وزارة التربيـــة والتعليـــم والتعليـــم العالـــي
Ministry of Education and Higher Education
State of Qatar • دولـــة قطـــر

علوم الأرض والبيئة

كتاب الطالب

المستوى الحادي عشر

EARTH AND ENVIRONMENTAL SCIENCE

STUDENT BOOK

GRADE 11

الفصل الدراسي الأول
FIRST SEMESTER

طبعة 1446 - 2024

وزارة التربيـــة والتعليـــم والتعليـــم العالـــي
Ministry of Education and Higher Education
State of Qatar • دولـــة قطـــر

© وزارة التربية والتعليم والتعليم العالي في دولة قطر

يخضع هذا الكتاب لقانون حقوق الطباعة والنشر، ويخضع للاستثناء التشريعي المسموح به قانونًا 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.

تمّ إعداد الكتاب بالتّعاون مع شركة تكنولاب.

التأليف: فريق من الخبراء بقيادة الدكتور توم سو وبالتّعاون مع شركة باسكو العلميّة.

التّرجمة: مطبعة جامعة كامبريدج.

النشيد الوطني

قَسَـمًا بِمَـنْ رَفَـعَ السَّـمَاءْ قَسَـمًا بِمَـنْ نَشَـرَ الضِّـيَاءْ
قَطَـرٌ سَتَبْـقَى حُـرَّةً تَسْمُـو بِـرُوحِ الأَوْفِـيَـاءْ
سِـيرُوا عَـلَى نَـهْـجِ الأُلَـى وَعَـلَى ضِيَـاءِ الأَنْبِـيَاءْ
قَطَـرٌ بِقَـلْـبِي سِـيرَةٌ عِـزٌّ وَأَمْجَـادُ الإِبَـاءْ
قَطَـرُ الرِّجَـالِ الأَوَّلِـين حُمَـاتُنَـا يَـوْمَ النِّـدَاءْ
وَحَمَـائِـمٌ يَـوْمَ السَّـلاَمْ جَـوَارِحٌ يَـوْمَ الفِـدَاءْ

وزارة التربيـــة والتعليـــم والتعليـــم العالـــي
Ministry of Education and Higher Education
State of Qatar • دولـــة قطـــر

المراجعة والتّدقيق العلميّ والتّربويّ

إدارة المناهج الدّراسيّة ومصادر التّعلّم

خبرات تربويّة وأكاديميّة من المدارس

الإشراف العلميّ والتربويّ

إدارة المناهج الدّراسيّة ومصادر التّعلّم

المقدّمة

يعدّ كتاب الطّالب مصدرًا مثيرًا لاهتمام الطلّاب من ضمن سلسلة كتب العلوم لدولة قطر، فهو يستهدف جميع المعارف والمهارات الّتي يحتاجون إليها للنّجاح في تنمية المهارات الحياتيّة وبعض المهارات في الموادّ الأخرى.

وبما أنّنا نهدف إلى أن يكون طلّابنا 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.
- الثّقة 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.
- التّمسّك 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 الّتي تتوافق مع أعمار الطّلاب، والّتي تسهم في إظهار تقدّمهم بوضوح.
- مواءمة محتوى المصادر الدّراسيّة لتتوافق مع الإطار العامّ للمنهج الوطنيّ القطريّ بغية ضمان حصول الطّلّاب على المعارف والمهارات العلميّة وتطوير المواقف (وهو يُعرف بالكفايات) ممّا يجعل أداء الطّلاب يصل إلى الحدّ الأقصى.
- الانطلاق من نقطة محوريّة جديدة قوامها مهارات الاستقصاء العلميّ، مما أسّس للتّنوّع في الأنشطة والمشاريع في كتاب الطّالب.
- توزّع المعرفة والأفكار العلميّة المخصّصة لكلّ عام دراسيٍّ ضمن وحدات بطريقة متسلسلة مصمّمة لتحقيق التّنوّع والتّطوّر.

- تعدّد الدّروس في كلّ وحدة، بحيث يعالج كلّ درس موضوعًا جديدًا، منطلقًا ممّا تمّ اكتسابه في الدّروس السّابقة.
- إتاحة الفرصة للطّلّاب في كلِّ درسٍ للتّحقّق الذّاتيّ من معارفهم ولممارسة قدرتهم على حلّ المشكلات.
- احتواء كلّ وحدة على تقويم للدّرس وتقويم الوحدة الّتي تمكِّن الطّلّاب والأهل والمدرّسين من تتبّع التّعلّم والأداء.

العلوم مجموعة من المعارف الّتي تشمل الحقائق والأشكال والنّظريّات والأفكار. ولكنَّ العالِم الجيّد يفهم أنّ «طريقة العمل» في العلوم أكثر أهمّيّة من المعرفة الّتي تحتويها.

سوف يساعد هذا الكتاب الطُّلّاب على تقدير جميع هذه الأبعاد واعتمادها ليصبحوا علماء ناجحين وليواجهوا مجموعة واسعة من التّحدّيات في حياتهم المهنيّة المستقبليّة.

مفتاح كفايات الإطار العام للمنهج التّعليمي الوطني لدولة قطر

- الاستقصاء والبحث
- التّعاون والمشاركة
- التّواصل
- التّفكير الإبداعيّ والناقد
- حلّ المشكلات
- الكفاية العددية
- الكفاية اللغويّة

علم الأرض والبيئة

ماذا ستتعلّم من هذا الكتاب

نعيش على سطح كوكب غنيّ ومتنوّع منذ ما يقرب من 4.5 مليارات سنة. تعود الرغبة في استكشاف أسرار الأرض إلى الناس الأوائل. كتب أحمد البيروني كتبًا شاملة عن علم الأرض وعلم الفلك في العام 1000 الميلادي تقريبًا. تسمح الآلات الحديثة لعلماء الأرض بأن يلاحظوا بدقّة أعلى بكثير ممّا كان متاحًا أيام البيروني. ستتفحّص هذه المادة نواحي مختلفة وكثيرة لكوكبنا في الفصول الأربعة الآتية.

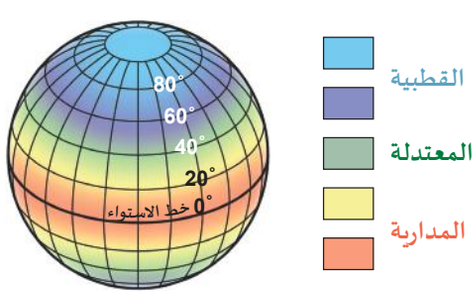
نعيش على السطح ضمن الغطاء العميق لغلاف الأرض الجوّي. تبدأ دراستنا لعلم الأرض عبر إلقاء نظرة مختصرة على الماء والحرارة. الطاقة هي السبب النهائي للتغيّرات والحرارة هي أحد أشكال الطاقة. حرارة الشمس والرطوبة المتبخّرة تشكّلان الطقس الذي نعيشه كل يوم. تنعم دولة قطر بالطقس الهادىء الذي لا تعكّره سوى عواصف قليلة. ومع ذلك، فإنَّ أماكن أخرى كثيرة على الأرض تعاني قساوة شديدة في الطقس.

في الليل، يكون سطح الماء أكثر دفئًا من اليابسة. يحل الهواء البارد فوق اليابسة محل الهواء الدافىء الصاعد.

لا يتغيّر سطح الأرض كثيرا في مدى حياة الإنسان، لكن على مدى ملايين السنين يعرّي فعل الرياح والمياه حتى أعلى الجبال. تلقي وحدتنا الثانية نظرة على التجوية والتعرية. تشكّل هاتان العمليتان الأرض تدريجيًّا وبشكل متواصل.

تعرّي الرمال التي تعصف بها الرياح الصخور لتنحت الأشكال الصحراوية التي نراها.

الوحدة الأخيرة من الفصل 1 هي نظرة على المناخ. فكّر في ما يحدث للطقس بين يوم وآخر. المناخ هو متوسّط الطقس على مدى مئات أو آلاف من السنين. إن العوامل الرئيسة في المناخ هي معدّل هطول الأمطار السنوي وكمية الطاقة الشمسية الواردة من الشمس. تتغيّر شدّة ضوء الشمس مع دوائر العرض. تقع دولة قطر عند حافة المنطقة المناخية المدارية (25 درجة شمال خط الاستواء تقريبًا).

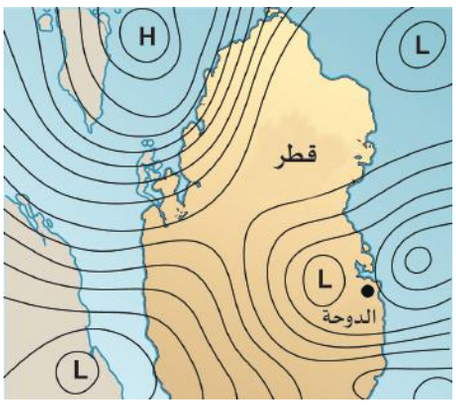


المناطق المناخية دوائر العرض.

بعض أقسام هذا الكتاب

الرّسوم التّوضيحيّة

مفاهيم مهمّة وبيانات وأمثلة على كل فكرة جديدة معروضة من خلال الإيضاحات المُفصَّلة والشروحات



أسئلة للمناقشة

كيف تقرأ خريطة الطقس؟

كيف يمكنك توقع اتجاه الرياح وسرعتها؟

أسئلة المناقشة تزوّد طلّاب الصفّ بفرصة مناقشة المفاهيم والمعلومات.

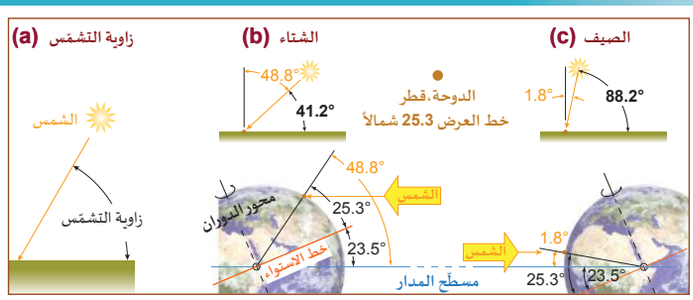
شريط الأفكار المهمّة

يُنتج الهواء البارد ضغطًا جويًّا أعلى من الهواء الدافئ.

تحديد النقاط الرّئيسة وتذكُّرها.

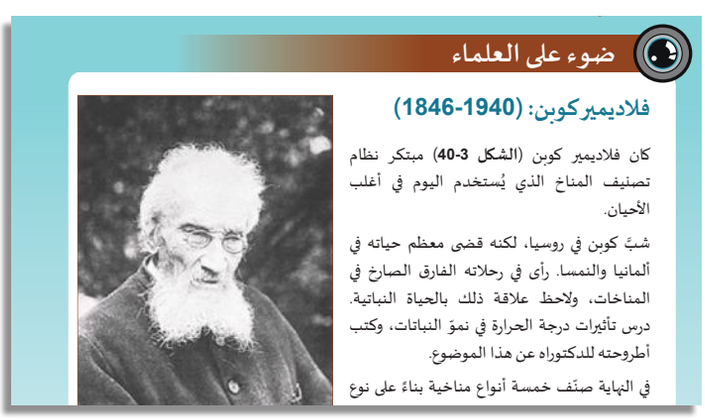
العلاقات والمعادلات

العلاقات الكميّة، كخطوط العرض، مشروحة بإيضاحات مفصّلة.



العلم والعلماء

تمّ تطوير معارفنا العلميّة على مدى أكثر من ثلاثة آلاف عام. تُطلعُنا هذه المقالات على إلهام الإنسان وتبصُّرِه في التعامُل مع العلم والتكنولوجيا.



علم الأرض والبيئة

الأنشطة والمراجعة والتّقويم

الأنشطة

التدرُّب العملي من خلال المُختبر والمشاريع البحثيّة وسواهما من الأنشطة التي تُرسّخ الأفكار الجديدة وتطوُّر العمل المخبري.

نشاط b2-2 نموذج المجرى المائل

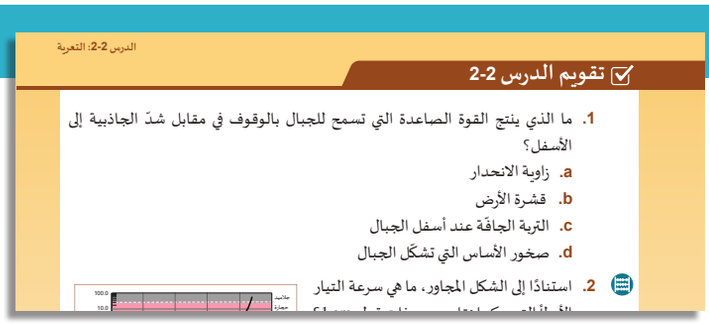
سؤال الاستقصاء	هل يمكنك ملاحظة أنماط تعرية الرمل في الصف؟
المواد المطلوبة	حوض مائل، ماء، أنواع مختلفة من الرمل، حجارة صغيرة.

الجزء الأوّل: تثبيت مقدارزاوية الانحدار

1. ضع الحوض عند زاوية منخفضة (الشكل 2-36).
2. اضبط معدّل تدفُّق الماء لتيار

تقويم الدّرس

يتميّز كل درس بعرض يحتوي على الأسئلة التي تُغطّي جميع المفاهيم والمعلومات في هذا الدرس.


الدرس 2-2: التعرية

تقويم الدرس 2-2

1. ما الذي ينتج القوة الصاعدة التي تسمح للجبال بالوقوف في مقابل شدّ الجاذبية إلى الأسفل؟
   a. زاوية الانحدار
   b. قشرة الأرض
   c. التربة الجافّة عند أسفل الجبال
   d. صخور الأساس التي تشكّل الجبال
2. استنادًا إلى الشكل المجاور، ما هي سرعة التيار

مراجعة الوحدة

ملخّص قصير عند نهاية كل وحدة، وهو مرجع سريع للأفكار والمُصطلحات الرئيسية.

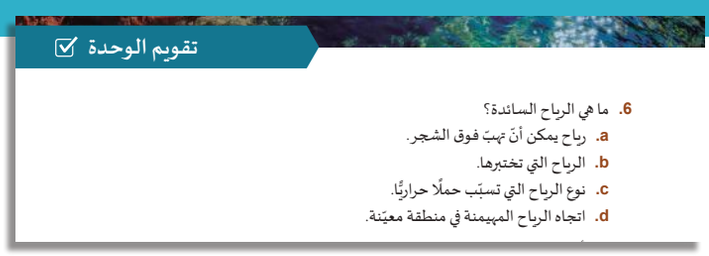
الوحدة 3

مراجعة الوحدة

- تتضمّن المناخات المعتدلة Temperate الموقع الأكبر لسكان الأرض، ويضمّ مناخ البحر الأبيض المتوسّط Mediterranean الفرعي على الجانب الغربي للقارّات.
- في وسط القارّات الكبرى منطقة المناخ القاري Continental والتي تضمّ المناخ الفرعي القاري الرطب Humid continental إذا كانت بالقرب من أجسام مائية كبرى.
- يقع المناخ القطبي Polar عند القطبين، وهو المنطقة الأبرد على الأرض. التندرا Tundras هي أكثر

تقويم الوحدة

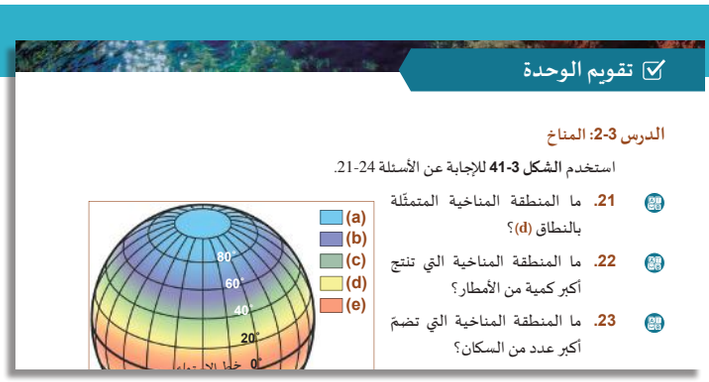
زوّدت كل وحدة بمجموعة من الأسئلة ذات الخيارات المتعددة كعينة تحضّر الطالب لاختبار نموذجي.


تقويم الوحدة

6. ما هي الرياح السائدة؟
   a. رياح يمكن أنّ تهبّ فوق الشجر.
   b. الرياح التي تختبرها.
   c. نوع الرياح التي تسبّب حملًا حراريًّا.
   d. اتجاه الرياح المهيمنة في منطقة معيّنة.

تقويم الوحدة

الأسئلة ذات الإجابة القصيرة والأسئلة ذات الإجابة المطوّلة بُنيتا على مُستويات ثلاثة من الصعوبة في نهاية كل وحدة.


تقويم الوحدة

الدرس 2-3: المناخ

استخدم الشكل 3-41 للإجابة عن الأسئلة 24-21.

21. ما المنطقة المناخية المتمثّلة بالنطاق (d)؟
22. ما المنطقة المناخية التي تنتج أكبر كمية من الأمطار؟
23. ما المنطقة المناخية التي تضمّ أكبر عدد من السكان؟

مخطّط المادّة

الوحدة 1

علم الأرض 2

الدرس 1-1 علم الأرض 4

تبدأ الوحدة الأولى بملخّص تاريخي للمفهوم البشري للأرض. نراجع الرؤى التاريخية من قبل العلماء العظماء كابن سينا. تُحرّك العمليات التي تشكّل سطح الأرض وتعيد تشكيله بفعل تدفّق الحرارة. تنتج الحرارة تيارات الحمل الحراري للمادة الصاعدة الأكثر دفئًا والمادة الهابطة الأكثر برودة. يتشكّل الطقس بواسطة تيارات الحمل الحراري في الغلاف الجوّي والمحيطات.

الدرس 1-2 الرطوبة والطقس 16

يتأثّر الطقس بعوامل كثيرة منها: درجة الحرارة والضغط وكمية الرطوبة في الهواء. تخبرنا الرطوبة النسبية عن كمية بخار الماء في الهواء، مقارنة بكمية بخار الماء القصوى الذي يمكن للهواء الاحتفاظ بها.

الوحدة 2 التجوية والتعرية 36

الدرس 2-1 التجوية 38

التجوية هي التفتيت الفيزيائي (الميكانيكي) والكيميائي والبيولوجي للصخور إلى قطع أصغر. تتضمّن أسباب التجوية والدورات المتتالية للسخونة والبرودة، والتأثير المستمر للرياح والمياه والمواد الكيميائية كالأملاح.

الدرس 2-2 التعرية 51

التعرية هي حركة المواد بالرياح والماء من مكان إلى آخر على سطح الأرض. الرمال التي تعصف بها الرياح هي مثال جيّد. مثال آخر، هو حركة المياه التي تحمل الحصى والرمل والطمي إلى البحر.

جدول المحتويات

الوحدة 3 المناخ 74

الدرس 3-1 الحرارة على الأرض 76

الطاقة الحرارية من الشمس هي عامل رئيس في المناخ. أشعة الشمس صيفا تكون شبه عمودية على المناطق المدارية القريبة من خط الاستواء. بينما تزداد دوائر العرض، تنخفض شدّة ضوء الشمس ومدة التشمّس أيضًا. بالقرب من القطبين، لا تظهر الشمس في الشتاء ويبقى الظلام 24 ساعة. العاملان الآخران اللذان يؤثّران في شدّة ضوء الشمس هما الانعكاسية وشفافية الغلاف الجوّي. يمكن لهذه العوامل جميعها أن تتغيّر وفقًا للنشاط البركاني والتلوّث الذي يسبّبه البشر.

الدرس 3-2 المناخ 86

يقسّم العلماء الأرض إلى مناطق مناخية مختلفة. المتغيّران الرئيسان في منطقة مناخية ما هما درجة الحرارة وكمية الهطول. تقع المنطقة المناخية المدارية بين دائرتي العرض 25 درجة جنوب و 25 درجة شمال. تقع دولة قطر عند حافة المنطقة المناخية المدارية. تمتدّ المنطقة المناخية المعتدلة بين دائرتي العرض 25 درجة و 66 درجة باتجاه القطبين الشمالي والجنوبي. عدد قليل من الناس يعيش في المناطق المناخية القطبية التي تشمل سيبيريا في روسيا، وجزءًا من كندا، والدول الإسكندينافية.

الوحدة 1
علم الأرض
Earth Science

في هذه الوحدة

الدرس 1-1: علم الأرض

الدرس 1-2: الرطوبة والطقس

ES1100
ES1101
ES1102
Es1103
ES1104

1 الوحدة

مقدّمة الوحدة

إن العديد من المفكرين العظماء في الماضي هم من السباقين في إكتشاف العلوم والفنون لمحاولة فهم العالم وظواهره في عصرهم.

كان صيادو السمك من بين الناس الأوائل الذين فهموا أنّماط الطقس. هناك مثل قديم يقول « سماء حمراء في الليل بحّارة سعداء». وهذا المثل يعني أنّ للسماء الصافية غروبًا أحمر. وكان البحّارة يعرفون هذه العلاقة من دون معرفة التفاصيل، لأنه أصبح لديهم خبرة بها وكانت مهمة في حياتهم. وكلنا يكتسب هذه الخبرات بالتعامل معها ومعايشتها. تتحدث هذه الوحدة عن تطوّر علم الأرض في الماضي، ثم تلقي نظرة على الفهم الحديث لتشكّل الطقس.

الأنشطة والتجارب

a1-1 تيارات الحمل الحراريّ

b1-1 بالون هوائيّ بالتسخين الشمسيّ

a2-1 الضغط الجوّي

b2-1 سجلّ الطقس

الدرس 1-1
علم الأرض
Earth Science

لماذا تتغيّر الأشياء؟ لماذا تحدث الزلازل؟ ما الذي يجعل البركان يثور بالحمم البركانية؟ ما الشيء الموجود في النار الذي يحول الحطب إلى رماد ودخان وحرارة؟ (**الشكل 1-1**). الجواب على كل الأسئلة الأربعة ينطوي على الطاقة. تغيّر الطاقةُ الحراريّة الأرضَ ببطء منذ ملايين السنين. إنّ الطاقة الحراريّة التي تراها في نار التخييم، هي الطاقة نفسها التي تسبب حدوث البراكين وحركة القشرة الأرضية البطيئة. تنتج الطاقة من مصادر مختلفة. تنتج حرارة ألسنة اللهب من التفاعلات الكيميائية. وتنتج الحرارة التي تفجّر البراكين من أعماق الأرض.

الشكل 1-1 مشاهدة ألسنة اللهب في نار التخييم.

مخرجات التّعلُّم

ES1100.1 يصف تغيّر نماذج الأرض منذ الأزمنة البدائيّة حتّى اليوم، وتغيّر التّفكير من الخرافيّ إلى العلميّ.

ES1101.1 يحدّد إسهامات البيرونيّ وابن سينا في فهم الأرض.

ES1102.1 يصف تسلسل الأفكار الرّئيسة في الجيولوجيا وكيفيّة تغيّرها من القرن السّابع عشر حتّى اليوم.

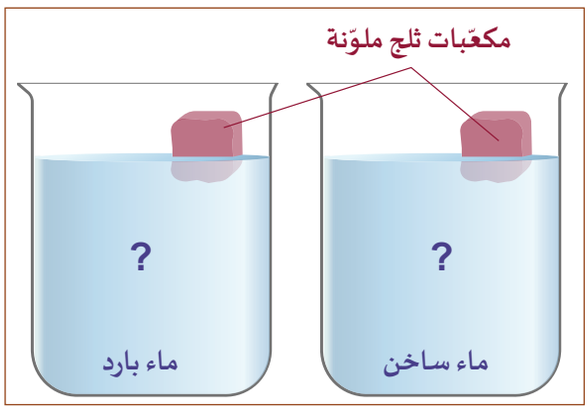
ES1103.1 يشرح كيف ينتج التّسخين غير المتساوي للأسطح تيّارات الحمل الّتي تؤدي إلى الظّواهر الجوّيّة المختلفة.

ES1103.2 يوضح تيارات الحمل الحراري كنتيجة للاختلافات في الكثافة ضمن الهواء والماء.

المفردات

Earth Science	علم الأرض
Meteorologist	عالم أرصاد
Temperature	درجة الحرارة
Heat	الحرارة
Density	الكثافة
Weight	الوزن
Convection	الحمل الحراريّ
Wind	الرياح
Convection current	تيّار الحمل الحراريّ
Prevailing wind	الرياح السائدة

ما التغيّرات التي تُحدثها الطاقة في الأرض؟



الشكل 1-2 اختبار درجة الحرارة والحرارة.

عندما تهبّ الرياح، فإنّها تحرّك كمية كبيرة من الهواء. من أين تأتي الطاقة التي تحرّك كلّ هذا الهواء؟

أثناء الهزّة الأرضيّة تتحرّك مناطق واسعة من الأرض بسرعة عالية. من أين تأتي الطاقة التي يمكنها تحريك ملايين الأطنان من الصخور والأتربة؟

في الاختبار المبيّن في **الشكل 1-2** ينصهر الثلج لأنّه يمتصّ الطاقة الحراريّة من الماء. يبرد الماء عندما تنتقل الطاقة الحرارية من الماء إلى الثلج. يسمح اللون برؤية تدفّق الماء البارد بعيدًا عن مكعّب الثلج. يُنتج الماء الساخن والماء البارد أنماط تدفّق مختلفة جدًا.

من المدهش أن نفس الطاقة الحرارية تتسبب في ظواهر الطقس المختلفة وحدوث الزلازل. يسبّب تدفّق الحرارة في الغلاف الجويّ حركة الهواء، وهي الحركة التي تسبّب الرياح، والعواصف، كالأعاصير الاستوائية. ويسبّب تدفّق الحرارة في باطن الأرض تحرُّكَ القارات ببطء. وينتج عنها حركة بطيئة لأجزاء مختلفة من القشرة الأرضية التي تسبّب الزلازل.

العلماء والعلوم

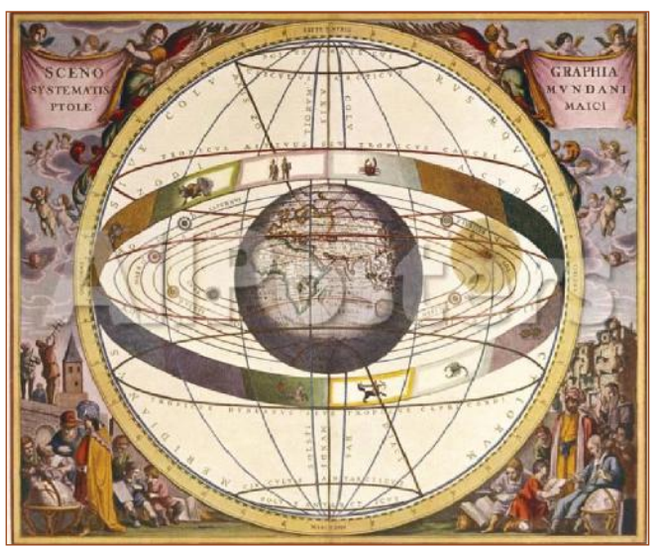
كيف عرفنا أسباب تغيّر الطقس وحدوث الهزّات الأرضيّة؟ الجواب مهمّ إلى أبعد الحدود، ذلك أنّ الناس يحاولون أنّ يدركوا حقيقة ما يَرَوْن، وعلى مر الأيام بحث المفكّرون ليفهموا التوازن في العالم من حولهم.

- طوّر الناس الرياضيات من خلال مشاهدة الكواكب والنجوم محاولين إيجاد أنماط في حركاتها.
- عرف الناس حقائق علم الأحياء والطبّ من خلال رؤيتهم واختبارهم للنباتات والحيوانات في الطبيعة.
- عرف الناس حقيقة الجيولوجيا من خلال سفرهم ومراقبة اراضٍ مختلفة.

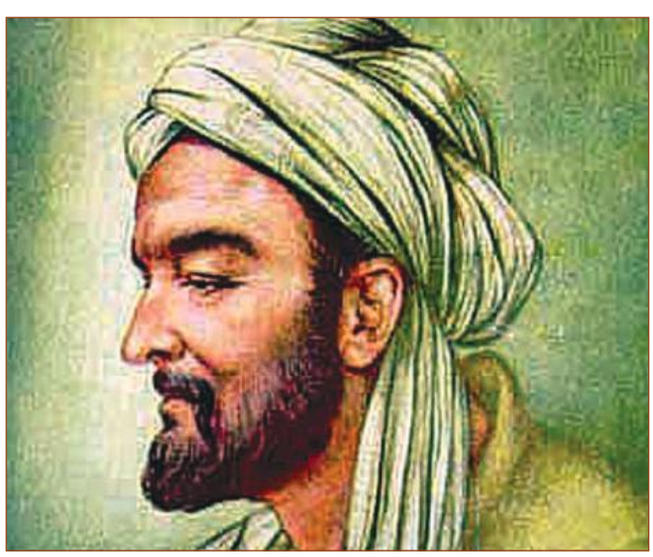
سنتعرَّف في هذا الدرس إلى ما أسهم فيه العالمان الكبيران، أحمد البيروني وابن سينا، في علم الرياضيات، وعلم الأحياء، والكيمياء، والفيزياء، والجيولوجيا في خلال السنوات الأولى من القرن الحادي عشر. فقد طوّر البيروني على سبيل المثال حلاً لمسألة تحديد موقع مكّة المكرّمة بناءً على علم المثلّثات ذات الأبعاد الثلاثية.

نماذج الأرض

الشكل 1-3 نموذج الأرض المسطّحة مغطّاة بقبة تحتوي على الشمس والقمر والنجوم والكواكب.



الشكل 1-4 نموذج بطليموس.



الشكل 1-5 ابن سينا.

فكّر في ما كان يُعرف منذ 2000 سنة، قبل الرحلات الفضائية، والتلسكوبات، والعلوم الحديثة. ثم اقترح «تفسيرًا» منطقيًّا لحركة الأرض وتعاقب الليل و النهاروالفصول، اشرح الأسباب التي تجعل الأشياء تسقط إلى الأسفل ولا ترتفع إلى الأعلى.

استندت النماذج القديمة للأرض على ما قد يلاحظه كلّ شخص. تبدو الأرض مسطّحة، مع نتوءات للجبال. وقد ظنّ الناس أنّ الأرض مسطّحة. لقد رأوا أنّ الأجسام في السموات تتحرّك على قبة تغطّي الأرض (**الشكل 1-3**). تتحرّك قبة السموات، فيتعاقب الليل والنهار، وتتنوع الفصول. وقد ظنّ الناس أيضًا أنّ الأرض ثقيلة جدًّا فلا تتحرّك. لذلك، فإنّ كلّ شيء في السموات يدور حول الأرض كما رأى بطليموس (**الشكل 1-4**).

ولد ابن سينا، وهو أحد أعظم علماء المسلمين في العام 980 ميلادي (**الشكل 1-5**). وعندما أصبح في العاشرة من عمره كان قد حفظ القرآن الكريم كلّه. وعندما أصبح يافعًا درس الفلسفة والعلوم. وقد استنتج، بناءً على ملاحظاته، أنّ الجبال تتشكّل بفعل القوّة الصاعدة، كالهزّات الأرضيّة مثلًا. وقد رأى أيضًا أنّ المطر وعوامل التعرية الأخرى يخفضان الجبال عبر الزمن. هاتان الفكرتان تُعَدّان من المبادىء الأساسيّة في علم الجيولوجيا الحديث.

علم الأرض والفكر العلمي

علم الأرض Earth Science هو علم دراسة الأرض وغلافها الجوي والأنظمة التي تدير تغيّراتها. تتضمّن علوم الأرض عادةً علم الفلك، والجيولوجيا، وعلم المحيطات، وعلم الأرصاد. قاد تطوّر التفكير العلمي إلى تغيُّر الأفكار القديمة نحو فهم جديد للأرض. وقد استند التفكير العلمي على الملاحظة، فشكّكت آراء كثيرة، منذ زمن ابن سينا، في التفسيرات الخرافيّة للأرض.

الشكل 1-6 أحمد البيروني.

وُلد أحمد البيروني في العام 973 ميلادي مُعاصرًا ابن سينا. وقد كتب في حياته الطويلة 146 كتابًا، تناول في 95 منها مواضيع في الرياضيات وعلوم الأرض، بما فيها علم الفلك والجغرافيا. ومن ضمن إنجازاته أنّه حدّد نصف قطر الأرض ضمن هامش خطأ لا يزيد عن 2%، واستنتج بدقّة أنّ التغيُّرات في الأرض نتجت بفعل أشياء حدثت في الماضي البعيد.

كان ابن سينا والبيروني من بين الأوائل الذين طوَّروا طريقة التفكير العلمي: فبناءً على الملاحظات والقياسات، تُقترح الفرضّيات ويتم إختبارها للوصول إلى النتائج.

الشكل 1-7 النجوم في سماء الصحراء ليلاً.

درس ابن سينا والبيروني علم الفلك. وقد كان علم الفلك في زمنهما مهمًّا إلى أبعد الحدود، فقد كانت النجوم في ذلك الزمن هي خرائط طريق. تخيّل نفسك مسافراً عبر الصحراء المفتوحة (**الشكل 1-7**). تبدو الأرض متشابهة في جميع الإتجاهات. كيف تعرف:

- أين موقعك؟
- في أي إتجاه تريد الذهاب؟

كان الملاحون القدماء يعرفون مواقع النجوم. كان بإمكانهم تحديد الاتجاه من خلال مواقع نجوم معروفة كنجم الشعري اليمانية، النجم الأكثر سطوعًا في سماء الليل. يبدو النجم الشعرى اليمانية مباشرةً فوق 17 درجة جنوب خط الإستواء. ويبدو النجم الأحمر عين الثور مباشرة فوق 18 درجة شمال خط الإستواء. يمكن للملاح الماهر تحديد الموقع والاتجاه عبر قياس مواقع ثلاثة نجوم معروفة بعناية في وقت معروف.

تطوّر علم الجيولوجيا

الجيولوجيا Geology هي العلم الذي يتعامل مع بنية الأرض الفيزيائية وتاريخها،والعمليات التي تحدث على كوكبنا وفيه.

يتشكّل الفهم الحديث للجيولوجيا بسؤالين مهمين:
1. كم هو عمر كوكبنا؟
2. ما الذي يشكّل الجبال، والبحار، وطبقات الصخور بأنواعها المختلفة؟

1. كان يُظنّ في القرون الوسطى أنّ عمر الأرض لا يزيد عن 6000 سنة. إلّا أنّنا نعلم الآن أنّ عمر كوكبنا يقرب من 4.5 مليار سنة، ما يعني أنّه أكبر بمليون مرّة تقريبًا مما كان يُظنّ.
2. هناك نظريتانّ متناقضتان لتفسير تغيّر الأرض. وقد رأت النظرية الاولى (نظرية الكارثة) أنّ الكوارث الكبرى، كالفيضانات والزلازل، هي المسؤولة عن هذا التغيُّر. أمّا النظرية الثانية (نظرية التدرج)، فرأى أصحابها أنّ العمليات البطيئة والمتدرّجة كالتعرية والترسُّب هي السبب الأهم في حدوث هذه التغيرات.

الأعمال المبكّرة

1025- كان للبيروني «كتاب في تحقيق ما للهند»، ناقش فيه جيولوجية الهند، ورأى أنّها كانت في يوم من الأيام بحرًا.

1027- نشر ابن سينا أفكاره عن أسباب تشكّل الجبال.

تطور علم الجيولوجيا من القرن السابع عشر حتّى اليوم

1700-1799 الخرائط الجيولوجية الأولى المفصّلة، والتي تبيّن توزُّع الصخور المختلفة والطبقات الصخرية.

1779-1785 رأى دو بوفون أنّ عمر الأرض هو أكثر من 6000 سنة، وقد أيّده في ذلك هاتون في كتابه «نظرية الأرض».

1813- رأت "نظرية الكارثة" أنّ الكوارث الكبرى، كالفيضانات والهزّات الأرضيّة والبراكين والعصور الجليدية، هي التي تعيد تشكيل الأرض بشكل دوريّ.

1830- رأى لايل أنّ عمر العالم هو عدة مئات من ملايين السنين، وقد تشكّل هذا العالم بفعل العمليّات المتدرّجة للتعرية والترسُّب.

1862- قدّر اللورد كلّفين أنّ عمر الأرض يتراوح بين 20 و 400 مليون سنة.

1911- استخدم هولمز النشاط الإشعاعي لتأريخ الصخور (تقدير عمر الصخور) حتى 1.6 مليار سنة.

1912- رأى فيجنر، صاحب نظرية انجراف القارّات أنّ القارّات الحالية كانت تشكّل يومًا قارّة واحدة اسمها "بانجيا" ثمَّ انقسمت .

1928- اقترح بوين المصدر البركاني للصخور النارية.

1935- اخترع ريختر مقياسًا لقياس قوة الهزّات الأرضيّة .

1953- اكتشف أوينغ وهيزن حافة منتصف الأطلسي.

1960-1965 اكتُشف انتشار قاع المحيط، وطُرحت نظرية الصفائح التكتونية التي تفسّر كيفية تحرّك القارات.

1980- اكتشف ألفاريز وابنه دليلًا يؤكّد أنّ اصطدام نيزك عملاق سبَّب انقراض الديناصورات منذ 65 مليون سنة...

إن تواريخ الأحداث هي للإثراء فقط.

العمليات التي تشكّل الأرض

منذ زمن أعمال البيروني، تطوّر فهمنا لعلم الجيولوجيا، وأصبح أكثر دقّة من الناحية العلميَّة. يبيّن **الشكل 1-8** كيف تحرّكت القارات بشكلٍ متدرّج. تحدث هذه التغييرات الكبرى على مدى ملايين السنين.

الشكل 1-8 كيف تغيّرت الأرض منذ 260 مليون سنة.

الكثير من العمليات الجيولوجية حدثت خلال تاريخ الأرض الطويل. كل هذه العمليات تقريباً لا تزال تحدث اليوم.

- إنَّ عمليات التجوية بحركة الرياح والمياه تُفتّت الجبال ببطء وتحوّلها إلى رمال؛ وتعمل عوامل التعرية المختلفة على جرف الرمال ونقلها إلى البحيرات والأنهار والبحار.
- إنّ الزلازل والبراكين تُثبِت أنّ القارات لا تزال تتحرّك وقد ينتج عنها تكون الجبال أو أحواض خسفية أو أخاديد، و تعمل على توسيع المحيطات. ويتسع المحيط الأطلسي بمعدل 5 cm في السنة.

نبدأ دراستنا لعلوم الأرض بالعمليات الجيولوجية الأكثر وضوحًا: الطقس. وتقلبات الطقس في قَطَر قليلة بالمقارنة مع مناطق أخرى من العالم حيث توجد أجزاء من العالم تتميز بعواصف عنيفة، ورياح، وجليد شتوي، وأمطار ربيعية. وهناك سببان للبدأ بالكلام عن الطقس:

1. للطقس دور في تشكيل الأرض عبر ملايين السنين.
2. ينتج الطقس عن انتقال الطاقة الحراريّة. إنّ تدفّق الحرارة والطاقة هو مفتاح فهم الكثير من المواضيع الجيولوجية الأخرى، فلماذا تتحرّك القارات؟ ولماذا تحدث البراكين والهزّات الأرضيّة؟

الشكل 1-9 أمطار غزيرة في الدوحة.

حتى في مناخ قَطَر، فقد رأينا كيف أنّ حركة المياه القوية الذي تخلفة الأمطار الغزيرة تسبب بعض الدمار.

إنّ فهم تدفّق الطاقة الحراريّة الذي يسبّب الأمطار الغزيرة هو الخطوة الأولى لفهم الطقس.

الحرارة وتأثيرها في الطقس

كيف تشكّل الحرارة الطقس؟
تعطي الحرارة طاقة.
تغيُّر الحرارةَ كثافةَ الهواء.
تنتج الرياح عن اختلاف في كثافة الهواء.
أهمّ العناصر التي تشكّل الطقس هي الرياح والرطوبة ودرجة الحرارة.

الطاقة الحراريّة هي الطاقة الموجودة في المادّة بسبب حركة الذرّات والجزيئات.

- **درجة الحرارة Temperature** هي قياس كمية الطاقة الحراريّة لكل جرام من المادّة.
- **الحرارة Heat** هي مجمل الطاقة الحراريّة في كمية من المادّة.

الشكل 1-10 الكثبان الرملية في صحراء قطر.

إنّ الرقم القياسي العالمي المسجّل لدرجة الحرارة هو 56.7 درجة مئوية في وادي الموت في كاليفورنيا.

يمكن لدرجات الحرارة في قطر أن تتخطّى 45 درجة مئوية في فصل الصيف. ومع ذلك، فإن درجة الحرارة متماثلة إلى حدّ بعيد في الصحراء على مساحة كبيرة (**الشكل 1-10**). تنتج التغيُّرات في الطقس بسبب الاختلاف في درجات الحرارة.

تسبّب اختلافات درجات الحرارة حركة الرياح، وتؤدّي إلى ظواهر الطقس المختلفة.

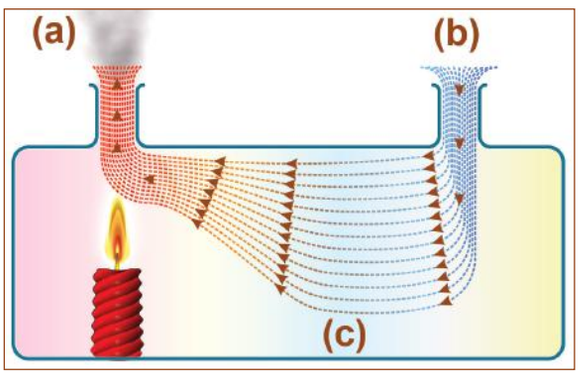
لا تحدث الرياح، وهي أبسط حالات الطقس، إلّا بحدوث اختلاف في درجات الحرارة التي تؤدي إلى حركة الهواء مسبّبة الرياح.

- **الكثافة Density** هي كتلة وحدة الحجوم من المادّة، وتقاس بوحدة الجرام لكل سنتيمتر مكعب. تبلغ كثافة الهواء الجاف 1.29×10^{-3} جم/ سم^3 تقريبًا.
- **الوزن Weight** هو مقدار قوة الجاذبيةالمؤثرة على كتلة الجسم . يزداد وزن وحدة الحجوم من الهواء (السنتيمتر المكعب) بزيادة الكثافة.
- رفع درجة الحرارة يعني أن جزيئات الهواء تتحرّك أسرع وهذا يؤدّي إلى انتشار الجزيئات، فتنخفض كثافة الهواء.
- يسبّب الاختلاف في الكثافة اختلاف في وزن الهواء، وهذا الاختلاف يؤدّي بالهواء الأكثر كثافة إلى الهبوط لأسفل والهواء الأقل كثافة إلى الصعود لأعلى.

تيّارات الحمل الحراريّ

تيّارات الحمل الحراري Convection currents هي الحركة الصاعدة للمائع (هواء أو ماء) الدافىء ذي الكثافة المنخفضة ليحلّ محله مائع بارد ذو كثافة أعلى.

تنتج **الرياح Wind** بسبب إنتقال الهواء البارد ذو الكثافة العالية للأسفل ليحل مكان الهواء الدافئ ذو الكثافة المنخفضة الذي يرتفع للأعلى .



الشكل 1-11 أداة عرض تيّارات الحمل الحراريّ.

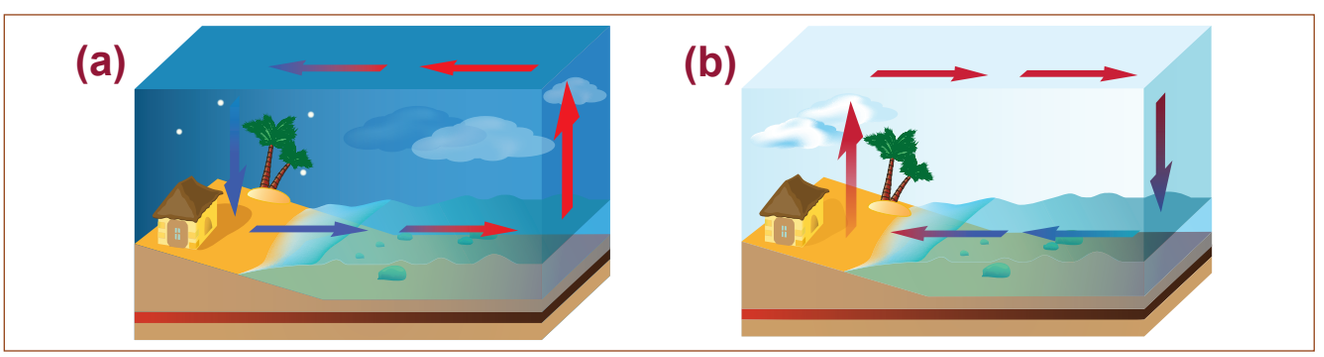
يوضّح **الشكل 1-11** أداة عرض في الصفّ للحمل الحراريّ.

a. تُسخّن الشمعة الهواء. فيصبح أقلّ كثافة، فيرتفع.

b. يتّجه الهواء البارد الأعلى كثافة في الغرفة إلى الشمعة ليحلّ محلّ الهواء الدافىء.

c. يمكن رؤية حركة الهواء عند أسفل أداة عرض الحمل الحراريّ.

ينتج عن تيّارات الحمل الحراريّ نسيم البحر عند الشاطىء (**الشكل 1-12b**). خلال النهار، تسخن اليابسة أسرع من الماء. يرتفع الهواء الدافىء الملامس لليابسة بسبب كثافته المنخفضة. يأتي الهواء الأبرد الملامس للماء ليحل محل الهواء الدافىء الصاعد، مشكّلاً نسيم البحر.

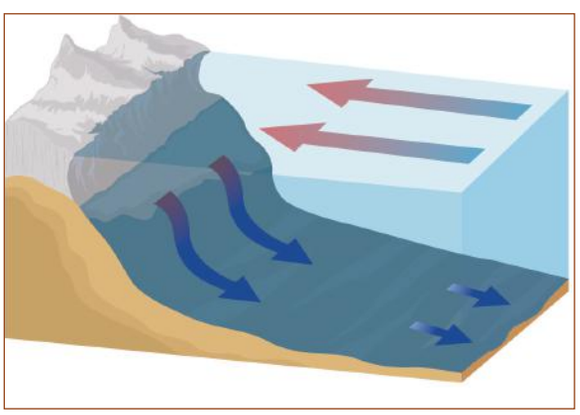


الشكل 1-12 نسيم البر ونسيم البحر.

في الليل، تبرد اليابسة أسرع من الماء. يرتفع الهواء الأكثر دفئًا و أقل كثافة الموجود فوق الماء للأعلى ، فيتحرك الهواء البارد الأكثر كثافة من اليابسة باتجاه الماء ليحل مكان الهواء الساخن الصاعد مكوّناً نسيم البر (**الشكل 1-12a**).

يحدث الحمل الحراريّ في محيطات وبحار العالم.

تغوص المياه الباردة الأعلى كثافة إلى القاع، في الوقت الذي ترتفع فيه المياه الدافئة الأقلّ كثافة إلى السطح (**الشكل 1-13**).



الشكل 1-13 الحمل الحراريّ في المحيط.

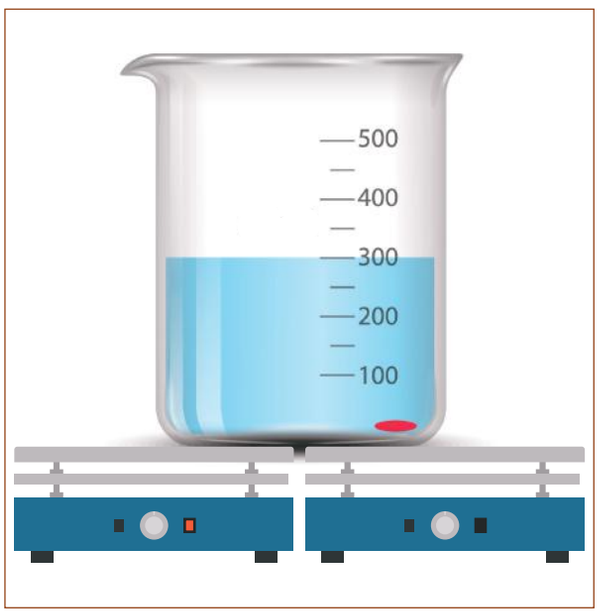
- ينتج عن انصهار الكتل الجليدية مياه باردة جدًّا.
- تعمل المياه الباردة الأعلى كثافة على دفع المياه الدافئة الأقلّ كثافة إلى الأعلى.

نشاط a1-1 تيّارات الحمل الحراريّ

سؤال الاستقصاء	هل يمكنك عرض تيّارات الحمل الحراريّ في الصف؟
الموادّ المطلوبة	سخّانان، إناء بحجم 500 ml، ماء، ملوّن طعام، مكعّبات ثلج.

خطوات التجربة

1. ضع الإناء فوق السخّانَيْن.
2. املأ نصف الإناء بالماء البارد. اترك الماء قليلًا حتى يتوقّف عن الحركة.
3. تأكّد من حفظ ملوّن الطعام في مكان بارد. مستخدمًا قطّارة عين، ضع عدة نقاط من ملوّن الطعام عند أسفل الإناء للجهة التي لن تسخّن (**الشكل 1-14**).
4. شغّل السخّان تحت الجهة المقابلة لملوّن الطعام.
5. سجّل ملاحظاتك إلى أن يختلط ملوّن الطعام بالماء كلّيًا.



الشكل 1-14 إناء بحجم 500 ml من الماء البارد ونقطة من ملوّن الطعام عند جهة منه. الجهة الأخرى تُسخّن.

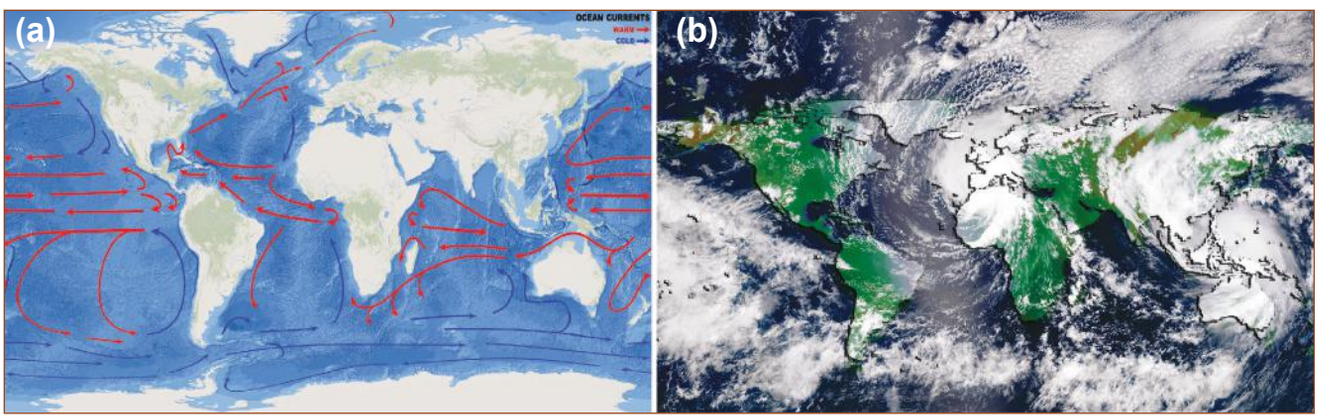
6. أفرغ الوعاء واملأه بماء بدرجة حرارة الغرفة. ضع نقطة من ملوّن الطعام بدرجة حرارة الغرفة عند أسفل الإناء لجهة معيّنة منه.
7. ضع بتأنّ مكعّب ثلج على جهة الإناء فوق ملوّن الطعام.
8. سجّل ملاحظاتك إلى أن يختلط ملوّن الطعام بالماء.

التحليل

a. في أي اتجاه تحرّك ملوّن الطعام عندما بدأ الماء يسخن؟
b. فسّر لماذا تحرّك الماء هكذا.
c. هل ستحصل على النتيجة نفسها اذا بدأت تجربتك بالماء الساخن؟ فسّر ذلك.
d. كيف تغيّرت النتائج مع استخدام مكعّب الثلج البارد؟

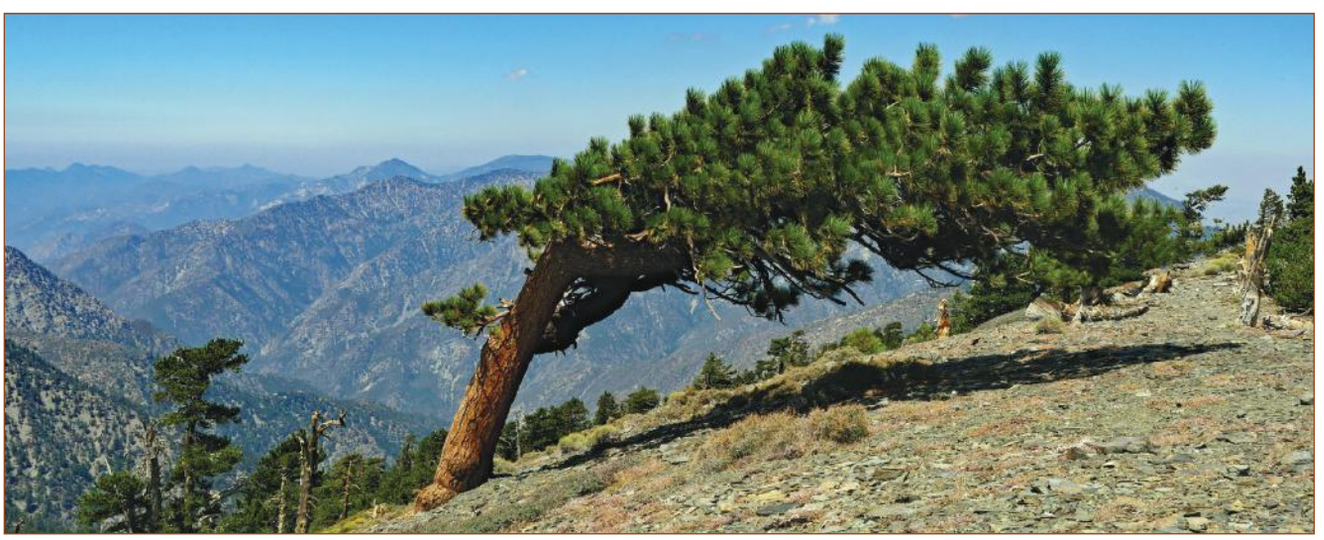
تطبيقات تيّارات الحمل الحراريّ

إنّ **تيّارات الحمل الحراري Convection currents** هي الحركة الصاعدة للمائع (هواء أو ماء) الدافىء ذي الكثافة المنخفضة ليحلّ محله مائع بارد ذو كثافة أعلى. وهي كتل تتشكّل بسبب التسخين غير المتساوي، والناتج عن الشمس. بالتزامن مع دوران الأرض حول نفسها، تُشكّل تيّارات الحمل التيّارات البحريّة الرئيسة والرياح السائدة الرئيسة التي كان البحّارة يعرفونها منذ آلاف السنين (**الشكل 1-15**).



الشكل 1-15 (a) تيّارات الحمل الحراريّ البحريّة، **(b)** تيّارات الحمل الحراريّ الهوائيّة.

الرياح السائدة Prevailing wind هي الرياح الأكثر شيوعًا في منطقة ما. في بعض الأماكن من العالم، تكون الرياح السائدة قوية إلى درجة تصبح فيها الأشجار التي تنمو في تلك المنطقة مائلة باتجاه إندفاع الرياح المستمرّة (**الشكل 1-16**).



الشكل 1-16 شجرة نمت تحت تأثير رياح سائدة قوية.

ما اتجاه الرياح السائدة في منطقتك؟

- خطّ الاستواء الدافىء والقطبان الباردان يشكلان التيارات الضخمة التي تحصل على مستوى المحيطات والمسافات الضخمة تسمى التيارات البحرية أو التيارات الهوائية و هي تتأثر أيضا بقوة كوريوليس اضافة لفرق درجة الحرارة بين المناطق
- تحدّد تيارات الحمل و رطوبة الهواء حالة الطقس المتوقع في أوقات معينة على مدار العام.

نشاط b1-1 بالون هوائيّ بالتسخين الشمسيّ

سؤال الاستقصاء	هل يمكنك قياس قوّة الدفع الصاعدة للهواء الساخن؟
الموادّ المطلوبة	بالون هوائيّ بالتسخين الشمسيّ، مستشعر قوّة، كاشف ليزري لدرجة الحرارة السطحية. خيط صيد السمك.

خطوات التجربة

1. اشترِ أو اصنع بالونًا هوائيًّا بالتسخين الشمسيّ من أكياس بلاستيكية سوداء رقيقة رُبط بعضها ببعض. **(الشكل 1-17)**
2. اربط جيدًا خيط النايلون بالبالون.
3. خذِ البالون إلى الخارج ودعه يسخن في الشمس.
4. اربط مستشعر القوة بخيط النايلون، وانتظر ليبدأ البالون بالارتفاع، ولا تدعه يفلت.
5. قِسْ القوّة القصوى التي يمكنك كشفها بمستشعر القوّة، في الوقت المسموح.
6. سجّل درجة حرارة الهواء داخل البالون مستخدمًا الكاشف الليزري لدرجة الحرارة السطحية.
7. سجّل درجة حرارة الهواء المحيط بالبالون.
8. يعتمد الحمل الحراريّ على درجة حرارة الهواء في داخل البالون إذا كان أكثر دفئًا من الهواء المحيط.
9. قارن الاختلاف في درجة حرارة الهواء داخل البالون وخارجه . يجب أن يؤثّر ذلك على القوّة التي تسجّلها.
10. حاول القيام بالبحث في الصباح الباكر، عندما تشرق الشمس، وتكون درجة حرارة الهواء لا تزال منخفضة نسبيًا.

الشكل 1-17 بالون هوائيّ بالتسخين الشمسيّ.

التحليل

a. فسّر لماذا يرتفع البالون؟
b. لماذا يمكن أن يكون هذا النشاط أفضل إذا كانت درجة حرارة الهواء في داخل البالون أعلى بكثير من درجة حرارة الهواء في خارج البالون؟
c. أيّ وقت من السنة يكون أفضل لإجراء هذا النشاط؟ احفظ المعدّات إلى هذا الوقت، وحاول القيام بالنشاط مرة أخرى.

تقويم الدرس 1-1

1. ما الذي يحدث بسبب عمليات التجوية؟
   a. جرف الرمال.
   b. حدوث الزلازل.
   c. تحرك القارات.
   d. تفتت الجبال.

2. أيُّ رقم هو الأقرب إلى عمر الأرض بالسنوات؟
   a. 4,000
   b. 4,000,000
   c. 4,000,000,000
   d. 4,000,000,000,000

3. ما الاختلاف بين الكثافة والوزن؟
   a. الكثافة هي قياس الطاقة الحركيّة، والوزن هو قياس الطاقة الكامنة.
   b. الكثافة هي قياس شدّ الجاذبية على الكتلة، والوزن هو قياس الكتلة للحجم.
   c. الكثافة هي مقدار الكتلة في وحدة الحجوم، والوزن هو الكتلة الفعلية.
   d. الكثافة هي مقدار الكتلة في وحدة الحجوم، والوزن هو القوة الناتجة عن شدّ الجاذبية على الشيء.

4. بيّن الاختلاف بين النظريتين المبكّرتين المتنافستين لتكوّن سطح الأرض، وقد سُمّيتا: "الكارثة" و"التدرّج". ثم وضح لماذا تعتبر كلتا النظريتين صحيحتان جزئيًا.

5. ما الشيئان اللذان يمكن أن يحدثا لجزيئات المادّة عندما تُضاف إليها الحرارة؟

6. إنّ الماء المالح أكثر كثافة من الماء العذب. ما الذي يمكن أن يتغيّر إذا دخلت كميات كبيرة من المياه العذبة فجأة إلى مياه المحيط المالحة؟ اذكر سببين يُثبِتان أو ينفيان حدوث مشكلة؟

الدرس 2-1
الرطوبة والطقس
Humidity and the Weather

في الطبيعة بضعة أشياء مدهشة ومرعبة أكثر من العواصف الرعديّة (**الشكل 1-18**). تضرب الصواعق الأرض 100 مرة تقريبًا في الثانية، وتنقل كُلُّ صاعقة ما يعادل 15 مليون فولت من الكهرباء.

يمكن التنبؤ بهذه العواصف واتخاذ التدابير المناسبة. هناك كثير من المتغيّرات. بعض هذه المتغيّرات كالرطوبة والرياح يمكن التنبؤ بها، وهكذا يتم توقُّع بعض ظواهر الطقس والاستعداد لها قبل حدوثها.

الشكل 1-18 الصواعق.

مخرجات التّعلُّم

ES1104.1 يقيس المتغيّرات التي تشمل درجة حرارة الهواء، والضّغط الجوّيّ، والرّطوبة (الرّطوبة النسبيّة ونقطة النّدى)، والهطول (المطر، والثّلج، والبرد، والمطر المتجمّد، إلخ...)، وسرعة الرّياح واتجاهها، وغطاء الغيوم.

ES1104.2 يعرف كيف تتعلّق المتغيّرات الجوّيّة ببعضها بعضًا، ومنها تأثير درجة الحرارة والرّطوبة في الضّغط الجويّ واحتمال الهطول، وكيفيّة تأثير تغيّر الضّغط الجويّ في سرعة الرّياح.

ES1104.3 يفهم الرّموز الأساسيّة على خريطة الطّقس كالجبهات ومناطق الضّغط الجويّ المرتفعة والمنخفضة، ويكون قادرًا على توقّع الحالة الجوّيّة مرتكزًا على خريطة الطّقس.

المفردات

Air temperature	درجة حرارة الهواء
Thermometer	مقياس الحرارة (الثرموميتر)
Air pressure	الضغط الجويّ
Barometer	مقياس الضغط الجويّ
Wind speed	سرعة الرياح
Wind direction	اتجاه الرياح
Isobars	خطوط تساوي الضغط الجوي
Humidity	الرطوبة
Transpiration	النتح
Relative humidity	الرطوبة النسبيّة
Dew point	نقطة الندى
Cloud cover	غطاء الغيوم
Air mass	كتلة هوائيّة
Front	جبهة
Precipitation	الهطول

قطع الأحجية

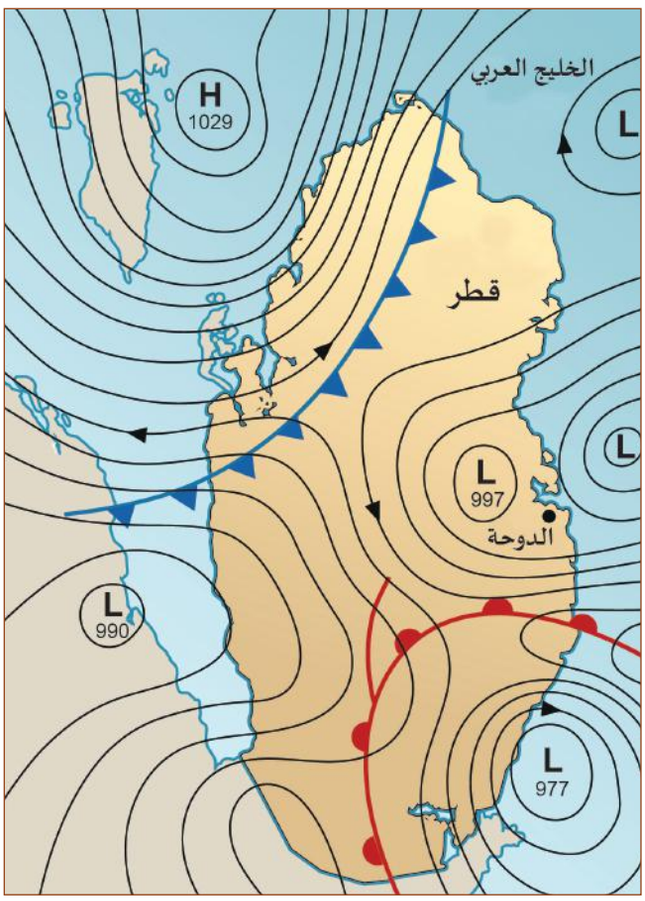
ما الاستراتيجية المستخدمة لجمع قطع الأحجية؟ (**الشكل 1-19**)؟

- هل تُجمع الحواف أوّلًا؟
- هل تُستخدم الصورة وتُجمع الأجزاء المختلفة للأحجية أوّلًا؟
- كيف يمكن أن تُجمع أُحْجِيَة إذا كانت بلون واحد؟

الشكل 1-19 أحجية الصور المقطوعة.

يتشكّل الطقس دائمًا نتيجة لعدّة عوامل. إنّ محاولة فهم النظام تشبه حلّ الأَحْجِيَة. عناصر الطقس التي تشكّل قطع الأَحْجِيَة هي:

- درجة حرارة الهواء
- الضغط الجوي
- سرعة الرياح واتجاهها
- الرطوبة
- الرطوبة النسبيّة
- نقطة الندى
- غطاء الغيوم



الشكل 1-20 عيّنة لخريطة طقس لقطر تبيّن الكثير من الأحداث المختلفة.

يضع عالم الأرصاد الكثير من هذه المعلومات على خريطة الطقس (**الشكل 1-20**) وبنظرة واحدة يستطيع أن يعطي توقُّعًا دقيقًا للطقس المتوقّع لاحقًا.

- ليس من المنطقيّ أن يطلب من شخص غير مدرّب تأويل كلّ المتغيّرات المطلوبة لتوقُّع الطقس بدقّة.
- لكن قد يكون منطقيًّا القدرة على النظر إلى خريطة الطقس وتكوين فكرة تقريبية عن الطقس المتوقع في المنطقة.

درجة حرارة الهواء

- **درجة حرارة الهواء**
- الرطوبة النسبيّة
- الضغط الجويّ
- نقطة الندى
- سرعة الرياح واتجاهها
- غطاء الغيوم
- الرطوبة

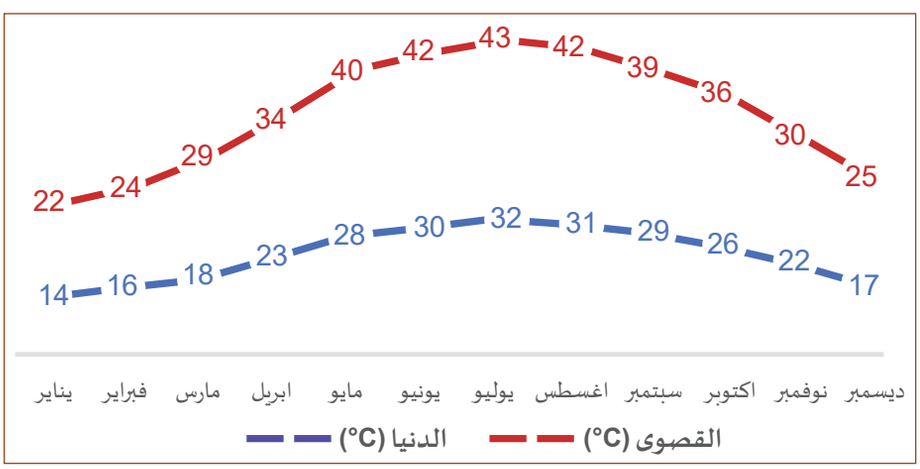
ما أعلى درجة حرارة اختبرتها؟ أين كنت؟ وفي أي وقت من السنة كان ذلك؟

ما أدنى درجة حرارة اختبرتها؟ أين كنت؟ وفي أي وقت من السنة كان ذلك؟

تتغيّر **درجة حرارة الهواء Air temperature** على الأرض من درجة دنيا 89°C- سُجّلت في الأنتاركتيكا إلى درجة عليا 56.7°C+ في وادي الموت في الولايات المتحدة الأمريكية. تُقاس درجة حرارة الهواء في المطارات على مستوى سطح الأرض. تصبح درجة حرارة الهواء في الغالب أبرد عندما ترتفع في الفضاء.

مقياس الحرارة (الثرموميتر) Thermometer هو أداة تُستخدم لقياس درجة الحرارة.

يمكن لدرجة الحرارة في أماكن متعدّدة من العالم أن تتغيّر كثيرًا بين يوم وآخر. يبيّن **الشكل 1-21** متوسّط درجة الحرارة الشهرية لقَطَر. تعطي هذه البيانات فكرةً عن كيفية تغيّر درجة الحرارة في خلال السنة، لكنها لا تعطي درجة الحرارة الفعلية في يوم محدّد.



الشكل 1-21 متوسّط درجة الحرارة الشهريّة لقطر.

- من الشائع إعطاء متوسّط درجات الحرارة العليا ومتوسّط درجات الحرارة الدنيا لمنطقة ما (**الشكل 1-21**). تعكس البيانات متوسّط درجات الحرارة نهارًا ومتوسّط درجات الحرارة ليلًا.
- إنّ درجة الحرارة هي مؤشّر واحد فقط للطقس المحتمل.

الضغط الجويّ

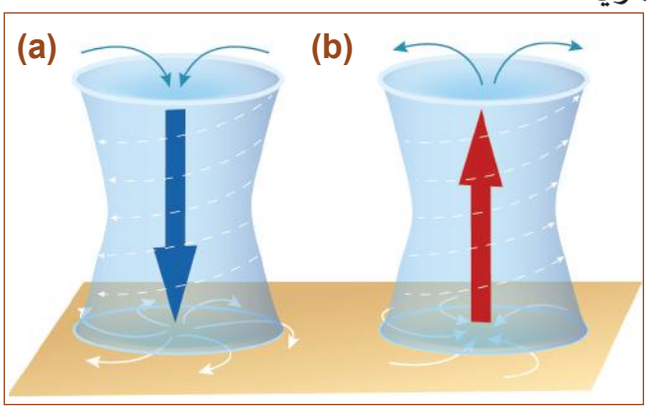
- درجة حرارة الهواء
- **الضغط الجويّ**
- سرعة الرياح واتجاهها
- الرطوبة
- الرطوبة النسبيّة
- نقطة الندى
- غطاء الغيوم

الضغط الجويّ Air pressure هو وزن عمود الهواء المؤثر على وحدة المساحة. ينتشر ضغط الموائع، كالهواء، بالتساوي، فيكون الضغط الجويّ في داخل بيتك هو الضغط الجويّ نفسه في خارجه. عندما ترتفع في الغلاف الجوي، ينخفض الضغط الجوي.

يرتبط الضغط الجويّ عكسيًا بدرجة حرارة الهواء. يعرض **الشكل 1-22** هذه العلاقة العكسيّة باستخدام عمودين من الهواء.

a. الهواء ذو درجة الحرارة المنخفضة هو أكثر كثافة، وله وزن أكبر، ويُنتج ضغطًا جويًّا أعلى.

b. الهواء ذو درجة الحرارة المرتفعة هو أقلّ كثافة، وله وزن أقلّ، ويُنتج ضغطًا جويًّا أقلّ.



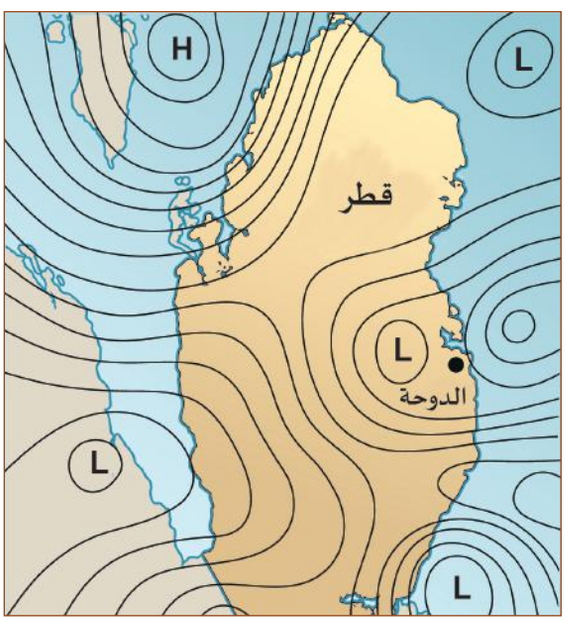
الشكل 1-22 (a) ضغط مرتفع و(b) ضغط منخفض..

يُنتج الهواء البارد ضغطًا جويًّا أعلى من الهواء الدافئ.

البارومتر Barometer هو أداة تُستخدم لقياس الضغط الجوي. وحدات قياس الضغط الجوي هي ملي بار (mb) أو سنتيمتر زئبق.

على خريطة الطقس (**الشكل 1-23**)، يتمّ وضع علامة (H) على مناطق الضغط المرتفع، وعلامة (L) على مناطق الضغط المنخفض.

- يمكنك أن ترى على خريطة دولة قَطَر أن مناطق الهواء البارد توجد على شمال البلاد.
- الهواء الدافئ فوق الدوحة.
- تشير الخطوط إلى مناطق يتساوى فيها الضغط الجويّ على امتداد الخطّ الواحد.

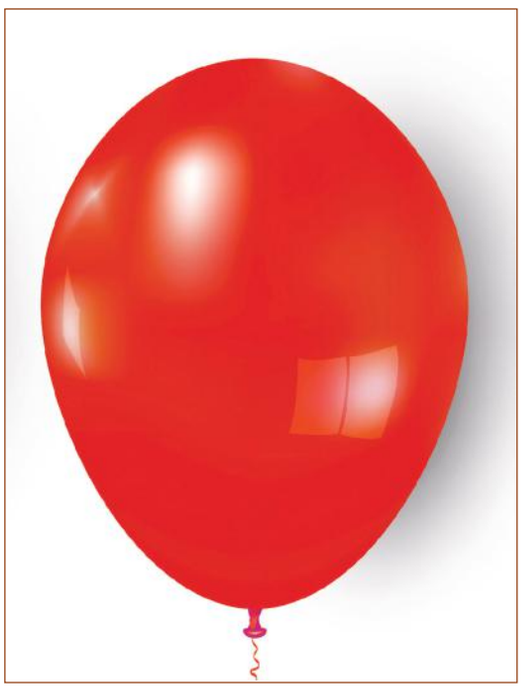


الشكل 1-23 مناطق من الضغط المرتفع (H) والضغط المنخفض (L).

نشاط a2-1 الضغط الجوي

سؤال الاستقصاء	هل يمكنك إظهار ضغط جوي متغيّر؟
الموادّ المطلوبة	بالون لعبة، وعاء من الماء الساخن، وعاء من الماء البارد، ثلج.

يعتمد البالون على الضغط الجويّ (**الشكل 1-24**). يُدفع الغلاف المطّاطيّ إلى الخارج بوساطة جزيئات الهواء من الداخل. كلّما ازداد الضغط الداخلي، أصبح البالون أكبر حجمًا، إلى أن ينفجر في النهاية ويتقطّع.



الشكل 1-24 بالون لعبة.

خطوات التجربة

1. انّفخ بالون لعبة إلى 80% من سعتها.
2. تحسّس الضغط المطلوب لعصر البالون.
3. ضع البالون في وعاء من الماء البارد. أَضف ثلجًا إذا كان متوافرًا لمدة 5 دقائق.
4. لاحظ أي تغيير في حجم البالون.
5. خذ البالون نفسه وضعه في وعاء من الماء الساخن لمدة 5 دقائق. لاحظ أي تغيير في حجم البالون.
6. سجّل ملاحظاتك في الخطوتين 4 و 5.
7. إذا كنت تستطيع الحصول على النيتروجين السائل، فإنَّ بإمكانك أن تُظهر هذا التأثير بشكلٍ كبير عبر سكب بعضٍ منه بعناية على البالون ومشاهدة التغيُر الكبير.

(ملاحظة : فيديوهات هذا العرض متاحة على الإنترنت.)

التحليل

a. ماذا يحدث لجزيئات الهواء في البالون عندما يبرد؟
b. كيف يغيّر هذا التصرّف شكل وحجم البالون؟
c. صف التغييرات في حجم البالون عند تسخينه.
d. صف كيف يؤثّر تغيُّر درجة حرارة الهواء في الضغط في داخل البالون؟
e. صف كيف ترتبط التغيّرات التي لاحظتها في البالون والتغيّرات التى تحدث في الغلاف الجوي؟

سرعة الرياح و اتجاهها

- درجة حرارة الهواء
- الرطوبة النسبيّة
- الضغط الجويّ
- نقطة الندى
- سرعة الرياح و اتجاهها
- غطاء الغيوم
- الرطوبة

كيف تقرأ خريطة الطقس؟

كيف يمكنك توقع اتجاه الرياح وسرعتها؟

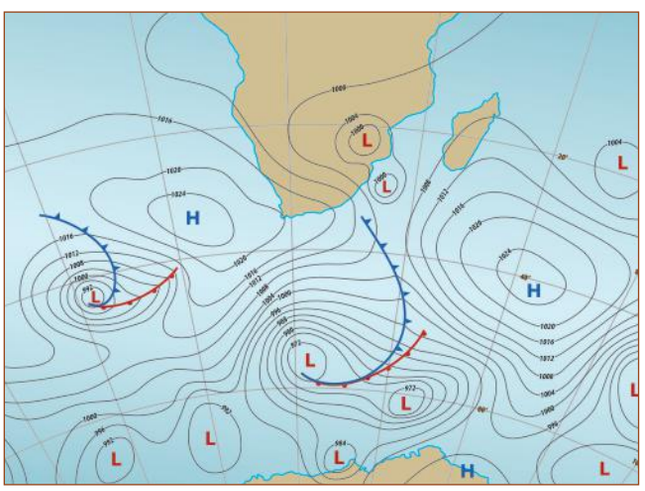
سرعة الرياح Wind speed هي سرعة حركة الهواء عند ارتفاع معيّن. يمكن لسرعة الرياح أنّ تتغيّر كثيرًا مع الارتفاع. هناك سرعات رياح عالية جدًا عند ارتفاعات عالية. **اتجاه الرياح Wind direction** يخبرك بالاتجاه الجغرافي الذي تهبّ منه الرياح. تتشكّل الرياح بالطريقة الآتية:

a. تنتج الرياح عندما يكون هناك فرق في ضغط الهواء بين مناطق مختلفة.

b. تتحرّك الرياح من المناطق ذات الضغط الجوي المرتفع إلى المناطق ذات الضغط الجوي المنخفض.

c. تعتمد سرعة الرياح على الاختلاف في الضغط الجويّ.

d. عندما يكون هناك فرق كبير في الضغط الجويّ فإنَّ ذلك يعمل على زيادة سرعة الرياح.



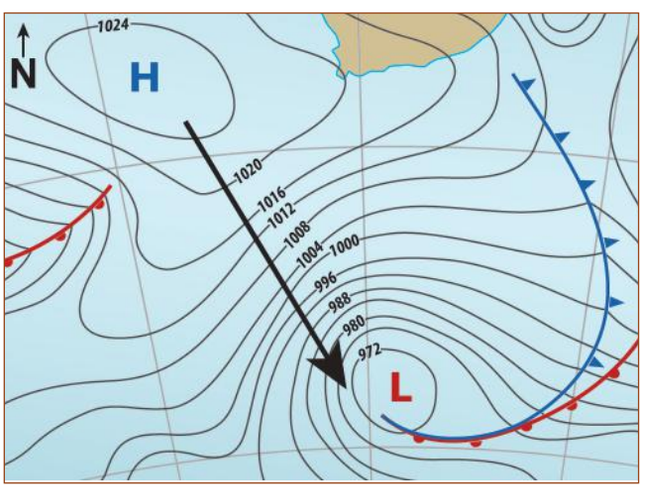
الشكل 1-25 عيّنة لخريطة الطقس.

يبيّن **الشكل 1-25** خريطة طقس مع مناطق ذات ضغط مرتفع (H) ومناطق ذات ضغط منخفض (L). تُسمّى الخطوط حول مناطق الضغط المرتفع والمنخفض«خطوط تساوي الضغط الجوي».

a. عندما تكون خطوط تساوي الضغط الجوي متقاربة، فهذا يدل على السرعة العالية للرياح في المنطقة.

b. تقع منطقة الضغط الجوي المرتفع إلى الشمال الغربي من منطقة الضغط الجوي المنخفض. لذا، ستأتي الرياح من الشمال الغربي.

c. سنقول إنّ الرياح شمالية غربية. اتجاه الرياح هو الاتجاه الذي تهبّ منه الرياح.



الشكل 1-26 مقطع مكبّر من خريطة الطقس يبيّن اتجاه الرياح ومؤشّرًا لسرعة الرياح..

الرطوبة

- درجة حرارة الهواء
- الرطوبة النسبيّة
- الضغط الجويّ
- نقطة الندى
- سرعة الرياح واتجاهها
- غطاء الغيوم
- الرطوبة

تُحاط قَطَر بالبحر من ثلاث جهات. لماذا لا تمطر كثيرًا في قَطَر؟

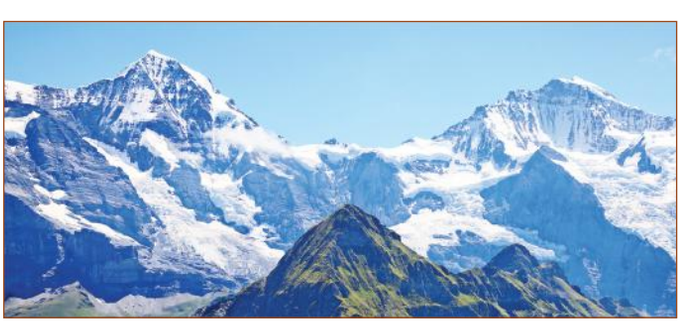
لماذا لا توجد غابة مدارية في قَطَر مثل مناطق ساحليّة أخرى بالقرب من المياه؟ (الشكل 1-27)

الرطوبة Moisture هي كمية بخار الماء وقطرات الماء في الغلاف الجوي. بخار الماء هو الماء على شكلّ جزيئات ماء منفصلة في الحالة الغازية. قطرات الماء هي جزيئات ماء متجمّعة في الحالة السائلة. تتكوّن السحُب من قطرات صغيرة جدًا من الماء و ليس من بخار الماء.

الشكل 1-27 غابة مداريّة.

- يدخل بخار الماء إلى الغلاف الجويّ عبر التبخّر. يحدث التبخّر بشكل أسرع عند درجات الحرارة المرتفعة. تطلق النباتات الماء أيضًا في عمليّة تُسمّى «**النتح**» **Transpiration**، والنتح هو المسؤول عن 10% من إجمالي الرطوبة في الغلاف الجويّ.
- ينخفض المحتوى المائي في الغلاف الجويّ فقط عندما يتكثف بخار الماء ويتحول إلى سائل. ويحدث هذا فقط عندما يبرد الهواء الرطب.
- تُعدّ الجبال أكثر عامل جغرافي يؤثّر في تبريد الهواء. عندما ترتفع الرياح الرطبة صعودًا يبرد الهواء ويتكاثف بخار الماء. عندها تتكوّن القطرات، وقد يتساقط المطر.
- إذا كانت الطبيعة الجغرافية للمنطقة مسطّحة، فقد يتحرّك الهواء الرطب الساخن، لكنّه لن يبرد أبدًا ليشكلّ الغيوم أو تساقط المطر. وهذا ما يحدث في قَطَر.

تكون الجبال في بعض الأماكن في العالم عالية إلى درجة تكون فيها القمم باردة دائمًا والثلج الذي يتساقط هناك لا ينصهر (**الشكل 1-28**).



الشكل 1-28 قمم جبلية مغطاة بالثلوج، أعشاب في المناطق عند ارتفاع أدنى..

على الرغم من عدم وجود جبال في قطر إلا انها تمطر أحياناً وذلك بسبب عوامل أخرى تتيح الفرصة لتكوّن الأمطار.

الرطوبة النسبيّة ونقطة الندى

- درجة حرارة الهواء
- الضغط الجويّ
- سرعة الرياح واتجاهها
- الرطوبة
- الرطوبة النسبيّة
- نقطة الندى
- غطاء الغيوم

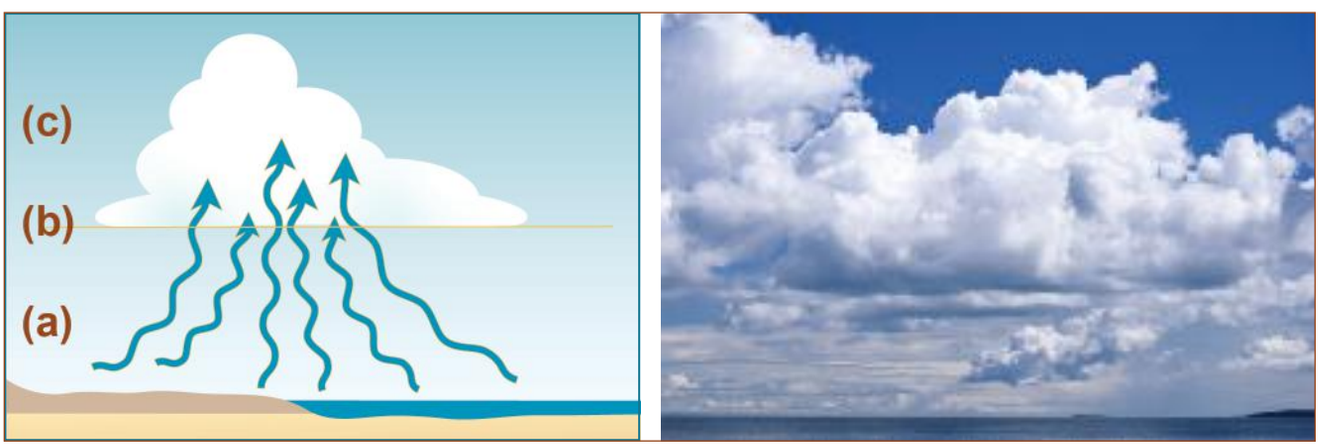
لماذا تتشكّل الغيوم؟

ما هي الرطوبة النسبيّة؟ وكيف تؤثّر في الطقس؟

تعتمد كمية بخار الماء القصوى التي يمكن أن يستوعبها الهواء على درجة الحرارة. يحمل الهواء الدافئ بخار ماء أكثر مما يحمله الهواء البارد من هذا البخار.

- **الرطوبة النسبيّة Relative humidity** (RH) هي نسبة بخار الماء الحقيقية الموجودة في الهواء إلى الكميّة القصوى التي يمكن للهواء أن يحملها في درجة الحرارة نفسها. فمثلاً رطوبة نسبيّة 50% تعني أنّ الهواء يحتوي على 50% من كمية بخار الماء القصوى عند درجة الحرارة تلك.
- **نقطة الندى Dew point** هي درجة الحرارة التي يصبح فيها الهواء مشبعًا ببخار الماء، بحيث تكون الرطوبة النسبيّة فيه 100%.

عندما تتدنّى درجة الحرارة إلى أقلّ من نقطة الندى، فإنَّ بخار الماء يتكثّف إلى سائل، لأنّ الرطوبة النسبيّة لا يمكن أن تكون أكثر من 100%.



الشكل 1-29 مخطط لتكوّن الغيوم وصورة للغيوم: **(a)** يرتفع الهواء الرطب الدافئ، **(b)** الوصول إلى نقطة الندى، **(c)** تشكّل الغيوم.

تتشكّل الغيوم عندما يبرد بخار الماء في الهواء إلى ما دون نقطة الندى. **الشكل 1-29** يوضح هذه العملية.

a. يرتفع الهواء الرطب والدافئ. يبرد الهواء الرطب مع ازدياد الارتفاع.

b. عند ارتفاع معيّن، يبرد الهواء إلى نقطة الندى. و هذه درجة الحرارة التي تكون عندها الرطوبة النسبيّة 100%.

c. عندما يبرد الهواء الرطب إلى ما دون نقطة الندى، يتكثّف بخار الماء الزائد ويتحوّل إلى قطيرات صغيرة جدًا من السائل، وتتشكّل الغيوم.

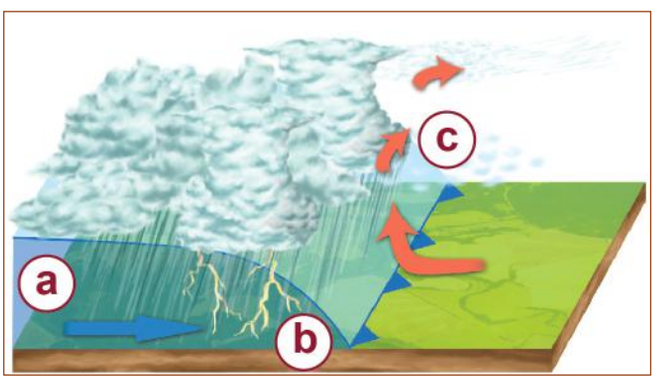
غطاء الغيوم

- درجة حرارة الهواء
- الضغط الجويّ
- سرعة الرياح واتجاهها
- الرطوبة
- الرطوبة النسبيّة
- نقطة الندى
- **غطاء الغيوم**

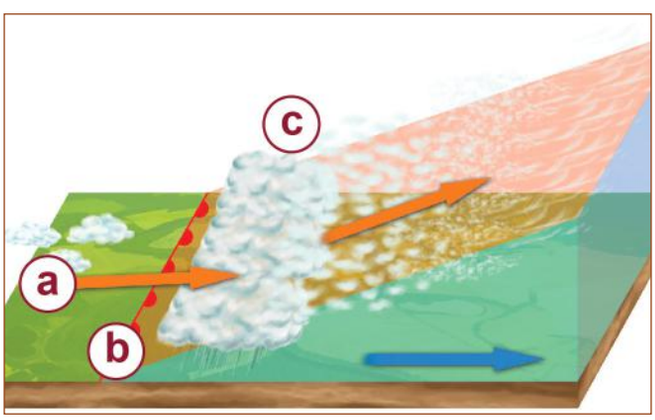
غطاء الغيوم Cloud cover هو النسبة المئوية من السماء المغطّاة بالغيوم. الغطاء الكثيف من الغيوم قد يجعل سطح الأرض في النهار أبرد عبر حجب أشعّة الشمس. أمّا في الليل، فإنَّ غطاء الغيوم يجعل سطح الأرض أدفأ بمنع الإشعاع الحراري من الإفلات إلى الفضاء.

يتكوّن غطاء الغيوم عندما تلتقي كتلتان هوائيتان، لهما درجات حرارة مختلفة ومحتوى رطوبة مختلف.

- **الكتلة الهوائية Air mass** هي منطقة واسعة من الهواء الدافىء أو البارد.
- **الجبهة Front** هي الحدّ الفاصل بين كتلتين هوائيّتين مختلفتين. الجبهة الباردة تُمثّل بخطّ ازرق، عليه مثلّثات زرقاء وتتجه ناحية الكتلة الدافئة (**الشكل 1-30**) ونتوءات حمراء دائرية للجبهة الدافئة (**الشكل 1-31**).



الشكل 1-30 الجبهة الباردة: **(a)** هبوب كتلة الهواء البارد، **(b)** الخطّ المؤشّر للجبهة الباردة، **(c)** تحرُّك الهواء الدافىء صعودًا.



الشكل 1-31 الجبهة الدافئة: **(a)** هبوب كتلة الهواء الدافىء، **(b)** الخطّ المؤشّر للجبهة الدافئة، **(c)** تحرُّك الهواء الدافىء فوق الهواء البارد.

الجبهة الباردة

a. هي مقدمة الكتلة الهوائية الباردة و تمثل على الخريطة بخط عليه مثلثات زرقاء رؤوسها باتجاه الحركة.

b. عندما تتحرك كتلة هوائية باردة ذات كثافة عالية باتجاه منطقة ذات هواء رطب دافئ.

c. يرتفع الهواء الرطب الدافئ بسرعة و يشكل غيوما كثيفة ، و قد يرافقها نشاطات رعدية وهطول للأمطار.

الجبهة الدافئة

a. .هي مقدمة الكتلة الهوائية الدافئة و تمثل على الخريطة بخط عليه نتوءات حمراء .

b. عندما تتحرك كتلة هوائية دافئة ذات كثافة منخفضة باتجاه منطقة ذات هواء بارد.

c. يتحرك الهواء الدافئ ببطء فوق الهواء البارد مشكلاً غيوماً خفيفة تغطي جزء كبير من السماء و قد ينتج وقتها زخات من الأمطار المتفرقة والخفيفة.

الهطول

الهطول Precipitation هو بخار الماء الذي يتكثّف في الغلاف الجويّ ويتساقط على الأرض. تُحدّد درجة الحرارة في الغلاف الجويّ كيف سيتكثّف بخار الماء، فيتحوّل إما إلى قطرات ماء أو إلى بلّورات ثلج **(الشكل 1-32)**

الشكل 1-32 يمكن لبخار الماء أنّ يتكثّف في الغلاف الجويّ ويتحوّل إلى بلّورات ثلج مشكّلًا رقاقات الثلج.

تحدّد ديناميكية حركة الهواء من خلال الغيوم نوع الهطول الذي سيتساقط. يُبيّن **الشكل 1-33** ثلاثة أنواع مختلفة من الهطول.

الشكل 1-33 الهطول: **(a)** المطر، **(b)** البَرَد، **(c)** المطر المتجمّد.

a. تتشكَّل قطرات المطر كقطيرات تندمج لتشكّل قطرات أكبر في داخل الغيوم. إذا كان هناك تيّارات صاعدة قوية ضمن الغيوم، فإنَّ القطرات يمكن أن تصبح كبيرة قبل أن تتساقط على الأرض.

b. يتشكّل البَرَد في فصل الصيف في الغيوم الرعدية الكبيرة تحت تأثير تيّارات صاعدة قوية على ارتفاعات عالية جدًا. إذ تكوّن قطرات الماء كرات جليد صغيرة، لكنها تُدفع مجددًا صعودًا، حيث يضاف إليها ماء ويتجمَّد فتصبح أكبر حجماً. لذا عندما يتساقط البَرَد على الأرض، يسبّب أضرارًا كثيرة.

c. يشبه المطر المتجمّد البَرَد، لكنه يتشكَّل في الشتاء. هذه قطرات ماء متجمّدة أصغر.

d. رقاقات الثلج هي بلّورات جليدية فردية تتساقط برفق على الأرض، حيث يمكن أنّ تتراكم. أكبر سقوط للثلج في يوم واحد بلغ مترين.

الأعاصير المداريّة

الأعاصير المداريّة أو المعروفة بالسايكلونات، والتايفونات، والهاريكانات هي كلّها الحدث نفسه للطقس. إنّها تسمّى بحسب الجسم المائيّ التي تتكوّن فيه.

- أعاصير السايكلون Cyclones تتشكّل فوق جنوب المحيط الهادىء والمحيط الهندي.
- أعاصير التايفون Typhoons تتشكّل فوق شمال غربي المحيط الهادىء.
- أعاصير الهاريكان Hurricanes تتشكّل فوق شمال المحيط الأطلسي وشمال شرق المحيط الهادىء.

تتكوّن الأعاصير المداريّة عندما يلتقي هواءٌ رطب ودافىء، وذو كثافة منخفضة فوق المحيط، مع هواءٍ أكثرَ جفافًا وأكثر برودة وذي كثافة مرتفعة، يتحرّك في الاتجاه المعاكس. فتتشكّل حركة دائريّة تدفع الهواء الدافىء صعودًا في الوسط.

يبيّن **الشكل 1-34a** حركة بخار الماء والهواء في إعصار.

الشكل 1-34 بنية الإعصار.

ينتج دوران الإعصار بسبب إنتقال الهواء من مناطق الضغط المرتفع إلى مناطق الضغط المنخفض، حيث يكون مركز الإعصار هو المنطقة الأقل من حيث الضغط الجوي. ويساهم دوران الأرض وقوة كوريوليس بدوران الإعصار. وهذا يشكّل أنماط دوران كما هو مبيَّن على **الشكل 1-34b**. يمكن للأعاصير المداريّة أن تكون ضخمة، يصل قطرها إلى عدة مئات من الكيلومترات، مثل الإعصار المبيّن في **الشكل 1-35**.

الشكل 1-35 إعصار مداريّ كبير فوق المحيط.

نشاط b2-1 سجلّ الطقس

سؤال الاستقصاء	هل يمكنك رؤية أنماط الطقس في فترة من الزمن؟
الموادّ المطلوبة	اعداد رحلة إلى محطة أرصاد جوية أو التواصل معها للحصول على معدات وبرامج اكسل ومخططات بيانية لتفسير طرائق وآليات جمع وتسجيل البيانات وتمثيلها والاستفادة منها.

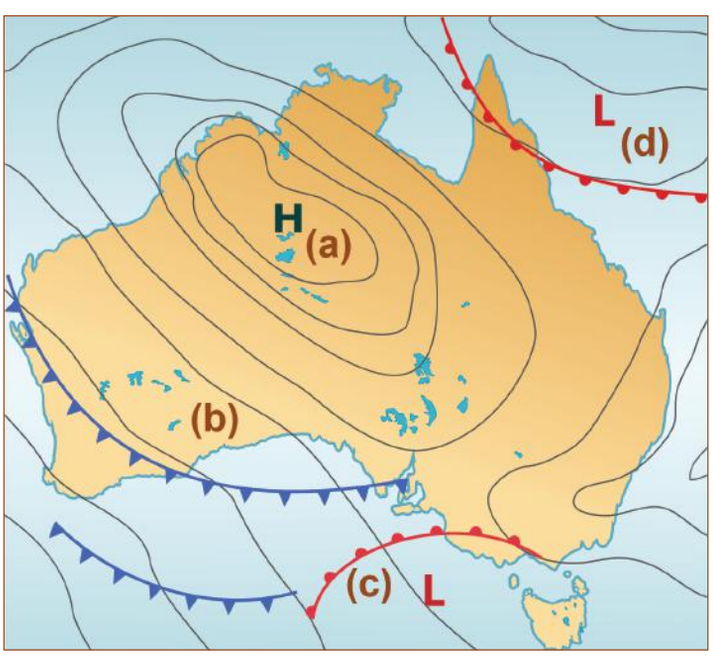
خطوات التجربة

1. سجّل درجة حرارة الهواء، والضغط الجوي، والرطوبة النسبيّة من المعدات المتوافرة.
2. لا يلاحظ تغيرات كبيرة في الطقس في دولة قطر لأسابيع متتالية. جد دولة مختلفة، وسجّل بيانات الطقس اليوميّة لهذا الموقع.
3. سجّل بيانات الهطول المتوافرة.
4. استمرّ لأسبوع، وارسم نتائجك بيانيًّا.
5. حدّد كلّ العلاقات بين البيانات والهطول، إذا سُجّل ذلك ضمن إطارك الزمني.

التحليل

استخدم **الشكل 1-36**، خريطة طقس لأستراليا، للإجابة عن الأسئلة الآتية. «ظروف الطقس» تشمل درجة حرارة الهواء النسبيّة، الضغط الجوي، محتوى رطوبة ممكن (جافّ أو رطب).

a. ما ظروف الطقس التي قد تكون عند النقطة (a)؟
b. أيُّ نوع من الجبهات موضّح عند النقطة (b)، وما هي ظروف الطقس التي يمكنك توقّعها في هذا الموقع؟
c. أيُّ نوع من الجبهات موضّح عند النقطة (c)، وما هي ظروف الطقس التي يمكنك توقّعها في هذا الموقع؟
d. ما ظروف الطقس التي يمكن توقّعها عند النقطة (d)؟



الشكل 1-36 خريطة طقس لأستراليا.

تقويم الدرس 1-2

1. أيٌّ من الآتي يصف بشكلٍ أفضل نطاق درجات الحرارة الموجودة على الأرض اليوم؟
   a. 0-50°C
   b. 0-100°C
   c. -50-0°C
   d. -80-60°C

2. ماذا يحدث للضغط الجويّ عندما ترتفع درجة الحرارة؟ افترض أنَّ كلّ المتغيّرات الأخرى تبقى هي نفسها:
   a. يزداد الضغط الجويّ
   b. ينقص الضغط الجويّ
   c. يبقى الضغط الجويّ نفسه تقريبًا
   d. يتضاعف الضغط الجويّ عندما تتضاعف درجة الحرارة

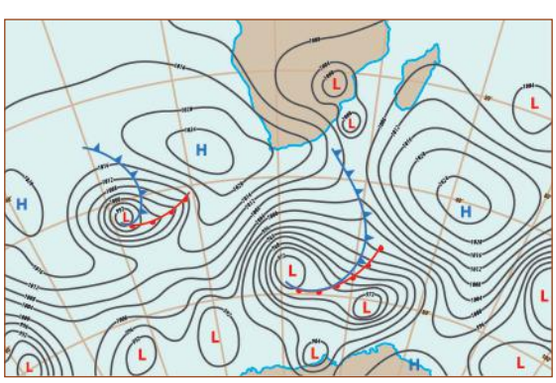
3. فيمَ تشبه الجبهة الباردة الجبل؟
   a. كلاهما يحتويان هواءً باردًا.
   b. كلاهما متّصلان باليابسة.
   c. كلاهما يؤدّيان إلى ارتفاع الهواء الرطب الدافئ، فيبرد ويشكّل الغيوم أو الهطول.
   d. كلاهما يعكسان تدفّق الهواء الدافئ عبر حجب أنماط الدوران في الغلاف الجوي.

4. ما الفارق، أو مدى التغيّر، بين متوسّط درجة الحرارة العليا ومتوسّط درجة الحرارة الصغرى في قَطَر سنوياً؟

5. كيف يمكنك معرفة الاتجاه الذي ستهبّ منه الرياح في منطقة ما من خريطة الطقس؟

6. ما العملية التي تُتيح للنباتات الحيّة في الغابات المطيرة أن تُسهم في تشكيل الرطوبة في الغلاف الجويّ؟

7. ترى على خريطة الطقس منطقة من الضغط المرتفع فوق اليابسة، وأخرى فوق المياه. ما هو متغيّر الطقس الآخر الذي قد يكون مختلفًا بين المنطقتين؟



ضوء على العلماء

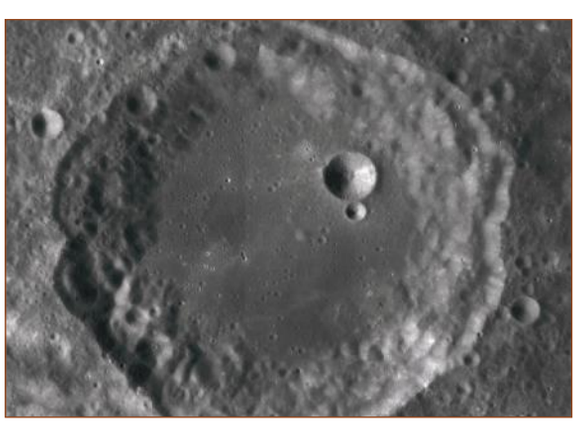
أحمد البيروني: (973-1052)

الشكل 1-37 أحمد البيروني.

عاش أحمد البيروني (**الشكل 1-37**) في زمن الحرب والصراع السياسي في العالم الإسلامي. وقد أدرك الناس عبقريّة البيروني، فعندما استولى السلطان محمود الغزنوي على المنطقة التي كان يحكمها السامانيّون، طلب أن ينضمّ البيروني إلى بلاطه. وفي أثناء سفره إلى الهند، قدم البيروني ملاحظات أكسبته سمعة عالمية في الأنثربولوجيا (علم الإنسان)، ودراسة الحضارات. وقد كتب «التسلسل الزمنيّ للأمم القديمة»، وهي قصص الثقافات المتلاشية حتى ذلك الزمن.

أسهم البيروني إسهامات مهمّة في حقل علم الفلك والرياضيات، ومن ضمنها إسهامات مهمّة في حلول المسائل الجبرية. وقد كتب البيروني بقدر كبير من التفصيل في مواضيع متعدّدة، لكنه ركّز الكثير من دراسته في علوم الأرض:

- حَسَبَ نصف قطر الأرض ضمن هامش 2% عن القيمة المتّفق عليها اليوم.
- طوّر نموذجًا للأرض مرتكزًا على الاختلافات في الكثافة.
- وضع نظريّات لتغييرات في الأرض نتيجة لنشاط حدث في زمن ما من الماضي البعيد.
- عندما كان نموذج مركزية الأرض للمجموعة الشمسية هو السائد، قام بحسابات تبين أنّ الأرض قد تدور حول الشمس.



الشكل 1-38 حفرة البيروني على القمر.

إعترافًا بإسهامات البيروني المتعدّدة في العلوم، أُطلِق اسمُه على حفرة في القمر، وسُمّيت باسمه (**الشكل 1-38**).

الوحدة 1

مراجعة الوحدة

الدرس 1-1: علم الأرض

- **علم الأرض Earth Science** هي دراسة الأرض والأنظمة التي تدير تغيّرات الأرض.
- **الجيولوجيا Geology** هي العلم الذي يتعامل مع بنية الأرض الفيزيائية، وتاريخها، والعمليات التي تحدث على كوكبنا وفيه.
- غيَّر التفكير العلمي فهمنا للجيولوجيا من النماذج القديمة إلى معرفتنا الحديثة بأنّ عمر الأرض هو 4.5 مليارات سنة وبأنَّها في تغيّر دائم.
- إنّ **درجة الحرارة Temperature** و**الحرارة Heat** هما مقياسان للطاقة الحراريّة الموجودة في المادة.
- **الكثافة Density** هي كتلة وحدة الحجوم من المادة، **والوزن Weight** هو مقدار قوة الجاذبية على الكتلة.
- **الحمل الحراريّ Convection** هو حركة الموائع نتيجة للكثافات المختلفة.
- تيّارات **الحمل الحراريّ Convection currents** هي المسؤولة عن تيّارات المحيط في الماء **والرياح السائدة Prevailing wind** في الغلاف الجوي.

الدرس 1-2: الرطوبة والطقس

- تُقاس **درجة حرارة الهواء Air temperature** **بمقياس الحرارة (الثرموميتر) Thermometer**.
- يُقاس **الضغط الجويّ Air pressure** **بالباروميتر Barometer**.
- تنتج **سرعة الرياح Wind speed** عن الفارق في الضغط الجويّ ، ويُحدّد **اتجاه الرياح Wind direction** من مناطق الضغط الجويّ المرتفع إلى مناطق الضغط الجويّ المنخفض.
- **خطوط تساوي الضغط الجوي Isobars** هي خطوط تُرسم على خريطة الطقس لتشير إلى مناطق ذات ضغط جويّ متساوٍ.

الوحدة 1

مراجعة الوحدة

- **الرطوبة Moisture** هي الماء وبخار الماء الموجودان في الغلاف الجويّ، واللذان يمكن لهما أن ينتجا **الهطول Precipitation** ويتمثل في المطر، والبَرَد، والمطر المتجمّد ، والثلج.
- **الرطوبة النسبيّة Relative humidity** هي نسبة بخار الماء الحقيقية الموجودة في الهواء إلى الكمية القصوى التي يمكن للهواء أنّ يحملها في درجة الحرارة نفسها.
- **نقطة الندى Dew point** هي درجة الحرارة في الغلاف الجويّ التي تنتج رطوبة نسبية 100%.
- **غطاء الغيوم Cloud cover** هو نسبة أجزاء السماء المغطّاة بالغيوم من السماء الكلّية. وهو ينتج من اصطدام **الكتل الهوائية Air masses**.
- **جبهة الطقس Front** هي الخطّ الفاصل بين الكتل الهوائيّة ذات درجات الحرارة المختلفة.

تقويم الوحدة

اختيار من متعدد

1. أيٌّ من الآتي ليس من نماذج الأرض الأولى؟
   a. الأرض مسطّحة.
   b. عمر الأرض أكثر من 4.5 مليارات سنة.
   c. تدور الشمس والنجوم حول الأرض.
   d. للأرض حافة لا يستطيع أي أنّسانّ الذهاب إليها.

2. أيٌّ من الآتي اقترحه أحمد البيروني لأول مرّة؟
   a. تقسيم القشرة الأرضيّة إلى صفائح متحرّكة.
   b. تدفُّق الحرارة ينتج عمليات متعدّدة، من بينها الطقس.
   c. التغيّرات في الأرض هي نتيجة أشياء حدثت في الماضي البعيد جدًا.
   d. الأرض كانت ثابتة في الفضاء ومحاطة بكرة متحرّكة تحتوي على الشمس والقمر والنجوم.

3. أيٌّ من الصياغات الآتية تصف الحمل الحراريّ بشكل أفضل؟
   a. تتدفّق الحرارة من درجة الحرارة الأعلى إلى درجة الحرارة الأدنى.
   b. تطفو الموائع ذات الكثافة الأقل فوق الموائع ذات الكثافة الأعلى.
   c. تسبّب الاختلافات في درجات الحرارة اختلافات في الكثافة التي تتسبَّب في حركة الموائع.
   d. تتشكّل أنماط التدفّق الدائرية في الغلاف الجويّ بدوران الأرض حول نفسها.

4. كيف يُنتج انصهار الكتل الجليدية حملًا حراريًّا؟
   a. الجليد يطفو على السطح.
   b. يختلط الماء البارد بالماء الدافئ.
   c. يغوص الماء البارد مسبّبًا صعود الماء الدافئ.
   d. يطفو الماء البارد فوق الماء الدافئ منتجًا حملًا حراريًّا.

5. ما نتيجة تيّارات الحمل الحراريّ في الهواء؟
   a. دوران الأرض حول نفسها.
   b. حركة تيّارات المحيط.
   c. تشكّل الرياح السائدة.
   d. التوازن بين تيّارات المحيط والمياه العذبة.

تقويم الوحدة ☑

6. ما الرياح السائدة؟
   a. رياح يمكن أنّ تهبّ فوق الشجر.
   b. الرياح التي تختبرها.
   c. نوع الرياح التي تسبّب حملًا حراريًّا.
   d. اتجاه الرياح المهيمنة في منطقة معيّنة.

7. ما الأداة المستخدمة في قياس الضغط الجويّ؟
   a. البارومیتر.
   b. مقياس كثافة السوائل.
   c. مقياس شدّة الرياح.
   d. مقياس الحرارة.

8. ماذا تمثّل خطوط تساوي الضغط الجوي المتقاربة على خريطة الطقس؟
   a. مناطق من الهواء الجاف.
   b. مناطق من الهواء الرطب.
   c. سرعات رياح عالية.
   d. درجة حرارة سطحية مرتفعة.

9. لماذا لا يوجد الكثير من الأمطار في قَطَر؟
   a. ليس هناك من رطوبة في الغلاف الجوي.
   b. هناك الكثير من الرياح التي لا تسمح بسقوط المطر.
   c. ليس هناك من جبال لتجعل الهواء يرتفع ويبرد.
   d. يسقط المطر في البحر، فلا يبقى شيء ليسقط على اليابسة.

10. كيف تؤثّر الرطوبة النسبيّة لمنطقة ما في شعورك بالراحة؟
   a. إذا كانت الرطوبة النسبيّة منخفضة جدًا، فقد تتشكّل بلّورات ثلج.
   b. إذا كانت الرطوبة النسبيّة مرتفعة جدًا، فربَّما لا يستطيع جسمك تبريد نفسه.
   c. إذا كانت الرطوبة النسبيّة منخفضة جدًا، فإنَّ جسمك يبرد بسرعة عالية.
   d. إذا كانت الرطوبة النسبيّة منخفضة جدًا، فسيتمّ الوصول إلى نقطة الندى، وستمطر.

تقويم الوحدة

11. ما الثلج؟

a. قطرات ماء تجمّدت.

b. بخار ماء يتبلور في الهواء.

c. هو نوع من المطر المتجمّد والذي يتشكّل في الشتاء فقط.

d. قطع من البَرَد كُسرت إلى قطع أصغر عند اصطدامها بالأرض.

12. ما اسم نظام العواصف الكبير من الضغط الجويّ المنخفض، والذي يتشكَّل فوق جنوب المحيط الهادىء والمحيط الهندي؟

a. السايكلّون

b. التورنادو

c. التايفون

d. الهاريكان

الدرس 1-1: علم الأرض

13. صف طريقة واحدة مختلفة في التفكير سمحت للبشر بالإنتقال من النموذج القديم للأرض إلى النموذج الحديث.

14. اذكر على الأقل اسهامين علميين قام بهما كلّ من البيروني وابن سينا.

15. ما الانجازات التي قام بها البيروني و تميزت بالدقة حسب مقاييس العلم الحديث؟

16. ما هو مصدر الطاقة الحراريّة التي تدير أحداث الطقس على الأرض؟

17. ما المطلوب لتشكيل رياح في الصحراء؟

18. صف الظروف التي تسبّب حدوث الحمل الحراريّ.

19.* ما هو نسيم البحر؟ وكيف يتشكّل؟

20.* كيف تنتج الكتل الجليدية الذائبة حملًا حراريًّا؟

21.* ما هي العوامل التي تنتج تيّارات الحمل الحراريّ على الأرض؟

22. ابحث في ثلاثة أوجه لتأثير زيادة معدل الاحترار العالمي في تيّارات المحيط؟

تقويم الوحدة

الدرس 1-2: الرطوبة والطقس

23. لماذا لا يُعدُّ أمرًا غريبًا أن تشعر أنَّ درجة الحراة هي 40 درجة سيليزية، بالرغم من أن درجة الحرارة الفعلية هي 35 درجة سيليزية؟

24. ماذا تبيّن خطوط تساوي الضغط الجوي على خريطة الطقس؟

25. كيف يمكنك التنبؤ باتجاه الرياح بناءً على خريطة الطقس؟

26. كيف تتغيّر سرعة الرياح مع الارتفاع؟

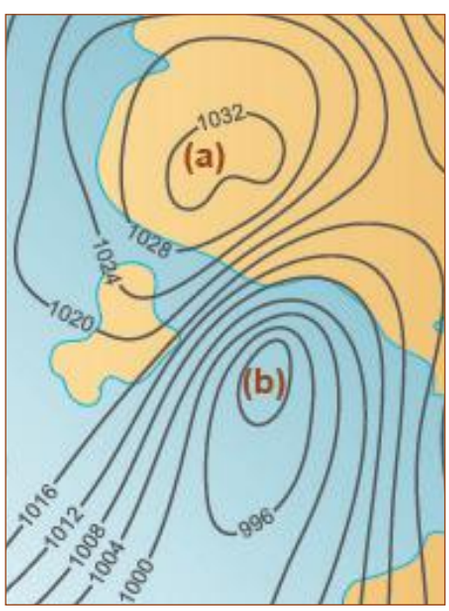
27. إلى أيّ اتجاه تهبّ رياح الشمال؟

28. * ما الفرق بين الرطوبة النسبيّة ونقطة الندى؟

29. ** لماذ تكون المنطقة السُفليّة لأنواع كثيرة من السُحُب مسطّحة؟

30. * كيف يؤثّر مرور جبهة باردة في تكون الغيوم والأمطار؟

31. صف الطريقة التي تهبّ فيها الرياح بين النقطتين a و b على خريطة الطقس في **الشكل 1-39**.



الشكل 1-39 خريطة طقس.

الوحدة 2
التجوية والتعرية
Weathering and Erosion

في هذه الوحدة

ES1105
ES1106

الدرس 2-1: التجوية

الدرس 2-2: التعرية

الوحدة 2

مقدّمة الوحدة

للأرض كثير من الدورات والحركات التى يمكن رصدها وقياسها من حيث الكمّ، مثل دورة الأرض حول الشمس سنويًا ودورة الأرض حول محورها يوميًا. تستغرق هذه الدورات فترات طويلة ومهمة من حياتنا، لكنّ الأيام والسنوات هي لحظات صغيرة في مقياس زمن كوكبنا.

تستغرق دورات الأرض الجيولوجية مئات آلاف من السنين وربّما ملايين السنين. لا يمكننا نحن البشر أبدًا، أن نلاحظ مباشرةً دورة كاملة من التغيُّر الجيولوجي الذي قد تستغرق آلاف و ملايين السنين. ومع ذلك، فإنَّ لدينا الكثير من الدلائل لفهم تسلسل دورات الأرض الجيولوجية الرئيسة، ويمكننا بناء نماذج لتفسير ما نلاحظ.

الدرس 1 يبحث في عملية التجوية، حيث تتفكَّك الصخور وتتحلَّل بعمليات مختلفة، بما في ذلك الماء والأحماض والجليد.

الدرس 2 يبحث في التعرية. التعرية هي تأثير العوامل الخارجية مثل الماء والرياح التي تنقل حُبَيْبات الصخر ببطء إلى الأودية المنخفضة وقيعان البحار (أحواض ترسيبية)، حيث يمكن أن يعاد تدويرها إلى صخر جديد.

الأنشطة والتجارب

a1-2 التجوية

b1-2 دلائل التجوية الفيزيائية (الميكانيكية)

a2-2 نموذج المجرى المائل

b2-2 الطبقات الجيولوجية

الدرس 1-2
التجوية
Weathering

يبيّن **الشكل 2-1** أشكالًا جميلة للصخور عند قمم الأودية. لم تتكوَّن الصخور في الأصل بالشكل الظاهر في الصورة. كيف أصبحت الصخور بهذا الشكل؟

التشكيل الصخري في الصورة والكهوف والأودية والكثير من أشكال التضاريس التي تراها، تشكّلت بفعل النحت البطيء للماء والهواء والجاذبية والجليد على الأرضَ لمدة طويلة من الزمن. هناك طريقتان مترابطتان لحدوث ذلك تُسمّيان "التجوية" و "التعرية". وفي هذا الدرس سنقوم بدراسة التجوية.

الشكل 2-1 تكشّف صخري عند أعلى الأخدود.

مخرجات التّعلُّم

ES1105.1 يفهم أنّ التّجوية هي تحطيم الصّخور، إمّا ميكانيكيًّا أو كيميائيًّا، وهي تختلف عن التّعرية.

ES1105.2 يفهم أنّ مختلف أنواع الصّخور تتأثّر بالتّجوية بطرق مختلفة، ولهذا تأثيرٌ في الصّخور المتبقّية في منطقة ما، الأمر الّذي يحدّ من القدرة على تأويل بعض الأحداث الجيولوجيّة.

المفردات

التجوية	Weathering
التجوية الفيزيائية (الميكانيكية)	Physical (mechanical) weathering
التجوية الكيميائية	Chemical weathering
التجوية البيولوجية	Biological weathering
التقشير	Exfoliation
تجمّد المياه	Freeze-thaw
ركام السفوح	Scree
تحلّل مائي	Hydrolysis
الأكسدة	Oxidation

هل تشبه التجوية نَحْت شيء ما؟

كيف تأخذ الصخور أشكالها في الطبيعة؟

هل تتشكّل الصخور بطريقة واحدة؟

ما تأثير كل طريقة من الطرائق على الصخور المختلفة؟

الشكل 2-2 نحت تمثال لفيل.

يبيّن **الشكل 2-2** صورة لتمثال فيل منحوت من الخشب.

- كيف تمّتْ عملية النحت؟
- ما الأدوات المستخدمة؟
- كيف أثّرت الأدوات في عمليّة النَحْت؟
- ما المدّة التي استغرقتها عملية النَحْت؟

تخيَّل الأدوات التي استخدمها الفنّان لنحت الخشب: ستكون الأداة على الأرجح سكينًا أو إزميلًا صغيرًا. كلتا الأداتين تعملان عن طريق قطع رقاقات من الخشب. يحدّد النحّات موقع كل رقاقة وزاويتها وحجمها، ويستخدم الأداة للعمل بيده. قد يستغرق النَحْت ساعات كثيرة، وربما عدة أيام. والجدير ذكره أنّ نَحْت الرخام يحتاج إلى أدوات وتقنيات مختلفة.

نحت جبل

الشكل 2-3 تضاريس صحراوية نُحتت بالرياح.

في العالم «منحوتات» لا قدرة للإنسان على فعلها.

- أوضح الأدوات والتقنيات الطبيعية التي استُخدمت لتشكيل تضاريس كتلك الظاهرة في **الشكل 2-3**.
- في رأيك، ما الفترة الزمنية التي استغرقها التشكّل بهذه الصورة؟
- في رأيك، ما العمليات التي شكّلت سطح الأرض قبل حدوث عمليات النحت؟

التجوية والتعرية ودورة الصخر

التجوية Weathering هي عملية تفكّك الصخور أو تحلّلها على سطح الأرض من دون نقلها. هناك ثلاثة أنواع من التجوية:

1. **التجوية الفيزيائية (الميكانيكية) Physical (mechanical) weathering**، وتنتج عن تأثير الدورات المتكرّرة لدرجات الحرارة بين الليل و النهار و الشتاء و الصيف, ويمكن أن تنتج أيضًا عن دورات تجمّد وانصهار الماء. ويمكن أن يساعد الماء في تلك العمليَّة.
2. **التجوية الكيميائية Chemical weathering**، وتنتج عن المواد الكيميائية المذابة في الماء.
3. **التجوية البيولوجية Biological weathering**، وتنتج عن أنظمة جذور النباتات التي تشقّ طريقها عبر الصخور والتربة والكائنات الحية الدقيقة التي تغيّر الخصائص الكيميائية للصخور.

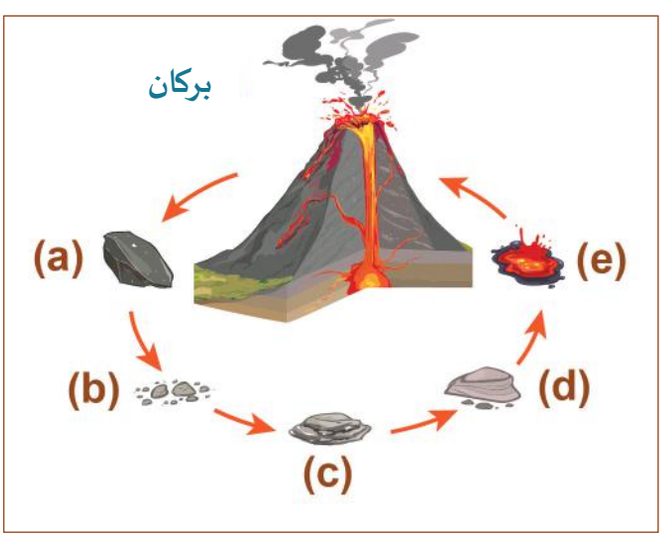
إنَّ كمية التجوية التي تتعرّض لها الأسطح الصخرية تتأثر بشكل كبير بالعوامل البيئية الموجودة فيها.

التجوية هي عملية تفتّت الصخور وتحلّلها على سطح الأرض من دون نقل الفتات.

التعرية Erosion هي عملية مستمرة يحدث فيها تفتّت للصخور على سطح الأرض، ونقل الفتات من مكان تكوّنه إلى مكان آخر. تختلف التعرية عن التجوية: التجوية تفتّت الصخر وتحلّله إلى حُبَيْبات أصغر تتركها في مكانها، أمّا التعرية فتنقل حُبَيْبات الصخر إلى مكان آخر بوساطة العمليات السطحية كالجاذبية والمياه المتدفّقة والرياح.

التعرية هي نقل المواد بفعل الجاذبية و المياه المتدفِّقة و الرياح ما يؤدي إلى تآكل المعالم السطحية.

التجوية والتعرية كلتاهما جزء من **دورة الصخور Rock cycle**. تصف دورة الصخر تسلسل الأحداث التي تُنتج كل الصخور على كوكب الأرض (**الشكل 2-4**). تبدأ مع **الصهارة Magma** (في داخل الأرض) التي يمكن أن تُقذَف **حممًا بركانية Lava** (خارج الأرض).



الشكل 2-4 دورة الصخر.

a. الصهارة هي الصخور المنصهرة في باطن الأرض أو في جوفها.

b. تتشكّل الصخور النارية عندما تبرد الصهارة أو الحمم البركانية.

c. الرسوبيات تنتج عن التجوية والتعرية.

d. تتشكّل الصخور الرسوبية من تراكم الرسوبيات على مدى سنين طويلة.

e. يمكن للصخور المتحوّلة أن تتكوّن إذا تعرّضت باقي الصخور لحرارة شديدة ولم تنصهر، أو تعرّضت لضغط، أو لكلا الضغط والحرارة.

التجوية الفيزيائية (الميكانيكية)

تسبّب التجوية الفيزيائية (الميكانيكية) تفتّت الصخر أو تفكّكه بدون تغيّر تركيبه الكيميائي. هناك نوعان أساسيّان من التجوية الفيزيائية: التقشير وتجمّد المياه.

الشكل 2-5 مثال على التقشير لسطح صخريّ في الصحراء.

- **التقشير Exfoliation** هو «تقشّر» الطبقات الخارجية من الصخر الناتج عن الحرارة الشديدة في النهار والبرودة في الليل (**الشكل 2-5**). فرق درجات الحرارة اليومية الكبيرة يؤدّي إلى زيادة الإجهاد على الصخر نتيجة التمدّد والانكماش ما يُحدث تشقُّقات في طبقات الصخر الخارجية.

يمكن للتقشير أن يحدث نتيجة انصهار كتل الجليد، فيقلّ الضغط الواقع على الصخور مسبّبًا ارتفاع طبقات الصخر الخارجي، ما يؤدّي إلى حدوث تشقُّقات أكبر بكثير.

- يصف **تجمّد المياه Freeze-thaw** آلية تجوية، حيث تنساب المياه في تشقُّقات الصخر ثم تتجمّد. يسبّب تمدّد الجليد اتساع شقوق الصخر و تصدّعه وانقسامه إلى قطع.

إنّ تكرار عمليّتَيْ تجمّد الماء في الليل و انصهاره في النهار يمكن أن يُدمّر أكبر الصخور و أصلبها بمرور الزمن (**الشكل 2-6**).

ركام السفوح Scree هو مصطلح لأكوام الصخور المتكسّرة عند سفوح الجبال المنحدرة انحدارًا شديدًا والتي تعرّضت لتجوية ميكانيكية نتيجة تجمّد المياه لمدة طويلة من الزمن.

الشكل 2-6 تجوية تجمّد المياه.

بعض عوامل التجوية الفيزيائية

التجوية الفيزيائية هي العملية الجيولوجية لتكسّر الصخور بدون تغيير تركيبها الكيميائي. يمكن للتجوية الفيزيائية أن تُنتَج بعمليات متعدّدة. في الصحراء الحارّة، تسبّب دورات درجات الحرارة القصوى والرياح المحمَّلة بالرمال تجوية فيزيائية (**الشكل 2-7**).

تحدث التجوية الفيزيائية بوجود الماء أيضًا.

- يمكن لحركة الماء المتدفّق أن تدفع الحجارة وتتسبّب في اصطدام بعضها ببعض مكسّرةً إيّاها قطعًا صغيرة جدًا.
- في النهاية، تُنحَت بعض الصخور لتصبح أسطحها ملساء منتجةً أشكالًا مميَّزة.
- يتعرّض الزجاج الذي يرميه الإنسان عند شاطىء البحر لتجوية مماثلة بفعل الأمواج، فتُنتِجُ «حجارة» جذّابة يتمّ جمعها على أنها "زجاج الشطّ" (**الشكل 2-8**).
- الأمواج يمكن أن تنتج نوعًا فريدًا من التجوية: تضغط الأمواج الجيوب الهوائية المحبوسة بين طبقات الصخور منتجةً ضغطًا عاليًا. عندما تتراجع الأمواج، يندفع الهواء المحبوس بقوة كبيرة فتُضعف الصخور. تتعرّض الصخور المكشوفة على المحيطات والبحار لتجوية قاسية نتيجة الاصطدام المتكرّر للأمواج العاتية بها (**الشكل 2-9**).

الشكل 2-7 صخرة صحراويّة تعرّضت للتجوية.

الشكل 2-8 زجاج شطّ مجوّى.

الشكل 2-9 تسبّب الأمواج ضغط الهواء فتضعف الصخور.

التجوية بفعل تأثير البلّورات الملحيّة

تسبّب البلّورات الملحيّة أضرارًا في التراكيب البنائية بالقرب من الخليج. عندما يصبح البحر على تماس مع الصخور السطحية، يمكن أن يَحدثَ نوعٌ من تجوية التمدّد نتيجة لتشكّل البلّورات الملحيّة (**الشكل 2-10**).

الشكل 2-10 صورة عن قرب للبلّورات الملحية التي تتشكّل عندما تتبخّر مياه البحر.

a. عندما تلامس مياه البحر الصخورَ أو السطوح المسامية الأخرى كالخرسانة، تُترك ترسّبات صغيرة من الأملاح بعد تبخُّر المياه.

b. تتشكّل بلّورات ملحيّة في الشقوق.

c. تسخّن الشمس الصخور أو الخرسانة فتتمدّد البلّورات الملحيّة.

d. يُنتج تمدّد البلّورات الملحية ضغطًا. يسبّب الضغط شقوقًا وتكسّرًا على شكل رقاقات صغيرة (**الشكل 2-11**).

الشكل 2-11 الأضرار بالخرسانة بفعل البلورات الملحية.

e. يمكن لتأثير الأمواج أن يدمّر البنى الضعيفة (**الشكل 2-12**).

الشكل 2-12 دمار الرصيف البحري بفعل البلورات الملحية.

f. المُسطّحات الملحيّة هي مساحات مسطّحة من الأرض تكوَّنت طبيعيًا وغُطِّيَتْ بمعادن من الملح وغيره من المعادن. تبدو هذه الأماكن في الغالب بيضاء تحت الشمس تسمى السبخات. تعدّ سبخة دُخان في غرب قطر أكبر سبخة (مسطّح ملحي) نظام بيئي في الخليج العربي. يتشكّل السطح من طبقة بسُمْك مترين من الرمل الرمادي-البنّي تحت بلّورات معدن الهاليت (ملح الطعام)(**الشكل 2-13**).

الشكل 2-13 سبخة دُخان.

الإستفادة من ظاهرة التجوية في أعمال البناء

أستُخدمت قوة التمدّد بوصفها طريقة لقطع الصخور الخام القاسية لبناء الأهرامات.

- كان يُحفَر صفّ من الثقوب في الصخر.
- كانت توضع أوتاد خشبية جافّة في الثقوب ويتمّ نقعها في الماء.
- يسبّب الماء تمدُّد الخشب. وتؤدّي الأوتاد المتمدّدة في النهاية إلى شقّ الصخر كما تبيّن الصورة في (**الشكل 2-14**).

كانت الأسافين الخشبية المتمدّدة إحدى الطرائق المستخدمة لشقّ الصخور الخام لبناء الأهرامات في مصر (الشكل 2-14).

- يحدث تأثير التمدّد في مناطق متعدّدة من العالم حيث يسقط الماء مطرًا ثمّ يتجمّد بعد حين. يتسرّب السائل في شقوق الصخر الصغيرة. إذا تجمّد, سيتمدّد, ويشكّل ضغطاً على الصخر. مع مرور الزمن، سيصغّر التأثير التراكمي تدريجيًا أكبر جبل من الجرانيت ويحوّله إلى قطع أصغر وأصغر.

الشكل 2-14 شقّ الصخور بالأوتاد الخشبية المبلّلة بالماء.

يمكن خفض تأثيرات التجوية الفيزيائية بعدة طرائق :

عندما تُشيّد المباني في مناطق يكون فيها تجمُّد المياه شائعًا، يجب الحرص والتأكّد من عدم وجود تشقّقات في السطح. هذا يمنع التأثيرات المدمّرة للتجوية الفيزيائية في المواد. وفي بعض الأحيان يتمّ صقل السطح ليصبح أملس (**الشكل 2-14**)، وقد تُستخدَم موادّ مانعة للتسرّب لطلاء موادّ البناء وإزالة الشقوق في السطح. يصمد عدد قليل من المباني لسنوات أمام التجوية الفيزيائية.

الشكل 2-15 تلميع سطح الحجارة لمنع تجوية تجمّد المياه.

كيف يمكن لك أن تُصمّم بناءً لتقليل ضرر التجوية الفيزيائية؟

نشاط a1-2 التجوية

سؤال الاستقصاء	هل يمكنك ملاحظة التجوية الفيزيائية في الصف؟
الموادّ المطلوبة	أقراص مضادّة للحموضة، ماء، مضخّة ماء صغيرة، ساعة إيقاف

خطوات التجربة

1. قِسْ سُمك القرص المضادّ للحموضة (**الشكل 2-15**).
2. قُمْ بتشغيل ساعة الإيقاف وابدأ بتنقيط الماء تزامنًا مع تشغيل ساعة الإيقاف على القرص.
3. راقب تأثير الماء في القرص. عند إذابة كمية من القرص، أوقف تنقيط الماء وساعة الإيقاف.

الشكل 2-16 أقراص مضادّة للحموضة.

4. قِسْ سُمْك القرص المضادّ للحموضة مجدّدًا.
5. اقسم التغيُّر في السُمك على الوقت المنقضي لحساب «معدّل التجوية».
6. احسب المدة التي قد تستغرقها تجوية القرص بالكامل.
7. إذا كان الوقت المحسوب معقولًا، استمرَّ في تنقيط الماء لتأكيد حساباتك.
8. اذكر أمثلة من البيئة القطرية ومن العالم لكيفية تشكيل التجوية أشكالاً مثيرة.

التحليل

a. عدّد مميزات القرص الذي جعلته يتجوّى بهذه الطريقة؟

b. إن القرص المضاد للحموضة مصنوع من حُبَيْبات صغيرة ضُغط بعضها على بعض. كيف يمكن أن تتغيّر نتائجك لو كنت قد استخدمتَ عملة معدنية عوضًا عن القرص المضادّ للحموضة؟

c. كيف يمكن أن تُنتِج التجوية الفيزيائية والفروق في مواد الصخور وبنيتها بعضَ الأشكال المثيرة للإعجاب في الطبيعة؟

التجوية الكيميائية

التجوية الكيميائية Chemical weathering هي عملية تحلّل الصخر مع حدوث تغيّر دائم في التركيب الكيميائي للصخور.

- التجوية الكيميائية للصخور هي العملية الرئيسة التي تتشكّل بوساطتها التربة ومصدر المغذّيات الضرورية للنموّ الصحي للكائنات الحيّة على الكوكب.
- الطرائق الأساسية للتجوية الكيميائية هي التحلّل المائي والتجوية الحمضية (الكربنة) والأكسدة.

الشكل 2-17 جرانيت مجوّى يتكوّن من بلّورات الكوارتز والفلسبار والميكا.

التحلّل المائيّ Hydrolysis هو ترابط أيونات الماء (H^+ OH^-) مع المعادن في الصخور. يتكوّن الجرانيت وهو صخر شائع جدًا من بلّورات صغيرة من الكوارتز والفلسبار والميكا يترابط بعضها ببعض بإحكام (**الشكل 2-17**). يمكن للجرانيت أن يتجوّى بالتحلّل المائي. أحد أجزاء هذه العملية يُستعرض في الخطوات الثلاث الآتية:

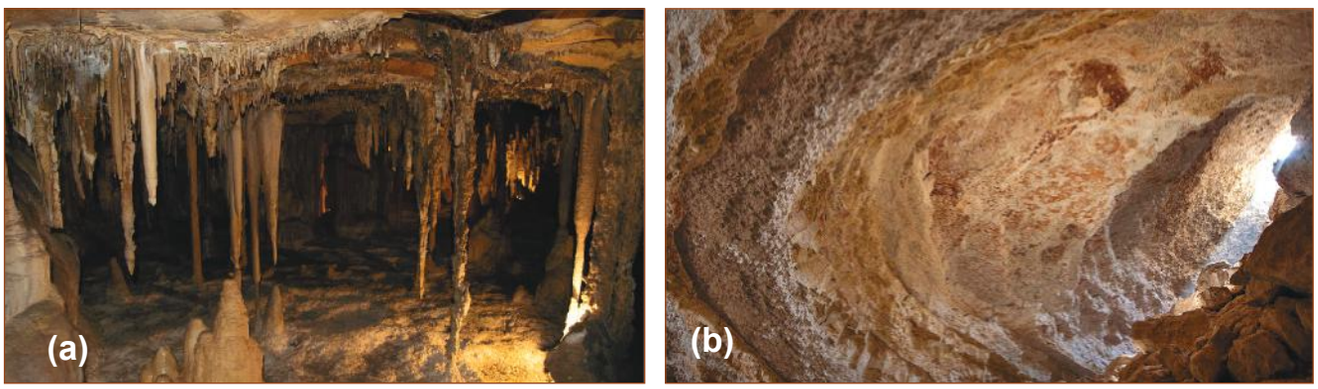
- يتفاعل الفلسبار مع الأيونات لينتج الطين تاركًا فراغات في الجرانيت، وتتحرّر عناصر الصوديوم والماغنيسوم والبوتاسيوم والكالسيوم والفوسفور ما يؤدّي إلى تكوين التربة.
- تعزّز الفراغاتُ المتكوّنةُ بسبب التحلّل المائي في الجرانيت التجويةَ الفيزيائية.
- يتفتّت معدن الكوارتز في النهاية قطعًا صغيرةً تُشكّل المكوّن الرئيس للرمل.

تكون بلّورات الميكا على شكل صفائح رقيقة في الجرانيت. هذه الصفائح هي عرضةٌ للتجوية الفيزيائية عند الحواف. تتكسّر قطع الميكا الصغيرة مزوّدةً التربة بالبوتاسيوم.

التحلّل المائي

يذيب التحلّل المائي أيضًا معدن الكالسيت في الماء. يُشكّل تنقيط الماء عبر المعادن الغنية بالكالسيت ترسّبات تكوّن الصواعد و الهوابط نشاهدها في بعض الكهوف (الشكل **2-18a**).

يمكن للتحلّل المائي للصخور الجيرية أن يشكّل كهوفًا كبيرة، كدحل المسفار (**الشكل 2-18b**) وهو يقع في منطقة روضة راشد في وسط قطر. الكارست هو مصطلح جيولوجي يشير إلى مناطق الصخور الجيرية تعرّت بأشكال مختلفة، منها الكهوف. هناك الكثير من الكارست في قطر.



الشكل 2-18 (a) الصواعد والهوابط و **(b)** كارست دحل المسفار.

التجوية الحمضية Acid weathering: نادرًا ما يتفاعل الماء النقيّ مع أيونات الهيدروجين. مع ذلك، يذوب ثاني أكسيد الكربون في الماء بسهولة، فيتكوّن حمض الكربونيك، وهو حمض ضعيف تفاعل مع عدد من المعادن. تتسبّب الكربنة في تشكّل الكثير من الكهوف. يمكن لعناصر أخرى كالكبريت أن تشكّل حمضًا أيضًا.

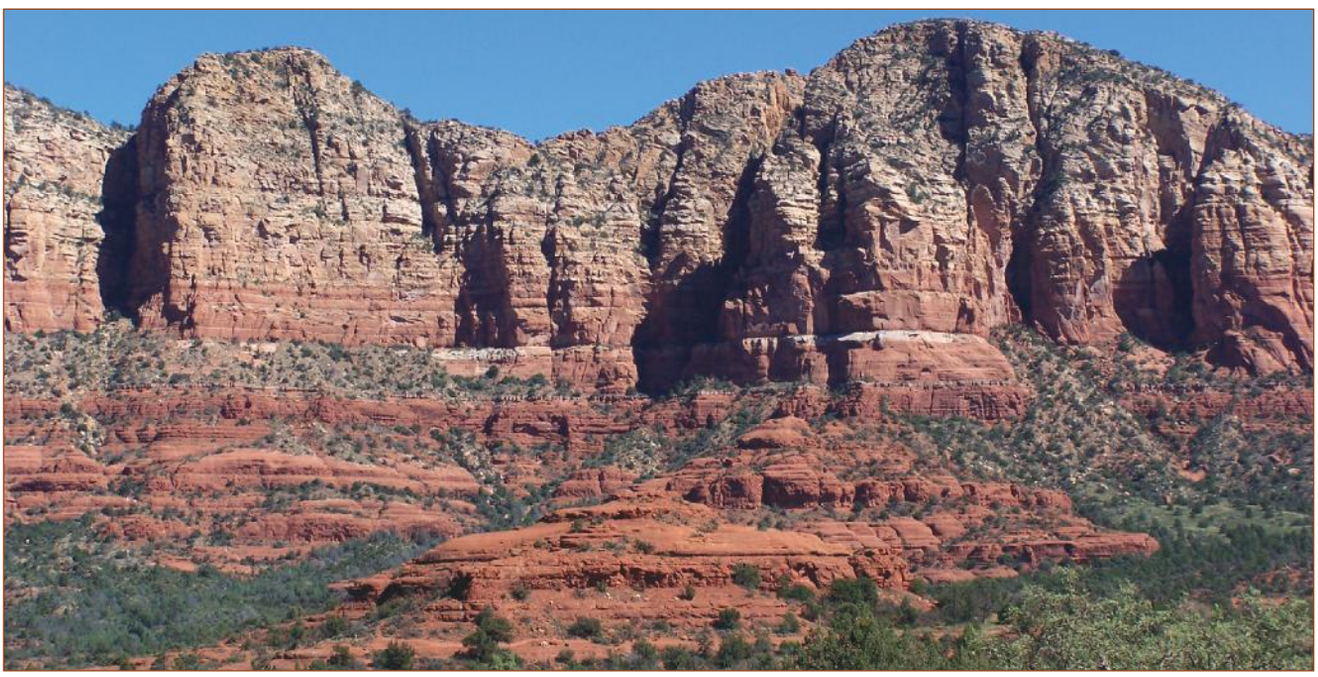
ضع بيضة كاملة في كوب من الخلّ. ستذوب القشرة الكلسية خلال أسبوع تقريبًا. هذا مثال على التجوية الكيميائية.

الشكل 2-19 تعرَّضت تماثيل الأكروبوليس في أثينا، اليونان، للتآكل بالتجوية الكيميائية.

- يمكن لأكاسيد الكبريت في الغلاف الجوي أن تتفاعل مع الماء لتنتج حمض الكبريتيك.
- يشكّل هذا المطر الحمضي أضرارًا كبيرة في التماثيل الرخامية ومباني الصخر الجيري.
- يحدث هذا النوع من التجوية الكيميائية طبيعيًّا، و يزداد بالتلوّث الصناعي.
- عندما تذوب المعادن، تتغيَّر الطبيعةُ الكيميائية للمعادن الأصلية، وتتغيَّر المياه أيضًا.
- يسبّب التأثيرُ المستمرّ للتحلل المائي عبر الزمن تحلّلَ البنى الرخامية والحجارة الجيرية (**الشكل 2-19**).

الأكسدة والتجوية البيولوجية

الأكسدة Oxidation هي تفاعل الأكسجين مع الصخور. عندما يتفاعل الأكسجين مع الحديد يُنتج أكسيد الحديد (خام الهيماتيت)، ويسمّى "الصدأ". يشير اللون الأحمر في الطبقات الصخرية (**الشكل 2-20**) إلى أماكن غنية بالحديد. إن الصخور التي تحتوي على الصدأ هشّة، وبهذا تكون أكثر عرضةً لأنواع أخرى من التجوية.



الشكل 2-20 تلوّن طبقاتُ أكسيد الحديد هذه الجبالَ بالأحمر.

ينتج عن **التجوية البيولوجية Biological weathering** تفتّت للصخور بطريقة فيزيائية أو كيمائية.

- تشقّ أنظمة الجذور طريقها في شقوق الصخور الصغيرة.
- مع نموّ النباتات، تُحدِثُ الجذور ضغطًا على الصخور محدثة شقوقًا تتسع مع الأيام. ومع مرور الوقت يسبّب هذا تفتت الصخر ببطء.
- تتفاعل الأشنات (نوع من الفطريات) مع الماء لتطلق أحماضًا في الصخور، فيزداد تحلّلها.
- تمتصّ النباتاتُ المعادنَ من الصخور، فتصبح ضعيفة.

الشكل 2-21 لبلاب ينمو على الجدران.

يشتهر الكثير من الجامعات والأبنية القديمة في أوروبا بنموّ نبات اللبلاب على جدرانها (**الشكل 2-21**). يجب صيانة الجدران بشكل دوريّ لإزالة الضرر الناتج عن التجوية البيولوجية.

نشاط b1-2 دلائل التجوية الفيزيائية (الميكانيكية)

سؤال الاستقصاء	هل يمكنك ملاحظة تأثير التجوية الفيزيائية؟
الموادّ المطلوبة	عيّنات رمل وتربة من مصادر مختلفة، مجهر أو عدسة مكبّرة (**الشكل 2-12**).

خطوات التجربة

الشكل 2-22 عدسة مكبّرة.

1. اجمع عيّنات تربة ورمل من مصادر متنوّعة.
2. لاحظ بعناية العيّنات مستخدمًا مجهر ستيريو أو عدسة صائغ (**الشكل 2-22**).
3. سجّل ملاحظاتك.
4. ارسم رسومات لبعض الحُبَيْبات.
5. ابحث عن الاختلافات في شكل «وتدوير» الحُبَيْبات.
6. اجمع عيّنات من أشياء لديها ميزات مشابهة في أشكالها من شاطىء البحر.
7. إذا كان متوافرًا، اجمع عيّنات ليس فيها علامات فيزيائية للتجوية.
8. افحصها باحثًا عن علامات مجهريّة للتجوية.

التحليل

a. ما الذي سبّب الاختلافات التي لاحظتها في الشكل؟
b. هل كان هناك اختلاف بين الرمل المجمّع من الصحراء والرمل المجمّع من الشاطىء؟
c. ما الحُبَيْبات الأخرى التي لاحظتها في التربة ولم تكن جزءًا من عيّنات الرمل؟
d. ما الحُبَيْبات التي كانت مشتركة في كلّ من التربة والرمل؟
e. في أثناء جمع الأشياء الأكبر من الشاطىء، هل كان بإمكانك تحديد الفترة الزمنية لتعرّضها لتأثيرات التجوية بالماء؟ فسّر.

تقويم الدرس 2-1

1. ما الاختلاف بين التجوية والتعرية؟
   a. تتمّ التجوية بالهواء، وتتمّ التعرية بالماء.
   b. التجوية أبطأ من التعرية.
   c. التجوية لا تحرّك الصخر أمّا التعرية فتحرّكه.
   d. التجوية هي عملية كيميائية، أمّا التعرية فهي عملية فيزيائية.

2. ما التدابير التي تُتَّخذ في أعمال البناء لتقليل الآثار الضارة لتجمّد المياه وأنواع التجوية الأخرى؟
   a. صقل كل الأسطح المكشوفة.
   b. جعل الأسطح المكشوفة من الخرسانة القوية.
   c. وضع قضبان تسليح معدنية في الخرسانة.
   d. استخدام رخام ومواد أخرى لا تتأثّر بالتجوية.

3. كيف تتعرّف إلى تجوية الأكسدة في تشكيل جيولوجي؟
   a. فراغات صغيرة متشكّلة في الصخر.
   b. أودية واسعة مقوّسة وجبال حادّة.
   c. لون أحمر للصخور، بخاصة تلك الغنية بالحديد.
   d. عدد من النباتات ينمو عند الجهة الخارجية للصخر.

4. ما المصدر والوجهة النهائية لجميع الصخور في دورة الصخر؟

5. ما التدابير التي يمكن أن تُتَّخذ على امتداد جدار بحري لمنع تأثير التجوية بالمياه المالحة؟

6. كيف تعزّز الأكسدة أشكالًا أخرى من التجوية في الصخور؟

7. ما العنصر الأهم لتشكيل الحمض الذي يتساقط كمطر حمضي؟

8. يُعرفُ عن كومة الحجارة كتلك المبيّنة في **الشكل 2-23** على أنّها إينوكساك (ركام حجري). صف العملية التي تجعل هذه الحجارة مدوّرة.

الشكل 2-23 إينوكساك (ركام حجري).

الدرس 2-2
التعرية
Erosion

في العالم قوى تُشكّل سطح الأرض، سنسميها قوى «بناء الجبال».

قوى أخرى تعمل على إعادة تسوية سطح الأرض، تسمّى «عوامل التعرية». هناك أماكن في الأرض يمكن فيها رؤية هذا التفاعل بوضوح. يبيّن **الشكل 2-24** أخدودًا ضيّقًا يسمّى «الأخدود النهريّ».

الشكل 2-24 أخدود نهري عبر الصخور.

بينما كانت الأرض حوله ترتفع، استمر النهر في الجرف عبرها مشكّلًا جُدُرًا عالية الانحدار في الأخدود الضيّق. وعند سقوط المطر على الجبال، تمتلئ الأخاديد النهرية بدون إنذار مكوّنة السيل الذي يُعدّ حدثًا خطيرًا.

مخرجات التّعلُّم

ES1106.1 ينتج كلّ عامل للتّعرية تغييرات مميّزة للموادّ الّتي ينقلها، بحيث تشكّل معالم سطحيّة ومناظر طبيعيّة خاصّة بها.

ES1106.2 تنتج أنماط التّرسّب من فقدان الطّاقة ضمن نظام النّقل، وهي تتأثّر بحجم الحُبَيْبات المنقولة وبشكلها وبكثافتها.

ES1106.3 تتشكّل الصّخور الرّسوبيّة عندما تتعرّض الرّسوبيات للتضاغط والتلاحم بعد أن تطمر، أو نتيجة للتّرسّب الكيميائيّ من مياه البحر.

المفردات

Slump	انهيار
Angle of repose	زاوية الانحدار
Stream load	حمولة التيار
Sediments	رسوبيات
Sedimentary Rocks	الصخور الرسوبية
Aeolian erosion	تعرية الرياح
Glaciers	كتل جليدية
Moraine	ركام جليدي
Terminus	نهاية النهر الجليدي
Glacial till	فتات جليدي
Law of superposition	قانون التراكب الطبقي
Discontinuity	انقطاع

هل بإمكانك تجسيد «عوامل التعرية»؟

يساعد تجسيد كل عامل من عوامل التعرية (تشبيهها بشخصيّات مختلفة بـ"قدرات" معيّنة) الطلاب على الفصل بين العوامل المختلفة وأدوارها.

إعطاء شخصية للمفاهيم الجامدة يمكن أن يشجّع الطلاب على تعلّم المزيد عن عاملهم "المفضّل". عوضًا عن وضع "بطاقات درس" يضع الطلّاب "بطاقات تداول" تلائم الشخصية. النتيجة هي نفسها، لكن مع القليل من المشاركة الشخصية

تبدو «عوامل التعرية» مثل فريق غير متوقّع من الأبطال الخارقين (**الشكل 2-25**)، يمضون أوقاتهم في محاربة قوى بناء الجبال في سلسلة من الانتصارات والهزائم لا نهاية لها.

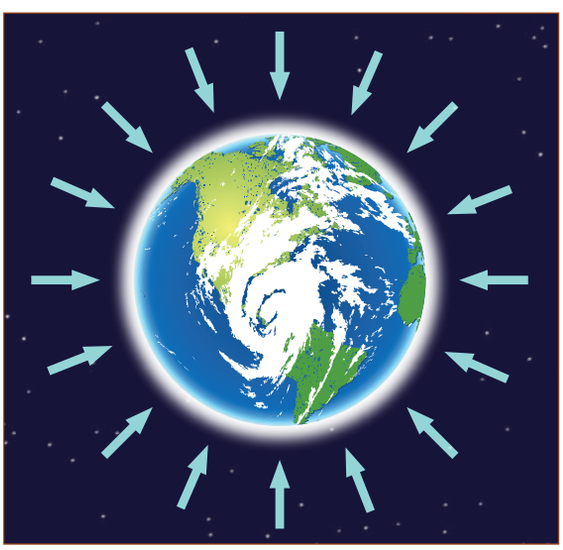
الشكل 2-25 أبطال «عوامل التعرية» الخارقون.

- كل "عامل" لديه نقاط قوّة ونقاط ضعف.
- لكلّ منهم منطقته الخاصّة حيث يعمل بشكل أفضل.
- عندما ينتهون من أعمالهم، يترك كلّ منهم بصماته الخاصة ليُعرف من سيحصل على التقدير.

ونحن نستعرض هذا الدرس، قم بوضع «بطاقات التداول» الخاصة بك لكلّ من العوامل. ضع قائمة بقوّتهم ونقاط ضعفهم المميّزة. إذا كنت ماهرًا في الرسم، ارسم كلّ شخصية لتعكس دورها.

من هو القائد؟

انطلاقًا من السؤال "من هو القائد؟" لعوامل التعرية، تستمر بتشجيع التجسيد. عوضًا عن طرح السؤال ببساطة "أي عامل هو الأهم؟" أنت تضيف القليل من المرح إلى الدرس.



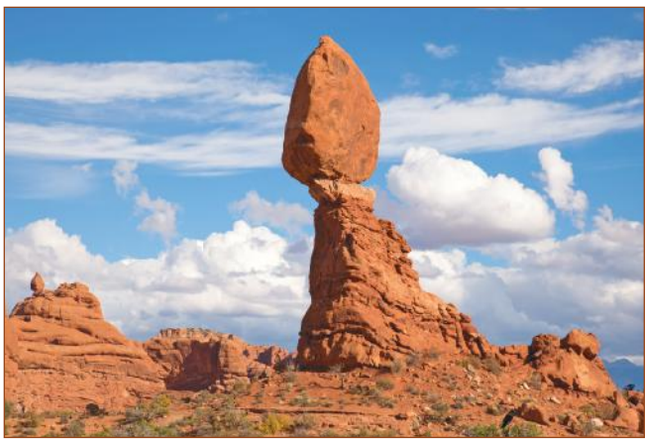
الشكل 2-26 تشدّ الجاذبية كل شيء باتجاه مركز الأرض.

- قد يرى كثيرون أنّ "الجاذبية" هي قائدة عوامل التعرية. هي تبيّن للآخرين الاتجاه، وهي القوّة الدافعة التي تسمح لهم بالقيام بأعمالهم (**الشكل 2-26**).
- قد يرى آخرون أنه، بدون الأعضاء الآخرين العاملين مع الجاذبية، لا يمكن أن يحدث سوى القليل من التعرية.
- هذا موضوع قد ترغب في مناقشته بعناية.
- تذكّر أنك لا تريد أن تُغضب "الكتل الجليدية". إنها بطيئة جدًا جدًا، لكنْ يصعب اعتراض طريقها عندما تبدأ بالتحرّك.
- "باختصار، إن عوامل التعرية هي: الجاذبية والمياه الجارية والرياح والأمواج والكتل الجليدية."

قوة الجاذبية

الجاذبية هي القوة المسؤولة عن جذب الأجسام باتّجاه مركز الأرض.

- كتلة الصخور والجبال والقارات تدعمها وتثبتها الصخور الموجودة تحتها.
- تعمل قوى الشدّ باستمرار على جذب الأشياء إلى الأسفل.
- التوازن بين القوى الداعمة وقوة الجاذبية يُنتِجُ بعض التشكيلات الجيولوجية المثيرة، كالصخور المتوازنة (**الشكل 2-27**).



الشكل 2-27 صخرة متوازنة.

عندما يصبح صخر الأساس غير قادر على دعم الوزن تنخفض بعض الأجزاء الكبيرة من الأرض إلى مستوى أدنى من مستوى السطح.

- يحدث الانهيار الأرضي (**الشكل 2-28**) عندما تنخفض أجزاء كبيرة من الأرض إلى مستويات أدنى من مستوى السطح.
- يُستخدَم مصطلح «**الانهيار**» **Slump** لوصف الحركة العامة للمواد إلى الأسفل.

الشكل 2-28 انهيار أرضي.

يشقُّ البشر الطرقات ويشيّدون الأبنية أحيانًا فوق تكوينات صخرية أو تحتها، أو على جبال أو تلال مرتفعة. إن هذه الطرق أو الأبنية معرّضةً للضرر نتيجةً للانهيارات الأرضية (**الشكل 2-29**). تحدث الانهيارات الأرضية في الغالب عندما يتشقّق أو يتفتّت صخر الأساس بالتجوية. تُبنى الحواجز الاستنادية حول الممتلكات لمنع حركة الصخور والتربة المنحدرة. تقلّ هذه المشكلة في قطر مقارنة ببقية دول العالم.

الشكل 2-29 طريق مغلق بسبب الانهيارات الأرضية.

زاوية الانحدار

إن **زاوية الانحدار Angle of repose** للموادّ الحُبَيْبيّة، كالرمل أو الملح، هي أكبر زاوية بالنسبة إلى المستوى الأفقي، والتي تسمح بتراكم الحُبَيْبات من دون أن تنهار. يبيّن **الشكل 2-30** كيف يمكنك عرض ذلك بنفسك.

الشكل 2-30 كومتان من الملح، كلتاهما بزاوية الانحدار نفسها.

a. أفرغ كمية من الملح على طاولة مسطّحة.

b. استمرّ بإضافة الملح إلى أن ينهار نزولًا عند جانبه (الانهيار هو كيف تصبح الكومة أعرض عند الأسفل).

c. قِس زاوية الانحدار (a).

d. كدّس كومة أخرى أقلّ ارتفاعًا هذه المرّة.

e. قِس زاوية الانحدار للكومة الجديدة (b).

f. قارن بين زاويتي الانحدار.

زاوية الانحدار هي التوازن بين قوّة الجاذبية والقوة الهيكلية للحُبَيْبات الفردية عندما تتماسك وهي تحاول الانزلاق بعضها على بعض.

تتميّز قواعد السفوح الجبلية، لاسيّما في المناطق الجافّة، بوجود أكوام من الحُبَيْبات المعرّاة (**الشكل 2-31**). تُعرف القطع المعرّاة بركام السفوح، أما التشكيلات الصخرية فتُعرف برواسب المنحدر. توجد رواسب المنحدر الكبيرة كالتي يبيّنها **الشكل 2-31** في أغلب الأحيان في المناطق الجافّة. في مناطق الهطول الغزير للأمطار تتعرّى رواسب المنحدر بالمياه المتدفّقة.

الشكل 2-31 زاوية الانحدار لحُبَيْبات الجبل المعرّاة.

المياه الجارية

المياه الجارية هي المياه المتحرّكة إلى أسفل بتأثير قوة الجاذبية. المياه الجارية هي عامل التعرية الأكثر شيوعًا. إن سرعة المياه وكمّيتها، ونوعية الصخور التى تمرّ فيها تلك المياه هي كلّها تحدّد شدّة التعرية.

يعرض **الشكل 2-32** عملية التعرية بالمياه الجارية.

a. يتساقط المطر على الجبال.

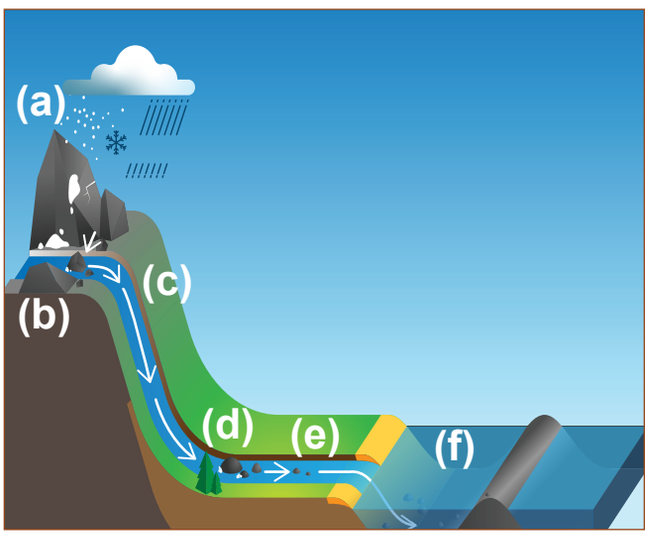
b. تجرف المياه المتساقطة الحُبَيْبات المجوّاة إلى الأنهار.

c. يمكن للمياه ذات السرعة العالية نقل كتل صخرية كبيرة.

d. عندما تتباطأ سرعة المياه، تترسّب الحُبَيْبات الأكبر بفعل الجاذبية.

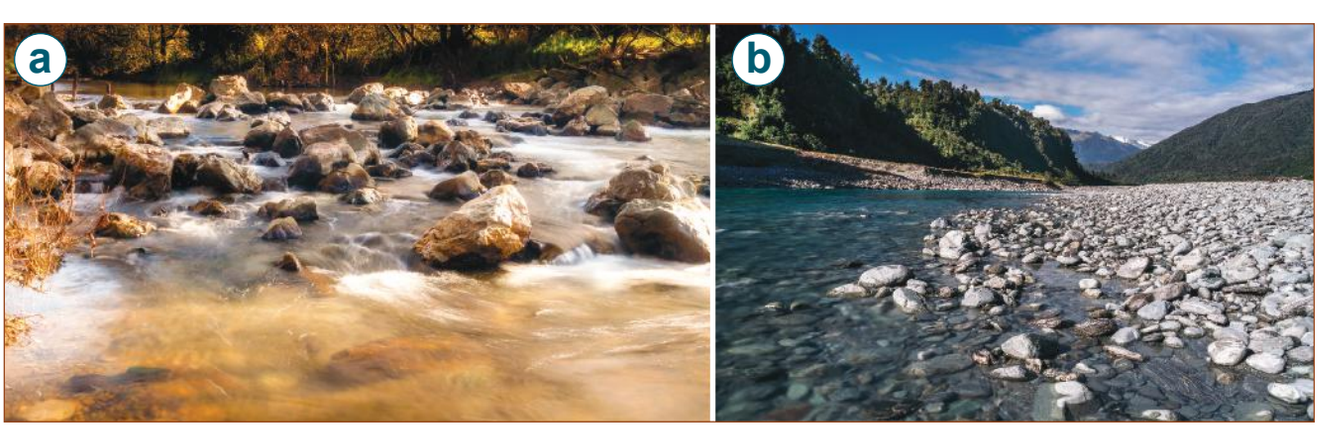
e. لا تزال المياه المتحرّكة ببطء قادرةً على نقل الرمل والطمي.

f. تتوقّف المياه عن التدفُّق إلى الأسفل وتترسّب الحُبَيْبات تدريجيًا من الأكبر إلى الأصغر.



الشكل 2-32 التعرية بالمياه الجارية.

المياه الجارية هي عامل التعرية الأكثر شيوعًا.



الشكل 2-33 عندما يُبطىء النهر تتساقط الحجارة الأكبر أوّلًا **(a)** ثم الحجارة الأصغر **(b)**.

يمكنك رؤية ذلك في قاع نهر جاف. من خلال النظر إلى حجم وشكل الفتات الصخري يمكنك أن تحدّد سرعة تدفّق المياه في زمن من الأزمنة (**الشكل 2-33**). يجد الجيولوجيون في أغلب الأحيان قاع نهر قديم مطمورًا تحت الرمل والتراب. بإمكان الجيولوجيين تحديد نوع النهر بناء على حجم الحُبَيْبات. يترك النهر الجاري بسرعة حجارة كبيرة, ويترك النهر الجاري ببطء رملًا وحجارة أصغر. وتتوزع الرواسب في مجري النهر حيث نجد الرواسب الأكبر مثل الزلط والحصى في المنتصف والرواسب الاقل حجما مثل الرمال والطين على الجانبين.

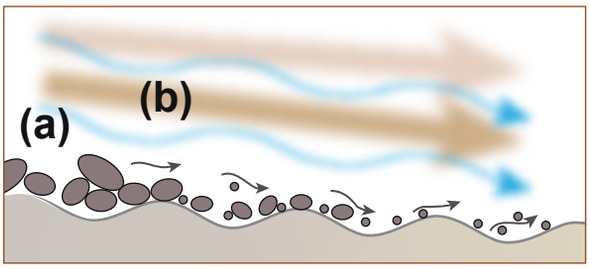
حمولة التيار

يُشار إلى **حمولة التيار Stream load** على أنها المواد الصلبة المنقولة بالأنهار أو المياه المتدفّقة. تتضمّن حمولة التيار ثلاثة أنواع مختلفة، كما هو مبيّن في **الشكل 2-34**:

a. حمولة القاع هي الحجارة والحصى والرمل التي تتدحرج وتَثِب على امتداد قاع النهر.

b. الحمولة المعلّقة هي الطمي والطين ممزوجين بالمياه الجارية.

c. الحمولة المذابة تتضمّن المعادن المذابة في المياه، كالملح.

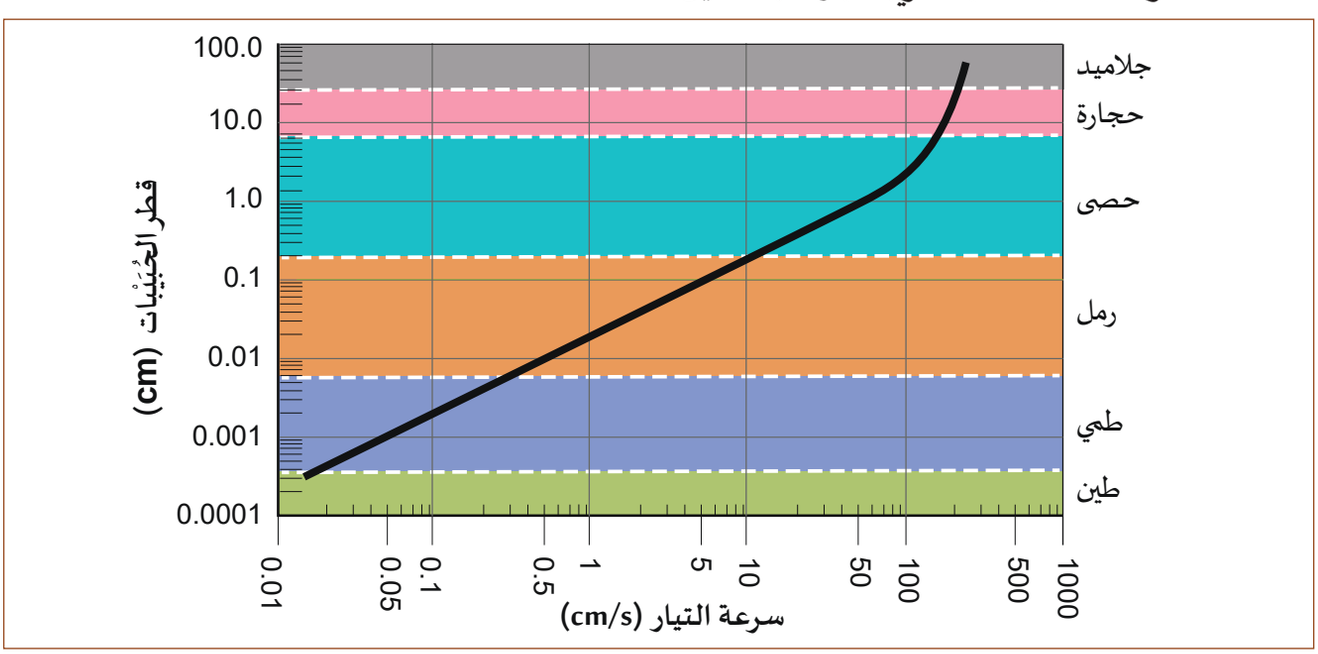


الشكل 2-34 تحتوي حمولة التيار **(a)** حجارة وحصى، **(b)** رمل وطمي بالإضافة إلى مواد ذائبة.

الرسوبيات Sediments هي الموادّ التي تستقرّ في حوض الترسيب. يرتبط حجم الرواسب مباشرة بسرعة المياه المتدفّقة وكمّيتها.

يبيّن **الشكل 2-35** مخطّطًا معياريًّا لتحديد سرعة التيار يستند إلى حجم الرواسب مع افتراض أنّ حجم مجرى التيار كبير.

- عندما تتباطأ المياه لسرعات تتراوح بين 100 - 200 cm/s، ترسّب الجلاميد والحجارة.
- عندما تتباطأ المياه لسرعات تتراوح بين 10 - 100 cm/s، ترسّب الحصى بقطر يتراوح بين 0.2 - 8 cm.
- عندما تتباطأ المياه لسرعة 0.5 cm/s، ترسّب حُبَيْبات الرمل الأصغر حجمًا.
- يترسّب الطمي عند سرعة مياه 0.02 cm/s .
- عندما تتوقّف المياه كلّيًا تقريبًا، يترسّب الطين.



الشكل 2-35 مخطّط معياري لحجم الرسوبيات في مقابل سرعة التيار.

نشاط a2-2 نموذج المجرى المائل

سؤال الاستقصاء	هل يمكنك ملاحظة أنماط تعرية الرمل في الصف؟
الموادّ المطلوبة	حوض مائل، ماء، أنواع مختلفة من الرمل، حجارة صغيرة.

الجزء الأوّل: تثبيت مقدارزاوية الانحدار

الشكل 2-36 يبيّن الحوض المائل التعرية.

1. ضع الحوض عند زاوية منخفضة (**الشكل 2-36**).
2. اضبط معدّل تدفُّق الماء لتيار بطيء (a).
3. راقب نمط التعرية المتكوّن في الرمل. خذ صوراً لأنماط التعرية التي كوّنتها وحاول إيجاد أماكن على الأرض لها نمط مشابه.
4. اجعل سطح الرمل أملس ومتساويًا وارفع معدل تدفُّق الماء وراقب الاختلاف في نمط التعرية.

الجزء الثاني: تثبيت معدّل تدفّق الماء

5. اجعل سطح الرمل أملسَ ومتساويًا، اضبط معدل تدفّق الماء بحيث يكون تقريبًا المُعدّل نفسه المعتمد في الخطوة 2. يجب أن تلاحظ نمط تعرية مشابهًا.
6. اجعل سطح الرمل أملس ومتساويًا. اضبط الحوض عند زاوية أكثر انحدارًا مع إبقاء مُعدّل التدفّق ثابتًا (**الشكل 2-36(b)**). راقب نمط التعرية.
7. كرّر الخطوات 6-1 واضعًا حجارة ضمن نمط التعرية لرؤية تأثيرها في مجرى التيار.

التحليل

a. ما الاختلاف في أنماط التعرية بين وَضْع الحوض في زاوية منخفضة مع تحرّك بطيء للماء ووَضْع الحوض في زاوية أكثر انحدارًا مع تحرّك سريع للماء؟
b. ما تأثير وضع حجارة ضمن مجرى التيار؟ فيمَ تشبه مواجهة المياه وهي تعرّي أشكال الأرض وتجعل منها أنواعًا مختلفة من الصخور؟
c. كيف يترسّب الرمل عند آخر الحوض؟
d. ماذا يمكن أن تستنتج من سرعة التيار نتيجة لنمط التعرية ذلك؟

الصخور الرسوبية

تتشكّل **الصخور الرسوبية Sedimentary rocks** عندما تتلاحم الرسوبيات المفكّكة بالضغط والمواد اللاحمة. تتشكّل الصخور الرسوبية في طبقات أفقية نتيجة ترسّب الرسوبيات من المياه تحت تأثير الجاذبية.

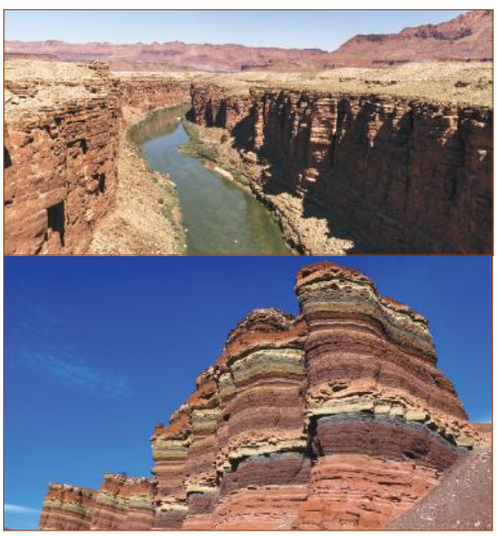
الصخور الرسوبية تقسم إلى ثلاثة أنواع

1. فتاتية و تنتج عادة من الترسيب النهري مثل الحجر الرملي و الحجر الطيني
2. كيميائية و تنتج من الترسيب في البحار و المياه الحارة ، مثل الحجر الجيري و الجبس والدلوميت
3. عضوية ، ناتجة من تراكم الأصداف وبقايا الكائنات الحية مثل الكوكينا و الطباشير

الشكل 2-37 يشكّل الطينُ والطميُ الطينَ الصفحي **(a)**.الحجر الجيري **(b)**. أصداف صغيرة من شاطىء الأصداف البحرية في الدوحة **(c)**.

ومن أمثلة الصخور الرسوبية:

- يتشكّل الطين الصفحي من الطين والطمي (**الشكل 2-37a**).
- يتشكّل الصخر الرملي من الرمل (**الشكل 2-38**).
- يتشكّل الحجر الجيري، عند قاع البحار والمحيطات، من أصداف الكائنات البحرية (**الشكل 2-37c**).



الشكل 2-38 طبقات أفقية من الصخور الرملية متشكّلة من الرمل.

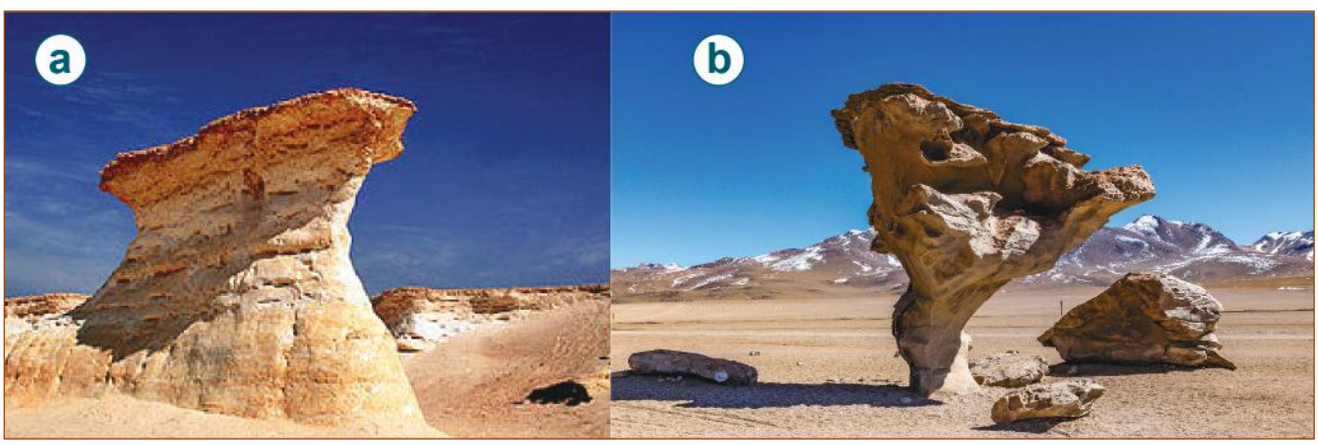
عندما ترى صخورًا رسوبية غير أفقية. يمكنك القيام بافتراضات عن التاريخ الجيولوجي للمنطقة.ترسبت الطبقات الرسوبية بشكل أفقي ثم تسببت الحركات التكتونية بإنحنائها و ميلها (**الشكل 2-39**)، لتتجوّى وتتعرّى مجدَّدًا.

الشكل 2-39 طين صفحيّ لا أفقيّ.

تعرية الرياح

إن **تعرية الرياح Aeolian erosion** هي حركة حُبَيْبات الطين والرمل نتيجةً لدفعها بواسطة الرياح. "القفز الرملي" هو المصطلح المستخدم لوصف حركة قفز حُبَيْبات الرمل عندما ترفعها الرياح عبر السطح.

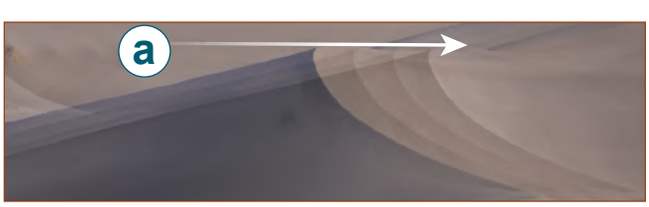
- ينتج القفز الرملي حركة حُبَيْبات بأقلّ من ارتفاع 5 cm فوق سطح الأرض.
- يمكن لهذا إحداث تجوية ميكانيكة وتفتيت للطبقات السفلية وتكوين أشكال بنائية مختلفة (**الشكل 2-40**).



الشكل 2-40 الكشط الرملي للحجر الجيري في دُخان **(a)** وبوليفيا **(b)**.

يمكن للرمال أن تتراكم في كثبان رملية كبيرة ذات انحدار بسيط باتّجاه الرياح وانحدارات شديدة في الجانب المعاكس لاتجاه الرياح (**الشكل 2-41**).

الشكل 2-41 الكثبان الرملية، خور العُديد، قطر.



الشكل 2-42 حركة الكثيب الرملي.

يُبيّن **الشكل 2-42** حركة الكثبان الرملية بفعل الرياح (a). تُدفع الرمال صعودًا في اتّجاه الرياح. عندما تتدحرج الرمال في الجانب المعاكس لاتجاه الرياح، فإنّها تتراكم. يتحرّك الكثيب في الاتجاه المعاكس للرياح. يُظنّ أن حركة حُبَيْبات الرمل بالرياح تُحدث أصوات تشبه الأنغام في كثبان قطر المشهورة.

الأمواج

تتحرّك الأمواج بتأثير طاقة الرياح. الأمواج هي عوامل قوية للتعرية بالقرب من السواحل التي تحدّ محيطات العالم. تعمل طاقة الأمواج على تشكيل السواحل وتوزيع المعادن والعناصر الغذائية.

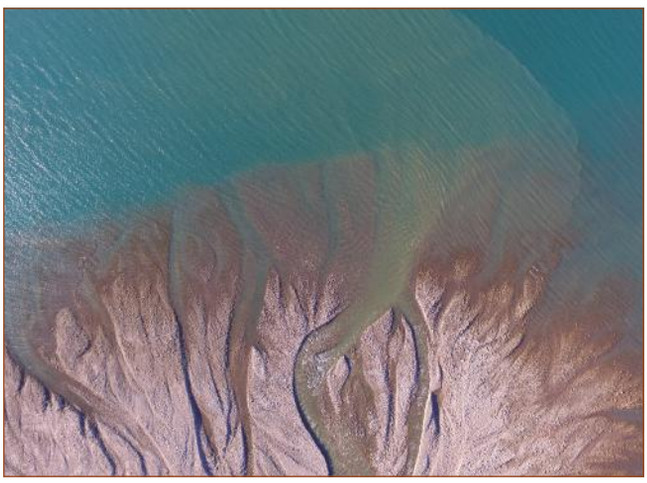
a. تتجمّع رواسب الأنهارحول العالم وتنجرف إلى البحار والمحيطات وتشكّل ما يسمى "الدلتا".

b. تكون الدلتا النهرية في أغلب الأحيان أراضي زراعية غنية. حيث إنَّ تراكم الطمي والرمل عبر آلاف السنين شكَّل مكوّنات وعناصر جيدة للتربة الغنية (**الشكل 2-43**).

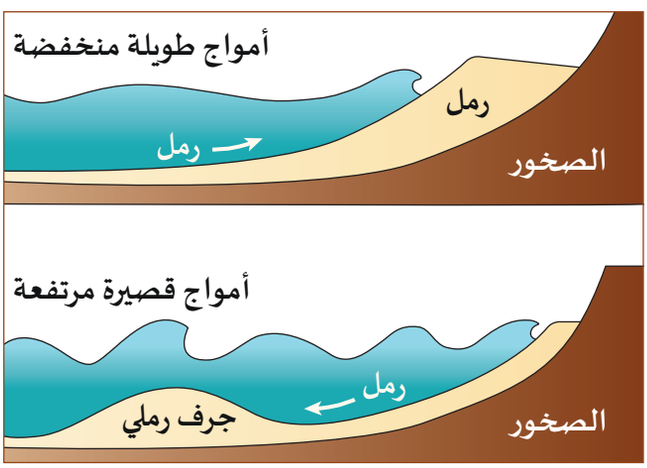
c. يُحرّك الرمل والطمي والطين حول المحيطات بديناميكية تأثير الأمواج.

عندما تقترب الأمواج من الساحل، تتحوَّل طاقتها إلى الصخور الشاطئية التى تصطدم بها.

- يحدّد شكل الأمواج ونوعها طريقة تشكيل الشاطىء.
- تعمل الأمواج البحرية الطويلة المنخفضة على ترسيب الرمال على الشاطىء، أمّا الأمواج القصيرة المرتفعة فتعمل على ترسيب الرمال في داخل البحر في ما يُعرف بالجرف الرملي (**الشكل 2-44**).



الشكل 2-43 دلتا نهرية، النروج.



الشكل 2-44 تأثير الأمواج على الشاطىء.

الشكل 2-45 طبقات من الصخور الرملية تتعرّض للتعرية بفعل الأمواج.

يمكن للأمواج دفع كميات كبيرة من المياه بسرعة عالية. يعني هذا أنه يمكن للأمواج نقل قطع كبيرة من الصخور تعمل على نحت الصخور الشاطئية وتشكيلها (**الشكل 2-45**).

الكتل الجليدية

الكتل الجليدية Glaciers هي «أنهار» من الجليد تتحرّك ببطء متدفّقة إلى الأسفل بفعل قوة الجاذبية.

- تبدأ الكتل الجليدية بالتشكّل كثلوج في الجبال لا تنصهر. بمرور الزمن، يعمل وزن الثلوج المتراكمة في انضغاط الثلج إلى أن يصبح جليدًا بسُمك 1.5 كيلومتر.
- عندما تتحرّك الكتلة الجليدية ببطء، تنحت التضاريس وتنقل الصخور والأتربة معها (**الشكل 2-46**).

الشكل 2-46 يبلغ طول هذه الكتلة الجليدية 34 km ويصل عرضها إلى 1.6 km، ويبدو في أسفلها طبقات من الحطام الصخري ممزوجًا بالجليد.

- تغطي الكتل الجليدية والجليد الدائم 10% من اليابسة على الأرض وتحتوي على 69% من الماء العذب في العالم. يمكن لطول الكتل الجليدية أن يصل امتداده إلى أكثر من 200 km.
- تنحت الكتل الجليدية تضاريس مميّزة، من ضمنها أودية عريضة وجبال ذات قمم حادّة. تظهر هذه التضاريس عندما تتراجع الكتل الجليدية أو تنصهر.
- إذا انصهرت كل الكتل الجليدية على الأرض، فإنَّ مستوى البحار يرتفع إلى 70 مترًا.

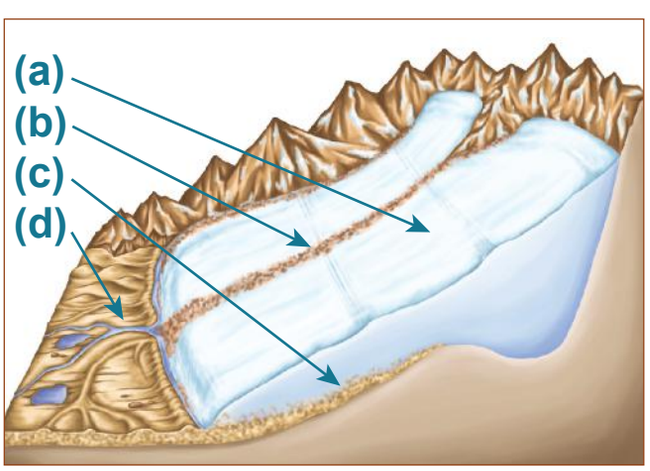
يعرض (**الشكل 2-47**) تشكّل المعالم الأرضية بالكتل الجليدية:

a. كتلة جليدية.

b. **الركام الجليدي Moraine** فتات صخري من أحجام مختلفة يظهر على جانبي كتل الجليد.

c. طبقة كشط، حجر أساس مكشوط.

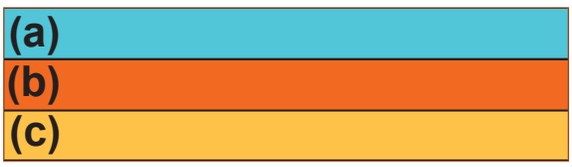
d. **نهاية النهر الجليدي Terminus** بعد انصهار الجليد يظهر فتات صخري خليط من أحجام مختلفة، يُسمّى «**الفتات الجليدي**» **Glacial till**.



الشكل 2-47 تضاريس الكتلة الجليدية.

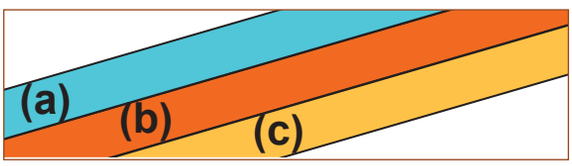
قانون التراكب

ينصّ **قانون التراكب الطبقي Law of superposition** في الجيولوجيا على أنَّ ترسّب الطبقات الرسوبية في تسلسل زمني يجعل الطبقة الأحدث في الأعلى والطبقة الأقدم في الأسفل. إذا افترضنا أن **الشكل 2-48** يمثّل الطبقات الصخرية، يمكننا الافتراض أن الطبقة (a) هي الصخور الأحدث، والطبقة (c) هي الصخور الأقدم. يمكننا معرفة تاريخ الأحداث الماضية إذا عرفنا نوع الصخور. دعنا نفترض أن الطبقات في **الشكل 2-48**:



الشكل 2-48 طبقات أفقية.

a. طبقة من الحجر الجيري تدلّ على ترسيب بحري هو الأحدث.



الشكل 2-49 طبقات غير أفقية.

b. طبقة من الطين الصفحي يدلّ على وجود نهر متدفّق ببطء رسّب الطمي والطين.

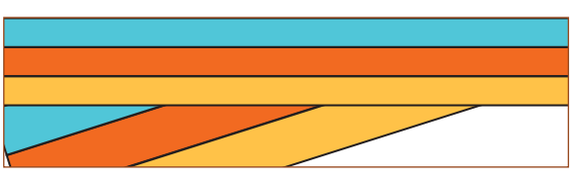
c. طبقة من الصخر الرملي يدلّ على وجود نهر متوسّط السرعة رسّب الرمل.

مع هذه المعطيات، قد نفترض أن نهرًا كان يجري بسرعة متوسّطة. ارتفع منسوب النهر مسبّبا تباطؤ النهر، فارتفع مستوى الماء أكثر مشكّلًا في النهاية بحرًا.

الشكل 2-50 طبقات صخور رسوبية غير أفقية.

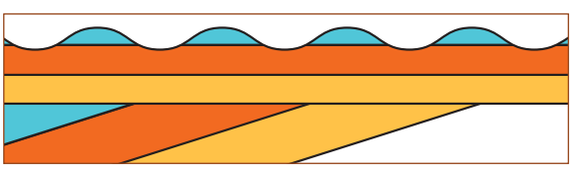
يبيّن **الشكل 2-49** حدثًا جيولوجيًّا آخر حدث بعد تشكّل الصخور الرسوبية. تنتج الطبقات غير الأفقية عن قوى بناء الجبال.

يمكن أن تقع أحداث جيولوجية أكثر (**الشكل 2-51**) ويتمّ تحليل كلّ منها باستخدام قانون التراكب الطبقي. هذا يساعد الجيولوجيين على كتابة تاريخ المنطقة، على افتراض أن الطبقات مستمرة.



الشكل 2-51 طبقات أكثر تعقيدًا.

عدم التوافق unconformity يؤدي إلى إزالة بعض الطبقات من التتابع الصخري في المنطقة بسبب انقطاع الترسيب



الشكل 2-52 انقطاع.

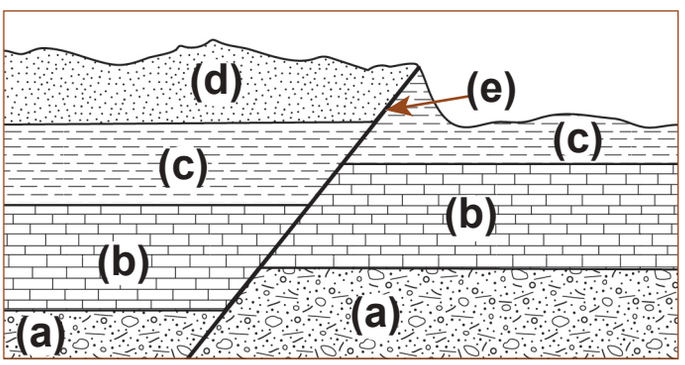
نشاط b2-2 الطبقات الجيولوجية

سؤال الاستقصاء	هل يمكنك صياغة التاريخ استنادًا إلى رسم بياني للطبقات الجيولوجية؟
الموادّ المطلوبة	مقطع للطبقات الجيولوجية

خطوات النشاط

استخدم مقطع الطبقات الجيولوجية الموضّح للإجابة عن الأسئلة.

(الشكل 2-53)هو مقطع للطبقات الجيولوجية:



الشكل 2-53 مقطع الطبقات الجيولوجية 1.

(a) فتات جليدي

(b) حجر جيري

(c) طين صفحي

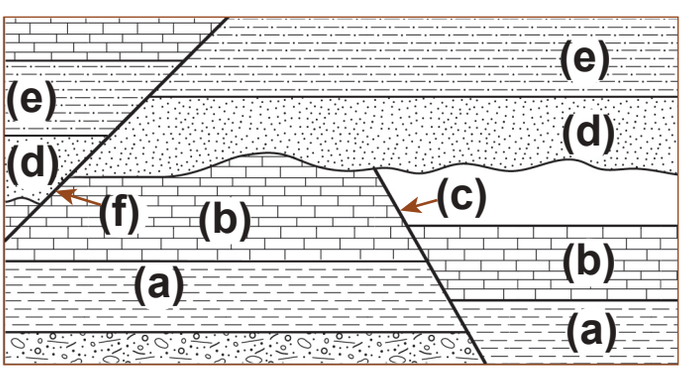
(d) صخر رملي

(e) كسر في الطبقات ناتج عن قوى بناء الجبال

حل اللغز

1. ما العملية التي حدثت بعد الكسر (e) الناتج عن قوى بناء الجبال، في **(الشكل 2-53)**؟
2. ما أقدم نوع من الصخور المبيّنة؟

يبين **(الشكل 2-54)** الطبقات الجيولوجية في منطقة معيّنة:



الشكل 2-54 مقطع الطبقات الجيولوجية 2.

(a) و (e) طين صفحي

(b) حجر جيري

(c) كسران مختلفان ناتجان عن بناء الجبال

(d) صخر رملي

3. تحت أية طبقة يوجد الانقطاع في **(الشكل 2-54)**؟
4. أيّة عملية أنتجت الطبقة (b)، في **(الشكل 2-54)**؟
5. ما تسلسل الأحداث الذي أنتج التاريخ الكامل الممثّل بمقطع الطبقات الجيولوجية في **(الشكل 2-54)**؟

الفرز بالتعرية

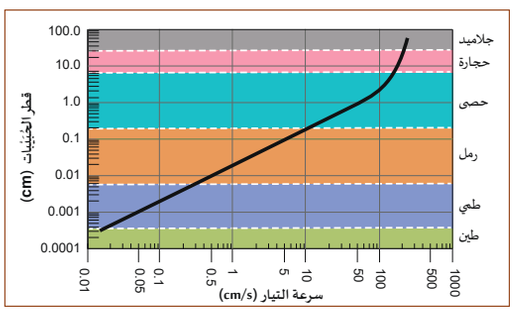
لكلّ من عوامل التعرية المختلفة بصمة خاصة به. إنها تفصل وتفرز المكوّنات المختلفة للصخور التي تعرّيها.

العامل	تقنية الفرز
قوّة الجاذبية	• تتسبّب الجاذبية في إنتاج طبقات أفقية من الراسب. • خذ وعاء من التراب، امزج التراب بالماء، هزّ الوعاء، ودع المزيج يركد. تتساقط الحُبَيْبات الثقيلة والأكبر أولًا، وتتساقط الحُبَيْبات الأخف والأصغر أخيرًا.
المياه الجارية	• يمكن للمياه الجارية فصل الموادّ على امتداد النهر. • تترسّب الحجارة الكبيرة بالقرب من مصدر النهر. • تترسّب الحجارة الأصغر والرمل والطمي على امتداد النهر. • يترسّب الطمي والطين والحبيبات الدقيقة في الدلتا.
الرياح	• يمكن للرياح فرز أحجام مختلفة من الرمل والحصى. • تنقل الرياح ذات السرعة المرتفعة الرمال والغبار تاركة الحصى. • يمكن للرياح ذات السرعة المنخفضة أن تفصل الغبار الناعم.
الأمواج	• تفرز الأمواج المواد المختلفة على امتداد الشاطىء. • تظهر وتنكشف الأشياء الأثقل في الغالب عندما تأتي الأمواج الهادئة وتأخذ الرمال. • تدفع الأمواج المواد على امتداد الشاطىء ويمكنها تشكيل شطّ صخري، وفي أماكن أخرى شطّ رملي ناعم.
الكتل الجليدية	• الكتلة الجليدية هي عامل التعرية الذي لا ينتج عنه فرز للرسوبيات. • الكتلة الجليدية تترك الركام الجليدي النهائي للفتات الجليدي غير المفروز عندما تتوقّف عن التحرك . • يمكن للصخور الضخمة أن تبقى في منتصف الوادي المتقوّس، أمّا بقية الرسوبيات فإنّها تتعرّى و تنقل بوساطة الكتل الجليدية المنصهرة.

تقويم الدرس 2-2

1. ما الذي ينتج القوة الصاعدة التي تسمح للجبال بالوقوف في مقابل شدّ الجاذبية إلى الأسفل؟
   a. زاوية الانحدار
   b. قشرة الأرض
   c. التربة الجافّة عند أسفل الجبال
   d. صخور الأساس التي تشكّل الجبال

2. استنادًا إلى الشكل المجاور، ما هي سرعة التيار الأبطأ التي يمكنها نقل حصى ذات قطر 1 cm؟



   a. 0.5 cm/s
   b. 5 cm/s
   c. 50 cm/s
   d. 500 cm/s

3. أيٌّ من الموادّ الآتية لديها على الأرجح أعلى زاوية انحدار؟
   a. بلّورات ملح جافّة على شكل مكعّبات صغيرة ذات حواف حادّة.
   b. بذور مدوّرة صغيرة من النباتات الصحراوية.
   c. كومة قطع خشبية.
   d. كومة من الجلاميد.

4. اذكر ظرفين مختلفين قد يسبّبان انهيار جانب الجبل.

5. ما المنتج النهائي للحمولة المعلّقة عندما يتباطأ النهر؟

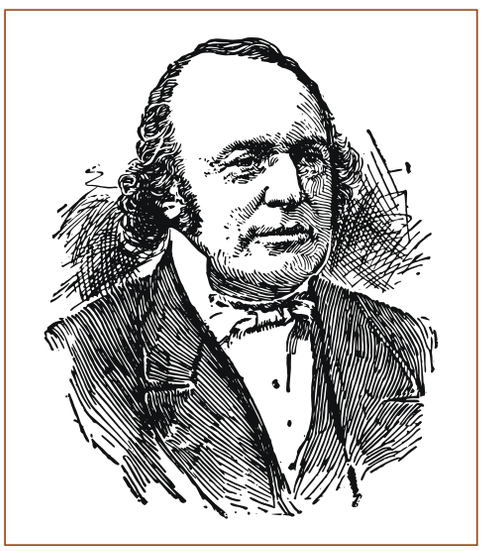
6. اذكر عاملين يؤثّران في كمية التعرية الساحلية التي تحدث بفعل الأمواج. صف خطوتين يمكن اتخاذهما لخفض تأثير التعرية الساحلية.

7. عندما تنظر إلى طبقات بأنواع صخرية مختلفة، كيف يمكنك أن تؤكّد وجود البحر في خلال التاريخ الجيولوجي لتلك المنطقة؟

8. ما المشكلات التي يواجهها الجيولوجيون عندما يصادفون انقطاعًا في ترتيب الطبقات؟

ضوء على العلماء

لويس أجاسيس: (1807-1873)



الشكل 2-55 لويس أجاسيس: (1807-1873)

كان لويس أجاسيس جيولوجيًا وعالم أحياء سويسريًا، وهو الذي ابتكر فكرة العصر الجليدي العظيم. ارتكزت نظريته على مخلوقات ضخمة تشبه الفيلة وُجدت متجمّدة في الجليد مع مجموعات من الحيوانات المنقرضة الأخرى، جعلته يستنتج أن شتاءً قاسيًا وفجائيًا نزل على العالم.

درس جان تشاربنتيير وكارل شيمبر الكتل الجليدية واستنتجا أن الجلاميد الضخمة المتناثرة في بعض المناطق بالقرب من جبال الألب نُقلت إلى هناك بحركة الكتل الجليدية (**الشكل 2-56**).

الشكل 2-56 جلمود ضخم جاثم على صخور صغيرة، جزيرة كول، سكوتلندا.

ترافق أجاسيس تشاربنتيير وشيمبر في رحلات إلى جبال الألب. مرتكزًا على دلائل التعرية للركام الجليدي، وكشط الصخور ومنحدرات الجبال وتدويرها والبنية المتقوّسة للتضاريس والسهول العريضة، طور أجاسيس نموذجه للعصر الجليدي العظيم لينسب أحداث الانقراض إلى حركة الكتل الجليدية عبر معظم النصف الشمالي للكرة الأرضية.

الشكل 2-57 شارد جليدي.

عنما نشر أبحاثه، بدأت استنتاجاته تلقى قبولًا في جميع أنحاء المجتمع العلمي. بدأ الجيولوجيون بالبحث عن دلائل مشابهة لتعرية الكتل الجليدية في أميركا الشمالية وروسيا.

أصبحت الجلاميد الضخمة التي وجدت حول العالم تسمّى «شوارد جليدية» (**الشكل 2-57**). كان التركيب المعدني لهذه الشوارد مختلفًا عن الصخور المحيطة، وبدت غريبة عن المكان تمامًا.

استنادًا إلى دراسة التركيب المعدني للشوارد الجليدية، يمكن إيجاد موقع صخور الأساس الأصلي وصياغة تاريخ الحركة الجليدية.

الوحدة 2

مراجعة الوحدة

الدرس 2-1: التجوية

- **التجوية Weathering** هي تفكّك الصخور أو تحلّلها بكثير من العمليات، لكنها لا تتضمّن حركة الصخور. التعرية **Erosion** نقل حبيبات الصخر بالجاذبية وبحركة الرياح والمياه.
- تصف **دورة الصخور Rock cycle** كيف تتشكّل الصخور ويعاد تشكيلها عبر ملايين السنين.
- **التجوية Weathering** هي عملية تفكّك الصخور أو تحلّلها بعمليات **التجوية الفيزيائية Physical weathering** و**التجوية الكيميائية Chemical weathering** و**التجوية البيولوجية Biological weathering**.
- يمكن للأملاح التسبّب في التجوية وهي تتمدّد وتتقلّص مع درجة الحرارة.
- **التقشير Exfoliation** هو من أسباب التجوية المرتبطة بالحرارة، لكن من دون ماء.
- يصف **تجمُّد المياه Freeze-thaw** نوعًا من التجوية الناتج عن العملية المستمرة لانصهار المياه المتجمدة وإعادة تجمّدها.
- **التحلّل المائي Hydrolysis** هو تقنية تجوية مرتكزة على الخصائص الكيميائية للماء، وكيفيّة تفاعلها مع المعادن في الصخور.

الدرس 2-2: التعرية

- يصف **الانهيار Slump** كيف تشدّ قوة الجاذبية كومة من الجسيمات متكدّسة في مكان أعلى من **زاوية الانحدار Angle of repose**.
- **حمولة التيار Stream load** هي المواد المنقولة بالأنهار أو المياه المتدفقة والتي تسقط في النهاية **كرسوبيات Sediment** عندما تتباطأ المياه.

الوحدة 2

مراجعة الوحدة

- المسطحات الملحية هي مساحات واسعة من الملح تشكّلت جرّاء تبخّر بحر، ومعدن الهاليت هو الشكل البلوري للملح الموجود تحت الأرض في مناجم الملح.
- تتشكّل **الصخور الرسوبية Sedimentary rocks** من أنواع مختلفة من الرسوبيات.
- **تعرية الرياح Aeolian erosion** هي الاسم التقني للتعرية الريحية.
- **الكتل الجليدية Glaciers** هي أنهار ضخمة من الجليد تتدفّق ببطء الى أسفل الجبال. عندما تنصهر تترك وراءها الصخور المتراكمة التي عرّتها على شكل **ركام جليدي Moraines**.
- **نهاية النهر الجليدي Terminus** هي المسافة الأبعد التي تحرّكت الكتل الجليدية إليها، وتتألف من فتات صخري خليط من أحجام مختلفة معروف **بالفتات الجليدي Glacial till**.
- «**قانون التراكب الطبقي**» **Law of superposition** هو مبدأ ترسُّب الطبقات الرسوبية في تسلسل زمني، ويُستخدم لتحديد التاريخ الجيولوجي.

تقويم الوحدة ☑

اختيار من متعدد

1. أيٌّ من البيانات الآتية مثال على التعرية وليس على التجوية ؟
   a. تفتّت جذورُ النباتات الأسطحّ الصخرية ببطء.
   b. يكسر النهر قطعًا صغيرة من الصخور وينقلها إلى الجزء السفلي منه.
   c. تسبّب دورات السخونة والبرودة تشقُّقات في الصخور فتفصل حبيبات عنها.
   d. يذيب الحمض الكربوني الموجود في الماء كيميائيًا بعض المعادن في الصخور.

2. ما الذي يسبّب عملية التجوية المعروفة بالتقشّر؟
   a. المياه الجارية.
   b. طقس فائق البرودة.
   c. طقس حار نهارًا وبارد ليلًا.
   d. تمدّد الماء وهو يتجمّد ليلًا.

3. كيف يمكنك التعرّف إلى تأثير التجوية الفيزيائية للماء في الصخور؟
   a. لديها ثقوب.
   b. لديها حواف مدوّرة.
   c. ظهور خطوط على سطح الصخر.
   d. ظهور بلّورات واضحة تشكّلت.

4. ما العملية الفيزيائية التي تنتج عن تجوية بلّورات الملح؟
   a. أملاح تذيب الصخور.
   b. أملاح تتمدّد عندما تسخن.
   c. أملاح تذوب وتصبح مياهًا مالحة.
   d. أملاح تتجمّد وتنصهر بشكل متكرّر.

5. أيُّ مكوّن للجرانيت هو الأكثر عرضةً لتأثيرات التجوية الكيميائية؟
   a. الميكا.
   b. الكوارتز.
   c. الفلسبار.
   d. البوتاسيوم.

تقويم الوحدة

6. أيّة بنية تنتج عن ترسّب الكالسيت من التحلّل المائي؟
   a. التربة.
   b. رمل الشاطىء.
   c. الصواعد.
   d. فراغات في الجرانيت.

7. أيٌّ من الآتي هو مثال على الانهيار؟
   a. انهيار أرضي.
   b. ضعف الصخور الأساسية.
   c. تغيُّر بنية الصخور الأساسية بالمياه.
   d. صخور فريدة تبدو متوازنة مع شدّ الجاذبية.

8. ما زاوية الانحدار؟
   a. الزاوية التي تتشكّل بكومة من الرمل.
   b. الزاوية التي تتشكّل عندما تُكدَّس الكتل بعناية.
   c. الزاوية الأعلى التي يمكن أن تتشكّل بمواد حُبَيْبية.
   d. الزاوية الأعلى التي يمكن أن تتشكّل بتكديس الكتل بعناية.

9. ما الذي يحدّد حجم الحُبَيْبات المنقولة بالمياه الجارية؟
   a. انخفاضها على السهول.
   b. سرعة المياه المتحرّكة.
   c. ارتفاعها في الجبال.
   d. سرعة المياه المتحرّكة وكميتها.

10. أيٌّ من الآتي هو ترتيب ترسّب الراسب من المياه عندما تنخفض سرعتها وهي تجري في تيار كبير؟
   a. حجارة، حصى، رمل، طمي.
   b. حصى، رمل، طمي، حجارة.
   c. رمل، طمي، حجارة، حصى.
   d. طمي، حجارة، حصى، رمل.

تقويم الوحدة ☑

11. أيُّ صخر يتكوّن من المياه التي تتحرّك ببطء؟

a. طين صفحي.

b. فلسبار.

c. حجر جيري.

d. صخر رملي.

12. ما ميزات الكثبان الرملية الكبيرة؟

a. تتبع جهة اتجاه الرياح زاوية الانحدار وتنزلق إلى جهة مهبّ الرياح.

b. تتشكّل جهة اتجاه الرياح بالقفز الرملي وتتشكّل جهة مهبّ الرياح بالتعرية.

c. تتشكّل جهة اتجاه الرياح بالانزلاق وتتشكّل جهة مهبّ الرياح بترسّب الراسب.

d. تتشكّل جهة اتجاه الرياح بالقفز الرملي وتتبع جهة مهبّ الرياح زاوية الانحدار.

أسئلة الإجابات القصيرة

الدرس 2-1: التجوية

13. أذكر ثلاثة عوامل تؤثّر في كمية التجوية التي يتعرّض لها الصخر.

14. وضح أوجه الاختلاف بين التجوية الفيزيائية والتجوية الكيميائية.

15. كيف تُحدِث عملية التقشير تغيّرًا في الضغط على طبقات الصخر الخارجية؟

16. ما تسلسل الخطوات في طريقة التجوية بالتجمّد المائي؟

17. ما العملية الأكثر شيوعًا والتي تجعل الصخور مدوّرة؟

18. كيف يستخدم تأثير الأمواج الهواء لتصبح الصخور ضعيفة؟

19. حدّد أوجه التشابة والاختلاف بين الرمل والصخر؟

20. ما تأثير التجوية الكيميائية في المعادن الموجودة في التربة؟

21.* إذا تجوّت مادّة بمعدل 1 mm بالساعة، فكم ستستغرق تجوية 1.5 cm بالكامل؟

22. ما تأثير المطر الحمضي في التراكيب البنائية؟

تقويم الوحدة

23. ما الذي ينتج التراكيب البنائية المعروفة بالصواعد؟

24. اذكر طريقتين يمكن بهما للنباتات أن تجوّي الصخور فتأخذ منها حُبَيْبات صغيرة تصبح جزءًا من التربة.

25. إذا كانت التجوية تحدث منذ فترة طويلة من الزمن، فلماذا لا يكون سطح الكوكب كلُّه مسطّحًا؟

الدرس 2-2: التعرية

26. ما الاتجاه الرئيس لقوة الجاذبية؟

27. ما الذي يحدّد قدرة تشكيل جيولوجي فريد على الوقوف في وجه الجاذبية؟

28. اذكر ثلاث طرائق يمكن بها الحدّ من تأثير التعرية.

29. ما الذي يحدّد زاوية الانحدار للمواد الحبيبية؟

30. كيف يمكنك زيادة زاوية الانحدار لمادة ما؟

31. اكتب تفسيرين لماذا لا تكون كل سفوح جبال العالم عند نفس زاوية الانحدار؟

32. ما القوة الدافعة لتعرية المياه الجارية؟

33. كيف يمكن للجيولوجيين أن يجدوا مصدر نهر قديم إذ لم يكشفوا سوى جزء صغير منه؟

34. ماذا تستنتج من وجود حجارة كبيرة وجلاميد في قاع نهر جاف؟

35. لماذا تشكّل الصخور الرسوبية دائمًا طبقات أفقية؟

36. أيُّ نوع من الصخور الرسوبية يتكوّن بشكل أساسي من الكوارتز؟

37. كيف يمكن للصخور الرسوبية أن توجد في طبقات غير أفقية؟

38. ماذا يمكن أن يُستنتج من التاريخ الجيولوجي لمنطقة ما إذا وُجدَت طبقات سميكة من الحجر الجيري؟

39. ماذا تسبّب تعرية الرياح؟

تقويم الوحدة ☑

40. كيف يتحرّك الكثيب الرملي عبر الصحراء؟ *
41. لماذا تُعدُّ الدلتا النهرية أراضي زراعية جيدة؟
42. كيف يؤثّر شكل الأمواج في شكل الساحل؟
43. كيف تتشكّل الكتل الجليدية؟ *
44. اذكر بعض الأشكال الأرضية المميزة الناتجة عن الكتل الجليدية. *
45. لماذا يوجد اهتمام عالمي بالانصهار السريع للكتل الجليدية؟ **
46. كيف يمكن أن تعرف مدى تقدّم الكتل الجليدية خلال العصر الجليدي الأخير؟
47. ما الفرضية الأساسية لقانون التراكب الطبقي؟ **
48. ما الخاصية التي قد تبحث عنها في طبقات من أنواع مختلفة من الصخور، وتنطلق منها لتبيّن أنَّ قوى بناء الجبال كانت تؤثر في فترة معينة من التاريخ الجيولوجي؟

الوحدة 3
المناخ
Climate

في هذه الوحدة

الدرس 3-1: الحرارة على الأرض — ES1107

الدرس 3-2: المناخ — ES1108

3 الوحدة

مقدّمة الوحدة

تُتَاح لنا في هذه الأيام الكثير من الفرص لتتبع الأخبار ورؤية الأفلام والصور والتعرّف إلى مناطق تختلف اختلافًا كبيرًا عن تلك التي نعيش فيها. وقد تعرّفنا على كوكب الارض و الذي يضم مناطق فيها جليد وثلج، ومناطق فيها غابات مطيرة، ومناطق أخرى مثل هنا في دولة قَطَر تتميز بأنّها حارّة جافّة في أكثر الأحيان.

يتلخّص العامل الأكبر والوحيد الذي يشكّل الفوارق بين المناطق بكلمة «المناخ». والمناخ يصف متوسطات درجات الحرارة وكمية سقوط الأمطار في بيئة معيّنة. ويحدّد «المناخ» أيضًا أنواع النباتات والحيوانات التي تعيش في هذا المكان أو ذاك.

وهناك عوامل أخرى، فبعض المناطق هي جبال صخريّة وبعضها الآخر صَحارٍ رمليّة. ومع ذلك، فإذا توفر للبيئة الصحراوية درجات حرارة معتدلة وامطار، فإنّها لن تبقى صحراء. سنستكشف في هذه الوحدة المناخات المختلفة على كوكبنا، ونبحث في العوامل الكثيرة المتنوّعة التي تؤدّي إلى اختلاف المناخات.

الأنشطة والتجارب

a1-3 زاوية التشمّس

b1-3 قياس الوضاءة

2-3 رحلة المنطقة المناخيّة

الدرس 3-1

الحرارة على الأرض

Heat on the Earth

كان المزارعون يتوقّعون ما ستكون عليه أحوال الفصول والمناخ منذ الحصاد الأوّل. كان بإمكانهم توقّع الأمطار وقراءة إشارات الطقس. لكن الشيء الذي لم يعرفوه هو التفسير العلمي. إلّا أنّ العنصر البشري تطوّر كثيرًا منذ ذلك الحين، فأصبح لدينا الآن محطّات علميّة مأهولة في الفضاء فوق الأرض (**الشكل 3-1**).

الشكل 3-1 المحطّة الفضائيّة الدوليّة.

اليوم، نرسم خرائط حركة الغيوم وتيارات المحيط. ونقيس أيضاً درجة الحرارة وسرعة الرياح حول الأرض. تساعد هذه المعلومات العلماء على بناء نماذج حاسوبية للطقس العالمي. إن تدفق الطاقة أساسي لجميع نماذج الطقس. يتم امتصاص الطاقة الشمسية وتسخّن اليابسة والهواء والماء. تبخّر الطاقة الشمسية الماء من أسطح المحيط الدافئة. قد ينتج أعاصير هائلة عندما ترتفع الرطوبة المسخّنة إلى أعالي الغلاف الجوّي الأبرد. يتناول بالشرح هذا الدرس العلاقة بين الحرارة والطقس.

مخرجات التّعلُّم

ES1107.1 يحدّد المتغيّرات الّتي تؤثّر في التّشمّس، ومنها زاوية السّقوط والشفافية في الغلاف الجوّيّ.

ES1107.2 يفهم أنّ اكتساب الحرارة يتأثّر أيضًا بخصائص الموادّ الّتي تمتصّ الطّاقة، كاللّون والنّسيج والشفافية.

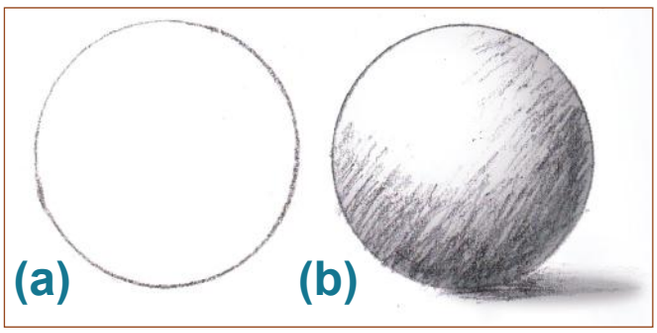
المفردات

زاوية التشمّس	Angle of insolation
مدّة التشمّس	Duration of insolation
الشفافية في الغلاف الجوّيّ	Atmospheric transparency
الانعكاسيّة	Reflectivity
الوضاءة (الألبيدو)	Albedo

كيف يمكن للفنّ أنّ يعكس الحياة الحقيقيّة؟

لفهم عمل أشعّة الشمس على الأرض، يمكننا مراقبة فنّان يرسم كرة رسمًا واقعيًا (**الشكل 3-2**).

- ابدأ بمخطّط لكرة.
- لإضافة الظلال، حدّد بقعة يشعّ فيها الضوء على الكرة. تُرسَم هذه البقعة بشكل ساطع يميّزها من الأجزاء الأخرى.
- تتشكّل الظلال بعيدًا عن مصدر الضوء.
- يوجد الجانب الخلفيّ للكرة في الظلال. اجعل الجانب الخلفيّ داكناً أكثر.
- يمكن للفنّان البارع أن يوهمك أنك ترى كرة بالأبعاد الثلاثة، بأن يرسم الظلال بطريقة تبدو فيها واقعية.



الشكل 3-2 (a) مخطّط بسيط (b) كرة مع الظلال.

جرّب ذلك بنفسك. ارسم دائرة، عيّن زاوية للضوء، ثم ظلّل الكرة بلون داكن لمحاكاة الظلال.

الأرض كرويّة

الأرض مثل باقي الكواكب، كروية الشكل تقريبا ويبلغ نصف قطر الأرض عند خط الاستواء 6,378 كم ونصف قطرها عند القطبين 6,357 كم. يزيد نصف قطرها عند خط الاستواء بحوالى 21 كم عنه عند القطبين.

الشكل 3-3 أشعّة الشمس تسقط على الأرض.

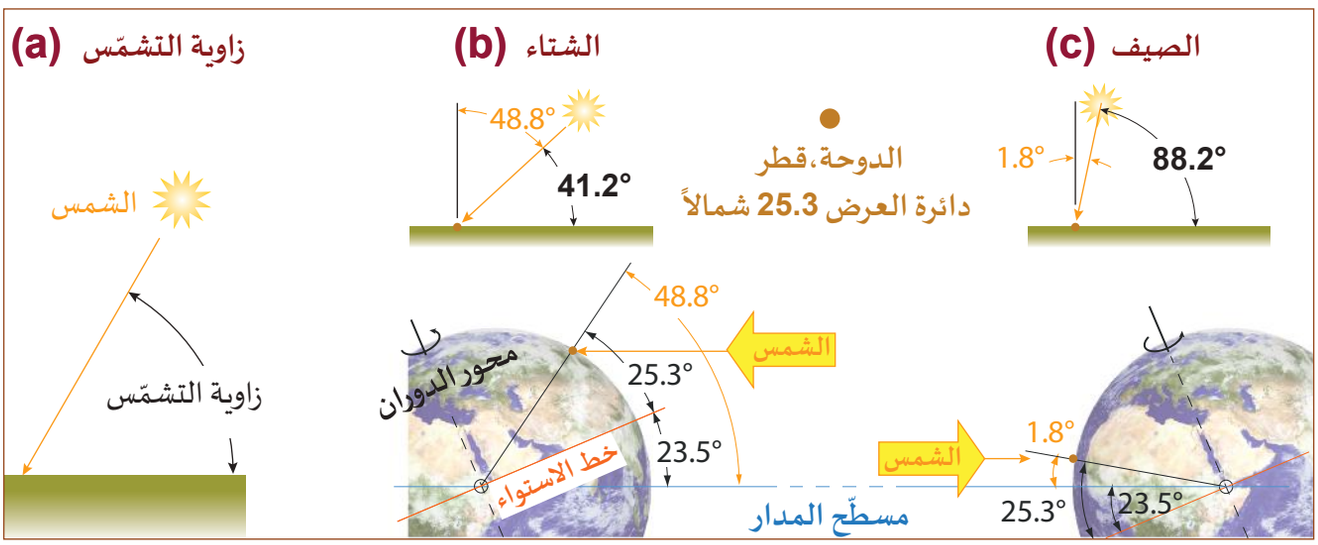
تنتج أشعة الشمس التي تسقط على الارض ظلاً شبيهًا بظل الكرة (**الشكل 3-3**). بينما تدور الأرض حول نفسها، يكون الجانب المواجه للشمس نهارًا والجانب الذي لا يواجهها ليلًا. إن دورة النهار والليل والبالغة 24 ساعة هي مقياس زمني جيّد للتغييرات في الطقس. في هذا الدرس، سنبحث في العوامل التي تؤثّر بكمية الطاقة الشمسية التي تحصل عليها أي منطقة من كوكبنا. في الدرس التالي، نبيّن بأن متوسط شدّة أشعة الشمس هو عامل أساسي في تحديد المناخ.

مستخدمًا معرفتك عن الظلال، حدّد ما إذا كانت الأرض تدور من الغرب إلى الشرق أو من الشرق الى الغرب. ابدأ بتذكّر الجهة التي تشرق منها الشمس مستخدمًا مخططًا، فسّر كيف يُدعم استنتاجُك بملاحظتك.

زاوية التشمّس

إنّ **زاوية التشمّس Angle of insolation** هي قياس الزاوية التي يسقط بها ضوء الشمس على سطح الأرض. وتتأثر هذه الزاوية عند قياسها في دولة قطر بعاملين مهمين هما:

- ميل محور دوران الأرض حول نفسها 23.5 درجة عن أن يكون عموديًا على مسطّح مدار الأرض.
- موقع الدوحة في دولة قطر على دائرة العرض 25.3 درجة شمال.



الشكل 3-4 زاوية التشمّس للدوحة.

a. يبيّن **الشكل 3-a4** زاوية التشمّس.

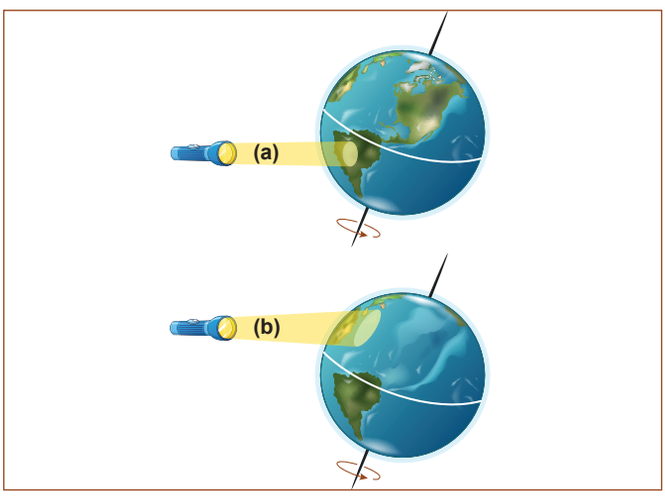
b. في الشتاء، يميل قطب الأرض الشماليّ بعيدًا عن الشمس. تكون زاوية التشمّس عند الظهر 41.2 درجة، وتكون الدوحة باردة برودة لطيفة.

c. في الصيف، يميل قطب الأرض الشماليّ باتجاه الشمس. تكون زاوية التشمّس عند الظهر 88.2 درجة ويكون الجو حارًّا جدًا لأنَّ الشمس تكون عموديّة تقريبًا.

تعود أهميّة زاوية التشمّس إلى أنَّ كمية ضوء الشمس نفسها تنتشر على مساحة أكبر عندما تصغر الزاوية. وبالتالي نستنتج أن أكبر شدة للضوء في المتر المربع تقع عند خط الأستواء.

a. يبيّن **الشكل 3-a5** دائرة عرض قَطَر في الصيف. ينتشر الضوء فوق الدائرة المبيّنة. في هذه الحالة تكون كميّة الطاقة الشمسية في المتر المربّع هي الأكبر.

b. يبيّن **الشكل 3-b5** كميّة الضوء نفسها منتشرة فوق منطقة أوسع في الشتاء. في هذه الحالة تكون كمية الطاقة الشمسية في المتر المربّع أقلّ.

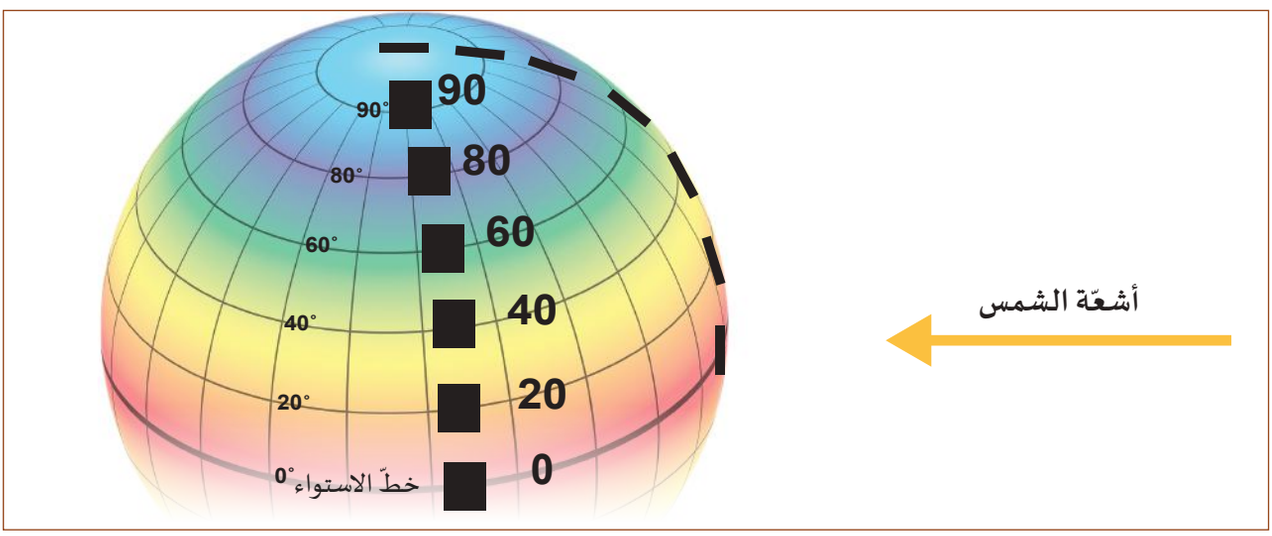


الشكل 3-5 عرض لشدّة الطاقة الشمسيّة (a) الصيف ، (b) الشتاء.

نشاط a1-3 زاوية التشمّس

سؤال الاستقصاء	هل يمكنك اكتشاف تغيّر في درجات الحرارة لزوايا تشمّس مختلفة؟
الموادّ المطلوبة	نصف أو كرة أرضيّة، مربّعات معدنيّة مطلية باللون الأسود أو عملات معدنيّة، مقياس ليزري لدرجة الحرارة السطحيّة

الخطوات



الشكل 3-6 تجهيز الأدوات لتجربة زاوية التشمس.

يبيّن **الشكل 3-6** تجهيز أدوات تجربة زاوية التشمس.

1. خُذ عملات معدنيّة صغيرة أو مربّعات مطلية باللون الاسود، وثبّتها على مواقع على الكرة الأرضيّة تتطابق فيها مع مواقع دوائر العرض من 0 حتى 90.
2. ضع الكرة الأرضيّة في ضوء الشمس بحيث تشعّ الشمس عموديًّا على العملة المعدنيّة ذات دائرة العرض صفر 0 (دائرة العرض صفر يمثل خط الاستواء).
3. انتظر 10 دقائق.
4. استخدم المقياس الليزري لدرجة الحرارة السطحيّة لتسجيل درجة الحرارة عند كلّ موقع.
5. سجّل المعطيات وارسم نتائجك بيانيًا.

التحليل

a. لماذا يُعدّ استخدام المعدن أفضل من استخدام البلاستيك أو الورق؟
b. ما طبيعة النتائج التي قد تتوقّعها إذا كانت العملات فضيّة؟
c. كيف يمكنك تعديل التجربة إذا لم يكن لديك نموذج كرة أرضيّة؟
d. اكتب تفسير مختصر للإختلافات التي لاحظتها.

مدّة التشمّس

مدّة التشمس Duration of insolation هي كميّة الوقت التي سقطت فيه أشعّة الشمس على منطقة ما، من شروق الشمس حتّى غروبها.

- بالقرب من خط الاستواء، لا تتغيّر مدة التشمّس كثيرًا خلال السنة، وهي 12 ساعة في اليوم تقريبًا.
- عند القطبين، تتغيّر مدّة التشمّس بشكل جذريّ بين 0 و 24 ساعة في اليوم.
- عندما يكون القطب الشماليّ في ظلام تام 24 ساعة في اليوم، يكون الضوء في القطب الجنوبيّ 24 ساعة في اليوم (**الشكل 3-7**).

الشكل 3-7 مُنتصَف الليل في الأنتاركتيكا، 21 ديسمبر.

عند القطبين، يمكن لمدّة التشمّس أن تكون 24 ساعة في اليوم.

يؤثّر كلًّا من زاوية التشمس ومدة التشمس على درجة حرارة سطح الأرض. تؤثّر زاوية التشمّس في كمية الطاقة في المتر المربّع بالساعة. تحدّد المدّة عدد الساعات التي تتلقى خلالها منطقة ما هذه الطاقة.

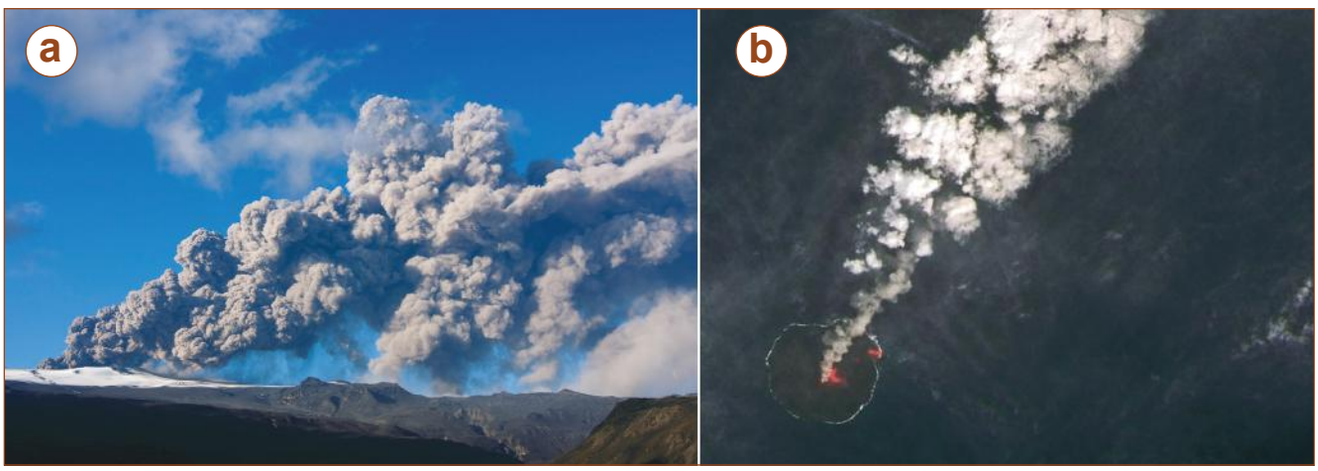
- عند خطّ الاستواء، تكون زاوية التشمّس عالية، ومدّة التشمّس 12 ساعة في اليوم. يُنتج هذا درجات حرارة سطحيّة عالية.
- عند كلّ من القطبين تكون مدّة التشمّس في الصيف 24 ساعة في اليوم. مع ذلك، فإنّ زاوية التشمّس منخفضة إلى درجة لا ترتفع فيها الشمس كثيرًا فوق الأفق. نتيجة لذلك، تكون شدّة ضوء الشمس منخفضة، وتبقى درجة الحرارة منخفضة.

ماذا تتوقع أن تكون درجة الحرارة في الدوحة إذا كانت مدة التشمس في دولة قطر 24 ساعة في اليوم؟

الشفافية في الغلاف الجويّ

الشفافية في الغلاف الجوي Atmospheric transparency هي مقياس كمية الجُسَيْمات أو قطرات الماء الموجودة في الهواء والتي تمنع ضوء الشمس من الوصول إلى سطح الأرض. ينعكس بعض ضوء الشمس عائدًا إلى الفضاء، ويتمّ امتصاص بعضه الآخر بالغلاف الجويّ.

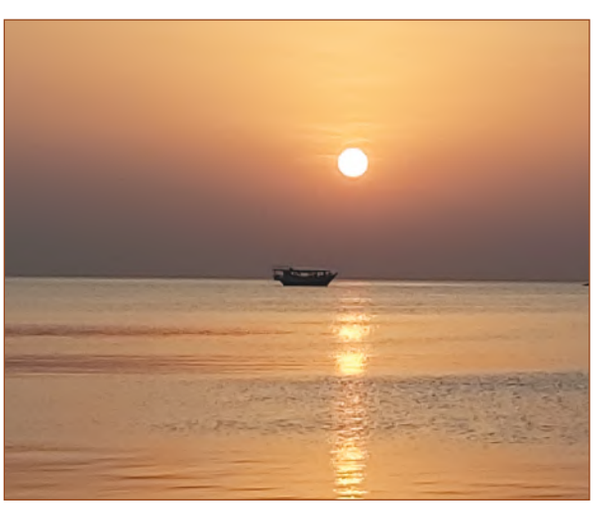
- يمكن لغطاء الغيوم أن يقلّل كثيرًا كميّة ضوء الشمس الذي يسقط على سطح الأرض في النهار.
- يمكن لجُسَيْمات أخرى في الهواء، بخاصة تلك التي تُقذف من البراكين عند ثورانها (**الشكل 3-8**)، أو المنبعثة من المصانع أو الحرائق أن تقلّل الشفافية في الغلاف الجويّ بقوّة، وتُخفِّض درجة الحرارة السطحيّة للأرض.



الشكل 3-8 **(a)** ثوران بركان إيجافجالاجوكول في إيسلندا، **(b)** صورة أُخذت بقمر الناسا الاصطناعي لبركان في اليابان، مبيّنًا الجُسيمات المقذوفة في الهواء.

- تعدّ شفافية الغلاف الجوي المنخفضة من الثوران البركاني أحد العوامل التي تساعد على تفسير دورات العصور الجليدية التي حدثت في تاريخ الكوكب.
- تشير المعطيات الحديثة أنّ «العصر الجليديّ الصغير» في أوروبا، والذي امتدَّ من القرن الثالث عشر حتى القرن السادس عشر الميلادي، نتج عن إنخفاض شفافية الغلاف الجوي من أربعة ثورانات بركانيّة رئيسة والتي حدثت خلال هذه الفترة الزمنية.

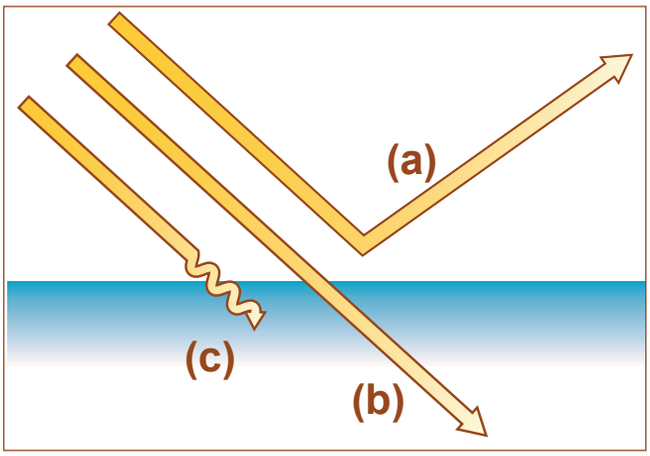
تحظى صور شروق الشمس وغروبها بإعجاب شديد من الناس (**الشكل 3-9**) لأنّ للسماء في هذه الأوقات ألوانًا جذّابة. تأتي هذه الألوان من الجُسَيْمات في الهواء. وهذه الجسيمات هي التي تشتت ألوانًا مختلفة من ضوء الشمس. يترتب على ذلك انتقال ضوء الشمس مسافات أطول عبر الغلاف الجوي عنه في وقت الظهيرة. وهكذا، فإنّه يتشتت أكثر. إذا كان في الهواء رطوبة فإنَّ اللون يصبح في الغالب أحمر داكنًا لأنّ قطرات الماء تشتت اشعة اللون الاحمر.



الشكل 3-9 شروق الشمس، الدوحة، قطر.

الانعكاسيّة

الانعكاسيّة **Reflectivity** هي خاصية المادّة التي تحدّد كميّة الضوء الذي سينعكس (يرتدّ) عن سطحها. يظهر **الشكل 3-10** الطرائق الثلاث التي يمكن للضوء أن يتفاعل بها مع السطح.



الشكل 3-10 الطرائق التي يتفاعل الضوء بها مع السطح. يمكنه أن ينعكس **(a)**، أو يخترق **(b)**، أو يتمّ امتصاصه **(c)**.

a. جزء من الاشعة الضوئية سينعكس دائمًا عن السطح. إذا كان السطح أملس، ومسطّحًا، وذا لون فاتح، فإنّه سيعكس ضوءًا أكثر.

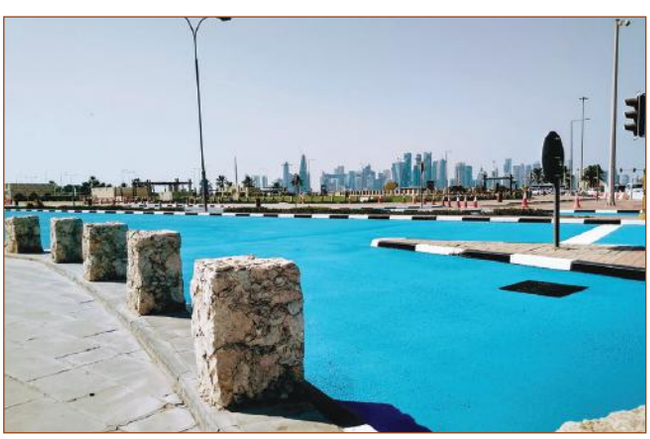
b. يمكن للاشعة الضوئية اختراق الموادّ الشفّافة. يجب على الضوء المرور عبر الغلاف الجوي للوصول إلى سطح الأرض.

c. يتمّ دائمًا امتصاص بعض الضوء بالموادّ. تسبّب الطاقة التي تمّ امتصاصها من الضوء تسخين المادّة. تمتصُّ الموادّ الخشنة والداكنة كميّات أكبر من الطاقة الضوئيّة، وتعكس أقلّ من الطاقة الضوئية.

توجد أمثلة للانعكاسيّة في كلّ مكان حولنا.

الشكل 3-11 الثوب التقليدي.

- يعكس الثوب الأبيض التقليديّ (**الشكل 3-11**) طاقة ضوئيّة أكثر من الألوان الأخرى. لا يتمّ امتصاص الضوء المنعكس، لذا يكون الجسم أبرد في النهار الحارّ.
- يعكس اللون الفاتح للثلج والجليد كميّة كبيرة من الطاقة الضوئيّة.
- تمتصّ الغابات الخضراء الداكنة تقريبًا كلَّ الطاقة الضوئيّة التي تسقط على سطحها .
- تمتصّ الجبال الوعرة طاقة ضوئيّة أكثر من تلك المغطّاة بالثلوج.
- يتم نثر رماد الفحم الحجري أو الرمل الداكن اللون في مناطق المناخات الباردة على الطرق الجليدية لتسمح للشمس بصهر الجليد بسرعة.
- عام 2019 تم طلاء شارع عبدالله بن جاسم باللون الأزرق لتقليل التسخين خلال الصيف (**الشكل 3-12**).



الشكل 3-12 شارع مطلي باللون الأزرق في الدوحة، قطر.

الوضاءة (الالبيدو)

الوضاءة Albedo هي مقياس الضوء المنعكس على جسم ما مقارنة بإجمالي الطاقة الشمسية الكلية الساقطة عليه.

- المادّة التي تمتصّ كلّ الضوء لديها وضاءة مقدارها 0.
- المادّة التي تعكس كلّ الضوء لديها وضاءة مقدارها 1.

يوضح **الجدول 3-1** وضاءة الموادّ الشائعة التي تصادفها أشعة الشمس.

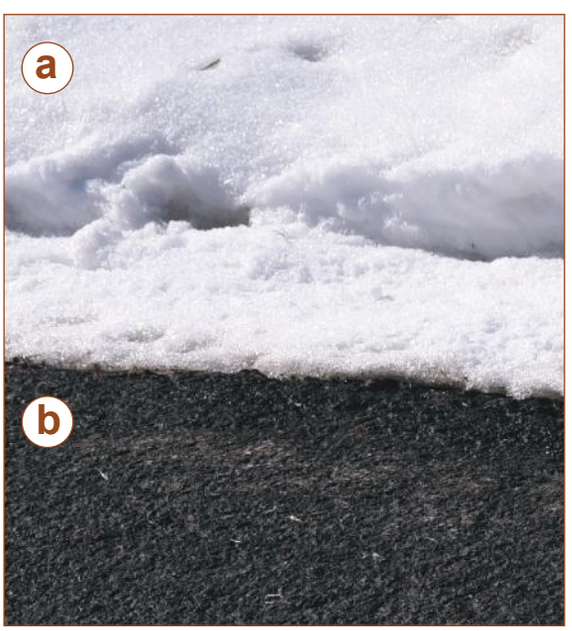
- المحيط المفتوح عميق، وتخترقه الأشعة الضوئية دون أن تنعكس على القاع.
- عندما يصبح الأسفلت أملس أكثر تزداد وضاءته.
- يمكن أن يكون لأنواع مختلفة من النباتات قيم وضاءة مختلفة. مثلاً، لدى الغابات الصنوبرية وضاءة مقدارها 0.12. الصنوبريات هي أشجار ذات "مخاريط" كأشجار الصنوبر..
- يعكس الرمل الناعم ضوءًا أكثر ممّا يعكسه رمل الكثبان.

يُظهر **الشكل 3-13** الفرق في الوضاءة بين الثلج والأسفلت، والتأثير في درجة الحرارة السطحيّة.

- يتساقط الثلج الجديد بطبقة رقيقة على بعض الثلج القديم وعلى طريق أسفلتية.
- تبقى درجة حرارة الهواء تحت التجمّد طوال النهار.
- لكن بعد الظهر، تُسخّن الشمس الأسفلت إلى درجة تكفي لصهر غطاء الثلج الرقيق وتبخيره تاركًا أسفلتًا جافًّا.

الجدول 3-1 وضاءة الموادّ الشائعة.

المادّة	الوضاءة
أسفلت جديد	0.01
المحيط المفتوح	0.03
أسفلت بالٍ	0.12
غابة صنوبرية	0.12
تربة عارية	0.17
السافانا	0.18
المحاصيل	0.20
العشب الأخضر	0.25
الصحراء	0.28
رمال الصحراء	0.40
الخرسانة الجديدة	0.55
الجليد المحيطيّ	0.60
الثلج الجديد	0.80



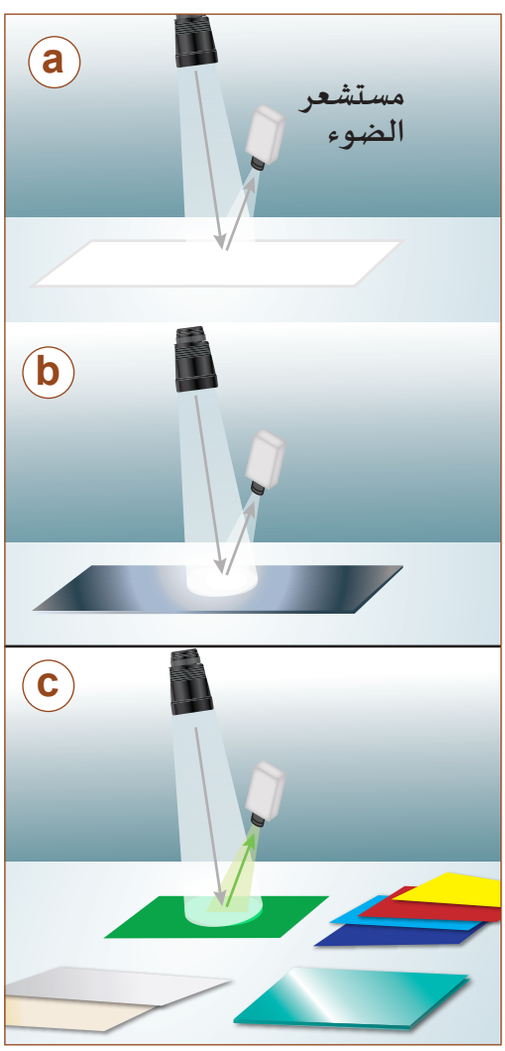
الشكل 3-13 (a) ثلج جديد و **(b)** أسفلت في يوم مشمس، درجة حرارة الهواء 4- درجات مئويّة.

نشاط b1-3 قياس الوضاءة

سؤال الاستقصاء	كيف يؤثّر لون السطح ونسيجه (النسيج هو حجم حبيبات السطح أو خشونته) في الوضاءة؟
الموادّ المطلوبة	مستشعر ضوء لاسلكيّ، مصباح يدوي صغير، كمبيوتر يعمل على البلوتوث، اللوح الذكي (التابلت)، أو هاتف ذكيّ، منصّة -حلقة ومشابك للمصباح اليدويّ ومقياس الضوء، أوراق ملوّنة مختلفة (ناعمة) ونسيج (خشن).

خطوات التجربة الشكل 3-14

1. ضع المصباح اليدوي بحيث يسقط ضوؤه على سطحًا ما.
2. ضع مستشعر الضوء بطريقة يُكشف بها الضوء المنعكس من ورقة بيضاء (a).
3. شغّل المستشعر وأوصله بالكومبيوتر.
4. حدّد «بيانات المستشعر» واختر الإضاءة فقط.
5. اختر قراءة «الأرقام».
6. ابدأ الاختبار.
7. شغّل المصباح اليدويّ.
8. ضع مرآة على السطح (b) لتحديد قيمة الانعكاس القصوى.
9. ضع ألوانًا وموادّ ذات أنسجة مختلفة (c) تحت الضوء.
10. سجّل كميّة الضوء المنعكس من كلّ سطح.



الشكل 3-14 إعداد المختبر.

التحليل

a. أيّة مادّة (باستثناء المرآة) عكست أكبر كميّة من الضوء؟
b. أيّة مادة عكست أقلّ كمية من الضوء؟
c. ما خصائص المواد في (a) و (b) التي تسبّب الإختلاف في الضوء المنعكس؟
d. كيف يمكن أن تساعدك بياناتك لاختيار ثياب ترتديها خارج البيت في نهار حارّ جدًا؟
e. كيف يمكن أن تساعدك هذه المعلومات في صنع سخّان الماء الشمسيّ؟

تقويم الدرس 3-1

1. لماذا تبدو السماء عند الفجر والغسق مختلفةً عمّا هي عليه عند الظهر؟
   a. هناك رطوبة أكثر في السماء عند الصباح والمساء.
   b. يتغيّر سطوع الشمس في النهار فيصبح الطقس أكثر دفئًا.
   c. يسبّب الحمل الحراريّ ارتفاع الحرارة في النهار وليس في الصباح والمساء.
   d. بسبب أن ضوء الشمس يمر عبر مسافات أطول من الغلاف الجوي في الصباح و المساء مما هي عليه عند الظهر.
2. كيف يمكن أن يكون الجوّ أبرد في أماكن تشعّ فيها الشمس 24 ساعة في اليوم من أماكن تشعّ فيها 12 ساعة في اليوم؟
   a. إن مدّة ضوء الشمس هي متغيّر غير مهمّ.
   b. إن مدّة ضوء الشمس ليست في أهميّة زاوية التشمّس لتسخين الأرض.
   c. إنّ مدّة ضوء الشمس وزاوية التشمّس هما بالأهمية نفسها في تسخين الأرض.
   d. في المناطق التي تحصل على 24 ساعة من الضوء في اليوم كثير من الثلج والجليد، وهذا يجعل كل شيء باردًا.
3. ماذا يحدث للمادّة عندما تمتصّ الطاقة الضوئيّة؟
   a. تتوهّج.
   b. تسخن.
   c. تعكس ضوءًا أكثر.
   d. يصبح اللون فاتحًا.
4. كيف تُثبت زاوية التشمّس أنَّ الأرض كرويّة؟
5. ما العلاقة بين زاوية التشمّس ودرجة حرارة السطح لمناطق مختلفة حول الكرة الأرضيّة؟
6. ما الطرائق الثلاث التي يتفاعل بها الضوء مع المادة؟
7. ما طرائق استخدام ادارات البلديات الانعكاسية لابقاء المناطق أبرد بالصيف؟

الدرس 3-2
المناخ
Climate

في كثير من الأماكن فصلٌ جافّ وفصل مُمْطر. بحيرات بأكملها تختفي (**الشكل 3-15**)، لتمتلئ مجددًا بعد عدّة أشهر. طوّر الناس الذين يعيشون في هذه المناطق طرائق التعامل مع هذه المتغيّرات الجذريّة. يكون الطقس في بعض المناطق هو نفسه في معظم السنة، مع تغيّر قليل بين شهر وآخر. يعالج هذا الدرس أسباب المناخ، والمتغيّرات التي تحدّد المناخات المختلفة.

الشكل 3-15 صيّاد سمك صغير لا يستطيع أن يصطاد، حتى في فصل الأمطار.

مخرجات التّعلُّم

ES1108.1 يفهم أنّ تسخين سطح الأرض والغلاف الجوّيّ يحرّك تيّارات الحمل ضمن الغلاف الجوّيّ والمحيطات منتجًا الرّياح وتيّارات المحيط.

ES1108.2 يشرح بصورة عامّة كيف أنّ مناخ منطقة ما يتحدّد بدائرة العرض، والقرب من مسطّحات مائيّة كبيرة، وبتيّارات المحيط، وبالرّياح السّائدة، وبالارتفاع، وبالسّلاسل الجبليّة.

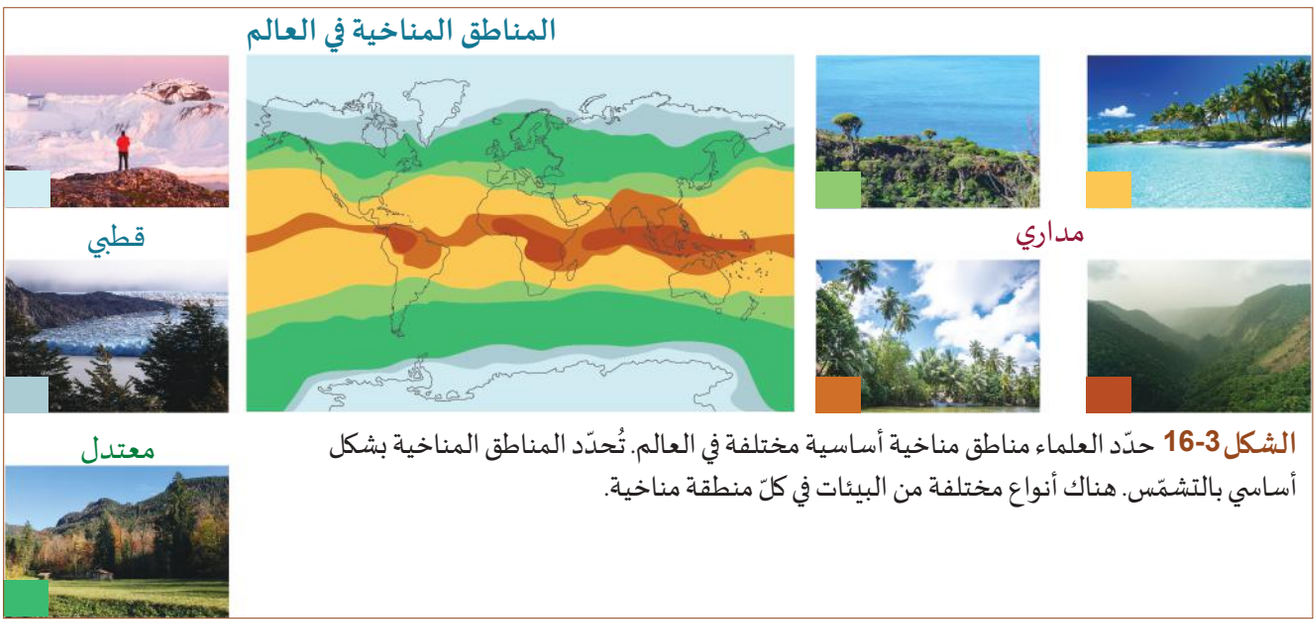
ES1108.3 يدرك أنّه يمكن للمناخ أن يتغيّر بسبب الأحداث الطّبيعيّة مثل ظاهرة النينو والثّورانات البركانيّة، وبتأثيرات الإنسان مثل إزالة الغابات وإنتاج غازات الدّفيئة.

المفردات

Convection cell	خلية الحمل الحراري
Climate	المناخ
Sub-climate	مناخ فرعي
Tropical	مداري
Tropical rain forest	الغابة المطيرة المدارية
Savanna	سافانا
Arid	قاحل
Semi-arid	شبه قاحل
Desert	صحراء
Steppe	السهوب
Temperate	معتدل
Mediterranean	بحر أبيض متوسطي
Continental	قارّي
Humid continental	قارّي رطب
Polar	قطبي
Tundra	التندرا
Paleoclimatology	علم المناخ القديم
Carbon dioxide	ثاني أكسيد الكربون
Deforestation	إزالة الغابات

كيف يساعدنا المناخ في التخطيط لرحلة؟

تخيّل أنّك ربحت القيام برحلة إلى مكان ما في العالم لتختبر مناخ مختلف عن المناخ في منزلك.
إلى أين قد تذهب في رحلتك؟
ما الوقت الذي ستختاره للذهاب في رحلتك؟
ما الذي ترغب في أن تقوم به في مكان رحلتك، ولا يمكنك القيام به هنا؟
ما الأشياء التي تودّ رؤيتها في المكان الذي اخترت الارتحال إليه؟



الشكل 3-16 حدّد العلماء مناطق مناخية أساسية مختلفة في العالم. تُحدّد المناطق المناخية بشكل أساسي بالتشمّس. هناك أنواع مختلفة من البيئات في كلّ منطقة مناخية.

أجرِ مسحًا في صفّك

اسأل: إلى أين يمكن أن يذهب الناس؟ ولماذا يريدون الذهاب إلى تلك الأماكن؟

- كم وجهة كانت إلى مناطق المناخ المعتدل؟
- كم وجهة كانت إلى مناطق المناخ المداري؟
- كم وجهة كانت إلى مناطق المناخ القطبي؟
- ما عدد الناس الذين اختاروا الأماكن رغبةً في الاطلاع على المعالم الطبيعية فيها؟
- ما عدد الناس الذين اختاروا الأماكن للاطلاع على معالم يكون الإنسان محورها؟

آنكور وات (كمبوديا)
المنطقة المدارية

كامبريدج (المملكة المتحدة)
المنطقة المعتدلة

ريو دي جينيرو (البرازيل)
المنطقة الاستوائية

الشكل 3-17 بعض الأماكن المثيرة للاهتمام والتي لديها عوامل جذب طبيعية وعوامل أُخرى محورها الإنسان.

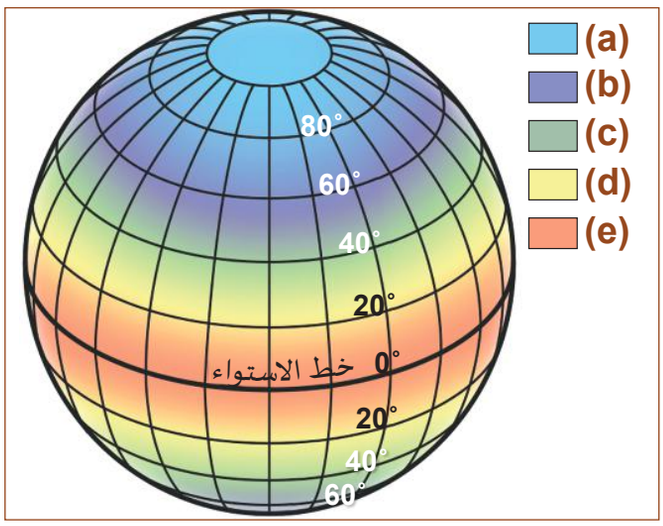
المناخ

يُحدَّد **المناخ Climate** بمتوسّط ظروف الطقس في منطقة ما لمدّة 30 سنة. يتغيّر الطقس بين شهر وآخر، أمّا المناخ فقد يستغرق تغيّره في منطقة ما عدة آلاف من السنين.

يستغرق تغيّر المناخ في الغالب عدّة آلاف من السنين

لفهم المناخ، قُسّم سطح الأرض إلى خمس مناطق مناخية. تُحدَّد المناطق بمتوسّط درجة الحرارة وهطول المطر. يوضح **الشكل 3-18** دوائر العرض التي تحدّد المناطق المناخية الخمسة.

a. القطبي
b. شبه القطبي
c. المعتدل
d. المداري
e. مداري بالقرب من خطّ الاستواء (استوائي).



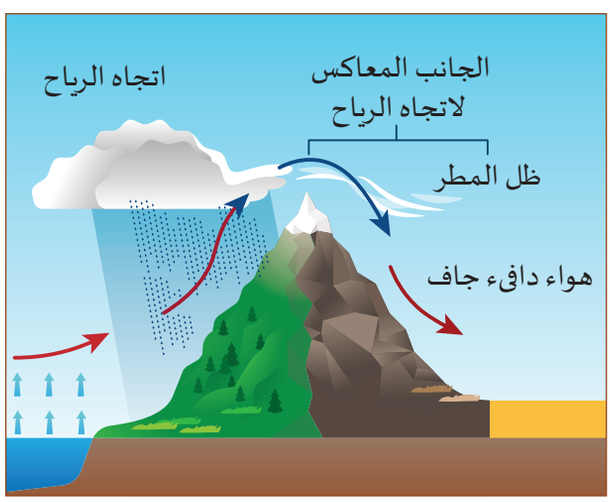
الشكل 3-18 أنواع المناخ العامة وموقعها على الأرض.

المناخات الفرعية Sub-climates هي أقاليم ضمن منطقة مناخية، حيث يمكن للمتغيّرات الجيولوجية المحلّية أن تغيّر المناخ بحيث أن منطقة مناخية واحدة تقسم إلى مناخات فرعية. يمكن لموقع المسطحات المائية الكبرى والرياح السائدة والسلاسل الجبلية أن تغيّر الظروف المناخية.

هل يمكن وجود مناخات مختلفة جدًا على دائرة العرض نفسه؟

يمكن للمعالم الأرضية، كالجبال والمسطحات المائية، أن تشكّل اختلافات في المناخ (**الشكل 3-19**).

- يُنتِج الهواءُ الرطب الصاعد على جهة الرياح من الجبل هطولًا ومناطق نموّ خصبة.
- يُنتِج الهواءُ الدافئ الجافّ على الجهة التي يهبّ إليها الرياح مناطقَ صحراوية.



الشكل 3-19 تشكّل السلسلة الجبلية مناخَيْنِ فرعيَّيْنِ.

خليّة الحمل الحراري وهطول الأمطار

هطول الأمطار هو التأثير الرئيس الثاني في المناخ بعد ضوء الشمس. يُحدّد هطول الأمطار إلى حدّ كبير استنادًا إلى دوران الهواء. يصعد الهواء الدافئ عند خطّ الاستواء. يُستبدل الهواء الرطب الدافئ بواسطة الهواء البارد من القطبين. يشكّل هذان التأثيران دورات الحمل الحراري التي تنقل الماء فوق اليابسة.

خليّة الحمل الحراري Convection cell هي كتلة من الهواء أو الماء تتبع تيارًا دوريًا ناتج عن مادة أكثر دفئاً صاعدة ومادة أكثر برودة هابطة نتيجة التسخين والتبريد.

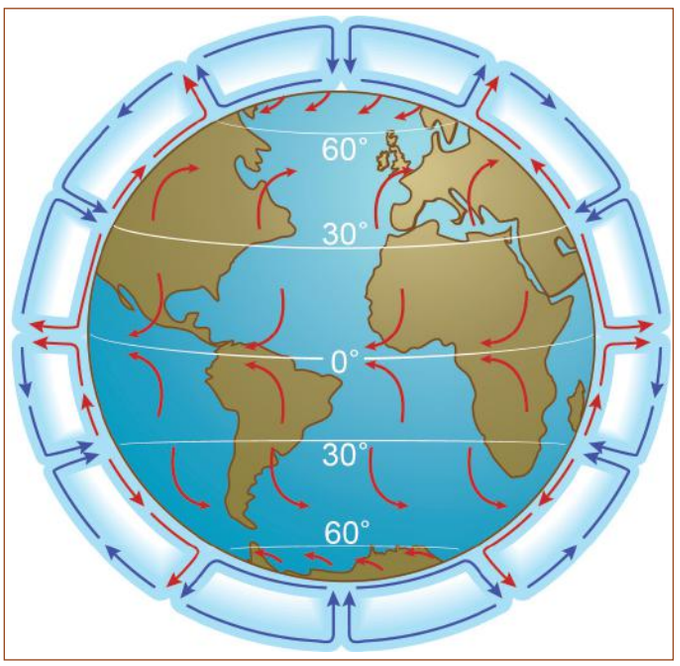
a. لأنّ الأرض كبيرة جدًا، فإنّ خليّة حمل حراري واحدة لا يمكن أن تتشكّل بين القطب وخطّ الاستواء.

b. تتشكّل خلايا حمل حراري أصغر تغطّي مناطق من الأرض بين دوائر عرض محدّدة (**الشكل 3-20**).

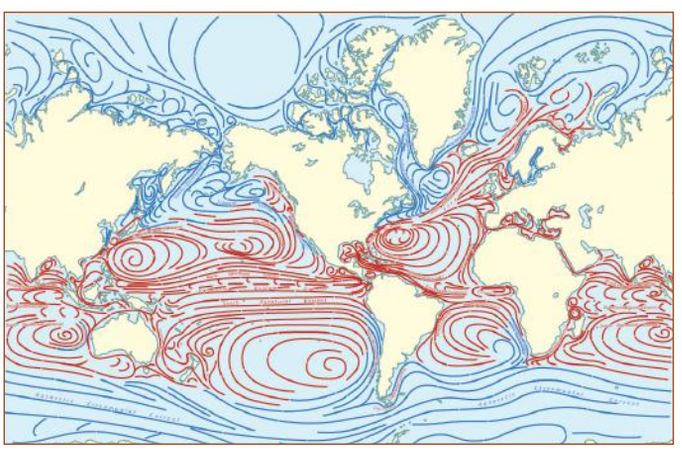
c. بسبب دوران الأرض حول نفسها، لا تتحرّك خلايا الحمل الحراري هذه إلى الشمال والجنوب مباشرةً.

d. تتشكل التيارات الهوائية (الرياح) بسبب خلايا الحمل التي تكونت في الغلاف الجوي

e. تتكون التيارات المائية البحرية في المحيطات تحت تأثير تيارات خلايا الحمل (**الشكل 3-21**).



الشكل 3-20 خلايا الحمل الحراري الرئيسة التي تتحرّك في الغلاف الجوي فوق الأرض.



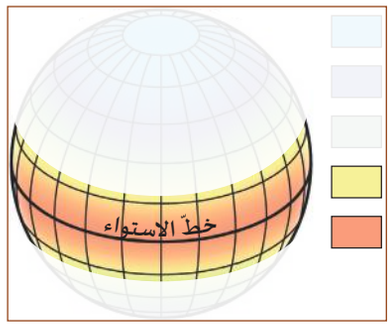
الشكل 3-21 خلايا الحمل الحراري الرئيسة في المحيطات.

تتأثر مناطق الأرض بالقرب من خطّ الاستواء بالتيارات الهوائية وتيارات المحيط، والتي تكون في الغالب دافئة.

تتأثر مناطق الأرض بالقرب من القطبين بالتيارات الهوائية وتيارات المحيط والتي تكون في أغلب الأحيان باردة.

إنّ حركة هذه التيارات هي التي تحدّد الرياح السائدة، والطقس، والمناخ.

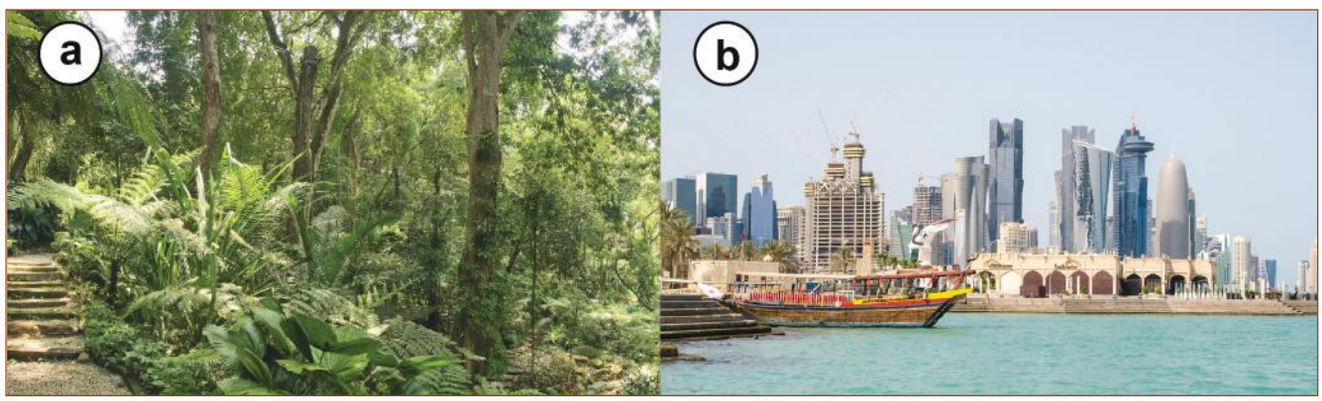
المنطقة المناخية المدارية



- تقع بين دائرتي العرض 25 درجة شمال و 25 درجة جنوب، ولديها متوسّط درجات حرارة أعلى من 18 درجة مئوية.
- تنتج المناخات المدارية أدغالَ أميركا الجنوبية وجنوب شرق آسيا، وأفريقيا وجزر المحيط الهادئ (**الشكل 3-a22**).

تتنوّع البيئات المدارية بشكل كبير. يظنّ كثير من الناس أنّ المناطق المداريّة هي شواطئ بحرية وجزر محيطية. ومع ذلك، فإنّ هذه المنطقة تتضمّن صحاري، وغابات مطيرة رطبة دافئة، وأراضي أفريقيا العشبية.

تقع كثير من المدن الكبرى في المنطقة المناخية المدارية، ومن ضمنها الدوحة(**الشكل 3-b22**).
تضمّ المدن المدارية الأخرى مدينة المكسيك (المكسيك)، ولوس أنجلوس (الولايات المتحدة الأميركية)، والقاهرة (مصر)، والدار البيضاء (المغرب) وشنغهاي (الصين).



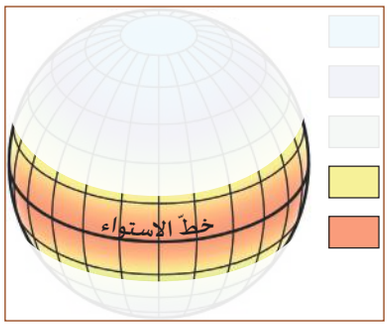
الشكل 3-22 **(a)** حديقة مدارية، ماليزيا. **(b)** الدوحة، قطر.

تُعدّ **الغابة المطيرة المدارية Tropical rain forest** مناخًا فرعيًا. تحصل الغابات المطيرة المدارية على أكثر من 2,000 ملم من الأمطار في السنة، وتضمّ أكبر تركيز للنباتات والحيوانات في العالم. يوجد أكثر من نصف أنواع الكائنات الحية في العالم ضمن هذا المناخ الفرعي (**الشكل 3-23**).

الشكل 3-23 الضفدع السامّ، الغابة المطيرة الأمازونية في البيرو.

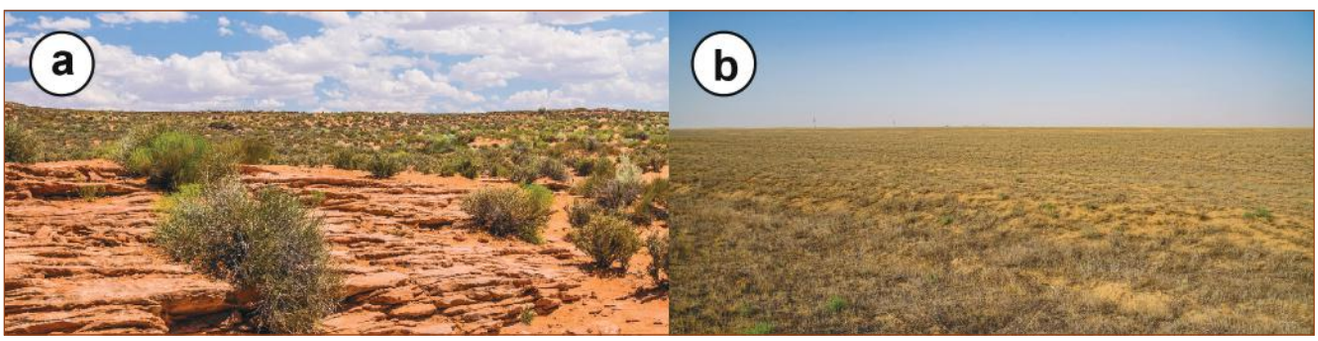
- إنّ الغابات المطيرة المدارية هي فقط إحدى المناخات الفرعية ضمن المنطقة المدارية.
- **السافانا Savanna** هي منطقة مناخ فرعي آخر موجودة بشكل أساسي في المناطق المنخفضة في أفريقيا.
- السافانا مغطّاة بالأعشاب والشُجَيْرات وبعض الأشجار.
- تحصل السافانا بالمتوسّط على 500-1,000 ملم من الأمطار في السنة.

المناطق المناخية الصحراوية



إن شدّة ضوء الشمس هي الأقوى في المنطقة المناخية المدارية، وبالتالي توجد بعض الصحارى في هذه المنطقة. مع ذلك، وبسبب أنماط هطول الأمطار، توجد المناخات الصحراوية أيضاً خارج المنطقة المدارية. يمرّ دائرة العرض 23 درجة شمال في منتصف الصحراء الأفريقية الكبرى، على مسافة 2,500 كلم تقريبًا من خطّ الاستواء. في دولة قطر مناخ صحراوي عند دائرة العرض 25 درجة شمال، حافة المنطقة المدارية.

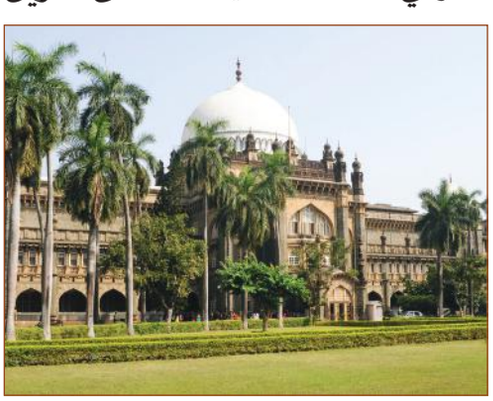
توجد الصحاري عبر شبه الجزيرة العربية، وفي غربي أميركا الشمالية، وأستراليا، وأميركا الجنوبية، وأفريقيا الوسطى، ومعظم آسيا (**الشكل 3-24a**).



الشكل 3-24 (a) صحراء (b) سهوب.

«**قاحلة**» **Arid**، كلمة تعني «مطرًا قليلًا أو معدومًا». هناك أماكن في الشرق الأوسط تحصل فقط على 200 ملم من الأمطار في السنة، يشير المصطلح «**شبه قاحلة**» **Semi-arid** إلى المناطق التي تحصل على نسبة أعلى قليلًا من 200 ملم من الأمطار في السنة.

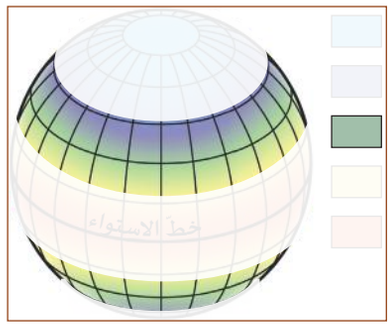
- **الصحراء Desert**، هي منطقة ليس لديها غطاء نباتي أو قد يكون لديها القليل منه، وتحصل على أقلّ من 250 ملم من الأمطار في السنة. تشكّل الصحاري 12% من سطح اليابسة على الأرض. تتوسّع الصحاري بسرعة في أماكن كثيرة.
- السهوب هي منطقة شبه قاحلة تتلقى 250-500 ملم من الأمطار في السنة،مما يساعد على تكوين غطاء نباتي أكبر (**الشكل 3-24b**).



الشكل 3-25 مومباي، الهند، تقع في المنطقة المناخية الاستوائية، لكنّها تحصل على الكثير من الأمطار.

ليس كلّ المناخات بالقرب من خطّ الاستواء هي مناخات صحراويّة. الاختلاف هو في كمية هطول المطر أو معدل سقوط المطر. المناخات التي تحصل على أمطار كافية، أو تكون بالقرب من الماء، يمكن أن تكون رطبة، ولديها حياة نباتية متنوّعة. الهند مثال جيّد على ذلك، فهي تقع في المنطقة المناخية المدارية وهي قريبة من خط الاستواء (**الشكل 3-25**). كما تضم المدن العالمية الرئيسة في المنطقة الاستوائية جكارتا (إندونيسيا)، ومومباي (الهند)، وأديس أبابا (إثيوبيا)، وسنغافورة، وبوغوتا (كولومبيا).

المناطق المناخية المعتدلة



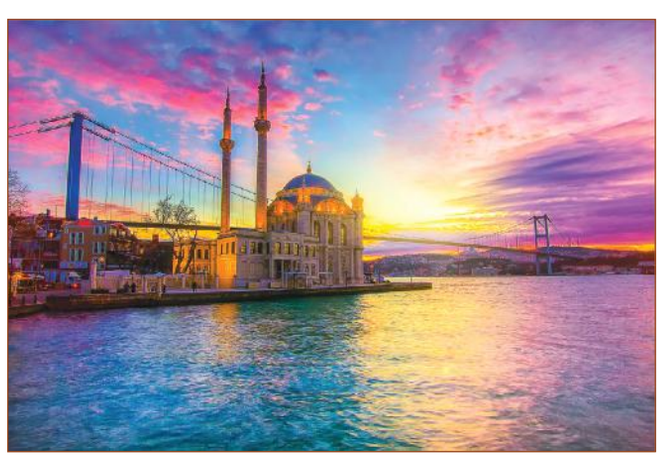
- المناطق المعتدلة هي في العادة دافئة ورطبة في الصيف وذات شتاء معتدل. وهي موجودة في كلّ القارات، باستثناء القارة القطبية الجنوبية (**الشكل 3-26**).
- تقع هذه المناطق بين دائرتي العرض 25 درجة و 66 درجة على منتصفَي الكرة الأرضية، مع عدد من المناخات الفرعية.

الشكل 3-26 منظر طبيعي معتدل في الصيف، توسكانا، إيطاليا.

يعيش معظم سكان الأرض في المنطقة المعتدلة. إنها تتضمّن أجزاء كبيرة من الصين، والأرجنتين، والبرازيل، وجنوب شرق الولايات المتحدة. تتضمّن المدن الرئيسة في المنطقة المناخية المعتدلة لندن (المملكة المتحدة)، ونيويورك (الولايات المتحدة الأميركية)، وباريس (فرنسا)، وموسكو (روسيا)، وبرلين (المانيا)، وبكين (الصين)، وبيونس أيريس (الأرجنتين).

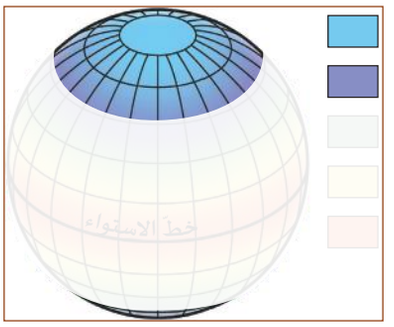
مناخ البحر الأبيض المتوسط Mediterranean هو مناخ فرعي في المنطقة المعتدلة. سُمّي بذلك نسبةً إلى حوض البحر الأبيض المتوسط، هذا النطاق المناخي لطيف في معظم السنة، فلا تنخفض درجات الحرارة الشتويّة فيه إلى أقلّ من 10 درجات مئوية، ولا تزيد درجات الحرارة الصيفية عن 30 درجة مئوية إلّا نادرًا.

- يتشكّل مناخ البحر الأبيض المتوسط على الساحل الغربي لمعظم القارّات بسبب قربها من تيارات المحيط.
- كما يظهر في **الشكل 3-27**، فإنَّ هذا المناخ الفرعي يوجد في جنوب أوروبا، وكاليفورنيا، وتشيلي، وجنوب أفريقيا، وغرب وجنوب أستراليا.
- يبلغ متوسّط درجة حرارة الصيف في هذه المنطقة 20 درجة مئوية، مع رطوبة عالية.



الشكل 3-27 مسجد أورتاكوي وجسر البوسفور في إسطنبول، تركيا.

المناطق المناخية القطبية



- تقع المناخات القطبية بعيدًا عن تيارات المحيط التي قد تلطّف درجة الحرارة، ما يؤدّي إلى التباعد بين الفصول كما في **الشكل 3-28**.
- توجد المناخات القطبية إلى الشمال والجنوب من دائرتي العرض 66.5 درجة شمال و 66.5 درجة جنوب.

الشكل 3-28 الشتاء في ساريسيلكا، لابلاند، فنلندا.

تتميز المناخات القطبية في القارات بهطول امطار معتدل. تتلقّى أماكن كشمال كندا وفنلندا والنرويج والسويد وروسيا معظم الهطول في فصل الشتاء على شكل ثلج.

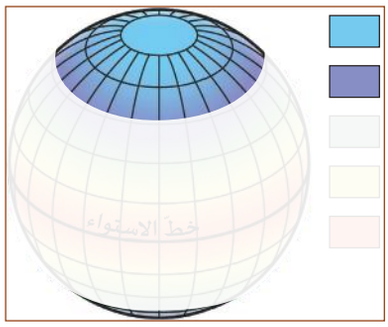
يمنع البرد والشتاء القارس البشر من بناء المدن في المناخات القطبية. تشمل المدن الصغيرة القليلة آنكوراج في ولاية ألاسكا (الولايات المتحدة الأميركية) ونوريلسك في سيبيريا (روسيا).

- المناخ **شبه القطبي الرطب Humid subpolar** هو مناخ فرعي في المناطق القريبة من المسطحات المائية الكبيرة.
- توجد المناخات شبه القطبية الرطبة Humid subpolar في نيوفاوندلاند، ونوفا سكوتيا، واسكاندنافيا، وجزيرة ساخالين، وجزر اليابان الشمالية.

الشكل 3-29 البحيرة العليا بين كندا والولايات المتحدة.

- يمكن أن تسهم المسطحات المائية الكبيرة (**الشكل 3-29**) في تساقط سنوي للثلوج بين 10 و 30 مترًا.
- يكون الشتاء طويلًا، وتبقى درجات الحرارة تحت درجة التجمّد لعدة أشهر متواصلة.
- الرياضات الجليدية شعبية في هذه المناطق.

المناخات القطبية بالقرب من القطبين



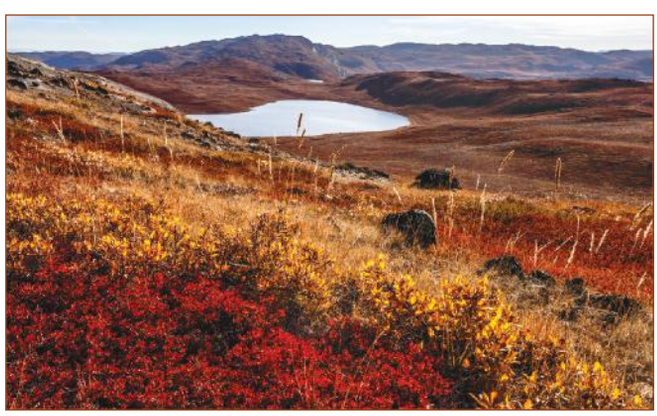
- لا يوجد لدى المناطق القطبية الأكثر برودة أشجار . ينمو بهذه المنطقة القليل من النباتات. لا تشع الشمس فيها لعدة أشهر في الشتاء (**الشكل 3-30**).
- تقع فوق دائرة العرض 55 وتحته. تصل درجات الحرارة في الشتاء إلى 50 درجة مئوية تحت الصفر.

الشكل 3-30 سبيتسبرغن، مجموعة من الجزر النرويجية تقع على مسافة 1000 كم من القطب الشمالي. إنها المنطقة الواقعة في أقصى شمال الأرض والمستوطنة على مدار السنة.

يهيمن المحيط المتجمد الشمالي على المنطقة القطبية الشمالية ولا تنخفض فيه درجة الحرارة أبدًا عن درجتين مئويتين تحت الصفر. يميل هذا إلى تلطيف المناطق الأقرب إلى المياه، على الرغم من أنه، إذا تشكّل الجليد البحري في الشتاء، يمكن لدرجات الحرارة أن تنخفض أكثر. توجد المناطق المناخية القطبية في شمال روسيا، وكندا، وجرينلاند، وألاسكا (الولايات المتحدة الأميركية). تهيمن القارّة القطبية الجنوبية على المنطقة القطبية الجنوبية. وفي الواقع، فإنّ كلّ القارة القطبية الجنوبية مغطّاة بالجليد على مدار السنة.

التندرا Tundra هي مناخ فرعي للمنطقة القطبية، تقع بين دائرتي العرض 60 درجة و 75 درجة.

- يبلغ متوسّط درجة الحرارة الصيفية أقلّ من 10 درجات مئوية، مع أنها قد تصل إلى 18 درجة مئوية.
- في فصل الصيف القصير، تزدهر مجموعة متنوّعة من الحياة النباتية القصيرة (**الشكل 3-31**)، حيث تساعد في الحفاظ على الحياة البرية المحلية.
- يمكن لسطح جليد التندرا أن ينصهر بعمق عدة سنتيمترات في الصيف، لكنه يبقى متجمّدًا في أغلب الأحيان.



الشكل 3-31 التندرا، كانجرلوسواك، غرينلاند.

نشاط 3-2 رحلة المنطقة المناخية

سؤال الاستقصاء	هل يمكنك إقناع الناس بالذهاب معك في العطلة؟
الموادّ المطلوبة	مواد بحثية، مواد و/أو معدّات للعرض.

اخترت موقعًا «لرحلتك المجانية». الآن، وبناءً على المناخ في تلك المنطقة، اقنع الآخرين بالذهاب معك في العطلة!

خطوات التجربة

1. ابحث ضمن مجموعات صغيرة، عن مناطق العالم المناخية المختلفة.
2. تنتقي كلّ مجموعة منطقة مختلفة وتكتب «مطوية سفَرْ» (**الشكل 3-32**) يصف شتّى العوامل التي تجعل المناخ في هذة المنطقة مرغوبًا من قبل الزوّار.

   يحتوي كثير من البرامج على هذا التخطيط الذي يفتح المجال للاختيار ويساعد في ترتيب الصور والنصوص.

الشكل 3-32 مثال على مطوية من الورق مصنوعة من ورقة واحدة.

3. صف نشاطين تخطط للقيام بهما واعط سببًا لماذا كل نشاط يلائم المنطقة المناخية التي اخترتها.
4. تأكّد من اختيار الوقت الأفضل من السنة للزيارة، والمواقع المثيرة للاهتمام لرؤيتها في أثناء الرحلة.
5. قم بعرض تقديمي، أو أعِدَّ فيديو لإقناع الناس بزيارة منطقتك المناخية.

التحليل

a. ما الأهداف الأوّلية لمغامرتك المدعومة بالمنطقة المناخية التي اخترتها؟
b. ما المخاطر المرتبطة بالمنطقة المناخية التي اخترتها، وبخاصة ما يتعلق منها بالطقس الذي لا يمكن التنبؤ به؟
c. من بين المناطق المناخية الكثيرة على الأرض، أيّة منطقة وجدتها أقلّ جاذبية من غيرها، ولماذا؟

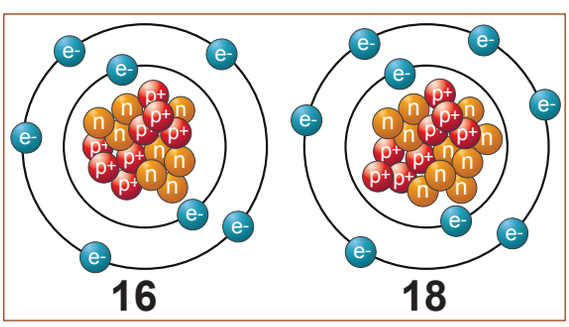
علم المناخ القديم

مرّ مناخ الأرض عبر تغيّرات دراماتيكية خلال الـ 4.5 مليارات سنة من تاريخ الكوكب. ما كان في السابق غابات استوائية مورقة أصبح الآن صحاري (**الشكل 3-33**). كان الجليد يغطّي معظم نصف الكرة الأرضية الشمالي، ومستويات البحار كانت أدنى بكثير وأعلى بكثير مما هي عليه الآن.

الشكل 3-33 شجرة متحجّرة وُجدت في الصحراء الكبرى في السودان.

علم المناخ القديم Paleoclimatology هو دراسة العوامل المناخية المتغيّرة عبر الزمن.

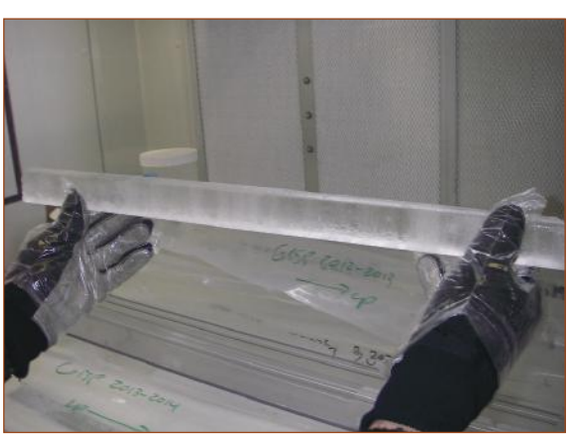
- باستخدام نظيريّ الأكسجين-16 والأكسجين-18 (**الشكل 3-34**)، يستطيع العلماء تحديد التغيّرات في درجة الحرارة مع الزمن. عندما تكون درجات الحرارة مرتفعة تكون نسبة الأكسجين -18 أعلى من نسبة الأكسجين -16. توفر نسبة نظيري الأكسجين 16 و 18 في الأشجار المتحجّرة دليلاً على درجة الحرارة خلال الفترات الزمنية السابقة.



الشكل 3-34 نظائر للأكسجين.

- تتشكّل أصداف الحيوانات والشعاب المرجانية بشكل أساسي من كربونات الكالسيوم ($CaCO_3$). في الوقت الذي تتشكّل فيه، تُستخدم نظائر الأكسجين الموجودة في الماء في ذلك الوقت. عبر تحديد نسبة النظائر في البقايا المتحجّرة، يمكن بناء نماذج تعكس درجة حرارة الأرض في تلك الفترة.

- يسمح تحليل عيّنات داخل الجليد (**الشكل 3-35**) بتحديد تاريخ تغيّر المناخ على الأرض، إذ تحتوي الفقاعات في الجليد على هواء من الغلاف الجوّي خلال زمن تكوّن الجليد.



الشكل 3-35 عيّنات لبّ الجليد.

توجد مؤشرات تدل على تغير مناخ الأرض في الماضي . أهم تلك المؤشرات تركيزات ثاني أكسيد الكربون في عينات لب الجليد.

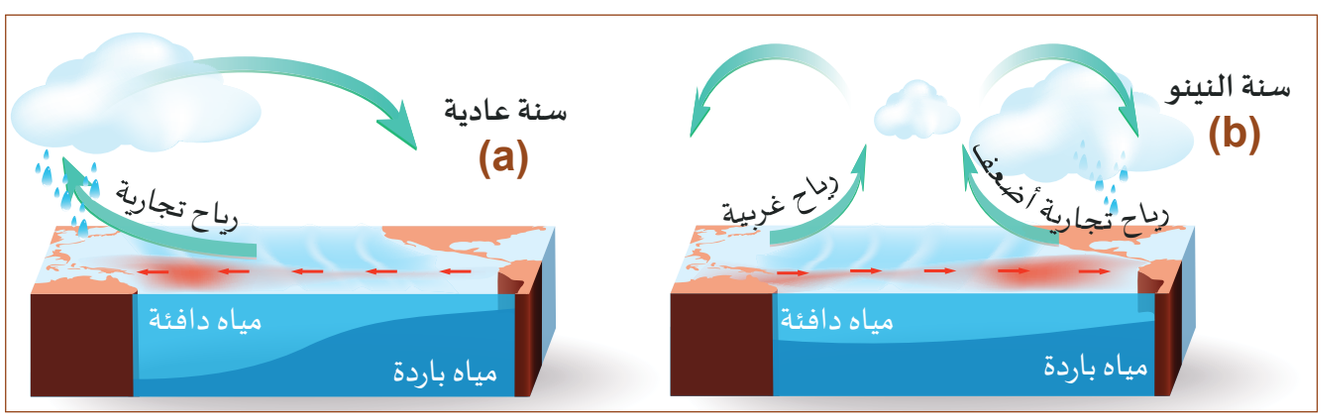
البراكين والتغيُر المناخي

يمكن للنشاط البركاني العنيف أن يغيّر كمية أشعّة الشمس التي تمتصها الأرض. تزيد الثورانات البركانية كمية الغبار وبعض الغازات كثاني أكسيد الكربون. تقلّل هذه الإنبعاثات من شفافية الغلاف الجوّي فتصل كميات أقل من أشعة الشمس إلى سطح الأرض. يعتمد مقدار التغيّر المناخي على كمية ونوع النشاط البركاني.

تيارات المحيط والتغيّر المناخي

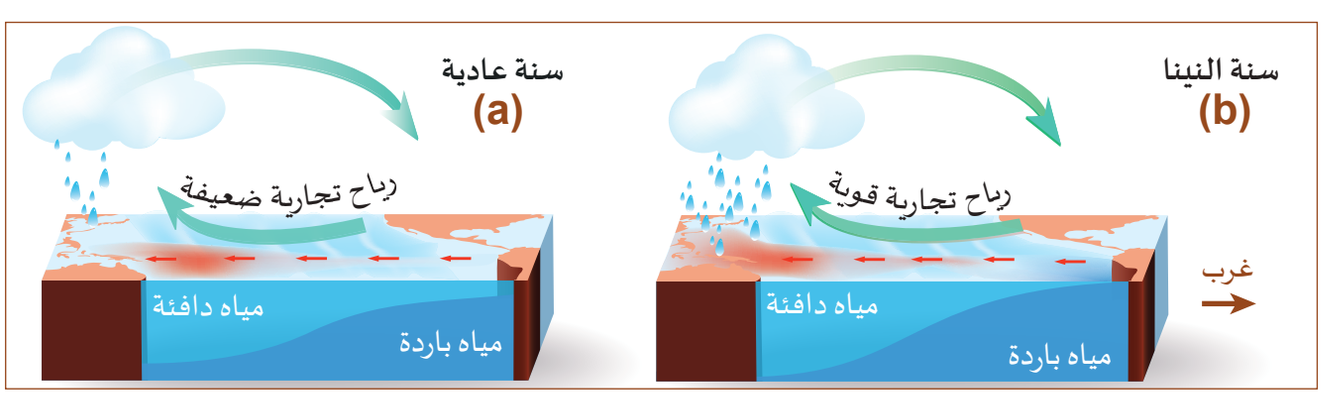
النينو والنينا هما ظاهرتان مناخيتان لديهما تأثير عالمي. كلا الظاهرتان تحدثان في المنطقة الاستوائية من المحيط الهادىء.

ظاهرة النينو (الشكل 3-36b)، تحدث نتيجة ارتفاع درجة حرارة سطح المياه في المحيط الهادئ عن معدلها الطبيعي. يحدث النينو عندما تكون الرياح التجارية عبر المنطقة المدارية من المحيط الهادىء أضعف من العادي. ظاهرة النينا هي العكس، وتحدث نتيجة انخفاض درجة حرارة سطح المياه في المحيط الهادىء عن معدلاتها الطبيعية.



الشكل 3-36 نمط طقس النينو.

نمط النينا (الشكل 3-37) هو عكس النينو. تكون الرياح التجارية عبر المنطقة المدارية من المحيط الهادىء أقوى من العادي. يدفع ذلك المياه الدافئة باتجاه الشرق جاعلاً معظم المنطقة المدارية في المحيط الهادىء أبرد من المتوسط.



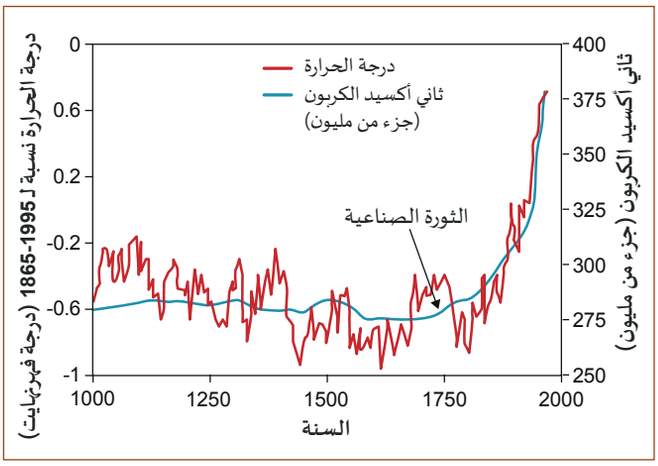
الشكل 3-37 نمط طقس النينا.

للنينو والنينا تأثير أساسي على مستويات الهطول حول العالم. غالباً ما تجلب السنوات التي يحدث فيها النينو والنينا جفاف غير متوقع في موقع وفيضان في موقع آخر.

تغيُّر المناخ والنشاطات البشرية

هناك دليل قوي يؤكّد أنّ المناخ يتغيّر بأسرع من المألوف، وأن نشاطات البشر مسؤولة عن هذا التغيُّر.

- يشير لبّ الجليد من القارة القطبية الجنوبية إلى أن تركيز ثاني أكسيد الكربون قد ارتفع بشكل مطّرد منذ الثورة الصناعية في العقد 1750-1760، من 280 جزءًا من المليون إلى 406 أجزاء من المليون في 2017 (**الشكل 3-38**).
- تأتي الغالبية العظمى من غازات الدفيئة من أنشطة الإنسان، نتيجة حرق الوقود الأحفوري (الفحم الحجري والنفط والغاز الطبيعي).



الشكل 3-38 العلاقة المترابطة بين درجة الحرارة العالمية وثاني أكسيد الكربون.

- يُعرف **ثاني أكسيد الكربون Carbon dioxide** على أنّه من غازات الدفيئة لأنه يعمل كالبيت الزجاجي: يسمح للضوء المرئي بالدخول إلى الغلاف الجوي، لكنّه لا يسمح لطاقة الأشعة تحت الحمراء (الحرارة) بالإفلات. تؤدي زيادة ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوّي إلى ارتفاع درجة الحرارة عالميًا.
- يرتفع متوسّط درجة الحرارة العالمية بشكل متسارع.
- برودة القطبين أصبحت أقل برودة مما كانت عليه سابقًا.
- يتعرّض التوازن في دورات الحمل الحراري من القطبين إلى خطّ الاستواء للإختلال.
- ازدياد العواصف الشديدة، وارتفاع مستوى سطح البحر والجفاف والفيضانات، كلّها نتيجة للتغيّرات المناخية غير العادية.

إزالة الغابات Deforestation (**الشكل 3-39**) هي قطع مساحات واسعة من الغابات، إما للحصول على الخشب الذي تحتويه، أو لتأمين مساحات لزراعة المحاصيل.

الشكل 3-39 إزالة الغابات.

- يمكن لإزالة الغابات تغيير وضاءة السطح.
- تحوّل النباتات ثاني أكسيد الكربون إلى أكسجين (O_2). تخفّض إزالة الغابات من قدرة الأرض على إعادة إلتقاط ثاني أكسيد الكربون وتحويله الى أكسجين.
- يحرّر حرق الخشب ثاني أكسيد الكربون المحبوس إلى الغلاف الجوي رافعًا مستوياته العالمية.

تقويم الدرس 3-2

1. أي من الآتي ليس مثالاً على الحمل الحراري؟
   a. تسخّن الشمس سقف السيارة السوداء.
   b. تنتقل التيارات الهوائية بين خط الاستواء والقطبين.
   c. يرتفع الهواء الدافئ فوق اليابسة ويجلب الهواء الأبرد من فوق المياه.
   d. تتدفّق تيارات المحيط من المناخات القطبية باتجاه خطّ الاستواء ومن المناخات المدارية باتجاه القطبين.

2. ما الدليل الموجود الذي يشير إلى أن مستويات ثاني أكسيد الكربون الحالية في الغلاف الجوي هي أعلى من أيّ مستوى مضى تمّ تسجيله على الأرض؟
   a. قراءات مأخوذة في خارج مرافق توليد الطاقة.
   b. سجلّات إزالة الغابات في الغابة المطيرة البرازيلية على مرّ السنين.
   c. فقّاعات الهواء المحبوسة في الكتل الجليدية والمستخرج من عيّنات لبّ الجليد.
   d. الحدوث المتزايد لظاهرتَي الطقس النينا والنينو في المحيط الهادئ.

3. أي دائرة عرض هو أقرب إلى حافة المنطقة المناخية المدارية؟
   a. دائرة العرض 10 درجات شمال.
   b. دائرة العرض 25 درجة شمال.
   c. دائرة العرض 40 درجة شمال.
   d. دائرة العرض 55 درجة شمال.

4. ما الذي يسبب دورة الـ 3-7 سنوات من التحوّل في أنماط هطول الأمطار العالمية؟
   a. البراكين.
   b. النينو/النينا.
   c. مفعول الإحتباس الحراري.
   d. إزالة الغابات.

5. أعطِ ثلاثة أمثلة لمدن رئيسة في كلّ من:
   a. المنطقة المناخية القطبية.
   b. المنطقة المناخية المدارية.
   c. المنطقة المناخية المعتدلة.

6. كيف تساعد خلايا الحمل الحراري الأصغر في تشكيل مناطق مناخية مختلفة.

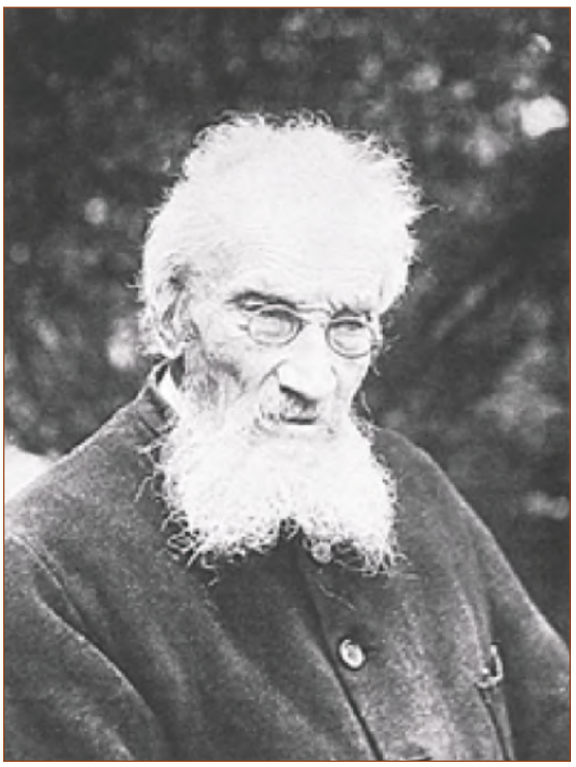
7. أيٌّ عامل يسمح بأن يكون لدى المناطق القارية مثل هذا التباعد بين الصيف والشتاء؟

8. لماذا تصنّف الجبال العالية جدًا، بغض النظر عن موقعها، ضمن المناخ القطبي؟

9. ما هما التأثيران المناخيّان لإزالة الغابات؟

ضوء على العلماء

فلاديمير كوبن: (1846-1940)



الشكل 3-40 فلاديمير كوبن.

كان فلاديمير كوبن (**الشكل 3-40**) مبتكر نظام تصنيف المناخ الذي يُستخدم اليوم في أغلب الأحيان.

شبَّ كوبن في روسيا، لكنه قضى معظم حياته في ألمانيا والنمسا. رأى في رحلاته الفارق الصارخ في المناخات، ولاحظ علاقة ذلك بالحياة النباتية. درس تأثيرات درجة الحرارة في نموّ النباتات، وكتب أطروحته للدكتوراه عن هذا الموضوع.

في النهاية صنّف خمسة أنواع مناخية بناءً على نوع النباتات التي تنمو في تلك البيئة:

- المناخ المداري
- المناخ الجاف
- المناخ ذو درجة الحرارة الدافئة
- المناخ البارد
- المناخ القطبي

نُشر التصنيف في العام 1884 وكان يُعرف «بتصنيف كوبن للمناخ». عُدّل في العامين 1918 و 1936، وقام رودولف جيجر، وهو أحد المتعاونين معه، بإجراء بعض التغييرات اللاحقة.

ابتكر رمزًا من ثلاثة أحرف لتمثيل الاختلافات ضمن المجموعات المناخية أو المناخات الفرعية.

a. يحدّد الحرف الأوّل اسم كلّ من المناطق المناخية الخمس.

b. يعيّن الحرف الثاني قيم هطول الأمطار لمناخات فرعية محدّدة.

c. يعيّن الحرف الثالث فصول الصيف والشتاء الدافئة أو الباردة.

لأنَّ نظام كوبن كان يرتكز على الحياة النباتية التي تنمو في ذاك المناخ، فإنَّ التغيّرات المناخية تنبئ أيضًا بالتغيرات في الحياة النباتية.

الوحدة 3

مراجعة الوحدة

الدرس 3-1: الحرارة على الأرض

- الأرض تقريباً كروية لكنها أعرض قليلاً عند خط الاستواء ومسطّحة عند القطبين، **زاوية التشمّس Angle of insolation** ومدّة التشمّس **Duration of insolation** هما عاملان أساسيان يؤثّران على درجة الحرارة السطحية في أي منطقة معيّنة.
- **الشفافية في الغلاف الجوي Atmospheric transparency** هي طريقة لتقويم مدى سهولة مرور الضوء عبر الهواء.
- بمجرّد أن يسقط الضوء على سطح الارض، تحّدد **الانعكاسيّة Reflectivity** احتمال انعكاس الضوء أو امتصاصه.
- **الوضاءة Albedo** هي دلالة للانعكاسيّة.

الدرس 3-2: المناخ

- **خلايا الحمل الحراري Convection cells** هي أنماط دورية لحركة الهواء والماء الناتجة عن الإختلافات في درجة الحرارة والتي تكوّن إختلافات في الكثافة.
- **المناخ Climate** هو متوسّط الطقس في منطقة ما، وينقسم إلى **مناخات فرعية Sub-climates** وفقًا للجغرافيا.
- **المناخ المداري Tropical climate** هو الأقرب إلى خطّ الاستواء، وفيه مناخان فرعيان: **الغابات المطيرة المدارية Tropical rain forests** مع الكثير من الأمطار، و**السافانا Savanna** مع أمطار أقلّ بكثير.
- تضمّ المناخات **الجافّة Dry** المناخَيْنِ الفرعيَّيْنِ: **القاحل Arid** وشبه **القاحل Semi-arid** اعتمادًا على إجمالي هطول الأمطار. **الصحراء Desert** هي مثال على القاحل، و**السهوب Steppe** هي مثال على شبه القاحل.

الوحدة 3

مراجعة الوحدة

- تتضمّن المناخات **المعتدلة Temperate** الموقع الأكبر لسكان الأرض، ويضمّ مناخ **البحر الأبيض المتوسّط Mediterranean** الفرعي على الجانب الغربي للقارّات.
- في وسط القارّات الكبرى منطقة **المناخ القارّي Continental** والتي تضمّ المناخ الفرعي **القارّي الرطب Humid continental** إذا كانت بالقرب من أجسام مائية كبرى.
- يقع **المناخ القطبي Polar** عند القطبين، وهو المنطقة الأبرد على الأرض. **التندرا Tundras** هي أكثر دفئًا بقليل، وتقع بالقرب من القطبين.
- **علم المناخ القديم Paleoclimatology** هو دراسة تاريخ المناخ، وكيف تغيّر بزيادة تركيز **ثاني أكسيد الكربون Carbon dioxide** في الغلاف الجوي.
- **إزالة الغابات Deforestation** هي العملية (المتزايدة) لقطع مساحات واسعة من أشجار الغابات لغايات بشرية كالزراعة أو المناجم أو الخشب.

تقويم الوحدة ☑

اختيار من مُتعدِّد

1. لماذا تكون زاوية التشمّس أكبر عند خطّ الاستواء؟
   a. تشعّ الشمس لساعات أكثر في النهار.
   b. تشعّ الشمس لمدة 12 ساعة فقط في اليوم عند خطّ الاستواء.
   c. تصل الشمس إلى زاوية أعلى في السماء في معظم السنة.
   d. يمرّ الضوء من الشمس عبر مسافات أطول من الغلاف الجوي عند خطّ الاستواء.

2. لماذا تكون شدّة الشمس أقوى عند خطّ الاستواء؟
   a. ينتشر الضوء فوق مساحة أكبر.
   b. ينتشر الضوء فوق مساحة أصغر.
   c. الضوء في الصباح أكثر سطوعًا من أيّ وقت آخر في النهار.
   d. ليس من الضرورة أن يتحرّك الضوء بعيدًا للوصول إلى خطّ الاستواء.

3. أيٌّ من الآتي الأكثر تأثّرًا باشتعال حرائق الغابات عبر عدّة قارّات؟
   a. الوضاءة السطحية.
   b. زاوية التشمّس.
   c. مدّة التشمّس.
   d. الشفافية في الغلاف الجوي.

4. ما مميزات السطح الذي قد يُعطي وضاءة أعلى؟
   a. سطح خشن داكن.
   b. سطح خشن فاتح.
   c. سطح أملس داكن.
   d. سطح أملس فاتح.

5. أيٌّ من الآتي لديه الوضاءة الأدنى؟
   a. الصحراء.
   b. جليد المحيط.
   c. المحيط المفتوح.
   d. الخرسانة الجديدة.

تقويم الوحدة

6. لماذا لا تتدفّق خلايا الحمل الحراري مباشرةً باتجاه الشمال أو الجنوب؟
   a. الأرض كبيرة جدًا.
   b. دوران الأرض حول نفسها يمنع ذلك.
   c. لا تشعّ الشمس في بعض الأحيان في الشمال.
   d. هناك محيطات في الطريق تمنع الهواء من التحرّك.

7. ما المناخان الفرعيّان في المنطقة المدارية؟
   a. السافانا والصحراء.
   b. السهوب والبحر الأبيض المتوسط.
   c. الغابة المطيرة المدارية والسهوب.
   d. السافانا والغابة المطيرة المدارية.

8. أيٌّ من المناخات الفرعية الأتية مرتبط بهطول الأمطار السنوي الأعلى؟
   a. التندرا.
   b. السهوب.
   c. السافانا.
   d. الغابة المطيرة المدارية.

9. أيٌّ من المناطق المناخية الآتية غير موجودة في نصف الكرة الأرضية الجنوبي؟
   a. المدارية.
   b. القطبية.
   c. المعتدلة.
   d. شبه القطبية.

10. ما السبب الذي يُمَكِنْ المنطقة الواقعة على دائرة عرض أعلى من 55 درجة، لكن بالقرب من المحيط، أن تشكِّل مناخًا أكثر اعتدالًا من المناخ القطبي؟
   a. متوسّط التشمّس أعلى من زيادة دائرة العرض.
   b. التيارات الهوائية توزّع الحرارة من خطّ الاستواء باتجاه القطبين.
   c. تيارات المحيط توزّع الحرارة من خطّ الاستواء باتجاه القطبين.
   d. عدد ساعات النهار الأطول يزداد مع الابتعاد عن خطّ الاستواء.

تقويم الوحدة ☑

11. أيّ مناخ يتميز بصيفاً دافئًا ورطبًا وشتاءً معتدلًا؟

a. المداري.

b. الاستوائي.

c. المعتدل.

d. شبه القطبي.

12. لماذا توجد المناطق شبه القطبية في المقام الأوّل في نصف الكرة الأرضية الشمالي؟

a. يتلقّى نصف الكرة الأرضية الشمالي ضوء شمس أكثر.

b. لدى نصف الكرة الأرضية الشمالي مساحات يابسة أكبر.

c. يتلقّى نصف الكرة الأرضية الشمالي هطولًا أكثر.

d. لدى نصف الكرة الأرضية الشمالي مساحات يابسة أكبر بين دائرتي العرض 40 و 55 درجة.

الدرس 3-1: الحرارة على الأرض

13. لماذا يكون الوقت الأشدّ حرارة من النهار هو عند الظهر، وعندما تكون الشمس عند أعلى نقطة لها في السماء؟

14. اذكر السبب الذي يمنع حصول بعض أجزاء من الأرض على ضوء الشمس نهائيًا خلال 24 ساعة في أوقات معيّنة من السنة؟

15. كيف تأخذ مجمّعات الطاقة الشمسية في الاعتبار تغيُّر زاوية التشمّس في النهار؟

16.* كيف يمكنك استخدام زاوية التشمّس المتغيّرة في النهار لتحديد اتجاه دوران الأرض حول نفسها؟

17. لماذا تكون صور السماء عند شروق الشمس أكثر غنًى بالألوان من تلك المأخوذة عند الظهر؟

18. كيف يمكن أن تخفض البراكين الثائرة درجة الحرارة على الأرض؟

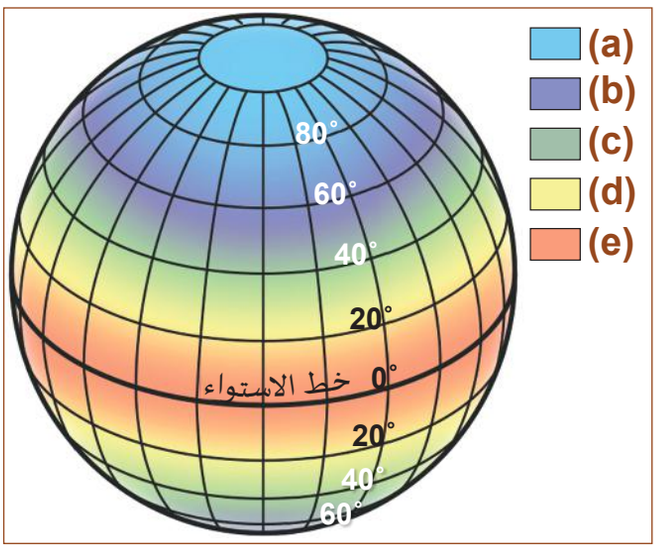
19. لماذا يمكن أن تكون الطريق الأسفلتية البالية أكثر وضاءة من الطريق الأسفلتية الجديدة؟

20.* كيف يمكن أن يساعد رش رماد الفحم الحجري الداكن على صهر الثلج والجليد، حتى في نهار بارد جدًا؟

تقويم الوحدة

الدرس 3-2: المناخ

استخدم **الشكل 3-41** للإجابة عن الأسئلة 24-21.



الشكل 3-41 المناطق المناخية على الأرض.

21. ما المنطقة المناخية المتمثّلة بالنطاق (d)؟

22. ما المنطقة المناخية التي تنتج أكبر كمية من الأمطار؟

23. ما المنطقة المناخية التي تضمّ أكبر عدد من السكان؟

24. تحدث الدوّامة القطبية عندما يتحرّك الهواء من النطاق (a) إلى النطاق (c). ما تأثير هذا في ظروف الطقس في النطاق (c)؟

25. اعطِ مثالاً لحالة طقس واشرح ارتباطها بخلايا الحمل الحراري في الغلاف الجوي.

26. كيف تتشكّل تيارات المحيط؟

27. كيف تُصنّف المناطق المناخية المختلفة في العادة؟

28. كيف يمكن لسلسلة جبلية أن تشكّل مناخَيْن فرعيَّين مختلفين؟

29. أين توجد المناخات المدارية على الكرة الأرضية؟

30. ما الاختلافات بين الغابة المطيرة المدارية والسافانا؟

31. ما العاملان المحدّدان للصحراء؟

32. ما الميزات الرئيسة للمنطقة القاحلة؟

33. أين يوجد مناخ البحر الأبيض المتوسط الفرعي؟

34. لماذا يعيش معظم سكان الأرض في المنطقة المعتدلة؟

35. ما التأثير الذي تشكّله المسطحات المائية الكبرى في المناخات القاريّة الرطبة الفرعية؟

تقويم الوحدة ☑

36. ما المناخان الفرعيّان في المنطقة القطبية؟

37. * لماذا يمكن أن تُصنّف المنطقة القطبية أيضًا منطقةً قاحلة؟

38. كيف ستتغيّر مناطق التندرا في العالم مع ارتفاع درجة حرارة الأرض؟

39. * ما المتغيّرات التي تُسهم في تشكيل المناخات القطبية على الأرض؟

40. * ما الذي يجب أن يكون مصدر الغذاء الرئيس في المناطق القطبية؟

41. كيف يمكن لنسبة نظائر الأكسجين الموجودة في الأصداف البحرية والشعاب المرجانية أن تشير إلى تغيّر درجة حرارة الأرض؟

42. * ما المؤشّر الرئيس في تاريخ الأرض، والذي يفسّر المناخات المتغيّرة؟

43. ما التغيّرات التي يمكن أن تحدث لمناخ منطقة ما نتيجة لأحداث طقس النينو والنينا؟

44. * كيف يُنتج ثاني أكسيد الكربون الاحتباس الحراري؟

45. ** ما أهمّ آثار احترار الأرض؟

الشكروالتقدير

جميع الرسوم الفنّية الواردة في هذا العمل صمَّمتها شركة تطوير العلوم والتكنولوجيا والهندسة والرياضيات (STEM) في الولايات المتَّحدة الأميركية. وهي وحدها تملك الحق القانوني لإجازة استخدام تلك الرسوم.

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

RonnieChua/Shutterstock; Shyrochenko Aleksandr/Shutterstock; chrisdorney/Shutterstock; Bobx-73/ Shutterstock; Lipskiy/Shutterstock; Naskky/Shutterstock; SoleilC/Shutterstock; AlexandrN/Shutterstock; Martin Bergsma/Shutterstock; Toa55/Shutterstock; ShadeDesign/Shutterstock; Caterina Belova/Shutterstock; Pavol Kmeto/Shutterstock; A7880S/Shutterstock; Corund/Shutterstock; Shannon Serpette/Shutterstock; agsandrew/ Shutterstock; tankist276/Shutterstock; VectorPot/Shutterstock; Vector Tradition/Shutterstock; J10/Shutterstock; RomanVanur/Shutterstock; Garen Takessian/Shutterstock; Aldona Griskeviciene/Shutterstock; Fouad A Saad/ Shutterstock; hlphoto/Shutterstock; stockcreations/Shutterstock; MAHATHIR MOHD YASIN/Shutterstock; Konoplytska/Shutterstock; Eric Isselee/Shutterstock; Maksim Safaniuk/Shutterstock; LuYago/Shutterstock; Daniele Pietrobelli/Shutterstock; Tichr/Shutterstock; Vladislav Havrilov/Shutterstock; Olga Zinovskaya/ Shutterstock; Tatiana Foxy/Shutterstock; 3DSculptor/Shutterstock; Merlin74/Shutterstock; Eduard Kim/ Shutterstock; Vadim Sadovsky/Shutterstock; Janaka Dharmasena / Shutterstock; Nasky/ Shutterstock; adike/ Shutterstock; Richard Peterson/ Shutterstock; stihii/ Shutterstock; NoPainNoGain/ Shutterstock; Teguh Mujiono/ shutterstock; Improvisor/ Shutterstock; Jose Luis Calvo/ Shutterstock; Rattiya Thongdumhyu/ Shutterstock; Peter Hermes Furian/ Shutterstock; Sebastian Kaulitzki/ Shutterstock; VectorMine/ Shutterstock; bsd/ Shutterstock; Blamb/ Shutterstock; MikeMartin / Shutterstock; Photographee.eu/ Shutterstock; Jason Boyce/ Shutterstock; Maridav Eugene Onischenko/ Shutterstock; CI Photos/ Shutterstock; Sergey Nivens, Vasyl Shulga/ Shutterstock; Sea Wave, Tanya Sid/ Shutterstock; belushi/ Shutterstock; Birger Olovson, Dionisvera/ Shutterstock; sportpoint / Shutterstock; ChrisVanLennepPhoto, Jacob Lund, sattahipbeach,/Shutterstock; Catalin Grigoriu/ Shutterstock; Designua/Shutterstock; Andres Garcia Martin/Shutterstock; Cagla Acikgoz/ Victor Moussa/photoworld; Aleksey Gusev/Shutterstock; Designua/Shutterstock; Fouad A. Saad/Shutterstock; mapichai/Shutterstock; Kitnha/ Elena11 /Shutterstock; dlhca/Shutterstock; ShotStalker/Shutterstock; Sketchart/Shutterstock; tel52/Robert Adrian Hillman/ Shutterstock; rzarek/Imagine Photographer; Tomas Ragina/Shutterstock; Rainer Lesniewski/Shutterstock; Vixit/ Shutterstock; Fedor Selivanov/Shutterstock; Phil Emmerson /Shutterstock; stihii/Shutterstock; Fouad A. Saad/ Shutterstock; NASA images/Shutterstock; NickJulia/Shutterstock; ch123/Shutterstock; Cozine/ Suzanne Tucker/ Ayman Haykal /Shutterstock; Robert Adrian Hillman/Shutterstock; Sigur/ SUNISA DAENGAM/Shutterstock; Jeroen Mikkers/ Manamana /Shutterstock; duckeesue /Shutterstock; Thomas C. Altman /Shutterstock; Sara Winter /Shutterstock; MaraZe /Shutterstock; Adwo/ Tomowen Shutterstock; Rosalie Kreulen /Shutterstock; Daniel Carlson /Shutterstock; Filip Fuxa/ Fulcanelli/ Shutterstock; lembi /Shutterstock; stihii /Shutterstock; GracePhotos /Shutterstock; Mega Pixel Shutterstock; Justek16 /Shutterstock; Scottish Traveller /Shutterstock; Lori Bonati /Shutterstock; anek.soowannaphoom /Shutterstock; Lost_in_the_Midwest /Shutterstock; B Calkins / Shutterstock; AlexussK /Shutterstock; pablofdezr /Shutterstock; fischers /Shutterstock; corbac40 /Shutterstock; CROX /Shutterstock; Africa Studio /Shutterstock; Emre Terim /shutterstock; Volodymyr Goinyk /shutterstock; Johann Helgason /shutterstock; OSweetNature /shutterstock; Kathryn Snoek/ /shutterstock; Thomas C. Altman; MateusandOlivia /shutterstock; Designua /shutterstock; Rainer Lesniewski /shutterstock; Praveen Menon / shutterstock; Mark Hall /shutterstock; Konoplytska /shutterstock; Igor Alexsander /shutterstock; Zoom Team / shutterstock; Turkey Photo /shutterstock; Dexpixel /shutterstock; Dennis O&#39:Hara /shutterstock; Tetyana Dotsenko /shutterstock; Vadim Nefedoff /shutterstock; Designua /shutterstock; Sabelskaya /shutterstock; Rich Carey /shutterstock; Bill McKelvie/shutterstock; Andrey Burmakin/ kuruneko/ ZoranOrcik/shutterstock; Imagesines/ shutterstock; Diagram/shutterstock; HelloRF Zcool/ Andrey Burmakin/shutterstock; Alex Kravtsov/shutterstock; sirtravelalot/shutterstock; Suzanna Tucker/shutterstock; Graph/shutterstock; Gwoeii/shutterstock; Graph/ Oleksii Sidorov/shutterstock; sizov/ LUKinMEDIA/shutterstock; BUY THIS/shutterstock; Stock image/shutterstock; TLaoPhotography/shutterstock; TASER/shutterstock; Roger costa morera/shutterstock; Preto Perola/ HomeArt; topimages/NDT/KKulikov/shutterstock; OSTILL is Franck Camhi/ Wikipedia; Ljupco Smokovski/Alexander Kirch/Stefan Schurr/ Jonah_H/shutterstock; Brocreative/ Motion Arts; Dan Thornberg/shutterstock; faboi/ TASER; Miriam Doerr/shutterstock; Martin Frommherz/shutterstock; Bjoern Wylezich/shutterstock; Inna Bigun/ shutterstock; Steven_Mol/shutterstock; goffkein.pro/shutterstock; EugenePut/shutterstock; fotoliza/shutterstock; IDKFA/shutterstock; Yosanon Y/ VarnakovR/shutterstock; Rost9/shutterstock; Tyler Boyes/shutterstock; Dimarion/ shutterstock; Maridav/shutterstock; Dmitry Markov152/shutterstock; Charobnica/Shutterstock; Rvkamalov/ Shutterstock; Peter Hermes Furian/Shutterstock; Konstantinks/Shutterstock; Extender_01/Shutterstock; Bjoern Wylezich/Shutterstock; Miriam Doerr/Shutterstock; Martin Frommherz/Shutterstock; LuYago/Shutterstock; Orange Deer studio/Shutterstock; Bob Morse/Morse Scientific Inc.;Olga Popova/Shutterstock; Pavel Sapozhnikov/ Shutterstock; VectorMine/Shutterstock; Paramonov Alexander/Shutterstock;OSweetNature/Shutterstock; Danielz1/Shutterstock; Dafinchi/Shutterstock; Fen Deneyim/Shutterstock; Artskvortsova/Shutterstock; Nasky/ Shutterstock; Adam J/Shutterstock; Bjoern Wylezich/Shutterstock; Denis Radovanovic/Shutterstock; Ipek Morel/ Shutterstock; Nito/Shutterstock; Geza Farkas/Shutterstock; Albert Russ/Shutterstock; Orange Deer studio/ Shutterstock; Everett Collection/Shutterstock; Mega Pixel/Shutterstock; Ihor Matsiievskyi/Shutterstock; Mahathir Mohd Yasin/Shutterstock; Liveshot/Shutterstock; MTKang/Shutterstock; Andrey Kozyntsev/Shutterstock; Gab90/ Shutterstock; Olga Hofman/Shutterstock; Breck P. Kent/Shutterstock; Beker/Shutterstock; Bob Morse/Morse Scientific Inc.; Frees/Shutterstock; Concept W/Shutterstock; Volha_A./Shutterstock; Aliona Ursu/Shutterstock; StudioMolekuul/Shutterstock; John James/Shutterstock; Photo-World/Shutterstock; Bob Morse/Morse Scientific Inc.; LeysanI/Shutterstock; ADA Photo/Shutterstock; Elena Zolotukhina/Shutterstock; Bukhta Yurii/Shutterstock; Edward Olive/Shutterstock; Maxx-Studio/Shutterstock; Peter Sobolev/Shutterstock; LuYago/Shutterstock; Eduardo Estellez/Shutterstock; Shishir Gautam/Shutterstock; Josep Suria/Shutterstock; Designua/Shutterstock; Izzmain/Shutterstock; Kiran Paul/Shutterstock; Bob Morse/Morse Scientific Inc.; Sansanorth/Shutterstock; Bjoern Wylezich/Shutterstock; Henri Koskinen/Shutterstock; StudioMolekuul/Shutterstock; Humdan/Shutterstock; ibreakstock/Shutterstock; Magnetix/Shutterstock; Fouad A. Saad/Shutterstock; EDU WATANABE/Shutterstock; Kristina Vor/Shutterstock; Wantanddo/Shutterstock;