41

الانفجار العظيم

The Big Bang

فكرة أن الكون بـدأ بانفجار هائل منذ حوالي 13.8 مليار سـنة هي الدعامة الأساسـية لعلم الكونيات الحديث، وهي مفتاح تفسـير الكثير من الجوانب الملاحظة في الكون. لكن عندما طرحت فكرة الكون المحدود لأول مرة كانت محرمة في نظر الكثيرين من أعضاء المؤسسة العلمية.

على الرغم من أن الفيزيائي الروسي «ألكسـندر فريدمان» أوضح في بدايات عام 1922 أن فكرة توسـع الكون متسقة مع نظرية آينشتاين النسـبية العامة (انظر صفحة 245) إلا أن الفضل في نظرية الانفجار العظيم عادة ما ينسب إلى الكاهن البلجيكي «جورج لوميتر» الذي نـشر نظريته «الذرة البدائية» عام 1931. للوهلة الأولى قد يبدو غريبًا على كاهن كاثوليكي أن يسهم مساهمة أساسية كهذه في الفيزياء الحديثة، لكن «لوميتر» كان قد درس علم الكونيات في كامبريدج على يد «آرثر إدينجوتن»، وفي هارفرد مع «هارلو شـابلي». وقد دعم توسع الكون قبل أن يثبته «إدوين هابل» بكثير.

الخط الزمني

1931م	1948م	1948م
أوضح «لوميتر» أن التوسـع الكوني يبرهن على أن الكون نشـأ من ذرة بدائية سـاخنة كثيفة.	أوضح «ألفـير وجامو» كيف أن الظـروف في الكون في وقت مبكر يمكن أن تؤدي إلى تكون عناصر.	توقّع «ألفير»، و«هيرمان» وجود إشعاع من حواف الفضاء كنتيجـة لنظرية الذرة البدائية.

النظريات المتنافسة

لمدة ثلاثة عقود، اعتبرت نظرية «لوميتر» ليست إلا واحدة من عدة تفسيرات متنافسة لتوسع الكون، ولأن «فريدمان» لم يكن قادرًا على تقبل مفهوم لحظة الخلق، جادل مؤيدًا لفكرة أن الكون دوري ومر بمراحل متناوبة من التوسع والانكماش. وفي الأربعينيات، في هذه الأثناء، نشر «هيرمان بوندي»، و«توماس جولد»، و«فريد هويل» حججًا مؤيدة لفكرة كون «في حالة مستقرة»- وهو كون متوسع بشكل دائم، حيث يتم إنشاء المادة باستمرار للحفاظ على كثافة ثابتة. وفي عام 1948، تنبأ عالما الفيزياء «رالف ألفير»، و«روبرت هيرمان» بأن كرة «لوميتر» النارية البدائية من شأنها أن تكون قد خافت وهجًا قابلًا للكشف مكافئًا للإشعاع الصادر من جسم أسود درجة حرارته أعلى ببضع درجات من الصفر المطلق، وليس معقولًا أن إشعاع الخلفية الكونية الميكروي قد نشأ بفعل أي من النظريات المنافسة، واكتشافه عن طريق المصادفة إلى حد ما على يد «أرنو بنزياس»، و«روبرت ويلسون» في عام 1964 كان دليلًا دامغًا على لحظة الخلق في «الانفجار العظيم» (انظر صفحة 271).

«حساباتك صحيحة لكن فيزياءك فظيعة.»
آلبرت آينشتاين لجورج لوميتر

إن التحدي الذي يواجه أيًّا من نظريات الخلق هو إنتاج كون له ظروف مماثلة لتلك التي نراها اليوم، وهنا أثبتت نظرية الانفجار العظيم جدارتها قبل اكتشاف «بنزياس»، و«ويلسون».

1949م
صاغ «هويل» مصطلح «الانفجار العظيم» باعتباره إهانة للنظرية.

1964م
اكتشف «بنزياس»، و«ويلسون» إشعاع الخلفية الكونية الميكروي.

1981م
اقترح «آلان جوث» أن التضخم وسيلة لإنتاج البنية الملاحظة في الكون.

1992م
رسم مسبار كوبي الفضائي خريطة إشعاع الخلفية الكونية الميكروي، مما أدى إلى إثبات وجود بنية في الكون في العصور المبكرة جدًا.

ويكمن الدليل الرئيسي في حقيقة أن الكتلة والطاقة متكافئتان ويمكن أن تتبادلا في الظروف القصوى، وهي حقيقة متضمنة في معادلة آينشتاين الشهيرة (الطاقة تساوي الكتلة مضروبة في مربع سرعة الضوء) (انظر صفحة 287). ومن ثم فإنه إذا تم اقتفاء أثر توسع الكون منذ العصور المبكرة فإن ارتفاع درجة الحرارة سيشهد تفكك المادة إلى الجسيمات المكونة لها وفي النهاية تختفي في عاصفة من الطاقة الخالصة. في عام 1948، نشر «رالف ألفر»، و«جورج جامو» ورقة تاريخية تبين كيف يمكن أن يسفر التناقص من

من طاقة إلى مادة

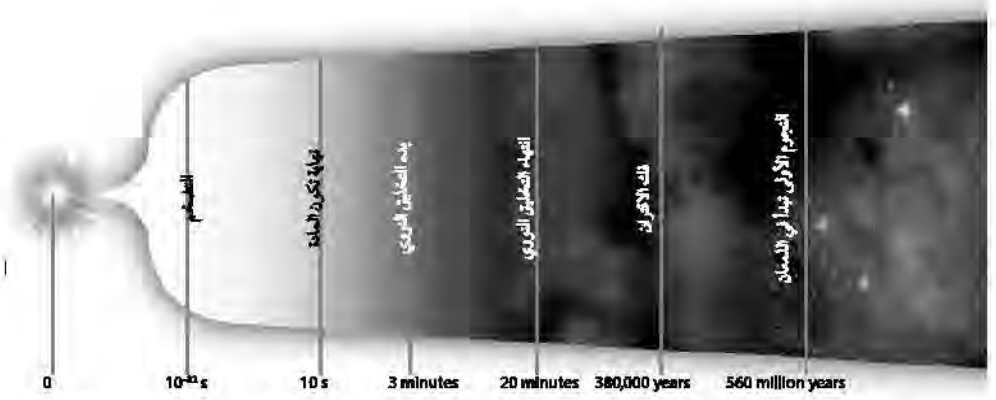
الكثير من فهمنا لنظرية الانفجار العظيم، ولا سيما الطريقة التي تسببت فيها الطاقة الخام بسرعة في نشأة المادة مستمدة من التجارب باستخدام معجلات الجسيمات. هذه الآلات الضخمة تستخدم مغناطيسيات كهربية قوية لتعزيز جسيمات تحت ذرية مشحونة لكي تصل إلى ما يقرب من سرعة الضوء، ثم تصدمها ببعضها البعض وتراقب النتائج. إن تصادمات مثل تلك التي تحدث في «مصادم هاردون الكبير» في سويسرا تحول كميات من المادة إلى طاقة صرفة، والتي تتكثف بعد ذلك في صورة وابل من الجسيمات ذات كتل وخصائص مختلفة. وبهذه الطريقة، نعرف أن الجسيمات الثقيلة نسبيًا والتي تسمي «كواركات» لم تكن قادرة على التكون إلا في درجات حرارة متوهجة لأول مليون جزء من الثانية بعد الانفجار العظيم نفسه، وبعد ذلك ارتبطت ببعضها في ثلاثيات لتكون البروتونات والنيوترونات اللازمة للتخليق النووي (انظر صفحة 256). أما جسيمات لبتون الأخف وزنًا (أساسًا إلكترونات) استمرت في التكون إلى أن أصبح عمر الكون 10 ثوان تقريبًا.

ومع ذلك فمن المثير للفضول أنه ليس هناك شيء متأصل في الانفجار العظيم لتفسير السبب الذي يجعل جسيمات المادة «الباريونية» تسود الكون بدلًا من المادة المضادة (جسيمات طبق الأصل ذات شحنات كهربية معاكسة). في الواقع يعتقد بعض علماء الكونيات أن الانفجار الأولي أنشأ كميات متساوية من جسيمات المادة والمادة المضادة، والغالبية العظمى منها اصطدمت لتبيد بعضها البعض في دفعة من الطاقة. أكدت عملية ما غير معروفة لنشأة الباريونات أنه كان هناك زيادة ضئيلة من مادة عادية بقيت في النهاية. وهذا هو المسؤول عن كل المادة الباريونية الموجودة في الكون اليوم.

كرة النـــار الكثيفة هذه عن عناصر ذات أبعاد مماثلة لتلك المتوقعة في بدايات الكون (انظر صفحة 257).

مشكلة البنية

في حين أن العمل النظري اللاحق، وكذلك النتائج التي جاءت من معجلات الجسيمات في بداياتها (انظر المربع صفحة 253) دعمت فكرة أن العناصر الكونية الخام تكونت في الانفجار العظيم، إلا أن الاكتشـــافات حول بنية الكون في السبعينيات أثارت تساؤلات جديدة. وعلى الرغم من أن هذه التســـاؤلات معقدة إلا أنها اختزلت في اللغز الأساسي وهو: كيف نتج عن الانفجار العظيم كون ســـلس بما يكفي لئلا يظهر اختلافات شاسعة من مكان إلى مكان (على النحو الوارد من درجة الحرارة الموحدة ظاهريًّا القادمة من إشعاع الخلفية الكونية الميكروي)، لكنها تنوعت بطريقة أو بأخرى بما يكفي لنشأة البنى كبيرة الحجم للتجمعات الفائقة، والخيوط والفراغـــات (انظر صفحة 242). وقد تنبأت نظرية الانفجار العظيم الأساســـية بكرة بدائية نارية كانت المادة فيها موزعة توزيعًا مســـتقرًّا. وحتى بعد حوالي 380000 سنة بعد الانفجار العظيـــم، منعت درجات الحرارة المتوهجة أنوية الذرات مـــن الانضمام للإلكترونات لتكوين الذرات، كما أن الكثافة العالية للجسيمات أدت إلى جعل فوتونات الضوء تحيد وتتشتت مرارًا وتكرارًا مما أدى إلى منعها من الانتقال في خطوط مســـتقيمة (تقريبًا الشيء نفســـه الذي يحدث في الضباب الكثيف). وفي هذه البيئة، يؤدي ضغط الإشـــعاع على الجســـيمات إلى التغلب على الجاذبية ويمنعها من الائتلاف لتشـــكيل بذور البنية اللازمة لنشأة الخيوط الضخمة الموجودة اليوم. وفي نهاية المطاف، بردت حرارة الكون بما يكفي لجعل الإلكترونات والأنوية ترتبط معًا وانخفضت كثافة الجســـيمات وانقشـــع الضباب فجأة. والضوء الذي أفلت من هذا الحدث ـ المعروف بـاسم «فك اقتران» الإشعاع بالمادة ـ يشكل الآن إشعاع الخلفية الكونية الميكروي.



خط زمني مبسط يوضح المراحل الرئيسية في تطور المادة من الانفجار العظيم نفسه حتى تكون أولى النجوم والمجرات.

من الواضح إذن أن ثمة شـيئًا ما كان يحدث. ففي عـام 1981، اقترح «آلان جوث» في معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا حلًّا ممكنًا: ماذا لو أن حدثًا كارثيًّا ما في اللحظات الأولى من الانفجار العظيم كان قد أخذ جزءًا واحـدًا ضئيلًا منتظمًا من الكون البدائي ونفخه إلى حجم هائل؟ فقاعة المكان والزمان الناتجة والتي تحيط بكوننا الملاحظ كله وأبعد من ذلك، سـتكون درجة حرارتها منتظمة بكفاءة، لكن الاختلافات الضئيلة الناشئة من عدم التأكيدات المتأصلة في فيزياء الكم سـوف تتنفخ على نطاق كبير، مما يؤدي إلى نشأة بقع باردة وقليلة نسبيًّا جنبًا إلى جنب مع المناطق الأكثر دفئًا والأكثر كثافة. وبمرور الوقت استطاعت الاختلافات الطفيفة أن تعمل بمثابة أنوية تراكمت حولها المادة.

وقد تبنـى بحماس العديد الآخرون بمن فيهم «آندري ليندي» نظرية جوث التي سرعان ما أطلق عليها اسـم «التضخـم» (انظر صفحة 300). وقد سـاعدت معقولية نماذجهم على الاعـتراف المتزايد بالدور الذي قامت به ما تسـمى بالمادة المظلمة والتي سـتكون محصنة من ضغط الإشعاع الذي يجبر المادة العادية على التفرق (انظر الفكرة 45) ومن ثم تكون قادرة على بدء تشكل البنية الأولية جيدًا قبل مرحلة فك الاقتران، وقد برزت هذه الفكرة في نمط مذهل

عام 1992 بفعل نتائج مسبار كوبي الفضائي (انظر صفحة 272) وحظيت بدعم المزيد من التجارب الأخرى. وعلى الرغم من أن علماء الكونيات لا يزالون في صراع مع بعض الآثار الأوسع المترتبة على التضخم إلا أنه يشكل عنصرًا أساسيًا في الانفجار العظيم كما نفهمه اليوم.

الفكرة الرئيسة

بدأ الكون بانفجار طاقة ساخن وكثيف