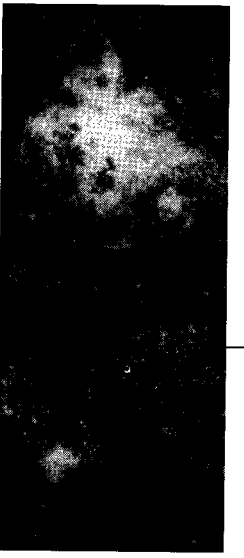
4

الشمس



ها إنكِ تبزغين بديعة وضّاءة في أفق السماء أيتها الشمس المضطرمة التي بدأت بك الحياة!

أخناتون (نحو 1386 ـ 1358ق.م)
«Hymn to the Sun»

الأهداف:

- إيراد بعض الأسباب التي حملت علماء الفلك المحْدَثين على دراسة الشمس.
- تعريف الثابت الشمسي، وبيان أهمية معرفةِ كونه ثابتاً بالفعل مع الزمن.
- تعريف الواحدة الفلكية.
- وصف عملية تكوُّن الشمس، وبيان خصائصها وحركاتها، باعتبارها نجماً.
- الإشارة إلى بنية الشمس، وتعريفُ الإكليل الشمسي، والكرة الكونيَّة، والكرة الضوئيَّة، ومنطقة الحَمْل، ومنطقة الإشعاع، ولبّ الشمس.
- وصف دوران الشمس وحقلها المغنطيسي.
- إيراد الأبعاد الماديّة الأساسية للشمس.

- ذكر بعض الوسائل والتكنولوجيات الحديثة المتَّبعة في دراسة الشمس.
- تعرُّف منشأ البقع الشمسية (الكَلَف الشمسي) وخصائصها وطبيعتها الدوريّة، وبيان علاقة التغيُّرات التي تطرأ على الكَلَف الشمسي بالفعالية الشمسية.
- مقارنة منشأ وطبيعة الحُبَيْبات الشمسية والصَّياخِد واللَّطْخ وألسنة اللَّهب والشُّواظ.
- بيان منشأ الريح الشمسية وطبيعتها.
- إيضاح لغز النيوترينوات الشمسية المفقودة.

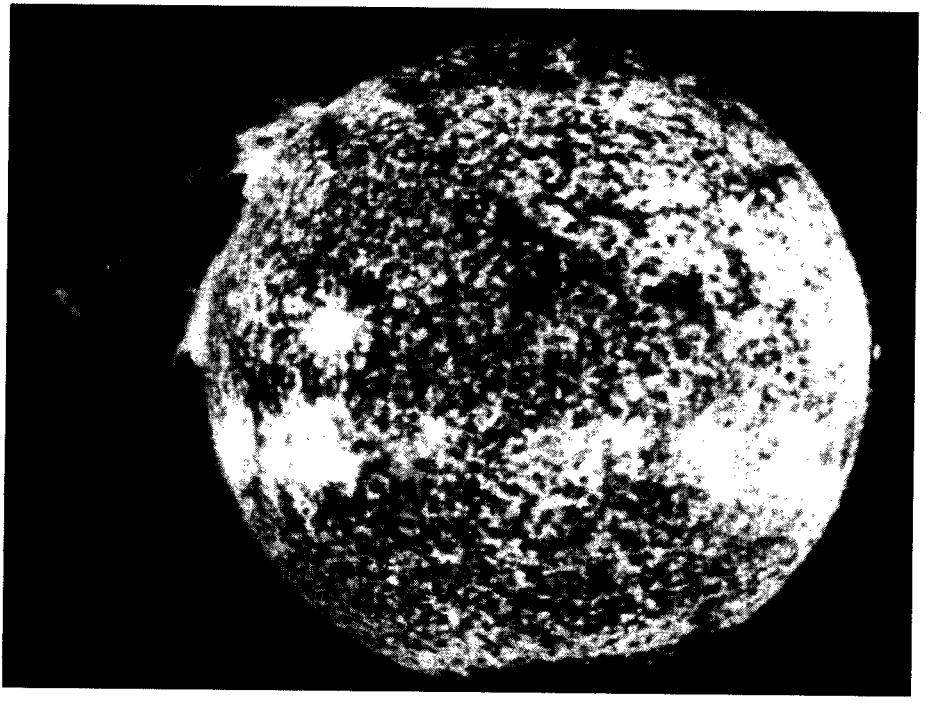
1.4 الشمس والأرض

الشمس أقربُ النجوم إلى الأرض؛ فهي تمدُّنا بالضوء والحرارة والطاقة اللازمة للحياة.

وقد ذهبت الشعوبُ القديمةُ إلى أن تتَّخذ من الشمس معبوداً لها باعتبارها آلهةً تَهَبُ الحياة، فأطلقوا على الشمسِ الآلهةِ أسماءً منها آتون Aton وأپولو Apollo وهليوس Helios وسول Sol. أما اليوم فيدرس العلماءُ الشمسَ كنجمٍ ذي أهمية كبرى للأرض، وكمفتاحٍ لإدراك كُنْهِ النجوم النائية التي يتعذَّر رصدها عن كثب.

إن الخَرْج الإجماليَّ لطاقة الشمس هائلٌ حقاً؛ فضيائيَّة الشمس Sun's luminosity ($L_\odot$) تبلغ $3{,}85 \times 10^{26}$ واط، وهي طاقةٌ لا تكاد تنضب على الزمان. حَسْبُكَ أن تعلم أن كمية الطاقة الشمسية التي تنسكب على الغلاف الجوّي الخارجي للأرض كلَّ ثانية تناهز 1400 واط/م2 (أي 126 واط/قدم2)، وتسمّى الثابت الشمسي solar constant، وأن هذه الكمية من الطاقة تتيح من الحرارة والضوء في غضون أسبوعٍ واحد ما قد يتيحه كاملُ ذخرِنا الاحتياطي المعلوم مجتَمِعاً من النفط والفحم والغاز الطبيعي.

وشمسُنا ديناميةٌ ومتأجِّجة (الشكل 1.4)، وهي ذات نشاط استثنائي مفرط حيناً وهادئ نسبيّاً حيناً آخر. ومن شأن هذه التغيُّرات في خرج الطاقة الشمسية أن تؤثِّر في مناخ الأرض وجوِّها وأحوال الطقس فيها، فضلاً على تأثيرها في منظومات نقل الطاقة ونُظُم الاتصالات الحديثة. ويَرصد العلماءُ هذه التغيُّرات ليتبيَّنوا ـ على وجه الدقة ـ كيف تؤثِّر الشمسُ في الأرض.



الشكل 1.4 الفعالية الشمسية. ألسنةُ لهب وشواظٌ عظيم قوسيّ الشكل، صُوِّرت براسم الطيف الشمسي فوق البنفسجي المرتبط بمختبر الفضاء الأمريكي Skylab في ضوءٍ من الهليوم المتأيِّن. لسانُ اللهب الهائل الذي يظهر في الجزء العلوي الأيسر من الصورة يمتد مسافةً تزيد على 588،000 كم على سطح الشمس.

اذكر ثلاثةً من الأسباب التي تدعو العلماءَ اليوم، فلكيِّين وفيزيائيِّين ومهندسين، إلى استعمال أكثر التقنيات تطوُّراً في تحديد الطبيعة الحقيقية للشمس.

(1) .....

.....

(2) .....

.....

(3) .....

.....

الجواب:

(1) الشمس مصدرٌ لا يكاد ينضب للطاقة الحالية والمستقبلية الكامنة، وهي إلى جانب ذلك مصدرٌ مجانيٌّ مرسَلٌ وخالصٌ من التلوُّث!

(2) الشمس هو النجم الوحيد القريب منّا نسبياً بما يكفي لرصده ودراسته بإسهاب، ولذلك يتَّخذه علماءُ الفلك إماماً لتعرُّف ماهية نجومٍ أخرى.

(3) تؤثِّر التغيُّرات التي تطرأ على خَرْج الطاقة الشمسية في مناخ الأرض وجوِّها وطقسها، وكذلك في منظومات نقل الطاقة والاتصالات.

2.4 بُعد الشمس وحجمها

يسمى متوسط البُعد بين الأرض والشمس في المصطلح العلمي الواحدة الفلكية astronomical unit (AU)، وهو يناهز 150 مليون كيلومتر (93 مليون ميل).

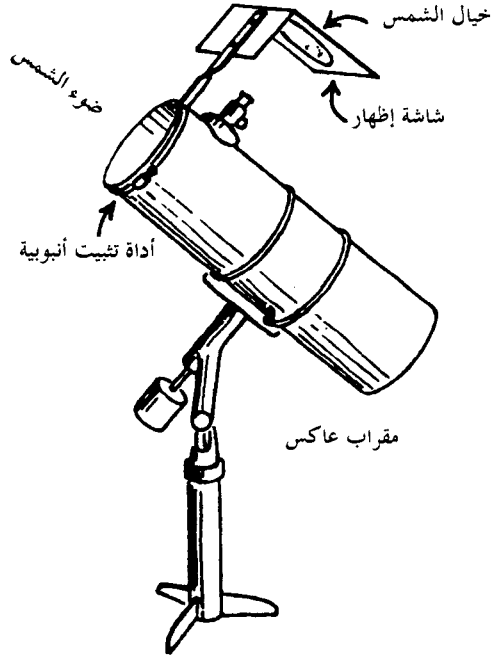
ويحسُب الفلكيون هذا البُعد من معطيات كوكبية توفّرها لهم تقنيات المدى الراداري. وهو يستعملون الواحدة الفلكية مقياساً للمسافات في المجموعة الشمسية (الجدول 1.8).

والشمس كرةٌ غازيةٌ هائلة، نرى طبقتها السطحيةَ في السماء. ويبلغ

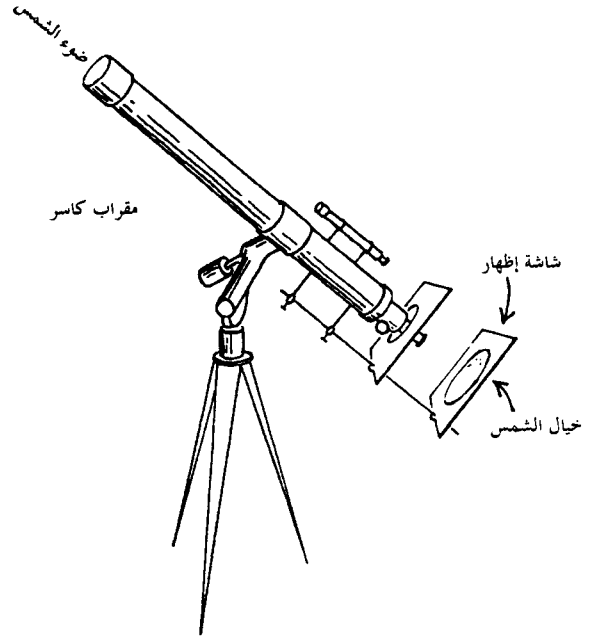
نصفُ قطرها (R⊙) radius نحو 696،000 كم (432،000 ميل). ومن الأرض يتوهَّم الناظرُ أن القطرَ الزاويَّ للشمس Sun's angular diameter وهو (32 أو قرابة $\frac{1}{2}°$) يساوي قطرَ القمر بدراً. ويحدث هذا الانخداع البصري بسبب كون الشمس أبعد عن الأرض من القمر 400 مرة.

تنبيه: إن رصدك للشمس مباشرةً من غير اتخاذ الاحتياطات اللازمة قد يتسبَّب في فقدانك لبصرك طوال حياتك! فحذار أن تنظر إلى الشمس بصورة مباشرة، أو من خلال جهازٍ بصريٍّ ما لم يكن مزوَّداً بمرشِّحات شمسية خاصة تغطي كامل الفتحة حسب الأصول.

ومن الأساليب السليمة في رصد الشمس إسقاط خيالها على شاشة، والنظر إلى خيال الشمس فقط من على الشاشة (الشكلان 2.4 و 3.4).



الشكل 2.4 خيال الشمس بإسقاطه على شاشة إظهار تقع خلف عينيَّة مقراب عاكس صغير. لتجنُّب النظر إلى الشمس في أثناء توجيه المقراب يُستعان بظلِّ المقراب على الشاشة كدليل.



الشكل 3.4 خيال الشمس بإسقاطه على شاشة إظهار تقع خلف عينيّة مقراب كاسر صغير. لتجنُّب النظر إلى الشمس في أثناء توجيه المقراب يُستعان بظلِّ المقراب على الشاشة كدليل.

كم دقيقة تقريباً يستغرق ضوءُ الشمس لكي يقطع واحدةً فلكيةً واحدة؟ (استفد من أن المسافة = السرعة x الزمن)، ومن ثم الزمن = المسافة / السرعة).

الجواب: 8,3 دقائق تقريباً. (وهذا يعني أنه لو توقَّفت الشمسُ عن السطوع، لما علمتَ بذلك إلا بعد مرور 8,3 دقائق).

طريقة الحل: سرعة الضوء ≈ 300،000 كم/ثا (186،000 ميل/ثا)

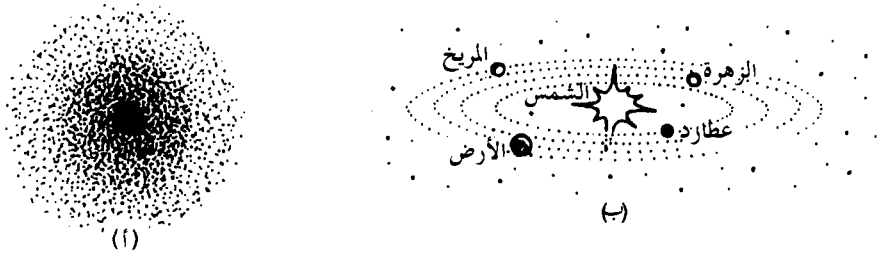
$$\frac{\text{150,000,000 كم}}{\text{300,000 كم/ثا}} = \frac{\text{93,000,000 ميل}}{\text{186,000 ميل/ثا}}$$

= 500 ثانية أو 8,3 دقائق

3.4 تركيب الشمس

تقول النظريةُ السَّديميةُ nebular theory، التي عَرَضَها أولاً الفيلسوفُ الألماني عمانويل كانْت Immanuel Kant (1724 ـ 1804)، إن الشمسَ وكواكبها قد تكوَّنت معاً من سحابة غازيّة وغبارية بَيْنجميَّة دوّارة تسمّى السَّديم الشمسي solar nebula منذ نحو خمسة مليارات سنة خلت.

تكثَّفَ السديمُ الشمسيُّ متحوِّلاً إلى الشمس الفتيّة التي يكتنفها قرصٌ دوّارٌ من الغاز والغبار، تولَّدتْ عنه الكواكبُ والأقمارُ وسائر أجرام المنظومة الشمسية (الشكل 4.4). وتستأثر الشمسُ بأكثر من 99 في المئة من كتلة المنظومة الشمسية، وتوفِّر القوةَ التثاقلية التي تبقي على الكواكب طوّافةً من حولها، إذ تزيد ثقالتُها السطحيةُ على ثقالة الأرض نحواً من 28 ضعفاً.



الشكل 4.4 نظرية السديم الشمسي. (أ) سديمٌ دوّار تكثَّفَ فتحوَّل إلى الشمس يحيط بها قرصٌ متقلِّص. (ب) ولادة المنظومة الكوكبية.

يُعرَف اليومَ أكثرُ من 70 عنصراً كيميائياً chemical elements في طيف الشمس. ويُرجَّح أن لطبقات الشمس الخارجية التركيبَ الكيميائيَّ نفسَه الذي كان لها عند ولادتها، وهو: 73 في المئة هيدروجين، و25 في المئة هليوم، و2 في المئة عناصر أخرى (وزناً). وأغلب الظن أن محتوى لبّ الشمس من الهليوم قد تغيَّر فيما بعدُ ليصبح 38 في المئة، وذلك بفعل تفاعلات اندماجٍ نوويّ.

مالذي يدعو علماء الفلك إلى الاعتقاد بوجود نجومٍ أخرى تدور حولها كواكب؟ .....

.....

.....

الجواب: وفقاً للنظرية السديمية، وُلدت الكواكبُ الطوّافةُ حول الشمس مع نجمها في وقت واحد. ولما كانت الشمسُ نجماً نموذجياً، فمن المحتمل أن نجوماً أخرى مشابهة قد وُلدت أيضاً في وقت واحد مع مجموعة من الكواكب.

4.4 بنية الشمس

إن تصوُّرنا لبنية الشمس ناشئٌ عن أرصاد مباشِرة لطبقاتها الخارجية، إضافةً إلى حساباتٍ نظرية غير مباشِرة لسلوك الغازات في أعماقها، ذلك الذي لا نستطيع أن نراه.

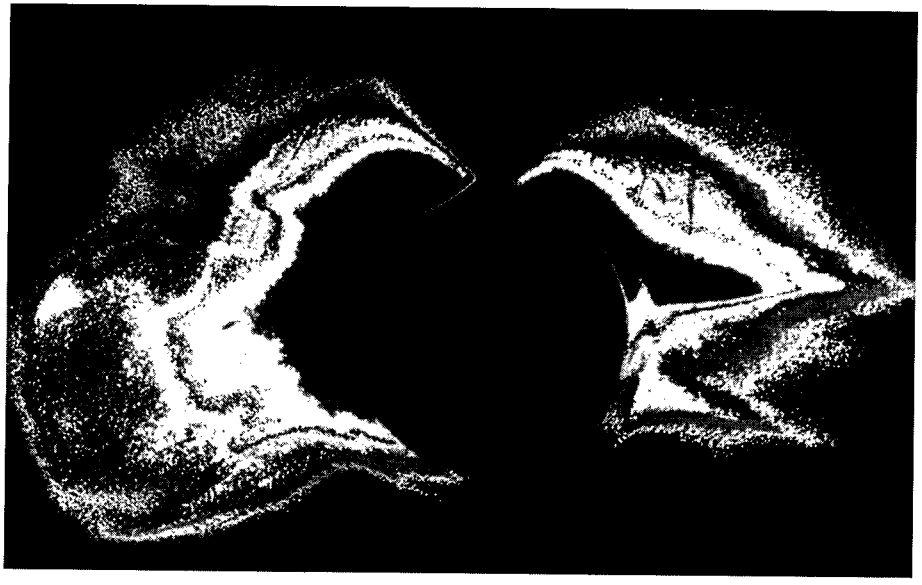
تؤلِّف الطبقاتُ الخارجيةُ الثلاثُ الغلافَ الجويَّ atmosphere للشمس.

فالغلاف الضوئي photosphere (من تعبير يوناني معناه «كرة الضوء») هو السطح المرئيُّ للشمس: طبقةٌ رقيقةٌ كامدةٌ من غازٍ حارٍّ تبلغ درجة حرارته 5800 كلفن (10،000° فارنهايتية) تنطلق الطاقةُ منها في الفضاء. أما الحافَة limb فهي الطرفُ المرئي من قرص الشمس، وتبدو أكثر دكنةً من المركز، وهي ظاهرة تسمّى مفعول الحافة القاتمة limb darkening، لأن الضوء الآتي من الحافة ينشأ عن مناطقَ عالية وباردة من الغلاف الضوئي.

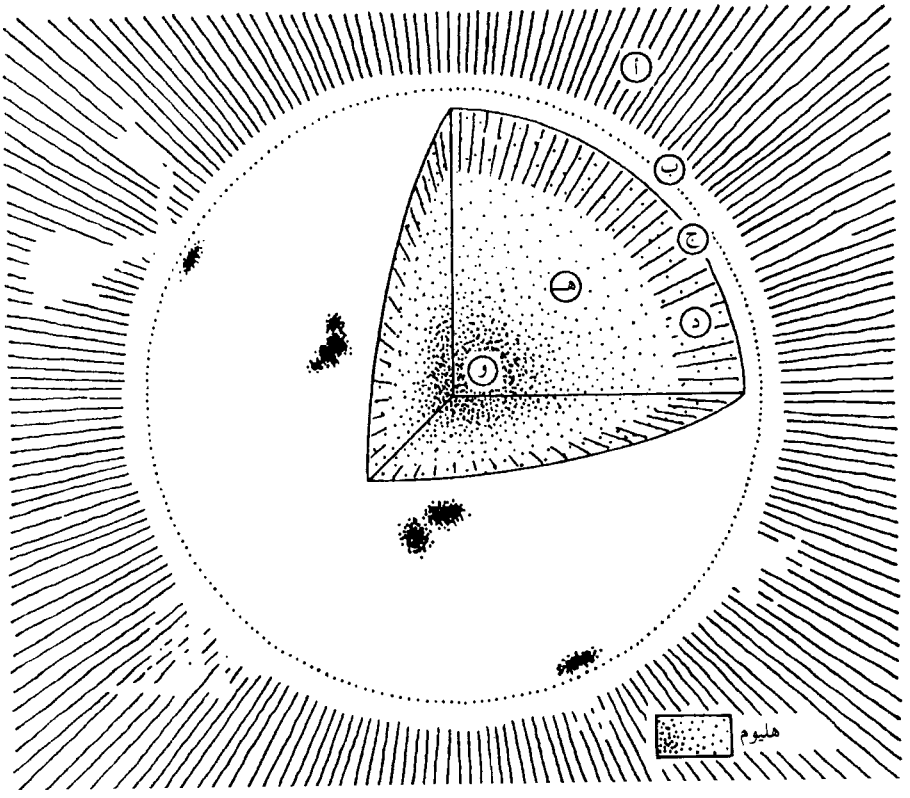
أما الغلاف اللوني chromosphere (يونانية تعني «كرة اللون») فهو طبقةٌ شفافةٌ رقيقةٌ تمتد زهاء 10،000 كيلومتر (6000 ميل) فوق الغلاف الضوئي، ولا تكون مرئيةً في العادة من الأرض إلا في أثناء كسوف كلّيٍّ للشمس،

عندما تتوهَّج بلون أحمر بسبب غاز الهيدروجين فيها. يجدر بالذكر أن درجة الحرارة ترتفع ارتفاعاً غير متوقَّع نحو الخارج عبر الغلاف اللوني، إذ يبلغ وسطي درجة حرارة المادة فيه قرابة 15،000 كلڤن.

وأما الإكليل corona (كلمةٌ لاتينية بهذا المعنى) فهو الطبقةُ الخارجية من الغلاف الجوي الشمسي، فوق الغلاف اللوني مباشرة، ويتألف من غاز حارٍّ ومتخلخل يمتد في الفضاء ملايين الكيلومترات. وبسببٍ من درجة حرارتها العالية ـ التي تصل إلى مليونَيْ كلڤن عند الحافة الشمسية ـ يبدو الإكليلُ ساطعاً عند الأطوال الموجيَّة السينيّة. ويُرى بجلاء تامٍّ، في أثناء حوادث الكسوف الكلّي، على شكل هالةٍ بيضاءَ مثلَّمةٍ تحيط بالغلاف الضوئي المستتر مدةً وجيزة (الشكل 5.4).



الشكل 5.4 يمتد الإكليلُ الشمسي نحو الخارج ملايين الكيلومترات في هذه الصورة التي التقطها راسم الإكليل الشمسي الملحق بمختبر الفضاء الأمريكي (سكاي لاب)، في أثناء حادثة كسوفٍ كلّي. (طوّعت الصورُ لإظهار مستويات السطوع).



الشكل 4.6 مناطق الشمس.

وفي ما تحت الغلاف الضوئي يقع باطن الشمس interior. ويقدِّر العلماءُ النظريّون أن درجةَ الحرارة ترتفع والكثافةَ تزداد من السطح باتجاه الداخل، فليس من العناصر المعروفة ما يمكنه البقاء صلباً أو سائلاً في درجات الحرارة الشمسية المفرطة. من هنا فلا بدَّ من أن تكون الشمسُ برمَّتها مؤلَّفةً من غازات حارّة جداً.

ترتفع درجةُ الحرارة في أعماق جوف الشمس إلى 15 مليون كلفن، ويرتفع الضغطُ هناك إلى 200 مليار وحدة ضغط جوّي، والكثافة إلى ما

يتجاوز كثافة الماء مئة مرة أو يزيد. ويُعَدُّ اللبّ core بمنْزلة «محطة» لتوليد الطاقة، حيث تتولَّد الطاقةُ الشمسية نتيجةً لتفاعلات الاندماج النووي (الفقرة 5.5). وهناك يتحوَّل الهيدروجين إلى هليوم.

هذه الطاقةُ الشديدةُ المتحرِّرة في لبِّ الشمس توفِّر الحرارةَ في باطنها، والضغطَ الكافي لموازنة قوةِ الجذب الثقالي الداخلية، وهي تنتقل ببطءٍ نحو الخارج. ويجري امتصاص الفوتونات وإصدارها من جديد مرةً بعد مرة عند مستويات طاقةٍ منخفضة داخل ما يسمى بمنطقة الإشعاع radiation zone المتراصّة.

ومن هناك، تقوم تياراتٌ غازيةٌ دوّارةٌ في منطقة الحَمْل convection zone بنقل معظم الطاقة على شكل حرارة إلى الطبقات الخارجية. ينقضي نحو 20 مليون عام قبل أن يتمَّ انتقالُ الطاقةِ المتولِّدةِ في اللبّ إلى السطح، لتتحوَّل إلى أشعة شمسية.

سَمِّ مناطقَ الشمسِ الموسومةَ بحروف على الشكل 6.4.

(أ) .....؛ (ب) .....؛ (ج) .....؛ (د) .....؛
(هـ) .....؛ (و) .....

الجواب: (أ) الإكليل؛ (ب) الغلاف اللوني؛ (ج) الغلاف الضوئي؛
(د) منطقة الحمل؛ (هـ) منطقة الإشعاع؛ (و) اللُّبّ.

5.4 دوران الشمس

الشمسُ دائبةُ الدوران حول محورها في الفضاء، من الغرب إلى الشرق، تماماً كما الأرض. إلا أن ثمة فرقاً: فالأرض كلُّها ـ وحدة متكاملة ـ تُتِمُّ دورةً كاملةً في مدة يوم، على حين لا تدور الشمسُ كلُّها كوحدة متكاملة بمعدَّل سرعة واحد.

فالدَّوْر المحوريّ period of rotation، أو المدة اللازمة لأداء دورة

كاملة، هو أسرع ما يكون عند خط استواء الشمس (يستغرق نحو 25 يوماً)، ويتباطأ عند خطوط العرض المتوسطة، وهو أبطأ ما يكون عند القطبين (زهاء 35 يوماً). إن نموذجَ الدوران الغريب هذا يؤثر ـ على الأغلب ـ في الفعالية العنيفة التي تحدث في الشمس، والتي سنتناولها بالدرس في سياق الفقرات التالية.

كيف يمكن لأجزاء مختلفة من الشمس أن تدور بمعدَّلات سرعة مختلفة، مقابل الأرض التي تنجز ـ بكاملها ـ دورةً تامةً في يومٍ واحد؟

.....

الجواب: الشمس كرةٌ غازية لا كتلةً صلبةً مصمتة كالأرض.

6.4 معطيات

لَخِّص ما اجتمع لديك من معطيات تتَّصل بخصائص الشمس، عن طريق مَلْء الجدول المرجعيّ 1.4.

الجواب:

(أ) 150 مليون كم (93 مليون ميل) تقريباً؛ (ب) 32′؛

(ج) 1،390،000 كم (864،000 ميل)؛ (د) 2×10^{30} كغ؛

(هـ) 1,4 غ/سم3؛ (و) 1400 واط/م2 (126 واط/قدم2)؛

(ز) 3.85×10^{26} واط؛ (ح) زهاء 5800 كلڤن؛ (ط) G2؛ (ي) 26,72 ـ ؛

(ك) 4,8؛ (ل) خط الاستواء: 25 يوماً تقريباً، القطبان: 35 يوماً تقريباً؛ (م) الطبقات الخارجية: نحو 73 في المئة هيدروجين، 25 في المئة هليوم و 2 في المئة أكثر من 70 عنصراً آخر وزناً؛

(ن) 28 مرة ثقالة الأرض السطحية أو 294 م/ثا^2

الجدول 1.4 خصائص الشمس

المقدار	طريقة القياس	القيمة
(أ) متوسط بُعدها عن الأرض	المدى الراداري للكواكب	.....
(ب) قطرها الزاويّ في السماء	مقراب شمسي	.....
(ج) قطرها	القطر الزاوي والبُعد	.....
(د) كتلتها	الحركات المدارية للكواكب	.....
(هـ) معدَّل كثافتها	الكتلة والحجم	.....
(و) الثابت الشمسي (الطاقة الشمسية الواردة إلى الأرض)	طائرة على ارتفاعٍ شاهق	.....
(ز) ضيائيتها	الثابت الشمسي والبُعد عن الأرض	.....
(ح) درجة حرارتها السطحية	الضيائية ونصف القطر	.....
(ط) صنفها الطيفي	راسم الطيف	.....
(ي) قَدْرها الظاهري	مقياس الضوء	.....
(ك) قَدْرها المطلق	القَدْر الظاهري والبُعد عن الأرض	.....
(ل) دور دورانها	حركات البقع الشمسية؛ انزياح دوبلر	.....
(م) التركيب الكيميائي لطبقاتها الخارجية	طيف الامتصاص الشمسي	.....
(ن) ثقالتها السطحية	الكتلة ونصف القطر	.....

7.4 رصد الشمس

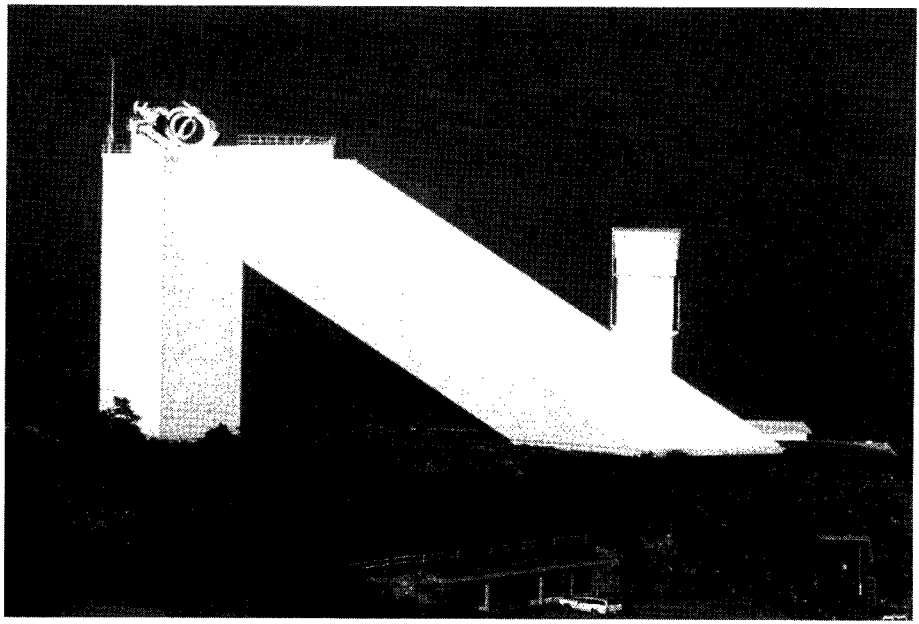
يستعين الفلكيون اليومَ بأجهزة وتقنيات متطوِّرة لرصد الشمس عن كثب وبصورةٍ أكثر تفصيلاً من أي وقت مضى.

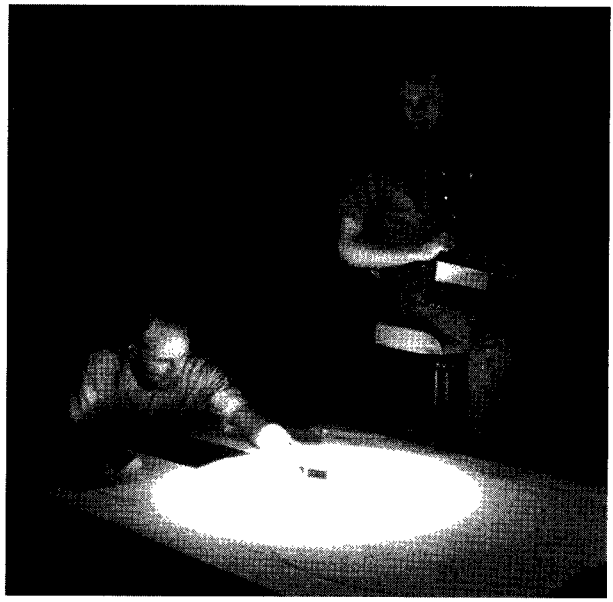
فعلى الأرض، تقوم مقاريب شمسيةٌ بصرية optical solar telescopes بتصوير السطح المرئي للشمس، بكل معالمه المتغيِّرة، فوتوغرافياً (الشكل 7.4). وهناك مجموعات (صفيفات) من المقاريب الراديوية radio telescopes العملاقة تَستقبل وتسجِّل الأمواجَ الراديوية من مختلف أجزاء الشمس. كذلك تَرصد المقاريبُ تحت الحمراء infrared telescopes الحافةَ الشمسيّةَ وتمثِّل البقعَ الشمسية.

وتُصَوَّر الشمسُ بالمرشِّحات اللونيّة وراسمات الطيف الشمسي spectroheliographs في ضوء مؤلَّف أساساً من طول موجيٍّ وحيد. والصُّوَرُ الطيفيةُ الشمسية spectroheliograms هي صُوَرٌ تُلتَقَط للشمس في ضوءٍ وحيد اللون ينتمي إلى غازٍ واحد كالهيدروجين أو الكالسيوم، وهي تُظهِر توزُّعَ الغازات المختلفة والظواهرَ الموضعية (الشكل 8.4).

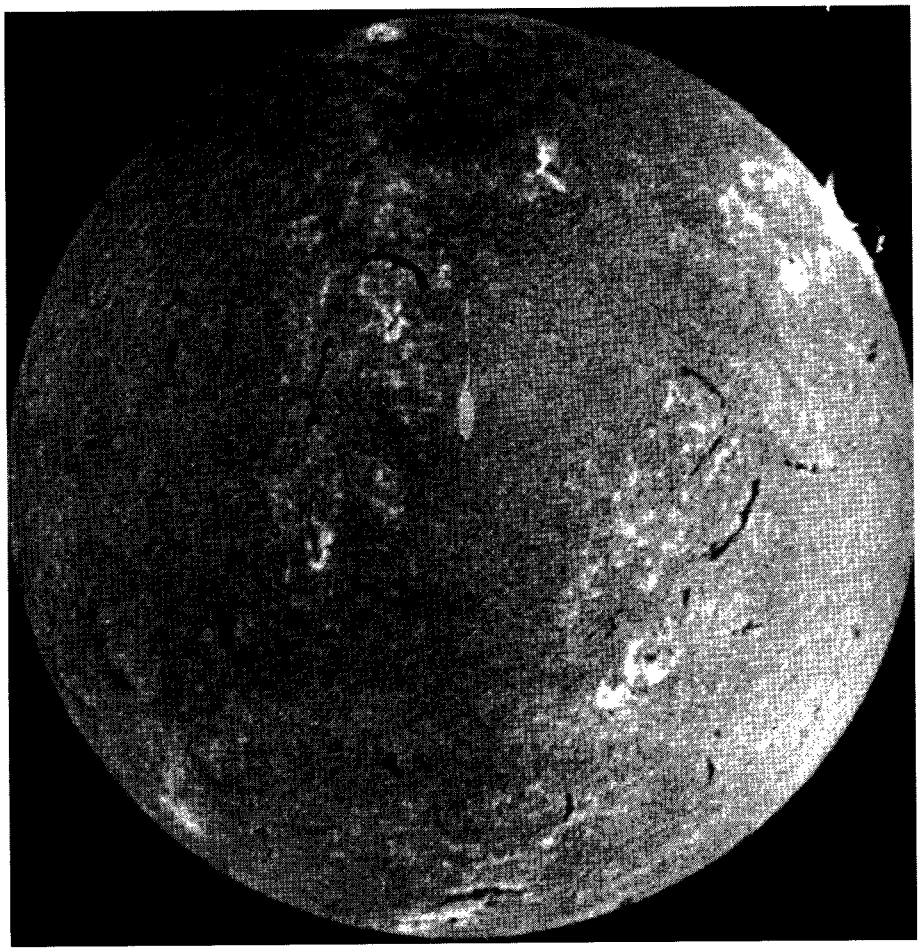
وفي الفضاء، تقوم الأجهزةُ الرصدية بمراقبة الشمس في أقسام الطيف الكهرطيسي كافةً، بغية الكشف عن سماتٍ شمسية، ومظاهرِ إشعاع، وجسيماتٍ، وحقولٍ يحجبها الغلافُ الجوّيُّ الأرضي في العادة. هذا على حين تَلتقط المقاريبُ فوق البنفسجية ultraviolet telescopes ، والمقاريبُ السِّينيَّة X-ray telescopes ، ومقاريبُ أشعة غاما - gamma ray telescopes وجميعها تعمل من على متن مركبات فضائية ـ صُوَراً لعملياتٍ طبيعية تجري في أشدّ مناطق الشمس حرارةً ونشاطاً.

لم يكن بالمستطاع فيما مضى رصدُ إكليل الشمس وغلافها اللوني رصداً مباشراً إلا في غضون بضع دقائق هي مدة حادثة كسوف كلّي، عندما





الشكل 7.4 (أ) مقراب R. R. McMath-Pierce الشمسي البصري بقطر 1,5 متر في كِتْ بيك. تعكِس مرآةٌ في الأعلى ضياءَ الشمس خلالَ أنبوبٍ طويلٍ منحدِر وصولاً إلى (ب) غرفة أنشئت في الجبل حيث يُجري علماءُ الفلكِ دراساتهم على صورة الشمس المنعكسة.



الشكل 8.4 صورة للشمس يبدو فيها لسان لهب كبيرٌ على الحافَة الشرقية، النُقطت في ضوء خطٍ طيفيٍّ للهيدروجين عند الطول الموجيّ 6563 أنغستروم.

يكون الغلافُ الضوئي، الذي هو أكثر سطوعاً، محجوباً. لكن علماء الفلك اليوم غير مضطرين أبداً للانتظار حتى حدوث واحدة من تلك الظواهر الطبيعية النادرة كيما يتمكنوا من إجراء رصْد من هذا النوع؛ فهم يستعملون لتصوير إكليل الشمس فوتوغرافياً ما يسمى راسم الإكليل الشمسي cronograph، وهو مقرابٌ مصمَّم لابتداع كسوفٍ زائف، يُستعمل على الأرض وفي الفضاء على حدٍّ سواء.

ما بين سنتي 1973 و 1974 تزوَّدَ روّادُ الفضاء بمجموعة مؤلَّفة من ثمانية مقاريب شمسية على متن محطة الفضاء الأمريكية سكاي لاب الطوّافة على ارتفاع 430 كم (270 ميلاً) فوق الأرض، فرصدوا الشمسَ رصداً شاملاً في أطوالٍ موجيَّة مرئيّة وسينيّة. وقد أتاح المقرابُ راسمُ الإكليل الشمسي المرتبطُ بالمحطة رصْدَ الإكليل مدةَ ثمانية أشهرٍ ونصف الشهر، مقارنةً بما لا يزيد على ثمانين ساعةً إجماليةً هي حصيلةُ مُدَدِ الرصد من مجموع حوادث الكسوف الطبيعية كلِّها منذ بدء استعمال التصوير الفوتوغرافي سنة 1839.

ودُرِسَت الاندفاعاتُ الشمسيةُ العنيفة في إطار المشروع الدولي حول السطوع الشمسي الأعظمي International Solar Maximum (1980-1981). وفي سنة 1985 استَكمَلَ الساتلُ الرَّبوطي الأمريكي المسمّى Solar Maximum Mission (SMM) أرصاداً بصريةً وفوق بنفسجية وسينيةً وغاميّةً غايةً في الأهمية تتعلق بألسنة اللهب الشمسي. وكان ذلك أول ساتل يقوم روّادُ الفضاء بإصلاحه في الفضاء. ولا جَرَم أن يحتاج الخبراءُ إلى سنوات لتحليل فيض معطيات الأرصاد الشمسية التي أجرتها منظوماتٌ متمركزةٌ في الفضاء.

ثم قامت مركبةُ الفضاء الرَّبوطية الأوروبية ـ الأمريكية المشتركة يوليسيز Ulysses برصد المناطق القطبية من الشمس، وحقولها المغنطيسية، ودفقات الإشعاع والجسيمات فيها، والبيئة في كل خطوط العرض الممكنة فيها. وكان ذلك بين سنتي 1994 و1998. ويُنتظَر أن تحلِّق يوليسيز ـ في رحلتها الثانية التي ستستغرق ستَّ سنوات ـ فوق قطبَي الشمس في أوقات تكون فيها الفاعليةُ الشمسيةُ أعظميةً.

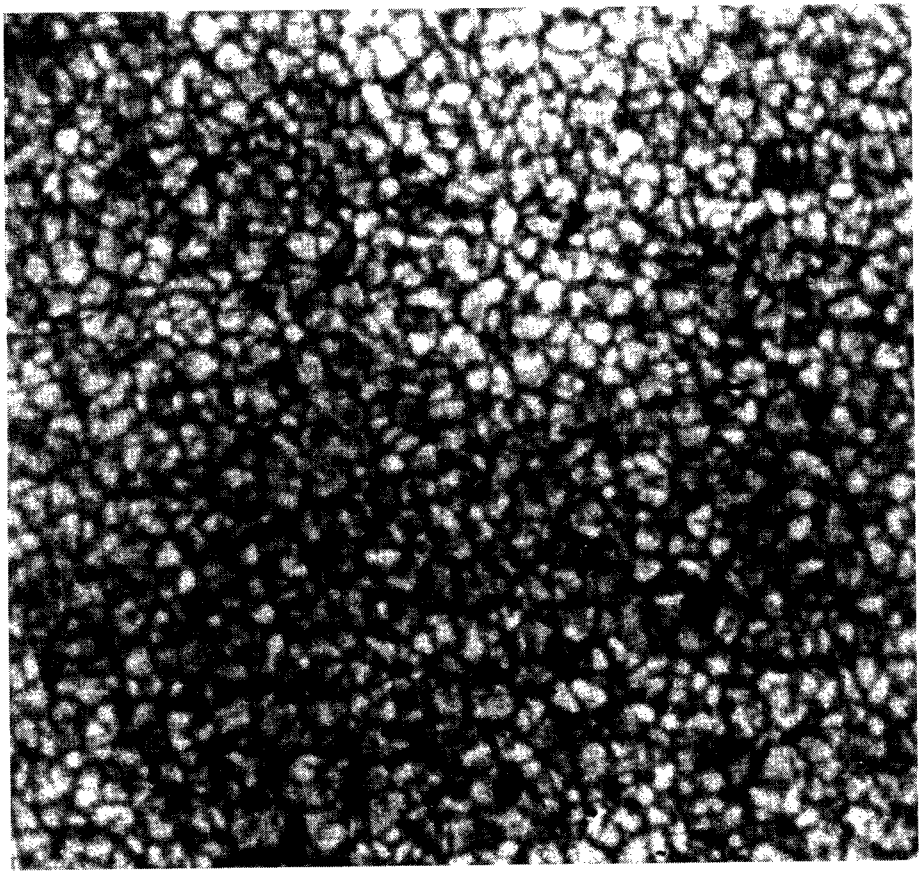
لماذا تظهر معالم مختلفةٌ للشمس في صُوَرٍ ملتقَطة في ضوء أطوالٍ موجيّة مختلفة كالضوء المرئي أو الأشعة فوق البنفسجية أو الأشعة السينيّة؟ (راجع الفقرة 10.2 عند الحاجة) .....

.....

الجواب: تتفاوت الأطوالُ الموجيَّة المتولِّدة باختلاف درجات حرارة المناطق الشمسية، حيث تسود أحوالٌ وفعالياتٌ مختلفة.

8.4 سطحٌ متأجِّج

تبدي المقاريبُ البصرية مظهراً حُبَيْبيّاً للغلاف الضوئي من الشمس يسمّى التحبُّب granulation، إذ توشّي قرصَ الشمس بقعٌ ساطعةٌ، تسمّى الحُبَيْبات granules، شبيهةٌ بحبّات الأرُزّ، ولا سيما في الصُّوَر العالية المَيْز high-resolution images (الشكل 9.4).



الشكل 9.4 الحُبَيبات الشمسية.

والحبَيْبات ـ التي هي خلايا قد يصل قطرها إلى 1000 كيلومتر (625 ميل) ـ هي في الواقع ذُرى تيارات متصعِّدة من غازات حارّة ناشئة عن منطقة الحمل. تدوم الحبيباتُ كلٌّ منها خمسَ دقائق في المتوسط، وتبدو أكثرَ سطوعاً من المساحات المعتمة المجاورة لها لأنها أشدُّ حرارةً بنحو 300 مرة. هذه المساحاتُ المعتمة هي تياراتٌ هابطةٌ من غازات أقلَّ سخونة.

تنتمي الحبَيْباتُ إلى ما يسمى الحبَيْبات الفائقة supergranules، وهي خلايا حَمْل convection cells قد يبلغ قطرها 300،000 كيلومتر (19،000 ميل) على قرص الشمس. تدوم الحبيباتُ الفائقة عدة ساعات، وتتميَّز بتدفُّق الغازات من مراكزها إلى أطرافها، إضافة إلى التيارات الغازية الشاقولية في الحبَيْبات.

وهناك ما يسمى اللُّسَيْنات الشمسية spicules، وهي نفثاتٌ من الغاز ربما يصل ارتفاعها إلى 10،000 كيلومتر (6000 ميل)، وقطرها إلى 1000 كيلومتر (600 ميل) تتصاعد كألسنة نارية داخل الغلاف اللوني حول أطراف الحبيبات الفائقة، على أنها سريعة التغيُّر، وتدوم من 5 إلى 15 دقيقة.

وقد تُرصَد قرب حافة الشمس رُقَعٌ سطحيةٌ بيضاء ساطعة تسمى الصَّياخِد faculae [واحدها: الصَّيْخَد]، والكلمة اللاتينية تعني: «المشاعل الصغيرة». وظهورها يؤْذِن باقتراب حدوث فعالية شمسية.

ما الذي يسبِّب التحبُّب؟ .....

الجواب: الغازات المتصاعدة من باطن الشمس الحارّ.

9.4 البُقَعُ الشَّمسية (الكَلَف)

البقع الشمسية sunspots لطخ قاتمة غير دائمة، باردة نسبياً على الغلاف الضوئي الساطع للشمس. وهي تَظهر عادةً في مجموعات مؤلَّفة من بقعتين

أو أكثر. وتدوم من بضع ساعات إلى بضعة أشهر قبل أن تزول.

يُرى أكبر البُقع الشمسية عند بزوغ الشمس أو عند أفولها أو من خلال جوٍّ سديمي. وقد سُجِّلَتْ أولُ أرصاد للبقع في الصين قبل سنة 800 قبل الميلاد.

يبلغ حجمُ البقعة الشمسية الاعتيادية حجمَ الأرض، وقد يفوق حجمُ أكبرِها حجمَ الأرض عشرَ مرات.

وتضيء البقعُ الشمسية بدرجة سطوعٍ تفوق سطوعَ كثيرٍ من النجوم الباردة نسبياً، مع أنها تبدو قاتمةً قياساً إلى الغلاف الضوئي المحيط الباهر والحارّ. تبلغ درجةُ الحرارة فيما يسمى الظِّل umbra (أو اللُّب) قرابة 4200 كلڤن. أما في الظُّلَيْل penumbra (أو الجزء الخارجي الرمادي اللون من بقعة كبيرة) فهي أدنى من حرارة الغلاف الجوي ببضع مئات الدرجات.

وكثيراً ما تظهر البقعُ الشمسيةُ في مجموعات، أو مناطق شمسية نَشِطة solar active تحدث فيها أعنف الفعاليات الشمسية. وقد كانت للأرصاد المقرابية الأولى، التي أجراها غاليليو سنة 1610 للبقع وحركاتها، أثرٌ مهمٌّ من الناحية العلمية (الفقرة 7.8)؛ فقد تبيَّن أن غاليليو قد أصاب في ما خلص إليه من أن دوران الشمس ينقل مكان البقع الشمسية.

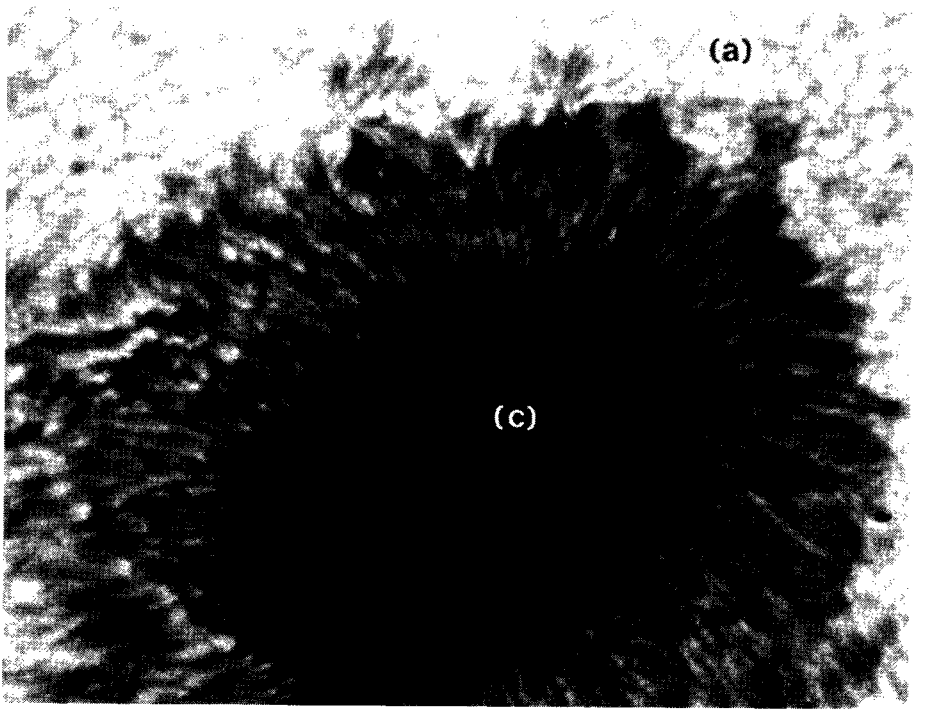
عيِّن مواقع الظِّل، والظُّلَيْل، والغلاف الضوئي، الموسومة بأحرف على الشكل 10.4. كم تبلغ درجةُ الحرارة التقريبية للظل؟

(أ) .....؛

(ب) .....؛

(ج) .....

الجواب: (أ) الغلاف الضوئي؛ (ب) الظُّلَيْل؛ (ج) الظل، 4200 كلڤن.

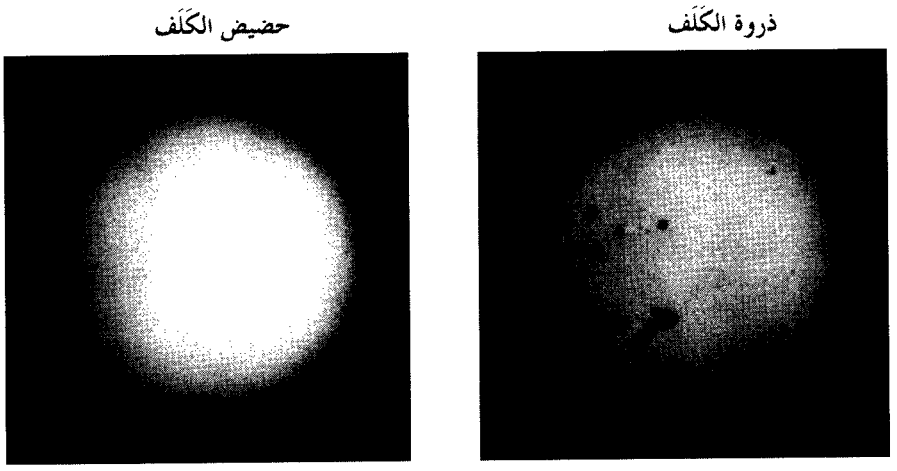


الشكل 10.4 الظِّلُّ والظُّلَيل في بقعة شمسية. لاحِظ التحبُّبَ في الغلاف الضوئي المحيط.

10.4 دورات الفعالية الشمسية

قد يظهر في وقت ما أكثر من 300 بقعة على قرص الشمس دفعةً واحدة، وقد لا يظهر منها شيءٌ على الإطلاق. يرتفعُ عددُ البقع بانتظام إلى حدٍّ أعظمي وينخفض إلى حدٍّ أدنى في دورةٍ أمدها نحو 11 سنة، تسمى دورة الكَلَف الشمسي sunspot cycle.

ودورة الكلف هذه في حدِّ ذاتها من مظاهر دورة الفعالية الشمسية solar activity cycle، وتحظى بمراقبةٍ دقيقة من الأرض (الشكل 11.4). تبقى الشمسُ في أعلى درجات فعاليتها على مدى قرابة أربع سنوات تكون فيها أعظمُ اندفاعات الطاقة والإشعاع على أشدّها. وفي غضون هذه المدة يبلغ



الشكل 11.4 صورة فوتوغرافية بالضوء الأبيض للشمس في مرحلتين مختلفتين من دورة فعاليتها.

عددُ الكلف قيمةً عظمى، وهو ما يسمى ذروة الكَلَف sunspot maximum.

ويشار هنا إلى أن أقرب الفعاليات القياسية عهداً حدثت سنة 2000 عندما ارتفع عدد الكُلُف الشمسية ارتفاعاً كبيراً. وتكون الشمسُ أدنى ما يمكن فاعليةً على مدى السنوات التي يكون فيها الكَلَف عند حدِّه الأدنى، وهو ما يسمى حضيض الكَلَف sunspot minimum.

هذا ولا يستطيعُ علماءُ الفلك التنبُّؤَ بقرب حدوث فعالية شمسيّة، غير أنهم يسعَوْن إلى فهم دورة الفعالية الشمسية فهماً عميقاً يمكِّنهم من إطلاق تنبُّؤات سديدة.

لماذا كان من المهم متابعة تطوُّر دورة الكَلَف الشمسي؟ .....

.....

.....

الجواب: تكون الشمسُ في فاعليةٍ عظمى في غضون سنواتِ ذروةِ الكَلَف، فتسكب أعظمَ كمية من الطاقة والإشعاع في محيط الأرض.

11.4 المغنطيسية

تُشَبَّهُ البقعُ الشمسيةُ بمغانط هائلة. وهي مناطق من الحقول المغنطيسية القوية التي تفوق في قوّتها الحقلَ المغنطيسيَّ للأرض آلافَ المرات.

ويمكن كشف الحقل المغنطيسيِّ لبقعة شمسية قبل رؤية البقعة نفسها وبعد زوالها. من هنا فإن من المحتمل أنَّ الحقولَ المغنطيسية تحدِّد الأحوالَ الموضعية على الشمس وتتحكَّم فيها. يحلِّل علماءُ الفلك الحقولَ المغنطيسيّة عن طريق قياس انشطار خطّ زيمان الطَّيفي (الفقرة 10.3).

ثمة حقلٌ مغنطيسيٌّ آخر أضعف ينتشر فوق الشمس بكاملها، وهو ذو قطبَيْن مغنطيسيَّين: شماليٍّ وجنوبيّ، يميل المحور المغنطيسي فيه بمقدار 15° بالنسبة إلى محور الدوران. وهذا الحقلُ منشطرٌ إلى نصفَيْ كرة. يسمّى مظهارُ display قوةِ الحقل المغنطيسي راسِمَ المغنطيسية magnetograph.

ينتشر الحقلُ المغنطيسيُّ للشمس على الأرجح من نصف كرتها الشمالي ممتداً عبرَ المنظومة الشمسية، وصولاً إلى كوكب بلوتو، نحواً من 6 مليارات كيلومتر (4 مليارات ميل). وما إن يقترب من حافة المنظومة الشمسية حتى ينعطف عائداً إلى نصف الكرة الجنوبي للشمس.

إلا أن الحقلَ المغنطيسيَّ الشمسيَّ المعقَّد يتولَّد بفعل الحركات الدورانية rotational والحَمْلية convective للجسيمات المشحونة كهربائياً، التي تؤلِّف غازاتِ الشمسِ الحارَّةَ. ومن شأنه فيما يبدو تنشيط الاندفاعات الدفقية العنيفة للمادة والإشعاع على الشمس، وتفعيلُها والتحكُّم فيها.

تنعكس قطبيَّةُ polarity الحقل المغنطيسي للشمس كلَّ 11 سنة تقريباً، بُعَيْد أوان ذروة الكَلَف. ويتطلَّب الأمرُ دورتَيْ كَلَف متتابعتين مدةُ كلٍّ منهما زهاء 11 سنة ليتمكن قطبا الشمس المغنطيسيّان، وكذلك القطبيةُ المغنطيسيّةُ للكلف، من تكرار سيرتهما. واستناداً إلى ذلك فإن دورةَ الفعالية الشمسية

تستغرق 22 سنة عند احتساب طول المدة اللازمة للشمس كي تعود إلى وضعها الأصلي.

ما الذي يرجِّح أنه يذكي الاندفاعاتِ الدفقيَّةَ العنيفةَ للمادة، التي تحدث على الشمس؟ .....

الجواب: حقولٌ مغنطيسية قويةٌ جداً في مواقع البقع الشمسية.

لمعاينة الحقل المغنطيسي بنفسك ضع مغنطيساً تحت قطعة من الورق، وانثر شيئاً من برادة الحديد برفق على سطحها العلوي تَرَ أن البرادة قد انتظمت وفقاً لقوة الحقل المغنطيسيّ. وبإظهارها المناطقَ التي تمثِّل القوةَ المغنطيسيّة فهي تجعل الحقل مرئياً لك.

ما الذي يرجِّح أنه يحني مسارَ الغازِ الملفوظ في ألسنة اللَّهب الشمسية ويتحكّم فيه؟ .....

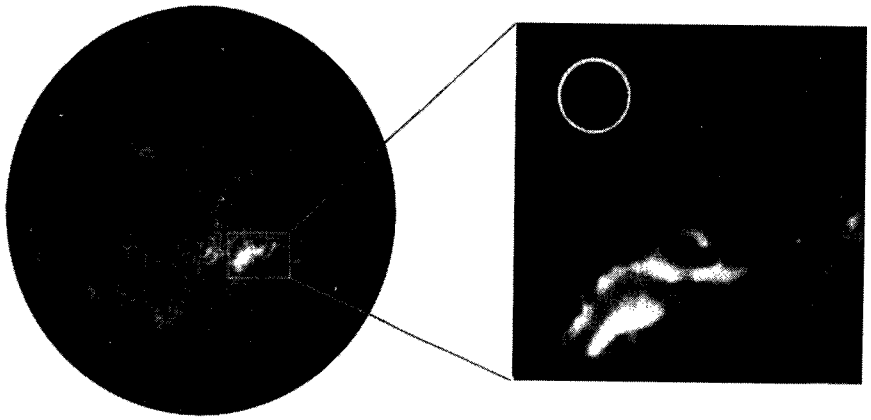
الجواب: حقولٌ مغنطيسية قويةٌ على مقربة من البقع الشمسية.

12.4 ألسنة اللهب والشُّواظ

لسان اللَّهب الشمسي solar flare دفقٌ انفجاريٌّ هائلٌ ومفاجئ من الضوء، والإشعاع غير المرئي، والمادة، ينبعث من الشمس. ولتمثيل عِظَمه نقول إن لسانَ لهبٍ كبيراً واحداً قد يحرِّر من الطاقة كميةً تعادل ما يستهلكه العالَمُ بأسره في مدة 100،000 سنة (الشكل 12.4).

لكن ألسنةَ اللهب قصيرةُ الأجل، فهي تدوم عادةً بضعَ دقائق، مع أن أكبرها قد يدوم بضعَ ساعات. وهي تحدث بالقرب من البقع الشمسية، ولاسيما في أوقات ذروة الكَلَف. ويبدو أن ألسنةَ اللهب تذكيها الحقولُ المغنطيسيّةُ الموضعية القوية (الشكل 13.4).

يَحدث لسانُ اللهب عادةً عقب أكثر الاندفاعات الشمسية نشاطاً وفاعليةً



الشكل 12.4 صورة للسان لهبٍ شمسي بقطر 300،000 كيلومتر (180،000 ميل) يغطي أكثر من 5,2 مليارات كيلومتر مربَّع (2 مليارا ميل مربع) من سطح الشمس، التُقطت بالساتل الرَّبوطي الأمريكي SMM. الصورة الداخلية الصغيرة ـ المكبرة 20 مرة إلى اليمين ـ تُظهِر إصداراً فوق بنفسجي من اللسان. النقطة السوداء تمثِّل حجم الأرض للمقارنة.

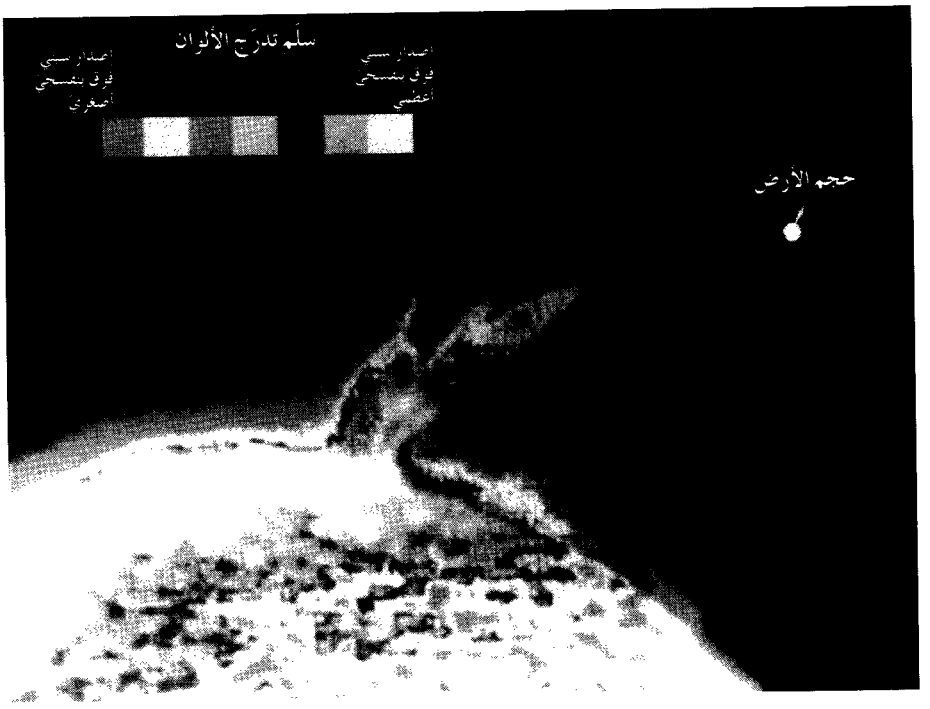
على الإطلاق، وهو اللفظ الإكليلي الشامل coronal mass ejection، الذي يقذف بالبلازما من الإكليل نحو الخارج. وقد يكون اللفظُ الإكليلي مصحوباً بما يُعرَف بالشواظ الشمسي prominence، وهو قوسٌ ناريَّةٌ من الغازات المتأيِّنة على حافَة الشمس، ترتفع عشرات آلاف الكيلومترات في جوّ السماء (الشكل 1.4).

ما الذي يترجَّح أنه يحني مسارَ الغازات الملفوظة في ألسنة اللهب والشواظِ الشمسي؟ .....

الجواب: حقولٌ مغنطيسيةٌ قوية على مقربة من البقع الشمسية.

13.4 كيف تؤثر ألسنةُ اللهب الشمسية في الأرض

يمكن أن يقذف لسانُ لهبٍ ضخمٌ كمياتٍ لا تكاد تصدَّق من الإشعاع



الشكل 13.4 صورةٌ بالأشعة السينية وفوق البنفسجية للسان لهبٍ شمسي، طُوّعت لتلحظ مستويات السطوع. النقطة البيضاء تمثّل الأرض للمقارنة الحجمية.

العالي الطاقة والجسيمات المشحونة كهربائياً في المنظومة الشمسية ـ كمياتٍ من الطاقة تعادل طاقة مليار قنبلة هيدروجينية منفجرة.

تصل أشعةُ غاما والأشعةُ السينيّة وفوق البنفسجية الصادرة عن ألسنة اللهب إلى الأرض في غضون ثماني دقائق لا أكثر، على حين تصل جُسَيْماتُ ألسنةِ اللهب بعد ذلك بساعات بل بأيام. ومن شأن هذه الجسيمات أن تقضيَ على الحياة على الأرض لولا أن كوكبنا مصونٌ بحقله المغنطيسي وغلافه الجوّيّ. من هنا تبرز ضرورة تزويد المسافرين على متن طائرات أو مركبات فضائية تفوق الصوتَ سرعةً بوسائل حماية مناسبة أيضاً.

وعند ارتطام الجسيمات العالية الطاقة، الصادرة عن الشمس، بجوٍّ

الأرض، قد يتسبَّب ذلك في استثارة الذّرّاتِ والأيونات الجوّية، فتُصدِر ضوءاً تتولَّد منه ظواهر الشَّفَق القطبي auroras.

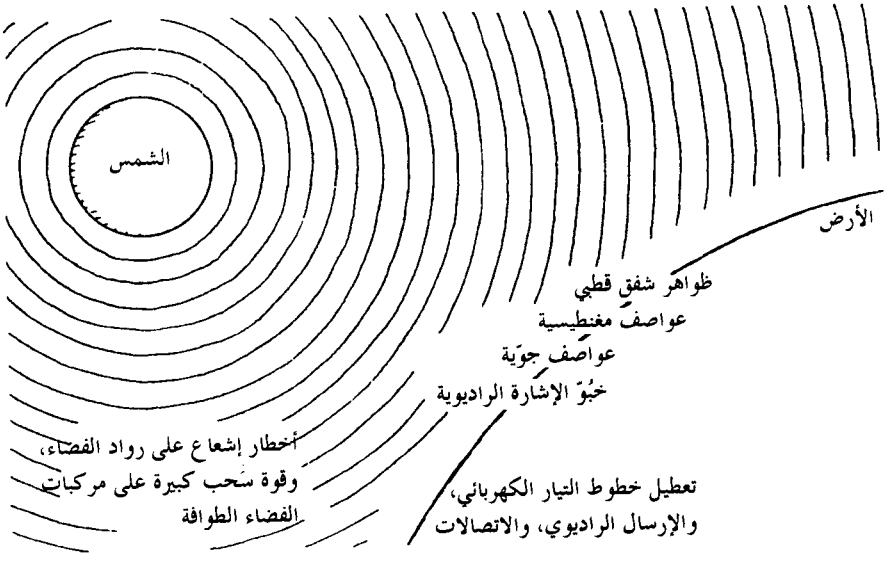
فالشفقُ القطبي الشمالي aurora borealis (أو northern lights) والشفقُ القطبي الجنوبي aurora australis (أو southern lights) شرائطُ مثيرةٌ من الضوء تسطع في سماء الليل أحياناً، في المناطق القطبية: الشمالية والجنوبية من الأرض في المقام الأول، مع إمكان حدوثها أيضاً عند خطوط العرض المتوسطة لِماماً. لكن الفعالية الشفقية القصوى تحدث حول قطبَي الأرض المغنطيسيَّيْن. يُذكَر أن الظواهر الشفقية تُرى بعد نحو يومين من ظهور لسان لهبٍ شمسي، وتبلغ ذروتَها بعد نحو عامين من ذروة كَلَف شمسي.

من جهة أخرى، فإن الاندفاعات الانفجاريةَ القوية لجسيمات ألسنة اللَّهب التي تتآثر interact مع الحقل المغنطيسي الأرضي، قد تتسبَّب في حدوث عواصفَ مغنطيسية magnetic storms لا تعمل معها البوصلة بصورة طبيعية. بل قد تتسبَّب ألسنةُ اللهب بحدوث عواصف جوّية، وتموُّرات[1] surges في التيار الكهربائي والخطوط الهاتفية، وأوقات تعتيم كامل.

يُسخِّن الإشعاعُ العالي الطاقة لألسنة اللهب الغلافَ الجوّيَّ الخارجي، فيتمدَّد. ثم تتزايد قوة الاحتكاك friction والسَّحْب drag على السواتل الطوّافة في مدارات منخفضة. وتكون قوة السَّحْب أعظميةً في أوقات الفعالية الشمسية القصوى، عندما يصبح من المحتمل أن تهبط السواتل خارجةً عن مداراتها، وتتحطم لدى دخولها جوَّ الأرض من جديد. ونشير هاهنا إلى أن محطتَيْ سكاي لاب الأمريكية (سنة 1979) و SMM (سنة 1989) كانتا من «ضحايا» الذُّرى الشمسية. ومع ازدياد التأيُّن، يمكن أن تعطِّل ألسنةُ اللهب الإرسالَ الراديوي.

(1) التموُّر: ارتفاع كبير مفاجئ في شدّة التيار في دارة كهربائية. (المعرِّب)

ولئن كان للألسنة الشمسية مثل هذا التأثير المباشر في الحياة الحديثة، فلا غروَ في أن يجتهد علماءُ الفلك في مراقبة الحقل المغنطيسيّ للشمس وفاعليتها مراقبةً دقيقةً ويومية. لكنَّ أحداً لا يستطيع حتى اليوم أن يتنبّأ بموعد حدوث لسان لهب (الشكل 14.4). ويبقى الاعتماد الرئيسي في ذلك منصبّاً على التحذيرات التي تأتي في الوقت المناسب، عن ألسنة لهب قد تؤثر في الأرض.



الشكل 14.4 آثار ألسنة اللهب الشمسية في بيئة الأرض.

اذكر اثنين من آثار ألسنة اللهب الشمسية الكبيرة في التكنولوجيا الحديثة على الأرض.

(1) ..... ؛ (2) .....

الجواب: (1) تعطيل منظومات الطاقة الكهربائية؛ (2) تعطيل منظومات الاتصال الراديوي.

14.4 الريح الشمسية

الريح الشمسية solar wind هي بلازما، أو فيضٌ من جسيمات نَشطة مشحونة كهربائياً تتدفَّق من الشمس في كل الأوقات. وهي أكثر سرعةً وضيقاً وحرارةً بكثير من أيّ ريحٍ على الأرض.

تُرصَد الريحُ الشمسية بأجهزةٍ تَحملها مركباتُ الفضاء فوق الغلاف الجوّي للأرض. ويبلغ معدَّلُ سرعتها قربَ الأرض نحواً من 450 كيلومتراً في الثانية (1 مليون ميل في الساعة). ويقارب زمنُ انتقالها من الشمس إلى الأرض أربعةَ أيام، لولا أن الغلافَ الجوّي للأرض وحقلَها المغنطيسي تحمينا عادةً من الآثار المؤذية للريح الشمسية.

تحدث «هبّاتٌ» عنيفة من الريح الشمسية في أوقات ظهور ألسنة اللهب الشمسية، وتكونُ الريح على أشدّها في الأوقات التي يكون فيها كثيرٌ من البقع الشمسية مرئياً، والنشاطُ الشمسي كبيراً، علماً بأن الريحَ الشمسية القوية قد تولِّد مظاهرَ شفق قطبيٍّ ساطعٍ جداً.

تنشأ الريحُ الشمسية بالدرجة الأولى من الثقوب الإكليلية coronal holes، وهي مناطق في إكليل الشمس تَكون الغازاتُ فيها أقلَّ كثافةً بكثير من سائر المناطق. ويلاحَظ أن الحقول المغنطيسيّةَ ضعيفةٌ نسبياً هناك، وهذا ما يسمح بانفلات دفقات من الريح الشمسية العالية السرعة.

في هذا الإطار تستمر الأجهزةُ العلمية على متن سفينة الفضاء ڤوياجر Voyager (الفقرة 12.8) بقياس الريح الشمسية في ما وراء مدار كوكب نپتون Neptune، وتمكَّنت من كشف ما يسمى الانقطاع الشمسي heliopause، وهو الحدُّ الذي تتوقف عنده فاعليةُ الرِّيح الشمسية.

ما هي الريح الشمسية؟ .....

.....

الجواب: دفقٌ من الجسَيْمات النَّشطة المشحونة كهربائياً ينساب من الشمس.

15.4 سَبْر باطن الشمس

كان العلماءُ ـ حتى عهد قريب ـ على يقين من صحة إدراكهم للسبب الكامن وراء سطوع الشمس. إلا أن تجارب النيوترينوات الشمسية solar neutrino experiments أثارت بعضَ الشكوك.

فالطاقة الشمسية تتولَّد نظرياً عن طريق تحوُّل الهيدروجين إلى هليوم بتفاعلاتِ اندماجٍ نووي. وبهذه التفاعلات نفسِها تتولَّد أيضاً النيوترينوات الشمسية solar neutrino ، وهي جسيماتٌ أوَّلية[1] elementary particles1 سِمَتُها الأساسيةُ تآثرها interact الواهي مع المادة ونفاذها الحرّ خلالها[2].

وإذ يتعذَّر على العلماء بالطبع النظر مباشرةً في أعماق لبّ الشمس لاختبار صحة نظرياتهم، فإنهم يتنبَّأون بأن النيوترينوات المتولِّدة في اللُّب لا بدَّ من أن تنفلت، لذلك فهم يبحثون عن النيوترينوات الشمسية بدلاً من ذلك ويدرسونها.

فإذا كُشِف عن وجود نيوترينوات في المقدار المتكهَّن به نظرياً، كان ذلك دليلاً على صحة النظرية.

هذا وقد نَصَبَ العلماءُ مصائد نيوترينوات في أعماق الأرض، فكان عددُ ما كُشِفَ منها، على مدى السنوات العشرين الفائتة في مختبرات تحت أرضية في الولايات المتحدة وأوروبا واليابان وروسيا، أقلَّ من العدد الذي توقَّعوه نظرياً. ولربما ساعفَتْ تحاليلُ وتجاربُ علميةٌ إضافيةٌ أكثرُ دقةً واستقلالاً بتفسير مسألة النيوترينوات الشمسية solar neutrino problem هذه.

---

(1) الجُسَيْم الأوّلي: جُسَيْمٌ لا يمكن وصفه ـ بمعايير المعرفة الحالية ـ بأنه مركَّب، وهو من ثمَّ واحدٌ من المكوِّنات الأساسية لكل أشكال المادة والطاقة التي هي أصغر وأقلُّ تعقيداً من الذرّات. (المعرّب)

(2) تصَوَّر أنّ جسمك يخترقه في كل لحظة نحو تريليون نيوترينو قادم من الشمس دون أن يمسَّك سوء! (المعرّب)

وعلم الزلازل الشمسية helioseismology مبحثٌ جديد يدرس البنيةَ الداخليةَ للشمس وأحوالها، عن طريق قياس الذبذبات العامة على سطحها؛ فتشير أمواجُ الضغط هناك إلى الكثافة ودرجة الحرارة ومعدَّل الدوران في جوف الشمس، تماماً كما تكشف الأمواجُ الزلزاليةُ الأرضية عن باطن الأرض. تُرصَد الذبذباتُ الشمسيةُ طيفياً بملاحظة انزياحات دوپلر في خطوطٍ طيفيةٍ معيَّنة (الفقرة 9.3). أما علم الزلازل الفلكية astroseismology فيوسِّع هذه الدراسة لتشمل نجوماً أخرى.

أعطِ تفسيرَيْن محتملَيْن للقلّة غير المتوقَّعة لعدد النيوترينوات الشمسية التي كشَفَتْها التجاربُ حتى اليوم.

(1) .....

(2) .....

الجواب: (1) إدراكنا للعمليات الجارية في باطن الشمس؛ أو (2) خطأ إدراكنا لطبيعة النيوترينوات أو نقصه. (يعتمد الفلكيون على نتائج التجارب).

16.4 صفاتٌ مشتركة

يبدو أن في النجوم الأخرى مناطق تتَّصف بنشاط عنيف، كتلك التي في الشمس، ويشمل ذلك البقعَ النجميّة starspots ودورات البقع النجميّة starspot cycles، مع الأخذ في الحسبان البُعد الشاسع للنجوم بحيث يتعيَّن هنا استنباط هذه الصفات بطريقة غير مباشرة، من خطوطها الطيفية وتغيُّرات درجة سطوعها، لا عن طريق رصدها مباشرة. وتدل أحدثُ الأرصاد السينيّة على أن جُلَّ أنواع النجوم لها أكاليل متشابهة، وتبلغ درجة حرارتها مليون درجة على الأقل.

اكتبْ نبذةً قصيرة عن ثلاث ظواهر تدلّ على فعاليةٍ عنيفة في الشمس

(وسِّع النبذةَ لتشمل النجوم الأخرى)، واذكر سببَها المحتمل

.....

.....

.....

الجواب: يجب أن تتضمن إجابتُك نبذةً عن:

(1) الكَلف الشمسي، أو البقع المؤقتة القاتمة اللون والباردة نسبياً على الغلاف الضوئي للشمس؛

(2) ألسنة اللهب، أو الدفقات الانفجارية المفاجئة والقصيرة الأجل من الضوء والمادة قرب بقعةٍ شمسية؛

(3) ظواهر الشُّواظ، أو الأقواس النارية من الغازات المتأيِّنة على حافَة الشمس.

ويبدو أن النشاطَ العنيف للشمس ينشأ في معظمه عن حقولٍ مغنطيسيةٍ موضعيةٍ قويةٍ جداً، وينضبط وفقاً لها.

17.4 الحركات في الفضاء

تجري الشمسُ عبر فضاء الكون بسرعة كبيرة، شأنَ سائر النجوم الأخرى. وتتَّجه - بالنسبة إلى النجوم القريبة منها - نحو كوكبة هِرَقْل (الجاثي) Hercules بسرعة 20 كيلومتراً في الثانية (45،000 ميل في الساعة)، مصطحبةً كواكبها التسعة من المنظومة الشمسية[1].

تقع الشمسُ وكواكبُها داخلَ مجرَّة درب التبّانة Milky Way Galaxy،

(1) قال الله تعالى: ﴿والشَّمْسُ تَجْرِي لِمُسْتَقَرٍّ لها ذلكَ تقديرُ العزيز العليم﴾. [يس 38] (المعرِّب)

وهي تدور حول مركز المجرَّة في الوقت الذي تدور فيه المجرَّةُ كلُّها سابحةً في الفضاء الكوني الفسيح. وتبلغ سرعة الشمس قرابة 250 كيلومتراً في الثانية (563،000 ميل في الساعة) (الفقرة 2.6).

اختبار ذاتي

يُقصد بهذا الاختبار الذاتي الاطمئنان إلى تمكُّنك من المادة الواردة في الفصل الرابع وتمثُّلك لها. حاولِ الإجابة عن كلِّ سؤالٍ جَهدَ استطاعتك، ثم انظر في الأجوبة الصحيحة والتوجيهات الخاصة بالمراجعة في ذيل الاختبار.

1. اذكر ثلاثة أسباب تحمل علماءَ الفلك اليوم على دراسة الشمس.

(1) .....

.....

.....

(2) .....

.....

.....

(3) .....

.....

.....

2. قابلْ كلاًّ من الأعمال التالية بأنسب أداةٍ تؤدّيه:

..... (أ) يصوِّر العمليات الجاريةَ في أشدّ مناطق الشمس نشاطاً وحرارة.

..... (ب) يصوِّر الإكليل فوتوغرافياً خارج الكسوف الشمسي.

..... (ج) يصوِّر السطحَ المرئيَّ للشمس.

.....(د) يصوِّر الشمسَ فوتوغرافياً في ضوء عنصرٍ معيَّن.

.....(هـ) يستقبل أمواجاً راديويةً شمسيةً ويسجِّلها.

(1) راسم الإكليل الشمسي.

(2) المقراب الشمسي البصري.

(3) المقراب الراديوي.

(4) راسم الطيف الشمسي.

(5) مقاريب الأشعة فوق البنفسجية والسينية وأشعة غاما.

3. عرِّف الواحدة الفلكية .....

.....

4. ارسم رسماً تخطيطياً للشمس، وعيِّنْ عليه الإكليلَ، وغلافَ اللون، وغلافَ الضوء، ومنطقةَ الحَمْل، ومنطقةَ الإشعاع، واللُّبَّ.

5. قدِّر: (أ) قطر الشمس؛ (ب) كتلتها؛ (ج) درجة حرارتها السطحية.

(أ) .....؛ (ب) .....؛

(ج) .....؛

.....

6. لماذا تراقَب دورةُ البقع الشمسية بدقّة من الأرض؟

.....

.....

.....

.....

7. فيما يلي تعريفات لظواهر شمسية؛ طابِقْ بين كلِّ تعريف واسمه:

.....(أ) منطقة منخفضة الكثافة في الإكليل، حيث تنشأ الريح الشمسية.

..... (ب) خليّة ساطعة تشبه حبّةً من الأرُزّ في الغلاف الضوئي.

..... (ج) لطخ قاتم وبارد نسبياً في الغلاف الضوئي الساطع.

..... (د) جُسَيْماتٌ أوَّلية يتكهَّن العلماءُ أنها تتولَّد من تفاعلات نووية في اللُّب.

..... (هـ) دفقٌ انفجاريٌّ عظيم وقصير الأجل من الضوء والمادة.

(1) لسان لهب.

(2) حُبَيْبة.

(3) ثقب إكليلي.

(4) نيوترينو شمسي.

(5) بقعة شمسية.

8. ما هي الريح الشمسية؟ .....

9. اذكر أربع وسائل يستطيع بها لسانُ اللهب ودفقاتُ الريح الشمسية الكبيرة جداً التأثيرَ في بيئة الأرض.

(1) .....

(2) .....

(3) .....

(4) .....

10. (أ) ما هو الثابت الشمسي؟. (ب) ولماذا كان من المهم معرفة: هل هو ثابتٌ حقاً أم أنه يتغيَّر مع الزمن؟ .....

.....

.....

.....

.....

الأجوبة

قارنْ أجوبتك عن أسئلة الاختبار الذاتي بالأجوبة التالية، فإن وجدتَها صحيحةً كلَّها، انتقل إلى الفصل التالي، وإن أخطأتَ في بعضها فعُدْ إلى الفقرات ذات الصلة، والمشار إليها بين قوسين بعد الإجابة. وربما لزمك إعادة قراءة الفصل بكامله بدقةٍ أكبر إذا تعدَّدت أخطاؤك.

1. (1) الشمس مصدرٌ مجانيّ مرسَل وخالصٌ من التلوُّث لا يكاد ينضب للطاقة الحالية والمستقبلية الكامنة.

(2) وهي النجمُ الوحيد القريب منّا نسبيّاً بدرجة تكفي لرصده ودراسته بإسهاب، ولذلك يتَّخذه الفلكيون إماماً لتعرُّف ماهية نجومٍ أخرى.

(3) تؤثر تغيُّرات خرج الطاقة الشمسية في مناخ الأرض وجوِّها، وكذلك في منظومات نقل الطاقة والاتصالات.

(الفقرتان 1.4 و13.4)

2. (أ) 5؛ (ب) 1؛ (ج) 2؛ (د) 4 ؛ (هـ) 3.

(الفقرة 7.4)

3. الواحدة الفلكية (AU) هو متوسط البُعد بين الأرض والشمس، وهو يناهز 150 مليون كيلومتر (93 مليون ميل) (أو 149،597،870 كم بالتحديد).

(الفقرة 2.4)

4. انظر الشكل 6.4 (مناطق الشمس).

(أ) الإكليل ؛ (ب) الغلاف اللوني؛ (ج) الغلاف الضوئي؛

(د) منطقة الحَمْل؛ (هـ) منطقة الإشعاع؛ (و) اللُّب

(الفقرة 4.4)

5. (أ) 1،390،000 كيلومتر (864،000 ميل)؛ (ب) 2×10^{30} كغ؛
(ج) 5800 كلڤن (10،000° فارنهايتية).
(الفقرات 2.4 و4.4 و6.4)

6. تراقَب دورةُ البقع الشمسية بدقّةٍ من الأرض بوصفها مؤشِّراً إلى نشاطٍ شمسي. وتكون الشمسُ في أوج نشاطها (ومن ثم في أوج دَفقها للطاقة والإشعاع) في السنوات التي يكون فيها عددُ البقع الشمسية أعظمياً (ذروة الكَلَف)؛ ويكون نشاطُها عند حدِّه الأدنى في سنوات حضيض الكَلَف.
(الفقرات 10.4 و 13.4 و14.4)

7. (أ) 3؛ (ب) 2 ؛ (ج) 5؛ (د) 4؛ (هـ) 1
(الفقرات 8.4 و 9.4 و 12.4 و 14.4 و 15.4)

8. دَفْقٌ من الجسَيْمات النَّشِطة المشحونة كهربائياً، ينساب من الشمس.
(الفقرة 14.4)

9. (1) تزايد الإشعاع الخَطِر؛
(2) ظواهر الشفق القطبي؛
(3) العواصف المغنطيسيّة؛
(4) العواصف الجوّية.
(الفقرتان 13.4 و14.4)

10. (أ) الثابت الشمسي هو كمية الطاقة الشمسية التي تنسكب على الغلاف الجوّي الخارجي للأرض كلَّ ثانية، وهي تناهز 1400 واط/م^2 (126 واط/قدم^2).