# 31

# بقايا نجمية

## *Stellar remnants*

**في نهاية حياة النجم، يطيح في نهاية المطاف بطبقاته الخارجية ويصبح اللب المحترق الذي سيكون الجزء المتبقي الدائم مكشوفًا. الظروف الدقيقة التي يحدث فيها مخاض الموت الأخير للنجم ونوع الجرم الذي ستخلفه وراءها في أعقاب ذلك يحددها تحديدًا حاسمًا كتلة النجم الكلية.**

يتعرف علماء الفلك على ثلاثة أنواع رئيسية من البقايا النجمية: وهي- مرتبة حسب تصاعديًّا حسب الكثافة وتنازليًّا حسب الحجم- الأقزام البيضاء، والنجوم النيوترونية، والثقوب السوداء. وتلك الأخيرة هي أكثر الأجرام غرابة في الكون وتم تناولها بالتفصيل في الفكرة 33، لكن الغالبية العظمى من البقايا إما أقزام بيضاء أو نجوم نيوترونية. اليوم، نحن نفهم أن الأقزام البيضاء هي المرحلة النهائية للنجوم التي كتلتها أقل من 8 كتل شمسية، والتي تشكل الأغلبية العظمى من النجوم في مجرتنا. والنجوم النيوترونية، والثقوب السوداء

**الخط الزمني**

| 1862م | 1926م | 1931م |
|---|---|---|
| اكتشف «كلارك» القزم الأبيض الكثيف الصغير الشِّعرَى اليَمَانِيَّة (Sirius) من النوع B. | وصف «فاولر» الأقزام البيضاء على اعتبار أنها نجوم منهارة يدعمها ضغط الإلكترون المنحل. | حسب «شاندراسيخار» الحد الأعلى لكتلة القزم الأبيض. |

هي أشـباح النجوم الأكثر ضخامة والتي تقضي فترات احتراق الهيدروجين باعتبارها عمالقة ضخمة وذلك قبل أن تموت في مستعرات عظمى مذهلة (انظر صفحة 184).

## الأقزام البيضاء

**«عندما كان المخطط قيد المراجعة استطعت أن أرى أن الإشارة كانت سلسلة من النبضات بينها فترات قدرها ثانية وثلث ثانية.»**

جوسيلين بيل بيرنيل

جميع البقايا النجمية أصغر كثيرًا من أسلافها النجوم، ومن ثم فهـي أكثر خفوتًـا وأكثر صعوبة في الكشـف عنها. الأقزام البيضـاء لا ترى بالعين المجردة، لكن أول قزم أبيض تم تسـجيله باعتباره عضوًا في نظام النجم المتعدد 40 على يد «ويليام هيرشـل» في بدايات عـام 1783 إلا أن أهمية هذا النجم لم تدرك حتى وقـت لاحق بكثير، وكنتيجة لذلـك، أول قزم أبيض يعترف بـه كفئة نجوم مهمة وغير عادية كانـا نجمين مترافقين من النجوم الأكثر سطوعًا في السماء: الشِّـعرَى اليَمَانِيَّة (Sirius) أو الشعرى الشامية (Procyon). لاحظ «فريدرك بيسـل» إزاحات طفيفة في مواضع هذين النجمـين المتقاربين عام 1844 وربط تذبذباتهما بوجود نجوم غير مرئية محتجزة بينهما في المدار. ومع ذلك فإن نجم الشِّعرَى اليَمَانِيَّة لم يرصده التلسـكوب حتى عام 1862 عندما شـاهده عالم الفلك الأمريكي «ألفان جراهام كلارك».

**1934م**

تنبأ «بـادي»، و«زويكي» بوجود النجوم النيوترونية في صورة بقايا للمستعر الأعظم.

**1939م**

اكتشف «أوبنهايمر»، و«فولكوف» الحد الأعلى لكتلة النجوم النيتروجينية باستخدام عمل سابق لـ«تولمان».

**1967م**

اكتشف «بيل» و«هويش» أول نباض.

## بقايا نجمية

في أوائل القرن العشرين، قاس علماء الفلك طيف الأقزام البيضاء للمرة الأولى فوجدوا أنها شبيهة جدًّا بالنجوم البيضاء العادية لكنها تحتوي على كميات معززة من الكربون، والنيتروجين، والأكسجين في أغلفتها الجوية. وفي الوقت نفسه، أشارت مداراتها إلى أنها بالتأكيد تحمل كتلة كبيرة على الرغم من خفوتها. وقد كان من الواضح أن هذه النجوم كانت أصغر كثيرًا وأكبر كثافة من تلك الموجودة في النسق الأساسي، لكنها مع ذلك لها أسطح ساخنة للغاية. ولما كان ضغط الإشعاع غير قادر على إمساك كتلة الأقزام البيضاء كما يحدث في النجوم الأكبر، فإنه لا بد من شيء آخر يمنعها من الانهيار تمامًا تحت تأثير وزنها.

### النجوم المغناطيسية

ربما تقدم النجوم المغناطيسية باعتبارها شكلًا غير عادي للنجوم النيوترونية تفسيرًا ممكنًا لبعض أكثر الأحداث عنفًا في المجرة، وهو ما يعرف بـ«مكررات أشعة جاما اللينة» التي تنبعث منها نفثات دورية قوية من الأشعة السينية، وحتى أشعة جاما الأكثر نشاطًا. النجوم المغناطيسية هي نجوم نيوترونية لها فترة دوران بطيء على نحو غير معتاد، تقاس بالثواني بدلًا من أجزاء من الثانية ومجال مغناطيسي قوي على نحو غير معتاد يتولد أثناء الانهيار الأولي للنجم النيوتروني، وهو مدعوم بفعل هيكلها الخارجي، وتتضاءل قوة المجال بسرعة خلال بضعة آلاف من السنين لكن على الرغم من أنها تستمر إلا أن الزلازل النجمية الضخمة على سطح النجم النيوتروني المستقر يمكن أن تؤدي إلى إعادة ترتيب مفاجئة للمجال المغناطيسي مما يؤدي إلى إطلاق طاقة تمد انفجارات أشعة جاما بالطاقة.

## المادة الغريبة

أطلق «ويليام لوتين» على هذه الأوزان الثقيلة القليلة الغريبة وصف «الأقزام البيضاء» في عام 1922، لكن تفسير خصائصها الغريبة اضطر إلى الانتظار حتى عام 1926 عندما طبق عالم الفيزياء «رالف إتش فاولر» ظاهرة مكتشفة حديثًا في فيزياء الجسيمات على هذه المسألة.

ينص مبدأ استبعاد باولي على أن جسيمات الإلكترونات تحت الذرية لا يمكنها أن تشغل الحالة نفسها، بحيث أنها في الحالات القصوى ـ داخل النجم المنهار على سبيل المثال ـ تُكون «ضغط إلكترون منحل». هذا الضغط يمنع القزم الأبيض ككل من التكوم تحت تأثير وزنه وبدلًا من ذلك ينشئ نجمًا عالي الكثافة حجمه حجم كوكب الأرض تقريبًا.

أحد الجوانب المثيرة للفضول في ضغط الإلكترون المنحل هو أنه كلما كان الجسم يحتوي على مادة أكثر، يصبح الجسم أصغر وأكثر كثافة. وفي نهاية المطاف، يتم تجاوز الحد الفاصل وعندئذ حتى ضغط الإلكترون لا يمكنه الحيلولة دون انهيار النجم. في عام 1931 حسب عالم الفيزياء الفلكية الهندي «سابراهمانيان شاندراسيخار» الحد الأعلى لكتلة القزم الأبيض لأول مرة (حوالي 1.4 كتلة شمسية باستخدام قياسات حديثة). ويقابل هذا الحد المهم الذي يطلق عليه اسم «حد شاندراسيخار» كتلة إجمالية تقارب 8 أضعاف الشمس. وقد اعتقد «شاندراسيخار» أن الكتلة أكبر من ذلك تجعل القزم الأبيض لا محالة ينهار ويصبح ثقبًا أسود.

وعلى الرغم من أن «شاندراسيخار» قد حسب الحسابات الرياضية حسابًا صحيحًا إلا أنه لم يستطع أن يعرف ما إذا كان هناك مرحلة متوسطة بين القزم الأبيض، والثقب الأسود. وقد فتح إثبات الجسيمات النيترونية تحت الذرية عام 1933 مجالًا جديدًا للفيزيائيين ليستكشفوه وسرعان ما اتضح بعد ذلك أن النيوترونات تنتج ضغط الانحلال الخاص بها والذي يعمل على نطاقات أقصر من الضغط بين الإلكترونات. وبعد سنة، تنبأ «والتر بادي»، وزميله «فريتز زويكي» بوجود النجوم النيوترونية باعتبارها ناتجًا نهائيًا لانفجارات المستعر الأعظم (انظر صفحة 187). وقد ذهبا إلى أن انحلال النيوترون يمكن أن يدعم نجومًا أعلى من حد شاندراسيخار مما يؤدي إلى وقف انهيارها عند أقطار حوالي 10 أو 20 كم/ الساعة (6–12 ميلًا). ويبدو أن الحجم الصغير لهذه الأشياء يجعل من المستحيل مراقبتها مباشرة.

## المنارات الكونية

على الرغم من أن النجوم النيوترونية كانت أجرامًا افتراضية مثيرة للاهتمام بلا شك إلا أن اختفاءها المفترض يعني أن عددًا قليلًا من العلماء يبذلون جهدًا في المزيد من التقصي ومن ثم، في نوفمبر عام 1967 وجدت الباحثة الدكتورة «جوسلين بيل» من كمبريدج بالمصادفة إشارة راديوية مثيرة للفضول صادرة عن دورية قادمة من السماء، وكانت الإشارة تستمر 16 ملي ثانية فقط وتتكرر كل 1.3 ثانية، وقد جاءت من جرم ليس أكبر حجمًا من كوكب. في البداية، لقبت بـ «LGM-1» كإشارة إلى احتمالية أن تكون إشارة من فضائي «رجل صغير أخضر LGM» وسرعان ما ألغى اكتشاف إشارات مشابهة في أجزاء أخرى من السماء هذه الاحتمالية، وتركز البحث عن سبب ما على بقايا النجوم.

### نجوم كواركية

إذا كانت كتلة لب نجم ينهار أعلى مما يسمى حد تولمان ـ أوبناهايمر ـ فولكوف (TOV) ـ وهو قيمة تقع بين ضعفين إلى ثلاثة أضعاف كتلة الشمس ـ فحتى انحلال النيتروجين لا يمكنه تكوين ضغط كاف لإيقاف انهيار النجم. كان من المعتاد أن يفترض أن اللب ينهار متحولًا فورًا إلى ثقب أسود عندما تنقسم نيوتروناته إلى عناصر مكونة تعرف باسم «كواركات»، لكن الفيزياء النووية الحديثة تشير إلى إمكانية وقف تنفيذ ذلك على صورة نجوم كواركية. هذه الأجرام الغريبة مدعومة بنوع من ضغط الانحلال بين الكواركات نفسها. لا يمكن لمادة الكوارك أن تبقى مستقرة إلا تحت درجات حرارة وضغوط كبيرة، وقد توقف الانهيار عند قطر حوالي نصف قطر النجم النيوتروني، أي حوالي 10 كم (6 أميال). من الممكن أيضًا أن تتمكن مادة الكوارك من تكوين لب عالي الكثافة داخل النجم النيوتروني، مما يجعل من المحتمل أن يسمح للنجم بالبقاء على قيد الحياة بعد حد تولمان ـ أوبناهايمر ـ فولكوف (TOV).

وعن طريق صدفة رائعة نشر عالم الفيزياء الفلكية الإيطالي «فرانكو باتشيني» بحثًا علميًا قبل ذلك ببضعة أسابيع يناقش فيه كيف يمكن لبقاء كمية التحرك، والمجالات المغناطيسية أن تؤثر على لب نجم منهار. وقد قال إن النجوم النيوترونية تدور بسرعة شديدة بينما مجالاتها

المغناطيسية توجه المادة المتسربة والإشعاع إلى أشعة كثيفة تخرج من قطبيها. وسرعان ما أثبت «باتشـــيني» وآخرون أن «بيـــل» قد وجد مجرد جرم - منارة كونية تعرف باســـم النباض. إلا أن مـــشرف الدكتوراة لـ«بيل» ويدعى «أنتوني هويـــش» ـ جنبًا إلى جنب مع رائد علم الفلك الراديوي «مارتن رايل» ـ هو الذي حصل على جائزة نوبل في الفيزياء عن هذا الاكتشاف.

## الفكرة الرئيسة

## موت النجوم يخلف وراءه أكثر الأجرام غرابة في الكون