الشمس

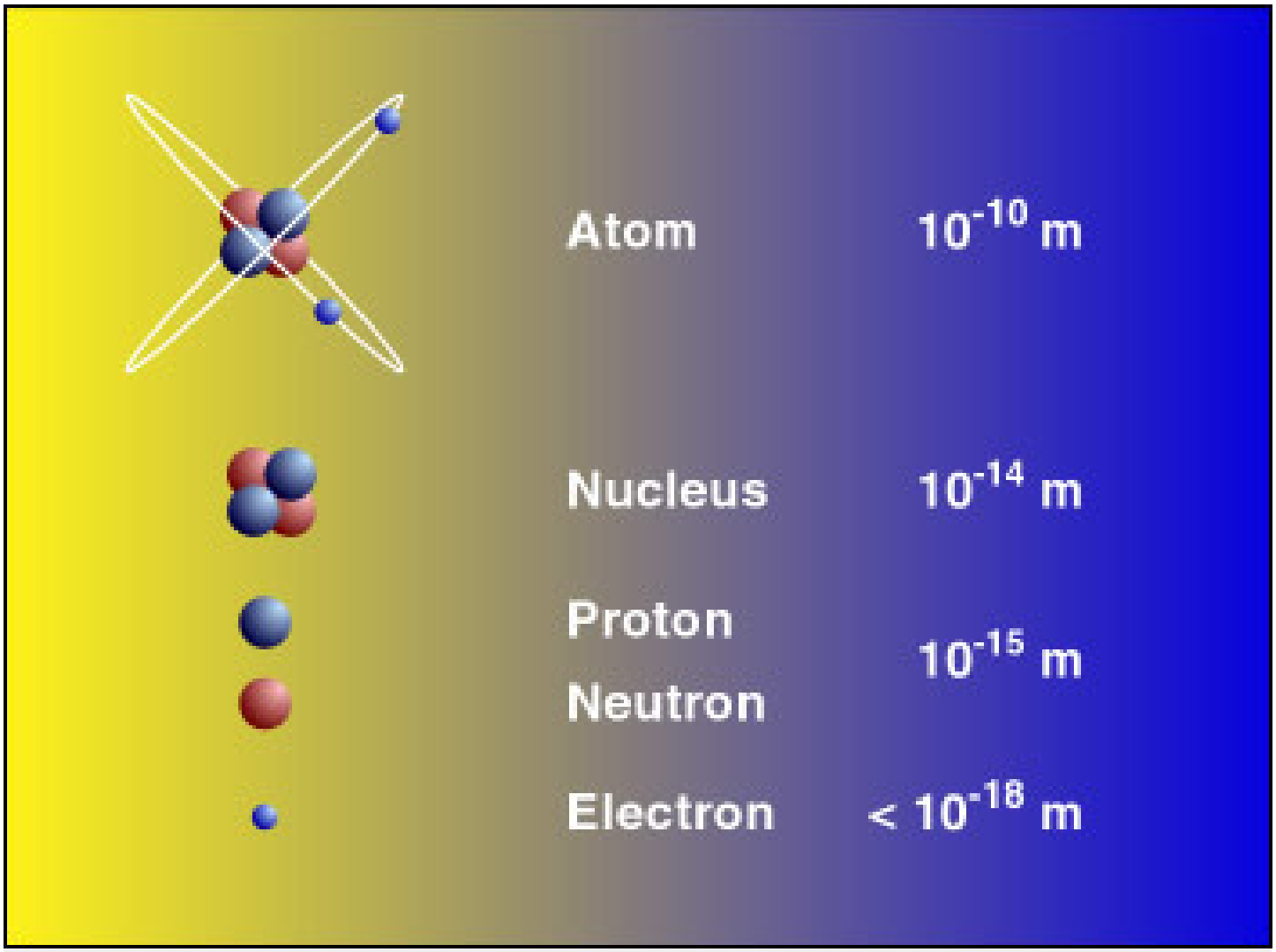
هذا المقال هو جزء من سلسلة طبيعة الكون، يمكنكم الاطلاع على أجزائها الأخرى لاستكمال الفهم عبر الروابط التالية: الكرة السماوية وخرائط النجوم، حركة الأجرام السماوية، تاريخ موجز للفلك، النظام الشمسي والأرض، التلسكوبات والأمواج الكهرومغناطيسية، القمر والكسوف والخسوف، الكواكب الشبيهة بالأرض.

تقع الشمس في مركز نظامنا الشمسي، وهي مصدر الطاقة لكل أشكال الحياة على الأرض تقريبًا. قامت معظم الحضارات القديمة بعبادتها بشكلٍ أو بآخر. كما أنها النجم الأقرب والوحيد الذي بإمكاننا دراسته بالتفصيل. وفي حين أن شمسنا خاصّةٌ ومهمّةٌ للغاية بالنسبة لنا، فهي في الحقيقة مجرد نجمٍ عاديٍّ في الكون.

الذرّات

قبل البدء بدراسة الشمس، سندرس القليل عن الذرّات لأنها أساسيّةٌ في فهم إنتاج الطاقة وتطوّر جميع النجوم. إن الحجم النمطي (القياسي) للذرّة هو 10^{-10} متر، وهنالك إلكتروناتٌ تدور حول نواة الذرّة. وتتركّز معظم كتلة الذرّة تقريبًا في نواتها ذات الحجم النمطي 10^{-14} متر (وحتى هذه النقطة فإن الذرّة تشبه النظام الشمسي).

تتألّف نوى الذرّات من البروتونات والنيوترونات، ويحدد عدد البروتونات (التي هي جسيماتٌ ذات شحنةٍ موجبةٍ) الخصائص الكيميائية للذرّة، ومثال ذلك إمكانية ارتباطها بذرّاتٍ أخرى لتشكّل جزيئاتٍ، أما النيوترون الحيادي فلا يلعب دورًا فعّالًا في التفاعلات الكيميائية. وتمتلك البروتونات والنيوترونات الكتلة نفسها تقريبًا.



مكونات الذرة

إن ذرّة الهيدروجين التي تمتلك بروتونًا واحدًا في نواتها هي أبسط الذرّات، ولها الرمز H^1. كما توجد عناصرُ نوويةٌ أخرى مهمةٌ في علم الفلك هي: H^2 الذي يمتلك بروتونًا واحدًا ونيوترونًا واحدًا، حيث إن الرقم 2 هو مجموع أعداد البروتونات والنيوترونات؛ وهيليوم-3 (**helium-3**) الذي يرمز له بالرمز He^3 والذي يمتلك بروتونَين ونيوترونًا واحدًا؛ وهيليوم-4 (**helium-4**) الذي يرمز له بالرمز He^4 والذي له نيوترونان وبروتونان.

يؤلّف الهيدروجين قرابة 70% من كتلة الشمس، أما الباقي فمعظمه هيليوم-4. وكما سنرى فإن الهيدروجين هو وقود التفاعلات النووية في نواة الشمس، والهيليوم هو الناتج. ولكن انتبه إلى أن الشمس ليست مصدرًا لمعظم الهيليوم، فقد كان متواجدًا هنالك بالفعل عند تشكّل الشمس.

البنية الخارجيّة لشمسنا

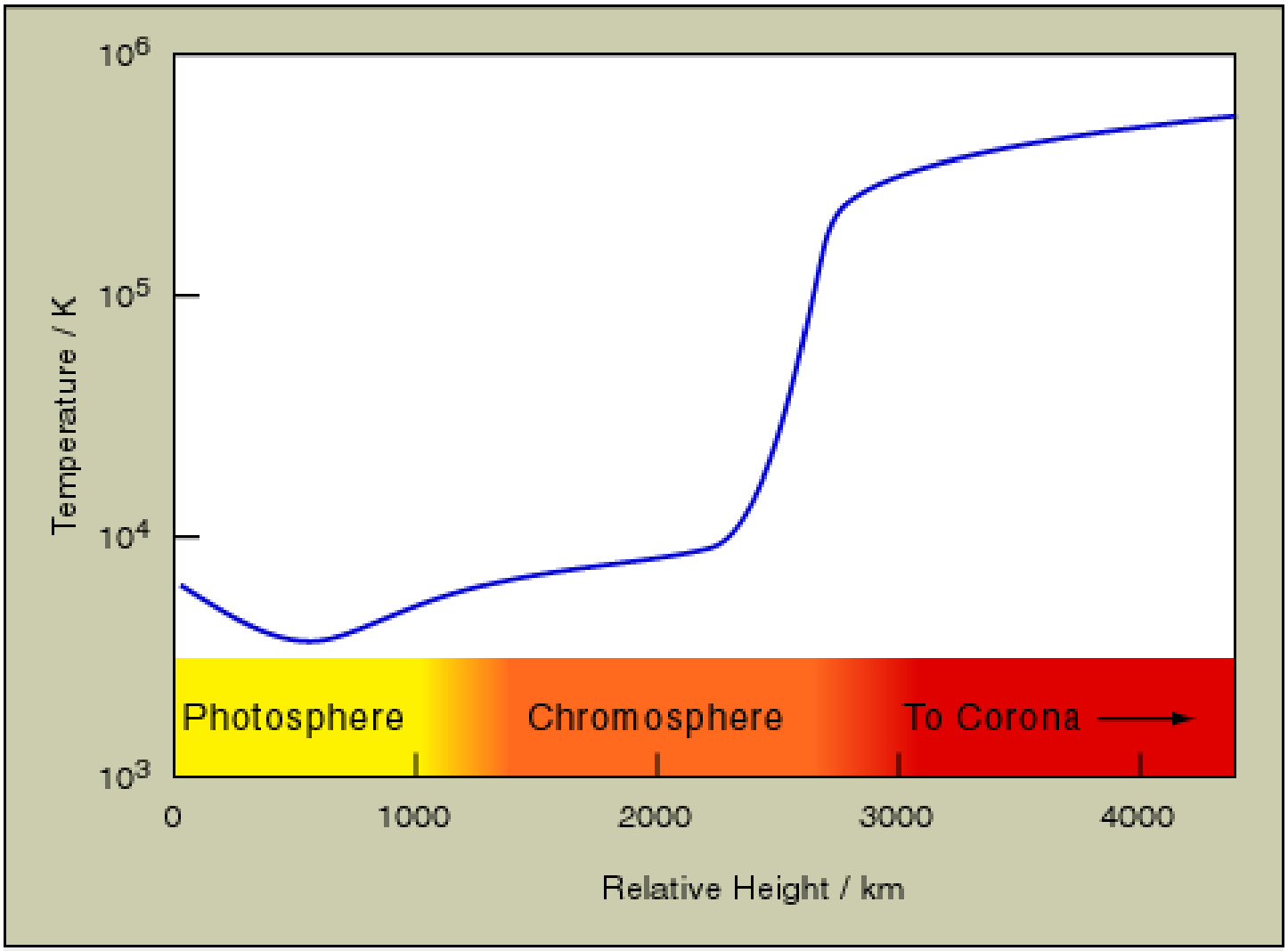
إن شمسنا عبارةٌ عن سحابةٍ ضخمةٍ جدًا من الغاز، وتتكوّن بشكلٍ أساسيٍ من الهيدروجين، كما أنها محصورةٌ بقوى الجاذبية، وارتفاع شدة كلٍّ من درجة الحرارة والضغط بما فيه الكفاية في المركز يسمح بحدوث التفاعلات النووية-الحرارية (**thermonuclear reactions**) التي تُنتج كميةً كبيرةً من الطاقة.

تُظهر هذه الصورةُ الشمسَ في الضوء المرئي مع عددٍ قليلٍ من البقع الشمسية. Courtesy NOAO/NSF

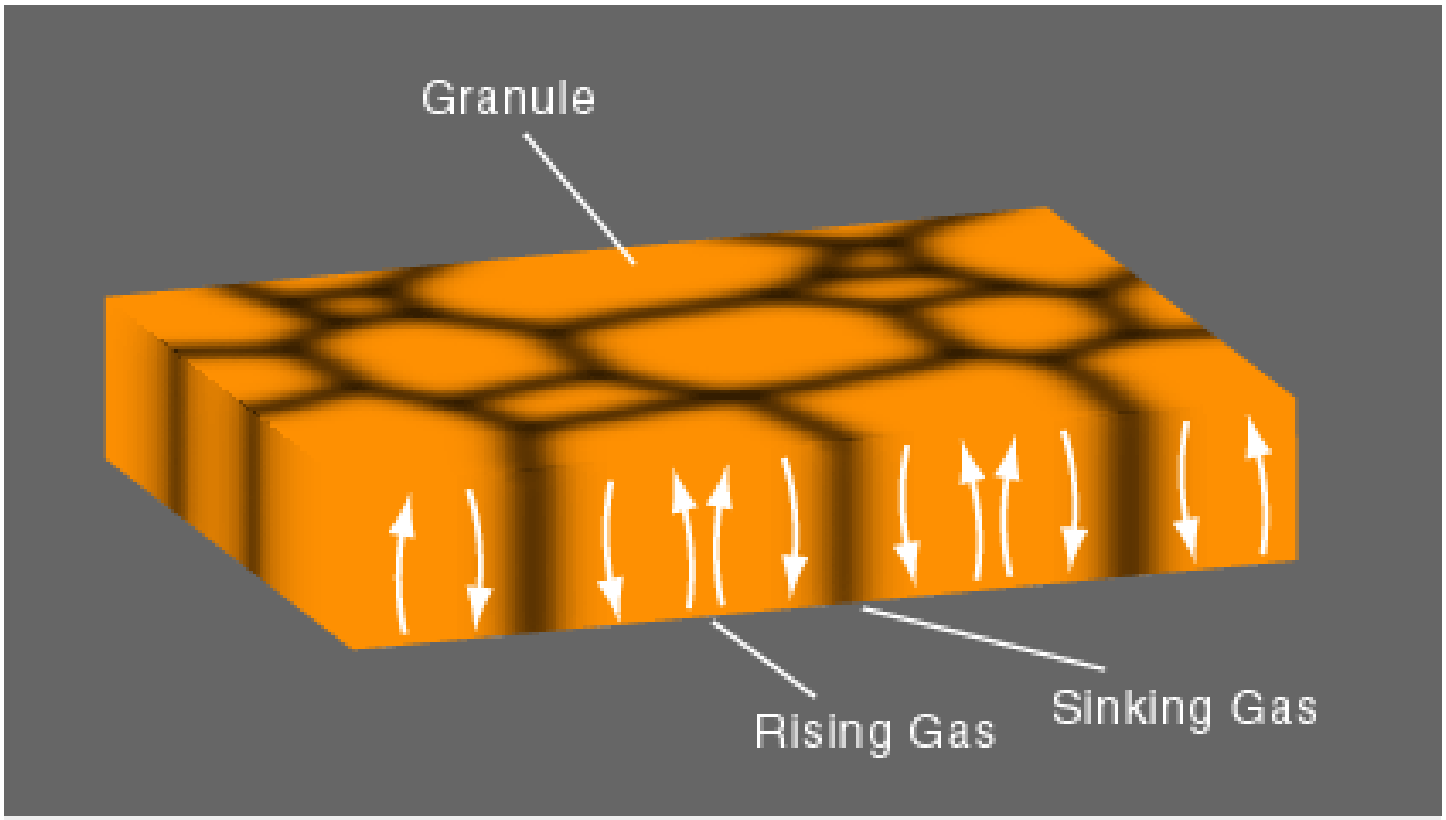
يبلغ طول نصف قطر الشمس 700 ألف كيلومترٍ تقريبًا، أي أكبر من نصف قطر الأرض بـ 110 مراتٍ تقريبًا؛ وتبلغ كتلتها حوالي $2*10^{30}$

كيلوغرام، أي أكبر من كتلة الأرض بـ $3.3*10^5$ مرة تقريبًا. عندما ننظر إلى الشمس، نرى الغلاف الضوئي (**photosphere**) والذي هو عبارةٌ عن طبقةٍ رقيقةٍ جدًا (يبلغ سمكه 500 كم) في "الغلاف الجوي" للشمس. وكثافة الغاز في الغلاف الضوئي مضبوطةٌ بشكلٍ مثاليٍ، فالغاز في أسفلها كثيفٌ لدرجة لا تسمح للضوء بالمرور مباشرةً من خلاله، وهو في أعلاها رقيقٌ بما يكفي للسماح لنا بالرؤية من خلاله. وهكذا فإن الغلاف الضوئي يُعَرِّف "سطح" الشمس الذي تبلغ درجة حرارته 6 آلاف كلفن.

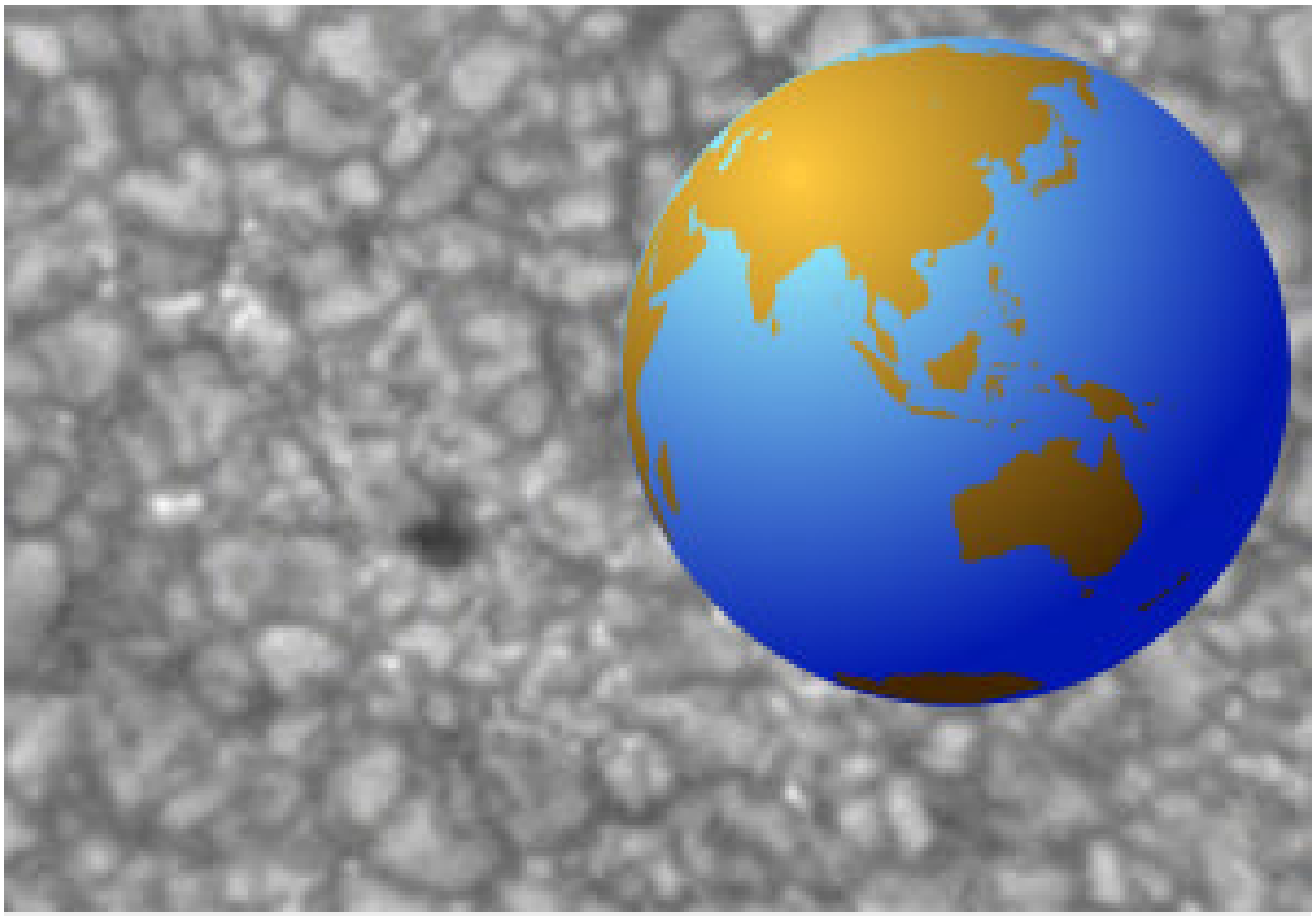
(الكلفن **Kelvin** ورمزه (**K**): وحدةٌ لقياس درجة الحرارة المطلقة، 1 كلفن يساوي درجةً مئويةً واحدةً، ولكن مقياس درجة الحرارة المطلقة يبدأ من 273، على سبيل المثال: 27 درجة مئوية تعادل 300 درجة كلفن، ولا يمكن لشيءٍ أن يكون أبرد من 0 كلفن).



يمتلك الغاز تحت الغلاف الضوئي درجة حرارةٍ أعلى سترتفع بدَورها إلى الغلاف الضوئي. وبعد أن يطلق الغاز طاقته يصبح أكثر برودةً وأكثر قتامةً، ليغرق مرةً أخرى. مما يؤدي إلى ظهور معالم تسمى التحبُّب Granulation. يظهر التحبُّب من خلال التلسكوب كمناطقَ مضيئةٍ محاطةٍ بحدودٍ مظلمةٍ. ولكلّ حُبيبةٍ عُشر حجم الأرض، وتستمر لمدة عشرين دقيقةً.



صورة: حُبيبة، غاز صاعد، غاز هابط



توجد فوق الغلاف الضوئي طبقةٌ أخرى من الغاز، تبلغ سماكتها 2000 كم تقريبًا وتدعى الكروموسفير أو الغلاف اللوني، درجة حرارتها عاليةٌ، قيمتها القياسية 5^10 كلفن. ولأنها باهتةٌ أكثر من طبقة الغلاف الضوئي (الفوتوسفير)، فيمكننا رؤيتها عادةً خلال الكسوف الكلّي للشمس فقط. والكروموسفير ليست غلافًا أملسًا، بل تتألّف من القمم الصغيرة التي تُسمّى سبيكوليس spicules. تظهر في الصورة التالية.

الإكليل الشمسي

الإكليل الشمسي

الإكليل أو ما يُعرف بالكورونا **corona** هي الطبقة الخارجية للشمس. وعلى غرار الكروموسفير، عادةً ما تكون مرئيةً فقط خلال كسوف الشمس الكلّي. وكثافتها منخفضةٌ جدًا، ويمكنها أن تصل إلى أكثر من 10 أضعاف نصف قطر الشمس. تبلغ درجة حرارتها حوالي 10^6 كلفن. ولا زلنا غير قادرين تمامًا على تفسير إمكانية كون درجة حرارة الغلاف اللوني (الكروموسفير) والإكليل أعلى من درجة حرارة الغلاف الضوئي (الفوتوسفير).

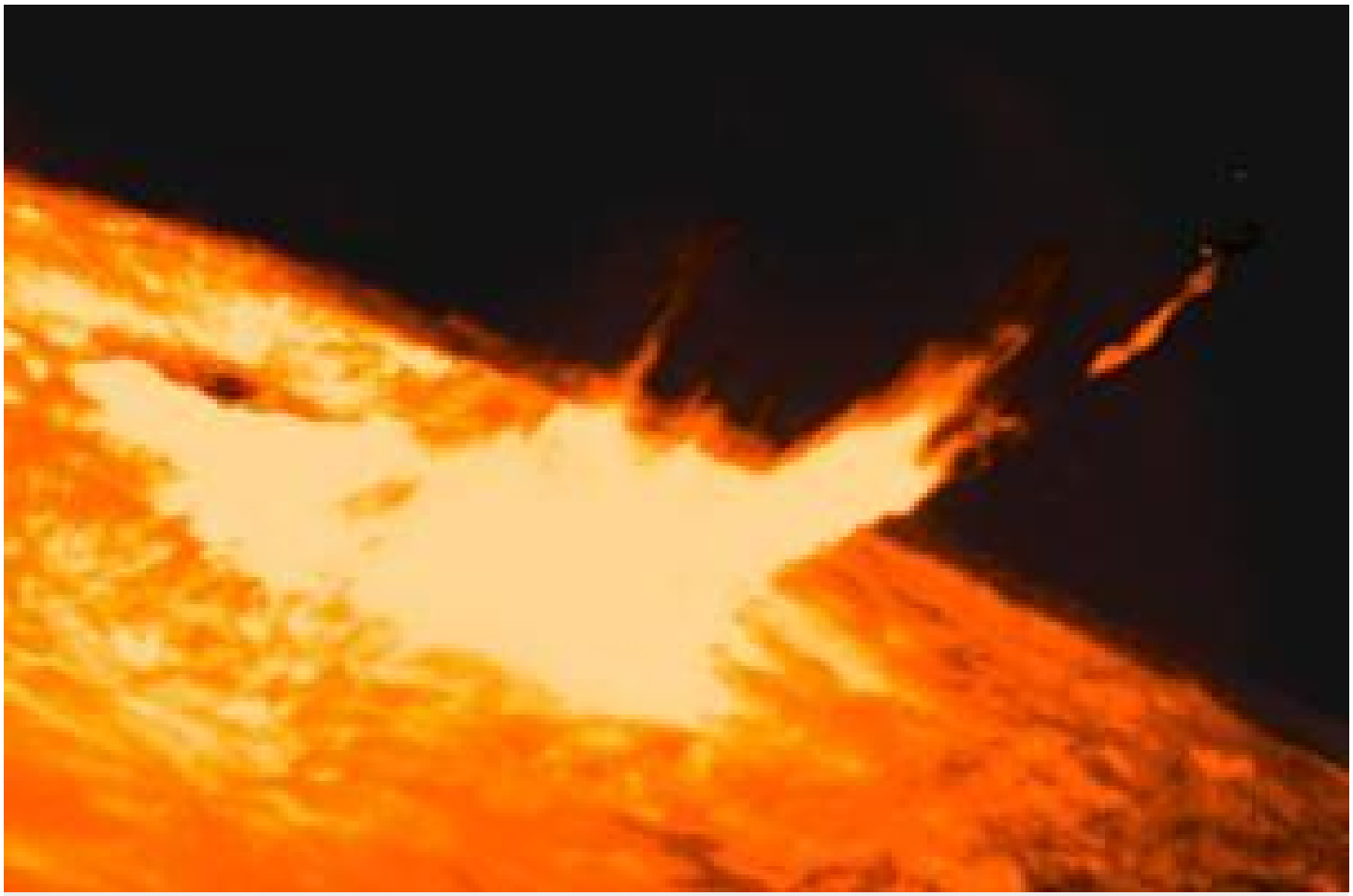
.Courtesy Hong Kong Space Museum, Photograph by Chee-kuen Yip

الإكليل هو أيضًا المنطقة التي تصدر الرياح الشمسية، وتتكوّن أساسًا من البروتونات والإلكترونات المحلّقة بعيدًا عن الشمس. وفي أوقات الرياح الشمسية القوية، قد نتمكن من رؤية الشفق القطبي على الأرض.

البقع الشمسية وأنشطةٌ شمسيةٌ أخرى

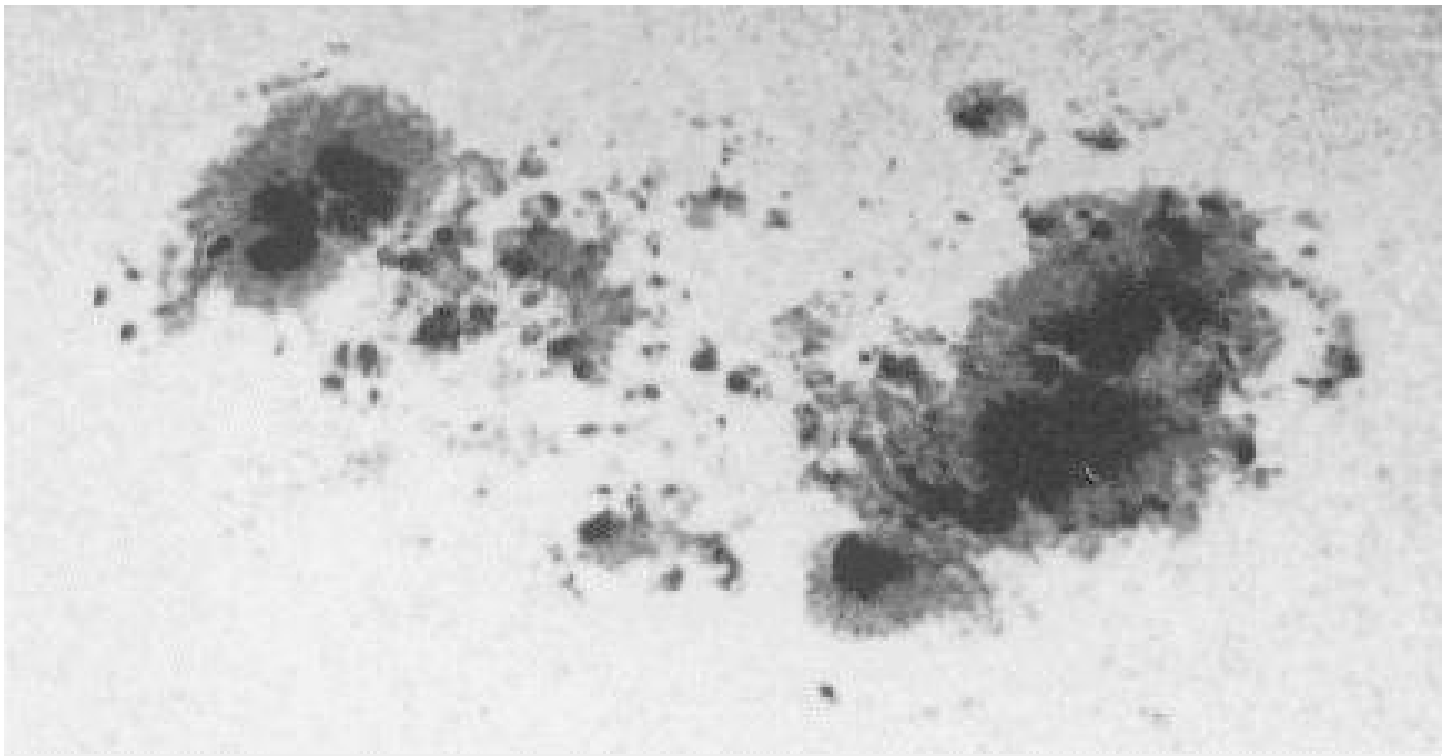
- الوهج الشمسي أو الشوّاط **Prominences**: هو كما يظهر في الصورة أدناه عبارةٌ عن انفجاراتٍ للغاز المحاصَر في المجالات المغناطيسية في الكروموسفير، والتي عادةً ما يكون حجمها حوالي بضعة أضعاف حجم الأرض.

- أما الانفجارات الشمسية **Solar flares**: فهي انفجاراتٌ أكثر عنفًا تؤدي إلى انبعاث الأشعة السينية القوية، والأشعة فوق البنفسجية، والضوء المرئي والرياح الشمسية. وإن كلًّا من الشوّاط والانفجارات الشمسية مرتبطان بشكلٍ واضحٍ بالمجال المغناطيسي للشمس والبقع الشمسية، ولكن آلياتها التفصيلية لا تزال قيد الدراسة.



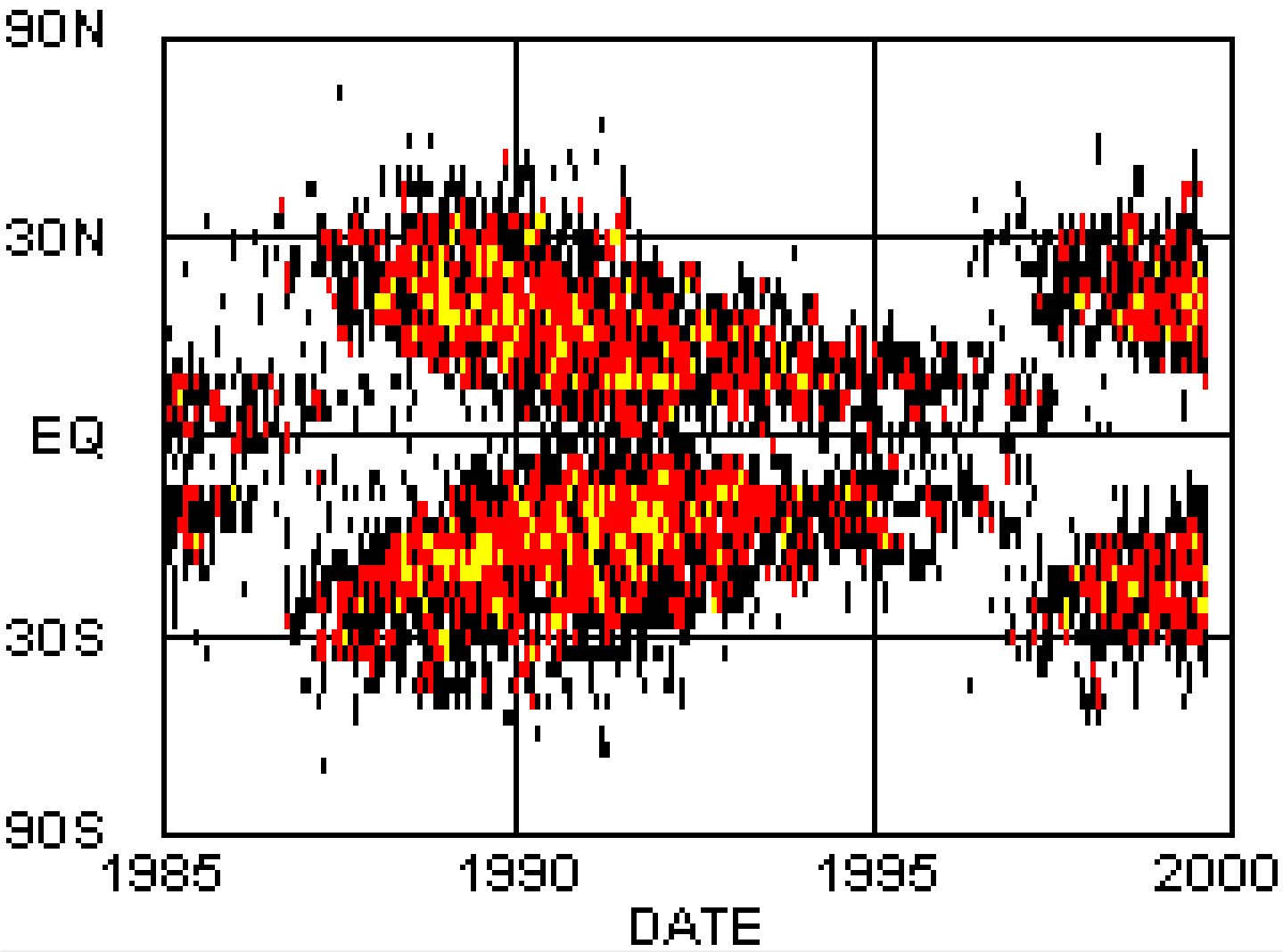
.NOAO/NSF

- البقع الشمسية **Sunspots**: هي مناطقُ صغيرةٌ مظلمةٌ على الشمس، درجة حرارتها 4000 كلفن فقط مقارنةً مع الـ 6000 كلفن في الأماكن الأخرى من الغلاف الضوئي. وبما أنها أبرد من باقي المناطق فهي تنتج ضوءًا أقل وتظهر كبقعٍ سوداء. وتكون أحجامها مماثلةً لحجم الأرض، وعادةً ما تظهر هذه البقع الشمسية في مجموعاتٍ.



حقوق الصورة Carnegie Institution of Washington

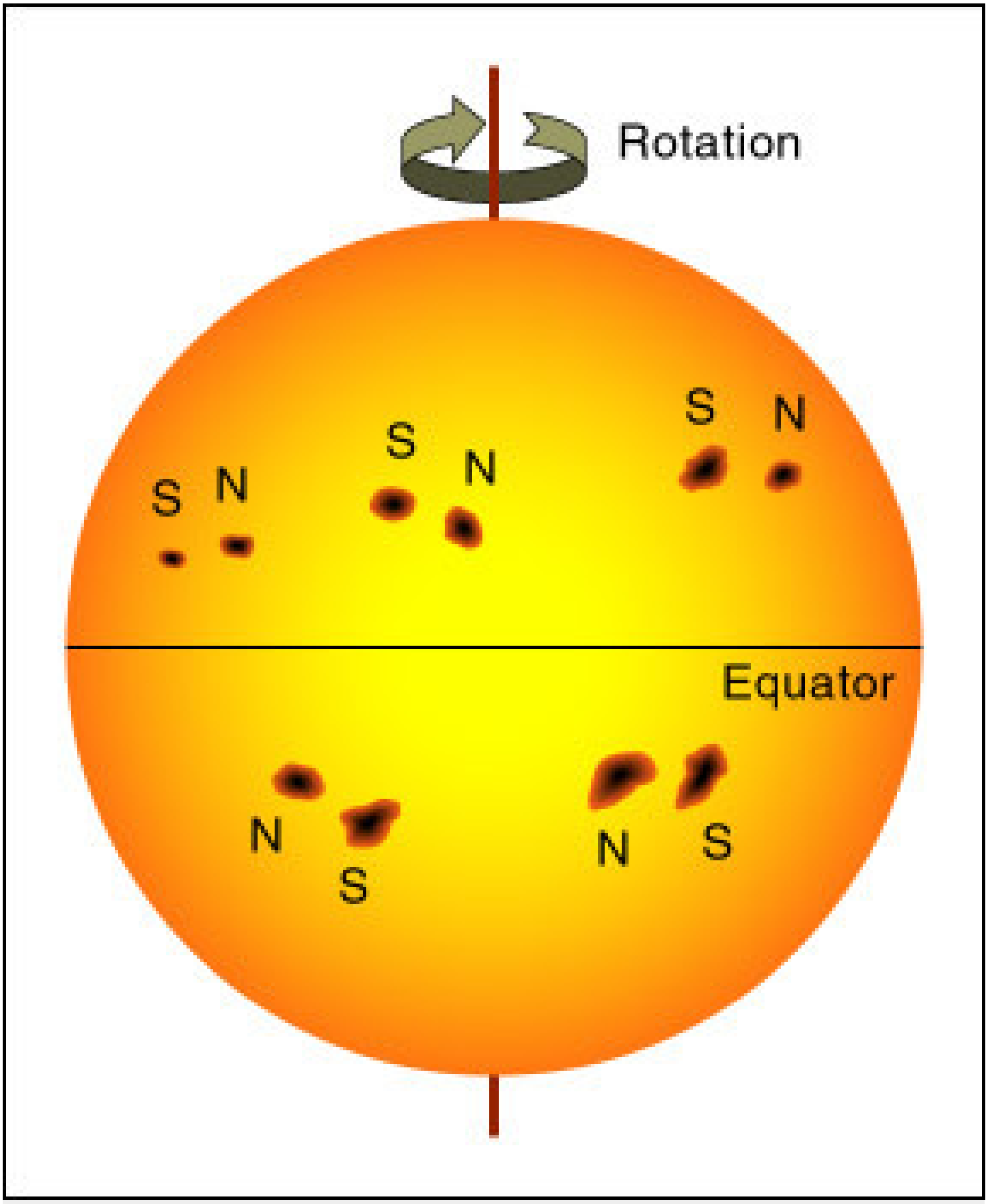
للبقع الشمسية عمرٌ محدودٌ، حيث إنها تتشكّل وتختفي في غضون بضعة أيامٍ وحتى ثلاثة أسابيعَ تقريبًا. وكميّة البقع الشمسية على الغلاف الضوئي دوريةٌ تتكرّر كل 11 عامًا تقريبًا. في بداية الفترة، ستظهر البقع الشمسية في خطوطِ عرضٍ علويةٍ (أي بعيدًا عن خط الاستواء للشمس)، ومن ثم سيزيد عدد البقع الشمسية وسوف تظهر في خطوط العرض السفلى. وإذا قمنا برسم مواقع البقع الشمسية بالنسبة للزمن سيظهر لنا مخطط "الفراشة" المشهور.



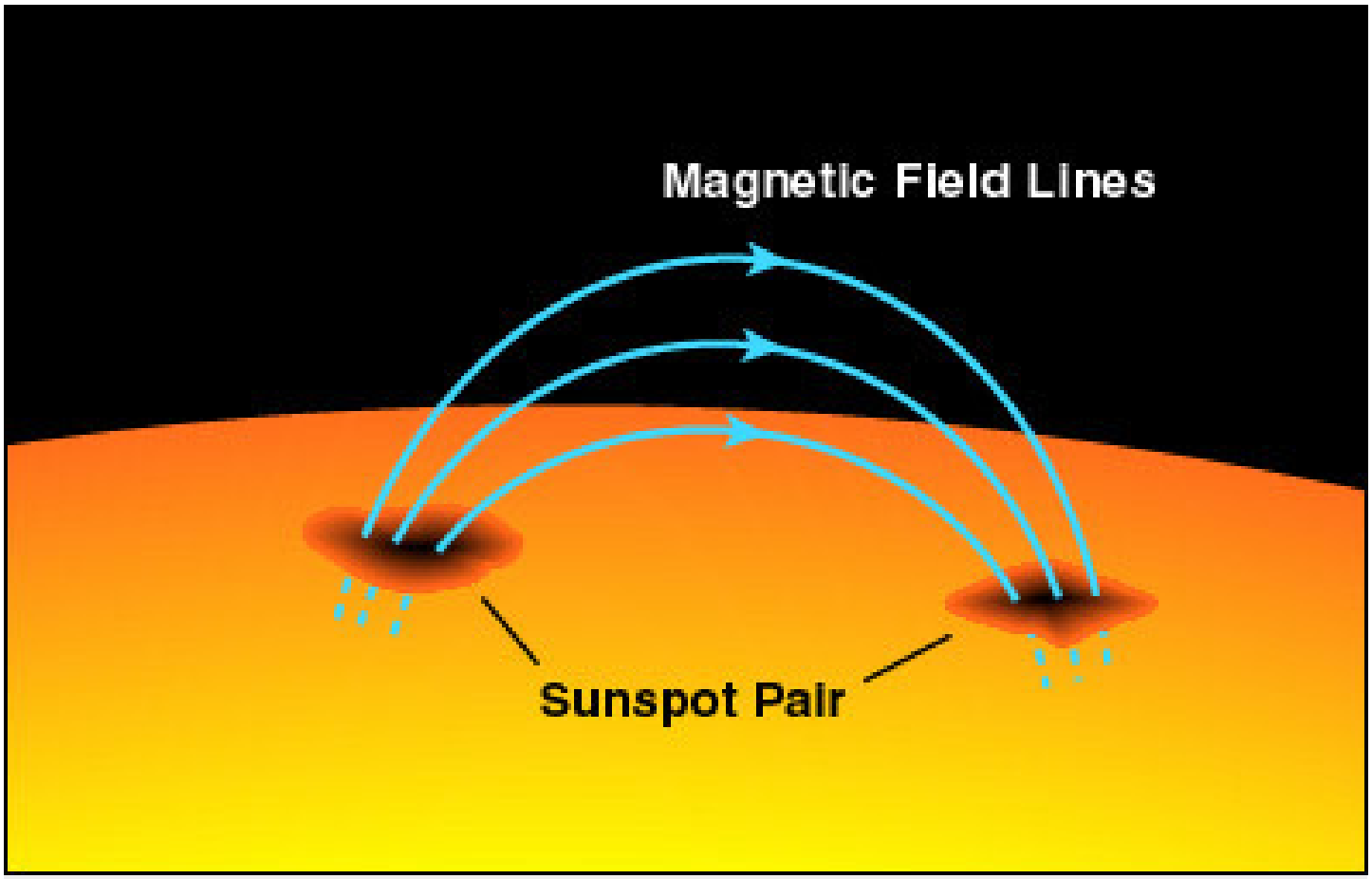
90 جنوبًا، 30 جنوبًا، خط الاستواء، 30 شمالًا، 90 شمالًا حقوق الصورة: NASA

نعلم من خلال التحليل الطيفي أن للبقع الشمسية مجالًا مغناطيسيًا أقوى من متوسط المجال المغناطيسي للشمس نفسها بـ 1000 مرةٍ تقريبًا.

غالبًا ما تظهر البقع الشمسية على شكل أزواجٍ، ويكون للبقعتين الشمسيتين في الزوج نفسه استقطابٌ مختلفٌ، يمثّل أحدهما الشمال المغناطيسي والآخر الجنوب المغناطيسي. وعليه فإننا نعتقد بوجود خطوط مجالٍ مغناطيسيٍّ تضمّ زوج البقعتين الشمسيتين. ويَحصرُ المجالُ المغناطيسي القوي غازَ الغلاف الضوئي في أماكنَ معينةٍ، ويمنعُ الغازَ الساخن في الأسفل من الارتفاع عند البقع الشمسية، وكنتيجةٍ لذلك تصبح البقع الشمسية أكثر برودةً. وفي الواقع فإن البقع الشمسية تؤثر على مناخ الأرض، حيث تُظهر الدراسات أن عدد البقع الشمسية كان أقل بكثيرٍ خلال العصر الجليدي (**ice age**) الأخير.



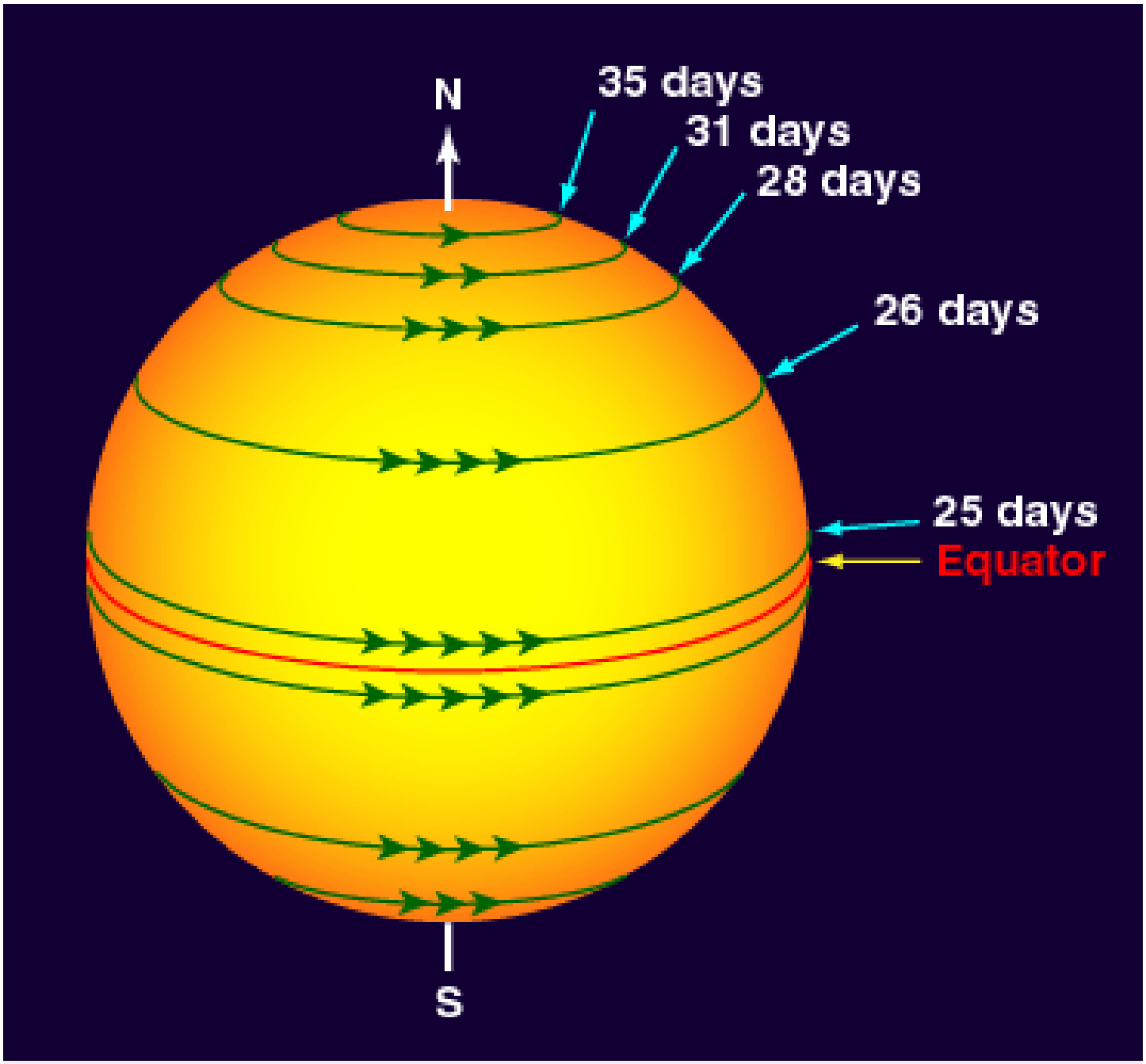
ROTATION دوران، N شمال، S جنوب، EQUATOR خط الاستواء.



sunspot pair زوج البقع الشمسية، magnetic field lines خطوط المجال المغناطيسي.

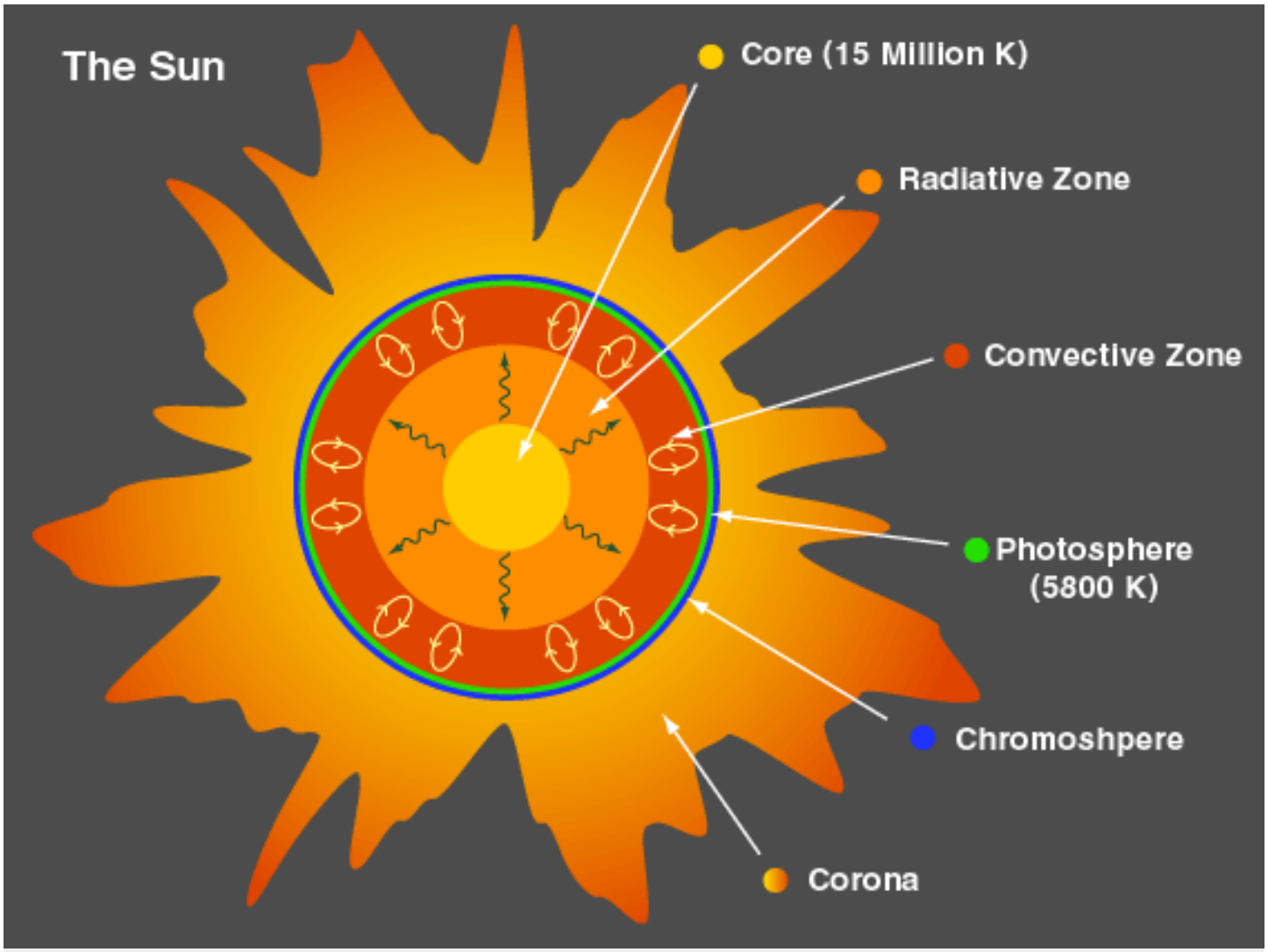
الهيكل الداخلي للشمس

قبل مناقشة الهيكل الداخلي للشمس، علينا الإشارة إلى أمرٍ مثيرٍ للاهتمام ألا وهو أن الشمس لا تدور ككرةٍ ثابتةٍ، فخط استواء الشمس يدور أسرع من قطبيها، وهذا ما يُسمّى بالدوران التفاضلي **differential rotation**. إننا نعتقد أن ظهور البقع الشمسية والعديد من الأنشطة الشمسية الأخرى يرجع إلى هذا الدوران التفاضلي. (هل تعرف كيفية الكشف عن الدوران التفاضلي في شمسنا؟).



شمال، 35 يومًا، 31 يومًا، 28 يومًا، 26 يومًا، 25 يومًا، خط الاستواء، الجنوب.

يمكن تقسيم الجزء الداخلي من الشمس، والذي لا يمكننا ملاحظته مباشرةً، إلى ثلاثة أجزاء: النواة **The core** حيث تُنتَج الطاقة، والمنطقة الإشعاعية **the radiative zone** حيث تنتقل الطاقة عن طريق الإشعاع، ومنطقة الحمل الحراري **the convective zone** حيث تنتقل الحرارة بالحمل، وسوف نناقشها بالتتالي.



الشمس، اللب (15 مليون كلفن)، المنطقة الإشعاعية، منطقة الحمل الحراري، الغلاف الضوئي (5800 كلفن)، الغلاف اللوني، الإكليل.

إنتاج الطاقة

بقي إنتاج الطاقة في الشمس موضع بحثٍ لوقتٍ طويلٍ، وقد ثبتت استحالة كون بعض مصادر الطاقة التقليدية مثل الطاقة الكيميائية وطاقة الجاذبية السبب وراء طاقة الشمس، وذلك لكون طاقتها غير كافيةٍ لاستمراريةٍ طويلةٍ جدًا. تأتي طاقة الشمس من نوعٍ من الاندماج النووي **nuclear fusion** يُسمّى تفاعل بروتون–بروتون المتسلسل **p-p chain reaction** الذي يتألّف من عدّة خطواتٍ. التأثير النهائي هو أن أربع نوى هيدروجين تندمج لتكوّن نواة الهيليوم وتنتج كميةً كبيرةً من الطاقة التي تنقلها الفوتونات على شكل أشعة غاما وغيرها من الجسيمات.

(ملاحظة: الفوتون هو كمٌّ من الضوء. وأحد أنواع الجسيمات الناتجة عن تفاعلات بروتون–بروتون المتسلسلة يسمى النيوترينو وهو عديم الكتلة ومتعادل كهربائيًا).

معادلة

$$H^1 -> He^4 + photons + others 4$$

يتطلّب الأمر ظروفًا متطرفةً لبدء الاندماج النووي، ولا زلنا غير قادرين على إعادة إنتاج هذه الظروف بشكلٍ ثابتٍ في مختبراتنا على الأرض. أولًا وقبل كلّ شيء، يتطلّب الأمر درجة حرارةٍ عاليةً لتوفير الطاقة للتغلُّب على التنافر الكهربائي بين البروتونات (^{1}H). وعلاوةً على ذلك، نحتاج كثافةً عاليةً لزيادة فرص الاصطدام. وبالتالي لا يمكن لهذه التفاعلات أن تحدث إلا في قلب الشمس، مع درجة حرارةٍ تزيد عن عشرة ملايين درجة (10^{7} كلفن).

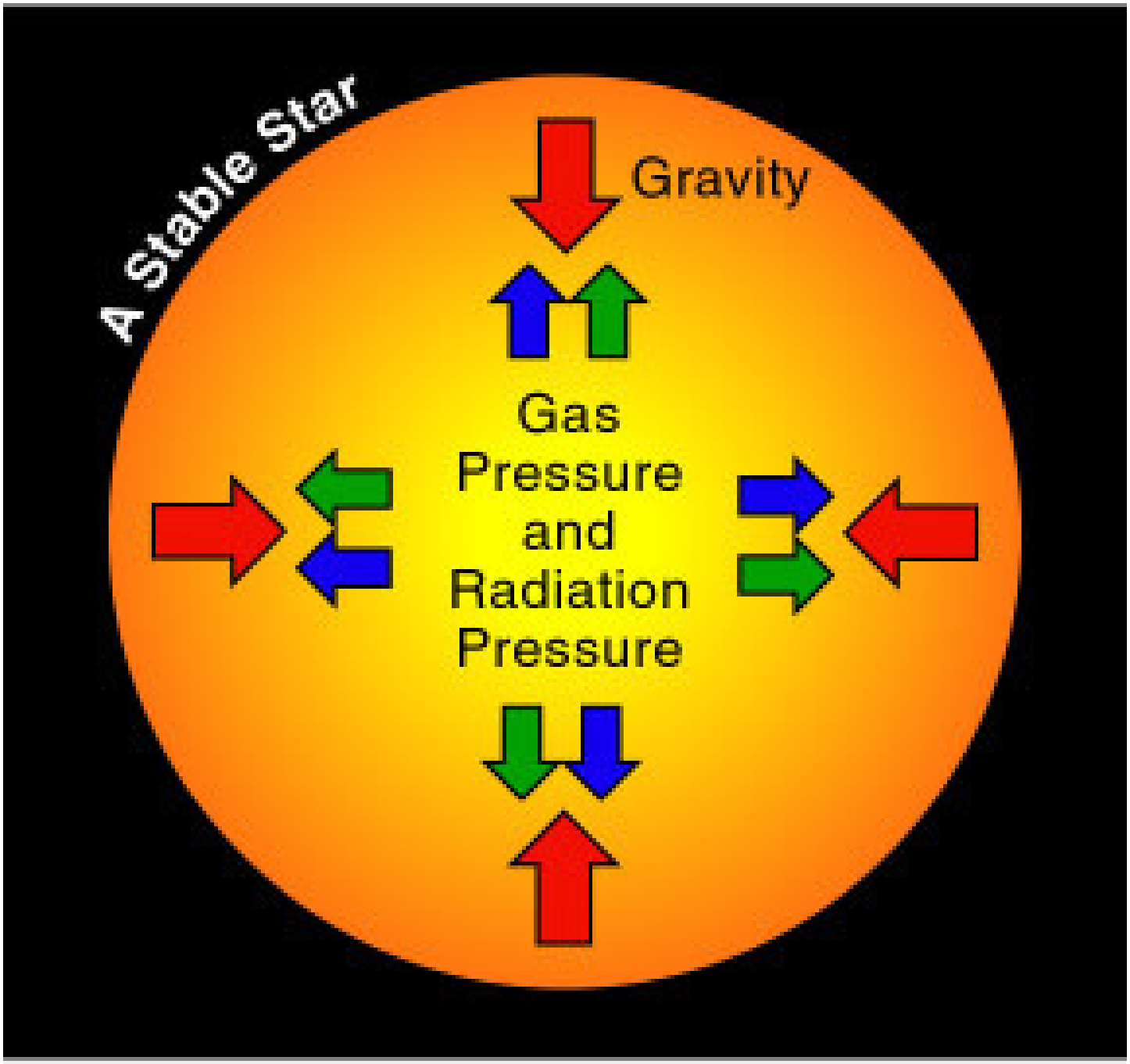
نقل الطاقة: يتم إنتاج الفوتونات (التي تكون على شكل أشعة غاما) في نواة الشمس. كيفية انتقال الفوتون إلى سطح الشمس ومغادرته يحصل على الشكل التالي تقريبًا:

يمكن للفوتون أن يتحرك قرابة 1 سنتيمتر أو أقل في المنطقة الداخلية من الشمس قَبل أن تمتصه المواد (بشكلٍ أساسيٍ الإلكترونات والنوى)، ليُعاد إطلاقه بعد ذلك في اتجاهاتٍ عشوائيةٍ إما على شكل فوتونٍ واحدٍ أو أكثر. وبهذه الطريقة يزداد عدد الفوتونات وتقل طاقة كلّ فوتونٍ ناتج. تُسمّى هذه العملية بالنقل الإشعاعي **radiative transport**. يستغرق الأمر عشرة ملايين سنة تقريبًا لوصول طاقة الفوتون الأصلي إلى الجزء الخارجي من الشمس على شكل آلافٍ من الفوتونات ذات الطاقة المنخفضة وبشكلٍ رئيسيٍّ على هيئة ضوءٍ مرئيٍّ.

في الجزء الخارجي من الشمس حيث تكون درجة الحرارة منخفضةً نسبيًا والغاز غير منفذ، تُمتَصّ الفوتونات بفاعليةٍ أكبر، ولا يعود النقل الإشعاعي فعالًا بما يكفي لنقل طاقة الفوتونات من الجزء الخارجي للشمس إلى السطح. وهكذا، يصبح الحمل الحراري الطريقة الرئيسة في نقل الطاقة إلى السطح الشمسي.

الاستقرار: تعمل قوى الجذب على تجميع الغاز عند بداية تشكُّل النجم، وعند نقطةٍ معينةٍ تكون الكثافة ودرجة الحرارة في مركز سحابة الغاز مرتفعتين بما فيه الكفاية لإشعال الاندماج النووي. وستَخلق الطاقة الناتجة عن الاندماج نوعين من الضغط المتجه خارجًا ليعمل عكس قوى الجاذبية (الصورة على اليمين). ويبقى النجم مستقرًا لفترةٍ طويلةٍ (من ملايين إلى مليارات السنين) بسبب هاتين القوتين المتوازنتين (الضغط المتجه خارجًا وقوة الجاذبية المتجهة داخلًا)، وإن استقرار شمسنا مهمٌّ جدًا لتطوّر الحياة على الأرض.

النوع الأول من الضغط يعود إلى ضغط الغاز تبعًا للمواد داخل النجم. وكلما ازدادت درجة الحرارة زادت قدرة المواد على رفع الضغط. النوع الثاني من الضغط يعود إلى الفوتونات ويُسمّى الضغط الإشعاعي **radiation pressure**. والذي يزداد مع ارتفاع درجة الحرارة. وبغض النظر عن أيِّ نوعٍ من الضغط يؤدي إلى توليد الطاقة في قلب النجم، فسينهار النجم إذا لم تُنتَج الطاقة.



نجم مستقر

الرصد الشمسي

تنبيه: لا ترصد الشمس نهائيًا بشكلٍ مباشرٍ دون وسيلةٍ فعالةٍ للحدّ من أشعة الشمس. وإلا سيصيبك ذلك بالعمى!

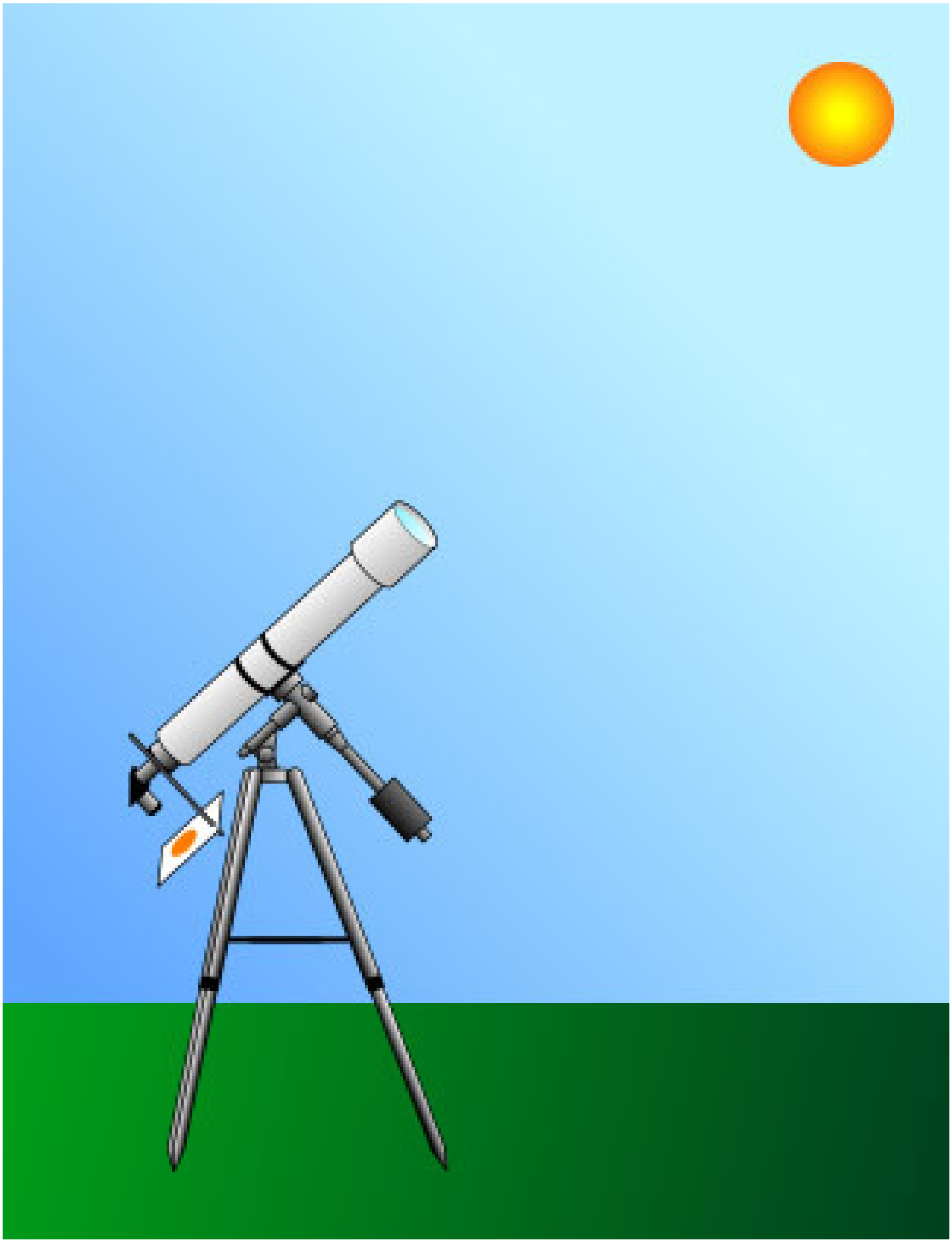
هناك طريقتان آمنتان لمراقبة الشمس:

1. طريقة الإسقاط: نحن نسقط الصورة الشمسية من التلسكوب إلى الشاشة ونلاحظ أشعة الشمس المنعكسة من الشاشة.
2. الفلترة (الترشيح) الشمسية: بدلًا من ذلك، وضعنا فلترًا شمسيًا خاصًا أمام التلسكوب. ثم نلاحظ الصورة التي صُفِّيَت من خلال التلسكوب.

في المقابل، الطرق التالية غير آمنةٍ بطريقةٍ أو بأخرى:

1. النظر مباشرةً للشمس بالعين المجردة.
2. النظر للشمس من خلال زوجٍ من النظارات الشمسية، والأفلام المكشوفة، والنظارات الزجاجية المظلمة أو فلاترَ شمسيةٍ صغيرةٍ توضع بشكلٍ قريبٍ إلى العين.
3. النظر لانعكاس الشمس في بركةٍ من الماء أو الحبر الداكن.

وفي حال كنت في حيرةٍ من أمرك فيما إذا كانت الطريقة آمنةً أم لا، فلا تستخدمها على الإطلاق.



- التاريخ: 2018-01-07
- التصنيف: الكون

#البقع الشمسية #الاندماج النووي #الإكليل الشمسي #الغلاف اللوني الكروموسفير #الدوران التفاضلي

المصطلحات

- **التوهجات الشمسية (solar flares)**: ثورانات غازية عنيفة تحصل على سطح الشمس.
- **الهليوم (helium)**: ثاني أخف العناصر الكيميائية وثاني أكثر العناصر الكيميائية وفرةً. تتألف ذرة الهليوم النموذجية من نواة مكونة من بروتونين ونترونين محاطة بالكترونين. تم اكتشاف الهليوم للمرة الأولى في شمسنا، حيث تصل نسبة الهليوم في الشمس إلى ما يُعادل 25% من كتلتها. المصدر: ناسا
- **كلفن (Kelvin)**: هي الواحدة الدولية الرئيسية لدرجة الحرارة الترموديناميكية وتُعرف على أنها جزء من 273.16 من درجة الحرارة الترموديناميكية للنقطة الثلاثية للماء. وللحديث بشكل عملي أكثر، يقيس سلم كلفن درجة حرارة الجسم التي تكون فوق الصفر المطلق، وهي درجة الحرارة النظرية الأشد برودةً. على مقياس كلفن، تكون نقطة التجمد للماء 273 كلفن (0 درجة سيلسيوس، 0 درجة كلفن) (الكلفن= 273 + سيلسيوس= 273+ 9/5 (فهرنهايت-32)). غالباً ما يتم استخدام سلم كلفن لقياس درجات الحرارة في علوم مثل علم الفلك. المصدر: ناسا
- **الأيونات أو الشوارد (Ions)**: الأيون أو الشاردة هو عبارة عن ذرة تم تجريدها من الكترون أو أكثر، مما يُعطيها شحنة موجبة.وتسمى أيوناً موجباً، وقد تكون ذرة اكتسبت الكتروناً أو أكثر فتصبح ذات شحنة سالبة وتسمى أيوناً سالباً

المصادر

- الصورة
- ICSD

المساهمون

- ترجمة
  - خزامى قاسم
- مُراجعة
  - ريتا عيسى
- تحرير

- رأفت فياض
- عبد الواحد أبو مسامح

- تصميم
  - أسامة أبو حجر
- صوت
  - إحسان قاسم
- نشر
  - بيان فيصل