28

النجوم النابضة

Pulsating stars

في حين أن الغالبية العظمى من النجوم تلمع بلمعان ثابت تقريبًا لمعظم حياتها إلا أن بعضها قد يختلف كثيرًا في السطوع على فترات زمنية قصيرة نسبيًّا. بعض هذه النجوم نجوم كسوفية ثنائية، لكن التغير في اللمعان يمكن أيضًا أن يكون صادرًا من نجم واحد يمر بنبضات مفاجئة.

لا يزال أول نجم نابض متغير يتم اكتشافه هو الأكثر شهرة. حيث يمر هذا النجم – الذي تمت فهرسته باسم «أوميكرون سيتي» وهو النجم الأحمر الموجود في عنق كوكبة وحش البحر قيطس – بتغيرات مفاجئة في السطوع تحوله من جرم تسهل رؤيته بالعين المجردة إلى جرم لا يرى سوى بالتلسكوبات، وذلك خلال دورة تستمر 11 شهرًا. وقد لاحظه «ديفيد فابريسوس» للمرة الأولى عام 1596، وسرعان ما أسماه «يوهانس هيفيليوس» باسم «ميرا» (والتي تعني حرفيًّا الشيء المدهش).

الخط الزمني

1596م	1784م	1879م
لاحظ «فبريسوس» السطوع المتغير لميرا، أول نجم متغير يتم اكتشافه.	عرّف «جون جودريكي» تغير دلتا الملتهب.	أشار «ريتر» إلى أن النجوم النابضة هي نتيجة لتغيرات داخلية وليست تفاعلات مع نجوم أخرى.

لم تكتشف هذه النجوم المتغيرة بأعداد أكبر إلا في أواخر القرن الثامن عشر فصاعدًا، وسرعان ما أظهرت تنوعًا محيرًا؛ ففي حين أن بعضها كان من الواضح أنه ينتمي إلى النجوم الحمراء مثل «ميرا» ولـه نبضات طويلة المدة، بعضهـا الآخر مثل دلتا الملتهب في كوكبة الملتهب اختلف بشـكل أقل فجائية وفي فترات مدتها بضعة أيام فقط.

«من الجدير بالملاحظة أن النجوم المتغيرة الأكثر سطوعًا لها فترات أطول.»

هنريتا سوان ليفيت

في حـين أن تغيرات ميرا يمكن أن تكون غير منتظمة إلى حد ما، وسرعان ما اكتشـف أن النجوم التي تسـمى نجوم المتغير القيفاوي تكرر دورتها بدقة متناهية. وقد أظهر تطوير تقنيات القياس الضوئي لقياسـات المقاديـر النجمية عالية الدقة في القـرن العشرين مجموعة أكبر من التغييرات، بما في ذلك النجوم التي تغير سـطوعها بكسـور من المقـدار في فترات مدتها دقائق وأنماط أكثر تعقيدًا مكونة من عدة نبضات متراكبة.

التغيرات الداخلية

كان المهندس الألماني «أوجست ريتر» أول من أشار في عام 1879 إلى أن تغيرات السطوع في هذه النجوم ناتجة عن تغيرات أساسية في أنصاف أقطار النجوم وسطوعها. وفي ذلك الوقت، اعتقد معظـم علماء الفلك أن التغير ناتج فقط عن تفاعلات داخل أنظمة النجوم الثنائية (انظر صفحة 145) ومن ثم تـم تجاهل أفكاره إلى حد كبير. ومع ذلك، ففي عام 1908 اكتشـفت

1908م

حـددت «ليفيـت» العلاقة بين الفترة واللمعـان في نجوم المتغير القيفـاوي، ممـا يدعم فكـرة أن تغيراتها ترجع إلى أسباب داخلية.

1926م

أوضـح «إدينجوتـن» أن النبضات النجمية على الأرجح تحدث بسـبب تغيرات داخلية في العتامة.

1953م

أوضـح «زيفاكن» أن تأين الهيدروجين يمكن أن يتسـبب في تغـير الإعتام في نموذج «إدينجوتن».

«هينريتا سوان ليفيت» (واحدة من فريق عمل إدوارد تشارلز بيكرنج النسائي الذي أطلق عليه اسم «حواسيب هارفرد» (انظر صفحة 98) اكتشافًا مهمًّا، فمن بين آلاف المتغيرات القيفاوية التي صورت في سحابة ماجلان الصغرى (سحابة نجمية منعزلة يعرف عنها الآن أنها مجرة تابعة لمجرة درب التبانة) بدا أن هناك علاقة واضحة: فكلما كان المظهر المتوسط للنجم أكثر سطوعًا كانت دورة تغيره أطول. وقد افترضت «ليفيت» أن السحابة جرم مادي على مسافة كبيرة نسبيًّا من كوكب الأرض (ومن ثم جميع نجومها عمليًّا تبعد البعد نفسه، وأن الاختلافات بين الحجم الظاهري يمثل اختلافات في الإضاءة الذاتية) فاستطاعت أن تستنتج أن هناك علاقة حقيقية بين الفترة واللمعان عمليًّا.

أنواع أخرى من النجوم المتغيرة

ليست كل النجوم التي تحدث لها تغيرات أساسية تخضع لتأثير آلية نبض «إدينجوتن» فالعديد من النجوم الصغيرة مثل نجوم تي الثور (انظر صفحة 133) سطوعها متقلب لأنها لم تصل من الداخل إلى الاتزان بعد، وربما لا تزال تكتسب أو تطرح كميات كبيرة من المادة. النجوم العملاقة للغاية، عالية الإضاءة تستطيع في هذه الأثناء أن تغير من الضوء الناتج منها لأن الكمية الهائلة من الضغط الإشعاعي الذي تولده يجعلها غير مستقرة، مما يؤدي بها غالبًا إلى الإطاحة بطبقاتها الخارجية في الفضاء المحيط (انظر صفحة 179)

وبعض النجوم المتغيرة الأخرى تتطلب تفسيرًا مختلفًا تمامًا، ومنها نجوم الإكليل الشمالي R، وهي نجوم عملاقة تطرد أحيانًا سحبًا من الغبار المعتم مما يؤدي إلى حجب معظم ضوئها من الرؤية لسنوات، ولم يبدأ علماء الفلك في التعرف على مجموعة واسعة من النجوم المتغيرة الدوارة إلا مؤخرًا، وهي نجوم يختلف سطوعها أثناء دورانها حول محورها إما بسبب البقع النجمية المظلمة الضخمة في أغلفتها الجوية أو تأثيرات المجالات المغناطيسية القوية أو حتى - بسبب التشوهات في شكلها العام - في حالة أسرع الدورانات والنجوم في الأنظمة الثنائية القريبة.

وفي عام 1912، نشرت «ليفيت» دليلًا أكثر تفصيلًا لهذه العلاقة، وقد أسقط اكتشافها أفكارًا متبناة منذ زمن بعيد عن النجوم المتغيرة حيث لم يكن هناك تفسير معقول للسبب الذي يجعل نجمًا ثنائيًّا كسوقيًّا أو أي نظام مشابه يتبع قاعدة فترة اللمعان تلك. ولعبت أيضًا في وقت لاحق دورًا رئيسيًّا في تطوير أفكار عن الكون واسع النطاق (انظر صفحة 223).

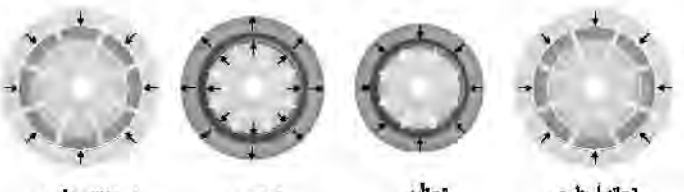
وعلى الرغم من الأدلة التي جمعها «هارلو شابلي» في عام 1914 والتي تذهب إلى أن نجوم المتغير القيفاوي يدفعها نوع من آليات النبض إلا أن الشرح المفصل لا يزال بعيد المنال. وبعد ذلك استخدم «آرثر إدينجوتن» في العشرينيات نموذجه الجديد لدواخل النجوم ليعلل أن النبضات يجب أن تنظم بفعل «صمام» طبيعي يحد من تسرب الإشعاع من سطح النجم.

وعلاوة على ذلك، أوضح كيف يمكن أن ينشأ هذا الوضع إذا أصبحت طبقة معينة من الطبقات الداخلية للنجم أكثر إعتامًا. حيث تميل الكثافة المتزايدة لطبقة ما نتيجة الضغط إلى أن تبطئ تسرب الإشعاع لكن الزيادة الناتجة في الضغط من أسفل ستدفع في نهاية المطاف الطبقة نحو الخارج وعندها ستصبح أكثر شفافية وتسمح للطاقة الزائدة بالتسرب. وبهذه الطريقة تصبح العملية دورة متكررة.

كانت هناك مشكلة رئيسية واحدة في نظرية «إدينجوتن» ـ فالأدلة تشير إلى أن الضغط المتزايد في معظم مناطق النجم تقلل فعلًا من عتامته (وهو تأثير يعرف باسم قانون كرامر). ولم يكن «سيرجي زيفاكن» قد عثر على آلية لتفسير نبضات النجوم القيفاوية قبل الخمسينيات من القرن العشرين. والبنى المعروفة باسم مناطق التأين الجزئي هي مناطق داخلية في النجم، وهي قريبة نسبيًّا من سطحه وفيها يكون التأين (انتزاع الإلكترونات من الذرات) ذو درجات الحرارة العالية غير مكتمل. وضغط الغاز في هذه المناطق يطلق طاقة تحث المزيد من التأين وتزيد من العتامة.

مدى النبضات

آلية الإعتام هذه (المعروفة الآن باسم آلية كابا) تقدم تفسيرًا جيدًا للنبضات في نجوم المتغير القيفاوي ومجموعة واسعة من النجوم الأخرى. الشريط القطري العريض على مخطط هرتزسبرنج - راسل - ما يسمى بـ«شريط عدم الاستقرار» - هو المنطقة التي يؤدي فيها توازن الكتلة والحجم واللمعان إلى نشأة مناطق مشابهة من التأين الجزئي. تضم النجوم التي على هذا الشريط ما يسمى بالنجوم المتغيرة «القيفاوية الكلاسيكية»، والتي تشبه دلتا الملتهب والعديد من الأشكال الأخرى.



تبدأ آلية كابا بمنطقة تأين جزئي شفافة للإشعاع. وهذا يقلل من ضغط الإشعاع ومن ثم تسقط الطبقات الخارجية للنجم ببطء نحو الداخل (1). وعندما ترتفع درجات الحرارة جدًا لدرجة كافية، تصبح المنطقة متأينة ومعتمة فتحتجز الإشعاع (2). وهذا يؤدي إلى زيادة الضغط الخارجي ويبدأ النجم في التمدد (3) إلى أن تبرد المنطقة في نهاية المطاف وتنزع منها الأيونات فتصبح شفافة (4) بحيث يمكن تكرار هذه العملية.

- شبيهات متغير العذراء السادس تشبه هذه النجوم بشكل كبير النجوم القيفاوية الكلاسيكية ولكن مع كتلة أقل، فهذه النجوم تحتوي على كميات أقل من المعادن الثقيلة وعلاقة بارزة بين الفترة الزمنية واللمعان.
- شبيهات متغير الشلياق العاشر هذه النجوم القديمة التي تنتمي إلى الجمهرة الثانية غالبًا ما توجد في مجموعات كروية (انظر صفحة 127).
- نجوم دلتا الترس تعرف أيضًا باسم النجوم المتغيرة القيفاوية القزمة، وهي تظهر نمط تغير مشابهًا للنجوم المتغيرة القيفاوية لكن لها فترات أقصر كثيرًا وهي أكثر خفوتًا.

على الرغم من أن آلية الكابا كانت ناجحة في شرح العديد من أنواع النجوم المتغيرة، إلا أن الفهم الكامل لميرا ـ النجم النابض الأروع في السماء ـ لا يزال بعيد المنال، ففئتها من «متغيرات الفترة الطويلة» أكثر برودة من أن تطبق عليها آلية كابا كما هو الحال في النجوم المتغيرة القيفاوية، ولا يبدو أن الآلية تغير ناتجها الإجمالي من الطاقة، ولكن تحولها جذريًّا من الضوء المرئي إلى أشعة تحت الحمراء وتعيدها مجددًا. التفسير الأكثر احتمالًا في الوقت الحالي هو أن نبضاتها تنشأ بفعل آلية إعتام خارجية، ربما علاقة بين درجة الحرارة وتشكيل الغبار الممتص للضوء في الغلاف الجوي العلوي للنجم.

الفكرة الرئيسة

يختلف العديد من النجوم في السطوع وبعضها له فترة زمنية يمكن التنبؤ بها