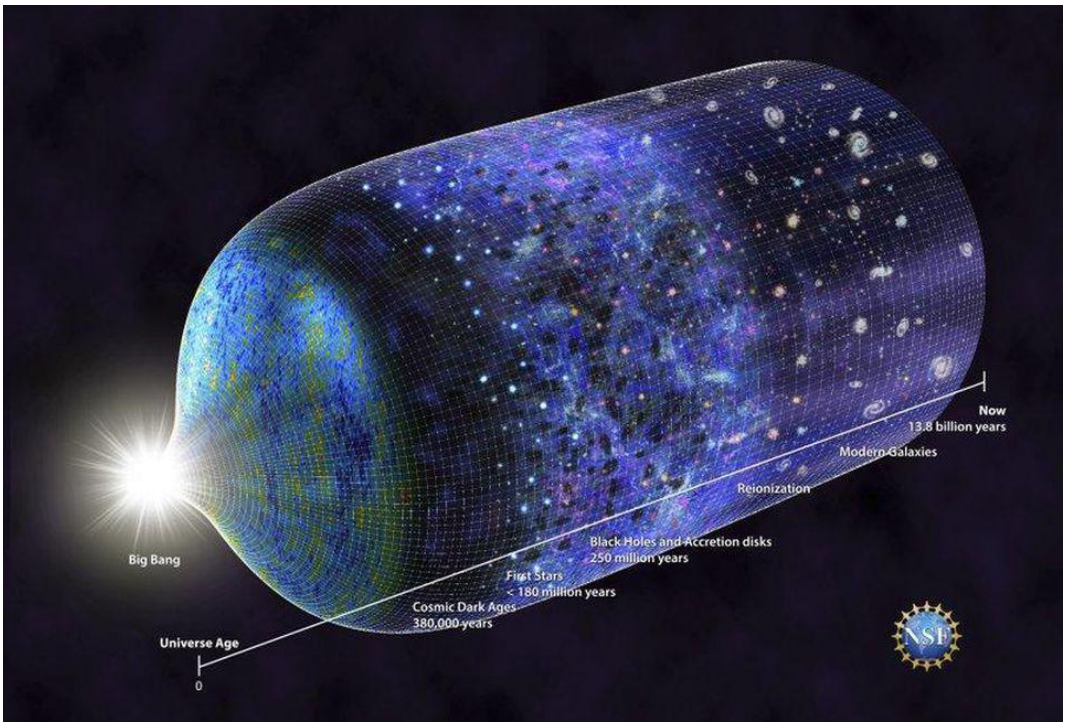
الطاقة المظلمة l'énergie noire هي خاصية للفضاء نفسه ، لذلك تظل كثافة طاقته ثابتة $(1/a^0)$ ، بغض النظر عن تمدد الكون أو حجمه



يتضمن التاريخ المرئي للكون المتوسع الحالة الساخنة والكثيفة المعروفة باسم الانفجار العظيم Big Bang ونمو وتشكيل البنية la structure بعد ذلك. المجموعة الكاملة من البيانات، بما في ذلك ملاحظات عناصر الضوء وخلفية الميكروويف الكونية le fond diffus cosmologique، تترك الانفجار العظيم فقط كتفسير صالح لكل شيء نراه. مع توسع الكون، سيبرد أيضًا، مما يسمح للأيونات ions والذرات المحايدة atomes neutres والجزيئات molécules والسحب الغازية nuages de gaz والنجوم étoiles وأخيراً المجرات galaxies بالتشكل. (الائتمان: NASA / CXC / M. Weiss)

لذلك فإن الكون الذي كان موجودًا لفترة أطول سوف يتوسع أكثر. سيكون أكثر برودة في المستقبل وكان أكثر دفئا في الماضي؛ كانت جاذبيته أكثر اتساقًا في الماضي وأكثر تكتلًا الآن؛ كانت أصغر في الماضي وسيكون أكبر بكثير في المستقبل.

من خلال تطبيق قوانين الفيزياء على الكون ومقارنة الحلول الممكنة مع الملاحظات والقياسات التي حصلنا عليها، يمكننا تحديد من أين أتينا وإلى أين نتجه. يمكننا استقراء تاريخنا حتى بداية الانفجار العظيم الساخن وحتى قبل ذلك، إلى فترة التضخم الكوني. يمكننا أيضًا استقراء كوننا الحالي في المستقبل البعيد والتنبؤ بالمصير النهائي الذي ينتظر كل ما هو موجود.



إن تاريخنا الكوني بأكمله مفهوم جيدًا من الناحية النظرية، ولكن فقط لأننا نفهم نظرية الجاذبية التي تكمن وراءها ولأننا نعرف المعدل الحالي للتوسع وتكوين الطاقة في الكون. سيستمر الضوء دائمًا في الانتشار عبر هذا الكون المتسع، وسنستمر في تلقي هذا الضوء بشكل تعسفي بعيدًا في المستقبل، لكنه سيكون ما يصل إلينا محدودًا زمنيًا. سنحتاج إلى التحقيق في اللمعان luminosités المنخفض والأطوال الموجية des longueurs d'onde الأطول للاستمرار في رؤية الأشياء المرئية حاليًا، لكن هذه قيود تكنولوجية وليست مادية أو فيزيائية. (الائتمان: نيكول راجر فولر / مؤسسة العلوم الوطنية)

عندما نرسم خطوط التقسيم بناءً على سلوك الكون، نجد أن هناك ست عهود مختلفة ستحدث.

العصر التضخمي Epoque inflationniste: الذي سبق وأسس الانفجار العظيم الساخن.

عصر الحساء البدائيL' ère de la soupe primordiale: من بداية الانفجار العظيم حتى حوث التفاعلات التحويلية النووية والجسيمية في الكون المبكر.

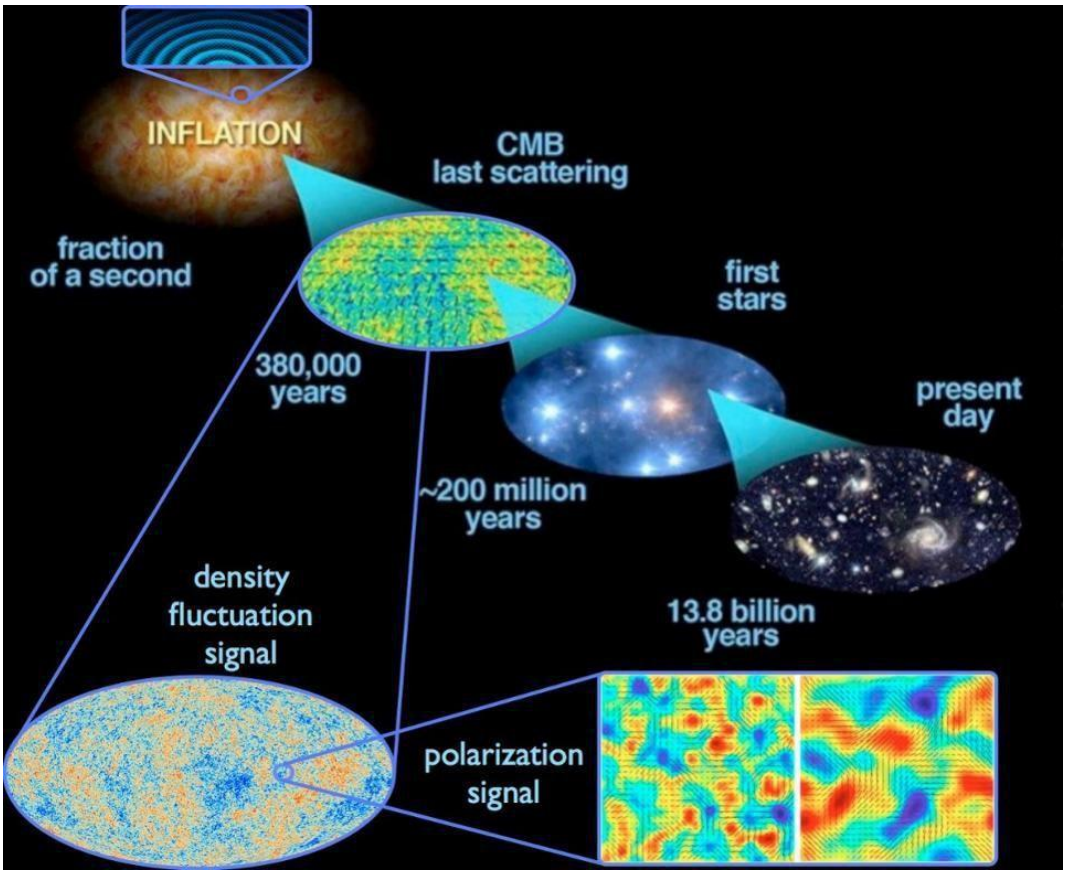
عصر البلازما L'ère du plasma: من نهاية التفاعلات النووية والجسيمية غير المشتتة حتى يبرد الكون بدرجة كافية لتكوين مادة محايدة بشكل مستقر.

عصر الظلام L'ère des ténèbres: من تكوين المادة المحايدة حتى النجوم والمجرات الأولى أعادت تأين réionisent الوسط المجري للكون.

العصر النجمي 5. Ère stellaire: من نهاية إعادة التأين réionisation حتى يتوقف التكوين ونمو الجاذبية أو النمو الثقالي la croissance gravitationnelle للبنية واسعة النطاق ، عندما تهيمن كثافة الطاقة السوداء أو المظلمة على كثافة المادةla densité de matière .

عصر الطاقة السوداء أو المظلمةL'ère de l'énergie noire: المرحلة الأخيرة من عالمنا، حيث يتسارع التوسع l'expansion s'accélère وتتحرك وتبتعد الأجسام المنفصلة بشكل لا رجوع فيه وبلا رجعة فيه.

لقد دخلنا بالفعل هذه الحقبة الأخيرة منذ مليارات السنين. لقد حدثت بالفعل معظم الأحداث المهمة التي ستحدد تاريخ كوننا.



تنتشر التقلبات الكمومية Les fluctuations quantiques التي تحدث أثناء التضخم l'inflation عبر الكون، وعندما ينتهي التضخم ، تغدو تقلبات في الكثافة. هذا يؤدي، بمرور الوقت، إلى بنية الكون واسعة النطاق اليوم، بالإضافة إلى تقلبات درجات الحرارة التي نشهدها في أشعة الخلفية الكونية الميكروية المنتشرة CMB. إنه مثال درامي لكيفية تأثير الطبيعة الكمومية للواقع على الكون بأسره على نطاق واسع. (الائتمان: إي سيغل؛ وكالة الفضاء الأوروبية / بلانك ومجموعة العمل المشتركة بين الوكالات التابعة لوزارة الطاقة / ناسا / NSF والمعنية بأبحاث CMB)

1.) العصر التضخميÈre inflationniste . قبل الانفجار العظيم الساخن، لم يكن الكون ممتلئًا بالمادة matière أو المادة المضادة d'antimatière أو المادة السوداء أو المظلمة matière noire أو الإشعاع rayonnement. لم يكن مليئاً بجزيئات particules من أي نوع. بدلاً من ذلك، كان مليئاً بشكل من أشكال الطاقة المتأصلة في الفضاء نفسهd'énergie inhérente à l'espace lui-même : شكل من أشكال الطاقة التي تسببت في توسع الكون بسرعة كبيرة وبلا هوادة، وبالتالي بشكل أسي de manière exponentielle.

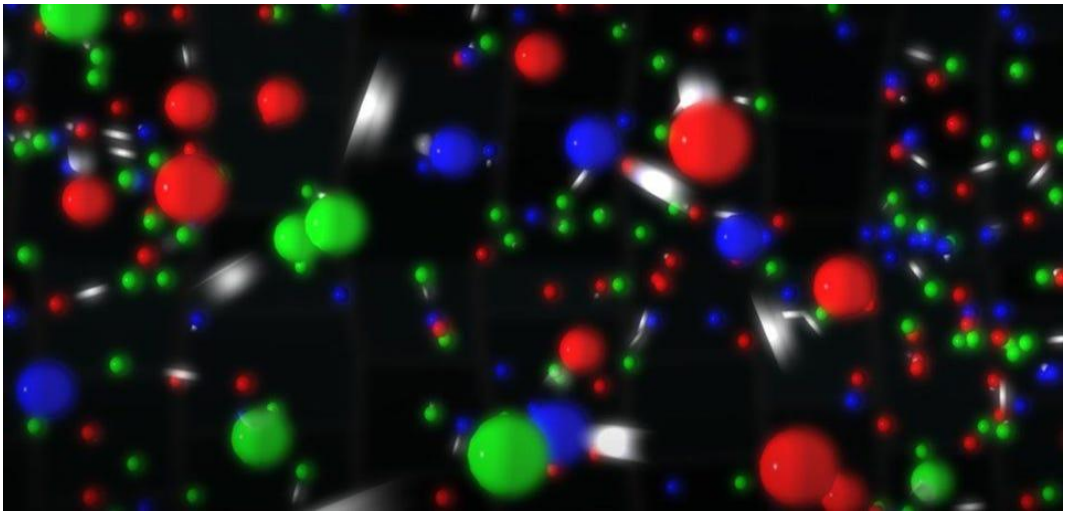
قامت هذه الطاقة بتمديد الكون étiré l’Univers، مهما كانت هندسته السابقة، إلى حالة لا يمكن تمييزها عن التباعد المسطح l’espacement plat.

لقد وسعت رقعة صغيرة من الكون المرتبطة سببيًا causalement connectée إلى واحدة أكبر بكثير من كوننا المرئي حاليًا: أكبر من الأفق السببي الحالي l'horizon causal actuel.

لقد أخذ كل الجسيمات التي ربما كانت موجودة هناك ووسعت الكون بسرعة كبيرة بحيث لم يبقى أي منها داخل منطقة بحجم كوننا المرئيUnivers visible .

كما أن التقلبات الكمية les fluctuations quantiques التي حدثت أثناء التضخم خلقت بذور الهيكل أو البنية الكونية les germes de la structure الأمر الذي أدى إلى ظهور شبكتنا الكونية réseau cosmique الواسعة اليوم.

ثم فجأة، قبل حوالي 13.8 مليار سنة، انتهى التضخم. كل هذه الطاقة، التي كانت متأصلة في الفضاء نفسه، تم تحويلها إلى جسيمات particules وجسيمات مضادة antiparticules وإشعاعات radiations. مع هذا التحول، انتهى عصر التضخم وبدأ الانفجار العظيم الساخن.

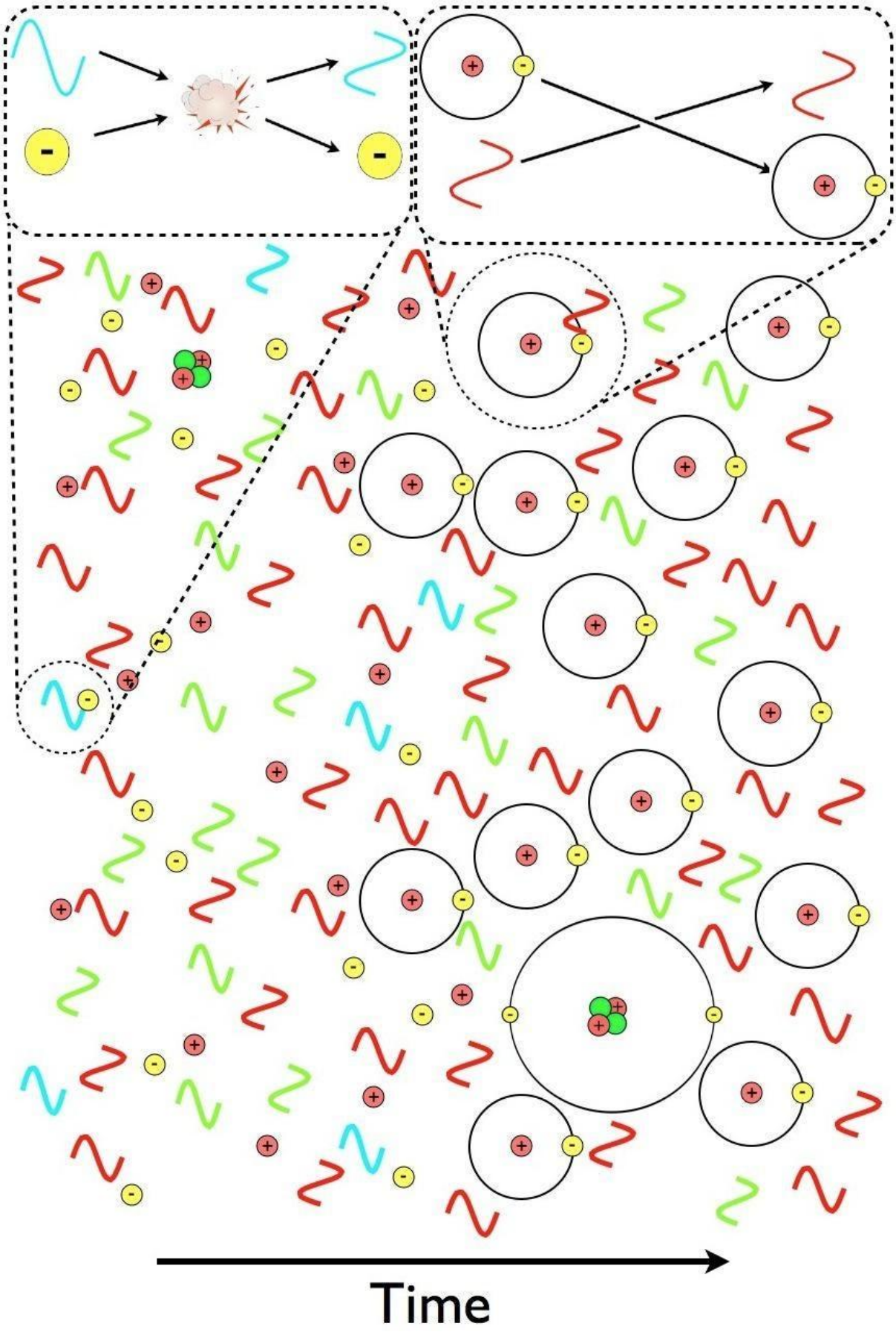


عند درجات الحرارة المرتفعة التي تم الوصول إليها في الكون الصغير جدًا، لا يمكن فقط تكوين الجسيمات والفوتونات تلقائيًا، مع طاقة كافية، ولكن أيضًا الجسيمات المضادة والجسيمات غير المستقرة، مما ينتج عنه حساء بدائي soupe primordiale من الجسيمات والجسيمات المضادة. ومع ذلك، حتى في ظل هذه الظروف، قد تظهر فقط بعض الحالات أو الجسيمات المحددة. (الائتمان: مختبر Brookhaven الوطني)

2.) عصر الحساء البدائيL'ère de la soupe primordiale . بمجرد امتلاء الكون المتسع بالمادة والمادة المضادة والإشعاع، سوف يبرد. عندما تصطدم الجسيمات، فإنها تنتج كل أزواج الجسيمات المضادة للجسيمات التي تسمح بها قوانين الفيزياء. يأتي القيد الرئيسي فقط من طاقات الاصطدامات المعنية، لأن الإنتاج محكوم بـمعادلة الطاقة والكتلة لآينشتاين $E = mc^2$.

عندما يبرد الكون، تتناقص الطاقة ويصبح من الصعب بشكل متزايد تكوين أزواج أكثر ضخامة من الجسيمات والجسيمات المضادة، لكن عمليات الإبادة والتفاعلات الجسيمية الأخرى تستمر بلا هوادة. بعد 1إلى3 ثوانٍ من الانفجار العظيم، اختفت المادة المضادة تمامًا تاركة المادة العادية فقط التي نعرفها ونتكون منها. بعد ثلاث إلى أربع دقائق من الانفجار العظيم، يمكن أن يتشكل الديوتيريوم المستقر deutérium stable ويحدث التخليق النووي la nucléosynthèse للعناصر الخفيفة éléments légers. وبعد قليل من التحلل الإشعاعي désintégrations radioactives وعدد قليل من التفاعلات النووية النهائية réactions nucléaires finales ، كل ما تبقى لنا هو بلازما متأينة plasma ionisé

ساخنة (لكنها في طور التبريد) تتكون من الفوتونات photons والنيوترينوات neutrinos والنوى أو النواتات الذرية noyaux atomiques والإلكترونات électrons.

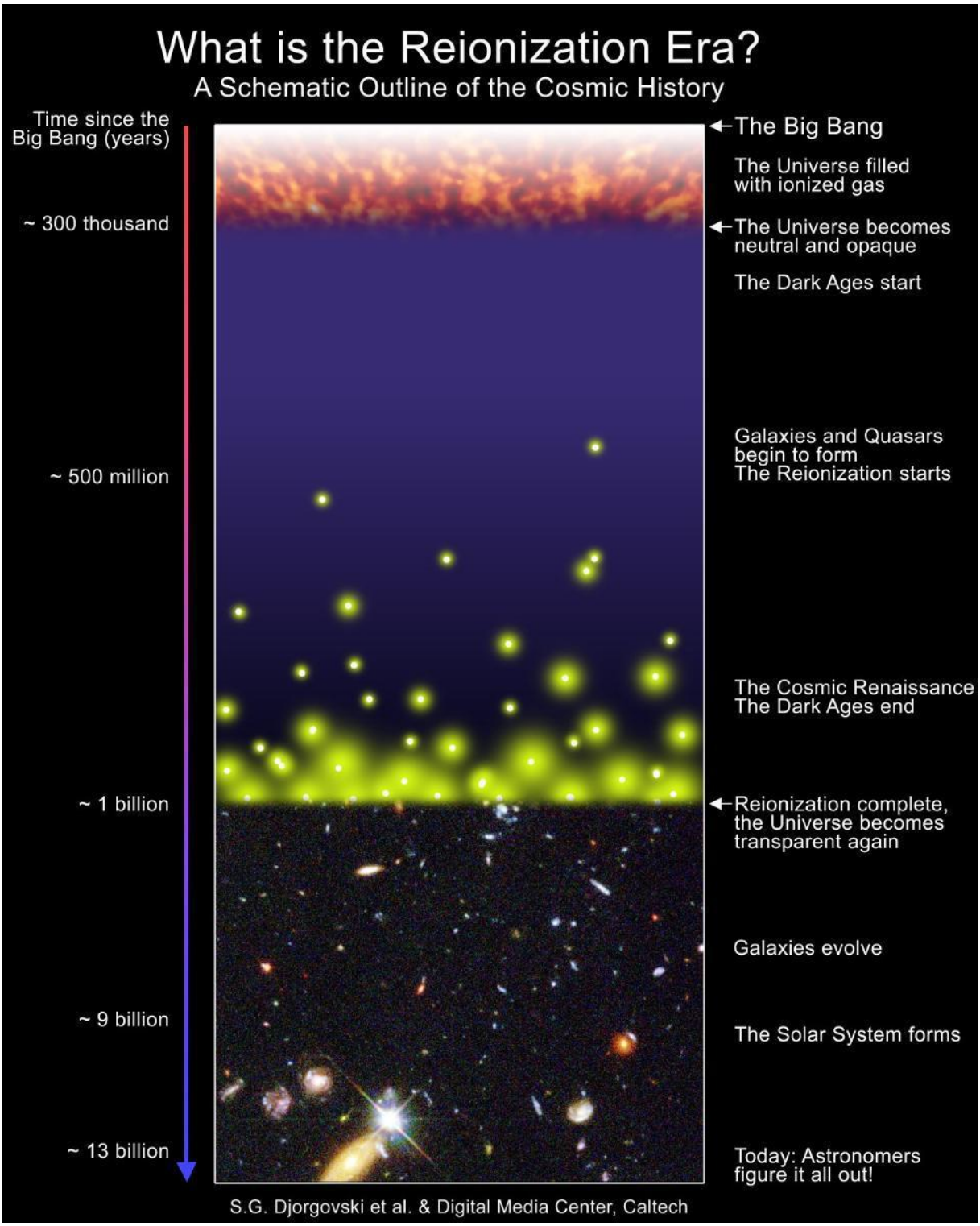

Time

في الصورة أعلاه، في الأوقات المبكرة (على اليسار)، تنتشر الفوتونات على الإلكترونات ولديها طاقة عالية كافية لإعادة أي ذرة إلى الحالة المتأينةétat ionisé . بمجرد أن يبرد الكون بشكل كافٍ ويخلو من مثل هذه الفوتونات عالية الطاقة photons de haute énergie (على اليمين)، لا يمكنها التفاعل مع الذرات المحايدة atomes neutres، وبدلاً من ذلك ببساطة يتدفقون بحرية، لأن لديهم الطول الموجي longueur d'onde الخاطئ لإثارة هذه الذرات إلى مستوى طاقة أعلى. (الائتمان: إي سيجل / ما وراء المجرة)

3.) عصر البلازماL'ère du plasma . بمجرد تشكل هذه النوى الضوئية، فإنها تكون الأجسام المشحونة موجبًا (كهربائيًا) الوحيدة في الكون، وهي موجودة في كل مكان. بالطبع، يتم موازنتها بمقدار متساوٍ من الشحنة السالبة على شكل إلكترونات. تشكل النوى والإلكترونات الذرات، لذلك قد يبدو من الطبيعي أن هذين النوعين من الجسيمات سوف يجتمعان على الفور معًا، ويشكلان الذرات ويمهدان الطريق للنجوم.

لسوء حظهم، فإن عدد الفوتونات يفوق عددهم - بأكثر من مليار إلى واحد. في كل مرة يصل إلكترون ورابطة نواة، يصل فوتون ذو طاقة عالية بدرجة كافية ويفصل بينهما. فقط عندما يبرد الكون بشكل كبير، من مليارات الدرجات الحرارية إلى بضعة آلاف من الدرجات، يمكن للذرات المحايدة أن تتشكل أخيرًا. (وحتى ذلك الحين، هذا ممكن فقط بسبب انتقال ذري خاصtransition atomique spéciale .)

في بداية عصر البلازما، سيطر الإشعاع على محتوى الطاقة في الكون. في النهاية، تهيمن عليها المادة السوداء أو المظلمة والعادية. هذه المرحلة الثالثة تأخذنا 380،000 سنة بعد الانفجار العظيم.

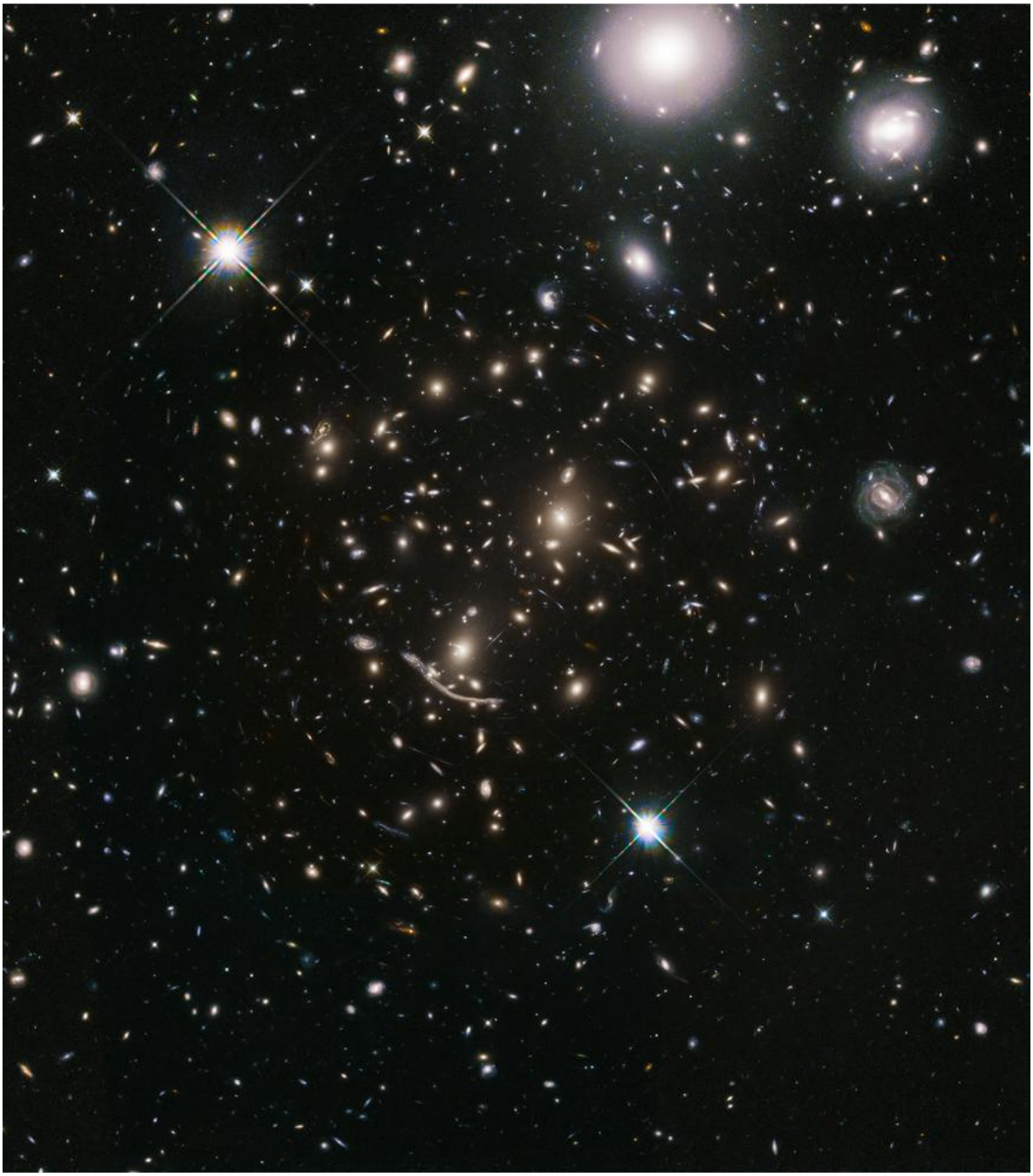


إعادة التأينréionisation : رسم تخطيطي لتاريخ الكون، مع إبراز إعادة التأين. قبل تكون النجوم أو المجرات، كان الكون مليئًا بالذرات المحايدة التي تحجب الضوء. في حين أن معظم الكون لا يعود إلى التأين إلا بعد 550 مليون سنة، مع وصول بعض المناطق إلى إعادة التأين الكامل عاجلاً ومناطق أخرى لاحقًا. بدأت الموجات الرئيسية الأولى لإعادة التأين بالحدوث منذ حوالي 250 مليون سنة، في حين أن

بعض النجوم المحظوظة قد تتشكل فقط من 50 إلى 100 مليون سنة بعد الانفجار العظيم. باستخدام الأدوات المناسبة، مثل تلسكوب جيمس ويب الفضائي، يمكننا البدء في الكشف عن المجرات الأولى. (Credit: SG Djorgovski et al.، Caltech. تم إنتاجه بمساعدة مركز Caltech Digital Media Center) كما في الصورة أعلاه.

4.) عصر العصور المظلمة L'ère de l'âge des ténèbres. يكون الكون عندئذ مليئاً بالذرات المحايدة، يمكن للجاذبية أن تبدأ أخيرًا عملية تكوين بنية في الكون. ولكن مع وجود كل هذه الذرات المحايدة حولنا، فإن ما نسميه حاليًا الضوء المرئي سيكون غير مرئي في السماء بأكملها. لماذا ا؟ لأن الذرات المحايدة، خاصة في شكل الغبار الكوني poussière cosmique، من الكثرة بمكان بحيث يقوم بحجب الضوء المرئي.

من أجل إنهاء هذه العصور المظلمة، يجب إعادة تأين الوسط بين المجرات. إنها تتطلب كميات هائلة من تشكل النجوم وأعدادًا هائلة من فوتونات الأشعة فوق البنفسجيةultraviolets ، وتتطلب وقتًا وجاذبية وبدء الشبكة الكونية. تحدث المناطق الرئيسية الأولى لإعادة التأين من 200 إلى 250 مليون سنة بعد الانفجار العظيم، لكن إعادة التأين لا تنتهي، في المتوسط ، حتى يبلغ عمر الكون 550 مليون سنة. في هذه المرحلة، يستمر معدل تشكل النجوم في الازدياد، وبدأت للتو عناقيد المجرات الضخمة الأولى في التكون.

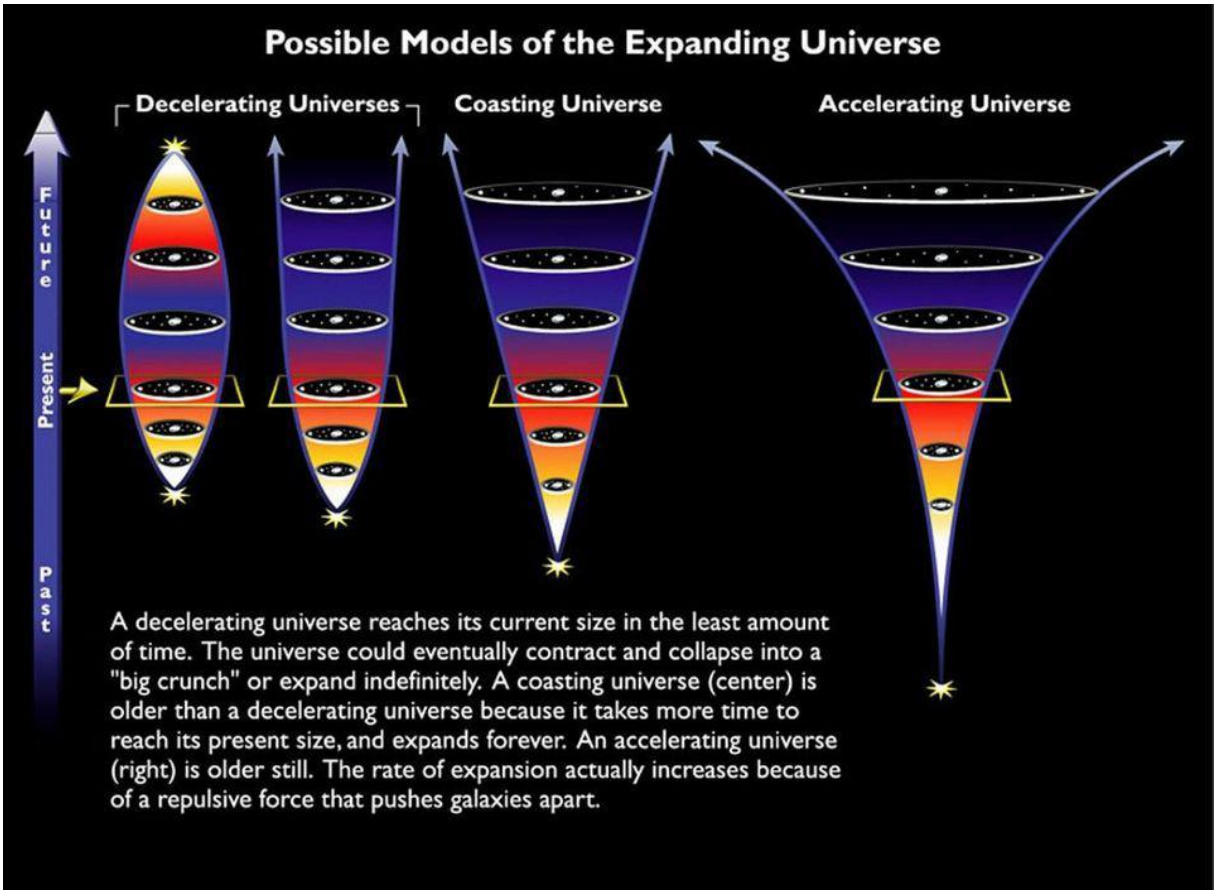


كانت مجموعة المجرات Abell 370، الموضحة أعلاه، واحدة من ستة مجموعات مجرية ضخمة تم تصويرها في برنامج Hubble Frontier Fields. كما تم استخدام المراصد الرئيسية الأخرى لتصوير هذه المنطقة من السماء أو الفضاء، وقد تم الكشف عن آلاف المجرات البعيدة جدًا. من خلال مراقبتهم مرة أخرى بعدسة متطورة وبرؤية علمية جديدة، سيحصل برنامج BUFFALO (ما وراء الحقول الحدودية العميقة للغاية والمراقبة القديمة Beyond Ultra-deep Frontier Fields And Legacy Observations) من هابل على مسافات لهذه المجرات، مما يسمح لنا بفهم أفضل لكيفية تشكل المجرات وتطورها وتطورها والتي نشأت في كوننا. عند دمجها مع قياسات الضوء داخل العنقودintracluster ، يمكننا الحصول على فهم أكبر ، من خلال خطوط متعددة من الأدلة على نفس البنية ، للمادة المظلمة بداخلها. (Credit: NASA، ESA، A. Koekemoer (STScI)، M. Jauzac (Durham University)، C. Steinhardt (Niels Bohr Institute)، and the BUFFALO team)

5.) العصر النجميÈre stellaire . بمجرد انتهاء العصور المظلمة، يصبح الكون شفافًا أمام ضوء النجوم. يمكن الآن الوصول إلى فترات الاستراحة العظيمة للكون. Les grands recoins du cosmos ، حيث تنتظر النجوم والعناقيد النجميةamas d'étoiles والمجرات وأكداس أو وعناقيد المجرات amas de galaxies والشبكة الكونية العظيمة المتنامية التي تنتظر من سيكتشفها. تهيمن المادة السوداء أو المظلمة والمادة الطبيعية على الكون بقوة، وتستمر الهياكل المرتبطة بالجاذبية في النمو أكثر فأكثر.

يزداد معدل تكوين النجوم أكثر فأكثر، ويبلغ ذروته بعد حوالي 3 مليارات سنة من الانفجار العظيم. في هذه المرحلة، تستمر مجرات جديدة في التكون، وتستمر المجرات الموجودة في النمو والاندماج، وتجذب عناقيد المجرات المزيد والمزيد من المادة. لكن كمية الغاز الحر في المجرات تبدأ في الانخفاض، حيث أدت الكميات الهائلة من تشكل النجوم إلى استنفاد كمية كبيرة منها. ببطء ولكن بثبات، فإن معدل تشكل النجوم آخذ في التناقص.

بمرور الوقت، سيتجاوز معدل الوفيات النجمية معدل المواليد، وهي حقيقة تضاعف من المفاجأة التالية: مع انخفاض كثافة المادة مع توسع الكون، يبدأ شكل جديد من الطاقة - الطاقة السوداء أو المظلمة - في الظهور والسيطرة. بعد حوالي 7 أو8 مليار سنة من الانفجار العظيم، تتوقف المجرات البعيدة عن إبطاء ارتدادها بالنسبة لبعضها البعض وتبدأ في التسارع مرة أخرى. الكون المتسارع يبدو جلياً. بعد ذلك بقليل، بعد 9.2 مليار سنة من الانفجار العظيم، أصبحت الطاقة السوداء أو المظلمة هي عنصر الطاقة المهيمن في الكون. في هذه المرحلة، حيث ندخل العصر الأخير من عمر الكون المرئي.

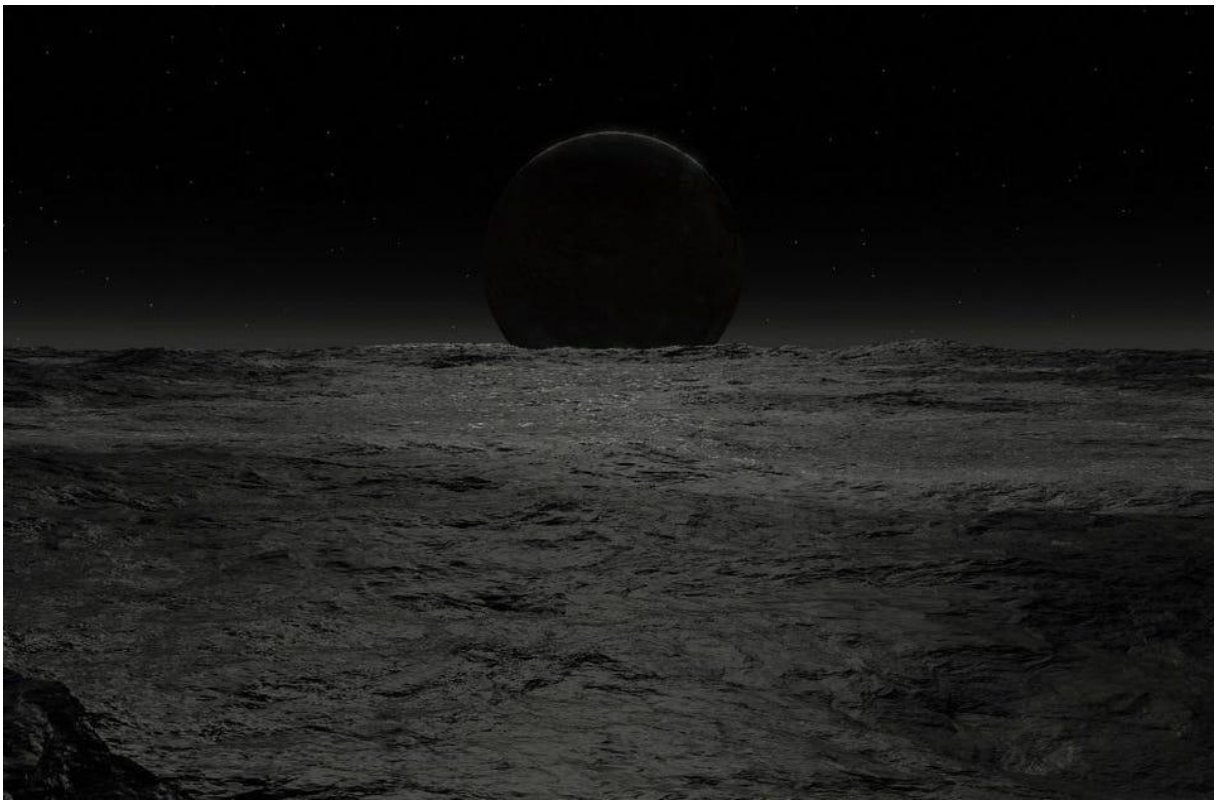


الطاقة المظلمةl'énergie noire : المصائر المختلفة المحتملة للكون، مع مصيرنا الحقيقي المتسارع الموضح إلى اليمين. بعد وقت كافٍ، سيترك التسارع كل بنية مجريةstructure galactique أو مجرية فائقة supergalactique المرتبطة تماماً معزولة في الكون، حيث ستتسارع جميع الهياكل الأخرى بشكل

لا رجعة فيه. يمكننا فقط أن ننظر إلى الماضي لاستنتاج وجود وخصائص الطاقة السوداء أو المظلمة، الأمر الذي يتطلب ثابتًاconstante واحدًا على الأقل، لكن آثاره أكثر أهمية للمستقبل. (الائتمان: وكالة ناسا ووكالة الفضاء الأوروبية)

6.) عصر الطاقة السوداء أو المظلمةÂge de l'énergie noire . بمجرد أن تهيمن الطاقة السوداء أو المظلمة، يحدث شيء غريب: يتوقف هيكل الكون الواسع النطاق عن النمو. ستبقى الأشياء التي كانت مرتبطة جاذبيًا ثقالياً gravitationnellement liés ببعضها البعض قبل هيمنة الطاقة السوداء أو المظلمة ستبقى مرتبطة لكن تلك التي لم تكن مرتبطة بعد في بداية عصر الطاقة السوداء أو المظلمة لن تكون كذلك أبدًا. بدلاً من ذلك، سوف يبتعدون ببساطة عن بعضهم البعض، ويقودون الوجود الانفرادي existences solitaires في الامتداد الكبير من العدم la grande étendue du néant.

الهياكل الفردية ذات الصلة أو المترابطة والمتصلة، مثل المجرات ومجموعات / عناقيد المجرات، ستندمج في النهاية لتشكل مجرة إهليلجية عملاقة une galaxie elliptique géante. النجوم الموجودة سوف تموت. سوف يتباطأ تشكل النجوم الجديدة إلى حد ضئيل ثم يتوقف؛ ستؤدي تفاعلات الجاذبية إلى إخراج معظم النجوم إلى هاوية مابين المجرات l'abîme intergalactique. سوف تتصاعد الكواكب بشكل حلزوني نحو نجومها الأم أو بقايا نجمية بسبب الاضمحلال بفعل إشعاع الجاذبية la désintégration par rayonnement gravitationnel. حتى الثقوب السوداء، ذات الأعمار الطويلة للغاية، سوف تتحلل في النهاية بسبب إشعاع هوكينغ rayonnement de Hawking.



بمجرد أن تصبح الشمس قزمًا أسودnaine noire ، إذا لم يقذف أي شيء أو يصطدم ببقايا الأرض، فإن شعاع الثقالة أو إشعاع الجاذبية le rayonnement gravitationnel سوف يدخلنا في دوامة الدوران

en spirale ويستمر يدور وأخيراً، يتمزق، وفي النهاية تبتلعه بقايا شمسنا. (الائتمان: جيف براينت / فيستابرو)

في النهاية، ستبقى النجوم القزمية السوداء les étoiles naines noires والكتل المعزولة les masses isolées الصغيرة جدًا بحيث لا يمكن أن تؤدي إلى اندماج نووي، وقليلة المحتويات ومنفصلة عن بعضها البعض في هذا الكون الفارغ الذي يتسع باستمرار. هذه الجثث النهائية ستظل موجودة حتى لسنوات طويلة، وستستمر حيث تظل الطاقة السوداء أو المظلمة هي العامل المهيمن في كوننا. طالما أن النوى الذرية المستقرة ونسيج الفضاء نفسه لا يخضعان لنوع من التفكك غير المخطط له، وطالما تتصرف الطاقة المظلمة لوحدها على نحو مماثل للثابت الكونيconstante cosmologique ، كما يبدو، فإن هذا المصير لا مفر منه.

هذه الحقبة الأخيرة من هيمنة الطاقة السوداء أو المظلمة قد بدأت بالفعل. أصبحت الطاقة السوداء أو المظلمة مهمة لتوسع الكون منذ 6 مليارات سنة وبدأت بالسيطرة على محتوى الطاقة في الكون في وقت قريب من ولادة شمسنا ونظامنا الشمسي. قد يكون للكون ست مراحل فريدة، ولكن بالنسبة لتاريخ الأرض كله، فقد كنا بالفعل في المرحلة الأخيرة. ألق نظرة فاحصة على الكون من حولنا. لن تكون أبدًا غنية جدًا - أو يسهل الوصول إليها - مرة أخرى على الإطلاق.