عجائب الكون

للكاتب :إبراهيم الراجي

كتاب يتحدى قدراتك الفكرية

الفهرس:

1:نظرية الاكوان المتعددة

2:نظرية الانفجار الكبير

3:نظرية سيفن هوكنغ حول الثقوب السوداء

4:الثقوب الدودية

5:الثقوب البيضاء

6:المادة المظلمة

7:تمدد الكون

الفصل الأول

نظرية الأكوان المتعددة

الأكوان المتعددة) بالإنجليزية (Multiverse :هي عبارة عن مجموعة إفتراضية متكونة من عدة أكوان - بما فيها الكون الخاص بنا - وتشكل معاً الوجود بأكمله. وفكرة الوجود متعدد الأكوان هو نتيجة لبعض النظريات العلمية التي تستنتج في الختام وجوب وجود أكثر من كون واحد، وهو غالباً يكون نتيجة لمحاولات تفسير الرياضيات الأساسية في نظرية الكم بعلم الكونيات. والأكوان العديدة داخل متعدد الأكوان تسمى أحياناً بالأكوان المتوازية Parallel Universes.والبنية لمتعدد الأكوان، وطبيعة كل كون وما بداخله، والعلاقة بين هذه الأكوان كل هذه تعتمد على النظرية المتبعة من بين عدة نظريات.

ونظرية تعدد الأكوان هو فرضية في علم الكونيات والفيزياء والفلك والفلسفة والمسائل الرياضية والخيال العلمي و اللاهوت .وقد تأخذ الأكوان المتوازية في هذا السياق أسماء أخرى كالأكوان البديلة أو الأكوان الكمية أو العوالم المتوازية.

إن تلسكوباتنا قادرة على رؤية ما أقصاه أقل من 14 مليار سنة ضوئية، لكن ماذا يوجد بعد ذلك؟ نعرف من كل ما توصل إليه العلماء بأن الكون نشأ من الانفجار العظيم، لكن ماذا كان هناك قبل ذلك؟ أسئلة حاول الفلاسفة ورجال الدين والمفكرون في مختلف العصور الإجابة عليها: ماذا يوجد فيما وراء كوننا الذي نراه؟ وكيف جاء الكون؟ ومن أين؟ يعتقد العلماء أننا اليوم قادرون على إعطاء تفسيرات منطقية ومتوازنة وبعيدة كل البعد عن الأفكار التي كانت سائدة في الماضي.

حتى وقت قصير مضى، كان كل ما يشغل العلماء هو دراسة الكون بما يحتويه وبما يحكمه من قوانين فيزيائية، وبما حدث بعد الانفجار العظيم قبل 13.8 مليار عام، أما الآن فقد بدأ العلم في اقتحام مجال كان حكراً على الفلسفة والأديان: ماذا كان هناك قبل ولادة الكون ؟ وماذا يوجد خارج نطاق حدوده المعروفة؟

كيف بدأت النظرية؟[عدل المصدر]

في عام1954 ، كان هناك مرشح لشهادة الدكتوراه من جامعة برنسيتون اسمه هيو إيفيرت جاء بفكرة جذرية: أنه يوجد أكوان متوازية، بالضبط شبه كوننا. كل هذه الأكوان على علاقة بنا، في الواقع هي أكوان متفرعة منا، وكوننا متفرع أيضاً من أكوان أخرى.

خلال هذه الأكوان المتوازية، حروبنا لها نهايات مختلفة عن ما نعرف، الأنواع المنقرضة في كوننا تطورت وتكيفت في الأكوان الأخرى، وفي تلك الأكوان ربما نحن البشر أصبحنا في عداد الفصائل المنقرضة.

إن طبيعة هذا التفكير يذهل العقل ولحد الآن ما يزال يمكن فهمه. الأفكار العامة عن الأكوان أو الأبعاد المتوازية التي تشبهنا ظهرت في أعمال الخيال العلمي، لكن لماذا يقوم فيزيائي شاب ذو مستقبل بالمخاطرة بمستقبلِهِ المهني عن طريق تقديم نظرية عن الأكوان المتوازية؟

كان إيفريت بتقديم نظريته عن الأكوان المتوازية يحاول الإجابة عن سؤال صعب متعلق بفيزياء الكم: لماذا الأجسام الكمية تتصرف بشكل غير منضبط؟ إن المستوى الكمى هو أصغر ما أكتشف العلم حتى الآن. دراسة فيزياء الكم بدأت في عام1900 ، حينما قدم العالم ماكس بلانك هذا المفهوم لأول مرة على المجتمع العلمى. دراسات بلانك للإشعاع دفعت نحو بعض الاكتشافات التي تتعارض مع قوانين الفيزياء التقليدية. هذه الاكتشافات اقترحت وجود قوانين مختلفة في هذا الكون، تعمل على المستويات العميقة غير تلك القوانين التي نعرفها.

في المدى القصير، الفيزيائيين الذين قاموا بدراسة مستوى الكم لاحظوا أشياء غريبة عن هذا العالم. أولاً، الجزيئات الموجودة في هذا المستوى تأخذ أشكالاً مختلفة بشكل اعتباطي. على سبيل المثال، العلماء لاحظوا أن الفوتونات (رزم صغيرة من الضوء) تتصرف كجسيمات وكأمواج! حتى الفوتون المفرد يقوم بهذا التناوب في الحالة. تخيل أنك ظاهر وتتصرف كإنسان صلب حينما ينظر إليك صديق، لكن حينما يلتفت إليك ثانيةً تكون تحولت إلى غاز!

عُرف بمبدأ عدم اليقين لهايزنبرج. الفيزيائي "فيرنر هايزنبرج" اقترح أنه بمجرد ملاحظة المادة الكمية، فنحن نؤثر في سلوكها. وبالتالى، فنحن

لا يمكن أن نتأكد تماماً من طبيعة الشئ الكمي ولا صفاتهِ المميزة، مثل السرعة والموقع.

هذه الفكرة تم دعمها بتفسير كوبنهاغن لميكانيكا الكم .هذا التفسير طرحه الفيزيائي الدنماركى "نيلز بور"، أن الجسيمات الكمية لا تتواجد على حالة واحدة معينة أو على حالة أخرى، لكن في كل هذه الحالات المحتملة في نفس الوقت. إجمالي مجموع الحالات للشئ الكمى يسمى بدالة الموجة wave function.وحالة الشئ الموجود في كل حالاته الممكنة في نفس الوقت، تسمى بالوضع الفائق.superposition

طبقا لبور، حينما نقوم بملاحظة شيء كمي، فنحن نؤثر في سلوكه. الملاحظة تقوم بكسر حالة الوضع الفائق للشئ وتجبره على اختيار حالة واحدة من دالة الموجة الخاصة به. تفسر هذه النظرية لماذا يحصل الفيزيائيين على قياسات متضاربة من نفس الشئ الكمي: فالشيء الكمي يختار حالات مختلفة أثناء عمليات القياس المتتالية.

تم قبول تفسير بور على نطاق واسع، واحتفظ بقبول غالبية مجتمع علماء الكم. ولكن بعد حين، أخذت نظرية العوالم المتعددة لإيفريت بعض الاهتمام الجدي.

متعدد الأكوان في نظرية العوالم المتعددة][عدل المصدر]

Many worlds theory

هيو إيفيرت الشاب اتفق مع ما اقترحه الفيزيائي القدير نيلز بور عن عالم الكم. هو وافق على فكرة الوضع الفائق وأيضاً فكرة دالة الموجة. لكن إيفيرت اختلف مع بور في نقطة حيوية أخرى.

بالنسبة لإيفريت، فقياس الشئ الكمى لا يجبره على اتخاذ حالة معينة أو أخرى. وبدلاً من ذلك، فقياس الشئ الكمى يسبب تفرع حقيقى في الكون. فالكون تم نسخه تماماً إلى كونين، وكل واحد من الكونين يمثل نتيجة محتملة للقياس. على سبيل المثال، لنفترض أن دالة الموجة لشئ ما هي كلاً من جسيم وموجة. حينما يقوم الفيزيائي بقياس هذا الشئ، فهناك نتيجتين محتملتين: إما أن يلاحظ هذا الشئ كجسيم أو كموجة.

حينما يقوم الفيزيائي بملاحظة الشئ، ينقسم الكون إلى كونين اثنين لتلبية كلاً من الاحتمالين. وعلى ذلك، فالعالم الفيزيائي في أحد الكونين وجد أن الشئ تم قياسه على أنه موجة. أما العالم الفيزيائي المشابة في الكون الآخر فقد قاس الشئ على أنه جسيم. وهذا أيضاً يفسر لماذا يتم قياس الشئ الواحد على أكثر من حالة.

هذا الفارق، هو ما يجعل نظرية العوالم المتعددة لإيفريت منافسة لتفسير كوبنهاغن، كتفسيرين لميكانيكا الكم.

على قدر الإثارة التي قد تبدو عليها، فنظرية العوالم المتعددة لإيفريت لها معانى ضمنية بعد المستوى الكمى. فلو هناك حدث له أكثر من نتيجة محتملة، إذن - لو نظرية إيفيرت صحيحة- الكون سيتفرع حينما يتم هذا الحدث. وهذا يحدث حقيقةً حتى لو اختار الفرد أن لا يقوم بأي فعل.

وهذا يعنى أنك لو تعرضت لموقف يكون فيه الموت نتيجة محتملة، إذن ففى كون موازى لنا، أنت ميت. هذا مجرد سبب واحد يجعل البعض يشعر بالانزعاج تجاه نظرية العوالم المتعددة.

الوجه الآخر المزعج أيضاً في تفسير العوالم المتوازية أنه يهدم مفهومنا الخطى عن الزمن. تخيل أن خط الزمن يعرض تاريخ حرب فيتنام. فبدلاً من خط زمنى مستقيم يعرض أحداث جديرة بالملاحظة تتقدم للأمام، فخط الزمن حسب نظرية العوالم المتعددة يتفرع ليعرض كل نتيجة محتملة لكل حدث تم. ومن هنا، كل نتيجة محتملة لحدث تم، ستؤرخ.

لكن الشخص لا يستطيع أن يكون مدرك لتوائمه الآخرين - أو حتى موته شخصياً- الموجودة في أكوان موازية. إذن كيف نستطيع أن نعرف أن نظرية العوالم المتعددة صحيحة؟ التأكيد على أن هذه النظرية ممكنة نظرياً، حدث في التسعينيات عن طريق تجربة فكرية thought experiment) تجربة متخيلة تستخدم لإثبات أو تفنيد فكرة ما نظرياً) اسمها الانتحار الكمى.quantum-suicide

هذه التجربة الفكرية جددت الاهتمام بنظرية إيفيرت. التي اعتبرت هراءً لسنوات عديدة. ومنذ أن تم إثبات إمكانية العوالم المتعددة، توجه

الفيزيائيين والرياضيين إلى البحث في المعانى الضمنية للنظرية في العمق. لكن نظرية العوالم المتعددة ليس النظرية الوحيدة التي تريد أن تشرح الكون. وأيضاً ليست الوحيدة التي تقترح وجود أكوان موازية لنا. وفي الجزء التالي سنقرأ معاً عن نظرية الأوتار string theory وأيضا يمكن ان نجد اشباه لنا في الأكوان الموازية.

متعدد الأكوان في نظرية الأوتار].عدل المصدر[

String theory

نظرية العوالم المتعددة وتفسير كوبنهاغن ليسوا المتنافسين الوحيدين في محاولة شرح المستوى الأولى من الكون. في الحقيقة، حتى ميكانيكا الكم ليست المجال الوحيد في الفيزياء الذي يبحث عن مثل هذه الشرح.
النظريات التي ظهرت من دراسة الفيزياء تحت الذرية ما زالت نظريات. وتسبب هذا في أن مجال الدراسة انقسم بكثرة بنفس طريقة عالم علم النفس. النظريات لها مؤيدين ونقاد، مثل ما يحدث في أطر علم النفس المقدمة من كارل يونغ وألبرت إليس وسيجموند فرويد. لقد انشغل الفيزيائيين بعد تطور العلوم بعكس هندسة الكون reverse engineering، ودرسوا ماذا يمكن أن يلاحظوا وعملوا من الخلف تجاه مستويات أصغر وأصغر في العالم الفيزيائي. ويحاول الفيزيائيون بذلك أن يصلوا للمستوى النهائي والأكثر أولية. وهو المستوى، الذي يأمل الفيزيائيين أن يساعدهم على تأسيس فهم كل شيء آخر.

بعد نظريته الشهيرة عن النسبية، قضى ألبرت أينشتين بقية حياته باحثاً عن المستوى النهائي الذي سيجيب على كل الأسئلة الفيزيائية. أشار الفيزيائيون إلى هذه النظرية الشبحية باسم نظرية كل شيء Theory of Everything.فيزيائيو الكم يعتقدون أنهم على طريق اكتشاف هذه النظرية النهائية. لكن مجال آخر من الفيزياء يعتقد أن المستوى الكمى ليس هو المستوى الأصغر، ولذلك هو لا يمكن أن يمدنا بنظرية كل شيء. بدلاً من ذلك، تحول هؤلاء الفيزيائيون إلى مستوى نظرى تحت الكم، يسمى نظرية الأوتار، من أجل الإجابة على كل ما في الحياة. الشئ المدهش أن هؤلاء الفيزيائيون خلال أبحاثهم النظرية أيضاً استنتجوا - مثل إيفيرت- وجود الأكوان المتوازية!

نظرية الأوتار أنشئت بواسطة الفيزيائي اليابانى-الأمريكي ميشيو كاكو. نظريته تقول أن كتل البناء الأساسية لكل المواد وأيضاً لكل القوى الفيزيائية في الكون - مثل الجاذبية- موجودة في مستوى تحت الكم. هذه الكتل البنائية تشبه أربطة مطاطية صغيرة جداً - أو أوتار- وهي التي تصنع الكواركات (جسيمات كمية)، وتباعاً الإلكترونات، والذرات، والخلايا وهكذا. ويتحدد بالضبط أي نوع من المادة ينتج بواسطة الأوتار وكذلك سلوك هذه المادة، حسب تذبذب هذه الأوتار. وتتذبذب الأوتار فتؤدي إلى نشوء القوى المختلفة الحاكمة للكون. بهذه الطريقة فإن كوننا بأكلمه عبارة عن عزف موسيقى. ووفقاً لنظرية الأوتار فهذا العزف يحدث عبر 11 بُعد منفصل.

مثل نظرية العوالم المتعددة، فنظرية الأوتار تُظهر وجود الأكوان المتوازية.

فهذه الأبعاد تلتف حول نفسها بحيث لا ندركها في عالمنا. وبما أن الكون يحتوي على هذه الأبعاد المختلفة بهندساتها العديدة والمتنوعة، وعلماً بأن قوانين الطبيعة تعتمد على هندسة الطبيعة، فمن المتوقع أن تُشكِّل هذه الأبعاد العديدة أكواناً مختلفة في قوانينها وحقائقها. هكذا تؤدي نظرية الأوتار إلى نتيجة أنه توجد أكوان عديدة ومختلفة. بالإضافة إلى ذلك، يشير كاكو إلى حقيقة أنه تم اكتشاف بلايين من الحلول لمعادلات نظرية الأوتار، وكل حلّ من هذه الحلول يصف كوناً متناسقاً رياضياً ومختلفاً عن الأكوان الأخرى التي تصفها الحلول الأخرى للنظرية. هكذا، تدل نظرية الأوتار على وجود أكوان عدة.

وفقاً للنظرية، فكوننا يشبه فقاعة بجانب أكوان موازية شبيهة. وعلى نقيض نظرية العوالم المتعددة، فنظرية الأوتار تفترض أن هذه الأكوان يمكنها أن تكون على اتصال مع بعضها البعض. نظرية الأوتار تقول أن الجاذبية يمكنها التدفق بين هذه الأكوان المتوازية. وحينما تتفاعل هذه الأكوان فإنه ينشأ انفجار كبير مثل الذي خلق كوننا.

حينما يستطيع الفيزيائيون صنع آلة تستطيع رصد المواد الكمية، فالأوتار تحت الكمية ستظل بعيدة عن الملاحظة، وهذا يجعلهم - وبالتالى النظرية

القائمة عليهم- نظريين كليةً. البعض رفض هذا، والبعض الآخر يعتقد أنه صحيح..

مستويات الأكوان المتوازية[عدل المصدر]

قام العالم ماكس تيجمارك بفحص النظريات الفيزيائية المتضمنة أكواناً متوازية، والتي تكوّن أربع مستويات طبيعية هرمية للوجود متعدد الأكوان، بشكل يزيد فيه التنوع كلما تقدمنا:

المستوى الأول: مناطق وراء أفقنا الكوني[عدل المصدر]

الكون يتمدد إلى مالانهاية وبنيته لها نفس الصفة... خارج هذه الكرة التي هي كوننا أو الحدود المشكلة له، توجد كرات لأكوان أخرى لانهائية أيضاً في حدودها وعددها

- خصائصها: تنطبق عليها نفس القوانين الفيزيائية، لكن مع اختلاف في الظروف الأولية.
- الافتراضات: فضاء غير محدود، تتوزع فيه المادة الكونية ايرجوديكياً ergodic.
- الأسانيد:

1. قياسات الموجات المايكروية تشير إلى تسطح، وفضاء لا متناهي، ونعومة واسعة النطاق.
2. النموذج الأبسط.

المستوى الثاني: فقاعات أخرى متضخمة-المركز[عدل المصدر]

الكون عبارة عن فقاعة كروية متواجدة في كون "أكبر" محتوي على عدد من الأكوان الأخرى أو "الفقاعات" الأخرى. وهكذا

- خصائصه: نفس المعادلات الأساسية للفيزياء، ولكن ربما بثوابت وعناصر وأبعاد مختلفة.
- الافتراضات: حدوث التضخم الفوضوي.
- الأسانيد:

1. نظرية التضخم تفسر الفضاء المستوي، والتذبذبات ثابتة المقدار، وتحل مشكلة الأفق ومشاكل القطب الواحد ويمكن أن تفسر طبيعياً مثل هذه الفقاقيع.
2. تفسر الثوابت المضبوطة.

المستوى الثالث: العوالم المتعددة لفيزياء الكم][عدل المصدر]

حسب نظرية العالم هيو إيفيريت فإن وقوع أي حدث عشوائي معناه أن احتمال من ضمن عدة احتمالات أخرى قد وقع... مما يؤدي بنا إلى القول أن الاحتمالات الأخرى قد تكون وقعت في أكوان موازية لكوننا... أي أن هناك كون لكل احتمال من الاحتمالات المتوقعة

- خصائصه: شبيهه بخصائص المستوى الثاني.
- الافتراضات: وحدوية الفيزياء.
- الأسانيد:

1. دعم تجريبي للفيزياء الوحدوية.
2. النموذج الأبسط رياضياً.

المستوى الرابع : تراكيب رياضية أخرى][عدل المصدر]

- خصائصه: معادلات الفيزياء الأساسية مختلفة.
- الافتراضات: الوجود الرياضي = الوجود الفيزيائي.
- الأسانيد:

1. التأثير غير المعقول للرياضيات في الفيزياء.
2. تجاوب على سؤال ويلر وهوكينغ: " لماذا هذه المعادلات بالذات، وليس غيرها؟"

مقتطفات مفيدة][عدل المصدر]

إحدى الملاحظات المهمة التي لاحظها العلماء انه لا يوجد مكان محدد للإلكترون فعند دراسة الذرة هناك شواهد على وجود الأجسام الذرية في أكثر من مكان واحد في نفس الوقت

وفسر ذلك بوجود عوالم متوازية بالبلايين بحيث يظهر الجزيء الذري في مكان آخر وتظهر جزيئات ذريه من عوالم أخرى في كوننا بعلاقات غير مفهومة.

.....

ويعتقد بعض العلماء أن نموذج تداخل الفوتون المفرد - الملاحظ في تجربة الشق المزدوج - من الممكن تفسيره بتداخل الفوتونات عبر العوالم المتعددة.

.....

ثمة مثال آخر ألا وهو سر "المادة الخفية" في الكوسمولوجيا (علم الكونيات)، والمادة الخفية هي المادة غير المرئية والتي يبدو أنها تكوّن تسعين في المئة من كتلة الكون. ورغم أنها غير مرئية إلا أن العلماء تعرفوا على وجودها من تأثير جاذبيتها. فقد تكون المادة الخفية موجودة في أكوان متوازية. وتؤثر مثل هذه المادة في الكون الذي نعيش فيه من خلال قوة الجاذبية التي حسب نظرية الأوتار تستطيع التدفق بين الأكوان المتوازية. وهذه المادة "خفية" بالضرورة لأن النوعية الخاصة بنا من الفوتونات تلتصق بغشائنا، وبالتالي يتعذر على الفوتونات أن تنتقل عبر الخواء من المادة الموازية إلى أعيننا.

.....

الواقع هناك أكثر من طريق يوصلنا إلى العوالم المتوازية. ليس فقط تمكن العلماء من حل الغموض في نظرية الأوتار التي تقودنا إلى وجود أكوان أخرى ولكن تصرف مكونات الذرة التي من الممكن أن تكون في أكثر من مكان في نفس الوقت.

بالإضافة إلى هذين الطريقين يوجد أيضا تساؤل مشروع وهو لماذا توقفت الثوابت الكونيه عند أرقام معينه مثل ثابت الجاذبيه والقانون العام للغازات وغيرها من الثوابت الكثيرة. يعني أنه لابد أن تكون هذه الثوابت لها قيم مختلفه في العوالم الأخرى بحيث تكون هذه القيم لها صور لا متناهيه.

ما هو حل جذر واحد سالب مثلا. رقم حقيقي يدخل تحت الجذر فيصبح نوع من السحر. كمية نستخدمها ونحتاجها ولكننا لا نفهمها. ماذلك إلا لأنها موجوده في كون آخر له رياضيات مختلفه ولهذا الجذر هناك معنى واضح.

.....

وماذا يقول الفيزيائي ميشيو كاكو منشئ نظرية الأوتار؟

يقول إنه بمجرد السماح لإمكانية نشوء عالم واحد، نفتح الباب أمام احتمال نشوء عوالم ممكنة ولا متناهية. بالنسبة إلى ميكانيكا الكمّ، الإلكترون لا يوجد في مكان مُحدَّد بل يوجد في كل الأمكنة الممكنة حول نواة الذرة. لكن الكون كان أصغر من الإلكترون (عند بداية الانفجار الكبير الذي تشكل منه الكون)، وإذا طبقنا ميكانيكا الكمّ على الكون ككل، تصبح النتيجة أن الكون يوجد في كل الحالات العديدة والمختلفة والممكنة في آنٍ معاً. وهذه الحالات الممكنة والمختلفة ليست سوى الأكوان العديدة. من هنا، يستنتج كاكو أنه لا مفر من الاعتراف بإمكانية وجود الأكوان الممكنة. هذه الأكوان التي نتحدث عنها ليست المجرات المختلفة في عالمنا، بل المجرات جزء من عالمنا الواقعي بالذات. إن الأكوان الممكنة قد تشبه عالمنا وقد تختلف عنه، وبعض هذه الأكوان الممكنة تختلف في قوانينها الطبيعية وحقائقها وظواهرها عن الأكوان الممكنة الأخرى وعن عالمنا الذي نحيا فيه.

.....

ويتفق الفيزيائي روجر بنروز مع الآخر استيفين هوكنج أن تطبيق ميكانيكا الكم على الكون تكون نتيجته العوالم المتعددة. رغم أنه يعتقد أن النقص الحالى في نجاح نظرية الجاذبية الكمية (نظرية تحاول توحيد ميكانيكا الكم مع النسبية العامة) يبطل إدعاء عالمية ميكانيكا الكم التقليدية.

.....

ويقول لي سمولين الباحث في معهد بريميتر للفيزياء النظرية أن الأكوان المختلفة تمر بمراحل مشابهة لتلك الخاصة بتطور الكائنات الحية؛ ففي

كل مرة يولد فيها كون من كون آخر، تتغير القوانين الفيزيائية قليلا... هكذا، قد تنشأ أكوان بقوانين فيزيائية عدائية وتكون نهايتها هي الفناء: فإما أن تنهار فوراً على نفسها، أو أن يكون فيها عدد خاطئ من الأبعاد، أو لعدم تمكن تلك الأكوان من احتواء ثقوب سوداء والتي بواسطتها يتمكن كون معين من "حفظ نوعه "... لكن، بالطبع بعض الأكوان تولد بقوانين فيزيائية تسمح بتكون النجوم وبالتالي تسمح بوجود الثقوب السوداء التي تؤدي بدورها إلى ولادة أكوان "صغيرة."

و كما قال العالم ستيفن هوكنغ: "لو كان الكون مختلفاً، لما كنا هنا لنسأل: لماذا نحن هنا؟"

هل عثرنا على الأكوان الأخرى؟[عدل المصدر]

علماء موجات الراديوالفلكي تمكنوا من العثور على منطقة فارغة، مساحتها تتجاوز كل المناطق الفارغة التي عثرنا عليها في السابق. هذه المنطقة الفارغة تقع عنا على بعد حوالي 8 مليارات سنة ضوئية، ويصل قطرها إلى مالايقل عن مليار سنة ضوئية.

ليست هذه هي المرة الأولى التي يلاحظ فيها العلماء منطقة فارغة. نحن نعلم بوجود حوالي 30 منطقة هائلة تمتد على مساحة بضعة ملايين السنوات الضوئية. المنطقة المكتشفة حديثا أكثر كبرا حتى بالمقارنة مع الكون المرئي. وهي من الكبر إلى درجة ان علماء الفيزياء المعنيين بالانفجار العظيم يجدون صعوبة في تفسير الأمر.

الآن تعتقد مجموعة من علماء الفيزياء الأمريكان انهم عثروا على تفسير مناسب، بالرغم من انها مثيرة للدهشة. حسب هؤلاء العلماء فأن هذه البقعة عبارة عن بصمة كون آخر تضغط على جدار عالمنا. مجموعة باحثين على رأسهم Laura Mersini-Houghton من جامعة ساوث كارولينا. لورا تقول: "علم الكونيات التقليدى لا يستطيع تفسير فجوة كونية هائلة كتلك". وقد اشارت حساباتهم إلى أن هذه المنطقة الفارغة نشأت بتأثير ارتطام عالمنا بالعالم الجار له في لحظة مبكرة من نشوئه. الكون المجاور قام بدفع الأجسام الكونية في المنطقة التي اصطدم بها في كوننا بحيث أنها أصبحت خالية أو تحوي اجسام كونية اقل. لو كان هذا

صحيحاً فإنه يعطى الدليل التجريبى الأول على الأكوان المتوازية مع النماذج النظرية الموجودة مسبقاً. وهو أيضاً يدلل ًعلى نظرية الأوتار. هذه المجموعة من العلماء تدعى وجود نتائج قابلة للاختيار، حيث أنه لو كانت نظرية الأكوان المتوازية صحيحة فسيكون هناك فراغ مشابه في نصف الكرة الجنوبي من الكرة السماوية[1].

استطلاع رأي][عدل المصدر[

أن الفرضيات الشبيهة بفرضية العوالم المتعددة تعتبر الآن اتجاه عام في مجتمع ميكانيكا الكم. على سبيل المثال، اقتراح تم بين 72 من الفيزيائيين البارزين، قام به الباحث الأمريكي ديفيد روب في عام 1995 ونشر في الدورية الفرنسية Sciences et Avenir في يناير من عام 1998، أشار إلى أن 60 % تقريباً يعتقدون أن نظرية العوالم المتوازية حقيقية.

الاعتقاد بوجود أكوان أخرى هو من محض التخمين، ولا يمكن الإجابة على هذا السؤال بالبحث العلمي والطرق العملية إذ أننا نعيش في كوننا الذي نعرفه ونحاول دراسته وتفسير ظواهره، ونحن " محبوسون" فيه. ولا تزال تشغلنا أمور فيزيائية واقعية وليست تخمينا، لم نتوصل حتى الآن في حلها، فنحن لا زلنا لا نعرف ما هيالمادة المظلمة، ولا نعرف ما هي الطاقة المظلمة، ولا نعرف كيف حدث الانفجار العظيم ؟ من "لا شيئ"!

الفصل الثاني
نظرية الانفجار الكبير

الانفجار العظيم (بالإنجليزية Big Bang): في علم الكون الفيزيائي هو النظرية السائدة حول نشأة الكون.[1] تعتمد فكرة النظرية أن الكون كان في الماضي في حالة حارة شديدة الكثافة فتمدد، وأن الكون كان يومًا جزءا واحدا عند نشأته. بعض التقديرات الحديثة تُقدّر حدوث تلك اللحظة قبل 13.8 مليارسنة، والذي يُعتبر عمر الكون.[2] وبعد التمدد الأول، بَرَدَ الكون بما يكفي لتكوين جسيمات دون ذريةكالبروتونات والنيترونات والإلكترونات .ورغم تكوّن نويّات ذرية بسيطة خلال الثلاث دقائق التالية للانفجار العظيم، إلا أن الأمر احتاج آلاف السنين قبل تكوّن ذرات متعادلة كهربيًا. معظم الذرات التي نتجت عن الانفجار العظيم كانت من الهيدروجين والهيليوم مع القليل من الليثيوم .ثم التئمت سحب عملاقة من تلك العناصر الأولية بالجاذبية لتُكوّن النجوم والمجرات، وتشكّلت عناصر أثقل من خلالتفاعلات الانصهار النجمي أو أثناء تخليق العناصر في المستعرات العظمى.

تُقدّم نظرية الانفجار العظيم شرحاً وافياً لمجموعة واسعة من الظواهر المرئية التي تشاهد وترصد بتلسكوبات ضخمة وتلسكوبات فضائية مختلفة، بما في ذلك وفرة من ارصاد الإشعاعات الكونية والخلفية الإشعاعية للكون والبنية الضخمة للكون وقانون هابل.[3] ونظرًا لكون المسافة بين المجرات تزداد يوميًا، فبالتالي كانت المجرات في الماضي أقرب إلى بعضها البعض. ومن الممكن استخدام القوانين الفيزيائيةلحساب خصائص الكون كالكثافة ودرجة الحرارة في الماضي بالتفصيل.[4][5][6] وبالرغم من أنه يمكنللمسرعات الكبيرةللجسيمات استنساخ تلك الظروف، لتأكيد وصقل تفاصيل نموذج الانفجار العظيم ، إلا أن تلك المسرعات لم تتمكن حتى الآن إلا البحث في الأنظمة عالية الطاقة .وبالتالي، فإن حالة الكون في اللحظات الأولى للانفجار العظيم مبهمة وغير مفهومة، ولا تزال مجالاً للبحث. كما لا تقدم نظرية الانفجار العظيم أي شرح للحالة الأولية قبل الانفجار العظيم، بل تحاول تفسير نشأة وتطور الكون منذ تلك اللحظةالأولى بعد الانفجار؛ إذ بالانفجار يبدأ الزمان والمكان، ولا ترى الفيزياء زمنا قبل الانفجار العظيم ، فقد بدأ به الزمن من وجهة الفيزيائيين.

قدّم الكاهن الكاثوليكي والعالم البلجيكي جورج لومتر الفرضية التي أصبحت لاحقًا نظرية الانفجار العظيم عام 1927. ومع مرور الوقت، انطلق العلماء من فكرته الأولى حول تمدد الكون لتتبُّع أصل الكون، وما الذي أدى إلى تكوّن الكون الحالي. اعتمد الإطار العام لنموذج الانفجار العظيم على نظرية النسبية العامة لأينشتاين، وعلى تبسيط فرضيات كتجانس نظم وتوحد خواص الفضاء. وقد صاغ ألكسندر فريدمان المعادلات الرئيسية للنظرية، وأضاف فيليم دي سيتر صيغ بديلة لها. وفي عام 1929، اكتشف إدوين هابل أن المسافات إلى المجرات البعيدة مرتبطة بقوة بانزياحها الأحمر .استُنتج من ملاحظة هابل أن جميع المجرات والعناقيد البعيدة لها سرعة ظاهرية تختلف عن فكرتنا بأنها كلما بَعُدت، زادت سرعتها الظاهرية، بغض النظر عن الاتجاه.[7]

ورغم انقسام المجتمع العلمي يومًا بين نظريتي تمدد الكون بين مؤيد لنظرية الانفجار العظيم، ومؤيد لنظرية الحالة الثابتة،[8] إلا أن التأكيد بالملاحظة والرصد على صحة سيناريو الانفجار العظيم جاء مع اكتشاف الخلفية الإشعاعية للكون عام 1964، واكتشاف أن طيف تلك الخلفية الإشعاعية يتطابق مع الإشعاع الحراريللأجسام السوداء .منذ ذلك الحين، أضاف علماء الفيزياء الفلكية إضافات رصدية ونظرية إلى نموذج الانفجار العظيم، وتمثيلها الوسيطي كنموذج لامبدا-سي دي إمالذي هو بمثابة إطار للأبحاث الحالية في علم الكونيات النظري.

يقودنا تتبع تمدد الكون عبر الزمن إلى حقيقة أن الكون كان في الماضي في حالة شديدة الكثافةوالحرارة.[13] ويشير هذا التفرد إلى تعطّل تطبيق النسبية العامة، فلا يمكننا تتبع حالة التفرد تلك على وجه اليقين أكثر من فترة نهاية حقبة بلانك .ويسمى هذا التفرد أحيانًا "الانفجار العظيم"،[14]ولكن هذا المصطلح قد يشير أيضًا إلى الحالة الأولى (1)التي كانت أكثر حرارة وكثافة،[15] التي تعتبر لحظة ميلاد الكون. وبناءً على قياسات التمدد مقارنةً بنموذج مستعر أعظم من النوع أوقياسات التقلبات الحرارية في الخلفية الإشعاعية للكون وقياسات الارتباط بين المجرات، أمكن حساب عمر الكون وتقديره بنحو 13.798 ± 0.037 مليار سنة.[16] وقد أدى التوافق بين هذه القياسات الثلاثة المستقلة عن بعضها

البعض إلى دعم نموذج لامبدا-سي دي إم بقوة، والذي يصف بالتفصيل محتويات الكون.

التضخم الكوني ونشأة الباريونات[عدل]

- **مقالات مفصلة**: التضخم الكوني

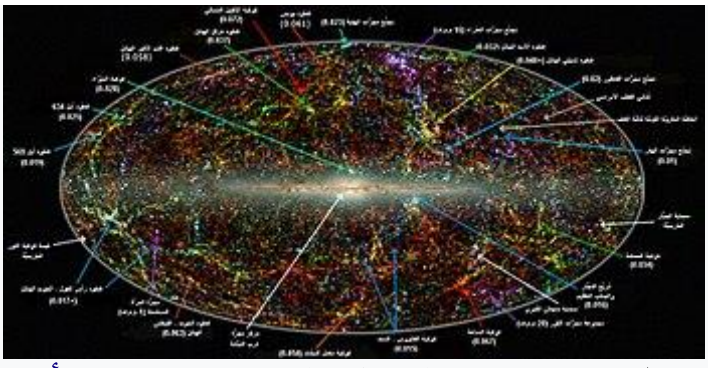
- نشأة الباريونات

تخضع الأطوار الأولى للانفجار العظيم للعديد من التكهنات. ففي النماذج الأكثر شيوعًا، كان الكون ممتلئًا بصورة متجانسة وقياسية بجسيمات ذات كثافة طاقة ودرجات حرارة وضغوط هائلة، وأنه تمدد وبَرُد بسرعة فائقة. وخلال ما يقرب من 10^{-37} ثانية في التمدد، تسبب تحول طوري فيتضخُّم الكون ونموه نموًا أُسيًا.[17] وبعد توقف التضخم، تألّف الكون من بلازما كوارك-غلوونية، وغيرها من جميع الجسيمات الأولية الأخرى.[18] كانت درجات الحرارة في تلك الحالة مرتفعة حتى تسنّى تحرك الجزيئات عشوائيًا وفق سرعات نسبية، ونتجت أزواج ومضاداتها من كل نوع بصفة مستمرة، بل وتلاشى بعضها عبر الاصطدامات. وفي مرحلة ما، حدث تفاعل يسمى بنشأة الباريونات لم يحافظ على رقم باريون، مما أدى إلى وجود فائض صغير جدًا من الكواركاتو الليبتونات يفوق مضادات الكوارك ومضادات الليبتونات بنحو جزء واحد من 30 مليون جزء. أدى ذلك إلى هيمنة المواد على المواد المضادة في الكون الحالي.[19]

التبرد[عدل]

- **مقالات مفصلة**: تخليق الانفجار العظيم النووي

- الخلفية الإشعاعية للكون



منظر بانورامي لكامل الكون باستخدام أشعة تحت حمراء تُظهر توزيع المجرات خارج درب التبانة. المجرات مقسّمة لونيًا وفق انزياحها الأحمر.

ظلت كثافة الكون وحرارته في انخفاض، وبالتالي تناقصت طاقة أي من جسيماته. ثم نقلت الأطوار الانتقالية كسر تناظر القوى الأساسية للفيزياء ومتغيرات الجسيمات الأولية إلى وضعها الحالي.[20]ففي خلال حوالي 10^{-11}ثانية، أصبحت حالة الكون أكثر استقرارًا، حيث انخفضت طاقات الجسيمات إلى القيم التي يمكن تحقيقها في تجارب فيزياء الجسيمات .وفي حوالي 10^{-6} ثانية، تجمّعت الكواركات والغلوونات لتكوين الباريونات مثل البروتونات والنيوترونات. أدى فائض صغير من الكواركات مقابل مضادات الكوارك إلى فائض صغير من الباريونات مقابل مضادات الكوارك. وبانخفاض درجات الحرارة، لم تعد درجة الحرارة تكفي لتكوين أزواج جديدة من البروتون-مضاد البروتون وكذلك أزواج النيوترونات-مضادات النيوترونات، لذا نتجت على الفور عمليات تلاشيضخمة، تبقى منها فقط واحد من كل 10^{10} 10من البروتونات والنيوترونات الأصلية، لم يتبق أي من مضاداتها. كذلك حدثت عملية مشابهة خلال ثانية واحدة للإلكترونات والبوزيترونات. وبعد عمليات التلاشي تلك، توقفت باقي البروتونات والنيوترونات والإلكترونات عن التحرك بنسبية، وشكّلت الفوتونات غالبية كثافة طاقة الكون (مع مساهمة بسيطة من النيوترينوات.(

وخلال دقائق من تمدد الكون، عندما كانت درجة الحرارة حوالي مليار كلفن والكثافة تساوي تقريبًا كثافة الهواء، توحّدت النيوترونات مع البروتونات لتشكيل ديوتريوماتالكون وأنوية ذرات الهيليوم في عملية تسمى تخليق الانفجار العظيم النووي.[21]وظلت معظم البروتونات

منفصلة كأنوية لذرات الهيدروجين. ومع تبرُّد الكون، سيطرت جاذبية إشعاع الفوتونات على كثافة طاقة الكتلة الباقية من المادة. وبعد حوالي 379,000 سنة، اتحدت الإلكترونات مع أنوية الذرات (معظمها من الهيدروجين)؛ وبالتالي انفصل الإشعاع عن المادة، وانطلق في الفضاء دون عوائق إلى حد كبير. وتعرف بقايا هذا الإشعاع باسم الخلفية الإشعاعية للكون.[22]

تشكل البنية[عدل]

. **مقالة مفصلة**: تشكل البنية

على مدى فترة طويلة من الزمن، تجاذبت المناطق الأكثر كثافة من المادة شبه الموزعة بتجانس قليلاً نحو المادة، وبالتالي نمت بكثافة أكبر، وتشكّلت سحب غازية ونجوم ومجرات وبقية أجزاء البنية الفلكية الأخرى التي يمكن ملاحظتها اليوم. اعتمدت تفاصيل تلك العملية على كمية ونوع مادة الكون. وتنقسم أنواع المادة إلى مادة مظلمة باردة ومظلمة دافئة ومظلمة حارة وباريونة .وقد أظهرت أفضل القياسات المتاحة (من خلال مسبار ويلكينسون لقياس اختلاف الموجات الراديوية (أن البيانات تتوافق بشكل جيد مع فرضية نموذج لامبدا-سي دي إم التي تفترض أن المادة المظلمة كانت باردة (حيث اختفت المادة المظلمة الدافئة في وقت مبكر أثناء حقبة إعادة التأين[23])، وقدّرت أنها تُشكّل حوالي 23٪ من نسبة المادة/طاقة الكون، بينما تُشكّل المادة الباريونية حوالي 4.6٪.[24] وفي "نموذج التمدد" الذي يتضمن مادة مظلمة ساخنة في شكل نيوترينوات، إذا كانت "الكثافة الفيزيائية للباريون $\Omega_b h^2$" تقدر بحوالي 0.023 (وهي تختلف عن "كثافة الباريون Ω_b" التي يُعبّر عنها كجزء من النسبة الإجمالية لكثافة المادة/الطاقة، والتي أُشير إليها أعلاه بحوالي 0.046)، وكثافة المادة المظلمة الباردة المصاحبة $\Omega_c h^2$ حوالي 0.11، فإن كثافة النيوترينو المصاحب تُقدّر بأقل من 0.0062.[24]

تسارع تمدد الكون[عدل]

. **مقالة مفصلة**: تسارع تمدد الكون

رصد للمجموعة المجرية أبيل 2744 بواسطة مرصد هابل الفضائي.[25]

هناك دلائل مستقلة من رصد المستعرات العظمى من الدرجة Ia والخلفية الإشعاعية للكون تُظهر أن الكون اليوم تسيطر عليه شكل غامض من الطاقة تعرف باسم الطاقة المظلمة التي تتخلل كامل الفضاء. وتُقدّر نتائج الرصد أن 73٪ من كثافة الطاقة الكلية للكون اليوم تتواجد في تلك الصورة من الطاقة. ومن المرجّح أن الكون في بداية نشأته كان مغمورًا بالطاقة المظلمة، ولكن مع تضايق المساحة وتقارب كل شيء من بعضه البعض، سيطرت الجاذبية، وكبحت تمدد الكون ببطء. وفي نهاية المطاف، وبعد عدة مليارت من سنوات تمدد الكون، تسبب تزايد الطاقة المظلمة في تسارع تمدد الكون ولكن ببطء. وتتخذ الطاقة المظلمة في أبسط صيغها هيئة مصطلح الثابت الكوني في معادلات أينشتاين للمجال في النسبية العامة، ولكن تكوينها وآليتها غير معروفين، وبشكل أعم، ما زالت تفاصيل معادلة حالتها وعلاقتها مع نظرية النموذج العياري لفيزياء الجسيمات قيد البحث رصديًا ونظريًا.[26]

كل هذا التطور الكوني بعد حقبة التضخم الكوني يمكن وصفها بدقة وفق نموذج لامبدا-سي دي إم، الذي يستخدم الأطر المستقلة لميكانيكا الكم والنسبية العامة لأينشتاين. وكما أشير أعلاه، لا يوجد نموذج موثوق يصف ما حدث قبل 10^{-15} ثانية من نشأة الكون. ويبدو أن هناك حاجة إلى نظرية جاذبية كمية موحدة جديدة لكسر هذا الحاجز لفهم تلك الحقبة من تاريخ الكون، والتي تعد حاليًا إحدى أعظم المسائل التي لم تُحلّ في الفيزياء.

الافتراضات الضمنية[عدل]

تعتمد نظرية الانفجار الكبير على فرضيتين رئيسيتين: شمولية القوانين الفيزيائية والمبدأ الكوني الذي يفترض أنه في المقاييس الكبيرة، يُوصف الكون بأنه فضاء متجانس ومُوحّد الخواص .كانت تلك الأفكار في البداية من المُسلّمات، ولكن اليوم هناك جهود لاختبار كل منها. فعلى سبيل المثال، فإن الفرضية الأولى تم اختبارها من خلال الرصد الذي أظهر أن أكبر انحراف محتمل لثابت البناء الدقيق خلال جزء كبير من عمر الكون يُقدّر بنحو 10.$^{-5}$[27] كما استخدمت النسبية العامة لعمل اختبارت صارمة على مقاييس النظام الشمسي والنجوم الثنائية.

وإذا افترضنا أن الكون متجانس الخواص كما يُرى من الأرض، فإن المبدأ الكوني يمكن استنتاجه من مبدأ كوبرنيكوس البسيط، الذي ينص على أنه لا يوجد أفضلية. ولذا، فقد تم التحقق من صحة المبدأ الكوني إلى مستوى 10 $^{-5}$عبر رصد الخلفية الإشعاعية للكون. كما تم قياس تجانس الكون على المقاييس الأكبر حتى مستوى 10٪.[28]

تمدد الفضاء[عدل]

- **مقالات مفصلة** :إحداثيات روبرتسون-ووكر

- تمدد الكون

تصف النسبية العامة الزمكان وفق نظام متري، يمكن من خلاله تحديد المسافات التي تفصل أي نقطة عن نقطة قريبة. هذه النقاط قد تكون مجرات أو نجوم أو أشياء أخرى، هذه النقاط نفسها يتم تحديدها باستخدام متعدد شعب أو "شبكة" تشمل كل الزمكان .ينص المبدأ الكوني أن هذا النظام المتري يجب أن يكون متجانس ومُوحّد الخواص في المقاييس الكبيرة يمكن تمييزه باستخدام إحداثيات روبرتسون-ووكر .هذه الإحداثيات تحتوي على مقياس يصف تغيّر حجم الكون عبر الزمن، مما يسّر اختيار نظام إحداثي مناسب يدعى مسافة المسايرة .وفق هذا النظام الإحداثي تتمدد الشبكة بتمدد الكون، وتبقى الأجسام التي تتحرك بتمدد الكون في مواضع ثابتة على الشبكة، وتبقى مسافاتها الإحداثية) مسافات المسايرة (ثابتة، في الوقت الذي تتزايد فيه المسافات الفعلية بين الأجسام إطراديًا بتمدد الكون.[29]

لا يعد الانفجار العظيم انفجارًا للمادة يتحرك نحو الخارج لملء كون فارغ. ولكن بمرور الوقت يتمدد الكون في كل إتجاه وتتزايد المسافات الفعلية بين الأجرام السماوية ، وهذا ما تشير إليه الأرصاد الفلكية الحديثة. ونظرًا لكون إحداثيات روبرتسون-ووكر تفترض توزيعًا منتظمًا للكتلة والطاقة، فإنها تنطبق فقط على القياسات الكبيرة، أما النطاقات المحدودة من المادة مثل مجرتنا المترابطة تجاذبيًا فلا تنطبق عليها نظرية التمدد واسع النطاق كما في الفضاء خارج مجرتنا.

الآفاق[عدل]

من الخواص الهامة لزمكان الانفجار العظيم هو وجود الآفاق. ونظرًا لحقيقة أن الكون له عمر محدد، وأن الضوء ينتقل بسرعة محددة، فقد تكون هناك أحداث حدثت في الماضي لم يتوفر لها الوقت ليتمكن ضوئها من الوصول إلينا، مما جعل هناك حدًا للمسافة الأفقية التي يمكن رصدها. على العكس، نظرًا لتمدد الفضاء، تبتعد الأجسام البعيدة بسرعة أكبر من أي وقت مضى، وقد لا يُدرك الضوء المنبعث بواسطتنا اليوم أبدًا الأجسام البعيدة للغاية. فبالتالي، يُمكن تعريف *الأفق المستقبلي* بأنه الأفق الذي يحدد الأحداث المستقبلية التي سنتمكن من التأثير فيها. لذا فإن وجود أي نوع من الآفاق يعتمد على تفاصيل نموذج إحداثيات روبرتسون-ووكر الذي يصف كوننا. كما أن فهمنا للكون يعتمد على افتراضنا وجود أفق قديم في العصور السحيقة، على الرغم من أنه واقعيًا نظرتنا أيضًا محدودة لغموض الكون في لحظاته الأولى، أي أن رؤيتنا لا يمكنها أن تمتد إلى هذا الماضي البعيد، كما أنه إذا استمر الكون في التسارع، سيكون هناك أفق مستقبلي.[30]

التاريخ[عدل]

انظر أيضًا: خط زمني لعلم الكون

التسمية[عدل]

كان الفلكي الإنجليزي فريد هويل أول من أطلق مصطلح "الإنفجار العظيم" (Big Bang) بالإنجليزية: خلال مقابلة له مع هيئة الإذاعة البريطانية سنة 1949 م. ومن الشائع بين الناس أن هويل الذي كان

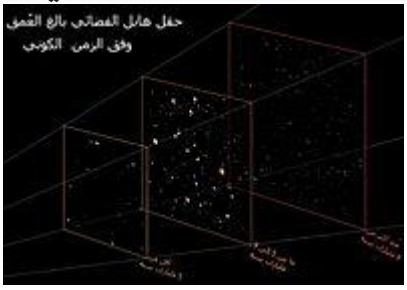
يفضل نموذج" الحالة الثابتة "الكوني، كان يقصد من تلك التسمية السخرية، إلا أن هويل نفسه نفى ذلك صراحةً، وقال أن التسمية كانت للفت النظر وتسليط الضوء على الفرق بين النموذجين لمستمعي الراديو.[31][32][33]

التطور[عدل]

حقل هابل العميق الأقصى(XDF)

صورة (*XDF*) مقارنة مع حجم للقمر، عدة آلاف من المجرات كل منها تتكون من مليارات النجوم في مساحة العرض الصغيرة.

صورة (*XDF*) التقطت عام 2012 يظهر فيها عدة بُقَع من الضوء كل منها يُمثّل مجرة بعضها عمره نحو 13.2 مليار سنة،[34]ويُقدّر عدد مجرات الكون بحوالي 200 مليار مجرة



صورة (*XDF*) تُظهر مجرات مكتملة في الإطار الأول عمرها أقل من 5 مليار سنة، وأخرى شبه مكتملة عمرها بين 5 إلى 9 مليار سنة في الإطار الثاني، ومجرات بدائيةمصحوبة بنجوم ملتهبة عمرها أكثر من 9 مليار سنة في الإطار الثالث.

تطورت نظرية الانفجار العظيم من خلال رصد بنية الكون والأبحاث النظرية. ففي سنة 1912 م، قام فيستو سليفر بأول قياس لتأثير دوبلر للسديم الحلزوني هو مُسمّى قديم للمجرات الحلزونية)، وسرعان ما اكتشف أن تقريبًا جميع تلك السُدُم كانت منحسرة عن الأرض، في الوقت الذي كان فيه نزاع شابلي-كورتيس المثير للجدل محتدمًا حول ما إذا كانت هذه السدم "أكوان جُزُرية" خارج مجرتنا درب التبانة.[35][36] وبعد عشر سنوات، استنتج عالم الكون الفيزيائي والرياضياتي الروسي ألكسندر فريدمان معادلات فريدمان من معادلات أينشتاين للمجال، مُبيّنًا أن الكون قد يكون يتمدد مُخالفًا بذلك نموذج الكون الساكن التي كان أينشتاين يؤيدها وقتئذ.[37] وفي سنة 1924 م، أظهر قياس إدوين هابل لمسافة أقرب السدم الحلزونية، أن تلك النظم هي بالتأكيد مجرات أخرى. وبصورة مستقلة، استنتج الكاهن الكاثوليكي والفيزيائي جورج لوميتر عام 1927 معادلات فريدمان، وتوصّل إلى أن انحسار السدم يُستدل منه على تمدد الكون.[38] وفي سنة 1931 م، ذهب لوميتر أبعد من ذلك وافترض أنه نتيجة التمدد الواضح للكون، فلا بد لو عُدنا بالزمن أن نجد في لحظة ما كانت كل مادة الكون مجتمعة في نقطة ما على هيئة "ذرة بدائية" عندها بدأ الزمن والفضاء في النشوء.[39]

بداية من سنة 1924 م، وضع هابل سلسلة من مؤشرات المسافة التي سبقت وضع سلم المسافات الكونية مستخدمًا مقراب هوبر الذي قطره 100-بوصة (2,500 مم) في مرصد جبل ويلسون .سمح له ذلك بتقدير المسافات إلى المجرات التي كان انزياحها الأحمر قد قِيس بالفعل، أغلبها بواسطة سيفلر. وفي سنة 1929 م، اكتشف هابل وجود علاقة بين المسافة وسرعة الانحسار (يعرف الآن بقانون هابل)،[7][40] وهو ما توقعه لوميتر وفقًا للمبدأ الكوني.[26]

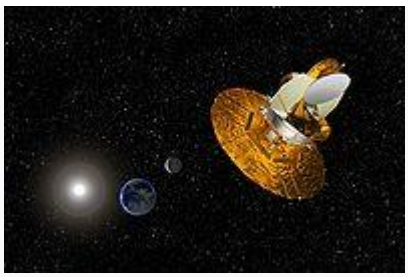
في عشرينيات وثلاثينيات القرن الماضي، كان معظم علماء الكون الفيزيائي البارزين من مؤيدي فرضية الحالة الثابتة السرمدية للكون، وتذمّر العديد منهم من القول بأن نشأة الزمن نتيجة انفجار عظيم مستوحى من مفاهيم دينية، وهو الاعتراض الذي ردده مؤيدو نظرية الحالة الثابتة فيما بعد.[41] عزّز هذا التصور حقيقة أن مُنشأ نظرية الانفجار العظيم هو الكاهن الروماني الكاثوليكي جورج لوميتر.[42] كان آرثر ستانلي إدنغتون من المؤمنين برأيأرسطو أن الكون ليس له بداية زمنية، وأن المادة أصلها سرمدي، مما جعله يبغض فكرة نشأة الزمن.[43][44] أما لوميتر، فقد اعتقد بأنه» :إذا كان العالم قد بدء بكمّ واحد، فإن مفاهيم المكان والزمان لن يكون لها معنى عند نشأة العالم؛ وستبدأ فقط في أن يكون لها معنى معقول عند انقسام الكمّ الأصلي إلى عدد كاف من الكمّات. وإذا كانت هذه الفرضية صحيحة، فستكون أسطورة الخلق قد حدثت قبل وقت قليل من بداية الزمان والمكان.[45] «وخلال الثلاثينيات، ظهرت أفكار أخرى غير قياسية لتفسير أرصاد هابل، ومنها نموذج ميلن[46] والكون المتذبذب) اقترحه فريدمان في البداية، ثم دافع عنه ألبرت أينشتاين وريتشارد تولمان([47] وفرضية الضوء المُرهق لفريتز زفيكي.[48]

بعد الحرب العالمية الثانية، ظهرت فرضيتان متميزتان. الأولى نظرية الحالة الثابتة لفريد هويل؛ إذ وفقًا لها فإنه لا بد من تولُّد مادة جديدة في حالة تمدد الكون. يفترض هذا النموذج أن الكون يبقى كما هو في أي وقت من الزمن.[49]والثانية كانت نظرية الانفجار العظيم للوميتر التي دافع عنها وطوّرها جورج جاموف الذي وضع فكرة تخليق الانفجار العظيم النووي(BBN) ،[50] والذي شارك رالف ألفر وروبرت هيرمان في التكهن بوجود الخلفية الإشعاعية للكون.(CMB) [51] ومن المفارقات، أن هويل هو من صاغ العبارة التي جاء منها اسم نظرية لوميتر، عندما أشار إليها بقوله» :فكرة هذا *الانفجار العظيم* «خلال مقابلته مع راديو هيئة الإذاعة البريطانية في مارس 1949 م.[32] ولفترة من الوقت، انقسم المؤيدون بين هاتين النظريتين. وفي نهاية المطاف، أعطت الأدلة الرصدية أفضلية للانفجار العظيم في مقابل الحالة الثابتة. كان اكتشاف وتأكيد وجود الخلفية الإشعاعية للكون سنة 1964

م[52] حاسمًا في جعل نظرية الانفجار العظيم أفضل نظرية حول أصل ونشأة الكون. يسعى الكثير من العمل الحالي في علم الكونيات إلى فهم كيفية تكوّن المجرات وفق نظرية الانفجار العظيم، ومحاولة فهم فيزياء الكون في الأزمنة السحيقة، والتوفيق بين الأرصاد والنظرية الأساسية.

في نهاية عقد التسعينيات، تحقق تقدم كبير في تفسير الانفجار العظيم نتيجة تقدم تقنيات المقراب وتحليل البيانات المستخلصة عبر الأقمار الصناعية مثل مستكشف الخلفية الكونية[53] ومرصد هابل الفضائي ومسبار ويلكينسون لقياس اختلاف الموجات الراديوية.[54] ولدى علماء الكون الآن قياسات مُحكمة ودقيقة إلى حد ما لكثير من متغيرات نموذج الانفجار العظيم، مكّنتهم من الاكتشاف غير المتوقع بأن تمدد الكون يبدو كما لو كان يتسارع.

أدلة رصدية[عدل]



تصوُّر فني للقمر الصناعي مسبار ويلكينسون لقياس اختلاف الموجات الراديويةالذي يجمع بيانات لمساعدة العلماء على فهم الانفجار العظيم.

> إن صورة الانفجار العظيم ترسّخت بقوة بالبيانات التي جُمعت من كل منطقة بهدف إثبات فساد خصائصه العامة.
> ـــــلورنس كراوس[55]

إن أقدم الأدلة الرصدية وأكثرها صراحةً في إثبات فعالية نظرية الانفجار العظيم هو تمدد الكون وفق قانون هابل)مُمثّلاً في الانزياح الأحمر للمجرات)، واكتشاف وقياس الخلفية الإشعاعية للكون والوفرة النسبية للعناصر الخفيفة الناتجة عن تخليق الانفجار العظيم النووي .أما الأدلة الأحدث، فقد شملت رصد تشكل وتطور المجرات، وتوزيعالكون المرصود،[56] وأحيانًا يُطلق على تلك الأدلة "الأعمدة الأربعة" لنظرية الانفجار العظيم.[57]

تناولت النماذج الدقيقة الحديثة للانفجار العظيم العديد من الظواهر الفيزيائية الغريبة التي لم يتم ملاحظتها في التجارب المعملية الأرضية أو دمجها في النموذج القياسي لفيزياء الجسيمات .من بين تلك الظواهر، تخضع المادة المظلمة حاليًا لأكثر الأبحاث المعملية نشاطًا.[58] ومن بين القضايا الأخرى قيد البحث مشكلة وجود المجرات القزمة في المادة المظلمة الباردة. وتُعد الطاقة المظلمة أيضًا محورًا لاهتمام كبير من العلماء، ولكن ليس من الواضح ما إذا كان الاستكشاف المباشر للطاقة المظلمة سوف يكون ممكنًا.[59] ويبقى التضخم الكوني ونشأة الباريونات من أكثر نماذج الانفجار العظيم التي تدعو للتفكير.

قانون هابل وتمدد الفضاء[عدل]

- **مقالات مفصلة** :قانون هابل

- تمدد الكون

انظر أيضًا :مقياس المسافة في الفلك وعامل التحجيم

أظهرت عمليات رصد أبعاد المجرات والنجوم الزائفة أن الانزياح الأحمر للضوء المنبعث من تلك الأجسام له أطوال موجية أكبر. ويمكن ملاحظة ذلك بدراسة طيف تردد هذا الجسم ومطابقته بنموذج مطيافية خطوط الانبعاث أو خطوط الامتصاص المصاحبة لذرات العناصر الكيميائية التي تتفاعل مع هذا الضوء. هذه الانزياحات الحمراء متجانسة الخواص، وموزعة بالتساوي بين الأجسام المرصودة في كل الاتجاهات. وإذا تم تصنيف الانزياح الأحمر على أنه انزياح دوبلر، فبالإمكان حساب سرعة ابتعاد هذا الجسم. بعض المجرات يمكن تقدير بعدها من خلال سلم المسافات الكونية .وعند رسم سرعات ابتعادها إلى مسافاتها، ستنتج علاقة خطية تُعرف باسم قانون هابل:[7]

$$v = H_0 D$$

حيث

- v هي سرعة ابتعاد مجرة أو أي جسم بعيد.

- Dهي المسافة إلى الجسم
- H_0هو ثابت هابل، الذي قدّره مسبار ويلكنسون بـ$70.4\ ^{+1.3}_{-1.4}$ كيلومتر/ثانية/فرسخ فلكي.[24]

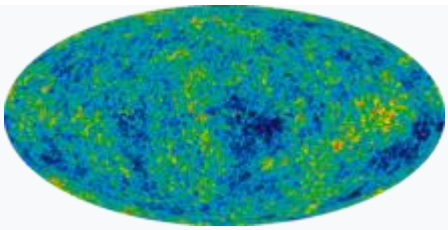
هناك تفسيران محتملان لقانون هابل. الأول أننا في مركز انفجار المجرات، وهو أمر لا يمكن تأكيده وفقًا لمبدأ كوبرنيكوس، والثاني أن الكون يتمدد في كل إتجاه. نظرية تمدد الكون استُنتجت من خلال نظرية النسبية العامة عن طريق ألكسندر فريدمان سنة 1922 م،[37] وجورج لوميتر سنة 1927 م،[38] أي قبل أن يقوم هابل بأرصاده وتحليلاته سنة 1929 م، التي أصبحت حجر الزاوية في نظرية الانفجار العظيم، ونتج عنها وضع إحداثيات روبرتسون-ووكر.

تفترض تلك النظرية أن العلاقة $v = HD$ ثابتة في جميع الأوقات، حيث D هي المسافة، v هي سرعة الابتعاد، وأن v و Hو Dتتغير نظرًا لتمدد الكون (وبالتالي تُكتب H_0 للدلالة على ثابت هابل المعاصر). وبالنسبة للمسافات الأصغر في حيز الكون المرصود، يمكن اعتبار انزياح هابل الأحمر على أنه انزياح دوبلر المصاحب لسرعة الابتعاد v. ومع ذلك، فإن الانزياح الأحمر ليس انزياح دوبلر حقيقي، وإنما هو الناتج عن تمدد الكون في الوقت الذي انبعث فيه الضوء إلى الوقت الذي تم اكتشافه فيه.[60]

وفي سنة 2000 م، أثبتت قياسات تأثيرات الخلفية الإشعاعية للكون على حركة النظم الفيزيائية الفلكية البعيدة مبدأ كوبرنيكونس بأنه بالمقاييس الفلكية، فإن الأرض ليست في وضع مركزي.[61] وقد كانت إشعاعات الانفجار العظيم أكثر دفئًا في الماضي في جميع أنحاء الكون. ولا يمكن تفسير التبريد المنتظم للخلفية الموجية للكون عبر مليارات السنين إلا في حالة أن يكون الكون يتمدد، واستبعاد احتمالية أننا بالقرب من المركز الأصلي للانفجار.

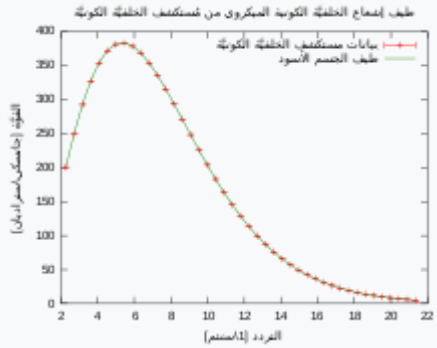
الخلفية الإشعاعية للكون[عدل]

- **مقالة مفصلة**: الخلفية الإشعاعية للكون



صورة ملتقطة بواسطة مسبار ويلكنسون عام 2012 على مدار 9 سنوات للخلفية الإشعاعية للكون.[62][63] تُظهر تجانس الخواص الإشعاعية بدقة تصل إلى جزء من 100,000 جزء.[64]

في سنة 1964 م، اكتشف آرنو بينزياس وروبرت ويلسون مصادفة الخلفية الإشعاعية للكون، التي هي إشارة أحادية في حزمة الموجات الصغرية.[52] قدم اكتشافهما تأكيدًا للتنبؤات بوجود خلفية إشعاعية للكون، وقد وُجد أن الإشعاع ثابت ومعظمه متسق مع طيف الجسم الأسود في كل الاتجاهات، وأن هذا الطيف انزاح انزياحًا أحمرًا من تمدد الكون، ويتوافق في الوقت الحاضر مع ما يقرب من 2.725 كلفن. مما أعطى دليل إضافي يعطي أفضلية لنموذج الانفجار العظيم، ومُنح بينزياس وويلسون جائزة نوبل سنة 1978 م.



طيف الخلفية الإشعاعية للكون مُقاسًا بجهاز FIRAS في مستكشف الخلفية الكونية، والذي يُعد أكثر طيف لجسم أسود مُقاسًا بدقة في الطبيعة.[65]

تكوّن السطح المبعثر الأخير المصاحب للخلفية الإشعاعية للكون بعد فترة وجيزة من حقبة إعادة الاندماج، التي أصبح فيها الهيدروجين مستقرًا. قبل ذلك، كان الكون يتألف من بحر من بلازما فوتونية-باريونية كثيفة وساخنة حيث كانت الفوتونات تتشتت بسرعة عن الجسيمات المشحونة الحرة. وتبلغ ذروتها عند حوالي 14±372ألف سنة،[23] وأصبح متوسط

المسار الحر للفوتون طويلاً بما فيه الكفاية ليصل إلينا اليوم، وأصبح الكون شفافًا.

وفي سنة 1989 م، أطلقت ناسا مستكشف الخلفية الكونية (COBE). كانت النتائج التي توصلت إليها متوافقة مع التنبؤات فيما يتعلق الخلفية الإشعاعية للكون، ووجدت أن درجات الحرارة المتبقية حوالي 2.726 كلفن (القياسات الأخيرة خفّضت الرقم قليلاً إلى 2.725 كلفن)، وقدمت أول دليل على وجود تقلبات في الخلفية الإشعاعية للكون، في مستوى حوالي جزء واحد من 10 ^{5}جزء.[53] ومُنح جون ماثر وجورج سموت جائزة نوبل لقيادتهم لهذا العمل. خلال العقد التالي، فُحصت تقلبات الخلفية الإشعاعية للكون أكثر بواسطة عدد كبير من البالونات والتجارب الأرضية. وبين عامي 2000-2001 م، كانت أكثر التجارب ملحوظية هي تجربة بوميرانجالتي اكتشفت أن شكل الكون تقريبًا مُسطّح عن طريق قياس الحجم الزاوي (الحجم في السماء) للمناطق غير المتجانسة في الخلفية الإشعاعية للكون. في بداية سنة 2003 م، نُشرت النتائج الأولية لمسبار ويلكينسون لقياس اختلاف الموجات الراديوية(WMAP) ، التي كانت في وقتها القيم الأكثر دقة لبعض المتغيرات الكونية. فنّدت النتائج بعض نماذج التضخم الكوني، ولكنها توافقت مع نظرية التضخم بشكل عام.[54] وفي مايو 2009 م، أُطلقمرصد بلانك الفضائي، ومازالت العديد من تجارب الأرضية والبالونية لاختبار الخلفية الإشعاعية للكون جارية.

وفرة العناصر الأولية[عدل]

- **مقالة مفصلة** :تخليق الانفجار العظيم النووي

باستخدام نموذج الانفجار العظيم، من الممكن حساب تركيزات هيليوم-4 وهيليوم-3 والديوتيريوم وليثيوم-7 في الكون نسبةً إلى كمية الهيدروجين العادي.[21] وتعتمد الوفرة النسبية لتلك العناصر على متغير وحيد، وهو نسبة الفوتونات إلى الباريونات. هذه القيمة يمكن حسابها وحدها من تفاصيل بنية تقلبات الخلفية الإشعاعية للكون. والنسب المتنبأة (بالوزن لا بالعدد) حوالي 0.25 لنسبة ^{4}He/H وحوالي

10^{-3} لنسبة $^{2}H/H$ وحوالي 10^{-4} لنسبة $^{3}He/H$ وحوالي
10^{-9} لنسبة.$^{7}Li/H$ [21]

تتفق قيم وفرة تلك العناصر كلها تقريبًا مع النسب المتنبأة من قيمة وحيدة لنسبة باريون/فوتون. تتفق النسبة المُتنبّأة للديوتيريوم بامتياز مع النسبة الحسابية، وتقترب نسبة ^{4}He مع بعض التجاوز، وتقترب من النصف في حالة ^{7}Li. وفي الحالتين الأخيرتين ينقصهما بعض الدقة، ومع ذلك، فإن التوافق العام مع نسب وفرة العناصر الأولية التي تنبأ بها تخليق الانفجار العظيم النووي هو دليل قوي على الانفجار العظيم، حيث أن النظرية هي التفسير الوحيد المعروف عن الوفرة النسبية لتلك العناصر الخفيفة، وأنه يكاد يكون من المستحيل "ضبط" الانفجار العظيم لإنتاج أكثر أو أقل من 20-30٪ هيليوم.[66] وفي الواقع لا يوجد سبب واضح يُلزم الكون بأن يكون فيه هيليوم أكثر من الديوتريوم أو ديوتريوم أكثر من $^{3}He/H$ وبنسب ثابتة أيضًا.

تطور المجرات وتوزيعها[عدل]

- **مقالات مفصلة** :تشكل وتطور المجرات

- تشكل البنية

إن الأرصاد التفصيلية لتشكل وتوزيع المجرات والنجوم الزائفة، يُظهر توافقها مع نظرية الانفجار العظيم. فكل من النظرية والأرصاد افترضتا أن النجوم الزائفة والمجرات الأولى تشكلت بعد مليار سنة من الانفجار العظيم، ومنذ ذلك الحين تكونت تجمعات أكبر مثل عناقيد المجرات والعناقيد المجرية الضخمة .ثم نمت وتطورت عدد من النجوم، بحيث بدت المجرات البعيدة مختلفة جدًا عن المجرات القريبة. وعلاوة على ذلك، بدا أن المجرات التي تشكلت مؤخرًا نسبيًا تختلف بشكل ملحوظ عن المجرات التي تشكلت على مسافات مماثلة، ولكن بعد وقت قصير من الانفجار العظيم. تعد تلك الأرصاد حججًا قوية ضد نموذج الحالة الثابتة. كما تتفق أرصاد ولادة النجوم وتوزيع المجرات والنجوم الزائفة بشكل جيد مع سيناريو الانفجار العظيم عن تشكل بنية الكون، وتساعد على إكمال تفاصيل النظرية.[68][67]

السحب الغازية الأولى[عدل]

في سنة 2011 م، وجد الفلكيون ما يعتقدون أنهما سحابتين بدائيتين من الغاز الأوليّ من خلال تحليل خطوط الامتصاص في أطياف النجوم الزائفة البعيدة. قبل هذا الاكتشاف، لوحظ أن جميع الأجسام الفلكية الأخرى تحتوي على عناصر ثقيلة التي تتكون في النجوم، بينما هاتين السحابتين من الغاز لا تحتويان على عناصر أثقل من الهيدروجين والديوتريوم.[69][70] ونظرًا لأنها لا تحتوي على عناصر ثقيلة، يُعتقد أنهما تكونتا في الدقائق الأولى للانفجار العظيم خلال تخليق الانفجار العظيم النووي، حيث تتوافق مكوناتهما مع المكونات المتوقع أن ينتجها تخليق الانفجار العظيم النووي. كان ذلك دليلاً مباشرًا على أنه كانت هناك حقبة في تاريخ الكون قبل تكوّن النجوم الأولى، حينها كانت معظم المواد الأولية موجودة في صورة سحب من الهيدروجين المستقر.

أدلة أخرى[عدل]

إن عمر الكون وفق تقديرات تمدد هابل والخلفية الإشعاعية للكون يتوافق إلى حد كبير مع التقديرات الأخرى التي تستخدم أعمار أقدم النجوم، فكلاهما قيس من خلال تطبيق نظرية التطور النجمي على التجمعات الكروية والتأريخ الإشعاعي للنجوم المعدنية.[71] كما أن التكهن بأن درجة حرارة الخلفية الإشعاعية للكون كانت أعلى في الماضي، تم تدعيمه تجاريبًا من خلال رصد خطوط الامتصاص المنخفضة الحرارة للغاية في سحب الغاز ذات الانزياح الأحمر الكبير.[72] ومن المفترض ضمنيًا من هذا التكهن أن مدى تأثير سونيايف-زيلدوفيتش في الكون المرصود لا يعتمد مباشرة على الانزياح الأحمر، وهو ما أثبتت الأرصاد صحته إلى حد كبير، ولكن هذا التأثير يعتمد على خصائص التجمعات المجرية التي تتغير مع الزمن الكوني، مما يجعل من الصعب قياسه بدقة.[73][74]

وفي 17 مارس 2014 م، أعلن فلكيو مركز هارفارد-سميثونيان للفيزياء الفلكية اكتشاف موجات ثقالية أولية، التي إن تم تأكيدها قد تعطي دليلاً قويًا على التضخم الكوني والانفجار العظيم.[9][10][11][12] ومع ذلك، في 19 يونيو 2014، انخفضت الثقة في تأكيد تلك

النتائج،[75][76][77] وفي 19 سبتمبر 2014، انخفض تأكيد النتائج أكثر.[78][79]

قضايا متعلقة في الفيزياء[عدل]

تباين الباريونات[عدل]

- **مقالة مفصلة**: تباين الباريون

إلى الآن، من غير المعلوم لماذا يحتوي الكون على مواد أكثر من مضادات تلك المواد.[80] ومن المفترض عامة أنه عندما كان الكون ناشئًا وشديد الحرارة، كان في حالة توازن استاتيكي وكان يحتوي على عدد متكافيء من الباريونات ومضادات الباريونات. ورغم ذلك، فإن نتائج الأرصاد تقول بأن الكون بما فيه أبعد أجزائه يتكون بأكمله تقريبًا من المادة (بمعنى لا وجود لمضاداتها). ويفترض أن التباين نشأ في عملية نشأة الباريونات. فلكي تحدث عملية نشأة الباريونات، يجب أن تتحقق الشروط التي وضعها ساخاروف لنشأة الباريونات. وهو ما يتطلب أن يبقى عدد الباريونات غير ثابت، حيث حدث انتهاك لتناظر الشحنة السوية، وابتعد الكون عنالتوازن الترموديناميكي.[81] كل تلك الظروف حدثت في نظرية النموذج العياري، لكن تأثيرها لم يكن كافيًا لتفسير تباين الباريونات الحالي.

الطاقة المظلمة[عدل]

- **مقالة مفصلة**: طاقة مظلمة

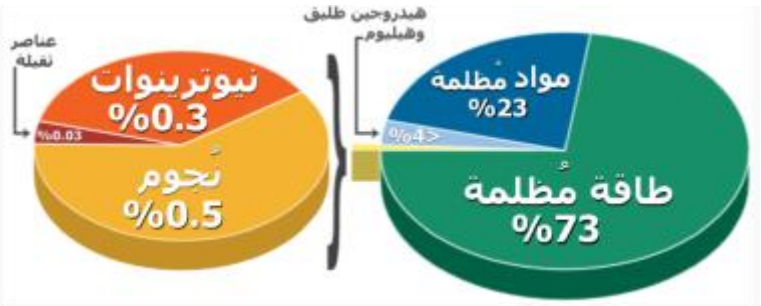
أوضحت قياسات العلاقة بين الانزياح الأحمر–القدر الظاهري لمستعر أعظم من النوع 1أ أن تمدد الكون بدأ في التسارع منذ كان الكون في نصف عمره الحالي. ولتفسير هذا التسارع، تقول نظرية النسبية العامة بأنه يتطلب أن تكون معظم طاقة الكون سلبية التي تُعرف باسم "الطاقة المظلمة". تحل الطاقة المظلمة العديد من المشاكل. فقياسات الخلفية الإشعاعية للكون توضح أن الكون تقريبًا مُسطّح، وبالتالي ووفقًا للنسبية العامة، لابد وأن يكون للكون قيمة كتلة/طاقة تمامًا وفق حساباتمعادلات فريدمان .ولكن بحساب كثافة الكتلة من خلال جاذبيتها، ووجد أنها تعادل فقط حوالي 30% من كثافتها الحرجة.[26] ونظرًا لافتراض النظرية أن

الطاقة المظلمة لا تتجمع بالطريقة الاعتيادية، فيكون ذلك هو التفسير الأمثل للفقد في كثافة الطاقة. وتساعد الطاقة المظلمة في تفسير مقياسين حجميين للمنحنى الكلي للكون، الأول باستخدام تردد عدسات الجاذبية، والآخر يستخدم النموذج المميز للكون المرصود كمسطرة كونية.

يعتقد أن الضغط السلبي هو أحد خواص طاقة الفراغ، لكن طبيعة ووجود الطاقة المظلمة لا يزال أحد أكبر ألغاز الانفجار العظيم. وفي سنة 2008 م، توصّل فريق مسبار ويلكنسون إلى أن الكون يتكون من 73% طاقة مظلمة و 23% مادة مظلمة و4.6% مادة عادية وأقل من 1% نيوترينوات.[24] ووفقًا للنظرية، فإن كثافة الطاقة في المادة تقل مع تمدد الكون، ولكن تبقى كثافة الطاقة المظلمة ثابتة مع تمدد الكون. ولذا، كانت المادة في الماضي تمثل جزءً أكبر من الطاقة الكلية للكون أكثر مما هي عليه اليوم، وستقل نسبة مساهمتها في المستقبل البعيد عندما تصبح الطاقة المظلمة أكثر هيمنة.

المادة المظلمة[عدل]

- **مقالة مفصلة** :مادة مظلمة



رسم بياني يوضح نسب المكونات المختلفة للكون حيث تُمثّل المادة المظلمة والطاقة المظلمة حوالي 95% من مكونات الكون.

خلال سبعينيات وثمانينيات القرن العشرين، أظهرت عدة أعمال رصد عدم وجود مادة مرئية كافية في الكون لتُشكّل قوة جذب واضحة داخل وبين المجرات. أدى ذلك إلى التفكير بأن نحو 90٪ من المادة في الكون هي مادة مظلمة لا ينبعث منها ضوء ولا تفاعل مع المادة الباريونية العادية. ورغم أن فرضية وجود المادة المظلمة مثيرة للجدل، إلا أنه يُستدل عليها من خلال عمليات الرصد المختلفة: مثل عدم التجانس في الخلفية الإشعاعية للكون وانخفاض سرعات عناقيد

المجرات وتوزيع بنية الكون ودراسات عدسة الجاذبية وقياسات الأشعة السينية لعناقيد المجرات.[82] كما أن هناك دلائل أخرى غير مباشرة على وجود المادة المظلمة مثل تأثيرها الجذبوي على المواد الأخرى، ومازال العديد من المشاريع البحثية الجارية في فيزياء الجسيمات للتعرف على طبيعة المادة المظلمة.[83]

عمر التجمعات الكروية[عدل]

في منتصف التسعينيات، أظهرت أرصاد التجمعات الكروية عدم توافقها مع نظرية الانفجار العظيم. وتشير المحاكاة الحاسوبية لعمليات رصد نجوم التجمعات الكروية أن عمرها حوالي 15 مليار سنة، وهو ما يتعارض مع تقدير عمر الكون الذي هو حوالي 13.8 مليار سنة. تم حل هذه المشكلة جزئيًا في أواخر التسعينيات، عندما أجريت محاكاة حاسوبية جديدة شملت تأثيرات فقد الكتلة نتيجة الرياح النجمية، مما جعل عمر تلك التجمعات الكروية أصغر من التقدير الأول.[84] وبقيت هناك عدة أسئلة حول دقة تقدير أعمار تلك التجمعات الكروية.

سبب الحدوث[عدل]

مقالة مفصلة :مسألة لماذا هناك أي شيء على الإطلاق

كتب غوتفريد فيلهيلم لايبنتز"» :لماذا هناك شيء بدلاً من لا شيء؟ السبب الكافي [...] يعثر عليه في مادة [...] هي ذاتها كائن ضروري يحمل سبباً لوجوده ضمن نفسه«."[85] لقد جادل فيلسوف الفيزياء دين ريكلز [86] أن الأرقام والرياضيات (أو القوانين المبطنة لهم) قد تكون ضرورياً موجودة.[87][86] يمكن للفيزياء أن تستنتج أن الزمن لم يكن موجوداً قبل "انفجار عظيم"، ولكن "بدأ" مع الانفجار العظيم وبالتالي يمكن أن لا يكون هناك "بداية"، "قبل" أو تبعياً "سبب" وبدلاً عن ذلك كان الزمن موجوداً دائماً.[89][88] البعض يجادل أن اللاشيء لا يمكن أن يوجد أو أن عدم الوجود ربما لم يكن خياراً أبداً.[91][90] الاهتزازات الكمية، أو قوانين فيزيائية أخرى التي من الممكن أن تكون قد تواجدت في بداية الانفجار العظيم كان بإمكانها بعد ذلك أن تنشئ الشروط اللازمة من أجل أن تتكون المادة.

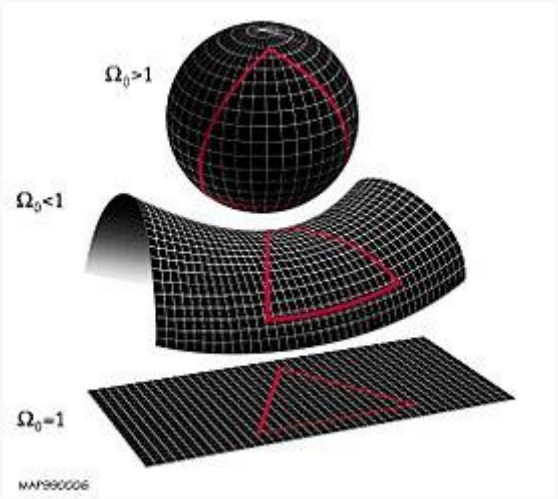
مشاكل[عدل]

لازالت هناك ثلاث مشاكل رئيسية قائمة في مواجهة نظرية الانفجار العظيم: مشكلة الأفق ومشكلة التسطح ومشكلة أحادية القطب المغناطيسي .لعل التفسير الأمثل لسبب حدوث تلك المشاكل هو التضخم الكوني.[92][93]

مشكلة الأفق[عدل]

تكمُن مشكلة الأفق الكوني في حقيقة أن المعلومات أو الخواص لا يمكنها أن تنتقل أسرع من الضوء، وبالتالي فإنه في كوننا محدود العمر، لابد من وجود حد للمسافة بين أي منطقتين في الفضاء متحدتين في الخصائص.[94] أي أن هناك مناطق مختلفة في الكون لن يكون لها نفس الخواص نظرًا للمسافات الكبيرة بينها وعدم توافر الوقت الكاف لها لكي تتوحد في الخواص، إلا أن هذا يتناقض مع حقيقة توحد مناطق الكون في نفس درجة الحرارة والخصائص الفيزيائية الأخرى. وقد قدّمت فرضية التضخم الكوني حلاً لهذا التناقض الواضح، فقبل حدوث التضخم الكوني كان الكون وحدة أصغر في الحجم متجانسة الخواص، إلا أنه بحدوث هذا التضخم تمدد الكون بصورة هائلة في فترة قصيرة جدًا من الزمن، مما جعل هناك مناطق متباعدة متوحدة الخواص.

مشكلة التسطُّح[عدل]



تتحدد هندسية شكل الكون من خلال قيمة ناتج معامل أوميجا الكوني، وما إذا كانت قيمته أقل أو يساوي أو أكبر من 1. والرسم يظهر من أعلى إلى

أسفل شكل الكون في حالات قيمة المعامل الإيجابية والسلبية وعندما قيمته تساوي 1 على الترتيب.

ومن المشاكل الأخرى التي واجهت نظرية الانفجار العظيم مشكلة التسطح. فشكل الكون قد يكون ذوانحناء موجب أو سالب أو بلا انحناء وفقًا لقيمة كثافة طاقته الكلية. يكون الانحناء سلبيًا إذا كانت كثافة الطاقة أقل من الكثافة الحرجة وفقًا لمعادلات فريدمان، وإيجابيًا إذا كانت القيمة أكثر من الكثافة الحرجة، ويكون مُسطّحًا إذا كانت الكثافة تساوي قيمة الكثافة الحرجة. وتكمُن المشكلة في أن أي حيود مع مرور الوقت عن قيمة كثافة الطاقة الحرجة سيغير من حالة التسطح التي عليها الكون اليوم. كما أنه لا شك بأن كثافة طاقة الكون بعد دقائق من الانفجار العظيم لم يكن حيودها عن القيمة الحرجة لكثافة الطاقة بأكثر من جزء من 10^{14} من القيمة الحرجة، وإلا لما كان الكون سيكون على حالة تسطّحه التي هو عليها اليوم.[95] وقد قدمت فرضية التضخم الكوني أيضًا حلاً لتلك الإشكالية، حيث كان للتضخم الهائل في زمن قياسي دوره في الحفاظ على تجانس كثافة الطاقة في الكون رغم تمدده المتسارع، مما حافظ على تجانس حالة تسطحه وعدم اضطرابها من منطقة لأخرى في الكون.[96][97]

مشكلة أحادية القطبية[عدل]

أثيرت مشكلة أحادية القطبية الكهرومغناطيسية في أواخر سبعينيات القرن العشرين، حيث تنبأت نظريات التوحيد الكبرى بوجود عيوب طوبولوجية في الفضاء، قد ينتج عنها تواجد مناطق أحادية القطبية، وأن تلك المناطق المعيبة نشأت قديمًا في الكون عندما كان الكون ساخنًا، مما أدى إلى زيادة في كثافة تلك المناطق. إلا أن عمليات الرصد لم ترصد مناطق أحادية القطبية في الكون المرصود .هذه المشكلة أيضًا وُجد لها حلاً افتراضيًا من خلال فرضية التضخم الكوني، حيث افتُرض أن التضخم الكوني فائق السرعة أزاح كل تلك المناطق المعيبة خارج نطاق الكون المرصود.[94]

مصير الكون في نظرية الانفجار العظيم[عدل]

. **مقالة مفصلة** :مصير الكون

قبل الأرصاد التي تمت على الطاقة المظلمة، كان لدى علماء الكون سيناريوين حول مستقبل الكون. الأول إذا زادت كثافة كتلة الكون عن الكثافة الحرجة وفق معادلات فريدمان، فإن الكون سيصل إلى حجم أقصى ثم يبدأ في الانهيار، حيث سيصبح أكثر كثافة وسخونة مرة أخرى، وينتهي إلى حالة مماثلة لتلك التي بدأ منها، فيما يُعرف بالانسحاق العظيم.[30] السيناريو الآخر إذا كانت الكثافة تساوي أو أقل من الكثافة الحرجة، فإن تمدد الكون سيتباطأ، ولكن لن يتوقف أبدًا. وسيتوقف تشكُّل النجوم مع استهلاك الغاز بين النجوم في كل مجرة، وستحترق النجوم مُخلّفة الأقزام البيضاء والنجوم النيوترونية والثقوب السوداء .وتدريجيًا، ستتصادم تلك الأجسام وتتجمع وستنتج عن ذلك ثقوب سوداء أكبر. وسيقترب متوسط درجة حرارة الكون من الصفر المطلق، وسيحدث التجمد الكبير .وعلاوة على ذلك، فنظرًا لعدم استقرار البروتونات، ستختفي المادة الباريونية تاركة فقط إشعاع وثقوب سوداء. في نهاية المطاف، فإن الثقوب السوداء ستتبخر عن طريق انبعاث إشعاع هوكينغ .وستزداد إنتروبيا الكون إلى النقطة التي لن تسمح بوجود أي شكل مُنظّم للطاقة، ويُعرف هذا السيناريو باسم الموت الحراري للكون . كما تستنتج الأرصاد الحديثة لتسارع تمدد الكون أن الكثير من مناطق الكون المرصود حاليًا سوف تخرج من أفقنا.

أما نموذج لامبدا-سي دي إم فيشمل وجود طاقة مظلمة في شكل ثابت كوني، حيث تقترح تلك النظرية أن الأنظمة المترابطة بالجاذبية مثل المجرات، ستبقى معًا، وأنها أيضًا ستكون معرضة للموت الحراري مع تمدد الكون وتبرده. ومن التفسيرات الأخرى للطاقة المظلمة، نظريات الطاقة الوهمية، التي تفترض أن التجمعات المجرية والنجوم والكواكب والذرات والأنوية والمادة نفسها ستتمزق مع تزايد تمدد الكون في ما يسمى بالتمزق العظيم.[98]

اعتقادات خاطئة[عدل]

ما يلي لائحة جزئية لاعتقادات خاطئة شائعة عن نظرية الانفجار العظيم.

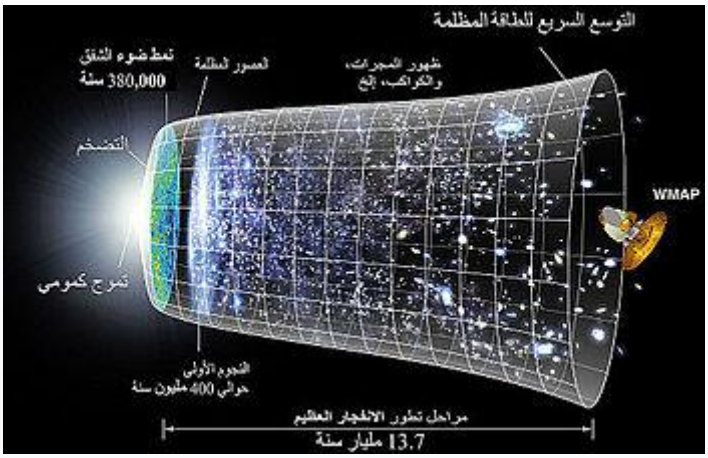
الانفجار العظيم هو أصل الكون :أحد الاعتقادات الخاطئة الشائعة عن نموذج الانفجار العظيم هو اعتقاد أنه كان أصل الكون. لكن نموذج الانفجار العظيم لا يعلق على كيفية مجيء الكون للحدوث. النسخة الحالية لنموذج الانفجار العظيم تفترض وجود الطاقة، الزمن، والمكان، ولا تعلق على أصل أو مسبب الحالة الأولية العالية الحرارة والكثيفة للكون.[99]

الانفجار العظيم كان "صغيراً :"إنه من المخادع أن تتصور الانفجار العظيم عن طريق مقارنة حجمه بالأشياء اليومية. عندما يتم وصف حجم الكون عند الانفجار العظيم، إنه يتم الإشارة إلى حجم الكون المرصود لا الكون بأكمله.[100]

قانون هابل يناقض نظرية النسبية الخاصة :يتوقع قانون هابل أن المجرات الخارجة عن مسافة هابل تنكفئ بسرعة أعلى من سرعة الضوء. ولكن النسبية الخاصة لا تطبق خارج نطاق الحركة في المكان. قانون هابل يصف السرعة الناتجة عن تمدد المكان لا التمدد في المكان.[100]

انزياح دوبلر الأحمر ضد الانزياح الأحمر الكوني :باحثوا الفلك يقومون بالعادة بالإشارة إلى الانزياح الأحمر الكوني كانزياح دوبلر عادي، [100] والذي هو اعتقاد خاطئ. رغم أنهما متماثلين، الانزياح الأحمر الكوني ليس مطابقاً لانزياح دوبلر الأحمر. انزياح دوبلر الأحمر مبني على النسبية الخاصة، والتي لا تأخذ بعين الاعتبار تمدد المكان. على العكس، الانزياح الأحمر الكوني مبني على النسبية العامة، والتي فيها يتم أخذ تمدد المكان بعين الاعتبار. رغم أنه بإمكانهم أن يبدوا متطابقين للمجرات القريبة، من الممكن أن يسبب هذا حيرة إذا كان سلوك المجرات البعيدة مفهوماً من خلال انزياح دوبلر الأحمر.[100]

تأملات فيزيائية في نظرية الانفجار العظيم[عدل]



نموذج توضيحي لتمدد الفضاء، حيث يُمثل كل فترة زمنية مقطع دائري في الرسم. على اليسار تبدأ حقبة التضخم، وفي المنتصف يتسارع تمدد الكون.

رغم تكامل نظرية الانفجار العظيم إلى حد بعيد، إلا أنها تخضع للتنقيح. تُظهر المعادلات التقليدية للنسبية العامة وجود تفرد عند بداية الزمن الكوني، وهو استنتاج مبني على عدة افتراضات. مما يجعل تلك المعادلات غير قابلة للتطبيق في الأزمنة التي سبقت وصول الكون إلى حرارة بلانك .أمكن تصويب ذلك باستخدام الجاذبية الكمية لتجنُّب حالة التفرد المُفترضة تلك.[101]

ليس معلومًا ما الذي قد يكون السبب وراء وجود حالة التفرد، أو كيف ولماذا نشأت، إلا إنه كانت هناك عدد من التكهنات حول تلك المسألة. فهناك بعض المقترحات، كل منها ينطوي على فرضيات غير مجربة، هي:

- نماذج مثل حالة هارتل-هوكينغ التي فيها الزمكان محدود، وأن الانفجار العظيم يمثل حدّ الزمن، ودون الحاجة إلى التفرد.[102]
- نموذج شبكة الانفجار العظيم الذي يفترض أن الكون في لحظة الانفجار العظيم كان يتكون من شبكة لا نهائية من الفرميونات، وكان في أعلى درجات التماثل، وبالتالي له أقل قيمة للعشوائية.[103]
- نماذج الكون الغشائي التي تفترض أن التضخم نتج عن حركة الأغشية في نظرية الأوتار مثل نموذج التحول الناري «ekpyrotic model»الذي يفترض أن الانفجار العظيم نتج عن التصادم بين

الأغشية، والنموذج الدوري وهو بديل لنموذج التحول الناري الذي يفترض حدوث اصطدامات بصفة دورية بعد مرحلة انسحاق عظيم وتنقُّل الكون من عملية إلى أخرى.[104][105][106][107]

- التضخم الأبدي الذي يفترض أن التضخم الكوني ينتهي في مواضع ما، وتتكون عند تلك المواضع *كون وهمي* يبدأ من عنده انفجاره العظيم الخاص به.[108][109]

التفسيرات الدينية والفلسفية[عدل]

- **مقالة مفصلة** :التأويلات الدينية لنظرية الانفجار العظيم

نظرًا لوصف نظرية الانفجار العظيم لأصل الكون، فإنها لاقت اهتماما كبيرا من الأوساط الدينية والفلسفية،[110][111] وخصوصا فيما يتعلق بمفهوم «الخلق من العدم.»[112][113][114] وبالنتيجة، أصبحت أحد أكثر المواضيع التي تثار عند مناقشة العلاقة بين الدين والعلم.[115] فالبعض يرى في الانفجار العظيم دلالة على وجود الخالق،[116][117][118] وحُجّة فلسفية على وجود الله.[119][120] فيما يرى آخرون بأن الانفجار العظيم لم يكن يستلزم وجود خالق ورائه حتى يحدث.[111][121]

وقد اختلفت الآراء الدينية في الديانات المختلفة حول النظرية.

- ففي الهندوسية، تقر عدد من كتبهم المقدسة فكرة أن الزمن مُطلق بلا بداية ولا نهاية، وهو ما يُخالف نظرية الانفجار العظيم.[122][123] ومع ذلك، فهناك بعض النصوص الدينية، استدل منها أن الانفجار العظيم يُذكّر البشرية بأن كل شيء جاء من البراهمان،[124] بل وأيدّت تلك النصوص فكرة الكون المتذبذب الذي نشأ عن عدة انفجارات عظمى وانسحاقات عظمى تلت بعضها البعض بصفة دورية.[125]
- أمّا في المسيحية، فقد رحبت أغلب الطوائف المسيحية الكبرى بنظرية الانفجار العظيم وأعتبرتها لا تتعارض مع قصة الخلق المذكورة في الكتاب المقدس أو العقيدة المسيحية.[126][127] وقد أعلن البابا بيوس الثاني عشر في سنة 1951، أن نظرية الانفجار العظيم لا تتعارض مع مفهوم الكاثوليكية عن بداية الخلق،[128][129] وهو ما صرّح به البابا فرنسيس مجددًا في أكتوبر 2014.[130] كذلك

رحبت طوائف كالإنجيلية والأرثوذكسية[131] بالنظرية كتفسير تاريخي لقصة الخليقة،[132] بالرغم من أن بعض الطوائف الأخرى المسيحية الأقلويّة مثل الأدفنتست[133] والكنيسة اللوثرية في ميزوري[134] والكنيسة الإنجيلية المشيخية الكالفينية[135]) وهي طوائف مسيحية تعتقد ب خلقية الأرض الفتية (رفضت النظرية واعتبرتها متناقضة مع قصة الخلق المذكورة في الكتاب المقدس (تحديداً في سفر التكوين). يُذكر أنّ أول من أقترح فرضية الإنفجار العظيم كان رجل دين كاثوليكي وهو جورج لومتر.[136]

- وفي الإسلام، فسر المسلمون بأن الانفجار العظيم ورد ذكره في الآية رقم 30 من سورة الأنبياء في القرآن[137][138][139] في قوله تعالى﴿ : أَوَلَمْ يَرَ الَّذِينَ كَفَرُوا أَنَّ السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضَ كَانَتَا رَتْقًا فَفَتَقْنَاهُمَا وَجَعَلْنَا مِنَ الْمَاءِ كُلَّ شَيْءٍ حَيٍّ أَفَلَا يُؤْمِنُونَ ﴾ ﴿٣٠﴾ وأن تمدد الكون ذُكر في الآية 47 من سورة الذاريات[139] في السورة ﴿ :وَالسَّمَاءَ بَنَيْنَاهَا بِأَيْدٍ وَإِنَّا لَمُوسِعُونَ ﴾ ﴿٤٧﴾ حيث تعني الآية إن السموات والأرض كانت كتلة واحدة كالرتق ففتقها الله أي فصلها أو فجرها، ثم تعني الآية التالية إنا لموسعون بمعنى وظلت السموات والأرض بمن فيها في توسع كوني بأمر الله.
- وفي البهائية، ذكر بهاء الله أن الكون بلا بداية ولا نهاية،[140] ولكن استنبط البعض من بعض النصوص في لوح الحكمة وجود إشارات إلى نظرية الانفجار العظيم.

الفصل الثالث

الثقوب السوداء

الثقب الأسود هو منطقة موجودة في الزمكان) الفضاء بأبعاده الأربعة، وهي الأبعاد الثلاثة بالإضافة إلى الزمن) تتميز بجاذبية قوية جداً بحيث لايمكن لأي شيء - ولا حتى الجسيمات أو موجات الإشعاع الكهرومغناطيسي مثل الضوء - الإفلات منها.[1] تتنبأ النظرية النسبية العامةبأنه يمكن لكتلة مضغوطة بقدر معين أن تشوه الزمكان لتشكيل الثقب الأسود.[2][3] يُطلق على حدود المنطقة التي لا يُمكن الهروب منها اسم أفق الحدث .وعلى الرغم من أن عبور حدود أفق الحدث له تأثيرات هائلة على مصير وظروف أي جسم يعبُره، إلا أنه لا تظهر أي خصائص يُمكن ملاحظتها لهذه المنطقة.[4] يعمل الثقب الأسود بصفته جسما أسودا مثاليا، لأنه لا يعكس أي ضوء .[5][6] علاوة على ذلك، تتنبأ نظرية المجال الكمي في الزمكان المنحني بأنبعاث إشعاع هوكينج آفاق الحدث، بنفس الطيف الذي يتسم به الجسم الأسود لدرجة حرارة تتناسب عكسيا مع كتلته. درجة الحرارة هذه على حدود جزء من مليار من الكلفن للثقوب السوداء من الكتلة النجمية، مما يعني استحالة ملاحظتها.

أشار كل من جون ميشيل وبيير سيمون لابلاس إلى وجود أجسام تمتلك حقول جاذبية قوية بحيث لا يمكن للضوء أن يهرب منها في القرن الثامن عشر .[7] عثر كارل شوارزشيلد على أول حل رياضي حديث للنسبية العامة التي تُميز الثقب الأسود في عام 1916، إلا أن تفسير الحل الرياضي شَكّل منطقة فضاء لا يمكن أن يفلت منها أي شيء كان قد نشر لأول مرة من قِبل ديفيد فينكلشتاين في عام 1958. كانت الثقوب السوداء تعتبر مجرد خيال وفضول لدى علماء الرياضيات لفترة طويلة. لكن خلال ستينيات القرن العشرين، أظهر العمل النظري تنبؤ النسبية العامة بالثقوب. أثار اكتشاف نجوم نيوترونية بواسطةجوسلين بيل بورنيل في عام 1967 الاهتمام بالأجسام المدمجة المنهارة بالجاذبية بصفتها حقيقة فيزيائية فلكية ممكنة.

يعتقد أن الثقوب السوداء ذات الكتلة النجمية تتشكل عند انهيار النجوم الضخمة جدًا في نهاية دورة حياتها. بعد أن يتشكل الثقب الأسود، يمكن أن يستمر في النمو عن طريق امتصاص الكتلة من محيطه. وذلك عن

طريق امتصاص النجوم الأخرى والاندماج مع الثقوب السوداء الأخرى، الأمر الذي قد يؤدي إلى تشكل الثقوب السوداء الهائلة والتي تحمل كتلة تعادل ملايين الكتل الشمسية .(⊙ M) هناك إجماع عام على وجود ثقوب سوداء هائلة في مراكز معظم المجرات.

على الرغم من أن محتواها غير مرئي، يمكن استنتاج وجود ثقب أسود من خلال تأثيرها على المواد الأخروالإشعاع الكهرومغناطيسي مثل الضوء المرئي. يمكن للمادة التي تسقط في الثقب الأسود أن تُشكّل قرص تراكم خارجي يتم تسخينه عن طريق الاحتكاك، مما يؤدي إلى تشكيل بعضٍ من أشد الأجسام بريقا في الكون .إذا كان هناك نجوم أخرى تدور حول ثقب أسود، فيمكن استخدام كل من مداراتها وكتلتها لتحديد كتلة الثقب الأسود وموقعه. يمكن استخدام هذه الملاحظات لاستبعاد البدائل المحتملة مثل النجوم النيوترونية. وبهذه الطريقة، تحقق علماء الفلك من العديد من حالات توقعات وجود الثقب الأسود النجمي ضمن الأنظمة الثنائية، وأثبتوا أن مصدر الراديو المعروف بأسم الراميA ، في قلب مجرة درب التبانة، يحتوي على ثقب أسود هائل يحمل كتلة تقارب 4.3 مليون كتلة شمسية.

في 11 فبراير 2016، أعلن تحالف مرصد ليغو عن أول اكتشاف مباشر لموجات الجاذبية، والتي تعكس فكرة العثور على لحظة اندماج الثقوب السوداء .[8] اعتبارا من ديسمبر 2018، عثر على إحدى عشرة موجة من موجات الجاذبية التي نشأت من اندماج عشرة ثقوب سوداء وموجة جاذبية واحدة ناتجة عن اندماج نجم نيوتروني ثنائي .[9] [10] في 10 أبريل 2019، تم نشر أول صورة على الإطلاق لثقب أسود وما في جواره، وذلك في أعقاب القراءات التي حصل عليها مقراب أفق الحدث في عام 2017 والمتعلقة بالثقب الأسود الهائل في مركز المجرة مسييه 87 .[11] [12]

أبسط الثقوب السوداء الساكنة هي ثقوب بكتلة ولكنها لا تحمل شحنة كهربائية ولا زخم زاوي لها. غالباً ما يشار إلى هذه الثقوب السوداء باسم ثقوب شوارزشيلد السوداء وذلك تقديرا لكارل شوارزشيلد الذي اكتشف هذا الحل الرياضي عام 1916 .[17] وفقًا لنظرية بيرخوف، فذلك

هو الحل الفراغي الوحيد المتناظر كرويًا .[61] هذا يعني أنه لا يوجد فرق ملحوظ بين مجال الجاذبية لهذا الثقب الأسود وأي مجال كروي آخر يحمل نفس الكتلة. وبالتالي فإن الفكرة الشائعة عن "امتصاص الثقب الأسود لكل شيء" هي فقط صحيحة ضمن محيط الثقب الأسود بالقرب من أفقه؛ أما بعيدًا، فإن حقل الجاذبية الخارجي مطابق لحقل أي جسم آخر، له نفس الكتلة .[62]

توجد حلول تصف الثقوب السوداء العامة. يتم وصف الثقوب السوداء المشحونة غير الدوارة بواسطة مقياس رايسنر-نوردستروم، في المقابل يصف مقياس كير الثقب الأسود الدوار وغير المشحون. الحل المعروف للثقب الأسود الثابت هو مقياس كير-نيومان، والذي يصف ثقبا أسود يحمل شحنة وزخما زاوي .[63]

وفي حين أن كتلة الثقب الأسود يمكن أن تأخذ أي قيمة موجبة، فإن الشحنة والزخم الزاوي مقيدان بالكتلة. في وحدات بلانك، الشحنة الكهربائية الكلية Q والزخم الزاوي الكلي J عليهما أن يتبعا *القاعدة*

وذلك ضمن ثقب أسود له كتلة بمقدار M. وتسمى الثقوب السوداء التي تملك الحد الأدنى من الكتلة اللازمة لتلبية هذا التباين بالثقوب السوداء المتطرفة .توجد حلول، لمعادلات آينشتاين، تنتهك معادلة عدم المساواة هذه، لكنها لا تقدم أفقًا للحدث. تقدم هذه الحلول الرياضية ما يسمى *بنقاط التفرد* /لمجردة، وهي نقاط تفرد يمكن للمراقب من الخارج رؤيتها لإنعدام الأفق حولها، وعليه فقد اعتبرت حلولا رياضية غير ملائمة للواقع الفيزيائي للكون. تستبعد فرضية الرقابة الكونية تشكيل مثل هذه التفردات، من خلال الانهيار الجاذبي للمادة الحقيقية .[2] تم دعم هذا الإدعاء من خلال المحاكاة العددية .[64]

بسبب القوة الكبيرة نسبيا للقوة الكهرومغناطيسية، فمن المتوقع احتفاظ الثقوب السوداء المتكونة من انهيار النجوم بكامل الشحنة المحايدة (تقريبًا) للنجم. الدوران، في المقابل، هو ميزة متوقعة للأجسام الفلكية الفيزيائية المنضغطة. الثقب الأسود (المرشح GRS 1915 +)

105[65] لديه قوة دفع زاوي قريبة من الحد الأقصى للقيمة المسموح.
هذا الحد غير المشحون هو [66]

مما يسمح بتعريف معامل الدوران بدون أبعاد على الشكل :[66]

[Note 1][67]

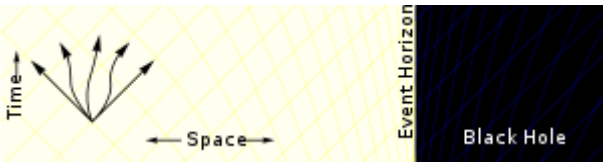
تصنيف الثقوب السوداء

نصف القطر القديري	الكتلة التقديرة	صنف
0.001–400 AU	10^{5} -10^{10} M_{Sun}	ثقب أسود عملاق
10^{3}كم ≈ R_{Earth}	10^{3} M_{Sun}	ثقب أسود متوسط الكتلة
30كم	10 M_{Sun}	ثقب أسود نجمي
حتى 0.1 مم	حتى M القمر	الثقب الأسود الصغير

تصنف الثقوب السوداء عادة حسب كتلتها، بدون الإعتماد على زخمها الزاوي، J. يتناسب حجم الثقب الأسود، كما يحدده نصف قطر أفق الحدث، أو نصف قطر شوارزشيلد، مع الكتلة ، M ، من خلال المعادلة

حيث r_s هي نصف قطر شفارتزشيلد و M_{Sun} هي كتلة الشمس .[1] بالنسبة إلى الثقب الأسود الذي يحمل قيم لا صفرية لكل من الدوران والشحنة، يكون نصف القطر أصغر، [Note 2] بحيث يتمكن الثقب الأسود المتطرف من الحصول على أفق حدث قريب جدا .[69]

أفق الحدث[عدل]



بعيدا عن الثقب الأسود ، يمكن للجسيم أن يتحرك في أي اتجاه ، كما يتضح من مجموعة الأسهم. لكن حركته تقتصر على حدود سرعة الضوء.

مع الأقتراب أكثر إلى الثقب الأسود، يبدأ الزمكان بالتشوه. و تصبح هناك المسارات متجهة نحو الثقب الأسود أكثر من نلك المسارات التي تتحرك بعيدًا.[Note 3]

داخل أفق الحدث ، جميع المسارات تنقل الجسيم قريبا إلى مركز الثقب الأسود. تنعدم إمكانية هروب الجسيم.

السمة المميزة للثقب الأسود هي ظهور أفق الحدث - وهو الحدود ضمن الزمكان والتي من خلالها يمكن للمادة والضوء المرور فقط إلى الداخل نحو كتلة الثقب الأسود. لا شيء، ولا حتى الضوء، يمكنه الإفلات من داخل أفق الحدث. يشار إلى غستعمال عبارة "أفق الحدث" على هذا النحو لأنه وفي حالة حدوث حدث ما داخل حدوده، فإنه من المستحيل للمعلومات الناتجة عن هذا الحدث أن تصل إلى مراقب خارج تلك الحدود، مما يجعل من المستحيل التعرف على حدوث حدث من ذاك القبيل .[71]

كما تنبأت النسبية العامة، فإن وجود جسم بكتلة يحث تشوها بالزمكان بحيث تنحرف المسارات التي تتخذها الجزيئات نحو الكتلة .[57] في أفق

الحدث لثقب أسود، يصبح هذا التشوه قويًا جدًا بحيث لا توجد مسارات تؤدي بعديا عن الثقب الأسود .[72]

بالنسبة للمراقب البعيد، ستظهر نبضات الساعات القريبة من الثقب الأسود أكثر بطئا من الساعات البعيدة عن الثقب الأسود .[57] نتيجة لهذا التأثير، والمعروف باسم تمدد وقت الجاذبي، سيبدو أن الجسم الذي يسقط في ثقب أسود يتباطأ كلما اقترب من أفق الحدث، وسيستغرق وقتًا لا نهائيا للوصول إليه .[57] في الوقت نفسه، تتباطأ جميع العمليات على هذا الجسم، من وجهة نظر مراقب خارجي ثابت، مما يؤدي إلى ظهور أي ضوء منبعث من الجسم بشكل أغمق وأكثر احمراراً، وهو تأثير يُعرف باسم الانزياح نحو الأحمر التثاقلي .[73] في النهاية، يتلاشى الجسم الساقط حتى لا يعد بالإمكان رؤيته. عادةً ما تحدث هذه العملية بسرعة كبيرة عند اختفاء الجسم وخلال أقل من ثانية .[74]

من ناحية أخرى، لا يلاحظ المراقب، الغير قابل للتدمير، أثناء عبوره لأفق الحدث إلى داخل الثقب الأسود أيًا من هذه الآثار. فوفقًا لساعاته الخاصة، والتي تبدو له أنها تعمل بشكل طبيعي، هو سيعبر أفق الحدث بعد فترة زمنية محدودة دون ملاحظة إلى أي معالم دالة على وجود تفرد؛ في النسبية العامة الكلاسيكية، من المستحيل تحديد موقع أفق الحدث اعتمادا على الملاحظات المحلية، بسبب مبدأ التكافؤ لآينشتاين .[57] [75]

شكل أفق الحدث حول الثقب الأسود قريب جدا من الكروية .[Note 4] [78] بالنسبة للثقوب السوداء التي لا تدور (الثابتة)، يكون أفق الحدث كرويا تمامًا، بينما بالنسبة لأفق الثقوب السوداء التي تدور، يكون أفق الحدث ملتزمًا بشاكل الكروي .[79]

التفرد [عدل]

في وسط الثقب الأسود، كما هو مطروح في النسبية العامة، يقبع تفرد جذبوي، وهي المنطقة التي يصبح ضمنهاا انحناء الزمكان لانهائي .[57] بالنسبة لثقب أسود غير الدوراني، تتخذ هذه المنطقة شكل نقطة واحدة، أما بالنسبة لثقب أسود دوار، فيتم تشويه المنطقة لتشكل تفرد حلقي يقع في مستوى الدوران .[57] في كلتا الحالتين، سيكون لمنطقة

التفرد حجم صفري. يمكن أيضًا إثبات أن منطقة التفرد تحتوي على كامل كتلة الثقب الأسود .[57] وبالتالي يمكن اعتبار منطقة التفرد مجرد نقطة لكنها ذات كثافة لا حصر لها .[80]

لا يمكن للمراقب الذي يسقط في ثقب شوارزشيلد الأسود (غير متناوب وغير مشحون) أن يتجنب وصوله إلى نقطة التفرد بمجرد عبوره لأفق الحدث. يمكنه إطالة وجوده من خلال تسارعه بعيدا عن نقطة التفرد لإبطاء سرعة نزوله، ولكن فقط إلى حد معين .[81] عندما يصل إلى نقطة التفرد، سيتم سحقه إلى كثافة لا حصر لها وتضاف كتلته إلى إجمالي كتلة الثقب الأسود. ولطن قبل أن يحدث ذلك، سيكون جسمه قد تمزق بسبب قوى المد والجزر المتنامية في عملية يشار إليها باسم تأثير المعكرونة .[71]

في حالة وجود ثقب أسود مشحون (ثقب رايسنر-نوردستروم) أو ثقب كير أسود، يمكن تجنب التفرد. دفع قيم الحلول الرياضية إلى حدها الأقصى يكشف عن إمكانية افتراضية للخروج من الثقب الأسود ولكن إلى زمكانٍ مختلف، حيث يعمل الثقب الأسود كثقب دودي .[57] طبعا تبقى إمكانية السفر إلى كون آخر مجرد خيال علمي كون الاضطراب الحادث ضمن الثقب سيدمر احتمال حدوث ذلك .[82] الحلول الرياضية المختلفة تعطي أنطباعا بإمكانية اتباع منحنيات توقيت مغلقة حول نقطة تفرد كير، مما قد يفسر على أنه عودة إلى ماضي الشخص، مما سيؤدي إلى مشاكل ومفاراقات مع مبدأ السببية مثل مفارقة الجد .[57] من المتوقع ألا تنجو المادة التي تشكل الإجسام التي تسقط في الثقوب من الإضرابات الكيمومية الغريبة ضمن هذه الثقوب السوداء الدوارة والمشحونة .[83]

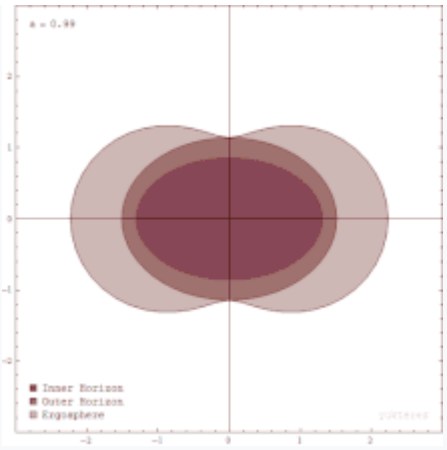
عادة ما يُنظر إلى ظهور التفرد في النسبية العامة على أنه إشارة إلى انهيار النظرية .[1] إلا أن هذا الانهيار أمر متوقع عندما تؤدي التأثيرات الكمية إلى حدوث هذه هذا الإنهيار بسبب الكثافة العالية للغاية وبالتالي تفاعل الجسيمات الكمية. حتى الآن، لم يكن من الممكن الجمع بين الآثار الكمومية والجاذبية في نظرية واحدة، على الرغم من وجود محاولات مضنية لصياغة مثل هذه النظرية للجاذبية الكمية .بشكل عام، من المتوقع ألا تتضمن هذه النظرية وجود أي تفرد .[84] [85]

محيط الفوتون [عدل]

محيط الفوتون أو كرة الفوتون هي حدود كروية بسماكة صفرية يتم ضمنها التقاط وحبس الفوتونات التي تتحرك بشكل ملامس لمماسها ضمن مدار دائري حول الثقب الأسود. بالنسبة إلى الثقوب السوداء غير الدوارة، فإن كرة الفوتون لها دائرة نصف قطرها 1.5 مرة نصف قطر شوارزشيلد. مدارات الفوتونات غير مستقرة ديناميكيًا، وبالتالي فإن أي اضطراب صغير يتسبب به أي جسيم مادي من شأنه أن يتسبب في عدم استقرار ينمو مع الوقت، و بالتالي ينتقل الفوتون إلى مسار خارجي يؤدي إلى هربه من الثقب الأسود، أو مسار للداخل حيث سيعبر أفق الحدث .[86]

وبينما لا يزال بالإمكان االضوء الإفلات من كرة الفوتون، فإن الثقب الأسود سوف يلتقط أي ضوء يعبر كرة الفوتون ضمن مسار له اتجاه داخلي. وأي إضاءة تصل إلى مراقب خارج كرة الفوتون هي إضاءة صادرة عن أجسام تقع بين كرة الفوتون وأفق الحدث .[86]

إرغوسفير [عدل]



إيرجوسفير هي منطقة على شكل قرعة، تقع خارج أفق الحدث. لا يمكن أن تبقى الأجسام ثابتة ضمنها .[87]

يحيط بالثقوب السوداء الدوارة منطقة زمكان يستحيل الوقوف بثبات ضمنها ، تُسمى إرغوسفير أو منطقة العمل (أرغو كلمة إغريقية تعني العمل). و هي ناتجة عن آلية تعرف باسم جر الإطار أو تباطؤ الإطار؛

تتنبأ النسبية العامة بأن أي كتلة دوارة تميل إلى جر الزمكان المحيط بها بشكل مباشرة. سوف يميل أي كائن بالقرب من الكتلة الدوارة إلى التحرك في نفس اتجاه الدوران. بالنسبة إلى الثقب الأسود الدوار، يكون هذا التأثير قويًا جدًا بالقرب من أفق الحدث ، بحيث يتحتم على الجسم أن يتحرك بسرعة أكبر من سرعة الضوء في الاتجاه المعاكس حتى يظل ثابتًا .[57]

إرغوسفير الثقب الأسود هو حجم يشكل سطحه الداخلي أفق الحدث الكروي والمفلطح للثقب الأسود وتكون الحدود الخارجية على شكل القرع، وتكون متزامنة مع أفق الحدث عند القطبين ولكنها أوسع بشكل ملحوظ حول خط الاستواء. في بعض الأحيان تسمى الحدود الخارجية سطح إرغو . *ergosurface* [87]

الأجسام والإشعاعات يمكن أن تفلت من الإرغوسفير. فمن خلال آلية بنروز، يمكن أن تخرج الأجسام من الإرغوسفير حاملة طاقة أكثر مما دخلت بها. هذه الطاقة مأخوذة من الطاقة الدورانية للثقب الأسود مما يتسبب في إبطاء دوران الثقب الأسود .[57] تعد عملية آلية بلاندفورد-زينديك هي الآلية المحتملة لحدوث اللمعان الهائل والنفاثات النسبية للكوازارات وغيرها من النوى المجرية النشطة، و ذلك كأحد تفسيرات آلية بنزور أثناء وجود حقول مغناطيسية قوية.

أقصى مدار دائري داخلي مستقر (ISCO)[عدل]

ضمن الجاذبية النيوتونية، يمكن لجسيمات الاختبار أن تدور بثبات ضمن أي مدارات و بأي بعد عن جسم مركزي. لكن في النسبية العامة، يوجد مدار دائري مستقر (يُطلق عليه عادةISCO ، بحيث يؤدي حدوث أي اضطرابات متناهية الصغر في المدار الدائري ضمنه إلى الدوران بسقوطا داخل الثقب الأسود .[88] يعتمد موقع ISCO على دوران الثقب الأسود، في حالة وجود ثقب شوارزشيلد أسود (بدون دوران) يكون موقعه محددا بالمعادلة:

ويتناقص مع زيادة تدوير الثقب الأسود للجسيمات التي تدور في نفس اتجاه الدوران

عبارلا لصفلا

الثقوب الدودية

الثقب الدودي (Wormhole) عبارة عن ممر نظري موجود في الزمكان(Space-time) ، وبإمكانه خلق طرق مختصرة لرحلات طويلة عبر الكون. تم التنبؤ بالثقوب الدودية من قبل النسبية العامة. لكن احذر: تجلب الثقوب الدودية أخطاراً معها وتتضمّن تلك الأخطار الانهيار المفاجئ، والإشعاع العالي والاتصال الخطير مع مادة غريبة. نظرية الثقب الدودي (Wormhole Theory)في عام 1935، استخدم الفيزيائيون البرت اينشتاين وناثان روزن نظرية النسبية العامة لاقتراح وجود "جسور" في نسيج الزمكان. وتُعرف هذه المسارات بجسور اينشتاين-روزن أو الثقوب الدودية. تصل هذه الثقوب بين نقطتين مختلفتين وموجودتين في الزمكان، مما يؤدي نظرياً إلى خلق طريق مختصر يُمكن أن يُقلل من زمن السفر ومن المسافة أيضاً. تحتوي الثقوب الدودية على فَمين (mouths) مع وجود لحنجرة تصل الفمين معاً. ومن المرجح أن تكون الأفواه كروية، أما الحنجرة فقد تكون شريطاً مستقيماً، لكن يُمكنها الالتفاف، مما يؤدي إلى سلوكها مساراً أطول من الطرق التقليدية المتاحة. وتتنبأ النظرية العامة في النسبية رياضياً بوجود الثقوب الدودية، لكن لم يكتشف أحد حتى الآن وجود هذه الثقوب. ربما يتم التقاط الكتلة السالبة لثقب دودي بنفس الطريقة التي تؤثر فيها جاذبيته على الضوء الذي يعبر خلاله. تسمح حلول محددة للنسبية العامة بوجود الثقوب الدودية التي يكون فيها كل جانب من جانبي الثقب الدودي عبارة عن ثقب أسود. على أية حال، تتشكل الثقوب السوداء بشكل طبيعي جراء انهيار نجم ميت ولا تقوم من تلقاء ذاتها بخلق ثقبِ دودي. داخل الثقب الدودي (Through Wormhole)الخيال العلمي مليءٌ بالقصص التي تتحدث عن السفر عبر الزمن باستخدام الثقوب الدودية. لكنَّ

واقعية هذا السفر أكثر تعقيداً ولا يكمن السبب في أننا لم نشاهد ثقباً دودياً فقط، فالمشكلة الأولى هي الحجم. تم التنبؤ بوجود الثقوب الدودية البدائية عند المستويات الميكروسكوبية (المجهرية)، أي عند أبعاد تصل إلى 10^-33 سنتمتر. وعلى أية حال، يتوسع الكون ومن الممكن في يومٍ ما أن تتمدد بعض تلك الثقوب الدودية وتصل إلى أحجام أكبر. تنشأ مشكلة أخرى من الاستقرار. فالثقوب الدودية، التي تم التنبؤ بها من قبل روزن-اينشتاين، ستكون غير مفيدة للسفر لأنها تنهار بسرعة. لكن وَجد بحثٌ حديث جداً أن ثقباً دودياً يحتوي مادة "غريبة" يستطيع أن يبقى مفتوحاً ودون تغير لفترات أطول من الزمن. تمتلك المادة الغريبة(Exotic Matter) ، التي يجب الانتباه إلى عدم الخلط بينها وبين المادة المظلمة(Dark Matter) ، أو المادة المضادة (Antimatter)، كثافة سالبة للطاقة ومقدار كبير من الضغط السالب. وتم رصد مثل هذه المادة في سلوك نوع معين من حالات الفراغ وهو جزء من نظرية الحقل الكوانتي (Quantum Field Theory). إذا احتوى ثقب دودي ما على كمية كافية من المادة الغريبة التي قد تكون ناتجة بشكل طبيعي أو تمت إضافتها صناعياً، يُمكن بالتالي ونظرياً استخدام الثقب الدودي كطريقةٍ لإرسال المعلومات أو المسافرين عبر الفضاء. قد لا تقوم الثقوب الدودية بوصل منطقتين منفصلتين من الكون فقط، بل وتستطيع أيضاً الوصل بين كونين مختلفين. بشكل مشابه، اعتقد بعض العلماء أنه إذا تحرك أحد مدخلي الثقب الدودي وفقاً لوضع معين، يُمكن أن يُسمح بالتالي بالسفر عبر الزمن. على أية حال، جادل عالم الكون البريطاني ستيفن هوكينغ باستحالة هذا الأمر. على الرغم من أن إضافة المادة الغريبة إلى ثقب دودي ما

تجعله مستقراً إلى درجة تسمح للمسافر البشري بالسفر بأمان عبره، إلا أنه لاتزال هناك احتمالية تنصّ على أن إضافة مادة "نظامية" قد تؤدي إلى عدم استقرار ملحوظ في هذا الممر. وحتى لو كان بالإمكان إيجاد الثقوب الدودية، إلا أن تقنيات اليوم غير كافية من أجل تكبيرها أو جعلها مستقرة. وعلى أية حال، يستمر العلماء باستكشاف هذا المفهوم كطريقة للسفر عبر الفضاء آملين أن تصبح التكنولوجيا في النهاية قادرة على الاستفادة من تلك الثقوب.

المصطلحات المادة المظلمة :(Dark Matter) وهو الاسم الذي تمّ إعطاؤه لكمية المادة التي أُكتشف وجودها نتيجة لتحليل منحنيات دوران المجرة، والتي تواصل حتى الآن الإفلات من كل عمليات الكشف. هناك العديد من النظريات التي تحاول شرح طبيعة المادة المظلمة، لكن لم تنجح أي منها في أن تكون مقنعة إلى درجة كافية، و لا يزال السؤال المتعلق بطبيعة هذه المادة أمراً غامضاً.

المادة المضادة :(antimatter) تتميز المادة المضادة عن المادة بامتلاكها لشحنة معاكسة، فمثلاً: يمتلك البوزيترون (الالكترون المضاد) شحنة معاكسة للالكترون ويُماثله فيما تبقى. وكان العالم بول ديراك أول من اقترح وجودها في العام 1928 وحصل جراء ذلك على جائزة نوبر للفيزياء في العام 1933، أما الفيزيائي الأمريكي كارل اندرسون فكان أول من اكتشف البوزيترون في العام 1932 وحصل على جائزة نوبل في العام 1936 عن ذلك الاكتشاف. يُمكن رصد البوزيترون في تفكك بيتا لنظير الأكسجين 18 .2Oلكن في وقتٍ سابق لاندرسون، رصد العالم السوفيتي (Dimitri Skobeltsyn) وجود جسيمات لها كتلة الكترونات ولكن تنحرف في اتجاه معاكس لها بوجود حقل مغناطيسي أثناء عبور الأشعة الكونية في

حجرة ويلسن الضبابية وحصل ذلك في العام 1929، وقام طالب معهد كاليفورنيا للتكنولوجيا شونغ شاو برصد الظاهرة نفسها في نفس العام، لكنهما تجاهلا الأمر، اما اندرسون فلم يفعل ذلك. تعمل تجربة ALPHA التابعة لمنظمة الأبحاث النووية الأوروبية على احتجاز ذرات الهيدروجين المضاد وهي ذرة المادة المضادة الأبسط.
المصدر: ناسا وسيرن والجمعية الفيزيائية الأمريكية.

الفصل الخامس

الثقوب البيضاء

يُمثل الثقب الأبيض (White hole) المعاكس الزمني النظري لثقبِ أسود (Black hole). يجذب أفق حدث الثقب الأسود المادة، في حين يقوم أفق حدث الثقب الأبيض بقذف المادة على الرغم من استمرار الثقب الأبيض نفسه بجذبها إليه. الفرق الرئيسي بين النوعين يكمن في طريقة تصرف أفق الحدث (Event Horizon). سيبتلع أفق الحدث الخاص بثقب أسود كل جسيم من جسيمات المواد التي يصادفها، في حين يبتعد ذلك الخاص بالثقب الأبيض عن أي منها، بحيث لا يُمكن لأي شيء عبور أفق الحدث. في حالة الثقب الأبيض، ينتهي المطاف بالمادة متشتتةً عندما ينهار الثقب. وباستخدام ميكانيك الكم، برهن ستيفن هوكينغ على أن الثقب الأسود يُصدر أشعة هوكينغ ويستطيع أن يتوازن حرارياً، ويبقى هذا التوازن ثابتاً عند انعكاس الزمن. لذلك، فإن المعاكس لحالة الثقب الأسود الموجود في توازنٍ حراري هو ثقب أسود في حالة توازن حراري، مما يعني أن الثقب أسوداً كان أم أبيضاً هو الشيء نفسه. يظهر مفهوم الثقب الأبيض كجزء من حل الفراغ لمعادلات حقل أينشتاين المُستخدمة لوصف ثقب شفارتزشيلد الدودي(Schwarzschild wormhole) ، إذ يكون أحد أطراف الثقب الدودي عبارة عن ثقب أسود يسحب المادة نحوه، في حين يُوجد ثقب أبيض عند النهاية الأخرى، ويُصدر هذا الأخير المادة دوماً. ثقوب شفارتزشيلد الدودية غير مستقرة، وتنهار حالاً عند تشكلها. وأيضاً، تظهر الثقوب الدودية كحل لمعادلات حقل أينشتاين في حالة الفراغ فقط أين عندما لا يوجد أي مادة لتتفاعل مع الثقب. تتشكل الثقوب السوداء الحقيقية جرّاء انهيار النجوم، لكنّ الثقوب البيضاء تتحرك بعيداً عن المادة ولذلك لا يُمكن أن تُوجد في حالة اتصال مع ثقوب سوداء

لأن وجود المادة سيتسبب في انهيارها. لا تزال الثقوب البيضاء مجرد مفهوم نظري عالي المستوى؛ ولم يستطع أي شخص رصدها، وقد لا يتمكن أحد من القيام بذلك. يعتقد بضعة علماء أنّ الثقب الأبيض قد يكون جزءاً من مفهوم يُعرف بالكون الولود.(Fecund universe)
المصطلحات أفق الحدث :(Event horizon) هي بعدٌ معين عن الثقب الأسود لا يمكن لأي شيء يقطعه الإفلات من الثقب الأسود. بالإضافة إلى ذلك، لا يُمكن لأي شيء أن يمنع جسيم ما من صدم المتفرد الذي يتواجد لفترة قصيرة جداً من الزمن بعد دخول الجسيم عبر الأفق. ووفقاً لهذا المبدأ، فأفق الحدث عبارة عن "نقطة اللاعودة". انظر نصف قطر شفارتزشيلد. المصدر: ناسا

الفصل السادس

المادة المظلمة

في علم الفلك وعلم الكون، **المادة المظلمة** أو **المادة المعتمة** أو **المادة السوداء**) بالإنجليزية (Dark matter :أو) بالفرنسية Matière : noire)، هي مادة افترضت لتفسير جزء كبير من مجموع كتلة الكون. لايمكن رؤية المادة المظلمة بشكل مباشر باستخدام التلسكوبات، حيث من الواضح أنها لا تبعث ولا تمتص الضوء أو أي إشعاع كهرومغناطيسي آخر على أي مستوى هام[1]. عوضًا عن ذلك، يستدل على وجود المادة المظلمة وعلى خصائصها من آثار الجاذبية التي تمارسها على المادة المرئية، والإشعاع، والبنية الكبيرةللكون. وفقا لفريق بعثة بلانك، واستنادا إلى النموذج القياسي لعلم الكونيات، فإن مجموع الطاقة-الكتلة في الكون المعروف يحتوي على المادة العادية بنسبة 4.9٪، والمادة المظلمة بنسبة 26.8٪ والطاقة المظلمة بنسبة 68.3٪.[2][3] وهكذا، فأن المادة المظلمة تشكل 84.5٪ من مجمل الكتلة في الكون، بينما الطاقة المظلمة بالإضافة إلى المادة المظلمة تشكل 95.1٪ من المحتوى الكلي للكون.[4][5]

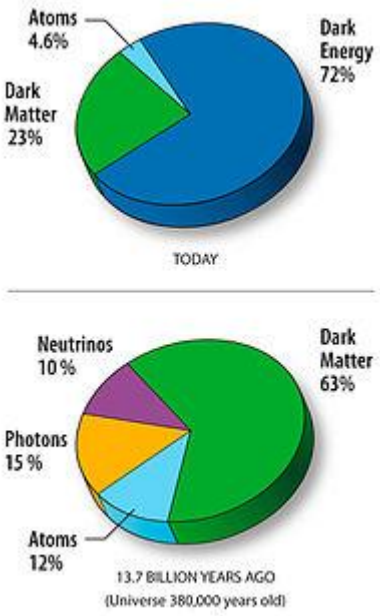
أتت المادة المظلمة إلى اهتمام علماء الفيزياء الفلكية نتيجة التباين بين كتلة الأجسام الفلكية المحددة من آثار الجاذبية الخاصة بهم، وتلك المحسوبة من "المادة المضيئة" التي تحويها هذه الأجسام مثل النجوم والغازوالغبار. افترض جان أورت المادة المظلمة لأول مرة عام 1932 لحساب السرعات المدارية للنجوم فيمجرة درب التبانة، وافترضها فريتز زفيكي للحصول على دليل حول "الكتلة المفقودة" للسرعات المداريةللمجرات في عناقيد المجرات. لاحقاً، أشارت بعض الملاحظات إلى وجود المادة المظلمة في الكون، بما في ذلك سرعة دوران المجرات حول نفسها بواسطة فيرا روبين،[6] تشكل عدسات الجاذبية من الأجسام الخلفية من قبل عناقيد المجرات، مثل عنقود الرصاصة، وتوزيع الحرارة للغازات الساخنة في المجرات وعناقيدالمجرات. وفقاً لتوافق الآراء بين علماء الكون، تتكون المادة المظلمة بشكل أساسي من نوع من الجسيمات الدون الذرية جديدة وغير محددة بعد.[7][8] اليوم يعد البحث عن هذه الجسيمات بشتى الوسائل هو أحد الجهود الأساسية في فيزياء الجسيمات [9]

بالرغم من قبول المجتمع العلمي السائد عموماً لوجود المادة المظلمة، اقترحت العديد من النظريات البديلة لشرح الشذوذ الذي من أجلهِ افترضت المادة المظلمة.

محتويات

- 1نظرة عامة
- 2تاريخياً
- 3دور المادة المظلمة
- 4المادة المظلمة الباريونية والمادة المظلمة غير الباريونية
- 5نظرية بيرمان وكوسينكو
- 6مؤشر لاكتشافها
- 7مواضيع ذات صلة
- 8مصادر

نظرة عامة[عدل]



التوزيع المقترح للمادة والطاقة في الكون، اليوم (في الأعلى)، وعند تحرر إشعاع الخلفية الميكروني الكوني) في الأسفل.(

يستدل على وجود المادة المظلمة من آثار الجاذبية التي تمارسها على المادة المرئية وتشكل عدسات الجاذبية لإشعاع الخلفية، وافترضت أساساً لتفسير التباين بين كتلة المجرات وعناقيد المجرات المحسوبة بطرقالديناميكا والنسبية العامة، وبين تلك المحسوبة اعتماداً على كتلة المادة المرئية "المضيئة" التي تحويها المجراتوعناقيد المجرات مثل النجوم والغاز والغبار للوسط البين نجمي والوسط بين المجرات.

التفسير الأكثر قبولاً لهذه الظواهر: أن المادة المظلمة موجودة وتتكون على الأرجح من جسيمات ثقيلة [الإنجليزية]تتفاعل من خلال الجاذبية وربما القوة النووية الضعيفة .ولقد اقترحت تفسيرات بديلة، ولا يوجد حتى الآن أدلة تجريبية كافية لتحديد أي من هذه التفسيرات هو الصحيح، وتجرى حالياً العديد من التجارب لتحديد جسيمات المادة المظلمة المقترحة من خلال وسائل غير مرتبطة بالجاذبية.

وفقاً لملاحظات البنى الأكبر من النظام الشمسي بالإضافة إلى نظرية الانفجار العظيم بموجب معادلات فريدمانوإحداثيات روبرتسون-ووكر، حيث تشكل المادة المظلمة 23% من متحوى كتلة وطاقة الكون المنظور مقابل 4.6% للمادة العادية، وتعزى النسبة الباقية إلى الطاقة المظلمة .وفقاً لهذه الأرقام، تشكل المادة المظلمة 83%، (4.6+23)/23))، من المادة في الكون، في حين تشكل المادة العادية نسبة 17% فقط.

تلعب المادة المظلمة دوراً مركزياً في نمذجة تشكل البنية وتشكل وتطور المجرات، ولها تأثيرات قابلة للقياس على عدم توحد الخواص الملاحظ في الخلفية الميكرونية الكونية .كل هذه الدلائل تقترح أن المجرات، وعناقيد المجرات، والكون ككل تحتوي مادة أكثر بكثير من تلك التي تتفاعل مع الإشعاع الكهرومغناطيسي.

باعتقاد أهمية وجود المادة المظلمة في الكون، الدلائل المباشرة لوجودها والفهم الملموس لطبيعتها تبقى بعيدة المنال. بالرغم من بقاء نظرية المادة المظلمة الأكثر قبولاً لشرح الشذوذ الملاحظ في الدوران المجري، طورت بعض الطرق النظرية البديلة والتي تدخل على نطاق واسع في قوانين الجاذبية المعدلة وقوانين الجاذبية الكمية.

تاريخياً[عدل]

بعد ثورة كوبرنيكوس ونسبية أينشتاين وجد العلماء أنفسهم أمام مشهد جديد في مسيرة العلوم، إذ أن المادة "العادية" (التي تشكل كل شيء وتدخل في تركيبة البشروجميع الكائنات الحية) ما هي إلا نسبة بسيطة من الكتلة الكلية للكون فهناك عنصر آخر يدخل في تركيبته، وهو عنصر غير معروف ولا يصدر عنهُ الضوء، وكانت هناك آثار يمكن تتبعها ولكن ليس هناك ما يمكن رؤيته. وقبل أكثر من 60 سنة تنبه الفلكيون إلى أن النجوم في مجرة درب التبانة تدور حول مركز المجرة بسرعة أكبر مما تتوقعه النظريات والحسابات الفلكية، وبما أن سرعة النجوم تعتمد على الجاذبية الناتجة عن كتلة المجرة ككل، فقد توصل الفزيائيون إلى نتيجة تقول بوجود كمية مادة أكبر من المادة المرئية لنا. تمت ملاحظة نفس الأمر على مستويات أكبر؛ فالمجرات تدور حول مركز مجموعتها بسرعة أكبر من المتوقع. " قوانين الفيزياء تحدد وبدقة متناهية كما من المادة يجب أن يوجد حتى يتم التوازن بين تحركات الأجرام والمجرات، إن اكتشاف الكتلة الكلية للكون المرئي هي أدنى من الرقم الذي أحتسب وهو أمر محير، ". فالمادة الغامضة لا تصدر ما يمكن من أشارة يمكن رصدها حتى بواسطة أدوات رصد الأشعة الكهرومغناطيسية مثل أشعة غاما أوأشعة إكس أو الأشعة تحت الحمراء، فلا يمكن معرفة تكوينها لأنه لا توجد أية طريقة تستطيع ذلك مع اختفاء المادة المظلمة الكامل عن كل أجهزة الرصد[10].

دور المادة المظلمة[عدل]

لعبت المادة المظلمة دوراً أساسياً في تخليق النجوم في البدايات الأولى من الكون، إذا كانت المادة المظلمة على هذه الحالة، على أية حال، يجب

أن يشتمل المادة المظلمة على الجزيئات المعروفة بـ"النيوترونات العقيمة". قام بيتر بيرمان من معهد ماكس بلانك لعلوم الفلك الإشعاعي في بون، وألكسندر كوسينكو، من جامعة كاليفورنيا في لوس أنجليس، باظهار أنه عندما تضمحل النيوترونات العقيمة، فإنها تسرّع عملية خلق جزيئات الهيدروجين، هذه العملية ساعدت على إضاءة النجوم الأولى فقط منذ حوالي 20 إلى 100 مليون سنة بعد الانفجار الكبير، كل هذه المعطيات تعطينا تفسيراً بسيطاً لبعض الملاحظات المحيرة الأخرى التي تتعلق بالمادة المظلمة، النيوترونات العقيمة، والمادة المضادة.

اكتشف العلماء بأن تلك النيوترونات لها كتلة خلال تجارب قياس ذبذبة النيوترونات. هذا قاد إلى افتراضات بإن النيوترونات العقيمة الموجودة - هي كذلك معروفة أيضا بالنيوترونات اليمينية، وبأنها لا تشارك في التفاعلات الضعيفة مباشرة، ولكنها تتفاعل من خلال خلطها مع النيوترونات العادية. إن العدد الكلي للنيوترونات العقيمة غير واضح، إذا كانت كتلة المادة المظلمة تعادل بضعة كيلو إلكترونوفولتز (1 KeV تعادل مليون كتلة ذرة الهيدروجين)، فإنها توضح ضخامة الكتلة المفقودة في الكون، أحيانا، تسمى المادة المظلمة، ودعمت ملاحظات الفلكيين الفيزيائيين وجهة نظر باحتمال بأن المادة المظلمة تشتمل على النيوترونات العقيمة.

المادة المظلمة الباريونية والمادة المظلمة غير الباريونية[عدل]

تقدم مشاهدات فيرمي للمجرات القزمة رؤية جديدة للمادة المظلمة.

من الممكن لنسبة صغيرة من المادة المظلمة أن تكون مادة مظلمة باريونية: الأجسام الفلكية مثل هالة الأجسام الثقيلة المدمجة المؤلفة من مادة عادية تبعث القليل أو لا تبعث على الإطلاق أي اشعاع كهرومغناطيسي، ويشير التوافق مع المشاهدات الأخرى إلى عدم إمكانية

الغالبية العظمى من المادة المظلمة الموجودة في الكون لأن تكون مادة مظلمة باريونية أي أنها غير مشكلة من الذرات ولا يمكنها التآثر مع المادة العادية عبر القوى الكهرو مغناطيسية ولا تحمل جسيماتها أي شحنة كهربائية، وتتضمن المادة المظلمة غير الباريونية النيوترينوهات مع إمكانية وجود جسيمات افتراضية مثل الأكسيومز أو الجسيمات فائقة التناظر، وعلى عكس المادة المظلمة الباريونية، لاتساهم المادة المظلمة غير الباريونية في تشكيل العناصر في بداية الكون "الاصطناع النووي للانفجار العظيم" وبالتالي يتم الكشف عن وجودها فقط من خلال تجاذبها الثقالي، بالإضافة إلى ذلك، لو كانت الجسيمات المؤلفة للمادة المظلمة غير الباريونية فائقة التناظر فإنها من الممكن أن تخضع لتفاعلات الإفناء مع نفسها مما يؤدي إلى ملاحظتها من النواتج الفرعية مثل الفوتونات والنيوترينوهات "كشف غير مباشر."

تصنف المادة المظلمة غير الباريونية من حيث كتلة الجسيمات المفترضة لتشكيلها و/أو السرعة النموذجية لانتشار تلك الجسيمات (حيث أن الجسيمات الأثقل تكون أبطأ). هناك ثلاثة افتراضات بارزة للمادة المظلمة غير الباريونية وهي المادة المظلمة الساخنة والدافئة والباردة مع إمكانية المزج بينهم. النموذج الأكثر مناقشة للمادة المظلمة غير الباريونية مبني على فرض المادة المظلمة الباردة ويفترض الجسيم المرتبط به ليكون في الغالب جسيم ثقيل ضعيف التآثر. من الممكن للمادة المظلمة الساخنة أن تتألف من النيوترينوهات الثقيلة، تؤدي المادة المظلمة الباردة إلى تشكيل "قاعدي-علوي" لبنية الكون والمادة المظلمة الساخنة إلى تشكيل "قمي-سفلي" لنفس البنية.

نظرية بيرمان وكوسينكو[عدل]

Dunkle Materie:التعارض بين سرعة دوران النجوم في مجرتناالمشاهدة(احمر) بالمقارنة بالحسابات المبنية على كمية المادة المنظورة فيها (أزرق)، مما يدعو طبقا لقوانين الجاذبية إلى الاعتقاد بوجود كتلة جسيمات أو أجسام غير منظورة تساعد في عملية الجذب، وسميت المادة المظلمة.

تسلط نظرية بيرمان وكوسينكو الضوء على عدد من الألغاز الفلكية غير المفسرة، أولا، وأثناء الانفجار الكبير، كانت كتلة النيوترونات المخلوقة في الانفجار الكبير تساوي ما نحتاجه لتفسير المادة المظلمة، ثانياً، هذه الجسيمات يمكن أن تكون الحل لمشكلة كبيرة حول لماذا تتحرك البولسرات بسرعة كبيرة.

البولسرات هي نجوم نيوترونية تدور بسرعة عالية جداً، ونشأت نتيجة لانفجار مستعر فائق) سوبرنوفا) وتكون عادة مقذوفة في اتجاه واحد. الانفجار أعطاها " دفعاً قويا"، مثل محرك صاروخ. مما يجعل البولسرات تسير بسرعات كبيرة تصل إلى مئات الكيلومترات في الثانية - وأحياناً إلى الآلاف. مصدر هذه السرعات تبقى مجهولة، لكن إشعاع النيوترونات العقيمة توضح تحركات البولسرات.

يحتوي سديم القيثارة على بولسرات سريعة جداً، إذا كانت المادة المظلمة صنعت جزيئات مؤينة في الكون - كما يقترح بيرمان وكوسينكو- بأن حركة البولسرات هي التي أنشأت سديم القيثارة.

كما ان النيوترونات العقيمة يمكن أن تساعد على توضيح انعدام المادة المضادة في الكون. في بدايات الكون الأولى، كانت النيوترونات العقيمة "تسرق" ما يعرف بـ" ترقيمات ليبتون" من البلازما .وفي وقت لاحق، أدت قلة ترقيمات ليبتون إلى تحويلها إلى عدد غير صفري من الترقيمات البريونية. اللاتناظر الناتج بين البريونات)مثل البروتون) والبريونات المضادة (مثل البروتون المضاد) يمكن أن يكون السبب حول عدم وجود مادة مضادة في الكون.

فتشكيلة الثقوب السوداء المركزية في المجرة، بالإضافة إلى التركيب القياسي للمجرات الفرعية، تعطي تفسيراً مفضلا حول النيوترونات العقيمة في المادة المظلمة. والإجماع على آراء متعددة معقدة يقود إلى

اتجاه واحد باعتقاد أن المادة المظلمة، في الحقيقة، هي نيوترونات عقيمة[11].

مؤشر لاكتشافها[عدل]

من الصعب اكتشاف جسيمات المادة المظلمة مباشرة حيث أن تآثرها وتفاعلها مع المادة العادية ضعيف جدا جداً كما لو كان ليس لها وجود - مليارات من تلك الجسيمات تمر خلال جسمك وأنت تقرأ هذا ولا تشعر بها - ولكن يمكن قياس نواتجها . فعند اصطدام جسيمان من المادة المظلمة ينتج عنه جسيمان معروفانالإلكترون ونقيض الإلكترون المسمى بوزيترون .وقد زود علماء محطة الفضاء الدولية بمطياف خاص يقيس البوزيترونات. وقد مضى على وجوده في الفضاء من عام 2013 حتى الآن. سجل مطياف البوزوترونات خلال السنتين الأولى نحو 400.000 بوزيترونا يعتقد أنها ناشئة عن اصطدامات جسيمات المادة المظلمة. ويأمل العلماء التأكد من ذلك بحيث لا تكون تلك البوزيترونات ناشئة عن مصدر آخر لا يعرفونه الآن. هذا الرقم يتماشى مع تقديرات العلماء عن احتمال تصادم جسيمات المادة المظلمة بعضها ببعض. ولكن لا بد من التأكد أن البوزيترونات ليست صادرة من مصدر آخر. لهذا سيتواصل عمل المطياف في الفضاء لزيادة المعلومات والتأكد من مصدر البوزيترونات.

الفصل السابع

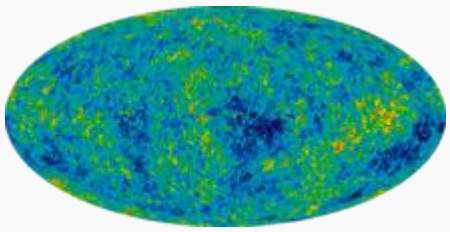
تمدد الكون

تمدد الكون

اذهب إلى التنقلاذهب إلى البحث

جزء من سلسلة عن

علم الكون الفيزيائي



الانفجار العظيم
الفضاء الكوني
عمر الكون
التسلسل الزمني للانفجار العظيم
بدايات الكون
التمدد
المستقبل
التركيب
البنية

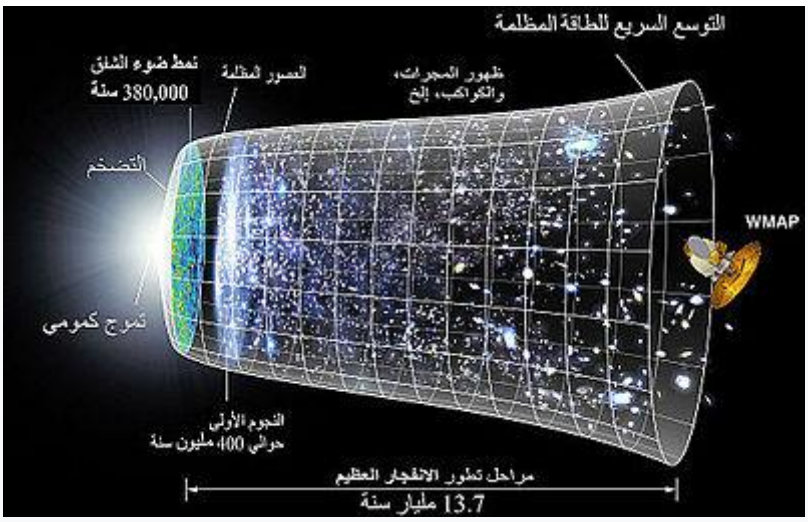
علم الفلك الرصدي

العلماء

علم الكون الفيزيائي

تصنيف

بوابة علم الكون



مراحل تطور البنية الكونية، المحور الأفقي هو الزمن ويبدأ من اليسار عند لحظة الصفر (توضيح بمقاييس رسم اختيارية).

تمدد الكون في علم الفلك، هو تمدد أبعاد الكون ويظهر في إبتعاد أي نقطتين في الكون عن بعضهما البعض من دون أن تكون لهما حركة. طبقا لنظرية الانفجار العظيم نشأ الكون من نقطة واحدة بتواجد كمية

هائلة عظيمة من الطاقة شديدة السخونة وتمددت خلال العدة بملايين من السنين الأولى بعد تضخم كوني سريع بعد نشأته مباشرة، ثم بدأ معدل تمدده تقل حتى وصلت إلى المعدل الحالي. يتعلق تفسير ما نرصده من ظاهرة تمدد الكون بمجهودات العلماء حاليا، وهو لا يزال في مجال البحث. وترتبط محاولات تفسير تمدد الكون حاليا بفكرة تفترض ما يسمى طاقة مظلمة.

تشير القياسات الحديثة أن معدل تمدد الكون في تزايد ويعزي العلماء هذا التزايد إلى المادة المظلمة التي تظهر في النموذج النظري على صورة الثابت الكوني. أصبحنا في استطاعتنا حديثا قياس تسارع تمدد الكون، وتعتقد النظرية أن تمدد الكون في الماضي كان « تباطئيا، كابحا» تحت تأثير قوة الجاذبية بين المادة التي نشأت في الكون. حاليا يفترض العلماء نموذج لامبدا-سي دي إم لتفسير ما يجري في الكون، ويعزز هذا النموذج أن تمدد الكون تحت تأثير الطاقة المظلمة سوف يتزايد في المستقبل.

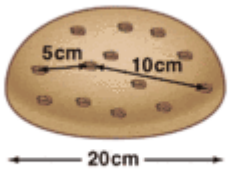
محتويات

- 1تاريخ إكتشافه
- 2سرعة تمدد الكون
- 3الوضع الحالي للأبحاث
- 4تمدد الكون وتجاذب المادة
- 5انظر أيضاً
- 6المراجع

تاريخ إكتشافه[عدل]

قام ألبرت أينشتاين و ويليم دي سيتير عام 1917 بوصف الكون لأول مرة بصياغة النظرية النسبية العامة، ولكن وصفهما له بأنه كون ثابت مستقر، واتضح أن وصف دي سيتير للكون كان خاطئاً، ثم قدم ألكسندر فريدمانعام 1922 أول وصف للكون عن طريق حل معادلات النظرية

النسبية العامة وأتت النتيجة بأن الكون قد يكون متدداً أو متقلصاً (معادلات فريدمان)، ولكن لم ينال هذا البحث إهتمام العلماء.



تمثيل تضخم خبز به زبيب. عندما يتزايد حجم الخبز تحت فعل الخميرة تزداد المسافات بين حبات الزبيب.

اكتشف عالم الفلك الأمريكي فيستو سليفر عام 1912 الانزياح نحو الأحمرلخطوط طيف الضوء القادم من المجرات البعيدة، وقام إدوين هابل عام 1925 بنشر بحث علمي له عن المسافة بيننا وبين المرأة المسلسلة (مجرة)(أو مسييه 31) يبين أن مجرة المرأة المسلسلة تقع بوضوح خارج مجرتنا، مجرة درب التبانة، وفي عام 1926 قام هابل أيضاً بنشر بحث عن المسافات بيننا وبين عدة مجرات أخرى.

ثم اكتشف عالم الفلك البلجيكي جورج لوميتر عام 1927 تمدد الكون، واكتشف ما كان «فريدمان» قد وجده من قبل على أساس معادلات النظرية النسبية بأن الكون في حالة حركة وليس في حالة ثبات. وقام «لوميتر» بربط ما وجده «سليفر» من انزياح أحمر لخطوط الطيف بالمسافات التي عينها «هابل». واستنتج منها أن الكون يتمدد، وقام بنشر بحثه في المجلة العلمية *Annales de la Société Scientifique de Bruxelles* في عام 1927 وصاغ قانون هابل . واستنتج «لامتر» نظرياً أن المجرات تزداد إبتعاداً عنا كلما كانت بعيدة عنا (قارن ثابت هابل). ووجد أن القياسات التي قام بها تؤيد ذلك، واستنبط في عام 1929 ما سمي بعد ذلك «ثابت هابل» وأيدت قيمته من الأرصاد التي قام بها هابل، وأكد «لوميتر» أن «تباعد» المجرات ليس حركة تقوم بها المجرات في الإبتعاد عنا وإنما هو إبتعاد على طبقاً لنتائج حلمعادلات اينشتاين للمجال وهي تمدد الكون.

ووجد هابل في عام 1929 أن القانون يفسر العلاقة بين بُعد المجرات عنا والإنزياح الأحمر بإعتبار أنه ناتج عن سرعات المجرات طبقا لظاهرة تأثير دوبلر، ولكنه لم يفسر ذلك بأنه تمدد للكون واعتبر أنه يطابق ما اقترحه «سيتر» عام 1917 من نموذج ثابت للكون، ولم يتبنى هابل فكرة كون يتمدد، وطبقاً لما قام بنشره من بحوث فيبدو أنه لم يعتقد في ذلك.

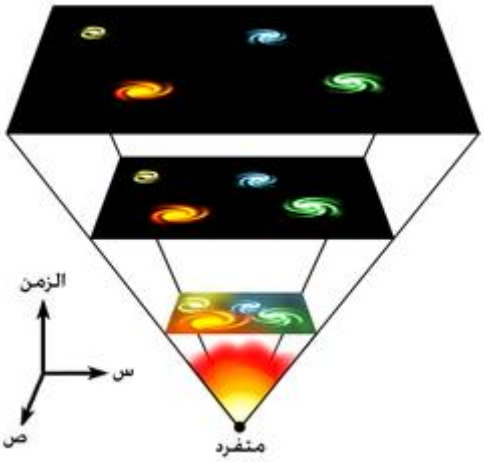
وكان أينشتاين عندما صاغ نظريته النسبية العامة 1915 يعتقد أن الكون ثابت مستقر،وقام بإضافة ما يسمى ثابت كوني في معادلاته عن مجال الجاذبية بغرض الحصول على حل للمعادلات يكون فيها الكون ثابتاً مستقراً، ولكن حلول هذا التكوين للكون لم تكن مستقرة، ولكن بناءً على ما تحقق بعد ذلك من إشارات عن تمدد الكون فاعتنق هذا المبدأ، ولهذ وصف أينشتاين فيما بعد فكرة الثابت الكوني - كما ذكرها جورج جاموف - «بأنها كانت أكبر خطأ أرتكبه في حياته». [1]

سرعة تمدد الكون[عدل]

سرعة تمدد الكون في بداية نشوئه كانت وبحسب قانون السرعة , فأن ناتج تقسيم مسافة الكون على زمن نشوئه = 30,000 أي 30 ألف سنة ضوئية في الثانية

الوضع الحالي للأبحاث[عدل]

- **مقالة مفصلة:** علم الفلك



حسب نظرية الانفجار العظيم نشأ الكون من حالة كثيفة وحارة جدا ثم بدأ بالتمدد والتوسع دافعاً المجرات بعيداً عن بعضها.

طبقا للنظرية الحالية التي يتفق عليها معظم العلماء فلا يعتبر الانزياح الأحمر الكوني تأثير من تأثير دوبلر وإنما يعتمد أساسا على تزايد أبعاد الكون مع الزمن. وهذا المبدأ يؤدي إلى الاعتقاد في الانفجار العظيم حيث أن المسافات بين المجرات طبقا لهاذا النموذج تتناقص مع الزمن في الماضي وتختفي عند نقطة تتسم بارتفاع لا نهائي لكثافة المادة.

ظل لمدة طويلة غير واضحا عما إذا كان الكون :

- سيظل يتمدد باستمرار (حالة كون مفتوح)،
- ستقل سرعة تمدد الكون حتى يصل إلى حالة مستقرة يثبت عليها (حالة كون منبسط)،
- ستقل سرعة تمدد الكون بحيث يصل أقصاه ثم يعود لينكفيء على نفسه تحت تأثير جاذبية المادة فيه (كون مغلق).

أرصاد ومشاهدات تجرى على مستعرات عظمي شديدة البعد من نوع مستعر أعظم، نوع 1أ - وقد اجريت في إطار مشروع دراسة المستعرات العظمى - قام بتحليل نتائجها عدد من العلماء سول بيرلموتر و بريان شميدت و آدم ريس ونالوا عنها جائزة نوبل في الفيزياء عام 2011 [2] تبين النتائج أن تمدد الكون الآن يتسارع (أي تزداد سرعة التمدد مع الزمن). وتنطبق تلك النتيجة أيضا مع

قياسات إشعاع الخلفية الميكرويفي الكوني بواسطة مسبار ويلكينسون لقياس اختلاف الموجات الراديويةWMAP. ويعزى سببها إلى ما يسمى طاقة مظلمة وهي ممثلة في ثابت كوني ولكنه يتغير مع الزمن. ولم يمكن حتى الآن إثبات وجود الطاقة المظلمة عمليا، ويرجع السبب الأساسي إلى المناداة بها إلى تمدد الكون وطريقة تطور البنية الكونية.

وهناك افتراض آخر عن نشأة الانزياح الأحمر وهو ما يسمى «تقدم عمر الفوتونات» بازياد المسافة. ويبنى هذا الافتراض على نظرية الكم ويعتمد على هيئة الضوءباعتباره جسيمات، ولكن هذا الافتراض قد بات حاليا غير مرضيا.

عل اساس بعض المشاهدات التي أجريت يتفق العلماء على أنه مر على الكون مرحلة بعد نشأته مباشرة تضخم فيه حجمه تضخما كبيرا طبقا لدالة أسية، تلك النظرية تسمى الآن في علم الفلك نظرية تضخم الكون.

علاوة على ذلك فلا تزال بحوث تجرى في إطار البحث عن حلول أخرى للنظرية النسبية العامة. [3][4]

تمدد الكون وتجاذب المادة[عدل]

يصور تمدد الكون أحيانا على انه أن عبارة عن قوة تدفع الجسيمات أو الأجسام بعيدا عن بعضها. ورغم أن هذا التصور صحيحا من وجهة تأثير الثابت الكوني إلا أن تلك الصورة ليست صحيحة بالكامل. يعتقد العلماء أنه قد مر على الكون مرحلة كان فيها ابتعاد الأجسام بعيدا عن بعضها تحت تاثير القصور الذاتي حيث كانت الأجسام في الكون تتطاير متفرقة عن بعضها البعض لسبب غير معلوم - أغلب الظن كنتيجة للتضخم الكوني واستمر على تمدده ولكن بمعدل يقل باستمرار بسبب قوةالجاذبية بين المادة.

وبالإضافة إلى انخفاض سرعة تمدد الكون ككل فإن الجاذبية قد عملت موضعيا على تكاثف بعضا من المادة هنا وهناك مكونة نجوما و مجرات. وعندما تتكون أجرام وتتشكل تحت تأثير

الجاذبية فإنها تنفصل عن التمدد العام لمقاييس الكون لتغلب قوى الجذب حيث تتكاثف المادة.

وبعدما تترابط الأجرام مع بعضها البعض فهي لا تنفصل ثانيا عن بعضها. ولهذا فإن المرأة المسلسلة (مجرة) التي ترتبط بمجرتنا درب التبانة فنجدها تسقط علينا (تتحرك في اتجاهنا وتقترب منا ونقترب منها) ولا تبتعد. نحن موجودون في مجموعة المجرات المحلية (المجموعة المحلية ووتتكون من مجرة درب التبانة والمرأ المسلسلة الكبيرة مثلنا و نحو 30 من المجرات الصغير الأخرى)، ولا تزداد المسافات بينها. فإذا ما خرجنا من المجموعة المحلية نجد ان تمدد الكون ساريا ويمكن قياسه ورصده. وعلى الرغم من ذلك نجد أن تشكيلات كبيرة في الكون تصل إلى حد مجموعات وعناقيد المجرات تترك التمدد العام للكون الذي يسمى «سريان هابل» Hubble Flow وتحتفظ بترابطها.

ويتغير الأمر بعض الشيء عند اعتبار طاقة مظلمة أو أخذ ثابت كوني في الحسبان. وينتج ثابت كوني عن كثافة طاقة فراغ ويكون له نفس مفعول ضغط تنافر بين الأجرام ويتزايد طرديا (وليس عكسيا) مع المسافة. أي أن طاقة الفراغ تدفع بالأجرام المتجمعة مع بعضها البعض تحت تاثير الجاذبية لتبعدها عن بعضها. ولكنها لا تصل إلى حد فصلها عن بعضها البعض وتحللها وإنما يستمرون مترابطين موضعيا في حالة توازن بوجه عام. وطالما يتمدد الكون وتقل كثافة المادة فيه فإن التجاذب يقل (حيث تقل الجاذبية بانخفاض الكثافة) بينما يزداد التنافر الكوني، وينتج عن ذلك حالة توصف كنموذج لامبدا-سي دي إم للكون في انه يتمدد كما لو كان يتمدد في فراغ، بمعدل متزايد تحت تأثير ثابت كوني. ولكن الشيء الملحوظ من تمدد الكون في الحيز القريب إنما هو اختفاء الانزياح الأحمر الناشيء عن «ابتعاد» تشكيلات مثل مجرة درب التبانة أو مرة المرأة المسلسلة فنجدهما لا يبتعدان عن بعضهم البعض وإنما يتحركان بسرعة في اتجاه بعضهم تحت تأثير قوة الجاذبية المرتبطة بكتلتيهم. حتى أنه من المنتظر طبقا لأرصاد سرعة تحركهما في اتجاه بعضهما أنهما سوف يلتقيان ويلتحمان بعد 2 مليار سنة قادمة وربما يندمجان تماما في تجمع مجرات العذراء. ولكن مجرات أبعد من

ذلك فأغلب الظن أنها سوف تستمر في الابتعاد عنا بسرعات متزايدة حتى يأتي وقت لا نستطيع رؤيتها بسبب الانزياح الأحمر الشديد.