30

المستعر الأعظم

Supernovae

في حين تنهي نجوم مثل الشمس حياتها في حلقة كونية هادئة نسبيًّا من السديم الكوكبي، تعيش النجوم ذات الأوزان الثقيلة بسرعة وتموت صغيرة في العمر، وهي تنهي حياتها بانفجار مذهل هو المستعر الأعظم والذي قد يفوق لمعانه لمعان مجرة بأكملها من النجوم العادية ويقذف مواد مكونة للنجوم الجديدة في الفضاء.

تحدث المستعرات العظمى بمعدل متوسط حوالي مرة كل قرن في مجرة درب التبانة، ويمكن أن تصبح أحيانًا هي الأجرام الأكثر سطوعًا في سماوات كوكب الأرض. وعلى هذا النحو لوحظت وسجلت على مر التاريخ، وكان أشهرها في عام 1054 عندما أضاء الموت العنيف لنجم في «كوكبة الثور» سماء الليل وخلف وراءه سحابة ممزقة من غاز فائق الحرارة يعرف باسم سديم السرطان وقد ساعد مستعر أعظم لاحق، في عام 1572 على زعزعة الافتراضات التي بقيت لمدة طويلة بشأن السماوات غير المتغيرة، وأسرع من الثورة الكوبرنيكية

الخط الزمني

1921م	1934م	1941م
اكتشف «جيه سي دانكان» أن سديم السرطان يتمدد. ولاحظ «كنوت لاندمارك» قربه من مستعر 1054.	حسب «باد»، و«زويكي» السطوع الحقيقي للمستعر «المرأة المسلسلة» 1885.	صنّف «مينكوفسكي»، و«زويكي» المستعرات العظمى إلى أنواع متميزة.

(انظر صفحة 13) ومع ذلك فإن ندرة هذه الأجرام جعلت من الصعب دراستها ـ فمنذ اختراع التلسكوب لم يُعرف أن أحد المستعرات العظمى قد حدث في مجرتنا. ولم يكن إلا بعد أن أصبحت حقيقة وجود مجرات غير درب التبانة في العشرينيات مقبولة حيث بدأت بحق دراسات المستعر الأعظم ورصدت ودرست في المجرات البعيدة.

تعقب المستعرات العظمى

لقد استغرق علماء الفلك وقتًا للتمييز بين المستعرات العظمى، والمستعرات العادية التي هي توهجات عرضية لنجوم أخرى خافتة (انظر صفحة 197). أول مستعر أعظم يتم التعرف عليه على هذا النحو في 1934 كان قد حدث تقريبًا في منتصف القرن قبل أن يحدث في مجرة «المرأة المسلسلة (Andromeda Galaxy)» المجاورة. لقد احتاج الأمر تقدمًا في قياسات المسافة (انظر صفحة 223) لتوضيح مدى عنف انفجار مستعر أعظم المرأة المسلسلة (S Andromedae) عام 1885 وقد قام «والتر بادي»، و«فريتز زويكي» اللذان كانا يعملان في مرصد جبل ويسلون بكاليفورنيا بحساب أن ذلك النجم لا بد أنه كان على الأقل أكثر سطوعًا من الشمس مليون مرة، وصاغا مصطلح المستعر الأعظم لوصفه.

وعلى مدى السنوات التالية أجرى «زويكي»، و«بادي»، و«رودولف مينكوسكي» دراسة استقصائية مكثفة عن المستعرات العظمى في المجرات الأخرى، فقام «زويكي» بالبحث الأولي عن ظهور نجوم جديدة، ثم اتبعه «بادي» بقياس السطوع المتغير لكل نجم تم اكتشافه (بانيًا له

1942م

قاس «بادي» معدل توسع سديم السرطان وربطه بالمستعر الأعظم المكتشف عام 1054.

1957م

فسر الزوجان بوربيدجيس، و«فاولر»، و«هويلي» طريقة تكون العناصر الثقيلة في انفجارات المستعر الأعظم.

1987م

ظهور أكثر المستعرات العظمى سطوعًا في الآونة الأخيرة، وهو «SN 1987A» في سحابة ماجلان الكبرى.

نموذجًا لمنحنى الضوء). وركز «مينكوفسكي» على الحصول على الأطياف. وقد حقق «بادي» في احتمالية وجود مستعرات عظمى في مجرتنا فيما مضى، وقد أثبت أن «النجم الجديد» المكتشف عام 1572 كان مستعرًا أعظم، واكتشف أن سديم السرطان لا بد أن يكون بقايا مستعر أعظم (بدلاً من سديم كوكبي)، وذلك بسبب معدل توسعه السريع.

وبناء على بيانات من أكثر من اثني عشر مستعرًا أعظم خرج «مينكوفسكي»، و«زويكي» بنظام تصنيف عام 1941 لا تزال ميزاته الأساسية مستخدمة حتى اليوم. فمن خلال مزيج من ميزات خطوط الطيف، والفروقات بين منحنى الضوء عندما تتلاشى المستعرات العظمى حتى تختفي قاما بتقسيم المستعرات العظمى بصورة عظمى إلى نوعين: الأول والثاني، مع العديد من التقسيمات الفرعية في كل فئة. ومع ذلك فإن هذا التقسيم إلى حد ما مضلل حيث تبين أن الأجرام المصنفة من نوع المستعرات العظمى الأول لها أصل مختلف عن باقي الفئة (انظر صفحة 199).

«إننا نقدم وجهة النظر التي تذهب إلى أن المستعر الأعظم يمثل مرحلة انتقالية يتحول فيها نجم عادي إلى نجم نيوتروني يتكون أساسًا من النيوترونات.»
فريتز زويكي

النجوم المنفجرة

بناء على سلوك مستعر أعظم المرأة المسلسلة (S Andromedae) أثبت «زويكي»، و«بادي» في وقت بكر من عام 1934 أن انفجار المستعر الأعظم يتضمن تحويل كميات كبيرة من الكتلة إلى طاقة صرف وفقًا لمعادلة آينشتاين الشهيرة (الطاقة = الكتلة في مربع سرعة الضوء) وقالا إن المستعر الأعظم يمثل الفترة الانتقالية بين نجم ثقيل الوزن، وشيء آخر كتلة أصغر إلى حد كبير. وقد افترضوا أيضًا وجود نجوم نيوترونية فائقة الكثافة (انظر صفحة 194) كناتج نهائي ممكن لمثل هذا الانفجار. ومع ذلك، لم يوضح كل من مارجريت وجيوفري بوريدج، ووليام أولر، وفريد هولي العمليات الحقيقية الفعلية في المستعر الأعظم من النوع الثاني حتى ظهور بحث «B2FH»، الذي كان بمثابة أحد المعالم، عام 1957. (انظر صفحة 182).

تفسير «هويل» لاندماج الكربون في النجوم (انظر صفحة 169) أقنعه أن الأجزاء الداخلية لأثقل النجوم (أكثر من 8 أضعاف كتلة الشمس) من شأنها أن تبني سلسلة من أغلفة الاندماج تشبه البصل مكونة عناصر أثقل حتى تصل إلى الحديد والنيكل تحت غطاء هيدروجيني ممتد. إلا أن اندماج الحديد من شأنه أن يمتص طاقة أكثر من تلك التي تنطلق منه مما يؤدي إلى قطع مصدر طاقة النجم. وقد رأى «هويل» أنه في غياب ضغط الإشعاع الخارجي الذي يدعمه فإن كتلته حتمًا بمجرد أن تتخطى «حد شاندراسيخار» وهو 1.4 كتلة شمسية (انظر صفحة 193) ستنهار فجأة مكونة نجمًا نيوترونيًّا (انظر المربع في الصفحة التالية).

نيوترونات المستعر الأعظم

يتضمن تكون نجم نيوتروني تفاعلاً نوويًّا تضغط فيه البروتونات والإلكترونات المشحونة كهربيًّا معًا فتكون نيوترونات. وفي هذه العملية تُطلق جسيمات تحت ذرية يطلق عليها نيوترينات كناتج ثانوي، وتنبعث جسيمات أكثر كثيرًا كطريقة للنجم النيوتروني للتخلص من الحرارة الزائدة التي تتولد بفعل انهيار الجاذبية الخاصة به. النيوترينات تقريبًا عديمة الكتلة، وهي تتحرك بسرعة قريبة جدًّا من سرعة الضوء لذا يمكنها أن تنبعث من المستعر الأعظم جيدًا قبل أن يحدث الانفجار في طبقاته الخارجية على غرة هذه الجسيمات سريعة الحركة يعرف عنها أنها صعبة الاكتشاف إلا أن مراصد النيوترينات المتقدمة المدفونة بعمق تحت الأرض تقدم نظام تحذير مبكر مفيد للمستعرات العظمى الوشيكة فضلاً عن أنها طريقة للتحقق من الأحداث داخل لب النجم المنفجر وحوله.

الانهيار والعودة

ونتيجة لانتزاع الدعم من الأغلفة الخارجية تسقط للداخل فقط وتعود عند سطح النجم النيوتروني منتجة موجة صدمية هائلة، وهذا هو سبب المستعر الأعظم المرئي، كما أن الضغط المفاجئ، والتسخين الشديد للطبقات الخارجية للنجم يطلق موجة من التفاعلات النووية لا يمكن تحقيقها في الوضع الطبيعي. ومن أهمها عملية التقاط النيوترون السريعة، التي تلتقط

فيهـا الأنوية الثقيلة مثل أنوية الحديد النيوترونات الناتجـة بوفرة من تكون النجم النيوتروني. وقد أدرك «هويل» أن هذا يمكنه إنتاج مجموعة واسـعة من العناصر الثقيلة بكميات كبيرة مما يؤدي في النهاية إلى حل مشكلة طويلة الأمد وهي معرفة أصل هذه النجوم.

كانـت الورقة البحثية B2FH مقنعة للكثيرين لأن توقعاتهـا طابقت التقديرات الجديدة لوفرة العناصر الكونية التي نشرها عالما الكيمياء «هانـز سـويس»، و«هارولـد يوري» عـام 1956 مطابقة جيـدة (وكانت مبنية على قياسـات دقيقة لعينات نيزك).

ومـع ذلك لم يكـن كل مـا فيها صحيحًـا، وكان «آليسـتر كاميرون» الذي كان يعمل على نحو مستقل أول من فسر أهمية عملية التقاط النيوترون السريعة تفسيرًا صحيحًا، وقد استغرق ذلك وضع نماذج حاسوبية من قبل ويليام فاولر، وتلميذه «دونالد سايتون» و«كاميرون» أيضًا من أجل حل مشاكل مستعصية أخرى.

المستعر الفائق

المراحل الأخيرة للنجوم الضخمة بحق يمكن أن تكون أكثر مأساوية من المراحل الأخيرة للمستعر الأعظم العادي. فالنجوم الهائلة التي كتلة لبها تتراوح ما بين 5 إلى 15 ضعف كتلة الشـمس تنهار مكونة ثقوبًا سوداء في مراكزها (انظر صفحة 202). وهذه الثقوب السوداء قد تلتقط المادة مـن طبقات النجم الخارجيـة وتلتهمها بسرعة وهـو لا يزال في عملية الانفجار. عادة، هذا يكتم سـطوع الانفجار الأصلي لكن إذا كان النجم يدور بسرعة كافية فإن جنون الالتهام الذي يقوم به الثقب الأسود سيولد أيضًا أشـعة قوية من جسـيمات تتحرك بسرعة قريبة من سرعة الضوء. وعندمـا تتفاعل هذه الجسـيمات مع الغلاف الخارجـي المنفجر للنجم فإنها تسـتطيع أن تنشطه ليرفع من سـطوع الانفجار حوالي 10 أو 20 ضعف سـطوع المستعر الأعظم العادي. وهذا المستعر الفائق يطلق أيضًا سلسلة من أشعة جاما عالية الطاقة، ومن المثير للفضول أن أكثر الألباب الضخمة لا تنتج أيًا من هذه التأثيرات ـ فجاذبية الثقوب السـوداء التي تشكلها قوية لدرجة أنها تبتلع النجم قبل أن ينفجر بالكامل.

النوع الثاني الكلاسيكي للمستعر الأعظم (يطلق عليه أحيانًا المستعر الأعظم ذو اللب المنهار) يحدث في النجوم التي تصل كتلتها إلى حوالي من 40 إلى 50 مرة كتلة الشمس. أحداث نوعي Ib، وIc التي تسطع وتخفت بطريقة مختلفة، تتضمن آلية مشابهة لكنها تحدث في نجوم وولف ـ رايت التي أطاحت بكتلة كبيرة من طبقاتها الخارجية (انظر صفحة 179). ومن المربك أن المستعرات العظمى من النوع الأول تنطوي على آلية مختلفة تمامًا، بل وأكثر إثارة (انظر صفحة 197).

الفكرة الرئيسة

تموت العمالقة الفائقة في انفجارات عنيفة