44

حافة الكون

The edge of the Universe

ربما يكون الضوء هو أسرع الأشـياء لكن سرعته لا تزال محدودة. وهذا يعني أننا عندما ننظر في الفضاء الشاسـع، فإن ما نـراه أيضًا هو الماضي ولأن الكـون له تاريخ محدد، جعلت سرعة الضـوء المحدودة أيضًا حدًّا كونيًّا لا يمكننا أن نرى بعده أبدًا.

لقـد برهنت حقيقة أن الضوء ينتقل في الفضاء بسرعـة 300000 كم/ ث (186000 ميـل/ ث) في القرنين الثامن عشر، والتاسـع عـشر. ولقد لقيت نتائج مجموعـة متنوعة من التجـارب البارعة الدعم نظريًّا من حسـابات عـالم الفيزياء الأسـكتلندي «جيمس كليرك ماكسـويل» الذي أوضح في ورقة بحثية بارزة عام 1864 أن الضوء موجة كهرومغناطيسية- اتحاد من اضطرابات كهربية ومغناطيسية تنتشر في الفضاء بسرعة ثابتة.

لقـد حولت سرعة الضوء المحدودة كوننا إلى آلة زمـن كونية لأن الضوء من الأجرام البعيدة لا بد أن يسـتغرق بعض الوقت حتى يصل إلينا. وفي عام 1676، كانت أول محاولة معقولة لقياس سرعـة الضوء على يد عالم الفلك الدنماركي «أولي رومـر» اعتمدت على هذه الفكرة بعينها،

الخط الزمني

1864م	1948م	1964م
أثبت ماكسويل سرعة الضوء الثابتة في الفراغ.	تنبـأ «ألفير»، و«هيرمـان» بأن حافة الكون المنظـور ينبغي أن ينبعث منها إشعاع ضعيف.	اكتشـف «بنزيـاس»، و«ويلسـون» إشـارات راديوية من إشـعاع الخلفية الكونية الميكروي.

فقد لاحظ «رومر» تغيرات في مواقيت الكسوف حدثت بسبب أن الأقمار الجاليلية لكوكب المشتري (انظر صفحة 16) كانت تدور حول كوكبها الأم، وأعزى تلك التغيرات إلى التغيرات في الوقت الذي يستغرقه الضوء للوصول إلى الأرض بسبب المواضع المتغيرة للكوكبين.

الكون المنظور

الحد النهائي على ملاحظتنا للكون يتحدد بالمسافة التي قد تمكن الضوء من قطعها في المدة المقدرة بـ13.8 مليار سنة منذ الانفجار العظيم (انظر صفحة 250). ويقال لهذا الحد، والذي نشأ فيه إشعاع الخلفية الكونية الميكروي، حافة «الكون المنظور». يمكن للمرء أن يفترض بالمنطق أنه يقع على بعد 13.8 مليار سنة ضوئية في كل الاتجاهات، إلا أن الواقع أكثر تعقيدًا من ذلك. فتوسع الفضاء أثناء انتقال الضوء عبره لم يتمدد وتنزاح أطواله الموجية نحو اللون الأحمر فحسب بل إنه أيضًا زاد المسافة بين مصدره وكوكب الأرض ولذلك فبينما قد يكون شعاع الضوء نفسه قد انتقل لمدة 13.8 مليار سنة، فإن توسع الكون يعني أن مصدره الآن أبعد بكثير عن 13.8 مليار سنة ضوئية. وفي الواقع، تشير أحدث التقديرات أننا يمكننا افتراضًا أن نرى الضوء من أجرام تبعد حوالي 46.5 مليار سنة ضوئية ومن ثم فإن هذا هو الحد الحقيقي للكون المنظور.

وفي معظم الحالات، يأخذ علماء الفلك هذا التأثير المعروف باسم الزمن الرجعي على أنه من المسلمات، لكن عبر المسافات الكبيرة يكون له بعض الآثار الجانبية المفيدة. عندما ننظر إلى الأجرام

1992م

قاس مسبار كوبي الفضائي تموجات إشعاع الخلفية الكونية الميكروي، أول إرهاصات وجود البنية في الكون.

2005م

قدّر «جيه رينشارد جوت الثالث» وآخرون قطر الكون المنظور بحوالي 46.5 مليار سنة ضوئية.

2009م

تم إطلاق قمر صناعي بلانك التابع لوكالة الفضاء الأوروبية، مما أدى إلى رسم الخرائط إشعاع الخلفية الكونية الميكروي بتفصيل لم يسبق له مثيل.

التي تقع على بعد مليارات السنين الضوئية في الفضاء، فإننا أيضًا نراها منذ مليارات السنين في التاريخ. انظر بعيدًا بما فيه الكفاية وستجد أن الضوء القادم من المجرات والذي يصل إلينا في تلسكوباتنا غادر في رحلته الطويلة إلى كوكب الأرض في مرحلة سابقة إلى حد كبير في تطورها. وهذا يفسر السبب الذي يجعل المجرات النشطة العنيفة مثل النجوم الزائفة (انظر صفحة 233) تميل إلى أن تكون بعيدة جدًّا في الفضاء ـ إنها تمثل مرحلة مبكرة جدًّا من نشأة المجرة والتي كانت فيها الثقوب السوداء الفائقة تتغذى بشراهة أكثر مما تفعل المجرات الهادئة نسبيًّا التي نشأت في الوقت الحاضر.

قياس الماضي

«لقد رصدت نجومًا، يمكن إثبات أن الضوء الصادر منها لا بد أن يستغرق 2 مليون سنة ليصل إلى كوكب الأرض.»

ويليام هيرشل

يستخدم علماء الفلك منذ التسعينيات قدرات فريدة من نوعها لتلسكوب هابل الفضائي للاستفادة من هذا التأثير، مما يؤدي إلى نشأة سلسلة من «حقول هابل العميقة» التي تجمع بين الضوء الخافت الملتقط عبر الكثير من الساعات عندما يكون التلسكوب محدقًا بلا التفات في منطقة فضائية وحيدة وفارغة على ما يبدو. وقد خضعت مناطق مختلفة من السماء إلى الدراسة بهذه الطريقة وجميعها كشفت عن قصة مشابهة- عدد لا يحصى من المجرات تمتد بعيدًا حتى حدود الرؤية. ولا تظهر سوى المجرات الإهليلجية في مقدمة مثل هذه الصور، بينما تظهر النطاقات الوسطى المجرات الحلزونية في عملية التكون. أما المجرات البعيدة فهي المجرات غير المنتظمة بشكل كبير ومضاءة بسبب تشكل النجوم العنيف.

ومع ذلك، في نهاية المطاف تعاني المجرات الأبعد من انزياحات حمراء تجعل معظم الضوء الصادر منها ينبعث على هيئة أشعة تحت حمراء. ويحمل تلسكوب هابل الفضائي أدوات قريبة من الأشعة تحت الحمراء والتي تسمح له بتتبع المجرات وراء حدود الضوء المرئي لكن ليس وراءه كثيرًا،

ولا يزال هناك حد لخفوت المجرات التي تستطيع حتى صور التعرض الطويل لحقل هابل العميق التقاطها. ولذلك فإن أبعد الأجرام التي صورت حتى الآن هي مجرات نادرة (معظمها أشعة تحت حمراء) تم تكبير ضوئها بالتأثير المعروف باسم العدسات التثاقلية (انظر صفحة 289). ومع ذلك، فمن المعتقد عامة أن انفجارات أشعة جاما بالغة القوة لكن قصيرة العمر والتي تصل إلى الأرض أحيانًا من جميع أنحاء السماء تنشأ من الأحداث الكارثية التي تقع في المجرات والتي لا يمكن الكشف عنها في الوقت الحاضر (انظر صفحتي 188، و200).

تلسكوب جيمس ويب الفضائي لوكالة ناسا، خليفة هابل للأشعة تحت الحمراء، ينبغي أن يكون قادرًا على تصوير العديد من هذه المجرات القديمة، وأجرام أخرى في الكون المبكر (انظر صفحة 266)، لكن في الوقت الحاضر، تتلاشى حواف الكون في النهاية في ظلام على بعد حوالي 13 مليار سنة - بضع مئات محبطة من ملايين السنين بعد الانفجار العظيم نفسه. لكن لحسن الحظ، ليست هذه تمامًا هي نهاية القصة.

إشارات من الحافة

في عام 1964 أثناء قيام عالمي الفلك الراديوي «آرنو بنزياس»، و«روبرت ويلسون» على هوائي راديو في مختبرات بل للتليفونات بنيو جيرسي وجدا أن نظامهما يعاني من مصدر مجهول من ضوضاء راديوية ضعيفة لكن مستمرة. وبعد التحقيق في جميع مصادر التلوث الممكنة (بما فيها إمكانية وجود انبعاثات من روث الحمام الذي بنى عشه في الهوائي) استنتجا أن الإشارة كانت حقيقية. والأكثر من ذلك أن الضوضاء الراديوية كانت قادمة من جميع أنحاء السماء ومتطابقة مع جسم أسود منتظم (انظر صفحة 91) درجة حرارته تقريبًا 4 كلفن (4 درجة مئوية فوق الصفر المطلق). وقد تطابق هذا تمامًا تقريبًا مع تنبؤ «رالف ألفر»، و«روبرت

هيرمان» عام 1948 الذي قدم تفسيرًا نظريًّا بأن أصل «الانفجار العظيم» للكون سيخلف شفقًا من ضوء أساسي من الوقت الذي أصبحت فيه كرة النار المعتمة للكون في مهده شفافة (انظر صفحة 253). وبعد مليارات السنين من انتقال الضوء في الفضاء وصل أخيرًا إلى كوكب الأرض لكن قد حدث له انزياح أحمر إلى الجزء الميكروي من الطيف مما أدى إلى نشأة ما يسمى إشعاع الخلفية الكونية الميكروي (CMBR).

خريطة مفصلة لإشعاع الخلفية الكونية الميكروي من مسبار ويلكينسون لتباين الأشعة الكونية لوكالة ناسا تضم نتائج تسع سنوات من الرصد. المناطق الأفتح لونًا أكثر دفئًا قليلًا من متوسط درجة حرارة إشعاع الخلفية الكونية الميكروي الذي يبلغ 2.73 كلفن، بينما المناطق الأغمق أكثر برودة قليلًا.

في السنوات التي تلت أول اكتشاف لإشعاع الخلفية الكونية الميكروي، قام علماء الفلك بتحسين قياساتهم لدرجة الحرارة ووجدوا أنها فعلًا 2.73 كلفن منتظمة (2.73 درجة مئوية فوق الصفر المطلق، أي ما يعادل 270.4- درجة مئوية أو 454.8- فهرنهايت). ومع ذلك أصبح الانتظام الظاهري للإشعاع في حد ذاته مشكلة نظرًا لأنه من الصعب أن يتطابق مع خصائص الكون كما نعرفه اليوم (انظر صفحة 253). في عام 1992، حل مستكشف الخلفية الكونية مسبار كوبي الفضائي هذه المشكلة أخيرًا باكتشاف اختلافات صغيرة (حوالي جزء من 100000) في درجة حرارة إشعاع الخلفية الكونية الميكروي. وهذه هي بذور البنى كبيرة الحجم الموجودة في جميع أنحاء الكون المعاصر.

ومنذ ذلك الحين، أصبح إشعاع الخلفية الكونية الميكروي يقاس بدقة متزايدة فأصبح أداة مهمة لفهم الظروف في أعقاب الانفجار العظيم.

الفكرة الرئيسة

كلما رأينا إلى حد أبعد، ازداد عمق نظرتنا إلى الماضي