



العلوم العامة

كتاب الطالب المستوى الحادي عشر

GENERAL SCIENCE
STUDENT BOOK

GRADE

11

الفصل الدراسي الثاني
SECOND SEMESTER



© وزارة التربية والتعليم والتعليم العالي في دولة قطر

يخضع هذا الكتاب لقانون حقوق الطباعة والنشر، ويخضع للاستثناء التشريعي المسموح به قانوناً ولأحكام التراخيص ذات الصلة.

لا يجوز نسخ أي جزء من هذا الكتاب من دون الحصول على الإذن المكتوب من وزارة التربية والتعليم والتعليم العالي في دولة قطر.

تم إعداد الكتاب بالتعاون مع شركة تكنولوجيا.

التأليف: فريق من الخبراء بقيادة الدكتور توم سو وبالتعاون مع شركة باسكو العلمية.

الترجمة: مطبعة جامعة كامبريدج.



حضرة صاحب السمو الشيخ تميم بن حمد آل ثاني
أمير دولة قطر

النشيد الوطني

قَسَمًا بِمَنْ رَفَعَ السَّمَاءَ قَسَمًا بِمَنْ نَشَرَ الضِّيَاءَ
قَطْرُ سَتَبْقَى حُرَّةً تَسْمُو بِرُوحِ الأَوْفِيَاءِ
سِيرُوا عَلَى نَهْجِ الأُلَى وَعَلَى ضِيَاءِ الأنْبِيَاءِ
قَطْرُ بَقْلِ بِي سِيرَةَ عِزٍّ وَأَمْجَادِ الإِبَاءِ
قَطْرُ الرَّجَالِ الأَوْلِيَيْنِ حُمَاتِنَا يَوْمَ النَّدَاءِ
وَحَمَائِمُ يَوْمِ السَّلَامِ جَوَارِحُ يَوْمِ الفِدَاءِ



وزارة التربية والتعليم والتعليم العالي
Ministry of Education and Higher Education
دولة قطر • State of Qatar

المراجعة والتدقيق العلمي والتربوي

إدارة المناهج الدراسية ومصادر التعلم

خبرات تربوية وأكاديمية من المدارس

الإشراف العلمي والتربوي

إدارة المناهج الدراسية ومصادر التعلم

يعدّ كتاب الطّالِب مصدرًا مثيرًا لاهتمام الطّالِب من ضمن سلسلة كتب العلوم لدولة قطر، فهو يستهدف جميع المعارف والمهارات التي يحتاجون إليها للنجاح في تنمية المهارات الحيّاتيّة وبعض المهارات في الموادّ الأخرى.

وبما أنّنا نهدف إلى أن يكون طُلابنا مميّزين، نودّ منهم أن يتّسموا بما يأتي:

- البراعة في العمل ضمن فريق.
- امتلاك الفضول العلميّ عن العالم من حولهم، والقدرة على البحث عن المعلومات وتوثيق مصادرها.
- القدرة على التّفكير بشكلٍ ناقدٍ وبنّاء.
- الثّقّة بقدرتهم على اتّباع طريقة الاستقصاء العلميّ، عبر جمع البيانات وتحليلها، وكتابة التّقارير، وإنتاج الرّسوم البيانيّة، واستخلاص الاستنتاجات، ومناقشة مراجعات الزّملاء.
- الوضوح في تواصلهم مع الآخرين لعرض نتائجهم وأفكارهم.
- التّمرّس في التّفكير الإبداعيّ.
- التّمسك باحترام المبادئ الأخلاقيّة والقيم الإنسانيّة.

يتجسّد في المنهج الجديد العديد من التّوجّهات مثل:

- تطوير المنهج لجميع المستويات الدّراسيّة بطريقة متكاملة، وذلك لتشكيل مجموعة شاملة من المفاهيم العلميّة التي تتوافق مع أعمار الطّالِب، والتي تسهم في إظهار تقدّمهم بوضوح.
- مواءمة محتوى المصادر الدّراسيّة لتتوافق مع الإطار العامّ للمنهج الوطنيّ القطريّ بغية ضمان حصول الطّالِب على المعارف والمهارات العلميّة وتطوير المواقف (وهو يُعرف بالكفايات) ممّا يجعل أداء الطّالِب يصل إلى الحدّ الأقصى.
- الانطلاق من نقطة محوريّة جديدة قوامها مهارات الاستقصاء العلميّ، ما أسّس للتّنوّع في الأنشطة والمشاريع في كتاب الطّالِب.


- توزع المعرفة والأفكار العلميّة المخصّصة لكلّ عام دراسيٍّ ضمن وحدات بطريقة متسلسلة مصمّمة لتحقيق التّنوع والتّطوّر.
 - تعدّد الدّروس في كلّ وحدة، بحيث يعالج كلّ درس موضوعاً جديداً، منطلقاً ممّا تمّ اكتسابه في الدّروس السّابقة.
 - إتاحة الفرصة للطلّاب، في كلّ درسٍ، للتّحقّق الذاتيٍّ من معارفهم ولممارسة قدرتهم على حلّ المشكلات.
 - احتواء كلّ وحدة على تقويم للدّرس وتقويم الوحدة التي تمكّن الطّلاب والأهل والمدرّسين من تتبّع التّعلّم والأداء.
- العلوم مجموعة من المعارف التي تشمل الحقائق والأشكال والنظريّات والأفكار. ولكنّ العالم الجيّد يفهم أنّ «طريقة العمل» في العلوم أكثر أهميّة من المعرفة التي تحتويها. سوف يساعد هذا الكتاب الطّلاب على تقدير جميع هذه الأبعاد واعتمادها ليصبحوا علماء ناجحين وليواجهوا مجموعة واسعة من التّحديات في حياتهم المهنيّة المستقبلية.

مفتاح كفايات الإطار العام للمنهج التعليمي الوطني لدولة قطر

الاستقصاء والبحث 

التّعاون والمشاركة 

التّواصل 

التّفكير الإبداعيّ والناقد 

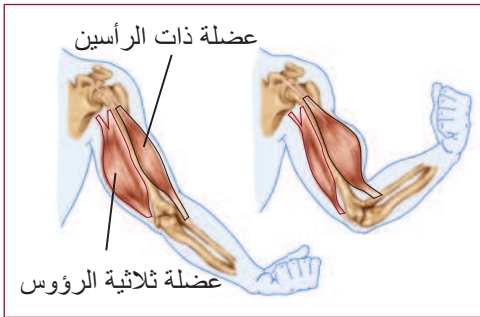
حلّ المشكلات 

الكفاية العددية 

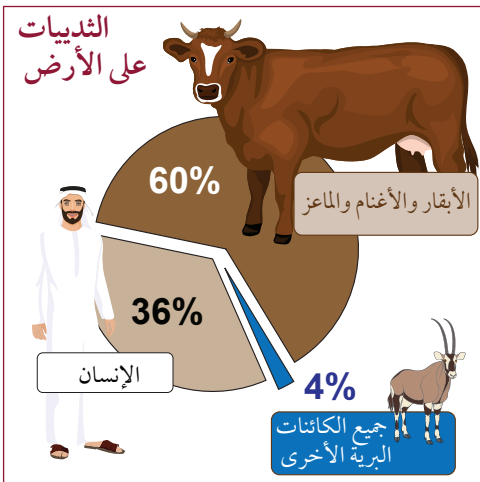
الكفاية اللغويّة 



صورة بالأشعة السينية ليد تظهر تفاصيل العظام فيها.



ما تأثير تغيّر المناخ؟



البشر وحيواناتهم الأليفة تفوق أعداد الحيوانات البرية.

كم عدد المرات التي قمت فيها بعمل تشخيص بالأشعة السينية (X-rays)؟ كيف تعمل الأشعة السينية؟

الوحدة الخامسة تبحث تقنيات التصوير المدهشة المستخدمة في الطب الحديث.

يمنح التصوير بالرنين المغناطيسي (MRI)، والتصوير المقطعي المحوسب (CAT)، والتصوير بالموجات فوق الصوتية (US) الأطباء القدرة على تصوير داخل الجسم لتشخيص الجروح والمرض.

الوحدة السادسة من هذا الكتاب تبحث في متانة جسمك وتركيبه. وتعدّ مفاهيم المتانة والجهد وانفعال الشدّ عوامل مشتركة بين هياكل المباني الإسمنتية والحديدية، وعظام الإنسان وعضلاته.

آثار التكنولوجيا على البشرية لها وجهان إيجابي وسلبي. تتحرى الوحدة السابعة التبرير العلمي لتغيّر المناخ وثقب الأوزون. كلتا الظاهرتين سببتهما الأنشطة البشرية وكل منهما تُعدّ تهديداً للبيئة العالمية.

تفوق أعداد البشر والحيوانات الأليفة بكثير أعداد جميع الثدييات الأخرى. الوحدة الثامنة تبحث في تغيّر التنوع البيولوجي لكوكبنا. ويمثّل توفير الغذاء لثمانية مليار إنسان بصورة دائمة تحدياً خطيراً يواجه الأجناس اليوم.

تعتمد الحياة الحديثة على الطاقة بكافة أشكالها، فالطاقة تُعدّ شريان الحياة، كم ستكون الحياة صعبة في غياب الطاقة، فوسائل النقل وأجهزة التكييف ومجال تحلية المياه قدمت تسهيلات كبيرة لحياتنا في قطر. سوف تبحث الوحدة التاسعة موضوع إنتاج الطاقة وتوزيعها.

الوحدة الأخيرة لهذا الفصل (الوحدة العاشرة) تلقي الضوء على علوم الكوارث الطبيعية كالأعاصير والهزات الأرضية والبراكين. الظاهرتان الأخيرتان هما جزء من تغيّرات دورية تطرأ على هذا الكوكب.

أسئلة للمناقشة

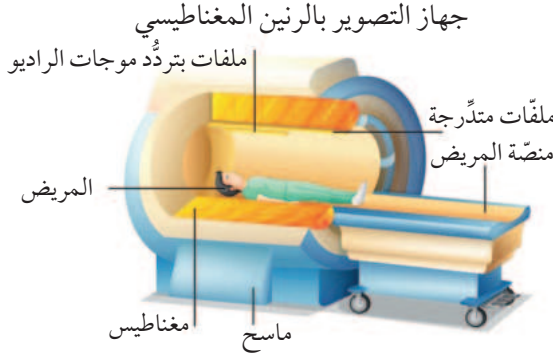
سؤال للمناقشة

ما كمية الغذاء التي علي تناولها لأبقى بصحة جيدة؟

يتيح السؤال المطروح للمناقشة أمام صفك فرصة التطرق إلى مفاهيم ومعلومات جديدة.

الرسم التوضيحية

جرى تجسيد المفاهيم المهمة والمعطيات والأمثلة المتعلقة بكل فكرة جديدة من خلال صور مفصلة، بالإضافة إلى إدراجها في النصوص.



شريط الأفكار المهمة

يسهل تحديد الأفكار الرئيسة واستذكارها.

يمكن أن يستهدف سكين جاما الورم من دون جراحة.



العلاقات والمعادلات الرياضية

وردت المعادلات حيث يلزم مع تحديد كل المتغيرات والعوامل المؤثرة فيها والوحدات العلمية الدقيقة.

القدرة

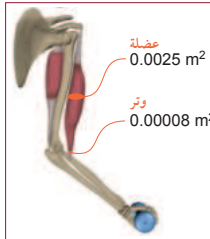
القدرة (واط، W)	P
الطاقة (الجول، J)	E
الزمن (الثانية، s)	t

$$P = \frac{E}{t}$$

الأمثلة

تبيّن الأمثلة الخطوات والتدرج بالتفكير، لحل مسألة، وإجراء الحسابات الرياضية بنجاح.

مثال 2



تولّد عضلة قوة مقدارها 200 N، وتنقل هذه القوة بواسطة وتر. احسب إجهاد الشد في كل من العضلات والوتر. كما هو مبين بالشكل 9-6.

الحل:

$$\sigma_{\text{muscle}} = \frac{F}{A_{\text{muscle}}} = \frac{200 \text{ N}}{0.0025 \text{ m}^2} = 80,000 \text{ Pa}$$

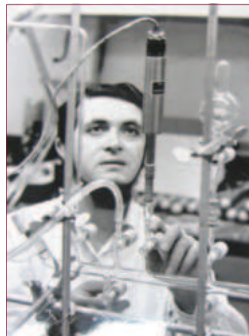
$$\sigma_{\text{tendon}} = \frac{F}{A} = \frac{200 \text{ N}}{0.00008 \text{ m}^2} = 2,500,000 \text{ Pa}$$

العلم والعلماء

بدأ تطوّر العلوم منذ أكثر من 3 آلاف عام. يوفر هذا القسم نظرة تبصّر للاستلهام من الجانب الإنساني للعلم والتكنولوجيا. ومن المؤكد أنك ستتعرف كثيراً من الشخصيات الجاذبة على هذه الصفحة.

العلم والعلماء

ماريو مولينا: 1943 - الآن



درس ماريو مولينا تأثير الأنشطة البشرية على طبقة الأوزون، وأسهم في نشوء حركة أدت بسرعة إلى توقيع اتفاقية مونتريال التي جمعت قادة العالم على هدف واحد، هو الحد من انبعاث مركبات الكلوروفلوروكربون.

وحقّته السير الذاتية للعلماء المشهورين فأقنع الشاب خوسيه ماريو مولينا باسكيل إي هنريكيز (ماريو مولينا) عمته الصيدلانية إستير مولينا بمساعدته على تحويل حمّام منزله إلى مختبر كيمياء. وهو الذي استطاع

الأنشطة

التّجارب المخبريّة، والاستقصاء والبحث والأنشطة الأخرى تمنح الأفكار الجديدة وتتمّي المهارات العمليّة.

a1-7 التّنوع الحيويّ المتغيّر

هذا مشروع لمجموعة صغيرة.

1. اختر مع مجموعتك منطقة من العالم تأثرت بتغيّر المناخ.
2. ابحث في المنطقة لتوثيق الطّرائق التي تغيّر بها المناخ، مثل هطول الأمطار، ودرجة الحرارة. قد يكون التّغيّر عبر الزمن الجيولوجي (10 ملايين سنة) أو من وقت قريب.
3. صمّم مُلصقاً يبيّن أدلّة على تغيّرات في التّنوع الحيويّ. منطقتا المناخ، بما في ذلك

تقويم الدّرس

لكلّ درس تقويم خاصّ، يتضمّن أسئلة تغطّي المفاهيم والمعلومات الواردة فيه.

تقويم الدرس 1-9

1. كيف يؤثر الاحترار العالمي في منسوب مستوى سطح البحر؟
 - a. يتمدّد الماء بسبب الحرارة.
 - b. تعمل الحرارة على إبطاء حركة جزيئات الماء.
 - c. عدم تغيّر منسوب مستوى البحار بدرجة كبيرة.
 - d. تسبّب الحرارة انخفاض اليابسة، فتندفع مياه الشاطئ إلى اليابسة.
2. ما الذي يُنتج تيارات الحمل الحراري؟

مراجعة الوحدة

يوفّر الملخص في نهاية كلّ وحدة مراجعة سريعة للأفكار الرّئيسة والمفردات الواردة فيها.

الوحدة 8

مراجعة الوحدة

الدرس 1-8 الطاقة

- وحدة الطاقة هي الجول Joule.
- الطاقة المُتجدّدة Renewable تتضمن مصادر تتجدّد بشكل طبيعي مثل ضوء الشمس، أو تسنّمؤها في فترة لا تتعدّى عشر سنوات، ولا يمكن استنفادها بالاستهلاك المتكرر.
- الطاقة غير المُتجدّدة Non-renewable energy تتضمن «الوقود الأحفوري fossil fuels»

تقويم الوحدة

في نهاية كلّ وحدة مجموعة من أسئلة الاختيار من متعدّد، تحضّر الطّلاب للاختبارات المقنّنة.

تقويم الوحدة

اختيار من متعدّد

1. أيّ من المصطلحات التالية توصفّ لنسبة التغيّر في طول جسم إلى طوله الأصلي عند انضغاطه؟
 - a. الانفعال
 - b. الاجهاد.
 - c. التشوّه المرن.
 - d. مُعامل المرونة.

تقويم الوحدة

توفّر الأسئلة ذات الإجابة القصيرة، والمسائل الرّياضيّة الكميّة، ثلاثة مستويات من التّحدي في نهاية كلّ وحدة.

تقويم الوحدة

الدرس 1-6 الأرض في توازن

13. صفّ دورة عمليات ارتجاعية بسيطة للكربون تتضمن البناء الضوئي.
14. ما المساران اللذان يمكن أن يتخذهما الكربون في النباتات؟
15. ماذا يعني مصطلح «الأنشطة البشرية»؟

5 الوحدة

الموجات في الطب

كيف تعمل أجهزة الأشعة السينية (X-ray) وأجهزة التصوير بالرنين المغناطيسي (MRI)؟ تعلم عن الفيزياء الداعمة للتقنية العالية للتشخيص الطبي المصور.

6 الوحدة

الكربون والأوزون

كيف غير البشر الأرض؟ سوف تدرس في هذه الوحدة الإجراءات التي تؤدي إلى التخفيف من مشكلة ثقب الأوزون.

7 الوحدة

التنوع الحيوي والتغير المناخي

هل سيحدث انقراض جماعي؟ سوف تدرس في هذه الوحدة تغير التنوع البيولوجي على الأرض والتحديات لديمومة مصادر الغذاء.

8 الوحدة

مصادر الطاقة

ما مستقبل الطاقة المتجددة، ومستقبل الطاقة غير المتجددة؟ سوف تدرس في هذه الوحدة التقنيات واستخدام الطاقة.

9 الوحدة

الكوارث الطبيعية

ما أسباب الكوارث الطبيعية؟ سوف تدرس في هذه الوحدة الآلية التي تحدث الأعاصير وأمواج تسونامي والهزات الأرضية.

2 الموجات في الطب

5 الوحدة

4 الطيف الكهرومغناطيسي الدرس 1-5

15 الطبّ الإشعاعيّ الدرس 2-5

26 الموجات الميكانيكيّة الدرس 3-5

38 الكربون والأوزون

6 الوحدة

40 الأرض في توازن الدرس 1-6

52 اختلال التوازن الدرس 2-6

62 الجهود المبذولة لاستعادة التوازن الدرس 3-6

78 التنوّع الحيويّ والتّغير المناخيّ

7 الوحدة

80 التنوّع الحيويّ الدرس 1-7

93 الإخلال بالتنوّع الحيويّ الدرس 2-7

110 مصادر الطاقة

8 الوحدة

112 الطاقة الدرس 1-8

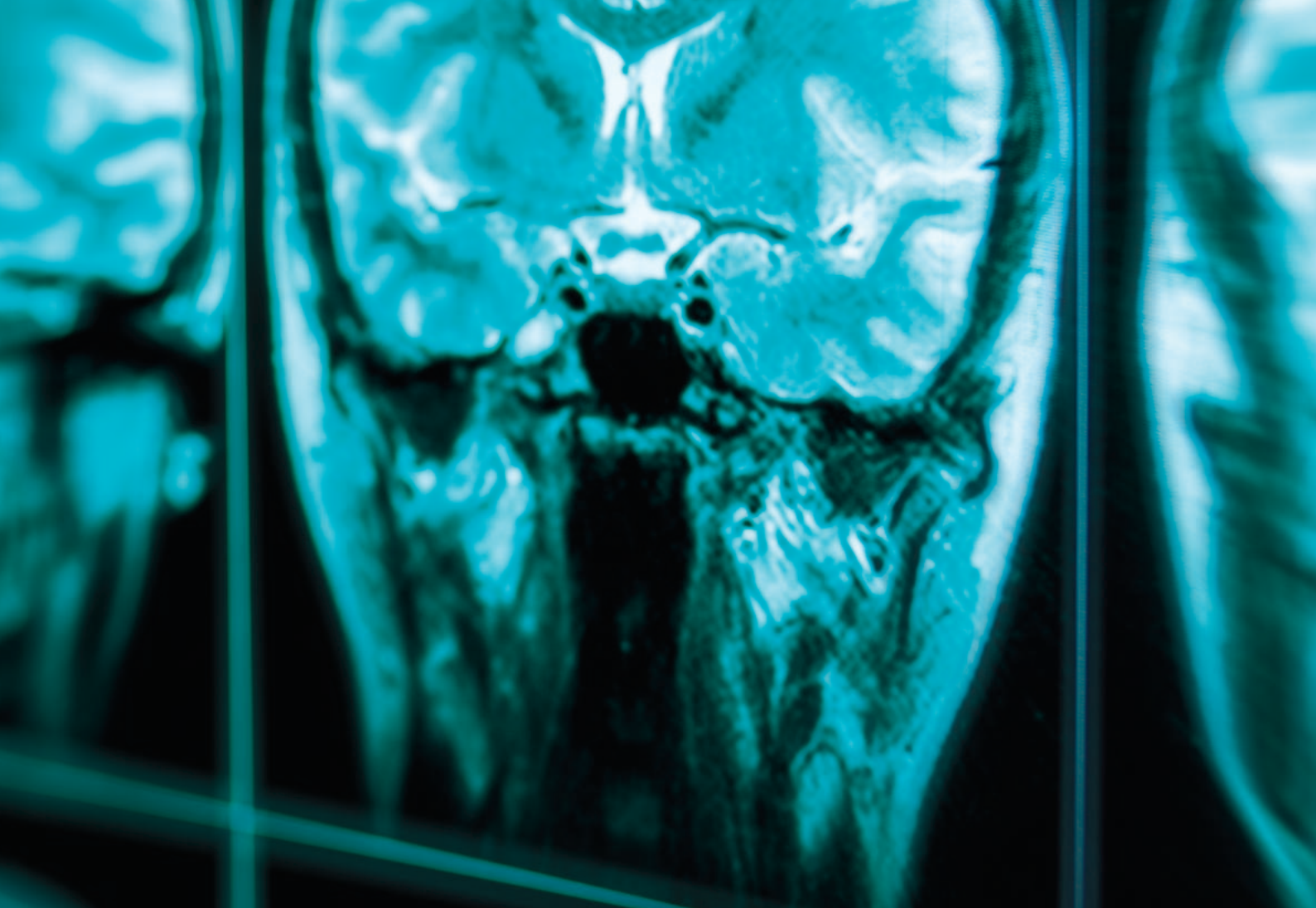
117 تكاليف إنتاج الطاقة الدرس 2-8

138 الكوارث الطبيعية

9 الوحدة

140 الحرارة الدرس 1-9

149 أحداث الطقس الدرس 2-9



الوحدة 5

الموجات في الطب

Waves in Medicine

في هذه الوحدة

GP1101

GP1102

- **الدرس 1-5:** الطيف الكهرومغناطيسي
- **الدرس 2-5:** الطب الإشعاعي
- **الدرس 3-5:** الموجات الميكانيكية

مقدمة الوحدة

إنها لرائعة حقاً الطرق التي اكتشفت فيها الأشياء. قبل ألف سنة، ثبت ابن الهيثم شاشة داخل آلة التصوير ذات الحجرة المظلمة، التي أصبحت فيما بعد آلة للتصوير على مدى 800 سنة. وفي العام 1839 اخترع فيلم تصوير لاستخدامه في الكاميرا المعتمدة. وكانت مثل تلك الأفلام موضوعة في مختبرات العلماء الذين اكتشفوا مصادفة عند استخدامها، أن الأشعة السينية يمكن أن تنفذ في أنسجة الجسم اللينة والعظام. وبدأ المزيد من الأشخاص بالتساؤل عن وجود أنواع أخرى من الأشعة. وتلا ذلك اختراع أنواع جديدة من التكنولوجيا، مثل التصوير المقطعي المُحَوَّسب CAT، لإعطاء صور أفضل لما يمكن أن يتوقعه الجراح قبل إجراء العمليات الجراحية. وتساءل بعض المبدعين، إن كانت هناك أشكال غير مرئية من الطاقة يمكن استخدامها في العمليات الجراحية من دون الحاجة إلى إحداث جروح في الجسم. يستخدم الأطباء حالياً تكنولوجيا الموجات فوق الصوتية، المألوفة جداً؛ لإجراء فحص داخلي للأشخاص، وتفتيت حصوات الكلى من الخارج من دون إحداث أي جرح في الجسم. كيف حدثت كل تلك الأمور؟ وكيف تعمل؟ هذا هو موضوع الوحدة.

الأنشطة والتجارب

- | | |
|-----|--------------------------------|
| 1-5 | طاقة الكمّ |
| 2-5 | استخدام الطاقة الكهرومغناطيسية |

الدرس 1-5

الطيف الكهرومغناطيسي Electromagnetic Spectrum



الشكل 1-5 رسم تعبيرى للعالم ابن الهيثم.

سكّين جاما، هو الجهاز الأكثر تطوُّراً المُستخدَم في الطب الإشعاعي. فهو يحدّد الورم الكامن في عمق الدماغ، ويتلفه، من دون الحاجة إلى جراحة، أو تلف أيّ من الأنسجة المحيطة بالورم. إذا تتبّعنا أصل هذا الجهاز فسوف نعود إلى الوراثة 1000 سنة حيث كتابات العالم المسلم، ابن الهيثم، (الشكل 1-5) الذي كان عالماً في الرياضيات والفلك والفيزياء التجريبية، في الوقت الذي اعتقد معظم الناس فيه أنّ الضوء ينطلق من العين، إلى خارجها للسماح لنا بأن نرى. وما نعرفه عن عالم الطاقة الكهرومغناطيسية المعقّد، ولا سيما استخدامه في الطب، ترجع جذوره إلى أعمال ابن الهيثم.

المفردات



Inductance	حثّ
Electromagnetism	كهرومغناطيسية
Speed of light	سرعة الضوء
Light ray	شعاع الضوء
Crooke's tube	أنبوب كروك
Alpha particles	جسيمات ألفا
Beta particles	جسيمات بيتا
Gamma rays	أشعة جاما
Wavelength	طول الموجة
Frequency	تردد
Planck's constant	ثابت بلانك
Resonance	رنين
Ionizing radiation	إشعاع مؤيّن

مخرجات التعلّم

GP1101.1 يعدّد الأجزاء المختلفة من الطيف

الكهرومغناطيسي، ويوضح أنه كلما قلّ طول الموجة ازداد التردد (وبالتالي ازدادت الطاقة).

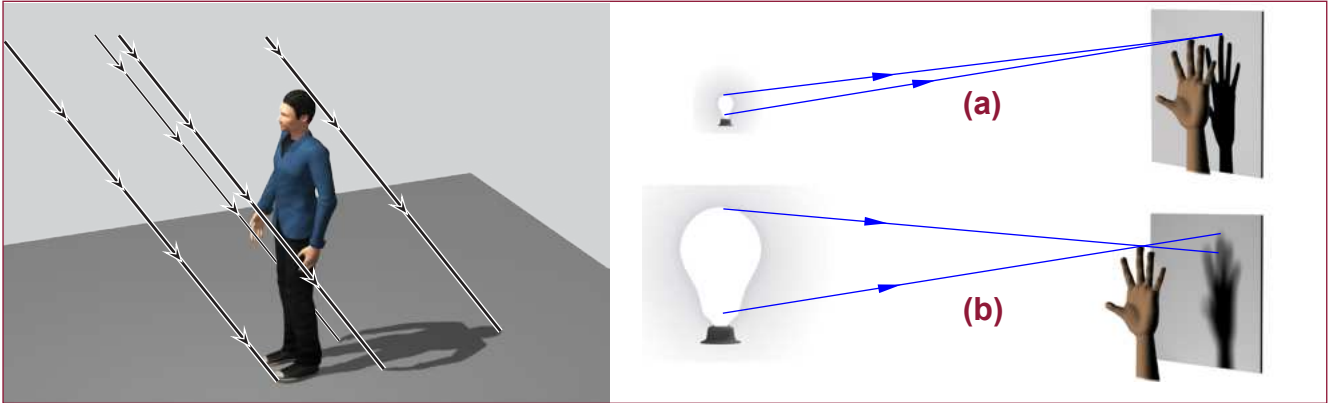
GP1101.2 يصف قضايا الصحة والسلامة المرتبطة بتعريض الإنسان للموجات الكهرومغناطيسية المختلفة.

خصائص الضوء

الضوء شكل من أشكال الطاقة. يعتمد تكوين الصور في كل من آلة التصوير، والأجهزة الطبيّة المتقدّمة كأجهزة الأشعّة السينية، على الخصائص الأساسية الآتية للضوء:

1. ينتقل الضوء في خطوط مستقيمة ما لم يكن هناك عائق في مسار انتقاله. وهذا يفسّر تكوّن الظلال.
2. يختلف الضوء في شدّته. وتُقاس شدة الضوء بمقدار الطاقة التي تسقط على كل متر مربع. فالمصباح الكهربائي الخافت له شدة ضوء أقل من المصباح الساطع.
3. يعتمد تردّد الضوء على طاقته. فالضوء العالي الطاقة (الأكثر زرقة) له تردّد أعلى، والضوء المنخفض الطاقة (الأكثر احمرارًا) له تردّد أقل.

ويُعدُّ تكوّن الظلال دليلاً على أن الضوء ينتقل في خطوط مستقيمة. **شعاع الضوء Light ray** خط وهميّ يتبع مسار الضوء. والأشعّة في (الشكل 5-2a) و(الشكل 5-2b) توضّح كيف تعتمد حدّة (وضوح) الظل على حجم مصدر الضوء، والمسافة بين مصادر الضوء والجسم والسطح الذي يتكوّن عليه الظل.



الشكل 5-2 تكون الظلال دليلاً على أن الضوء ينتقل بخطوط مستقيمة.



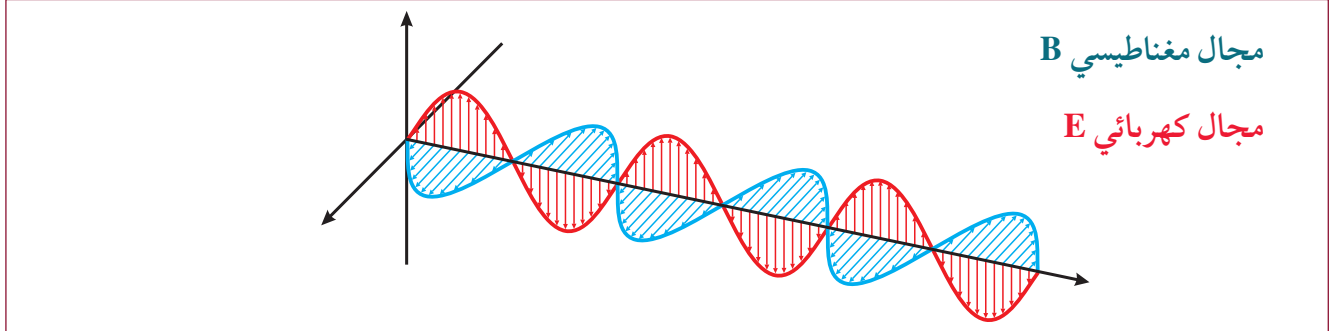
الشكل 5-3 الأجزاء التي امتصّت الأشعّة السينية تبدو بيضاء بينما الأجزاء التي لم تمتص الأشعّة-السينية تظهر مظلمة.

تُستخدم الخصائص الثلاث المذكورة أعلاه في تكوين صور طبيّة مصحوبة ببعض الظل. تحجب يدك الضوء المرئي تماماً. وتكون الظلال التي تكوّن بفعل المصباح الكهربائي، مظلمة تماماً. سوف نعرف أن بعض أطراف الموجات غير المرئية مثل الأشعّة السينية تكوّن ظلاً، لكن يدك لا يمكنها حجب الأشعّة السينية تماماً. يمتصّ الكالسيوم الأشعّة السينية في العظام بقوة أكبر من الأنسجة اللينة. لذلك فإنّ شدّة ظل العظام المتكوّن بواسطة الأشعّة السينية أقوى من شدّة الظلال التي تكوّن أجزاء الجسم اللينة، كالأوتار والعضلات (الشكل 5-3).

الضوء شكل من أشكال الطاقة الكهرومغناطيسية

الضوء هو انتشار اهتزاز المجال الكهرومغناطيسي وهو يتكون من مجالين كهربائي ومغناطيسي متعامدين ينتقلان في الفراغ والأوساط المادية.

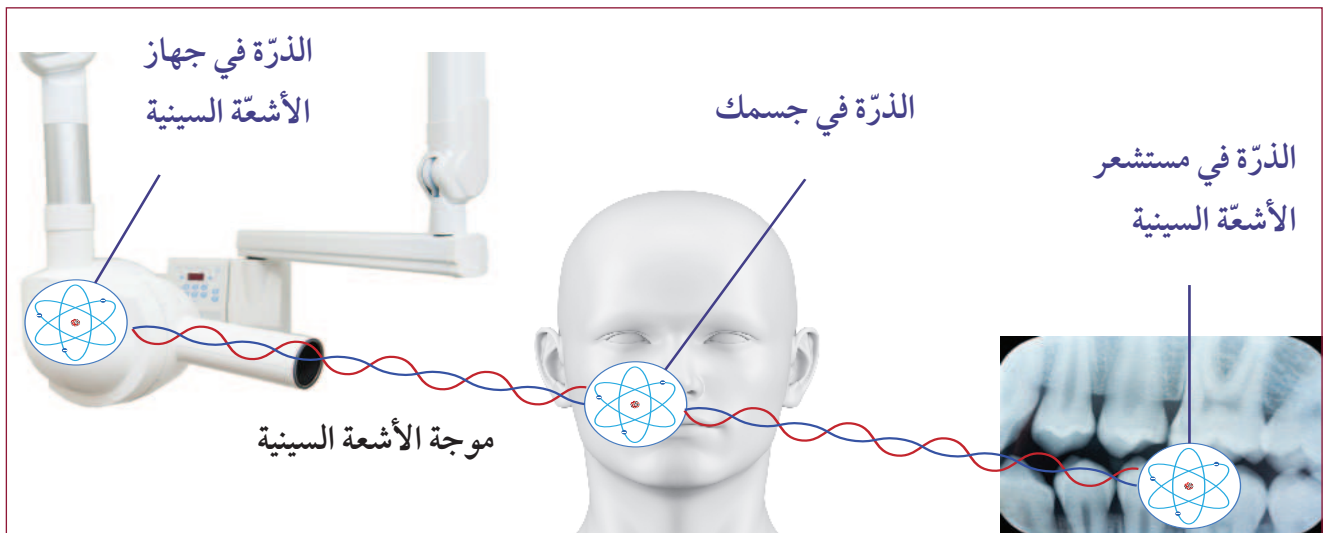
تنتقل موجات الضوء في الفراغ وفي الهواء بسرعة 3.0×10^8 m/s، وهذا ما يعرف **بسرعة الضوء**.
.Speed of light



الشكل 4-5 موجة الضوء.

تنبعث معظم موجات الضوء عن الذرات عندما تغير بعض إلكترونات الذرة مستويات طاقتها، وبعملية معاكسة فإن الضوء عندما يسقط على ذرة، فإن بعض إلكترونات الذرة تمتصه وتغير مستويات طاقتها؛ أي أن الذرات تمتص الضوء وتتفاعل معه، بما فيها ذرات الجسم البشري. تُحدّد طاقة الضوء نوع التفاعل الذي قد يحدث.

1. تطلق الذرات في جهاز الأشعة السينية ضوءاً ذا طاقة عالية يسمى بالأشعة السينية. هذا الضوء غير مرئي للعين.
2. تعبر الأشعة السينية أنسجة الجسم. فتمتص ذرات الجسم بعضاً من ضوء هذه الأشعة. تعتمد كمية الامتصاص على نوع الذرة. فالكربون والهيدروجين يمتصان كميات قليلة من الطاقة، ولكن الذرات الأثقل مثل الكالسيوم تمتص الكثير من الطاقة.
3. تسقط طاقة الضوء على مستشعر الأشعة السينية حيث تكون الذرات التي امتصت الطاقة قد أُلقت ظلالها؛ فنسجل تشكيل صورة بالأشعة السينية (الشكل 5.5).

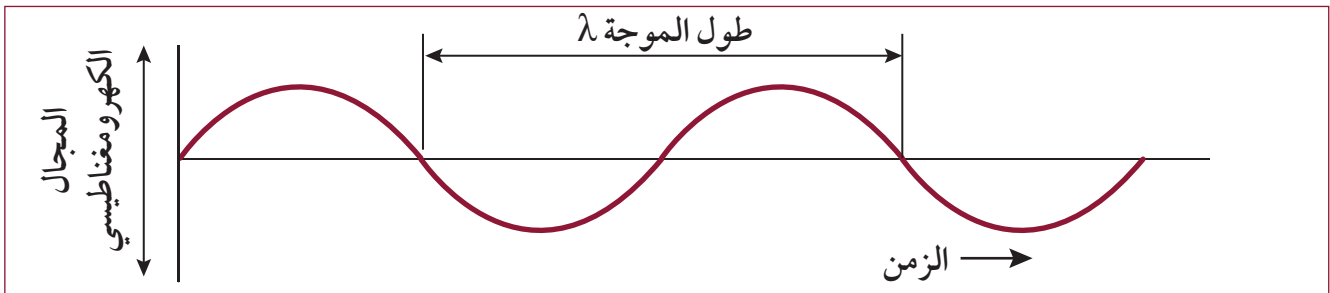


الشكل 5-5 تفاعل موجة الأشعة السينية مع الذرات.

التردد وطول الموجة والسرعة

تُستخدم كلمة الضوء في الفيزياء لوصف الموجات الكهرومغناطيسية جميعها. يشمل ذلك الضوء المرئي؛ ولكنه يشمل أيضًا موجات الراديو والميكروويف والأشعة السينية وأشعة جاما. فهي كلها تنتقل كموجات كهرومغناطيسية، لكن لكل منها مدى مختلف من الطاقة، لاختلاف ترددها وطولها الموجي.

الطول الموجي Wavelength (λ) للموجة، هو المسافة بين بداية دورة واحدة كاملة من الموجة، ونهايتها. ويستخدم الحرف اليوناني « λ » لتمثيل الطول الموجي. يوضح (الشكل 5-6) طول موجة كاملة واحدة.



الشكل 5-6 طول الموجة الكهرومغناطيسية.



تتوافق أطوال موجات الضوء المختلفة مع الألوان المختلفة. يوضح الشكل 5-7 أن الطول الموجي للضوء من مؤثر ليزر أحمر يساوي 635 nm، أو $635 \times 10^{-9} \text{ m}$ ، والأطوال الموجية للضوء المرئي قصيرة جدًا.

الشكل 5-7 طول موجة الليزر 635 nm.

يصف **تردد Frequency** الموجة (f) عدد الموجات التي تمر في الثانية الواحدة. ويحتوي ضوء الليزر الأحمر على تردد يبلغ 472×10^{12} دورة في الثانية (472 THz). فواحد تيراهيرتز (THz) هو 10^{12} دورة في الثانية الواحدة. وهذه موجات ضوء، تتذبذب بشكل كبير جدًا.

سرعة الموجة

سرعة الموجة m/s	v
التردد (Hz أو S^{-1})	f
الطول الموجي (m)	λ

$$v = f \lambda$$

من الثوابت المعروفة في الفيزياء سرعة الضوء $v = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ سرعة الضوء في الهواء أو الفراغ.
 سرعة الصوت في الهواء. $v = 344 \text{ m/s}$

من الثوابت المعروفة في الفيزياء سرعة الضوء في الهواء أو الفراغ وسرعة الصوت في الهواء.

التردد والطاقة

درجة حرارة	5400	
الألوان (K)	5200	
	5000	ضوء النهار
	4800	
	4600	
	4400	
	4200	الأبيض البارد
	4000	
	3800	
	3600	
	3400	
	3200	
الهالوجين	3000	الأبيض الساخن
	2800	
السطوع	2600	
	2400	

الشكل 8-5 درجة حرارة ألوان المصابيح (K).

تحمل الترددات العالية للضوء طاقة أكبر من الترددات المنخفضة. يمكنك أن ترى هذا في البيئة المحيطة بك. فكلما ازدادت سخونة جسم تغيّر لونه. وتُصنّف ألوان بعض مصابيح LED الجديدة تبعًا للطاقة الحرارية، كما تمثلها درجة الحرارة على مقياس كلفن (الشكل 8-5). تطلق الأجسام ذات الحرارة المرتفعة الضوء الأقرب إلى ألوان (الأزرق - الأبيض). بينما تطلق الأجسام ذات الحرارة المنخفضة الضوء الأقرب إلى ألوان (الأحمر - الأصفر).

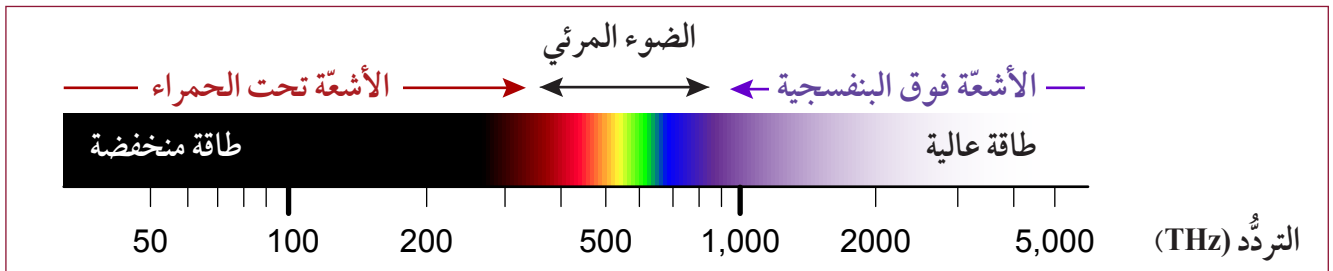
كلما ازداد تردد الموجة الكهرومغناطيسية EM ازدادت طاقتها (الشكل 9-5)، وهذا يُمثل بالمعادلة الآتية:

طاقة الضوء

E	الطاقة (J)
h	ثابت بلانك ($h = 6.626 \times 10^{-34}$ Js)
f	التردد (Hz أو s^{-1})

$$E = hf$$

الثابت، h ، هو ثابت بلانك **Planck's constant** وقيمته 6.63×10^{-34} Js.



الشكل 9-5 ترددات الأشعة فوق البنفسجية والضوء المرئي والأشعة تحت الحمراء.

تكون الأعصاب حساسة لبعض الترددات التي دون تردد الضوء الأحمر، أي الأشعة تحت الحمراء **Infrared**، ونستشعر بذلك كحرارة. وتعدُّ طاقة الأشعة تحت الحمراء مسؤولة أيضًا عن الاحتباس الحراري.



الشكل 10-5 تستطيع الأشعة فوق البنفسجية أن تلحق ضررًا بالجلد.

تمتلك الأشعة فوق البنفسجية طاقة عالية، أعلى كثيرًا من طاقة الضوء المرئي، فهي قد تحرق الجلد، وتسبب بعض أنواع السرطانات؛ حتى أن التعرض لكميات كبيرة منها قد يؤدي إلى الوفاة. ونحن لا نشعر بامتصاص الأشعة فوق البنفسجية، لذلك لا يمكننا الشعور بحروق الشمس، إلا بعد حدوث الضرر. وتتوافر مراهم واقية لأشعة الشمس (الشكل 10-5) لحجب بعض الأشعة فوق البنفسجية.

مثال (1)

ما تردد ضوء طول موجته 635 nm؟

قد لا ترد سرعة الموجة الكهرومغناطيسية في مسائل الطاقة الكهرومغناطيسية. عليك أن تتذكر أن سرعة الضوء أساسية وقيمتها 3.0×10^8 m/s. ويجب أن تُكتب ضمن لائحة المعطيات.

إذا علمت أن $v = 3.0 \times 10^8$ m/s حيث $v = f \times \lambda$

$$f = \frac{v}{\lambda} \quad \text{تمثل بالمعادلة الجبرية} \quad \lambda = 635 \times 10^{-9} \text{m}$$

$$f = \frac{3.0 \times 10^8 \frac{m}{s}}{635 \times 10^{-9} m}$$

$$f = 4.72 \times 10^{14} \text{ s}^{-1}$$

$$f = 4.72 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

مثال (2)

ما سرعة موجة راديو طولها الموجي يساوي 2.2 m، وترددها $1.36 \text{ Hz} \times 10^8$ ؟

إذا علمت أن $v = f \times \lambda$

$$v = (1.36 \times 10^8)(2.2) = 2.99 \times 10^8 \text{ m/s}$$

$$v \approx 3 \times 10^8 \text{ m/s}$$

ملاحظة: رغم أن سرعة الموجات الكهرومغناطيسية في الفراغ والهواء تبلغ 3×10^8 m/s إلا أنها تختلف بحسب المادة التي تنتقل فيها كالزجاج والماء.

مثال (3)

ما طاقة الأشعة الضوئية التي يبلغ ترددها 4.27×10^{14} Hz؟

إذا علمت أن $E = h.f$ حيث $h = 6.63 \times 10^{-34}$ Js

$$f = 4.27 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

$$E = 6.63 \times 10^{-34} \text{ Js} \times 4.27 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

$$E = 2.83 \times 10^{-19} \text{ J}$$



طاقة الكم

1-5

هل يمكنك إجراء عرض عن $E = hf$ في الصف؟	سؤال الاستقصاء
ورقة تتوهج في الظلام، مصابيح كهربائية LED أحمر، LED أخضر، LED أزرق، LED فوق البنفسجي، غرفة مظلمة.	المواد المطلوبة

الخطوات

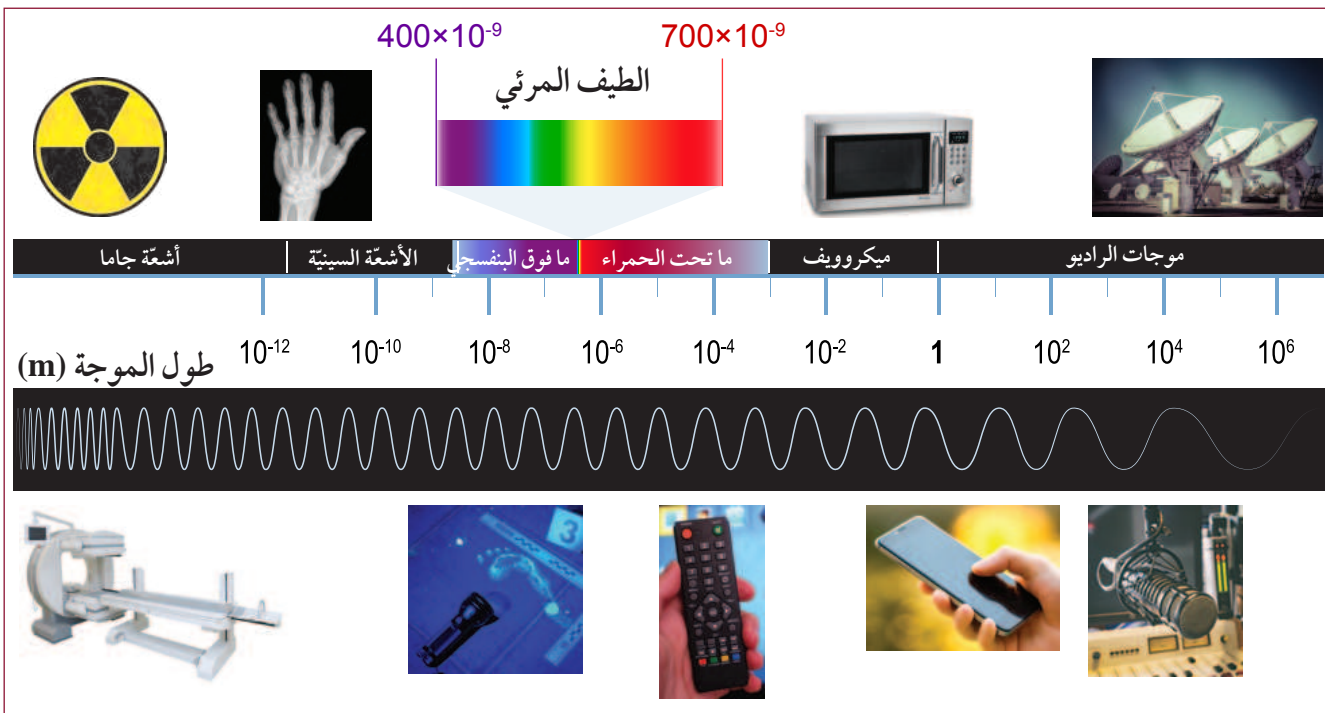
1. سوف تتفاعل ورقة التوهج مع الضوء في الغرفة المظلمة. خذ ورقة توهج واقبلها، وغطها حتى لا تمتص ضوء الغرفة.
2. أطفئ مصادر الإضاءة في الغرفة.
3. اقلب ورقة التوهج في الغرفة المظلمة، وتأكد من عدم توهجها كثيرًا. إذا تطلب الأمر، انتظر بضع دقائق حتى يستقر التوهج.
4. استخدم ضوء مصباح LED أحمر لمحاولة إضاءة الورقة، وسجل نتائج ملاحظتك. قرب المصباح ليلا مس الورقة، كي تعرف إن كان ذلك يغيّر نتائجك.
5. استخدم مصباح LED الأخضر، وكرّر الخطوة 4.
6. استخدم مصباح LED الأزرق، وكرّر الخطوة 4.
7. استخدم مصباح LED فوق البنفسجي، وكرّر الخطوة 4.

الأسئلة

- a. سوف تتوهج الورقة لتفاعلها مع الطاقة. ماذا تستنتج من تأثير طاقة مصابيح LED ذات الألوان المختلفة في ورقة التوهج؟
- b. جرّب مواد مختلفة يمكن أن تحجب ضوء الأشعة فوق البنفسجية. جرّب بعض المواد البلاستيكية الشفافة، إن وجدت.
- c. هناك مواد أخرى سوف تتوهج تحت تأثير الأشعة فوق البنفسجية. تفحص أشياء من حولك في الصف لتعرف إن كنت تستطيع تحديد تلك المواد.
- d. ما الخصائص المشتركة بين تلك المواد؟
- e. حاول أن توضّح سبب استمرار التوهج في المادة المعتمدة حتى بعد إطفاء المصباح.

الطيف الكهرومغناطيسي

يطلق على المدى الكلي من الموجات الكهرومغناطيسية اسم الطيف الكهرومغناطيسي (الشكل 11-5). وتقع أشعة جاما في منطقة الطاقة المرتفعة حسب سلسلة الطيف الكهرومغناطيسي بأعلى تردد وأقصر طول موجة. ويقع الضوء المرئي في منتصف الطيف الكهرومغناطيسي. يشمل الجانب المنخفض الطاقة من الطيف الكهرومغناطيسي موجات الراديو. تلك الموجات لها ترددات تُراوح بين 1000 هرتز و 10^9 هرتز. ورغم أن نيكولاي تسلا هو الذي صنع جهاز الراديو عام 1893، فإن ماركوني هو الذي يُعزى إليه في الغالب اختراع الراديو؛ لأنه تقدّم بطلب للحصول على براءة اختراع في إنجلترا عام 1896. ولم يسجّل تسلا براءة اختراعه حتى العام 1897.



الشكل 11-5 يمتد الطيف الكهرومغناطيسي من موجات الراديو ذات الطول الموجي الطويل إلى أشعة جاما ذات الطول الموجي القصير.

موجات الراديو لها أطوال موجية طويلة إلى حد بعيد، تمتد من متر إلى كيلومترات عدة. تمر تلك الموجات مباشرة عبر السحاب، وتسمح بالاتصالات البعيدة المدى التي غيرت العالم بسرعة كبيرة أوائل القرن العشرين.

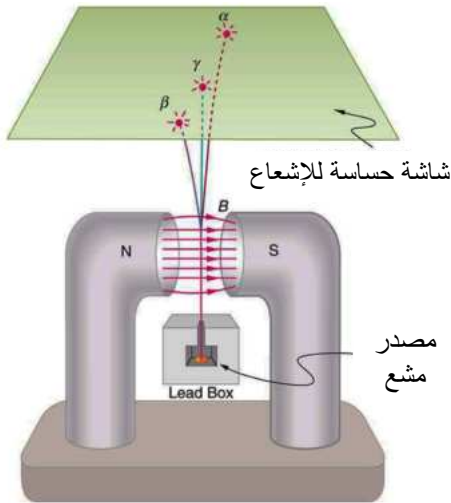
يشار إلى مناطق عدة من الطيف الكهرومغناطيسي بأطوالها الموجية. وتُعدُّ موجات الراديو القصيرة تقنية تستخدم موجات أقصر من موجات الراديو العادية. وبالمقابل، فإن موجات الميكروويف التي نستخدمها في طهي الطعام لها أقصر طول موجي ضمن موجات الراديو يتراوح بين مليمتر وستيمتر. عُرفَ الليزر في البداية باسم ميزر MASER، لأنه استخدم موجات الميكروويف بدلاً من الضوء. كذلك الهواتف المحمولة (Cell Phones) تستخدم موجات الميكروويف.

النشاط الإشعاعي

يعتمد الأثر الطبي للأشعة السينية وأشعة جاما على قدرة الذرات في جسم الإنسان على امتصاص الطاقة التي تحملها كل من هذه الأشعة. تستطيع الذرات أيضًا أن تنتج الضوء داخل الجسم ستتعرف أن هذه هي الطريقة التي يعمل بها التصوير المقطعي المُحوَّسَب الماسح CT scan. ومع ذلك، ربما سبق لك أن تعاملت مع تأثيرات مماثلة من مواد التوهج في الظلام، والطلاءات الفلورسنتية.

عندما انتشر اكتشاف رونتجن Rontgen للأشعة السينية، بدأ بيكريل Becquerel باستخدام أنبوب كروك الخاص به في توهج عينات من أملاح اليورانيوم بالأشعة الجديدة. وقام بيكريل بإعداد تجربة لفيلم محكم الإغلاق. لكن، بسبب سوء الأحوال الجوية، لم تتح له فرصة تعريض الفيلم لأشعة الشمس. وحين قام بتحميض الفيلم، فوجئ بأنه قد تعرّض لأشعة، على الرغم من حفظه في الظلام. وبحلول العام 1896، استنتج بيكريل أن اليورانيوم ينبعث منه نوع من الطاقة العالية غير المرئية بمقدوره أن يتلف الفيلم. واكتشف بيكريل التأثير الذي أسمته العالمة الفرنسية، ماري كوري، النشاط الإشعاعي. والنشاط الإشعاعي Radioactivity انبعاثات تلقائية للطاقة من أنوية الذرات، بما في ذلك الموجات الكهرومغناطيسية التي تُسمى أشعة جاما.

النشاط الإشعاعي انبعاثات تلقائية للطاقة من أنوية بعض الذرات غير المستقرة.

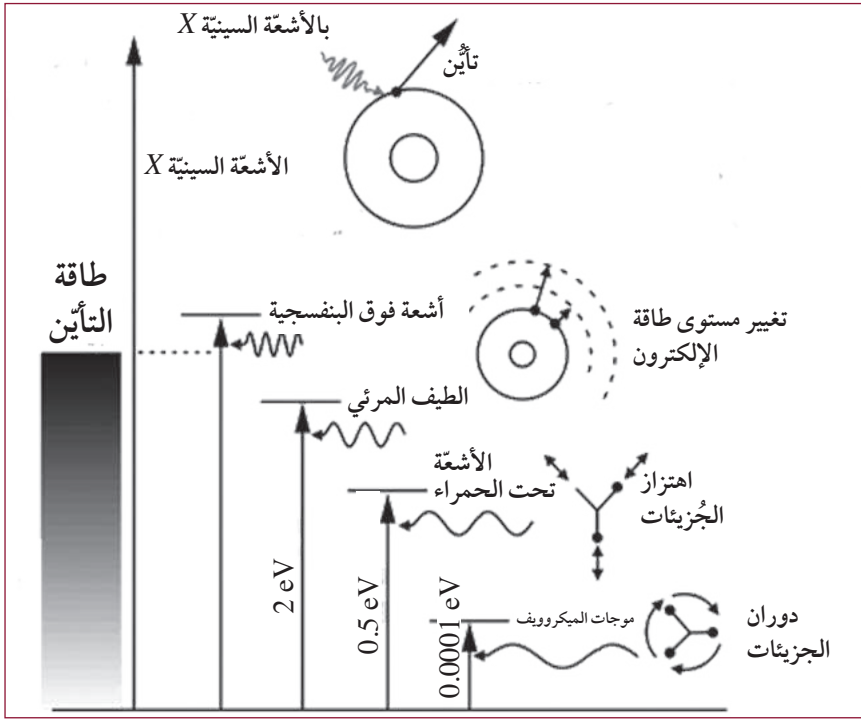


بحث بيكريل في «الإشعاعات» الجديدة عن طريق وضع مغناطيس كهربائي قوي عمودياً على مسارها، كان قادراً على جعل الأشعة تنحني (الشكل 5-12). وأثبت أنها ليست الأشعة السينية. لكن تبين أن «أشعة اليورانيوم» الجديدة هي إلكترونات سريعة.

الشكل 5-12 انحناء أشعة اليورانيوم أثبت أنها ليست الأشعة السينية.

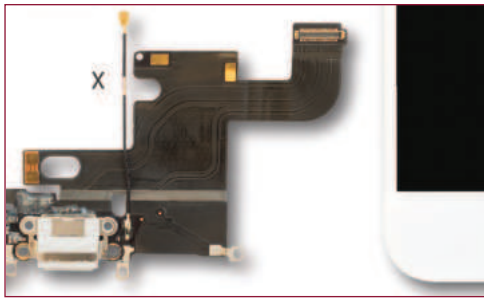
السلامة وطاقة الطيف الكهرومغناطيسي

يخاف الناس كثيرًا من الأشياء التي لا يستطيعون رؤيتها. وكثير من الناس ترهبهم كلمة «الإشعاع». ومن الناحية الفنية، يعني الإشعاع أي شكل من أشكال الطاقة التي تنتقل في الفضاء. والجزء غير الضارّ من ضوء الشمس هو شكل من أشكال الإشعاع، وكذلك الموجات الصوتية. وهناك أنواع معيَّنة فقط من الإشعاعات، تكون إشعاعات ضارّة. ترجع خطورة ذلك إلى مجالين رئيسيين، هما: الطاقة و«الرنين» Resonance.



يوضح الشكل 5-13 تأثير الإشعاع المؤين في الذرات. فالإشعاع المؤين خطير؛ لأن الطاقة قد تُحدث تغييرًا في الجزيئات، بما في ذلك الشفرة الوراثية للحمض النووي داخل كل خلية. وتشكّل موجات الميكروويف أيضًا خطرًا على الإنسان إذا تعرّض لها مباشرة. لكنها تكون آمنة عند استخدامها في طهي الطعام وتسخينه رغم أن طاقتها أقل من طاقة الضوء المرئي.

الشكل 5-13 تأثير تأين الإشعاعات في الذرات.



الشكل 5-14 هوائي الهاتف المحمول «X».

يشير الرنين Resonance إلى قدرة جسم ما على امتصاص الطاقة من موجات لها تردّد معين. و من الأمثلة المفيدة على الرنين الهوائيات الجوال الذي تم تصميمه لامتصاص طاقة موجات الميكروويف القصيرة في حالة الرنين من أبراج الهوائيات الجواله (الشكل 5-14).

موجات الميكروويف ذات التردّد (2.45 GHz (2.45 × 10⁹) هي في حالة الرنين بالتوافق مع تردّد الاهتزاز الطبيعي لجزيئات الماء. عندما تكون جزيئات الماء في حالة رنين مع موجات الميكروويف تهتز بتردد كبير فتسخن المياه. وإذا كان الماء موجودًا في أنسجة حيّة، فإن الأنسجة الحيّة تسخن أيضًا، ويمكن أن تُطهى بسهولة. تمتلك موجات الميكروويف طاقة ضعيفة، لكن الرنين مع جزيئات الماء يحوّل الطاقة إلى درجة حرارة مرتفعة جدًا، وهذا يجعل المستويات العالية من موجات الميكروويف خطيرة. تستخدم الهوائيات المحمولة مستويات منخفضة، من موجات الميكروويف التي تُعدّ آمنة إلى حدّ ما.

تقويم الدرس 1-5

1. أي مما يأتي ليس من خصائص موجات الضوء؟ 
- a. يسير الضوء في خطوط مستقيمة.
b. يسير الضوء بسرعة 3×10^8 m/s.
c. للضوء طاقات مختلفة باختلاف ألوانه.
d. موجات الضوء إلكترونات متحركة تنجذب أثناء حركتها.
2. أي من أنواع الضوء الآتية هي الأعلى طاقة؟ 
- a. الأشعة السينية.
b. الأشعة تحت الحمراء.
c. الأشعة فوق البنفسجية.
d. موجات الميكروويف.
3. لماذا نعتبر بعض أشكال الطاقة الكهرومغناطيسية غير آمنة؟ 
- a. لأن طاقتها أكبر من طاقة موجات الميكروويف.
b. لأن معظمها يُنتج بأبراج إرسال الراديو.
c. لأنها تملك طاقة كافية لفصل الإلكترون عن ذرته.
d. لأنها تسير بسرعة الضوء؛ وبالتالي لديها طاقة عالية.
4. احسب تردد أشعة الضوء بطول موجي يبلغ 720 nm ($720 \times 10^{-9} \text{ m}$). 
5. احسب طاقة موجة ترددها $2.45 \times 10^9 \text{ Hz}$. 
6. ما وجه الشبه بين أثر الأشعة السينية والظل. 
7. رتب أجزاء الطيف الكهرومغناطيسي من التردد الأقل الى التردد الأكبر. 

الدّرس 2-5

الطب الإشعاعي

Radiology



اعتقد الناس، منذ آلاف السنين، بوجود أجسام تحتوي على قوّة غير مرئية، يمكن أن تشفي الأمراض جميعها. ولا يزال كثيرون يعتقدون أنّ البلّورات والمغانط تحتوي على طاقة شفائيّة. وعندما اكتُشِفَ النشاط الإشعاعيّ، اعتقد الناس بوجود قوى شفائيّة فيه، هناك فرع من العلوم يختصّ في استخدامات الطاقة الكهرومغناطيسيّة من خلال اتباع طرائق موثوقة لمكافحة بعض الأمراض القاتلة الشائعة. يدرس الطلاب الطبّ الإشعاعيّ. سنستكشف في هذا الدرس بعض تقنيات ذلك الطبّ الرائعة المُستخدَمة في يومنا هذا.

المفردات



Fluoroscopy	التصوير الفلوروسكوبيّ
	تصوير مقطعيّ مُحوسَب
Computed tomography	
	تصوير بالرنين المغناطيسيّ
Magnetic resonance imaging	
	علاج إشعاعيّ مطابق ثلاثي الأبعاد
3D-CRT	
Gamma knife	سكين جاما
Radiotherapy	علاج بالأشعة
	علاج باليود المشعّ
Radioactive iodine therapy	
	علاج إشعاعيّ موضعيّ
Brachytherapy	
	كاميرا الأشعة تحت الحمراء الحراريّة
Infrared thermographic camera	
LASIK	ليزك

مخرجات التعلّم

GP1101.3 يصف عددًا من استخدامات الموجات الكهرومغناطيسيّة للتشخيص الطّبيّ، بما في ذلك التصوير بالأشعة السينيّة، ومصادرها داخل الجسم، ويناقد فوائد استخدام هذه التقنيات للتشخيص وأخطارها.

GP1101.4 يصف عددًا من استخدامات الموجات الكهرومغناطيسيّة للعلاج الطّبيّ، بما في ذلك جراحة العين بالليزر، وعلاج حبّ الشباب الشديد بالأشعة فوق البنفسجيّة، وعلاج السرطان بالأشعة السينيّة، ويناقد فوائد استخدام هذه العلاجات وأخطارها.

الأشعة السينية والتصوير المقطعي المحوسب

التصوير الطبي مهم جداً في الطب الحديث. لأنه يمكن الأطباء من رؤية داخل الجسم من دون جراحة، فكلما كانت المعلومات التي يمتلكها الأطباء أفضل، كان التشخيص أكثر دقة، وكانت فرصة الشفاء أكبر. وتعد الأشعة السينية الموجات الأكثر استخداماً في التصوير الطبي.



الشكل 5-15 صورة أشعة سينية لسمكة.

يجري التصوير بالأشعة السينية اليوم بالطريقة نفسها التي التقط فيها رونتجن أول صورة سنة 1895؛ إذ يُوضع مصدر الأشعة السينية على إحدى جهتي الجسم، في حين يُوضع فيلم تسجيلي، أو تقنية تصوير على الجهة الأخرى، حيث تُلتقط صورة الجسم الموضوع بين مصدر الأشعة والفيلم (الشكل 5-15).

تظهر الصور الناتجة للعظام والعضلات بسبب امتصاصها لطاقة الأشعة السينية بمستويات مختلفة. الأشعة السينية هي إشعاعات مؤينة. لذلك، يمكن أن تتلف الأنسجة التي تمر من خلالها. لكن ما يقلل الخطر على المريض هو المستويات المنخفضة من الأشعة السينية، والاستخدام المحدود لها.

أحياناً، يشرب المريض، الذي يعاني مشكلات في الجهاز الهضمي، محلول كبريتات الباريوم. يكسو الباريوم بطانة الجهاز الهضمي، فيمنع نفاذ الأشعة السينية، ما يسمح بالحصول على صورة واضحة للجهاز الهضمي، ويسهل على الطبيب تشخيص المشكلات. يمكن استخدام حاصرات أخرى للأشعة السينية، تشبه الباريوم، لفحص أجزاء مختلفة من الجسم، مثل الأوعية الدموية.

التصوير الفلوروسكوبي Fluoroscopy هو صور أشعة سينية مباشرة، وفيه تُعرض صورة فورية للجسم. يمكن استخدام تقنية التصوير تلك لمشاهدة كيفية مرور الباريوم المُتناول، أو صبغة حقنة الأشعة السينية، عبر الجسم. ويمكن استخدامه عند إدخال دعائم في الوعاء الدموي لتوسيعه. تشكل تلك التقنية خطورة جراً تسببها بتلف الأنسجة، إذا استمر التعرض للإشعاع المؤين.



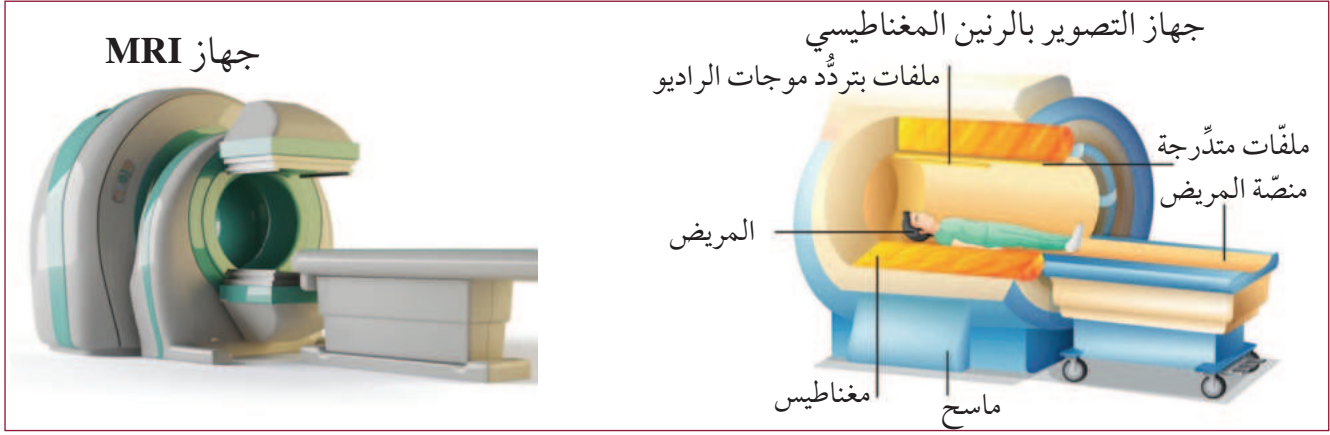
الشكل 5-16 التصوير المقطعي المحوسب.

التصوير المقطعي المحوسب Computed tomography

CT، تصوير حاسوبي بالأشعة السينية، تدور فيه حزمة رقيقة جداً من الأشعة السينية حول الجسم. ويعمل الحاسوب على عرض الصور بشكل شرائح. وفي أثناء عملية التصوير، يتحرك الجسم ببطء في الجهاز (الشكل 5-16). وتظهر النتيجة النهائية على شكل نموذج ثلاثي الأبعاد للجسم.

التصوير بالرنين المغناطيسي

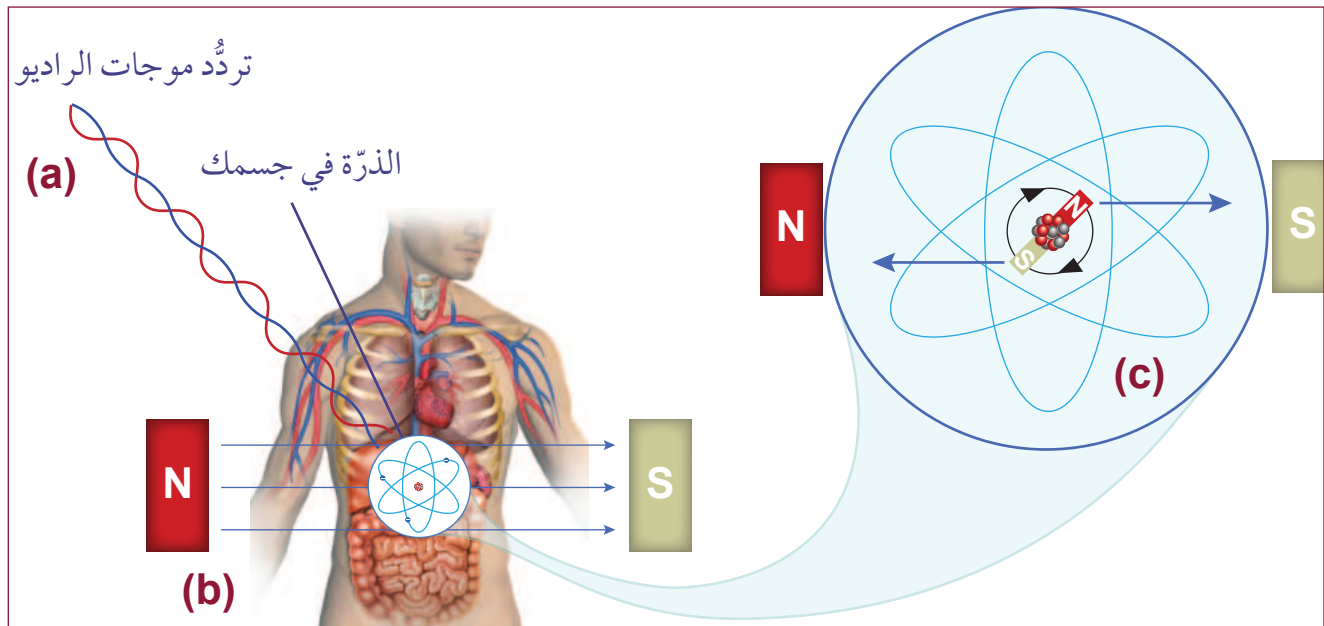
جهاز التصوير بالرنين المغناطيسي **MRI** (الشكل 5-17) هو الجهاز الأكثر أماناً، لأنه لا يستخدم الإشعاع المؤين، ويمثل استخداماً ذكياً لمغانط قوية جداً.



الشكل 5-17 جهاز التصوير بالرنين المغناطيسي.

جهاز MRI أداة معقدة جداً تستخدم الخصائص الفريدة للذرات الفردية داخل الجسم. كيف يعمل جهاز MRI؟

- تُرسل موجة راديو إلى داخل الجسم لتحدث رنيناً مع ذرات معينة داخل الجسم.
- يوضع جسم المريض في مجال مغناطيسي قوي، لديه قدرة على التأثير في المجالات المغناطيسية الدقيقة التي تولدها أنوية ذرات الجسم، فيؤثر بقوة مغناطيسية في كل ذرة.
- تأثير القوة المغناطيسية يجعل الأنوية المتأثرة تصطف بشكل متشابه يجعل مجالاتها تعاكس المجال المغناطيسي القوي للجهاز.
- عند زوال النبضة المغناطيسية تعود أنوية ذرات الجسم لوضعها السابق باعثة أشعة كهرومغناطيسية، يلتقطها جهاز الرنين ويكون بمساعدة الحاسوب صوراً مقطعية عالية الوضوح لأجزاء جسم المريض.



الشكل 5-18 كيف يعمل جهاز MRI؟

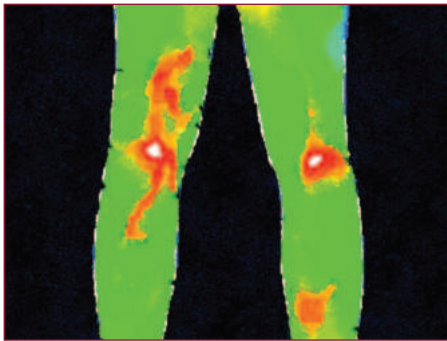
التصوير الحراري



الشكل 19-5 كاميرا الأشعة تحت الحمراء الحرارية IRT.

عند تشغيل محرك السيارة ترتفع درجة حرارته وتسخن بعض أجزاء المحرك أكثر من غيرها، وقد يلاحظ فني الصيانة ارتفاعاً غير مألوف في درجة حرارة المحرك أو بعض أجزائه، فيتوقع وجود خلل فيه، وللتأكد من ذلك يستخدم الفني كاميرا الأشعة تحت الحمراء الحرارية IRT, Infrared thermographic camera (الشكل 19-5) لمعرفة أي خلل في توزيع حرارة المحرك.

قد يصبح جسمك أيضاً أكثر سخونة عند الإصابة ببعض الأمراض. ذلك أن الأوعية الدموية الصغيرة تحمل الدم طوال الوقت عبر جسمك. ويمكن بسهولة قياس درجة حرارة تلك الأوعية الدموية عن طريق الجلد. يقوم جهاز الأشعة تحت الحمراء الحرارية بتخطيط موجات الأشعة تحت الحمراء، ويحوّلها إلى قيم كهربائية، يمكن تمثيلها بألوان مختلفة على الشاشة. وتستخدم الأشعة تحت الحمراء في المطارات عند انتشار الاوبئة، لكشف الحمى وارتفاع درجة حرارة الشخص، خوفاً من إصابته بذلك الوباء.



الشكل 20-5 صورة أشعة تحت الحمراء لالتهاب المفاصل.

تعدّ كاميرا الأشعة تحت الحمراء الحرارية تقنية غير جراحية تستخدم إشعاعاً غير مؤين. ويمكن عبر استخدامها بانتظام، وحتى في المنزل، مراقبة وضع الإصابة أو الالتهاب في المفاصل. وكما هي الحال مع فني صيانة السيارات، يمكن أن يؤدي كشف البقع الساخنة (الشكل 20-5) في وقت مبكر، إلى اتخاذ التدابير العلاجية قبل أن يتحوّل الالتهاب إلى مشكلة جدية.

بمقدور المدربين الرياضيين استخدام الأشعة تحت الحمراء الحرارية لمراقبة أداء العضلات والمفاصل أثناء التمرين الرياضي مباشرة. فيساعدهم ذلك في اتخاذ القرار بالسماح للمتدرب بمواصلة التدريب، أو ضرورة التوقف ومراجعة الطبيب.

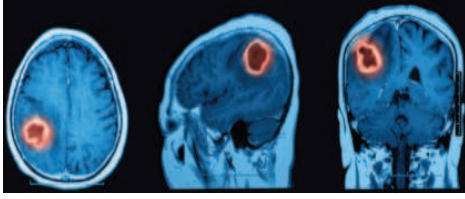
وعلى أرض الملعب، تمثل كاميرا الأشعة تحت الحمراء الحرارية واحدة من تقنيات التشخيص المبكر التي تُستخدم لتقدير شدة الإصابة؛ حيث يمكن بها التفريق بين كدمة عضلية أو شيء آخر أكثر خطورة. لذا أصبحت هذه التقنية واحدة من قياسات حيوية كثيرة في مجال الطب الرياضي.

مخاطر و فوائد الموجات الكهر ومغناطيسية

قد نتعرض في حياتنا اليومية لبعض أنواع الموجات الكهر ومغناطيسية دون أن نعلم. وقد نلجأ للتعرض لأنواع أخرى منها بهدف الحصول على الفائدة عن تشخيص الأمراض والعلاج. لكن في الحالتين فإن تعرضنا للموجات الكهر ومغناطيسية تنطوي عليه بعض المخاطر. فيما يأتي جدول للمقارنة بين تلك المخاطر والفوائد.

المخاطر	الفوائد
<ul style="list-style-type: none"> • لها القدرة على اختراق الجسم فتسبب تدمير الخلايا، وقد يتسبب التعرض للمزيد منها للإصابة ببعض أنواع السرطان. 	<ul style="list-style-type: none"> • تُمكن الطبيب من رؤية الكسور والإصابات دون إجراء عمليات جراحية للكشف عن الكسور.
<ul style="list-style-type: none"> • لا يمكن استخدامه لتصوير مرضى لديهم أعضاء معدنية، لأن المجال المغناطيسي القوي يشكل خطورة عليهم. 	<ul style="list-style-type: none"> • يستخدم مجالات مغناطيسية، ولا يستخدم أشعة مؤينة. • يُقدم صوراً للأربطة والأنسجة والغضاريف أكثر وضوحاً مما نحصل عليه من الأشعة السينية.
<ul style="list-style-type: none"> • لا يمكن استخدامها لتصوير الأعضاء الداخلية لضعف طاقتها، فهي لا تخترق الجسم عميقاً. 	<ul style="list-style-type: none"> • الأشعة تحت الحمراء موجات منخفضة الطاقة وتستخدم بسهولة لتصوير الجلد والطبقات القريبة منه والحصول على تشخيص واضح.

استهداف الورم



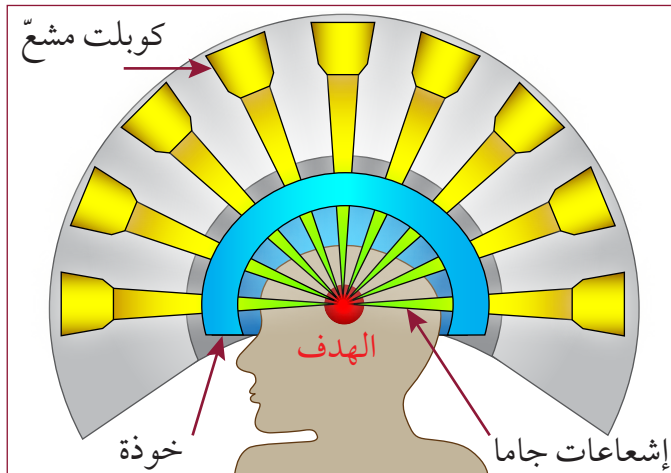
الشكل 5-21 استهداف لحجم الورم وموقعه وشكله بدقة وعناية.

يمكن لاستهداف الورم تحديداً بالعلاج الإشعاعي أن يحدّ من تضرُّر الخلايا السليمة. وتمثّل المعرفة الدقيقة لمكان الورم مفتاح الاستهداف الدقيق. وكلّما كانت الصورة أفضل، كان الاستهداف أفضل (الشكل 5-21). يتأثر الاستهداف بحجم الورم، وشكله، وكثافته، بالتّرافق مع الأنسجة القريبة.

عند مرور حزمة من الأشعة السينية أو أشعة جاما عبر الجسم، قد تتلف الأنسجة السليمة. كما أنّ حزمة الأشعة المركزة القوية بما يكفي لتدمير الورم، سوف تسبّب أضراراً جسيمة للشخص، وهذه هي المشكلة الدائمة التي تنجم عن الإشعاع.

أحد الحلول هو العلاج الإشعاعيّ المُطابق الثلاثي الأبعاد (3D-CRT). ذلك أن استخدام صورة دقيقة من التصوير المقطعيّ المُحوسب، أو التصوير بالرنين المغناطيسيّ، يمكن حزمة الإشعاع من التوجّه بدقة نحو الورم. وهذا يسمح باستخدام شعاع أقوى، ويقلّل إلى أدنى حدّ من وصول أيّ إشعاع إلى الأنسجة المحيطة. وعن طريق الحاسوب يمكن اعتراض أي جزء من الإشعاع لمنعه من الوصول لأنسجة حساسة معينة.

تتمثّل تقنية أخرى في استخدام حُزَم إشعاع منخفضة الطاقة، تستهدف الورم من زوايا عدّة مختلفة. وبناء على ذلك، تتعرّض الأنسجة السليمة لجرعات منخفضة من الإشعاع، في حين يتعرّض الورم المُستهدَف للإشعاعات جميعها، فتكون الجرعة أكبر تأثيراً.



الشكل 5-22 مخطّط سكين جاما.

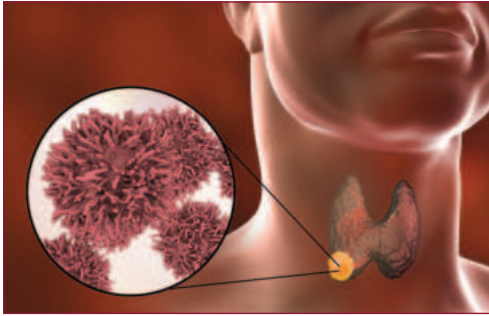
سكين جاما Gamma knife (الشكل 5-22) أداة جراحية تستخدم العديد من جرعات أشعة جاما المنخفضة الجرعة المحيطة بالمنطقة المُستهدَفة. وتسمح تلك العملية غير الجراحية بإزالة الأورام التي يتعذّر الوصول إليها، وتمنح المرضى أملاً جديداً في الشفاء.

يمكن أن يستهدف سكين جاما الورم من دون جراحة.



الطب النووي

توصّل العلماء، على مرّ السنين، إلى طرائق عدّة لجعل **العلاج الإشعاعي Radiotherapy** أكثر جودة ودقّة. لكن من حيث المبدأ، لا يزال العلاج هو نفسه: جرعة عالية من الإشعاع تستهدف الورم. وعلى الرغم من أنّ هناك أنواعاً كثيرة من العلاج الإشعاعي، إلا أنّه يُعطى على نطاق واسع بطريقتين: من خارج الجسم (العلاج الإشعاعي الخارجي)، أو من داخله (العلاج الإشعاعي الداخلي). وتحدّد متغيّرات عدّة النوع المُستخدم منهما، من بينها نوع الورم، ومكان وجوده في الجسم.

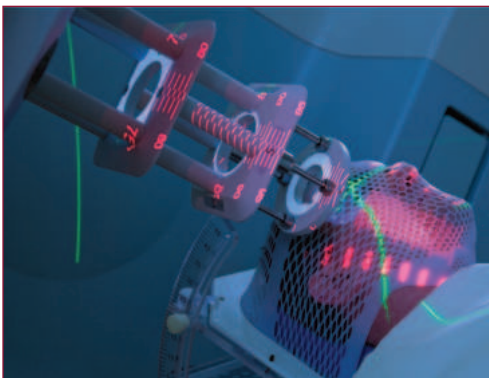


الشكل 5-23 سرطان الغدّة الدرقيّة.

العلاج باليود المشعّ Therapy iodine radioactive، هو علاج إشعاعيّ داخليّ، فاعل جدّاً لمرضى سرطان الغدّة الدرقيّة (الشكل 5-23). يُعطى اليود المشعّ على شكل شراب أو أقراص، وينتقل سريعاً عبر الجسم إلى الغدّة الدرقيّة. حيث يقتل الخلايا السرطانيّة، لكنّه غير مضرّ بالخلايا السليمة. لذلك فإنّه يترك آثاراً جانبيّة قليلة.

يُسمّى هذا العلاج الإشعاعيّ السائل، وهو أحد نوعين رئيسيين من العلاج الإشعاعيّ الداخليّ. أمّا النوع الآخر، فيُسمّى **العلاج الإشعاعيّ الموضعيّ Brachytherapy**، الذي يتضمّن وضع غرسة مشعّة بجوار الورم، مثل كريات معدنيّة صغيرة أو أسلاك، تطلق أشعّة جاما وأشعّة سينيّة، وتوضع تجاه الورم، ويمكنها أن تدمّر خلاياه بفاعلية. ويمكن تشكيل الغرسة وتغطيتها لمنع أيّ إشعاع شارّد من التأثير في الأنسجة المحيطة. ويمكن إزالة الجهاز جراحياً بعد انتهاء دورة العلاج.

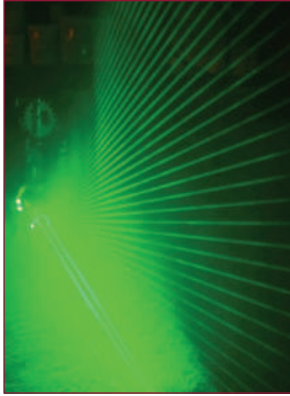
وعلى الرغم من أنّ العلاج الإشعاعيّ الداخليّ يعمل على نحو جيّد مع بعض أنواع السرطان، إلا أنّ العلاج الإشعاعيّ الخارجيّ هو النوع الأكثر انتشاراً. تُستخدم أنواع مختلفة من الإشعاع، لكنّ الأنواع الأكثر استخداماً، هي الأشعّة السينيّة، وأشعّة جاما.



الشكل 5-24 العلاج النيوترونيّ. الضوء الأحمر لأغراض التخطيط.

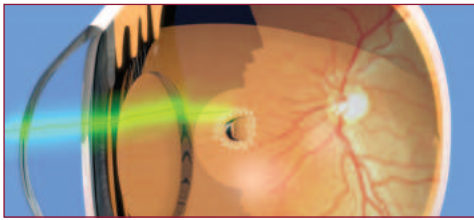
هناك أنواع نادرة من السرطان، تُستخدم في علاجها النيوترونات لتدمير الخلايا السرطانيّة. تُقدّف النيوترونات نحو الورم في حزم منبعثة من آلة متطورة جدّاً تُسمّى السيكلوترون. يمكن تركيز الطاقة على الورم وحده (الشكل 5-24) لتُحدّث تلفاً في الخلايا السرطانية يفوق ما تحدّثه كلّ من أشعّة جاما والأشعّة السينيّة. تتوافر هذه التكنولوجيا في عدد قليل من المستشفيات.

الليزر



جهاز الليزر نوع خاص من المصابيح يحتوي على غاز أو بلورة خاصة، وعند تزويده بالطاقة الكهربائية تعمل ذرات الغاز بشكل متزامن معاً فتصدر ضوء أحادي اللون، موجاته متساوية في التردد، فتشكل حزمة ضوئية عالية الطاقة. يُركّز هذا الضوء في شعاع دقيق جداً، يمكن أن ينتقل إلى مسافات طويلة (الشكل 5-25). وتستخدم جراحة الليزر في عملها من قوّة الشعاع ولونه.

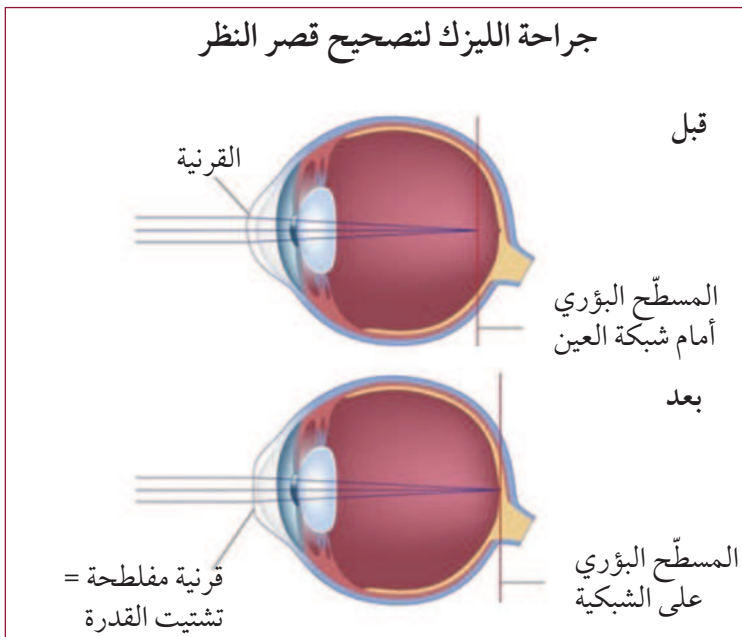
الشكل 5-25 أشعة الليزر.



وقد تحققت الفائدة في مجال جراحة العيون بالليزر من حقيقة أنّ الضوء ينفذ من خلال الأجزاء الشفافة من العين، من دون أن يفقد كثيراً من طاقته. وهي تُستخدم لكيّ الأوعية الدموية التي تنزف في مؤخرّة العين، أو لحرقها (الشكل 5-26).

الشكل 5-26 كيّ أوعية دموية في العين.

من أحدث تقنيات استخدام الليزر في جراحة العيون استخدامه في تصحيح تحذب القرنية لتحسين الرؤية.



يُستخدم الليزر لتغيير شكل القرنية، بما يُسمّى **جراحة الليزك LASIK** (الشكل 5-27). يفصل الجراح طبقة رقيقة من سطح القرنية، وتُنقى إلى الأعلى. ويحسب بدقة نمط الحروق لنسيج القرنية الداخلي، بما يؤدي إلى تغيير شكلها. يمكن لليزر إجراء هذه التعديلات الدقيقة من دون إلحاق ضرر بالأنسجة المحيطة. تُعاد الطبقة الرقيقة إلى مكانها. وبعد مدّة وجيزة من الشفاء، يستعيد المريض الرؤية بوضوح.

الشكل 5-27 تصحيح رؤية العين - جراحة الليزك لعلاج قصر النظر.

علاجات الأشعة فوق البنفسجية

يحتوي الجلد على فتحات صغيرة تُسمى المسامات، يفرز كل منها مادة دهنية في غدة صغيرة، هذه المادة ضرورية لسلامة الجلد. ويكون السطح الخارجي للجلد ملوثاً باستمرار بالبكتيريا *Propionibacterium acnes*. وإذا حدث انسداد للمسام بسبب الأوساخ أو الجلد الميت، تعبر البكتيريا إلى الداخل، لتكوّن نتوءات تُسمى حبّ الشباب.

أهمية استخدام الأشعة فوق البنفسجية في علاج حبّ الشباب:

1. يمكن للأشعة فوق البنفسجية أن تقضي على البكتيريا، وتحفّز الجسم على إفراز مادة البورفيرين التي تقضي على البكتيريا.
 2. تسبّب تقلص مسامات الجلد، ما يحدّ من فرص الإصابة بالبكتيريا ودخولها للجلد.
 3. تساعد على الحدّ من تورّم حبّ الشباب وتهيجه، وكذلك الندب الناتجة عنه.
- لكن الأشعة فوق البنفسجية، لسوء الحظ، تُعدّ من الإشعاعات المؤينة، التي قد تُسبّب سرطان الجلد، لذا لم يعد أطباء الأمراض الجلدية يستخدمون الأشعة فوق البنفسجية لعلاج حبّ الشباب.

قد تسبب الأشعة فوق البنفسجية سرطان الجلد.





2-5 استخدام الطاقة الكهرومغناطيسية

من خلال العمل في مجموعات صغيرة، ابحث في المناطق المختلفة للطيف الكهرومغناطيسي، واعمل على إعداد كتيب عنها، أو اعرض استخداماتها في الطب، وما يرتبط بها من أخطار.

الإشعاع	نطاق التردد	الاستخدامات	الأخطار
الأشعة تحت الحمراء			
الضوء المرئي			
الأشعة فوق البنفسجية			
الأشعة السينية			
أشعة جاما			

حدّد كلّ نطاق من الطيف على خطّ، مع وضع الضوء المرئي في الوسط.

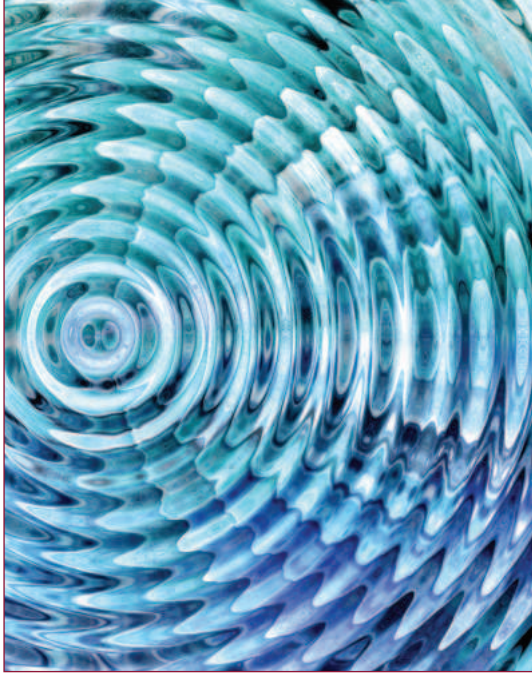


1.  أي من الأدوات التشخيصية الآتية تستخدم الإشعاع المؤين؟
- a. التصوير المقطعي المحوسب.
- b. التصوير بالرنين المغناطيسي.
- c. الموجات فوق الصوتية.
- d. الأشعة تحت الحمراء الحرارية.
2.  ماذا تعني M في MRI؟
- a. Medical
- b. Molecular
- c. Magnetic
- d. Maintain
3. أي من الموجات الكهرومغناطيسية الآتية، تستخدم في علاج الأمراض الجلدية؟
- a. الأشعة فوق البنفسجية.
- b. أشعة جاما
- c. الأشعة السينية
- d. موجات الميكروويف
4.  لماذا لم يعد ضوء الأشعة فوق البنفسجية يُستخدم في علاج حب الشباب؟
5.  لماذا يُعدُّ أمرًا مهمًّا أن تتوفر لدى الطبيب بيانات دقيقة عن الورم المستهدف، قبل تعريضه للعلاج الإشعاعي؟
6.  كيف يصحح الليزر الرؤية في العين؟
7.  ما الخاصية التي تجعل استخدام كل مما يأتي من الإشعاعات الكهرومغناطيسية مناسبًا في المجال الخاص به:
- a. يستخدم ضوء الليزر في وقف النزيف داخل شبكية العين.
- b. تستخدم الأشعة فوق البنفسجية في علاج الجلد
- c. تستخدم الأشعة السينية في تصوير العظام داخل الجسم
8.  لماذا يكون نوع الطاقة الكهرومغناطيسية الذي يسبر عميقًا في جسم الإنسان، مسببًا ضررًا كبيرًا في الوقت نفسه؟ اشرح ذلك.

الدرس 3-5

الموجات الميكانيكية

Mechanical Waves



الشكل 5-28 التموجات أمثلة على الموجات الميكانيكية.

تقتصر الرؤية البشرية على مدى صغير من ترددات الضوء تتراوح بين 400 – 700 THz. يغطي السمع البشري مجموعة واسعة من الترددات 20 – 20,000 Hz. غير أن الموجات الصوتية نوع مختلف تمامًا من الطاقة؛ فهي تنتمي إلى فئة الموجات الميكانيكية. إذا كنت يومًا ما قد أسقطت حجرًا في بركة ماء، تكون حينها قد شكّلت موجات ميكانيكية.

يمكن لهذه الطاقة التي تحملها الموجات الميكانيكية أن تستخدم لرسم خريطة لأعضاء الجسم الداخلية. يمكنها أيضًا أن تُستخدم لتدمير حصوات الكلى.

المفردات



Ultrasound	موجات فوق الصوتية
Extracorporeal	خارج الجسم
Extracorporeal shock wave lithotripsy	تفتيت الحصوات بالصدمات خارج الجسم

مخرجات التعلم

GP1102.1 يوضح أن فحوصات الموجات فوق الصوتية تتم بتحليل أصدااء الموجات فوق الصوتية المنبعثة من جهاز إرسال، واستقبالها بواسطة جهاز استقبال لتشكيل صورة للأعضاء والأنسجة داخل جسم الإنسان.

GP1102.2 يصف استخدام الموجات فوق الصوتية في علاج حصوات الكلى.

الموجات فوق الصوتية



الشكل 29-5 جهاز

الموجات فوق الصوتية.

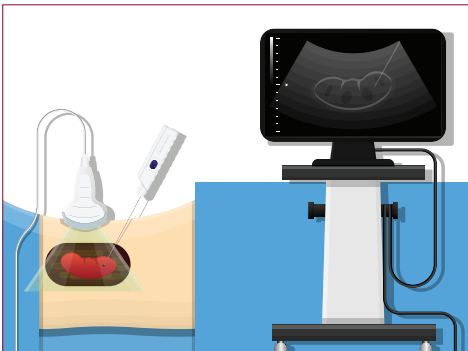
يستخدم جهاز الموجات فوق الصوتية (الشكل 29-5) الترددات العالية، (1-18 MHz) من الموجات الصوتية، لتصوير داخل الجسم البشري. ترتد الموجات عند اصطدام الصوت بالحدود الفاصلة بين أنواع الأنسجة المختلفة. وتكون الإشارات المرتدة من العظام والأجسام الصلبة الأخرى أقوى من الإشارات المرتدة من الدم والسوائل الأخرى. وهكذا يكون ممكناً الكشف عن العضلات والأوتار وعن الأورام والنمو غير العادي. ولما كان هذا الإشعاع ليس مؤيماً، فإن الموجات فوق الصوتية يمكن استخدامها للتحقق من تطور الجنين بلا خوف من إيذاء نموه أو تطوره.

محول الموجات فوق الصوتية Transducer الجهاز الذي يرسل الموجات فوق الصوتية ثم يستقبل ما ينعكس منها. إذ يقوم المرسل بإرسال موجة فوق صوتية، فتخترق الجسم، ثم تنعكس عن الحدود الفاصلة بين الأنسجة المختلفة، ثم يقوم المحول بالتقاط الصدى المنعكس. مع أن الموجات فوق الصوتية في الحقيقة غير مرئية، إلا أنها تبني أنماطاً عن حواجز محددة في الجسم بعد انعكاسها. فتكوّن صورة واضحة للجنين مثلاً، لأن الفاصل بين سائل الرحم وجسم الجنين المتطور واضح الحدود. يشبه هذا إلى حد بعيد الطريقة، التي تشكّل فيها الدلافين صورها الذهنية عن أي شيء في المياه المحيطة بها، من الأصداء.

يعمل جهاز الموجات فوق الصوتية بإرسال مئات من الحزم الصوتية الضيقة، إلى الجسم، وإعادة تركيب صور ارتداداتها. يقيس الجهاز الزمن الفاصل بين انطلاق النبضة الصوتية وتسلم صداها المرتدّة. وبما أن سرعة الصوت معلومة، فإن الجهاز يحسب المسافات لكل ارتداد ويشكّل الصور. تُستخدم الموجات فوق الصوتية لكشف إصابات العضلات، وفي تصوير الأجنة قبل الولادة. (الشكل 30-5).



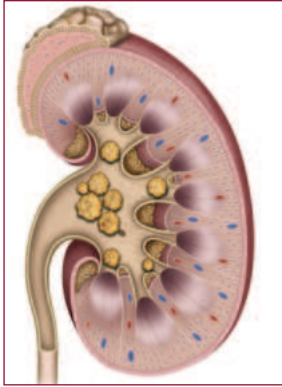
الشكل 30-5 تقنية التصوير بالموجات فوق الصوتية.



الشكل 31-5 فحص خزعة الكلى تسترشد بالموجات فوق الصوتية.

إذا تم اكتشاف نمو أو تطور غريب عن طريق الموجات فوق الصوتية، يقرّر الطبيب جمع عيّنة للمزيد من الدراسة. هذا الإجراء يسمّى خزعة؛ وهو يتطلّب إجراء عملية جراحية. تعتمد طبيعة الجراحة على موقع النسيج المشتبه به. ومع ذلك، وباستخدام الموجات فوق الصوتية أو الماسح الضوئي (CT scanner) (الشكل 31-5)، يعرف الجراح مسبقاً ما يريد رؤيته تحديداً. ويمكن، في كثير من الحالات، استخدام إبرة حادة لاستخراج عيّنة صغيرة، كالكشف المبكر عن السرطان.

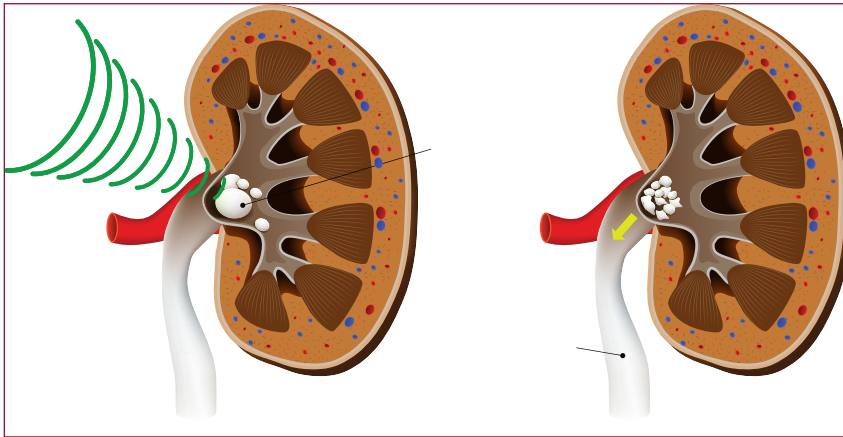
حصوات الكلى والموجات فوق الصوتية



الشكل 5-32 حصوات الكلى.

الكليتان تقومان بتنقية الدم والحفاظ على توازن السوائل في الجسم. تتم إزالة الفضلات من الكلية بنقلها إلى المثانة. إذا لم تكن تشرب كمية كافية من السوائل، وإذا كنت تتناول الأطعمة التي تحتوي على نسبة عالية من الأكسالات، تتشكل آنذاك البلورات الصغيرة والمعادن. هذه المعادن الصلبة المترسبة يمكن أن تسد الحالب وتسبب مشكلات خطيرة. وقد تسبب قدرًا كبيرًا من الألم، إذا استطاع البول جرفها معه. أما الرواسب المعدنية، فهي ما نعرفه بحصوات الكلى (الشكل 5-32).

تستخدم أجهزة التصوير المختلفة للكشف عن وجود الحصوات في الكلى، وبعد التأكد من وجودها يلجأ الطبيب إلى إجراء عملية جراحية لإزالتها، ولكن الطريقة الأكثر شيوعًا، هي إجراء غير جراحي، أو إجراء يتم خلاله تفتيت حصوات الكلى من (خارج الجسم) extracorporeal.



الشكل 5-33 تفتيت الحصوات Lithotripsy باستخدام الموجات فوق الصوتية، وسحق حصوات الكلى إلى قطع صغيرة كي تعبر بسهولة أكبر. Litho تعني الحصوات، و tripsy تعني سحقها.

تسبب الموجات فوق الصوتية في تحريك الأجسام الصلبة أو في اهتزازها. إذا كانت الموجة فوق الصوتية قوية بما فيه الكفاية، تستطيع عمليًا تفكيك أجزاء الجسم الصلب المستهدف. يمكن للموجة الصادمة من الموجات فوق الصوتية القوية جدًا أن تركز على حصوات الكلى، وتؤدي إلى تفتيتها.

تفتيت حصوات الكلى بالموجات فوق الصوتية الصادمة (ESWL= Extracorporeal Shock Wave Lithotripsy) الطريقة الأكثر شيوعًا للتعامل مع حصوات الكلى (الشكل 5-33).



الشكل 5-34 قطع صغيرة من حصوات الكلى.

بإجراءات لا تتطلب النوم في المستشفى، وخلال ساعة من الزمن، يتم استهداف حصوات الكلى بآلاف الموجات الصادمة. وتستخدم الأشعة السينية لمراقبة تفتيت الحصوات الكبيرة إلى قطع أصغر كثيرًا (الشكل 5-34) يمكنها المرور مع البول خارج الجسم.

1.  تستخدم كل من موجات الأشعة السينية والموجات فوق الصوتية لتصوير الأجزاء الداخلية للجسم. أي الصفات الآتية تجعل الموجات فوق الصوتية آمنة عند تصوير الجنين؟
- موجات غير مؤينة.
 - تخترق أنسجة الجسم.
 - لا تنعكس عن الحدود الفاصلة داخل الجسم.
 - موجات كهرومغناطيسية.
2.  ماذا يطلق على الموجات الصوتية المنعكسة؟
- صدى
 - سونار
 - سونيك
 - تردد
3.  ما اسم الحيوانين اللذين يستخدمان الصوت لتشكيل صورة ذهنية لما حولهما؟
- الخفافيش والدلافين.
 - صقور الشاهين والخفافيش.
 - الدلافين وأفاعي الصحاري.
 - أفاعي الصحاري وصقور الشاهين.
4.  كيف يمكن لأداة أن تحدد مسافة الصدى؟
- بقياس طاقة الصدى المنعكس.
 - بقياس زمن الصدى المنعكس.
 - بقياس الطول الموجي للصدى المنعكس.
 - بقياس لون الصدى المنعكس.
5.  فيم تختلف الموجات فوق الصوتية عن موجات الصوت الذي يمكنك سماعه؟
6.  ما المقصود بعبارة: «تري بأذانها»؟
7.  اشرح طريقة تفتيت حصوات الكلى.

العلم والعلماء



الشكل 35-5 أنبوب كروكس مُصدرًا
أشعة سينية.

عند زيادة تردّد الضوء متجاوزًا ما فوق البنفسجي، يتحوّل الضوء حينها إلى أشعة سينية. اكتُشفت الأشعة السينية بعد أن عمّ استعمال الكهرباء بقليل. يعمل **أنبوب كروكس (أنبوب التفريغ) Crooke's tube** (الشكل 35-5) بتأثير الجهد العالي على تسريع الإلكترونات في أنبوب منخفض الضغط. إضافة إلى الوهج الصادر عن أنبوب كروكس، لاحظ العلماء أن الأفلام الفوتوغرافية المختومة قد تفاعلت مع شيء يبدو أنه صادر عن الأنبوب.

أجرى ويلهلم رونتجن تجارب للكشف عن خصائص الأشعة الجديدة الغامضة. فأطلق عليها اسم «الأشعة السينية». كان قد صوّر يد زوجته الموضوعة على لوح الفيلم الفوتوغرافي المختوم. بتعريضها للأشعة، مُنتجًا أول صورة أشعة سينية طبيّة. نشر بحثه عام 1895 مستخدمًا «X» إشارة إلى الطاقة الإشعاعية المجهولة.



الشكل 36-5 صورة حديثة للقفص الصدري بالأشعة السينية.

خلال بضعة أشهر، كان العلماء في مختلف أنحاء العالم ينتجون الأشعة السينية. غير أن التطبيق في حقل الطب كان تطوّرًا مهمًا. فبحلول العام 1896، أُجريت أول جراحة باستخدام الأشعة السينية لتحديد موقع رصاصة داخل جسم جندي. ولا تزال الأشعة السينية تستخدم اليوم في الطب الحديث. (الشكل 36-5).

لم يكن مفهومًا بشكل واضح أن للأشعة السينية القدرة على إتلاف الأنسجة الحية. عندما كان أحد عمال صناعة الزجاج في معمل توماس أديسون، يقوم عادة بفحص كل أنبوب أشعة

سينية ينتجه على يديه. وقد توفي بالسرطان عام 1905. وغدا ملحقًا بوضوح أن احتياطات إضافية يجب اتخاذها عند استخدامنا للأشعة السينية. تعرف هذه الأشعة اليوم بالأشعة المؤيّنة. وقد أصبحنا نتخذ إجراءات الحماية، كلما كان علينا استخدام الأشعة السينية، بما فيها إشارات السلامة من الإشعاع (الشكل 37-5).



الشكل 37-5 إشارات السلامة من الإشعاع.

الوحدة 5

مراجعة الوحدة

الدرس 1-5 الطيف الكهرومغناطيسيّ

- ينتقل الضوء في خطوط مستقيمة، ويمكن أن تتغيّر شدته، وله خصائص الموجات كالتردد والطول الموجي.
- الضوء جزء من **الموجات الكهرومغناطيسية Electromagnetic waves**، وهو طاقة إشعاعية يمكنها الانتقال في الفراغ.
- **طول الموجة Wavelength** طول دورة واحدة من الموجة، والتردد هو عدد المرات في الثانية التي تنذبذ فيها الموجة.
- **ثابت بلانك Planck's constant** يربط التردد والطاقة في الموجات الكهرومغناطيسية. والتردد الأعلى يعني طاقة أعلى.
- **الإشعاع المؤيّن Ionizing radiation** إشعاع يشمل الأشعة فوق البنفسجية والأشعة السينية، وهو ذو طاقة أكبر من الطاقة اللازمة لانتزاع إلكترون من الذرة. يشكل التأين خطراً، فقد يتلف الأنسجة.
- **الرنين Resonance** وسيلة لامتناس الطاقة من الموجة.

الدرس 2-5 الطبّ الإشعاعيّ

- الأشعة السينية الطبية والتصوير المقطعيّ المحوسب يستخدمان **الأشعة السينية للتشخيص الطبيّ**.
- **التصوير الفلوروسكوبيّ Fluoroscope**، والتصوير المقطعيّ المحوسب **Computed tomography** طريقتان للتشخيص باستخدام الأشعة السينية.
- التصوير بالرنين المغناطيسيّ **Magnetic resonance imaging** تقنية تصوير غير مؤيّن.
- العلاج الإشعاعيّ المطابق الثلاثيّ الأبعاد **3D-CRT**، وسكين جاما **Gamma knife** هما أدوات علاج إشعاع خارجيّ.
- العلاج الإشعاعيّ **Radiotherapy**، بما في ذلك العلاج باليود المشعّ **Radioactive iodine therapy**، والعلاج الإشعاعيّ الموضعيّ **Brachytherapy**، هما أدوات علاج إشعاع داخليّ.
- كاميرات الأشعة تحت الحمراء الحرارية **Infrared thermographic** يمكنها رؤية الحرارة في الجسم.
- تسمح جراحة الليزر **LASIK** لليزر بإعادة تشكيل أجزاء من العين بغرض تصحيح الإبصار.

الدرس 3-5 الموجات الميكانيكية

- تستخدم الموجات فوق الصوتية ترددات تزيد على 100,000 Hz في العمليات الطبية.
- تكون **الموجات فوق الصوتية Ultrasounds** مخطط موجات صوتية **Sonogram** للتركيب الداخليّة، من دون أن تتلف أنسجة الجسم بالأشعة.
- تسمح الطرائق خارج الجسم **Extracorporeal** بإجراء جراحة من خارجه.
- تستخدم الموجات الصوتية الصادمة علاج **ESWL** لتفتيت حصوات الكلى.

اختيار من متعدد

1. إلى من يعود الفضل في اكتشاف النشاط الإشعاعي؟
 - a. ماري كوري.
 - b. توماس أديسون.
 - c. هنري بيكريل.
 - d. ويلهلم رونتنجن.
2. أي من الموجات الآتية تستخدم في تفتيت حصوات الكلى؟
 - a. الأشعة السينية.
 - b. الأشعة فوق البنفسجية.
 - c. موجات فوق الصوتية.
 - d. الأشعة تحت الحمراء.
3. ما الإشعاع البيئي (إشعاع الخلفية)؟
 - a. إشعاع من مصادر داخل الأرض.
 - b. إشعاع من خلف جهاز الأشعة السينية.
 - c. إشعاع من مصادر غير مؤينة.
 - d. إشعاع يصلنا من البيئة اليومية.
4. ما المُستهدف من كاميرات الأشعة تحت الحمراء الحرارية؟
 - a. الحرارة
 - b. الأشعة فوق البنفسجية.
 - c. موجات الميكروويف
 - d. أشعة جاما.
5. ما الخاصية التي تسمح لجهاز الموجات فوق الصوتية بتكوين الصور؟
 - a. تنتقل بخطوط مستقيمة.
 - b. يتم امتصاصها داخل الجسم.
 - c. تنعكس عن الحدود الفاصلة.
 - d. لها القدرة على تأيين الذرات.
6. أي مما يأتي يُستخدم في جهاز التصوير بالرنين المغناطيسي؟
 - a. الأشعة السينية، والمغناطيسية.
 - b. أشعة جاما، والأشعة السينية.
 - c. المغناطيسية، وموجات الراديو.
 - d. موجات الراديو، وأشعة جاما.

7. أيّ ممّا يأتي لا يُعدّ علاجًا من خارج الجسم؟
- العلاج الإشعاعيّ المطابق الثلاثيّ الأبعاد.
 - سكينّ جاما.
 - العلاج الإشعاعيّ الموضعيّ.
 - العلاج النيوترونيّ.
8. ما العبارة الأكثر دقة عن الأشعة السينيّة؟
- الأشعة السينيّة شكل من أشكال الموجات فوق الصوتيّة العالية التردد.
 - صورة الأشعة السينيّة الطبيّة هي «ظلّ الأشعة السينيّة» للأنسجة.
 - الأشعة السينيّة شكل من أشكال الإشعاع، لأنّ طاقتها منخفضة.
 - تُولد الأشعة السينيّة الطبيّة الحديثة عن طريق تحلّل اليورانيوم المشعّ.
9. أيّ ممّا يأتي هو الترتيب الصحيح للموجات التالية ، من الأكبر طول موجي إلى الأصغر؟
- جاما، الأشعة فوق البنفسجيّة، الراديو، الميكروويف.
 - الراديو، الأشعة فوق البنفسجيّة، جاما، الميكروويف.
 - الراديو، الميكروويف، الأشعة فوق البنفسجيّة، جاما.
 - الراديو، جاما، الأشعة فوق البنفسجيّة، الميكروويف.
10. أيّ ممّا يأتي يُستخدم في العلاج الإشعاعيّ الموضعيّ؟
- اليود المشعّ.
 - الغرسات المشعّة.
 - التصوير المقطعيّ المحوَسب.
 - التصوير بالأشعة تحت الحمراء الحراريّة.
11. ما طريقة العلاج الأكثر أمانًا للاستخدام؟
- الأشعة السينيّة.
 - سكينّ جاما.
 - التصوير المقطعيّ المحوَسب.
 - التصوير بالرنين المغناطيسيّ.

12. ما الشئان اللذان يجب معرفتهما لحساب المسافة إلى الهدف، عند استخدام الموجات الصوتية؟

a. زمن الصدى، وشكل الجسم.

b. شكل الجسم، وحجمه.

c. حجم الجسم، وسرعة الصوت في المادة.

d. سرعة الصوت في المادة، وزمن الصدى.

13. أي مما يأتي لا يستخدم الإشعاع المؤيّن؟


a. الأشعة السينية.


b. التصوير الفلوروسكوبي.


c. التصوير المقطعي المحوسب.

d. التصوير بالرنين المغناطيسي.


الدرس 1-5 الطيف الكهرومغناطيسي

14. من صاحب الفضل في اكتشاف الأشعة السينية؟ 

15. ما المساهمة التي قدمها أنبوب كروكس في اكتشاف الأشعة السينية؟ 


16. ما المرض المرتبط غالبًا بكثرة التعرض للأشعة السينية؟ 

17. احسب سرعة موجة ترددها 440 Hz، وطول موجتها 0.78 m. 

18. عرف طول الموجة الواحدة. 

19. ما العلاقة بين طول موجة الصوت وترددها؟ 

20. ما العلاقة بين تردد الموجة الكهرومغناطيسية وطاقتها؟ 

21. احسب طاقة موجة ضوئية ترددها 4.27×10^{14} Hz. علما أن ثابت بلانك $(h = 6.626 \times 10^{-34}$ Js) 

22. ما تأثير الإشعاعات المؤيّنة في الذرات؟ 




23. ابحث في مساهمات كل من: ابن الهيثم، داجير، إيستمان، رونتجن، بيكريل، رذرفورد، شادويك، في فهم الطيف الكهرومغناطيسي.



الدرس 2-5 الطب الإشعاعي

- 24.** ما الفرق بين الأشعة السينية والتصوير الفلوروسكوبي؟
- 25.** ما الفرق بين الأشعة السينية والتصوير المقطعي الماسح المحوسب؟
- 26.** متى تكون الخلية أكثر عرضة للتلف نتيجة للإشعاع المؤين؟
- 27.** لماذا يُسبب الإشعاع المؤين تلفاً أكبر للخلايا السرطانية من الخلايا السليمة؟
- 28.** كيف تؤثر الأشعة فوق البنفسجية في مسامات الجلد، عند استخدامها في علاج حب الشباب؟
- 29.** لماذا يُعدّ استخدام الليزر ممكناً لكيّ الأوعية الدموية في الجزء الخلفي من العين؟
- 30.** في أيّ جزء من العين يؤثر الليزر؟
- 31.** ما ميزة العلاج الإشعاعيّ المُطابق الثلاثي الأبعاد (3D-CRT)؟
- 32.** كيف يعمل سكين جاما؟

الدرس 3-5 الموجات الميكانيكية

- 33.**  لِمَا يكون استخدام الموجات فوق الصوتية للتحقق من نمو الطفل أكثر أمانًا من الأشعة السينية؟
- 34.**  ابحث عن ترددات الأصوات التي يستطيع الإنسان سماعها، وقارنها بترددات الموجات فوق الصوتية.
- 35.**  يعطي التصوير المقطعي الماسح المُحوَسَب صورة شديدة الوضوح. لماذا تكون الموجات فوق الصوتية طريقة التصوير المُفضَّلة أثناء الجراحة المُطوَّلة؟

الوحدة 6

الكربون والأوزون

Carbon and Ozone

في هذه الوحدة

GC1105

GC1106

GC1107

GC1108

• **الدرس 1-6:** الأرض في توازن

• **الدرس 2-6:** اختلال التوازن

• **الدرس 3-6:** الجهود المبذولة لاستعادة التوازن

مقدمة الوحدة

الأرض كوكب كبير، نشأ منذ نحو 4.5 مليارات سنة. وخلال هذا التاريخ الطويل، شهد الكوكب العديد من التغيرات، بما في ذلك تجمُّده في القطب الشمالي والقطب الجنوبي، وإعادة تشكيل قاراته ومحيطاته مرّات متعدّدة. ويعدّ تاريخ الإنسان على الأرض قصيراً جداً مقارنة بتاريخ الأرض. وخلال السنوات العشرة آلاف الأولى من تاريخنا، كان تأثير الإنسان ضئيلاً في الكوكب. أمّا الآن، فيعيش على الأرض نحو 8 مليارات إنسان. وقد وصلت أنشطتنا إلى مستوى غيرت فيه دورات الأرض الطبيعية. وربما يؤدي المزيد من الانصهارات الجليدية والزيادة في الاحتباس الحراري إلى تدمير كافة الأنشطة البشرية على كوكب الأرض للوصول إلى حالة إتران جديدة للكوكب.

وبالطبع يصعب التنبؤ بما قد يحدث للكائنات الحية، بما فيها الجنس البشري، على الأرض في هذه الحالة. ويعتقد معظم العلماء أننا نسهم في التحوّل الكبير الذي سيطرأ على حالة كوكب الأرض. وقد تؤدي التغيرات التي نسيبها إلى زوالنا. غير أن فهم الطرق التي نغيّر بها كوكبنا قد يساعدنا على منع التغيرات المستقبلية، أو على الأقل التكيف معها.

الأنشطة والتجارب

تغيّر درجة حرارة الأرض	a1-6
درجة حرارة الأرض وثنائي أكسيد الكربون	b1-6
درجتا حرارة الأرض والماء وانعكاساتهما	c1-6
الدور المزدوج للأوزون	a2-6
أثر البراكين في تدمير طبقة الأوزون	b2-6
امتصاص الضوء	c2-6
محرك الاحتراق الداخلي	a3-6
الكشف عن الرصاص	b3-6
إجراءات للتقليل من التلوث البيئي	c3-6
تأثير الأنشطة البشرية	d3-6

الدرس 1-6 الأرض في توازن

The Earth in Balance



الشكل 1-6 بركان ثائر.

قليلة هي الأحداث التي تشهدها الأرض ويكون لها تأثير أكبر من تأثير بركان ثائر (الشكل 1-6). تقذف الأرض غازات ومواد احتجزت تحت سطحها على مدى ملايين السنين. وتشكّل الصخور ذات المنشأ البركاني جزءاً من دورة قد تؤدي في النهاية إلى انفجار بركان آخر بعد 50 مليون سنة. ولا تزال الأرض تكرر دوراتها الجيولوجية منذ نشأة الكوكب. ولسوء الحظ، قد يكون لدى الإنسان ما يكفي من التكنولوجيا والطاقة البشرية للتأثير في دورات الأرض، ولكن ليس إلى الأحسن.

المفردات



Anthropogenic activities	الأنشطة البشرية
Greenhouse effect	تأثير الدفيئة
Greenhouse gases	غازات الدفيئة
Carbon dioxide	ثاني أكسيد الكربون
Sinks	خزانات
Correlation	ارتباط
Causation	السببية
Methane	الميثان
Nitrous oxide	أكسيد النيتروز
Climatologist	عالم المناخ
Paleoclimatology	علم المناخ القديم

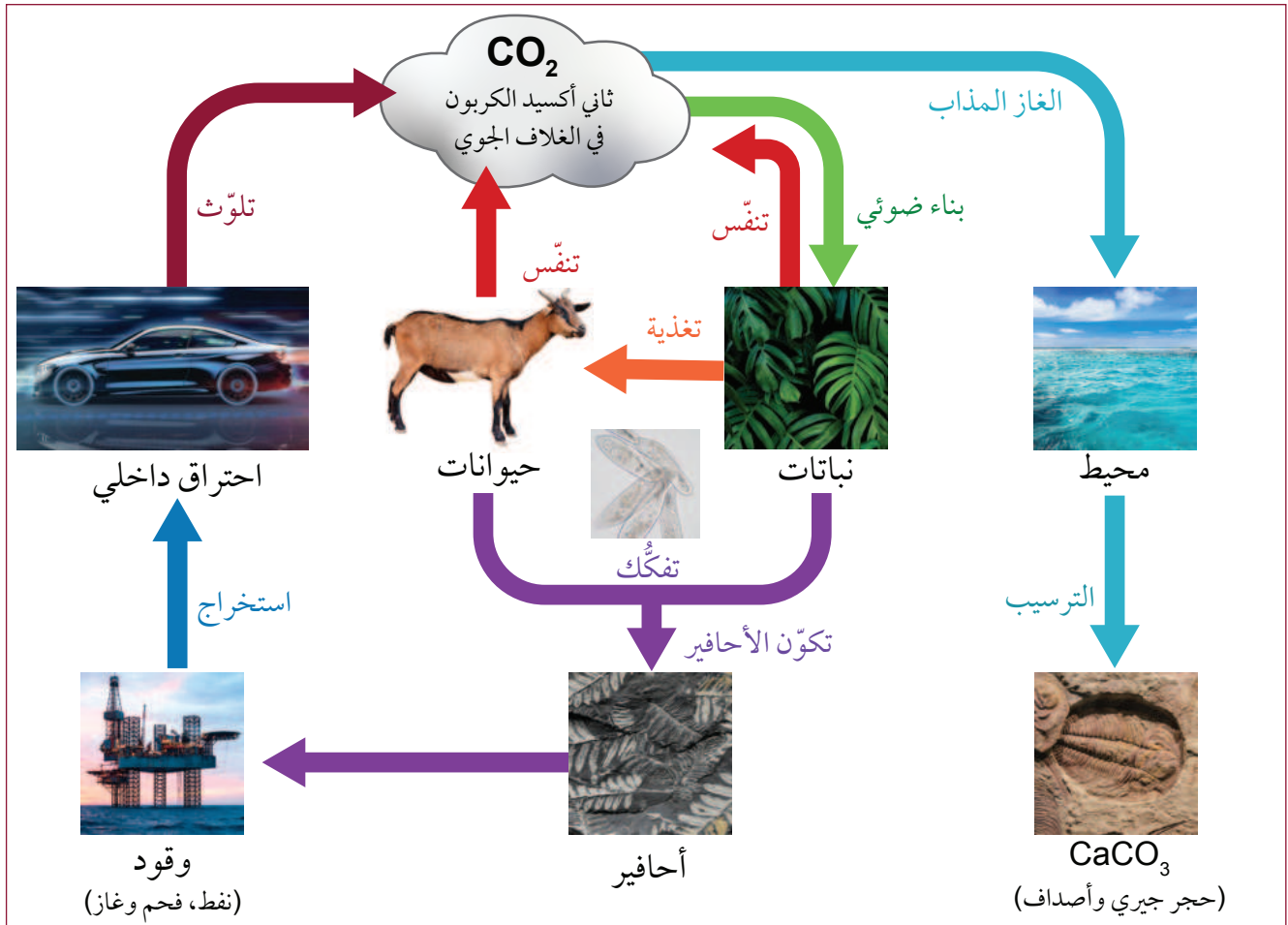
مخرجات التعلم

- GC1105.1** يصف كيف تسهم الغازات الموجودة في الهواء في تأثير الدفيئة والعمليات الارتجاعية التي تنشأ عنها.
- GC1105.3** يستخدم أنواعاً مختلفة من سجل المناخ لاستخلاص الاستنتاجات، ووضع التنبؤات.
- GC1106.1** يدرك قصور النماذج المستخدمة لكل من محاكاة تغيير المناخ والتنبؤ به. ويقترح أسباب الشك في وجود تأثيرات ناتجة من الأنشطة البشرية في المناخ.

دورة الكربون

يُعدّ الكربون العنصر الرابع الأكثر شيوعاً في الكون. فالأرض غنية به، وهو أساس الحياة عليها. ويكون الكربون الموجود في الهواء على شكل ثاني أكسيد الكربون CO_2 ، الذي تأخذه النباتات وتُدخله في تراكيبيها أثناء عملية البناء الضوئي نهاراً، وفي الليل تعمد إلى إطلاق القليل منه. تأكل الحيوانات النباتات، وتطلق القليل من ثاني أكسيد الكربون في الهواء أثناء عملية التنفس (الزفير). ويمثل ذلك دورة بسيطة للكربون في الطبيعة.

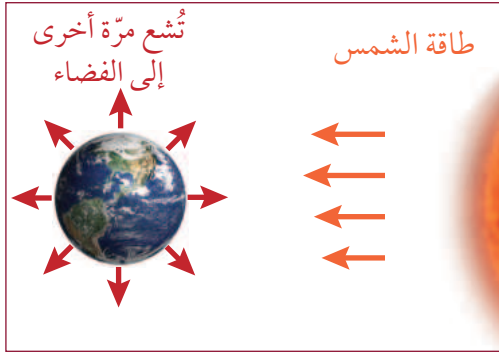
يدوب ثاني أكسيد الكربون في المحيطات بمعدّل تركيز يبلغ 50 ضعفاً عمّا في الهواء. وتجعل حيوانات البحر ذاك الكربون جزءاً من أجسامها. أما الحيوانات البحرية ذات الأصداف، فتحصل على الكربون ليتخذ في أجسامها شكل كربونات الكالسيوم $CaCO_3$ ، وعندما تموت تلك الحيوانات، تصبح أصدافها جزءاً من الصخور الرسوبية التي تُسمّى الحجر الجيري. وعندما تصبح الأصداف جزءاً من القشرة الأرضية، ينصهر الكربون الذي تتضمّنه ويندفع خلال ثوران بركاني، في ما يُسمّى الدورات الطبيعية.



الشكل 2-6 توضّح دورة الكربون العوامل الطبيعية والعوامل التي صنعها الإنسان.

هناك **أنشطة بشرية Anthropogenic activities** يقوم بها الإنسان، ولا تشكّل دورة بحدّ ذاتها (الشكل 2-6). حيث يُستخرَجُ الكربون المحتجز في باطن الأرض على شكل وقود أحفوري، ويُطلق في الغلاف الجوي على شكل غاز ثاني أكسيد الكربون من دون توفير مصدر لاستعادة توازن الكمية نفسها من الكربون فيه. وقد أدّى ذلك إلى اختلال التوازن في دورة الكربون في الطبيعة.

أثر الدفيئة

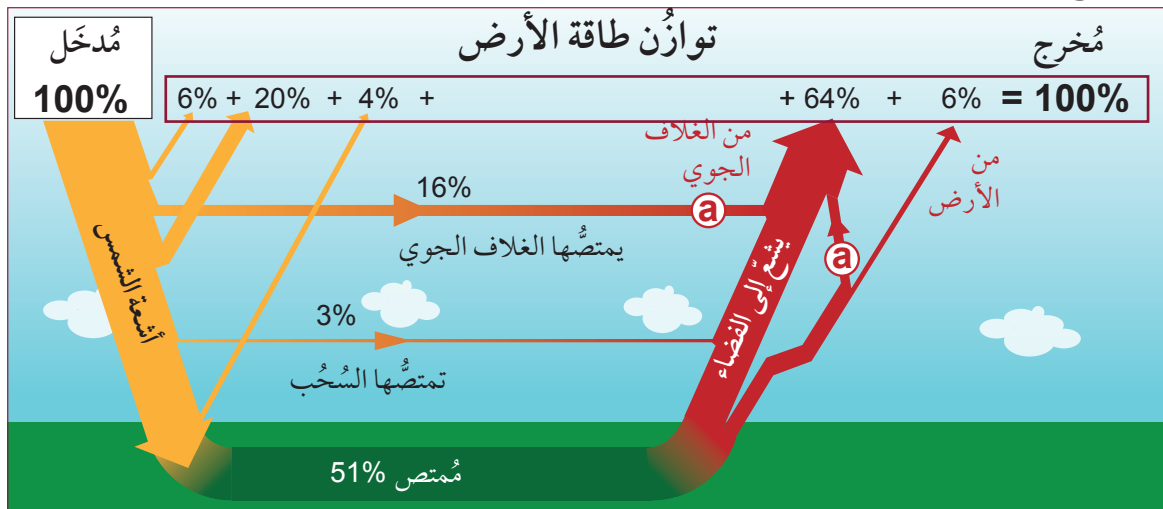


الشكل 3-6 توازن الطاقة.

تعد الشمس المصدر الرئيس للطاقة الحرارية والطاقة الضوئية على كوكب الأرض. يعكس الغلاف الجوي تقريباً 30% من أشعة الشمس الواردة إلى الأرض، ويبقى 70% منه ليصل إلى الأرض و يؤدي إلى ارتفاع درجة حرارتها، ثم تفقد الأرض طاقتها الحرارية نتيجة الإشعاع الأرضي، بحيث يكون معدل ما تكتسب الأرض من طاقة مساوياً لما تفقده بالإشعاع الأرضي إلى الفضاء الخارجي. (الشكل 3-6). لولا هذا التوازن في

الغلاف الجوي، لأصبحت الأرض باردة جداً أو شديدة الحرارة. فهذا الاتزان الحراري يؤدي إلى ثبات معدل درجة حرارة سطح الأرض عند مقدار معين ويجعلها مناسبة للحياة.

ولا بد للطاقة الممتصة من الشمس من أن تشعّ كلها مرة أخرى إلى الفضاء. وكلما كانت الأرض أكثر دفئاً زادت الطاقة المشعّة إلى الفضاء. وإذا تم امتصاص المزيد من الطاقة، فيجب أن تصبح الأرض أكثر دفئاً لتشعّ الطاقة الإضافية مرة أخرى إلى الفضاء، لتحافظ على اتزانها.



الشكل 4-6 بعض تفاصيل توازن طاقة الأرض.

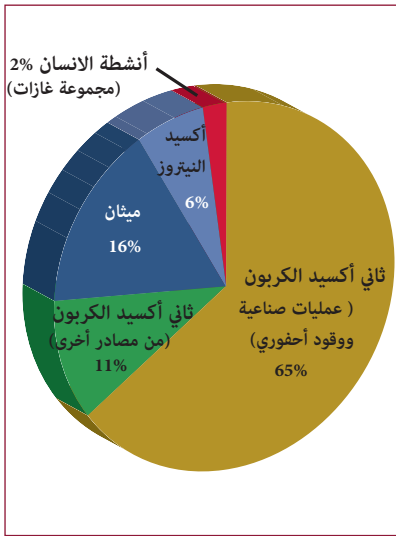
يوضح (الشكل 4-6) الطرق التي تنعكس بها طاقة الشمس التي تصل إلى الأرض، وهي إما تمتصها وإما تشعّها إلى الفضاء.

- ينعكس 30% من ضوء الشمس الواصل إلى الأرض على النحو الآتي: 6% من الغلاف الجوي العلوي، 20% من الغلاف الجوي، و 4% من اليابسة.
- يجب على الأرض أن تطلق الطاقة التي امتصتها على شكل أشعة تحت الحمراء ذات الطاقة الضوئية المنخفضة. يحتوي الغلاف الجوي للأرض على غازات تسمى غازات الدفيئة، ونتيجة لوجودها يمتص الغلاف الجوي للأرض بعض الطاقة الحرارية، بما في ذلك بعض الطاقة المشعّة من الأرض (الشكل 4-6a)، فتُضاف هذه الطاقة إلى الطاقة الممتصّة مباشرة من أشعة الشمس، وهذا ما يُعرف باسم ظاهرة تأثير الدفيئة. وعند زيادة نسبة غازات الدفيئة تزداد كمية الطاقة الحرارية التي يعاد امتصاصها في الغلاف الجوي بعد أن تشعّ من الأرض، والطاقة التي يُعاد امتصاصها لا تشعّ مرة أخرى إلى الفضاء. يعرف هذا التأثير باسم تغير المناخ، أو «الاحترار العالمي».

غازات الدفيئة

تُسمى الغازات التي تمتص الطاقة الحرارية في الغلاف الجوي باسم **غازات الدفيئة Greenhouse gases**. ويعتبر بخار الماء، H_2O ، أكثر غازات الدفيئة شيوعاً. أثناء النهار، يعكس ماء السحب ضوء الشمس إلى الفضاء الخارجي ليساعد في تبريد الأرض. وفي أثناء الليل، تحجز السحب الكثير من طاقة الأشعة تحت الحمراء التي يشعها سطح الأرض، محافظة على دفء كوكب الأرض. فيحمل الهواء الأكثر دفئاً المزيد من بخار الماء؛ وهذا يؤدي إلى تكوّن المزيد من السحب، التي تعكس المزيد من أشعة الشمس إلى الفضاء الخارجي. تمثل هذه العملية دورة طبيعية، تحافظ على ثبات درجة حرارة الأرض.

يظهر (الشكل 5-6) بعض غازات الدفيئة الأخرى.



ثاني أكسيد الكربون Carbon dioxide CO_2 ، هو أحد غازات الدفيئة الأخرى الموجودة في الجو عند ارتفاعات منخفضة، وله تأثير كبير في الأرض. وحتى سنة 1800، كان الغلاف الجوي للأرض يحتوي على نحو 280 جزءاً من المليون من ثاني أكسيد الكربون ($280 \text{ ppm} = 0.028 \%$). تستخدم النباتات الكربون المستخلص من ثاني أكسيد الكربون في عملية البناء الضوئي. وتستخدم كائنات حيّة تعيش في المياه الكربون في صنع أصداؤها. ويتم سحب كربون الغلاف الجوي إلى **خزانات (بالوعات) sinks** وهي خزانات حيوية أو اصطناعية تقوم بتخزين ثاني أكسيد الكربون لفترة غير محددة، أو مناطق لحفظ الكربون داخل الأرض (الشكل 6-6).

الشكل 5-6 بعض غازات الدفيئة.

قبل وجود الإنسان على الأرض، كانت مصادر ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي تتضمن تحلل المواد النباتية والحيوانية، والنشاط البركاني. وقد تم التخلص من هذه المصادر بامتصاص النباتات لها كمخزن لحفظ غاز ثاني أكسيد الكربون خلال عملية البناء الضوئي. ويبدو أن درجة حرارة الأرض تتبع دورات تسخين وتبريد تحدث كل 100,000 سنة، متزامنة مع تغيير محتوى ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي.



الشكل 6-6 نباتات المحيط وحيواناته هي الخزان الرئيس للكربون.

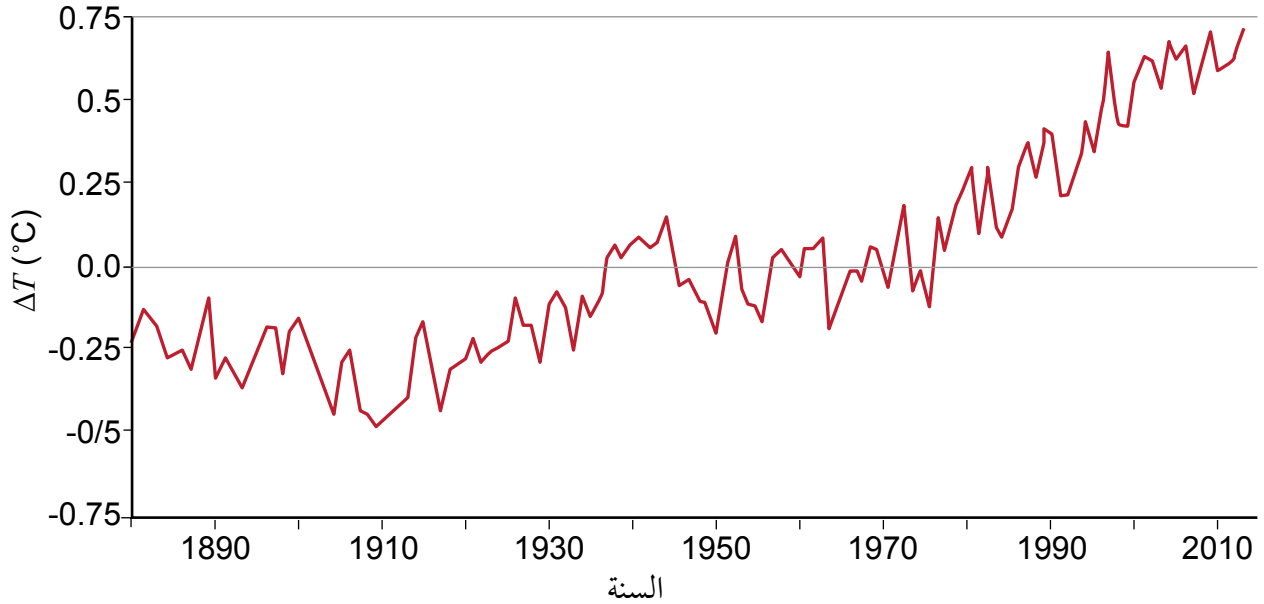
مرّت فترات منذ القدم، كانت فيها الأرض أكثر دفئاً منها في الوقت الحالي، ومرّت فترات كانت فيها أكثر برودة. وكانت هناك عصور جليدية غطت فيها الأنهار الجليدية كثيراً من مساحات اليابسة القطبية، حتى بلغت أقصى جنوب إسبانيا. وكانت هناك أيضاً فترات أكثر دفئاً، عندما لم يكن هناك جليد على الإطلاق على الأرض، حيث كان مستوى سطح البحر أعلى، عمّا هو عليه الآن بمئة متر تقريباً.



تغير درجة حرارة الأرض

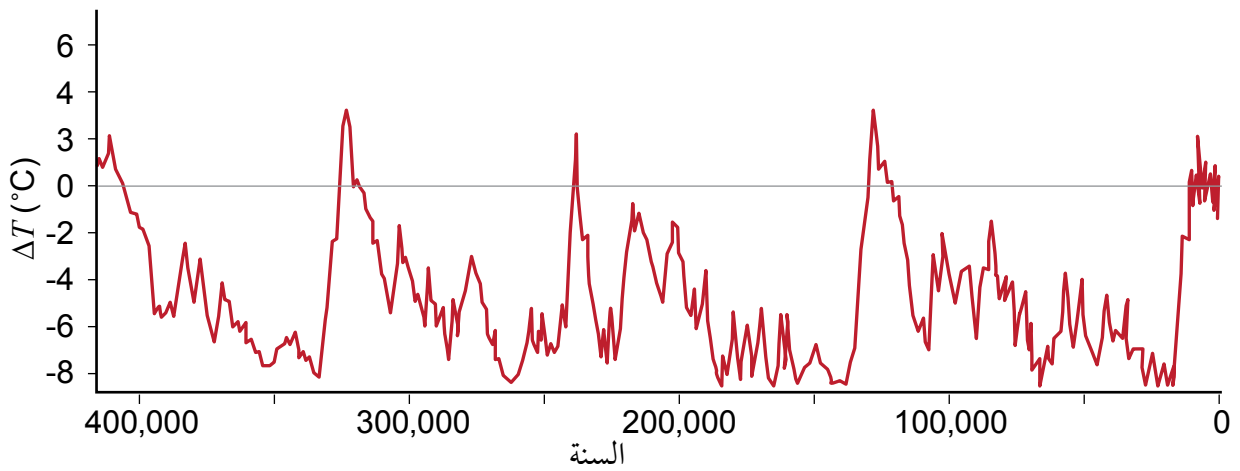
a1-6

عائن الرسم البياني أدناه الخاص بقراءات درجة الحرارة التي تمثل تفاوت درجات حرارة الأرض التي تعلو عن معدلها أو تنخفض عنه، منذ بداية الثورة الصناعية (الشكل 6-7). ما الاستنتاجات والتنبؤات التي يمكنك استخلاصها من هذا الرسم البياني؟



الشكل 6-7 رسم بياني لتفاوت درجات حرارة الأرض منذ سنة 1880 (استخدمت فترة 30 سنة للأعوام من 1980-2010).

عائن الآن، مجموعة البيانات التي تظهر تغير درجات الحرارة في الرسم البياني الآتي، كما حدده علماء المناخ القديم، على مدار 400,000 سنة (الشكل 6-8). ما الاستنتاجات التي يمكنك استخلاصها؟



الشكل 6-8 رسم بياني لتفاوت درجات حرارة الأرض منذ 400,000 سنة.

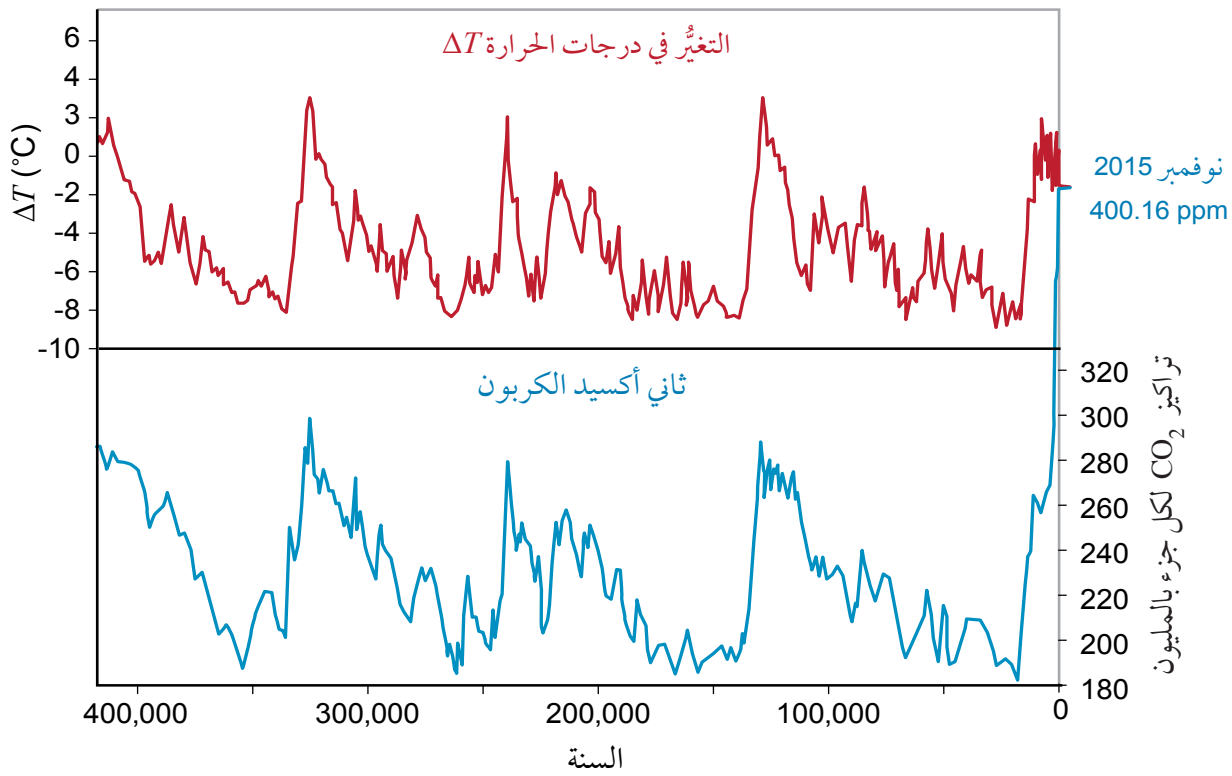


درجة حرارة الأرض وثاني أكسيد الكربون

b1-6

الارتباط correlation علاقة متبادلة بين شيئين (أو أكثر)، كالارتباط بين درجة الحرارة وكمية ثاني أكسيد الكربون CO_2 في الغلاف الجوي.

عائنا الرسمين البيانيين أدناه لفترة زمنية مدتها 400,000 سنة، حيث يمثل الرسم البياني العلوي تباين درجة حرارة الأرض عن معدلها، في حين يظهر الرسم البياني السفلي تراكيز ثاني أكسيد الكربون/ جزء لكل مليون (ppm) في الغلاف الجوي للأرض.



الشكل 9-6 تغير درجة حرارة الأرض (a)، وتركيز CO_2 الجوي (b) خلال 400,000 سنة.

السببية Causation تشير إلى أن حدثاً واحداً وقع نتيجة لحدث آخر. هل يمكن أن توضح كيف أن التغيرات في مستويات ثاني أكسيد الكربون قد تؤدي إلى تغيرات في درجة حرارة الغلاف الجوي؟ اكتب في الجدول الآتي التفاصيل المناسبة، لارتفاع أو لانخفاض مستويات CO_2 في الغلاف الجوي.

مستويات CO_2 التي تسبب التبريد	مستويات CO_2 التي تسبب التسخين

تابع - غازات الدفيئة

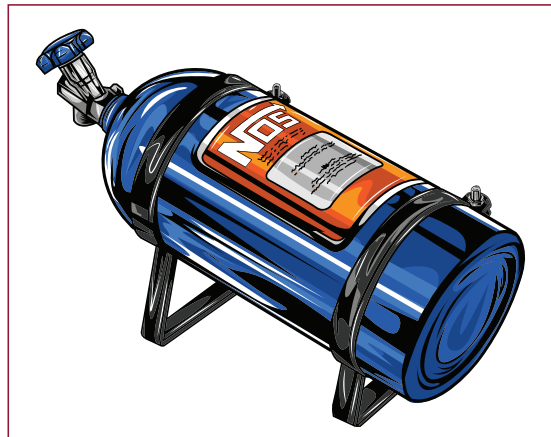
الميثان Methane غاز طبيعي آخر يُنتج في أثناء عملية الهضم، أو تحلل المواد العضوية. وهو يدخل الغلاف الجوي من خلال تحلل النباتات والحيوانات الموجودة على سطح الأرض، أو من الجهاز الهضمي للحيوانات. ويمكن للخزانات الكبيرة من النباتات والحيوانات المدفونة، أن تُطلق الميثان عند تحللها.

تندقق غالباً فقاعات الميثان من قاع المحيطات (الشكل 6-10) مع ارتفاع درجة حرارة الماء. ومع بداية ذوبان حقول الخث، سُجّلت ارتفاعات في مستويات الميثان المنبعثة. (الخث Peat مواد نباتية متحللة تراكمت على مدى فترات طويلة في أماكن رطبة تعرف باسم مستنقعات الخث أو حقول الخث. وهي، بصفة عامة، أولى مراحل تكوين الفحم الحجري).



الشكل 6-10 فقاعات غاز الميثان متجمّدة في الجليد.

أكسيد النيتروز Nitrous oxide (الشكل 6-11)، وهو واحد من غازات الدفيئة المهمة وتأثيره في الدفيئة أكثر بـ 300 مرة من تأثير ثاني أكسيد الكربون فيها. ينتج من خلال مسار دورة دمج نيتروجين الغلاف الجوي في تراكيب النباتات، التي تأكلها الحيوانات لاحقاً. تطلق عملية إعادة الترجة Denitrification بواسطة البكتيريا في التربة، غاز النيتروجين مرة أخرى الذي يُحوّل بعملية أكسدة في الهواء إلى أكسيد النيتروز. وبالنظر إلى أن أكاسيد النيتروجين قد تكون NO ، N_2O ، و N_2O_5 ، فإنه غالباً ما يكتب NO_x للتعبير عن أكاسيد النيتروجين.



الشكل 6-11 يستخدم أكسيد النيتروز بصفته عاملاً مؤكسداً في سيارات السباق.

المُنَاخ

المُنَاخ مصطلح يُستخدم في وصف معدّل الأحوال الجوية في منطقة على مدار 30 عامًا. ويشمل المُنَاخ درجة الحرارة، وهطول الأمطار، وسواهما من المتغيّرات. ويُسمّى العالم الذي يدرس المُنَاخ **عالم المُنَاخ Climatologist**. قرّر علماء المُنَاخ أن مدة 30 عامًا طويلة بما يكفي لتبيان الظواهر المناخية القاسية، لكنها قصيرة إلى درجة أنها لا تسمح برسم خريطة التغيّرات في المُنَاخ.

المناخ حالة الجو خلال فترة زمنية طويلة. بينما الطقس حالة الجو خلال فترة زمنية قصيرة.



يُصنّف المُنَاخ إلى استوائي، جافّ، معتدل، بارد، قطبي. وهناك تصنيفات متعددة هي أكثر تحديدًا للمناخات، تعتمد على موقع المُسطّحات المائية الكبيرة، شدة الهطول، ودرجة الحرارة (الشكل 6-12).



الشكل 6-12 أنواع المُنَاخ: المنطقة القطبية، السهول، حوض البحر المتوسط، المنطقة الإستوائية.

يُعدّ فهم المُنَاخ أمرًا مهمًّا لكثير من الناس. فالمزارعون تعتمد أنواع محاصيلهم على المُنَاخ، ويعتمد نموّها بصورة ناجحة على المُنَاخ أيضًا. ويتم تصميم مشروعات البناء الرئيسة كذلك لتراعي عناصر المُنَاخ. وعندما تذهب في إجازة، تهتم بمعرفة مُناخ منطقتك ومُنَاخ البلد الذي ستقضي إجازتك فيه. غير أن الطقس الفعلي لا تتحكم به إطلاقًا، في حين أن الطقس الذي تتنبأ به يعتمد على المُنَاخ. وحتى السياحة التي تعدّ صناعة رئيسة، تعتمد هي أيضًا على المُنَاخ، بالنظر إلى أن زيارات المواقع تكون مفضّلة في فصل من السنة دون آخر مثلاً.

تؤثر متغيّرات مختلفة في المُنَاخ المحلي. وفي بعض الأحيان، تُحدث سلسلة جبال واحدة فرقًا في المُنَاخ. مثلاً، تنتج الحقول الخصبة في كاليفورنيا بالولايات المتحدة الأمريكية 90% من لوز العالم. ومع ذلك، وعلى بعد 240 كيلومترًا إلى الشرق منها، تقع منطقة ظل المطر لسلسلة جبال سييرا نيفادا، حيث يتصف وادي الموت بتسجيل أعلى درجة حرارة على كوكب الأرض (56.7°C).

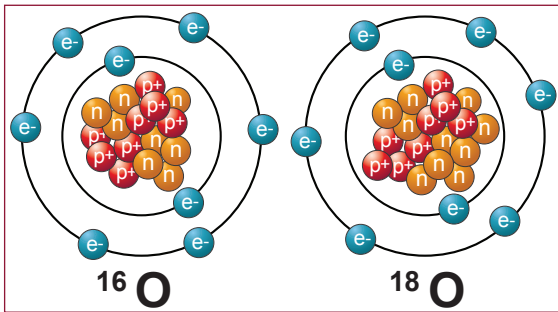
قد تكون للتغيّرات الصغيرة في المُنَاخ آثار بعيدة المدى. فمُنَاخ جافّ قليلًا في مكان واحد قد يعني منطقة أكثر رطوبة في مكان آخر. ويمكن أن يؤدي إلى تغيّر كبير في المُنَاخ الإقليمي، وينجم عنه هجرة مجموعات من الحيوانات، وحتى النباتات. ولقد حدث هذا أكثر من مرة على مدى العصور.

تغيُّر المُناخ

تعرّض مُناخ الأرض لتغيرات جذرية عبر التاريخ. وتحوّلت بعض الأراضي التي كانت قديماً نضرة إلى صحارى الآن (الشكل 6-13). لقد غطّى الجليد الجزء الأكبر من نصف الكرة الشمالي، وكانت مستويات المياه أقل كثيراً مما هي عليه الآن. فتغير المناخ هو أي تغير مؤثر وطويل المدى في معدل حالة الطقس يحدث لمنطقة معينة. حيث يمكن أن يشمل معدل درجات الحرارة ومعدل التساقط وحالة الرياح. هذه التغيرات يمكن أن تحدث بسبب العمليات الديناميكية للأرض كالبراكين، أو بسبب قوى خارجية كالتغير في شدة الأشعة الشمسية أو سقوط النيازك الكبيرة، ومؤخراً بسبب نشاطات الإنسان.



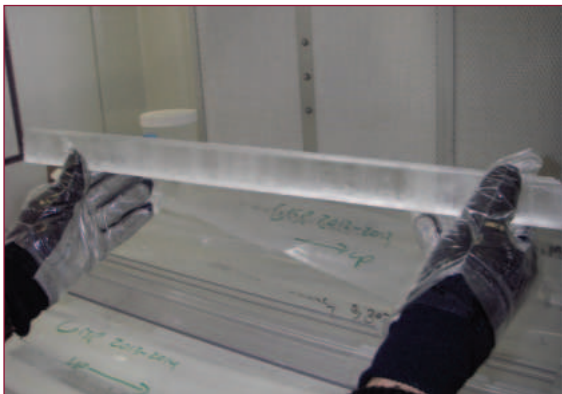
الشكل 6-13 شجرة متحجرة وجدت في صحراء بالسودان.



الشكل 6-14 نظائر الأكسجين.

علم المُناخ القديم **Paleoclimatology** هو دراسة المناخات القديمة، قبل توافر القياسات على نطاق واسع، ويعتمد على عدة أنواع مختلفة من الأدلة البيئية لفهم كيف كان مناخ الأرض في الماضي ولماذا. يستطيع العلماء تحديد التغيرات في درجات الحرارة مع مرور الوقت باستخدام نظيري الأكسجين، ^{18}O و ^{16}O (الشكل 6-14)، لأن ^{18}O يوجد عند درجات الحرارة العليا، ولأن نسبة هذين النظيرين تتغير مع تغيرات درجة الحرارة.

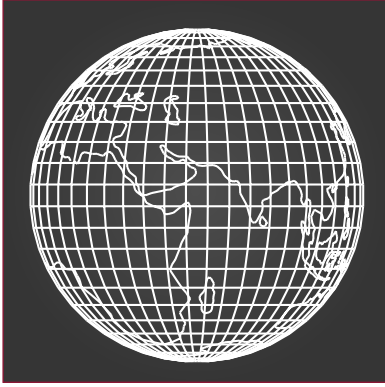
تتكوّن أصداف الحيوانات والشعاب المرجانية بشكل أساسي من كربونات الكالسيوم (CaCO_3). وتُحدّد نسبة نظيري الأكسجين الموجودين في الماء عند تكوّنها آنذاك، من خلال صنع نماذج تبين درجة حرارة الأرض في تلك الفترة.



الشكل 6-15 عينة مستخرجة من عمق جليد.

تُعدّ العينة الجليدية (الشكل 6-15) طريقة أخرى لجمع البيانات عن تاريخ مُناخ الأرض. وقد تمّ استخدام آلة حفر خاصة للحفر في عمق الجليد في القطب الجنوبي لاستخراج العينات التي تشكّلت قبل سنوات طويلة. وتُحلّل فقاعات الهواء للحصول على معلومات عن الظروف التي كانت سائدة على الأرض. وتوجد تقنيات أخرى، تتيح وضع تاريخ تغيُّر المُناخ.

نماذج المناخ الحاسوبية



الشكل 6-16 وحدات أساسية.

ربما سمعت تحذيراً عن طقس قاسٍ ستعرض له منطقة ما، ثم لاحظت أن العاصفة ضربت مكاناً آخر. يعطيك ذلك فكرة عن صعوبة بناء نماذج معقدة باستخدام الحاسوب والعلاقات المتداخلة لمحاكاة المناخ و التنبؤ به. تعمل تلك النماذج على تقسيم الأرض إلى «خلايا» وحدات أساسية رياضية منفردة (الشكل 6-16)، وتقسيم الخلايا إلى مستويات مختلفة من الغلاف الجوي. فكلما زاد عدد الخلايا التي ستُدرس، زادت قدرة الحوسبة اللازمة لتشغيل النموذج.

تستخدم كل خلية معادلات رياضية وهي تمثل كيف تتفاعل المادة والطاقة مع أجزاء مختلفة من المحيط واليابسة والغلاف الجوي، ويتم إدخال متغير الزمن. وكلما كانت المدة الزمنية لتلك التفاعلات أصغر، زادت قدرة الحوسبة المطلوبة؛ على أن يتم تمرير الحسابات من خلية إلى أخرى.



الشكل 6-17 رسم تخطيطي لنموذج مناخ يشتمل على عدد من المتغيرات.

تواجه نماذج المناخ (الشكل 6-17) المشكلات نفسها التي تواجهها نماذج الطقس. وهناك طريقة للتحقق من مستوى الثقة في نموذج المناخ تسمى "رصد الماضي والتنبؤ بالمستقبل" hindcasting والفكرة بسيطة؛ إذ يمكن للعلماء كتابة خوارزمية حاسوب للتنبؤ بما سيحدث في المستقبل. ولاختبار النموذج، تُدخل البيانات الفعلية من وقت مضى، ثم يُشغّل البرنامج.

يمكن للعلماء أن يقارنوا «التنبؤ» بالبيانات المسجلة فعلياً، ويعرفوا إن كان البرنامج «يتنبأ» بما حدث فعلاً. لقد أسفر تحسين النموذج باستمرار عن نتائج دقيقة بصورة مدهشة.

سؤال للمناقشة

كيف نستخدم نموذج المناخ لمحاكاة تغير المناخ والتنبؤ به؟

تحتوي خدمة كوبرنيكوس "Copernicus" لمراقبة الأجواء CAMS، على شبكة إنترنت تتضمن عدداً من البيانات المقدمة فعلياً بحسب وقت حدوثها، إضافة إلى تنبؤات قصيرة الأجل تعتمد على نوع الحاسوب المستخدم الخاص بها. وتقدم CAMS أيضاً معلومات عن درجة تلوث الهواء وتغير المناخ.



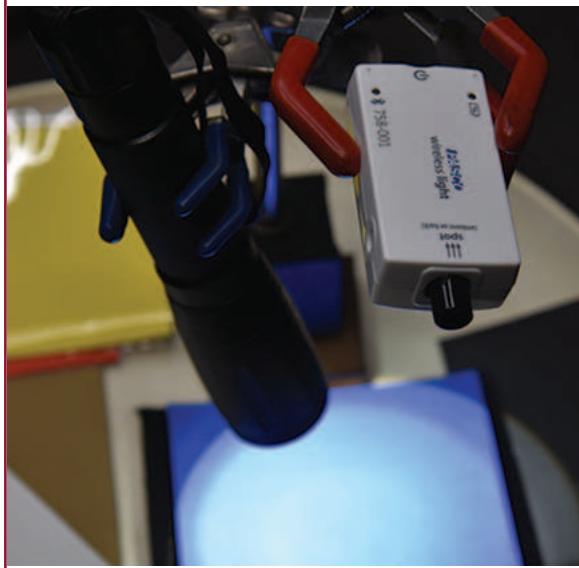
درجتا حرارة الأرض والماء وانعكاساتهما

c1-6

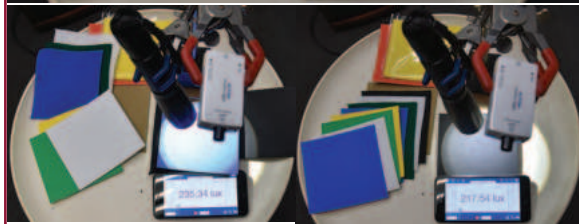
سؤال الاستقصاء	كيف يؤثر لون السطح وملامسه في الضوء المنعكس إلى الغلاف الجوي؟
المواد المطلوبة	مستشعر إضاءة لاسلكي، مصباح إضاءة صغير، حاسوب بلوتوث، جهاز لوحي، هاتف ذكي، حامل حلقي، مربوط للمصباح اليدوي ولمقياس الإضاءة، أوراق ملونة مختلفة (ناعمة)، أقمشة (خشنة).

تغيرت درجة الحرارة بتغير سطح الأرض، بمرور الوقت. وتسارع هذا التغير بفعل الضوء الساقط على الأرض، أو بما يمتصه سطحها، أو ينعكس مرة أخرى في الغلاف الجوي.

الخطوات



1. وجه المصباح اليدوي، بحيث يسقط ضوءه على الأوراق الملونة أو الأقمشة.
2. ضع مقياس الإضاءة، حيث يكشف الضوء المنعكس.
3. شغل المقياس، وصله بالحاسوب.
4. اختر «بيانات الاستشعار»، واختر منها «الإضاءة» فقط.
5. اختر «أرقام» القراءات.
6. ابدأ التجربة.
7. أضئ المصباح.
8. ضع مرآة على السطح لتحديد كمية الضوء القسوى المنعكسة.
9. استخدم مختلف الألوان وملامس الأشياء التي ستختبرها، وسجل كمية الضوء المنعكس في الجدول الآتي:



اللون	الملامس	القيمة
مثال: أخضر	خشن	230 lux
مثال: أخضر	أملس	420 lux

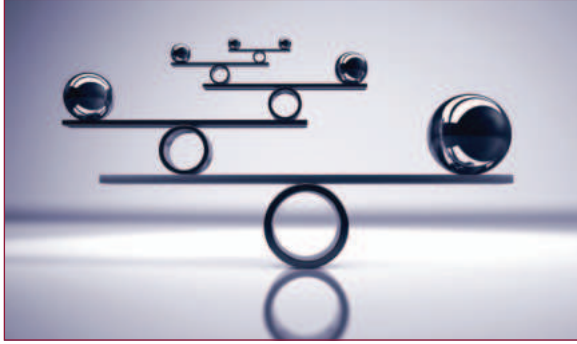
10. تنبأ بدرجة حرارة الأرض، وهي مغطاة بكل من الثلج الأبيض والجليد والغابات الخضراء. وضح إجابتك.

1. أيُّ مما يأتي لا يُعدُّ جزءًا من دورة الكربون في الطبيعة؟ 
 - a. النباتات
 - b. المحيط
 - c. الحيوانات
 - d. الاحتراق الداخلي
2. أيُّ الدورات الآتية مُرتَّبة ترتيبًا صحيحًا؟ 
 - a. الهواء، المحيط، الصدف، الحجر الجيري، البراكين، الهواء.
 - b. المحيطات، الهواء، البراكين، الصدف، الهواء، الحجر الجيري.
 - c. الهواء، المحيطات، الصدف، الهواء، البراكين، الحجر الجيري.
 - d. الصدف، المحيطات، البراكين، الهواء، الحجر الجيري، الهواء.
3. أيُّ مما يأتي يُعدُّ من غازات الدفيئة؟ 
 - a. الأوكسجين
 - b. الميثان
 - c. الميثانول
 - d. النيتروجين
4. ما الغاز الرئيس من غازات الدفيئة؟ 
5. ما المقصود بخزانات الكربون؟ 
6. كيف يرفع انصهار الثلج والجليد من درجة حرارة الأرض؟ 
7. ما دور عملية إعادة الترتجة في إنتاج غاز أكسيد النيتروز؟ 
8. حدّد جانبين في نموذج المُناخ، واقترح طرقًا لجعلهما أكثر مصداقية. 
9. ما الظاهرة التي تحدث نتيجة ميلان محور الأرض؟ 

الدرس 2-6

اختلال التوازن

Upsetting the Balance



الشكل 18-6 نظام في توازن.

يحمل المحيط بلايين الأطنان من CO_2 ويطلقها، وتؤدي الكتلة الحيوية على اليابسة المهمة نفسها، وذلك في توازن معقد ومتغير منذ ثلاثمئة مليون سنة. وكأي نظام معقد (الشكل 18-6)، يمكن أن تؤدي التغييرات البسيطة فيه إلى تأثيرات كبيرة وغير متوقعة. وفي كثير من الأحيان، تمثل محاولة إعادة التوازن لنظام معقد مشكلة معقدة.

وفرت التطورات التقنية البشرية بعض الإسهامات الرائعة لمساعدة الإنسانية؛ وذلك من خلال علاج الأمراض، وإطعام الملايين، وتصنيع سيارات تختصر رحلة تستغرق عشرة أيام إلى ساعتين. ولكن إلى جانب ذلك، تبقى المشكلات المرتبطة بوجود الانسان على سطح كوكب الأرض.

وبسبب عدم وجود ارتباط مباشر بين التغييرات في مناخ الأرض وأنشطة الإنسان، فمن الصعب إقامة دليل قاطع. لكن إذا نظرنا إلى السجل التاريخي، فمن الواضح أن التوازن قد تحول، وأن النشاط البشري أصبح جزءاً من السبب إن لم يكن السبب كله.

المفردات



Algal blooms	ازدهار طحلي
Troposphere	التروبوسفير
Smog	ضباب دخاني
Photochemical reaction	تفاعل كيميائي ضوئي
Catalytic converters	محوّلات حفّازة
Ozone	الأوزون
Stratosphere	الستراتوسفير

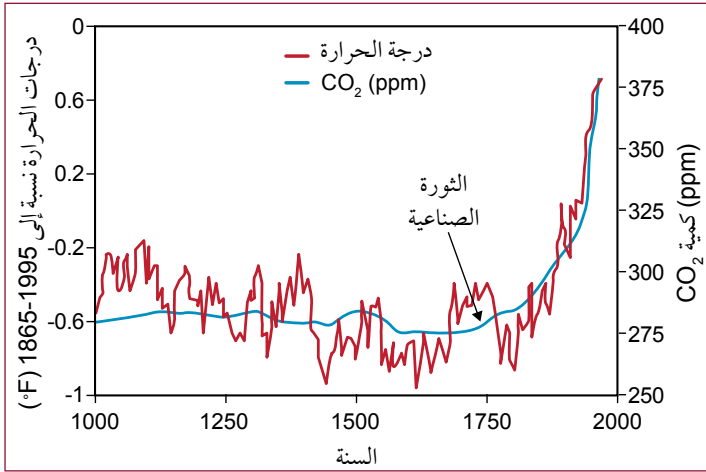
مخرجات التعلّم

GC1105.2 يتعرّف إلى الأنشطة البشرية المنتجة لغازات الدفيئة.

GC1107.1 يتعرّف إلى دور الأوزون بصفته مصدر تلوث في طبقة التروبوسفير، ووسيلة حماية في طبقة الستراتوسفير.

GC1107.2 يصف الطرائق التي تُستنزفُ بها طبقة الأوزون، سواء بواسطة مركبات الكلوروفلوروكربون، أو الانفجارات البركانية.

الكربون



الشكل 6-19 ارتباط درجة حرارة الأرض بـ CO_2 .

تشير قياسات فقاعات الغاز المُحتبسة في أعماق جليد القارة القطبية الجنوبية إلى أنّ تركيز CO_2 يرتفع باطراد منذ الثورة الصناعية في خمسينات القرن الثامن عشر، من 280 ppm (أجزاء بالمليون) إلى 400 ppm عام 2017 (الشكل 6-19). تنبعث الغالبية العظمى من غازات الدفيئة التي ينتجها النشاط البشري من أكسدة الهيدروكربونات: حرق الفحم، والنفط، والغاز الطبيعي.

مصادر انبعاث ثاني أكسيد الكربون جراء النشاط البشري: ينتج 44% تقريباً من CO_2 المنطلق من الوقود الأحفوري من عمليات توليد الحرارة والكهرباء، في حين تُنتج 29% أخرى من وسائل النقل (الشكل 6-20). وتُعزى النسبة المتبقية إلى الإنتاج الصناعي، وتصنيع الأسمت.



الشكل 6-20 يشكّل النقل 30% تقريباً من CO_2 المنطلق إلى الغلاف الجويّ جرّاء النشاط البشريّ.

تشكّل مصادر CO_2 جرّاء النشاط البشريّ أقلّ من 4% من الكربون في دورة الكربون الكلية. يمكنك القول إنّ تلك كميّة ضئيلة، ولكن يجب الأخذ في الحسبان عاملين، هما:

1. أن دورة الكربون الطبيعية يمكن أن تستوعب 40% فقط من تلك الكميّة الإضافية من CO_2 . لذا، يتطلب ارتفاع المستويات الكلية لغاز ثاني أكسيد الكربون في الطبيعة إلى أعلى نقطة لها حوالي عشرة ملايين سنة.



الشكل 6-21 إزالة الغابات.

2. إزالة الغابات وقطع الأشجار: فمن دون الغابات، يختلّ التوازن في دورة الكربون. لأن الغابات جزء مهمّ من دورة الطبيعة لإزالة كربون الغلاف الجويّ وإنتاج الأوكسجين. كما أن استخدام معظم أخشاب الأشجار كوقود ينتج عنه كميات كبيرة من غاز CO_2 . (الشكل 6-21)

النيتروجين

يتمتع النيتروجين بقدر كبير من الأهمية للحياة النباتية. قد تقطع غابة لتوفير مساحة لمحصول أكثر جدوى اقتصادية. لكن يجب أنذاك تسميد التربة لجعلها مناسبة لزراعة المحاصيل، ما يعني إضافة كمية كبيرة من النيتروجين (الشكل 6-22). وهذا يسهم في زيادة أكاسيد النيتروجين في الغلاف الجوي.



الشكل 6-22 تسميد الحقل لجعله مناسباً للمحاصيل الاقتصادية.



الشكل 6-23 مزرعة لتربية الدواجن.

يسهم الطلب العالمي على اللحوم أيضًا في إدخال أكاسيد النيتروجين إلى الغلاف الجوي. فزراعة الحبوب العلفية لدعم مزارع تربية الدواجن (الشكل 6-23)، والنفايات النهائية للكميات الهائلة من الفضلات الناتجة، تعدان مساهمات رئيسة، مما يزيد من اختلال التوازن الطبيعي نتيجة لزيادة نسبة أكاسيد النيتروجين في الغلاف الجوي.

سؤال للمناقشة

هل تعتقد أن على الإنسان التوقف عن تناول اللحوم؟



الشكل 6-24 الازدهار الطحلي.

يحدث تأثير إضافي عندما يصل النيتروجين والفوسفور من المزارع، وفضلات الحيوانات، إلى المسطحات المائية الكبيرة بسبب عوامل التعرية والأمطار؛ فيؤدي إلى زيادة في عناصر الغذاء مما يسبب نمو الطحالب على نحو غير طبيعي، مؤدية إلى ظاهرة الازدهار الطحلي **Algal blooms**. يكون هذا الازدهار مناطق واسعة من استنفاد الأكسجين، تعرف باسم المناطق الميتة، ما يزيد من اختلال التوازن الطبيعي نتيجة التناقص في التنوع البيولوجي في المنطقة المتأثرة (الشكل 6-24).

الميثان



يُعدُّ الميثان (CH₄) المكوّن الرئيس للغاز الطبيعي، وعند حرق الغاز الطبيعي (الشكل 6-25) تنطلق إلى البيئة كمّيات من غاز ثاني أكسيد الكربون أقل كثيراً من كمّيات الغاز المنطلق عند حرق الوقود الأحفوري (كالفحم و النفط). ويعد الميثان وغاز ثاني أكسيد الكربون من غازات الدفيئة التي تسبب ظاهرة الاحترار العالمي وذلك عند زيادة نسبتها في الغلاف الجوي. وعند قياس تأثير غاز الميثان على مدى مئة سنة، تبين أنه أكبر بـ 43 مرّة من تأثير CO₂، في حين أنّ تأثيره على المدى القصير (أكثر من عشرين سنة) أكبر بـ 68 مرّة من تأثير CO₂.

الشكل 6-25 حرق الغاز الطبيعي ينتج نسبة ثاني أكسيد كربون أقل، مع انبعاث كبير لغاز الميثان.



يوجد ما يقارب 1.5 مليار بقرة في العالم، يعيش بعضها حرّاً يأكل العشب من الحقول، في حين يُربى معظمها في مزارع (الشكل 6-26)، ونادراً ما تتجاوز حركتها بضعة أمتار. تُغذّى تلك الأبقار بمجموعة متنوّعة من الحبوب والأعشاب. ويمكن للبقرة الواحدة، كجزء من هضمها الطبيعي، أن تطلق ما يصل إلى 120 kg من الميثان سنوياً.

الشكل 6-26 أبقار في مزرعة.

وفي حين أنّ الحيوانات العاشبة الكبيرة تعدّ جزءاً من المحيط الحيوي الطبيعي، فإنّ العدد الهائل من حيوانات المزارع يفوق ما يمكن أن تعيله المراعي البسيطة. لذلك تُقطع الغابات من أجل توفير مساحات للمراعي، أو لزراعة أعلاف لتلك الماشية. وتعدّ ماشية المزارع مصدر نشاط بشري للميثان، الذي يشكل ما يصل إلى 18% من مجموع غازات الدفيئة.

تنتج kg مكافئ CO ₂	1 kg لحم من
34.6	الأبقار
17.4	النعاج
4.57	الدجاج

الجدول 6-1 مصدر اللحوم ومكافئ ثاني أكسيد الكربون.

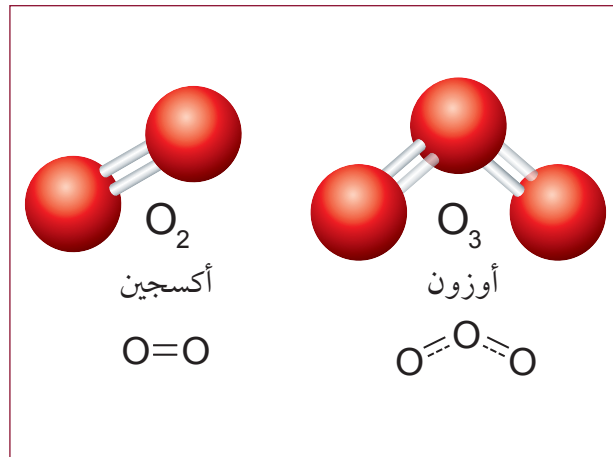
يبين الجدول 6-1 غازات الدفيئة الناتجة عن إنتاج 1 kg من اللحم، وذلك باستخدام CO₂ مقياساً مكافئاً وهو مقياس يستخدم لمقارنة كمية الغازات الدفيئة المختلفة.

التروبوسفير Troposphere هي طبقة الغلاف الجوي الأقرب إلى الأرض، وتعد المزيل الأكبر للميثان. إذ يتفاعل الميثان في التروبوسفير مع شقوق الهيدروكسيل (OH)، مكوناً بشكل أساسي الماء وثنائي أكسيد الكربون. يسرّع وجود هذا الميثان في التروبوسفير تأثير الملوثات الكيميائية الأخرى، ما يؤدي إلى تأثير مضرّ شامل.

الأوزون في طبقة الستراتوسفير

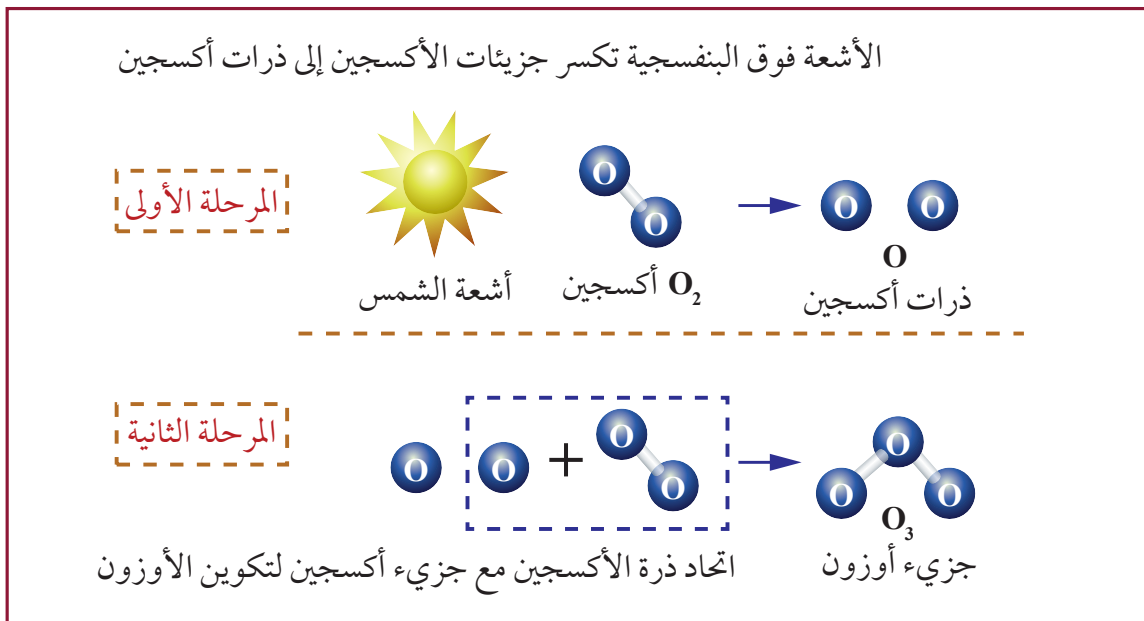
الأوزون Ozone جُزيء يتكوّن من ثلاث ذرات أكسجين (الشكل 6-27). ويوجد في طبقة الستراتوسفير **Stratosphere**، ذلك الجزء من الغلاف الجوي الذي يقع على ارتفاع من 15 إلى 50 كم من سطح الأرض.

طبقة الأوزون هي الطبقة التي تمنع الأشعة فوق البنفسجية الضارة من الوصول إلى الأرض. وجدير بالذكر أن معظم الحياة العضوية على الأرض، من دون طبقة الأوزون تلك، لا تستطيع تحمّل هذا التأثير المؤين للأشعة فوق البنفسجية.



الشكل 6-27 الأكسجين O_2 والأوزون O_3 .

تتكوّن طبقة الأوزون هذه بشكل طبيعي عندما يصل الأكسجين إلى الستراتوسفير، ويتعرّض للأشعة فوق البنفسجية. ويحدث **التحلّل الضوئي Photolysis** ليشطر جُزيء O_2 ، ويسمح بتكوين O_3 . (الشكل 6-28).



الشكل 6-28 تكوّن الأوزون في طبقة الستراتوسفير.

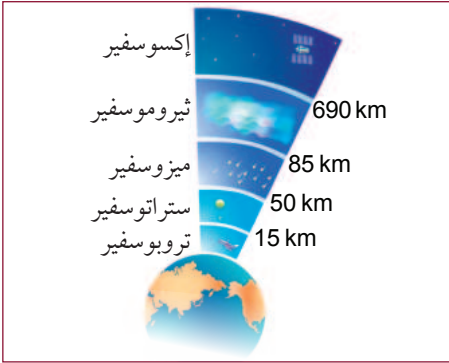
الضباب الدخاني Smog



في أوائل القرن العشرين، تم استخدام مصطلح الضباب الدخاني لوصف مزيج من الدخان و الضباب وهو أحد أنواع تلوث الهواء والذي يقلل من الرؤية. (الشكل 6-29). في البداية، تم الربط مع الدخان الناجم عن حرق الخشب والفحم، في حين أن الظاهرة في الواقع تعدّ أكثر تعقيداً حيث كان الضباب الدخاني منتشرًا في المناطق الصناعية و أصبح مشهداً مألوفاً في المدن حتى اليوم. **الشكل 6-29 الضباب الدخاني**

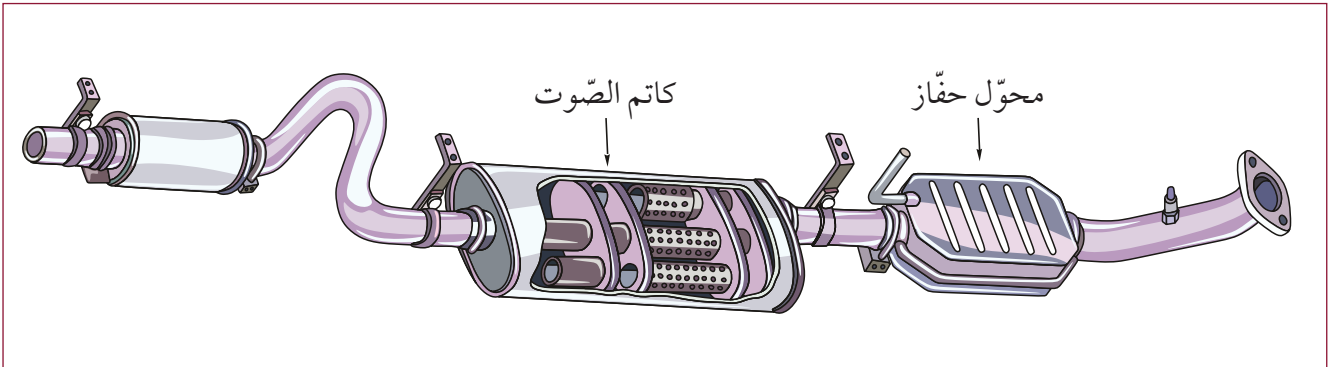
معظم الضباب الدخاني الذي نراه في الوقت الحالي ينتج عندما يتفاعل ضوء الشمس مع المواد الكيميائية المنبعثة من احتراق الهيدروكربونات مثل: ثاني أكسيد الكبريت، و أكسيد النيتروز والمركبات العضوية المتطايرة (VOC) و أكاسيد الكربون فينتج الأوزون. ويصبح الأوزون مضرًا عندما يتراكم في الغلاف الجوي السفلي، التروبوسفير (الشكل 6-30)، ويسبب كثيرًا من المشكلات الصحية.

يتفاعل الأوزون مع ثاني أكسيد الكبريت وسواه من المواد الكيميائية، مكوّنًا ملوثات أخرى. ومعلوم أن هذه التفاعلات الكيميائية الضوئية **Photochemical Reactions** المحفزة من ضوء الشمس، تتأثر بالفصول وبعض أنماط الطقس. وتسبب الغازات الناتجة ظاهرة الدفيئة، إضافة إلى مشكلات صحية لمن يتنفسون الضباب الدخاني.



الشكل 6-30 طبقات الغلاف الجوي.

يتكوّن ضباب دخاني فوق العديد من مدن العالم، وقد يستمر عدة أيام مسبباً أضراراً صحية خطيرة، ما دفع الحكومات كي تبادر إلى وضع تشريعات تستهدف جودة الهواء ومكافحة التلوث، منها استخدام **محوّلات حفّازة Catalytic converters** في نظام عادم السيارات للحد من تلوث الهواء الجوي بالغازات السامة مثل NO و CO (الشكل 6-31).



الشكل 6-31 رسم تخطيطي لنظام عادم السيارات، بما في ذلك المحوّل الحفّاز وكاتم الصوت.



أثر البراكين في تدمير طبقة الأوزون

b2-6

من المعروف أن النشاط البركاني يطلق كمية هائلة من الغازات التي تؤدي إلى زيادة غازات الدفيئة في الغلاف الجوي وإلى استنزاف طبقة الأوزون. أي يؤدي إلى اختلال في توازن غازات الدفيئة. فعلى سبيل المثال:

ينبعث غاز ثاني أكسيد الكبريت خلال ثوران البراكين. وعندما يدخل طبقة الستراتوسفير في الغلاف الجوي، يمتص الكثير من الطاقة اللازمة لتكوين طبقة الأوزون وهذا ما يقلل من الأوزون في الستراتوسفير. ويطلق ثاني أكسيد الكبريت النشط الأكسجين الذي يمكن أن يكون الأوزون. ويتمثل التأثير النهائي لهذا الغاز في أن البركان قد يستنفذ الأوزون مؤقتاً، ولكنه يجدد مستواه. يعرض معلمك فيلماً قصيراً عن تأثير الكوارث الطبيعية كالانبعاثات البركانية، التي يمكن أن تطلق مواداً في الغلاف الجوي للتفاعل مع الأوزون وتدميره.

بعد مشاهدة فيلم قصير أو أكثر عن تأثير تلك الانبعاثات وبالتحديد في هذا المجال:

1. لخص هذه الآثار.

2. صف مجمل تأثيرها النهائي.

3. وضح تسلسل الأحداث التي تشرح كيف يمكن لسلسلة من ثوران براكين ، أو بركان كبير إلى أقصى حد، أن تحدث فترة تبريد عالمية.

الخطوات	التأثير الأولي: بركان كبير
1	
2	
3	
4	



امتصاص الضوء

c 2-6

سؤال الاستقصاء	كيف تُمتصُّ الألوان بواسطة المحاليل المختلفة في وعاء الضوء؟
المواد المطلوبة	مقياس (مستشعر) ألوان، أوعية بلاستيكية شفافة للتحليل الطيفي للضوء، سوائل بألوان مختلفة، ملح، سكر، كحول طبي، أيّ سوائل شفافة، حاسوب.

العديد من غازات الدفيئة تمتصُّ كمّيات مختلفة من طاقة الأشعة تحت الحمراء. يقيس مقياس الألوان شدة امتصاص ألوان الضوء المرئي المختلفة. إن امتصاص اللون من الضوء في الماء أو في المحاليل المختلفة يشبه امتصاص الأشعة تحت الحمراء في الغلاف الجوي.

خطوات العمل

1. صل مقياس الألوان بجهاز الحاسوب، متّبعاً التوجيهات لمعايرة مقياس الألوان إلى الصفر (ماء صافٍ).

2. ضع قطرة واحدة من كل ملون الطعام في نحو 50 mL من الماء، لتحضير أربعة محاليل ملوَّنة.



3. حضّر أربعة أوعية من الأوعية البلاستيكية الشفافة التي تستخدم في التحليل الطيفي للضوء المبيّنة في الشكل المجاور، وضعها في مقياس الألوان، وسجّل مستويات الامتصاص لكل من الألوان الأربعة.

4. استخدم سوائل شفافة أخرى؛ مثل مياه غازية، كحول طبي، زيوت معدنية.

قياس درجة الامتصاص

اسم المحلول	أزرق	أخضر	أحمر	شفاف	أصفر
محلول سكر في الماء					
محلول ملح في الماء					
في سائل آخر غير الماء كما ورد في الخطوة 4					

الأسئلة

- a. اشرح كيف تُغيّر الصبغة الحمراء الضوء الأبيض إلى ضوء أحمر. ما الذي يُمتصُّ؟ وما الذي ينتقل؟ وكيف انعكس ذلك في بياناتك؟
- b. قدّم تفسيراً لكل من الألوان الأربعة، ما تمّ امتصاصه، وما نفذ.
- c. يمكنك أن ترى من خلال الهواء في الفضاء. وضح أن شفافية الغلاف الجوي للضوء لا تحجب الأشعة تحت الحمراء.

1.  ما المصدر الرئيسي لغاز CO₂ الناتج عن الأنشطة البشرية؟
 - a. تسميد الحقول.
 - b. تنمية قطعان كبيرة من الماشية.
 - c. صناعة مركبات الكلوروفلوروكربون.
 - d. أكسدة هيدروكربونات الفحم والنفط.
2.  أيّ من الصناعات الآتية ليست مساهمًا رئيسًا في انبعاث CO₂؟
 - a. قطاع النقل.
 - b. صناعة الأسمت.
 - c. استخدام الغاز الطبيعيّ في توليد الحرارة والكهرباء.
 - d. استخدام الفحم والنفط في توليد الحرارة والكهرباء.
3.  أيّ طبقات الغلاف الجوي الآتية تعتبر المزيل الأكبر للميثان؟
 - a. التروبوسفير
 - b. الستراتوسفير
 - c. الميزوسفير
 - d. الإكسوسفير
4.  إذا كانت مصادر CO₂ من النشاط البشريّ تشكّل 4% فقط من مجموع CO₂ في الغلاف الجويّ، فكيف يمكن أن يكون لذلك أثرًا مهمًا؟
5.  اشرح كيف يؤثّر حريق الغابة في غازات الدفيئة بطريقتين مختلفتين.
6.  لماذا تزيد مستويات الضباب الدخاني خلال النهار؟
7.  اذكر بالتفصيل الدور المُزدوج للأوزون.
8.  اذكر بعض الأنشطة البشرية التي تزيد من نسبة أكاسيد النيتروجين في الغلاف الجويّ.
9.  ما دور طبقة الأوزون في الستراتوسفير، من حيث حفظ الحياة على الأرض؟

الدرس 3-6

الجهود المبذولة لاستعادة التوازن

Efforts to Restore Balance



الشكل 32-6 الأرباح.

لنقل إن لديك فكرة جيدة، وإنك لتحقيقها قد أسست شركة. وإذا أردت زيادة رأس المال في الشركة قد تعتمد إلى بيع أسهم مقابل أرباح تحققها لاحقاً. إذاً، هناك اتفاق ضمني بأن الهدف من تأسيس الشركة هو تحقيق الربح (الشكل 32-6). وبالمقابل تريد الحكومات توفير الخدمات الحديثة للمواطنين، وهو ما يتطلب مالياً، لذلك تعتمد إلى فرض ضريبة على شركتك للمساهمة في توفير هذا المال. وبناءً على ذلك، يصبح نجاح الحكومة مرتبطاً بنجاح عملك. يقلد آخرون فكرتك، فيصبحون منافسين لك على الأرباح. عندها يأتي عالم ليقول إن منتجك قد يدمر العالم خلال مئة سنة. في هذه المرحلة، تصبح الأمور معقدة.

المفردات



Pre-ignition	إشعال مبكر
Tetraethyl lead	رباعي إيثيل الرصاص
Freon	فريون
Aerosol	بخاخ الهواء المضغوط
Volatile liquid	سائل متطاير
جماعات الحفاظ على البيئة	
Conservation groups	
Global agreement	اتفاقية دولية

GC1108.2 يصف تأثيرات إضافة رباعي إيثيل الرصاص إلى الوقود في البشر، وفي تكنولوجيا الحد من التلوث، مثل المحولات الحفازة.

GC1108.3 يفسر البيانات المتعلقة بمستويات الرصاص في الغلاف الجوي على أنها نتيجة نحو الانتقال إلى استخدام البنزين الخالي من الرصاص.

مخرجات التعلم

GC1106.1 يقترح أسباب الشك في وجود تأثيرات ناتجة من الأنشطة البشرية في المناخ.

GC1107.2 يصف الطرائق التي تُستنزف بها طبقة الأوزون، سواء بواسطة مركبات الكلوروفلوروكربون، أو الانفجارات البركانية.

GC1107.3 يدرك الفوائد العائدة من استخدام مركبات الكلوروفلوروكربون (CFC's)، والهالونات (مركبات هالوألكانات)، في السلع الاستهلاكية والصناعة.

GC1107.4 يدرك الحاجة إلى اتفاقيات دولية لحل مشكلات العالم.

GC1108.1 يصف سبب إضافة رباعي إيثيل الرصاص إلى الوقود.



مُحرِّك الاحتراق الداخلي

a3-6

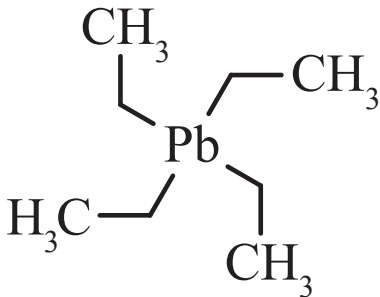
1. شاهد فيلمًا قصيرًا أو رسومًا متحركة تصف المبدأ الأساسي لمحرِّك الاحتراق الداخلي. تأكد من أنه يصف دور الأوكتان في طقطقة المُحرِّك.
2. تأكد من أنه يعرض سبب إضافة رباعي إيثيل الرصاص (الشكل 6-33) إلى البنزين.
3. صف التأثيرات الناتجة عن إضافة رباعي إيثيل الرصاص إلى البنزين على صحة البشر.
4. صف عواقب إضافة رباعي إيثيل الرصاص إلى البنزين على تقنيات الحدّ من التلوّث، مثل المُحوّلات الحفّازة.

	a. ما مشكلة الاشتعال المُبكر في محرِّك الاحتراق الداخلي؟
	b. ما المُشكلات التي عالجتها إضافة رباعي إيثيل الرصاص؟
	c. ما تأثير الرصاص على البشر؟
	d. ماذا يسبّب الرصاص للمحوّلات الحفّازة؟

ابحث عن الفيلم القصير:

Why Lead Used to be Added to Gasoline?

«لماذا يضاف الرصاص إلى البنزين؟»



الشكل 6-33 رباعي إيثيل الرصاص.

لمعالجة السؤالين الأوّلين عليك مشاهدة الفيلم القصير بعنوان:

C2 Octane Number and Knocking (SL,IB Chemistry)

الطقطقة ورقم الأوكتان C2.

الرصاص في الوقود

ساهمت السنوات المئة الماضية في توضيح بعض المشكلات المرتبطة بحلّ بعض قضايا غازات الدفيئة. لقد أدى استخدام البنزين في السيارات، مع محرّكات الضغط العالي الجديدة، إلى **الإشتعال المبكر Pre-ignition**. هذا الإشتعال المبكر يؤدي إلى الطققة (صوت خبط أو طرق في المحرك) التي تسبّب الضرر للمحرّك وتساعد على خفض قدرته. ولحل المشكلة تم إضافة 20% إيثانول (كحول) إلى البنزين. لكنّ شركات النفط قاومت استخدام الإيثانول لأنها لا تتحكّم في إنتاجه، فهو مادة كيميائية شائعة الاستخدام، ولا تتطلب براءة اختراع.



الشكل 6-34 مضخة وقود قديمة.

وبدلاً من الإيثانول، أُضيف **رباعي إيثيل الرصاص Tetraethyl lead (TEL)**، وجرى تسويقه بوصفه مُتّجاً جديداً، وحلاً للمشكلات المرتبطة بالإشتعال المبكر. في مطلع عشرينات القرن الماضي، ظهرت أخطار الرصاص، لكن جرى التشكيك في البيانات، والتقليل من شأن الادّعاءات بهذه الأخطار عبر تكذيب العلماء وبحوثهم. أمّا الشركات التي تملك محطات الوقود، وتديرها، وتبيع الوقود (الشكل 6-34) فقد أخذت تجني الأرباح من رواج مبيعاتها.

مع انتشار البنزين الذي يحتوي على الرصاص، انتشرت أيضاً البيانات المتعلقة بآثاره المضرة، وبخاصة لدى الأطفال. لكنّ شركات النفط واصلت زعزعة الثقة بالبيانات والعلماء. إذ أنه لم يكن هناك حافز ماليّ لإزالة رباعيّ إيثيل الرصاص، حتّى جرى إدخال المحوّل الحفّاز (الشكل 6-35).



الشكل 6-35 المحوّل الحفّاز.

أدى ذلك إلى زيادة الطلب على الوقود الخالي من الرصاص؛ فسارعت شركات النفط إلى توفيره؛ إذ كان لديها حافز ماليّ لإزالة الرصاص الذي أضرّ بالمحوّلات الباهظة الثمن، مع نموّ سوق الوقود النظيف. وبحلول منتصف السبعينات من القرن العشرين، راحت الشركات تدّعي أنّها تقوم بدورها في حماية البيئة.

استمرّت الشركات الكيميائية التي تُصنّع رباعيّ إيثيل الرصاص بالادّعاء أنّ مُنتجها آمن، لكنّ الطلب

عليه انخفض. من هنا نلاحظ أن مدراء شركات النفط كانوا يحاولون تحقيق أقصى قدر من الأرباح لشركاتهم وللمساهمين فيها أكثر من اهتمامهم بالبيئة.



الكشف عن الرصاص

b3-6

هل يوجد بعض الرصاص على أسطح المواد التي تستخدم حالياً؟

سؤال الاستقصاء

حقيبة كشف فوري عن الرصاص، أسطح يشتهبها محتوائها على الرصاص لفحصها.

المواد المطلوبة

حُظِر استخدام الرصاص في الدهانات. لكن بعض الدول لا تزال تستخدمه. قد تكون بعض تلك المنتجات قد وجدت طريقها إلى بيئتك فذلك يعتمد على المقاول ودقة التفيتش.

الخطوات

1. حضر قائمة بأسطح يشتهب وجود الرصاص عليها؛ وهي إما مدهونة حديثاً، وإما أسطح قديمة مدهونة منذ سنوات.
2. اقرأ بعناية تعليمات استخدام حقيبة الكشف عن الرصاص (الشكل 36-6). تأكد من أن التعليمات لا تتطلب منك إرسال العينات إلى المختبر لتحليلها.
3. سوف تقوم حقيبة الكشف الفوري عن الرصاص بتغيير لون السطح إذا وجد عليه رصاص. تأكد من اختيار بقعة نظيفة خالية حتى من الغبار.
4. سجّل نتائجك، واعرضها على زملائك في الصف.
5. أعد قائمة ببعض الاستخدامات الأخرى للرصاص في المنتجات التجارية والمنزلية.



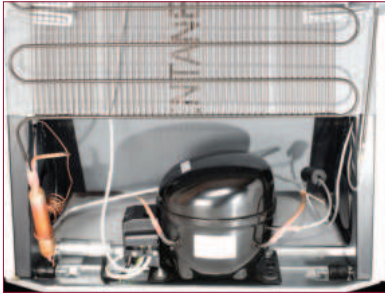
الشكل 36-6 حقيبة الكشف عن الرصاص.

البيانات

النتائج	سطح يشتهب وجود الرصاص عليه

في المنزل	في التجارة	استخدامات الرصاص

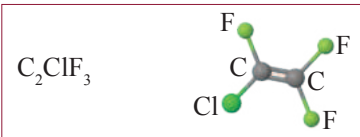
مُرَكَّبَات الكلوروفلوروكربون وثقب الأوزون



الشكل 37-6 ضاغط ثلاجة منزلية.



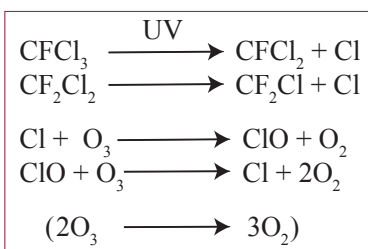
الشكل 38-6 وحدات تكييف الهواء.



الشكل 39-6 مثال على إحدى مركبات CFCs



الشكل 40-6 علبه الهواء المضغوط.



الشكل 41-6 تحول الأوزون إلى أكسجين بفعل مركبات CFCs.

استطاع العلماء إنتاج مركبات كيميائية جديدة، لكل منها فوائد وتأثيرات غير متوقعة. ومن الأمثلة الجيدة على ذلك، اختراع مركبات الكلوروفلوروكربون CFCs. تتكوّن هذه المركبات من خليط من عدة غازات مثل $CFCl_3$, CF_3Cl , CCl_2F_2 وتعد هذه المركبات خاملة غير نشطة، غير قابلة للاشتعال، وغير سامة ولها درجات غليان مختلفة، مما يجعلها مناسبة لاستخدامات عديدة، مثل سوائل التبريد في الثلاجات (الشكل 37-6) وفي مكيفات الهواء (الشكل 38-6) ومذيبات لمواد أخرى. ومن أشهر الأمثلة على هذه المركبات غاز **الفيرون Freon** وهو مركب يتكون من ذرة كربون محاطة بالكلور والفلور، وعلى درجة كبيرة من الاستقرار. وعند درجة غليان قريبة من $0^\circ C$ يكون مثاليًا بصفته غاز ضغط في أجهزة التبريد. وقد امتلكت شركة فريجيدير براءة اختراعه. وبحلول العام 1935، سيطرت سريعًا على سوق التبريد، باستبدالها الأمونيا القاتلة التي كانت تُستخدم حتى ذلك الوقت، وكانت الأرباح وفيرة.

كذلك يستخدم في علب **بخاخ الهواء المضغوط Aerosol** وهو جهاز يستخدم لتعليق جسيمات دقيقة في الهواء (الشكل 40-6). ومن الأمثلة على بخاخات الهواء المضغوط، بخاخ الطلاء، وطارذ الحشرات، وبخاخ الشعر. والبخاخ علبه تحتوي على **سائل متطاير Volatile liquid** يتحوّل إلى غاز عند درجة حرارة منخفضة، ويمكن استعمالها بسرعة وسهولة. وقد تحوّلت علب بخاخ الهواء المضغوط إلى الفيرون كدافع آمن.

ثقب الأوزون

بحلول العام 1912، لاحظ مستكشفو القارة القطبية الجنوبية غيومًا عالية المستوى، غير اعتيادية، هشة فوق قطبي الأرض. وفي العام 1957، قاس باحثون بريطانيون سمك طبقة الأوزون تلك فوق القطبين. وفي العام 1985، بدأ الباحثون بالإبلاغ عن فقدان تلك الطبقة خلال أشهر الربيع. وحددت قياسات الأقمار الصناعية ظاهرة بعرض القارة، ووصفت بأنها ثقب في طبقة الأوزون.

طُرحت نظريّات عدّة لتفسير الثقب، بما في ذلك الطّقس، ودورات الطاقة الشمسيّة. وفي العام 1974، نشر الكيميائيّ المكسيكيّ ماريو مولينا، ورقة أشارت إلى أن مركبات الكلوروفلوروكربون قد تدمّر الأوزون. وحيث إنّها مستقرّة في التروبوسفير، فقد توقع أنها على ارتفاع عالٍ، قد تتكسّر بسبب الأشعّة فوق البنفسجيّة العالية الطاقة، ويتفاعل CFCs مع الأوزون لإنتاج الأكسجين؛ وقد وجد أن كل جزيء من CFCs يمكنه أن يحدث مئة ألف تفاعل كما في (الشكل 41-6).

الحاجة إلى الاتفاقيات الدولية

دحضت شركات الصناعة بحث مولينا ونماذجه الحاسوبية. وعلى الرغم من ذلك، أظهر الرصد المستمر للغلاف الجوي ترققاً مستمراً في طبقة الأوزون، وأخذت المخاوف العالمية تتزايد. وسُجِّلت بيانات قاطعة سنة 1987، عندما أطلقت بعثة أوزون القارة القطبية الجنوبية المحمولة جواً AAOE،



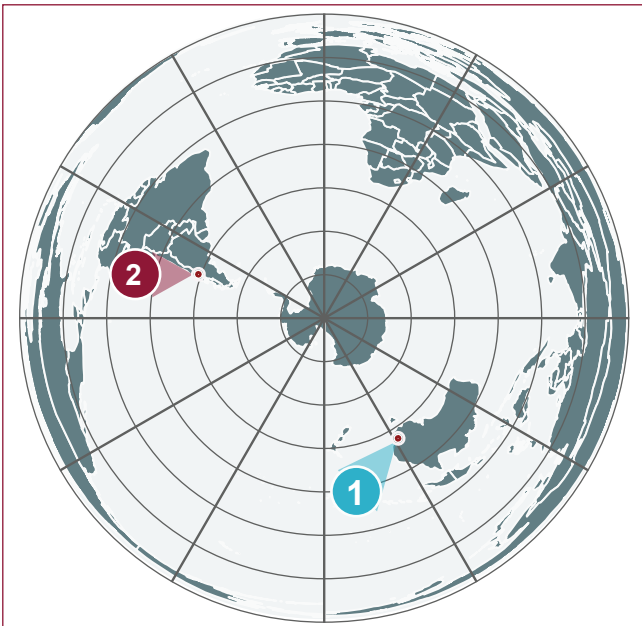
الشكل 42-6 طائرة بحوث AAOE.

طائرة بحوث إلى ارتفاعات شاهقة (الشكل 42-6) في دوامة القارة القطبية الجنوبية. وقد أشارت البحوث إلى وجود ارتباط بين أول أكسيد الكلور والأوزون. فقياسات التركيز الأعلى من أكسيد الكلور تعني قياسات المستويات الأقل من الأوزون، ما ينسجم مع بحث مولينا ونماذجه الحاسوبية. وقد حاز مولينا على جائزة نوبل في العام 1955 لهذا العمل. (أنظر صفحة 72 بالكتاب)

أُثبت أن مركبات الكلوروفلوروكربون تدمر طبقة الأوزون.



أدى ذلك الاكتشاف إلى معضلة؛ إذ لا يوجد حافز مالي لتقييد إنتاج CFCs واستخدامها، فهي تعمل جيداً، ولم تثبت المواد البديلة فاعليتها. أضف إلى ذلك أن الشركات (والمساهمين) التي تستخدم CFCs تحقق أرباحاً جيدة، إضافة إلى أن نفقات البحث عن بدائل، وتغيير خطوط الإنتاج والمصانع كلها، مرتفعة جداً. كما أن الشركات الكيميائية التي تنتج CFCs تعتمد على ذلك المنتج في وجودها بحد ذاته.



الشكل 43-6 نصف الكرة الجنوبي: أستراليا (1)،

الأرجنتين (2).

وحتى الآن، سُجِّلت أعلى معدلات لسرطان الجلد نتيجة التعرض للأشعة فوق البنفسجية في أستراليا ونيوزلندا، مع معدلات مرتفعة في تشيلي والأرجنتين (الشكل 43-6) كذلك. وكل هذه المناطق قريبة من منطقة استنزاف طبقة الأوزون. تلك مشكلة خطيرة، وإذا لم تُعالج فقد تؤثر على الكوكب كله.

لذلك، تتفق حكومات العالم الآن على مناقشة المشكلة، وهي ترغب في إيجاد الحلول التي لن تؤدي إلى إفلاس الشركات، وتمنع الاستنزاف المستمر لطبقة الأوزون.

بروتوكول مونتريال



الشكل 44-6 طفل يحمل الكرة الأرضية في حملة «احم مستقبلنا».

جاءت الخطوات الأولى نحو الحلّ من **جماعات الحفاظ على البيئة Conservation groups**، والأشخاص المهتمين بسلامة الكوكب المستقبلية. لقد نظّموا حملات، وندوات لتثقيف الناس عن مشكلات CFCs، وتأثيراتها المستقبلية. وقد أبرزت الإعلانات التأثير المحتمل كما يراه الأطفال (الشكل 44-6)، هؤلاء الذين ستكون حياتهم هي الأكثر تأثراً إذا لم تُتخذ إجراءات رادعة. أنشأ ذلك رأياً عاماً يطالب بالتخلص من CFCs، ولّد بدوره حافزاً لدى السياسيين والشركات للعمل.

ولن يتمّ التوصل إلى **اتفاق عالمي Global agreement** على عمل أكبر المساهمين في إنتاج CFCs، ما لم يتمّ التوافق على تخفيض الإنتاج والاستهلاك في الوقت نفسه. ولن يكون الاتفاق فاعلاً إذا اقتصرّت الموافقة عليه على عدد قليل من الدول، واستمرّ أكثر المنتجين في إطلاق المواد الكيميائية إلى البيئة. تلك هي حدود أي معاهدة دولية.

في أغسطس 1987 جرى توقيع معاهدة في مونتريال بكندا، شاركت فيها الدول التي وافقت على خفض التدرّج لإنتاج CFCs واستخدامها. ووُضع جدول زمنيّ لمستويات محدّدة للوفاء بها.

كان لا بدّ من موافقة الدول جميعها على البروتوكول، حيث لا تكتسب أيّ شركة أو دولة ميزة غير عادلة، أو تتحمّل عبئاً لا مبرّر له. وقد أُضيفت بعض التعديلات على الاتفاق الأساسي، من أجل السماح للشركات الصناعية في الدول المختلفة بتطوير بدائل للمنتجات المستفيدة للأوزون. في نهاية المطاف، وقّع على البروتوكول مئة وسبع وتسعون دولة، إضافة إلى الاتحاد الأوروبي.



الشكل 45-6 لا CFCs.

وجدت أقسام التسويق أن بإمكانها الاستفادة من الرأي العام لتسويق منتجات خالية من CFCs (الشكل 45-6)، وحتىّ منتجات لا تحتوي أساساً على تلك المركّبات.

ومع القبول العالميّ لبروتوكول مونتريال، أصبح يعدّ أنجح معاهدة من نوعها. وتشير أحدث البيانات إلى أنّ طبقة الأوزون تعمل على إصلاح نفسها. ومن المتوقع أن تعود إلى مستويات 1980 في فترة 2050 - 2070.



إجراءات لتقليل من التلوث البيئي

c 3-6

تحمل الحكومات وجماعات الحفاظ على البيئة، آراءً متباينة حول الحاجة إلى اتفاقيات لحماية البيئة (مثل اتفاقية مونتريال)، أو التوصل إلى موافقة تلك الجهات عليها؛ وذلك أمرٌ صعب. سوف تدعو زملاءك في الصف إلى الموافقة على إجراء معين. لذا عليك أن تُسجّل الخطوات والتسويات التي يتفقون عليها، لتحقيق ذلك الهدف.

الخطوات

1. اختر إجراءً مفيداً لزملائك في الصف جميعاً. وناقشهم في الإجراء الذي اتخذته، محاولاً إقناعهم بالموافقة على اتباع توصياتك.

أمثلة:

- تناول كميات أقل من لحم البقر.
- إعادة تدوير.
- استخدام أكثر لوسائل النقل العامة.
- تمارين رياضية أكثر.

2. ابتكر طريقة لإقناع زملائك بالتزام توصياتك.

أمثلة:

- تحسين الصحة الشخصية.
- اعتماد أقل على الموارد المحدودة.
- تحمّل مسؤولية اجتماعية أكثر.

3. ابتكر طريقة لمراقبة التزام الاتفاقية.

أمثلة:

- مراقبة الساعات الذكية للنشاط. (لمتابعة أي إجراء يتم الإتفاق عليه مثل نظام غذائي أو رياضة)
- ميثاق الشرف. (التعهد بتنفيذ الإتفاق)

4. حدّد الحوافز التي من شأنها إقناع غير الموافقين.

أمثلة:

- إعداد سجل للنتائج الفردية.
- اقتراح توصيات لإحداث تعديل أكبر في السلوك.

5. نظّم نقاشاً جماعياً عن مشكلات المشاركة الكاملة. لماذا تردّد بعض الطلاب في المشاركة؟ هل اقترح بعض الطلاب أشياء كانوا يفعلونها شخصياً؟ هل كان ذلك عادلاً؟



تأثير الأنشطة البشرية

d 3-6

1. فكّر ملياً في القيود المفروضة على النماذج المستخدمة لمحاكاة المناخ في الماضي، أو للتنبؤ به مستقبلاً، وابتحث فيها جيداً، أو تعرّف حقيقتها.
2. ركّز في أوجه عدم اليقين، وإعادة إنتاج النماذج، ولخص تلك العوامل.
3. أعدّ نقاشاً بوصفه أساساً لكتابة نص لبرنامج تلفزيوني هدفه الاعتراض على التأثيرات البشرية في المناخ.

ليس هدف هذه المهمة إثارة الجدل عن تغيير المناخ، بل الاستفسار عن تورط الإنسان في ذلك التغيير المناخي. ويجب عليك أن تضع كثيراً من المتطلبات المحددة للبرنامج التلفزيوني، على النحو الآتي:

a. تقديم البرنامج: أمر من شأنه جذب المشاهدين ولفت انتباههم. لذا احرص على جعل مقدمة البرنامج واضحة، ومرتبطة بصلب الموضوع مباشرة. وقد تشير إلى بعض البحوث أو البيانات الجديدة التي تثبت وجهة نظرك.

b. محتوى البرنامج: إذا احتوى البرنامج على بيانات كثيرة، فإنها لن تجذب انتباه كثير من المشاهدين. لذا حاول أن تطرح القضايا المثيرة للمشاعر والأحاسيس، مضمناً قصتك بعض الحقائق. وحاول العثور على حوادث محددة وقع فيها تغيير المناخ في الماضي بدلاً من العبارات العامة، واذكر أن ما نشهده الآن هو مجرد جزء من الدورة الطبيعية. لا تتجاهل معاناة البشر من الفيضانات، أو موجات الحرارة، أو المجاعات التي حدثت قديماً، بل حاول ربطها بأحداث ما قبل الثورة الصناعية.

c. الاستنتاجات: توفير خطة عمل للمساعدة على التعامل مع «حتمية» دورة الكوكب. مثلاً: «نحن شاهدون حديثون لسلسلة من الدورات المستمرة منذ ملايين السنين. ويجب علينا أن نتعلم التكيف، بدلاً من تقديم اللوم».

«لوحة تسلسل قصة/ الحدث (story board) تقنية تستخدم في الإنتاج التلفزيوني والأفلام للمساعدة على وضع خط زمني للقصة أو الحدث. وقد تساعد على تحديد البرنامج وتنظيم المفاهيم. وحالما تنتهي من كتابة البرنامج، يجب أن تجد مُعلنين يمولون عملك، وينتجونه، ويروجون له. وتحدّد نوع الشركات التي ستهتم بدعمك.

1. لماذا استخدم منتج النفط في البداية رباعي إيثيل الرصاص لحلّ مشكلات الإشتعال المبكر؟ 
 - a. كان المنتج الوحيد المتاح في ذلك الوقت.
 - b. كان المنتج الوحيد الذي يتحكّمون فيه ببراءة الاختراع.
 - c. كان يعمل على نحو أفضل بكثير من الإيثانول لزيادة مستويات الأوكتان.
 - d. كانوا يعرفون أنّه آمن، وأنّ استخدامه سيزيد الأرباح.
2. أيّ ممّا يأتي ليس سبباً لاستخدام الفريون في الثلاجات؟ 
 - a. أنّه قابل للاشتعال.
 - b. أنّ درجة غليانه منخفضة جداً.
 - c. أنّه أكثر أماناً من الأمونيا.
 - d. ليس ساماً و يتميز بالاستقرار.
3. في أيّ سنة كان أول تنبؤ بأنّ مركّبات الكلوروفلوروكربون قد تدمّر طبقة الأوزون؟ 
 - a. 1921
 - b. 1974
 - c. 1985
 - d. 1987
4. لمَ لا تزال بعض الدول تستخدم البنزين الذي يحتوي على الرصاص؟ 
5. لمَ يستمرّ منتج النفط في إنتاج الوقود الذي يحتوي على الرصاص، على الرغم من علمهم أنه يسبّب مشكلات صحيّة؟ 
6. أيّ خاصيّة للفريون تجعله آمناً، وفي نهاية المطاف مميتاً؟ 
7. لماذا حاولت الصناعات الكيميائيّة التشكيك في بحوث العلماء ونماذجهم الحاسوبيّة التي تنبّأت بأنّ CFCs ستدمّر طبقة الأوزون؟ 
8. لمَ يتطلّب الحدّ من CFCs اتفاقيةً دوليّة؟ 
9. حدّد بعض المشكلات الناجمة عن التغيّر المناخيّ. 

العلم والعلماء



ماريو مولينا: 1943 – 2020



الشكل 6-46 ماريو مولينا.

درس ماريو مولينا تأثير الأنشطة البشرية على طبقة الأوزون، وأسهم في نشوء حركة أدت بسرعة إلى توقيع اتفاقية مونتريال التي جمعت قادة العالم على هدف واحد، هو الحد من انبعاث مركبات الكلوروفلوروكربون.

وحفزه السير الذاتية للعلماء المشهورين فأقنع ماريو مولينا عمته الصيدلانية إستير مولينا بمساعدته على تحويل غرفة في منزله إلى مختبر كيمياء. وهو الذي استطاع باستخدام مجهر لعبة وخبرته في الكيمياء، استكشاف عجائب العالم من حوله.

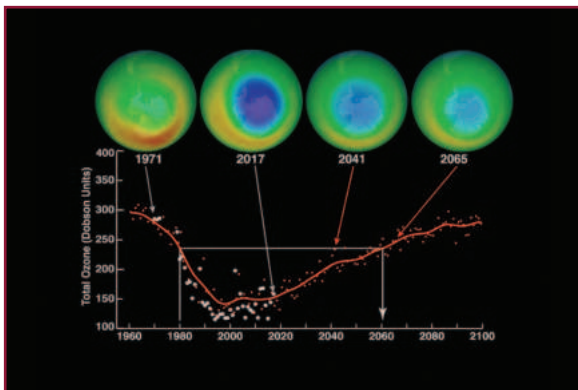
وبعد انتهائه من المدرسة الثانوية، وتخرجه من إحدى

الكليات بالمكسيك، درس في ألمانيا وفرنسا. ثم التحق ببرنامج الدكتوراه في جامعة بيركلي بكاليفورنيا. واستخدم في مشروعه البحثي أشعة الليزر الكيميائية. وكان الوضع في بيركلي ذلك الوقت يتسم بالسلام والاحتجاج على الحرب الأمريكية في فيتنام. فقرر مولينا في نهاية المطاف متابعة الأبحاث العلمية التي قد تكون مفيدة، وليست ضارة للعالم (الشكل 6-46).

وفي مقالته لمؤسسة نوبل، كتب قائلاً: «شعرت بالفزع لأن الليزر الكيميائي العالي الطاقة كان يُطوّر في أماكن أخرى كسلاح. فأردت أن أشارك في البحوث التي تفيد المجتمع، ولا تُسخر لأغراض ضارة محتملة» (Molina, 2007).

اشترك مولينا، عام 1974، مع المشرف على رسالته شيرود رولاند، في نشر بحثي وضح فيه كيف يمكن لمركبات الكلوروفلوروكربون تدمير أوزون الستراتوسفير (الشكل 6-47)، وقد حدث فعلاً.

حاز جائزة نوبل عام 1995 ليس فقط لبحوثه، بل لالتزامه بإنقاذ العالم.



الشكل 6-47 بيانات ناسا تظهر استنزاف طبقة الأوزون والإصلاح المتوقع.

الوحدة 6

مراجعة الوحدة

الدرس 6-1 الأرض في توازن

- يقصد بالأنشطة البشرية **Anthropogenic** أنها من صنع الإنسان.
- يحدث تأثير الدفيئة **Greenhouse effect** عندما يسخن الغلاف الجوي الأرض.
- خزانات الكربون **Sinks** مصطلح يستخدم في وصف الكربون المخزن في البيئة.
- الارتباط **Correlation** يعني أن شيئاً ما يرتبط بآخر، مثل الارتباط بين درجة الحرارة وتركيز غاز CO_2 الجوي.
- السببية **Causation** تشير إلى أن هناك شيئاً ما يسبب شيئاً آخر، مثل كيف يسبب غاز CO_2 الجوي تغيير درجة حرارة سطح الأرض بوجود غازات الدفيئة؟
- عالم المناخ **Climatologist** العالم الذي يدرس المناخ.
- علم المناخ القديم **Paleoclimatology** هو دراسة تاريخ المناخ على الأرض.

الدرس 6-2 اختلال التوازن

- الازدهار الطحلي **Algal blooms** النمو غير الطبيعي للطحالب بسبب الأسمدة التي تدخل إلى مجرى المياه.
- الضباب الدخاني **smog** مصطلح يشير إلى مستوى متدنٍ من تلوث الهواء.
- التفاعل الكيميائي الضوئي **Photochemical reaction** تفاعل يحصل على الطاقة من الضوء، أو من طاقة الأشعة فوق البنفسجية.
- المحوّلات الحفّازة **Catalytic converters** أجهزة لمنع تلوث الهواء توضع في نظام العادم في السيارات.

الدرس 6-3 الجهود المبذولة لاستعادة التوازن

- أضيف رباعي إيثيل الرصاص **Tetraethyl lead** إلى البنزين لحل مشكلة الطققة Knocking.
- الفريون **Freon** من مركّبات الكلوروفلوروكربون الشائعة الاستخدام بوصفه غازاً في الثلاجات.
- جماعات الحفاظ على البيئة **Conservation groups** مجموعة من الأشخاص المهتمين كرسوا أنفسهم للحفاظ على البيئة.
- يتمّ اللجوء إلى اتفاق عالمي **Global agreement** لحلّ مشكلة، عندما لا تكون الحوافز المالية متاحة لإحداث التغيير في الصناعة.

اختيار من متعدّد

1. أيُّ ممّا يأتي يحتفظ بكمية كبيرة من الكربون؟
 - a. الهواء.
 - b. المحيط.
 - c. الاحتراق الداخلي.
 - d. البناء الضوئي.
2. أيُّ ممّا يأتي هو المكوّن الرئيس في الأصداف البحرية؟
 - a. ثاني أكسيد الكربون.
 - b. N_2O_5
 - c. $CaCO_3$
 - d. H_2SO_4
3. أيُّ ممّا يأتي ليس استخدامًا لمركّبات الكلوروفلوروكربون؟
 - a. المذيبيات.
 - b. علب الهواء المضغوط.
 - c. الأسمدة الزراعية.
 - d. سائل التبريد في الثلاجات.
4. ما تأثير السحب في درجة حرارة الأرض؟
 - a. يجعل النهار أكثر برودة والليل أكثر دفئًا.
 - b. يجعل النهار أكثر دفئًا والليل أكثر برودة.
 - c. ارتفاع درجة الحرارة الإجمالية في كل الأوقات بسبب أثر الدفيئة.
 - d. انخفاض درجة الحرارة الإجمالية في كل الأوقات بسبب أثر الدفيئة.
5. على مدى السنوات الـ 400,000 الماضية، كيف كان التغير في درجة حرارة الأرض؟
 - a. ترتفع بصورة مطردة.
 - b. تنخفض كل 50,000 سنة باستثناء السنوات الـ 150 الماضية.
 - c. ترتفع دوريًا، ثم تنخفض كل 150 سنة تقريبًا.
 - d. ترتفع دوريًا، ثم تنخفض كل 100,000 سنة تقريبًا.
6. أيُّ ممّا يأتي جزء من حلقة التغذية الراجعة الخاصة بالجليد؟
 - a. يذوب الجليد، يعكس ضوءًا أقل، تسخن الأرض.
 - b. يذوب الجليد، يبرد المحيط، تبرد الأرض.
 - c. يذوب الجليد، تنمو النباتات، يعكس ضوءًا أقل، تبرد الأرض.
 - d. يذوب الجليد، ترتفع المحيطات، تموت النباتات، يعكس ضوءًا أقل، تبرد الأرض.

7. ما مصدر معظم النيتروجين الذي تطلقه الأنشطة البشرية؟

a. تسميد الحقول.

b. تربية قطعان كبيرة من الماشية.

c. تصنيع مركبات الكلوروفلوروكربون.

d. أكسدة هيدروكربونات الفحم والنفط.

8. ما الخزان الرئيس للميثان في الغلاف الجوي؟

a. الميزوسفير

c. التروبوسفير

b. الستراتوسفير

d. الغلاف الحراري.

9. لم كانت المحوّلات الحفّازة ملزمة للسيارات الجديدة جميعها؟

a. للمساعدة على الحدّ من البنزين المحتوي على الرصاص.

b. لتقليل أصوات نظام العوادم في السيارات.

c. للضغط على عامة الناس بغية التحكّم في الضباب الدخاني.

d. جعل مصنّعي السيارات سياراتهم أكثر أماناً.

10. التفاعل الكيميائي الضوئي هو تفاعل:

a. يبدأ في الشمس.

c. ناتج من الهواء الدافئ.

b. تحفّزه أشعة الشمس.

d. ينتج عندما تتحد ذرّتان.

11. متى لوحظ للمرة الأولى أن طبقة الأوزون أقلّ سماكة؟

a. 1921

c. 1985

b. 1974

d. 1987

12. ما الدليل القاطع على أن مركّبات الكلوروفلوروكربون كانت تُتلف طبقة الأوزون؟

a. أظهرت نماذج الحاسوب استنفاد الأوزون.

b. أثبتت عينات من الهواء التي جمعتها طائرات البحث على ارتفاعات عالية وجود CFCs.

c. الصيغ الكيميائية التي أظهرت أن مركّبات الكلوروفلوروكربون يمكن أن تُتلف الأوزون.

d. الاجتماعات الأولى لوضع تفاصيل اتفاقية مونتريال.

الدرس 6-1 الأرض في توازن

13. صف دورة عمليات ارتجاعية بسيطة للكربون تتضمن البناء الضوئي.
14. ما المساران اللذان يمكن أن يتخذهما الكربون في النباتات؟
15. ماذا يعني مصطلح «الأنشطة البشرية»؟
16. لماذا تكون درجات الحرارة في النهار والليل متفاوتة كثيرًا على القمر؟
17. ما الخاصية الرئيسة لغازات الدفيئة؟
18. ماذا حدث لمعدّل درجة حرارة الأرض على مدار الأعوام الـ 100 الماضية؟
19. ما العلاقة بين درجات حرارة الأرض وتركيز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي؟
20. كيف يُطلق الميثان الطبيعي في الجو؟
21. اشرح أهمية المناخ للمزارعين.
22. أعط أمثلة على كيفية معرفتنا أن المناخ قد تغيرَ تغيرًا كبيرًا في الماضي.
23. اشرح كيف يمكن لبرنامج حاسوب ارتجاعي أن يساعد على تحسين النماذج الحاسوبية للكربون.

الدرس 6-2 اختلال التوازن

24. كيف تتكوّن طبقة الأوزون في الستراتوسفير؟
25. ما الدور الذي يؤديه الأوزون في الستراتوسفير بخصوص استمرار الحياة على الأرض؟
26. تستخدم صناعة الأسمت الحجر الجيري. اشرح كيف يمكن أن تسهم هذه الصناعة في مستويات CO_2 .
27. ما الدليل على أن الدورات الطبيعية لا يمكن أن تشمل ثاني أكسيد الكربون الذي مصدره الأنشطة البشرية؟
28. لمَ يجب إضافة النيتروجين إلى حقول الزراعة؟
29. ما المشكلة الناجمة عن زيادة النيتروجين في المسطحات المائية؟
30. ما المصدر الرئيس لأوزون التروبوسفير؟

الدرس 3-6 الجهود المبذولة لاستعادة التوازن

- 31.** لم أُضيف رباعي إيثيل الرصاص إلى البنزين؟ 
- 32.** ما الاشتعال المسبق في محرك الاحتراق الداخلي؟ 
- 33.** اشرح الدافع لإضافة الرصاص إلى البنزين بدلاً من الإيثانول. 
- 34.** لم يحاول منتج النفط تشويه سمعة العلماء الذين كانوا يدعون أن الرصاص مضر؟ 
- 35.** ما نتيجة حظر استخدام البنزين الذي يتضمن الرصاص على مستويات الرصاص في الغلاف الجوي؟ 
- 36.** ما الحوافز المالية المتاحة لإيقاف الشركات الكيميائية عن إنتاج مركبات الكلوروفلوروكربون؟ 
- 37.** ما البيانات الملموسة المتوافرة التي تظهر آثار استنزاف طبقة الأوزون؟ 
- 38.** لم كانت الحملة العامة التي تقوم بها مجموعات الحفاظ على البيئة مهمة للحد من مركبات الكلوروفلوروكربون؟ 
- 39.** لم يناقش الناس تأثير الأنشطة البشرية في تغيير المناخ العالمي؟ 
- 40.** ما المصادر الرئيسة لغازات الدفيئة الناجمة عن الأنشطة البشرية؟ وكيف يمكن للفرد أن يقلل من مساهمته في إجمالي انبعاثات غازات الدفيئة في وطنه؟ 
- 41.** ما دول العالم الأكثر تضرراً من تغيير المناخ الذي أدى إلى زيادة في مستوى سطح البحر؟ 
- 42.** ما التكاليف المالية التي قد تتحملها الحكومة، أو الفرد، إذا أوقفت الاعتماد على الوقود الأحفوري؟ 
- 43.** يمكنك تبني إحدى القضيتين الرئيسيتين الآتيتين:
الأولى، تغيير المناخ، هو ببساطة جزء من الدورة الطبيعية، وليس هناك ما يمكن القيام به لتغيير ذلك.
والثانية، الأنشطة البشرية تُسرّع تغيير المناخ.
اشرح السلوك المسؤول الواجب عليك اتخاذه إذا تبنيت إحدى القضيتين.
- 44.** اشرح سبب توقيع الحكومات على اتفاق باريس، للحد من ارتفاع درجات حرارة الأرض، وفسر سبب انسحاب حكومة ما من هذا الاتفاق. 



الوحدة 7

التنوع الحيوي والتغير المناخي

Biodiversity and Climate Change

في هذه الوحدة

GB1105

GB1106

GB1107

GB1108

• **الدرس 1-7:** التنوع الحيوي

• **الدرس 2-7:** الإخلال بالتنوع الحيوي

مقدمة الوحدة

تمثل الزيارة إلى حديقة حيوان وطنية تجربة غنية؛ ستدهش هناك بروعة الحيوانات التي قد لا تكون على علم بوجودها من قبل ولعلك تعرف الكثير عن المَها العربيّة، التي تكاد تنقرض في البرية بسبب الصيد الجائر. وعلى الرّغم من إعادة تكثيرها، فإنها لا تزال مُدرجة ضمن قائمة الأنواع المهدّدة بالانقراض. ولقد أصبح الإنسان مدرّكاً للأهميّة الاستراتيجية للتنوّع الحيويّ الكبير على الأرض. وعلى الرغم من تنفيذ برامج للحفاظ على المواطن البيئيّة الطبيعيّة لهذه الأنواع، فإنّ مصالِح أخرى تدمّر هذه المواطن للاستفادة منها في تنمية وتكثير نباتات وحيوانات أكثر ربحيّة. ومن غير الواضح تمامًا أن ندرك الدّور الذي قد تقوم به بعض الأنواع في المساعدة على تطوير المحاصيل اللّازمة وإمدادات الغذاء. وفي كلّ مرّة يختفي فيها نوع من هذه الكائنات من هذا الكوكب، فإنّ إفادتها للبيئة تزول أيضًا. سنتطرق في هذه الوحدة لبعض هذه القضايا.

الأنشطة والتجارب

التنوّع الحيويّ المتغيّر a1-7

فيلم قصير عن التنوّع الحيويّ b1-7

بصمة الكربون a2-7

إجراءات الحكومة b2-7

الأمن الغذائيّ العالميّ c2-7

الدرس 1-7

التنوع الحيوي

Biodiversity



من أجمل الروائع أن تشاهد صقر الشاهين (الشكل 1-7). كثير من الهواة يمتلكون ويدربون تلك الصقور الجميلة، ويستمتع آخرون بمراقبتها وهي تحلق وتصطاد. ويتنافس عبر العالم كل سنة من يُدعَوَن «مراقبي الطيور» لتحديد موقع أكبر عدد ممكن من أنواع الطيور ويسافر بعضهم مسافات طويلة لمشاهدة الأنواع النادرة، وإضافتها إلى قائمته. ورصد العلماء الى ما قد يصل الى ثمانية عشر الف نوع من الطيور في العالم. ويضمن هذا التنوع الحيوي الكبير من الطيور فعلياً أنك ستجد نوعاً واحداً، على الأقل، قادراً على البقاء في أية بيئة.

المضردات



Biodiversity	التنوع الحيوي
Anthropogenic	النشاط البشري
Indigenous	أصلي
Wetlands	أراض رطبة
Paleontologists	علماء الأحافير
Sea ice	جليد البحر
Migration	الهجرة
Extinction rate	معدل الانقراض
Amphibians	برمائيات
Pollinators	ملقحات

مخرجات التعلم

GB1105.1 يصف الأدلة على التغيرات المرتبطة بالمناخ بالتنوع الحيوي مع مرور الوقت، بما في ذلك والدليل الأحفوري .

GB1106.1 يشرح تأثير تغير المناخ في العوامل اللاحيوية في النظم البيئية، بما في ذلك انصهار جليد البحر، وشح هطول الأمطار، وزيادة هطولها، وارتفاع درجات الحرارة.

GB1106.2 يشرح كيف تؤثر النظم البيئية المتغيرة في التنوع الحيوي، وتقييم الأدلة لتغيير نطاقات الحيوانات والنباتات، وتغيير أنماط الهجرة ومعدلات الانقراض.

التنوع الحيوي



الشكل 2-7 تنوع النباتات المزهرة.

يصف التنوع الحيوي **Biodiversity** عدد الأنواع المختلفة من الكائنات الحية، وقد يشير إلى الأرض ككل، أو إلى بيئة محددة، أو حتى إلى أنواع مختلفة في مجموعة محددة. وعلى سبيل المثال، فقد يكون في العالم اليوم أربعمئة ألف نوع من النباتات المزهرة (الشكل 2-7).

ويعتمد نمو النوع وازدهاره في منطقة معينة على ظروف تلك المنطقة، وتكيف ذلك النوع. وإذا كانت النباتات والحيوانات **الأصلية Indigenous** هي تلك الموجودة في منطقة معينة، فإن كثيراً من الناس يزرعون في حدائقهم أنواعاً من النباتات الأصلية، ونباتات أخرى من مختلف أنحاء العالم (الشكل 3-7).



الشكل 3-7 حديقة مزروعة بنباتات دخيلة.

إن التنوع الحيوي في منطقة معينة يتحدد من خلال البيئة والمناخ. وقد تكيفت الحشرات، النباتات، الحيوانات، والطيور الأصلية مع مرور الوقت، فاستطاعت البقاء والتكاثر. ومن بين العوامل التي تؤثر على بقاء الأنواع في منطقة ما:

- توافر الماء المناسب لبقاء الكائنات من حيث عدوبته وملوحته.
- مناسبة درجة الحرارة (الحرارة القصوى والحرارة الدنيا) لبقاء الكائنات.
- وجود أنواع أخرى، بما في ذلك البكتيريا، والفطريات، والمفترسات، والفرائس، والنباتات.
- تأثيرات الإنسان على البيئة.
- ثبات الظروف المناخية لفترة زمنية في منطقة بيئية محددة.

وإذا كانت الطبيعة غنية جداً بمواردها وقدرتها على الانتشار، فإن ذلك يعني أنه يوجد أو كان يوجد، مستوى معين من التنوع البيئي في كل بيئة على الأرض. ومع ذلك فإن آخر نقطتين في العوامل السابقة حاسمتان؛ فالتنوع الحيوي يحدث على مدى آلاف السنين وتأثيرات الإنسان تحدث في كثير من الأحيان خلال عشرات السنين. وحدوث أحد العوامل، ولو لمرة واحدة، قد يقلل التنوع في منطقة برية، تتكون من الآلاف من الأنواع إلى عدد قليل جداً من تلك الأنواع.

أهمية التنوع الحيوي

تعود أهمية التنوع الحيوي لأسباب كثيرة: أحدها أن المرض والإجهاد البيئي مثل الجفاف، يؤثران على الأنواع المختلفة بطرائق مختلفة. وإذا وجدت أنواع كثيرة، فإن خسارة نوع يمكن تعويضها بنمو أنواع أخرى مشابهة.

وتشكل الأراضي الرطبة **Wetlands** والمستنقعات المالحة، مساحات واسعة تدعم التنوع الحيوي. وتوفر شجيرات المانغروف (الذي يُعرف محلياً بنبات القرم) موطناً بيئياً لجماعات متنوعة من الأحياء البحرية، والتي توفر طعاماً ممتازاً للطيور المتنوعة، بما فيها النحام الوردي. والمانغروف أشجار تزدهر في الظروف الحارة والمالحة على امتداد الساحل مع أنها تشكل ظروفًا قاتلة لمعظم الأنواع الأخرى. وهي تمثل، على الأغلب، النوع الأول من النباتات التي توجد في الأراضي الساحلية الرطبة، وتسهم في التنوع الحيوي في المنطقة.



الشكل 4-7 تحتوي الأراضي الرطبة على تنوع حيوي كبير من النباتات والحيوانات.

تظهر أهمية التنوع الحيوي في اختيار المحاصيل التي ننمّيها على سبيل المثال، تشمل البطاطس على أكثر من أربعة آلاف صنف تختلف عن بعضها البعض في كمية المحصول الذي ينتجه. وفي أوائل القرن التاسع عشر، اعتمد معظم المزارعين في إيرلندا، بمرور الوقت، نوعين فقط من البطاطس



وافرة الإنتاج بدلاً من التنوع التقليدي للأصناف، وفي العام 1845، وفي أثناء طقس بارد ورطب على نحو غير اعتيادي، أصاب الفطر *Phytophthora infestans* كلاً من الأوراق والبطاطس الصالحة للأكل من كلا النوعين. ولم يكن لهذين النوعين مقاومة للفطر، مع أن الأنواع الأخرى مقاومة له. وبسبب عدم وجود تنوع في محصول البطاطا، فقد حدثت مجاعة أدت إلى وفاة أكثر من مليون إنسان (الشكل 5-7).

الشكل 5-7 تأثير مجاعة البطاطس الإيرلندية.

وتحتوي الأنواع المختلفة على جينات مختلفة تجعلها قابلة للتكيف مع مختلف ضغوط البيئة. وعن طريق تنمية أنواع مختلفة من النباتات معاً، تتطور أصناف جديدة بسمات مفيدة، مثل مقاومة الفطر، أو نمو محصول أكثر وفرة.

تغيرات التنوع الحيوي

على مقياس زمني من عشرات آلاف السنين، تغير التنوع الحيوي استجابة للتغيرات البطيئة في الأرض. وغالبًا ما تؤثر هذه التغيرات في النظم البيئية من خلال المناخ، مثل معدل درجة الحرارة، أو معدل هطول الأمطار. وقد أدت الزيادة في عدد سكان العالم، من بضعة ملايين إلى ثمانية مليارات إنسان، إلى تسارع أكبر في كل من التغير المناخي، وتأثيرات أخرى، مثل فقدان المواطن البيئية.



وتتمثل مظاهر التغير في التنوع الحيوي كالتالي:

1. العدد الإجمالي لمختلف الأنواع يمكن أن يزداد أو ينقص.
2. بعض الأنواع الأصلية يمكن أن ينخفض عدده أو قد ينقرض.
3. أنواع جديدة يمكن أن تتطور أو تنتقل من بيئات أخرى.

الشكل 6-7 أحفورة ديناصور.

ويقدر علماء الأحياء أن 99% من الأنواع جميعها التي عاشت على سطح الأرض قد انقرضت. تشير السجلات الأحفورية (الشكل 6-7) أنه، في أثناء الانقراضات الجماعية، تسببت تغيرات سريعة في بيئة الأرض في انقراض ما يصل إلى 90% من الأنواع جميعها. وقد حدّد علماء الأحافير **Paleontologists** في السجل الأحفوري أكثر من 700 نوع منقرض من الديناصورات.



التنوع الحيوي المتغير a1-7

هذا مشروع لمجموعة صغيرة.

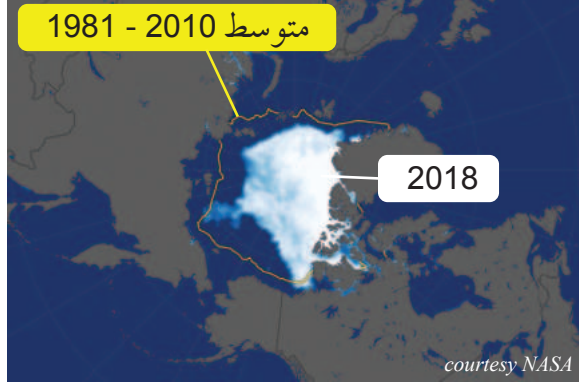
1. اختر مع مجموعتك منطقة من العالم تأثرت بتغير المناخ.
2. ابحث في المنطقة لتوثيق الطرائق التي تغير بها المناخ، مثل هطول الأمطار، ودرجة الحرارة. قد يكون التغيير عبر الزمن الجيولوجي (10 ملايين سنة) أو من وقت قريب.
3. صمم ملصقاً يبين أدلة على تغييرات في التنوع الحيوي مرتبطة بالمناخ، بما في ذلك:
 - a. أدلة جوهريّة، مثل الجفت، أو الجليد، أو جوف الأراضي الخثية الذي يحتوي على حبوب لقاح من النباتات التي تعيش فقط في أنواع مختلفة من المناخ.
 - b. السجلات الأحفورية التي تظهر بقايا كائنات حية عاشت في بيئات شديدة البرودة، وشديدة الحرارة في الجزء نفسه من العالم، ولكن في أزمان مختلفة.
 - c. بيانات عن حلقات الأشجار، أو أي مصدر موثوق لبيانات المناخ عبر مرور الوقت.
 - d. اعرض من خلال ملصق مصادر معلوماتك ونتائج التنوع الحيوي.

أدلة على تغييرات التنوع الحيوي المرتبطة بالمناخ

نتائج التنوع الحيوي	نتائج المناخ	المصدر
المصادر	المصادر	المصادر

جليد البحر

تتأثر المناطق القطبية الشماليّة بشكل كبير بالمناخ الحارّ، ويتأثر به كلُّ من جليد اليابسة وجليد البحر. وقد يصل عمق **جليد اليابسة Land ice**، إلى عدة كيلومترات، وهو يوجد في القارة القطبية الجنوبيّة، وجرينلاندا، وأيسلندا، وبعض الجبال. إلا أن جليد اليابسة لا يطفو على سطح المحيط، لذا، فإنّ انصهاره يرفع من مستوى سطح البحر في العالم.



الشكل 7-7 مقارنة بين غطاء الجليد البحريّ للقطب الشماليّ بين 1981 - 2018.

ويشمل **جليد البحر Sea ice** الماء الذي يتجمّد فوق البحار المفتوحة في مناطق القطب الشماليّ، وفي القارة القطبية الجنوبيّة، وهو يذوب بمعدّلات متزايدة بسبب ارتفاع درجات الحرارة، والتغيرات المناخية (الشكل 7-7). إلا أن جليد البحر يطفو على سطح البحر، لذا فإنّ انصهاره لا يسهم مباشرة في ارتفاع مستوى سطح البحر. ومع ذلك، فإنّ جليد البحر يوفر مواطن بيئية للدّبة القطبيّة التي تعتمد على سطح عائم لبقائها، بالإضافة إلى أن الجليد يضمن بقاء كثير من أنواع المحيطات.



الشكل 7-8 تبحث الدّبة القطبيّة عن الفُقمة على الجليد البحريّ في القطب الشماليّ.

تُعتبر الدّبة القطبيّة (الشكل 7-8)، من الحيوانات القطبية التي تعيش بالقرب من ثقب التّنفس في الجليد البحريّ، بانتظار فُقمة القطب الشماليّ الحلقية، لتفترسها بسهولة عند خروجها للتّنفس. لذا، فإنّ فقدان هذا الموطن البيئيّ الحيويّ يقلّل من أعداد مجموعات الدّب القطبيّ، وفي نهاية المطاف، يكون لانقراض الدّبة القطبيّة تأثير كبير في التنوع الحيويّ في منطقة القطب الشماليّ.

تأثيرات درجة الحرارة

- استدل العلماء من تحليل بيانات لبّ الجليد أنّ السنوات الخمس الأكثر حرارة، في القرون العشرة الأخيرة على الأقل، ومنذ بدء تسجيل درجات الحرارة العالمية في العام 1880، هي الأعوام: 2014، 2015، 2016، 2017، 2018. ووجدوا أن التغيرات في درجة الحرارة تؤثر كثيراً على التنوع الحيوي:
- تتحرك الأنواع المتكيفة مع ارتفاع درجة الحرارة ببطء الى خطوط العرض بعيداً عن خط الإستواء.
 - تُعاني الأنواع المُتكيفة مع درجات الحرارة الأبرد من إجهاد تسببه أشهر الصيف الحارة، ولا تموت الطفيليات، مثل الحشرات، بسبب أشهر الشتاء الباردة.
 - تموت بعض الكائنات الحيّة التي لا تستطيع التّقلّ بسبب درجات الحرارة العالية.
 - يدفع ارتفاع درجات الحرارة سطح المحيط نحو مزيد من الطّقس القاسي، حيث يصبح الجفاف أسوأ في المناخات الجافة، والعواصف أسوأ في المناخات المعتدلة.



الشكل 7-9 شعاب مرجانية ميتة / الحرياء تصطاد حشرة.

وتستطيع بعض أشكال الحياة التّكيف، وإيجاد مكان ملائم لها، حتّى في أكثر الظروف صعوبة؛ وعلى سبيل المثال، فإنّ الحرياء تستطيع البقاء في حرارة الصحراء وفي برودتها على حدّ

سواء. لكنّ الشعاب المرجانيّة، وكثيراً من الأنواع التي تدعمها هذه الشعاب، لا تستطيع البقاء حتّى بارتفاع درجة حرارة الماء 2°C (الشكل 8-9). وقد ابيضّ أكثر من 30% من شعاب العالم المرجانيّة من الحرارة، مما أدّى إلى القضاء على الكائنات الحيّة المرجانيّة. هناك الآلاف من أنواع الأسماك والكائنات الحيّة الدقيقة التي تعيش على الشعاب المرجانية، وسوف تكون أكثر عرضة للخطر من ارتفاع درجات الحرارة.



الشكل 7-10 محاصيل متجمّدة.

ويسبّب الاحتباس الحراريّ مزيداً من التغيرات الشديدة في الطّقس. ويؤدّي الصّقيع غير المتوقّع إلى دمار المحاصيل (الشكل 7-10) في المناطق الأبرد. وتسبّب موجات الحرّ القياسية تأثيرات مماثلة مدمّرة للمحاصيل في المناطق الحارة. وتزيد درجات الحرارة أيضاً من شدة عواصف المحيطات، وتحدّ من إمكانية التنبؤ بها.

هطول الأمطار



في دورة المياه العامة على الأرض، يتبخّر الماء إلى الهواء، ويتكثف لتكوين الغيوم، ثم يتساقط على شكل أمطار (الشكل 7-11). هذه الدورة تحدث منذ مدة طويلة جدًا، وهي تمثل مفتاح الحياة على الأرض. إلا أن مكان تساقط الأمطار، وزمانها، أمر شديد الأهمية، ويصعب التنبؤ به؛ فهطول الأمطار يمكن أن يكون أعلى من متوسط الثلاثين عامًا السابقة، أو أقل.

الشكل 7-11 هطول المطر.

ويُعدُّ هطول الأمطار، جنبًا إلى جنب مع الحرارة، عاملاً مهمًا آخر في المناخ. وقد شهدت دولة قطر خلال الفترة من عام 2015 إلى عام 2018 أمطارًا شديدة وفيضانات. فهل كان ذلك نتيجة تغيّر في المناخ، أم كان مجرد بضع سنوات من الأمطار غير العادية؟ وإذا كان المناخ يُقاس على مدى ثلاثين عامًا، فإنه يتوجب علينا جمع المزيد من البيانات لتحديد نوع التغير الذي حدث.



الشكل 7-12 مشاهد الجفاف والخزانات الفارغة نتيجة عدم هطول الأمطار.

وتعتمد النباتات على الأمطار؛ فإذا لم تحصل منطقة ما على كمية كافية من الأمطار لبضعة أشهر أو لسنوات، فإن ظروف الجفاف (الشكل 7-12) ستحدّد النباتات التي سوف تبقى. ويعتمد البشر أيضًا على المياه العذبة من الأمطار أو على غيرها من المصادر. ويكون لأيّ عامل يؤثّر على معدل هطول الأمطار تأثيرات في جوانب الحياة الطبيعية وفي الحياة البشرية جميعها. وتشير البيانات إلى أنّ هطول الأمطار السنوي قد انخفض بنسبة 3% إلى 5% في بعض أجزاء إفريقيا، وازداد بمقدار مماثل في أجزاء أخرى. وفي الوقت الذي تعاني فيه بعض الأماكن جفافًا، فإن بعضها الآخر يعاني من الفيضانات (الشكل 7-13). بالرغم من عدم ارتباط الحالتين على النحو المباشر، إلا أن كليهما تعتمدان على أنماط الطقس. وتشير البيانات إلى أنّ ارتفاع درجة حرارة الأرض يترافق مع تزايد حالات الجفاف وارتفاع وتيرة الفيضانات. وتواجه كثير من المناطق اليوم حالة «مئة سنة فيضان»، كلّ خمس سنوات في المتوسط. ويعني المصطلح «مئة سنة فيضان» أنّ متوسط حدوثه مرّة واحدة كلّ مئة سنة.



الشكل 7-13 مشاهد للمحاصيل والممتلكات التالفة من الفيضانات.

الهجرة

الهجرة Migration نمط سنوي مُنتظم من التَّنقُّل من مكان إلى آخر، تقوم به الحيوانات، لتتبع به أنماط الغذاء أو الطَّقس. وكثير من الأنواع، بما في ذلك الطَّيور، والماشية البرِّية الإفريقيَّة مثل (النَّو)، وحتى الفراشات والخفافيش، يهاجر من موطن إلى آخر.



الشكل 14-7 لِبؤة تطارد قطع النّو.

ومن الحقائق الثابتة أن الحياة صعبة على الأسد في نظام سيرينغيتي البيئي في تنزانيا، حيث يصارع معظم السنّة في منافسة شرسة للبقاء في المراعي الجافة، إلى أن تهطل الأمطار في نوفمبر، و بعد أسابيع قليلة، تصل قطعان كبيرة من الماشية. وعلى هذا، فإن بقاء الأسود مرتبط بوصول النَّو مرة واحدة في السنّة بعد هطول الأمطار (الشكل 14-7).

وتشمل هجرة الماشية البرِّية الإفريقيَّة مئات الآلاف من الحيوانات، بما في ذلك الحمار الوحشي. ويعتمد التَّنوع الحيوي في سيرينغيتي على التَّنقُّل المُنتظم لحيواناته، فالفهد وغيره من الحيوانات المفترسة، والطَّيور الرمية، وحتى الحيوانات الصَّغيرة، والحشرات، تعيش على هذه الهجرة الموسميَّة. حتى إن التماسيح نفسها تعتمد في الأنهار على وصول القطعان الكبيرة المهاجرة (الشكل 15-7).



الشكل 15-7 نهر غروميتي (تنزانيا): التماسيح تنتظر دورها كي تتغذى.

وتتكيّف دورات كثير من الأنواع مع هجرة الماشية البرِّية الإفريقيَّة، فأشبال الأسود مثلاً، تولّد في وقت توافر الغذاء في نوفمبر. ولكن هذا كلّهُ سوف يتغيّر مع تغيّر المناخ: عند تأخر هطول الأمطار سوف يتأخر نمو الأعشاب و عندما تصل الماشية قبل نموّ الأعشاب، فإنها ستجوع، ما يؤثّر في النظام البيئي كلّهُ في سيرينغيتي.

وتعدّ الماشية البرِّية الإفريقيَّة مثلاً على كثير من الهجرات المثيرة: تهاجر طيور الخرشنة القطبية من جرينلاند إلى القارة القطبية الجنوبيَّة كلّ سنة. ويتنقل الحوت الأحدب 9000 km إلى مناطق التَّغذية. ويسبح بطريق آديلي 17000 km من مناطق التَّغذية إلى مناطق التكاثر. وقد تطوّرت هذه التَّنقُّلات لتناسب التَّغيّرات الموسميَّة في المناخ، وهي تغيّرات كانت مستقرّة منذ آلاف السنين. ومع تغيّر دورات المناخ، تأثرت كائنات حيّة كثيرة نتيجة تغيّر أنماط هجرة أنواع أخرى.

تغير المناخ يؤثر في أنماط التكاثر

يحفز المناخ دورات التكاثر في معظم أشكال الحياة على الأرض؛ فالطعام والمواد الغذائية التي تضمن تهيئة فرص أفضل لنمو الصغار، ترتبط مباشرة بالفصول. ومن الممكن أن يتعرض جيل كامل من الكائنات الحية للموت، إذا فقست الصغار في بيئة جافة، شحيحة الطعام.



الشكل 7-16 يتنقل سرطان البحر الأحمر في جزيرة كريسماس إلى المحيط ليتكاثر.

إن سُلطعون جزيرة كريسماس الأحمر، وهو من فصيلة السرطانات البرية وموطنه الأصلي والوحيد في جزيرة كريسماس، ولم يُعثَر عليه في أي مكان آخر في العالم. ومع بدء موسم الأمطار، تهاجر السرطانات من أماكن وجودها في الغابة إلى الساحل، لتتكاثر في المياه الضحلة. ويضمن العدد الهائل من الصغار بقاء بعض السرطانات على قيد الحياة للعودة إلى الغابة.

البرمائيات Amphibians هي حيوانات خارجية الحرارة تقضي جزءاً من حياتها في الماء، والجزء الآخر على اليابسة، وتعتمد درجة حرارة جسمها على البيئة. وتستطيع البرمائيات التكاثر في الأماكن الرطبة فقط، ما يجعلها حساسة جداً لتغيرات المناخ، سواء في ذلك درجة الحرارة أو الأمطار. ويلاحظ اليوم أن معدل الانقراض **rate extinction**



الشكل 7-17 سمندل يحتضن البيض.

بين البرمائيات أعلى منه في الطيور والثدييات.

وكمثال على البرمائيات، فإن سمندل الكهوف الفرنسي (الشكل 7-17) يحتاج إلى الماء للتكاثر ونجاح فقس البيض. ويشير هطول الأمطار إلى إمكانية وضع البيض. ومع ذلك، فإذا كانت كمية الأمطار غير كافية، فلن يبقى البيض ليفقس. هذه المجموعة من الكائنات الحية تكون عرضة على نحو خاص لتقلبات المناخ.

ومن بين سبعة آلاف نوع معروف من البرمائيات، يعدّ

أكثر من 40% منها في خطر مباشر للانقراض، وهذا يمثل ما يقرب من نصف الأنواع المعروفة.

الملقحات

تسبب تغييرات المناخ مشكلات لكثير من أنواع الحشرات، والنباتات المزهرة التي ترتبط بعلاقة تبادل المنفعة، يعتمد فيها كل منهما على الآخر للبقاء، ذلك أن انقراض أحدهما يمكن أن يؤدي إلى انقراض الآخر.



الشكل 18-7 رسم للزهرة يبين المئتك والميسم.

وعلى سبيل المثال، فإن الأزهار، وهي جزء التكاثر في كثير من النباتات تكون الثمار و/ أو البذور، بشرط وصول حبوب اللقاح من المئتك إلى الميسم (الشكل 18-7). وفي كثير من الأحيان، تطور كائن حي آخر، يسمى الملقح **Pollinator**، لنقل حبوب اللقاح إلى الميسم، بالإضافة إلى امتصاص الرحيق الذي تكوّنهُ الزهرة. وعلى ذلك، فإن الطيور والحشرات تعتبر ضمن الملقحات الشائعة.



الشكل 19-7 النحلة الطنانة على زهرة.

ويسبب الربيع المبكر إزهار النباتات قبل ظهور الملقحات الجديدة أو وصولها، فتذبل الأزهار من دون تلقيح، لا تكوّن النباتات ثمارًا ولا بذورًا. وعندما تصل الملقحات، ستجد أزهارًا أقل، وبالتالي رحيقًا وحبوب لقاح أقل، فينخفض عدد أفرادها. ولأن كثيرًا من النباتات تعتمد على الملقحات، فإن النظام البيئي كله يصبح عرضة للخطر.

النحلة الطنانة (الشكل 19-7)، هي واحدة من أكبر أعضاء عائلة النحل التي تضم 5700 نوع مختلف. وتمثل هذه النحلة ملقحًا مثاليًا، مع جسم مغطى بالزغب لالتقاط حبوب اللقاح، ورفرفة أجنحة سريعة لنشره حولها. وبعد أن تفقس اليرقات في الربيع، فإنها تقضي مدة حياتها القصيرة تتغذى على الرحيق، معيدة حبوب اللقاح إلى الخلية لإطعام صغارها، وتصنع كمّية صغيرة من العسل لاستخدامها الخاص. وبحلول نهاية أشهر الصيف، تكون حياتها قد انتهت، وتبقى الملكة فقط لتبدأ الدورة من جديد.



الشكل 20-7 الطائر الطنان.

وهكذا، فإن العلاقة بين الملقح والزهرة قوية جدًا؛ ذلك أن بعض أنواع الأزهار تتلقح فقط من نوع واحد بالغ التخصص مثل الطائر الطنان (الشكل 20-7)، وأي إخلال بهذا النظام يعني انقراض كلا النوعين.



فيلم قصير عن التَّنوع الحيويّ

b1-7

العمل في مجموعات صغيرة.

1. تستقصي كلّ مجموعة أحد الأمثلة الآتية عن كيفية تأثير تغير المناخ في التَّنوع الحيويّ.

اختر أحد الأمثلة الآتية:	
a.	تغيير نطاقات الحيوانات والنباتات
b.	تغيير أنماط الهجرة
c.	ارتفاع معدّلات الانقراض
d.	تأثير تغيير الجماعات الحيوية على علاقات التّغذية
e.	تأثير غير مدرج

2. تُنجز كلّ مجموعة تقريرًا على شكل فيلم قصير، يحتوي على أكثر ما يمكن من الأدلّة والأمثلة الممكنة، من دولة قطر والعالم. في ما يأتي عيّنة تقرير مصور.

FILM STORYBOARD 16:9 COMPANY: PRODUCTION: DATE: PAGE:

SCENE ____ SHOT ____ LOC. ____ DUR. ____ SCENE ____ SHOT ____ LOC. ____ DUR. ____ SCENE ____ SHOT ____ LOC. ____ DUR. ____



SCENE ____ SHOT ____ LOC. ____ DUR. ____ SCENE ____ SHOT ____ LOC. ____ DUR. ____ SCENE ____ SHOT ____ LOC. ____ DUR. ____



3. يتشارك الطلاب في مشاهدة كل الأفلام.

تقويم الدرس 1-7

1. شجرة *Acacia tortilis* المعروفة محلياً باسم «السمر»، هي واحدة من أكثر النباتات انتشاراً في قطر، وفي غيرها من المناطق الاستوائية. أي العبارات التالية تصف شجرة السمر؟



- a. منقرضة في قطر.
- b. مهددة بالانقراض في قطر.
- c. تقلل التنوع الحيوي في قطر.
- d. تزيد التنوع الحيوي في قطر.

2. ما الذي أتلف البطاطس في فترة مجاعة البطاطس الإيرلندية؟



- a. نوع من الفطريات.
- b. الزراعة المكثفة.
- c. نقص الأسمدة.
- d. نوع من خنفساء البطاطس.

3. ما هو المستنقع المالح؟



- a. أرض ناعمة.
- b. منطقة بالقرب من الشاطئ.
- c. منطقة يمكن العثور فيها على الملح.
- d. منطقة تنمو فيها النباتات بالقرب من المياه المالحة.

4. ما العوامل التي تحدّد التنوع البيولوجي في منطقة محددة؟



5. كيف ساعد التنوع البيولوجي في أنواع البطاطس لتصبح محصولاً مهماً؟



6. لماذا لا يعدّ انصهار جليد البحر ذا أهمية لارتفاع مستوى سطح البحر؟



7. ما العلاقة بين الجفاف في مكان، والفيضان في مكان آخر؟



8. اشرح العلاقة بين النباتات والملقحات. وكيف يمكن أن يكون الربيع المبكر مدمراً لكليهما؟



الدرس 2-7

الاخلال بالتنوع الحيوي

Upsetting the Biodiversity



الشكل 21-7 زجاجة بلاستيكية على شاطئ مهجور.

قد تكون هناك أمثلة بسيطة تعكس تأثير البشر في كوكبنا، بشكل أفضل من العثور على زجاجة مياه بلاستيكية، حملتها أمواج المياه إلى جزيرة نائية في وسط المحيط (الشكل 21-7). وللأسف، فإن هذه العلامة المرئية قليلة الضرر، مقارنة بالأضرار التي نلحقها بالبيئة، والتي لا يمكن مشاهدتها بالعين المجردة. وعلى سبيل المثال، فإن إضافة CO₂ والغازات الدفيئة الأخرى إلى الغلاف الجوي قد تغير من أعداد الكائنات الحية التي تعيش بطرق معقدة وغير متوقعة.

أدى تغير المناخ الى اضطراب في الأنظمة البيئية المتوازنة، وإلى اختفاء أنواع بأكملها، لأنها أصبحت غير قادرة على التكيف مع الظروف المتغيرة بسرعة. وتفاقت ظروف التنوع الحيوي عندما حاول البشر تأمين غذائهم، وهذا ما يزيد من الاستنزاف الشديد للمصادر التي تحتاج إليها أنواع الكائنات الحية لكي تبقى على قيد الحياة.

المفردات



Food web	شبكة غذائية
Krill	الكريل (قشريات صغيرة)
Carbon footprint	بصمة الكربون
Carbon offset	تعويض الكربون
Bycatch	الصيد العرضي
Overfishing	صيد الأسماك الجائر
food chain	السلسلة الغذائية

مخرجات التعلم

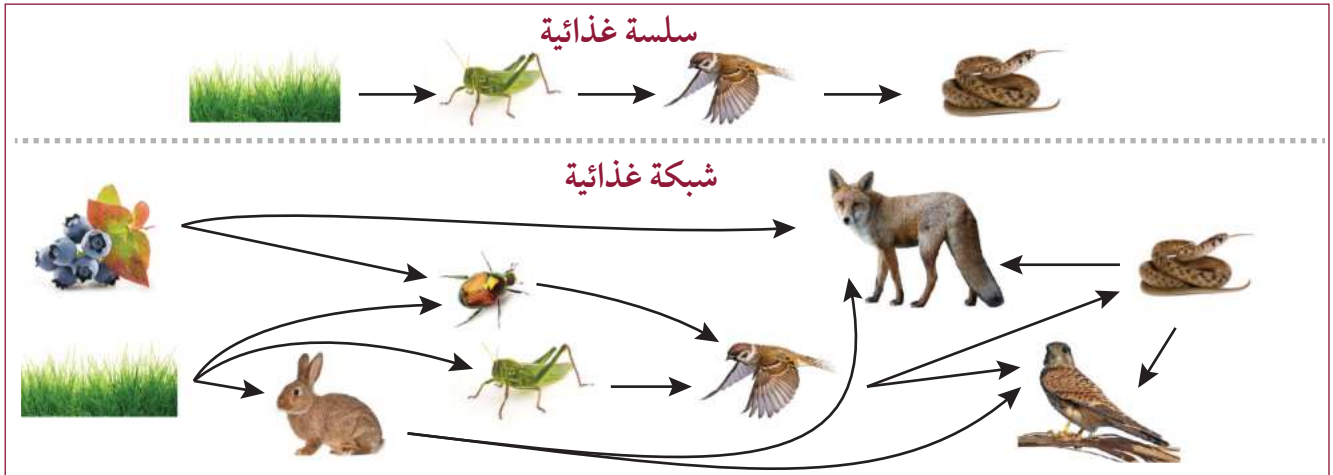
GB1106.3 يناقش تأثير تغير المناخ في علاقات التغذية، ويشرح كيف يمكن أن يؤثر ذلك في التنوع الحيوي.

GB1106.4 يقترح طرقاً يستطيع الإنسان من خلالها تقليل التغير المناخي والحفاظ على التنوع الحيوي.

GB1107.1 يشرح المشكلات المتزايدة في إمداد الغذاء العالمي، بما في ذلك تزايد عدد السكان، وإزالة الغابات المطيرة لتربية الماشية، وزراعة نخيل الزيت، وخفض المحصول بسبب تغير المناخ، والظواهر المناخية القاسية، وصيد الأسماك الجائر.

الشبكات الغذائية

إن التغيرات المناخية التي تؤثر في نوع من الكائنات الحية تؤثر في النهاية على كثير من أنواع الكائنات الحية الأخرى، وذلك بسبب الترابط القائم بين النباتات والحيوانات. وتُظهر **السلسلة الغذائية Food chain** البسيطة أدناه كيف أن إزالة الجندب منها قد يؤثر على الطيور والثعابين. وتُظهر **الشبكة الغذائية Food web** العلاقات المتعددة بين المفترس والفريسة. إن اختفاء الثعلب أو الصقر من الشبكة الغذائية، سوف يؤدي إلى خروج النظام برمته عن توازنه.



الشكل 22-7 سلسلة غذائية وشبكة غذائية.

وتتصف الشعاب المرجانية بوجود تنوع حيوي أكبر من أي نظام بيئي، بما فيه الغابات المطيرة الاستوائية. وعلى الرغم من أن الشعاب المرجانية تغطي أقل من واحد في المئة من قاع المحيط، فإنها موطن لخمسة وعشرين في المئة من الأحياء البحرية. والشعاب المرجانية هي الهياكل الخارجية لبولبيات الشعاب المرجانية الصغيرة التي تعيش في علاقة داخلية مع الطحالب. وتوفر الطحالب



الخضراء ما يصل إلى 90 في المئة من الطاقة التي يحتاج إليها المرجان، غير أن المرجان يتخلص من الطحالب إذا ارتفعت درجة الحرارة. وعندما يجوع المرجان، فإن الشعاب المرجانية تتحول إلى اللون الأبيض، وتُسمى هذه الحالة بـ «التبييض».

والسبب الرئيس لتبييض الشعاب المرجانية هو ارتفاع درجة حرارة الماء. ويمكن أن يؤدي ارتفاع متوسط درجة حرارة الماء بمقدار 1°C فوق المعدل الطبيعي إلى التبييض. ووفقاً لبرنامج الأمم المتحدة للبيئة، أدى تبييض الشعاب المرجانية في الحيد المرجاني العظيم في الفترة من 2014 إلى 2016 إلى القضاء على ما بين 29 و 50 في المئة من الشعب المرجانية. وكان فقدان التنوع الحيوي فيها أمراً صاعقاً (الشكل 23-7).

الشكل 23-7 شعاب مرجانية تم تبييضها، وأخرى لشعاب مرجانية طبيعية.

اختلال الشبكة الغذائية

تجد الحيوانات حيزها المناسب في النظام البيئي لمنطقة ما. وبسبب الاحتباس الحراري، تغيّرت الظروف البيئية، فهاجرت الحيوانات في محاولة لإيجاد بيئات أكثر ملاءمة. وبسبب عدم هجرة الحيوانات معاً، يمكن أن تؤدي هذه الهجرة إلى مشكلة لكل من النظام البيئي الأصلي والنظام البيئي الجديد.



وعندما انتقلت بعض أنواع الطيور المغردة (الشكل 7-24) شمالاً إلى المناطق الأكثر برودة، بقيت فريستها، خنفساء الصنوبر الجبلية، ودمّرت أشجار الصنوبر، وهو مورد طبيعي ثمين.

أمّا سمك السلمون فهو من الأسماك التي تعود إلى جداولها المائية الطبيعية، حيث فقست بيوضها لوضع بيض جديد. ويمكن لأسماك السلمون في المحيط الهادئ أن تنتقل إلى مسافة 4000 km بعيداً عن جداولها بالقرب من اليابان وروسيا إلى مناطق التغذية هناك. وعند عودتها إلى جداولها، بعد ما يقارب 7 سنوات، تجد أن الجداول لم تعد تتدفق إلى البحر، أو أن البشر بنوا عوائق أو تلوثت الأنهار. والسلمون مصدر غذائي مهم للحياتان وأسود البحر والدلافين. إلا أن تغيّر المناخ قلّل من عدد أسماك السلمون في المحيط الهادئ إلى مستويات، تُعدّ الآن فيها أسماك السلمون من الأنواع المهدّدة بالانقراض.



الشكل 7-25 فراخ طائر البطريق الامبراطوري (a) الكريل (b).

وعلى الجوانب القطبية للكوكب، تُعدّ الدببة في القارة القطبية الشمالية في خطر بسبب انصهار الجليد البحري. ويعتمد طائر البطريق الأمبراطوري، في القارة القطبية الجنوبية، (الشكل 7-25 a) على الكريل **krill**، وهو نوع من القشريات الصغيرة التي تتغذى على الطحالب التي تنمو على الجانب السفلي من الجليد البحري (الشكل 7-25 b). لأنّ الجليد البحري يوفر مأوى لصغار البطريق، فإن فقدان هذا المأوى يقضي على تعداد البطريق الامبراطوري فيها.

والضفدع الذهبي في كوستاريكا مثال على نوع من الكائنات الحية التي انقرضت خلال ثلاث سنوات فقط. إذ أدّى نظام الطقس المعروف باسم «النينو» إلى ظروف أكثر دفئاً وجفافاً. وكانت هذه الظروف مثالية لانتشار مرض قضى على نحو 50% من أنواع البرمائيات. وتوجد الضفادع والعلاجم عند قاعدة السلسلة الغذائية، والتي يعتمد عليها الكثير من الحيوانات الأخرى، بوصفها مصدراً غذائياً رئيساً لها. ويشكّل فقدان هذا المصدر الغذائي خطراً على حيوانات أخرى.

المبادرة الشخصية

إن تأثير تغير المناخ في التنوع الحيوي، وأهمية هذا التنوع الحيوي على كوكبنا، ليست مفهومة بصورة واضحة لمعظم الناس. إن العيش في بيئة جافة، مثل دولة قطر، يعني أن الكثيرين ليست لديهم فرصة لمشاهدة الحياة البرية في بيئتها الطبيعية. وإن تشجيع الناس للقيام بمبادرات شخصية قد يكون أكثر صعوبة عندما تكون الغاية غير واضحة.

ما الذي يمكن أن يفعله شخص واحد للمساعدة على حل المشكلة؟ عندما يتم فهم المشكلات، يبقى هناك سؤال يتعلق بما يمكن لجهود فرد واحد أن تساعد على حل هذه المشكلة العالمية. ولقد علمتنا حضارتنا وتاريخنا أن الفرد المتحمس يمكن أن يكون له تأثير عظيم في العالم من حوله. ويمكنك أن تساعد على تشجيع الآخرين للاهتمام بمثل هذه القضايا، من خلال كونك جزءاً من الحل، وليس جزءاً من المشكلة.



الشكل 27-7 دب الباندا المسالم.



الشكل 26-7 مرجان قرون الأياثل.

وقد وجدت مجموعات الحفاظ على البيئة، مثل الصندوق العالمي للطبيعة (FWW)، أن الناس كانوا أكثر استعداداً للتبرع بالمساعدة في حماية الحيوانات المسالمة اللطيفة، مثل دب الباندا (الشكل 27-7) مقارنة بشيء أقل جاذبية منه، مثل الشعاب المرجانية (الشكل 26-7)، على الرغم من أن تدمير الشعاب المرجانية كان له تأثير أكبر بكثير في التنوع الحيوي للنظام البيئي، لذا فقد جاء شعار الصندوق العالمي للطبيعة على شكل صورة جميلة لدب الباندا، مع العلم أن إسهامات كثيرة تُخصّص للمساعدة في الحفاظ على أكثر الأنواع المهددة بالانقراض، بغض النظر عن جاذبيتها للناس.

ماهي بعض الخطوات العملية التي يمكنك اتخاذها للبدء في حل مشكلة تغير المناخ، وبالتالي للمساعدة على الحفاظ على التنوع الحيوي؟



بصمة الكربون

a2-7

تُعرف **بصمة الكربون Carbon footprint** الخاصة بك بأنها مجموع انبعاثات ثاني أكسيد الكربون التي تنتجها. ويمكنك استخدام الكربون مباشرة عن طريق قيادة سيارة، أو بشكل غير مباشر، عن طريق تبريد منزلك بالكهرباء التي تنتج ثاني أكسيد الكربون عند توليدها. حتى إنَّ الطعام الذي تتناوله ينتج ثاني أكسيد الكربون في أثناء تصنيعه وشحنه.

1. استخدم إحدى الآلات الحاسبة لبصمة الكربون على الإنترنت لحساب انبعاثات الكربون التي تنفثها في عام واحد.

2. باستخدام آلة حاسبة بصمة الكربون، أدخل البيانات الخاصة بمنزلك وأسلوب حياتك، وقم بطباعة أو تسجيل بصمة الكربون الخاصة بالتدفئة المنزلية والتبريد والنقل وعوامل ثانوية، مثل الطعام والإلكترونيات والترفيه والنفايات.

كمية الكربون المستخدم لغايات:	
	تدفئة المنزل وتبريده
	التنقل
	عوامل ثانوية

3. تعويض الكربون Carbon offset هي وسيلة للتعويض عن بصمتك الإلكترونية. قد لا تكون قادراً على زراعة 1000 شجرة لتحقيق ذلك، ولكن يمكنك الإسهام مع منظمة ستزرع الأشجار في موقع مناسب لك. ابحث عن المنظمات التي توفر فرص تعويض الكربون وحددها.



إجراءات الحكومة

b2-7

1. يستقصي الطلاب وقيّمون الإجراءات التي اتخذتها صناعات الغاز والنفط في قطر لتقليل تلوث الهواء والماء واليابسة.

الجهود المبذولة لتقليل التلوث:	
	الهواء
	الماء
	اليابسة

2. ينظّم المعلم نقاشًا في الصف حول مدى أهمية التنوع الحيوي، وكيف يعمل الناس للحدّ من تغير المناخ، والمحافظة على التنوع الحيوي.

لماذا يُعدّ التنوع الحيوي مهمًا	جهود للحدّ من تغيّر المناخ

3. يعمل الطلاب بعد ذلك في أزواج لإعداد منشورات، تشرح أهمية اتخاذ إجراءات للحدّ من تغير المناخ، والحفاظ على التنوع الحيوي، بالإضافة إلى ما يُتخذ من إجراءات عملية في قطر.

زيادة استهلاك المنتجات يستنزف التنوع البيولوجي

انخفض تعداد قاطني الكوكب من الحيوانات البرية، من ثدييات وطيور وزواحف وبرمائيات وأسماك بنسبة 60 في المئة للفترة من العام 1970 إلى 2014. والسبب الرئيس في هذا الانخفاض هو فقدان المواطن البيئية التي تدعم الاستهلاك البشري. وعلى سبيل المثال، فقد أصبح الكثير من الغابات المطيرة عرضة للخطر بسبب نجاح زراعة شجر زيت النخيل. يدخل زيت النخيل في تصنيع نصف المنتجات المعروضة على رفوف المحال التجارية، بدءاً من الشامبو ومستحضرات التجميل والشوكولاتة والخبز والمعجنات والحلويات. ويُستخرج زيت النخيل من ثمرة شجرة نخيل الزيت التي تنمو في الغابات الاستوائية المطيرة. ويجري إزالة الغابات المطيرة في جنوب شرق آسيا وإفريقيا وأمريكا اللاتينية (وفي كثير من الحالات يتم حرقها)، لزراعة شجر زيت النخيل ونموه وحصاده ومعالجته (الشكل 7-28).



الشكل 7-28 أزيلت غابات مطيرة لزراعة شجر زيت النخيل لغرض الاستهلاك البشري.

وأدى تدمير هذه المواطن البيئية، وإلى حد ما إلى انقراض بعض الحيوانات المعروفة، مثل قروود الاورنجوتان (الشكل 7-29)، ونمر سومطرة (الشكل 7-30). ما جعل المستهلكين يتجنبون شراء سلع تحتوي على زيت النخيل.



الشكل 7-30 نمر سومطرة.



الشكل 7-29 قرد الاورنجوتان Orangutans

مشكلات المحاصيل النباتية



الشكل 31-7 ثمار التفاح.

يُعدُّ التفاح أحد أكثر الفواكه شيوعاً في العالم (الشكل 31-7)، ويواجه التفاح خطر الاختفاء من على طاولات عرض الفاكهة في المحال التجارية نتيجة للاحتباس الحراري. ويحتاج الكثير من أشجار الفاكهة وأشجار المكسرات، بما في ذلك الكرز والمشمش والجوز واللوز، إلى موسم بارد لبدء الإزهار. وقد قللت المواسم الأكثر دفئاً من قدرة وحيوية كل من مقاطعة يونان الصينية وجنوب أستراليا والمغرب ورأس الرجاء الصالح في جنوب إفريقيا على الزراعة. ويمكن تغيير موسم الزراعة قليلاً لبعض المحاصيل. لكن ذلك غير ممكن في ما يتعلق بالأشجار. ثم إن ارتفاع درجات الحرارة قد يعيق عملية النضج التي تقلل من كمية النشا والسكريات الذائبة والبروتينات الموجودة عادةً في الفاكهة.



الشكل 32-7 القهوة

قد ينخفض إنتاج البن (الشكل 32-7) إلى أكثر من 50% بحلول العام 2050 نتيجة الاحتباس الحراري. ففي العام 2015، أدت ظروف الطقس القاسية إلى مضاعفة سعر حبوب القهوة العربية التي تُعدُّ الأكثر رواجاً في العالم. ويقتصر إنتاج البن في المناطق شبه الاستوائية على البرازيل وأمريكا الوسطى وشرق إفريقيا. وتتأثر القهوة بارتفاع درجات الحرارة، وفقدان الحشرات الملقحة، وانتشار مجموعة أكبر من الأمراض، مثل فطر صدها أوراق النباتات. ويعتمد منتج البن على التنوع الحيوي للبن العربي البري لتطوير سلالات جديدة من البن، ويمكن لفقدان البن العربي أن يؤثر تأثيراً دائماً في إنتاجه.



الشكل 33-7 ثمار الزيتون.

كانت درجة حرارة صيف العام 2017 أعلى بمقدار 2.5 درجة مئوية. وفي ذلك العام، انخفض إنتاج زيت الزيتون في العالم بنسبة 20%. والزيتون (الشكل 33-7) شجرة مفضلة ومرغوب فيها بشكل خاص. ولكن تغير المناخ قد تسبب في حدوث صقيع وأمطار غزيرة، أدت إلى انخفاض الإنتاج، وهددت بجعل المناطق غير مناسبة لمزيد من نمو أشجار الزيتون.

الصيد الجائر للأسماك

منذ بداية التاريخ المسجل للبشر، كان صيد الأسماك مصدر رزق ثابت للأشخاص الذين يعيشون بالقرب من المياه. وكانت الشبكة التقليدية للصيد أو أسطول من القوارب الصغيرة مشهداً شائعاً. وبعد كل رحلة صيد في البحر، يجلب الصيادون ما يصطادونه إلى السوق لبيعه (الشكل 7-34).



الشكل 7-34 رمي شباك الصيد التقليدية، وأسطول القوارب الصغيرة وعرض صيد اليوم للبيع.

غالبًا ما تجرّ أساطيل الصيد الحديثة شباك صيد بطول عدة كيلومترات (الشكل 7-35) حيث تصطاد شباك الصيد بشكل عشوائي أي شيء في طريقها، ويُحتفظ بالأسماك التي تدرّ ربحاً وبيعاً، ويتم التخلص من الأسماك غير المرغوب فيها، والمعروفة باسم أسماك **الصيد العرضي Bycatch**. وفي بعض المناطق، يُحتفظ بأقل من 10% من الأسماك التي اصطيديت، ويتم التخلص من 90% الباقية منها ميتة. وتُجمّد الأسماك في مصانع على متن السفن، ثم تُنقل إلى الشاطئ، حيث تتم معالجتها لحفظها، ويتم تعليب معظم الأسماك لتُشحن إلى جميع أنحاء العالم.



الشكل 7-35 شباك مفقودة، سفن تصنيع ومعلبات دون علامات مثبتة عليها.

صيد الأسماك الجائر Overfishing هو صيد أسماك أكثر مما يمكن استبداله عن طريق التكاثر. ويؤدي الصيد الجائر إلى انقراض بعض أهم أنواع الأسماك المطلوبة. وقد بيعت سمكة واحدة من بعض أنواع الأسماك النادرة، مثل سمك التونة أزرق الزعانف، في مزاد العام 2019 بما يساوي 10.9 مليون ريال قطري.



الشكل 7-36 سمكة قرش غرينلاند، أقدم الفقاريات الحية على الأرض.

والصيد بشباك الجرّ وسحبها عبر قاع البحر مدمر للمحيط. بالإضافة إلى أن نحو 90% من الأسماك تُصطاد عرضياً (الشكل 7-36)، وتدمر الشبكات النظم البيئية للشعاب المرجانية وغيرها من النظم البيئية في المحيطات. وهذا يؤدي إلى اختلال في المواطن البيئية، ومناطق تكاثر أنواع كائنات حية لا حصر لها. ويتوقع أن الضرر الذي يحدث للمحيط سيكون له تأثير أكبر من ذلك التأثير الذي يحدث في الغابات المطيرة.



الأمن الغذائي العالمي

c2-7

1. العمل في مجموعات. تستقصي كل مجموعة أحد الأسباب الآتية لمشكلات إمداد الغذاء العالمي:

اختر واحدًا من أسباب مشكلات الأمن الغذائي العالمي:	
a.	زيادة تعداد السكان
b.	فقدان الغابات المطيرة من أجل تربية أبقار اللحوم، وتأثير ذلك في مناخ العالم
c.	فقدان الغابات المطيرة من أجل زراعة شجر زيت النخيل، وتأثير ذلك في مناخ العالم
d.	انخفاض إنتاج المحاصيل بسبب تغير المناخ وأحداث المناخ القاسية
e.	الصيد الجائر للأسماك

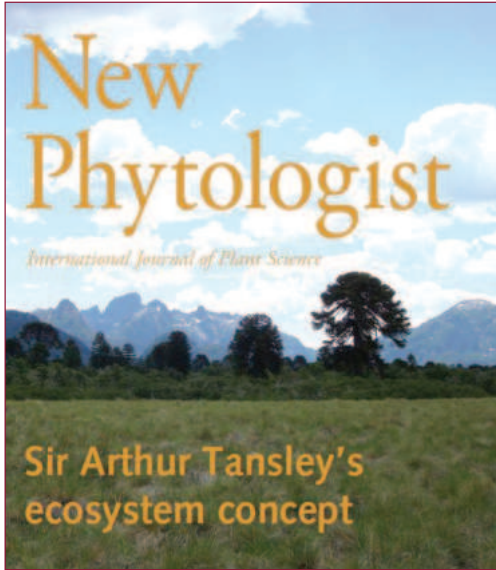
2. تعرض كل مجموعة على طلاب الصف ما اكتشفوه، مشيرين إلى مصدر معلوماتهم، وينظمون نقاشًا صفيًا لتحديد مشكلات أخرى في توفير إمدادات غذائية مستدامة، ويشرحون أهمية البيانات الموثوقة في اتخاذ القرارات.

مصادر المواد
مشكلات أخرى في توفير إمداد مستدام للغذاء العالمي
أهمية البيانات الموثوقة في اتخاذ القرارات

1.  مصطلحا الحياة الحيوانية والحياة النباتية يصفان التنوع الحيوي جميعه في منطقة ما. فماذا يعني مصطلح الحياة الحيوانية؟
 - a. كل النباتات في المنطقة
 - b. كل الحيوانات في المنطقة
 - c. أنواع الأزهار.
 - d. الحيوانات المفترسة الأولى.
2.  ما هي بصمة الكربون الخاصة بك؟
 - a. الآثار التي تتركها في الفحم.
 - b. كمية CO₂ المسؤول عن إطلاقها في البيئة.
 - c. كمية CO₂ التي يطلقها مجتمعك في البيئة.
 - d. كمية CO₂ التي تستعيضها مجموعات الضغط من مجتمعك.
3.  ما تأثير التخلص من الذئاب جميعها في منطقة ما في التنوع الحيوي؟
4.  صف المشكلات التي تواجهها أفواج الأسماك عندما تهاجر.
5.  ستنظم حملة لتقليل استخدام زيت النخيل. فسر أهمية هذه الحملة.
6.  لماذا تُعدّ أشجار الفاكهة حساسة لتغير المناخ؟



سير آرثر تانسلي: 1871 - 1955



الشكل 7-37 أسس تانسلي مجلة «عالم النبات الجديد» العلمية.

يدرس علم البيئة كيفية تفاعل الأجناس بعضها مع بعض ومع البيئة المحيطة بها. ويُعدُّ السير آرثر جورج تانسلي، الأحيائي الإنكليزي، من الرواد الأوائل لهذا العلم. وقد كتب تانسلي أن الكائنات الحية تشكل مع محيطها نظامًا طبيعيًا مترابطًا، أطلق عليه إسم «النظام البيئي». وقدّم تانسلي الفكرة بأن النظام البيئي هو الوحدة الأساسية للطبيعة. وهذه الفكرة هي محور علم الأحياء الحديثة اليوم.

تتطور العلوم بمشاركة الأفكار. وتُعدُّ المجالات العلمية من الوسائط المهمة لهذه المشاركات، إذ تخضع للمراجعة والقراءة من قبل خبراء، كلُّ في

مجاله. وكان تانسلي في الثلاثين من عمره؛ عندما أسس المجلة العلمية، «عالم النبات الجديد» في العام 1902، واستمرَّ في تحريرها حتى العام 1931. ولا تزال المجلة تصدر في يومنا هذا منبرًا للأبحاث في علم البيئة النباتية.

وقد أسهمت المبادئ الأساسية، كالنظام البيئي، التي أرسى تانسلي أُسسها في تطوير علم البيئة الجديد. وباندفاع كبير لنشر المفاهيم الجديدة حول البيئة، وحول الترابط بين الكائنات الحية، كتب تانسلي عددًا من الكتب الفاعلة، تضمّنت العمل البحثي الأكاديمي: «الحياة النباتية في الجزر البريطانية» (1939) *The British Islands and their Vegetation*. وقد ساعدت كتبه: «المدرسة وعلم البيئة النباتي» (1946) *The Plant Ecology and the School* و«رداء بريطانيا الأخضر» (1949) *Britains Green Mantle* في تقديم الأفكار عن البيئة إلى جمهور أوسع.

استلم سير تانسلي مرتبة الشرف الأولى في علوم الأحياء من كلية ترينيتي-جامعة كامبردج. وخدم بصفة أستاذٍ لعلم النبات في جامعة أوكسفورد حتى تقاعده في العام 1937. كان قائدًا ملهمًا للحركات المحافظة، وأدّى دورًا فعالًا في تأسيس الوكالة البريطانية للحفاظ على الطبيعة في العام 1949، وكان أول رئيس لها. انتخب زميلًا في الجمعية الملكية في العام 1915، ومنح لقب فارس في العام 1950.

الوحدة 7

مراجعة الوحدة

الدرس 1-7 التنوع الحيويّ

- **التنوع الحيويّ Biodiversity** هو تنوع الحياة في العالم أو في منطقة ما.
- الأراضي الرطبة **Wetlands** هي مناطق نموّ النبات بالقرب من المسطحات المائية.
- علماء الأحافير **Paleontologists** هم علماء يدرسون بقايا وآثار الكائنات الحية المتحجرة.
- جليد البحر **Sea ice** عبارة عن صفائح من المياه تجمّدت فوق البحار المفتوحة.
- المستوطن **Endemic** تعني غير موجود أصلاً في أي مكان آخر في العالم.
- معدل الانقراض **Extinction rate** هو عدد الأنواع التي لم تعد حيّة.
- الملقّحات **Pollinators** هي الطيور والحشرات التي تلقّح زهرة.

الدرس 2-7 الاخلال بالتنوع الحيويّ







- الشبكة الغذائية **Food web** تداخل مجموعة من السلاسل الغذائية وتمثل جميع العلاقات الغذائية بين الكائنات الحية المختلفة..
- بصمة الكربون **Carbon Footprint** هي مجموع كلّ انبعاثات CO₂ التي يكون الإنسان مسؤولاً عن إنتاجها.
- صيد الأسماك الجائر **Overfishing** هو صيد كميات من الأسماك، أكثر مما يمكن أن يحل محلها بعملية التكاثر.

اختيار من متعدّد







1. لماذا أصبحت البطاطس مصدرًا غذائيًا مهمًا في العالم؟
 - a. لأنها تمثل مصدرًا تاريخيًا للغذاء.
 - b. يمكن أن تناسب أذواقًا مختلفة في كل الفصول.
 - c. لارتفاع نسبة إنتاج محصولها مقارنة بغيرها من الأغذية.
 - d. لحاجتها إلى قدر كبير من العناية والحماية من الأمراض.
2. ما الفريسة الطبيعية للدببة القطبية؟
 - a. الحيتان الصغيرة.
 - b. اليرقات والتوت.
 - c. الفقمات المحلّقة.
 - d. البطريق الإمبراطوري.
3. أيّ من الحيوانات الآتية لا يستطيع العيش في قطر؟
 - a. الكريل
 - b. السحالي
 - c. الحشرات
 - d. الصقور
4. أيّ مما يأتي ينتج من تغيّر المناخ؟
 - a. الجفاف
 - b. الفيضانات
 - c. تجمّد غير معتاد.
 - d. تغيّر أنماط الطقس.
5. ما الذي يحدّد أنماط هجرة الحيوانات البرية إلى سيرينجيتي (في تنزانيا)؟
 - a. المطر
 - b. درجة الحرارة.
 - c. محاولة تجنب الأسود.
 - d. أنماط هجرة التماسيح.
6. أيّ ممّا يأتي هو أكثر عرضة للانقراض؟
 - a. الطيور
 - b. الزواحف
 - c. الثدييات
 - d. البرمائيات

7. كيف يؤثر انصهار جليد البحر في البطريق الإمبراطوري؟
- تختفي أماكن تعشيشه.
 - تقل كميات الكريل المتوافرة.
 - لا يضطر للانتقال إلى البحر.
 - تعجز صغار البطريق عن إيجاد آبائها.
8. ما هي أكبر خطوة يمكنك اتخاذها لتقليل بصمة الكربون؟
- ألا تمتلك سيارة.
 - ألا تأكل شطائر الجبن.
 - أن تحاول المشي ما لا يقل عن 1 كم في اليوم.
 - أن تقلل كمية المياه التي تشربها.
9. أي من الحيوانات الآتية يُعدُّ خيارًا منطقيًا لتمثيل حملة للتوقف عن استخدام زيت النخيل؟
- الذئب الرمادي.
 - قرد الأورنجوتان
 - دبّ الباندا
 - النمس الهندي.

الدرس 1-7 التنوع الحيوي

10. ما خصائص البيئة التي ستؤدي إلى تنوع حيوي أكبر؟
11. لماذا كان نقص التنوع الحيوي مشكلة في فترة مجاعة البطاطس الأيرلندية؟ 
12. أين تتوقع أن تجد أشجار المانغروف؟ 
13. كيف تسهم غابات المانغروف في التنوع الحيوي في منطقة ما؟
14. كيف يكون جليد البحر مهمًا للدببة القطبية؟ 
15. ما الخصائص التي تجعل الحيوان أكثر عرضة لتغير المناخ؟ 
16. ما الفرق بين تغير المناخ والطقس السيء؟ 
17. لماذا تعتمد أنماط الهجرة على المناخ؟ 

الدرس 2-7 الاخلال بالتنوع الحيوي

18. لماذا زاد عدد خنافس الصنوبر الجبلية؟
19. ما تأثير انقراض الضفادع في الشبكة الغذائية؟
20. لماذا استخدم دبّ الباندا رمزاً للصندوق العالمي للطبيعة WWF وليس الشعب المرجانية؟ 
21. لماذا تعلن مجموعات الحفاظ على البيئة عن جهودها للمحافظة على التنوع الحيوي؟ 
22. ما الغاية من توازن الكربون؟ 
23. ما الإجراءات التي يمكنك اتخاذها في المنزل لتقليل بصمة الكربون؟
24. كيف يمكن لشخص واحد أن يحدث فرقاً كبيراً في الاحتباس الحراري؟ 
25. لماذا لا يكتب منتج زيت النخيل اسمه بوصفه أحد مكونات منتج ما؟ 
26. ما «الصيد العرضي»؟ ولماذا يُعدُّ ضاراً بالتنوع الحيوي في المحيطات؟ 



الوحدة 8

مصادر الطاقة

Energy Sources

GP1105

GP1106

GP1107

في هذه الوحدة

- الدرس 1-8: الطاقة
- الدرس 2-8: تكاليف إنتاج الطاقة

مقدمة الوحدة

يُعد الاستخدام الأمثل للطاقة مقياسًا للتطور، فالدول ذات أنظمة الطاقة المتطورة تحقق لسكانها مستوى معيشيًا أفضل. وتدور في عالمنا اليوم نقاشات حول طرائق الحصول على الطاقة واستخدامها والحد من هدرها.

سنتعرف في هذه الوحدة إلى بعض مصادر الطاقة وكيفية استخدامها في أعمال مفيدة، ثم نلقي نظرة على الطاقة المتجددة كونها مصدرًا لا ينضب للطاقة، ونتعرف إلى مصادر الطاقة غير المتجددة وإيجابياتها وسلبياتها.

أخيرًا، سنبحث في تكلفة الطاقة والمتغيرات المعقدة في اختيار مصدر الطاقة واستخداماته. وسنستكشف أيضًا المشكلات في مصادر الطاقة وفي كيفية معالجتها.

الأنشطة والتجارب

إيجابيات محطات الطاقة وسلبياتها **a2-8**

مشروع البحث: مقارنة بين الطاقة المتجددة والطاقة غير المتجددة **b2-8**

الدرس 1-8

الطاقة

Energy

تُستخدم الطاقة في كثير من نواحي الأنشطة الإنسانية. والطاقة هي المقدرة على إحداث تغيير أو أداء شغل. كانت مُحركات البخار هي الآلات الأولى التي تعمل بالطاقة، والتي استُخدمت لضخ المياه بدلاً من الحصان لذلك، تُقاس قدرة المُضخّات الحديثة بقدرة الحصان (horse power (hp). يوجد وحدات قياس مختلفة للطاقة:

- وحدة قياس طاقة الطعام هي «السعرات الحرارية أو الكالوري Calorie».
- يُقدّر استهلاك الطاقة الكهربائية بالكيلوواط ساعة kWh.
- يستخدم العلماء وحدة الجول لقياس كل أنواع الطاقات. يتضمّن ذلك طاقة الطعام والطاقة الكهربائية حيث يعادل كالوري الطعام 4,184 J. ويعادل الكيلوواط-ساعة 3,600,000 J. وبغض النظر عن وحدة القياس، فإننا نستطيع تحويل الطاقة من شكل إلى آخر. على سبيل المثال، يُمكن للطاقة الكهربائية أن تشغل محركاً فتحوّل إلى طاقة ميكانيكية.

المفردات



Joule	الجول
مصادر الطاقة المُتجدّدة	
Renewable energy sources	
Hydrocarbons	الهيدروكربونات
Fossil fuels	الوقود الأحفوري
مصادر الطاقة غير المتجدّدة	
Non-renewable energy sources	
Conservation of energy	حفظ الطاقة
Turbines	التوربينات
Steam turbines	التوربينات البخارية

مخرجات التعلّم

- GP1105.1** يتذكر أنواعاً مختلفة من مصادر الطاقة ويوضّح أنّ جميع الطاقة المتوفرة لكوكينا، مصدرها في الأساس من الشمس.
- GP1105.2** يصف عملية توليد الطاقة في محطات توليد الطاقة المختلفة. على سبيل المثال حرق الوقود الأحفوري لإنتاج البخار الذي يدور توربيناً متصلاً بمولّد.
- GP1106.1** يصف الفرق بين مصادر الطاقة المُتجدّدة وغير المُتجدّدة.

مصادر الطاقة المتجددة وغير المتجددة

تُقسم مصادر الطاقة، التي يستخدمها الإنسان، إلى قسمين رئيسيين: مصادر متجددة ومصادر غير متجددة.

الطاقة المتجددة Renewable energy هي طاقة تتميز بالآتي:

- a.** تتجدد بشكل طبيعي مثل ضوء الشمس.
- b.** تستعيد نموها في فترة لا تتعدى عشر سنوات كالنباتات والحيوانات.
- c.** لا يمكن استنفادها بالاستهلاك المتكرر كطاقة الرياح.

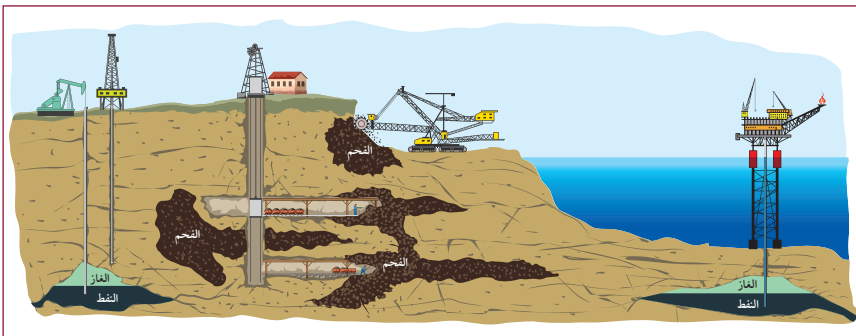
والأمثلة على ذلك كثيرة منها:

- ضوء الشمس مصدر متجدد، لأن الإنسان لم يستنفد طاقة الشمس بمحطات الطاقة الشمسية التي أنشأها.
- النبات مصدر متجدد للطاقة بسبب تكرّر نموه دورياً.
- استخراج الوقود الحيوي من النبات كالإيثانول، هو مصدر طاقة متجددة.
- طاقة الرياح هي مصدر آخر متجدد، لأن الاستخدام المتكرر لها لم يؤدّ إلى نفاذها.

مصادر الطاقة غير المتجددة

يشكّل الفحم والنفط والغاز «الوقود الأحفوري» **Fossil fuels** مصادر طاقة غير متجددة **Non-renewable sources of energy** لأن إعادة إنتاجها في الأرض تتطلب ملايين السنين. إن بقايا العوالق الحيوانية والنباتية التي تحوّلت إلى غاز وبنفط، كانت مغمورة تحت الأرض بفعل العوامل الجيولوجية منذ ما يقارب 240 مليوناً من السنين.

إذا طمرت العوالق الحيوانية والنباتية في باطن الأرض لملايين السنين، دون أن تتعرّض للأكسجين الحرّ، فإنّ كربون وهيدروجين هذه النباتات والحيوانات ينتج **الهيدروكربونات Hydrocarbons**، إذا جرت هذه العملية في رسوبيات قاع المحيط، فإنّ ذلك يمكن أن ينتج النفط والغاز (الشكل 8-1).

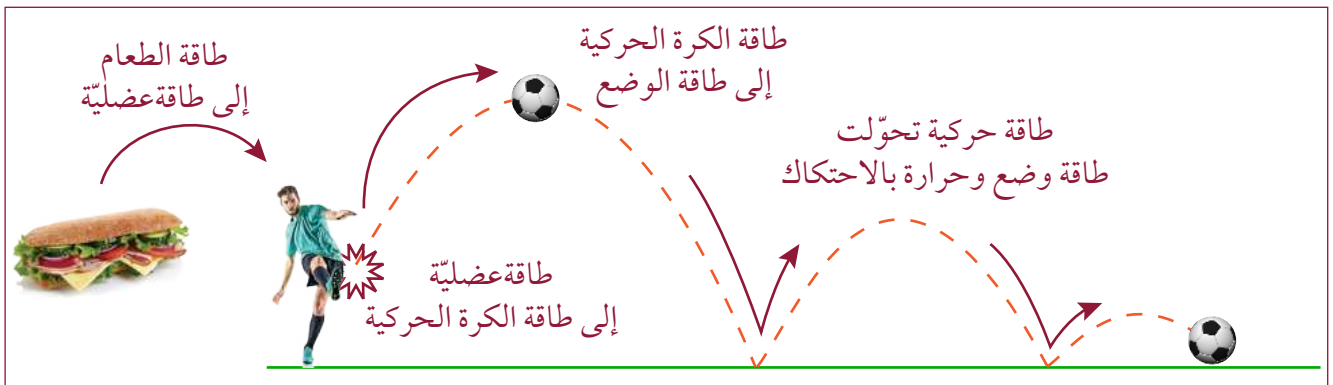


الشكل 8-1 الحفر والتعدين بحثاً عن مصادر للطاقة.

تعدّ الشمس مصدر معظم أنواع الطاقة على الأرض. يتشكّل الوقود الأحفوري من النباتات، وهي تستمدّ طاقتها من الشمس. وتتكوّن طاقة الرياح بسبب حرارة الشمس غير المتساوية على الأرض والهواء المحيط بها.

تحوّلات الطاقة

«**قانون حفظ الطاقة Law of Conservation of energy**» هو أحد أهم قوانين الطبيعة. وينصُّ القانون على «أنَّ الطاقة لا تُفنى ولا تُستحدث من عدم، بل يمكن تحويلها من شكل إلى آخر فقط». عند ركلك كرةً إلى الأعلى لتسقط على الأرض مصحوبةً بعددٍ من الارتدادات (الشكل 8-2)، تتحوّل طاقة الطعام لدى من يركل الكرة إلى طاقة عضليّة لإنتاج قوّة، وتحوّل القوّة هذه الطاقة إلى طاقة حركيّة (بحسب سرعة الكرة). وتفقد الكرة طاقتها الحركية لتكتسب طاقة الوضع (الطاقة الكامنة). ومع كلّ ارتداد، تتحوّل بعض طاقة الكرة إلى حرارة بسبب الاحتكاك إلى أن تتوقّف الكرة في النهاية عندما تفقد كلّ طاقتها الحركيّة.



الشكل 8-2 تحوُّلات الطاقة لركل الكرة.

ومع كلّ ارتداد للكرة، يتحوّل جزء من طاقتها إلى حرارة وإلى أشكال أخرى من الطاقة. وهذا يعني تناقص مجموع الطاقة وانخفاض سرعتها.

يُفقد جزء من الطاقة على شكل حرارة عندما تتحوّل الطاقة من شكل إلى آخر.



الشكل 8-3 المصباح الكهربائي ومصباح LED.

الأشياء المتحرّكة، أو المتوهّجة، أو تلك الخاضعة للتمدّد، أو التسخين والتبريد تتبادل الطاقة مع محيطها. مثال على ذلك، طاقة ضوء المصباح التي تحوّلت من الطاقة الكهربائيّة؛ فالمصابيح القديمة المتوهّجة تفقد 95% من طاقتها الكهربائيّة على شكل حرارة، ويتحوّل الـ 5% الباقية إلى ضوء أمّا مصابيح LED الحديثة (الشكل 8-3) فتحوّل 80% من الطاقة الكهربائيّة إلى ضوء وتفقد 20% منها على شكل حرارة.

توليد الكهرباء



الشكل 4-8 مولّد كهربائي بسيط.

لا ينتج المولّد الكهربائي (الشكل 4-8) الطاقة، بل إنّ المولّد يعمل على تحويل طاقة الدوران الحركيّة الى طاقة كهربائية. ويحتاج المولّد إلى أشكال أخرى من الطّاقة ليعمل. وتُستخدم طاقة الرياح في تدوير «التوربين»، وهو جهازٌ يشبه المروحة ويؤدّي دورانه السريع بسبب قوّة الرياح إلى تشغيل المولّد الكهربائي. وقد تستخدم طاقة المياه المنحدرة أيضًا لتشغيل التوربينات في «المحطات الكهرومائية».

تستخدم قطر الغاز الطبيعي مصدرًا أساسيًا للطاقة بسبب وفرته في أراضيها، فالماء الذي تشربه اليوم يمكن أن يكون مصدره محطة توليد الطاقة وتحلية مياه البحر في راس أبو فنتاس. تعمل توربينات هذه المحطة بالغاز الطبيعي، فيعمل مولّدها على إنتاج الطاقة الكهربائية.

إلا أنّ أكثر المصادر المولّدة للطّاقة المستخدمة في العالم اليوم هو الوقود الأحفوري. تستعمل معظم



الشكل 5-8 توربينات بخاريّة.

محطات الطاقة الكهربائية الحرارة لتحويل الماء الى بخار عالي الضغط وتشغيل **توربين بخاريّ Steam turbine** (الشكل 5-8) تكون بعض أجزائه بحجم منزل

أنواع محطات الطاقة

تُعرّف محطّات الطاقة بمصدرها الرئيس للطاقة:

- محطةّ الغاز الطبيعي الأعلى كفاءة تستخدم التوربينات الغازيّة (ما يشبه المحرّك النفاث) لتشغيل المحرّك مباشرةً (كما هو في قطر).
- محطّات النفط أو الفحم أو الغاز الطبيعي التقليدية تستخدم الحرارة لتحويل الماء إلى بخار تحت ضغط مرتفع لإدارة التوربينات ليعمل المحرّك.
- تستخدم المحطّات النوويّة الحرارة الناتجة من الانحلال الإشعاعي لمادّة اليورانيوم لتحويل الماء الى بخار لتشغيل التوربين والمولّد.
- المحطّات الكهرومائية تستخدم طاقة المياه المنحدرة لتشغيل التوربين الذي يدير المحرّك.
- يمكن إنتاج الحرارة لتحويل الماء إلى بخار لتشغيل التوربين والمحرّك عبر حرق الكتلة الحيوية، مثل القمامة ونفايات النباتات، في محطّات خاصّة للطّاقة المتجدّدة تستخدم أجهزة التوربينات والمولّدات ذاتها التي تكون في محطّات الوقود الأحفوري.

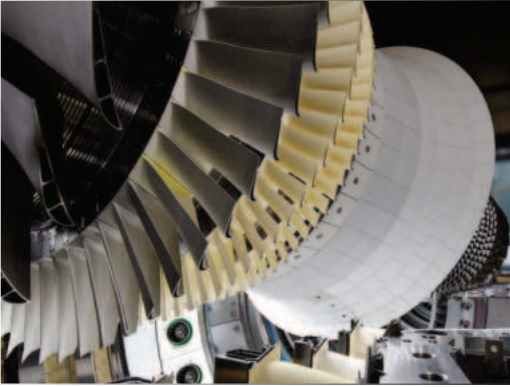
تقويم الدرس 1-8

1. أيّ من وحدات القياس الآتية هي وحدة لقياس الطاقة؟ 
 - a. نيوتن (N)
 - b. جول (J)
 - c. فولت (V)
 - d. لتر (L)
2. أيّ مما يأتي استخدم فيه الناس مصطلح «قدرة حصان» أول مرة؟ 
 - a. السيّارة
 - b. الكهرباء
 - c. مضخة المياه.
 - d. المُحرِّك البخاري.
3. لماذا يُعدُّ الفحم وقودًا «أحفوريًا»؟ 
4. ما أهمية الضغط في التوربينات البخارية؟ 
5. يستخرج النفط والغاز من البترول (النفط الخام)، وهو بقايا العوالق الحيوانية و النباتية التي طُمرت بمعزل عن الأكسجين، والتي استمدت طاقتها من الشمس. لماذا تُعدُّ كلُّ من هذه المواد طاقة غير متجدّدة؟ 
6. ما تحولات الطاقة التي تتم في محطات الطاقة التي تحرق الغاز الطبيعي لانتاج الطاقة الكهربائية؟
7. ما أنواع محطّات الكهرباء الأكثر استخدامًا في قطر. أعطِ أسبابًا لاختيار هذا النوع من الطاقة في قطر.

الدرس 2-8

تكاليف إنتاج الطاقة

Cost of Energy Production



الشكل 6-8 التوربينات الضخمة في محطة الدورة المُركَّبة للطاقة في أم الحول جنوب مدينة الوكرة.

ترتكز الحضارات المتطورة الآن على استخدام الطاقة، يُظهر (الشكل 6-8) التوربين الضخم في أم الحول، جنوب مدينة الوكرة لمحطة الطاقة ذات الدورة المركبة. يتزايد استهلاك الطاقة بشكل مستمر على مستوى العالم، فمعدلات استهلاك الفرد للطاقة تتضاعف باستمرار، وذلك نتيجة لزيادة الاعتماد على الطاقة في مجالات الحياة المختلفة. فالحاجة ملحة إلى البحث عن مصادر جديدة الطاقة.

يواصل العلماء والمخترعون البحث في مجال الطاقة للتوصل إلى المزيد من الطاقة في كل وحدة مساحة

(وهو ما يعرف بـ **كثافة الطاقة Energy density**) وستعرّف في هذا الدرس إلى مصادر الطاقة الشائعة، وإلى الطرائق التي يمكن استخدام الطاقة فيها لأداء أعمال مفيدة.

المفردات



Combined cycle	الدورة المُركَّبة
kilowatt-hour (kWh)	كيلو واط ساعة
	الخلايا الشمسية
Soler cells	
Dry steam	البخار الجاف
Nuclear fission	الانشطار النووي
Control rods	قضبان التحكم
Non-Dispatchable	غير قابلة للتوجيه
Cost per kWh	التكلفة لكل كيلو واط ساعة

مخرجات التعلّم

GP1106.2 يوضح إيجابيات مصادر الطاقة الرئيسة وسلبياتها، بما في ذلك الطاقة الشمسية، وطاقة الرياح، والطاقة الحرارية الأرضية، إضافة إلى الوقود الأحفوري والوقود النووي.

GP1107.1 يصف القدرة الناتجة من مجموعة من محطات توليد الطاقة، ويجري عمليات حسابية لمقارنة تكاليف وفوائد كل منها.

الطاقة الشمسية



الشكل 7-8 الألواح الشمسية.

تشمل مصادر الطاقة المتجددة:

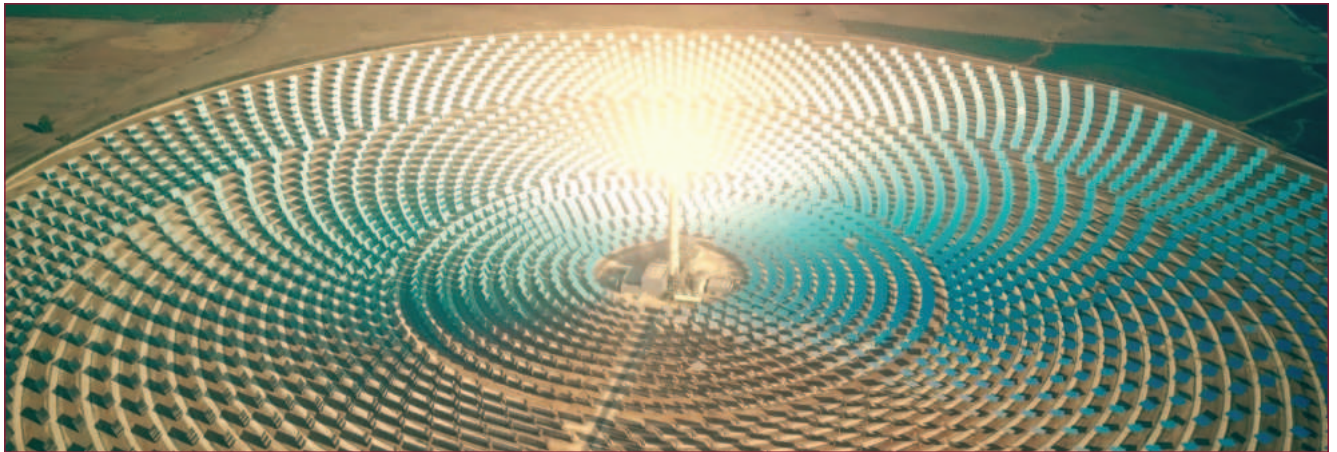
1. الطاقة الشمسية.
2. الطاقة الكهرومائية.
3. طاقة الرياح.
4. الطاقة الحرارية الأرضية.

ترسل الشمس طاقتها الإشعاعية في الاتجاهات جميعها، فيسقط جزء منها على الغلاف الجوي للأرض، وينفذ بعضه إلى سطح الأرض، ويختلف مقدار الطاقة الذي يستقبله المتر المربع من سطح الأرض في السنة من 1000 kWh في المناطق الغائمة إلى 2500 kWh في المناطق الصحراوية. وفي دولة قطر فإن المتر المربع يستقبل في السنة ما يزيد عن 2000 kWh من الطاقة الشمسية.

تحوّل الخلايا الشمسية **Solar Cells PV** أشعة الشمس مباشرة إلى كهرباء ولم تكن كفاءتها لتزيد عن 10 % حتى العام 2000 م. وبذلك، فإن أقل من 10% من طاقة الشمس قد حوّلت إلى طاقة كهربائية. وقد ارتفعت كفاءة أنظمة الخلايا الشمسية مع ازدياد البحوث لتكون بين 13 % و 17%؛ وقد أدت جهود بعض العلماء إلى رفع كفاءة الخلايا الشمسية إلى 46 % باستخدام الأسلاك المتناهية الدقة. تُعدّ زيادة الكفاءة ذات أهمية لأن أنظمة الخلايا الشمسية مرتفعة الثمن وسريعة الاستهلاك.

يعتمد المزيد من استخدام الطاقة الشمسية على زيادة كمية الكهرباء المنتجة لكل من الألواح الشمسية، ما يؤدي إلى انخفاض تكلفة الكهرباء.

لا تزال تكلفة إنتاج الكهرباء من الخلايا الشمسية مرتفعة مقارنةً بكلفة إنتاجها باستخدام الغاز الطبيعي.



الشكل 8-8 الطاقة الشمسية المركزة باستخدام المرايا التي يتحكّم فيها الحاسوب، لتركيز الطاقة الشمسية.

الطاقة الشمسية المركزة **Concentrated solar power CSP** (الشكل 8-8) استخدم المُخترع اليوناني أرخميدس مرآة عملاقة لإشعال النار في السفن الرومانية في العام 212 ق.م. وعلى الرغم من الشكوك المحيطة بصحة تلك الرواية، فإن الفيزياء تؤكد صحتها. وتستخدم الطاقة الشمسية المركزة في كثير من الأماكن لغلي الماء من أجل دفع التوربينات البخارية وتحلية المياه. إلا أن كفاءة مولّدات الطاقة الشمسية المركزة لا تتعدى 21 %.

الطاقة الكهرومائية

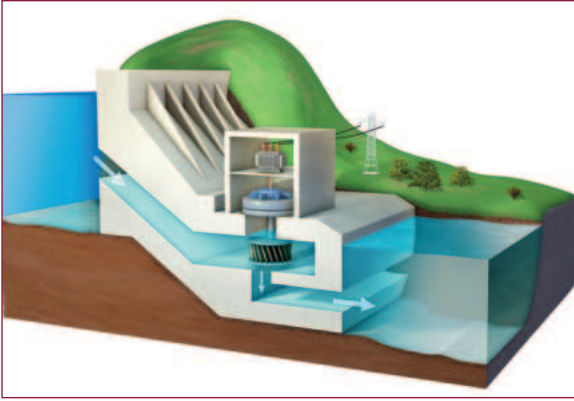
تشمل مصادر الطاقة المتجددة:

1. الطاقة الشمسية

2. الطاقة الكهرومائية

3. طاقة الرياح

4. الطاقة الحرارية الأرضية



الشكل 8-9 محطة توليد الطاقة الكهرومائية بكفاءة 90%.

فكر في نهر عند تدفقه ممتي متر ما بين منبعه ومصبه في البحر. يشكّل منحدر تدفق الماء مصدرًا للطاقة. تتطلب الاستفادة من هذه الطاقة بناء سدّ لرفع منسوب

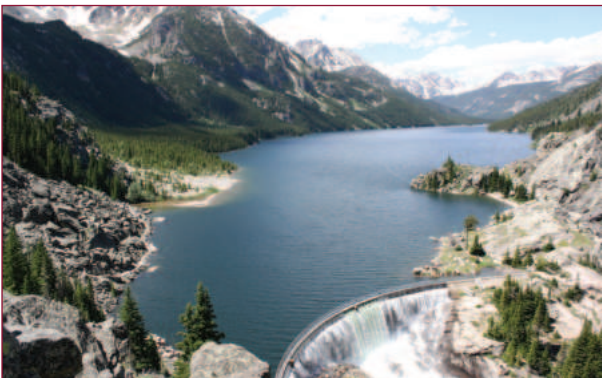
المياه خلف السد (الشكل 8-9) ويشكّل ضغط الماء في قاع السدّ قوّة دفع كبيرة للماء لتشغيل توربين يساعد على تدوير المحرّك الكهربائي. كلّما ازداد ارتفاع الماء في السدّ، ازداد معه ضغط الماء وازدادت الطاقة المنتجة.

الطاقة الكهرومائية هي الأقل تكلفة لإنتاج الكهرباء في جميع أنحاء العالم، وتبلغ تقريبًا 0.17 ريال قطري لكل كيلو واط ساعة. وعلى هذا، فلا بدّ من توافر المساقط المائية للاستفادة منها.

تستخدم الطاقة الكهرومائية قوّة سقوط الماء لتشغيل التوربين الذي يدير المحرّك.



عندما يُخطّط لبناء مشروع رئيس لتوليد الطاقة الكهرومائية، يستدعي في أكثر الأحيان إخلاء القرى والبلدات الواقعة تحت مستوى السدّ تحسبًا للفيضانات. وبمجرد اكتمال المشروع وبدء ملء الخزان (الشكل 8-10)، لأن تلك القرى والبلدات ستكون جميعها تحت مستوى سطح الماء في الخزان خلف السد. وقد أقامت الصين أكبر سدّ في العالم، وهو سدّ الممرّات الثلاثة (الشكل 8-11)، فأوجب ذلك ترحيل 1.3 مليون شخص. تُعدّ الطاقة الكهرومائية، مصدرًا ممتازًا للطاقة المتجددة. غير أنّ محدودية توافر الماء العذب و خسارة الأرض الواقعة خلف السدّ بالفيضان يضعف من اختياراتنا للأماكن المناسبة لبناء السدود.



الشكل 8-11 سدّ الممرّات الثلاثة.

الشكل 8-10 خزان السدّ.

طاقة الرياح



الشكل 8-12 مولّد طاقة كهربائية بواسطة الرياح باستخدام التوربين ذات المحور الأفقي.

تشمل مصادر الطاقة المتجدّدة:

1. الطاقة الشمسيّة

2. الطاقة الكهرومائيّة

3. طاقة الرياح

4. الطاقة الحرارية الأرضية

تستخدم توربينات الرياح (الشكل 8-12) طاقة الهواء المتحرّك لتشغيل المحرّك الكهربائي.

تتمتع الرياح بميزة إضافية، فهي مفيدة في المواقع البعيدة. إنّ متوسط سرعة الرياح في دولة قطر، هو 4.4 m/s ، يجعل مولّدات الرياح الكهربائيّة الصغيرة المستخدمة ذات كفاءة عالية تنافس توربينات الغاز الحاليّة

يمكن تسخير طاقة الرياح باستخدام توربينات الرياح ذات المحور الأفقي (HAWT) التقليديّة، وهي ذات كفاءة عالية، مع وجوب توجيهها نحو الرياح: تُثبّت على أعمدة مرتفعة للاستفادة من سرعات الرياح الأعلى في المرتفعات وإعطاء شفرات التوربين فضاءً أوسع للحركة، إلّا أنّ ذلك يستلزم تكاليف إضافية، ويزيد من الخطر أثناء الصيانة الروتينية لها.

بالمقابل، فإن استخدام توربينات الرياح ذات المحور الرأسي (VAWT) الأقل كفاءة (الشكل 8-13) يُنتج في الواقع كفاءة إجمالية أعلى، حيث لا تُفقد أية طاقة عندما يتغيّر اتجاه الرياح، وتكون المُعدّات فيها أقرب إلى الأرض، فتسهل صيانتها.

لكن، يجب أن تبدأ توربينات الرياح ذات المحور الرأسي عملها بواسطة محرّك؛ ثم إنّ بناءها أسهل وأكثر أماناً، وتتعامل مع الرياح المضطربة بكفاءة أكبر كثيراً من توربينات الرياح ذات المحور الأفقي، وتسمح التصميمات الإبداعية لها بحركات فنية وعملية.



الشكل 8-13 توربينات الرياح ذات المحور الرأسي باستخدام كل من الأجنحة وتصميم سافينوس الشائع.



الشكل 8-14 نافورة ماء حارّ.

الطاقة الحرارية الأرضية

تشمل مصادر الطاقة المتجددة:

1. الطاقة الشمسية

2. الطاقة الكهرومائية

3. طاقة الرياح

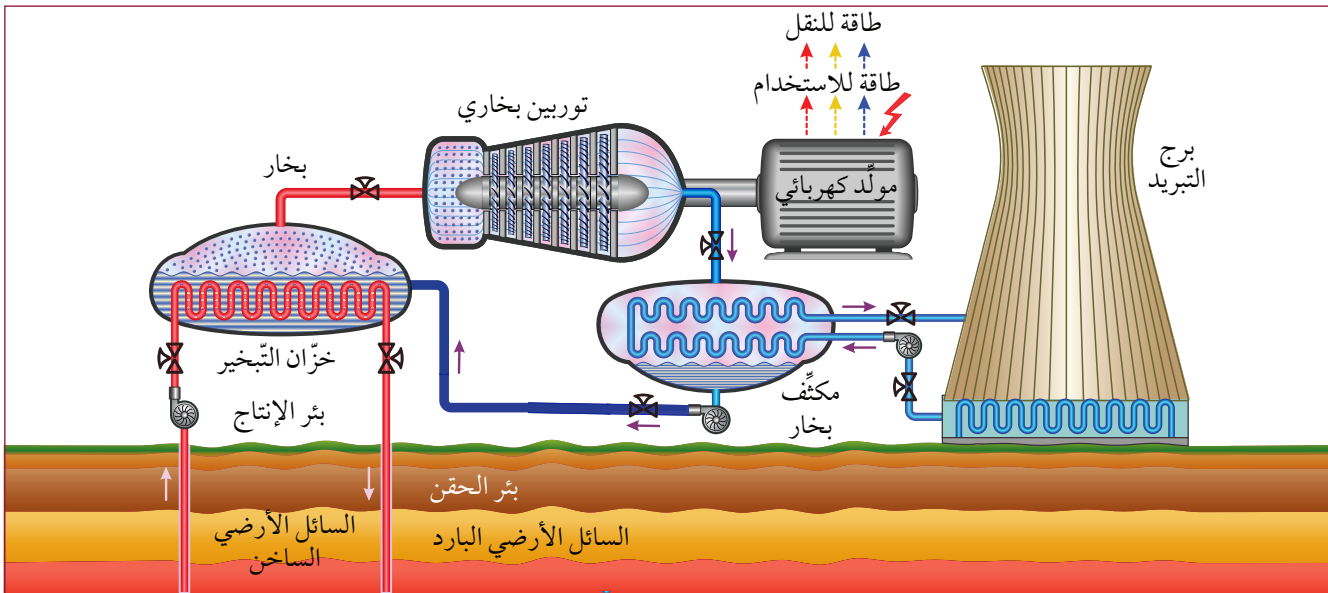
4. الطاقة الحرارية الأرضية

تستخدم الطاقة الحرارية الأرضية المتجددة حرارة باطن الأرض في الأماكن التي تكون فيها هذه الحرارة قريبة من سطح الأرض، يمكن لهذه الطاقة أن تُنتج ينباع الحارة ونوافير المياه الساخنة (الشكل 8-14).

إنّ تكلفة تشغيل محطة الطاقة الحرارية الأرضية مرتفعة؛ لكن التكنولوجيا تمكّنت من خفضها، فأصبح إنتاج تلك الطاقة أكثر سهولة. هناك ثلاثة أنواع من التقنيات لاستخراج الطاقة الحرارية:

- **محطة الطاقة** بالبخار الجاف التي تعمل بضخّ البخار الطبيعي من باطن الأرض عبر المنافذ المتوافرة، وتوجيهها مباشرة بأنابيب لتشغيل توربينات توليد الكهرباء للأغراض السكنية والصناعية.

- **محطة الطاقة** بالتبخير التي تسحب السوائل الحرارية الأرضية المرتفعة الضغط من آبار عميقة، وتستخدمها في تحويل الماء إلى بخار. (الشكل 8-15)، ثم يقوم البخار بتحريك التوربينات، ثم يتم تبريده بعد ذلك باستخدام الطرائق التقليدية.



الشكل 8-15 محطة توليد الطاقة الحرارية الأرضية متّصلة بتوربين بخاري.

- **محطة الدائرة المزدوجة** التي يُستخدم فيها سائل ذو درجة غليان أقل كثيراً من درجة غليان الماء لإنتاج بخار، لذلك، فإن السائل الحراري الأرضي لا يحتاج إلى أن يكون ساخناً جداً؛ وتُستخدم الدائرة المزدوجة في كثير من الأحيان بتكاليف مماثلة للوقود الأحفوري. لذلك، تُعتبر تلك المحطات حلاً ملائماً لمشكلة الاحتباس الحراري العالمي.

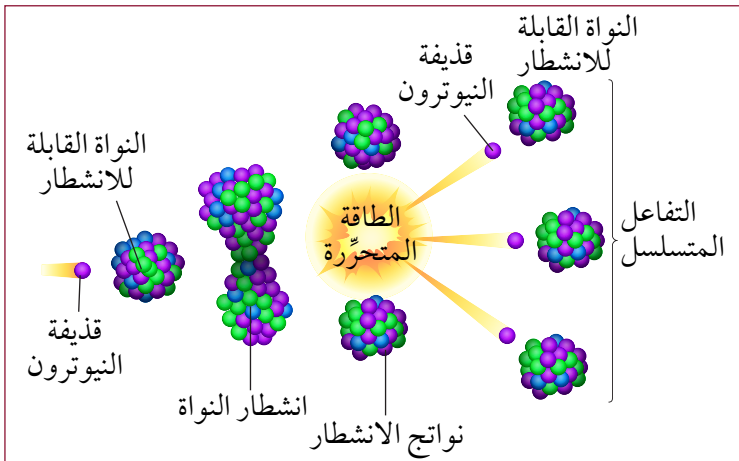
الطاقة النووية

تشمل مصادر الطاقة غير المتجددة:

1. الطاقة النووية

2. الوقود الأحفوري

بعض العناصر المشعة مثل اليورانيوم، تطلق كمية هائلة من الطاقة عند انشطارها إلى عناصر أخف باستخدام قذيفة مناسبة (النيوترون) في عملية نسميها



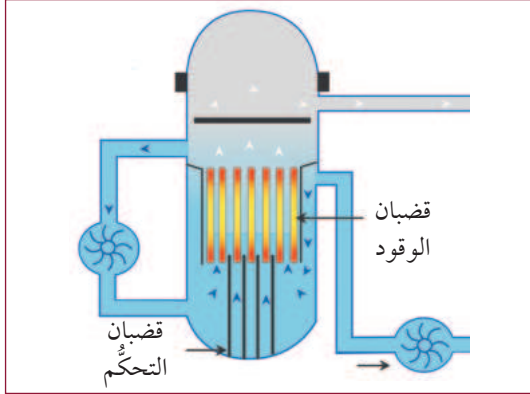
الشكل 8-16 انشطار اليورانيوم إلى أجزاء أصغر ونيوترونات وطاقة.

الانشطار النووي Nuclear fission.

يوضح (الشكل 8-16) عملية الانشطار النووي الذي تتحرر فيه الطاقة منتجةً المزيد من النيوترونات.

- تنشط ذرات اليورانيوم في المفاعل منتجة 2-3 نيوترونات. تستمر النيوترونات، وفق شروط التفاعل، في إحداث مزيد من تفاعلات الانشطار في ما يسمى «التفاعل المتسلسل».
- في المفاعلات النووية نلجأ لاستخدام قضبان الكادميوم التي لها القدرة على امتصاص النيوترونات لإبطاء التفاعل المتسلسل أو إيقافه.

• عندما تُسحب قضبان التحكم ببطء من بين قضبان الوقود (اليورانيوم) يبدأ التفاعل المتسلسل،



الشكل 8-17 مخطط بسيط لمفاعل يستخدم لغلي الماء.

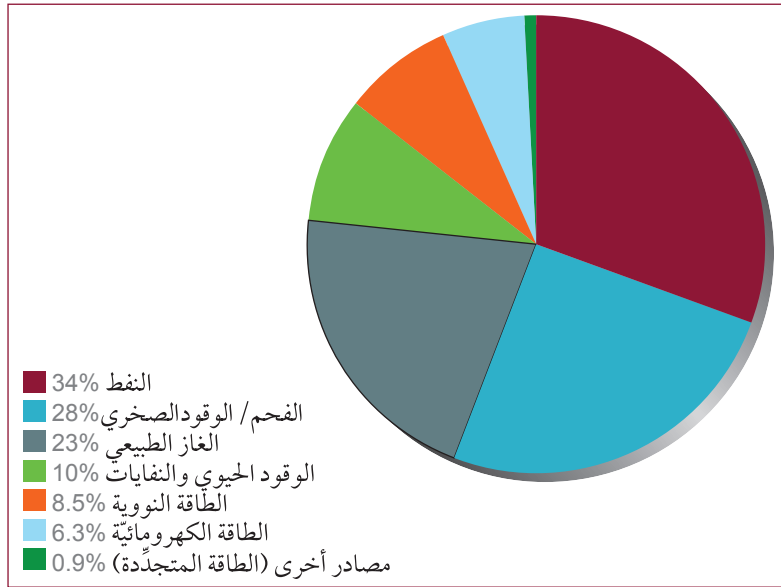
- حيث يحدث عدد محدود جداً من الانشطارات (الشكل 8-17)، وتعمل الطاقة الناتجة على تحويل بعض الماء إلى بخار يعمل على تدوير توربين بخاري.
- يُكثف البخار المنطلق من التوربين مرة أخرى إلى ماء في أبراج تبريد ضخمة، فيتدفق الماء في عودته إلى قلب المفاعل، لبدأ دورة جديدة.

• الطاقة النووية هي طاقة غير متجددة. وعلى الرغم من الحوادث التي يتم تضخيمها إعلامياً، فإن للطاقة النووية سجلاً أكثر أماناً من أي مصدر آخر للطاقة، ولها أعلى كثافة طاقة؛ بالتالي، فإن الطاقة النووية خيار مهم للاستدامة، وبدل خالٍ من الكربون يكفي لمدى طويل. ولقد تقدمت تكنولوجيا المفاعلات النووية بشكل كبير، فأصبحت أكثر أماناً، وأضحت تصاميمها أكثر كفاءة وجاهزية للاختبار.

الوقود الأحفوري

يمثل الوقود الأحفوري 85% من مصادر الطاقة المستخدمة في العالم (الشكل 8-18). وهو من المصادر غير المتجددة، ويُسهم بنسبة 6% من الاقتصاد العالمي؛ إذا علمنا أن صناعات بأكملها تعتمد على الوقود الأحفوري.

والفحم الحجري هو الوقود الأحفوري الأكثر وفرة على هذا الكوكب،



الشكل 8-18 الطاقة المستخدمة في العالم حسب النوع.

يستخرج من باطن الأرض بآلات ضخمة، وينقل بعد ذلك إلى محطة توليد الكهرباء ويُعالج ويُحرق ويُزال الرماد عنه (الشكل 8-19). وعلى هذا، فلا بد لكل الصناعات المعنية من مواكبة الطلب العالمي على الطاقة.



الشكل 8-19 أعمال الحفر والنقل والمعالجة والتخلص من نفايات الفحم.

يقع النفط والغاز الطبيعي عميقاً في الأرض بين طبقات الصخور. وقد حُفرت آبار النفط الأولى بواسطة أعمدة من الخيزران في الصين في العام 347 م وكان عمقها 240 m. كان محمد بن زكريا الرازي أول من قام بتقطير النفط في القرن التاسع. وقد وصلت تلك العملية إلى أوروبا الغربية عبر الأندلس (دولة إسبانيا حالياً) في القرن الثاني عشر. تستخدم منصات النفط الحديثة (الشكل 8-20) الحفر الأفقي للحصول على خزانات احتياطية للنفط وتقليل الأثر على سطح الأرض. وقد سجّلت قطر الرقم القياسي، في فترة من الزمن، لأعمق بئر نفطية في العالم بلغ عمقها 12,289 m.



الشكل 8-20 منصة حفر.

لا يزال النفط هو المعيار المستخدم لمقارنته بالطاقات الأخرى. ذلك أن كل لتر من البنزين يعطي 9.32 kW، وكل لتر من الديزل يعطي 10.64 kW؛ هذا يعني أن للنفط كثافة طاقة مرتفعة، ويمكن حساب تكلفة كل كيلواط من الغاز بقسمة السعر الحالي للتر الغاز على الطاقة الناتجة منه.

سلبيات أنواع الطاقة

الأمان: معلوم أن لكل صناعة مخاطر. ويمكن قياس هذه المخاطر في صناعة الطاقة بدلالة معدّل الوفيات لكل تيراواط ساعة (TWh). يبيّن الجدول 1-8 أدناه عدد ضحايا العمل بمصادر الطاقة أو نتيجة استخدامها مقارنةً بالكمية الإجمالية للطاقة المتولّدة. وقد أُدرجت بعض التفاصيل حول معدّلات الوفيات.

الجدول 1-8 متوسط معدّل الوفيات في العالم لكل تيراواط ساعة.

مصدر الطاقة	معدّل الوفيات (الوفيات لكل TWh)
الفحم	100,000
النفط	36,000
الوقود الحيوي	24,000
الغاز الطبيعي	4,000
الطاقة الكهرومائيّة	1,400
الطاقة الشمسية (أعلى السطح)	440
طاقة الرياح	150
الطاقة النووية	90

1. الفحم هو أكبر مصدر للطاقة المستخدمة في جميع أنحاء العالم، وهو أكثرها فتكًا أيضًا، ذلك أن حوادث تعدين الفحم وصعوبات التنفّس لدى الأشخاص الذين يعيشون حول مصانع الفحم تمثّل معظم الوفيات.

2. تحتوي إحصائيات الطاقة الكهرومائيّة على وفيات نتيجة الانهيارات في خزّان السد، ومن الأمثلة على ذلك انهيار خزّان سد بانزياو (الصين) في العام 1975 والذي تسبّب في وفاة 230,000 شخص بسبب الفيضانات.

3. كانت الوفيات في صناعة الطاقة الشمسية بشكل أساسي نتيجة سقوط الأشخاص الذين يقومون بتركيب المعدات أو صيانتها (المشكلة نفسها في طاقة الرياح).

4. سُجّلت 90 حالة وفاة فقط في تاريخ الطاقة النووية في جميع أنحاء العالم نتيجة الحوادث. فعلى سبيل المثال نُسبت حالة وفاة واحدة فقط لكارثة فوكوشيما دايوشي النووية التي وقعت في اليابان في العام 2011.

الغازات الدفيئة: ينتج الوقود الأحفوري غازات دفيئة مسؤولة عن تسريع تغيّر المناخ.

الموقع: هناك كثير من مصادر الطاقة لا يمكن استخدامها في كل مكان، فالطاقة الكهرومائيّة لها شروط جيولوجية وبيئية تجعلها غير مفيدة في دولة قطر. أما الطاقة الشمسية فهي ليست اقتصادية في المناطق القصوى لدوائر العرض الشمالية والجنوبية، في الوقت الذي أصبحت فيه مثالية في دولة قطر.

محطة الطاقة غير القابلة للتوجيه والتحكّم: تعتمد التكنولوجيا في هذه المحطات على البيئة، ولا يُمكن السيطرة عليها لضبط ارتفاع الطلب. ذلك أن محطات الطاقة الشمسية وطاقة الرياح هي محطات طاقة غير قابلة للتوجيه والتحكّم، وتستدعي في العادة تعزيزها بواسطة البطاريات.

تكلفة بناء محطة للطاقة

التكنولوجيا	تكلفة الكيلو واط ريال قطري
الغاز/ النفط	3,640
الرياح البرية	5,824
الرياح البحرية	23,660
الطاقة الشمسية (الثابتة)	3,858
الطاقة الشمسية (المتحركة)	4,113
تخزين البطاريات	7,280
الطاقة الكهرومائية	9,755
الطاقة الحرارية الأرضية	10,192
الفحم النظيف	13,104
الطاقة النووية	21,840
خلايا الوقود	26,208

يكون المقياس الأهم عند بناء محطة طاقة هو **تكلفة كل كيلو واط (الجدول 8-2)**. فإذا كانت تكلفة كل كيلو واط لمحطة التوربينات الغازية ذات الدورة المركبة 3,640 ريالاً قطرياً، فإنّ بناء محطة 20 KW ستكون تكلفته $20 \times 3,640 = 72,800$ ريال قطري.

قد تختلف هذه القيم اختلافاً كبيراً بحسب مكان إنشاء المحطة؛ ذلك أنّ التكاليف التأسيسية تعتمد على أجور العمال ومدى بُعد الإمدادات عن موقع البناء، بالإضافة إلى توافر الطرق والطاقة في موقع البناء، لا سيّما وأن الكهرباء يجب نقلها عبر أسلاك عالية الجهد. لذلك، فإن تحديد موقع محطة الطاقة يعدّ أمراً اقتصادياً.

الجدول 8-2 تكلفة الكيلوواط (رق).

وهناك تكاليف إضافية قد تستجدّ عند استخدام تكنولوجيا محطات الطاقة المتجددة غير القابلة للتوجيه والتحكّم، حيث ستكون بحاجة إلى مرفق لتخزين بطاريات (الشكل 8-21) لتكون بديلاً لطاقة المصدر المتجدّد، سواء كانت هذه الطاقة هي الشمس الساطعة أو الرياح بدرجاتها... في جميع الحالات، يكون وقود تشغيل المحطة مجاناً، وتبقى التكاليف الإجمالية تنافسية. المقياس المشترك الآخر هو



تكلفة كل كيلو واط ساعة النهائية، وهذا هو ثمن وحدة استهلاك الكهرباء عند بدء تشغيل المحطة. هناك طرائق كثيرة لضمان انخفاض سعر كل كيلو واط ساعة حيث تدعم حكومات كثيرة تكلفة الطاقة، وقد تؤخذ التكلفة الأصلية للمواد في حسابان الدعم؛ على سبيل المثال، فإن الخلايا الجديدة قد تنتج الكهرباء بسعر 0.15 ريالاً قطرياً لكل كيلو واط ساعة مع إمكانية شراء الألواح «المجدّدة» بمبلغ 0.03 ريال قطري لكل كيلو واط ساعة.

الشكل 8-21 شاحن شمسي لهاتف.



نشاط 8-2a إيجابيات محطات الطاقة وسلبياتها

صالحه للاستخدام في قطر	تكلفة رأس المال منخفضة	أمنه الإنتاج	الغازات الدفيئة	في أي مكان	متجددة	
						الفحم
						الطاقة الحرارية الأرضية
						الطاقة الكهرومائية
						الغاز الطبيعي
						الطاقة النووية
						النفط
						الطاقة الشمسية
						طاقة الرياح

تحقق، باستخدام شبكة الإنترنت، من جميع الفئات التي تنطبق على كل مصدر طاقة.

املأ الجدول بالإجابة على الأسئلة:

- هل هي متجددة؟ هل يمكن وضعها في أي مكان؟ هل تولد الغازات الدفيئة؟

- ما معدّل الوفيات المتعلّق بها؟ هل تُعدّ الكلفة الرأسمالية الأولية لبناء محطة توليد الكهرباء منها منخفضة؟

- هل يمكن أن يُستخدم نوع الطاقة في دولة قطر؟

التقنيات	متوسط تكلفة كل كيلو واط (ريال قطري)
حرق الفحم الحجري القديم	2,730
دورة الغاز الطبيعي المركّبة	3,640
توربينات الرياح	5,824
الطاقة النووية	21,840
الطاقة الشمسية	3,850
الطاقة الكهرومائية	9,755

المشروع

1. اعمل ضمن مجموعة صغيرة، واختر واحداً من مصادر الطاقة.
2. باستخدام الأرقام المقدّمة لمتوسط تكلفة كل كيلو واط، احسب تكلفة محطة طاقة 200 kW باستخدام التقنية التي اخترتها.
3. ابحث في الاعتبارات الأخرى وفي التكاليف الرأسمالية لتقويم تكنولوجيا الطاقة الخاصة بك كونها قابلة للتنفيذ ومفيدة لدولة قطر.
4. اكتب تقريراً واعرضه على زملائك في الصف لمناقشة خيارات الطاقة المختلفة.

إعادة التدوير وحفظ الطاقة

قد يكون أسهل مصدر للطاقة المتاحة هو إعادة استخدام ما يتم توليده فعلاً. إنَّ إعادة التدوير هي أكثر من مجرد منع التلوث، بل إنَّ إعادة التدوير هي تجميع للطاقة أيضًا.

وتستعيد إعادة تدوير الألومنيوم ما يصل إلى 95 % من الطاقة التي نحتاج إليها لإنتاج المعدن. ويُستعاد قدر كبير من الطاقة والموارد، من خلال إعادة تدوير جميع الفلزّات. يمكن فصل الفلزّ بسهولة، وهو أمر حيوي لإعادة التدوير باستخدام المغناطيسية والاختلافات في الكثافة.



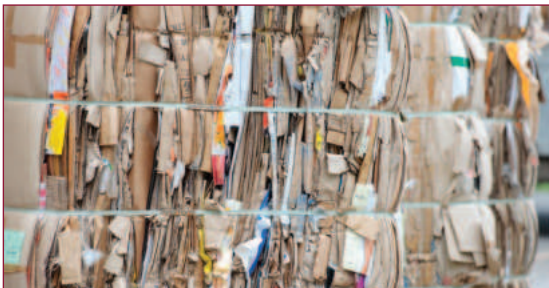
الشكل 8-22 قوارير بلاستيكية لإعادة التدوير.

يمكن أن تستعيد إعادة تدوير البلاستيك 88 % من الطاقة الإنتاجية. لكن، ولسوء الحظ، يُصَرَّف قدر كبير من الطاقة في فرز البلاستيك، وهذا يجعل إعادة تدويره غير اقتصادية في كثير من الأحيان.

تصرّ الكثير من أنظمة إعادة التدوير على الالتزام الجاد بفصل الأنواع المختلفة من البلاستيك (الشكل 8-22). يمكن للشركات تعويض بعض الكلفة الإضافية عن طريق فرض رسوم على المُنتجات المصنوعة من البلاستيك «المعاد تدويره» مع مراعاة المخاوف العامة.

تستعيد إعادة تدوير الزجاج ما بين 25-30 % من الطاقة المُستهلكة مقارنةً بإنتاجه من المواد الخام، فطن واحد من الزجاج المُعاد تدويره يوفر 42 kWh.

تستعيد بطاريات إعادة التدوير الكثير من الطاقة التي كانت تُستخدم لإنتاجها من المواد الخام. وتسهم إعادة تدوير بطاريات الرصاص الحمضية في إعادة استخدام الرصاص وتحويل الحمض إلى منتجات أخرى. يجب إعادة تدوير الأنواع الأخرى من البطاريات، لأنها قد تسرّب السموم إلى البيئة إذا لم يتمّ التخلص منها بشكل آمن؛ ويجري البحث اليوم عن طرائق آمنة واقتصادية لإعادة تدوير تلك البطاريات.



الشكل 8-23 لفائف الكرتون المجمّعة لإعادة التدوير.

- يوفر طن واحد من ورق الصحف المُعاد تدويره 601 kWh من الطاقة.
- توفر إعادة تدوير طن واحد من ورق المكاتب 17 شجرة و7000 جالون من المياه، و11 برميلاً من النفط، و15000 kWh من الطاقة.
- إنَّ تصنيع طن واحد من ورق المكتب باستخدام مخزون الورق المُعاد تدويره يمكن أن يوفر ما بين 3000 - 4000 kWh.

• يمكن أن توفر إعادة تدوير طن واحد من الورق المقوّى 390 kWh من الكهرباء (الشكل 8-23). في كثير من الحالات تكون إعادة التدوير في مكانها أقل تكلفة من نقلها لمرافق الاستصلاح لتدويرها.



نشاط 8-2b مشروع البحث: مقارنة بين الطاقة المتجددة والطاقة غير المتجددة

مُهَمَّات البحث

1. أنشئ جدولاً بالمصادر المختلفة للطاقة المتجددة.
2. حدّد إيجابيات كل مصدر للطاقة.
3. حدّد سلبيات كل مصدر للطاقة.
4. أنشئ جدولاً بالمصادر المختلفة للطاقة غير المتجددة.
5. حدّد إيجابيات كل مصدر للطاقة.
6. حدّد سلبيات كل مصدر للطاقة.
7. هناك عدد من مصادر الطاقة الناشئة في مرحلة البحث والاختبار. ابحث عن واحد من تلك المصادر، وحدّد إيجابيات هذا المصدر الجديد وسلبياته.
8. اختر مصدرًا واحدًا للطاقة، وشرح سبب اعتباره الخيار «الأفضل» الذي يمكن استخدامه في جميع أنحاء العالم.

الأسئلة

- a. الطاقة النووية لها الكثافة الأعلى بين مصادر الطاقة المستخدمة، وهي لا تسهم في إنتاج الغازات الدفيئة في البيئة، وجميع نواتج النفايات تكون في منطقة محلية صغيرة. ما الذي يمنع الطاقة النووية أن تكون مصدر الطاقة الأفضل؟
- b. يستخدم الوقود الحيوي في عدد من البلدان، لكنه مثير للجدل، بخاصة في الأماكن التي ينتشر فيها الجوع. ما أسباب ذلك الجدل؟
- c. قم بإجراء بحث عن معنى تعبير «الحركة الدائمة». ما الآلة ذات الحركة الدائمة؟ ولماذا لا يمكننا بناؤها؟

ماذا إذا؟

إذا أمكنك بناء مصدر طاقة «مثالي» من دون العودة إلى قوانين الفيزياء أو الكيمياء، فما شكل مصدر الطاقة ذلك؟ وكيف يمكن استخدامه؟

اختيار من متعدد

1. ما تكنولوجيا تجميع الطاقة الشمسية تتطلب توربينًا بخاريًا؟

a. تسخين المياه بالطاقة الشمسية.

b. محطة الطاقة الشمسية الكهروضوئية.

c. التدفئة المنزلية بالطاقة الشمسية.

d. الطاقة الشمسية المركزة.

2. ما تكنولوجيا التجميع الشمسي التي تُحوّل ضوء الشمس مباشرة إلى كهرباء؟



a. تسخين المياه بالطاقة الشمسية.

b. محطة الطاقة الشمسية الكهروضوئية.

c. التدفئة المنزلية بالطاقة الشمسية.

d. الطاقة الشمسية المركزة.

3. أي نوع من محطات توليد الكهرباء لا يحتاج إلى مصدر تبريد، مثل برج التبريد؟



a. الطاقة النووية.

b. محطة الطاقة بالتبخير.

c. محطة الطاقة الكهرومائية.

d. الطاقة الشمسية المركزة.

4. ما محطة توليد الطاقة التي سيكون لها أعلى سعر لكل كيلو واط في دولة قطر؟



a. محطة النفط.

b. المحطة الكهرومائية.

c. محطة الطاقة الشمسية.

d. محطة الغاز الطبيعي.

5. لماذا تُعدّ الطاقة الشمسية مصدرًا للطاقة المتجددة؟



6. ما مصدر الطاقة في محطة الطاقة الكهرومائية؟



7. ما سبب طاقة الرياح؟



8. ما مصدر الطاقة الحرارية الأرضية؟



9. ما الذي يُشترط لبدء تفاعل الانشطار النووي؟



10. ما معوقات استخدام الطاقة الشمسية؟



11. بناءً على معدل الوفيات لكل تيراواط ساعة، أي مصدر من مصادر الطاقة هو الأكثر أمانًا؟

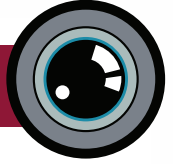


تقويم الدرس 2-8

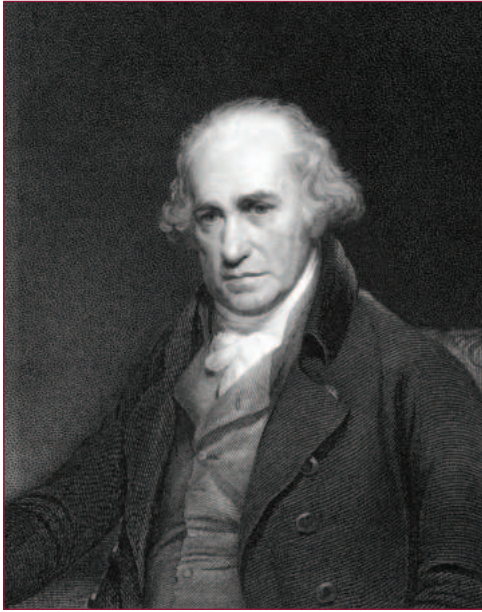


12. تدعم دولة قطر المزيد من مصادر الطاقة المتجددة التي يستخدمها المواطنون. حدّد المصادر المتجددة التي ستكون مثالية لتحقيق أهداف أصحابها، والمصادر التي لن تكون ناجحة. وضح إجابتك.

الطاقة	ناجحة أم غير ناجحة / الأسباب
الطاقة الشمسية	
طاقة الرياح	
الطاقة الحرارية الأرضية	
الطاقة الكهرومائية	



جيمس واط James Watt: 1736-1819

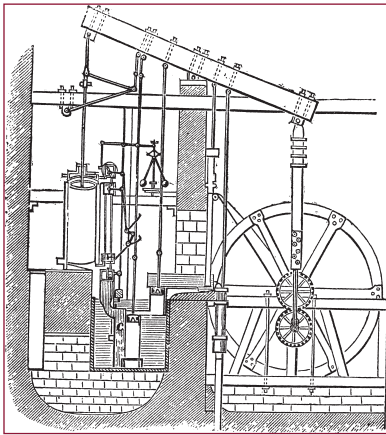


الشكل 8-24 جيمس واط.

كان جيمس واط (الشكل 8-24) حرفياً ماهراً في العمل اليدوي. وقد وجد وظيفة في حياته المبكرة في إصلاح الآلات الرياضية في جلاسكو، باسكوتلندا. ثم عُرض عليه، قبل إنهائه فترة التدريب المهنية، فرصة العمل على بعض المُعدّات في جامعة جلاسكو. كُتِب له النجاح إثر عرضٍ لتجهيز ورشة في الجامعة التي يعمل فيها فضلاً عن عدد من الأدوات والآلات، بما فيها الإسطرلاب التام الذي اخترعه محمد بن موسى الخوارزمي منذ أكثر من ألف عام.

في أحد أيام العام 1763 أُحضِرَ المحرّك البخاري لنيوكومان بغية إصلاحه؛ كان المحرّك البخاري

آنذاك يُعدُّ تقنية مُتقدمة، فقد كانت تلك الآلة تستخدم البخار في الأسطوانة لتدفع المكبس نحو الأعلى؛ عندها تبرد الأسطوانة مسبباً تكثُفاً للبخار، الأمر الذي يسمح لضغط الهواء بسحب المكبس والعودة به نحو الأسفل. وعلى الرغم من استخدام هذه التقنية على مدى 50 عاماً في ضخ الماء، فقد كان واط أول من اكتشف عيب التصميم ووجد طريقة لإصلاحه: بدلاً من تبريد الأسطوانة كلها، والتي كان من المطلوب إعادة تسخينها، صمّم واط طريقة لدفع البخار إلى غرفة تبريد مُنفصلة. وقد ضاعف ذلك من كفاءة المُحرّك البخاري ليُصبح أساساً لجميع التوربينات البخارية الحديثة.



الشكل 8-25 محرّك واط البخاري مع الحركة الدورانية.

ابتكر واط أيضاً طريقة لتحويل حركة صعود المكبس وهبوطه إلى حركة دائرية لتدوير عجلة. وبتعليقه على دولاب الموازنة الثقيل الذي يمكن أن يُستخدم لتنظيم عمل الآلات وقيادة القطارات والقوارب، أطلق «محرّك واط البخاري» الثورة الصناعية. وباستخدام بخار مرتفع الضغط والمزيد من المكابس، ثبتّ واط مكانته في التاريخ. ويجري اليوم اختبار تصاميم واط الأصلية طريقةً لزيادة كفاءة محطات الطاقة التي تُنتج «حرارة ضائعة».

الدرس 1-8 الطاقة

- وحدة الطاقة هي الجول **Joule**.
- **الطاقة المُتجدِّدة Renewable** تتضمَّن مصادر تتجدَّد بشكل طبيعي مثل ضوء الشمس، أو تستعيد نموّها في فترة لا تتعدَّى عشر سنوات، ولا يمكن استنفادها بالاستهلاك المتكرر.
- **الطاقة غير المُتجدِّدة Non-renewable energy** تتضمَّن «الوقود الأحفوري **Fossil fuels**»، مثل الفحم والنفط والغاز لأنَّ إعادة إنتاجها في الأرض تتطلَّب ملايين السنين. وتشمل اليورانيوم المتوافر بكميَّة محدودة لا يمكن التعويض عنها.
- **التوربين Turbine** آلة لتحويل طاقة المائع المتدفِّق إلى حركة دورانيَّة.
- تستخدم **التوربينات الغازية ذات الدورة المركَّبة Combined cycle gas turbine** الطاقة التي ينتجها مصدر حراري بفعالية أكبر، عبر مرحلتين: الأولى تدير المحرِّك الأوَّل عبر التوربين الغازي، والثانية تستخدم حرارة البخار الناتج من أنبوب غلي الماء لتدوير المحرِّك الثاني.

الدرس 2-8 تكاليف إنتاج الطاقة

- **الكيلو واط ساعة kilowatt-hour** هي وحدة قياس للطاقة الكهربائيَّة المُستخدمة.
- **الطاقة الشمسيَّة** تستخدم ضوء الشمس لإنتاج الكهرباء مباشرة بواسطة **الخلايا الشمسيَّة Solar cells** أو لرفع حرارة البخار لتدوير التوربين.
- **طاقة الرياح Wind Energy** يتم اكتساب طاقة الرياح باستخدام توربينات الرياح لتدوير المحرِّك.
- **الطاقة الحرارية الأرضية Geothermal** تستخدم مصادر الحرارة من الأرض.
- **الطاقة الكهرومائيَّة Hydroelectric** تستخدم طاقة المياه المنحدرة.
- **الطاقة النوويَّة Nuclear energy** تستخدم التفاعلات النوويَّة مصدرًا أوليًّا للطاقة المستمدَّة من اليورانيوم في المحطة النوويَّة؛ ويمكن **لقضبان التحكم Control rods** أن تضبط الطاقة الناتجة بامتصاصها للنيوترونات.
- **الوقود الأحفوري Fossil fuels** غير المُتجدِّد يؤمِّن % 85 من استخدامات العالم من الطاقة.
- **حساب التكلفة لكل كيلو واط Cost per kW** يتضمَّن، بحسب الموقع، تقديرات تكلفة البناء.


تقويم الوحدة

اختيار من متعدّد






1. أيّ من الطاقات المتجدّدة الآتية تنتج مباشرةً من الشمس؟
 - a. الرياح
 - b. الفحم الحجري
 - c. الخشب
 - d. النووية
2. أيّ من أشكال الطاقة غير المتجددة لا يسبّب توليد الغازات الدفيئة؟
 - a. النفط
 - b. الفحم الحجري
 - c. النووية
 - d. الغاز الطبيعي.
3. تحوّل النباتات طاقة ضوء الشمس إلى كربوهيدرات. أيّ من المصطلحات الآتية تصف هذا التحوّل؟
 - a. التقطير
 - b. التحوّل الكهرو ضوئي.
 - c. التحوّل الهيدروكربوني.
 - d. البناء الضوئي
4. أيّ مما يأتي يتضمّن تسلسلاً صحيحاً من مصدر إنتاج الطاقة الأوّل إلى الطاقة المستخدمة؟
 - a. الشمس، النبات، النفط، البترول.
 - b. النبات، الشمس، البترول، النفط.
 - c. الشمس، النبات، البترول، النفط.
 - d. النفط، البترول، الشمس، النبات.
5. ما الشيء المشترك بين مولّدات الكهرباء جميعها؟
 - a. الطاقة الشمسيّة.
 - b. التوربينات.
 - c. المجال المغناطيسي.
 - d. محرّك البنزين.
6. ما العاملان المطلوبان لتشغيل التوربينات؟
 - a. البرودة والضغط المُنخفض.
 - b. الحرارة والضغط المرتفع.
 - c. الشمس والضغط المرتفع.

- d.** الضغط المرتفع والضغط المنخفض.
- 7.** أيّ من تقنيات التجميع الشمسيّة تحتاج إلى التوربينات البخارية؟
- a.** الكهروضوئية. **c.** تدفئة المنزل الشمسية.
- b.** تسخين الماء الشمسي. **d.** الطاقة الشمسية المكثّفة.
- 8.** تعمل إعادة التدوير على استعادة الطاقة والمواد الخام، ما الطرق المستخدمة لفصل الفلزات عن بعضها عند إعادة تدويرها؟
- a.** الكهرباء الساكنة والمغناطيسية. **c.** المغناطيسية واختلاف الكثافة.
- b.** الجاذبية واختلاف الكتلة. **d.** الجاذبية واختلاف الكثافة.
- 9.** ما المشكلة الرئيسيّة في إعادة تدوير البلاستيك؟
- a.** لا يمكن إعادة استخدامه.
- b.** فيه الكثير من القوارير البلاستيكية.
- c.** يحتاج إلى الكثير من الطاقة لتصنيفه.
- d.** عدم اهتمام الناس بإعادة التدوير.
- 10.** أيّ مصدر لمحطة الطاقة لن يكون عملياً في دولة قطر؟
- a.** النفط. **c.** الكهروضوئية PV.
- b.** الكهرومائيّة. **d.** الرياح البحرية.

الدرس 1-8 الطاقة

11. ما أهمية التوربينات؟ 
12. لماذا يُعدّ الفحم الحجري وقودًا أحفوريًا؟
13. ما إحدى سلبيات الطاقة المتجدّدة؟
14. يمكن لبندول أن يمتلك 5 J من الطاقة (الأولية). حدّد كمية الحرارة المتولّدة منه عندما يتوقّف.
15. لِمَ تُعدُّ آلة الحركة الدائمة مستحيلة؟
16. بماذا يمتاز استخدام الطاقة المتجددة عن استخدام الوقود الأحفوري؟
17. كثير من الناس يحرقون الخشب كوقود. اشرح إسهام ذلك في إجمالي محتوى الكربون في الغلاف الجوي.


الدرس 2-8 تكاليف إنتاج الطاقة


18. كيف يمكن استخدام الطاقة الكهرومائيّة لتخزين الطاقة؟ 
19. ما أهمية السدّ في المحطّة الكهرومائيّة؟
20. حدّد سببًا رئيسًا قد يمنع استخدام الطاقة الكهرومائيّة؟ 
21. ما الشرط اللازم لبدء تفاعل الانشطار النووي؟ 
22. ما الوقود المُستخدَم في تفاعل الانشطار النووي؟ 
23. ما أهمية الماء الثقيل في المفاعل النووي؟
24. كيف يمكن لقضبان التحكم في المفاعل النووي أن تتحكّم فعليًا بالتفاعل؟ 

25. ما الخطر الرئيس الذي يجعل من مصدر الطاقة الكهرومائيّة هو الثالث من حيث الخطورة؟ 

26. ما المتغيّرات التي يجب أن تؤخذ بالحسبان عند تحديد سعر لكل كيلو واط لمحطة الطاقة؟

27. بماذا تمتاز محطات طاقة الرياح ذات المحور الرأسي عن المحطات ذات المحور الأفقي؟

28. لِمَ تُعدُّ الطاقة الكهرومائيّة تكنولوجيا غير قابلة للتوجيه والتحكّم؟ 


29. تكلف سيارتك الكهربائية QR 32,000 أكثر من السيارة العادية، لكنك تكون قد وفّرت 

QR 4,100 كل عام من النفط. ما السبب الآخر الذي يدعوك إلى شراء السيارة الكهربائية؟

30. ما الميزة الاقتصادية للطاقة الشمسية؟ 

31. ما المتغيّرات الخاصة التي يمكن وضعها بالحسبان عند حساب تكلفة الكهرباء في منطقة 

نائية؟

32. لِمَ قد تختلف عروض أسعار لكل كيلو واط بين شركتين تُزوّدان الألواح الشمسيّة؟ 

33. لِمَ لا يكون السعر هو المعيار الوحيد لاختيار مصدر الطاقة؟ 



الوحدة 9

الكوارث الطبيعية

Natural Disasters

في هذه الوحدة

GP1108

GP1109

• **الدرس 1-9:** الحرارة

• **الدرس 2-9:** أحداث الطقس

مقدمة الوحدة

تشير الأدلة الجيولوجية إلى أن الأرض كانت موجودة منذ وقت طويل. في خلال ذلك الوقت، شاركت عدة عوامل في تشكيلها لتكون كما هي عليه اليوم، فقد ساهمت كل من البراكين والزلازل والفيضانات والأعاصير والجفاف والتسونامي في إحداث تغييرات مذهلة على سطح الأرض. بالإضافة إلى ذلك كله، كان لكل من المطر الخفيف والأمواج وظروف التجمد، التأثير نفسه بمرور الوقت في تغيير سطح هذا الكوكب. جميع هذه التغييرات يشترك عاملاً الحرارة والجاذبية في إحداثها. حتى يومنا هذا، لا تزال الجاذبية والحرارة تؤثران في الأرض وتحدثان فيها تغييرات.

إننا نبني الأبنية بجانب مصادر الماء، ونُنشئ مدننا على اليابسة، ونزرع محاصيلنا في الحقول المنخفضة الخصبة حيث وفرة الماء، ونعوّل على الظروف المناسبة للاستمرار في عمل ذلك. لكن، عندما تتغير هذه الظروف في الطبيعة لتصبح أكثر عنفاً، فإنها توصف بالكارثة ويكون لها تأثيرات سلبية على منجزاتنا.

تتناول هذه الوحدة القوى الأساسية المشاركة في إحداث هذه التغييرات الكارثية. ما الذي يسببها؟ وكيف نكون أفضل استعداداً لمواجهة والتخفيف من آثارها المدمرة؟

الأنشطة والتجارب

1-9 خلايا الحمل الحراري

2-9 الاستعداد للكوارث

الدرس 9-1 الحرارة Heat



الشكل 9-1 غلي الماء.

تأمّل كوب الشاي الذي نشربه: في مرحلة ما، علينا أن نغلي الماء (الشكل 9-1) لإعداد ذلك الشاي. إن العوامل التي تساعدك على غلي الماء هي ذاتها التي تسبب كلاً من مظاهر الطقس والزلازل والبراكين على الأرض. تلك العوامل هي أكبر بكثير، وتأثيرها بعيد المدى، وإن كانت المبادئ الفيزيائية لهذه العوامل، والعوامل التي أسهمت في غلي الماء لإعداد كوب الشاي، متشابهة.

تُغيّر الحرارة الأشياء بطرائق مختلفة، تمامًا كما يحدث في غلي الماء، غير أن الحرارة - وهي عنوان هذا الدرس - تُغيّر الخصائص الفيزيائية للمادة أولاً.

المفردات



Convection	الحمل الحراري
Pressure	الضغط
Meteorology	الأرصاد الجوية
Oceanography	علم المحيطات
Geologist	جيولوجي
Tectonic plates	الصفائح التكتونية

مخرجات التعلّم

GP1108.1 يوضّح كيف تتشكّل تيارات الحمل الحراري في الموائع عن طريق حركة المناطق الأكثر سخونة، والأكثر برودة في المائع.

GP1108.2 يصف كيف تتشكّل التيارات البحرية (مثل تيار الخليج) بواسطة الحمل الحراري، وكيف يمكن لارتفاع درجة حرارة مياه المحيطات أن يهدد توازن هذه التيارات.

التمدد الحراري



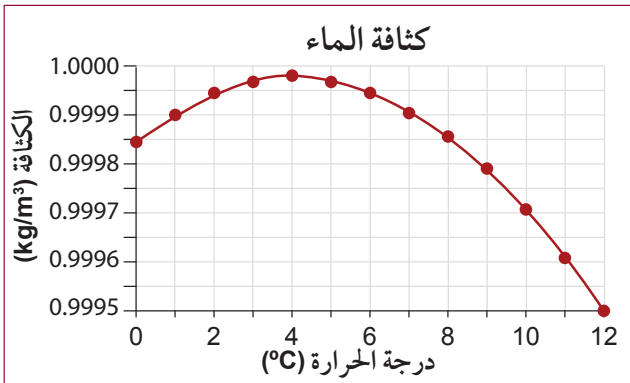
الشكل 9-2 خزان تمدد الماء في السيارة.

يصف التمدد الحراري كيف يتغير حجم المواد نتيجة التسخين.

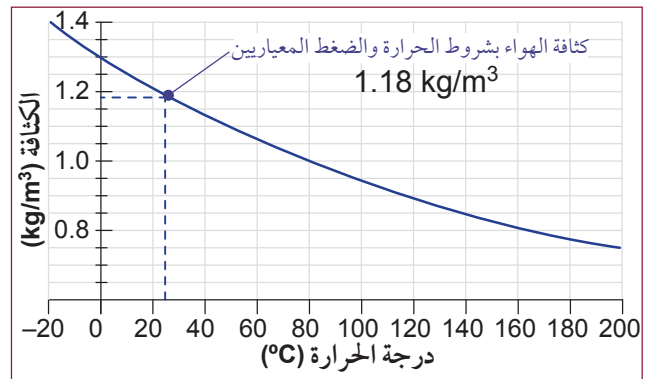
عند تعرّض المادة للتسخين، فإن جزيئاتها تتحرك على نحو أسرع. وكلما ارتفعت درجة الحرارة تطلبت الجزيئات حيزاً أكبر، فتتمدد المادة. يمكنك مشاهدة تمدد الماء في محرك السيارة وتمدد سائل التبريد المتصل بخزان خاص لاستيعاب هذا التغير في الحجم، (الشكل 9-2).

تمتص المحيطات ما يقرب من 90% من زيادة درجة حرارة الأرض، ما يؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة الماء وتمدده، فيرتفع مستوى سطح البحر. ويسهم ارتفاع مستويات سطح البحر والطاقة الإضافية الناتجة من ارتفاع درجة الحرارة في زيادة شدة العواصف.

يؤدي ارتفاع درجة الحرارة إلى تقليل الكثافة؛ ذلك أن الكتلة ذاتها ستشغل حيزاً أكبر، أي يصبح حجمها أكبر، فتقل الكثافة (الشكل 9-3). تبعث المصانع ووسائل النقل ومحطات توليد الكهرباء بصورة مستمرة كميات كبيرة من الغازات الضارة بالبيئة وأهمها ثاني أكسيد الكربون، تؤدي جميعها إلى ظاهرة الاحتباس الحراري، والتي تؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة الغلاف الجوي، ويتسبب ذلك بأمر خطير على البيئة والبشرية، هو ارتفاع درجة حرارة المحيطات والبحار مما يؤدي إلى تمددها وارتفاع منسوبها، ويرتفع منسوبها أيضاً بسبب انصهار كميات كبيرة من الجليد في المناطق القطبية واندفاع الماء إلى البحار. نتيجة لذلك سوف تنغمر مدن وسهول ساحلية كبيرة بالمياه.



الشكل 9-4 العلاقة بين درجة حرارة الماء وكثافته.



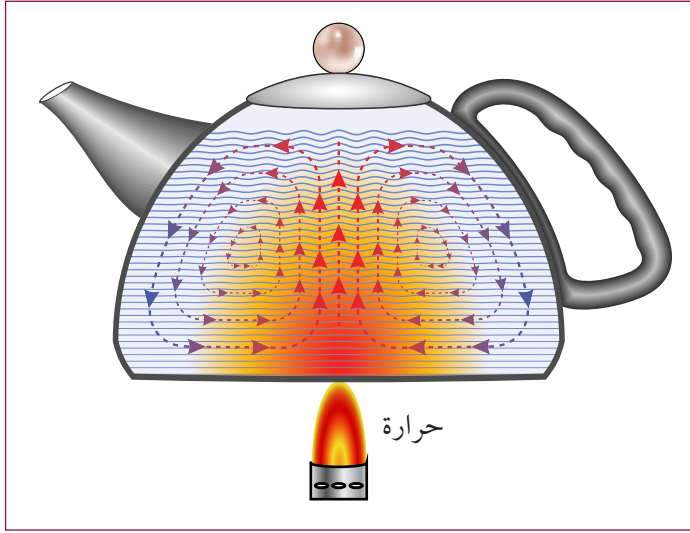
الشكل 9-3 العلاقة بين درجة حرارة الهواء وكثافته.

هذه العلاقة العكسية بين درجة الحرارة والكثافة صحيحة في معظم المواد، فكثافة الهواء البارد أكبر من كثافة الهواء الساخن، وكثافة الماء البارد أكبر من كثافة الماء الساخن؛ غير أن هذه القاعدة لا تنطبق على الماء في درجات الحرارة بين 0°C و 4°C، فكلما ارتفعت درجة الحرارة من صفر إلى 4°C، ازدادت معها الكثافة فعلياً بمقدار قليل (الشكل 9-4).

ويُعدّ انصهار الجليد إلى ماء بارد عذب يتدفق إلى البحر أحد أسباب ارتفاع مستوى سطح البحر، إضافة إلى أن له تأثيراً آخر في إحداث تغييرات في تيارات المحيط، وهذا ما يؤثر في المناخ.

تيارات الكثافة (تيارات الحمل الحراري)

إنَّ الفرق في الكثافة لا يكفي لإنتاج الحركة؛ فتيارات الكثافة، كالتّي تدفع تيارات المحيط والرياح، قد تولدت بسبب قوّة جاذبيّة الأرض للماء. حيث يهبط الماء والهواء الأكثر كثافة إلى الأسفل ليصعد كل من الماء والهواء الأقل كثافة ويحل مكانهما في الأعلى. لذا، فإنّ الأصح أن نقول إن الهواء البارد يدفع الهواء الساخن إلى الأعلى، بدلاً من القول إن الهواء الساخن يرتفع إلى الأعلى. ويوضح الشكل 5-9 كيف يؤدي ذلك إلى إنتاج تيارات الحمل الحراري.

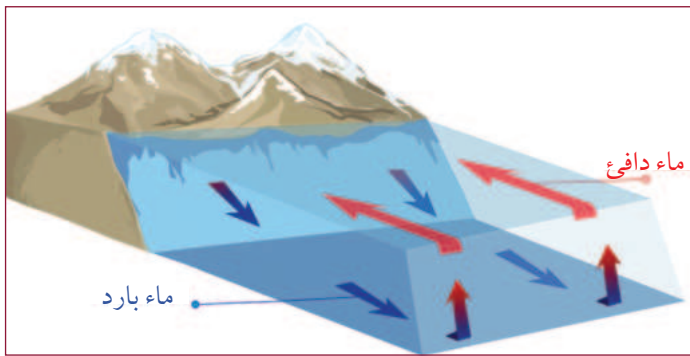


الشكل 5-9 تيارات الكثافة موضحة في إبريق شاي.

1. يُعرّض منتصف الإبريق للحرارة، فيتمدّد الماء في منتصفه، ويصبح أقل كثافة.
2. يدفع السائل البارد ذو الكثافة الأعلى، والموجود على جوانب الإبريق، الماء الأدفأ إلى الأعلى، ساحبًا المزيد من الماء البارد إلى الداخل في منتصف الإبريق.
3. يسخن الماء البارد ويتمدّد، وتستمرّ العملية مسببة حركة في داخل الإناء.

هذه الحركة تنتج من اختلاف في الكثافة، فعندما يسخن ماء الإبريق كله، تصبح الحركة في داخله غير واضحة.

وعلى هذا، فإن تيارات الكثافة هي المسبب لحركة تيارات المحيط. لاحظ الشكل 6-9 الذي يوضّح حركة هذه التيارات.



الشكل 6-9 تنتج تيارات المحيط من اختلاف الكثافة.

1. يسخن الماء عند خط الاستواء.
2. يتحرك الماء البارد من المناطق القطبية على طول الجزء السفلي من المحيط، ليحلّ مكان الماء الدافئ.
3. يتحرك الماء الدافئ بعيداً عن خط الاستواء على طول السطح. ويسبب ذلك الكثير من ظروف المناخ حول العالم.

ومن الممكن أن تقلّ هذه التيارات، وتتغير مساراتها بارتفاع درجات حرارة المحيطات. ويصبح هذا الأمر أكثر تعقيداً بدخول كميات من المياه العذبة الناتجة من إنصهار الجليد إلى المحيطات.

نسيم البحر ونسيم البرّ

«نسيم البحر» هو حركة الهواء البارد من الماء باتجاه اليابسة (الشكل 7-9). هذه الحركة تحدث بسبب اختلاف درجة الحرارة بين الماء واليابسة، ويمكن ملاحظة ذلك في النهار على ساحل البحر.

1. يصبح الهواء فوق الأرض دافئًا، فتقلّ كثافته ويتمدّد.

2. يتحرك الهواء البارد الذي يكون فوق الماء، ليحل مكان الهواء الدافئ.

3. يتحرّك الهواء الدافئ الذي أزيح، ليصبح فوق الماء، ويبرد.

4. يصبح الهواء الذي فوق اليابسة أكثر دفيئًا.

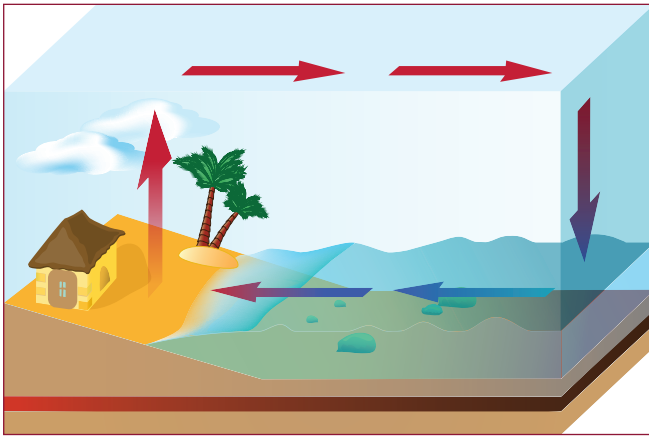
5. تتكرّر الدورة.

الحمل الحراري Convection يصف إنتقال الحرارة في نظام ما بفعل تيارات الكثافة، ويُسمّى هذا النمط التكراري «تيارات الحمل الحراري» (الشكل 8-9)، أو «خلية الحمل الحراري».

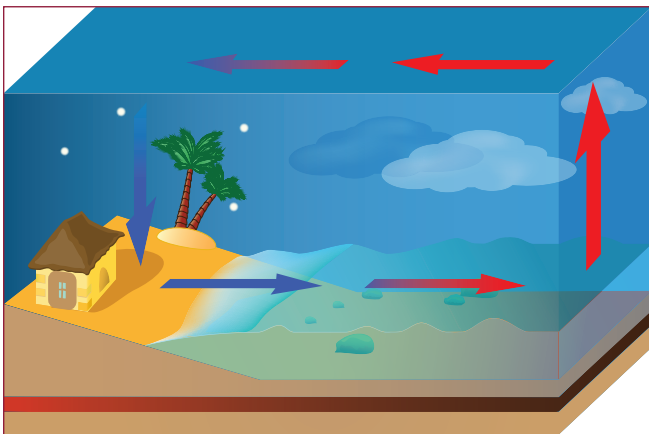
يختفي «نسيم البحر» عند الغسق، حيث تكون درجة الحرارة فوق اليابسة وفوق الماء متساوية تقريبًا. وبحلول الليل، يكون الماء أكثر دفيئًا من اليابسة، فينعكس اتجاه تيارات الحمل الحراري، ويسبّب ذلك «نسيم البرّ» (الشكل 9-9).



الشكل 7-9 نسيم البحر.



الشكل 8-9 تيار الحمل الحراري.



الشكل 9-9 نسيم البرّ.

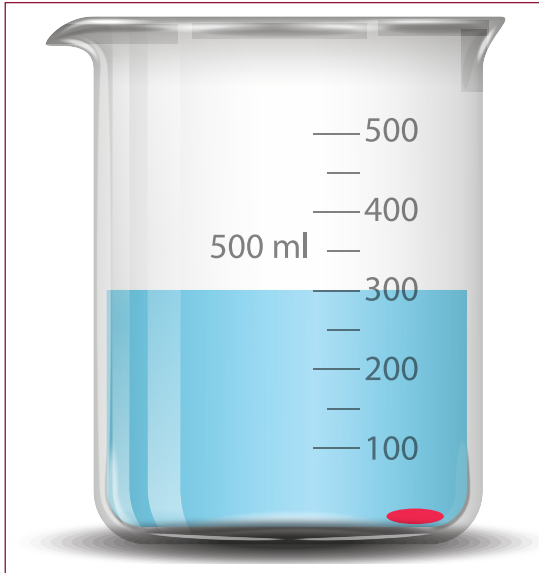


نشاط 1-9 خلايا الحمل الحراري

سؤال الاستقصاء	كيف يمكنك إنشاء خلية حمل حراري في صفك؟
المواد المطلوبة	كأس مدرجة 500 ml، ماء بارد، صبغة طعام، قطارة، مصدر حرارة، ساعة إيقاف.

- ابحث وزميلك، أو في مجموعات صغيرة، في التيارات البحرية، وفي كيفية تكوّنها.
- قم بمحاكاة هذه التيارات باستخدام صبغة طعام (أو مواد أخرى مثل برمنجنات البوتاسيوم) ومصدر للحرارة، مثل لهب بنزن.
- قم بمحاكاة آثار ارتفاع درجات حرارة المحيط.

الإجراءات



الشكل 10-9 كأس زجاجية فيها ماء وقطرة من صبغة الطعام.

1. ضع الكأس المدرجة على منصة (حامل) التسخين، بطريقة تسمح للحرارة بالوصول إلى أحد طرفي الكأس.
2. املأ الكأس بماء بارد إلى النصف. ثم اترك الماء وقتاً كافياً لاستعادة سكونه في الكأس.
3. تأكد من أن صبغة الطعام حُفظت في مكان بارد. ثم أضف بضع قطرات من صبغة الطعام باستخدام قطارة في قاع الكأس من الطرف الذي سيتم تسخينه (الشكل 10-9).

4. أشعل مصدر التسخين وشغل ساعة الإيقاف.
5. سجّل ملاحظتك عن درجة تغيّر لون الماء إلى أن يختلط لون صبغة الطعام بالماء، وسجّل وقت كل مشاهدة، ولا تجعل الماء يغلي.

الأسئلة والتحليل

- a. ما الوقت المستغرق لكي تختلط صبغة الطعام تماماً بالماء؟
- b. إن تسخين الماء يحاكي تأثير ارتفاع درجات حرارة المحيط، فما تأثير ذلك في معدّل تيارات الحمل الحراري وقتئذٍ؟
- c. هل ينجح هذا النشاط إذا بدأت التجربة بماء ساخن؟ وضح إجابتك.

تيارات الكثافة في الهواء

يمكن أن يغيّر بخار الماء ضغط الهواء، فعند دخول جزيئات الماء، فإنها تحلّ مكان جزيئات الهواء، فتقلّ من كثافة الهواء وضغطه.

عند أخذ حركة الهواء في الحسبان، فإن درجة حرارة الهواء ورطوبته تسهمان في قيم الضغط.

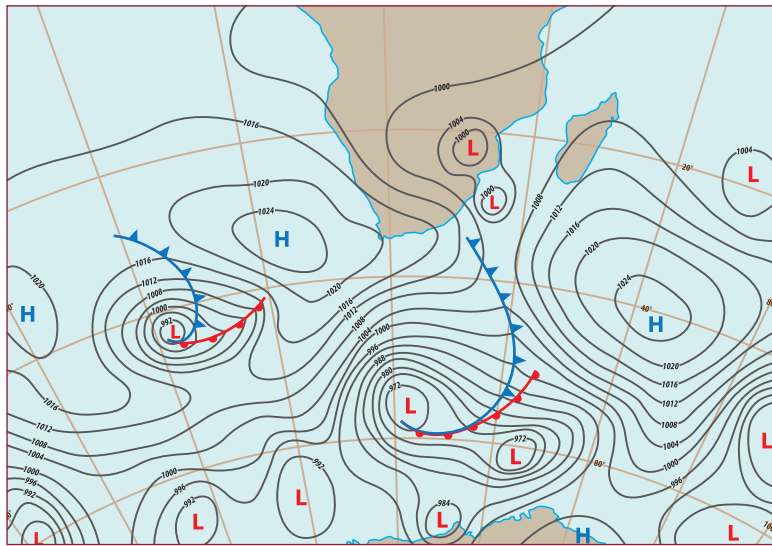
تُظهر خريطة الطقس مناطق ضغط مرتفع «H»، ومناطق ضغط منخفض «L». تشير الخريطة أيضًا إلى

بارد، جاف	الضغط الأعلى
دافئ، جاف	↓ ↓ ↓
بارد، رطب	
دافئ، رطب	الضغط الأقل

ضغط الهواء الفعلي، باستخدام خطوط تساوي الضغط. وتكون الأرقام الكبرى أقرب إلى «H»، والصغرى أقرب إلى «L» (الشكل 11-9).

وكلما كان الفرق في الضغط أكبر كانت الرياح المتوقعة أشدّ. وإذا كانت المنطقة فوق البحر فإن كمية الرطوبة تكون أكثر مما لو كانت منطقة اختلاف الضغط فوق اليابسة.

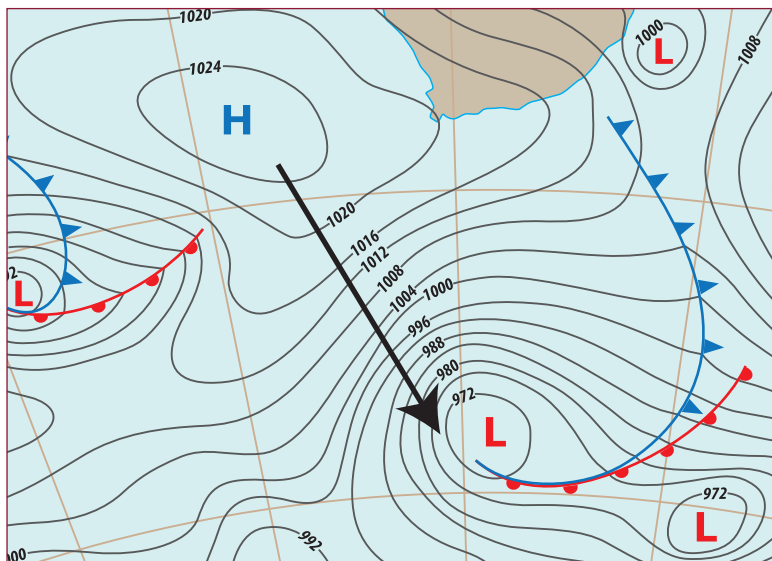
ويمكنك توقع مكان تيارات الهواء على خريطة الطقس، حيث تنتقل من مناطق الضغط المرتفع إلى مناطق الضغط المنخفض. وتكون التيارات أقوى عندما تكون الخطوط قريبة بعضها من بعض (الشكل 12-9).



الشكل 11-9 عيّنة خريطة الطقس.

علم الأرصاد الجوية Meteorology

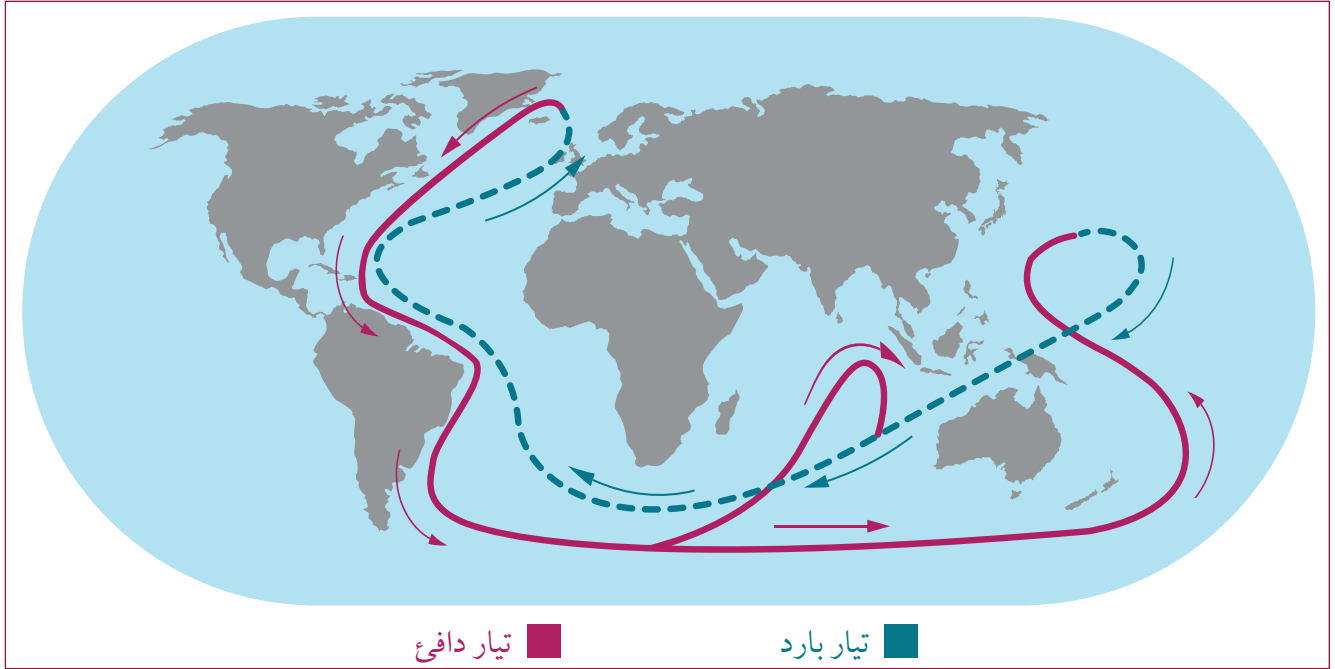
هو علم دراسة الطقس. بالإضافة إلى درجة الحرارة والرطوبة هناك كثير من المتغيرات التي تؤخذ في الحسبان، عند التنبؤ بنشاط عاصفة ما. يتغير الضغط مع تغير الارتفاع، ويتأثر هذا التغير بجيولوجية الأرض. وكلما كانت البيانات المجمعة أكثر، كانت تنبؤات الراصد الجويّ أكثر دقة.



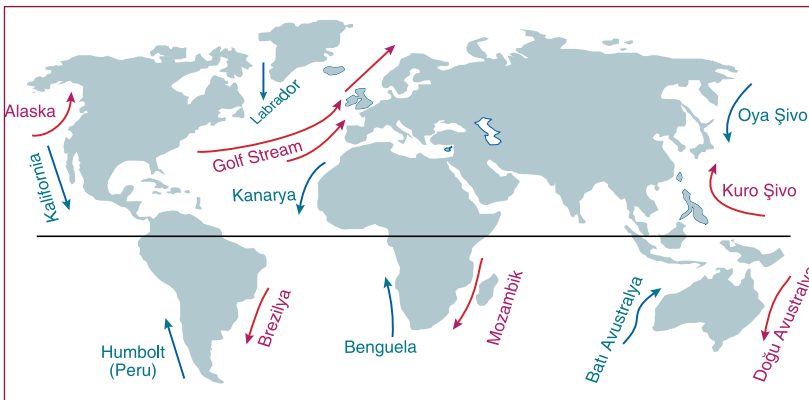
الشكل 12-9 منطقة مكبّرة تُظهر تيار هواء محتمل من الضغط المرتفع إلى الضغط المنخفض.

تيارات الكثافة في الماء

هناك تيارات كثافة في محيطات العالم تُحرّك الماء البارد ببطء، من المناطق القطبية إلى المناطق الأكثر دفئاً بالقرب من خط الاستواء. وتزحف تيارات الماء البارد على طول قاع المحيط، ويتطلب ذلك من 500 إلى 1000 عام لإكمال دورة كاملة، وهذا ما يُسمّى «حزام ناقل المحيط العالمي». ويكون تدفق الماء هذا مدفوعاً بمتغير آخر، وهو الملح الذائب في المحيط، حيث يزيد الملح من كثافة الماء. ذلك أن الماء البارد المالح كثيف جداً. لذا، فإنه يهبط إلى قاع المحيط.



الشكل 9-13 تيار كثافة عالمي تحركه الملوحة ودرجة الحرارة.



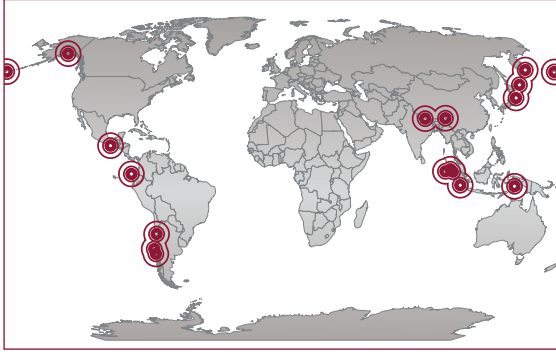
الشكل 9-14 تيارات المحيط الرئيسة.

هذه الحركة الضخمة لكتل الماء تدفع كميات هائلة من العناصر الغذائية إلى الأعلى مما يوفر مصدراً غذائياً للكائنات البحرية.

يؤدي ارتفاع درجات الحرارة وإنصهار الجليد إلى الإخلال بخلايا الحمل الحراري، وهذا يؤثر في الحزام الناقل وعلى تيارات المحيط

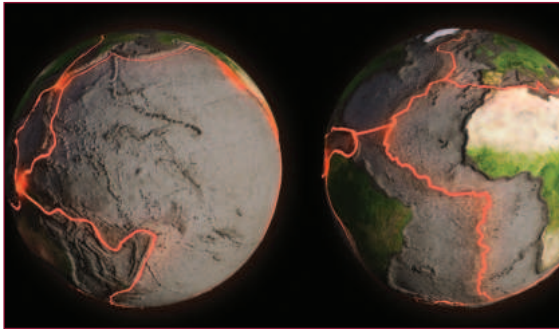
(الشكل 9-14). ويحذّر علماء المحيطات من أن تغييرات تيارات المحيطات ستؤثر بشكل سلبي في الطقس، وفي سلامة هذا الكوكب.

تيارات الكثافة تحت الأرض



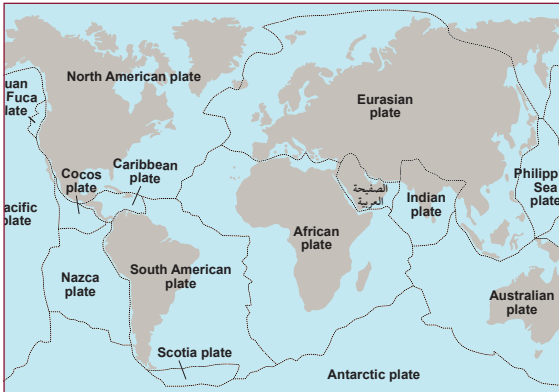
الشكل 9-15 مناطق لزلازل الرئيسة.

الجيولوجي Geologist هو المتخصص الذي يدرس بنية الأرض وتاريخها، ويقوم بدراسة الصخور وجميع العمليات المتعلقة بتغيير بنية الأرض، ويدرس أيضًا علاقة كوكب الأرض بالكواكب الأخرى والأجرام السماوية. وقد لاحظ الجيولوجيون أنماط أماكن حدوث الزلازل (الشكل 9-15) والبراكين (الشكل 9-16) على الأرض.



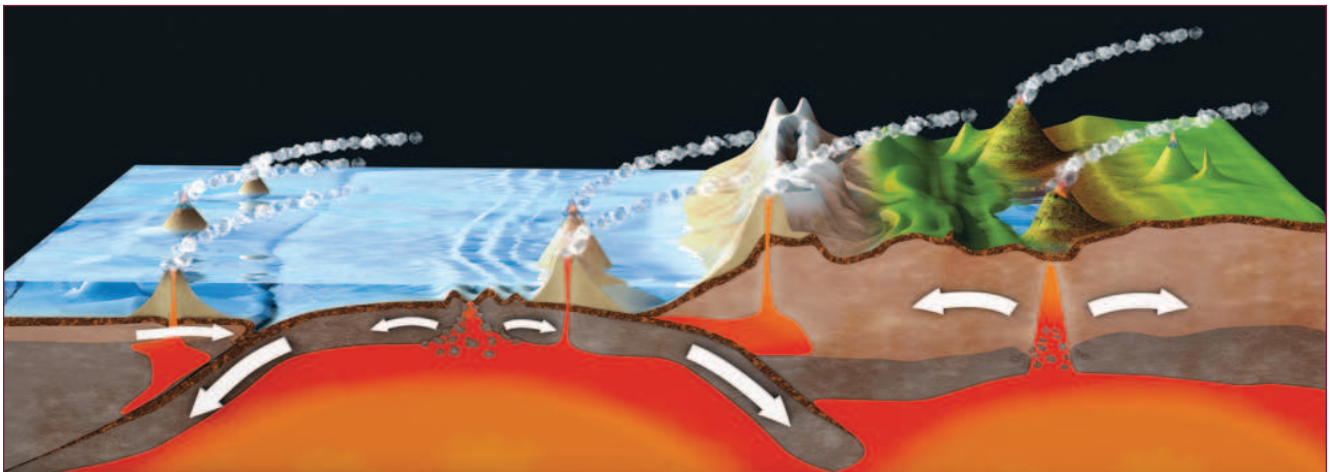
الشكل 9-16 مناطق النشاط البركاني.

عند مقارنة الكرة الأرضية بتفاحة، فإن سمك القشرة الأرضية بالنسبة إلى حجمها أقل من سمك قشرة التفاحة نسبة إلى حجم التفاحة. وقد تصدعت صخور القشرة الأرضية الرقيقة الصلبة التي تطفو فوق طبقة الوشاح شبه المنصهرة (الشكل 9-17)، فكوّنت 22 صفيحة تكتونية. تتحرك الصفائح التكتونية ببطء، فتتفصل في بعض الأماكن لتشكل المحيطات، وتصطدم في أماكن أخرى لتشكل الجبال.



الشكل 9-17 الصفائح التكتونية.

يؤدي تدفق الحرارة من لب كوكب الأرض إلى حركة خلايا الحمل الحراري من الصخور المنصهرة. مع أن هذه الحركة بطيئة جدًا، إلا أنها تمتلك طاقة تمكنها من تحريك الصفائح التكتونية، وإعادة تشكيل القارات باستمرار، منذ ملايين السنين ولغاية الآن، ونتيجة حركة الصفائح تتولد طاقة هائلة تسبب في حدوث الزلازل والثورات البركانية. (الشكل 9-18).



الشكل 9-18 تحفز خلايا الحمل نشاط الزلازل و البراكين.

تقويم الدرس 1-9

1. كيف يؤثر الاحترار العالمي في منسوب مستوى سطح البحر؟
 - a. يتمدد الماء بسبب الحرارة.
 - b. تعمل الحرارة على إبطاء حركة جزيئات الماء.
 - c. عدم تغيير منسوب مستوى البحار بدرجة كبيرة.
 - d. تسبب الحرارة انخفاض اليابسة، فتندفع مياه الشاطئ إلى اليابسة.
2. ما الذي يُنتج تيارات الحمل الحراري؟
 - a. اختلافات في الكتلة.
 - b. اختلافات في الحجم.
 - c. اختلافات في الكثافة.
 - d. اختلافات في عمق المياه.
3. عند النظر إلى خريطة الطقس، كيف تتنبأ بالرياح الشديدة؟
 - a. مناطق انخفاض الضغط كثيرة.
 - b. مناطق ارتفاع الضغط كثيرة.
 - c. مناطق ارتفاع الضغط بعيدة عن مناطق انخفاض الضغط.
 - d. مناطق ارتفاع الضغط قريبة جداً من مناطق انخفاض الضغط.
4. ما تأثير تعرض مادة ما للحرارة على جزيئاتها؟
5. ما تأثير بخار الماء في ضغط الهواء؟
6. ما الذي تحتاج إليه خلية الحمل الحراري لتتكوّن؟
7. ما دلالة الخطوط المنحنية على خريطة الطقس؟
8. كيف يؤثر إنصهار جليد البحار في تيارات المحيط؟
9. ما السبب الذي يعيد تشكيل القارات على سطح الكرة الأرضية باستمرار؟

الدرس 9-2

أحداث الطقس

Weather Events



الشكل 9-19 الإعصار القمعي (التورنادو)

يُعدّ الإعصار القمعي (التورنادو) أعنف أحداث الطقس جميعها (الشكل 9-19). وتحدث الأعاصير في كل مكان ما عدا القارة القطبية الجنوبية، والأعاصير أكثر شيوعاً في شرق أستراليا، واليابان، وشرق الصين، وأوروبا، وأمريكا الجنوبية، وفي الولايات المتحدة على نحو خاص، حيث يحدث فيها نحو 1000 إعصار سنوياً. ولا تزال أسباب حدوث الأعاصير

وغيرها من أحداث الطقس، حتى هذه اللحظة، غير مفهومة بالكامل. غير أن الظروف التي تؤدي إلى حدوثها تكاد تكون متشابهة.

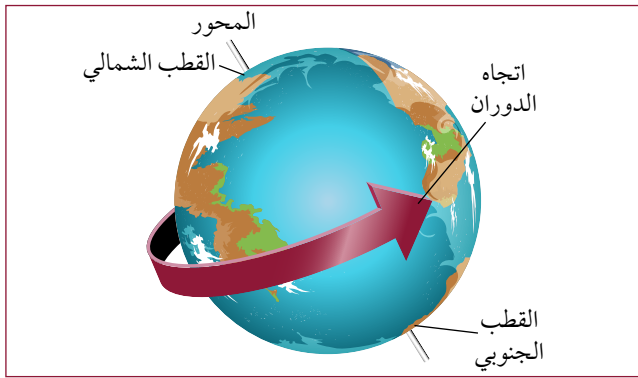
المفردات



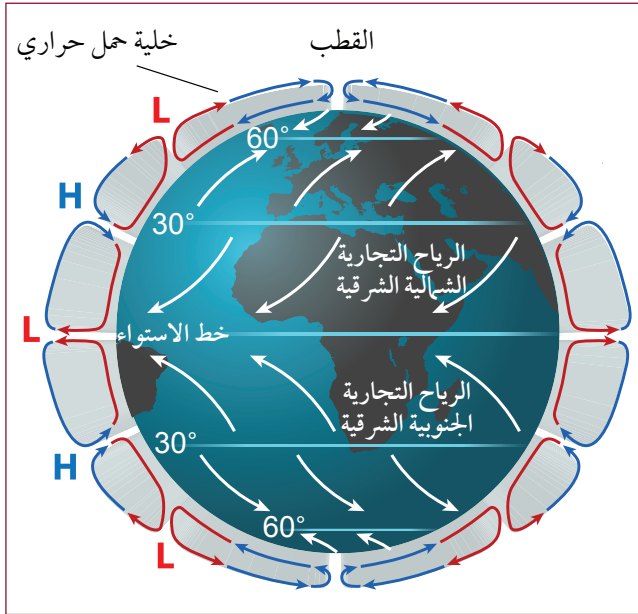
Coriolis effect	تأثير كوريوليس
Cyclonic storm	العاصفة الإعصارية
Hurricanes	أعاصير استوائية (هوريكن)
Typhoons	أعاصير موسمية (تايفون)
Cyclones	أعاصير حلزونية (سايكلون)
Landfall	إعصار اليابسة
Storm surge	اندفاع العاصفة
Super cell	السحابة الخارقة
Gustnadoes	دوامات

مخرجات التعلّم

GP1108.3 يوضّح كيف تنشأ الأعاصير المدارية و الأعاصير القمعية نتيجة لتيارات الحمل الحراري القوية في الغلاف الجوي.



الشكل 20-9 دوران الأرض.



الشكل 21-9 خلايا الحمل الحراري في الغلاف الجوي.

تأثير كوريوليس

الأرض كروية الشكل تقريباً، وتدور الأرض حول نفسها (الشكل 20-9). تتحرك الأرض بسرعة تبلغ 1600 km/h عند خط الاستواء، لتدور مرة واحدة حول نفسها كل يوم. ويتناقص محيط الأرض كلما اتجهت نحو القطبين. لذلك، فإن اليابسة والهواء الذي يرافها يتحركان على نحو أبطأ. وعندما يرتفع الهواء الدافئ عند خط الاستواء، ويتحرك إلى القطب الشمالي أو إلى القطب الجنوبي، يحدث اختلاف في سرعته، ما يؤدي إلى منع تكوّن خلية حمل حراري. نتيجة لذلك، تتكوّن سلسلة من خلايا حمل حراري أصغر حول العالم، مع حركة رياح ذات اتجاه معين على السطح، لكن باتجاهات أخرى مختلفة عند إرتفاعات محددة. تُعدّ خلايا الحمل الحراري حول الأرض (الشكل 21-9) مسؤولة عن تيارات الرياح والماء التي يمكن التنبؤ بها، والتي استفاد منها البحارة في أسفارهم على مدى قرون من الزمن.

ينتج من دوران الأرض حول نفسها (الشكل 20-9) تأثير كوريوليس، وهو ظاهرة تؤدي إلى انحناء مسار حركة الموائع عند مرورها فوق سطح الأرض، فيتحرك الهواء عند خط الاستواء، باتجاه دوران الأرض حول نفسها من الغرب إلى الشرق. وعندما يتحرك الهواء باتجاه الشمال، يستمر بحركته من الغرب إلى الشرق، غير أن الأرض تكون أبطأ. لذا، فإن الهواء ينحني باتجاه الشرق. أمّا في نصف الكرة الجنوبي، فيحدث العكس.



الشكل 22-9 أعاصير استوائية (هوريكين) في نصف الكرة الأرضية الشمالي.

الإعصار الاستوائي منطقة ضغط منخفض تشكّلت بسبب صعود الهواء الدافئ الرطب واندفاع الهواء البارد ذو الضغط العالي ليحل مكانه، الذي ينحرف بسبب تأثير كوريوليس، ما يؤدي إلى حدوث عاصفة تدور بعكس عقارب الساعة في النصف الشمالي من الكرة الأرضية (الشكل 22-9)، وباتجاه عقارب الساعة في النصف الجنوبي من الكرة الأرضية.

الأعاصير المدارية

إنّ الأعاصير الاستوائية والموسمية والحلزونية، تعد جميعها حدث جوي واحد هو: «عاصفة إعصارية». والعاصفة الإعصارية تدور نتيجة تأثير كوريوليس، وتكون قريبة من سطح الأرض، وتبدأ كمنخفض استوائي. وعندما تزداد سرعة دوران الرياح تصبح عاصفة استوائية. فإذا وصلت سرعة الرياح إلى نحو 120 km/h، فإنها تصبح إعصارًا حلزونيًا (سايكلون). يتحدّد اسم العاصفة بالمكان الذي تنشأ فيه:

1. الأعاصير الإستوائية (هوريكين): عواصف تنشأ من المحيط الأطلسي وشمال المحيط الهادي.
2. الأعاصير الموسمية (تايفون): عواصف تنشأ من غرب المحيط الهادي.
3. الأعاصير الحلزونية (سايكلون): عواصف تنشأ من المحيط الهندي أو من جنوب المحيط الهادي.



الشكل 9-23 عاصفة إعصارية صغيرة فوق منطقة في نصف الكرة الأرضية الشمالي.



الشكل 9-24 إعصار موسمي كبير (تايفون كبير) في نصف الكرة الأرضية الجنوبي.

يمكن لصعود الهواء أن ينتج عواصف رعدية، فيندفع الهواء ذو الضغط العالي إلى الداخل ليكوّن تأثيراً دورانياً (حلزونياً)، ما قد يولّد إعصاراً قمعياً (تورنادو). عندما يحدث ذلك فوق ماء دافئ، وبوجود رطوبة كبيرة، فقد يكبر حجم العاصفة وتشتدّ قوتها، وقد يصل حجم الأعاصير الموسمية (التايفون) إلى 1000km مصحوباً برياح تفوق سرعتها 300km/h (الشكل 9-24).

هذه العواصف الضخمة تتحرّك بفعل الحرارة والرطوبة. ويُسمّى منتصف العاصفة، حيث يكون ضغط الهواء منخفضاً، «عين العاصفة».

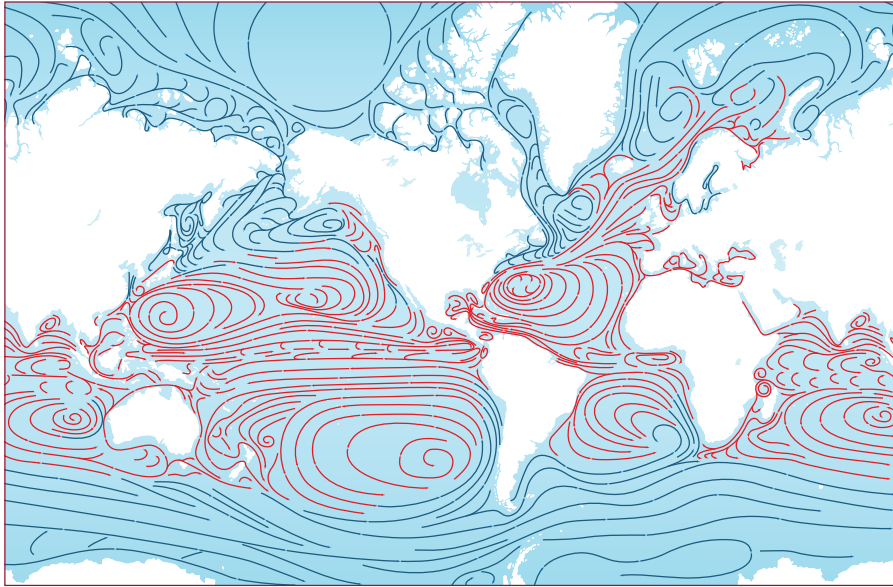
إعصار اليابسة



الشكل 9-25 دمار التايفون بعد بلوغ الإعصار اليابسة واندفاع العاصفة.

يحدث **إعصار اليابسة Landfall** عندما تعبر عين الإعصار المداري الساحل من المحيط إلى اليابسة. وبزيادة كمية الماء المندفحة مع الرياح تزداد قوتها على إحداث الدمار. وتُسمى عندئذٍ **اندفاع العاصفة Storm surge**. يؤدي هذا الماء إلى معظم الدمار الناجم عن العاصفة. وإذا ضرب الإعصار (*hurricane*) عند ارتفاع المد، يكون «اندفاع العاصفة» 12 مترًا.

من أبرز عشر كوارث طبيعية مدمرة في التاريخ الحديث كانت اثنتان منها أعاصير حلزونية (السايكلون)، فقد ضرب السيكلون كورينجا-الهند في العام 1839، وضرب التايفون هايفونج-فيتنام في العام 1881. وقد تسببت العاصفتان في وفاة أكثر من نصف مليون شخص. تتوقف الأعاصير وتتلاشى طاقتها عندما تهبط على اليابسة، بسبب توقف صعود الهواء الدافئ والرطوبة إلى الأعلى.



الشكل 9-26 تيارات سطح المحيط.

مع ظهور الأقمار الصناعية ومراقبة المحيطات، أصبح خبراء الرصد الجوي أكثر قدرة على التنبؤ بمسار العواصف وضرورتها، ما أعطى الناس مدة كافية للاحتماء من هذه العواصف، أو لإخلاء مساكنهم قبل وصولها.

ولسوء الحظ، وبسبب احترار المحيطات وتبدل أنماط تيار

السطح، فإن قوة هذه الأحداث ومدتها تستمران بالازدياد. ولا يبدو أن عدد العواصف التي تحدث سنويًا قد تغير، غير أن الرياح في كثير من العواصف أصبحت تبلغ سرعات أعلى. وبالترافق مع ارتفاع مستوى البحر، تزداد الأضرار الناجمة عن هذه الكوارث الطبيعية سوءًا مع مرور الوقت.

الأعاصير القمعية (تورنادو)



الشكل 27-9 تورنادو (إعصار قمعي) يحدث أضرارًا على اليابسة.

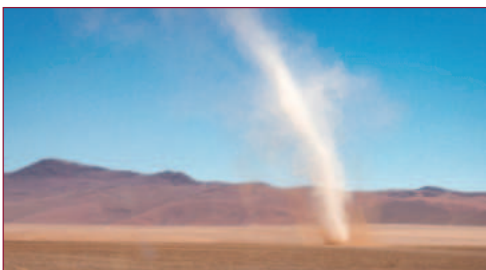
إن الأعاصير القمعية دقيقة في إصابتها، فهي تُعدّ بمثابة سكين الجراح للكوارث الطبيعية (الشكل 9-27)، فعندما تهبط في جهة ما، وبعرض بضع مئات من الأمتار، فإنها قد تدمر في بعض الأحيان جانباً كاملاً من البيوت تاركةً الجانب الآخر من الشارع كما هو. وبسرعة رياح تتجاوز 480 km/h يُمكن أن تتشكّل الأعاصير لتستغرق بضع ثوانٍ، أو أن تستمر في التدمير لبضع ساعات. ويُطلق على خبراء الرصد الجوي الذين يتابعون الأعاصير «مطارِدو العاصفة»، فبعضهم لديه مركبات متطورة مزوّدة برادار معقّد للطقس وتقنيات لا ترتفع عن سطح الأرض، فتسمح لهم بالاقتراب من أعمدة الهواء الملتفة الفريدة.

إن الظروف التي تؤدي إلى تكوّن التورنادو مشابهة لتلك التي تكوّن العواصف الإعصارية الأخرى، على الرغم من عدم وضوح هذا التشابه تمامًا.

يمكن أن تتكوّن غيوم كبيرة من تيار الهواء الدافئ الرطب الصاعد. وتكون حركة الرياح السريعة في طبقات الجو العليا بزوايا مختلفة عن إتجاه حركة الرياح في الطبقات التي تحتها؛ وهذا يؤدي إلى قوة التفاف تُسمّى «عزم رياح القص». ويواجه الهواء الدافئ الرطب القادم من الجنوب هواءً بارداً جافاً قادمًا من الشمال، فتتكوّن السحب الخارقة. وتعرّف **السحابة الخارقة Super cell** على أنها عاصفة رعدية لها حركة إعصارية. وتنتج 30% من السحب الخارقة أعاصير قمعية. وقد ينتج أكثر من إعصار قمعي في اللحظة نفسها (الشكل 9-28).



الشكل 28-9 سحابة خارقة تولّد أعاصير قمعية في الوقت نفسه.



الشكل 29-9 دوامة.

ربما شاهدت ما يشبه أعاصير قمعية تتحرك في الصحراء، (الشكل 9-29) وهذه تُسمّى «دوامات». تشكّل هذه الدوامات هبوبًا قويًا للرياح لتضرب الأرض، ثم ترتفع مرة أخرى بحركة مغزلية إلى أعلى. لماذا تُعدّ العاصفة الإعصارية مثيرة للإهتمام؟

العواصف الرملية



الشكل 9-30 عاصفة رملية في تونس.

العواصف الرملية وعواصف الغبار هي ظواهر جوية شديدة في المناطق القاحلة وشبه القاحلة. ويمكن التنبؤ بهذه الأحداث في أغلب الأحيان، لأنها تسبق العواصف الرعدية القوية، يمكن أن تتكوّن على نحوٍ غير متوقع، عندما يكون هناك فرق كبير في الضغط عند تحرك الهواء البارد إلى منطقة الهواء الساخن، حيث تلتقط الرياح الشديدة جسيمات الرمال المفكّكة، وتحملها إلى مسافات بعيدة.

وتكون العواصف الرملية (الشكل 9-30) قريبة من الأرض، حيث إنّ الجسيمات التي تحملها كبيرة. وتعتمد كمية الرمل التي تنقلها على سرعة الرياح. وتؤدي الكهرباء الساكنة المتشكلة في الرمل المتحرك إلى حمل كمية أكبر من الرمال.



الشكل 9-31 عاصفة غبار، أريزونا، الولايات المتحدة.

تدفع عواصف الغبار (الشكل 9-31) جُزيئات أصغر بكثير، وتحملها إلى عدة كيلومترات في الهواء، حيث يمكن أن تنتشر في جميع أنحاء الكوكب. تنشر هذه العواصف المواد الغذائية المعدنية في جميع أنحاء العالم، ولكنها تكون مسؤولة أيضًا عن تدمير المحاصيل والتسبب في صعوبات في التنفس.



نشاط 2-9 الاستعداد للكوارث

سؤال الاستقصاء ماذا تفعل في حالة التحذير من حدوث إعصار؟

المواد المطلوبة موادّ بحث، ملصقات.

ابحث في أسباب الأعاصير القمعية (التورنادو) والأعاصير الاستوائية (هوريكين)، وأعدّ ورقة حقائق لشرح الأخطار والاحتياطات اللازمة في المناطق المهذّدة.

الإجراءات

1. هناك أماكن كثيرة تضع لوحات تبين الخطوات الواجب اتخاذها استعدادًا للكوارث الطبيعية.
2. اختر كارثة طبيعية: سايكلون (من الممكن أن تبحث عن الهوريكين)، التورنادو، أو عاصفة رملية.
3. حدّد العلامات التحذيرية التي يمكن أن يلاحظها مركز الأرصاد الجوية.
4. عدّد هذه العلامات التحذيرية.
5. حدّد الإجراءات التي يمكن اتخاذها استعدادًا للحدث الذي اخترته.
6. لخصّ الإجراءات على شكل ملصق أو منشور.
7. ضمّن الملصق أو المنشور الأخطار المحتملة المصاحبة للكارثة الطبيعية.

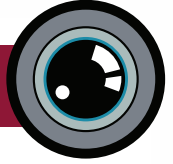
الأخطار	خطوات الاستعداد	علامات التحذير	كارثة الطقس الطبيعية

الأسئلة والتحليل

- a. عندما يُتوقَّع حدوث إعصار مداري (سايكلون) تُعطى تحذيرات لإخلاء المناطق المتضررة. لماذا لا يكون ذلك خيارًا للكثيرين؟
- b. من المتأثر الأكبر بالعواصف المحفزة لتغيُّر المناخ؟

تقويم الدرس 2-9

1. أيُّ ممّا يأتي من المناطق يمكن الذهاب إليها مع ضمان عدم تعرّضك لحدوث عاصفة تورنادو؟ 
 - a. الصين
 - b. أوروبا
 - c. أستراليا
 - d. القارة القطبية الجنوبية.
2. ما الذي يحدّد ما إذا كان نظام الضغط الجوي المنخفض يُصنّف على أنه سايكلون؟ 
 - a. سرعة الرياح.
 - b. اتجاه دوران الرياح.
 - c. شدّة اندفاع العاصفة.
 - d. البعد عن المدينة.
3. في أيّ من الأماكن الآتية يمكن أن يحدث الإعصار ويبلغ اليابسة؟ 
 - a. طوكيو، اليابان.
 - b. ممباي، الهند.
 - c. داروين، أستراليا.
 - d. ميامي، الولايات المتحدة.
4. وضح سبب تحرك الأرض عند خط الاستواء على نحو أسرع منه عند الأقطاب؟ 
5. ارسم مخططاً لخليّة حمل حراري على الأرض، موضّحاً عليه أبرز ملامحها. 
6. ما الذي يتطلّب تشكيل عاصفة إعصارية؟ 
7. ما الفرق بين كلّ من: هوريكين، وتايفون، وسايكلون؟ 
8. ماذا يقصد بالسحابة الخارقة؟ 



ألفريد فيجنر: 1880-1930



الشكل 9-32 ألفريد فيجنر.

اقترح نموذج الصفائح التكتونية أول مرة من قبل عالم ألماني يُدعى ألفريد لوثر فيجنر (الشكل 9-32). لاحظ فيجنر أن كلاً من شكل الساحل الإفريقي الغربي، وشكل الساحل الشرقي لأمريكا الجنوبية يكمل أحدهما الآخر، وسمي ذلك بعدها «الانجراف القاري». تشير نظرية فيجنر إلى أنه كان هناك قارة واحدة، أدّى الانجراف القاري إلى انفصال كتلتها.

كان مجال بحث الدكتور فيجنر هو علم الأرصاد الجوية، لاسيما الدراسات القطبية. وقد رفض الجيولوجيون في ذلك الوقت فكرته قائلين إن المناطق الساحلية لم تتطابق بقدر كافٍ لإثبات نظريته.

إلا أن فيجنر لم يستند في نظريته على الملامح السطحية التي يمكن أن تغيّر عوامل التجوية والتعرية، بل إنه أخذ في الحسبان الرفوف القارية التي تتطابق على نحو أفضل. ولم يعرف أحد في ذلك الوقت آلية تحرك القشرة الأرضية؛ لذا، فقد كانت النظرية غير مقبولة. وقد واصل فيجنر أبحاثه في مجال الأحوال الجوية، إلى أن مات في العام 1930 م في جرينلاند في أثناء نقله إمدادات إلى مناطق بعيدة.



الشكل 9-33 جنوب أمريكا وأفريقيا.

في ستينيات القرن الماضي أدى اكتشاف توسّع قاع المحيط وارتفاع مصداقية جهاز النظام العالمي لتحديد المواقع (GPS) إلى الإثبات على نحو قاطع أن القارات تتحرك، فهي تركت من قارة مركزية كبيرة. ويُعدّ فيجنر الآن مؤسس نظرية الصفائح التكتونية، وهي نظرية تُعدّ واحدة من أعظم الإسهامات العلمية في القرن العشرين.

الطريف في الأمر أن القوة المحركة للصفائح التكتونية قد حددت لتكون خلايا الحمل الحراري في القشرة الأرضية، أما خلايا الحمل الحراري في الغلاف الجوي، فقد كانت لفيجنر المحور الرئيس في أبحاثه المتعلقة بالرصد الجوي.

الدرس 1-9 الحرارة

- الحمل الحراري **Convection** انتقال الحرارة الذي تقوده الجاذبية والتيارات الكثافة الناتجة عن الحرارة.
- الضغط **Pressure** مقدار القوة المؤثرة في منطقة ما.
- الصفائح التكتونية **Tectonic Plates** سلسلة من صفائح صلبة من الغلاف الصخري تطفو على الوشاح.

الدرس 2-9 أحداث الطقس

- تأثير كوريوليس **Coriolis effect** ظاهرة انحناء الموائع عند مرورها عبر سطح الأرض أو فوقه.
- العاصفة الإعصارية **Cyclonic storm** عاصفة تدور نتيجة لتأثير كوريوليس، وتكون قريبة من السطح.
- إعصار اليابسة **Landfall** يحدث عند عبور عين الإعصار المداري (سايكلون) الساحل إلى اليابسة.
- اندفاع العاصفة **Storm surge** المياه التي تدفعها رياح إعصار (هوريكين).
- السحابة الخارقة **Super – cell** عاصفة رعدية كبيرة لها حركة إعصارية.

1. ما الذي يشير إليه عند استخدام حرف «L» فوق مسطح مائي في خريطة الطقس؟

- a. ضغط منخفض - الهواء جاف.
- b. ضغط منخفض - الهواء رطب.
- c. ضغط مرتفع - الهواء جاف.
- d. ضغط مرتفع - الهواء رطب.

2. فيم تختلف كثافة المياه العذبة عن كثافة المياه المالحة؟

- a. المياه العذبة أقل كثافة من المياه المالحة.
- b. المياه العذبة أكثر كثافة من المياه المالحة.
- c. للمياه العذبة والمالحة الكثافة نفسها.
- d. تختلف كثافة المياه العذبة والمالحة من مكان لآخر فلا يمكن مقارنة كثافتهما.

3. في أي من المناطق الآتية تدور أنظمة الضغط المنخفض باتجاه عقارب الساعة؟

- a. المحيط الهادي.
- b. المحيط الأطلسي.
- c. نصف الكرة الأرضية الشمالي.
- d. نصف الكرة الأرضية الجنوبي.

4. أي مما يأتي هو المكان الأكثر احتمالاً لبلوغ إعصار (هوريكن) اليابسة؟

- a. ممباي، الهند.
- b. داروين، أستراليا.
- c. ميامي، الولايات المتحدة.
- d. تيمور الشرقية، إندونيسيا.

5. ماذا يُسمّى علماء الأرصاد الجوية الذين يتتبعون الأعاصير القمعية (تورنادو)؟

- a. علماء رصد الزلازل.
- b. مطاردي العاصفة.
- c. مراقبي العاصفة.
- d. علماء الرصد الجوي المتوقّع.

الدرس 9-1 الحرارة

6. صف كيف يحدث نسيم البحر.
7. كيف ترتبط كثافة الهواء بضغطه؟
8. كيف يمكنك التنبؤ بالمكان الأقل رياحًا عند دراستك خريطة الطقس؟
9. فيمَ يختلف حزام نقل المحيطات العالمي عن تيارات المحيط العادية (المنتظمة)؟

الدرس 9-2 أحداث الطقس

10. ما الذي يمنع خلايا الحمل الحراري من التكوّن بين خط الاستواء الساخن وقطبي الأرض شديدي البرودة؟
11. لماذا يعمل تأثير كوريوليس على نطاق حركة كبير، وليس على الماء الذي ينزل في الحوض؟
12. ما مصدر القلق الذي يسببه بلوغ إعصار سايكلون اليابسة إضافة إلى الرياح الشديدة؟
13. ما تأثير الاحترار العالمي المحتمل في العواصف الإعصارية؟
14. صف الاختلاف في سرعة الرياح بين إعصار سايكلون والإعصار القمعي (تورنادو).
15. ما الذي يكون على خريطة طقس مؤشراً على احتمال حدوث إعصار تورنادو؟
16. لماذا ينجم عن إعصار (سايكلون) أضراراً أكثر من إعصار تورنادو (قمعي)؟
17. صف الفرق بين الإعصار القمعي (تورنادو) والدوامة.
18. ما الظروف التي تولّد العواصف الرملية؟
19. ما الفرق بين العاصفة الرملية وعاصفة الغبار؟

الشكر والتقدير

يشكر المؤلفون والناشرون المصادر الآتية على السماح لهم باستخدام ملكياتهم الفكرية كما أنهم ممتنون لهم لموافقتهم على نشر الصور.

Egoreichenkov Evgenii/Shutterstock; Doug McLean/Shutterstock; Alexander Gatsenko/Shutterstock; ARTSIOM ZAVADSKI/shutterstock; rumruay/Shutterstock; Fouad A. Saad/Shutterstock; Rugged Studio/Shutterstock; Rvector/Shutterstock; Menno van der Haven/Shutterstock; Maxim Gaigul/Shutterstock; Iri-s/Shutterstock; springsky/Shutterstock; Meggi/Shutterstock; Jo Theera/Shutterstock; Dmitry_Kosarev/Shutterstock; Shiyam Sergiy/Shutterstock; MicroOne/Shutterstock; Macrovector/Shutterstock; robuart/Shutterstock; Vector FX/Shutterstock; T VECTOR ICONS/Shutterstock; Krafted/Shutterstock; Serorion/Shutterstock; Prachaya Roekdeethaweasab/Shutterstock; vectorisland/Shutterstock; LWY Partnership/Shutterstock; Anatolir/Shutterstock; BigMouse/Shutterstock; yoojiwhan/Shutterstock; Ton Snoei/Shutterstock; CreateCamera/Shutterstock; Anton Starikov/Shutterstock; Liudmila Savushkina/Shutterstock; e X p o s e/Shutterstock; Ariyaporn chumkong/Shutterstock; Piart/Shutterstock; darsi/Shutterstock; RayPics/Shutterstock; Billion Photos/Shutterstock; Wstockstudio/Shutterstock; Sicco Hesselmanns/Shutterstock; Tanakax3/Shutterstock; cobalt88/Shutterstock; Raman Shytsik/Shutterstock; John Mackintosh/Shutterstock; Timothy Hodgkinson/Shutterstock; Serorion/Shutterstock; Jan Babak/Shutterstock; Winai Tepsuttinun/Shutterstock; ParabolStudio/Shutterstock; Andrei Nekrassov/Shutterstock; Dmitry S. Gordienko/Shutterstock; Monika Wisniewska /Shutterstock; Joel Everard /Shutterstock, Monika Wisniewska /Shutterstock; Joel Everard /Shutterstock; Naeblys /Shutterstock; bicubic /Shutterstock; samray /Shutterstock; VectorMine /Shutterstock; OSweetNature /Shutterstock; Dietrich Leppert /Shutterstock; Fouad A. Saad /Shutterstock; BINKONTAN /Shutterstock; mTaira /Shutterstock; ghost design /Shutterstock; Doroniuk Anastasiia /Shutterstock; corbac40 /Shutterstock; austinding /Shutterstock; Andrea Danti /Shutterstock; inigocia/Shutterstock; vchal/Shutterstock; tinkivinki/Shutterstock; Naypong Studio/Shutterstock; Lukasz Janyst /Shutterstock; John D Sirlin /Shutterstock; Walkabout Photo Guides /Shutterstock; Eugene R Thiesen /Shutterstock; Huntstyle /Shutterstock; Justin Hobson /Shutterstock; Vladiczech /Shutterstock; NASA images /Shutterstock; Arshad876 /Shutterstock; mapichai/Shutterstock; Minerva Studio/Shutterstock; Belish/Shutterstock; Christoph Burgstedt/Shutterstock; Mopic/Shutterstock; Peter Hermes Furian/Shutterstock; Nasky/Shutterstock; Draw Man/Shutterstock; Rainer Lesniewski/Shutterstock; Robert Adrian Hillman/Shutterstock; Designua/Shutterstock; Alexander Lukatskiy/Shutterstock; giedre vaitekune/Shutterstock; Fuss Sergey/Shutterstock; Pat_Hastings/Shutterstock; Jakkapan Sookjaroen/Shutterstock; ghost design/Shutterstock; Andrei Kuzmik/Shutterstock; Ras Abu Fontas A3 plant; Purple Anvil/Shutterstock; Eric Iselee/Shutterstock; Martin Voeller/Shutterstock; Sebastian Kaulitzki/Shutterstock; Michiel de Wit /Shutterstock; Flegiere/Shutterstock; Steve Bower/Shutterstock; terekov igor/Shutterstock; Kimberly Hall/Shutterstock; Oleksandr_Delyk/Shutterstock; grzym/Shutterstock; Anton Starikof/Shutterstock; marcinm111/Shutterstock; David Tonelson/Shutterstock; Ultrapek/Shutterstock; koosen/Shutterstock; Ebtikar/Shutterstock; royaltystockphoto.com/Shutterstock; juan gartnear/Shutterstock; Daojah/Shutterstock; Catherine Eckhart/Shutterstock; Sebastian Kaulitzki/Shutterstock; Burdun Illiya/Shutterstock; Kateryna Kon/Shutterstock; Maxx-studio/Shutterstock; lightboxx/Shutterstock; gorodenkoff/Shutterstock; okskaz/Shutterstock; Mike Workman/Shutterstock; Miss E Media/Shutterstock; Eric Agar/Shutterstock; IanRedding/Shutterstock; Aldona Griskeviciene/Shutterstock; Raland/Shutterstock; Okrasyuk/Shutterstock; Photomaster/Shutterstock; A7880S/Shutterstock; PhotocechCZ/Shutterstock; Rizik/Shutterstock; SunshineVector/Shutterstock; Lebendkulturen.de/Shutterstock; eranicle/Shutterstock; Bijanart/Shutterstock; JubalHarshaw/Shutterstock; Taiga/Shutterstock; /Shutterstock; /Shutterstock; /Shutterstock; /Shutterstock;



السلام عليكم ورحمة الله وبركاته

نرحب بكم في

[موقع ومنتديات صقر الجنوب التعليمية المنهاج القطري](#)

ويسعدنا ويشرفنا ان نستمر معكم في تقديم

كل ما هو جديد للمنهاج المحدث المطورة ولجميع

المستويات والمواد

ملفات نجعلها من كل مكان ونضعها لكم في مكان واحد

ليسهل تحميلها

علما ان جميع ما ننشر مجاني 100%



أخي الزائر - أختي الزائرة انا دعمكم لنا هو انمامكم لنا

فهو شرف كبير لنا

صفحتنا على الفيس بوك [هنا](#)

مجموعتنا على الفيس بوك [هنا](#)

مجموعتنا على التلقرام [هنا](#)

قنواتنا على اليوتيوب [هنا](#)

جميع ملفاتنا نرفعها على مركز تحميل خاص في [صقر الجنوب](#)

نحن نسعى دائما الى تقديم كل ما هو أفضل لكم و هذا وعد منا ان شاء الله

شجعونا دائما حتى نواصل في العطاء و [نسال](#) الله ان يوفقنا و يسدد خطانا

في حال واجهتك اي مشكلة في تحميل اي ملف

من [منتديات صقر الجنوب المنهاج القطري](#)

صفحة [اتصل بنا](#)





قنوات تيليجرام منهاج دولة قطر الفصل الأول والثاني محدث

قناة المستوى الثالث

قناة المستوى الثاني

قناة المستوى الأول

قناة المستوى السادس

قناة المستوى الخامس

قناة المستوى الرابع

قناة المستوى التاسع

قناة المستوى الثامن

قناة المستوى السابع

قناة المستوى الثاني عشر

قناة المستوى الحادي عشر

قناة المستوى العاشر



قنوات اليوتيوب التعليمية للمنهاج القطري من المستوى 01-10

قناة المستوى الثالث

قناة المستوى الثاني

قناة المستوى الأول

قناة المستوى السادس

قناة المستوى الخامس

قناة المستوى الرابع

قناة المستوى التاسع

قناة المستوى الثامن

قناة المستوى السابع

قناة المستوى الثاني عشر

قناة المستوى الحادي عشر

قناة المستوى العاشر



مجموعات الفيس بوك للمنهاج القطري الفصل الاول والفصل الثاني محدث

رياض الاطفال

مجموعة المستوى الثالث

مجموعة المستوى الثاني

مجموعة المستوى الأول

مجموعة المستوى السادس

مجموعة المستوى الخامس

مجموعة المستوى الرابع

مجموعة المستوى التاسع

مجموعة المستوى الثامن

مجموعة المستوى السابع

مجموعة المستوى الثاني عشر

مجموعة المستوى الحادي عشر

مجموعة المستوى العاشر

صفحتنا على الفيس بوك

الهدف الرئيسي
لمتدرياته صقر الجنوب

هو

منصة تعليمية مجانية

لهدفنا المنفعة ونشر العلم

نشر العلم مجاناً لكل من يطلبه العلم في جميع أنحاء العالم
لا تفرض أي رسوم أو نفقات على العضويات في الموقع

علماً أنه مجاني بدون تسجيل عضوية

لنستمر في البقاء إن شاء الله

يمكن أن تساهم في استقرارنا والتخفيف

عنا مصاريف السيرفر والاستضافة

مهما كانت مساهمتك صغيرة أو كبيرة، لها أثر كبير في استمرار

الموقع لتقديم خدماته المجانية من ملفات عربية ومنقولات

من خلال دعمنا على حسابنا الخاص على

[من خلال الضغط هنا PayPal](#)