14

قياس النجوم

Measuring the stars

إن النظر إلى السماء ليلًا ولو نظرة عابرة يشي بالاختلافات بين النجوم - وأبرز هذه الاختلافات يكون في السطوع واللون. وفهم الكيفية التي تعكس بها هذه الاختلافات في المظهر الخصائص الفيزيائية يكشف أن النجوم أكثر تنوعًا حتى مما يوحي مظهرها الخارجي.

إن الاختلافات في السطوع بين النجوم عبارة عن تنوع واضح حاول علماء الفلك فهرسته وقياسه منذ أقدم العصور. وحوالي عام 129 قبل الميلاد قسم عالم الفلك اليوناني «أبرخش» النجوم إلى ستة مقادير مختلفة، حيث وضع أكثرها سطوعًا مثل الشِّعرَى اليَمَانِيَّة (Sirius) في المقدار الأول، والنجوم الأكثر خفوتًا والتي تُرى بالعين المجردة في المقدار السادس. وقد أدى ظهور التلسكوب مباشرة إلى اكتشاف عدد لا حصر له من النجوم الأكثر خفوتًا، ومن ثم اتسع النظام ليشمل مقادير أعلى أكثر خفوتًا، ولكن لم يُكتشف ذلك حتى عام 1856 عندما طبق «نورمان آر بوغسون» من مرصد «مدراس» فيما يعرف الآن بـ «شيناي» في «الهند» دقة علمية (انظر المربع في الصفحة المقابلة).

الخط الزمني

1827م	1838م	1856م
حسب «فيليكس سافاري» مدار النجم الثنائي «القفزة الأولى الجنوبية Xi Ursae Majoris»، مفتاح تحديد كتلته.	قاس «بيسل» بنجاح البعد عن 61 Cygni باستخدام الانزياح النجمي.	أضفى «بوجسون» الطابع الرسمي على نظام المقدار الظاهري المستخدم في قياس سطوع النجوم.

المسافة واللمعان

هل الاختلافات في المقدار «الظاهري» للنجوم يعكس اختلافات في لمعانها الكامن، أو بعدها عن كوكب الأرض، أو خليطًا من الأمرين؟

افترض «ويليام هيرشل» في محاولته الأولى لرسم خريطة لمجرة درب التبانة (انظر صفحة 208) عن طريق الخطأ أن جميع النجوم كانت تقريبًا لها السطوع نفسه، ومن ثم كان المقدار مؤشرًا للقرب من كوكب الأرض. ويقيت هذه المسألة بلا حل حتى عام 1838، عندما قاس عالم الفلك الألماني «فريدريك بيسل» بنجاح

نظام المقدار الحديث

استنادًا إلى مقارنات دقيقة بين النجوم، قدر عالم فلك القرن التاسع عشر «نورمان آر بوجسون» أن النجم من المقدار الأول كان أكثر سطوعًا بحوالي 100 مرة من نجم من المقدار الخامس، واقترح جعل هذه العلاقة علاقة قياسية بحيث يكون أي اختلاف يساوي 5 مقادير يناظر عاملًا قيمته 100 في الفرق في السطوع (الفرق الذي مقداره 1.0 إذن يناظر فرقًا في السطوع يساوي 2.512 مرة، وهو يعرف بنسبة بوجسون). وقد عين «بوجسون» مقدار نجم القطب لشمالي النجم بولاريس بـ 2 بالضبط، وكنتيجة لذلك وجد أن مقدار النجوم شديدة السطوع اندفع نحو قيم سالبة (حيث أن مقدار الشِّعرَى اليَمَانِيَّة (Sirius) رسميًّا يساوي 1.46-). وبعد عصر «بوجسون» اكتشف علماء الفلك أن بولاريس كان نجمًا متغيرًا بدرجة طفيفة جدًّا، لذلك فإن النقطة المرجعية الحديثة هي النجم الساطع فيجا (النسر الواقع) الذي حُدد مقداره بـ صفر.

1869م

حدد غوستاف كيرشوف العلاقة بين لون ودرجة حرارة سطح النجوم.

1989 - 1993م

قامت بعثة هيباركوس التابعة لوكالة الفضاء الأوروبية بإجراء أول مسح لانزياح على نطاق واسع من الفضاء.

المسـافة إلى واحد من أقرب النجوم، وهو زوج ثنائي يسمى 61 Cygni باستخدام الانزياح في المنظر (انظر المربع صفحة 91):وقد اتضح أنه يقع تقريبًا على بعد 100 مليون مليون كيلومتر (60 تريليون ميل) من كوكب الأرض- وهي مسـافة شاسـعة جدًّا لدرجة أنه من الأسـهل الإشارة إليها بدلالة مقدار الوقت الذي يستغرقه الضوء ليصل إلينا: ومن ثم فهو يقع على بعد 10.3 سـنة ضوئية. وعند هذه المسـافة، مقادير نجمية - 5.2 و-6.05 تعني ضمنًا أنهما كانا 1/ 6، و1/ 11 من لمعان الشمس على الترتيب.

عندما سمحت التحسـينات التكنولوجية بالقياس المباشر لمسافات نجمية أكبر في وقت لاحق من القرن التاسـع عشر، سرعان ما أصبح من الواضح أن النجوم كانت متنوعة للغاية من حيث السـطوع. فالشِّعرَى اليَمَانِيَّة (Sirius) على سـبيل المثال، يقع على عتبة كوننا على بعد 8.6 سنة ضوئية، وهو أكثر لمعانًا من الشمس بحوالي 25 مرة. والنجم سهيل، ثاني أكثر النجوم سطوعًا في السماء، يقدر بعده بحوالي 310 سنوات ضوئية (بعيد جدًّا لدرجة أنه لا يمكن قياسه بوسيلة بيسل حتى وقت قريب)، ومن ثم لا بد أنه أكثر لمعانًا من نجمنا بأكثر من 15000 مرة.

وحتى بدون قياسات مباشرة للمسافة يستطيع مع ذلك علماء الفلك أحيانًا أن يأخذوا طريقًا مختصرة لتحديد اللمعان النجمي النسبي. وهذا يعتمد على فرض أن النجوم في التجمعات الضيقة مثل الثريا في كوكبة الثور (والتي توجد في مجموعات متقاربة للغاية لدرجة أنها لا يمكن أن تكون اصطفافًا إحصائيًّا من قبيل الصدفة) جميعها تقع فعلًا على البعد نفسـه عن نظامنا الشمسي. ومن ثم فإن الاختلافات في المقدار الظاهري تعكس اختلافات في المقدار المطلق أو اللمعان.

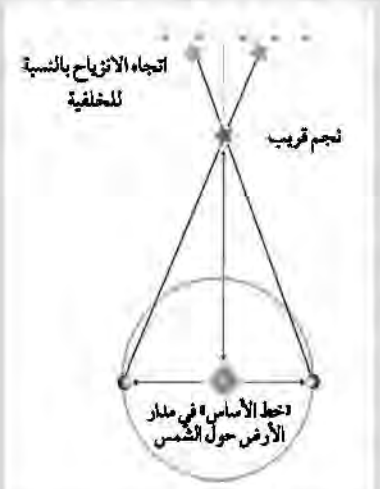
اللون، ودرجة الحرارة والحجم

لكن اللمعـان ليس هو القصة بأكملها. هناك خاصية نجميـة أخرى مهمة وهي اللون. اتضح أن النجوم لها مجموعة واسـعة من الألـوان من الأحمر والبرتقـالي وحتى الأصفر إلى الأبيض والأزرق (على الرغم أنه من المثير للفضول أن هناك نجمًا واحدًا فقط في السـماء اتفق

عامــة على أنه أخضر اللون). هناك رابط بديهي بين هــذه الألوان والألوان التي تنبعث من قضيب حديدي مســخن في فرن على سبيل المثال، لكــن العلاقــة بين درجة الحرارة واللون الكلي لم يصغها سوى «جوستـــــــاف كيرشــوف» عــام 1869. عـــــرف «كيرشوف» منحنى إشــعاع مميزًا يصف كميــة الإشــعاع للأطــوال الموجيــة والألــوان المختلفة التي يشــعها جسم أســود عنــد درجة حرارة معينة (الجسم الأســود هو جســم افــتراضي يمتــص الضــوء تمامًــا لكن اتضح أن النجوم تتصرف على نحو مشــابه جدًا). وقد وجد أنه كلما كان الجسم أكثر سخونة، كان إشــعاعه الكلي أقصر طولًا موجيًا وأكثر زرقة. وهذا يعني أنه مع تطور التحليل الطيفي النجمي

طريقة الانزياح

الطريقة المباشرة الوحيدة لقياس المســافة إلى نجم تستخدم الانزياح في موضع الأجســام القريبة مقابل الخلفيات الأكثــر بعدًا والذي يحدث عندما يغير الراصد النقطة التي ينظر منها. بمجرد أن فُهــم أن كوكــب الأرض يدور حول الشــمس، وأن المقــدار الحقيقــي للنظام الشــمسي تم تقديره، قدم الانزياح في موضع كوكب الأرض من إحدى جهات مداراتــه إلى الجهة الأخرى (حــوالي 300 مليــون كيلومــتر أو 186,000 ميل) أساسًا مثاليًا لمثل هذه القياسات على الرغم من أن أقرب النجوم فقط هي التي تظهر انزياحًا كافيًا ليقاس بتكنولوجيا القرن التاســع عشر. وقد اختيرت الأهداف المحتملة على أســاس حركاتها الحقيقية أو الحركة في أنحاء السماء (انظر صفحة 102). ومع ذلك، اســتغرق تحقيق «فريدرك بيســل» قياسه لانزياح Cygni 61 سنوات كثيرة من الجهد ـ وهو مجرد 0.313 ثانية من قوس أو 1/ 11,500 درجة. أما اليوم، فتستطيع الأقمار الصناعية مثل القمر الصناعي جيا لوكالة الفضاء الأوروبية أن تقيس زوايا أصغر من ذلك بـ50,000 مرة.



في مطلع القرن العشرين (انظر صفحة 94) أصبح من الممكن تقدير درجة حرارة سطح الشمس الفعلية من خلال لونها. وقد كانت هذه الأداة الجديدة قوية على نحو مذهل فقد أتاحت لعلماء الفلك تقدير حجم النجوم للمرة الأولى.

والمبدأ الكامن وراء مثل هذا التقدير واضح إلى حد ما. أولًا، احسب ناتج الطاقة اللازمة لتسخين متر مربع من سطح النجم إلى درجة الحرارة المقيسة (باستخدام معادلة بسيطة تسمى قانون ستيفان-بولتزمان). ثم استنتج ناتج الطاقة الكلي للنجم أو لمعانه (عن طريق المقارنة بين مسافته ومقداره الظاهري). وبعد ذلك يتم بسهولة حساب المساحة السطحية للنجم، وهذا بدوره يعتمد على قطره.

لإعطاء مثال ملموس: نجم أصفر صغير نسبيًا مثل الشمس متوسط درجة حرارته 5,800 درجة مئوية (10,472 فهرنهيت) نتيجة لخرج طاقته الداخلية (1 سطوع شمسي) التي تسخن سطحه. وعلى النقيض من ذلك، نجد النجم الأصفر غير المستقر رو ذات الكرسي يمر بمراحل عندما يكون له درجات حرارة سطح شبيهة بدرجات حرارة الشمس على الرغم من أنه على نحو لا يصدق أكثر لمعانًا بحوالي نصف مليون مرة (وهذا يفهم ضمنًا من مسافته التي تساوي حوالي 8200 سنة ضوئية ومقدار ظاهري 6.2). وهذا يعني أن قطره لا بد أن يكون حوالي 500 مرة قطر الشمس. وهو في الواقع عملاق فائق أصفر (انظر الفكرة 29)، أي نجم كبير جدًا لدرجة أنه يمتد في نظامنا الشمسي بعد مدار كوكب المريخ.

وزن النجوم

هناك صفة واحدة أخيرة للنجوم هي كتلتها، لكن كيف يمكننا وزن نجم؟

حتى وقت قريب كانت الطريقة الوحيدة لقياس كتل النجوم مباشرة هي عن طريق حساب مدارات الأنظمة الثنائية (انظر صفحة 145). تدور النجوم في مثل هذه الأنظمة حول

مركز كتلة مشترك يسمى المرجح، وعلى مسافات متوسطة تتحدد بكتلها النسبية (لذلك يكون الأكثر ضخامة أقربها إلى المرجح). وقد استنتج عالم الرياضيات والفلك فرنسي الجنسية «فيليكس سافاري» أول مدار ثنائي بهذه الطريقة في وقت مبكر من عام 1827.

«لقد كان إنجاز ذلك هو الهدف الأسمى لأماني كل عالم فلك.»

«جون هيرشل» عن قياسات بيسل للانزياح النجمي.

وعند دمج ذلك مع المعلومات القادمة من القياسات الطيفية للثنائيات أو الانزياح، يكون من الممكن العثور على بارامترات أكثر تفصيلًا لمدارات ثنائيات معينة، ثم يستطيع المرء حساب إما الكتل بالضبط أو مجموعة من الكتل المعنية، لكن حتى معرفة الكتل النسبية أثبتت أنها لا تقدر بثمن بالنسبة لفهم تطور النجوم (انظر صفحة 118).

الفكرة الرئيسة

لون النجم وسطوعه يكشفان عن مسافته وحجمه