32

النجوم الثنائية المتطرفة

Extreme binary stars

عندما بحث علماء الفلك في عوالم ما وراء الضوء المرئي في القرن العشرين أزيل الحجاب عن مجموعـــة متنوعة من الأجرام الغريبة، مثل النجوم التي تنبعث منها الأشـــعة السينية قوية وإشارات راديوية. وقد اتضح أن تفسير هذه الأنظمة الغريبة يكمن في التفاعلات بين النجوم العادية وبقايا النجوم.

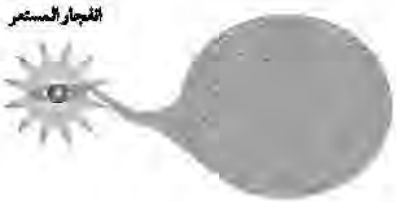
أشار «جيرارد كايبر» في ورقة بحثية عام 1941 سعت إلى تفسير خصائص النجوم الثنائية الكسوفية المثيرة للفضول (انظر صفحة 144)، والتي يطلق عليها «الشلياق» إلى أن النجوم في نظام ثنائي أحيانًا تدور في مدارات قريبـــة بما يكفي لانتقال المادة فيما بينها. وقد وضع «كايبر» نموذجًـــا لما يحدث إذا فاض أحد النجمين أو كلاهما في نظام كهذا بـ «حيز روش» (الحد الذي فيه يمكن للنجم أن يحتفظ بأجزائه مع بعضها البعض ضد قوة جاذبية سحب النجوم المجاورة). وأوضح في هذه العملية أن المادة لا تســـحب بســـهولة مباشرة من نجم لآخر لكنها تتراكم في «قرص تراكمي» فوق خط استواء النجم المتلقي. ومن المرجح أن يحدث هذا خاصة في الأنظمة

الخط الزمني

1892م	1941م	1967م
اكتشاف غاز متوسع حول المستعر T ممسك الأعنة مما أدى إلى الكشف عن طبيعته الانفجارية.	اقترح «كايبر» وجود ثنائيات اتصال كتفسير للنجم الشلياق.	أوضح «شيكلوفسكي» نموذج القرص التراكمي لنجوم الأشعة السينية الثنائية، والمستخدم للكشـــف عـــن النجـــوم النيوترونية، والثقوب السوداء.

التي تكـــون فيها بقايا نجمية صغيرة، وكثيفة يرافقها نجم عمـــلاق أحمر منتفخ ذو قبضة ضعيفة نســـبيًّا على طبقاته الغازية الخارجية (ســـيناريو قد يحدث لأن النجوم ذات الكتل المختلفة تشيخ بمعدلات مختلفة). وفي وضع كهذا، يستطيع النجم الأقل كتلة والأكثر خفوتًا في البداية أن ينتهي به الحال إلى أن يصبح أكثر النجمين لمعانًا، ويدور حوله قزم أبيض صغير لكن ضخم أو حتى نجم نيوتروني أو ثقب أســـود (إذا أصبح النجم مســـتعرًا أعظـــم). وهذا النظـــام ـ مصحوبًـــا بوجود «قرص تراكمي» ـ يمكن أن ينتج سلسلة من التأثيرات.

معظم الوقت، يسحب القزم الأبيض في نظام المستعر المادة بثبات من النجم المرافق له (1) ويتراكم الغلاف الجوي حوله عن طريق قرص تراكمي. (2) وأحيانًا يصبح الغلاف الجوي ساخنًا جدًّا وكثيفًا لدرجة أنه ينفجر في عاصفة نووية.



النجوم المتغيرة الكارثية

من المثير للفضول أن الثنائيات بما فيها الشكل الأقل تطرفًا من بقايا النجم (قزم أبيض) تنتج أكثر النتائج عنفًا وإثارة للذهول.

كما أن هنـــاك انفجارات نجميـــة عرضية تعرف بالمستعرات أو النجوم المتغيرة الكارثية، ويمكنها إنتاج انفجارات نادرة وأكثر روعة تسمى المستعرات العظمى من النو الأول ولم يتضح الفـــرق بين هاتين الفئتين

1971 - 1974م

فســـر «ســـتارفيلد» وزمـــلاؤه المستعرات بأنها انفجارات حرارية نوويـــة مصحوبة بأقـــزام بيضاء في أنظمة اتصال ثنائية.

1973م

فسر «جون ويلان»، و«إكوك إين» الابن المستعرات العظمى من النوع الأول من خلال الانهيـــار المفاجئ لنجوم الأقزام البيضاء.

1974م

فســـر «وارنـــر» أصـــل انفجـــارات المستعرات القزمة.

من الأحداث سوى في الثلاثينيات بفضل مطاردة «فريتز زويكي»، و«ولتر بادي» للمستعرات العظمى في المجرات الأخرى (انظر صفحة 185).

أول مستعر يتم ربطه بالفورة الانفجارية كان مستعر T ذا الأعنة الذي انفجر وظهر بعد اختفائه في عام 1892 ليصبح نجمًا يُرى بالعين المجردة بسهولة. أشارت الدراسات الطيفية إلى أنه كان محاطًا بغلاف من الغازات التي تتمدد بسرعة، وأحد أوائل النظريات اقترحت أن المستعرات كانت قد نشأت عندما تحركت النجوم في سحب كثيفة من الغاز بين النجمي وسخنتها إلى درجة الاتقاد. ولم يظهر التفسير الصحيح سوى في الخمسينيات فصاعدًا حيث أثبت علماء الفلك أن أنظمة المستعرات الخافتة هي عادة ثنائيات بها نجم مرئي واحد يدور حوله نجم مرافق صغير ذو كتلة عالية.

المستعرات القزمة

تحدث بعض انفجارات المستعر على نطاق أصغر كثيرًا من المعتاد وعلى فترات شبه منتظمة تتراوح بين أيام وسنين. وهذه «المستعرات القزمة» (غالبًا ما يطلق عليها اسم نجوم «يو جيمينورام» نسبة إلى النموذج الأولي الذي اكتشف عام 1855) تتضمن النوع نفسه من النظام الثنائي لانتقال الكتلة الذي رأيناه في «المستعرات الكلاسيكية» الأكثر سطوعًا. وفي عام 1974 أوضح عالم الفلك البريطاني «بريان وارنر» لأول مرة كيف تولد هذه المستعرات القزمة انفجاراتها عن طريق آليات مختلفة تمامًا. فالمواد التي جمعت وتراكمت في القرص التراكمي تصل إلى كثافات عالية لدرجة أنها تصبح غير مستقرة، وتؤدي إلى انهيار مفاجئ على سطح القزم الأبيض، وانفجار مأساوي يخفت ببطء قبل أن يعود النظام إلى حالته الطبيعية. وقد اكتشفت عدة مئات من نجوم «يو جيمينورام» مما أدى إلى الكشف عن نمط واضح بين كثافتها وتكرار انفجاراتها: فكلما كان الانتظار بين الانفجارات أطول أصبحت النجوم أكثر إشراقًا في نهاية المطاف. ومن ثم فإن بعض علماء الفلك حريصون على التحقيق في إمكانية استخدام المستعرات القزمة كشموع قياسية ـ وسيلة لقياس المسافات في مجرتنا والمجرات الأخرى.

وبحلول سبعينيات القرن الماضي، استطاع عالم الفلك الأمريكي «سامنر ستارفيلد» والعديد من الزملاء إثبات أن النجوم الصغرى المرافقة في أنظمة المستعرات كانت أقزامًا بيضاء، واستطاعوا وضع نموذج «الانفلات النووي الحراري» لشرح ما كان يحدث. ووفقًا لهذه النظرية، لا تحدث المستعرات إلا في الأنظمة الثنائية المتقاربة التي يتخطى فيها النجم الأكبر حيز روش مما يسمح للقزم الأبيض بسحب المواد بعيدًا عن غلافها الغازي الممتد. الغاز الذي حُصل عليه من القرص التراكمي يتراكم ليكون طبقة هيدروجين حول القزم نفسه والذي يضغط بفعل الجاذبية القوية ويسخن أيضًا بفعل السطح الساطع الذي تحته. وفي نهاية المطاف، تصبح الظروف في الغلاف الجوي للهيدروجين قاسية جدًّا لدرجة أن الاندماجات النووية تتوقف وتحرق طريقها خلال الغلاف الجوي في تفاعل هروب قد يستمر لعدة أسابيع. وبمجرد أن ينفد إمداد الهيدروجين، يخفت المستعر لكن العملية قد تعيد بناء نفسها. وفي نهاية المطاف تتكرر فيما يعرف باسم «المستعر المتكرر». وما بين الانفجارات، يتسبب الإشعاع القادم من المادة التي تدخل القرص التراكمي في جعل الضوء الكلي للنظام يومض بطريقة مميزة جدًّا.

النجوم المتفككة

شدة انفجارات المستعر والفترة بين الانفجارات المتكررة تعتمدان على الديناميات الدقيقة للنظام، من ثم ليس هناك مستعران متطابقين. لكن لا يمكن قول الشيء نفسه عن الإخوة الكبار للنجوم المتغيرة الكارثية، ألا وهي المستعرات العظمى من النوع الأول، وفي الحقيقة يستند اختراق رئيسي في فهمنا الحديث للكون على حقيقة أن شدة هذه الانفجارات الرائعة هي دائمًا نفسها.

نشأت المستعرات العظمى من النوع الأول من أنظمة المستعر التي يكون فيها القزم الأبيض قريبًا من حد شاندراسيخار الذي يبلغ 1.4 كتلة شمسية (انظر صفحة 193). اعتاد علماء الفلك على أن يفترضوا أنه إذا تراكمت كتلة كافية في الغلاف الجوي للقزم فإنه ببساطة

يخصع لانهيار مفاجئ وعنيف متحولًا إلى نجم نيتروجيني، لكن البحث الحديث اقترح أنه قبل أن يمكن حدوث ذلك فإن الضغط الداخلي المتزايد يحرك موجة جديدة من الاندماج في الكربون والأكسجين المحتجزين بالداخل. ولأن مادة القزم الأبيض منحلة، لا يستطيع أن يتمدد بالطريقة نفسها التي يتمدد بها النجم العادي، ومن ثم ترتفع درجة حرارة اللب إلى مليارات الدرجات ويخرج الاندماج عن السيطرة. وفي النهاية تختل ظروف الانحلال في انفجار مفاجئ ومأساوي يدمر كليًا النجم الذي تصل ذروة سطوعه إلى حوالي 5 مليار مرة لمعان الشمس، ولأن المستعرات العظمى من النوع الأول تحتوي دائمًا على الكمية نفسها من الكتلة التي تتحول إلى طاقة فإن علماء الكون يستطيعون استخدامها كشموع معيارية لقياس المسافة إلى المجرات البعيدة (انظر صفحة 280).

ثنائيات الأشعة السينية

إذا كان النجم غير المرئي في النظام الثنائي نجمًا نيوترونيًا أو ثقبًا أسود فإن النتائج يمكن أن تختلف تمامًا، فبدلًا من أن تنتج المادة التي تقع في القرص التراكمي نفثات متقطعة مرئية، تُقطع إربًا وتسخن بفعل قوى مدية شديدة بسبب مجال الجاذبية الأكبر الكثافة بكثير لبقايا النجم. وعند درجة حرارة مليون، تصبح أجزاء من القرص مصادر قوية لكن متغيرة للأشعة السينية عالية الطاقة ـ آلية استخدمها «يوسيف شكلوفسكي» عام 1967 لتفسير السبب الذي يجعل أيضًا بعض النجوم المرئية تبدو مصادر ساطعة للأشعة السينية.

الغالبية العظمى من النجوم النيوترونية التي تم تحديدها إلى الآن معروفة إما من ثنائيات الأشعة السينية أو من آلية النابض (انظر صفحة 194)، وحتى وقت قريب كانت ثنائيات الأشعة السينية هي الوسيلة الوحيدة

«جرم في حجم كويكب، وهو لامع ومصدر وامض للأشعة السينية، وهو مرئي على مسافات بين نجمية ماذا يمكن أن يكون؟.»

كارل ساجان

لتحديد مكان الثقوب السـوداء التي لها كتلة النجوم. ومع ذلك ، لا يوجد سبب نظري أيضًا لعدم وجود الثنائيات التي تحتوي على نجمين نيوترونيين أو حتى ثقبين سوداوين (انظر صفحة 194) ـ ويعتقد في الواقع أن هذه الأنظمة تشـكل جزءًا أساسـيًّا من جميع الثنائيات المتطرفة. إن الجاذبية القوية بـين البقايا النجمية في كلا نوعي الثنائي تولد موجات مدّية قوية ترسـلها نحو بعضها البعض في مسـار تصادمي لا مفر منه ، وتولد لحظاتها الأخيرة نفثات من موجات جاذبية (انظر صفحة 290). وفي حين أن اتحاد ثقبين سوداوين ينبغي ألا ينتج أي انفجار نحو الخارج إلا أن الاندماجات بين نجمين نيترونيين قد تكون هي المسؤولة عن نفثات أشعة جاما الهائلة، وقد ذهب بعض العلماء إلى أنها أيضًا باستطاعتها أن يقدما وسيلة أخرى لتكوين أثقل العناصر الموجودة في الكون.

الفكرة الرئيسة

النجوم في الأنظمة الثنائية يمكن أن يكون لها دورات حياة مختلفة اختلافًا جذريًّا