



## الشمس كمصدر للطاقة

تأليف: د. أرييه ملמד كاتس

يشتمل نظامنا الشمسي على نجم واحد وهو الشمس، إضافةً إلى عدد كبير من الأجسام الأصغر منها: الكواكب، الكواكب القزمة، الأقمار، الكويكبات، المذنبات، وأجسام صغيرة كثيرة غيرها. إنَّ قطر الشمس أكبر 100 مرة تقريباً من قطر الكرة الأرضية، وكتلتها تعادل حوالي 99.85% من كتلة النظام الشمسي كُله.

نظراً لأن الشمس عبارة عن نجم، فهي تُعدّ مصدرَ الطاقة الرئيسي في المجموعة الشمسية: يتمّ انبعاث معظم الكمية من الطاقة على شكل أشعة كهرومغناطيسية، وقسمٌ من هذه الأشعة معروف لنا كضوءٍ مرئيّ. إنّ جزءاً من ضوء الشمس الذي يصطدم بأجسام أخرى من النظام الشمسي، يرتدّ (ينعكس) عنها، بمعنى أنّ باقي الأجسام (باستثناء الشمس) ومن ضمنها الكواكب، تعمل كأنّها مرايا تعكس ضوء الشمس إلى الفضاء. إنّ جزءاً من ضوء الشمس المصطدم بأجسام من نظامنا الشمسيّ، يقوم بتسخين أسطحها وأغلفتها الجوية.

### طبقات الشمس

باستثناء لحظات الغروب والشروق، يُمنع أن تنظروا مباشرةً إلى الشمس في حال لم تتوفر لديكم وسائل حماية (لا يكفي استعمال نظارات شمسية)، هذا لأنّ الإشعاع الحادّ يمكنه أن يسبّب العمى للإنسان خلال ثوانٍ معدودة. يستخدم العلماء عند بحثهم الشمس، تلسكوباتٍ عليها توضع مرشحات (فلتر) مُعدّة خصيصاً لهذا الغرض، ويستعينون بمركبات فضائية بحثية مزوّدة بالعديد من أجهزة الرصد والمراقبة. يمكن – بالاستعانة بهذه الأجهزة – مراقبة الطبقات الخارجية للشمس، وعند إجراء تحليلٍ علميٍّ يكون بوسعنا عننّدق فهم ما يحدث داخل الشمس أسفل طبقاتها المرئية. يعرض لنا الرسم التوضيحي 1 طبقات الشمس وبعضاً من الظواهر اللافتة التي يمكننا ملاحظتها على سطح الشمس.



درجة الحرارة في القسم الداخلي من المنطقة الإشعاعية، إلى نحو 7 مليون كلفن، وتنخفض إلى 2 مليون كلفن في القسم الخارجي.

**خط السرعة (tachocline):** الحد الفاصل بين المنطقة الإشعاعية وأقسام الشمس الواقعة فوقها. تحت خط السرعة تدور الطبقات مع بعضها ككتلة واحدة وبسرعة واحدة، وتكمل دورة كل 27 يوم تقريبًا. فوق خط السرعة تتغير السرعة بحسب الموقع عند خط الاستواء؛ تدور منطقة خط الاستواء بسرعة أكبر وتُكمل دورة كل 25 يوم، بينما مناطق القطبين تدور بسرعة أبطأ وتكمل دورة واحدة خلال أكثر من 30 يوم. يفترض الباحثون (أو هكذا يقدرون) أنّ خط السرعة يُعتبر عاملاً لتشكّل الحقول المغناطيسية في الطبقات العليا من الشمس.

**منطقة الحمل الحراري (convection zone):** وهي المنطقة التي تُحيط بالمنطقة الإشعاعية، وعبرها تنتقل الطاقة من خلال منظومة لنقل الحرارة. تتحرك البلازما التي تشكل المنطقة الإشعاعية، فتنتقل من حدود المنطقة الساخنة جدا (مع المنطقة الإشعاعية) إلى طبقة الغلاف الضوئي حيث تصل درجات الحرارة فيه إلى بضع درجات كلفن فقط. إنّ البلازما التي تبرد خلال هذه العملية، تعود وتهبط من حيث أتت، هذا لأنها تصبح أكثر كثافة. نُذكرنا هذه العملية بصعود المياه الساخنة الموجودة أسفل قِدرٍ حساءٍ يسخن وينضج، وثمّ هبوطها بعد أن وصلت إلى الطرف العلويّ.

**الغلاف الضوئي (photosphere):** الطبقة الظاهرة والمرئية من الشمس، التي منها تنبعث معظم طاقة الشمس نحو الفضاء وعلى هيئة ضوء. من المعلوم أنّ الأجسام تقوم بإطلاق طيف (مجال مُتّصل) من الضوء بحسب درجات حرارتها، وتُسمى هذه الظاهرة: إشعاع الجسم الأسود. يُدعى الجرم (الجسم) جسماً أسوداً، في حال كان يبتلع كافة أنواع الأشعة الكهرومغناطيسية ولا يرُدّ/يعكس الإشعاعات المصدّمة به. يمكننا أن نعرف وبِدقّة، وفق الألوان المنبعثة من الطيف الضوئي، ما هي درجة حرارتها. يعمل فوتوسفير الشمس على إطلاق تشكيلة من الألوان – ألوان قوس قزح – التي عند الدمج فيما بينها ينتج ضوء أبيض. إنّ الأشعة الضوئية العينية هذه، تتلاءم مع جسم درجة حرارته تساوي 5,777 كلفن (حوالي 5,500 درجة مئوية).

يمكننا، وبطريقة مشابهة، أن نقيس درجة حرارة الأغلفة الضوئية لنجوم بعيدة: إنّ الحِدّة النسبية لسطوع الألوان في الطيف الضوئي لنجم ما، تُشير إلى مقدار درجة الحرارة، بحيث كلما كانت الألوان البرتقالية الحمراء أكثر حِدّةً هكذا تكون درجة الحرارة أكثر انخفاضاً، وكلما مالت الألوان أكثر نحو الأزرق البنفسجي تكون درجة الحرارة أعلى. ومن هنا فإنّ درجة حرارة الغلاف الضوئي للعمالقة الحمراء أو للأقزام الحمراء – ورغم التفاوت الرهيب في درجات الحرارة – تكون متشابهة بين الاثنين وتبلّغ بالتقريب 4,000 كلفن. بينما في العمالقة الزرقاء تصل درجة حرارة الغلاف الضوئي إلى 10,000 كلفن فصاعداً.

**الغلاف اللوني (chromosphere):** منطقة ذات كثافة منخفضة للمادة، تقع فوق الغلاف الضوئي. يسمح الكروموسفير بتسرّب الضوء، ومن خلاله يمكننا رؤية الغلاف الضوئي. يمكن - عبر استخدام فلاتر مُعدّة خصيصاً للغرض وتمكّن مرور ضوءٍ ينبعث بواسطة مواد معيّنة – مراقبة الغلاف اللوني بنفسه، وأن نتعلّم من خلال هذه الطريقة عن العمليات الجارية على سطح الشمس، والتي يعود منشؤها إلى عمليات داخلية تحدث في الشمس.

**منطقة الانتقال الشمسي (transition region):** منطقة دقيقة (رفيعة) نسبياً، تفصل بين الغلاف اللوني (الذي تصل درجة الحرارة فيه إلى آلاف درجات كلفن) وهالة الشمس حيث ترتفع درجة الحرارة فيها إلى مليون كلفن وما فوق.

**هالة الشمس (corona):** منطقة حارة ذات كثافة مادة منخفضة جداً، وحجمها كبير، وتشكّل الطبقة الخارجية للشمس. إنّ مصدر الرياح الشمسية (جسيمات مشحونة منبعثة من الشمس) هو هالة الشمس. خلافاً للأشعة الكهرومغناطيسية المنبعثة

בشكل ثابت ومتجانس من الغلاف الضوئي، فإن الرياح الشمسية تزداد قوتها وانتشارها وقت حدوث نشاط مغناطيسي أشد قوة في الشمس. يمكن للرياح الشمسية أن تكون خطيرة على صحة رواد الفضاء وأن تشوش عمل الأقمار الصناعية والمركبات الفضائية، ولكننا وعلى كوكب الأرض نكون محميين منها بواسطة الحقل المغناطيسي للكرة الأرضية وبواسطة الغلاف الجوي. من ناحية أخرى، الرياح الشمسية هي المسؤولة عن ظاهرة الشفق القطبي الخلاب.

## ظواهر على سطح الشمس

إن أكثر خاصية تميز بنية الغلاف الضوئي، وكذلك الغلاف اللوني الموجود فوقه، هي ظاهرة 'تحيب الشمس' على سطح الشمس (**granulation**) – غلاف متغير على شكل خلايا (أحد أنماط خلايا الحمل الحراري). هذه الخلايا هي من تكون الطرف العلوي لتيارات الحمل الحراري من منطقة الحمل الحراري. تكون مراكز هذه الخلايا أكثر سطوعاً وإشراقاً، ووجودها يدل على مناطق من البلازما الساخنة التي صعدت إلى فوق، في حين جوانب الخلايا تكون غامقة أكثر وتدل على بلازما كانت بردت فتباشر هبوطها إلى الأسفل. يبلغ طول كل خلية ما يقارب 1,000 كم، وهي تختفي من مكانها خلال 20 دقيقة تقريباً وتفسح المجال لظهور خلايا جديدة قيد الإنشاء.

خلال المدة الزمنية التي يحدث فيها نشاط مغناطيسي أقوى من المعتاد في الشمس، تظهر لنا بنية إضافية مثيرة للاهتمام، أبرزها هي المناطق الداكنة في الغلاف الضوئي والمُسَمَّاة **البقع الشمسية (sunspots)**. هذه البقع، والتي تظهر في مناطق نشطة (**active regions**) من القوى المغناطيسية العالية، تكون أبرد من محيطها وبالتالي ستقوم بإطلاق كمية أقل من الضوء وستبدو لنا داكنة. إن أحجام البقع الشمسية ليست متساوية فيما بينها وكذلك أعمارها: منذ لحظة تشكلها سوف تتلاشى خلال أيام معدودة وربما إلى أشهر.

يُعطينا عدد/كمية البقع الشمسية في زمن معطى، مقياساً جيداً لمدى النشاط المغناطيسي الشمسي. ونظراً لتباين أعدادها خلال فترة من السنوات، تم اكتشاف دورية (نظام دوري) في النشاط المغناطيسي للشمس: يستغرق زمن الدورة لهذا النشاط حوالي 11 سنة. عند بداية حدوث دورة شمسية لن توجد هناك أي بقعة شمسية تقريباً، وفي سنواتها الأولى تظهر بشكل خاص في خطوط العرض العالية بعيداً عن خط-استواء الشمس، ومع ازدياد النشاط المغناطيسي للشمس سوف تظهر المزيد والمزيد من البقع حول خط الاستواء. عندما تبلغ الدورة ذروتها، ينقلب المجال (الحقل) المغناطيسي للشمس فتبدأ أعداد البقع الشمسية بالانخفاض، إلى أن يباشر عددها بالارتفاع مجدداً في الدورة التالية.

تقوم الشمس بتحرير طاقة على شكل إشعاعات كهرومغناطيسية، بوتيرة ثابتة، قادمة من الغلاف الضوئي، ولكن حالما يطرأ نشاط مغناطيسي شديد ستتشكل عندئذ ظواهر أخرى (خاصة في المناطق النشطة) في جوار وفي منطقة البقع الشمسية. إن الأشكال المدعومة Prominences تظهر بشكل بارز في هالة الشمس. إنها تبدو لنا مثل حلقات أو لولب من الغاز والبلازما تسير انطلاقاً من الغلاف الضوئي وإلى الهالة، ومن هناك تعود إلى الغلاف الضوئي. السبب وراء لونها الأحمر (الرسم التوضيحي 2) هو انبعاث الضوء من ذرات الهيدروجين.



הרסם התושיכי 2: השמש אثناء כסוף כלי לשמש עאם 1999. יכגב القمر גمیع أقسام השמש ما عدا هالتها ذات اللون الأبيض. یمكننا أيضًا أن نلاحظ وجود نتوءات حمراء تُدعى prominences.

المصوّر: [Luc Viatour](#)

إنّ أكثر الظواهر المُبهرة والتي تحدث داخل هالة الشمس، خاصّةً في أوج الدورة الشمسية، هي انفجارات شمسية تستغرق دقائق معدودة. بوسعنا تصنيفها إلى نوعين، ويحدث أحيانًا أن يظهرها سوياً: flares و coronal mass ejections (CME). تمتاز ظاهرة الـ flares بانبعاثٍ محليّ وقويّ لإشعاعٍ كهرومغناطيسيّ ضمن مجالٍ واسعٍ من الأطوال الموجية، بما يشمل أشعة رنتجن. تصل هذه الأشعة إلى الأرض بسرعة الضوء خلال 8 دقائق تقريبًا، ولكنّ مكوّناتها الخطرة (المدعّوة إشعاعات مؤيّنة) يتمّ امتصاصها في الغلاف الجوي ولا تصل إلى السطح. تمتاز ظاهرة الـ CME بانبعاثٍ محليّ وقويّ لجسيمات معيّنة أي الرّياح الشمسية. تصل هذه الجسيمات إلى الكرة الأرضية خلال يوم واحد وإلى ثلاثة أيام، ولكن لحسن حظنا الكبير فهي لا تتمكّن من بلوغ السطح، ويعود الفضلُ في ذلك إلى الغلاف الجوّيّ وإلى الحقل المغناطيسيّ للكرة الأرضية.