43

النجوم الضخمة والمجرات البدائية

Monster stars and primordial galaxies

الأجرام المبكرة في الكون هي حاليًّا خارج نطاق حتى التلسكوبات الأكثر تقدمًا. ومع ذلك فإن معظم علماء الفلك يؤمنون بالدليل الذي يشير إلى وجود جيل أول من نجوم عملاقة رائعة، ولكنها قصيرة العمر؛ حيث موتها العنيف إلى تهيئة الظروف لتشكل المجرات فيما بعد.

أحد الأسئلة المركزية في علم الكونيات هو ما إذا كانت بنية الكون واسع الحجم تكونت من «أسفل لأعلى» أم من «أعلى لأسفل». وبعبارة أخرى، هل تكونت الأجرام الصغيرة تقريبًا بانتظام ثم انجذبت إلى بعضها البعض عن طريق الجاذبية لتكون بنى أكبر، أم أن الاختلافات الأولية في توزيع المادة كبيرة الحجم التي توزعت في أعقاب الانفجار العظيم نفسه (انظر صفحة 254) تحكم أين تتجمع المادة؟.

الخط الزمني

1974م	1978م	2002م
اقترح «كاميرون»، و«تروران» وجود نجوم جمهرة ثالثة مميزة.	اقترح «ريس» نجوم الجمهرة الثالثة باعتبارها مصدرًا ممكنًا للمادة المظلمة (أجرام هالية مضغوطة ثقيلة).	أوضح «بروم»، و«كوبي»، و«لارسون» كيف تغلبت النجوم الأولية على الحدود الحديثة للكتلة النجمية.

من أعلى إلى أسفل أم من أسفل إلى أعلى؟

تشـير الدلائل الحالية إلى أن خليطًا من العمليتين متحقق ـ فالاختلافات كبيرة الحجم في توزيع المادة مسؤولة عن الترتيب العام للتجمعات الفائقة للمجرات على شكل خيوط ضخمة حول فراغات خاوية على ما يبدو. وفي الوقت نفسـه، البنى الأصغر حجمًا، من المجرات حتى التجمعات، جميعها تنجذب مع بعضها البعض بفعل قوة الجاذبية.

وهـذا يطـرح سـؤال: مـا هـي أولى البنـى صغـيرة الحجم التـي أصبحت بـذورًا للمجـرات؟ إن وجود ثقوب سـوداء فائقة في مركز معظـم المجرات، وهيمنـة النجوم الزائفة اللامعة في الكون المبكر يشـير إلى سلسـلة من الأحداث التي سحبت

مشكلة إعادة التأين

الإشـعاع الشـديد الصادر من نجوم الجمهرة الثالثة يقدم حلًّا محتملًا لأحد أكبر ألغاز الكون واسع النطاق: وهو مشكلة إعادة التأين. ببسـاطة، تنشأ المشكلة بسبب أن سـحب الهيدروجين الهائلة الموجودة في الفضاء بين المجرّي توجد إما مشحونة كهربيًّا أو متأينـة، أي أن ذراتهـا نزعت منها إلكترونـات. لكن وفقًا لنظريـة الانفجار العظيم، لا بد أن تكـون المادة قد خرجت من كرة نارية بدائية في صورة ذرات غير مشحونة- في الواقع، كانت «إعادة اتحاد» أنوية الذرات مع الإلكترونات هي المرحلة النهائية من الانفجار العظيم نفسه (انظر صفحة 253). يبدو أن عملية ما اضطرت إلى إعادة تأيين الوسـط بين المجرات قبل أن تتكون المجرات الأولى، ويعتقد أن الإشعاع فوق البنفسجي عالي الطاقة الصادر من النجوم الهائلة هو المرشح الأرجح.

2003م

وضع «ألكسـندر هيجر»، وآخرون نموذجًا للعمليات التـي تنهي حياة معظـم النجوم الهائلة.

2005م

كشـف تلسـكوب سـبتزر الفضائي وهجًا من الأشعة تحت الحمراء يعتقد أنه ينشأ من نجوم الجمهرة الثالثة.

فيها الثقوب السـوداء المادة والتهمت نفسها لتكون النجوم الزائفة، وأثارت موجات من ولادة النجوم في المواد التي تجمعت حولها على مسافة أكثر أمانًا. لكن من أين أتت تلك الثقوب السوداء في المقام الأول؟

لقد فكر علماء الفلك في هذا السـيناريو منذ السبعينيات، غالبًا باستخدام نماذج حاسوبية لتوضيـح كيف يمكن أن تكون المادة قد انهارت وتجمعت تحت تأثير الجاذبية. وفي حين جادل البعض في أن الثقوب السـوداء الفائقة يمكن أن تكون قد تكونت ببسـاطة من انهيار سحب الغاز في بواكير الكون، أشـار آخرون إلى أنها على الأرجح تكونت من اندماج ثقوب سـوداء أصغر حجمًا خلفها الجيل الأول من النجوم.

الجمهرة الثالثة

إن مقارنة النجوم ذات الأعمار المختلفة في مواقع مختلفة من مجرتنا والكون الأوسـع تبين أن نسـبة العناصر الأثقل، التي يسميها علماء الفلك بالمعادن داخل المواد الخام لتشكل النجوم قد ازدادت عبر مليارات السـنين من تاريخ الكون. وقد تعـرف «والتر بادي» على الفرق بين الجمهرة الأولى الشـابة الغنية بالمعادن، والجمهرة الثانية الأقدم الفقيرة في المعادن عام 1944، لكن لم تظهر احتمالية وجـود جمهرة ثالثة مميزة مكونة بالكامل مـن عناصر خفيفة تكونت في الانفجار العظيم حتى السبعينيات على يد «إيه جي دبليو كاميرون»، و«جيمس تروران».

وقد أصبحت قضية نجوم الجمهرة الثالثة أكثر إلحاحًا في التسـعينيات، بعد أن اكتشف علماء الفلك أنه حتى أكثر النجـوم الزائفة والمجـرات البدائية بعـدًا وأقدمها كانت بالفعل غنية بالعناصر الثقيلة من مصدر سابق ما.

«هذه النجوم هي التي كونت أولى ذرات العناصر الثقيلة التي سمحت لنا في النهاية أن نكون هنا.»

دايفيد سوبرال

في هذا الوقت، بدأ علماء الكونيات دراسة تطور الكون في وقت مبكر عن طريق نماذج حاسوبية. وقد تعقبوا -بدءًا من البيانات القادمة من الأمور غير المنتظمة لإشعاع الخلفية الكونية الميكروي (انظر صفحة 271)- الطريقة التي تتصرف بها كل من المادة اللامعة والمادة المظلمة غير المرئية (انظر صفحة 286). وقد وجدوا أنه في خلال حوالي 200 مليون سنة من الانفجار العظيم بدأت «مجرات أولية» صغيرة في الاندماج، وباحتواء كل منها على ما يصل إلى مليون كتلة شمسية من الغاز المكون للنجوم في منطقة عرضها بضع عشرات من السنين الضوئية كانت أماكن ميلاد مثالية لنجوم الجمهرة الثالثة.

وضع نماذج للنجوم العملاقة

وفي الوقت نفسه، كان هناك علماء فلك آخرون يضعون نماذج لخواص النجوم نفسها. وسرعان ما أصبح جليًّا أنه بسبب كون غاز المجرة الأولية أكثر دفئًا وأسرع حركة بكثير من الوسط بين النجمي في الوقت الحاضر لزم وجود جاذبية أكبر بكثير لجعله ينهار متحولًا إلى نجم. وبعبارة أخرى،

موت العمالقة

يعتقد أن النجوم الضخمة كتلك التي يمكن أن تكون قد تكونت في الجمهرة الثالثة تموت في نوع فريد من المستعرات العظمى يطلق عليه مستعر فائق الانحلال الضوئي. والانحلال الضوئي هو عملية تحدث إلى حد ما في ألباب جميع النجوم المقيدة بالمستعر الأعظم، ويتضمن تجزئة أنوية الذرات عندما تصطدم بأشعة جاما عالية الطاقة. وهذه العملية عادة تمتص طاقة وتساهم إسهامًا صغيرًا في العملية الكلية للتخليق النووي في المستعرات العظمى، لكن عندما تقترب النجوم التي تزيد كتلتها عن 250 كتلة شمسية من نهاية حياتها يمكن أن يحدث بمعدل متسارع إلى حد كبير. وامتصاص الطاقة يسبب هبوطًا سريعًا في الضغط في لب النجم مما يؤدي إلى نشأة ثقب أسود يلتهم النجم من الداخل. وقد تنتشر نسبة من مادة النجم، الغنية بالعناصر الثقيلة التي تكونت أثناء حياته، من الأقطاب في منفثين بسرعة قريبة من سرعة الضوء، لكن الغالبية العظمى من كتلة النجم يستحوذ عليها الثقب الأسود مما يجعل هذه طريقة محتملة للتكون السريع للثقوب السوداء التي تعادل كتلتها مئات الكتل الشمسية.

أصغر مجموعات ابتدائية مكونة للنجوم ستكون أكثر ضخامة من تلك الموجودة في الكون حاليًا بعشرات أو ربما مئات المرات. وفي الظروف العادية، من شأن ذلك أن يكون طريقًا مؤديًا إلى كارثة وتفكك- فعندما يسخن مركز السحابة المنهارة عن طريق انهيار الجاذبية، فإنه ينبغي له أن يضخ الكثير من الإشعاع لدرجة أن المناطق الخارجية يمكن أن يُعصف بها. لكن في عام 2002، أوضح الباحثون أن الظروف الفريدة للكون في بداياته، مع كون المادة العادية والمادة المظلمة قريبتين وبلا عناصر ثقيلة، استطاعت أن تتغلب على هذه المشكلة مما سمح بتكون نجوم كتلتها تعادل عدة مئات من الكتل الشمسية.

وبمجرد تكون هذه النجوم الهائلة تصبح مستقرة وهادئة على نحو مدهش. وافتقارها إلى العناصر الثقيلة كان من شأنه في البداية أن يكبح جماح عمليات الاندماج النووي فيها ويجعلها عملية بسيطة هي سلسلة تفاعل بروتونات مع بروتونات (انظر صفحة 115) مما أدى إلى تقليل كمية الإشعاع المولد، ومنعها من أن تنفصل. وعلى الرغم من هذا فإن الظروف في اللب كانت تعني أن هذه النجوم ستظل تحترق خلال مخزونها من الوقود الهيدروجيني الذي في اللب في غضون بضعة ملايين من السنين، وتبدأ في تكوين عناصر أثقل بطريقة مشابهة للطريقة التي تفعل بها العمالقة الحمر، والعمالقة الضخمة ذلك في الوقت الحالي. وفي نهاية المطاف، فإن مصادر الوقود هذه تنفد أيضًا، وتلقى النجوم حتفها في مستعر أعظم مذهل أقوى بكثير من أي مستعر أعظم نعرفه في الوقت الحالي (انظر المربع). في العملية، تشتت عناصرها الثقيلة عبر الفضاء المحيط بها مما يؤدي إلى إثراء خليط المادة في المجرات الأكبر والتي كانت بالفعل تتجمع حولها.

تجدر الإشارة إلى أن الكتلة من هذه النجوم الأولى لا تزال موضع جدال. تشير بعض خطوط الأدلة إلى أنها كانت محددة بالكتل الأكثر مماثلة لتلك التي في الكون في الوقت الحالي، وقد يأتي الدليل على النموذج الصحيح من خلال تلسكوب جيمس ويب الفضائي التابع لوكالة ناسا،

والذي يأمل في التقاط الضوء من نجوم الجمهـــرة الثالثة هذه لأول مرة بعد إطلاقه لأول مرة في عام 2018.

الفكرة الرئيسة

كانت أولى المجرات الأولية مأهولة بالنجوم الهائلة