13

شمسنا ـ نجم عن كثب

Our Sun – a star in close-up

يقع أقرب نجـم على بعد 150 مليون كيلومتر فقـط (93 مليون ميل) من كوكب الأرض، وهو يهيمن على النظام الشـمسي. إن قرب الشمس يعني أننا يمكننا دراسـتها بالتفصيل وتعقب العمليات التي تحدث أيضًا في معظم النجوم الأخرى لكن تستحيل رؤيتها.

ذلك القرص المتوهج حاد الحواف الذي يهيمن على السماوات في وقت النهار يبدو للوهلة الأولى أنه الشـمس كلها، لكن حتى أقدم علـماء الفلك قد رأوا علامات على أن الحال لم يكن كذلك، وأبرز تلك العلامات كانت الشرائط الشـاحبة الممتدة التي تظهر عندما يحجب القمر هذا القرص الحارق خلال الكسوف الكلي للشمس.

تسمى هذه الطبقة الخارجية للشمس باسـم الهالة، بينما الحلقات الحمراء والوردية التي تشـبه اللهب التي تأخذ شـكل القوس فوق قرص القمر المظلم مباشرة في أحداث الخسوف باسـم النتوءات. في عام 1605 تقريبًا، اقترح «يوهانس كيبلـر» أن الهالة أنتجت بفعل مادة ضعيفة حول الشـمس كانت تعكس ضوءها بخفوت، ولم يكن حتـى عام 1715 أن ناقش «إدموند هالي» أن الشمس لها الغلاف الجوي الخاص بها.

الخط الزمني

1612م	1843م	1863م
رأى «جاليليـو» البقـع الشمسـية للمـرة الأولى واسـتخدمها في قياس دوران الشمس.	اكتشـف «صموئيـل سـكهوب» الاختـلاف الـدوري لعـدد البقـع الشمسية.	قاس «كارينجتـون» الدوران التفاضلي للشـمس وأثبت أنها ليست جسمًا صلبًا.

البقع الشمسية

«أحد التحديات الكبرى في الفيزياء الشمسية هو فهم، وفي نهاية المطاف التنبؤ، بالنشاط المغناطيسي للشمس.»

الدكتورة «جوليانا دي توما»

ومع ذلك، كان اكتشاف «جاليليو» عام 1612 للبقع الداكنة الموجودة على قرص الشمس هو الذي غير فهمنا للطبيعة الحقيقية للشمس إلى الأبد، فقد أظهرت البقع الشمسية أن الشمس لم تكن كرة غير متغيرة بل هي جسم مادي غير تام وقابل للتغيير. وقد أتاحت حركة البقع لجاليليو أن يبين أن الشمس تدور حول محورها حوالي مرة كل 25 يومًا.

في الستينيات من القرن الثامن عشر، اكتشف العالم الأسكتلندي «ألكسندر ويلسون» اكتشافًا وضع علماء الفلك في طريق مسدود لمدة كبيرة من القرن. فقد أظهرت دراساته المتأنية للبقع الشمسية أثناء اقترابها من طرف الشمس (الحافة المرئية) أنها منخفضة بالمقارنة مع معظم الأسطح المرئية. وقد أدى ذلك بـ«ويليام هيرشل»، الذي كان ذا تأثير كبير بسبب اكتشافه لكوكب أورانوس، والعديد من الاكتشافات الأخرى، إلى استنتاج أن السطح الساطع للشمس كان في الواقع طبقة من الغيوم، وهذه الغيوم الكثيفة تكتنف سطحًا صلبًا أكثر برودة وتخفيه عن الأنظار، وتكهن «هيرشل» أن هذا السطح يمكن حتى أن يكون مأهولًا. وقد صاغ عالم فلك آخر ألماني الجنسية يدعى «يوهان سكروتر» مصطلح «الكرة الضوئية» ليصف هذا السطح المتوهج الظاهري فالتصق به هذا الاسم.

1900 - 1908م

اكتشف «هيل» الطبيعة المغناطيسية للبقع الشمسية، ومن ثم استخدمها في شرح أصل دورة البقع الشمسية.

1946م

رصد علماء الفلك الغلاف الجوي الشمسي عند الأطوال الموجية للأشعة السينية، والأشعة فوق البنفسجية لأول مرة باستخدام أدوات تحملها الصواريخ.

1976م

اكتشف «جون إيه إيدي» انخفاضًا مستمرًا في أعداد البقع الشمسية تقريبًا في أواخر القرن السابع عشر، يعرف باسم «قيمة ماوندر الصغرى».

في السبعينيات من القرن التاسع عشر، فقدت نظرية الشمس الصلبة أخيرًا مصداقيتها على يد عالم الفلك الإنجليزي الهاوي «ريتشارد كارينجتون»، فمن خلال قياساته الدقيقة، أثبت أن البقع الشمسية عند الحدود المختلفة تدور بمعدلات مختلفة. وهذا الدوران التفاضلي، الأسرع عند خط الاستواء منه عند القطبين، أظهر أن الشمس، في الواقع، جسم مائع.

الدورة الشمسية

الاكتشاف الرئيسي أن البقع الشمسية تتغير في دورة منتظمة كان على يد عالم الفلك السويسري «هينيريش سكهوب» عام 1843 باستخدام 17 عامًا من سجلات محفوظة بدقة. كانت البقع الفردية تظهر وتموت في غضون أيام، لكن «سكهوب» تعرف على

الدورات في النجوم الأخرى

بصفة عامة، الدورات المغناطيسية للنجوم البعيدة تحدث تغييرًا طفيفًا للضوء الكلي الخارج منها لدرجة أنه لا يكتشف من كوكب الأرض، إلا أن هناك استثناءات. النجوم المضيئة هي نجوم قزمة حمراء صغيرة وخافتة لكنها مع ذلك تستطيع إطلاق توهجات، أكثر قوة من أي توهج مرئي من الشمس (انظر صفحة 138). يمكن أيضًا استخدام أساليب مختلفة لقياس حجم البقع الشمسية الكبيرة وكثافتها (أكبر مئات المرات من تلك الموجودة على سطح الشمس). وأبسط هذه الأساليب أسلوب يطلق عليه تصوير دوبلر، ويتضمن قياس التغيرات الطفيفة في الضوء الناتج من النجم ولونه أثناء دورانه. وتكشف نُهُج مماثلة في النجوم الثنائية الكسوفية أو النجوم ذات الكواكب الخارجية العابرة (انظر صفحتي 145 و151) اختلافات في سطح النجم عندما تُحجب أجزاء مختلفة عن الرؤية.

والأساليب الأكثر تعقيدًا تشمل إما «تأثير زيمان»، وهو تعديل في خطوط الامتصاص في طيف النجم (انظر صفحة 94) تحدثه المجالات المغناطيسية الشديدة، أو «نسبة خط العمق»، وهو اختلاف في شدة الخطوط وهي تكشف عن اختلافات درجات الحرارة على سطح النجم. وقد كشف الرصد عن كثب للنجوم ذات البقع الكبيرة عن دورات نجمية مماثلة لشمسنا، لكن بعضها أيضًا مختلف تمامًا. على سبيل المثال، فئة RS Canum Venaticorum من النجوم المتغيرة التي لها دورة ينقلب فيها نشاطها من نصف الكرة إلى النصف الآخر ثم يتكرر ذلك.

دورة في الأعداد الكليـــة التي ازدادت وتضاءلت على مدى نحو عشر ســـنوات. واليوم، من المتفق عليه بشـــكل عام أن متوسط الدورة الشمســـية حوالي 11 سنة. وفي عام 1858، أظهر «كارينجتون» أيضًا أن البقع الشمسية كانت تظهر قريبة من خط الاستواء كلما تقدمت الدورة. وجلبت الســـنة التالية أول إشـــارة إلى أن الأحداث التي تحدث في الشمس يمكن أن يكون لها تأثـــير كبير على كوكب الأرض، وذلك عندما رصد «كارينجتون»، وآخرون تطور بقعة لامعة في الكرة الضوئية. وفي غضون أيام اضطرب المجال المغناطيسي لكوكب الأرض بفعل عاصفة جيومغناطيسية شاسعة أثرت على كل شيء من الشفق الشمالي وحتى نظام التلغراف. كان هذا أقدم وهج شمسي يتم تسجيله ـ اندلاع عنيف لمادة فائقة السخونة فوق الكرة الضوئية مباشرة ـ وقد أظهرت الدراسات اللاحقة أن مثل هذه الأحداث ترتبط بدورة البقع الشمسية نفسها. وأنها تنبع من المناطق نفسها في الشمس (انظر المربع في الصفحة السابقة).

تفسير مغناطيسي

في عام 1908، اكتشـــف عالم الفلك الأمريكي «جورج إليري هيل» أن البقع الشمسية هـــي مناطق مجالات مغناطيســـية شـــديدة، وهذا الاكتشـــاف جنبًا إلى جنب مع اكتشـــاف «كارينجتون» للدوران التفاضلي، ثبت أنه مفتاح تفسير الدورة الشمسية. باطن الشمس المائع غـــير قادر على توليد مجال مغناطيسي دائم، لكن بـــدلًا من ذلك تنتج طبقة داخلية من أيونات هيدروجين دوامية مشـــحونة كهربيًّا مجالًا مؤقتًا. في بداية الدورة، يعمل المجال بسلاسة بين القطبين الشمالي والجنوبي تحت سطح الشمس لكن كل دوران للشمس يتسبب في جعله ينتهي حول خط استواء الشمس. عندما تصبح خطوط المجال متشابكة، تبدأ الحلقات المغناطيسية في الاندفاع خارج الكرة الضوئية، مما يؤدي إلى إنشاء مناطق لها كثافة أكثر انخفاضًا فيها تُقمع آلية الانتقـــال الحراري عن طريق الحمل (انظر صفحـــة 110). ونتيجة لذلك، تكون درجة

الحـــرارة عند كل طرف من هذه الحلقـــات الإكليلية أقل، ويظهر الغـــاز المرئي أكثر قتامة من المناطق المحيطة به فيكون بقعة شمسية. في البداية، تندفع الحلقات المغناطيسية إلى خارج الشمس في مناطق مرتفعة نســـبيًا، لكن عندما تستمر الدورة ويتزايد تشابك المجال، يزيد عدد الحلقات، وتُســـحب تدريجيًا نحو خط الاســـتواء بالتزامن مع فترة ذروة النشـــاط الشـــمسي. عدد قمم التوهجات الشمســـية تقريبًا في هذا الوقت، والتي اندلعت عندما لف المجال في حلقات قصيرة أقرب إلى ســـطح الشـــمس مما أدى إلى إطلاق كمية ضخمة من الطاقة المغناطيســـية التي تقوم بتســـخين الغاز المحيط إلى درجات حرارة هائلة وتوزعه في أنحاء النظام الشمسي لا تزال تحمل مجموعة متشـــابكة من المجال المغناطيسي داخلهـــا. لكن في نهاية المطـــاف، عندما تقترب البقع الشمسية إلى خط الاســـتواء فإن الأقطاب المتعاكسة للمجالات المتشابكة تلغي بعضها البعض، ويتضـــاءل عدد الحلقات إلى أن يختفي المجال المغناطيسي الشـــمسي كله بالفعل في النهاية بعد ما يقرب من 11 ســـنة، ويمثل هذا نهاية دورة بقعة شمســـية مرئية، لكن هذا فقط منتصف طريق الدورة المغناطيســـية الكلية للشـــمس، فسرعان ما يتكون مجال جديد سلس تحت السطح، لكن هذه المرة تنعكس قطبيته وتتكرر القصة مجددًا ولا تعود الشـــمس إلى حالتها المغناطيسية الأصلية إلا بعد 22 سنة.

في بداية الدورة الشمسية (1) يتحرك مجال مغناطيسي ضعيف تحت سطح الشمس من قطب إلى آخر. عندما تتقدم الدورة، يبدأ الدوران التفاضلي للشمس في سحب المجال المغناطيسي حول خط الاستواء (2) بتقدم الدورة يصبح المجال أكثر تشابكًا (3) وتؤدي الحلقات المغناطيسية إلى ظهور البقع الشمسية، والتوهجات الشمسية.

الفكرة الرئيسة

يمكن للمغناطيسية المتغيرة للشمس أن تُحدث تأثيرات مذهلة