قبل الرسم التوضيحي

ترشيح الضوء اطلب من الطلاب أن ينظروا إلى أجسام ملونة من خلال مرشحات مختلفة ا لألوان. ويكون لون المرشح هو لون الضـ وء الذي يسمح للمرشح بمروره. قم بإ دارة مناقشة بين الطلاب حول طريقة ترشيح ضوء الشمس لإظهار الطبيـ ة اللونة. كما هو موّضـ في **الشكل 1**. ص م

سؤال حول الشكل 1 يعرض الشكلان أنواعًا مختلفة من التفاصيل. وتمثّل الشواظات المضيئة والمناطق البيضاء في الشكل إلى اليسار البقع الشمسية في الشكل إلى اليمين. ويعود سبب الاختلاف بين الصورتين إلى أنواع المرشحات المستخدمة في التقاطهما.

المطويات

محتوى داعم للمعلم

ضوء الشمس المرئي تتمثّل إحدى الخصائص الأساسية للإشعاع الصادر عن الأجسام الساخنة بأنّ الطول الموجي الذي يكون عنده الجسم في أشدّ حالات سطوعه يتناسب عكسيًا مع درجة حرارة ذلك الجسم. لذلك تنبعث من الطبقة الضوئية للشمس أطوال موجية مرئية. في حين يصدر عن الهالة الشمسية الأكثر سخونة سطوع أشد في جزء الأشعة السينية من الطيف الكهرومغناطيسي. ويفسّر هذا المبدأ أيضًا الألوان المختلفة للنجوم التي تختلف درجات حرارتها حيث تكون درجة حرارة النجوم الحمراء أدنى، بينما تكون درجة حرارة النجوم الزرقاء أعلى.

للتأكد من فهم النص

تكون أول طبقتين من طبقات الشمس شفافتين.

استخدام المصطلحات العلمية

أسماء في علم الفلك يتّضح تاريخ علم الفلك من الأسماء التي يتمّ إطلاقها على الظواهر الفلكية. فالكثير من هذه الأسماء مشتق من اللاتينية أو اليونانية. ويحدث عادةً مزج بين كلمات من هاتين اللغتين. على سبيل المثال، فإنّ مصطلح chromosphere (الطبقة اللونية) مأخوذ من الكلمة اليونانية *chromos* وتعني اللون الأحمر. وكلمة *sphere* وكلمة *Corona* كلمة لاتينية معناها التاج.

الطبقة اللونية

الطبقة الضوئية

الشكل 1 تظهر البقع الشمسية داكنة على الطبقة الضوئية. وهي السطح المرئي من الشمس. تبلغ درجة حرارة البقع البيضاء الساخنة 6000 K تقريبًا. أما البقع الحمراء الداكنة فتبلغ درجة حرارتها تقريبًا 3000 K. وتظهر الطبقة اللونية للشمس باللون الأحمر وفيها شواظات وتوهجات معلقة في هذه الطبقة الرقيقة.

استنتج سبب الاختلاف الكبير بين الصورتين.

الغلاف الجوي للشمس

ربما تتساءل عن سبب وجود غلاف جوي للشمس في حين أنها غازية. إنّ الأغلفة الخارجية من الشمس سطقي طبقات، مثل الكثير من النجوم. وتبعث كل طبقة منها طاقة بأطوال موجية ناتجة عن درجة حرارتها.

الطبقة الضوئية إنّ **الطبقة الضوئية**، الموضحة في **الشكل 1**، هي السطح المرئي للشمس ويبلغ سمكها 400 km تقريبًا، في حين تبلغ درجة حرارتها 5800 K وهي أعمق طبقات الغلاف الجوي للشمس. قد تتعجب من كونها السطح المرئي للشمس مع أنها الطبقة الأعمق. لكن سبب ذلك يعزى إلى أن معظم الضوء المرئي المنبعث من الشمس يأتي من هذه الطبقة. أما الطبقتان الخارجيتان، فهما شفافتان في معظم الأطوال الموجية للضوء المرئي. كما ينبعث من الطبقتين الخارجيتين ضوء ذو أطوال موجية خافتة.

تحقق من فهم النص اشرح سبب كون الطبقة الأعمق للغلاف الجوي للشمس مرئية.

الطبقة اللونية تقع **الطبقة اللونية** خارج الطبقة الضوئية. ويبلغ سمكها 2500 km تقريبًا. ويبلغ متوسط درجة حرارتها 15,000 K. وفي العادة، لا يمكننا رؤية الطبقة اللونية إلا أثناء كسوف الشمس حين تُحجب الطبقة الضوئية. غير أنّ علماء الفلك يمكنهم استخدام مرشحات خاصة لملاحظة الطبقة اللونية حين لا تكون الشمس في حالة كسوف. وتظهر الطبقة اللونية باللون الأحمر، كما هو موضح في **الشكل 1**، لأن أقوى انبعاثات تخرج منها تكون في حزمة واحدة من الطول الموجي الأحمر.

الهالة الشمسية تُعرف الطبقة الخارجية من الغلاف الجوي للشمس **بالهالة الشمسية**، وتمتد لعدة ملايين من الكيلومترات من حافة الطبقة اللونية. وتتراوح درجة حرارتها في المعتاد من 3 إلى 5 ملايين كلفن. كما إن كثافة الغاز في الهالة الشمسية منخفضة للغاية. ما يتسبب في كونها خافتة لدرجة أنه لا يمكن رؤيتها إلا عندما تُحجب الطبقة الضوئية إما باستخدام أدوات خاصة، مثل **الكورونوجراف** (أو رسام الإكليل) وهو جهاز خاص يرصد جو الشمس، ومن ضمنه الجزء الداخلي من هالة الشمس. ويتكون الجهاز من تلسكوب وجزء خاص لحجب أشعة الشمس). أو يفعل القمر أثناء الكسوف. كما هو مبيّن في **الشكل 2**. والجدير بالذكر أنّ درجة الحرارة في هاتين الطبقتين الخارجيتين من الغلاف الجوي للشمس مرتفعة للغاية لدرجة أن معظم الإشعاع المنبعث من الطبقة اللونية هو من الأطوال الموجية للأشعة فوق البنفسجية ومعظم الإشعاع المنبعث من الهالة الشمسية هو من الأشعة السينية.

المطويات

ضع مطويتك معلومات من هذا القسم.

الشكل 2 إنّ أبعد طبقة خارجية للشمس والأشد حرارة هي الهالة الشمسية. ولا يمكن رؤيتها إلا عند حجب قرص الشمس كما يحدث بفعل هذا الكسوف الشمسي.

عبر كامل المنهج

الفيزياء قد يتساءل الطلاب عن سبب كون الطبقة اللونية والهالة أشدّ حرارة من سطح الشمس. وتوجد أسفل الطبقة الضوئية مباشرة منطقة مضطربة تتقلب فيها الغازات وتضطرب بفعل الحمل الحراري. فتعمل الجسيمات المشحونة المتحركة في هذه المنطقة المضطربة على إنتاج مجالات مغناطيسية تتسم بالتغيّر المستمر وتنبعث منها موجات مغناطيسية تعمل على نقل الطاقة إلى مستويات أعلى، فوق الطبقة الضوئية. وفي تلك المستويات، تتفاعل الموجات مع جسيمات أخرى وتنقل الطاقة إليها، مما يزيد الطاقة الحرارية للطبقة اللونية والهالة.

Scanned by CamScanner

التعلم التشاركي

ألوان الشفق القطبي كلّف الطلاب بإجراء عصف ذهني لشرح السبب وراء الألوان الكثيرة التي تظهر في الشفق القطبي. تتوافق الألوان مع الغازات المختلفة في الغلاف الجوي للأرض. كما تعتمد الألوان على الارتفاع الذي تصطدم عنده الجسيمات القادمة من الشمس بالعناصر المختلفة في الغازات.

تعلم تعاوني

■ **سؤال حول الشكل 3** يتأثر الشفق القطبي بالجسيمات الشمسية التي تمطر المجال المغناطيسي للأرض ويكون في أعلى درجات نشاطه أثناء فترات النشاط الشمسي. لكن يمكن رؤيته في أي وقت. وأفضل وقت لرؤية الشفق القطبي أثناء الليل لوجود تباين مع السماء المظلمة.

محتوى داعم للمعلم

دوران الشمس حول محورها يستطيع علماء الفلك أن يقيسوا معدل دوران الشمس حول محورها عن طريق ملاحظة المدة التي تستغرقها بقعة شمسية معينة أو مجموعة من البقع الشمسية لإجراء دورة كاملة حول الشمس. كما فعل الطلاب في التجربة الاستهلالية في بداية هذه الوحدة. تدور الشمس حول محورها بأقصى سرعة لها عند خط الاستواء حيث تُجري دورة كاملة خلال 25 يومًا تقريبًا. وتدور بأبطأ سرعة لها عند القطبين حيث تستغرق 35 يومًا تقريبًا للدوران دورة كاملة. فضلًا عن ذلك، لا يختلف معدل الدوران باختلاف خطوط العرض على الشمس فحسب، بل يختلف أيضًا بحسب العمق داخل الشمس. وقد عرف العلماء ذلك من خلال تحليل النبضات الدقيقة التي يمر بها سطح الشمس، والتي تعكس الكثافة الداخلية ومعدلات الدوران حول المحور حيث يدور لب الشمس أسرع من سطحها.

ا لمشروع

د ورة **البقع الشمسية** كلّف الطلاب بال عمل في مجموعات ثنائية للبحث في البيانات التاريخية حول الأعداد الس نوية للبقع الشمسية على مدار بضعة عقو د. ثم اطلب منهم أن يدرسوا فترات الذرو ة للبقع الشمسية في الدورة البالغة إحدى عشرة سنة. ويمكن للطلاب أن يستخ دموا الآلات الحاسبة أو أجهزة الكمبيو تر لتمثيل بياناتهم في رسومات بيانية.

تعلم تعاوني

عرض توضيحي

المجال المغناطيسي للشمس ضع علامتين على أقطاب مغناطيسين، وضع القطبين الجنوبي والشمالي لمغنطيسين أنهما متضادان. ثم اقلب أحد المغناطيسين كي تصبح الأقطاب المتشابهة معًا. ووجه الطلاب أن الأقطاب المتشابهة تتنافر. أمسك أحد المغناطيسين مع رفع قطبه الشمالي إلى أعلى. واشرح للطلاب أن المجال المغناطيسي للشمس يأخذ هذا الاتجاه لمدة 11 سنة. بعد ذلك، اقلب المغناطيس بحيث يصبح القطب الجنوبي موجّهًا إلى أعلى. واشرح للطلاب أن المجال المغناطيسي للشمس يأخذ هذا الاتجاه لمدة 11 سنة أخرى. اقلب المغناطيس مرة أخرى بحيث يصبح القطب الشمالي موجهًا إلى أعلى. واشرح للطلاب أن ذلك يمثّل اكتمال دورة النشاط الشمسي التي تستغرق 22 سنة.

الرياح الشمسية ليس للهالة الشمسية حافة محددة. بل تتدفق البلازما من الهالة الشمسية إلى الخارج بسرعات عالية وتكوّن **الرياح الشمسية**. تكون هذه الرياح محملة بجسيمات مشحونة تُعرف بالأيونات. وتتدفق للخارج عبر النظام الشمسي بأكمله حيث تقمر كل كوكب يوابل من هذه الجسيمات. والجدير ذكره أنّ الرياح الشمسية ليس لها شكل واحد. إذ يوجد تيارات تتراوح سرعتها بين 300 km/s و 800 km/s وتتناوب المرور بالأرض أثناء دوران الشمس حول محورها. تنحرف الجسيمات المشحونة بفعل المجال المغناطيسي للأرض وتُحصر في حلقتين ضخمتين. هما حزاما فان ألين. وفي هذين الحزامين، تصطدم الجسيمات عالية الطاقة بالغازات الموجودة في الغلاف الجوي للأرض وتتسبب في انبعاث ضوء من تلك الغازات يُعرف بالشفق القطبي. يمكن رؤيته من الأرض أو من الفضاء، كما يظهر في **الشكل 3**. ويمكن رؤية الشفق القطبي بشكل عام من الأرض عند المناطق القطبية.

الشفق القطبي من الأرض

الشفق القطبي من الفضاء

■ **الشكل 3** ينجم الشفق القطبي عن تصادم الجسيمات المادية من الشمس بالغازات الموجودة في الغلاف الجوي للأرض. وأفضل المواضع لرؤيته المناطق الموجودة حول قطبي الأرض.
استدل متى يمكنك رؤية الشفق القطبي؟

النشاط الشمسي

في حين أن الرياح الشمسية وطبقات الغلاف الجوي للشمس سمات ثابتة لها، توجد سمات أخرى للنجوم تتغيّر مع الوقت في عملية تُعرف بالنشاط الشمسي. ويتضمن هذا النشاط الشمسي التوهجات وحلقات الغاز المتوهج. كما إن لبعض هذه الغازات بنية محددة، أي إن لها ترتيبًا معينًا في الزمان والمكان. وتعتمد هذه البنية على المجالات المغناطيسية.

المجال المغناطيسي للشمس والبقع الشمسية يحدث المجال المغناطيسي للشمس اضطرابات في الغلاف الجوي للشمس بصورة دورية ويتسبب في ظهور سمات جديدة. من أبرز هذه السمات **البقع الشمسية**، المبيّنة في **الشكل 4**. وهي بقع داكنة على سطح الطبقة الضوئية. تكون البقع الشمسية مضيئة. لكنها تظهر داكنة أكثر من المناطق المحيطة بها على الشمس لأن درجة حرارتها أقل. وتظهر البقع الشمسية في أزواج ذات قطبية مغناطيسية متعاكسة. قطب شمالي وآخر جنوبي. كما في المغناطيس.

■ **الشكل 4** إن البقع الشمسية عبارة عن بقع داكنة ذات درجة حرارة منخفضة نسبيًا على سطح الطبقة الضوئية. وهي ترتبط بالمجال المغناطيسي للشمس. وتستمر البقع الشمسية لعدة أيام عادة. إلا أنها قد تستمر أحيانًا لشهور عديدة.

Scanned by CamScanner

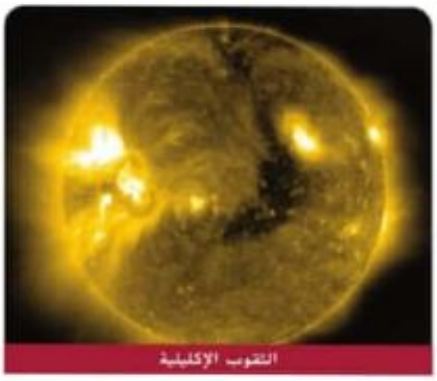
دورة النشاط الشمسي لقد لاحظ علماء الفلك أن عدد البقع الشمسية يتغيّر في نمط ثابت ومتوقع ويُعرف هذا التغيّر في العدد، من أدناه إلى أقصاه ثمّ إلى أدناه مرة أخرى، بدورة البقع الشمسية ويستغرق اكتماله 11 سنة. وعند هذه النقطة، ينعكس المجال المغناطيسي للشمس، بحيث يحلّ القطب المغناطيسي الشمالي محل القطب المغناطيسي الجنوبي والعكس صحيح. بما أنّ البقع الشمسية تنتج من المجالات المغناطيسية، تنعكس قطبية أزواج البقع الشمسية عندما ينعكس القطبان المغناطيسيان للشمس. بذلك، يتضاعف طول دورة لتصبح 22 سنة تقريبًا حين تؤخذ قطبية المجال المغناطيسي للشمس في الاعتبار. وعند هذه النقطة، يعود المجال المغناطيسي إلى قطبيته الأصلية وتبدأ دورة جديدة من النشاط الشمسي.

تأكد من فهم النص حدّد كم مرة ينعكس فيها قطبا الشمس المغناطيسيان؟

سمات شمسية أخرى تقع الثقوب الإكليلية غالبًا فوق مجموعات البقع الشمسية. ولا يمكن رؤيتها إلا بواسطة التصوير بالأشعة السينية، كما هو موضّح في **الشكل 5**. تعتبر الثقوب الإكليلية مناطق تنخفض فيها كثافة الغاز في الهالة الشمسية، وهي المناطق الرئيسة التي تنطلق منها الجسيمات المكوّنة للرياح الشمسية.

ترتبط التوهجات الشمسية عالية النشاط أيضًا بالبقع الشمسية، كما هو مبيّن في **الشكل 5**. تعدّ **التوهجات الشمسية** ثورانات عنيفة من الجسيمات والإشعاع تنطلق من سطح الشمس، وفي الغالب، تخرج هذه الجسيمات المحررة من سطح الشمس وتتدفق في الرياح الشمسية، ثم تنهمر على الأرض بعد أيام قليلة من ذلك. وتجدر الإشارة إلى أنّ أضخم توهج شمسي جرى تسجيله كان التوهج الذي حدث في نوفمبر 2003، إذ قذف الجسيمات من سطح الشمس بسرعة 9 ملايين كيلومتر في الساعة تقريبًا.

من السمات النشطة الأخرى، التي ترتبط أحيانًا بالتوهج، **الشواظ**، وهو قوس من الغاز يندفع من الطبقة اللونية، أو غاز يتكاثف في الجزء الداخلي من الهالة الشمسية، ثم يندفع مرة أخرى إلى السطح. ويعرض **الشكل 5** شكل الشواظ. يمكن أن تتخطى درجة حرارة الشواظات 50,000 K وقد تدوم لبضع ساعات أو لبضعة أشهر. وعلى غرار التوهج، ترتبط الشواظات بالبقع الشمسية والمجال المغناطيسي ويختلف ظهور كل منها باختلاف دورة النشاط الشمسي.


الثقوب الإكليلية

التوهجات الشمسية

الشواظ الشمسي

الشكل 5 من سمات سطح الشمس الثقوب الإكليلية في السطح والتوهجات الشمسية والشواظات التي تندفع من السطح.

محتوى داعم للمعلم

التوهجات الشمسية عندما يحدث توهج شمسي كبير في موضع على الشمس بحيث يضرب الإشعاع والجسيمات المنبعثة منه الأرض، تظهر تأثيرات واسعة النطاق. فتصل الأشعة السينية إلى الأرض في ثماني دقائق وتؤثر في تأيّن الطبقة العليا من الغلاف الجوي للأرض، من دون أن يكون لها آثار كبيرة على سطح الأرض. أما الجسيمات المشحونة، فتستغرق من يومين إلى أربعة أيام لتصل إلى الغلاف الجوي للأرض. وعند وصولها، يمكنها أن تحدث اضطرابًا في طبقات الغلاف الجوي العليا والأحزمة الإشعاعية. تستطيع بعض الجسيمات أن تصل إلى سطح الأرض، حيث يمكنها أن تحدث اضطرابًا في الدارات الكهربائية.

تسبب توهج شمسي ضخم وقع في ديسمبر من عام 2006 في حدوث اضطرابات في أنظمة الاتصال بموجات الراديو والأقمار الصناعية على الأرض. كذلك تأثرت المعدات الإلكترونية على المركبات الفضائية التي تدور حول الأرض. واضطر رواد الفضاء في محطة الفضاء الدولية إلى النوم في مناطق محمية من الإشعاع.

تأكد من فهم النص

ينعكس قطبا الشمس كل 11 سنة أو ما يقارب ذلك. وتمثّل هذه المدّة نصف دورة النشاط الشمسي.

استخدام تشبيه

الرياح الشمسية لا تنتشر الرياح الشمسية من الشمس إلى الخارج مباشرة بسبب دوران الشمس حول محورها، بل تتخذ مسارًا حلزونيًا يشبه حركة المياه من رشاش الري الدوار حيث تأخذ قطرات المياه مسارات منحنية للخارج مع دوران الرشاش. وسيساعدك هذا التشبيه في شرح السبب في أن التوهج الشمسي الذي تراه على جانب الشمس المواجه للأرض لن يؤثر في الأرض بالضرورة. فلكي تصل الجسيمات المنطلقة من التوهج إلى الأرض، لا بدّ أن يحدث التوهج في موضع على الشمس يتقاطع منه المسار المنحني للرياح الشمسية مع الأرض.

عبر كامل المنهج

التاريخ أثناء ذروة النشاط الشمسي، يتسبب القدر المتزايد من التدفق الإشعاعي والجسيمات المشحونة القادمة من الشمس في ارتفاع درجة الحرارة في طبقات الغلاف الجوي العليا للأرض فتتمدد. ونتيجة لهذا التمدد قوة سحب إضافية على الأقمار الصناعية التي تدور حول الأرض. يمكنها أن تدفع هذه الأقمار إلى الدوران في الغلاف الجوي للأرض. وتتباطأ حركتها وتسقط على الأرض قبل عدة سنوات من التاريخ المتوقع لسقوطها. الفضاء الأمريكية سكاي لابعام 1979، إذ تلاشى مدارها

Scanned by CamScanner

محتوى داعم للمعلم

الإشعاعات داخل الشمس

ينتقل الإشعاع الكهرومغناطيسي بسرعة الضوء في الفراغ. إلا أن سرعته تقلّ إذا كان في وسط ما. لذلك يمكن للإشعاع الناتج في لُب الشمس أن يستغرق وقتًا طويلًا حتى يصل إلى سطح الشمس. ففي وسط بكثافة الأجزاء العميقة لباطن الشمس، تمتص الذرات والأيونات الضوء، ولا يستطيع جسيم الإشعاع، المعروف بالفوتون، أن يتحرّك لمسافة طويلة قبل أن يتعرض للامتصاص ثم ينبعث الفوتون سريعًا من الذرة أو الأيون الذي امتصه، لكن في اتجاه عشوائي. الجدير ذكره أنّ الفوتون قد ينبعث مرة أخرى في الاتجاه نفسه الذي أتى منه أو في أي اتجاه آخر. ويُسمى المسار الذي يتخذه الفوتون في وسط كثيف مسارًا عشوائيًا.

مناقشة

الربط بين الشمس والنجوم قم بإدارة مناقشة بين الطلاب حول الطريقة التي قد يربط بها العلماء بين ما يعرفونه عن الشمس وما يعرفونه عن النجوم الأخرى. واشرح لهم أنّ علماء الفلك يستطيعون قياس التفاصيل على سطح الشمس، وأنهم قد حصلوا على معلومات عن دورات النشاط الشمسي على مدار قرون. إضافةً إلى أنّ هذه البيانات تساعدهم على تفسير الظواهر السطحية ودورات نشاط النجوم الأخرى. وبالطريقة ذاتها، فإن البيانات المتعلقة بتغيّر النجوم الأخرى مع مرور الوقت تساعدهم على استنتاج المرحلة الحالية للشمس في دورة حياتها وشكلها في الماضي البعيد وما سيحدث لها في المستقبل البعيد. تجدر الإشارة إلى أنّ البحث الذي يُعرف بالربط بين الشمس والنجوم كان بحثًا مثمرًا لعلماء الفلك.

■ **سؤال حول الشكل 7** إنّ السبب في ظهور ألوان الطيف هو الأطوال الموجية للإشعاع الناتج أو المنعكس من الجسم المرصود. ويوجد تطابق بين الألوان في طيف الانبعاث والأطوال الموجية المختلفة في الإشعاع المنبعث من جسم ما. فلكل عنصر نمط خاص من الأطوال الموجية.

الكراسة اليومية

الاندماج النووي يعتقد الكثير أن الاندماج النووي قد يكون مصدرًا آمنًا ووفيرًا للطاقة. وقد تحقق الاندماج النووي على الأرض في الفنابل الهيدروجينية. حيث تندمج أنوية الهيدروجين وتُطلق في الحال كميات هائلة من الطاقة. ناقش مع الطلاب الظروف الموجودة في باطن الشمس والتي تسمح بـ حدوث الاندماج النووي بصورة طبيعية. درجا ت الحرارة والكثافات العالية اطلب من الطلا ب أن يستخدموا هذا الوصف لكتابة تفسير لسب ب عدم تحقق اندماج مستدام حتى الآن. من الصعب إعادة إنتاج درجات الحرارة والكثافات العالية على الأرض. ص ه

باطن الشمس

قد تتساءل عن مصدر كل هذه الطاقة التي ينبع منها النشاط الشمسي والضوء. إنّه الاندماج النووي الذي يحدث في لُب الشمس، حيث يرتفع الضغط ودرجة الحرارة للغاية. **والاندماج النووي هو** اتحاد أنوية الذرّات الخفيفة لتكوين أنوية ثقيلة، مثل اندماج ذرّات الهيدروجين لتصبح ذرّات هيليوم. وهو عكس عملية **الانشطار النووي**، التي تنقسم خلالها أنوية الذرّات الثقيلة لتصبح أنوية أصغر وأخف، مثل انشطار ذرّات اليورانيوم إلى ذرّات الرصاص.

■ **الشكل 6** تنتقل الطاقة الموجودة في الشمس عالبًا عبر الإشعاع من الطبقة الخارجية للبّها نحو الخارج لما يقارب 75 بالمئة من نصف قطرها. أما الطبقات الخارجية فتنتقل الطاقة في تيارات حمل

إنتاج الطاقة في الشمس ينتج الهيليوم عن عملية اندماج ذرّات الهيدروجين في لُب الشمس وتكون كتلة نواة الهيليوم أقل من الكتلة المجمعة لأربع أنوية هيدروجين. ما يعني أنه يحدث فقدان في الكتلة أثناء العملية. وبحسب نظرية النسبية لألبرت أينشتين، فإن الكتلة والطاقة متساويتان. ويمكن تحويل المادة إلى طاقة والعكس صحيح. يمكن التعبير عن هذه العلاقة بالمعادلة $E = mc^2$، حيث تمثّل E الطاقة ووحدة قياسها الجول، m الكتلة المحوّلة إلى طاقة ووحدة قياسها الكيلوجرام، وc سرعة الضوء ووحدة قياسها m/s. تفيد هذه النظرية بأن الكتلة المفقودة خلال عملية الاندماج التي يتحوّل من خلالها الهيدروجين إلى الهيليوم تتحوّل إلى طاقة. وتلك هي مصدر طاقة الشمس. لتوضيح اندماج الهيدروجين في الشمس، فإن الشمس تقترب الآن من نصف عمرها حيث يتبقى لها 5 مليارات سنة تقريبًا. مع ذلك، لم تستخدم الشمس سوى 3 بالمئة فقط من الهيدروجين الموجود فيها.

نقل الطاقة إذا كان إنتاج طاقة الشمس يحدث في لُبها، فكيف تنتقل الطاقة إلى سطح الشمس قبل انطلاقها نحو الأرض؟ تكمن الإجابة في المنطقتين الموجودتين في باطن الشمس. كما يوضح **الشكل 6**، ففي الجزء الداخلي من الشمس، تنتقل الطاقة بالإشعاع، على مدى 86 بالمئة تقريبًا من نصف قطر الشمس. وهذه هي منطقة الإشعاع والتي تتواجد فوقها منطقة الحمل، حيث تنتقل الطاقة عن طريق تيارات الحمل الغازية. مع انتقال الطاقة نحو الخارج، تنخفض درجة حرارتها من قيمة مركزية تبلغ حوالي 1×10^7 K إلى قيمتها في الطبقة الضوئية البالغة 5800 K تقريبًا. وعندما تغادر الطاقة الطبقة الخارجية الأولى للشمس، تتحرك في كل الاتجاهات بأطوال موجية متنوعة، ويصل إلى الأرض جزء ضئيل جدًا من هذه الكمية الهائلة من الطاقة الشمسية.

■ **الشكل 7** تنبعث الطاقة عناصر كثيرة وتنبعث في أطياف ضوء منها بأطوال موجية محددة. استدل على ما تمثله ألوان الطيف.

Scanned by CamScanner

مساحة لتحليل البيانات

توضيحات عن الموضوع

• يتكوّن كل عنصر من ذرات لها ترتيبات فريدة من الإلكترونات. ويمكن للإلكترونات الخارجية في الذرة أن تمتص الطاقة وتطلقها. وعلى أساس الترتيب الخاص للإلكترونات تتحدد أطياف الامتصاص والانبعاث المميزة للعنصر.

• راجع أيضًا Silva, D. R., and M. E. Cornell. 1992. A new library of stellar optical spectra. *The Astrophysical Journal Supplement Series* 81 (August): 865-881.

التفكير ناقد

4. الهيدروجين، الهيليوم، الصوديوم
5. الهيدروجين، الكالسيوم
6. الهيدروجين

تأكد من فهم النص

إن الأطياف المستمرة هي عبارة عن حزم لونية تنبعث من جسم متوهج. وأطياف الانبعاث أطياف داكنة فيها حزم لونية محددة من غاز غير مضغوط.

الربط بالمعرفة السابقة

العناصر الخفيفة اطلب من الطلاب أن يفكروا في سبب تشكيل الهيدروجين والهيليوم النسبة الأكبر من كتلة الشمس في حين أن هذه العناصر نادرة نسبيًا على الأرض. ينبغي أن يذكر الطلاب أن الشمس والأرض تكوّنتا من المادة نفسها. لكن الهيدروجين والهيليوم الخفيفين لم يتمكنا من التكاثف أثناء تكون النظام الشمسي، وبالتالي لم تتمكن الأرض من الاحتفاظ بهما.

الإثراء

الاندماج الشمسي كلّف الطلاب بإجراء بحث ووضع نموذج للعملية المكوّنة من ثلاث خطوات التي تستطيع الشمس من خلالها أن تدمج الهيدروجين (H) وتحوله إلى هيليوم (He) مع إطلاق بوزيترونات (β) وفوتونات (γ).

$$2({}^{1}_{1}H + {}^{1}_{1}H \rightarrow {}^{2}_{1}H + {}^{0}_{+1}\beta + {}^{0}_{0}\nu)$$
$$2({}^{2}_{1}H + {}^{1}_{1}H \rightarrow {}^{3}_{2}He + {}^{0}_{0}\gamma)$$
$${}^{3}_{2}He + {}^{3}_{2}He \rightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{1}_{1}H + {}^{1}_{1}H$$

مساحة لتحليل البيانات

الطاقة الشمسية على الأرض تتلقى الأرض يوميًا كمية هائلة من طاقة الشمس. ويتم تلقي 1354 J من الطاقة في كل 1 m^2/s (أو 1354 W/m^2) فوق الغلاف الجوي للأرض. بعبارة أخرى، يمكن تشغيل 13 مصباحًا قوة 100 W باستخدام الطاقة الشمسية التي تتلقاها مساحة قدرها 1 m^2. ومع ذلك، لا تصل هذه الطاقة كلها إلى سطح الأرض لأن الغلاف الجوي يقوم بامتصاص بعضها وتفريق البعض الآخر.

الأطياف

لا بد أنك تعرف قوس المطر الذي يظهر عندما يمر الضوء الأبيض عبر منشور. إن قوس المطر هذا هو طيف. والطيف (والجمع أطياف) ضوء مرتب مرتّب وفقًا للأطوال الموجية. وتوجد ثلاثة أنواع من الأطياف: الطيف المستمر وطيف الانبعاث وطيف الامتصاص. كما يوضح **الشكل 7**.

يُعرف الطيف المتواصل، مثل الطيف الناتج عن مرور ضوء مصباح عادي عبر منشور، بالطيف المستمر. ويمكن أن ينتج الطيف المستمر أيضًا السوائل أو المواد الصلبة المتوهجة أو الغازات المتوهجة شديدة الانضغاط. أما الطيف الناتج عن غازات غير مضغوطة، فينطوي على خطوط مضيئة عند أطوال موجية معينة. ويُعرف هذا الطيف بطيف الانبعاث. وتسمى الخطوط فيه خطوط الانبعاث. تتوقف الأطوال الموجية للخطوط المرئية على العنصر الذي تتم ملاحظته لأن لكل عنصر طيف انبعاث مميّز.

تأكد من فهم النص هو الطيف المستمر وطيف الانبعاث.

ينجم عن ضوء الشمس طيف تظهر فيه سلسلة من الحزم الداكنة. وتظهر هذه الخطوط الطيفية الداكنة بسبب العناصر الكيميائية المختلفة التي تمتص الضوء عند أطوال موجية معينة. لذا يُعرف هذا الطيف بطيف الامتصاص. وتسمى الخطوط خطوط الامتصاص. يحدث الامتصاص بسبب وجود غاز درجة حرارته منخفضة أمام مصدر ينبعث منه طيف مستمر. أما النمط الذي تظهر فيه خطوط الامتصاص الداكنة لعنصر ما، فهو النمط ذاته الذي تظهر فيه خطوط الانبعاث المضيئة للعنصر نفسه. وهكذا، فمن خلال المقارنة بين الأطياف التي يحصل عليها في المختبر للغازات المختلفة مع الخطوط الداكنة التي تظهر في الطيف الشمسي، يمكننا أن نتعرّف على العناصر التي تتكون منها الطبقات الخارجية للشمس. ستجري بعض التجارب للتعرف على الخطوط الطيفية في قسم «تجربة في علم الأرض» في نهاية هذه الوحدة.

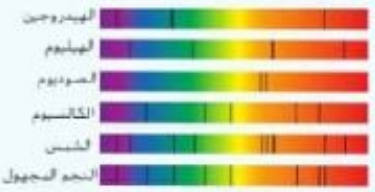
مساحة لتحليل البيانات

استنادًا إلى دراسات*

تفسير البيانات

هل يمكنك تحديد العناصر التي يتكون منها نجم ما؟

يدرس علماء الفلك تركيب النجوم عن طريق ملاحظة أطياف الامتصاص الخاصة بها. فكل عنصر في الطبقة الخارجية للنجم ينتج مجموعة محددة من الخطوط في طيف الامتصاص لذلك النجم. ومن خلال نمط الخطوط، يستطيع علماء الفلك تحديد العناصر الموجودة في النجم.



التحليل

1. ادرس أطياف العناصر الأربعة.
2. ادرس الأطياف الناتجة عن كل من الشمس والنجم المجهول.
3. لكي تتعرف على العناصر الموجودة في الشمس والنجم المجهول، استخدم مسطرة لتساعدك في مطابقة الخطوط الطيفية مع العناصر المعروفة.

فكّر بشكل ناقد

4. **حدّد** العناصر الموجودة في الجزء الخاص بطيف الامتصاص للشمس.
5. **حدّد** العناصر الموجودة في طيف الامتصاص الخاص بالنجم المجهول.
6. **حدّد** العناصر الموجودة في كلا النجمين.

*James B. Kaler, Professer Emeritus of Astronomy, University of Illinois, 1998.

التدريس المتمايز

ضعاف البصر لتوضيح الفرق بين أطياف الانبعاث وأطياف الامتصاص، استخدم مادتين لهما نسيجان مختلفان مثل ورق الصنفرة واللباد. ولتوضيح أطياف الانبعاث، اقطع أشرطة طويلة ورفيعة من اللباد وضعها على شكل خطوط فوق ورق الصنفرة. ثم أخبر الطلاب أن اللباد الرقيق يمثّل الانبعاث، حيث يوجد لون، في حين أن ورق الصنفرة يمثّل الأماكن التي ليس فيها لون. كرر هذا النشاط. لكن مع صنع الأشرطة في هذه المرة من ورق الصنفرة. وأخبر الطلاب مجددًا أنّ ورق الصنفرة يمثّل الأماكن التي ليس فيها لون (خطوط الامتصاص). بينما يمثّل اللباد الأماكن التي فيها لون (الخلفية).

Scanned by CamScanner

3 التقويم

التأكد من الفهم

نشاط كلّف الطلاب بإنشاء رسم توضيحي يلخصون فيه أنواع الإشعاع الكهرومغناطيسي من الشمس. ينبغي أن يحدد الطلاب الطبقة التي ينبعث منها كل نوع.

إعادة التدريس

قارن وقابل اطلب من كل طالب أن يرتّب الطبقة الضوئية والطبقة اللونية والهالة بحسب الحجم ودرجة الحرارة. من الأعلى حجمًا إلى الأقل حجمًا: الهالة ثم الطبقة اللونية ثم الطبقة الضوئية؛ ومن درجة الحرارة الأعلى إلى الأدنى: الهالة، الطبقة اللونية، الطبقة الضوئية

التقويم

مهارة اطلب من الطلاب أن يقارنوا بين الحمل الحراري في الشمس وفي الأرض. إنّ الحمل الحراري عبارة عن آلية انتقال الطاقة الحرارية في الطبقات الخارجية لباطن الشمس. بالمثل، يكون الحمل الحراري مسؤولًا عن نقل الطاقة الحرارية على الأرض.

الشكل 8 تتكون كتلة الشمس بصورة أساسية من الهيدروجين والهيليوم، إلى جانب كميات صغيرة من العناصر الأخرى.

تركيب الشمس

رغم أن العلماء لم يتمكنوا من أخذ عينات من الشمس مباشرة، إلا أنهم استطاعوا أن يعرفوا الكثير عن تركيبها من خلال أطيافها. فباستخدام خطوط أطياف الامتصاص، وكأنها بصمات أصابع، استطاع علماء الفلك أن يتعرفوا على العناصر التي تتكون منها الشمس. وقد حددوا ستين عنصرًا، أو أكثر، على أنها من مكونات الشمس. تتكون كتلة الشمس بصورة أساسية من الهيدروجين (H) بنسبة 71.0 بالمئة تقريبًا من حيث الكتلة، ومن الهيليوم (He) بنسبة 27.1 بالمئة. بالإضافة إلى كمية صغيرة من عناصر أخرى. كما يظهر في **الشكل 8**. وهذا التركيب شبيه بتركيب كواكب الغازية العملاقة. كما إنه يشير إلى أن الشمس والكواكب الغازية تمثل تركيب السحابة النجمية التي تكون منها النظام الشمسي. وفي حين الكواكب الأرضية فقدت معظم الغازات الخفيفة، فإن تركيب العناصر ظلة فيها قد تأثر على الأرجح من نواتج تفاعلات مصدرها نجوم تلاشت زمن سحيق ساهمت في تكوين السحابة النجمية.

يمثل تركيب الشمس تركيب المجرة بأكملها. فمعظم النجوم تحوي نسبًا من العناصر تشبه تلك التي تنطوي عليها الشمس. كما إن الهيدروجين والهيليوم هما الغازان الأكثر شيوعًا بين النجوم وفي بقية الكون. وحتى النجوم البتلاشية، إذ تحتوي على الهيدروجين والهيليوم في طبقاتها الخارجية. لأن مستويات درجة حرارتها الداخلية قد لا تدمج إلا حوالي 10 بالمئة فقط من ذرات الهيدروجين وتحوّله إلى هيليوم. تجدر الإشارة إلى أن كل العناصر الأخرى موجودة بكميات صغيرة مقارنة بالهيدروجين والهيليوم. وكلّما ازدادت كتلة نجم ما في بدايته، ازداد عدد العناصر الثقيلة التي تصنعها في حياته. لكن كما ستقرأ في هذه الوحدة، ثبة مراحل وتتابع نقط لتلاشي النجم. فمع تلاشي النجوم، يعود ما يقارب 50 بالمئة كتلتها إلى الفضاء، ليدخل في تكوين أجيال جديدة من النجوم والكواكب.

القسم 1 مراجعة

ملخص القسم

- الشمس معظم كتلة النظام الشمسي.
- إن متوسط كثافة الشمس يساوي تقريبًا متوسط كثافة الكواكب الغازية العملاقة.
- للشمس غلاف جوي مؤلف من طبقات.
- يسبب المجال المغناطيسي للشمس في تشكل البقع الشمسية وغيرها من مظاهر النشاط الشمسي.
- ينتج كل من طاقة الشمس وتركيبها عن اندماج الهيدروجين وتحوّله إلى هيليوم.

إتقان المفاهيم الرئيسة

1. **الفكرة الرئيسة** حدد السمات التي تشترك فيها الشمس مع النجوم.
2. **فسّر** طبيعة الطبقات الخارجية للغاز فوق السطح المرئي للشمس.
3. **صنّف** الأنواع المختلفة للأطياف وفقًا لطريقة تكوّنها.
4. **فسّر** عملية الاندماج النووي داخل الشمس.
5. **قارن** بين تركيب الشمس المبيّن في **الشكل 8** وتركيب الكواكب الغازية العملاقة.

التفكير الناقد

6. **استدلّ** على تأثير الشمس في الأرض في حال لم يكن لهذه الأخيرة مجال مغناطيسي.
7. **اربط** بين دورة النشاط الشمسي وكل من الشواظات والتوهجات الشمسية.

الكتابة في علم الأرض

8. أنشئ منشورًا ثلاثي الطيات يربط بين طبقات الشمس وخصائصها.

حقوق الطبع والتأليف © مجموعة ماكجرو هيل للتعليم

القسم 1 مراجعة

1. من سمات الشمس الموجودة في النجوم بوجه عام وجود الطبقات (اللّب والهالة والطبقة اللونية والطبقة الضوئية) وحالة البلازما والرياح الشمسية والبقع الشمسية والمجال المغناطيسي والثقوب الإكليلية والتوهجات الشمسية. كما أن تركيب الشمس المؤلف من الهيدروجين والهيليوم والكميات الصغيرة من العناصر الأخرى هو التركيب ذاته للنجوم الأخرى.
2. تبلغ درجة حرارة السطح المرئي من الشمس، الذي يسمى الطبقة الضوئية، حوالي 5800 K. وتتواجد فوقه الطبقة اللونية التي يبلغ سمكها حوالي 2500 km ويبلغ متوسط درجة حرارتها حوالي 15,000 K. كما تتواجد أيضًا فوق هذه الطبقة هالة تتراوح درجة حرارتها من 3 إلى 5 ملايين كلفن.
3. تنشأ الأطياف المستمرة عن جسم صلب أو سائل أو غاز كثيف ساخن. أما خطوط الانبعاث، فتنشأ من غاز ساخن منخفض الكثافة. وتنشأ خطوط الامتصاص من غاز بارد أمام مصدر مستمر ساخن.
4. إنّ الاندماج النووي هو الجمع بين نواتين خفيفتين لتكوين نواة أثقل وتجتمع في الشمس نواتا هيدروجين لتكوين نواة هيليوم. ونظرًا إلى كتلة ذرة الهيليوم أقل من مجموع كتلتي نواتي الهيدروجين، ينطلق الفرق في صورة طاقة.
5. تتكون الشمس من 71.0% من الهيدروجين و27.1% من الهيليوم (98.1%). أما الكواكب الغازية العملاقة، فتتكون في المتوسط من 87% من الهيدروجين و12% من الهيليوم (99%).
6. ستتضرر أنظمة الاتصال الإلكترونية من الجسيمات المشحونة المنبعثة من الرياح الشمسية. أما أشكال الحياة على الأرض، فإما أنها ستتكيف أو ستموت.
7. تتكوّن الشواظات والتوهجات الشمسية بسبب المجال المغناطيسي للشمس. ومع تغيّر قطبية الشمس، تحدث تغيرات في دورة النشاط الشمسي وبالتالي تتغيّر أعداد وأحجام الشواظات والتوهجات الشمسية.
8. افحص النشرات التي يُعدّها الطلاب للتأكد من دقتها.

Scanned by CamScanner